

2. KONFERENCJA NAUKOWA

BIOLOGIA I EKOLOGIA ROŚLIN DRZEWIASTYCH

KÓRNIK-POZNAŃ, 11-15 CZERWCA 2018



1933-2018
85 lat

INSTYTUTU
DENDROLOGII
PAN
W KÓRNIKU



MATERIAŁY KONFERENCYJNE



Instytut Dendrologii
Polskiej Akademii Nauk
w Kórniku

Biologia i ekologia roślin drzewiastych

Biologia i ekologia roślin drzewiastych

Konferencja naukowa
połączona z obchodami Jubileuszu 85-lecia
Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku
Kórnik–Poznań, 11–15 czerwca 2018

Materiały konferencyjne

Redakcja
Dominik Tomaszewski
Andrzej M. Jagodziński

Bogucki Wydawnictwo Naukowe
Poznań 2018

Redakcja

Dominik Tomaszewski, Andrzej M. Jagodziński

Projekt okładki i logo Konferencji

Radosław Rakowski, Andrzej M. Jagodziński

Wydanie materiałów konferencyjnych sfinansowane
przez Fundację Zakłady Kórnickie.

Copyright © Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, Kórnik 2018

ISBN 978-83-7986-191-0

Bogucki Wydawnictwo Naukowe
ul. Górna Wilda 90, 61-576 Poznań
www.bogucki.com.pl
e-mail: biuro@bogucki.com.pl

Druk i oprawa: Uni-druk

Patronat



**Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego**

Jarosław Gowin
Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego



Jerzy Duszyński
Prezes Polskiej Akademii Nauk



Lasy Państwowe
DLA LASU, DLA LUDZI

Andrzej Konieczny
Dyrektor Generalny Lasów Państwowych

Komitet Honorowy



Lasy Państwowe
DLA LASU, DLA LUDZI

Tomasz Markiewicz
Dyrektor
Regionalnej Dyrekcji
Lasów Państwowych
w Poznaniu



Dariusz Grzybek
Prezes Zarządu
Fundacji Zakłady Kórnickie



Polskie Towarzystwo Leśne
Oddział Wielkopolski

Jerzy Flisykowski
Przewodniczący Zarządu
Oddziału Wielkopolskiego
Polskiego Towarzystwa Leśnego



**POWIAT
POZNAŃSKI**

Jan Grabkowski
Starosta Poznański



Jerzy Lechnerowski
Burmistrz
Miasta i Gminy Kórnik

Patronat Medialny



PRZEGLĄD LEŚNICZY

Komitety Naukowy

Przewodniczący:

prof. dr hab. Jacek Oleksyn

Dyrektor Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku

Członkowie:

prof. dr hab. Roman Słowiński

Prezes Oddziału Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu

prof. dr hab. Tomasz Zawila-Niedźwiecki

Przewodniczący Komitetu Nauk Leśnych i Technologii Drewna PAN

prof. dr hab. Małgorzata Mańka

Przewodnicząca Rady Naukowej Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

prof. dr hab. Konrad Wołowski

Dyrektor Instytutu Botaniki im. Władysława Szafera PAN w Krakowie

prof. dr hab. Lech W. Szajdak

Dyrektor Instytutu Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN w Poznaniu

prof. dr hab. Marek Figlerowicz

Dyrektor Instytutu Chemii Bioorganicznej PAN w Poznaniu

prof. dr hab. Jacek Hilszczański

Dyrektor Instytutu Badawczego Leśnictwa w Sękocinie Starym

prof. dr hab. Przemysław Wojtaszek

Dziekan Wydziału Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

prof. dr hab. Piotr Łakomy

Dziekan Wydziału Leśnego Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu

prof. dr hab. Marcin Pietrzykowski

Dziekan Wydziału Leśnego Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

prof. dr hab. Henryk Żybura

Dziekan Wydziału Leśnego Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

prof. dr hab. Tomasz Jasiński

Dyrektor Biblioteki Kórnickiej PAN w Kórniku

Komitet Organizacyjny

Przewodniczący:

Andrzej M. Jagodziński

Członkowie: Katarzyna Broniewska, Monika Dering, Marcin K. Dyderski, Kamil Gęsikiewicz (sekretariat), Paweł Horodecki (sekretariat), Tomasz Leski, Kinga Nowak, Emilia Pers-Kamczyc, Radosław Rakowski, Ewelina Ratajczak, Karolina Sobierajska, Dominik Tomaszewski, Błażej Wójkiewicz

Spis treści

Wprowadzenie	21
Sesja plenarna	23
Znaczenie badań naukowych dla rozwoju Lasów Państwowych <i>Andrzej Konieczny</i>	25
Plant traits and functional diversity: what do they tell us about the function of individuals, communities, and ecosystems? <i>Peter Reich</i>	38
Woody plants on an oceanic island: seed dispersal syndromes, life forms, life- history and chorology along an altitudinal gradient of the biosphere reserve of El Hierro, Canary Isles (Spain) <i>Angel Romo</i>	51
Genetic diversity patterns of Eastern Mediterranean conifers <i>Magda Bou Dagher Kharrat, Sonja Siljak Yakovlev, Adam Boratyński</i>	66
The future of yew (<i>Taxus baccata</i>) in Europe <i>Peter Thomas, Grzegorz Iszkuło</i>	85
Pursuing the genetics of local adaptation in Scots pine, <i>Pinus sylvestris</i> L. <i>Stephen Cavers</i>	102
Osiągnięcia naukowe Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk <i>Jacek Oleksyn</i>	103
Sesja referatowa	115
egoSELF: An Integrative Biology approach to study the molecular basis of inbreeding depression in <i>Eucalyptus globulus</i> <i>Susana Araújo, Ana R. Guedes, Andreia Amaral, Ehsan Valiollahi, Pedro Fevereiro,</i> <i>Jorge A. Pinto Paiva</i>	117
Wpływ zagęszczenia i warunków siedliskowych na wzrost cisa pospolitego (<i>Taxus</i> <i>baccata</i> L.) – doświadczenia z programu restytucji cisa w Nadleśnictwie Kaliska <i>Joanna Bloch-Orłowska, Jakub Piechowiak, Andrzej Przewłocki</i>	118
Porównanie spontanicznej roślinności leśnej na zwałach górnictwa węglowego kamiennego oraz lasów na siedliskach naturalnych <i>Agnieszka Błońska, Edyta Sierka, Agnieszka Kompala-Bąba, Teresa Nowak,</i> <i>Andrzej Pasierbiński, Damian Chmura, Zygmunt Kącki, Gabriela Woźniak</i>	119

Zmienność szerokości słoików rocznych na różnych wysokościach pnia jesionów (<i>Fraxinus excelsior</i> L.) wykazujących symptomy zamierania i ich relacje z warunkami klimatycznymi <i>Longina Chojnacka-Ożga, Wojciech Ożga</i>	120
Dyspersja genów przez pyłek i nasiona u cisa pospolitego (<i>Taxus baccata</i> L.) <i>Igor J. Chybicki, Jan Suszka, Grzegorz Iszkuło, Andrzej Oleksa</i>	122
Kórniczana w zbiorach biblioteki Narodowego Muzeum Historii Naturalnej w Paryżu <i>Piotr Daszkiewicz</i>	124
Młode pokolenie inwazyjnych gatunków drzew – reakcje osobnicze i populacyjne na dostępność światła <i>Marcin K. Dyderski, Andrzej M. Jagodziński</i>	125
Cechy drzew, drzewostanów i siedlisk leśnych wpływające na śmiertelność świerka pospolitego (<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst) spowodowaną przez kornika drukarza (<i>Ips typographus</i> (L.)) <i>Anna Gazda, Wojciech Grodzki, Stanisław Miścicki</i>	127
Asymetria fluktuacyjna liści buka a występowanie hartigiolówki bukowej (<i>Hartigiola annulipes</i>) <i>Marian J. Giertych, Sebastian Pilichowski</i>	128
Unfolding the role of DNA methylation on xylogenesis modulation in <i>Salix purpurea</i> <i>Carolina Gomes, Mortaza Khodaeiaminjan, Jorge A. Pinto Paiva</i>	129
<i>Macrolichenes</i> na korze drzew przydrożnych zachodniej Polski <i>Piotr Grochowski</i>	130
Analiza porównawcza proteomów głównych i bocznych pąków świerka pospolitego w czasie spoczynku <i>Marzenna Guzicka, Tomasz A. Pawłowski, Aleksandra M. Staszak, Roman Rożkowski, Daniel J. Chmura</i>	132
Wpływ składu gatunkowego drzewostanu na rozwój wierzchnich warstw gleb rekultywowanych gruntów pokopalnianych <i>Paweł Horodecki, Mirosław Nowiński, Andrzej M. Jagodziński</i>	133
Czy nagozależkowe to głównie rośliny jednopienne? Związek systemów płciowych z cechami ekologicznymi roślin nagozależkowych <i>Grzegorz Iszkuło, Peter A. Thomas, Żanna Tyrała-Wierucka, Łukasz Walas</i>	135
Efektywność rozmnażania generatywnego <i>Betula humilis</i> Schrk. w siedliskach podmokłych i przesuszonych <i>Katarzyna Jadwiszczak, Agnieszka Bona, Stanisław Kłosowski</i>	136
Zróznicowanie biomasy nadziemnej drzewostanów głównych gatunków lasotwórczych w Polsce <i>Andrzej M. Jagodziński, Kamil Gęsikiewicz, Paweł Horodecki, Marcin K. Dyderski</i> . . .	138

Klimatyczne uwarunkowania fenologii kiełkowania nasion dębu szypułkowego (<i>Quercus robur</i> L.) Szymon Jastrzębowski, Joanna Ukalska	139
Roztocze glebowe (<i>Acari, Mesostigmata</i>) na płaskowyżu Szczeliniec Wielki – zmiany zgrupowań w czasie Jacek Kamczyc, Emilia Pers-Kamczyc, Maciej Skorupski, Andrzej M. Jagodziński. . . .	143
Wpływ genotypu i wieku topoli oraz warunków glebowych na biomasę grzybni ekstramatrykalnej grzybów mykoryzowych Leszek Karliński	144
Możliwości poprawy bazy pożytkowej pszczół z wykorzystaniem drzew i krzewów miododajnych Zbigniew Koltowski	146
Bogactwo i różnorodność grzybów afyloforoidalnych lasów zagospodarowanych Pomorza Gdańskiego Marta Kras, Monika Jesiołowska, Katarzyna Wszalek-Rożek, Joanna Gołębiowska, Marcin Pietras	147
Wpływ wybranych lotnych związków na zachowanie mszyc orzechowych podczas żerowania na orzechu włoskim Robert Krzyżanowski, Bogumił Leszczyński	149
Zasoby martwego drewna w Puszczy Białowieskiej na podstawie aktualnej inventaryzacji na stałych powierzchniach badawczych Łukasz Kuberski, Rafał Paluch, Ewa Zin, Krzysztof Stereńczak	150
Przyczyny niskiej udatności roślinności drzewiastej w sąsiedztwie nowych dróg ekspresowych i autostrad – aspekty jakościowe i metodologiczne Grzegorz Kukula, Wojciech Bobek	151
Reakcje drzew w warunkach pojedynczego i wieloczynnikowego stresu abiotycznego: podobieństwa i różnice Gabriela Lorenc-Plucińska, Marta Walentynowicz, Alicja Niewiadomska, Agnieszka Szuba.	152
Zamieranie i zasiedlanie przez grzyby makroskopijne czeremchy amerykańskiej (<i>Prunus serotina</i> Ehrh.) zwalczanej mechanicznie w Kampinoskim Parku Narodowym Katarzyna Marciszewska, Anna Otręba, Andrzej Szczepkowski, Rafał Wojtan, Piotr Zaniewski, Wojciech Ciurzycki.	154
Wpływ <i>Cameraria ohridella</i> na aktywność kambium i różnicowanie wtórnych tkanek przewodzących u <i>Aesculus hippocastanum</i> Elżbieta Myskow, Katarzyna Sokołowska, Aleksandra Słupianek, Vladimir Gryc. . . .	156
Mapowanie interglacialnej migracji drzew na obszarze Polski w oparciu o dane palinologiczne Dorota Nalepka, Mirosława Kupryjanowicz, Irena A. Pidek, Zofia Balwierz, Krzysztof Bińka, Magdalena Filoc, Wojciech Granoszewski, Piotr Kołaczek, Aleksandra Majecka, Małgorzata Malkiewicz, Małgorzata Nita, Bożena Noryśkiewicz, Adam Walanus, Hanna Winter	158

Występowanie i kondycja drzew z rodzaju <i>Ulmus</i> w Krainie Mazursko-Podlaskiej <i>Anna Napierała-Filipiak, Maciej Filipiak</i>	159
Wpływ czynników środowiskowych na wzrost upraw i młodników jodły pospolitej (<i>Abies alba</i> Mill.) wprowadzanej w ramach restytucji gatunku w Nadleśnictwie Zdroje <i>Michał Nicałek, Władysław Barzdajn</i>	161
Drzewostany Puszczy Białowieskiej w świetle najnowszych badań monitoringowych <i>Rafał Paluch, Łukasz Kuberski, Ewa Zin, Krzysztof Stereńczak</i>	162
Analiza proteomiczna indukcji spoczynku wtórnego w nasionach róży dzikiej <i>Rosa canina</i> L. <i>Tomasz A. Pawłowski, Aleksandra M. Staszak, Ewelina A. Klupczyńska, Barbara Bujarska-Borkowska, Jan Suszka, Paweł Chmielarz, Tadeusz Tylkowski</i>	164
Zależna od płci aktywność transkrypcyjna cisa pospolitego (<i>Taxus baccata</i> L.) <i>Emilia Pers-Kamczyc, Joanna Wesoły, Grzegorz Iszkulo</i>	165
Obcy są wśród nas! Kointrodukcja roślin drzewiastych i ich symbiontów grzybowych jako istotny problem współczesnej ochrony przyrody <i>Marcin Pietras, Marta Kolanowska</i>	166
Gospodarować czy chronić? Zróżnicowanie zbiorowisk grzybów ektomykoryzowych w rezerwatach i drzewostanach gospodarczych <i>Maria Rudawska, Tomasz Leski, Marta Kujawska, Małgorzata Stasińska, Leszek Karliński</i>	168
Dynamika struktury kierowanych i niekierowanych drzewostanów sosnowych w doświadczeniu w Nadleśnictwie Torzym <i>Janusz Szmyt, Władysław Barzdajn, Wojciech Kowalkowski</i>	170
Ektomykoryza: nie zawsze mutualistyczne oddziaływanie pomiędzy grzybem a rośliną – molekularna analiza <i>Populus ×canescens</i> inokulowanych <i>Paxillus involutus</i> <i>Agnieszka Szuba, Łukasz Marczak, Leszek Karliński</i>	171
Zastosowanie mikrosatelitów w badaniach rodowo-prowienienicyjnych oraz na plantacjach nasiennych <i>Magdalena Trojankiewicz</i>	173
Nowe zasoby genomowe do badań historii populacji i zmienności adaptacyjnej spokrewnionych gatunków sosen <i>Witold Wachowiak, Julia K. Zaborowska, Bartosz Łabiszak, Annika Perry, Kevin Donnelly, Stephen Cavers</i>	174
Wpływ warunków naturalnych na zróżnicowanie genetyczne naturalnych populacji kasztanowca zwyczajnego <i>Łukasz Walas, Grzegorz Iszkulo, Monika Dering</i>	175
Flora epifityczna jesionu wyniosłego (<i>Fraxinus excelsior</i>) w lesie naturalnym (Białowieża, Polska) <i>Sylwia Wierzycholska, Patryk Czortek, Bogdan Jaroszewicz</i>	176

Porównanie zbiorowisk grzybów ektomykoryzowych obcego w Europie orzesznika <i>Carya ovata</i> , rosnącego na stanowiskach leśnych w Polsce, ze zbiorowiskami występującymi w otaczającym drzewostanie <i>Robin Wilgan, Marta Kujawska, Tomasz Leski, Leszek Karliński, Daniel Janowski, Maria Rudawska</i>	178
Czy topola czarna (<i>Populus nigra</i> L.) jest gatunkiem zagrożonym w Polsce? <i>Błażej Wójkiewicz, Monika Litkowiec, Witold Wachowiak, Andrzej Lewandowski</i> . . .	180
Wzorce alokacji biomasy i azotu u lian strefy umiarkowanej <i>Tomasz P. Wyka</i>	181
Wykorzystanie metod teledetekcyjnych w monitoringu drzew w mieście na przykładzie Warszawy <i>Justyna Wylazłowska, Anna Halladin-Dąbrowska, Jan Niedzielko, Jaromir Borzuchowski, Łukasz Sławik, Anna Jarocińska, Adriana Marcinkowska-Ochtyra, Adrian Ochtyra, Anita Sabat-Tomala, Dominik Kopeć</i>	183
Martwe drzewa w lesie gospodarczym – ilość, jakość, rozmieszczenie <i>Tomasz Zielonka, Katarzyna Izworska, Paweł Kapusta, Przemysław Kurek, Łukasz Piechnik, Grażyna Szarek-Łukaszewska, Magdalena Żywiec, Jan Holeksa</i>	185
Warunki bioklimatyczne zbiorowisk leśnych Kampinoskiego Parku Narodowego <i>Marta Ziółek, Paweł Czubla, Marcin Kozieł</i>	186
Sesja plakatowa	189
Strategia <i>Ginkgo biloba</i> L. w łagodzeniu stresu solnego w środowisku miejskim <i>Aneta H. Baczewska-Dąbrowska, Paulina Brągoszewska, Wojciech Dmuchowski</i>	191
Wpływ warunków stresowych na podatność wybranych gatunków drzew w stosunku do <i>Heterobasidion annosum</i> <i>Marlena Baranowska, Piotr Łakomy</i>	192
Żywe-martwe drewno <i>Jolanta Behnke-Borowczyk, Hanna Kwaśna, Konrad Kokot, Maciej Hałuszczak, Natalia Kartawik, Piotr Łakomy</i>	194
Uwalnianie i usuwanie reaktywnych form tlenu podczas ustępowania spoczynku i kiełkowania nasion klonu zwyczajnego (<i>Acer platanoides</i> L.) <i>Karolina Biłska, Ewelina Stolarska, Ewa Marzena Kalemba</i>	196
Jak wygląda las na hałdzie? <i>Agnieszka Błońska, Agnieszka Kompała-Bąba, Edyta Sierka, Teresa Nowak, Andrzej Pasierbiński, Damian Chmura, Gabriela Woźniak</i>	198
Problem sukcesji roślin drzewiastych w cennych terenach powyrobowiskowych na przykładzie kamieniołomu im. Libana w Krakowie <i>Wojciech Bobek, Elżbieta Kumańska-Dziób</i>	199

Igły jodły pospolitej (<i>Abies alba</i> Mill.) jako źródło informacji o zanieczyszczeniu środowiska w Beskidach <i>Jacek Borgulat, Tomasz Staszewski, Włodzimierz Łukasik, Anna Borgulat</i>	200
Ocena przydatności chloroplastowego regionu <i>ycf1</i> do analizy filogenetycznej podrodziny <i>Nolinoideae</i> (<i>Asparagaceae</i>) <i>Konrad Celiński, Hanna Kijak, Mirosława Dabert, Justyna Wiland-Szymańska</i>	202
Kariologiczna analiza trzech blisko spokrewnionych sosen z kompleksu <i>Pinus mugo</i> <i>Ewa Chudzińska, Konrad Celiński, Aneta Gmur, Aleksandra Wojnicka-Półtorak, Joanna Sokołowska</i>	203
Bogactwo grzybów ektomykoryzowych kwaśniej buczyny niżowej w okresie odnowienia, na przykładzie Leśnictwa Sopieszyno (Nadleśnictwo Gdańsk) <i>Joanna Gołębiewska, Marta Jarosińska, Marcin Pietras</i>	204
Effectiveness of <i>Pinus nigra</i> embryogenic tissue cryopreservation by the stepwise pregrowth-dehydration method: preliminary results <i>Teresa Hazubska-Przybył, Paweł Chmielarz, Mikołaj Wawrzyniak, Agata Obarska, Terézia Salaj</i>	205
Zasoby martwego drewna w Rezerwacie Lipówka na tle otaczającego drzewostanu gospodarczego w Puszczy Niepołomickiej <i>Katarzyna Izworska</i>	207
Udoskonalona metoda szacowania przyrostu pola przekroju poprzecznego pnia roślin drzewiastych <i>Radosław Jagiełło, Grzegorz Iszkuło</i>	208
Organizacja budowy wewnętrznej igieł sosny zwyczajnej (<i>Pinus sylvestris</i> L.) od nasady do wierzchołka i jej zależność od rozmiaru igły <i>Artur Jankowski, Tomasz P. Wyka, Roma Żytkowiak, Jacek Oleksyn</i>	210
Tendencje w zmianach tempa rozwoju bioróżnorodności grzybów ektomykoryzowych sosny zwyczajnej (<i>Pinus sylvestris</i> L.) w odpowiedzi na zaburzenia ekosystemu <i>Daniel Janowski, Robin Wilgan, Michał Iwański, Tomasz Leski, Maria Rudawska</i> . . .	212
Rola obszarów leśnych w zachowaniu cennych zasobów florystycznych Pomorza Gdańskiego <i>Marta Jarosińska, Joanna Gołębiewska, Katarzyna Wszalek-Rożek</i>	213
Zgrupowania roztoczy (<i>Acari, Mesostigmata</i>) zasiedlające ściółkę i murszejące drewno pniaków dębowych (<i>Quercus robur</i> L.) w różnych fazach rozkładu <i>Jacek Kamczyc, Patrycja Różańska, Emilia Pers-Kamczyc, Cezary K. Urbanowski</i>	216
Zmiany wybranych parametrów fotochemicznych u roślin eksponowanych na środowiskowe czynniki stresowe <i>Adriana Kaproń, Marta Śliwa, Zbigniew Miszański, Jacek Oleksyn</i>	217
Dendrometryczna charakterystyka wybranych młodników sosnowych uszkodzonych spalaniem <i>Katarzyna Kaźmierczak, Patrycja Kubiak</i>	219

Rola robinii akacjowej w sukcesji roślinności na terenach powyroboiskowych <i>Joanna Kidawa, Damian Chmura, Tadeusz Molenda</i>	220
Olcha szara (<i>Alnus incana</i> (L.) Moench) – udział w kolonizowaniu siedlisk inicjalnych i odnowieniu drzewostanu w olszynach w Karpatach Zachodnich <i>Dariusz Kozik, Aldona K. Uziębło</i>	222
Struktura zbiorowisk grzybów ektomykoryzowych na sadzonkach brzozy, graba i lipy w wybranych polskich szkółkach leśnych <i>Marta Kujawska, Leszek Karliński, Maria Rudawska, Tomasz Leski</i>	223
Porównanie kierunków migracji wybranych drzew i krzewów na obszarze Polski podczas interglacjału eemskiego i holocenu w oparciu o mapy izopolowe <i>Mirosława Kupryjanowicz, Dorota Nalepka, Irena A. Pidek, Zofia Balwierz, Krzysztof Bińka, Magdalena Filoc, Wojciech Granoszewski, Piotr Kołaczek, Aleksandra Majecka, Małgorzata Malkiewicz, Małgorzata Nita, Bożena Noryśkiewicz, Adam Walanus, Hanna Winter</i>	226
Wpływ poliamin na żywotność nasiona klonu srebrzystego (<i>Acer saccharinum</i> L.) <i>Katarzyna Kurek, Marcin Michalak, Beata Plitta-Michalak, Ewelina Ratajczak</i>	227
Rośliny drzewiaste zabytkowego cmentarza żydowskiego w Częstochowie <i>Kacper Lechowicz, Dorota Wrońska-Pilarek</i>	228
Wykorzystanie markerów mitochondrialnego DNA w analizie struktury i historii populacji sosny błotnej (<i>Pinus uliginosa</i> G.E. Neumann) <i>Bartosz Łabiszak, Julia Zaborowska, Witold Wachowiak</i>	229
Problem inwazyjności robinii białej (<i>Robinia pseudoacacia</i>) w układach krajobrazów komponowanych Krakowa <i>Katarzyna Łakomy, Wojciech Bobek</i>	230
Wpływ warunków świetlnych na wzrost i rozwój motyla <i>Yponomeuta padella</i> na dwóch gatunkach roślin żywicielskich <i>Adrian Łukowski, Piotr Karolewski</i>	231
Występowanie gatunków drzew owocowych w ekosystemach leśnych Roztoczańskiego Parku Narodowego <i>Zbigniew Maciejewski, Andrzej Tittenbrun, Bogusław Radliński, Andrzej Wojtyło</i> . . .	232
Badanie podłoża zaobserwowanych zmian fitopatologicznych drzew z rodzaju jarzab (<i>Sorbus</i> L.) znajdujących się na terenie Pienińskiego Parku Narodowego, Tatrzańskiego Parku Narodowego oraz Nadleśnictwa Smolarz <i>Paweł Mazur</i>	233
Wpływ gatunku i warunków świetlnych na zawartość makro- i mikroelementów w liściach krzewów o różnej podatności na foliofagi <i>Ewa Mąderek, Adrian Łukowski, Marian J. Giertych, Piotr Karolewski</i>	235
Wpływ niskiej temperatury wczesną wiosną na uszkodzenia pędów historycznych róż pnących w warunkach klimatycznych Polski Centralnej <i>Marta J. Monder</i>	236

Wpływ sideroforów na morfologię kompartmentów komórkowych i poziom pierwiastków w komórkach korzeni sosny zwyczajnej <i>Joanna Mucha, Elżbieta Gabala, Marcin Zadworny</i>	238
Wpływ nawożenia na osobniki męskie i żeńskie cisa pospolitego i jałowca pospolitego <i>Kinga Nowak, Emilia Pers-Kamczyc, Grzegorz Iszkuło</i>	240
Predykcja zmian optimum klimatycznego dla orzecha włoskiego (<i>Juglans regia</i> L.) w warunkach zmieniającego się klimatu <i>Sonia Paż, Marcin K. Dyderski, Andrzej M. Jagodziński</i>	241
Ilościowa i jakościowa analiza ziarn pyłku <i>Taxus baccata</i> L. w warunkach ograniczonych zasobów <i>Emilia Pers-Kamczyc, Mariola Rabska, Jacek Kamczyc, Dorota Wrońska-Pilarek, Grzegorz Iszkuło</i>	243
Analiza zmian dendrometrycznych oraz ocena stanu zdrowotnego drzew w drzewostanach daglezji, wejmutki i żywotnika na terenie Nadleśnictwa Nowe Ramuki <i>Sławomir Piętka, Zbigniew Sierota, Albert Dudek</i>	244
Zależna od płci wydajność fotosyntetyczna sadzonek jałowca pospolitego (<i>Juniperus communis</i> L.) w warunkach deficytu substancji odżywczych <i>Mariola Rabska, Grzegorz Iszkuło, Ewelina Ratajczak, Piotr Robakowski, Emilia Pers-Kamczyc</i>	245
Ochrona <i>ex situ</i> jarzębu brekinii (<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz) poprzez zachowanie zasobów genowych wybranych rezerwatów w banku nasion oraz utworzenie archiwum klonów cennych drzew zachowawczych <i>Michał Raj, Joanna Bogacz</i>	246
Określanie stopnia zasiedlenia drzewostanów dębowych przez <i>Armillaria gallica</i> <i>Tomasz Rażny, Piotr Łakomy</i>	248
Alokacja energii świetlnej pochłoniętej przez liście, fotosynteza i wzrost siewek dębu bezszypułkowego i czeremchy amerykańskiej rosnących w różnych warunkach ocienienia, konkurencji i allelopatii <i>Piotr Robakowski, Ernest Bieliniś, Kerrie Sendall</i>	250
Gospodarka mineralna sosny zwyczajnej na podłożach zanieczyszczonych metalami ciężkimi <i>Monika Rutkowska-Czekaj, Grażyna Szarek-Łukaszewska, Paweł Kapusta, Barbara Godzik</i>	251
Przestrzenna struktura genetyczna populacji <i>Cupressus atlantica</i> <i>Katarzyna Sękiewicz, Monika Dering, Dominik Tomaszewski, Angel Romo, Adam Boratyński</i>	253
Uwaga! Rezerwat atakuje! Czyli problemy zagospodarowania Lasu Wolskiego <i>Aleksandra Skrzypek</i>	255

Aktywność fotosyntetyczna podrostu buka (<i>Fagus sylvatica</i> L.) i jodły (<i>Abies alba</i> Mill.) w lesie gospodarczym i chronionym Tomasz Sobala, Maciej Kocurek, Rafał Podlaski	256
Rytmika rozwojowa wybranych azjatyckich gatunków klonów (<i>Acer</i> L.) z kolekcji Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu Mateusz Sowelo	257
Wpływ obcego gatunku drzewa – dębu czerwonego (<i>Quercus rubra</i> L.) na wybrane parametry chemiczne i mikrobiologiczne gleby Małgorzata Stanek, Anna M. Stefanowicz	259
Zmiana zawartości reaktywnych form tlenu oraz reduktaz sulfotlenku metioniny w podsuszanych nasionach klonu zwyczajnego (<i>Acer platanoides</i> L.) Ewelina Stolarska, Karolina Bilska, Natalia Wojciechowska, Ewa M. Kalembe	261
Rośliny drzewiaste w wielkomiejskiej przestrzeni Wrocławia Elżbieta Szopińska, Anna Gizowska, Sylwia Wierzcholska	263
Biomasa korzeni drobnych i związana z nią pula węgla i biogenów w glebach technogenicznych pod olszami (<i>Alnus</i> sp.) Bartłomiej Świątek, Bartłomiej Woś, Marcin Chodak, Marcin Pietrzykowski.	264
Tajemnica śmierci olsz z Sierakowa zapisana w drewnie Mirela Tulik, Adam Grochowina, Joanna Jura-Morawiec, Szymon Bijak	265
Automat do skaryfikacji i sortowania żołądzi na podstawie topografii zmian mumifikacyjnych Paweł Tylek, Józef Walczyk, Tadeusz Juliszewski, Paweł Kielbasa, Ryszard Tadeusiewicz, Mirosław Jabłoński, Adam Pilat, Florian Adamczyk, Jan Szczepaniak, Michał Szaroleta	267
Metody statystyczne oceny dynamiki fenologii kiełkowania nasion dębu szypułkowego (<i>Quercus robur</i> L.) Joanna Ukalska, Szymon Jastrzębowski	268
Sukcesja zgrupowań roztoczy (<i>Acari</i> , <i>Mesostigmata</i>) na różnych etapach dekompozycji liści drzew w drzewostanach rosnących na rekultywowanym zwałowisku pokopalnianym i terenach leśnych Cezary K. Urbanowski, Paweł Horodecki, Jacek Kamczyc, Maciej Skorupski, Andrzej M. Jagodziński	270
Możliwości kriogenicznego przechowywania nasion skrzydłorzecha kaukaskiego (<i>Pterocarya fraxinifolia</i> (Poir.) Spach.) Mikołaj Wawrzyniak, Anna K. Jasińska, Grzegorz Kozłowski, Tadeusz Tylkowski, Paweł Chmielarz	272
Pierwsze stadia rozwoju ontogenetycznego tawuły kutnerowatej (<i>Spiraea tomentosa</i> L.) Blanka Wiatrowska, Władysław Danielewicz, Przemysław Kurek	273

Akumulacja węgla i makroelementów (N, P, K, Ca, Mg) w biomasie olsz (<i>Alnus</i> spp.) wzrastających na składowisku odpadów paleniskowych ze spalania węgla brunatnego <i>Bartłomiej Woś, Agnieszka Józefowska, Wojciech Krzaklewski, Marek Pająk, Tomasz Wanic, Marcin Chodak, Marcin Pietrzykowski</i>	275
Topola czarna (<i>Populus nigra</i> L.) gatunkiem zagrożonym w Polsce? <i>Błażej Wójkiewicz, Monika Litkowiec, Witold Wachowiak, Andrzej Lewandowski</i> . . .	276
Budowa morfologiczna i zmienność ziarn pyłku bzu czarnego <i>Sambucus nigra</i> L. (<i>Adoxaceae</i>) <i>Dorota Wrońska-Pilarek, Andrzej M. Jagodziński, Jan Bocianowski, Marta Marecik, Magdalena Janyszek</i>	277
Rola dysmutazy ponadtlenkowej w procesie ksylogenezy u topoli kalifornijskiej (<i>Populus trichocarpa</i> Torr. & A.Gray) <i>Klaudia Wypychowska, Katarzyna Marzec-Schmidt, Natalia Wojciechowska, Agnieszka Bagniewska-Zadworna</i>	278
Zmienność genetyczna sosny zwyczajnej (<i>Pinus sylvestris</i> L.) w Europie w analizie nowych markerów mitochondrialnego DNA <i>Julia Zaborowska, Bartosz Łabiszak, Witold Wachowiak</i>	280
Drobnowymiarowe martwe drewno i jego wpływ na występowanie grzybów w lasach gospodarczych Puszczy Niepołomickiej <i>Paweł Zduńczyk, Marek Halama, Paweł Kapusta, Jan Holeksa</i>	281
Indeks autorów	283

Wprowadzenie

Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk ma unikalną i bogatą historię. Władysław hr. Zamoyski, ostatni właściciel dóbr kórnickich, które odziedziczył jako dorobek kilku pokoleń rodziny Działyńskich i Zamoyskich po swoim wuju Janie hr. Działyńskim w 1880 r., był osobą miłującą las. Będąc właścicielem znacznych połaci lasów w dobrach kórnickich, trzebawskich i zakopiańskich, hrabia wiele uwagi poświęcał ich ochronie, racjonalnemu użytkowaniu oraz stosowaniu nowoczesnych metod gospodarowania w nich. Ponadto wielką wagę przykładał do wykształcenia leśników. Plany Zamoyskiego (a wcześniej także hrabiów Tytusa i Jana Działyńskich), by w Kórniku utworzyć szkołę leśną, zostały zrealizowane – w Kórniku bowiem przez ponad 20 lat (1908–1930) prowadzono fachowe szkolenia dla pracowników administracji leśnej (niższego szczebla). Zamierzenia hr. Zamoyskiego były jednak bardziej dalekowzroczne, myślał bowiem o stworzeniu możliwości prowadzenia badań leśnych w placówce naukowej, z wykorzystaniem rodzinnych dóbr – lasów na niżu i w górach, czy też okazałej kolekcji rodzimych i obcych gatunków roślin drzewiastych w Ogrodach Kórnickich. Hrabia nie doczekał jednak utworzenia placówki naukowej w Kórniku, ale przygotował podwaliny pod jej powstanie. Zgodnie z wolą hr. Zamoyskiego, ale już po jego śmierci (03.10.1924), sejm RP uchwalił Ustawę z dnia 30 lipca 1925 r. o Zakładach Kórnickich (Dz.U. poz. 592, ss. 1319–1321), w której to zdefiniowano cel ośrodka naukowego: *założenie i utrzymanie Zakładu badania, tak na stokach gór, jak i na równinach, wszystkiego, co wchodzi w zakres hodowli, życia, ochrony i należytego wyzyskania wszelkiego rodzaju drzew, tak w kraju istniejących, jak zagranicznych, mogących się krajowi zdać, leśnych, ogrodowych, użytkowych, owocowych i ozdobnych, ich drewna, owoców, liści, soków. Piecza nad ogrodami Kórnickimi*. Zamiar Władysława hr. Zamoyskiego został zrealizowany dopiero 1 lipca 1933 r., kiedy to rozpoczął swoją działalność Zakład Badania Drzew i Lasu w Kórniku.

Dzisiaj, kiedy świętujemy 85-lecie powstania Instytutu Dendrologii PAN, spoglądamy na te piękne karty z historii i wracamy do myśli naszego mecenaśa i jego dalekowzrocznej w skutkach decyzji – przekazania Narodowi Polskiemu rodzinnego majątku. Współczesna misja Instytutu, placówki zajmującej się interdyscyplinarnymi badaniami z zakresu biologii i ekologii roślin drzewiastych na wszystkich poziomach ich organizacji, w pełni odpowiada zamierzeniom Władysława hr. Zamoyskiego – głównymi celami Instytutu są bowiem prowadzenie badań naukowych, których obiektem są rośliny drzewiaste, oraz upowszechnianie wyników tych badań z zachowaniem najwyższych standardów. Dzieło hr. Zamoyskiego i profesora Stefana Białoboka – twórcy Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku, jest żywe, o czym świadczą nie tylko osiągnięcia naukowe naszych pracowników, ale i efekty współpracy z badaczami z licznych

ośrodków naukowych – krajowych i zagranicznych. Udział ponad 250 osób, badaczy i praktyków, w konferencji naukowej pt. „Biologia i ekologia roślin drzewiastych” jest wyrazem niegasnącego zainteresowania tą tematyką. Niech będzie także dowodem wdzięczności za dar, który od Władysława hr. Zamoy-
skiego otrzymaliśmy.

Przewodniczący
Komitetu Organizacyjnego



dr hab. Andrzej M. Jagodziński,
prof. ID PAN

Przewodniczący
Komitetu Naukowego



prof. dr hab. Jacek Oleksyn

Kórnik, 11 czerwca 2018 r.

Sesja plenarna

Znaczenie badań naukowych dla rozwoju Lasów Państwowych

Andrzej Konieczny

*Dyrektor Generalny Lasów Państwowych
Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, ul. Grójecka 127, 02-124 Warszawa,
sekretariat@lasy.gov.pl*

Streszczenie

Od początku kształtowania się struktury organizacyjnej leśnictwa w Polsce badania naukowe miały bardzo istotne znaczenie dla rozwoju polskiego leśnictwa i działalności Lasów Państwowych. Były istotnym wsparciem dla praktyki leśnej i miały na celu odkrywanie dotąd nieustalonych nowych zależności zachodzących w leśnictwie i gospodarce leśnej. Stanowiły również poszerzenie istniejącej już wiedzy w miarę rozwoju nowych narzędzi i technik. Spośród powszechnie wyróżnianych rodzajów badań, ze względu na ich cel, największe znaczenie mają badania stosowane, gdyż ich wyniki są wykorzystywane na rzecz rozwoju i poprawy polskiego leśnictwa. Badania naukowe stosowane, zwłaszcza powiązane z pracami rozwojowymi, w których spożytkowane zostaje dorobek wiedzy teoretycznej i praktycznej, pozwalają sprostać wymaganiom trwale zrównoważonej i wielofunkcyjnej gospodarki leśnej.

Lasy Państwowe stale zwiększają nakłady finansowe na badania oraz nadzorują wykorzystanie wyników tych badań. W 2016 r. na realizację 101 tematów badawczych Lasy Państwowe wydatkowały środki związane z funduszem leśnym w łącznej kwocie ponad 50 mln zł. Głównym beneficjentem tych środków był Instytut Badawczy Leśnictwa oraz inne jednostki naukowe i badawczo-rozwojowe, głównie działające statutowo na rzecz leśnictwa. W ramach gospodarowania zasobami leśnymi niezwykle ważne są prace dotyczące okresowej oceny stanu lasów i zasobów leśnych oraz prognozowania zmian w ekosystemach leśnych. Oprócz obserwacji na stałych powierzchniach i sporządzania okresowych sprawozdań na podstawie monitoringu czy inwentaryzacji, duże znaczenie mają interdyscyplinarne badania leśne, obejmujące szereg dziedzin i specjalności leśnych w połączeniu z nowymi dziedzinami i dyscyplinami naukowymi.

W kontekście zachodzących zmian społeczno-gospodarczych niezwykle istotne dla dalszego rozwoju polskiego leśnictwa i Lasów Państwowych jest finansowanie badań naukowych, a także wykorzystywanie istniejących kompleksów promocyjnych oraz tworzenie nowych jako obszarów o szczególnym znaczeniu naukowym i badawczym. Identyfikowanie potrzeb badawczych, głównych kierunków badań i tematów badawczych powinno wynikać przede wszystkim z praktyki leśnej i oczekiwań społecznych. Istnieje potrzeba stworzenia długofalowej strategii dotyczącej badań, jak również wytyczenie kierunku prac, zwłaszcza badawczo-rozwojowych. Szczególny nacisk należy położyć na badania interdyscyplinarne i międzyinstytucjonalne, w których nauka ściśle przenika się z praktyką leśną.

Wielką wagę będzie miało kontynuowanie wieloletnich prac nad stanem zagrożeń środowiska leśnego, zagrożeniem trwałości lasów i stanem uszkodzenia lasów oraz stanem lasów i zasobów leśnych. Potrzebne będą badania w zakresie wzmocnienia roli i znaczenia lasów i leśnictwa jako narzędzia rozwoju regionu i obszarów wiejskich. Ponadto kluczowe będą badania nad zrównoważonym gospodarowaniem zasobami leśnymi w warunkach zmian klimatu przy jednoczesnej społecznej presji na zwiększanie zarówno dostaw surowca drzewnego, jak i obszarów chronionych.

Wstęp

Badania leśne odegrały istotną rolę w definiowaniu praw, teorii i modeli opisujących procesy zachodzące w leśnictwie i gospodarce leśnej. Wynikało to z potrzeb zmieniającego się leśnictwa, które doprowadziły do ukształtowania się różnych dyscyplin nauk leśnych, m.in.: hodowli lasu, genetyki, ochrony lasu, ochrony przyrody, ekologii lasu, urządzania lasu, użytkowania lasu i zarządzania gospodarstwem leśnym. Pod wpływem przemian społeczno-gospodarczych w ostatnich latach i większej roli społeczeństwa w kształtowaniu się współczesnego leśnictwa ujawniły się nowe problemy badawcze. Spośród nich ważne stały się zagadnienia związane z adaptacją lasów i gospodarki leśnej do zmian klimatycznych, presją na zwiększanie dostaw surowca drzewnego czy konfliktami wynikającymi z ochrony przyrody.

Badania na rzecz Lasów Państwowych dotyczą głównie oceny stanu lasów i zasobów leśnych oraz prognozowania zmian w ekosystemach leśnych, w tym czynników wpływających negatywnie na stan zasobów leśnych. Oprócz wieloletnich obserwacji o charakterze monitoringu czy inwentaryzacji istotne są kompleksowe i interdyscyplinarne badania umożliwiające rozpoznawanie mechanizmów funkcjonowania ekosystemów leśnych. Największe znaczenie mają zatem wspomniane badania stosowane, których wyniki można wdrożyć do praktyki leśnej. Umożliwi to sprawniejsze zarządzanie lasami w Polsce, oraz pozwoli sprostać stale rosnącym wymaganiom trwale zrównoważonej i wielofunkcyjnej gospodarki leśnej.

Badania naukowe finansowane przez Lasy Państwowe

Obecnie Lasy Państwowe wspierają rozwój badań w różnorodnych dziedzinach leśnictwa. W **zakresie ochrony lasu i ochrony przeciwpożarowej** są to głównie badania dotyczące doskonalenia metod zwalczania nękających szkodników drzew leśnych oraz postępowania ochronnego w drzewostanach. Finansowane są badania przyczyn stanów chorobowych, zamierania drzewostanów oraz działań ochronnych w takich drzewostanach, m.in. dębowych i jesionowych. Finansuje się ponadto poszukiwania nowych środków ochrony roślin, które zastąpiłyby preparaty zakazane do dalszego stosowania. Wynika to z faktu ograniczania wykorzystania chemicznych środków ochronnych roślin i poszukiwania nowych metod zwalczania masowo występujących szkodników owadzych, co ma istotne znacze-

nie w kontekście obowiązującego prawa. Od 1 stycznia 2014 r. Lasy Państwowe są zobowiązane do stosowania zasad integrowanej ochrony roślin, polegającej na rozważeniu wszystkich dostępnych metod ochrony roślin w celu zahamowania rozwoju populacji organizmów szkodliwych oraz utrzymania stopnia wykorzystanie środków ochrony roślin i innych form interwencji na ekonomicznie i ekologicznie uzasadnionym poziomie. Lasy Państwowe kontynuują finansowanie prognozy występowania ważniejszych szkodników i chorób infekcyjnych drzew leśnych w Polsce. W zakresie ochrony przeciwpożarowej prowadzone są badania służące wypracowaniu sposobów ograniczenia liczby pożarów lasu poprzez doskonalenie metod ochrony przeciwpożarowej.

Lasy spełniające funkcję ochronną stanowią ponad połowę wszystkich lasów, dlatego finansowane są badania z zakresu **ochrony przyrody**, w tym m.in. dotyczące różnorodności biologicznej w drzewostanach gospodarczych i na terenach ochrony ścisłej, jak również metod czynnej ochrony gatunków i siedlisk w ekosystemach leśnych i nieleśnych oraz martwego drewna w lasach gospodarczych. Niezwykle ważne dzisiaj badania z dziedziny ochrony przyrody służą prowadzeniu monitoringu bogactwa przyrodniczego i określaniu wpływu gospodarki leśnej na wielkość tych zasobów oraz opracowywaniu metody ochrony istniejących zasobów przyrodniczych przy jednoczesnym prowadzeniu gospodarki leśnej; stanowią ponadto osłonę naukową dla restytucji i reintrodukcji zagrożonych gatunków leśnych. Umiejętne wykorzystanie przez praktykę leśną, wypracowanych przez jednostki badawcze w ramach realizacji badań leśnych, wyników badań w znaczny sposób wpływa na wzrost zdrowotności i odporności drzewostanów oraz na zwiększenie stabilności i trwałości ekosystemów leśnych i na zachowanie różnorodności biologicznej.

W zakresie **urządzania lasu i zarządzania gospodarstwem leśnym** niezbędne jest ciągle doskonalenie metod inwentaryzacji urządzeniowej. Lasy Państwowe finansują badania w zakresie inwentaryzacji zasobów drzewnych oraz regulacji użytkowania z uwzględnieniem wymogów ochrony przyrody w lasach oraz potrzeb przebudowy drzewostanów. Finansowane są badania mające na celu wypracowanie zasad i sposobów utrzymania lub odtworzenia właściwego stanu ochrony siedlisk i gatunków ważnych w kontekście obowiązującego prawodawstwa oraz zasad prowadzenia monitoringu. Ponadto Lasy Państwowe wspierają badania dotyczące możliwości wykorzystania najnowszych technik geomatycznych dla charakterystyki niektórych cech i parametrów lasu.

Lasy Państwowe wspierają rozwój badań pod kątem **hodowli i użytkowania lasu** w kontekście zmian klimatycznych i ich wpływu na gospodarkę leśną oraz stabilność i trwałość ekosystemów leśnych. Dlatego finansowane są badania dotyczące adaptacji lasów oraz strategii postępowania hodowlanego w zakresie m.in. zmiany składów gatunkowych i naturalnych zasięgów drzew oraz prowadzenia półnaturalnej hodowli lasu. W ramach badań nad rolą lasów w łagodzeniu skutków zmian klimatycznych wypracowane wskaźniki i wielkości pochłaniania CO₂ dla obszarów lasów wykorzystywane są i będą do określania potencjału akumulacji CO₂ w lasach na potrzeby raportowania. Lasy Państwowe finansują także badania wykorzystania upraw plantacyjnych drzew szybko rosnących jako odna-

wialnego źródła energii na cele przemysłu i energetyki oraz badania w zakresie selekcji i nasiennictwa mające na celu zachowanie puli genowej zasobów krajowych gatunków drzew i krzewów. W dziedzinie użytkowania lasu finansowane są głównie badania nad doskonaleniem technologii pozyskania drewna oraz marketingowe.

Do najważniejszych kierunków badań w zakresie **ekologii lasu i gospodarki łowieckiej**, finansowanych przez Lasy Państwowe, należą m.in. poznanie wpływu naturalnych zaburzeń (klęsk żywiołowych) na funkcjonowanie ekosystemów leśnych. W ramach gospodarki łowieckiej, jako nieodłącznego elementu gospodarki leśnej, finansowane są badania dotyczące kondycji osobniczej gatunków zwierząt i presji dużych roślinożerców na ekosystemy leśne. Lasy Państwowe finansują również badania nad ochroną odnowień, uprawami leśnymi, w tym zmierzające do opracowania nowych metod zabezpieczania drzewostanów i upraw leśnych przed zwierzyną.

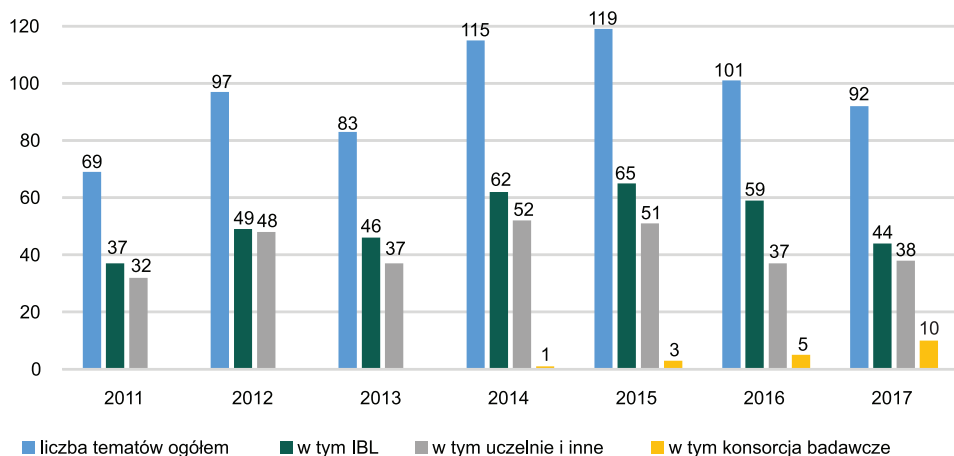
Jednostki naukowe i badawczo-rozwojowe realizujące badania na rzecz Lasów Państwowych

Instytut Badawczy Leśnictwa w Sękocinie Starym

Historia powstania Instytutu Badawczego Leśnictwa sięga 1930 r. Początkowo był to Zakład Doświadczalny Lasów Państwowych. W 1934 r. został przekształcony w Instytut Badawczy Lasów Państwowych, a od 1945 r. istnieje jako Instytut Badawczy Leśnictwa, działający obecnie pod nadzorem Ministerstwa Środowiska. Instytut, zgodnie z celami statutowymi, prowadzi badania i prace rozwojowe w zakresie leśnictwa i gospodarki leśnej, w ramach których opracowano podwaliny ochrony lasu, metody prognozowania, przygotowywano oceny i prognozy występowania szkodników, testowano metody i wdrażano nowe środki i techniki ochrony lasu i wiele innych. Jednostka ta aktywnie uczestniczy w opracowaniu dokumentów prawnych i innych dokumentów wynikających z różnych konwencji i porozumień.

Instytut sprawuje stałą opiekę naukową i merytoryczną w wielu dziedzinach leśnictwa i gospodarki leśnej, w tym m.in. w zakresie zwalczania szkodników owadzych, doskonaląc metody ograniczania populacji. Opracowuje coroczne oceny i krótkoterminowe prognozy pojawu szkodników owadzych, grzybów pasożytniczych, a także analizy szkód od zwierząt leśnych oraz uszkodzeń lasów powodowanych działalnością przemysłu. Ponadto prowadzi monitoring lasów w Polsce na stałych powierzchniach obserwacyjnych oraz bierze aktywny udział w wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu. Instytut Badawczy Leśnictwa rozwija i opracowuje nowe metody wykorzystania technik teledetekcyjnych i GIS, umożliwiających głównie monitorowanie stanu i dynamiki obszarów leśnych. Realizuje tym samym najwięcej tematów naukowo-badawczych na rzecz Lasów Państwowych (ryc. 1).

Od początku swego istnienia Instytut prowadzi szeroką działalność naukowo-badawczą z zakresu leśnictwa i gospodarki leśnej, która służy poszukiwaniu



Ryc. 1. Liczba tematów naukowo-badawczych finansowanych z funduszu leśnego w latach 2011–2017 (źródło: System Informatyczny Lasów Państwowych, raporty o stanie lasów w Polsce oraz sprawozdania finansowo-gospodarcze)

nowych rozwiązań i objęciu osłoną naukową poprzez wdrażanie wyników badań do praktyki. Ważną częścią działalności Instytutu jest doradztwo, organizowanie międzynarodowych i krajowych spotkań, seminariów, szkoleń, warsztatów oraz konferencji, gromadzenie zasobów piśmiennictwa leśnego, a także edukacja przyrodniczo-leśna.

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie zajmuje wiodącą pozycję wśród uczelni o charakterze przyrodniczym w kraju. Początki SGGW sięgają 1816 r., jako pierwszej uczelni rolniczej w Polsce, będącej wtedy Instytutem Agronomicznym w Marymoncie. W 1919 r. uczelnia została nazwana Szkołą Główną Gospodarstwa Wiejskiego.

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie prowadzi działalność badawczą i dydaktyczną, a także realizuje prace wdrożeniowe. Badania naukowe z zakresu leśnictwa prowadzone są głównie na Wydziale Leśnym, który istnieje od 1919 r. jako samodzielna jednostka organizacyjna SGGW w Warszawie (historia sięga szkoły leśnictwa utworzonej w 1816 r.). W skład Wydziału wchodzi cztery katedry, trzy samodzielne zakłady i jedna samodzielna pracownia. Główne kierunki badań realizowane przez Wydział Leśny to m.in.: wzrost i rozwój drzewostanów naturalnych, doskonalenie metod odnowienia i pielęgnowania lasu, badania proveniencyjne, fitopatologia oraz entomologia, planowanie gospodarki leśnej w zrównoważonym leśnictwie oraz nowoczesne technologie w inwentaryzacji lasu i planowaniu urządzeniowym, ekonomiczne podstawy wartościowania lasów i ich funkcji oraz międzysektorowe powiązania modelu wielofunkcyjnego gospodarstwa leśnego, pozyskanie drewna, transport leśny, ergonomia i ochrona pracy, inżynierskie zagospodarowanie lasu, dendrologia, dendrochronologia i wiele innych.

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, którego początki sięgają 1870 r., jest ważną uczelnią w Polsce o charakterze przyrodniczym i jednocześnie jedną z najbardziej znaczących w dziedzinie nauk rolniczych i leśnych. Spośród ośmiu tutajszych wydziałów badania w dziedzinie leśnictwa odbywają się przede wszystkim na Wydziale Leśnym. Obecnie w jedenastu katedrach oraz sześciu zakładach prowadzone są badania z zakresu botaniki leśnej, wyceny nieruchomości leśnych i innych aspektów ekonomiki leśnictwa, biologii owadów leśnych, doskonalenia i oceny metod prognozowania szkód wyrządzanych przez owady, doskonalenia metod regulacji liczebności owadów oraz ochrony drzew przed chorobami grzybowymi, selekcji drzew leśnych, odnowień i pielęgnowania lasu, przebudowy lasów górskich, siedliskoznawstwa leśnego. Dodatkowo prowadzone są badania nad pozyskiwaniem i transportem drewna, kształtowaniem ekosystemów leśnych w zmieniających się uwarunkowaniach środowiska przyrodniczego, doskonaleniem metod inwentaryzacji oraz zasadami planowania w urządzaniu lasu, jak również ekologią i łowiectwem i wiele innych.

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Pierwsze badania i wykłady z zakresu nauk leśnych prowadzono w ramach Studium Rolniczego już od 1919 r. Wydział Leśny, w którym głównie prowadzone są badania z zakresu leśnictwa, powołany został w 1949 r. jako samodzielna jednostka w strukturze Uniwersytetu Jagiellońskiego (wcześniej w latach 1946–1949 Wydział Rolniczo-Leśny). W roku 1951 wstrzymano rekrutację na Wydziale Leśnym i reaktywowano go dopiero w 1963 r. Ostatecznie od 2008 r. uczelnia uzyskała status Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie.

Działalność naukowa i dydaktyczna Wydziału prowadzona jest w czterech instytutach z 12 zakładami. Badania dotyczą m.in.: struktury i dynamiki roślinności leśnej w rejonach górskich, rozwoju drzewostanów naturalnych i zagospodarowanych, naturalnych tendencji rozwojowych drzewostanów, metod określania miąższości i przyrostu drzewostanów, modelowania potencjalnej produktywności drzewostanów, modeli rozwoju i funkcjonowania lasu w różnych sposobach zagospodarowania, genetyki populacyjnej, obiegu pierwiastków w ekosystemach leśnych, technologii geoinformacyjnych, ekologii wybranych grup owadów kam bio- i ksylofagicznych, klimatu i jego uwarunkowań w górskich zbiorowiskach leśnych i wielu innych zagadnień.

Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku

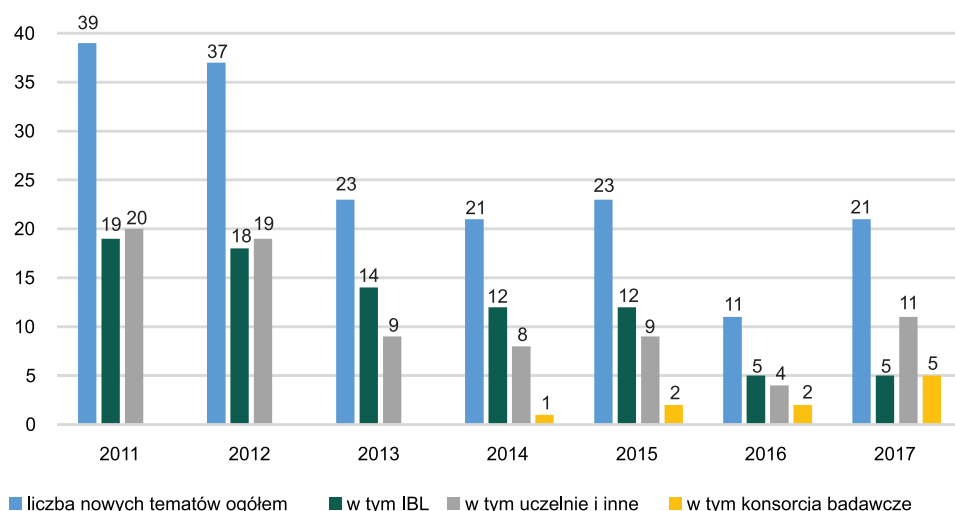
Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk jest wiodącą krajową placówką naukową, która zajmuje się interdyscyplinarnymi badaniami biologii drzew i krzewów na wszystkich poziomach ich organizacji. Instytut został utworzony w 1933 r., a od 1975 r. funkcjonuje pod obecną nazwą.

Celem strategicznym Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk jest prowadzenie podstawowych i aplikacyjnych badań naukowych oraz wzmacnianie i rozwój potencjału badawczego poprzez aktywny udział w krajowych i międzynarodowych projektach naukowych. Ważnym obszarem działania jest również

arboretum, kolekcje i sieci terenowych powierzchni doświadczalnych. Do najważniejszych prac badawczych wykonywanych w Instytucie zalicza się m.in.: program testowania potomstwa wyłączonych drzewostanów nasiennych, drzew doborowych, plantacji nasiennych i plantacyjnych upraw nasiennych czy alternatywne wykorzystanie topoli. Dalsze działania Instytutu mają skupiać się na rozwoju infrastruktury naukowo-badawczej, wprowadzaniu nowych narzędzi badawczych, badaniach rozwojowych poprzez tworzenie konsorcjów naukowych i wdrażanie wyników do gospodarki, jak również na wspieraniu rozwoju nowoczesnego leśnictwa poprzez wzmacnianie współpracy z Lasami Państwowymi.

Oprócz wymienionych ośrodków badania naukowe na rzecz Lasów Państwowych prowadzone są również przez wiele innych jednostek naukowych i badawczo-rozwojowych. Należą do nich: Instytut Technologii Drewna w Poznaniu, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Uniwersytet Warszawski, Akademia Rolnicza w Lublinie, Instytut Geodezji i Kartografii w Warszawie, Instytut Łączności w Warszawie – Państwowy Instytut Badawczy, Instytut Medycyny Wsi im. Witolda Chodźki w Lublinie, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie – Państwowy Instytut Badawczy, Instytut Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk w Krakowie, Instytut Ochrony Środowiska w Warszawie, Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II w Lublinie, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Uniwersytet Wrocławski, Zakład Badania Ssaków Polskiej Akademii Nauk w Białowieży, Zakład Biologii Antarktyki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy oraz Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia w Zielonce.

Należy wspomnieć, że spośród wymienionych jednostek coraz więcej tematów realizowanych jest w ramach konsorcjów badawczych (ryc. 2), w skład których



Ryc. 2. Liczba nowych tematów naukowo-badawczych finansowanych z funduszu leśnego w latach 2011–2017 (źródło: System Informatyczny Lasów Państwowych, raporty o stanie lasów w Polsce oraz sprawozdania finansowo-gospodarcze)

wchodzą podmioty zarówno krajowe, jak i zagraniczne, a więc lista jednostek jest znacznie szersza. Warto wymienić niektóre z nich, np. Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej w Sękocinie Starym, Taxus IT w Warszawie, Komitet Ochrony Orłów, Polskie Towarzystwo Fitopatologiczne w Poznaniu, Stowarzyszenie Miłośników Żubrów i wiele innych.

Finansowanie badań przez Lasy Państwowe

Badaniami leśnymi w Polsce zajmuje się zasadniczo pięć jednostek naukowych (badawczo-rozwojowych), tj.: Instytut Badawczy Leśnictwa w Sękocinie, wydziały leśne wyższych uczelni w Krakowie, Poznaniu i Warszawie oraz Instytut Dendrologii PAN w Kórniku. Najwięcej prac o charakterze badawczo-rozwojowym, z dużą przydatnością dla praktyki leśnej, na zlecenie Lasów Państwowych realizuje Instytut Badawczy Leśnictwa (tab. 1).

Lasy Państwowe finansują badania naukowe w ramach środków związanych z funduszem leśnym (art. 58 ust. 1 ustawy o lasach). Oprócz wielu ustawowych celów gospodarowania środkami funduszu leśnego, znaczna część z nich przeznaczana jest na realizację tematów naukowo-badawczych. Należy podkreślić, że w ostatnich latach odnotowano wyraźny trend wzrostowy wydatków z funduszu leśnego na realizację tematów naukowo-badawczych (ryc. 3).

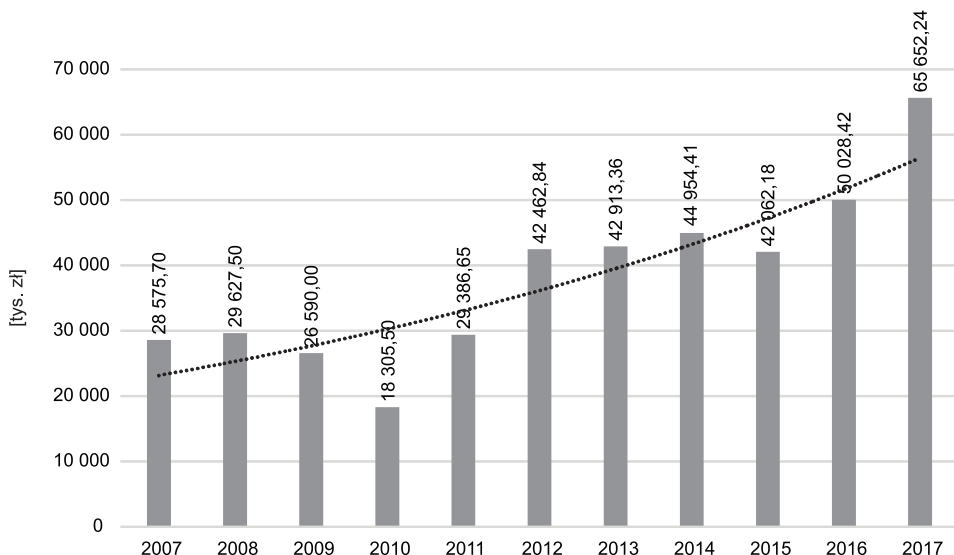
Dla rozwoju Lasów Państwowych, oprócz kontynuowania wieloletnich prac nad stanem zagrożeń środowiska leśnego, zagrożeniem trwałości lasów i uszkodzeniem lasów oraz stanem lasów i zasobów leśnych, istotne znaczenie ma inicjowanie nowych badań, których celem jest rozwiązywanie kluczowych problemów z zakresu gospodarowania obszarami leśnymi i dostarczanie niezbędnej wiedzy dla praktyki leśnej. Dyrektor Generalny Lasów Państwowych na mocy ustawy, dysponując funduszem leśnym, inicjuje, popiera i finansuje badania w dziedzinie leśnictwa oraz nadzoruje wykorzystanie wyników tych badań (art. 33 ust. 3 ustawy o lasach). W ostatnich latach odnotowano więc wyraźny wzrost nakładów finansowych na nowe tematy naukowo-badawcze finansowane z funduszu leśnego (ryc. 4).

Współczesne kierunki badań leśnych

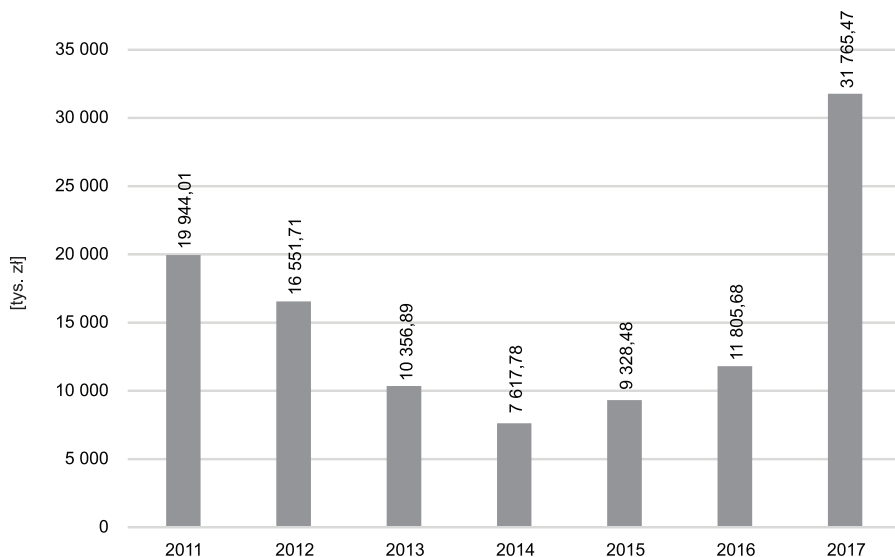
Las, leśnictwo i gospodarka leśna są szczególnym przedmiotem badań naukowych. Współczesne kierunki badań leśnych powinny dostarczać wiedzy, jak gospodarować i zarządzać obszarami leśnymi w celu uzyskiwania korzyści w wymiarze zarówno środowiskowym, społecznym, jak i ekonomicznym. Dotychczasowe doświadczenia i praktyka wskazują na potrzebę zintensyfikowania procesu rozwoju nauk i wiedzy leśnej przez podjęcie nowych wieloletnich badań interdyscyplinarnych i międzyinstytucjonalnych. W tym celu należy integrować wszystkie dziedziny, dyscypliny i specjalności naukowe oraz dorobek całej dostępnej wiedzy teoretycznej i praktycznej z zakresu leśnictwa i gospodarki leśnej.

Tabela 1. Liczba tematów naukowo-badawczych finansowanych z funduszu leśnego i koszty ich realizacji w latach 2011–2017 (źródło: System Informatyczny Lasów Państwowych, raporty o stanie lasów w Polsce oraz sprawozdania finansowo-gospodarcze)

Rok	Tematy	IBL		Uczelnie i inne		Konsorcja		Ogółem w latach	
		Liczba tematów	Koszty [zł]	Liczba tematów	Koszty [zł]	Liczba tematów	Koszty [zł]	Liczba tematów	Koszty [zł]
2011	kontynuowane	18	7 385 208,59	12	2 057 428,45	0	0,00	30	9 442 637,04
	nowe	19	12 653 556,00	20	7 290 454,47	0	0,00	39	19 944 010,47
	Razem	37	20 038 764,59	32	9 347 882,92	0	0,00	69	29 386 647,51
2012	kontynuowane	31	17 676 451,78	29	8 234 678,60	0	0,00	60	25 911 130,38
	nowe	18	11 842 004,00	19	4 709 710,08	0	0,00	37	16 551 714,08
	Razem	49	29 518 455,78	48	12 944 388,68	0	0,00	97	42 462 844,46
2013	kontynuowane	32	23 791 308,67	28	8 765 154,73	0	0,00	60	32 556 463,40
	nowe	14	7 309 459,00	9	3 047 434,72	0	0,00	23	10 356 893,72
	Razem	46	31 100 767,67	37	11 812 589,45	0	0,00	83	42 913 357,12
2014	kontynuowane	50	27 422 767,90	44	9 913 856,42	0	0,00	94	37 336 624,32
	nowe	12	4 473 800,00	8	2 561 158,00	1	582 824,00	21	7 617 782,00
	Razem	62	31 896 567,90	52	12 475 014,42	1	582 824,00	115	44 954 406,32
2015	kontynuowane	53	22 196 895,00	42	9 484 455,15	1	1 052 345,00	96	32 733 695,15
	nowe	12	4 607 958,00	9	1 562 227,38	2	3 158 295,60	23	9 328 480,98
	Razem	65	26 804 853,00	51	11 046 682,53	3	4 210 640,60	119	42 062 176,13
2016	kontynuowane	54	27 571 411,77	33	7 386 353,45	3	3 264 979,90	90	38 222 745,12
	nowe	5	3 031 818,00	4	924 732,00	2	7 849 127,00	11	11 805 677,00
	Razem	59	30 603 229,77	37	8 311 085,45	5	11 114 106,90	101	50 028 422,12
2017	kontynuowane	39	18 062 051,50	27	8 816 770,62	5	7 007 954,50	71	33 886 776,62
	nowe	5	2 190 580,00	11	3 262 168,44	5	26 312 719,18	21	31 765 467,62
	Razem	44	20 252 631,50	38	12 078 939,06	10	33 320 673,68	92	65 652 244,24



Ryc. 3. Koszty ogółem realizacji tematów naukowo-badawczych finansowanych z funduszu leśnego w latach 2007–2017 (źródło: System Informatyczny Lasów Państwowych, raporty o stanie lasów w Polsce oraz sprawozdania finansowo-gospodarcze)



Ryc. 4. Roczne nakłady na nowe tematy naukowo-badawcze finansowane z funduszu leśnego w latach 2011–2017 (źródło: System Informatyczny Lasów Państwowych, raporty o stanie lasów w Polsce oraz sprawozdania finansowo-gospodarcze)

Do najważniejszych kierunków badań leśnych w dziedzinie **ochrony lasu i ochrony przeciwpożarowej** należeć będą m.in.:

- doskonalenie metod zwalczania nękających szkodników drzew leśnych, patogenów roślin oraz postępowania ochronnego w tych drzewostanach;
- badanie przyczyn stanów chorobowych, w tym wzrost wrażliwości na szkodniki i choroby oraz zamieranie i działania ochronne w drzewostanach najbardziej wrażliwych na zmiany klimatyczne;
- poszukiwanie nowych środków ochrony roślin w miejsce preparatów zakazanych do dalszego stosowania w leśnictwie;
- monitoring dotyczący okresowej oceny stanu lasów, zagrożenia trwałości lasów i stanu uszkodzenia lasów w warunkach zmieniającego się klimatu;
- badanie sposobów użytkowania gruntów oraz wpływu czynników społecznych na występowanie pożarów lasu, oddziaływanie pożarów lasu na środowisko przyrodnicze i gospodarkę leśną w warunkach zmieniającego się klimatu;
- doskonalenie systemów wymiany informacji przy wspomaganiu procesów decyzyjnych wpływających na poprawę efektywności funkcjonowania ochrony przeciwpożarowej lasu wraz z analizami ekonomicznymi oraz doskonalenie metod edukacji w zakresie ochrony przeciwpożarowej lasu.

Do najważniejszych kierunków badań leśnych z zakresu **ochrony przyrody** należeć będą m.in.:

- ocena stanu różnorodności biologicznej w drzewostanach gospodarczych i na terenach ochrony ścisłej oraz metody czynnej ochrony gatunków i siedlisk w ekosystemach leśnych i nieleśnych;
- badania martwego drewna w lasach gospodarczych w celu poznania i ochrony różnorodności biologicznej lasów, a także możliwości racjonalizacji sposobów zagospodarowania i ustanawiania kategorii ochronności;
- ekonomiczne analizy obszarów objętych różnym reżimem ochronnym, określenie wartości usług ekosystemowych w kontekście ustalania kosztów alternatywnych ochrony przyrody w lasach, w tym z tytułu zaniechania użytkowania;
- współistnienie gospodarki leśnej i ochrony przyrody w kontekście gospodarczych, społecznych i środowiskowych funkcji lasu, w tym kształtowanie świadomości społecznej oraz łagodzenie konfliktów.

Do najważniejszych kierunków badań leśnych z zakresu **urządzania lasu i zarządzania gospodarstwem leśnym** należeć będą m.in.:

- doskonalenie metod inwentaryzacji urządzeniowej, w tym zasobów drzewnych oraz regulacji użytkowania z uwzględnieniem wymogów ochrony przyrody w lasach i potrzeb przebudowy drzewostanów;
- monitoring dotyczący okresowej oceny stanu lasów oraz prognozowania zmian w ekosystemach leśnych w warunkach zmieniającego się klimatu wraz z budową modeli prognostycznych;
- doskonalenie modeli rozwoju zasobów drzewnych i możliwości pozyskania drewna w lasach wraz z monitorowaniem wpływu zmian klimatycznych na zmiany wielkości zasobów drzewnych oraz uwarunkowań pozyskiwania drewna w Polsce;

- doskonalenie modeli do oceny wpływu zmian klimatu na produktywność siedlisk dla poszczególnych gatunków, określania optymalnego składu gatunkowego oraz spodziewanej produktywności;
 - opracowanie modeli gospodarowania obszarami leśnymi z uwzględnieniem planowania przestrzennego, przy zmieniających się preferencjach społecznych i długim okresie produkcji leśnej;
 - doskonalenie metod szacowania wartości nieruchomości leśnych z uwzględnieniem pozaprodukcyjnych funkcji lasu oraz wzmocnienie roli sektora leśno-drzewnego jako narzędzia rozwoju gospodarki regionu i obszarów wiejskich.
- Do najważniejszych kierunków badań leśnych z zakresu **hodowli i użytkowania lasu** należeć będą m.in.:

- badania dotyczące roli lasów w łagodzeniu skutków zmian klimatycznych, w tym zdolności do pochłaniania i względnie trwałego gromadzenia węgla w ekosystemach leśnych;
- rozpoznanie możliwości ingerowania w ekosystemy leśne w wyniku realizacji zadań gospodarczych, m.in. skład gatunkowy, naturalne zasięgi gatunków drzew oraz strategii postępowania hodowlanego w kontekście zmian klimatycznych;
- uprawy plantacyjne drzew szybko rosnących jako odnawialnego źródła surowca drzewnego na cele przemysłu i energetyki;
- odnowienia naturalne i przebudowa ekosystemów leśnych w prowadzeniu półnaturalnej hodowli lasu wraz z analizami efektów ekonomicznych hodowli tych drzewostanów i uwzględnieniem wartości produkcji, ryzyka hodowlanego i innych korzyści w kontekście zmian klimatycznych;
- doskonalenie technologii pozyskania drewna w kontekście oddziaływania tego procesu na środowisko leśne oraz optymalizacja technologii pozyskania drewna w warunkach rosnącego zapotrzebowania na drewno i zmian na rynku pracy, jak również innowacje w dziedzinie zastosowania maszyn i urządzeń leśnych;
- zagrożenia wynikające ze zmienności koniunktury na rynku surowca drzewnego dla Lasów Państwowych oraz prognoza rozwoju bazy surowcowej z uwzględnieniem rozwoju gałęzi przemysłu drzewnego.

Do najważniejszych kierunków badań leśnych z zakresu **ekologii lasu i gospodarki łowieckiej** należeć będą m.in.:

- poznanie i zrozumienie procesów rozprzestrzeniania się gatunków obcego pochodzenia oraz ich wpływu na gatunki rodzime i na zajmowane siedliska leśne;
- wpływ naturalnych zaburzeń (klęsk żywiołowych) oraz różnych sposobów postępowania w zniszczonych drzewostanach na funkcjonowanie ekosystemów leśnych;
- poprawa kondycji osobniczej zwierzyny oraz badania o charakterze behawioralnym w ramach zapewnienia trwałości lasu w warunkach presji dużych roślinożerców;
- ochrona odnowień, upraw leśnych przed zwierzyną wraz z opracowaniem nowych metod zabezpieczania drzewostanów i upraw leśnych.

Podsumowanie

Badania naukowe mają bardzo istotne znaczenie dla rozwoju polskiego leśnictwa i działalności Lasów Państwowych. Dotyczy to zwłaszcza badań stosowanych, których wyniki można wdrożyć do praktyki leśnej. Szczególny nacisk należy położyć na badania interdyscyplinarne i międzyinstytucjonalne, w których ściśle przenika się nauka z praktyką leśną. W badaniach z zakresu leśnictwa coraz większą rolę powinny odgrywać konsorcja naukowe, w skład których wchodzić różne jednostki naukowe, przedsiębiorstwa oraz administracja państwowa i samorządowa.

Dla dalszego rozwoju Lasów Państwowych ważne będzie kontynuowanie wieloletnich prac nad stanem zagrożeń środowiska leśnego, zagrożeniami trwałości lasów i uszkodzeniami lasów oraz stanem lasów i zasobów leśnych. Prace te stanowią cenne źródło informacji, ułatwiają jednostkom organizacyjnym Lasów Państwowych przygotowanie strategii działań i szybsze podejmowanie decyzji o dalszym postępowaniu. Istnieje jednak potrzeba stworzenia długofalowej strategii badań oraz wytyczania kierunku prac, głównie badawczo-rozwojowych, w powiązaniu z innymi sektorami gospodarki. Istotne będzie zatem identyfikowanie potrzeb badawczych, wynikających przede wszystkim z praktyki leśnej i oczekiwań społecznych.

Potrzebne będą badania w zakresie wzmocnienia roli i znaczenia lasów i leśnictwa jako narzędzia rozwoju regionu i obszarów wiejskich w kontekście gospodarczych, społecznych i środowiskowych funkcji lasu. Ponadto kluczowe będą badania dotyczące zrównoważonego gospodarowania zasobami leśnymi w warunkach zmian klimatu przy jednoczesnej społecznej presji na zwiększanie zarówno dostaw surowca drzewnego, jak i obszarów chronionych. Nauka powinna też odegrać istotną rolę w łagodzeniu konfliktów w tym zakresie, a zwłaszcza w kontekście zachodzących zmian społeczno-gospodarczych.

Niezwykle ważne dla dalszego rozwoju polskiego leśnictwa i Lasów Państwowych jest tworzenie nowych i wykorzystywanie istniejących obszarów o szczególnym znaczeniu naukowym i badawczym, w tym m.in. leśnych kompleksów promocyjnych, zakładów doświadczalnych trzech wydziałów leśnych (Siemianice, Murowana Goślina, Rogów, Krynica) czy obszarów referencyjnych. W obiektach tych inicjowane są nowe kierunki badań naukowych i prowadzone są wdrożenia. Należałoby więc utworzyć ogólnopolski rejestr różnych powierzchni badawczych oraz bazę, w której byłyby gromadzone wszystkie dane i informacje na temat prowadzonych badań. Umożliwi to kontynuowanie prac przez kolejne pokolenia leśników na rzecz rozwoju polskiego leśnictwa i Lasów Państwowych.

Wykaz materiałów źródłowych

Raport o stanie lasów w Polsce (za lata 2006–2016).

Sprawozdanie finansowo-gospodarcze (za lata 2008–2016).

System Informatyczny Lasów Państwowych.

Ustawa z dnia 28 września 1991 r. o lasach (Dz.U. 1991 nr 101, poz. 444 ze zm.).

Plant traits and functional diversity: what do they tell us about the function of individuals, communities, and ecosystems?

Peter Reich^{1,2}

¹Department of Forest Resources, University of Minnesota, St. Paul, MN 55108, USA,
preich@umn.edu

²Hawkesbury Institute for the Environment, Western Sydney University, Penrith, New South Wales
2751, Australia

Abstract

Plant traits and their diversity result from evolutionary and physiological processes, and reflect variation in ecological strategies. They provide a lens through which those ecological strategies, and their consequences, can be compared among taxa that co-occur locally, as well as across climate zones and vegetation types worldwide, and in the face of a changing climate. Traits are not random: not all trait combinations exist in nature, because they are selected against, are biophysically impossible, or both. What does exist are multiple-trait axes that show how most taxa and individuals have traits that reside somewhere along a continuum from a “slow” to a “fast” return on investment design strategy, as well as along other axes. The plant economic spectrum is one name given to the pattern and distribution of plant traits (morphological, biochemical, metabolic, longevity) in multi-dimensional trait space and represents an interpretation of its underlying mechanics. The causes of the diversity of successful strategies reside at least in part in the trade-offs that equalize fitness at multiple positions along the economic axes. The position of taxa on those axes influences whole-plant function, biotic interactions, and plant-environment interactions, and hence, the assembly, dynamics, structure, and function of communities and ecosystems. Advances in these realms will accelerate the way in which trait economic spectra help provide an integrated approach to quantifying and modeling plant-plant competition, organ to plant to ecosystem-scale gas fluxes, coupled C, N, P and water physiology, decomposition and soil mineral element cycling, and feedbacks between ecosystems and the coupled carbon cycle – climate system. In my talk, I will provide examples of the role of traits in woody plant biology at levels from leaf to tree to ecosystem to the globe and in relation to climate and climate change, including work done in collaboration with Institute of Dendrology PAS researchers.

Plant traits reflect evolutionary history, adaptation via selection, and ecophysiological acclimation (Reich et al. 1997; Reich et al. 2003; Cavender-Bares et al. 2009; Cornwell, Ackerly 2010). Traits, including functional traits, may thus help us understand how and why a plant lives where it does, acts as it does, and interacts with other plants and the environment surrounding it (Westoby, Wright 2006; Reich 2014). However, it is not yet entirely clear whether plant traits and

related trade-offs can simplify the complexity of ecology enough that we can make (predictable) sense of it? Herein I address several topics. Why study (or even think about) traits and what are the historical roots of plant trait science? What can plant traits tell us about the function of individuals, communities and ecosystems? And perhaps most critically, does a trait-based approach to plant science advance understanding of plant and ecosystem function at local to global scales in the face of global environmental change? Early workers like Blackman (1919) and West et al. (1920) advanced this field by defining the underpinnings of whole plant growth, whereas Grime (1965), Noble, Slatyer (1980), Givnish (1986), Bond (1989), Lambers, Poorter (1992), and Reich et al. (1992) outlined ways in which multiple traits can together explain plant function and community dynamics. The community of researchers active in this field has grown vastly larger since that time and is engaged in a myriad of ways at present (Reich 2014; Violle et al. 2014).

The underlying premise of much of trait-based ecology is that traits are critical to trade-offs between resource acquisition rates (i.e. growth or productivity) and resource conservation (i.e. survival or persistence). This idea is supported by much evidence that species do in fact characteristically show either the ability to be effective resource competitors, that is, to grow quickly and usurp resources when abundant, or the capacity to conserve resources and avoid mortality under low resource conditions (Walters, Reich 1996; Kobe 1999; Poorter, Bongers 2006; Wright et al. 2010; Reich 2014). Additionally, species that are capable of avoiding mortality at low resource supply often also further reduce their supply under such conditions or make the microenvironment less optimal in some other fashion (Pastor et al. 1984; Reich et al. 2003; Reich et al. 2005).

In this brief piece, and the accompanying talk, I do not intend to comprehensively address the larger topic of trait science, but instead give examples (often from temperate or boreal systems relevant to the central European context) that illustrate the roots, causes and consequences of trait variability. I focus on resource economic traits that often influence life history via growth vs. survival trade-offs that impact performance across the continuum of low to high resource levels of resources (Reich 2014). Moreover, I posit that there are requirements for trait-based approach to be useful and give examples relevant to each. First, traits must follow predictable general rules (due to evolutionary and biophysical constraints); second, traits and trait trade-offs must be critical to the function of individuals, communities, ecosystems; and third, traits must help us understand/predict ecological processes (perhaps even responses to global environmental change).

I believe those requirements are often met. It has been shown that trait trade-offs can often explain performance, assembly and distribution (1) among taxa within a given patch or stand (e.g. Walters, Reich 1996; Comas, Eissenstat 2004; Poorter, Bongers 2006; Cornwell, Ackerly 2010; Poorter et al 2010; Williams et al. 2017), (2) for different populations or congeners across local to continental landscapes (Oleksyn et al. 1998a; Cavender-Bares et al. 2004; Givnish et al. 2004; Savage, Cavender-Bares 2012; Blackman et al. 2012; Reich et al. 2014a; Pfautsch

et al. 2016; Zadworny et al. 2016), and (3) similarly among disparate sites regionally to globally (Reich et al. 1997; Wright et al. 2004), and moreover, (4) that the aggregate traits of communities and ecosystems drive productivity and biogeochemical cycling (Pastor et al. 1984; Cornwell et al. 2008; Ollinger et al. 2008; Reich 2012).

To demonstrate the role traits can play I will use examples at organ, individual, community and biogeographic scales. At the level of organs, such as leaves or roots, different traits are coordinated because of trait-trait trade-offs (Reich et al. 1997), such that only a small percent of possible trait combinations are successful (Diaz et al. 2016), because those combinations represent roughly equally viable strategies, but the only viable ones. Thus trait-trait trade-offs restrict and delineate possible trait space; and on bivariate or multivariable surfaces (Fig. 1) often represent a “fast” versus “slow” strategy (Reich 2014).

Traits often vary in patterned ways in relation to environment, locally to globally. Locally, specific leaf area (SLA) varies with canopy position and light in ways consistent with economic theory and that create emergent canopy properties (Reich et al. 2003; Wyka et al. 2012). Across regional gradients, plants adjust their leaf or roots genetically or phenotypically in response to low resource-

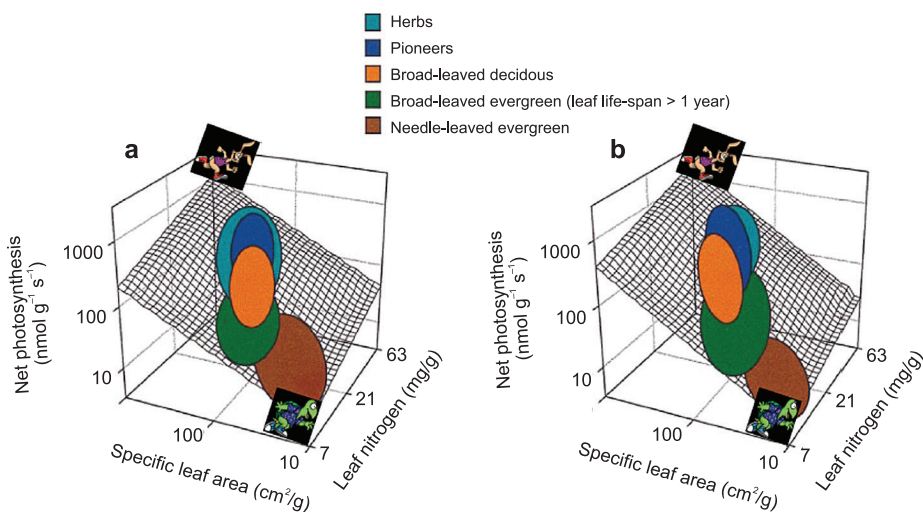


Fig. 1. Location of major plant functional groups (crossing biomes) on the three-dimensional leaf trait response surface for field data for 111 species at six sites representing six biomes (a) and for 170 species from >100 sites globally (b). Major groups considered were: herbs (herbaceous species in all tundra, grassland, and forested ecosystems), pioneers (pioneer trees in boreal, temperate, and tropical forests), broad-leaved deciduous (mostly mid- to late successional temperate and tropical woody species that are deciduous; plus tropical broad-leaved evergreen tree species with leaf life-span ≤ 12 months), broad-leaved evergreen (woody broad-leaved species with leaf life-span >1 year), and needle-leaved evergreen (all evergreen coniferous species). Location of “fast” versus “slow” strategies shown by location of hare and tortoise symbols. From Reich et al. (1997)

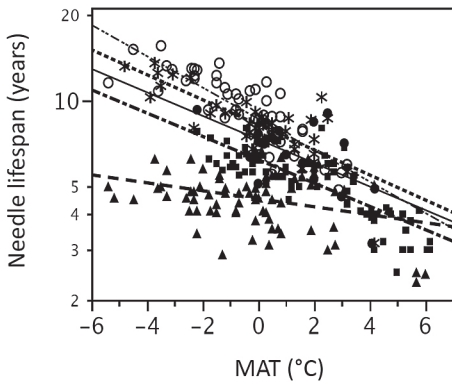


Fig. 2. Intraspecific needle lifespan (mean among individuals at each site) in relation to mean annual temperature (MAT, °C) for five boreal conifers at between 19 and 78 sites across natural gradients in Eurasia (*Pinus sylvestris*) or North America (all others). Species include (from longest to shortest needle lifespan at low MAT) *Picea mariana* (open circles), *Picea glauca* (stars), *Abies balsamea* (closed circles), *Pinus sylvestris* (squares), and *Pinus banksiana* (triangles). Relations significant ($p < 0.01$) for all species, mean $r^2 = 0.46$. Data from Reich et al. (2014a)

es such as cool temperatures and low nutrient supply. For example, in evergreen conifers, needles from cold sites live longer, conserve nitrogen better, are shorter, thicker, denser, and have thicker epidermal cells with thicker cell walls in comparison to needles from warmer sites (Figs. 2 and 3) (Oleksyn et al. 2003; Reich et al. 2014a; Jankowski et al. 2017). These patterns

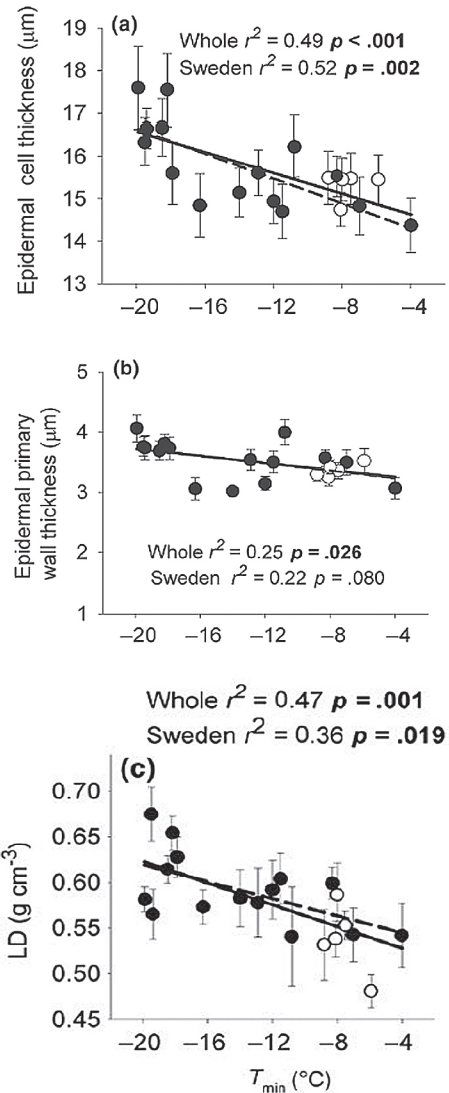


Fig. 3. Relationships between mean winter minimum temperature ($T_{\min}$) and needle characteristics: (a) thickness of epidermal cells, (b) thickness of primary epidermal cell walls, and (c) leaf density (LD) for *Pinus sylvestris* needles at 20 sites along a 1,900 km transect in Sweden and Poland. Points are site means and standard errors (clear symbols – Poland, filled symbols – Sweden). Determination coefficients r^2 , associated p values and least-squares linear or quadratic regression lines (thickened, where $p < 0.05$) are shown. Solid lines are for whole transect, dashed lines – for Sweden alone. From Jankowski et al. (2017)

Fig. 4. Percentage of *Pinus sylvestris* roots that are absorptive (absorptive root mass/[absorptive + transport root mass]) for different branching orders at 32 sites along an *in situ* latitudinal gradient in Finland, Sweden, and Poland. First order roots were all absorptive, sixth-order roots all transport (hence not shown). Redrawn from Zadworny et al. (2016)

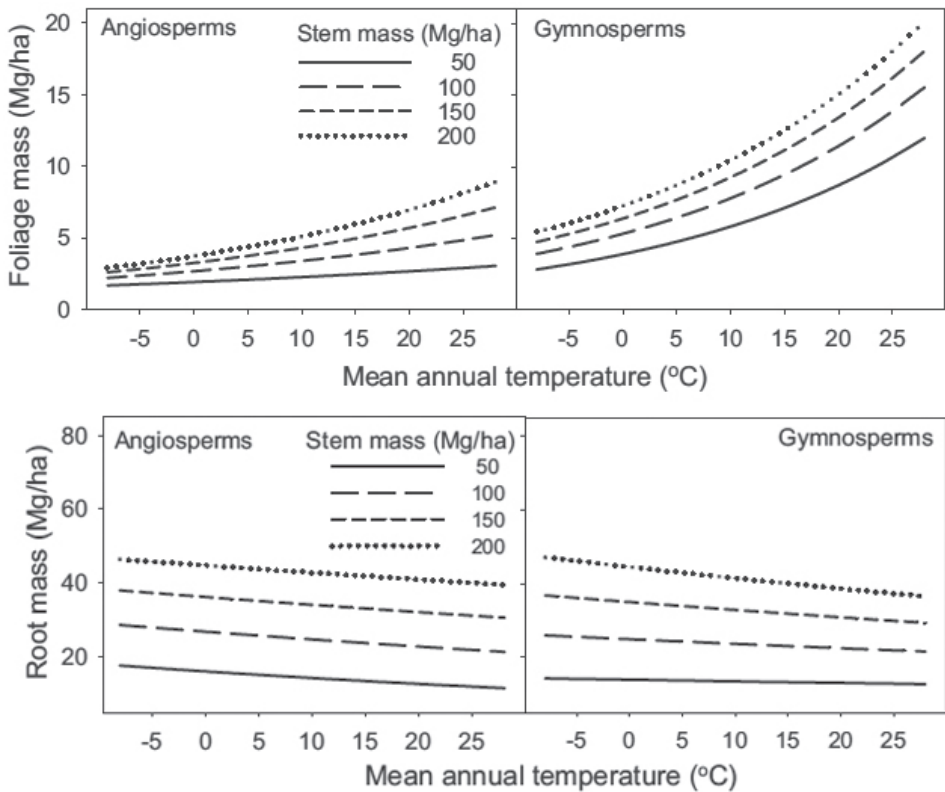
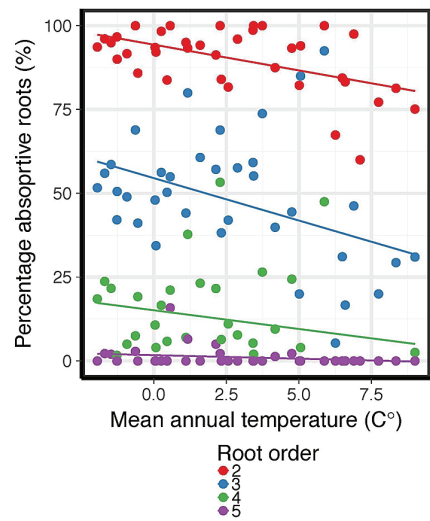


Fig. 5. Illustration of ecosystem-scale foliage biomass and root biomass in relation to mean annual temperature (MAT) for angiosperm and gymnosperm forests for forests of different stem biomass classes. Data from >6,200 forests in 61 countries. Fits are derived from full statistical models; from Reich et al. (2014b)

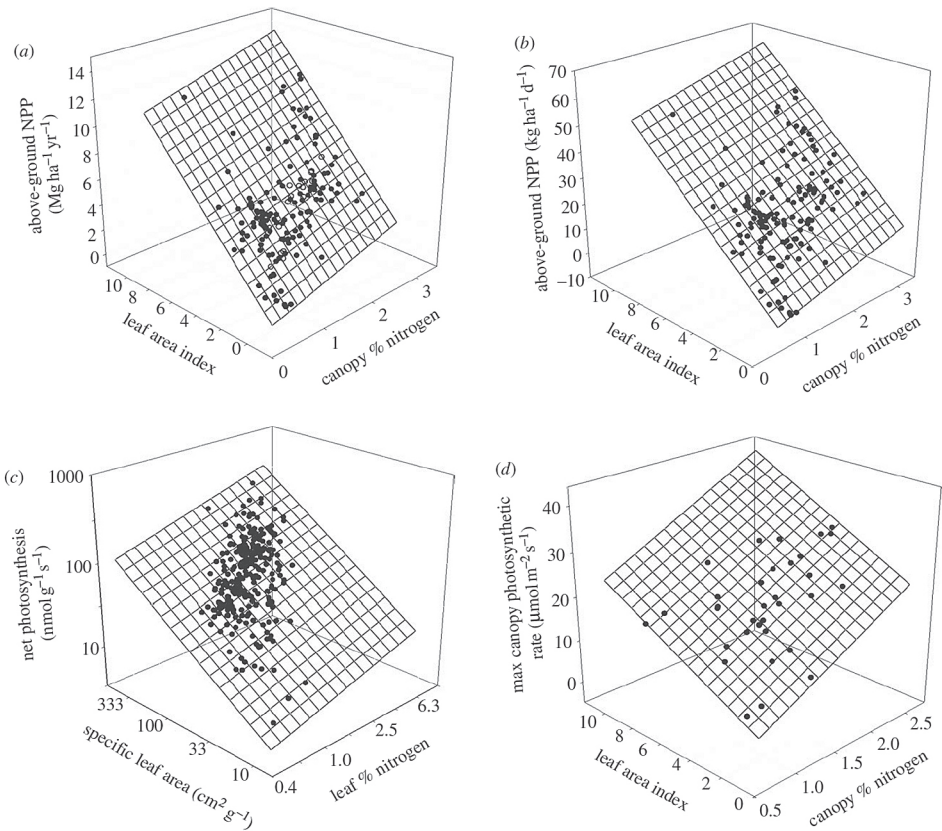


Fig. 6. Relationships, at different scales, of productivity to leaf area and nitrogen concentration in temperate forests. Except for panel “c” the measures are equivalent to abundance weighted, community mean traits. Relationships shown: (a) Above-ground NPP per year in relation to leaf area index (LAI) and canopy % nitrogen (closed circles for 128 stands in Minnesota and Wisconsin, USA and open circles for 18 stands in New Hampshire, USA), (b) ANPP per day in relation to LAI and canopy [N] (data for 128 Minnesota and Wisconsin forests), (c) Instantaneous leaf-scale net photosynthetic capacity in relation to specific leaf area and leaf [N] for 296 tree species worldwide, (d) Relationship of maximum instantaneous ecosystem photosynthetic rate to LAI and canopy [N] for 33 forests worldwide. From Reich (2012)

are consistent with the idea that in colder environments, low resources, sub-optimal conditions, and slow growth potential push local populations towards “slow” positions on the fast-slow continuum (Oleksyn et al. 1998a; Reich et al. 2014a). Similarly, among *Pinus sylvestris* populations from Poland to northern Scandinavia, those in colder environments have root systems with a higher fraction of absorptive (versus transport) roots (Fig. 4) (Zadworny et al. 2016), ostensibly to compensate for low resource supply in cold high latitude environments. A similar logic can be used to explain the tendency for lower foliage biomass and higher root biomass fractions in colder climate zones (Fig. 5) at the scale of

Fig. 7. Stem biomass overyielding due to diversity in experimental temperate tree communities in relation to the change in crown complementarity of the components species from monocultures to mixtures. Across all species mixtures (two-, four- and twelve-species; $n=25$), stem biomass overyielding was positively associated with the net difference in crown complementarity between mixture- and monoculture-grown trees ($CCI_{obs} - \text{mean } CCI_{mono}$; $r^2=0.70$, $p<0.001$). From Williams et al. (2017)

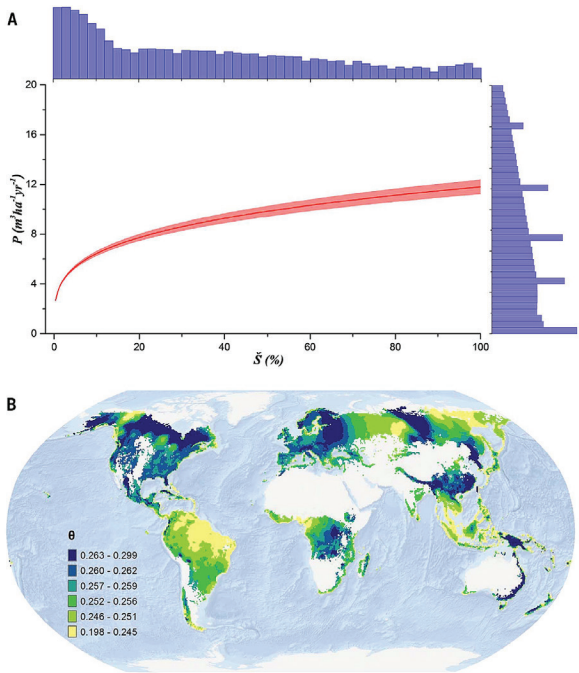
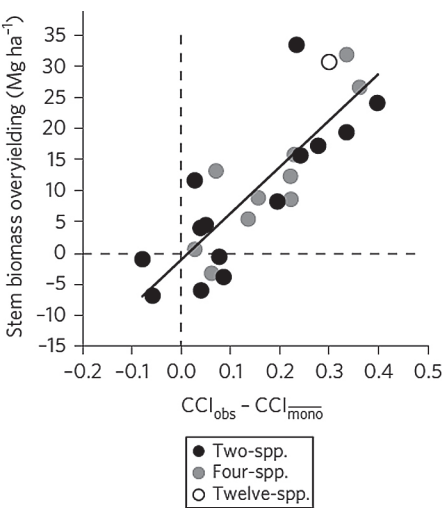


Fig. 8. The estimated effect of biodiversity on forest productivity across forest ecosystems worldwide. (A) Global effect of biodiversity on forest productivity (red line with pink bands representing 95% confidence interval) standardized for other climatic, soil, and plot covariates. Relative species richness ($\tilde{S}$) is in the horizontal axis, and productivity (P , $m^3\ ha^{-1}\ year^{-1}$) is in the vertical axis (histograms of the two variables on top and right in the logarithm scale). (B) – represents the strength of the effect of tree diversity on forest productivity across the current global forest extent (blank areas were non-forested). From Liang et al. (2016)

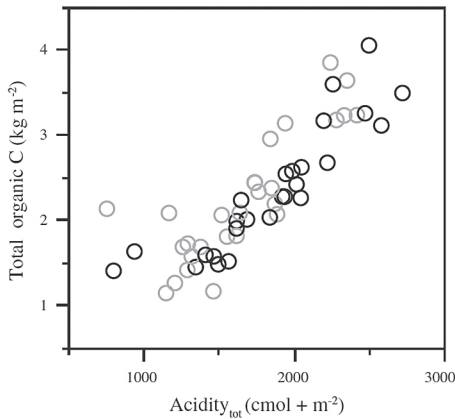


Fig. 9. The relationship between stocks of total extractable acidity ($\text{Acidity}_{\text{tot}}$) and total organic carbon in the 0–20 cm mineral soil depth increment for 53 32-year old forest plots of 14 tree species in a common garden experiment in Siemianice, Poland. Plots planted with angiosperm species are shown in gray and those planted with gymnosperm species are shown in black. From Mueller et al. (2012)

individual trees (Oleksyn et al. 1998a) or entire forest ecosystems (Reich et al. 2014b).

Traits of individuals aggregate at the system scale to affect biogeochemical patterns and processes. Both the mean and the variance (diversity) of traits matter for ecosystem function (Ollinger et al. 2008; Reich 2012; Liang et al. 2016; Williams et al. 2017). The community weighted mean attributes of forest canopies influence their canopy photosynthetic capacity and net primary production (Ollinger et al. 2008; Reich 2012); high LAI results in high fractions of intercepted light and high nitrogen concentrations are indicative of high capacity to photosynthetically use intercepted light. These jointly lead to strong correlations of canopy properties and carbon acquisition at multiple time scales (Fig. 6).

The diversity of species and their traits matters also, largely because diversity of species is strongly associated with functional diversity. In a temperate forest diversity experiment, at neighborhood scales of interacting individuals, species with complementary canopy light interception overyielded in mixtures (Fig. 7) more than those that did not (Williams et al. 2017). For natural forests, those with greater species diversity are more productive (Fig. 8), with relations of productivity to diversity similar in most well-inventoried tropical, temperate and boreal forests (Liang et al. 2016), including those in Poland.

Aggregate community traits also influence soil and biogeographic processes. In a long-term forest monoculture experiment in Siemianice, Poland, it was shown that tree species with calcium-rich leaves and roots and nitrogen-rich roots tend to develop soils with greater acidity (Reich et al. 2005; Mueller et al. 2012). There is also a strong association between soil carbon and soil acidity (Fig. 9), that likely largely represents a cascading effect of tree species on soil carbon storage via their effects on acidity (Mueller et al. 2012).

Most traits represent physical attributes of organisms or ecosystems, but the distribution of populations across climate and environmental space has been considered a potentially important attribute of taxa as well, for more than a century. Moreover, that biogeographic trait – expressed as latitude or climate of origin of a population or range of a species – often aligns with other plant traits in ways that can explain the success of individuals within climate and environmental space (Oleksyn et al. 1998a; Oleksyn et al. 2003; Reich et al. 2014a; Pfautsch et

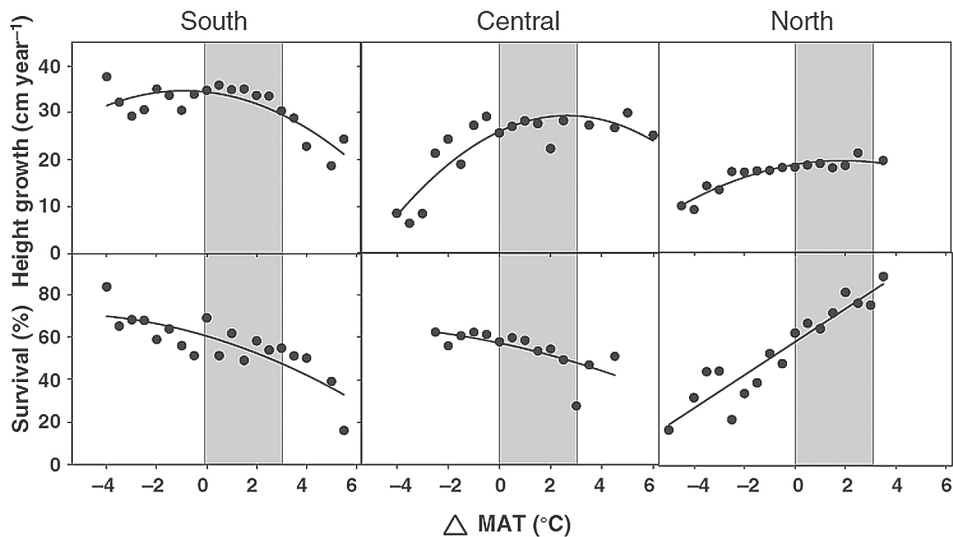


Fig. 10. Climate change sensitivity of 283 Scots pine populations growing at 90 common garden sites. Data show mean height growth increment and survival vs. climate transfer for populations grouped into three geographic zones. Mean height growth increment (cm/year) and survival (%) (at 18 years age on average) in relation to differences between experimental site and seed origin mean annual temperatures (Δ MAT), for populations both originated and growing within three latitudinal bands (50–53, 57–61 and $\geq 61.5^\circ$ N, south, central and north, respectively, with average site origin MAT of 7.0, 3.5 and 1.0°C , respectively). Gray shaded areas represent the shift from population site origins to sites warmer by 0–3°C, which is a conservative estimate of the expected climate warming during the coming century. From Reich, Oleksyn (2008)

al. 2016), and perhaps, their responses to global environmental change (Oleksyn et al. 1998a,b; Reich, Oleksyn 2008; Reich et al. 2015; Drake et al. 2015, 2017). For example, intraspecific experiments show that temperate-boreal Scots pine (Reich, Oleksyn 2008) and tropical-subtropical Eucalyptus (Drake et al. 2017) populations at the warmer end of their respective species range will be more negatively affected by climate change, while those from cooler climates may be positively affected (Fig. 10). Similarly, comparing populations of co-occurring species, those nearer to the warm-end of their species range are more likely to experience negative impacts on physiology and growth from future climate warming (Reich et al. 2015) (Fig. 11). Although these patterns jibe with predictions, the exact mechanisms for differential climate sensitivity of different populations and species remain uncertain.

To summarize, the examples presented regarding the role of traits in woody plant biology at levels from leaf to tree to ecosystem to the globe and in relation to climate and climate change, are but the tip of the iceberg when it comes to how traits are being measured and utilized to understand patterns and processes across scales. In celebration of the Institute's 85th anniversary I have focused on work that I have done in collaboration with researchers here at the Institute of Dendrology. The Institute has a long and storied history, and hopefully can

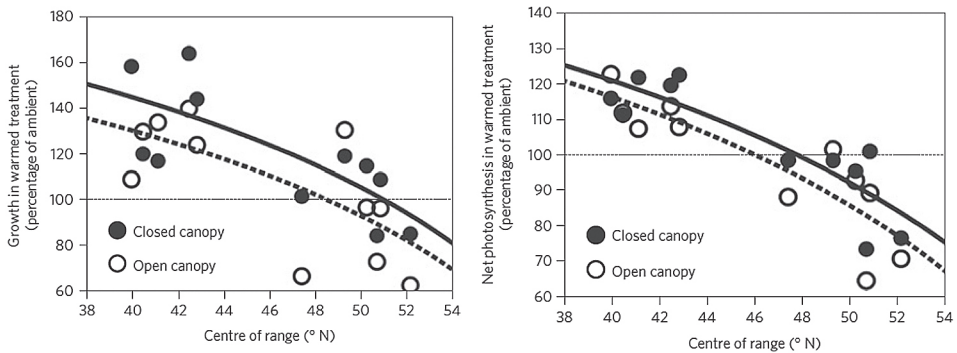


Fig. 11. Climate change sensitivity of 11 co-occurring tree species at the temperate-boreal ecotone in northern Minnesota, USA. Effect of experimental warming on stem biomass growth and *in situ* net photosynthesis shown in relation to species geographic range distributions. Effect size of warming of 3.4°C shown for stem dry biomass and light-saturated net photosynthesis as a percentage relative to values in the ambient treatment. The effect size is shown in relation to the centre of the latitudinal range in central North America for 11 native and naturalized species growing in open and closed canopy conditions. Open conditions (open circles, dotted lines); closed conditions (filled circles, solid lines). Dotted line is at 100%; values above the line indicate that warming increases biomass growth or photosynthesis; below the line indicates reduced growth or photosynthesis. From Reich et al. (2015)

remain a standard-bearer for high quality science going forward, including future work on tree and forest functional diversity.

Acknowledgments

I thank a very large number of colleagues who have shared ideas, and broken bread, with me over many years.

Literature

- Blackman C.J., Brodribb T.J., Jordan G.J. 2012. Leaf hydraulic vulnerability influences species' bioclimatic limits in a diverse group of woody angiosperms. *Oecologia* 168: 1–10.
- Blackman V.H. 1919. The compound interest law and plant growth. *Annals of Botany* 33: 353–360.
- Bond W.J. 1989. The tortoise and the hare: ecology of angiosperm dominance and gymnosperm persistence. *Biological Journal of the Linnean Society* 36: 227–249.
- Cavender-Bares J., Kitajima K., Bazzaz F.A. 2004. Multiple trait associations in relation to habitat differentiation among 17 Floridian oak species. *Ecological Monographs* 74: 635–662.
- Cavender-Bares J., Kozak K.H., Fine P.V.A., Kembel S.W. 2009. The merging of community ecology and phylogenetic biology. *Ecology Letters* 12: 693–715.
- Comas L.H., Eissenstat D.M. 2004. Linking fine root traits to maximum potential growth rate among 11 mature temperate tree species. *Functional Ecology* 18: 388–397.

- Cornwell W.K., Cornelissen J.H.C., Amatangelo K., Dorrepaal E., Eviner V.T., Godoy O., Hobbie S.E., Hoorens B., Kurokawa H., Pérez-Harguindeguy N., Quested H.M., Santiago L.S., Wardle D.A., Wright I.J., Aerts R., Allison S.D., Bodegom P.V., Brovkin V., Chatain A., Callaghan T.V., Díaz S., Garnier E., Gurvich D.E., Kazakou E., Klein J.A., Read J., Reich P.B., Soudzilovskaia N.A., Vaieretti M.V., Westoby M. 2008. Plant species traits are the predominant control on litter decomposition rates within biomes worldwide. *Ecology Letters* 11: 1065–1071.
- Cornwell W.K., Ackerly D.D. 2010. A link between plant traits and abundance: evidence from coastal California woody plants. *Journal of Ecology* 98: 814–821.
- Díaz S., Kattge J., Cornelissen J.H.C., Wright I.J., Lavorel S., Dray S., Reu B., Kleyer M., Wirth C., Prentice I.C., Garnier E., Bönsch G., Westoby M., Poorter H., Reich P.B., Moles A.T., Dickie J., Gillison A.N., Zanne A.E., Chave J., Wright S.J., Sheremet'ev S.N., Jactel H., Baraloto C., Cerabolini B., Pierce S., Shipley B., Kirkup D., Casanoves F., Joswig J.S., Günther A., Falczuk V., Rüger N., Mahecha M.D., Gorné L.D. 2016. The global spectrum of plant form and function. *Nature* 529: 167–171.
- Drake J.E., Aspinwall M.J., Pfautsch S., Rymer P.D., Reich P.B., Smith R.A., Crous K.Y., Tissue D.T., Ghannoum O., Tjoelker M.G. 2015. The capacity to cope with climate warming declines from temperate to tropical latitudes in two widely distributed *Eucalyptus* species. *Global Change Biology* 21: 459–472.
- Drake J.E., Vårhammar A., Kumarathunge D., Medlyn B.E., Pfautsch S., Reich P.B., Tissue D.T., Ghannoum O., Tjoelker M.G. 2017. A common thermal niche among geographically diverse populations of the widely distributed tree species *Eucalyptus tereticornis*: No evidence for adaptation to climate-of-origin. *Global Change Biology* 23: 5069–5082.
- Givnish T.J. 1986. On the economy of plant form and function. Cambridge University Press, London.
- Givnish T.J., Montgomery R.A., Goldstein G. 2004. Adaptive radiation of photosynthetic physiology in the Hawaiian lobeliads: Light regimes, static light responses, and whole-plant compensation points. *American Journal of Botany* 91: 228–246.
- Grime J.P. 1965. Shade tolerance in flowering plants. *Nature* 208: 161–163.
- Jankowski A., Wyka T.P., Żytkowiak R., Nihlgård B., Reich P.B., Oleksyn J. 2017. Cold adaptation drives variability in needle structure and anatomy in *Pinus sylvestris* L. along a 1,900 km temperate–boreal transect. *Functional Ecology* 31: 2212–2223.
- Kobe R.K. 1999. Light gradient partitioning among tropical tree species through differential seedling mortality and growth. *Ecology* 80: 187–201.
- Lambers H., Poorter H. 1992. Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. *Advances in Ecological Research* 22: 187–261.
- Liang J., Crowther T.W., Picard N., Wiser S., Zhou M., Alberti G., Schulze E.-D., McGuire A.D., Bozzato F., Pretzsch H., Miguel S. de-, Paquette A., Hérault B., Scherer-Lorenzen M., Barrett C.B., Glick H.B., Hengeveld G.M., Nabuurs G.-J., Pfautsch S., Viana H., Vibrans A.C., Ammer C., Schall P., Verbyla D., Tchebakova N., Fischer M., Watson J.V., Chen H.Y.H., Lei X., Schelhaas M.-J., Lu H., Gianelle D., Parfenova E.I., Salas C., Lee E., Lee B., Kim H.S., Bruelheide H., Coomes D.A., Piotta D., Sunderland T., Schmid B., Gourdlet-Fleury S., Sonké B., Tavani R., Zhu J., Brandl S., Vayreda J., Kitahara F., Searle E.B., Neldner V.J., Ngugi M.R., Baraloto C., Frizzera L., Bałazy R., Oleksyn J., Zawila-Niedzwiecki T., Bouriaud O., Bussotti F., Finér L., Jaroszewicz B., Jucker T., Valladares F., Jagodzinski A.M., Peri P.L., Gonmadje C., Marthy W., O'Brien T., Martin E.H., Marshall A.R., Rovero F., Bitariho R., Niklaus P.A., Alvarez-Loayza P., Chamuya N., Valencia R., Mortier F., Wortel V., Engone-Obiang N.L., Ferreira L.V., Odeke D.E.,

- Vasquez R.M., Lewis S.L., Reich P.B. 2016. Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests. *Science* 354: aaf8957.
- Mueller K.E., Eissenstat D.M., Hobbie S.E., Oleksyn J., Jagodzinski A.M., Reich P.B., Chadwick O.A., Chorover J. 2012. Tree species effects on coupled cycles of carbon, nitrogen, and acidity in mineral soils at a common garden experiment. *Biogeochemistry* 111: 601–614.
- Noble I.R., Slatyer R.O. 1980. The use of vital attributes to predict successional changes in plant communities subject to recurrent disturbances. *Vegetatio* 43: 5–21.
- Oleksyn J., Modrzynski J., Tjoelker M.G., Zytowskiak R., Reich P.B., Karolewski P. 1998a. Growth and physiology of *Picea abies* populations from elevational transects: common garden evidence for altitudinal ecotypes and cold adaptation. *Functional Ecology* 12: 573–590.
- Oleksyn J., Reich P.B., Zytowskiak R., Karolewski P., Tjoelker M.G. 2003. Nutrient conservation increases with latitude of origin in European *Pinus sylvestris* populations. *Oecologia* 136: 220–235.
- Oleksyn J., Tjoelker M.G., Reich P.B. 1998b. Adaptation to changing environment in Scots pine populations across a latitudinal gradient. *Silva Fennica* 32: 129–140.
- Ollinger S.V., Richardson A.D., Martin M.E., Hollinger D.Y., Frolking S.E., Reich P.B., Plourde L.C., Katul G.G., Munger J.W., Oren R., Smith M.-L., U K.T.P., Bolstad P.V., Cook B.D., Day M.C., Martin T.A., Monson R.K., Schmid H.P. 2008. Canopy nitrogen, carbon assimilation, and albedo in temperate and boreal forests: Functional relations and potential climate feedbacks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105: 19336–19341.
- Pastor J., Aber J.D., Mcclaugherty C.A., Melillo J.M. 1984. Above-ground production and N and P cycling along a nitrogen mineralization gradient on Blackhawk Island, Wisconsin. *Ecology* 65: 256–268.
- Pfausch S., Wesolowski A., Smith R., Macfarlane C., Tjoelker M.G., Reich P.B., Adams M.A. 2016. Climate determines vascular traits in the ecologically diverse genus *Eucalyptus*. *Ecology Letters* 19: 1071–1080.
- Poorter L., Bongers F. 2006. Leaf traits are good predictors of plant performance across 53 rain forest species. *Ecology* 87: 1733–1743.
- Poorter L., McDonald I., Alarcón A., Fichtler E., Licona J.-C., Peña-Claros M., Sterck F., Villegas Z., Sass-Klaassen U. 2010. The importance of wood traits and hydraulic conductance for the performance and life history strategies of 42 rainforest tree species. *New Phytologist* 185: 481–492.
- Reich P.B. 2012. Key canopy traits drive forest productivity. *Proceedings of the Royal Society B*, 279: 2128–2134.
- Reich P.B. 2014. The worldwide ‘fast-slow’ plant economics spectrum: a traits manifesto. *Journal of Ecology* 102: 275–301.
- Reich P.B., Oleksyn J. 2008. Climate warming will reduce growth and survival of Scots pine except in the far north. *Ecology Letters* 11: 588–597.
- Reich P.B., Oleksyn J., Modrzynski J., Mrozinski P., Hobbie S.E., Eissenstat D.M., Chorover J., Chadwick O.A., Hale C.M., Tjoelker M.G. 2005. Linking litter calcium, earthworms and soil properties: a common garden test with 14 tree species. *Ecology Letters* 8: 811–818.
- Reich P.B., Rich R., Lu X., Wang Y.-P., Oleksyn J. 2014a. Biogeographic variation in evergreen conifer needle longevity and impacts on boreal forest carbon cycle projections. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111: 13703–13708.

- Reich P.B., Sendall K.M., Rice K., Rich R.L., Stefanski A., Hobbie S.E., Montgomery R.A. 2015. Geographic range predicts photosynthetic and growth response to warming in co-occurring tree species. *Nature Climate Change* 5: 148–152.
- Reich P.B., Walters M.B., Ellsworth D.S. 1997. From tropics to tundra: global convergence in plant functioning. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 94: 13730–13734.
- Reich P.B., Walters M.B., Ellsworth D.S. 1992. Leaf lifespan in relation to leaf, plant and stand characteristics among diverse ecosystems. *Ecological Monographs* 62: 365–392.
- Reich P.B., Wright I.J., Cavender-Bares J., Craine J.M., Oleksyn J., Westoby M., Walters M.B. 2003. The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. *International Journal of Plant Sciences* 164: 143–164.
- Reich P.B., Luo Y., Bradford J., Poorter H., Perry C., Oleksyn J. 2014b. Temperature drives global patterns in forest biomass allocation in leaves, stems and roots. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(38): 13721–13726.
- Savage J.A., Cavender-Bares J.M. 2012. Habitat specialization and the role of trait lability in structuring diverse willow (genus: *Salix*) communities. *Ecology* 93: 138–150.
- Violle C., Reich P.B., Pacala S., Enquist B.J., Kattge J. 2014. The emergence of functional biogeography. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(38): 13690–13696.
- Walters M.B., Reich P.B. 1996. Are shade tolerance, survival, and growth linked? Low light and nitrogen effects on hardwood seedlings. *Ecology* 77: 841–853.
- West C., Briggs G.E., Kidd F. 1920. Methods and significant relations in the quantitative analysis of plant growth. *New Phytologist* 19: 200–207.
- Westoby M., Wright I.J. 2006. Land-plant ecology on the basis of functional traits. *Trends in Ecology & Evolution* 21: 261–268.
- Williams L.W., Paquette A., Cavender-Bares J., Messier C., Reich P.B. 2017. Spatial complementarity in tree crowns explains overyielding in species mixtures. *Nature Ecology and Evolution* 1: 0063.
- Wright I.J., Reich P.B., Westoby M., Ackerly D.D., Baruch Z., Bongers F., Cavender-Bares J., Chapin T., Cornelissen J.H.C., Diemer M., Flexas J., Garnier E., Groom P.K., Gulias J., Hikosaka K., Lamont B.B., Lee T., Lee W., Lusk C., Midgley J.J., Navas M.-L., Niinemets Ü., Oleksyn J., Osada N., Poorter H., Poot P., Prior L., Pyankov V.I., Roumet C., Thomas S.C., Tjoelker M.G., Veneklaas E.J., Villar R. 2004. The worldwide leaf economics spectrum. *Nature* 428: 821–827.
- Wright S.J., Kitajima K., Kraft N.J.B., Reich P.B., Wright I.J., Bunker D.E., Condit R., Dalting J.W., Davies S.J., Díaz S., Engelbrecht B.M.J., Harms K.E., Hubbell S.P., Marks C.O., Ruiz-Jaen M.C., Salvador C.M., Zanne A.E. 2010. Functional traits and the growth-mortality trade-off in tropical trees. *Ecology* 91: 3664–3674.
- Wyka T.P., Oleksyn J., Żytkowiak R., Karolewski P., Jagodziński A.M., Reich P.B. 2012. Responses of leaf structure and photosynthetic properties to intra-canopy light gradients: a common garden test with four broadleaf deciduous angiosperm and seven evergreen conifer tree species. *Oecologia* 170: 11–24.
- Zadworny M., McCormack M.L., Mucha J., Reich P.B., Oleksyn J. 2016. Scots pine fine roots adjust along a 2,000 km cold-climate gradient. *New Phytologist* 212: 389–399.

Woody plants on an oceanic island: seed dispersal syndromes, life forms, life-history and chorology along an altitudinal gradient of the biosphere reserve of El Hierro, Canary Isles (Spain)

Angel Romo

Botanical Institute of Barcelona, Spanish National Research Council, IBB, CSIC-ICUB,
Passeig del Migdia s/n., 08038 Barcelona, Spain, a.romo@ibb.csic.es, angel.romo@gmail.com,
ORCID ID: 0000-0001-8135-8570

Abstract

Fifty-four phanerophytes belonging to 26 different families live on El Hierro Island. Within El Hierro, the following different vegetation belts are recognized: (1) low level (tabaibal); (2) intermediate level dominated by *Juniperus turbinata* subsp. *canariensis* woodlands (sabinar); (3) upper level on the North-facing slopes, which are very humid and relatively cold, covered with Canarian evergreen laurel forest (monteverde); (4) at the top and on the uppermost southern slopes woodlands dominated by *Pinus canariensis* (pinar).

The occurrence of some plant traits and the dispersal and pollination syndromes, and the presence of each of them at the different vegetation belts was studied and analyzed.

The study of vegetation belts present on the island suggests that the highest dendrodiversity is found at the humid and also at the dry vegetation levels.

Taking into account the whole island, zoochory was most commonly observed (50.68% of woody species), followed by anemochory (32.07%) and autochory (17.25%). Zoochorous species were the most representative in the monteverde level, whereas anemochorous species predominated within the low-altitude plant communities of the island.

To treat the oceanic islands as units of study constitutes an error of scale and approach, which tends to depart from reality. Different life forms of woody species occur in the different belts of vegetation; they are characterized by a distinct pollination mode and way of seed dispersal.

Introduction

Dendrodiversity is a key piece in the puzzle of phytodiversity, which in turn, is key to the study of biodiversity. From an anthropocentric point of view, biodiversity is important for human well-being owing to the ecosystem services which it provides. Accordingly, knowledge of its characteristics and functions is necessary to achieve the goals of conservation by means of sustainable management when faced with present challenges such as global warming and other derived consequences on a worldwide scale (Fig. 1).

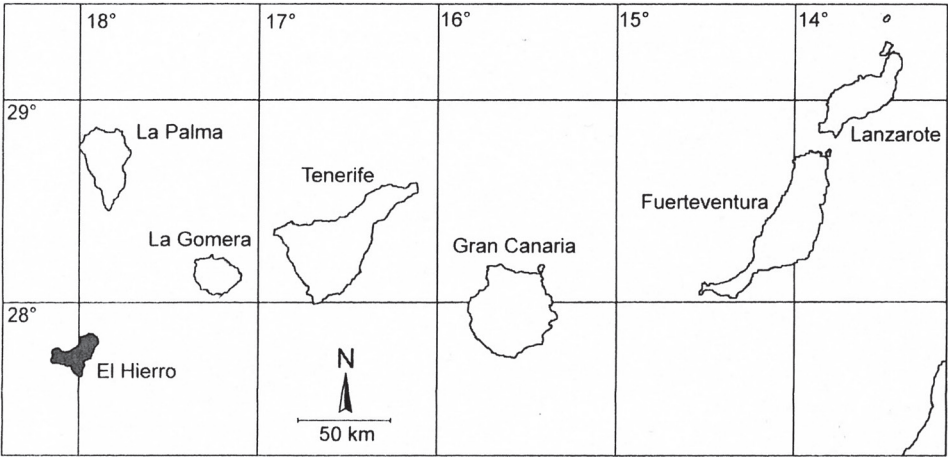


Fig. 1. El Hierro Island in the Canary Archipelago

Within this scenario oceanic islands stand out for their peculiarity, which is such that they have been termed as living laboratories (Beierkuhnlein 2017) to study biodiversity. Among them, the Canary Islands stand out for their singular flora, which led Takhtajan (1986) to recognise them as forming part of a distinct floristic region: the Macaronesian Region, together with Madeira, the Azores and Cape Verde.

El Hierro is the smallest and youngest of the islands within the Canary Archipelago, and it also presents a proportionally larger altitudinal gradient with respect to its surface area.

The phanerophytes present on the island are known, but the same cannot be said about their functional biological characteristics, which are only partially known. With this in mind, a study was carried out which addressed some of the functional attributes of woody plants, with the purpose of better understanding their characteristics and ecological function of different vegetation belts. Various authors have reckoned that biodiversity studies carry less weight than studies on individual functional traits of the species that form part of biodiversity.

On El Hierro, within the field of dendrodiversity (apart from chorology), the comparative ecology of the phanerophytes has been studied based on plant traits (Romo 1993, 1997, 2001). This is particularly so for some soft plant traits (Hodgson 1991), principally macromorphological nominal traits of the woody species present along an altitudinal gradient on El Hierro island (see Tab. 1), and which have a clear functional interpretation (Violle et al. 2007; Díaz et al. 2013).

Tab. 1. Altitudinal range of the vegetation belts on El Hierro Island

Local name	Vegetation belts	Slope N	Slope S
Taibaibal	<i>Euphorbia</i> formations, Cactiform plants	0–150 m	0–400 m
Sabinar	Juniper woodlands	150–700	400–900
Monteverde	Evergreen laurel forest	700–1500	absent
Pinar	<i>Pinus canariensis</i> forest	absent	900–1500

In this study, with this in mind, nominal traits alone have been employed, defined as any morphological feature present at the individual level, independent of environmental factors, that permit survival of the woody plant (Díaz et al. 2007). The employment of nominal traits, which is the case of this present study, removes the difficulty involved in using no nominal traits, since these often present a considerable intraspecific variability (Burton et al. 2017) which complicates their subsequent interpretation.

Methods

El Hierro has, in general, been well explored and well studied from the phyto-diversity point of view (del Arco et al. 1996; del Arco et al. 2006; del Arco et al. 2010; Stierstorfer, Gaisberg von 2006). Its origin goes back to 1.1 Ma (Carracedo et al. 2001). It has a surface area of 285 km² and a resident population of about 10,000 people. Around 552 vascular plant species occur on the island. Of these, 117 are endemic taxa (21.2%). The phanerophytes present on the island are the object of the present study and consist of 54 taxa—9.6% of the total flora and 49.5% of the 117 taxa endemic to El Hierro.

The following vegetation belts have been studied on El Hierro: lowland arid scrub (*Euphorbia* formations, tabaibal), dry Juniper woodland, Laurel forest, and Canary Pine forest (Fig. 2). Each of these belts or levels include different plant communities, but these large-scale formations provide a convenient framework for island-wide research.

Numerous plots were analysed that were representative of the different forest vegetative communities (arid lowland scrub included) present along an altitudinal gradient from the basal to summit zones and occupying different aspects. The author's personal data collected during numerous visits to the island, as well

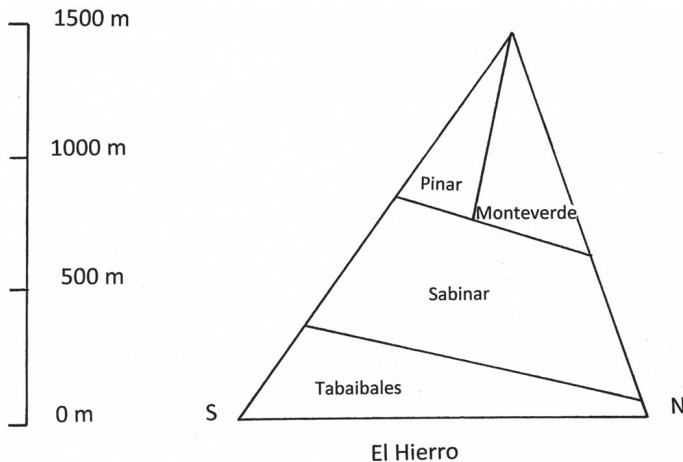


Fig. 2. Altitudinal vegetation belts on El Hierro Island, redrawn and adapted from Gaisberg (2005), modified by Romo (present study). The horizontal scale is ten times the altitudinal scale (transect between Restinga and Frontera)

as data published by Stierstorfer & von Gaisberg (2006) were used. The values assigned to the traits (the plant attributes) were based on field observation and the study of herbarium material. The following soft plant functional traits, as employed and interpreted by Hodgson (1991), were studied (Tab. 2):

Tab. 2. Phanerophytes and their functional attributes on El Hierro Island. Author's data based on field observation and study of herbarium voucher specimens is presented. *Bituminaria bituminosa* and *Selaginella denticulada* are not included as nanophanerophytes, in accordance with Orshan (1986) and Stierstorfer & Gaisberg (2006).

L – altitudinal vegetation level; PHL – phanerophyte liane; NL – nanophanerophyte liana; NPs – nanophanerophyte succulent

Nomenclatural remarks: *Myrica rivas-martinezii* is considered to be a synonym of *Myrica faya*. *Laurus novocanariensis* is named *L. azorica*. For the meaning of the abbreviations, see the text and other tables

L	Species	Fa- mily	Cho- rolo- gy	Life form	Phenotypic syndromes	Growth form	Polli- nation mode	Di- spersal system/ model
2	<i>Aeonium arboreum</i>	Cras	CE	NPs	H-DF	Leaf and stem succ	anim (a)	1
1	<i>Aeonium canariense</i> var. <i>palmense</i>	Cras	CE	NPs	H-DF	Leaf and stem succ	a	1
4	<i>Aeonium hierrense</i>	Cras	CE	NPs	H-DF	Leaf and stem succ	a	1
1	<i>Aeonium valverdense</i>	Cras	SIE	NPs	H-DF	Leaf and stem succ	a	1
3	<i>Apollonias burbujana</i>	Laur	CE	Ph	W-FF	W Woody evergreen (W e)	a	3
3	<i>Arbutus canariensis</i>	Eric	CE	Ph	W-FF	W e	a	3
1	<i>Argyranthemum frutescens</i>	Ast	CE	NP	H-DF	W e	a	1
1	<i>Argyranthemum hierrense</i>	Ast	SIE	NP	H-DF	W e	wind (w)	2
1	<i>Artemisa thuscula</i>	Ast	CE	NP	W-DF	W e	w	2
1	<i>Asparagus arborescens</i>	Lili	CE	NP	H-FF	W e	a	3
1 3	<i>Asparagus umbellatus</i>	Lili	CE	NPl	H-FF	W e	a	3
3	<i>Bupleurem salicifolium</i>	Api	SIE	NP	W DF	W e	a	1
3 4	<i>Bystropogon organifolius</i> var. <i>ferrensis</i>	Lam	SIE	NP	W DF	W e	a	5? 1
3 4	<i>Carlina salicifolia</i>	Ast	ME	NP	W-DF	W e	a	2

L	Species	Fa- mily	Cho- rolo- gy	Life form	Phenotypic syndromes	Growth form	Polli- nation mode	Di- spersal system/ model
1	<i>Ceballosia fruticosa</i>	Bor	CE	NP	W-FF	W e	a	3
4	<i>Chamaecytisus proliferus</i> var. <i>hierrensis</i>	Fab	SIE	NP	W-DF	W e	a	5
2	<i>Cheirolophus durandii</i>	Ast	SIE	NP	W-DF	W e	a	2
3	<i>Cistus monspeliensis</i>	Cist	NEN	NP	W-DF	W e	a	1
1	<i>Echium aculeatum</i>	Bor	CE	NP	W-DF	W e	a	1
1	<i>Echium hierrense</i>	Bor	SIE	NP	W-DF	W e	a	1
4								
3	<i>Echium strictum</i>	Bor	CE	NP	W-DF	W e	a	1
3	<i>Erica arborea</i>	Eric	NEN	Pn	H-DF	W e	a	1
4								
1	<i>Euphorbia canariensis</i>	Eup	CE	NPs	W-DF	Woody stems succulents /summer deciduous	a	5
1	<i>Euphorbia balsamifera</i>	Eup	NEN	NPs	W-DF	Woody stems succulents /summer deciduous	a	5
1	<i>Euphorbia lamarckii ssp. wildpretii</i>	Eup	CE	NPs	W-DF	Woody stems succulents /summer deciduous	a	5
3	<i>Gesnouinia arborea</i>	Urt	CE	NP	W-DF	W / summer deciduous	w	4
3	<i>Gonospermum fruticosum</i>	Ast	CE	NP	W-DF	W / summer deciduous	a	2
3	<i>Hedera helix canariensis</i>	Ara	ME	Phl	W-DF	W e	a	3
3	<i>Hypericum canariense</i>	Hy- per	ME	NP	W-DF	W e	a	2
3	<i>Ilex canariense</i>	Aqui	CE	Ph	W-FF	W e	a	3
3	<i>Ixanthus viscosus</i>	Gent	CE	NP	W-DF	W e	a	2
3	<i>Jasminum odorantissimum</i>	Olea	ME	NP	W-FF	W e	a	3

L	Species	Fa- mily	Cho- rolo- gy	Life form	Phenotypic syndromes	Growth form	Polli- nation mode	Di- spersal system/ model
1 2 4	<i>Juniperus turbinata</i> <i>ssp. canariensis</i>	Cupr	CE	Ph	W-FF	W e	W	3
1 4	<i>Kleinia neriifolia</i>	Ast	CE	NP	H-DF	Stem succ	s	2
3	<i>Laurus azorica</i>	Laur	NE	Ph	W-FF	W e	a	3
1	<i>Lavandula multifida</i>	Lam	CE	NP	W-DF	W e	a	2
3 4	<i>Myrica faya</i>	Myri	NEN	Ph	W-FF	W e	a	3
3	<i>Ocotea foetens</i>	Lau	ME	Ph	W-FF	W e	a	3
2	<i>Opuntia maxima</i>	Cact	Ne	NPs	W-DF	Stem succ	a	3
1	<i>Periploca laevigata</i>	Ascle	NEN	NP	W-DF	W e	a	2
3	<i>Phyllis nobla</i>	Rub	ME	Ph	W-DF	W e	a	3
3	<i>Picconia excelsa</i>	Olea	ME	Ph	W-FF	W e	a	3
4	<i>Pinus canariensis</i>	Pin	CE	Ph	W-FF	W e	w	1
2	<i>Retama</i> <i>rhodorhizoides</i>	Fab	CE	NP	W-DF	W e	a	5
1 2 3	<i>Rubia fruticosa</i>	Rub	ME	NP	W-FF	W e	a	3
1 2 3 4	<i>Rumex lunaria</i>	Poly	CE	NP	W-DF	W e	w	2
1	<i>Schyzogyne sericea</i>	Ast	ME	NP	H-DF	W e	a	2
2	<i>Sideritis ferrensis</i>	Lam	SIE	NP	W-DF	W e	a	2
2	<i>Sonchus gandogeri</i>	Ast	SIE	NP	W-DF	W e	a	2
3 4	<i>Sonchus hierrense</i>	Ast	CE	NP	H-DF	W e	a	2
1	<i>Teucrium</i> <i>heterophyllum</i> ssp. <i>hierrense</i>	Lam	SIE	NP	W-DF	W e	a	2
3	<i>Urtica morifolia</i>	Urt	ME	NP	W-DF	W e/ summer deciduous	a	4
3	<i>Viburnum rigidum</i>	Capr	CE	Ph	W-FF	W e	a	3
3	<i>Visnea mocanera</i>	Thea	ME	Ph	W-FF	W e	a	3

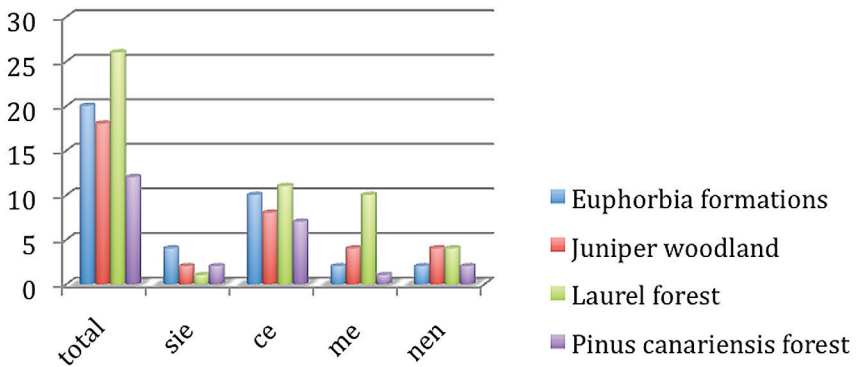


Fig. 3. Number of endemic phanerophyte taxa by vegetation belts
sie – single island endemics; ce – Canarian endemics; me – Macaronesian endemics;
nen – non endemic

The classification of plant life form, after Stierstorfer & von Gaisberg (2006) was adopted: Ph – phanerophyte or euphanerophytes, Phl – phanerophyte liana, NP – nanophanerophyte, and NPS – nanophanerophyte succulent. Phanerophytes or euphanerophytes are considered to be woody plants over 2(3) m in height. The nanophanerophytes surpass 70–80 cm and can attain a height of 2(3) m. The remaining biological types, chamaephytes and so on, were excluded from this study.

Growth form and life history as shown by Garcia-Verdugo et al. (2013) were simplified to the following categories based on my own field data: E – evergreen, L – leaves, ST – stem, SUCC – succulent, SD – summer deciduous, and W – woody.

As phenotypic syndromes, the following were recognised (after Garcia-Verdugo et al. 2013): W – woody, H – herbaceous, FF – fleshy fruited, and DF – dry fruited.

Pollination mode or types recognized after Dupré & Ehrlén (2002) and Eriksson & Bremer (1992) were used in modified and simplified form with only two categories recognized: A – pollination by animals, and W – wind pollinated.

Dispersal syndromes were defined as specific morphological traits of diaspores that have a function related to dispersion (Van der Pijl 1982; Herrera 1985). The following types, after Pérez-Harguindeguy et al. (2013), were recognised: (1) autochory, including blastochory and ballochory, (2) anemochory, (3) endozoochory (4), exozoochory, and (5) myrmecochory.

The reason for choosing some of these plant characteristics is because they are linked to the dispersion mechanisms, which are associated with life-form, life span, plant height and vegetation type (Thomson et al. 2010) and also to the vegetation structure.

With regard to the description of functional diversity, the plant traits were built up with a view to obtain an approximate vision of what is happening within the different vegetation belts of the island.

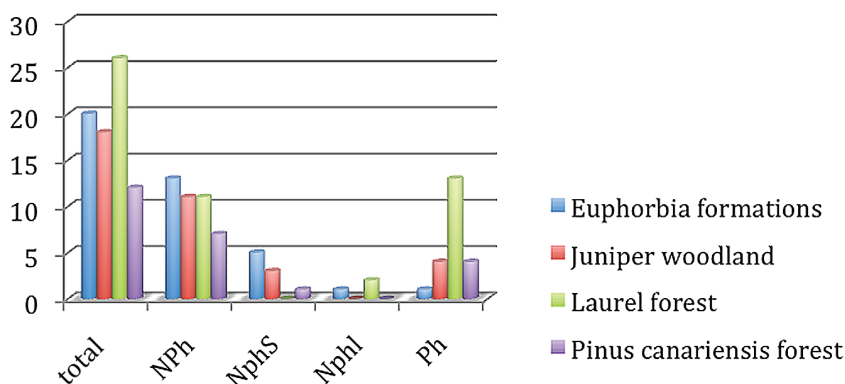


Fig. 4. Number of taxa of different kinds of phanerophytes recognized (see the text) by vegetation belts on El Hierro Island: NPh – nanophanerophyte; NPhS – nanophanerophytes succulent; NPhl – nanophanerophyte lianas; Ph – phanerophyte or euphanerophyte

Plants have been grouped into the following categories according to their chorological status (see Fig. 4): CE – Canary endemics, ME – Macaronesian endemics, NE – non-endemic but not sure if native, SIE – single island endemic species (von Gaisberg 2005; Stierstorfer, von Gaisberg 2006; Otto et al. 2012; Romo et al. 2014; Otto et al. 2016).

Results

The 54 phanerophytes found on the island belong to 26 different families. Asteraceae was the most represented family, followed by Crassulaceae, Lamiaceae and Boraginaceae (Tab. 3). Of these, there were 26 Canary endemics (CE), 11 Macaronesian endemics (ME), 9 single island endemics (SIE) and 8 non-endemics (NEN).

The greatest number of phanerophytes belonging to different families was found in the monteverde (evergreen belt), followed by the tabaibal (*Euphorbia*-rich community) and the sabinar (juniper woodland). The lowest number occurred in the pine forests (Tab. 3). The highest proportion of SIE was found in the monteverde, followed by the *Euphorbia* formations, the juniper woodlands and, finally, the pine forests. Inversely, the Canary endemics (CE) were better represented in the pine forests and more poorly in the evergreen belt. The Macaronesian endemics were more frequent in the evergreen monteverde but were present in a lower proportion in the *Euphorbia* formations.

The highest number of endemic species occurred in the monteverde (21), followed by the basal *Euphorbia* formations (16), the sabinar (14) and finally the pine forest (12) (Fig. 3). The largest number of woody taxa on El Hierro was found in the tabaibal (Tab. 3), although these were mainly nanophanerophytes. These results contrasted with those obtained by Steienbauer et al. (2012) and Irl et al. (2015) for the island of La Palma.

Although on El Hierro there is no high mountain scrub belt, a high number of endemics was present in the tabaibal, monteverde and sabinar.

During this study of phanerophytes of El Hierro we found that the greatest number of nanophanerophytes occurs in the tabaibal (19 taxa), followed by the sabinar (14), the monteverde (13) and lastly the pine forest (8). The greatest number of euphanerophytes occurred in the monteverde (13 taxa) (Fig. 4).

The percentage of nanophanerophytes diminished with altitude, in contrast to the true phanerophytes, which increased in number with increasing altitude. The succulent nanophanerophytes were not found in the evergreen laurel forest, these being limited to the basal formations of the island and the pine belt.

The greater presence of dry fruited plants led us to think that the strategy of plants in these more arid habitats was towards remaining *in situ* rather than colonizing other habitats, which was seen in the higher values for dry fruit and lower ones for fleshy fruit (Fig. 5).

The higher presence of woody plants with fleshy fruit occurred in the monteverde. In contrast, the woody species with dry fruit showed a higher presence in

Tab. 3. Representation of phanerophyte plant families (number of taxa) by vegetation belts on El Hierro Island

	tabaibal	sabinar	monteverde	pinar	total
Apiaceae			1		
Aquifoliaceae			1		1
Araliaceae			1		1
Asclepiadaceae	1				1
Asteraceae	5	2	3	3	10
Borraginaceae	2	1		1	4
Cactaceae		1			1
Caprifoliaceae			1		1
Cistaceae			1		1
Crassulaceae	2	1		1	5
Cupressaceae	1	1		1	1
Ericaceae			2	1	2
Euphorbiaceae	3				3
Fabaceae		1		1	2
Gentianaceae			1		1
Hypericaceae			1		1
Lamiaceae	2	1	2	1	4
Lauraceae			3		3
Liliaceae	2		1		2
Myricaceae			1	1	1
Oleaceae			2		2
Pinaceae				1	1
Polygonaceae	1	1	1	1	1
Rubiaceae	1	1	2		2
Theaceae			1		1
Urticaceae			2		2

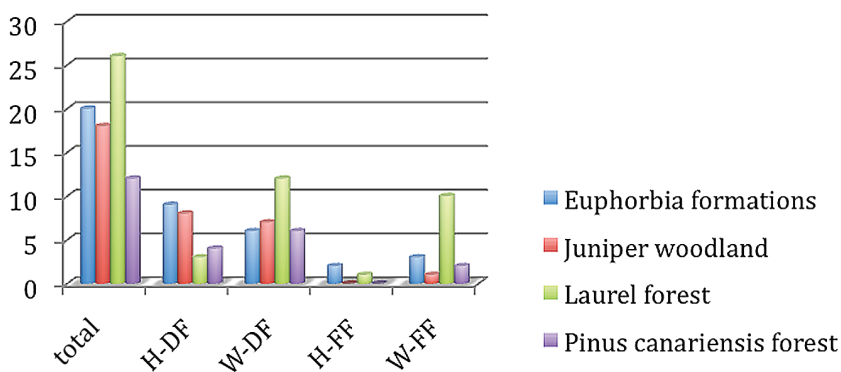


Fig. 5. Number of phanerophyte taxa by phenotypic syndromes and vegetation belts: DF – dry fruits; FF – Fleshy fruits; H – herbaceous apical stems; W – woody apical stems

the tabaibal. The phanerophyte climbers (Ph lianas) with fleshy fruit are not very frequent, and were limited to the monteverde.

The greatest diversity of evergreen woody plants, as expected, was in the monteverde, followed by the open habitats of the juniper woodlands and the tabaibal. The summer deciduous plants were basically located in the tabaibal. The same was the case for plants with succulent stems and leaves, frequent in the arid and dry belt of the basal part of the island.

The herbaceous evergreen plants, with poorly lignified apical stems have been included in the category of woody evergreen.

In all the belts present on the island, pollination by insects was much more frequent than by wind. Anemophilous pollination stands out more in areas of more open vegetation such as the juniper woodlands and the tabaibal. At most it occurred in 25% of woody species (Fig. 6).

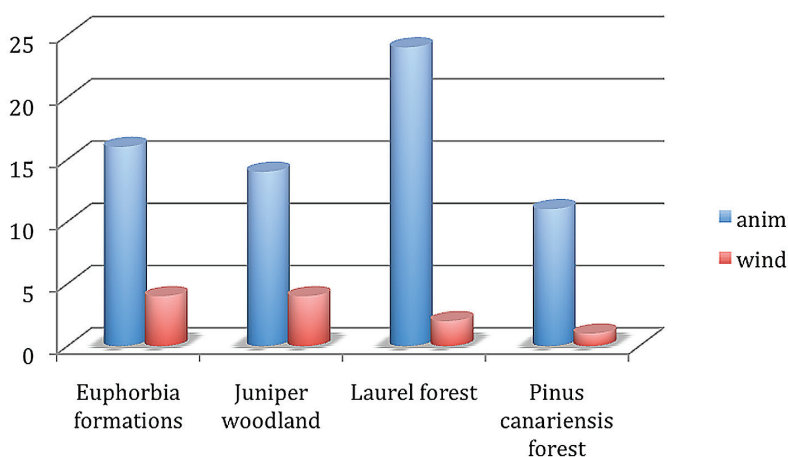


Fig. 6. Number of phanerophyte taxa by pollination syndromes and altitudinal belts recognized on El Hierro Island

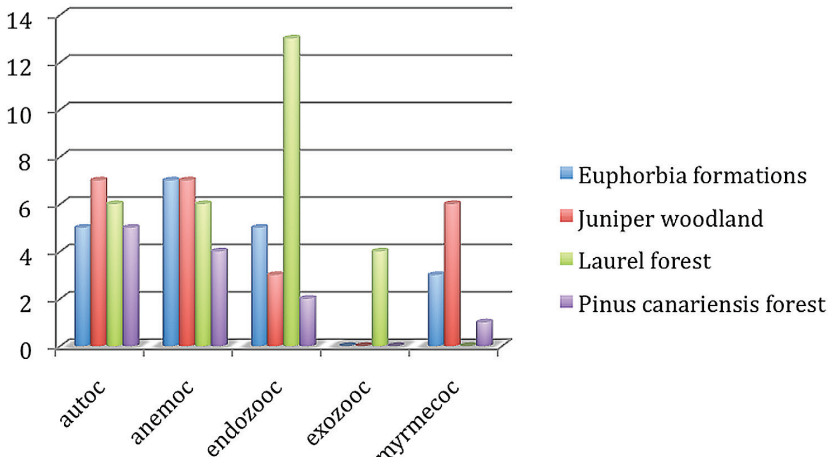


Fig. 7. Number of phanerophyte taxa by dispersal syndromes and altitudinal belts of El Hierro Island

Zoochory was very important in the monteverde and anemochory in the basal belts of the island. Myrmecochory was absent from the shady habitat of the monteverde, whereas it was more important in the tabaibal, and also the sabinar; that is, the drier and less shady habitats (Fig. 7).

Discussion

What is the present scenario of the functional diversity of the phanerophytes in the distinct levels of vegetation on the island? Are they all similar? In the first analysis of results I found very different scenarios for functional traits of phanerophytes in the distinct belts.

In the monteverde belt the plant community presented the patterns of life-form and seed-dispersal syndromes similar to those of other tropical ecosystems (Griz, Machado 2001; Carvalho et al. 2015), although the similarities to humid tropical forests were greatest (Butler et al. 2007; Du et al. 2009).

Zoochory was rare at the island's basal levels, but more frequent in the juniper woodlands, as Jordano (1993) detected in continental zones for other types of juniper woodland, and even more present in the evergreen forest (monteverde). Fleshy fruits associated with animal dispersers (mainly birds) were well represented in the monteverde belt. At this level the phanerophytes with fleshy fruits tend to be of a greater size and possess larger seeds, and usually live in more productive habitats (Thompson et al. 2010; Thompson et al. 2011).

In arid environments of the basal part of the island, autochory was very well represented, perhaps because in such habitats it is more important to manage to maintain a hold rather than colonize new places. In these communities, the high presence of nanophanerophytes and an appreciable number of single endemic plants stood out.

In the Canary pine belt *Pinus canariensis* stood out due to its abundance. This tree is a pyrophyte that can re-sprout after a fire just as often at the base of the trunk as higher up. Especially after swift forest fires the serotinous cones open (Climent 2004).

To treat islands as units of study is not realistic (Nogales et al. 2012), especially in the case of those with an abrupt topography such as El Hierro (Irl et al. 2014, 2017). Although island size has been taken into account in oceanic island studies (Aranda et al. 2013) the same cannot be said for topography. Topography is an important factor which increases geographical isolation of different populations and favours those evolutionary processes which may result in increased biodiversity via plant explosive radiation, and which have not until recently been treated in studies (Steinbauer 2013, 2016, 2017).

Although the present study was based on Neutral Theory, it is also true that all taxa have different ecological requirements and exploit resources in a particular way. It should not be forgotten that, together, the plants and, in particular, the woody plants present in the different belts interact among themselves and modify the environment where they live. This creates a distinct and complex scenario that, in some ways, goes beyond Neutral Theory and Niche Theory. It is, rather, a stochastic scenario where a complex network of interdependencies and mutualisms operates.

The present approach, using soft traits, can throw light on the functional description of biodiversity, with the objective of knowing somewhat better the relationship between composition and function, which are the keys to the question of conservation of vegetation belts present on the island of El Hierro.

Acknowledgements

Thanks to the international cooperation between the Polish Academy of Sciences (Institute of Dendrology, Kórnik) and the Spanish National Research Council (Institute of Botany, Barcelona), an interchange of ideas and work was possible and this provided a suitable framework for the study of woody plants.

Literature

- Aranda S.C., Gabriel R., Borges P.A.V., Santos A.M.C., Hortal J., Baselga A., Lobo J.M. 2013. How do different dispersal modes shape the species–area relationship? Evidence for between-group coherence in the Macaronesian flora. *Global Ecology and Biogeography* 22: 483–493.
- Beierkuhnlein C. 2017. Inseln als globale Versuchsanordnung und natürliche Laboratorien der Vegetationsökologie. *Berichte der Reinhold Tüxen Gesellschaft* 29: 39–51.
- Burton J.I., Perakis S.S., McKenzie S.C., Lawrence C.E., Puettmann K.J. 2017. Intraspecific variability and reaction norms of forest understorey plant species traits. *Functional Ecology* 31: 1881–1893.
- Butler D.W., Green R.J., Lamb D., McDonald W.J.F., Forster P.I. 2007. Biogeography of seed-dispersal syndromes, life-forms and seed sizes among woody rain-forest plants in Australia's subtropics. *Journal of Biogeography* 34: 1736–1750.

- Carracedo J.C., Badiola E.R., Guillou H., de la Nuez J., Pérez-Torrado F.J. 2001. Geology and volcanology of La Palma and El Hierro, western Canaries. *Estudios Geológicos* 57: 175–273.
- Carvalho F.S., Sartori A.L.B. 2015. Reproductive phenology and seed dispersal syndromes of woody species in the Brazilian Chaco. *Journal of Vegetation Science* 26: 302–311.
- Climont J., Tapias R., Pardos J.A., Gil L. 2004. Fire adaptations in the Canary Islands pine (*Pinus canariensis*). *Plant Ecology* 171: 185–196.
- Del Arco M., Acebes J.R., Pérez-de-Paz P.L. 1996. Bioclimatology and climatophilous vegetation of the island of Hierro (Canary Islands). *Phytocoenologia* 26: 445–479.
- Del Arco Aguilar M.J., González-González R., Garzón-Marchado V., Pizarro-Hernández B. 2010. Actual and potential natural vegetation on the Canary Islands and its conservation status. *Biodiversity and Conservation* 19: 3089–3140.
- Del Arco Aguilar M.J., Wildpret de la Torre W., Pérez de Paz P.L., Rodríguez-Delgado O., Acebes Ginovés J.R., García Gallo A., Martín Osorio V.E., Reyes Betancort J.A., Salas Pascual M.S. 2006. Mapa de vegetación de Canarias. Grafcan, Santa Cruz de Tenerife, Spain.
- Díaz S., Lavorel S., De Bello F., Quétier F., Grigulis K., Robson M.T. 2007. Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem service assessments. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 20684–20689.
- Díaz S., Purvis A., Cornelissen J.H.C., Mace G.M., Donoghue M.J., Ewers R.M., Jordano P., Pearse W.D. 2013. Functional traits, the phylogeny of function, and ecosystem service vulnerability. *Ecology and Evolution* 3(9): 2958–2975.
- Du Y., Mi X., Liu X., Chen L., Ma K. 2009. Seed dispersal phenology and dispersal syndromes in a subtropical broad-leaved forest of China. *Forest Ecology and Management* 258: 1147–1152.
- Dupré C., Ehrlén J. 2002. Habitat configuration, species traits and plant distributions. *Journal of Ecology* 90: 796–805.
- Eriksson O., Bremer B. 1992. Pollination systems, dispersal modes, life forms, and diversification rates in Angiosperm families. *Evolution* 46: 258–266.
- Gaisberg M. von 2005. Die Vegetation der Fußstufe von El Hierro (Kanarische Inseln). *Dissertationes Botanicae*, Band 395. J. Cramer, Berlin, Stuttgart. Germany.
- García-Verdugo C., Bruce G., Baldwin B.C., Fay M.F., Caujapé-Castells J. 2013. Life history traits and patterns of diversification in oceanic archipelagos: a meta-analysis. *Botanical Journal of the Linnean Society* 174: 334–348.
- Griz L., Machado I. 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 17(2): 303–321.
- Herrera C. 1985. Tipos morfológicos funcionales de plantas. *Studia Oecologica* 5: 7–34.
- Hodgson J.G. 1991. The use of ecological theory and autecological datasets in studies of endangered plant and animal species and communities. *Pirineos* 138: 3–28.
- Irl S.D.H., Steinbauer M.J., Messinger J., Blume-Werry G., Palomares Martínez Á., Beierkuhnlein C., Jentsch A. 2014. Burned and devoured-introduced herbivores, fire, and the endemic flora of the high-elevation ecosystem on La Palma, Canary Islands. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 46: 859–869.
- Irl S.D.H., Harter D.E.V., Steinbauer M.J., Gallego-Puyol D., Fernández-Palacios J.M., Jentsch A., Beierkuhnlein C. 2015. Climate vs topography – spatial patterns of plant species diversity and endemism on a high-elevation island. *Journal of Ecology* 103: 1621–1633.
- Irl S.D.H., Schweiger A.H., Medina F.M., Fernández-Palacios J.M., Harter D.E.H., Jentsch A., Provenza A., Steinbauer M.J., Beierkuhnlein C. 2017. An island view of endem-

- ic rarity—Environmental drivers and consequences for nature conservation. *Diversity and Distributions* 2017(23): 1132–1142.
- Jordano P. 1993. Geographical ecology and variation of plant-seed disperser interactions: southern Spanish junipers and frugivorous trushes. *Vegetatio* 107-108: 85–104.
- Nogales M., Heleno R., Traveset A., Vargas P. 2012. Evidence for overlooked mechanisms of long-distance seed dispersal to and between oceanic islands. *New Phytologist* 194: 313–317.
- Orshan G. 1986. Plant form as describing vegetation and expressing adaptation to environment. *Annali de Botanica* 44: 7–38.
- Otto R., Barone R., Delgado J.D., Arevalo J.R., Garzón-Machado V., Cabrera-Rodriguez F., Fernández-Palacios J.M. 2012. Diversity and distribution of the last remnants of endemic juniper woodlands on Tenerife, Canary Islands. *Biodiversity Conservation* 21: 1811–1834.
- Otto R., Whittaker R.J., von Gaisberg M., Stierstorfer C., Naranjo-Cigala A., Steinbauer M.J., Borregaard M.K., Arevalo J.R., Garzón-Machado V., Cabrera-Rodriguez F., del Arco M., Fernández-Palacios J.M. 2016. Transferring and implementing the general dynamic model of oceanic island biogeography et the scale of island fragments: the roles of geological age and topography in plant diversification in the Canaries. *Journal of Biogeography* 43: 911–922.
- Pérez-Harguindeguy N., Díaz S., Garnier E., Lavorel S., Poorter H., Jaureguiberry P., Bret-Harte M.S., Cornwell W.K., Craine J.M., Gurvich D.E., Urcelay C., Veneklaas E.J., Reich P.B., Poorter L., Wright I.J., Ray P., Enrico L., Pausas J.G., de Vos A.C., Buchmann N., Funes G., Quétier F., Hodgson J.G., Thompson K., Morgan H.D., ter Steege H., van der Heijden M.G.A., Sack L., Blonder B., Poschlod P., Vaieretti M.V., Conti G., Staver A.C., Aquino S., Cornelissen J.H.C. 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 61: 167–234.
- Romo A.M. 1993. Perspectives sobre els estudis de l'estructura i el funcionalisme de les comunitats vegetals mediterrànies. [In:] E. Casassas, S. Alegret (eds.), *Terra i sòl. Monografies de la secció de Ciències* 9: 139–161. Universitat Catalana d'Estiu, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, Spain.
- Romo A.M. 1997. Fronteres de l'ecologia comparada de les plantes. [In:] S. Alegret, J.L. Peretó (eds.), *Fronteres de la ciència. Monografies de la secció de Ciències* 14: 91–106. Universitat Catalana d'Estiu, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, Spain.
- Romo A.M. 2001. El color de les plantes des de la perspectiva de l'ecologia comparada. [In:] J.L. Peretó J.L., S. Alegret (eds.), *Llum i color. Monografies de la secció de Ciències* 15: 97–111. Universitat Catalana d'Estiu, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, Spain.
- Romo A.M., Boratyński A., Salvà-Catarineu M. 2014. Diversidad funcional de los sabinars en una isla oceánica: El Hierro, Islas Canarias; Functional diversity of *Juniperus* woodlands on an Oceanic Island: El Hierro, Canary Isles. [In:] R. Cámara, B. Rodríguez, J.E. Muriel (eds.), *Biogeografía de Sistemas Litorales. Dinámica y Conservación*, Universidad de Sevilla, pp. 197–201.
- Steinbauer M.J., Field R., Grytnes J.A., Trigas P., Ah-Peng C., Attorre F., Birks H.J.B., Borges P.A.V., Cardoso P., Chou C.H., De Sanctis M., Duarte M.C., Elias R.B., Fernández-Palacios J.M., Gabriel R., Gereau R., Gillespie R.G., Greimler J., Harter D.E.V., Huang T.J., Irl S.D.H., Jeanmonod D., Jentsch A., Jump A.S., Kueffer C., Nogué S., Otto R., Price J., Romeiras M.M., Strasberg D., Stuessy T., Vetaas O.R., Beierkuhnlein C. 2016. Topography-driven isolation, speciation and a global increase of endemism with elevation. *Global Ecology and Biogeography* 25: 1097–1107.

- Steinbauer M.J., Irl S.D.H., Beierkuhnlein C. 2013. Elevation-driven ecological isolation promotes diversification on Mediterranean islands. *Acta Oecologica* 47: 52–56.
- Steinbauer M.J., Irl S.D.H., González Mancebo J.M., Breiner F.T., Hernández-Hernández R., Hopfenmüller S., Kidane Y., Jentsch A., Beierkuhnlein C. 2017. Plant invasions and speciation along elevational gradients on the oceanic island of La Palma. *Ecology and Evolution* 7: 771–779.
- Steinbauer M.J., Otto R., Naranjo-Cigala A., Beierkuhnlein C., Fernández-Palacios J.M. 2012. Increase of island endemism with altitude – speciation processes on oceanic islands. *Ecography* 35: 23–32.
- Stierstorfer C., von Gaisberg M. 2006. Annotated checklist and distribution of the vascular plants of El Hierro, Canary Islands, Spain. *Englera* 27: 1–221.
- Takhtajan A. 1986. Floristic regions of the world. University of California Press, Berkeley, California, USA.
- Thomson F.J., Moles A.T., Auld T.D., Ram D., Ren S., Kingsfor R.T. 2010. Chasing the unknown: predicting seed dispersal mechanisms from plant traits. *Journal of Ecology* 98: 1310–1318.
- Thomson F.J., Moles A.T., Auld T.D., Kingsfor R.T. 2011. Seed dispersal distance is more strongly correlated with plant height than with seed mass. *Journal of Ecology* 99: 1299–1307.
- Van der Pijl L. 1982. Principles of dispersal of higher plants. Springer-Verlag, Berlin.
- Violle C., Navas M.L., Vile D., Kazakou E., Fortunel C., Hummel I., Garnier E. 2007. Let the concept of trait be functional! *Oikos* 116: 882–892.

Genetic diversity patterns of Eastern Mediterranean conifers

Magda Bou Dagher Kharrat¹, Sonja Siljak Yakovlev², Adam Boratyński³

¹Laboratoire Caractérisation Génomique des Plantes, Faculté des Sciences, Université Saint-Joseph, Beirut, Lebanon

²Ecologie Systématique Evolution, Univ. Paris-Sud, CNRS, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 91400, Orsay, France

³Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, Parkowa 5, 62-035 Kórnik, Poland

Abstract

The Eastern Mediterranean Region (EMR) is rich in conifers taxa belonging to *Abies*, *Cedrus*, *Juniperus* and *Cupressus* genera, which are found in the Taurus Mountains of Turkey, and along the eastern Lebanese mountain range that stretches down to Syria.

Climate and geological events played a key role in determining the spread and persistence of these conifers in their natural habitats. Climatic oscillations occurred during contemporary and geological timescales leading to local extinction or dispersion of these conifers to more suitable areas. The Eastern Mediterranean Region (EMR) is expected to be more strongly affected by ongoing global climate change than most other regions of the planet. Given the magnitude of forecasted trends, there are grave concerns in the region for the future of these conifers and their adaptation. Moreover, humans have had a local impact on the EMR ecosystem that made it fragmented and degraded as some of these conifer species have been intensively exploited, the other frequently planted.

These natural and human made events left behind important genetic information to be explored about the evolution and spread of these conifers. Modern genetics tools are being used to unravel the genetic diversity of some conifer species showing bottleneck effects, allelic richness and isolation events and therefore demonstrating conifer ability to adapt to climate change.

The biogeography and diversification history of four of these EMR conifers, *Abies cilicica*, *Cedrus libani*, *Juniperus drupacea* and *J. excelsa* as well as distribution of their isolated populations will be discussed in this paper with special insights given to leading and rear edge populations.

The Mediterranean basin plant diversity

The Mediterranean basin is one of the world's main centers of plant biodiversity, occupying a total area of 2.3 million km² with over 25,000 plant species, half of which are endemic (Quézel 1995). This floristic group represents 10% of the world's flora and occupies only 1.5% of the land surface, and is one of the 34 global biodiversity hotspots (Médail, Quézel 1999; Médail, Myers 2004; Mittermier et al. 2005). Hotspots are characterized by both exceptional levels of

endemism and critical levels of habitat loss. They are, therefore, the main object of conservation efforts. The Eastern Mediterranean Region (EMR) includes the territories of Turkey, Syria, Lebanon, Cyprus, Palestine and Israel. The species richness of the EMR is attributed to the complex geographical, geological and climate history of this region. It is predicted that this region will be strongly affected by climate change (Herling et al. 2012).

Geology and geography

The EMR is composed of different tectonic units. Six originally independent tectonic plates conglomerated to form the Anatolian plate during the Oligocene about 30 Ma (Fig. 1). Then, a stretch of the African plate land, about 150 km wide, formed a wedge the Mediterranean Sea and the Arabian plate. It stretched from the Taurus Mountains in the north to the Isthmus of the Suez in the south and attached to the eastern part of the Anatolian plate during the Oligocene (Jolivet, Faccenna 2000; Faccenna et al. 2003; van Hinsbergen et al. 2005).

The late Miocene and Pliocene period was associated with large-scale orogeny throughout the region (Oosterbroek, Arntzen 1992; Bilgin 2011). The mountain range of the Anatolian Diagonal was formed around 30–25 Ma as a consequence of the Arabia-Eurasia collision (Jolivet, Faccenna 2000). This process is still in

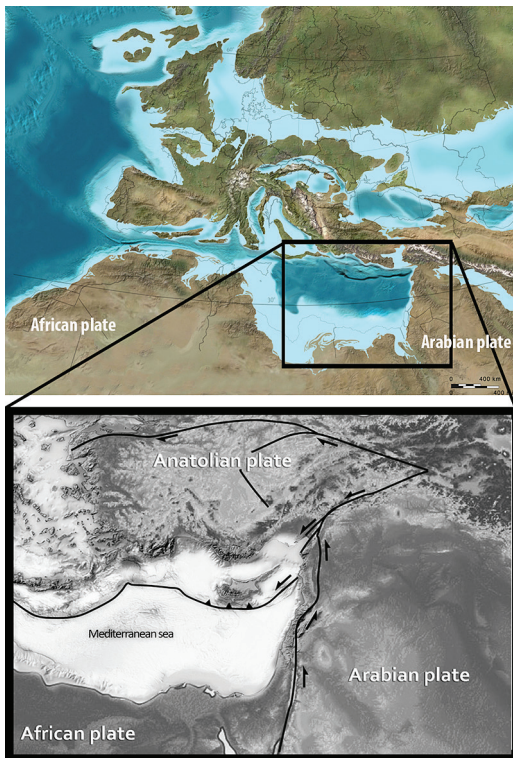


Fig. 1. A) Palaeogeographic map representing the Paratethys and the Eurasian, Arabian and African plates at 25 Ma before the onset of the Mediterranean. (Deep Time Maps™ produced by Colorado Plateau Geosystems, Inc.); B) Simplified digital relief image of the eastern Mediterranean region, depicting the major plates (Africa, Arabia, Eurasia, and Anatolia) and their boundaries, important fault systems and orogenic belts. Black triangles are on the upper plates along fault boundaries and show the plate convergence directions

progress as the Arabian Plate converges with the Eurasian Plate while the Anatolian Plate escapes towards the west along the major strike-slip faults of Anatolia (Sengör, Yilmaz 1981). The Anatolian Diagonal acts as a barrier for a wide range of taxa (Kapli et al. 2013).

The Taurus Mountain Range stretches 800 km west to east and 150 km south to north along the Turkish coast of the eastern Mediterranean with an altitude reaching up to 4,000 m above sea level (a.s.l.). The Taurus Mountains can be divided into two sectors, the western and central Taurus, where several glaciated mountains situated above 2,000 m a.s.l. are present.

Lebanon has high and broad relief, with the highest mountain ranges of the Levant: Mt Lebanon (3,088 m) and Mt Hermon (2,800 m). Geological observations in central Lebanon suggest a Mid- to Late-Miocene age for the Flexure, with much of the mountain formation postdating 13 Ma. The bulk of uplift and largest amount of folding postdate the Late-Miocene (10–7 mya). Folding, uplift and faulting along the northern foreland belt started after the end of the Miocene (5 Ma) and continues to the present day (Elias et al. 2007). It is noteworthy that mountain ranges are among the basic elements that have played a crucial role in the evolution of the uniqueness and species richness of the Mediterranean flora (Thompson 2005).

Another major geological event that affected life distribution in the Mediterranean is the “Messinian salinity crisis”. This event occurred after the Mediterranean Sea split off from the Atlantic Ocean (ca. 5.9 Ma ago) (Hsü et al. 1973). This split resulted in the drying up of the Mediterranean and created a range of environmental conditions favorable to certain taxonomic groups but unfavorable for others (Fiz-Palacios, Valcárcel 2013). Thus, terrestrial and marine ecosystems were subject to important modifications. In this context, the Mediterranean islands would have played the role of stepping grounds in a hostile environment allowing the migration of certain taxa from one side to the other of the Mediterranean. This drought that lasted about 2,000 years must have ended abruptly 5.33 Ma (Krijgssman et al. 1999), when the connection between the Atlantic Ocean and the Mediterranean was reestablished, a phenomenon known today as the “Zanclean flood”.

Climate

The Mediterranean climate, which is characterized by a strengthening of the contrast of the seasons and a fall in winter temperatures, began to take place during the Pliocene period between 3.5 and 2.4 Ma (Suc 1984). During this period, warm and dry climate conditions were prevalent and were associated with an abundance of open vegetation taxa followed by the occurrence of subtropical to warm-temperate arboreal taxa (Fauquette et al. 2006; Bertini 2010).

The Quaternary period, which concerns the last 2.4 million years, was characterized by a series of glaciations where glacial conditions accounted for up to 80% of the Quaternary. The oldest glacial deposits in the eastern Mediterranean date to about 29–35 ka, prior to the so-called global Last Glacial Maximum (LGM).

The glaciers probably developed even much earlier (~ 71 ka) and deglaciated around 29 ka, prior to the LGM. Later, glaciers re-advanced and reached their maximum extents during the LGM (21.5–18.5 ka). After the LGM, the glaciers started to retreat to their less extensive locations and stabilized for some time to produce the Late-glacial moraines (~ 16 ka). Although less extensive than in the LGM and Late-glacial times, Younger Dryas (12 ka) advances are also observed in the eastern Mediterranean. Early Holocene glaciations, dated to about 8.5 kya were supposed to be present in the interior regions. Last but not least, late Holocene (1–4 ka) and Little Ice Age advances were much less extensive than older glaciations and developed only at certain locations, as predecessors of the present glaciers. Fourteen mountains in the eastern Mediterranean, between southern Turkey and Lebanon, are high enough to support Quaternary valley glaciers or ice caps. The timing of the glaciations has been established mainly by cosmogenic dating (Sarıkaya, Çiner 2017). The glaciers in the eastern Mediterranean developed mostly on the northern-facing cirques or mountaintop plateaus (above 3,000 m a.s.l.), and descended to lower elevations (1,900–2,000 m a.s.l.), producing several kilometer-long valley or piedmont glaciers (Fig. 2).

The Pleistocene climatic oscillations had severe impacts on the distributions of many animal and plant species (Grabherr et al. 1994; Avise 2000; Thuiller et al. 2005; Stewart et al. 2010). However, the influence of climatic changes on distributions strongly varies among species due to their diverse ecological requirements. In temperate regions, the warming induced upward shifts of species along altitudinal and latitudinal clines (Davis, Shaw 2001; Gaston 2003; Wilson et al. 2005; Hickling et al. 2006; Telwala et al. 2013). The geographic ranges of



Fig. 2. Google Earth view of Mount Makmel cirques feeding Qadisha valley

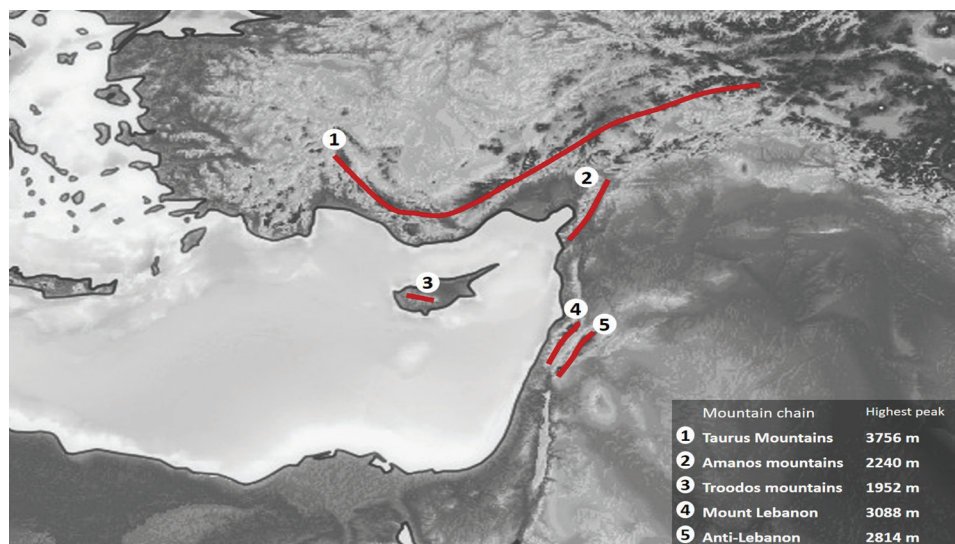


Fig. 3. Eastern Mediterranean mountains orientation

warm-adapted taxa expanded upwards of mountains and polewards during warm periods and retracted downwards and towards the equator when the climate became cooler. By contrast, cold-adapted species expanded their ranges from mountain and arctic refugia during cold periods (Hewitt 1996; Wilson et al. 2005). Taurus, Anti-Taurus, Amanos and Lebanon mountains regions have been recognized as refugia of the Tertiary floras (Médail, Diadema 2009).

The orientation of the mountains ranges is also important for warming/cooling-driven plant species geographical range shifts. North-south oriented mountain chains like what is observed in mount Lebanon and Anti-Lebanon ranges allows latitudinal migrations (Fig. 3). The cyclic range shifts resulted in characteristic biogeographic patterns in different regions of the world (Hewitt 2004).

The mountains of the Eastern Mediterranean region represent dynamic landscape systems that are highly responsive to climate change (Tzedakis et al. 2004; Regato, Salman 2008; Woodward 2009; Vogiatzakis 2012).

Eastern Mediterranean conifers distribution patterns

Conifers distribution patterns are themselves the outcome of repeated geological events and cold and warm periods which have caused faunas and floras to survive and change in refuge areas (Stewart, Lister 2001; Petit et al. 2002). Current populations are representatives of ancestral lineages that have made their way through time and space. Present-day genetic variation holds an imprint of their journey. However, even if they have undergone the same environmental constraints, each species responds independently to environmental changes. The biology of each species (reproductive system, seed dispersal mode, longevity), its ecology and life history influence its evolution and its geographical distribution dynamic.

Three major evolution scenarios are considered when attempting to understand the response of species to these environmental changes (Schluter 2001):

- Species persistence and static evolution: under this approach, species would have experienced contraction and re-expansion phases in their range as a response to changes imposed by the glacial-interglacial cycles (Whittaker, Field 2000; Hewitt 2004; Willis, Niklas 2004). No major genetic differentiation is expected for this dynamic.
- Species extinction: the range of species would have fragmented little by little and the number of individuals in each population has decreased below the viable minimum for species, which has led to extinction (Svenning, Skov 2007).
- Allopatric speciation: geographical isolation would have favored local adaptations and genetic differentiation of populations (Turelli et al. 2001). As a result, new species may have developed reproductive barriers during the re-expansion or range overlap phase (Hewitt 1996; Willis, Whittaker 2002; Willis, Niklas 2004; Thompson 2005).

The geographical distribution of the four conifer species of the eastern Mediterranean region, *Abies cilicica*, *Cedrus libani*, *Juniperus drupacea* and *J. excelsa* (Fig. 4) will be analyzed based on genetic markers unraveling their evolution response to the environmental changes that they experienced.

Abies cilicica

Abies cilicica Carr. is a long-lived and outcrossed conifer species belonging to the Pinaceae family. It is endemic to the EMR and present in the Taurus, Anti-Taurus and Amanos mountains of Turkey, the Alawi mountains in Syria and the Northern Mount Lebanon range in Lebanon (Fig. 4). Its spread is not continuous and spatially isolates in Lebanon, are separated by more than a 150 km distance from their Syrian neighbors. In Lebanon, *A. cilicica* is geographically marginal as it currently occupies the southernmost position where the varied topography of Mount Lebanon shelters geographically isolated forest patches.

A. cilicica is wind pollinated and its winged seeds are dispersed by wind. The seed dispersal mode improved through wings is called pterometeorochory by Vittoz & Engler (2007) and Müller-Schneider (1983) estimated its maximum dispersal distances for trees range between 80 and 314 m (Fig. 5).

Cedrus libani

Cedrus libani A.Rich also belongs to Pinaceae family. It is currently found in the mountains of Turkey, Syria and Lebanon starting at 1,400 to 2,200 m a.s.l. (Quézel, Médail 2003).

Vanishing forests were already mentioned during the 1st century B.C. and they continued to be overexploited through historical times. It is now estimated that the current 2,000 ha of patchy cedar forests found in Lebanon are the remnants of more than 500,000 ha of post glacial forest (Alptekin et al. 1997). In Turkey, cedar forests cover almost 110,000 ha and occur primarily in the Taurus mountains, which steep slopes have somewhat sheltered its forests from over-exploitation and extirpation (Boydak et al. 1998). The history of *C. libani* is inferred through

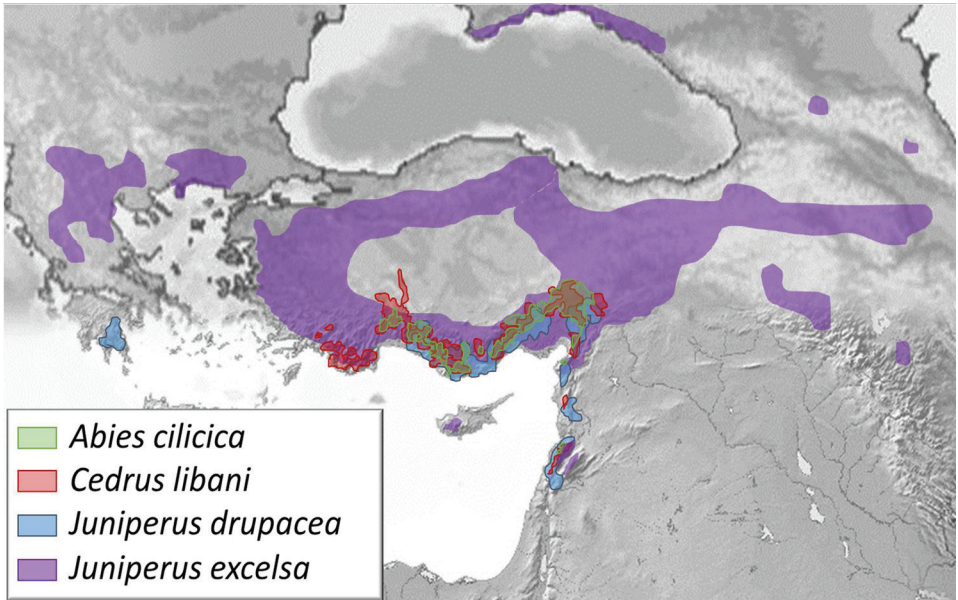


Fig. 4. Geographical distribution of *Abies cilicica*, *Cedrus libani*, *Juniperus drupacea* and *J. excelsa*

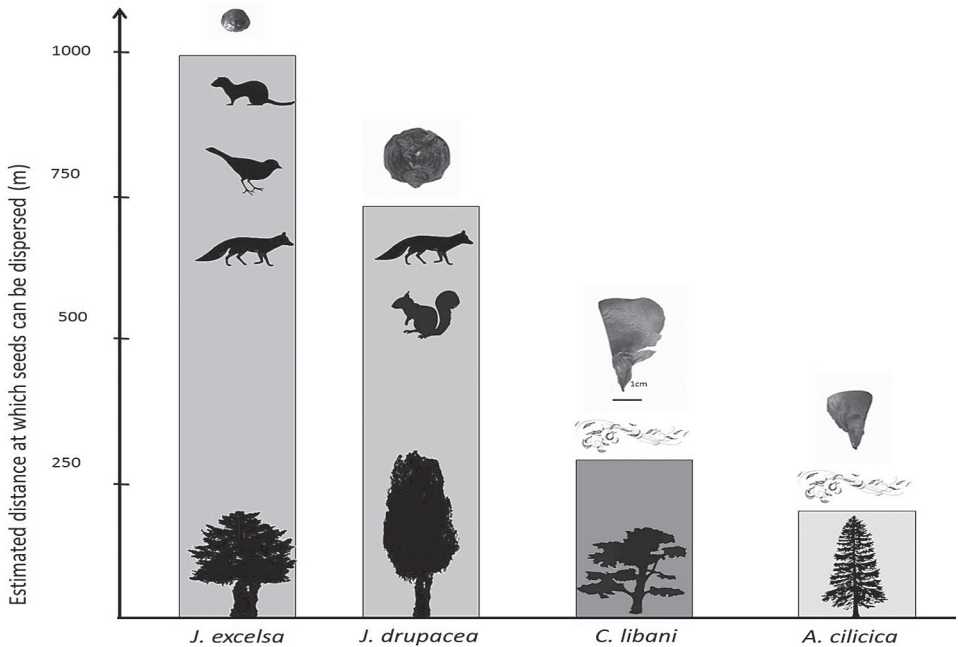


Fig. 5. Diaspore morphology and seed dispersal in *Juniperus excelsa*, *J. drupacea*, *Cedrus libani* and *Abies cilicica*

palynological studies performed in Lebanon, Syria and Turkey (Niklewski, Van Zeist 1970; Hajar et al. 2010b). These studies show that the range of *C. libani* forests has changed since the Late Glacial. *C. libani* is also wind pollinated and its winged seeds are dispersed by wind.

In Greece, *Cedrus* possibly persisted a little longer, but records from Tenaghi Philippon indicate that during the last 1.4 Ma it was already sparse and disappeared by 0.7 Ma. The fossil record in Rhodes, that resemble the current distribution of *C. libani*, shows high percentages during the early Middle Pleistocene, when in the rest of Europe *Cedrus* was already absent or very sparse. The lack of data after 0.5 Ma does not allow age fixing of its disappearance from the island. On the whole, it appears that a dramatic decrease of *Cedrus* in the central Mediterranean regions took place in a relatively short time, similarly to other conifer taxa (e.g. *Tsuga*, *Cathaya*) that were extirpated from the region. It happened during the Middle Pleistocene revolution, corresponding to a time of major changes of periodicity and amplitude of the glacial-interglacial cycles from 41 ka to approximately 100 ka (Tzedakis et al. 2006; Bertini 2010; Magri 2012).

Juniperus excelsa

Juniperus excelsa M.-Bieb. (including *J. polycarpus* K.Koch) extends from the Eastern Mediterranean Basin to Crimea in Ukraine, and more to the East reaching the Caucasus mountains, the Elbortz mountains in Iran and the Kopet mountains in Turkmenistan (Fig. 4). It is a slow growing, monoecious or dioecious, and wind pollinated conifer belonging to Cupressaceae family (Farjon 2005; Adams 2008). With respect to the seed dispersal systems, *J. excelsa* produces fleshy fruits (cones) which are dispersed by gravity or at longer distances by animals. Birds like *Turdus* were considered by Jordano (1984) as the most important quantitative *Juniperus* sp. seed dispersers among frugivorous birds of Spain. In these birds, the food is passed through the digestive tract rapidly with only the pulp of the fruit being partially digested (Pough et al. 1989). Gut passage time (GPT) of seeds defecated by captive *Turdus* species is between 12 and 60 minutes (Gasperin, Pizo 2013). GPT is very important for long distance dispersion. Small mammals such as red fox and stone marten are potentially key dispersers for Mediterranean junipers (Jordano 1992; Rico Guzmán et al. 2012) with an estimated dispersal distances by endozoochory between 400 and 1,000 m (Fig. 5).

The ability of *Juniperus* to disperse their seeds may be critical for their survival under the current constraints of landscape fragmentation and migratory birds illegal killing (Brochet et al. 2016).

Juniperus drupacea

Juniperus drupacea Labill. belongs to the Cupressaceae family. The current geographical range of *J. drupacea* covers the southern parts of the Peloponnese in Greece, the southern parts of Asia Minor and the mountains of Syria and Lebanon and northernmost borders of Israel (Browicz 1982; Talhouk et al. 2001). In Turkey it is located in the Taurus, Anti-Taurus and Amanos mountains. It is

usually present between 600 and 1,800 m altitude on rocky and lime terrains (Boratynski, Browicz 1982).

Juniperus drupacea occurs either in small groups or solitary in communities in Asia composed of *Cedrus libani*, *Abies cilicica*, *Pinus nigra*, *Juniperus foetidissima* and *Juniperus excelsa*, in Europe of *Abies cephalonica* and sometimes *J. oxycedrus*. It is a dioecious tree, wind pollinated and characterized by exceptionally large pedunculate, drupe-like stone with 3 fused seeds (Vidakovic 1991; Adams et al. 2014; Sobierajska et al. 2016). The fused bract-scale have high sugar content (Akinci et al. 2004), favoring dispersal by mammals rather than birds and consequently have a more limited dispersion radius which could explain the absence of this species from the Aegean and the other islands (Farjon 2005).

Genetic diversity

The genetic diversity observed in coniferous species from the Mediterranean estimated with a different set of genetic markers is considered to be high (Meloni et al. 2006; Michalczyk et al. 2006; Terrab et al. 2008; Boratynski et al. 2009; Douaihy et al. 2011; Sękiewicz et al. 2015). Higher levels of genetic variability are observed in East Mediterranean species compared to West Mediterranean species (Tab. 1) (Fady-Welterlen 2005; Bou Dagher-Kharrrat et al. 2007; Douaihy et al. 2011; Awad et al. 2014). This variability is believed to be related to the relatively more stable palaeoenvironmental conditions prevailing in the eastern part of the Mediterranean during the last glacial cycle (Young et al. 1996; Fady, Conord 2010). Moreover, long-lived, wind-pollinated, primarily outcrossing, tree species typically display greater within-population diversity.

Tab. 1. Summary on four eastern Mediterranean conifer biological and genetic attributes

Species	Genetic diversity	Genetic differentiation	Adaptation to climate change	Seeds dispersal mode	References
<i>Abies cilicica</i>	high	moderate	long-distance migration and altitudinal range shifts	wind	Linares et al. 2011 Awad et al. 2014 Sękiewicz et el. 2015
<i>Cedrus libani</i>	high	high	short distance migration and altitudinal range shifts	wind	Bou Dagher-Kharrrat et al. 2007 Fady et al. 2008 Hajar et al. 2010
<i>Juniperus drupaceae</i>	high	high	long-distance migration and altitudinal range shifts	mammals	Douaihy et al. 2011 Sobierajska et al. 2016
<i>Juniperus excelsa</i>	high	moderate	long-distance migration and altitudinal range shifts	mammals and birds	Douaihy et al. 2011

However, at species level, some populations hold lower genetic diversity than the mean value for the species. This may be indicative of potential bottleneck effect (Nei et al. 1975), inbreeding or founder effects (Hedrick 2000; Cole 2003). This was the case for the southernmost, limit population of *Abies cilicica* in Ehden – Lebanon (Awad et al. 2014), the relict population of *Cedrus libani* in Bcharré – Lebanon (Bou Dagher-Kharrrat et al. 2007) and the Catalan planted population in northern Turkey as well as the westernmost population of *Juniperus drupacea* in Taygetos – Greece.

Populations of the southern edge of *Abies cilicica* (rear edge population) were significantly less genetically diverse and had significantly less allelic richness than the other assessed populations of the same species considered by (Sękiewicz et al. 2015) as a subspecies *A. cilicica* subsp. *isaurica*. The same applies to Bcharré population of *Cedrus libani* situated at 2,000 m elevation a.s.l., which is the upper distribution limit of this species in Lebanon (altitudinal marginality). This population is constituted of about four hundred multicentenary old trees that survived a severe bottleneck effect. Catalan, another *C. libani* population from Pontic mountains is isolated in northern Turkey. Planted more than 20 centuries ago, Catalan populations shows low genetic diversity (Bou Dagher-Kharrrat et al. 2007; Fady et al. 2008) reflecting a founder effect and lack of gene exchange from other Turkish populations. Isolated Greek populations of *J. drupacea* showed the lowest genetic diversity and the lowest allelic richness of the species. This is congruent with the central-marginal hypothesis that proposes generally lower levels of diversity in marginal populations (Eckert et al. 2008). It also could be indicative of the repeated bottleneck events and/or founder effects during westward colonization from the eastern populations of *J. drupacea* that experienced less dramatic aridity during the Pleistocene cold periods (Fady-Welterlen 2005; Fady, Conord 2010) .

Genetically depauperate populations tend to have reduced evolutionary potential, which can increase the risk of their extinction (Hansson, Westerberg 2002; Frankham 2005). However, the peripheral populations whether they represent altitudinal or latitudinal marginality or simply isolated population from the core distribution area of the species, often contain unique genetic resources, which may ultimately prevent species extinction (Kawecki 2008; Channell, Lomolino 2000; Holliday et al. 2012).

The populations occurring at the rear edge (i.e. the low-latitude limit) of species geographic distributions where populations have often persisted over long periods of geological time and experienced a complex evolutionary history are gaining interest (Hampe, Petit 2005; Fady et al. 2016).

Genetic differentiation

For the four species studied, we showed that there is a phylogeographic structure and that forests from Lebanon and Turkey constitute two genetically isolated habitats that probably arose from distinct refugia after the last Quaternary glacial cycle supporting “multi-refugium” hypothesis. The existence of at least two ge-

netically isolated (groups of) glacial refugia during the last glacial cycle (Hewitt 2000; Médail, Diadema 2009) is a likely hypothesis for this range-wide spatial structure. The same phylogeographic structure is observed also in different animal taxonomic groups like water frogs (Akin et al. 2010), earthworms (Pavlicek et al. 2010), colubrid snakes (Tamar et al. 2016) and banded newt (van Riemsdijk et al. 2018).

Genetic differentiation largely depends on the rate of gene flow between populations mediated in plants by pollen and seed dispersal (Grivet et al. 2009). In wind-pollinated conifers, pollen-mediated gene flow is the main factor acting against genetic differentiation due to the large potential for effective long-distance dispersal (Robledo-Arnuncio, Garcia 2007). Gene flow among populations can enhance local adaptation if it introduces new genetic variants available for selection, but strong gene flow can also stall adaptation by swamping locally beneficial genes. These outcomes depend however on population size, genetic variation, and the environmental context. Gene flow patterns may align with geographic distance, whereby immigration rates are inversely proportional to the distance between populations (Sexton et al. 2014).

A moderate level of genetic differentiation has been reported for Mediterranean tree species (Fady-Welterlen 2005; Petit et al. 2005), reaching 10–13% among populations. Such a geographical pattern of genetic interpopulations differentiation has evolved in response to frequent and abrupt changes in climatic conditions, within the Mediterranean region during the last glacial cycle since ca. 100 ka BP (Van Andel, Tzedakis 1996) or, more probably, during the whole Quaternary period spanning the past 1.6 million years (Thompson 2005). The general effect of an increase in atmospheric aridity, brought about by the cold conditions of the last glaciation (Elenga et al. 2000; Fady-Welterlen 2005) on mountain species in the Mediterranean region, was an altitudinal migration (Fady et al. 2008; Fady, Conord 2010; Hajar et al. 2010b) that likely severely hindered gene exchange between refugial populations and promoted genetic divergence, especially in small populations. Genetic differentiation also results from the geological complexity of the Mediterranean.

Moreover, the four conifer species mentioned above have their southernmost distribution limit in the Eastern Mediterranean region that has suffered for millennia and still undergoes a very significant anthropogenic impact (Kuniholm 1997). As a consequence, they experience intensive exploitation and habitat fragmentation that restricts gene flow and increases genetic drift (Bou Dagher-Kharat et al. 2007; Fady et al. 2008; Hajar et al. 2010a; Douaihy et al. 2011).

Same history, different stories

The four species went through the same geological, climate and anthropogenic effects. Situated at different altitudes and occupying different ecological niches, each species has also its own biology and life cycle. All these components could explain the dynamic of their recolonization out of the refugia. For instance, basic

dispersal information is critical for understanding species' geographical distributions and for predicting the likely impacts of future climate change.

Juniperus spp., including *J. drupacea* and *J. excelsa* are known for their pioneer character (Zohary 1973). *J. excelsa* was even reported as aggressively encroaching on *Quercus* species in the eastern slopes of Mount Lebanon (Mouterde 1984) due partly to their diaspore dispersal mode. Being dispersed by animals, their colonization dynamic was more active and widespread than *Abies* and *Cedrus* which seeds are bearing wings and dispersed by wind. *Juniperus drupacea* with its large berries-like cones, are dispersed by rodents at far shorter distances than the berries of *J. excelsa* transported mainly by birds (Fig. 5). The aerodynamic properties of the *Abies* and *Cedrus* seeds diaspores are determined by the terminal velocity of falling seeds (Nathan et al. 2011; Heydel et al. 2014). The terminal velocity is a parameter that has been shown to have high predictive power for the wind dispersal potential of diaspores under natural conditions. To our best knowledge to date, there have been no published data on *Cedrus* and *Abies* seeds. However, since velocity depends both on body mass and cross-sectional area, a simple observation of the size of the wings and the weight of the seeds predict a higher velocity for *Cedrus* than for *Abies* (Fig. 5). *C. libani* seeds are lighter with larger wings than those of *A. cilicica*.

Vittoz and Engler (2007) proposed a simple approach to estimate seed dispersal distances to overcome the scarcity of data on seed dispersal distance of species. They estimate a dispersal distance of up to 1,500 m (endozoochory), and 150 m for seeds eaten by birds and large vertebrates and for pterometeorochoy (anemochory mode improved through wings). A distance of less than the 314 m was proposed by Müller-Schneider (1983) for *Abies*. In Fig. 5 we propose a seed dispersal scheme for the 4 tree species in this study.

The knowledge of dispersion and migration processes has largely benefited from recent developments in spatial ecology (Tilman, Kareiva 1997), in ecology and landscape genetics (Balkenhol et al. 2015). The inadequacy between the dispersal potential of plants and their post-glacial recolonization, also known as "Reid's paradox" (Clark et al. 1998), is an issue that has been recognized for a long time (Reid 1899; Skellam 1951). The recolonization rates might be over-estimated because some glacial refugia remain yet unknown (Clark et al. 1998; Stewart, Lister 2001).

According to Intergovernmental Panel on Climate Change data (IPCC 2014), responses to climate change have been observed across many species. There is a general trend for species to shift their ranges poleward or up in elevation. Not all species, however, can make such shifts, and these species might experience more rapid declines making trees particularly at risk.

Conclusion

Genetic variation across a species can be influenced by past and contemporary factors such as topographical barriers, presence of diverse micro- and macrohab-

itats, complex geologic history and past climatic fluctuations. Signatures of past events can therefore be observed in plant taxa.

The Eastern Mediterranean is likely to be greatly affected by climate change, associated with increases in the frequency and intensity of droughts and hot weather conditions. The impact will be disproportional since this region already shows great diversity and is subject to extreme climate conditions. While some species are adapting by migration, their ability to keep up with the faster changes expected in the future is unclear. The migration of tree species to track the movement of their bioclimatic envelope along altitudinal or latitudinal gradients is slower than the pace of climate change (IPCC 2014). This is particularly true for *C. libani*, *A. cilicica*, *J. drupacea* and *J. excelsa* having relatively low colonization potential. The “migration lag” is of a particular concern for trees and is a threat to both biodiversity and carbon storage (Corlett, Westcott 2013).

Assisted migration, beyond its controversial character (Minteer Ben, Collins James 2010; Hewitt et al. 2011) is considered as a climate change adaptation strategy. In the context of EMR forest fragmentation, natural barriers such as oceans and mountain ranges, or human-created barriers such as large cities and highways, assisted migration seems to be an inescapable proactive approach for conifers conservation.

In-situ conservation should be reinforced in the forest declared as protected areas to give advantage to natural regeneration and to avoid introducing seeds or seedlings from exotic locations outside demes or from very distant locations. For large forest ecological restoration projects, where assisted migration is to be implemented, the choice of genetic resources to be planted should be based on the scientific knowledge acquired from population genetic differentiation and historical gene flow between populations.

In all cases, the loss of genetic diversity should be avoided in order to keep the evolutionary potential of tree species needed to respond to new emerging environmental challenges.

Literature

- Adams R.P. 2008. Junipers of the world: The genus *Juniperus*, 2 ed. Trafford, Victoria, BC.
- Adams R.P., Bou Dagher-Kharrat M., Schwarzbach A.E., Douaihy B. 2014. Geographic variation in nrDNA and four cpDNA regions of *Juniperus excelsa* and *J. polycarpus* from Greece, Turkey, Lebanon and Azerbaijan. *Phytologia* 96: 89–95.
- Akın C., Bilgin C.C., Beerli P., Westaway R., Ohst T., Litvinchuk S.N., Uzzell T., Bilgin M., Hotz H.r., Guex G.-D., Plötner J. 2010. Phylogeographic patterns of genetic diversity in eastern Mediterranean water frogs have been determined by geological processes and climate change in the Late Cenozoic. *Journal of Biogeography* 37: 2111–2124.
- Akinci I., Ozdemir F., Topuz A., Kabas O., Canakci M. 2004. Some physical and nutritional properties of *Juniperus drupacea* fruits. *Journal of Food Engineering* 65: 325–331.
- Alptekin C.U., Bariteau M., Fabre J.P. 1997. Le cèdre de Turquie: aire naturelle, insectes ravageurs, perspectives d'utilisation pour le reboisement en France. *Revue Forestière Française* 49: 19–31.

- Avice J.C. 2000. *Phylogeography: the history and formation of species*. Harvard University Press.
- Awad L., Fady B., Khater C., Roig A., Cheddadi R. 2014. Genetic structure and diversity of the endangered fir tree of Lebanon (*Abies cilicica* Carr.): implications for conservation. *PLoS One* 9: e90086.
- Balkenhol N., Cushman S.A., Storfer A., Waits L.P. 2015. *Landscape Genetics: Concepts, Methods, Applications*. Wiley-Blackwell.
- Bertini A. 2010. Pliocene to Pleistocene palynoflora and vegetation in Italy: state of the art. *Quaternary International* 225: 5–24.
- Bilgin R. 2011. Back to the suture: the distribution of intraspecific genetic diversity in and around Anatolia. *International Journal of Molecular Sciences* 12: 4080–4103.
- Boratyński A., Browicz K. 1982. *Juniperus drupacea* in Greece. *Arboretum Kórnickie* 27: 3–16.
- Boratynski A., Lewandowski A., Boratynska K., Montserrat J.M., Romo A. 2009. High level of genetic differentiation of *Juniperus phoenicea* (Cupressaceae) in the Mediterranean region: geographic implications. *Plant Systematics and Evolution* 277: 163–172.
- Bou Dagher-Kharrat M., Mariette S., Lefèvre F., Fady B., March G.G.-d., Plomion C., Savouré A. 2007. Geographical diversity and genetic relationships among *Cedrus* species estimated by AFLP. *Tree Genetics & Genomes* 3: 275–285.
- Boydak M., Işık F., Doğan B. 1998. The effect of prescribed fire on the natural regeneration success of Lebanon Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) at Antalya-Kafl Locality. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 22: 399–404.
- Brochet A.L., Van den Bossche W., Jbour S., Ndang'ang'a P.K., Jones V.R., Abdou W.A.L.I., Al-Hmoud A.R., Asswad N.G., Atienza J.C., Atrash I. 2016. Preliminary assessment of the scope and scale of illegal killing and taking of birds in the Mediterranean. *Bird Conservation International* 26: 1–28.
- Browicz K. 1982. *Chorology of trees and shrubs in south-west Asia and adjacent regions*. Polish Scientific Publishers, Poznań.
- Channell R., Lomolino M. 2000. Dynamic biogeography and conservation of endangered species. *Nature* 403: 84–86.
- Clark J.S., Fastie C., Hurr G., Jackson S.T., Johnson C., King G.A., Lewis M., Lynch J., Pacala S., Prentice C., Schupp E.W., Webb T., Wyckoff P. 1998. Reid's Paradox of Rapid Plant Migration: Dispersal theory and interpretation of paleoecological records. *BioScience* 48: 13–24.
- Cole C.T. 2003. Genetic variation in rare and common plants. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34: 213–237.
- Corlett R.T., Westcott D.A. 2013. Will plant movements keep up with climate change? *Trends in Ecology & Evolution* 28: 482–488.
- Davis M., Shaw R. 2001. Range shifts and adaptive responses to quaternary climate change. *Science* 292: 673–679.
- Douaihy B., Vendramin G.G., Boratyński A., Machon N., Bou Dagher-Kharrat M. 2011. High genetic diversity with moderate differentiation in *Juniperus excelsa* from Lebanon and the eastern Mediterranean region. *AoB Plants* 2011: plr003.
- Eckert G.C., Samis K., Loughheed S. 2008. Genetic variation across species' geographical ranges: The central-marginal hypothesis and beyond. *Molecular Ecology* 17(5): 1170–1188.
- Elenga H., Peyron O., Bonnefille R., Jolly D., Cheddadi R., Guiot J., Andrieu V., Bottema S., Buchet G., De Beaulieu J.L., Hamilton A.C., Maley J., Marchant R. 2000. Pollen-based biome reconstruction for southern Europe and Africa 18,000 yr bp. *Journal of Biogeography* 27: 621–634.

- Elias A., Tapponnier P., Sursock A., Daeron M., Jacques E., King G. 2007. Mid-miocene to present growth and uplift of Mt-Lebanon and tectonic evolution of the Dead Sea transform restraining bend. AGU Fall Meeting Abstracts.
- Faccenna C., Jolivet L., Piromallo C., Morelli A. 2003. Subduction and the depth of convection in the Mediterranean mantle. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 108(B2): 2099.
- Fady-Welterlen, B., 2005. Is there really more biodiversity in Mediterranean forest ecosystems? *Taxon* 54: 905–910.
- Fady B., Aravanopoulos F.A., Alizoti P., Mátyás C., von Wühlisch G., Westergren M., Belletti P., Cyjetkovic B., Ducci F., Huber G., Kelleher C.T., Khaldi A., Kharrat M.B.D., Kraigher H., Kramer K., Mühlethaler U., Peric S., Perry A., Rousi M., Sbay H., Stojnic S., Tijardovic M., Tsvetkov I., Varela M.C., Vendramin G.G., Zlatanov T. 2016. Evolution-based approach needed for the conservation and silviculture of peripheral forest tree populations. *Forest Ecology and Management* 375: 66–75.
- Fady B., Conord C. 2010. Macroecological patterns of species and genetic diversity in vascular plants of the Mediterranean basin. *Diversity and Distributions* 16: 53–64.
- Fady B., Lefèvre F., Vendramin G.G., Ambert A. 2008. Genetic consequences of past climate and human impact on eastern Mediterranean *Cedrus libani* forests. Implications for their conservation. *Conservation Genetics* 9: 85–95.
- Farjon A. 2005. A monograph of cupressaceae and sciadopitys. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, Surrey.
- Fauquette S., Suc J.P., Bertini A., Popescu S.M., Warny S., Bachiri Taoufiq N., Perez Villa M.J., Ferrier J., Chikhi H., Subally D., Feddi N., Clauzon G. 2006. How much the climate forced the Messinian salinity crisis? Quantified climatic conditions from pollen. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 238: 281–301.
- Fiz-Palacios O., Valcárcel V. 2013. From Messinian crisis to Mediterranean climate: a temporal gap of diversification recovered from multiple plant phylogenies. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 15: 130–137.
- Frankham R. 2005. Genetics and extinction. *Biological Conservation* 126: 131–140.
- Gasparin G., Pizo M.A. 2013. Passage time of seeds through the guts of frugivorous birds, a first assessment in Brazil. *Revista Brasileira de Ornitologia-Brazilian Journal of Ornithology* 20: 4.
- Gaston J.K. 2003. The structure and dynamics of geographic ranges. Oxford University Press.
- Grabherr G., Gottfried M., Pauli H. 1994. Climate effects on mountain plants. *Nature* 369: 448.
- Grivet D., Robledo-Arnuncio J.J., Smouse Peter E., Sork Victoria L. 2009. Relative contribution of contemporary pollen and seed dispersal to the effective parental size of seedling population of California valley oak (*Quercus lobata*, Née). *Molecular Ecology* 18: 3967–3979.
- Hajar L., François L., Khater C., Jomaa I., Déqué M., Cheddadi R. 2010a. *Cedrus libani* (A. Rich) distribution in Lebanon: past, present and future. *Comptes Rendus Biologies* 333: 622–630.
- Hajar L., Haïdar-Boustani M., Khater C., Cheddadi R. 2010b. Environmental changes in Lebanon during the Holocene: Man vs. climate impacts. *Journal of Arid Environments* 74: 746–755.
- Hampe A., Petit R. 2005. Conserving biodiversity under climate change: the rear edge matters. *Ecology Letters* 8: 461–467.
- Hansson B., Westerberg L. 2002. On the correlation between heterozygosity and fitness in natural populations. *Molecular Ecology* 11: 2467–2474.

- Hedrick P.W. 2000. Genetics of populations, 2 ed. Jones and Bartlett, Boston.
- Herling M., Eischeid J., Perlwitz J., Quan X., Zhang T., Pegion P. 2012. On the increased frequency of Mediterranean drought. *Journal of Climate* 25: 2146–2161.
- Hewitt G.M. 1996. Some genetic consequences of ice ages, and their role in divergence and speciation. *Biological Journal of the Linnean Society* 58: 247–267.
- Hewitt G.M. 2000. The genetic legacy of Quaternary ice ages. *Nature* 405: 907–913.
- Hewitt G.M. 2004. Genetic consequences of climatic oscillations in the Quaternary. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 359: 183–195.
- Hewitt N., Klenk N., Smith A.L., Bazely D.R., Yan N., Wood S., MacLellan J.I., Lipsig-Mummé C., Henriques I. 2011. Taking stock of the assisted migration debate. *Biological Conservation* 144: 2560–2572.
- Heydel F., Cunze S., Bernhardt-Römermann M., Tackenberg O. 2014. Long-distance seed dispersal by wind: disentangling the effects of species traits, vegetation types, vertical turbulence and wind speed. *Ecological Research* 29: 641–651.
- Hickling R., Roy D.B., Hill J.K., Fox R., Thomas C.D. 2006. The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards. *Global Change Biology* 12: 450–455.
- Holliday J.A., Suren H., Aitken S.N. 2012. Divergent selection and heterogeneous migration rates across the range of Sitka spruce (*Picea sitchensis*). *Proceedings of the Royal Society B* 279: 1675–1683.
- Hsü K., Ryan W.B.F., Cita M.B. 1973. Late Miocene desiccation of the Mediterranean. *Nature* 242: 240–244.
- IPCC 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, Switzerland.
- Jolivet L., Faccenna C. 2000. Mediterranean extension and the Africa-Eurasia collision. *Tectonics* 19: 1095–1106.
- Jordano P. 1984. Seed weight variation and differential avian dispersal in blackberries *Rubus ulmifolius*. *Oikos* 43: 149–153.
- Jordano P. 1992. Fruits and frugivory: Pedro Jordano [In:] M. Fenner (ed.), *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. CAB International, Wallingford, pp. 105–156.
- Kapli P., Botoni D., Ilgaz C., Kumlutas Y., Avci A., Rastegar-Pouyani N., Fathinia B., Lymberakis P., Ahmadzadeh F., Poulakakis N. 2013. Molecular phylogeny and historical biogeography of the Anatolian lizard *Apathya* (Squamata, Lacertidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 66: 992–1001.
- Kawecki J.T. 2008. Adaptation to marginal habitats. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 39: 321–342.
- Krijggsmann W., Hilgen F.J., Raffi I., Sierro F.J., Wilson D.S. 1999. Chronology and progression of the Messinian salinity crisis. *Nature* 400: 652–655.
- Kuniholm P.I. 1997. *Wood*. Oxford University Press, New York.
- Magri D. 2012. Quaternary history of *Cedrus* in southern Europe. *Annali di Botanica* 2: 57–66.
- Médail F., Diadema K. 2009. Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of Biogeography* 36: 1333–1345.
- Médail F., Myers N. 2004. Mediterranean Basin, [In:] R.A. Mittermeier, P.R. Gil, M. Hoffmann, J. Pilgrim, T. Brooks, C.G. Mittermeier, J. Lamoreaux, G.A.B.D. Fonseca (eds.), *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. CEMEX, Monterrey, Conservation International, Washington and Agrupación Sierra Madre, Mexico, pp. 144–147.

- Médail F., Quézel P. 1999. Biodiversity hotspots in the Mediterranean Basin: setting global conservation priorities. *Conservation Biology* 13: 1510–1513.
- Meloni M., Perini D., Filigheddu R., Binelli G. 2006. Genetic variation in five Mediterranean populations of *Juniperus phoenicea* as revealed by Inter-Simple Sequence Repeat (ISSR) markers. *Annals of Botany* 97: 299–304.
- Michalczyk I.M., Sebastiani F., Buonamici A., Cremer E., Mengel C., Ziegenhagen B., Vendramin G.G. 2006. Characterization of highly polymorphic nuclear microsatellite loci in *Juniperus communis* L. *Molecular Ecology Notes* 6: 346–348.
- Minteer Ben A., Collins James P. 2010. Move it or lose it? The ecological ethics of relocating species under climate change. *Ecological Applications* 20: 1801–1804.
- Mittermier R.A., Gil P.R., Hoffmann M., Pilgrim J., Brooks T., Mittermier C.G. Lamoureux J., Fonesca G.A.B. 2005. Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. CEMEX, Mexico.
- Mouterde P. 1984. Nouvelle Flore du Liban et de la Syrie. Vol. 3. Dar El-Machreq, Beyrouth.
- Müller-Schneider P. 1983. Verbreitungsbiologie (Diasporologie) der Blütenpflanzen. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule Stiftung Rübel, Zürich.
- Nathan R., Katul G., Bohrer G., Kuparinen A., Soons M., Thompson S., Trakhtenbrot A., Horn H.S. 2011. Mechanistic models of seed dispersal by wind. *Theoretical Ecology* 4: 113–132.
- Nei M., Maruyama T., Chakraborty R. 1975. The bottleneck effect and genetic variability in populations. *Evolution* 29: 1–10.
- Niklewski J., Van Zeist W. 1970. A Late Quaternary pollen diagram from NW Syria. *Acta Botanica Neerlandica* 9: 737–754.
- Oosterbroek P., Arntzen J. 1992. Area-cladograms of Circum-Mediterranean taxa in relation to Mediterranean palaeogeography. *Journal of Biogeography* 19: 3–20.
- Pavlicek T., Csuzdi C., Misirioglu I., Vilenkin B. 2010. Faunistic similarity and endemism of earthworms in east Mediterranean region. *Biodiversity and Conservation* 19: 1989–2001.
- Petit R.J., Brewer S., Bordács S., Burg K., Cheddadi R., Coart E., Cottrell J., Csaikl U.M., van Dam B., Deans J.D., Espinel S., Fineschi S., Finkeldey R., Glaz I., Goicoechea P.G., Jensen J.S., König A.O., Lowe A.J., Madsen S.F., Mátyás G., Munro R.C., Popescu F., Slade D., Tabbener H., de Vries S.G.M., Ziegenhagen B., de Beaulieu J.L., Kremer A. 2002. Identification of refugia and post-glacial colonisation routes of European white oaks based on chloroplast DNA and fossil pollen evidence. *Forest Ecology and Management* 156: 49–74.
- Petit R.J., Duminil J., Fineschi S., Hampe A., Salvini D., Vendramin G.G. 2005. Comparative organization of chloroplast, mitochondrial and nuclear diversity in plant populations. *Molecular Ecology* 14: 689–701.
- Pough F.H., John B.H., William N.M. 1989. *Vertebrate life*. New York.
- Quézel P. 1995. La flore du bassin méditerranéen: origine, mise en place, endémisme. *Ecologia Mediterranea* 21: 19–39.
- Quézel P., Médail F. 2003. *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Paris.
- Regato P., Salman R. 2008. Mediterranean mountains in a changing world: Guidelines for developing action plans.
- Reid C. 1899. *The origin of British flora*. London.
- Rico Guzmán E., Terrones Contreras B., Cantó Corchado J.L., Bonet A. 2012. Frugivore carnivores: preferences and contribution to seed dispersal of red fox *Vulpes vulpes*

- (Linnaeus, 1758) and stone marten *Martes foina* (Erxleben, 1777) in Carrascal de la Font Roja Natural Park (Alicante, Spain). *Galemys* 24: 25–33.
- Robledo-Arnuncio J.J., García C. 2007. Estimation of the seed dispersal kernel from exact identification of source plants. *Molecular Ecology* 16: 5098–5109.
- Sarıkaya M.A., Çiner A. 2017. Late Quaternary glaciations in the eastern Mediterranean. *Geological Society, London, Special Publications* 433: 289–305.
- Schluter D. 2001. Ecology and the origin of species. *Trends in Ecology & Evolution* 16: 372–380.
- Sękiewicz K., Dering M., Sękiewicz M., Boratyńska K., Iszkuło G., Litkowiec M., Ok T., Bou Dagher-Kharrat M., Boratyński A. 2015. Effect of geographic range discontinuity on species differentiation-East-Mediterranean *Abies cilicica*: a case study. *Tree Genetics & Genomes* 11: 810.
- Sengör A.M.C., Yilmaz Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics* 75: 181–241.
- Sexton J.P., Hangartner S.B., Hoffmann A.A. 2014. Genetic isolation by environment or distance: which pattern of gene flow is most common? *Evolution* 68: 1–15.
- Skellam J.G. 1951. Random dispersal in theoretical populations. *Biometrika* 38: 196–218.
- Sobierajska K., Boratyńska K., Jasińska A., Dering M., Ok T., Douaihy B., Bou Dagher-Kharrat M., Romo A., Boratyński A. 2016. Effect of the Aegean Sea barrier between Europe and Asia on differentiation in *Juniperus drupacea* (Cupressaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 180: 365–385.
- Stewart J.R., Lister A.M. 2001. Cryptic northern refugia and the origins of the modern biota. *Trends in Ecology & Evolution* 16: 608–613.
- Stewart J.R., Lister A.M., Barnes I., Dalén L. 2010. Refugia revisited: individualistic responses of species in space and time. *Proceedings of the Royal Society of London B* 277: 661–671.
- Suc J.P. 1984. Origin and evolution of the Mediterranean vegetation and climate in Europe. *Nature* 5950: 429–438.
- Svenning J.C., Skov F. 2007. Ice age legacies in the geographical distribution of tree species richness in Europe. *Global Ecology and Biogeography* 16: 234–245.
- Talhok S.N., Zurayk R., Khuri S. 2001. Conservation of the coniferous forests of Lebanon: past, present and future prospects. *Oryx* 35: 206–215.
- Tamar K., Smid J., Gocmen B., Meiri S., Carranza S. 2016. An integrative systematic revision and biogeography of *Rhynchocalamus* snakes (Reptilia, Colubridae) with a description of a new species from Israel. *PeerJ* 4: e2769.
- Telwala Y., Brook B.W., Manish K., Pandit M.K. 2013. Climate-induced elevational range shifts and increase in plant species richness in a Himalayan biodiversity epicentre. *PLoS One* 8: e57103.
- Terrab A., Schönswetter P., Talavera S., Vela E., Stuessy T.F. 2008. Range-wide phylogeography of *Juniperus thurifera* L., a presumptive keystone species of western Mediterranean vegetation during cold stages of the Pleistocene. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 48: 94–102.
- Thompson J.D. 2005. *Plant evolution in the Mediterranean*. Oxford University Press, Oxford.
- Thuiller W., Lavorel S., Araújo M.B., Sykes M.T., Prentice I.C. 2005. Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102: 8245–8250.
- Tilman D., Kareiva P.M. 1997. *Spatial ecology: the role of space in population dynamics and interspecific interactions*. Princeton University Press.

- Turelli M., Barton N.H., Coyne J.A. 2001 Theory and speciation. *Trends in Ecology & Evolution* 16: 330–343.
- Tzedakis P.C., Hooghiemstra H., Wijmstra T.A. 2004. The last 1 million years at Tenaghi Philippon: terrestrial, marine and ice core comparisons. *Quaternary Science Reviews* 25(23): 3416–3430.
- Tzedakis P.C., Channell J.E.T., Hodell D.A., Kleiven H.F., Skinner L.C. 2006. Determining the natural length of the current interglacial. *Nature Geoscience* 5: 138–141.
- Van Andel T.H., Tzedakis C. 1996. Palaeolithic landscapes of Europe and environs, 150,000–25,000 years ago: An overview. *Quaternary Science Reviews* 15: 481–500.
- van Hinsbergen D.J.J., Hafkenscheid E., Spakman W., Meulenkamp J., Wortel R. 2005. Nappe stacking resulting from subduction of oceanic and continental lithosphere below Greece. *Geology* 33: 325–328.
- van Riemsdijk I., van Nieuwenhuijze L., Martínez-Solano I., Arntzen J.W., Wielstra B. 2018. Molecular data reveal the hybrid nature of an introduced population of banded newts (*Ommatotriton*) in Spain. *Conservation Genetics* 19: 249–254.
- Vidakovic M. 1991. Conifers [In:] B. Brekalo (ed.), *Morphology and variation*. Graficki Zavod Hrvatske, pp. 129–136.
- Vittoz P., Engler R. 2007. Seed dispersal distances: a typology based on dispersal modes and plant traits. *Botanica Helvetica* 117: 109–124.
- Vogiatzakis I. 2012. Mediterranean mountain environments [In:] I. Vogiatzakis (ed.), *Biogeography*. Wiley-Blackwell, Chichester.
- Whittaker R., Field R. 2000. Tree species richness modelling: An approach of global applicability? *Oikos* 89: 399–402.
- Willis K.J., Niklas K.J. 2004. The role of Quaternary environmental change in plant macroevolution: the exception or rule? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 359: 159–172.
- Willis K.J., Whittaker R.J. 2002. Species diversity – scale matters. *Science* 295: 1245–1248.
- Wilson R.J., Gutiérrez D., Gutiérrez J., Martínez D., Agudo R., Monserrat V.J. 2005. Changes to the elevational limits and extent of species ranges associated with climate change. *Ecology Letters* 8: 1138–1146.
- Woodward J. 2009. *The physical geography of the Mediterranean*. Oxford University Press.
- Young A., Boyle T., Brown T. 1996. The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. *Trends in Ecology & Evolution* 11: 413–418.
- Zohary M. 1973. *Geobotanical foundations of the Middle East*. Stuttgart.

The future of yew (*Taxus baccata*) in Europe

Peter Thomas^{1,2}, Grzegorz Iszkuło^{3,4}

¹School of Biological Sciences, Keele University, Keele ST5 5BG, Staffs, UK,
p.a.thomas@keele.ac.uk

²Harvard Forest, Harvard University, 324 North Main St, Petersham, MA 01366, USA

³Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, Parkowa 5, 62-035 Kórnik, Poland

⁴Faculty of Biological Sciences, University of Zielona Góra, Z. Szafrana 1, 65-516 Zielona Góra, Poland

Abstract

Taxus baccata is the one of the longest-lived tree species in Europe, potentially living for many hundreds of years. This makes it particularly vulnerable to continuing global change such as climate change and habitat fragmentation and increasing anthropogenic pollution. For example, current climate conditions are likely to migrate over a thousand kilometres north in the lifespan of an old tree leaving it stranded in a warmer climate in which it is less likely to survive. It is therefore highly probable that old iconic adult yews will become increasingly rare across Europe. Survival of the species will thus be increasingly dependant on seed production and seedling success. Since yew is dioecious, and so an obligate outcrosser, population fragmentation is likely to reduce the effectiveness of pollination and lead to reduced seed production. Moreover, the higher reproductive cost of being female may lead to higher mortality skewing the gender ratio towards more males. This problem is amplified since in yew the reproductive cycle (“flower” to seed) takes one growing season (unlike most other gymnosperms) putting extra pressure on the reserves of stressed female trees. There is also the risk of lower population sizes reducing genetic diversity creating evolutionary problems. However, on the positive side, higher rates of atmospheric nitrogen deposition may aid seed production since females are currently nitrogen restricted as seed and aril growth competes with radial growth for stored nitrogen. Seedling establishment is likely to be negatively affected by limited seed movement (and so a reduced probability of finding a suitable regeneration niche) and the requirements of early seedling growth in a changing climate. What the final outcome will be for yew regeneration is still uncertain but current research is helping to plug the knowledge gaps.

The value of yew

It could be argued that *Taxus baccata* is one of the most important trees in Europe. As well as being the longest-lived tree (Thomas, Polwart 2003; Thomas 2014), it plays an important role in biodiversity conservation in European forests (Linares 2013). It has also been inextricably intertwined with human history for millennia (Benham et al. 2016) from its importance as a source of firewood since the Neolithic in the northern Iberian Peninsula (Ruiz-Alonso et al. 2017) to its sacred

properties. More recently, it forms the main source of material in the biosynthesis of taxanes, powerful anticancer drugs (Walker, Croteau 2000).

Despite this, yew is one of the fastest declining European tree species. It has become locally extinct or reduced to individual trees or small populations in many parts of its natural distribution (Thomas, Polwart 2003; Kassioumis et al. 2004) and this decline is continuing. This has led to concern over its long-term future (Dhar et al. 2006; Iszkuło et al. 2009; Linares 2013; Devaney et al. 2014), and forests containing yew have been designated as special protection areas by the European Community under Habitats Directive 92/43/EEC (Benham et al. 2016).

There are many reasons behind its decline including poor regeneration (Sanz et al. 2009) allied to habitat fragmentation (Dubreuil et al. 2010) and climate change (Thomas, Garcia-Martí). The aim of this account is to update Thomas & Polwart (2003) and Thomas & Garcia-Martí (2015) to provide a current view of the future of yew in Europe and offer research suggestions for how its situation can be improved.

Habitat fragmentation

Taxus baccata populations are currently undergoing rapid and widespread fragmentation in Europe. Some of this can be attributed to unfavourable climatic and demographic conditions for yew in the Holocene but also current climate change, long-term over-exploitation of yew timber, and changes in forest management to favour timber production over natural communities (Thomas, Polwart 2003; Chybicki et al. 2011; Thomas, Garcia-Martí 2015; Iszkuło et al. 2016). Fragmentation of forests into smaller and fewer units causes a loss of habitat and a loss of biodiversity (Krauss et al. 2010). The increase in distance between surviving population remnants reduces connectivity between them and leads to a decrease in habitat quality through an increase in pioneer species that create habitat impermeable to the passage of yew (e.g. Saura et al. 2014).

Habitat fragmentation can also lead to loss of genetic diversity (Dubreuil et al. 2010; Chybicki et al. 2012; Dobeš et al. 2017). However, evidence suggests that for many European trees, including yew, fragmentation along with expansion and contraction of range over glacial history has not greatly reduced genetic diversity. Indeed, Lewandowski et al. (1995) found that a strongly declining population in Poland still showed high levels of genetic diversity. This is suggested to be due to trees maintaining their genetic diversity *within* rather than between populations (Hamrick 2004) so that even loss of a large number of populations results in little genetic loss. The maintenance of high genetic diversity in yew is aided by: (1) the long life-span of many trees helping to maintain a pool of genetic diversity that can spread if the habitat recovers or expands; (2) the fact that yew is an inherently genetically variable species compared with other conifers (Ledig 1986); and (3) the genetic diversity is likely to expand within remnant populations due to genetic drift. This is aided by limited gene flow due to fragmentation since pollen and seeds are less likely to be exchanged between remnants (González-Martínez

et al. 2010; Litkowiec et al. 2018). Despite yew having a high dispersal potential through widespread bird-dispersal of seeds and wind-dispersed pollen, this is often not sufficient to overcome the increasing spatial isolation of remnant populations. This can be further hampered since in mainland Europe, yew grows mostly beneath the canopy of other trees which reduces wind speed leading to limited pollen dispersal (Petit, Hampe 2006; Iszkuło et al. 2016). Additionally, since yew is dioecious, and thus only female trees produce seeds, there is a reduced overall seed-dispersal, called a seed-shadow handicap (Heilbuth et al. 2001). This may be exacerbated as population structure changes in sex ratio over time (Iszkuło et al. 2009; González-Martínez et al. 2010; Vessela et al. 2015; Garbarino et al. 2015).

The genetic problems of habitat fragmentation can in the long-term be made worse by inbreeding. Since yew has separate male and female trees, this should not occur since it is a strictly outcrossing species. However, in smaller and more isolated populations, breeding is increasingly less random (Dubreuil et al. 2008; Myking et al. 2009) as genes are shared within clusters of genetically related individuals, leading, in effect, to inbreeding since the parent trees are very similar genetically. The likely long-term effect of this is that even populations made up of apparently healthy and vigorous trees will decrease in genetic variation in future generations (Dubreuil et al. 2010; Litkowiec et al. 2018).

On the positive side, some populations seem to be expanding where conditions are suitable (Seidling 1999) or management has been favourable (Svenning, Magård 1999). For example, in the southern-most areas of Europe, an increase in some yew populations has been detected in both Atlantic and sub-Mediterranean biogeographic regions (Carvalho et al. 1999; Cortés et al. 2000; Kassioumis et al. 2004; Fernandez-Manso et al. 2011; Serra, García-Martí 2011). Moreover, in the northern part of its geographical range, in habitats significantly altered by human activity, yews in gardens are acting as a source of seeds that are spread by birds into an adjacent forest areas (Król 1986; Seidling 1999; Bornkamm 2007) or even parks (Iszkuło, Boratyński 2005). But these expanding populations are the exception. In most cases, even if the factors creating fragmentation and habitat loss are removed, expansion of fragments is likely to be very slow without intervention since seeds, which are moved primarily by birds, tend to be consistently dispersed into forested areas and not surrounding open areas, effectively preventing range expansion of the yew (Lavabre, García 2015). This may be solved by pioneer plants such as hawthorn (*Crataegus monogyna*) and junipers (*Juniperus* spp.) spreading and creating nurseries for yew seedlings but this usually requires intervention management to allow the pioneers to establish in the first place.

Climate change

Yew is a relic of a moderate Tertiary climate (Thomas, Polwart 2003; Hao et al. 2008; González-Martínez et al. 2010) and as a result modern yew trees grow best in the high humidity of mild oceanic climates. In response to this, yew forms dense, pure woodlands in the middle of its range across Central Europe into the

British Isles, thinning out to small clumps and individual trees in moist niches to the north and south, becoming a montane tree in the south and using the overstorey of other trees and north-facing slopes to provide oceanic-like conditions around each individual.

It is highly probable that the climate in Europe will continue to change over the next century, magnifying the current regional differences. Annual temperatures over Europe are due to increase with the greatest warming in southern Europe (Spain, Italy, Greece) and northeast Europe (Finland, western Russia) increasing by 4°C by 2071–2100 (IPCC 2013), with the least warming (<2°C) along the Atlantic coastline. These differences will be particularly apparent in the south during the summer with southern Europe warming at a rate of between 0.2 and 0.6°C per decade and northern Europe warming between 0.08 and 0.3°C per decade. Annual precipitation is also likely to show a marked gradient with latitude with southern Europe becoming 15–20% drier (at a rate of 5% per decade) and Scandinavia and western Russia becoming 10–20% wetter (IPCC 2013). This increasing latitudinal disparity in precipitation will also be more pronounced in summer, with the south being much drier and the north much wetter. Thus, in southern Europe, climate change is projected to worsen conditions for plants (high temperatures and drought), with an increase in wildfires, in a region already vulnerable to climate variability. Recently Mayol et al. (2015) pointed to a major effect of temperature on genetic divergence, with two lineages from western and eastern post-glacial refugia, adapted to contrasting temperature ranges which may lead to greater adaptability of yew in the south. The north and west will be less affected by long-term drought, and may instead suffer from increased periodic waterlogging or flooding, but high temperatures and episodes of water shortage by high evapotranspiration will be a problem.

Other anthropogenic pollution, particularly nitrogen is an increasing issue. Nitrogen has increased by c. 10–40 times the background level of 1 kg ha⁻¹ y⁻¹ (Bobbink et al. 2010), which may be significant in expanding the range of yew, particularly female trees. Yew is also a bioaccumulator of heavy metals (Samecka-Cymerman et al. 2011) which may alter their physiology.

How will global change affect the distribution of yew?

It is expected that the range of yew will move north as its optimal climatic conditions shift. On a world scale, Loarie et al. (2009) calculated that temperature bands are due to move north at an anticipated rate of 0.42 km y⁻¹. Plants are also moving up mountains for the same reason (Peñuelas et al. 2007). But it is not straightforward to predict how far yew will move northwards due to a number of compounding factors, particularly human exploitation and specific soil needs. A number of studies have shown that yew does not currently fill its potential range dictated by climatic suitability (Sykes et al. 1996). Indeed, Svenning & Skov (2004) calculated the realised/potential (R/P) range of a number of European species and found that for all European tree species the mean R/P was 38% (±30% SD). For many dominant species, this ratio is higher (e.g. beech *Fagus syl-*

vatica 74%; oaks *Quercus robur/petraea* 91/84%) showing that they tend to fill the majority of their potential range. However, for yew, R/P was calculated as 51%, indicating that it fills just over half of its potential range. This is obviously partly due to the fairly narrow soil requirements of yew, restricting where it grows even within a suitable climate. But even on wetter northern sites, where yew should find better optimum climatic conditions and would be less restricted to calcareous soils, it is absent. The ultimate reason for this appears to be that yew has been limited by poor dispersal ability from postglacial times onwards, so it is still slowly moving into suitable areas (Svenning, Skov 2004). This slow reinvasion compared to previous interglacial periods, allowed other shade-tolerant species to become established, creating severe competition for yew (Iszkuło et al. 2016), reducing its dominance. This is especially true on sub-optimal soils, where yew faces competition from shade-tolerant trees such as *Fagus sylvatica* (Thomas, Polwart 2003) which will further impede migration. However, on exacting dry, calcareous conditions in the UK, near monocultures of yew can develop. On these soils, yew is a very strong competitor for light and water, resulting in few other trees, shrubs or herbaceous species surviving beneath the yews (Rodwell 1991).

Since yew has yet to catch up with 10,000 years of postglacial climate change, it is unlikely to respond rapidly to the predicted rate of climate change. This may be compounded in the west of its range where it is largely restricted to calcareous soils. These have a very patchy distribution and become a series of stepping stones with sufficiently large gaps between to prevent the spread of yew by seed. Further east and north, yew will grow on almost any soil (Elwes, Henry 1906) but is still favoured by calcareous soil (Voliotis 1986), so while this stepping stone affect may not prevent colonisation of new areas outside of western Europe, it is likely to have a weakening effect on new seedling establishment on sub-optimum soil. On the positive side, yew does do better where it is helped by humans through a reduction in competition and browsing from deer (Iszkuło et al. 2016). In conclusion, it seems improbable that yew will migrate northwards at the rate suggested by predicted temperature changes, and indeed the northern range may even contract southwards as adult trees die.

It is normally predicted that the southern range of most trees will contract to match the expansion at the northern end of the range. However, this may not entirely happen in yew. Certainly, Romo et al. (2017) have shown that yew is declining in most localities in Morocco, particularly in the southernmost in the High Atlas Mountains and may be extirpated from the very southern stands. However, populations slightly further north, such as the remnant yew woods in Algeria and Morocco, are located in humid and subhumid environments (Charco 2007; Hamidouche et al. 2014) where the rainfall currently exceeds 1200 mm y⁻¹. This is more than the ecological requirement of yew, buffering individuals against climate change, particularly the vulnerable seedlings (Hamidouche et al. 2014). Moreover, there is room for these populations to spread altitudinally at a local level if they can move fast enough. Further north, however, relict populations in the south-east of the Iberian Peninsula are in a much more vulnerable, marginal situation, currently at the potential limit of their climatic tolerance. Current

rainfall is already $<600 \text{ mm y}^{-1}$ in some places, and these populations are likely to go extinct. Contraction at the southern end of the range is thus likely to create increasingly disjunct populations.

What will happen to yew populations?

Yew is one of the most shade-tolerant tree in Europe (Thomas, Polwart 2003), growing in $<1\%$ sunlight, although it grows better with less shade. Seed production and subsequent seedling growth is also better under lighter shade ($<5\%$ sunlight) although yew seedlings will survive $<2\%$ full sunlight (Dhar et al. 2007; Ruprecht et al. 2010; Iszkuło 2010; Linares 2013). Dobrowolska et al. (2017) found that in eastern Poland, there were more yew seedlings below a mono-layered canopy than under multi-layered canopies, which was attributed to low shade under the former. However, at the other end of the scale, yew seedlings have been shown to be photoinhibited at high light levels (Devaney et al. 2015).

Devaney et al. (2018) have shown that the recruitment of yew in Irish woodlands is highest outside of the shade of adult yew canopies, but pot experiments showed that this was not related to light intensity. Instead, the yew canopy appears to have a chemical allelopathic effect on seedlings perhaps from leachate from leaves. This did not reduce germination but did reduce subsequent growth of seedlings. Negative allelopathic effect of parent trees was confirmed in the Kórnik Arboretum, Poland where the density of older yew seedlings was lower under yews compared to other tree species (Iszkuło, Boratyński 2004). High concentrations of phenolic compounds have been recorded in yew foliage (Brzezinska, Kozłowska 2008) which appear to have a toxic effect on the growth of yew seedlings (Nandi et al. 1996). Diterpenoids, including taxanes, are also found in yew needles, and these have been seen to have an allelopathic effect in rice (Xu et al. 2012) and may have a similar effect in yew.

Other aspects of climate are unlikely to be directly detrimental to yew. Yew is very tolerant of high temperature, with an LT_{50} at 51°C of 30 minutes (Lange 1961). Similarly, the optimum temperature range for photosynthesis ($14\text{--}25^{\circ}\text{C}$) is the highest of any gymnosperm, with a summer maximum of $38\text{--}41^{\circ}\text{C}$ (Pisek et al. 1969). It is thus extremely unlikely that predicted higher temperatures will by themselves have a detrimental effect on yew. Yew is sensitive to prolonged and severe frost (Brzezicki, Kienast 1994), particularly in the spring and so earlier spring growth may result in more frost damage. Yew performs best under high humidity and high rainfall; in England 80% of yew woods occur where maximum rainfall is $>1000 \text{ mm y}^{-1}$ (Tittensor 1980) although at the southern end of its range in Greece and Spain it survives in small populations in as little as $518\text{--}569 \text{ mm y}^{-1}$ (Katsavou, Ganatsas 2012; Thomas, García-Martí 2015) but only where protected from excessive evapotranspiration by topography or a dense overstorey. Yew is tolerant of temporary waterlogging and, paradoxically, also tolerant of drought; Brzezicki & Kienast (1994) ranked yew as 2 in a 1–5 scale where 1 is very tolerant of drought.

The extra carbon dioxide fuelling climate change may itself increase growth of yew but is likely to do so only under heavy shade (<1% sunlight) and possibly less than in its competitors such as beech *Fagus sylvatica* (Hättenschwiler, Körner 2000; Hättenschwiler 2001).

Using the information above, we can make some predictions as to what will happen to yew in different parts of its range. Towards the northern end of its current range, yew seedlings face low temperatures, deep canopy shade, herbivory, and physiological drought in shoulder seasons when it is physiologically active and losing water above-ground but the roots are too cold to function (Sanz et al. 2009; Iszkuło 2010; Linares 2013). Indeed, Linares (2013) suggests that in many places, yew regeneration is already significantly lower above c. 55° latitude than further south. A warming climate with wetter summers, aided by less-dense woodland (brought about by a general disruption to plant communities in the face of species changes), should benefit seedlings and lead to an expansion in yew numbers within its current range providing that summer drought is not too intense. For yews growing on well-drained limestone outcrops where there is little shelter from the sun (and thus increased evaporation) and reduced water availability due to limited root spread, summer drought may indeed be limiting (Thomas, Polwart 2003). Thus, the final picture is likely to be population growth on semi-shaded, damp sites and population contraction on more exposed sites.

In the central part of its range, temperature and precipitation changes over the next century by themselves should have little effect on regeneration and production of new trees, and may indeed improve regeneration. Yew may possibly invade new areas (Tittensor 1980), as described above, if spiny nurse plants can establish. These will encourage birds to perch and drop seeds, and will protect seedlings from browsing (Williamson 1978; García, Obeso 2003). Yew is susceptible to browsing. Kýpeřová et al. (2018) showed that young yew trees damaged by animals such as deer had grown by around a third of that shown by unbrowsed saplings even 5 years after browsing by deer was prevented by fencing. The trees also tended to be multi-stemmed (74% of grazed plants compared to 20% ungrazed), which will affect their development into canopy trees.

Once seedlings are established, climate change may affect the long-term survival of yew trees due to longevity. With temperature bands due to move north by an average of 0.42 km y⁻¹ (Loarie et al. 2009) suitable climatic conditions will have moved hundreds of kilometres to the north over the lifespan of a yew tree. Since the current north/south distribution of yew is around 3,000 km (Thomas, Polwart 2003) and that the speed of climatic shift is likely to increase, it is highly probable that old veteran individuals will progressively die over the next few centuries, thus removing one of the very distinctive features of the central European landscape.

At the southern end of its range, small yew populations are likely to disappear from the extreme south (Romo et al. 2017) and others, while remaining, will almost certainly shrink in size (Caughley 1994). Higher temperatures will act to increase evapotranspiration, reinforcing the reduced water availability due to decreased summer precipitation creating drought conditions (Sanz et al. 2009;

Mendoza et al. 2009b). Young, vulnerable seedlings will feel this most keenly, leading to greater mortality. Yew seedlings are already scarce at the southern edge of their range (Mendoza et al. 2009a; Martínez et al. 2013). The remaining older trees will remain competitive since they are so shade tolerant (Watt 1926) but over decades to centuries will progressively be stressed by reduced water availability and will reach an irreversible tipping point (Camarero et al. 2015) leading to death. Yews will tend to be lost during times of particular water stress aided by recurring fires, particularly in Mediterranean ecosystems (Piñol et al. 1998). Even those trees that are not immediately killed will be weakened by water stress; after a drought in 1994, Mediterranean sclerophyllous tree species (that are more tolerant drought than yew) were negatively affected physiologically for >3 years (Peñuelas et al. 2000) and so yew is likely to feel long-term effects of non-lethal dry periods.

Drought conditions will also lead to an increase in the frequency and intensity of wildfires. It is already known that in the eastern Iberian Peninsula fire frequency has increased over the last two centuries (Pausas 2004) leading to a diminishing of yew populations by death of adults and reduced regeneration. In Valencia province, the total number of individual yew trees has been reduced by 35% since 1988 (Alcober et al. 1988; Thomas, Garcia-Martí 2015), largely attributable to fires. The combined effect of drought and fire disturbance goes beyond just population decline of the yews, as they will increase population fragmentation with the negative effects discussed above. It is clear that the effects of climatic restrictions on the marginal southern populations of yew have been going on for some time; because of this the populations are even more likely to face extinction (Kuussaari et al. 2009).

Reproduction

The reduction in regeneration in many parts of the yew's range suggests that survival of the species will be increasingly depend on seed production and seedling success. Since yew is an obligate outcrosser, population fragmentation is likely to reduce the effectiveness of pollination and lead to lower fertilization and production of viable seed (Allison 1990; Fahrig 2002, 2003).

The higher reproductive cost of being female may lead to higher mortality skewing the gender ratio towards more males (Iszkuło et al. 2009) and so fewer seed-bearing individuals. Climate change may exacerbate this change. Iszkuło et al. (2009) noted that drought leads to loss of female trees in competition with males, triggered by the increased reproductive effort in females making them less competitive and more environmentally demanding than males (Obeso 2002; Iszkuło et al. 2009; Vesella et al. 2015). Certainly, while growth is negatively correlated with high temperatures in August and September, females in western Poland produce wider rings in wetter summers (Cedro, Iszkuło 2011). Moreover, since male and female fitness responds differently across environmental gradients, there will be an increasing segregation of populations of male and female

trees, leading to sex ratios within populations skewed heavily towards males, leading to lower seed production (Garbarino et al. 2015; Vesella et al. 2015).

It is possible that this skewed sex ratio may be relieved by sex reversal in some trees (male trees becoming female or vice versa) under specific environmental conditions, but this is likely to be rare (Vessella, Schirone 2011). Iszkuło & Jasińska (2004) have observed monoecious plants (male and female flowers on the same tree) but this is also comparatively rare. This problem is amplified since in yew the reproductive cycle (“flower” to seed) takes one growing season (unlike most other gymnosperms) putting extra pressure on the reserves of stressed female trees. However, on the positive side, higher rates of atmospheric nitrogen deposition may aid seed production since females are currently nitrogen-restricted as seed and aril growth competes with radial growth for stored nitrogen (Nowak-Dyjeta et al. 2017).

In the central part of its range, where yew creates dense, pure woodlands, most regeneration occurs in light, open areas surrounding existing woodlands (Svenning, Magård 1999; Thomas, Polwart 2003; Devaney et al. 2014). This is likely to expose seeds (which mostly germinate in the second or even third year after reaching the ground, according to Melzack, Watts (1982) and Suszka (1985)) and new seedlings to the full force of the changing climate. In the south, where yew is scattered through more open woodlands, this may cause less of a problem since the seedlings will have some overstorey above them buffering them from harsh conditions and the yew seedlings will still be highly competitive (Iszkuło, Boratyński 2006; Dhar et al. 2007; Ruprecht et al. 2010).

In Mediterranean mountains, Sanz & Pulido (2015) have shown that seed production is limited by pollination (tested by adding pollen to female trees: in 2006 this increased seed set from 8.2% to 24.0%; previous year 24.2% to 39.9%). Fruit set thus decreased exponentially with distance to the nearest male. This is compounded by a reduction in pollen production with increasing temperatures. Mercuri et al. (2013) noted that in northern Italy the amount of pollen being produced by yew declined over an 18-year period while at the same time the overall pollen concentration of total woody species went up. Yew acts as a winter flowering plant and so, paradoxically, pollen production is delayed in spring with warmer temperatures and stops sooner, producing a shorter pollen release period. The net effect is that seed production will become more erratic. Sanz & Pulido (2015) found that seed production was very variable between trees and between years with c. 70% “fruits” over the two-year study, even when fertilization was increased by adding pollen. The driver of this loss was considered to be drought. It is thus likely that the “fruiting landscape”, the relative abundance of fruits of different species, will become much more variable from year to year (Donoso et al. 2016).

It is also highly likely that population changes in animal seed-dispersers associated with yew will affect yew regeneration. The decline of populations of larger mammals and birds can reduce the long-distance dispersal of seeds (the Empty Forest Syndrome of Jordano et al. (2007)). Loss of the larger fauna may also have a direct effect on seed size, with smaller birds taking only smaller seeds,

potentially leading to a rapid evolutionary reduction in seed mass as has been seen in other species (Galetti et al. 2013) which would reduce the probability of regeneration success since smaller seed and thus seedlings would be more prone to drought stress.

The future

It is clear from the above that while yew trees will survive in the short-term, and may even expand in number in some areas, the adult trees will gradually succumb to environmental pressure within their lifetime, especially in southern Europe. Long before that, regeneration will have largely disappeared particularly in the south and certainly decreased in the centre and north of its current range. This will happen without the benefit of the range expanding to the north, providing new territory with a cooler, wetter climate. Without human intervention yew will go into an “extinction debt” in many areas in the long-term: it will effectively be an extinct species with no reproduction but the last individuals have yet to die. Indeed, many southern populations are likely to already be at this stage. For many of us this would be a disaster in itself, but it also has wider implications than the loss of one species since yew is home to myriad insects and fungi (Thomas, Polwart 2003) and other ecosystem services including carbon storage (Bonan 2008; Michaletz et al. 2014).

Research needs

- How does thinning or removing shade and competition affect growth and survival of saplings, particularly in competition with old-growth beech or conifer forests, but also young aggressively-growing beech stands or monoculture plantations (Schwendtner 2011; Iszkulo et al. 2012)? Current knowledge suggests selective thinning to reduce timber volume by around 10–30% provides beneficial light to yew trees without unduly stimulating competitive species (Dhar et al. 2006; Dhar et al. 2008; Ruprecht et al. 2010).
- Which trees should be removed to reduce competition? Current evidence suggests removing trees from the upper layer of the canopy, particularly species casting high shade such as conifers is most beneficial (Dobrowolska et al. 2017).
- How long should felling rotations be to ensure long-term benefits to yew (Dhar et al. 2007; Farris, Filigheddu 2008)?
- Would continuous cover forestry be more beneficial?
- How important is allelopathy in intra- and inter-specific competition?
- What is the value of promoting the connectivity at both inter- and intra-population levels to improve the resilience of remnant populations (Krosby et al. 2010)?
- What is the minimum and optimum size (number of individuals and density) for long-term survival of fragmented populations (Piovesan et al. 2009) and reintroductions programmes? Current knowledge suggests a minimum viable

population size to limit inbreeding depression should be 50–100, for retaining evolutionary potential 500–1000 individuals (Franklin 1980; Frankham et al. 2014).

- What are the rules for reintroduction, propagation materials and breeding of yew populations?
- What is the best strategy for managing the genetic structure of populations? Should we maintain specific genetic variability of isolated populations or enrich the gene pool by adding individuals from other populations (“genetic rescue” strategy; Igvarsson 2001)?
- How effective is artificially moving yew seedlings in maintaining/increasing genetic diversity?
- Are there specific genes which would be particularly beneficial to populations?
- How far should we move yew populations northwards to forestall the effects of climate change? Provenance trials are needed.
- How beneficial is the creation of live *ex-situ* and *in-situ* collections as seed orchards?
- What are the benefits of providing drinking points and food plants to encourage frugivorous birds to spread seed in small populations to increase their size (García-Martí, Ferrer 2013)?
- What sort of protection could be given to seedlings through their vulnerable first years? Is protection from grazing and high winds (which can desiccate in summer and allow frost damage in the north in winter) most beneficial?
- Which animals are damaging to yew and over what time periods. Is yew a major or minor part of their diet, or it is an accidental inclusion while eating other species?

Acknowledgements

We are very grateful for the many people who have contributed to our knowledge on the ecology of our European yew. We also acknowledge here the on-going value of collaborative research across Europe and particularly the fruitful co-operation between the Institute of Dendrology and Keele University.

Literature

- Alcober J.A., Sanchís E., Crespo M.B. 1988. Distribución y autoecología del tejo (*Taxus baccata* L.) en la provincia de Valencia. *Ecología* 2: 131–138.
- Allison T.D. 1990. Pollen production and plant density affect pollination and seed production in *Taxus canadensis*. *Ecology* 71: 516–522.
- Benham S.E., Houston Durrant T., Caudullo G., de Rigo D. 2016. *Taxus baccata* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. [In:] J. San-Miguel-Ayanz, D. de Rigo, G. Caudullo, T. Houston Durrant, A. Mauri, (eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*. Publications Office of the EU, Luxembourg, pp. e015921.
- Bobbink R., Hicks K., Galloway J., Spranger T., Alkemade R., Ashmore M., Bustamante M., Cinderby S., Davidson E., Dentener F., Emmett B., Erisman J.-W., Fenn, M., Gilliam

- F., Nordin A., Pardo L., De Vries W. 2010. Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis *Ecological Applications* 20: 30–59.
- Bonan G.B. 2008. Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science* 320: 1444–1449.
- Bornkamm R. 2007. Spontaneous development of urban woody vegetation on differing soils. *Flora* 202: 695–704.
- Brzeziecki B., Kienast F. 1994. Classifying the life-history strategies of trees on the basis of the Grimian model. *Forest Ecology and Management* 69: 167–187.
- Brzezinska E., Kozłowska M. 2008. Effect of sunlight on phenolic compounds accumulation in coniferous plants. *Dendrobiology* 59: 3–7.
- Camarero J.J., Gazol A., Sangüesa-Barreda G., Oliva J., Vicente-Serrano S.M. 2015. To die or not to die: early warnings of tree dieback in response to a severe drought. *Journal of Ecology* 103: 44–57.
- Carvalho A., Rebelo A., Dias J. 1999. Distribution and natural regeneration of yew trees in the National Parks of Peneda-Geres (Portugal) and Baixa Limia Serra-Xures (Spain). *Revista de Biologia* 17: 43–49.
- Caughley G. 1994. Directions in conservation biology. *Journal of Animal Ecology* 63: 215–244.
- Cedro A., Iszkuło G. 2011. Do females differ from males of European yew (*Taxus baccata* L.) in dendrochronological analysis? *Tree-Ring Research* 67: 3–11.
- Charco J. 2007. El tejo en el norte de África. [In:] L. Serra (ed.), *El tejo en el Mediterráneo Occidental*. Conselleria de Territori i Habitatge. Ministerio de Medio Ambiente. CAM. pp: 177–185.
- Chybicki I.J., Oleksa A., Burczyk J. 2011. Increased inbreeding and strong kinship structure in *Taxus baccata* estimated from both AFLP and SSR data. *Heredity* 107: 589–600.
- Chybicki I.J., Oleksa A., Kowalkowska K. 2012. Variable rates of random genetic drift in protected populations of English yew: implications for gene pool conservation. *Conservation Genetics* 13: 899–911.
- Cortés S., Vasco F., Blanco E. 2000. *El Libro del Tejo*. Ed. Arba.
- Devaney J.L., Jansen M.A.K., Whelan P.M. 2014. Spatial patterns of natural regeneration in stands of English yew (*Taxus baccata* L.); Negative neighbourhood effects. *Forest Ecology and Management* 321: 52–60.
- Devaney J.L., Whelan P.M., Jansen M.A. 2015. Light responses of yew (*Taxus baccata* L.); does size matter? *Trees* 29: 109–118.
- Devaney J.L., Whelan P.M., Jansen M.A. 2018. Conspecific negative density dependence in a long-lived conifer, yew *Taxus baccata* L. *European Journal of Forest Research* 137: 69–78.
- Dhar A., Ruprecht H., Klumpp R., Vacik H. 2006. Stand structure and natural regeneration of English yew (*Taxus baccata* L.) at Stiwollgraben in Austria. *Dendrobiology* 56: 19–26.
- Dhar A., Ruprecht H., Klumpp R., Vacik H. 2007. Comparison of ecological condition and conservation status of English yew population in two Austrian gene conservation forests. *Journal of Forest Research* 18: 181–186.
- Dhar A., Ruprecht H., Vacik H. 2008. Population viability risk management (PVRM) for in situ management of endangered tree species—A case study on a *Taxus baccata* L. population. *Forest Ecology and Management* 255: 2835–2845.
- Dobeš C., Konrad H., Geburek T. 2017. Potential population genetic consequences of habitat fragmentation in central European forest trees and associated understorey species—An introductory survey. *Diversity* 9: e9.

- Dobrowolska D., Niemczyk M., Olszowska G. 2017. The influence of stand structure on European yew *Taxus baccata* populations in its natural habitats in central Poland. *Polish Journal of Ecology* 65: 369–384.
- Donoso I., García D., Rodríguez-Pérez J., Martínez D. 2016. Incorporating seed fate into plant–frugivore networks increases interaction diversity across plant regeneration stages. *Oikos* 125: 1762–1771.
- Dubreuil M., Riba M., González-Martínez S.C., Vendramin G.G., Sebastiani F., Mayol M. 2010. Genetic effects of chronic habitat fragmentation revisited: Strong genetic structure in a temperate tree, *Taxus baccata* (Taxaceae), with great dispersal capability. *American Journal of Botany* 97: 303–310.
- Dubreuil M., Sebastiani F., Mayol M., González-Martínez S.C., Riba M., Vendramin G.G. 2008. Isolation and characterization of polymorphic nuclear microsatellite loci in *Taxus baccata* L. *Conservation Genetics* 9: 1665–1668.
- Elwes H.J., Henry A. 1906. *The Trees of Great Britain and Ireland*. Privately printed, Edinburgh, UK.
- Fahrig L. 2002. Effect of habitat fragmentation on the extinction threshold: a synthesis. *Ecological Applications* 12: 346–353.
- Fahrig L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34: 487–515.
- Farris E., Filigheddu R. 2008. Effects of browsing in relation to vegetation cover on common yew (*Taxus baccata* L.) recruitment in Mediterranean environments. *Plant Ecology* 199: 309–318.
- Fernández-Manso O., Fernández-Manso A., Santamaría E., Quintano C. 2011. Análisis territorial de las tejadas de Castilla y León – España. *Spanish Journal of Rural Development* 2: 69–80.
- Frankham R., Bradshaw C.J.A., Brook B.W. 2014. Genetics in conservation management: Revised recommendations for the 50/500 rules, Red List criteria and population viability analyses. *Biological Conservation* 170: 56–63.
- Franklin I.R. 1980. Evolutionary change in small populations. [In:] M.E. Soulé, B.A. Wilcox (eds.), *Conservation Biology: An Evolutionary-Ecological Perspective*. Sinauer, Sunderland, MA, pp. 135–149.
- Galetti M., Guevara R., Côrtes M.C., Fadini R., Von Matter S., Leite A.B., Labecca F., Ribeiro T., Carvalho C.S., Collevatti R.G., Pires M.M., Guimarães P.R., Brancalion P.H., Ribeiro M.C., Jordano P. 2013. Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size. *Science* 340: 1086–1090.
- Garbarino M., Weisberg P.J., Bagnara L., Urbinati C. 2015. Sex-related spatial segregation along environmental gradients in the dioecious conifer, *Taxus baccata*. *Forest Ecology and Management* 358: 122–129.
- García-Martí X., Ferrer P. 2013. La creación de núcleos de dispersión – reclamo como modelo de restauración ecológica forestal. [In:] C. Martínez-Ruiz, F.J. Lario, B. Fernández-Santos (eds.), *Avances en la Restauración de Sistemas Forestales. Técnicas de Implantación*. SECF-AEET. pp: 149–159.
- García D., Obeso J.R. 2003. Facilitation by herbivore-mediated nurse plants in a threatened tree, *Taxus baccata*: local effects and landscape level consistency. *Ecography* 26: 739–750.
- González-Martínez S.C., Dubreuil M., Riba M., Vendramin G.G., Sebastiani F., Mayol, M. 2010. Spatial genetic structure of *Taxus baccata* L. in the western Mediterranean Basin: Past and present limits to gene movement over a broad geographic scale. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 55: 805–815.

- Hamidouche-Si M.C., Bouahmed A., Vesella F., Krouchi F., Arezki D. 2014. Geographic distribution and morphological variation of *Taxus baccata* in Algeria. *Der Eibenfreund* 20: 39–53.
- Hamrick J.L. 2004. Response of forest trees to global environmental changes. *Forest Ecology and Management* 197: 323–335.
- Hao D.C., Xiao P.G., Huang B.L., Ge G.B., Yang L. 2008. Interspecific relationships and origins of Taxaceae and Cephalotaxaceae revealed by partitioned Bayesian analyses of chloroplast and nuclear DNA sequences. *Plant Systematics and Evolution* 276: 89–104.
- Hättenschwiler S. 2001. Tree seedling growth in natural deep shade: functional traits related to interspecific variation in response to elevated CO₂. *Oecologia* 129: 31–42.
- Hättenschwiler S., Körner C. 2000. Tree seedling responses to in situ CO₂-enrichment differ among species and depend on understorey light availability. *Global Change Biology* 6: 213–226.
- Heilbut J.C., Ilves K.L., Otto S.P. 2001. The consequences of dioecy for seed dispersal: modeling the seed-shadow handicap. *Evolution* 55: 880–888.
- Igvarsson P.K. 2001. Restoration of genetic variation lost - the genetic rescue hypothesis. *Trends in Ecology & Evolution* 2: 62–63.
- IPCC 2013. Climate change 2013. The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge.
- Iszkuło G. 2010. Success and failure of endangered tree species: low temperatures and low light availability affect survival and growth of European yew (*Taxus baccata* L.) seedlings. *Polish Journal of Ecology* 58: 259–271.
- Iszkuło G., Boratyński A. 2004. Interaction between canopy tree species and European yew *Taxus baccata* (Taxaceae). *Polish Journal of Ecology* 52: 523–531.
- Iszkuło G., Boratyński A. 2005. Different age and spatial structure of two spontaneous subpopulations of *Taxus baccata* as a result of various intensity of colonization process. *Flora* 200: 195–206.
- Iszkuło G., Boratyński A. 2006. Analysis of the relationship between photosynthetic photon flux density and natural *Taxus baccata* seedlings occurrence. *Acta Oecologia* 29: 78–84.
- Iszkuło G., Didukh Y., Giertych M.J., Jasińska A.K., Sobierajska K., Szmyt J. 2012. Weak competitive ability may explain decline of *Taxus baccata*. *Annals of Forest Science* 69: 705–712.
- Iszkuło G., Jasińska A.K. 2004. Variation in sex expression in Polish and Ukrainian populations of *Taxus baccata* L. *Dendrobiology* 52: 29–32.
- Iszkuło G., Jasińska A.K., Giertych M.J., Boratyński A. 2009. Do secondary sexual dimorphism and female intolerance to drought influence the sex ratio and extinction risk of *Taxus baccata*? *Plant Ecology* 200: 229–240.
- Iszkuło G., Pers-Kamczyc E., Nalepka D., Rabska M., Walas Ł., Dering M. 2016. Postglacial migration dynamics helps to explain current scattered distribution of *Taxus baccata*. *Dendrobiology* 76: 81–89.
- Jordano P., García C., Godoy J.A., García-Castaño J.L. 2007. Differential contribution of frugivores to complex seed dispersal patterns. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 3278–3282.
- Kassiounis K., Papageorgiou K., Glezakos T., Vogiatzakis I.N. 2004. Distribution and stand structure of *Taxus baccata* populations in Greece; Results of the first national inventory. *Ecologia Mediterranea* 30: 159–170.
- Katsavou I., Ganatsas P. 2012. Ecology and conservation status of *Taxus baccata* population in NE Chalkidiki, northern Greece. *Dendrobiology* 68: 55–62.

- Kuussaari M., Bommarco R., Heikkinen R.K., Helm A., Krauss J., Lindborg R., Öckinger E., Pärtel M., Pino J., Rodà F., Stefanescu C., Teder T., Zobel M., Steffan-Dewenter I. 2009. Extinction debt: a challenge for biodiversity conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 24: 564–571.
- Krauss J., Bommarco R., Guardiola M., Heikkinen R.K., Helm A., Kuussaari M., Lindborg R., Öckinger E., Pärtel M., Pino J., Pöyry J., Raatikainen K.M., Sang A., Stefanescu C., Teder T., Zobel M., Steffan-Dewenter I. 2010. Habitat fragmentation causes immediate and time-delayed biodiversity loss at different trophic levels. *Ecology Letters* 13: 597–605.
- Krosby M., Tewksbury J., Haddad N.M., Hoekstra J. 2010. Ecological connectivity for a changing climate. *Conservation Biology* 24: 1686–1689.
- Król S. 1986. Struktura i rozwój różnowiekowej populacji cisa *Taxus baccata* L. naturalnego pochodzenia w północno-zachodniej Polsce. *Acta Universitatis Lodzensis. Folia Zoologica* 3: 173–191.
- Kýpeťová M., Walas Ł., Jaloviar P., Iszkuło G. 2018. Influence of herbivory pressure on the growth rate and needle morphology of *Taxus baccata* L. juveniles. *Dendrobiology* 79: 10–19.
- Lange O.L. 1961. Die Hitzeresistenz einheimischer immerund wintergrüner Pflanzen im Jahreslauf. *Planta* 56: 666–683.
- Lavabre J.E., García D. 2015. Geographic consistency in the seed dispersal patterns of *Taxus baccata* L. in the Iberian Peninsula. *Forest Systems* 24: e040.
- Ledig F.T. 1986. Heterozygosity, heterosis, and fitness in outbreeding plants. [In:] M.E. Soule (ed.), *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA. pp: 77–104.
- Lewandowski A., Burczyk J., Mejnartowicz L. 1995. Genetic structure of English yew (*Taxus baccata* L.) in the Wierzchlas Reserve: implications for genetic conservation. *Forest Ecology and Management* 73: 221–227.
- Linares J.C. 2013. Shifting limiting factors for population dynamics and conservation status of the endangered English yew (*Taxus baccata* L., Taxaceae). *Forest Ecology and Management* 291: 119–127.
- Litkowiec M., Lewandowski A., Wachowiak W. 2018. Genetic variation in *Taxus baccata* L.: A case study supporting Poland's protection and restoration program. *Forest Ecology and Management* 409: 148–160.
- Loarie S.R., Duffy P.B., Hamilton H., Asner G.P., Field C.B., Ackerly D.D. 2009. The velocity of climate change. *Nature* 462: 1052–1055.
- Martínez I., Taboada F.G., Wiegand T., Obeso J.M. 2013. Spatial patterns of seedling-adult associations in a temperate forest community. *Forest Ecology and Management* 296: 74–80.
- Mayol M., Riba M., González-Martínez S.C., Bagnoli F., de Beaulieu J.L., Berganzo E., Burgarella C., Dubreuil M., Krajimerova D., Ladislav P., Romsakova I., Vettori C., Vincenot L., Vendramin G.G. 2015. Adapting through glacial cycles: insights from a long-lived tree (*Taxus baccata*). *New Phytologist* 208: 973–986.
- Melzack R.N., Watts D. 1982. Variations in seed weight, germination, and seedling vigour in the yew (*Taxus baccata* L.) in England. *Journal of Biogeography* 9: 55–63.
- Mendoza I., Gómez-Aparicio L., Zamora R., Matías L. 2009a. Recruitment limitation of forest communities in a degraded Mediterranean landscape. *Journal of Vegetation Science* 20: 367–376.
- Mendoza I., Zamora R., Castro J. 2009b. A seeding experiment for testing tree community recruitment under variable environments: implications for forest regeneration and conservation in Mediterranean habitats. *Biological Conservation* 142: 1491–1499.

- Mercuri A.M., Torri P., Casini E., Olmi L. 2013. Climate warming and the decline of *Taxus* airborne pollen in urban pollen rain (Emilia Romagna, northern Italy). *Plant Biology* 15 (Suppl. 1): 70–82.
- Michaletz S.T., Cheng D., Kerkhoff A.J., Enquist B.J. 2014. Convergence of terrestrial plant production across global climate gradients. *Nature* 512: 39–43.
- Myking T., Vakkari P., Skrøppa T. 2009. Genetic variation in northern marginal *Taxus baccata* L. populations. Implications for conservation. *Forestry* 82: 529–539.
- Nandi S.K., Palni L.M.S., Rikkari H. 1996. Chemical induction of adventitious root formation in *Taxus baccata* cuttings. *Plant Growth Regulation* 19: 117–122.
- Nowak-Dyjeta K., Giertych M.J., Thomas P.A., Iszkuło G. 2017. Males and females of *Juniperus communis* L. and *Taxus baccata* L. show different seasonal patterns of nitrogen and carbon content in needles. *Acta Physiologiae Plantarum* 39: e191.
- Obeso J.R. 2002. The costs of reproduction in plants. *New Phytologist* 155: 321–348.
- Pausas J.G. 2004. Changes in fire and climate in the eastern Iberian Peninsula. *Climate Change* 63: 337–350.
- Peñuelas J., Filella I., Piñol J., Siscart D., Lloret F. 2000. Effects of a severe drought on water and nitrogen use by *Quercus ilex* and *Phillyrea latifolia*. *Biologia Plantarum* 43: 47–53.
- Peñuelas J., Ogaya R., Boada M., Jump A.S. 2007. Migration, invasion and decline: changes in recruitment and forest structure in a warming-linked shift of European beech forest in Catalonia (NE Spain) *Ecography* 30: 829–837.
- Petit R.J., Hampe A. 2006. Some evolutionary consequences of being a tree. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 37: 187–214.
- Piñol J., Terradas J., Lloret F. 1998. Climate warming, wildfire hazard and wildfire occurrence in coastal Eastern Spain. *Climate Change* 38: 345–357.
- Piovesan G., Presutti Saba E., Biondi F., Alessandrini A., Di Filippo A., Schirone B. 2009. Population ecology of yew (*Taxus baccata* L.) in the Central Apennines: spatial patterns and their relevance for conservation strategies. *Plant Ecology* 205: 23–46.
- Pisek A., Larcher W., Moser W., Pack I. 1969. Kardinale Temperaturbereiche der Photosynthese und Grenztemperaturen des Lebens der Blätter verschiedener Spermatophyten. III. Temperaturabhängigkeit und optimaler Temperaturbereich der Netto-Photosynthese. *Flora* 158: 608–630.
- Rodwell J.S. 1991. *British Plant Communities. Vol. 1 Woodlands and Scrub*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Romo A., Iszkuło G., Taleb M.S., Walas Ł., Boratyński A. 2017. *Taxus baccata* in Morocco: a tree in regression in its southern extreme. *Dendrobiology* 78: 63–74.
- Ruiz-Alonso M., Zapata L., Pérez-Díaz S., López-Sáez J.A., Fernández-Eraso J. 2017. Selection of firewood in northern Iberia: Archaeobotanical data from three archaeological sites. *Quaternary International* 431: 61–72.
- Ruprecht H., Dhar A., Aigner B., Oitzinger G., Klumpp R., Vacik H. 2010. Structural diversity of English yew (*Taxus baccata* L.) populations. *European Journal of Forest Research* 129: 189–198.
- Samecka-Cymerman A., Kolon K., Kempers A.J. 2011. *Taxus baccata* as a bioindicator of urban environmental pollution. *Polish Journal of Environmental Studies* 20: 1021–1027.
- Sanz R., Pulido F. 2015. Pollen limitation and fruit abortion in a declining rare tree, the Eurasian yew (*Taxus baccata* L.): A reproductive cost of ecological marginality. *Plant Biosystems* 149: 818–826.

- Sanz R., Pulido F., Nogués-Bravo D. 2009. Predicting mechanisms across scales: amplified effects of abiotic constraints on the recruitment of yew *Taxus baccata*. *Ecography* 32: 993–1000.
- Saura S., Martín-Queller E., Hunter M.L. 2014. Forest landscape change and biodiversity conservation. [In:] J.C. Azevedo, A.H. Perera, M.A. Pinto (eds.), *Forest Landscapes and Global Change*. Springer, Berlin. pp: 167–198.
- Schwendtner O. 2011. Supervivencia y crisis del tejo (*Taxus baccata* L.) en el área cantábrica. [In:] A. Caritat (ed.), *II Jornadas del Tejo en el Mediterráneo Occidental*. Delegació en la Garrotxa de la Institució Catalana de Historia Natural i Fundació Estudis Superiors d'Olot. pp: 43–49.
- Seidling W. 1999. Spatial structures of a subsontaneous population of *Taxus baccata* saplings. *Flora* 194: 439–451.
- Serra L., García-Martí X. 2011. Distribución del tejo en España. [In:] A. Caritat (ed.), *II Jornadas del Tejo en el Mediterráneo Occidental*. Delegació en la Garrotxa de la Institució Catalana de Historia Natural i Fundació Estudis Superiors d'Olot. pp:17–43.
- Suszk B. 1985. Conditions for after-ripening and germination of seeds and for seedling emergence of English yew (*Taxus baccata* L.). *Arboretum Kórnickie* 30: 285–338.
- Svenning J.C., Magård E. 1999. Population ecology and conservation status of the last natural population of English yew *Taxus baccata* in Denmark. *Biological Conservation* 88: 173–182.
- Svenning J.C., Skov F. 2004. Limited filling of the potential range in European tree species. *Ecology Letters* 7: 565–573.
- Sykes M.T., Prentice I.C., Cramer W. 1996. A bioclimatic model for the potential distributions of north European tree species under present and future climates. *Journal of Biogeography* 23: 203–233.
- Thomas P.A. 2014. *Trees: Their Natural History* (2nd ed). Cambridge University Press, Cambridge.
- Thomas P.A., García-Martí X. 2015. Response of European yews to climate change: a review. *Forest Systems* 24: eR01.
- Thomas P.A., Polwart A. 2003. Biological flora of the British Isles. *Taxus baccata* L. *Journal of Ecology* 91: 489–524.
- Tittensor R.M. 1980. Ecological history of yew *Taxus baccata* L. in southern England. *Biological Conservation* 17: 243–265.
- Vessella F., Salis A., Scirè M., Piovesan G., Schirone B. 2015. Natural regeneration and gender-specific spatial pattern of *Taxus baccata* in an old-growth population in Foresta Umbra (Italy). *Dendrobiology* 73: 75–90.
- Vessella F., Schirone B. 2011. Regeneration processes and sexual behavior of yew populations in Italy. [In:] T. Scheeder (ed.), *Proceedings of the 17th International meeting of Eibenfreunde*, 8–10 October 2010, Paterzell, Wessobrunn, Germany. pp. 69–84.
- Voliotis D. 1986. Historical and environmental significance of the yew (*Taxus baccata* L.). *Israel Journal of Botany* 35: 47–52.
- Walker K., Croteau R. 2000. Taxol biosynthesis: molecular cloning of a benzoyl-CoA: taxane 2 α -O-benzoyltransferase cDNA from *Taxus* and functional expression in *Escherichia coli*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97: 13591–13596.
- Watt A.S. 1926. Yew communities of the South Downs. *Journal of Ecology* 14: 282–316.
- Williamson R. 1978. *The Great Yew Forest – the Natural History of Kingley Vale*. Macmillan, London, UK.
- Xu M., Galhano R., Wiemann P., Bueno E., Tiernan M., Wu W., Chung I.M.M., Gershenzon J., Tudzynski B., Sesma A. 2012. Genetic evidence for natural product-mediated plant–plant allelopathy in rice (*Oryza sativa*). *New Phytologist* 193: 570–575.

Pursuing the genetics of local adaptation in Scots pine, *Pinus sylvestris* L.

Stephen Cavers

Centre for Ecology & Hydrology, Bush Estate, Penicuik, Midlothian, Scotland, United Kingdom

Understanding the genetics of local adaptation is a key goal of evolutionary biology, and is particularly challenging in long-lived forest trees. To establish a link between molecular variation and adaptive phenotypic variation we need to demonstrate that phenotypic divergence has taken place, that genetic variation is present and associated with the trait and that other factors such as demographic processes, population structure or isolation by distance are not confounding any putative signal of selection. In tree species, resolving these diverse components of adaptive variation is difficult. The widespread conifer species, Scots pine (*Pinus sylvestris*), has recolonised northern Europe from more southern populations since the last glaciation. In the far northwest of Europe, in the Scottish Highlands, the species reached its natural postglacial limit in an environmentally highly heterogeneous landscape. With natural populations occurring in strongly divergent conditions within less than 100 km of each other, and given the extensive gene dispersal capability and low population structure of the species, allied with a high degree of linkage disequilibrium, the species in Scotland forms a good system within which to investigate the genetic basis of local adaptation. We have now established phenotypic divergence in a suite of traits likely to be of adaptive significance, and, following our development of extensive genomic resources and genotyping capacity for the species, can pursue the genes underlying these traits. Here we report progress in identifying the major aspects of phenotype driving among-population divergence and highlight advances in the identification of genetic variation linked to these traits.

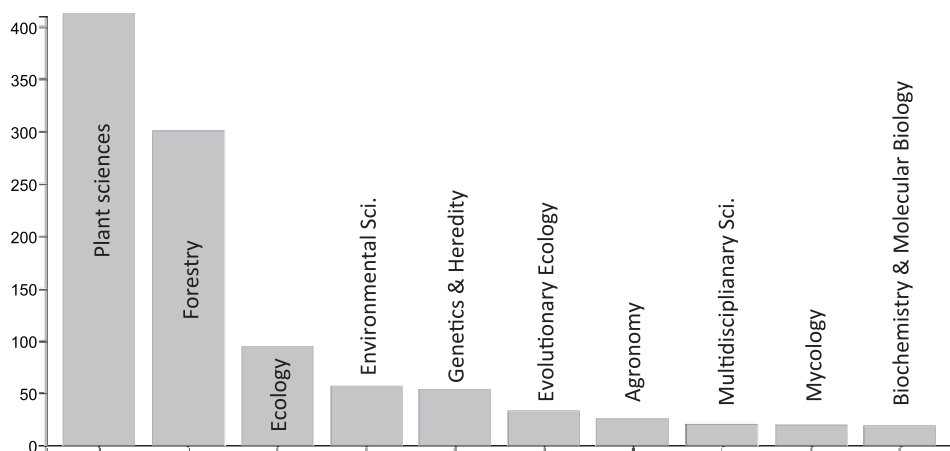
Osiągnięcia naukowe Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk

Jacek Oleksyn

*Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,
jacekoleksyn@gmail.com*

Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk (ID PAN) należy do wiodących instytucji naukowych specjalizujących się w badaniach z zakresu biologii roślin, leśnictwa, ekologii, badań o środowisku, genetyki roślin i ewolucyjnej ekologii. Według danych Web of Science (WoS) pracownicy naszej placówki są autorami 857 publikacji zaliczanych do 25 kategorii. Spośród dziedzin naukowych uprawianych przez pracowników Instytutu najczęściej publikowane są prace w dyscyplinach: nauki o roślinach (410 publikacji), leśnictwo (298), ekologia (92), badania środowiskowe (54), genetyka (51), biologia ewolucyjna (30), agronomia (23) i inne (niektóre z prac zaliczane są do kilku dyscyplin jednocześnie; ryc. 1).

Sz szczególnie dynamiczny wzrost produktywności naukowej (mierzonej liczbą cytowań naszych prac w czasopiśmie naukowych indeksowanych przez WoS) miał miejsce po 2000 r., kiedy to roczna liczba cytowań publikacji afiliowanych Instytutem wzrosła z 65, jako wartości średniej z lat 1990–1999, do 2529 w roku 2017 (ryc. 2). W okresie 1976–2002 liczba cytowań publikacji pracowników ID PAN wahała się od 0 do 179 rocznie. Wśród czynników mających zasadnicze znaczenie dla poprawy produktywności naukowej było m.in. umiędzynarodowienie prac badawczych i wprowadzenie stymulacji finansowych, w których uwzględnia się produktywność naukową mierzoną jakością dorobku publikacyjnego. Ważnym

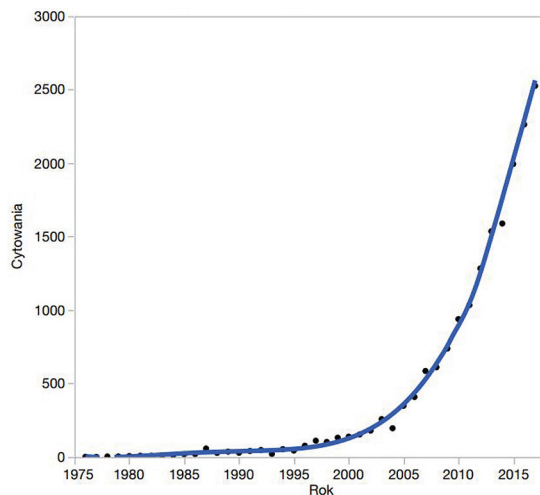


Ryc. 1. Liczba publikacji pracowników Instytutu Dendrologii PAN w dziesięciu najczęściej cytowanych dziedzinach badawczych uprawianych w naszej placówce

czynnikiem umożliwiającym podniesienie jakości i liczby prac badawczych były wyjazdy pracowników ID PAN do liczących się zagranicznych ośrodków naukowych w USA (m.in.: University of Wisconsin-Madison, University of Minnesota, University of Arizona, Tucson, Pennsylvania State University). Znaczący wpływ na cytowania publikacji pracowników ID PAN ma wieloletnia współpraca z zespołem prof. Petera B. Reicha z University of Minnesota, Department of Forest Resources, St. Paul, USA oraz University of Western Sydney, Hawkesbury Institute of the Environment, Penrith, Australia. W ramach tej współpracy opublikowanych zostało 88 prac, które w latach 1993–2018 cytowano ponad 11 tys. razy (h-index 44). Spośród nich publikacja Liang et al. (2016) w *Science* ma status *Hot Paper in Field*, a pięć innych status *Highly Cited in Field*: po jednej pracy w *Nature* (Zanne et al. 2014) i *Global Change Biology* (Kattge et al. 2011) oraz trzy prace w *New Phytologist* (Eissenstat et al. 2015; McCormack et al. 2015; Poorter et al. 2012).

Wśród dziesięciu najczęściej cytowanych publikacji afiliowanych przez pracowników Instytutu Dendrologii PAN znalazły się prace:

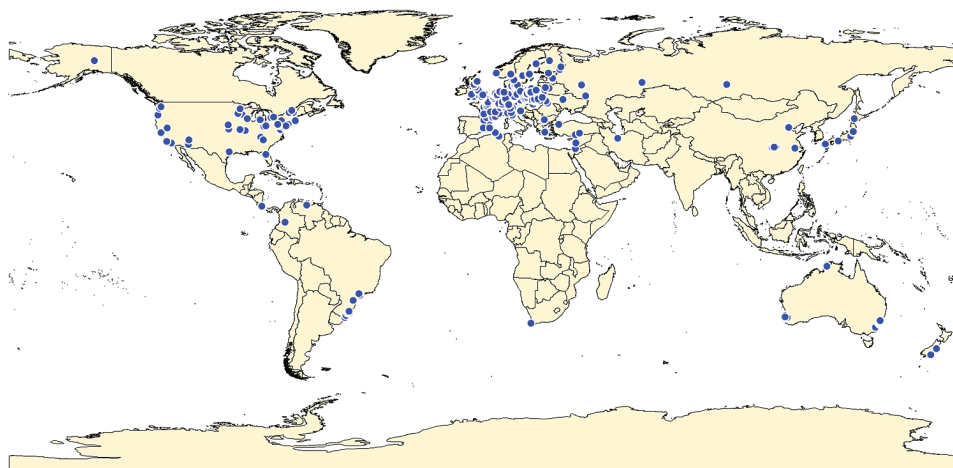
- Wright I.J., Reich P.B., Westoby M. et al. 2004. The worldwide leaf economics spectrum. *Nature* 428(6985): 821–827 (2763 cytowania),
- Kattge J., Diaz S., Lavorel S. et al. 2011. TRY – a global database of plant traits. *Global Change Biology* 17(9): 2905–2935 (744 cytowania),
- Reich P.B., Oleksyn J. 2004. Global patterns of plant leaf N and P in relation to temperature and latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences*: 101(30): 11001–11006 (628 cytowań),
- Poorter H., Niklas K.J., Reich P.B. et al. 2012. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist* 193(1): 30–50 (584 cytowania),
- Reich P.B., Wright I.J., Cavender-Bares J. et al. 2003. The evolution of plant functional variation: Traits, spectra, and strategies. *International Journal of Plant Sciences* 164(3): S143–S164 (510 cytowań),
- Wright I.J., Reich P.B., Cornelissen J.H.C. et al. 2005. Assessing the generality of global leaf trait relationships. *New Phytologist* 166(2): 485–496 (350 cytowań),
- Wright I.J., Reich P.B., Cornelissen J.H.C. et al. 2005. Modulation of leaf economic traits and trait relationships by climate. *Global Ecology and Biogeography* 14(5): 411–421 (334 cytowania),
- Michalak A. 2006. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. *Polish Journal of Environmental Studies* 15(4): 523–530 (327 cytowań)
- Reich P.B., Oleksyn J., Modrzyński J. et al. 2005. Linking litter calcium, earthworms and soil properties: a common garden test with 14 tree species. *Ecology Letters* 8(8): 811–818 (312 cytowań),
- Tjoelker M.G., Oleksyn J., Reich P.B. 2001. Modelling respiration of vegetation: evidence for a general temperature-dependent Q(10). *Global Change Biology* 7(2): 223–230 (293 cytowania).



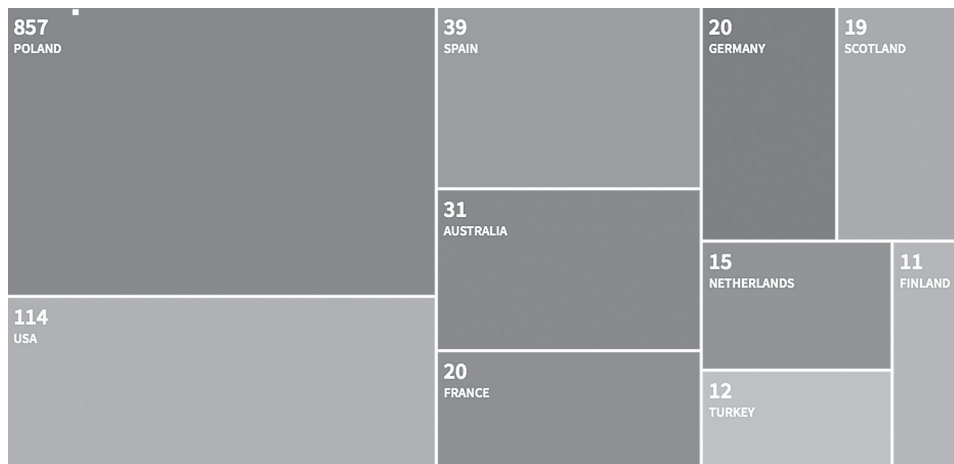
Ryc. 2. Trend rocznych zmian liczby cytowań publikacji pracowników Instytutu Dendrologii PAN w latach 1976–2017

Szczególnie dynamicznie rozwija się współpraca międzynarodowa pracowników Instytutu Dendrologii PAN. Dotyczy to zwłaszcza wspólnych badań wykonywanych ze współpracownikami z University of Minnesota, USA (91 publikacji powstałych w ramach współpracy międzynarodowej), Institut Botànic de Barcelona, Hiszpania (24), Pennsylvania State University, USA (19), Texas A&M University, USA (18), University of Western Sydney, Australia (18), Macquarie University, Australia (13), University of Wisconsin, Madison, USA (12) i wielu, wielu innych.

Pracownicy Instytutu Dendrologii PAN aktywnie współpracują z badaczami z 62 krajów i regionów (ryc. 3). Najczęstszymi współautorami publikacji nauko-



Ryc. 3. Umiejscowienie placówek badawczych, z którymi pracownicy Instytutu Dendrologii PAN publikowali prace w latach 1975–2017



Ryc. 4. Liczba wspólnych prac badaczy z Instytutu Dendrologii PAN i krajów, z którymi najczęściej współpracują pracownicy naszej placówki

wych są badacze z USA, z którymi opublikowaliśmy 114 prac indeksowanych przez Web of Science. Udział badaczy z dziesięciu najczęściej współpracujących z ID PAN krajów przedstawiono na ryc. 4.

W latach 2013–2017 w Instytucie Dendrologii PAN realizowane były liczne projekty badawcze, finansowane m.in. przez Narodowe Centrum Nauki, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych, a także badania w ramach działalności statutowej. Do najważniejszych osiągnięć naukowych pracowników w tym okresie opublikowanych w czasopiśmie o międzynarodowej renomie (w tym online w 2017 r. z datą publikacji w 2018 r.) należą poniższe rezultaty badań, które zostały szczegółowo omówione przez autorów publikacji w corocznych sprawozdaniach Instytutu Dendrologii PAN z działalności placówki.

1. W ramach międzynarodowej współpracy z badaczami z 23 placówek badawczych w siedmiu krajach, na obszernym materiale porównawczym (49 064 gatunków roślin okrytonasiennych), badano strukturalne i funkcjonalne czynniki ewolucyjne, które miały wpływ na przystosowanie się części roślin z tej grupy do niskich temperatur. Przypuszcza się, że wczesne rośliny okrytonasienne były gatunkami drzewiastymi, których zasięg był ograniczony do ciepłych regionów. Z czasem przybrały one najróżniejsze formy i rozpowszechniły się także w innych warunkach klimatycznych. W trakcie opanowywania przez rośliny okrytonasienne nowych terenów zmieniał się też klimat. Spowodowało to wykształcenie przez nie mechanizmów chroniących je przed skutkami okresowego przemarzania. W celu zbadania ewolucji cech kształtujących odporność roślin na działanie ujemnych temperatur zgromadziliśmy obszerną bazę danych opisujących pokrój, fenologię liści (zimozielonych i opadających jesienią), średnicę cewek systemu waskularnego u blisko 50 tys. gatunków roślin. Aby stworzyć model ewolucji cech gatunków oraz zasiedlania przez nie różnych regionów klimatycznych, połączyliśmy te

- dane z najobszerniejszą z dotychczas zebranych bazą z zakresu filogenetyki molekularnej. Umożliwiło to opisanie i przeanalizowanie danych dla 32 223 gatunków roślin lądowych. Wykazaliśmy, że część roślin drzewiastych była w stanie przetrwać ochłodzenie klimatu dzięki wcześniej nabytej odporności na suszę, polegającej między innymi na wytworzeniu węższej średnicy cewek w systemie waskularnym. Cecha ta uodparnia także rośliny na embolizm w warunkach zimowych. Uzyskane wyniki wskazują na to, że część z tych przystosowań miała miejsce jeszcze przed rozprzestrzenieniem się tych taksonów do mroźnych regionów (Zanne et al. 2014).
2. Porównanie zmian zachodzących w strefie merystematycznej i elongacyjnej korzeni sosny zwyczajnej zaszczerpionej grzybami reprezentującymi różne strategie troficzne wskazuje, że śmierć komórek gospodarza może odgrywać istotną rolę w penetracji tkanek korzenia, jednakże strategia troficzna symbionta determinuje czynniki prowadzące do jej wystąpienia (Mucha et al. 2014).
 3. Dokonano analizy biometrycznej korzeni drobnych kasztanowca zwyczajnego i określono stopień ich kolonizacji przez grzyby mykoryzowe w warunkach miejskich i pozamiejskich. Analiza korzeni sugeruje niski poziom toksyczności środowiska miejskiego i plastyczność kasztanowca względem zróżnicowanych warunków glebowych. Zbliżony stopień kolonizacji mykoryzowej korzeni wskazuje na stabilność ich związków oraz tolerancję grzybów mykoryzowych i endofitycznych na czynniki stresowe (Karliński et al. 2014).
 4. Czeremcha amerykańska (*Padus serotina*) jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych drzewiastych neofitów w Europie. Celem badań było określenie, w jaki sposób typ drzewostanu wpływa na zależność pomiędzy sukcesem ekologicznym czeremchy amerykańskiej a odległością od źródła nasion. Uzyskane wyniki wskazują, że czeremcha osiąga większe zagęszczenia i częściej występuje w drzewostanach iglastych niż liściastych i mieszanych. Sukces ekologiczny czeremchy maleje wraz z odległością od źródła nasion wolniej w drzewostanach iglastych niż w pozostałych, co wyjaśnia większą ich podatność na inwazję tego gatunku (Jagodziński et al. 2015).
 5. Główną przyczyną wyboru nasłonecznionych krzewów *Corylus avellana* przez monofagiczne chrząszcze *Altica brevicollis coryletorum* jest ich strategia obronna. Wykazano, że osobniki żerujące na nasłonecznionych krzewach odskakiwały w przypadku zagrożenia dalej niż te żerujące w cieniu. Dodatkowo w badaniach laboratoryjnych stwierdzono, że na strategię obronną chrząszczy silniej wpływała temperatura (15, 25, lub 35°C przez 24 godziny) niż rodzaj zjadanych liści (liście typu słonecznego lub cienistego). Pośredni wpływ różnego poziomu wysokoenergetycznych metabolitów (cukrów niestrukturalnych) w liściach jest nieefektywny w takiej obronie, mimo że korzystnie wpływa on na masę owadów we wszystkich stadiach ich rozwoju (Łukowski et al. 2015).
 6. W trakcie badań wpływu starzenia się nasion buka na metabolizm białek, przeprowadzonych na nasionach świeżych i przechowywanych przez 9 lat, wykazano, że poziom całkowity białek oraz białek rozpuszczalnych był naj-

wyższy w nasionach świeżych i obniżał się podczas przechowywania. Zaobserwowano również istotne różnice między nasionami nieprzechowywanymi i przechowywanymi w aktywności enzymów proteolitycznych, w szczególności endopeptydaz oraz wolnych aminokwasów. Synteza *de novo* białek w pierwszych tygodniach ustępowania spoczynku i w początkowej fazie kiełkowania była istotnie niższa w nasionach przechowywanych. Uzyskane wyniki potwierdzają, że niższa zawartość białek oraz perturbacje w ich proteolizie i syntezie są ważnymi czynnikami obniżenia zdolności kiełkowania nasion podczas procesu starzenia się (Ratajczak et al. 2015).

7. Na podstawie globalnej bazy danych obejmującej informacje o biomase liści, łodyg i korzeni roślin reprezentujących około 1200 gatunków roślin zielnych i drzewiastych, uprawianych w warunkach kontrolowanych oraz terenowych, przeanalizowaliśmy zależności allometryczne oraz alokację biomasy do liści, łodyg i korzeni. Skupiliśmy się na dwóch powiązanych ze sobą pytaniach: (1) W jaki sposób alokacja biomasy ulega przesunięciu wraz ze wzrostem wielkości roślin? (2) Jak alokacja biomasy różni się pomiędzy grupami gatunków, niezależnie od ogólnych trendów wynikających ze zmiany wielkości roślin? Testowaliśmy także, czy wykładniki potęgowe funkcji allometrycznych są generalnie stałe w zakresie zróżnicowanych rozmiarów roślin zgodnie z założeniami teorii allometrycznego skalowania, czy też zmieniają się dynamicznie wraz ze zmianą rozmiarów roślin. Ponadto przetestowaliśmy międzygatunkowe zróżnicowanie dystrybucji biomasy (na poziomie rodzin) oraz grup funkcjonalnych. Stwierdziliśmy, bazując na danych dla wszystkich analizowanych gatunków, że obliczone wykładniki dla zależności liść–łodyga oraz liść–korzeń obniżały się z około 1,00 dla roślin o niewielkich rozmiarach do około 0,60 dla największych spośród badanych gatunków drzew. Rośliny o liściach zimozielonych cechowały się znacznie wyższym udziałem masowym frakcji liści (LMFs) w porównaniu do gatunków liściastych, natomiast rośliny jednoliścienne alokują więcej biomasy do korzeni (RMFs) w porównaniu do zielnych roślin dwuliściennych. Przedstawione w pracy wzorce nie potwierdzają hipotezy o stałym wykładniku potęgowym funkcji allometrycznej opisującej omawiane zależności. Przeciwnie, normą są zmiany o charakterze ciągłym wartości wykładników zależności allometrycznych wraz ze zmieniającymi się rozmiarami roślin w trakcie rozwoju osobniczego i ewolucyjnego. Na podstawie analizowanej bazy danych dla roślin nasiennych można stwierdzić, że zmienność w dystrybucji biomasy wśród analizowanych gatunków roślin jest powiązana bardziej z funkcją niż filogenezą (Poorter et al. 2015).
8. Zróżnicowanie korzeni drobnych zapewnia szybki dostęp do wody i składników mineralnych, niezbędnych zarówno podczas intensywnego wzrostu roślin na początku sezonu wegetacyjnego, jak i w trakcie ich przygotowania do spoczynku zimowego. Poznanie zakresu zmian struktury korzeni w obrębie ich poszczególnych rzędów jest kluczowe dla zrozumienia funkcjonowania drzewostanów w trakcie całego sezonu wegetacyjnego na siedliskach różniących się dostępnością składników pokarmowych. Zasadniczym celem badań było określenie zależności pomiędzy rzędowością korzeni drobnych dębu szy-

pułkowego a ich morfologicznym, anatomicznym oraz biochemicznym zróżnicowaniem w okresie trzech pór roku (wiosna, lato, jesień). Charakteryzując korzenie 40-letnich dębów, wykazano brak zróżnicowania cech morfologicznych, strukturalnych, poziomu azotu oraz węgla w obrębie różnych rzędów korzeni drobnych pomiędzy dwoma siedliskami, na których wzrastały drzewostany dębowe. Wykazano jednakże zależny od sezonu wzrost poziomu azotu w obrębie korzeni transportowych. Ten odwrotny od pierwotnie przyjętych założeń, wyższy poziom azotu w obrębie korzeni transportowych w okresie jesiennym świadczy o strategii alokacji tego pierwiastka, wynikającej z większego narażenia korzeni absorpcyjnych na niekorzystne czynniki środowiskowe w okresie zimowym i jednoczesnego przygotowania do szybkiego wzrostu korzeni w okresie wczesnowiosennym. Zaobserwowana zależność pomiędzy rzędowością korzeni a jesiennym zwiększeniem poziomu azotu nie pozwala jednak wyjaśnić mechanizmów leżących u podstawy alokacji tego pierwiastka specyficznie do korzeni transportowych. Uzyskane wyniki nie tylko uzupełniają luki w dziedzinie funkcji korzeni wynikającej z ich struktury, ale przede wszystkim ukazują szeroki kontekst funkcjonowania korzeni w zależności od zasobności siedliska oraz ich roli w obiegu azotu w ekosystemie leśnym (Zadworny et al. 2015).

9. W badaniach wykorzystano spokrewnione gatunki sosen jako układ modelowy dla procesów ewolucyjnych i demograficznych w populacjach drzew leśnych. Efektem prac było m.in. opracowanie sekwencji transkryptomowej dla sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*), będącej jednym z najważniejszych gatunków drzew leśnych. Opracowano również obszerną bazę danych pojedynczych miejsc polimorficznych (SNPs) dla sosny zwyczajnej i trzech spokrewnionych taksonów sosen, w tym *P. mugo*, *P. uliginosa* i *P. uncinata*. Dla każdego z gatunków wykryto ~220–262 tys. miejsc polimorficznych w 22041–24096 unikalnych sekwencjach DNA. Badane taksony odznaczały się bardzo podobnym poziomem polimorfizmu nukleotydowego ($\pi=0,0044–0,0053$). Największy poziom dywergencji (0,006) stwierdzono dla *P. mugo* i *P. sylvestris*. Powyższe prace badawcze wnoszą wkład w rozwój genetyki populacyjnej oraz badań z zakresu korelacji polimorfizmu nukleotydowego ze zmiennością cech fenotypowych u sosen. Nasze badania pokazują, że analiza sekwencji transkryptomowych jest użyteczną metodą dla opracowania nowych zasobów genomowych u gatunków o dużych i złożonych genomach (Wachowiak et al. 2015).
10. Kluczowym przystosowaniem sosny zwyczajnej, rosnącej w chłodnych glebach dalekiej północy, do pozyskiwania wody i składników mineralnych jest zwiększenie udziału oraz masy korzeni absorpcyjnych w ogólnej puli korzeni drobnych. Utrwalenie wyższego udziału korzeni absorpcyjnych również u sosen proveniencji północnych rosnących w doświadczeniu proveniencyjnym sugeruje zapisanie na poziomie genetycznym wzoru cech adaptacyjnych, umożliwiających sośnie zasiedlanie trudnych północnych terenów (Zadworny et al. 2016).

11. Analogicznie do trendów występujących u roślin, wykazano pozytywną zależność oddychania (RS) od całkowitego stężenia azotu (N) w owocnikach 93 gatunków grzybów. Stwierdzono, że relacje te uzależnione są od grupy troficznej grzybów (analogia do roślinnych grup funkcyjnych) oraz części owocnika (analogia do roślinnych organów). Zależność RS-N u grzybów jest jednak znacznie słabsza w porównaniu do tej obserwowanej u roślin, co wskazuje na istotny udział azotu w grzybowych molekułach nieaktywnych metabolicznie (Trocha et al. 2016).
12. Zrozumienie wpływu bogactwa gatunkowego drzewostanów na ich produktywność ma podstawowe znaczenie w poznaniu funkcjonowania ekosystemów leśnych. W celu określenia zależności między bioróżnorodnością i produktywnością w skali globalnej zawiązano konsorcjum 84 badaczy z 31 krajów, w tym pracowników Instytutu Dendrologii PAN. Nasze badania potwierdziły wcześniejsze przypuszczenia, że bogactwo gatunkowe drzew w drzewostanach ma znaczący wpływ na ich produktywność. Bez wątpienia wiąże się to z lepszym wykorzystaniem zasobów środowiska przez gatunki roślin o zróżnicowanych wymaganiach ekologicznych. Dlatego też wszelkie czynniki środowiskowe i działania człowieka wpływające na obniżenie różnorodności gatunkowej drzewostanów (np. wylesienia, zmiany klimatyczne, pożary etc.) prowadzą do zmniejszenia ich produktywności. Wykonane przez nasz zespół obliczenia wykazały, że konwersja wielogatunkowych drzewostanów do jednogatunkowych wiązałaby się z blisko 70-procentowym spadkiem ich zasobności – nawet w przypadku zachowania identycznego ich zagęszczenia. W ujęciu monetarnym znaczenie różnorodności biologicznej w utrzymywaniu produktywności lasów jest ponadpięciokrotnie większe niż nakłady finansowe ponoszone na aktywną ochronę lasów w ujęciu globalnym. Wykazaliśmy także, że spadek produktywności drzewostanów związany z redukcją różnorodności tworzących je gatunków drzew może generować w skali rocznej straty sięgające blisko 500 mld USD. Przy obecnym tempie i skali wylesiania sięgającym przeszło 7 mln ha/rok (powierzchnia równa wielkości Panamy) znacznemu zmniejszeniu ulegać będzie retencja węgla w ekosystemach leśnych, co będzie prowadziło do wzmocnienia efektu cieplarnianego na Ziemi (Liang et al. 2016).
13. *Juniperus drupacea* jest drzewem o dysjunktywnym zasięgu, rosnącym w górach Peloponezu, górach Taurus i Libanie. Na podstawie analiz molekularnych i biometrycznych szyszkogagód, nasion i igieł z czterech populacji europejskich i ośmiu azjatyckich zweryfikowano hipotezę mówiącą, że nieciągły zasięg geograficzny znajduje odzwierciedlenie w zmienności gatunku. Badania wskazują, że Morze Egejskie należy uznać za ważną, dotąd nierozpoznaną barierę biogeograficzną (Sobierajska et al. 2016).
14. Określono długoterminowy wpływ ściółki sosnowej zastosowanej w szkółce leśnej na parametry wzrostowe i związki mykoryzowe sadzonek sosny wysadzonych na czterech zróżnicowanych miejscach na terenie Litwy (zrąb, obszar skażony, grunty porolne, wydma nadmorska). Wykazano, że po upływie trzech lat przeżywalność i wysokość tych sadzonek w większości przypad-

- ków była istotnie wyższa niż sadzonek kontrolnych. Obserwowano również istotną transformację zbiorowisk grzybów mykoryzowych na badanych sadzonkach spowodowaną warunkami siedliskowymi. Wyższą przeżywalność i wzrost sadzonek traktowanych w szkółce ściółką leśną należy wiązać z lepszym rozwojem systemu korzeniowego i wysokim udziałem mykoryz suiloidalnych zapewniających wzmożone pobieranie wody i soli mineralnych (Rudawska et al. 2017).
15. Liście zimozielonych roślin pochodzących z chłodnych warunków klimatycznych wykształciły strukturalne modyfikacje organów fotosyntetycznych (odporność na stres i wydłużony czas trwania). Tego rodzaju modyfikacje były opisane wcześniej na poziomie międzygatunkowym, podczas gdy niewiele wiadomo na temat wewnątrzgatunkowej zmienności tego rodzaju przystosowań. W celu identyfikacji strukturalnych i anatomicznych adaptacji do chłodnych warunków środowiska zbadano strukturalne i anatomiczne cechy igieł sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) zebrane wzdłuż 1,900 km transektu od środkowej Europy do lasów borealnych na północy z 20 stanowisk reprezentujących minimalne temperatury w okresie zimowym od $-4,0$ do $-19,9^{\circ}\text{C}$ i umożliwiające funkcjonowanie drzew w chłodnych warunkach. Igły drzew pochodzących z chłodnych stanowisk były krótsze, charakteryzowały się dłuższym okresem życia (do 9 lat), większym stosunkiem masy do powierzchni, grubszymi komórkami epidermalnymi i większymi kanałami żywicznymi, zajmującymi znaczącą część objętości igieł w porównaniu do igieł drzew z południa zasięgu sosny. Tym samym wykazano, że wzdłuż ostrego gradientu klimatycznego igły sosny cechowały się skoordynowanym z warunkami środowiska spektrum fenotypowych cech przystosowawczych. Tego rodzaju wewnątrzgatunkowa zmienność umożliwia wgląd w skoordynowane procesy adaptacyjne powiązane z odpornością organów asymilacyjnych na stres niskich temperatur (Jankowski et al. 2017).
 16. Badania porównujące zmiany w poziomie zmetylowania DNA nasion *Acer platanoides* L. (*orthodox*) i *Acer pseudoplatanus* L. (*recalcitrant*) wywołane silnym podsuszaniem wykazały obniżenie ilości m^5C w osiach zarodkowych nasion obu typów. W liścieniach spadek m^5C zaobserwowano tylko u nasion typu *recalcitrant*. Brak zmian w liścieniach nasion *orthodox* sugeruje związek z ich odpornością na podsuszanie. Analiza dyskryminacji LDA uwzględniająca obserwowane zmiany w ilości m^5C umożliwiła skuteczne różnicowanie nasion obu kategorii, co oznacza, że są one dla nich charakterystyczne (Plitta-Michalak et al. 2018).
 17. W ramach badań opracowano równania allometryczne i wskaźniki BCEF do obliczania biomasy nadziemnej młodych (3–20 lat) drzewostanów *Pinus sylvestris*. Wykazano ograniczone zastosowanie europejskich równań allometrycznych do obliczania biomasy nadziemnej drzewostanów: różnice w stanach biomasy obliczonych za pomocą równań specyficznych dla drzewostanów oraz literaturowych wahały się od -100% do $+341\%$. Stany biomasy nadziemnej drzewostanów sosnowych obliczone za pomocą wskaźników BCEF

oraz modeli opartych na wysokości drzewostanów nie różniły się od siebie istotnie (Jagodziński et al. 2018).

18. W ramach badań określono, w jakim stopniu zmiany klimatu zagrażają występowaniu 12 głównych lasotwórczych gatunków drzew Europy. Analiza zintegrowanej bazy danych o występowaniu drzew wykazała największe zagrożenie (związane z występowaniem poza optimum klimatycznym) gatunków iglastych, gatunków strefy borealnej oraz gatunków obcych z wyjątkiem robinii akacjowej. Najmniejsze zagrożenie dotyczy gatunków liściastych, szczególnie buka oraz dębów. Analizy wskazują na prognozowany spadek udziału gatunków lasotwórczych o dużym znaczeniu ekonomicznym w Europie, szczególnie sosny i świerka (Dyderski et al. 2018).
19. Sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.) jest jednym z głównych gatunków lasotwórczych w Eurazji. Od okresu trzeciorzędu jest ona także obecna w postaci reliktowych populacji w regionie śródziemnomorskim. Bazując na analizie danych z 229 populacji, opisano, że zlodowacenie z okresu plejstocenu i następujące po nim migracje w holocenie stanowiły ważny czynnik kształtujący zmienność genetyczną tego gatunku w Europie (Dering et al. 2017).

W okresie ostatnich kilkunastu lat pracownicy Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku dokonali znaczącego postępu w badaniach naukowych, który widoczny jest zarówno w postaci wzrostu liczby i jakości prac badawczych, publikacji naukowych, jak i sukcesów w pozyskiwaniu funduszy umożliwiających wykonywanie badań naukowych. Wyżej wymienione postępy mają też swoje odzwierciedlenie we wzroście atrakcyjności naszej placówki dla wyróżniających się młodych badaczy.

Literatura

- Dering M., Kosiński P., Wyka T.P., Pers-Kamczyc E., Boratyński A., Boratyńska K., Reich P.B., Romo A., Zadworny M., Żytkowiak R., Oleksyn J. 2017. Tertiary remnants and Holocene colonizers: Genetic structure and phylogeography of Scots pine reveal higher genetic diversity in young boreal than in relict Mediterranean populations and a dual colonization of Fennoscandia. *Diversity and Distributions* 23(5): 540–555.
- Dyderski M.K., Paż S., Frelich L.E., Jagodziński A.M. 2018. How much does climate change threaten European forest tree species distributions? *Global Change Biology* 24(3): 1150–1163.
- Eissenstat D.M., Kucharski J.M., Zadworny M., Adams T.S., Koide R.T. 2015. Linking root traits to nutrient foraging in arbuscular mycorrhizal trees in a temperate forest. *New Phytologist* 208: 114–124.
- Jagodziński A.M., Dyderski M.K., Gęsikiewicz K., Horodecki P., Cysewska A., Wierczyńska S., Maciejczyk K. 2018. How do tree stand parameters affect young Scots pine biomass? – Allometric equations and biomass conversion and expansion factors. *Forest Ecology and Management* 409: 74–83.
- Jagodziński A.M., Dyderski M.K., Rawlik M., Banaszczyk P. 2015. Plantation of coniferous trees modifies risk and size of *Padus serotina* (Ehrh.) Borkh. invasion. Evidence from a Rogów Arboretum case study. *Forest Ecology and Management* 357: 84–94.

- Jankowski A., Wyka T., Żytkowiak R., Reich P.B., Oleksyn J. 2017. Cold adaptation drives variability in needle structure and anatomy in *Pinus sylvestris* L. along a 1,900 km temperate–boreal transect. *Functional Ecology* 31(12): 2212–2223.
- Karliński L., Jagodziński A.M., Leski T., Butkiewicz P., Brosz M., Rudawska M. 2014. Fine root parameters and mycorrhizal colonization of horse chestnut trees (*Aesculus hippocastanum* L.) in urban and rural environments. *Landscape and Urban Planning* 127: 154–163.
- Kattge J., Díaz S., Lavorel S., Prentice I.C., Leadley P., Bönsch G., Garnier E., Westoby M., Reich P.B., Wright I.J., Cornelissen J.H.C., Violle C., Harrison S.P., Van Bodegom P.M., Reichstein M., Enquist B.J., Soudzilovskaia N.A., Ackerly D.D., Anand M., Atkin O., Bahn M., Baker T.R., Baldocchi D., Bekker R., Blanco C.C., Blonder B., Bond W.J., Bradstock R., Bunker D.E., Casanoves F., Cavender-Bares J., Chambers J.Q., Chapin III F.S., Chave J., Coomes D., Cornwell W.K., Craine J.M., Dobrin B.H., Duarte L., Durka W., Elser J., Esser G., Estiarte M., Fagan W.F., Fang J., Fernández-Méndez F., Fidelis A., Finegan B., Flores O., Ford H., Frank D., Freschet G.T., Fyllas N.M., Gallagher R.V., Green W.A., Gutierrez A.G., Hickler T., Higgins S.I., Hodgson J.G., Jalili A., Jansen S., Joly C.A., Kerkhoff A.J., Kirkup D., Kitajima K., Kleyer M., Klotz S., Knops J.M.H., Kramer K., Kühn I., Kurokawa H., Laughlin D., Lee T.D., Leishman M., Lens F., Lenz T., Lewis S.L., Lloyd J., Llusià J., Louault F., Ma S., Mahecha M.D., Manning P., Massad T., Medlyn B.E., Messier J., Moles A.T., Müller S.C., Nadrowski K., Naeem S., Niinemets Ü., Nöllert S., Nüske A., Ogaya R., Oleksyn J., Onipchenko V.G., Onoda Y., Ordoñez J., Overbeck G., Ozinga W.A., Patiño S., Paula S., Pausas J.G., Peñuelas J., Phillips O.L., Pillar V., Poorter H., Poorter L., Poschlod P., Prinzing A., Proulx R., Rammig A., Reinsch S., Reu B., Sack L., Salgado-Negret B., Sardans J., Shiodera S., Shipley B., Siefert A., Sosinski E., Soussana J.-F., Swaine E., Swenson N., Thompson K., Thornton P., Waldram M., Weiher E., White M., White S., Wright S.J., Yguel B., Zaehle S., Zanne A.E., Wirth C. 2011. TRY – a global database of plant traits. *Global Change Biology* 17(9): 2905–2935.
- Liang J., Crowther T.W., Picard N., Wiser S., Zhou M., Alberti G., Schulze E.-D., McGuire A.D., Bozzato F., Pretzsch H., de-Miguel S., Paquette A., Hérault B., Scherer-Lorenzen M., Barrett Ch.B., Glick H.B., Hengeveld G.M., Nabuurs G.-J., Pfausch S., Viana H., Vibrans A.C., Ammer Ch., Schall P., Verbyla D., Tchebakova N., Fischer M., Watson J.V., Chen H.Y.H., Lei X., Schelhaas M.-J., Lu H., Gianelle D., Parfenova E.I., Salas Ch., Lee E., Lee B., Kim H.S., Bruelheide H., Coomes D.A., Piotta D., Sunderland T., Schmid B., Gourlet-Fleury S., Sonké B., Tavani R., Zhu J., Brandl S., Vayreda J., Kitahara F., Searle E.B., Neldner V.J., Ngugi M.R., Baraloto Ch., Frizzera L., Bałazy R., Oleksyn J., Zawila-Niedźwiecki T., Bouriaud O., Bussotti F., Finér L., Jaroszewicz B., Jucker T., Valladares F., Jagodzinski A.M., Peri P.L., Gonmadje Ch., Marthy W., O'Brien T., Martin E.H., Marshall A.R., Rovero F., Bitariho R., Niklaus P.A., Alvares-Loayza P., Chamuya N., Valencia R., Mortier F., Wortel V., Engone-Obiang N.L., Ferreira L.V., Odeke D.E., Vasquez R.M., Lewis S.L., Reich P.B. 2016. Positive biodiversity – productivity relationship predominant in global forests. *Science* 354(6309): aaf8957.
- Łukowski A., Giertych M.J., Zadworny M., Mucha J., Karolewski P. 2015. Preferential feeding and occupation of sunlit leaves favors defense response and development in the flea beetle, *Altica brevicollis* coryletorum – a pest of *Corylus avellana*. *PLoS ONE* 10(4): e0126072.
- McCormack M.L., Dickie I.A., Eissenstat D.M., Fahey T.J., Fernandez C.W., Guo D., Helmsaari H., Hobbie E.A., Iversen C.M., Jackson R.B., Leppälammil-Kujansuu J., Norby R.J., Phillips R.P., Pregitzer K.S., Pritchard S.G., Rewald B., Zadworny M. 2015. Rede-

- fining fine roots improves understanding of below-ground contributions to terrestrial biosphere processes. *New Phytologist* 207: 505–518.
- Mucha J., Guzicka M., Ratajczak E., Zadworny M. 2014. Strategies utilized by trophically diverse fungal species for *Pinus sylvestris* root colonization. *Tree Physiology* 34: 73–86.
- Plitta-Michalak B.P., Naskręt-Barciszewska M.Z., Kotlarski S., Tomaszewski D., Tylkowski T., Barciszewski J., Chmielarz P., Michalak M. 2018. Changes in genomic 5-methylcytosine level mirror the response of orthodox (*Acer platanoides* L.) and recalcitrant (*Acer pseudoplatanus* L.) seeds to severe desiccation. *Tree Physiology* 38(4): 617–629.
- Poorter H., Jagodzinski A.M., Ruiz-Peinado R., Kuyah S., Luo Y., Oleksyn J., Usoltsev V.A., Buckley T.N., Reich P.B., Sack L. 2015. How does biomass distribution change with size and differ among species? An analysis for 1200 plant species from five continents. *New Phytologist* 208: 736–749.
- Poorter H., Niklas K.J., Reich P.B., Oleksyn J., Poot P., Mommer L. 2012. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist* 193: 30–50.
- Ratajczak E., Kalembe E.M., Pukacka S. 2015. Age-related changes in protein metabolism of beech (*Fagus sylvatica* L.) seeds during alleviation of dormancy and in the early stage of germination. *Plant Physiology and Biochemistry* 94: 114–121.
- Rudawska M., Leski T., Aučina A., Karliński L., Skridaila A., Ryliškis D. 2017. Forest litter amendment during nursery stage influence field performance and ectomycorrhizal community of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings outplanted on four different sites. *Forest Ecology and Management* 395: 104–114.
- Sobierajska K., Boratyńska K., Jasińska A., Dering M., Ok T., Douaihy B., Dagher-Kharat M.B., Romo A., Boratyński A. 2016. Effect of the Aegean Sea barrier between Europe and Asia on differentiation in *Juniperus drupacea* (Cupressaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 180: 365–385.
- Trocha L.K., Rudy E., Chen W., Dabert M., Eissenstat D.M. 2016. Linking the respiration of fungal sporocarps with their nitrogen concentration: variation among species, tissues, and guilds. *Functional Ecology* 30: 1756–1768.
- Wachowiak W., Trivedi U., Perry A., Cavers S. 2015. Comparative transcriptomics of a complex of four European pine species. *BMC Genomics* 16: 234.
- Zadworny M., McCormack M.L., Mucha J., Reich P.B., Oleksyn J. 2016. Scots pine fine roots adjust along a 2000-km latitudinal climatic gradient. *New Phytologist* 212: 389–399.
- Zadworny M., McCormack M.L., Rawlik K., Jagodziński A.M. 2015. Seasonal variation in chemistry, but not morphology, in roots of *Quercus robur* growing in different soil types. *Tree Physiology* 35(6): 644–652.
- Zanne A.E., Tank D.C., Cornwell W.K., Eastman J.M., Smith S.A., FitzJohn R.G., McGlenn D.J., O'Meara B.C., Moles A.T., Reich P.B., Royer D.L., Soltis D.E., Stevens P.F., Westoby M., Wright I.J., Aarssen L., Bertin R.I., Calaminus A., Govaerts R., Hemmings F., Leishman M.R., Oleksyn J., Soltis P.S., Swenson N.G., Warman L., Beaulieu J.M. 2014. Three keys to the radiation of angiosperms into freezing environments. *Nature* 506(7486): 89–92.

Sesja referatowa

egoSELF: An Integrative Biology approach to study the molecular basis of inbreeding depression in *Eucalyptus globulus*

Susana Araújo¹, Ana R. Guedes², Andreia Amaral³, Ehsan Valiollahi²,
Pedro Fevereiro^{1,4}, Jorge A. Pinto Paiva^{1,2,5}

¹Instituto de Tecnologia Química e Biológica António Xavier (ITQB), Oeiras, Portugal

²Instituto de Biologia Experimental e Tecnológica (IBET), Oeiras, Portugal

³Faculdade de Medicina Veterinária (FMVUL), Lisboa, Portugal

⁴Faculdade de Ciências [Lisboa] (FCUL), Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

⁵Institute of Plant Genetics (IPG), Polish Academy of Sciences, Poznań, Poland, jpai@igr.poznan.pl

In Portugal, the main commercial *Eucalyptus* species (*E. globulus*) and their hybrids have a major impact on national economy, supplying wood for an important solid and pulp and paper industry sector, and they are also becoming important sources of bio-energy. Besides these plantations have a large impact on local environment and economies, being source of work revenues and providing protection to marginal soils from erosion.

Inbreeding Depression (ID) is characterized by the reduction of fitness of the offspring relative to the parents as a result of an increased homozygosity of individuals (due to self-fertilization or biparental inbreeding). In *Eucalyptus*, inbreeding leads to severe ID of survival, and reductions on growth, basal diameter and diameter height breast, as well as volume of the trunk, and several fecundity traits. In these species, the increased homozygosity of loci harbouring deleterious genes are recognized as the main genetic mechanism contributing for ID. Despite the recognition of the importance of ID in breeding programs, the molecular mechanism are still far from being elucidated. Thus, the understanding of ID molecular basis in *Eucalyptus* is an opportunity and a challenge to identify of key genes and regulatory mechanism associated to the plant productivity, towards a better management of breeding programs and sustainability of forest plantations.

EgoSELF (FCT funded project PTDC/AGR-FOR/0931/2014) aims at identifying and validating key genes and/or alleles, and molecular regulatory mechanisms underlying the modulation inbreeding depression in *E. globulus*. A total of 20 SELF and Open pollinated progenies were generated. These families were evaluated for the success in seed production, germination rates, and physiological parameters. The results obtained suggest a large effect of the genetic maternal background on the parameters used to compare SELF and OPEN pollinated progenies. Genotype by sequencing was applied to these families to survey genome-wide single-nucleotide polymorphisms (SNPs) in order to elucidate the putative regions in the genome involved in inbreeding depression. The preliminary analysis of GBS data suggests that the maternal genetic background as an important effect of the average global heterozygote of the open- and self-proge-

nies. We expected that the results of this study provide new insights on understanding of Inbreeding Depression, and thus a better management of the genetic resources in *Eucalyptus*.

The authors acknowledge FCT for the research project PTDC/AGR-FOR/0931/2014. ARG and EV acknowledge the BI and Post-doc fellowships in the frame of project PTDC/AGR-FOR/0931/2014, respectively. SA thanks FCT for her post-doc fellowship (SFRH/BPD/108032/2015). JAPP also acknowledges his research contract financed from the EU FP7 BIOTALENT project [GA621321] and financial sources for education in the years 2015–2019 allocated to an international co-financed project no W26/7.PR/2015 [GA 3413/7.PR/2015/2].

Wpływ zagęszczenia i warunków siedliskowych na wzrost cisa pospolitego (*Taxus baccata* L.) – doświadczenia z programu restytucji cisa w Nadleśnictwie Kaliska

Joanna Bloch-Orłowska^{1*}, *Jakub Piechowiak*², *Andrzej Przewłocki*³

¹Leśny Ogród Botaniczny „Marszewo”, Nadleśnictwo Gdańsk, ul. Morska 200, 81-006 Gdynia, joanna.orlowska@gdansk.lasy.gov.pl

²Arboretum Wirty, Nadleśnictwo Kaliska, Wirty 1, 83-224 Borzechowo

³Nadleśnictwo Kaliska, ul. Długa 64, 83-260 Kaliska

Cis pospolity (*Taxus baccata*) jest jednym z najrzadszych rodzimych gatunków drzewiastych w lasach Polski. Podlega częściowej ochronie prawnej. Występuje zwykle jako domieszka w lasach liściastych i mieszanych. Przyjmuje się, że cis preferuje stanowiska częściowo ocienione, gleby o odczynie od umiarkowanie kwaśnego do zasadowego i warunki klimatu łagodnego, o dużej wilgotności powietrza.

Od 2006 r. w ramach prowadzonego przez Lasy Państwowe programu ochrony i restytucji cisa pospolitego w Polsce (ZG-710-Tb/1/2006) w wielu nadleśnictwach na terenie całego kraju zakładane były powierzchnie, na których sadzono młode okazy tego gatunku. Na terenie Nadleśnictwa Kaliska program ten rozpoczęto wcześniej – najstarsza powierzchnia powstała w 1998 r., a większość powierzchni utworzono w latach 2008–2009.

Wystąpienie prezentuje wyniki analizy danych pochodzących z 21 powierzchni założonych w latach 2004–2009. Powierzchnie o wielkości 0,14–0,40 ha utworzono w formie gniazd w drzewostanach reprezentujących cztery typy siedliskowe lasu: las świeży (Lśw), las mieszany świeży (LMśw), bór mieszany świeży (BMśw) i bór świeży (Bśw). Liczebność sadzonek na poszczególnych powierzchniach wahała się od 120 do 250. Posadzone okazy były monitorowane corocznie

– każdorazowo mierzono roczny przyrost okazów oraz określano ich żywotność. Zebrane dane uporządkowano i poddano analizom statystycznym przy użyciu programu Statistica 13 firmy StatSoft. Jako podstawowe dane wykorzystano następujące cechy: zagęszczenie sadzonek na 1 ha, ich wiek, typ siedliskowy lasu i typ gleby, a także stopień ocienienia powierzchni i charakter otaczającego powierzchni drzewostanu. Ogółem uwzględniono dane dotyczące 3270 sadzonek cisa pospolitego z lat 2004–2017.

Porównanie spontanicznej roślinności leśnej na zwałach górnictwa węglowego kamiennego oraz lasów na siedliskach naturalnych

Agnieszka Błońska¹, Edyta Sierka¹, Agnieszka Kompała-Bąba¹,
Teresa Nowak¹, Andrzej Pasierbiński¹, Damian Chmura², Zygmunt Kącki³,
Gabriela Woźniak^{1*}

¹Katedra Botaniki i Ochrony Przyrody, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Jagiellońska 28,
40-032 Katowice, *gabriela.wozniak@us.edu.pl

²Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska, Akademia Techniczno-Humanistyczna, ul. Willowa 2,
43-309 Bielsko-Biała

³Ogród Botaniczny Uniwersytetu Wrocławskiego, ul. Henryka Sienkiewicza 23, 50-335 Wrocław

Efektom ubocznym działalności przemysłowej jest powstawanie odpadów. W przypadku przemysłu ciężkiego związanego z eksploatacją węgla kamiennego proces ten prowadzi do powstania tzw. hałd, czyli zwałowisk skały płonnej (karbońskiej). Stosuje się różne metody rekultywacji hałd i podejmowano wiele prób przywracania ich środowisku naturalnemu. Obserwacje zwałowisk pokazują jednak, że obiekty te podlegają procesowi sukcesji pierwotnej prowadzącej do wytworzenia formacji leśnej o charakterze lasu mieszanego. Spośród drzew spontanicznie porastających hałdy wymienić można gatunki lekkonasienne, np.: *Betula pendula*, *Populus tremula* czy *Pinus sylvestris*. Na hałdach ponad 60-letnich obserwowano w drzewostanie także dąb szypułkowy (*Quercus robur*). Zbiorowiska leśne na hałdach wykształcają się na materiale mineralnym, pochodzącym ze skały płonnej, pozbawionym glebowego banku nasion.

W latach 1999–2002 na wybranych zwałowiskach karbońskich oraz na siedliskach leśnych Wyżyny Śląskiej wykonano łącznie 196 zdjęć fitosocjologicznych, w tym 90 z hałd i 106 z siedlisk naturalnych. Wybierano płyty, które według metody fitosocjologicznej w systemie Braun-Blanqueta odpowiadały zespołowi *Quercus roboris-Pinetum* (W.Mat. 1981) J.Mat. 1988). Na zwałowiskach pominięto miejsca, które podlegały rekultywacji w kierunku leśnym, natomiast jako zdjęcia referencyjne z siedlisk naturalnych wzięto dane z literatury, w tym także z tere-

nów chronionych. Celem badań było porównanie składu florystycznego, różnorodności gatunkowej i funkcjonalnej między dwoma typami lasów. W tym celu wykonano nietendancyjną analizę zgodności (DCA), pokazując kierunki zmienności różnorodności typu beta, wyliczono wskaźniki alfa różnorodności biologicznej (S , H , E), porównano wskaźniki funkcjonalnego bogactwa ($Frich$), funkcjonalnej równomierności ($FEve$) oraz rozbieżności ($FDiv$) i dyspersji ($FDis$) na podstawie wybranych cech gatunków roślin naczyniowych. Aby ocenić wymagania siedliskowe obu typów zbiorowisk, posłużono się średnimi liczbami Ellenberga. Nietendancyjna analiza zgodności oraz nieparametryczna klasyfikacja ADO-NIS wykazały, że płaty zbiorowisk leśnych obu typów siedlisk różnią się istotnie od siebie (46,619; $p=0,001$). Pomimo to nie stwierdzono dużych różnic w średnich wartościach wskaźnika Shannona-Wienera H (hałdy – mediana: 2,47, bory 2,56). Bory odznaczały się średnio większym bogactwem gatunkowym (30,5) niż zbiorowiska borowe na hałdach (25). Pod względem równomierności gatunkowej hałdy odznaczają się wyższą wartością wskaźnika równomierności gatunkowej E (hałdy 0,80, bory 0,73). Wśród łącznej liczby 470 gatunków roślin naczyniowych i mszaków na siedliskach borowych stwierdzono 90 gatunków istotnie wyróżniających ($p<0,05$) te siedliska, w tym 11 o wartości $IndVal$ wyższej niż 0,7, m.in.: *Pinus sylvestris*, *Vaccinium myrtillus*, *Luzula pilosa* i *Trientalis europaea*, a na hałdach 86 gatunków, lecz tylko dwa o $IndVal>0,7$ (*Betula pendula* i *Calamagrostis epigejos*). Mimo mniejszych walorów przyrodniczych lasy na hałdach pełnią wiele ważnych funkcji, w tym ekosystemowych, m.in. zapobiegają erozji i pyleniu, a także stanowią schronienie i siedlisko oligotroficzne dla wielu gatunków roślin i zwierząt.

Badania częściowo finansowane przez NCBR i NCN TANGO1/268600/NCBR/2015.

Zmienność szerokości słoików rocznych na różnych wysokościach pnia jesionów (*Fraxinus excelsior* L.) wykazujących symptomy zamierania i ich relacje z warunkami klimatycznymi

Longina Chojnacka-Ożga, Wojciech Ożga*

*Katedra Hodowli Lasu, Wydział Leśny, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
ul. Nowoursynowska 159, 02-787 Warszawa, *longina_chojnacka_ozga@sggw.pl*

Rozprzestrzenianie się zamierania jesionu europejskiego (*Fraxinus excelsior*), które stanowi poważne zagrożenie dla istnienia gatunku w Europie, jest związane z kompleksem czynników, m.in. ze zmianami klimatycznymi, zwłaszcza wzrostem w ostatnich latach częstości zdarzeń klimatycznych powodujących stres wodny lub cieplny. Zestresowane m.in. niekorzystnymi warunkami pogodowymi drzewa są atakowane przez patogeny, przede wszystkim grzyb *Hymenoscyphus*

fraxineus, uznany za inicjatora procesu zamierania. Zróżnicowanie intensywności i rozwoju objawów choroby sugeruje, że wrażliwość na warunki pogodowe może być jednym z czynników wpływających na podatność jesionu na zamieranie. Szczegółowe informacje o wrażliwości drzewa na czynniki klimatyczne najczęściej pozyskiwane są z retrospektywnej analizy zmian szerokości słoików drewna. Rzadko kiedy w tego typu badaniach analizowana jest zmienność reakcji przyrostowej i wrażliwości klimatycznej wraz z wysokością na pniu drzewa.

Celem niniejszych badań była: (1) analiza szerokości słoików rocznych na różnych wysokościach pnia jesionów o różnym stopniu nasilenia choroby oraz (2) ich związku z warunkami pogodowymi panującymi w ciągu roku. Badania przeprowadzono na próbkach pochodzących z pni 12 jesionów rosnących w dolinie Pilicy w Nadleśnictwie Gidle, sklasyfikowanych w dwóch klasach zdrowia. Z każdego pnia wycięto krążki z 13 różnych punktów pnia: z podstawy, z pierśnicy i z kolejnych dwumetrowych sekcji, poczynawszy od wysokości 2 m aż do podstawy korony drzewa (łącznie 146). Na każdym krążku wyznaczono dwa promienie, wzdłuż których pomierzono szerokość słoików rocznych. Analizy przeprowadzono, stosując standardowe techniki dendrochronologiczne. Wykonano je dla każdej grupy drzew oddzielnie, relacje klimat–przyrost określono dla okresu 1965–2013 oraz w dwóch przedziałach czasowych: 1965–1990 i 1990–2013. Dla każdej wysokości na pniu zbudowano chronologie rzeczywiste i standaryzowane, obliczono procentowe wartości redukcji przyrostu oraz określono relacje klimat–przyrost, testując wpływ średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza, miesięcznych sum opadów oraz wskaźników suszy: opadu standaryzowanego (SPI), wskaźnika surowości suszy Palmera (PDSI) oraz wskaźnika hydrotermicznego Sielanianowa. Dokonano także analizy lat wskaźnikowych.

Średnia szerokość słoików rocznych badanych jesionów zmniejszała się w kierunku akropetalnym. Dyspersja tej cechy, mierzona współczynnikiem zmienności, była podobna na każdej wysokości i przyjmowała wartość około 30%. Wzór przyrostowy cechował się dużym podobieństwem na wszystkich wysokościach pnia aż do podstawy korony (16 m). Poczynawszy od tej wysokości, wzór przyrostowy był odmienny. Reakcja przyrostowa jesionu wyniosłego na warunki klimatyczne zależała od wysokości od podstawy pnia. Na każdej wysokości pnia poniżej korony czynnikami determinującymi przyrost radialny jesionu były opady atmosferyczne w okresie wiosennej aktywacji kambium (kwiecień) oraz w czasie najintensywniejszych podziałów komórkowych (czerwiec). Pozytywnie na przyrost wpływały także opady jesienią w roku poprzedzającym formowanie się słoja. Warunki termiczne w mniejszym stopniu kształtowały przyrost; istotny wpływ miały głównie warunki termiczne zimy. W obrębie korony reakcja na czynniki klimatyczne była słabsza i nieco odmienna.

Poczynawszy od końca lat 90., można zauważyć różnice we wzorze przyrostowym i reakcji na warunki klimatyczne między drzewami różniącymi się stanem zdrowotnym. W drzewach z bardziej zaawansowanym procesem zamierania trend zmniejszania się średniej szerokości słoików rocznych w kierunku akropetalnym był znacznie wyraźniejszy. Drzewa te cechowały się większą wrażliwością na warunki klimatyczne, były mniej odporne na susze letnie. Szerokość słoików rocz-

nych tych drzew była silniej skorelowana z opadami kwietnia i czerwca bieżącego roku oraz wskaźnikami suszy (SPI, PDSI, K) niż szerokość słoju drzew w lepszej kondycji zdrowotnej. U większości drzew redukcja przyrostu rozpoczęła się w 2006 r. Była ona poprzedzona wystąpieniem kilku następujących po sobie lat wskaźnikowych negatywnych, charakteryzujących się silną suszą w okresie wiosenno-letnim (lata 2000, 2003, 2005 i 2006). W grupie drzew o lepszej kondycji zdrowotnej redukcja przyrostu była największa u podstawy pnia (40%), a następnie malała wraz z wysokością (15–20%); w roku 2012 nastąpiło zahamowanie redukcji. W drugiej grupie drzew redukcja przyrostu była silniejsza (60–70%) i wzrastała wraz z wysokością lub utrzymywała się na tym samym poziomie.

Dyspersja genów przez pyłek i nasiona u cisa pospolitego (*Taxus baccata* L.)

Igor J. Chybicki¹*, Jan Suszka², Grzegorz Iszkuło^{2,3}, Andrzej Oleksa¹

¹Katedra Genetyki, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, ul. Chodkiewicza 30, 85-064 Bydgoszcz,
*igorchy@ukw.edu.pl

²Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik

³Katedra Botaniki i Ekologii, Uniwersytet Zielonogórski, ul. Prof. Z. Szafrana 1,
65-516 Zielona Góra

Proces dyspersji nasion i pyłku odgrywa kluczową rolę jako czynnik kształtujący potencjał adaptacyjny populacji wynikający z przepływu genów. W przypadku roślin charakteryzujących się silnie pofragmentowanym rozmieszczeniem wiedza dotycząca zakresu dyspersji nasion i pyłku jest niezbędna do określenia potencjału do kolonizowania nowych siedlisk oraz do oszacowania skali przepływu genów współczesnych i przyszłych populacji.

Niniejsze badania miały na celu określenie potencjału dyspersji genów u cisa pospolitego (*Taxus baccata*), który stanowi przykład gatunku drzewa rozdzielnicowego o silnie pofragmentowanym rozmieszczeniu. Jako materiał badawczy wykorzystano dane zebrane w ramach dziesięciu populacji na terenie Polski, z których większość znajduje się w rezerwatach przyrody. W ramach pojedynczego stanowiska wybrano 15 żeńskich okazów, z których pobrano około 100 nasion na drzewo (łącznie 13 600 nasion). Nasiona poddano stratyfikacji w celu uzyskania siewek do analiz DNA. Ponadto w ramach jednej z badanych populacji (o charakterze naturalnym) zebrano próbki liści z 220 siewek z naturalnego odnowienia oraz próbki liści z 216 drzew stanowiących potencjalne pokolenie rodzicielskie. Zebrany materiał wykorzystano do analiz DNA przy użyciu 19 markerów mikrosatelitarnych. Genotypy osobników potomnych, potencjalnych rodziców, a także dane o ich położeniu i grubości pnia wykorzystano do modelowania dyspersji pyłku i nasion w warunkach naturalnych. Modelownie przeprowadzono w opar-

ciu o metody pośrednie *TwoGener/Kindist* oparte na zróżnicowaniu puli pyłkowej poszczególnych drzew oraz za pomocą modelu *Neighborhood*, który wykorzystuje rekonstrukcje rodzicielstwa do bezpośredniego wnioskowania o odległości dyspersji pyłku i nasion.

Modelowanie bezpośrednie wykazało, że dyspersja genów przez nasiona i pyłek zachodzi według rozkładu prawdopodobieństwa charakteryzującego się grubym ogonem, wskazującym na możliwość rzadkich dalekich przemieszczeń zarówno nasion, jak i pyłku. Rozkłady prawdopodobieństwa dyspersji dla pyłku charakteryzowały się cięższym ogonem niż te oszacowane dla nasion. Poziom imigracji genów przez nasiona (13,1%) spoza badanej powierzchni nie różnił się istotnie od poziomu imigracji genów przez pyłek (10%). Ponadto skala imigracji była zgodna z oczekiwaniami dla oszacowanych rozkładów prawdopodobieństwa dyspersji. Średnia odległość dyspersji nasion i pyłku wyniosła odpowiednio 37 i 417 m. Model oszacowany w oparciu o analizy bezpośrednie wskazał, że jedynie 5% nasion pokonuje odległość większą niż 109 m od drzewa matecznego, natomiast tylko 5% pyłku pokonuje odległość większą niż 704 m od drzewa ojcowskiego.

Analizy pośrednie prowadzone w celu określenia rozkładu prawdopodobieństwa dyspersji pyłku wykazały, że rozprzestrzenianie się pyłku może być bardziej ograniczone, niż wskazują na to wyniki analiz modelem *Neighborhood*. Jedynie w pięciu z dziesięciu badanych populacji rozkład dyspersji charakteryzował się ciężkim ogonem. Średnia odległość dyspersji pyłku określona metodami pośrednimi mieściła się w zakresie od 14 do 169 m, w zależności od badanej populacji. Natomiast średnia ogólna (ze wszystkich populacji) wyniosła 74 m.

Wyniki badań pokazały, że u cisa pospolitego dyspersja genów przez pyłek i nasiona odbywa się na stosunkowo niewielkie odległości. Można wywnioskować, że w skali lokalnej populacji prowadzi to do tworzenia skupisk osobników spokrewnionych. Z kolei dyspersja genów w skali krajobrazu jest ograniczona i rzadko prowadzi do przepływu genów między populacjami. W rezultacie naturalne populacje cisa podlegają różnicowaniu genetycznemu zachodzącemu na skutek dryfu genetycznego. W konsekwencji ograniczony przepływ genów między populacjami cisa może stać się czynnikiem utrudniającym adaptację w przypadku zmian klimatu.

Badania sfinansowano w ramach grantu NCN (UMO-2014/15/B/NZ9/04404).

Kórniczana w zbiorach biblioteki Narodowego Muzeum Historii Naturalnej w Paryżu

Piotr Daszkiewicz

Muséum national d'Histoire naturelle, 57, Rue Cuvier-CP 41, 75231 Paris Cedex 05,
75005 Paris, piotrdas@mnhn.fr

W XIX w. Narodowe Muzeum Historii Naturalnej (MNHN) i będący jego częścią *Jardin des Plantes* było najważniejszym, z punktu widzenia rozwoju polskich nauk przyrodniczych, zagranicznym ośrodkiem badań naukowych. Muzealna biblioteka przechowuje liczne świadectwa współpracy z polskimi kolekcjami przyrodniczymi, m.in. z ogrodami botanicznymi uniwersytetów w Wilnie, Krakowie, Warszawie oraz Liceum Krzemienieckiego. Te dokumenty to najczęściej katalogi i listy nasion, które proponowano do przesłania do Paryża oraz listy gatunków, jakie starano się uzyskać z *Jardin des Plantes*. Współpracę polskich instytucji z MNHN niewątpliwie ułatwiał także fakt, że właśnie w tej instytucji wykształciło się w XIX w. kilkudziesięciu polskich przyrodników. Najstarsze odnalezione ślady naukowej wymiany pomiędzy MNHN a polskimi instytucjami sięgają końca XVIII w.

Celem przeprowadzonych poszukiwań było ustalenie, czy istnieją ślady współpracy *Jardin des Plantes* z Arboretum Kórnickim. Nie odnaleziono żadnych śladów wizyt w MNHN Tytusa Działyńskiego i Władysława Zamoyskiego, choć prawdopodobnie odwiedzali oni *Jardin des Plantes* w trakcie pobytów w Paryżu. Podobne wizyty nie były przecież jednak dokumentowane i ich ślady możliwe są do odnalezienia jedynie w przypadkach, gdy odwiedzający wspominali o nich w swoich pamiętnikach (np. Julian Ursyn Niemcewicz) lub gdy związane były z darami okazów, jak było to w przypadku księżnej Izabeli Czartoryskiej, która podarowała muzealnej menażerii papugę.

Zachowane w zbiorach biblioteki MNHN kórniczana mają dwojaki charakter. Z jednej strony są to katalogi drzew, a z drugiej korespondencja i dokumenty związane z postacią Antoniego Wróblewskiego. W przekazanych do biblioteki i niedawno skatalogowanych archiwach muzealnego działu upraw znajduje się karton zatytułowany „Kórnik”. Zawiera on osiem druków. Pierwszy pochodzi z 1927 r., w którym kierownictwo Ogrodów Kórnickich objął Antoni Wróblewski, a zatytułowany jest: „Fundacja Zakłady Kórnickie Arboretum i Ogrody” (Fondation les établissements de Kornik Arboretum et Jardins). Następny spis gatunków kórnickich drzew pochodzi z 1933 r. i nosi tytuł „Zakłady Kórnickie/Ogrody Kórnickie: Dział Dendrologji i Pomologji Zakładu Badania Drzew i Lasu w Kórniku” (Les jardins et arboretum de Kornik: Département de Dendrologie et Pomologie de l'Institut d'Etudes d'Arbres et de Forêts). Interesujący jest fakt, że po raz pierwszy w tym dokumencie nazwa „Zakład” została przetłumaczona na język francuski jako „Instytut”. Możemy przypuszczać, że tłumaczenia dokonał Antoni Wróblewski. Być może po raz pierwszy użyto wtedy nazwy „Instytut” w kontaktach z instytucją zagraniczną? Pozostałe druki i spisy gatunków także

pochodzą z okresu międzywojennego z lat 1934, 1935, 1936, 1937, 1938 oraz lat powojennych 1947 i 1948.

Antoni Wróblewski, związany z niepodległościowym ruchem socjalistycznym, znalazł się we Francji po wydarzeniach 1905 r. Spisy słuchaczy muzealnych wykładów botaniki potwierdzają, że był on studentem tej instytucji w 1908 roku, a przechowywana w Archiwum PAN w Poznaniu legitymacja zaświadcza, iż w 1910 r. został pracownikiem muzealnego działu upraw. Natomiast rękopiśmienne zaświadczenie, podpisane przez Louisa Magnina, wybitnego botanika, mykologa i fitopatologa, pierwszego kierownika muzealnego Laboratorium Roślin Skrytopłciowych, potwierdza sześciomiesięczną pracę Wróblewskiego w tym laboratorium nad pasożytami roślin uprawnych.

W bibliotece botanicznej (dawnego Laboratorium Botaniki) przechowywane są dwa listy Antoniego Wróblewskiego do L. Magnina. Listy pochodzą z 1911 i 1912 r., wysłane zostały ze Lwowa i Kołomyi. W okresie tym Wróblewski pracował w Państwowej Szkole Ogrodniczej we Lwowie. Oba listy dotyczą spisu pasożytniczych grzybów zebranych przez niego w 1911 r. w *Jardin des Plantes*. Ta pionierska praca została opublikowana w muzealnym czasopiśmie i właśnie jej publikacja jest zasadniczym tematem listów.

Przeprowadzone w zbiorach biblioteki MNHN kwerendy doprowadziły do odnalezienia zaledwie kilku dokumentów związanych z Kórnikiem i z postacią Antoniego Wróblewskiego. Poszukiwania będą kontynuowane, albowiem coraz większa liczba dokumentów dawnych muzealnych laboratoriów przekazywana jest do biblioteki. Ich katalogowanie często przyczynia się do ustalenia nowych faktów. Nawet te skromne jak dotychczas znaleziska zaświadcza, że w okresie II Rzeczypospolitej MNHN było dla Ogrodów Kórnickich ważnym partnerem wymiany naukowej.

Młode pokolenie inwazyjnych gatunków drzew – reakcje osobnicze i populacyjne na dostępność światła

Marcin K. Dyderski*, Andrzej M. Jagodziński

*Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik
Katedra Łowiectwa i Ochrony Lasu, Wydział Leśny, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Wojska Polskiego 71D, 60-625 Poznań, *Marcin.Dyderski@gmail.com*

Inwazyjne gatunki drzew stanowią jedno z głównych zagrożeń dla różnorodności biologicznej, zarówno w skali lokalnej, jak i globalnej. Dla zrozumienia mechanizmów warunkujących ich rozprzestrzenianie się niezbędne jest poznanie procesów determinujących wzrost i przeżywalność ich odnowienia naturalnego. Na sukces ekologiczny gatunku inwazyjnego składają się czynniki należące do trzech grup: cechy biologiczne gatunku obcego, cechy środowiska oraz dostępność propagul w otoczeniu. Celem naszej pracy było określenie, jak dostępność światła

wpływa na sukces ekologiczny trzech gatunków inwazyjnych: *Prunus serotina*, *Quercus rubra* oraz *Robinia pseudoacacia*. Założyliśmy, że dostępność światła będzie wpływać zarówno na biomasa osobniczą, jak i na zagęszczenie młodego pokolenia badanych gatunków, a także na alokację biomasy i inwestycję roślin w rozwój liści oraz korzeni.

Badania prowadzono w układzie 378 stałych poletek badawczych zlokalizowanych na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego (WPN) oraz w układzie eksperymentalnym (doświadczenie doniczkowe) na terenie Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk (ID). Oba układy zawierały zróżnicowane warunki glebowe. W 2017 r. w WPN wykopano 647 osobników badanych gatunków, a w ID – 416. Dla każdej rośliny określono całkowitą biomasa, alokację biomasy do poszczególnych organów oraz specyficzną powierzchnię liści (SLA). Dodatkowo dla roślin z ID określono parametry morfologiczne korzeni drobnych – ich długość, powierzchnię oraz specyficzną długość korzeni (SRL). Dla poletek z WPN obliczono też biomasa odnowienia naturalnego w ramach poletka. W WPN dla każdego poletka zmierzono dostępność światła rozproszonego (DIFN) za pomocą urządzenia LAI-2200 (Li-Cor Inc.), a w ID doniczki umieszczono w trzech wariantach świetlnych: 10%, 20% oraz 100% pełnego światła. Do oceny oddziaływania dostępności światła na parametry roślin badanych gatunków wykorzystano modele mieszane, w których efektem stałym była dostępność światła, a losowym – hierarchiczny układ obu doświadczeń.

Dostępność światła ma pozytywny wpływ na biomasa odnowienia naturalnego badanych gatunków: najsilniejszy na *P. serotina*, a najslabszy na *R. pseudoacacia*. W porównaniu z innymi czynnikami względna ważność tego predyktora wynosi od 8,3 (*Q. rubra*) do 13,9% (*R. pseudoacacia*) przyrostu średniego błędu kwadratowego przy losowym przetasowaniu zmiennej. Na poziomie osobniczym stwierdzono istotny statystycznie ($p < 0,05$) pozytywny wpływ dostępności światła na całkowitą biomasa *P. serotina* w WPN oraz *P. serotina* i *Q. rubra* w ID, a także na udział korzeni w biomasie *P. serotina* (WPN i ID) oraz *R. pseudoacacia* (ID). Stwierdzono ponadto istotny statystycznie ($p < 0,05$) negatywny wpływ dostępności światła na udział liści w biomasie *P. serotina* (WPN i ID), *Q. rubra* (WPN) i *R. pseudoacacia* (ID) oraz na SLA *P. serotina* (WPN i ID), *Q. rubra* i *R. pseudoacacia* (ID). Nie stwierdzono istotnego statystycznie ($p > 0,05$) wpływu dostępności światła na morfologię korzeni drobnych badanych gatunków.

Uzyskane wyniki wskazują na ważną rolę dostępności światła w kształtowaniu nie tylko odpowiedzi populacyjnej, ale też osobniczej młodego pokolenia inwazyjnych gatunków drzew. Przekłada się to na dużą plastyczność fenotypową, pozwalającą na adaptację do ograniczeń w dostępności światła poprzez poprawę wydajności aparatu asymilacyjnego (zwiększenie SLA) oraz zwiększenie alokacji biomasy do liści. Mechanizmy te wskazują na jedno z przyczyn sukcesu badanych gatunków inwazyjnych.

Badania zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach grantu nr 2015/19/N/NZ8/03822 pt. „Ekofizjologiczne i ekologiczne uwarunkowania inwazyjności drzew i krzewów na przykładzie *Padus serotina*, *Quercus rubra* oraz *Robinia pseudoacacia*”.

Cechy drzew, drzewostanów i siedlisk leśnych wpływające na śmiertelność świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) H.Karst) spowodowaną przez kornika drukarza (*Ips typographus* (L.))

Anna Gazda¹, Wojciech Grodzki², Stanisław Miścicki³

¹Zakład Bioróżnorodności Leśnej, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie,
al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków, rlgazda@cyf-kr.edu.pl

²Zakład Lasów Górskich, Instytut Badawczy Leśnictwa, ul. Fredry 39, 30-605 Kraków

³Katedra Urządzania Lasu i Ekonomiki Leśnictwa, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

W okresie gradacji kornika drukarza śmiertelność świerka pospolitego – rozumiana jako udział drzew zmarłych wskutek zasiedlenia przez owady w stosunku do początkowej liczby określonej populacji drzew – jest zróżnicowana. Za najważniejsze czynniki wpływające na to uważa się różnice w: dostępności wody w glebie, temperaturze powietrza (zbyt wysokiej w terenach górskich), wieku drzew, udziale świerków, zasobności drzewostanów, oraz stres wynikający z działania innych czynników abiotycznych i biotycznych. Wśród tych cech pomijano żyzność siedlisk leśnych.

Postanowiono określić zależność śmiertelności świerków w okresie gradacji kornika drukarza od wybranych cech drzew, drzewostanów i siedlisk leśnych. Wykorzystano materiał zebrany w latach 2000–2004 podczas pomiarów 160 stałych powierzchni próbnych rozmieszczonych regularnie na obszarze tzw. Rezerwatu Ścisłego Białowieskiego Parku Narodowego (RS BPN). Powierzchnie próbne były zlokalizowane w drzewostanach wzrastających na wszystkich typach siedliskowych lasów wyodrębnionych w RS BPN oraz reprezentowały szeroki zakres: zasobności drzewostanów, stopnia pokrycia przez korony, udziału świerków i ich wymiarów. Na 129 powierzchniach próbnych rósł co najmniej jeden świerk. Łącznie w okresie czterech lat obserwowano 493 świerki, z czego 69 zmarło z powodu zasiedlenia przez kornika drukarza.

Wykorzystując nieparametryczną metodę BRT (wzmocnionych drzew regresyjnych), obliczono zależność między zamieraniem świerków (przedstawionym jako zmienna dychotomiczna) a ich pierśnicą, ilorazem pierśnicy do przeciętnej pierśnicy świerków w drzewostanie, stopniem pokrycia drzewostanu, zasobnością drzewostanu, zasobnością świerków, ich zagęszczeniem, a także wilgotnością i żyznością siedliska. Te dwie ostatnie cechy wyrażono w kilku wariantach, jako: (1) wartości wskaźnika wilgotności (W) i zasobności gleby w azot (N) wg Ellenberga (określone na powierzchniach próbnych na podstawie spisów florystycznych), (2) zmienne porządkowe (trzy stopnie wilgotności i cztery stopnie żyzności), (3) wartości średnie liczb wskaźnikowych Ellenberga przypisane do danego stopnia wilgotności i zasobności gleby w azot oraz (4) niemianowane cechy jakościowe (nazwy typów siedliskowych lasu).

Utworzone modele dobrze opisywały zależność śmiertelności świerków od cech drzew, drzewostanów i siedlisk (w przypadku najlepszych modeli powierzchnia pod krzywą ROC wynosiła 0,84). Wyniki analiz wskazały, że śmiertelność świerków zależała od wielu cech, a w znacznym stopniu od pierśnicy drzew, wilgotności i żyzności siedliska oraz ich interakcji. W stosunku do wcześniejszych danych z literatury uzyskane wyniki wskazują na nowy fakt: im żyzniejsze siedlisko, tym śmiertelność świerków w następstwie zasiedlenia przez kornika była mniejsza. Wyniki uzyskane na podstawie zróżnicowanego materiału badawczego zebranego w RS BPN wskazały, że grubość (pierśnica) świerków była czynnikiem bardziej wpływającym na ich śmiertelność niż zasobność i wiek drzewostanów.

Asymetria fluktuacyjna liści buka a występowanie hartigiolówki bukowej (*Hartigiola annulipes*)

Marian J. Giertych^{1,2}, Sebastian Pilichowski²

¹Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik, giertych@man.poznan.pl

²Uniwersytet Zielonogórski, ul. Prof. Z. Szafrana 1, 65-516 Zielona Góra

Symetria dwuboczna w budowie morfologicznej jest powszechna w świecie zwierząt, ale występuje również w budowie wielu organów roślin, w tym np. kwiatów czy liści. Niewielkie odstępstwa od tej reguły nazywane są asymetrią fluktuacyjną. Uważa się powszechnie, że za powstanie tych odchyłeń od symetrii są odpowiedzialne czynniki stresowe i że może ona być ich dobrym wskaźnikiem. Zgodnie z hipotezą witalności rośliny-gospodarza (*Plant Vigour Hypothesis*) owady roślinożerne wybierają na miejsca składania jaj i dalszego rozwoju larw te rośliny bądź ich organy, które są największe lub charakteryzują się dobrą witalnością. Bazując na powyższych stwierdzeniach, postawiliśmy hipotezę: pryszczarek – hartigiolówka bukowa (*Hartigiola annulipes*) wybiera liście symetryczne, ponieważ nie przejawiają one symptomów stresu. Układ hartigiolówka – buk jest dobrym obiektem do testowania tej hipotezy, ponieważ owad składa jaja w momencie pełnego rozwoju liści, kiedy ewentualne odstępstwa od symetrii są już ujawnione, a obecność galasów przez niego wywoływanych nie powoduje zniekształcenia liści ani ubytków w blaszce liściowej.

Badania przeprowadzono na liściach buka (*Fagus sylvatica*) zebranych w 2017 r. w Zielonej Górze. W badaniach uwzględniono liście z galasami (42) i bez galasów (49). Liście zeskanowano, a następnie w programie WinFolia2013, za pomocą jego funkcji graficznej, rozdzielono każdy liść wzdłuż nerwu głównego na dwie części. Dla obu części zmierzono niezależnie powierzchnię i maksymalną szerokość blaszki liściowej. Wyliczono indeks symetrii liści (ISL) według wzoru: $ISL = |PP - LP| / (PP + LP)$, gdzie PP – powierzchnia prawej części; LP – powierzchnia lewej części. Ponieważ wartości indeksów dla powierzchni i szerokości ściśle ze

sobą korelują, w dalszych analizach uwzględniono tylko indeksy dla powierzchni. Przyjęto następujące wartości graniczne: $ISL < 0,05$ – liście symetryczne; ISL w zakresie $0,05-0,20$ – liście wykazujące asymetrię fluktuacyjną; $ISL > 0,20$ liście silnie asymetryczne. Po stwierdzeniu testem W Shapiro-Wilka normalności rozkładów ISL wykonano analizy korelacji Pearsona oraz istotności różnic testem t Studenta.

Liście symetryczne stwierdzono w 18 przypadkach, a w 72 wykazano asymetrię fluktuacyjną. Z dalszych analiz wyłączono jeden liść, który wykazywał ISL większy niż 0,20. Wykazano, że ISL nie jest zależny od wielkości liścia. Podobnie zresztą stwierdzono, że wartości średnie nie różniły się istotnie i wynosiły odpowiednio: 0,0704 dla liści bez galasów i 0,0821 dla liści z galasami. Świadczyć to może o braku wyraźnej tendencji do wybierania liści symetrycznych przez hartigiolówkę. Stwierdzone przez innych autorów negatywne korelacje wartości współczynnika asymetrii liści i występowania owadów w tym przypadku się nie potwierdziły. Pamiętać jednak należy, że badania wykonane zostały tylko na jednej powierzchni i na niewielkiej próbie liści.

Badania wykonano w ramach projektu nr 2013/11/N/NZ9/00106 finansowanego przez NCN oraz w ramach działalności statutowej Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk.

Unfolding the role of DNA methylation on xylogenesis modulation in *Salix purpurea*

Carolina Gomes*, Mortaza Khodaeiaminjan, Jorge A. Pinto Paiva

Institute of Plant Genetics, Polish Academy of Sciences, 34 Strzeszyńska, 60-479 Poznań, Poland,
*cgom@igr.poznan.pl

Salix L. (willow) species are one of the leading biomass crops in the northern hemisphere. Willows are ideal biomass feedstocks for bioenergy and biofuel applications given the ease of vegetative propagation and fast growth in short-rotation coppices.

For willow to attain its full potential as bioenergetic crop, it is crucial to understand the molecular mechanisms underlying wood formation and the modulation of cell wall composition. The study of epigenetic players in woody species is important to understand its phenotypic plasticity to a changing environment. Cytosine-5 methylation (Cy5Met) is a major and dynamic epigenetic DNA modification that has been proven to have a critical role in regulating gene expression during plant development. However, its role on the regulation of wood formation and secondary cell wall variability is still poorly understood, particularly in *Salix* species.

To understand the role of DNA methylation on the regulation of xylogenesis in *Salix purpurea*, *in vitro* cultured plants with altered methylation patterns were

generated using zebularine as DNA hypomethylating agent. *S. purpurea* *in vitro* plantlets from a single genotype were exposed to zebularine at final concentrations of 15, 25 and 50 μM . After 20 days of treatment, control (no hypomethylating agent) and zebularine-exposed *in vitro* plantlets were harvested. For all tested zebularine concentrations, it was observed an impairment on root formation and shoot elongation and premature aging in comparison to control plants. Further, zebularine-exposed plantlets were placed in zebularine-free medium for 20 days to monitor the recovery from the treatment. After 20 days of sub-culture, plantlets were shown to regain the root component, but no significant change was observed on shoot elongation. Finally, the harvested material was characterized in terms of lignin biosynthesis-related gene expression patterns, to understand the dynamics of xylogenesis regulation in plants with artificially altered DNA methylation.

The results obtained in this study provide a first insight in the unraveling of key molecular players involved on xylogenesis and secondary cell walls biosynthesis and their transcriptional and post-transcriptional regulatory circuits.

The authors thank the NCN (Poland) SONATABIS 5 bis grant UMO-2015/18/E/NZ2/00694 (project PurpleWalls). J.A.P. Paiva also acknowledges his research contract financed by the EU FP7 BIOTALENT project [GA621321] and financial sources for education in the years 2015–2019 allocated to an international co-financed project no W26/7.PR/2015 [GA 3413/7.PR/2015/2].

Macrolichenes na korze drzew przydrożnych zachodniej Polski

Piotr Grochowski

Zamiejscowy Wydział Kultury Fizycznej w Gorzowie Wlkp., Akademia Wychowania Fizycznego w Poznaniu, ul. Estkowskiego 13, 66-400 Gorzów Wlkp., piotr.grochowski@awf-gorzow.edu.pl

Porosty jako grzyby zlichenizowane odgrywają ważną rolę w każdym ekosystemie i występują właściwie we wszystkich możliwych siedliskach. Bogatą grupę ekologiczną stanowią gatunki epifityczne, które tworzą różnorodne formy plech, od endolitycznych (prawie niewidocznych gołym okiem) – osadzonych pod powierzchnią kory, do wielkoplechowych – *macrolichenes* o strukturze listkowatej lub krzaczkowatej. W przypadku porostów wielkoplechowych w ostatniej dekadzie zauważono wzrost liczebności i poprawę jakości plech. Wielu badaczy-lichenologów (m.in. Fałtynowicz, Lipnicki, Motiejūnaitė czy Seaward) mówi o powrocie gatunków wielkoplechowych na potencjalne siedliska ich występowania. Fakt ten związany jest niewątpliwie z poprawą jakości warunków aerosanitarnych. Jednakże wpływ na obecność epifitycznych porostów mają także inne czynniki. Na przestrzeni badań prowadzonych w latach 2008–2018 stwierdzono, że stan li-

chenobioty zależy od gatunku forofitu. Na większości stanowisk obejmujących nasadzenia modrzewiowe (*Larix decidua*) w kulturach leśnych wykazano bardzo bogaty skład gatunkowy porostów epifitycznych, na co niewątpliwie ma wpływ gubienie igieł przez drzewa i stwarzanie dogodnych warunków dla fotofilnych porostów. Z pewnością jednak na taki stan ma wpływ coraz lepsza jakość powietrza. W tej grupie można spotkać cenne gatunki z rodzaju brodaczk (*Usnea*): b. zwyczajna (*U. dasypoga*), b. kępkowa (*U. hirta*) i b. kędzierzawa (*U. subfloridana*), włośotka (*Bryoria*): w. brązowa (*B. fuscescens*) i w. ciemniejsza (*B. subcana*), odnożyca (*Ramalina*): o. mączysta (*R. farinacea*), o. kępkowa (*R. fastigiata*), o. jesionowa (*R. fraxinea*) i o. opylona (*Ramalina pollinaria*), a także płucnicę płotową (*Cetraria sepincola*), złotlinkę jaskrawą (*Vulpicida pinastri*) i do niedawna uznawaną za wymierającą żółtlicę chropowatą (*Flavoparmalia caperata*). Właściwie można mówić o pewnym „odrodzeniu” lichenobioty.

Również na drzewach przydrożnych i pojedynczych, dobrze doświetlonych egzemplarzach drzew liściastych wykazuje się obecność licznych porostów epifitycznych. W tym przypadku dodatkowym czynnikiem wpływającym na pojawianie się i wegetację plech jest ich kalcyfilność i pyłolubność, związane z przystosowaniem się porostów do takich właśnie warunków środowiskowych. W szczególności godne uwagi są stare aleje dębowe, brzożowe, jesionowe czy lipowe. Spośród interesujących porostów wielkoplechowych z takich siedlisk, na uwagę zasługują oprócz wyżej wymienionych kolejne, podlegające ochronie gatunkowej: popielak pylasty (*Imshaugia aleurites*), wabnica kielichowata (*Pleurosticta acetabulum*), puśtułka rurkowata (*Hypogymnia tubulosa*) oraz inne wielkoplechowe: tarczownica bruzdkowana (*Parmelia sulcata*), mąklka tarniowa (*Evernia prunastri*), mąklik otrębiasty (*Pseudevernia furfuracea*) czy płucnik modry (*Platismatia glauca*). Oczywiście obok nich bardzo często występują również cenne gatunki o drobnych plechach, np. z rodzaju otwornica (*Pertusaria*), pałecznik (*Calicium*), trzonecznica (*Chaenotheca*) czy pismaczek (*Opegrapha*).

Obecność tych gatunków wzbogaca bioróżnorodność siedlisk i podnosi wartość przyrodniczą terenów, na których występują. Większość z *macrolichenes* klasyfikowana jest w skalach bioindykacyjnych na poziomach świadczących o stosunkowo małym zanieczyszczeniu powietrza bądź o czystym powietrzu. Dlatego nawet niewytrawny badacz jest w stanie, po rozpoznaniu porostów wielkoplechowych, do pogłądowej oceny stanu sanitarnego powietrza.

Niestety, ze względu na słabą znajomość tej grupy organizmów, porosty i ich siedliska dość często ulegają zniszczeniu. W ostatnich latach nasilające się wycinki drzew związane z inwestycjami budowlanymi lub po prostu wynikające z chęci pozbycia się drzewa z posesji prowadzą do zubożenia lichenobioty. Dlatego tego typu działania powinny być poprzedzone ekspertyzą lichenologa.

Analiza porównawcza proteomów głównych i bocznych pąków świerka pospolitego w czasie spoczynku

Marzenna Guzicka*, Tomasz A. Pawłowski, Aleksandra M. Staszak,
Roman Rożkowski, Daniel J. Chmura

Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,
*guzicka@man.poznan.pl

Spoczynek pąków drzew nagozalążkowych umiarkowanej strefy klimatycznej jest wyrazem ich przystosowania do sezonowo zmieniających się warunków środowiskowych. Pozwala przetrwać niekorzystne warunki w czasie zimy, a po ustąpieniu umożliwia zsynchronizowany rozwój zawiązka pędu w pęd. Zimowy spoczynek drzew, indukowany przez skracający się dzień lub obniżającą się temperaturę powietrza, nie jest okresem jednorodnym. Pierwszym jego etapem jest endospoczynek, do przełamania którego w warunkach naturalnych niezbędny jest chłód. Ustąpienie endospoczynku zbiega się z nadejściem zimy, co powoduje przejście pąków w stan ekospoczynku, który z kolei ustępuje na skutek nagromadzenia odpowiedniej sumy ciepła. Stan spoczynku charakteryzuje zarówno pąki główne, jak i boczne. Jednak czy mimo morfologicznego podobieństwa przebiega w nich podobnie?

W celu odpowiedzi na to pytanie w trzech kolejnych sezonach badawczych przeprowadziliśmy analizy proteomiczne pąków głównych i bocznych świerka pospolitego *Picea abies* (L.) H.Karst. Pąki zbierano na plantacji nasiennej świerka II generacji w Lesie Doświadczalnym ID PAN „Zwierzyniec” koło Kórnika od września do czasu podjęcia aktywności podziałowej (marzec). Badania objęły okres nabywania endospoczynku, pełnego endospoczynku, ekospoczynku i podjęcia aktywności podziałowej. Z pąków izolowano zawiązki pędów, które poddano analizie proteomicznej. Do badań proteomicznych wykorzystano metody elektroforezy dwukierunkowej 2D SDS-PAGE oraz spektroskopii masowej ESI MS/MS. Wyniki dotyczące objętości plamek białkowych poddano analizie statystycznej. Na każdym etapie spoczynku dwie badane kategorie pąków – główne i boczne – porównywano parami dla każdego białka. Najpierw przeprowadzono test nierówności wariancji między grupami. Jeżeli test ten był statystycznie istotny, zastosowano test t przy założeniu nierównych wariancji. W przeciwnym razie zastosowano test t z równymi wariancjami. Różnice uznano za znaczące na poziomie $\alpha \leq 0,1$. Wszystkie analizy statystyczne przeprowadzono w pakiecie statystycznym JMP 9.0.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Wegetatywne pąki główne i boczne świerka pospolitego różniły się wielkością, jednak zarówno ich morfologia, jak i struktura były podobne. Na poziomie proteomicznym wykazano natomiast znaczące różnice między tymi dwiema kategoriami pąków. W pąkach głównych zidentyfikowano 366 białek, w bocznych z kolei 281. W przypadku białek stwierdzonych zarówno w pąkach głównych,

jak i bocznych 74 różniły się w sposób statystycznie istotny. Poziom 25 spośród nich był wyższy w pąkach bocznych, jednak trend zmian w obu typach pąków był podobny w badanym okresie. Interesującą grupę stanowiły białka, których przebieg zmian w kolejnych fazach spoczynku był wyraźnie różny w przypadku pąków głównych i bocznych. W obu analizowanych typach pąków najwyższy poziom wykazywały dehidryny, których obecność związana jest prawdopodobnie z odpornością pąków na stres chłodu i mrozu. Różnice między pąkami głównymi i bocznymi, wykazane na poziomie molekularnym, zaskakują w kontekście wysokiego podobieństwa morfologicznego i anatomicznego pąków obu kategorii. Problem wymaga dalszych badań, niemniej na tym etapie wiążemy je z dominacją wierzchołkową pąków głównych.

Badania realizowano w ramach grantu NCN nr N N303 806940 oraz działalności statutowej Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk.

Wpływ składu gatunkowego drzewostanu na rozwój wierzchnich warstw gleb rekultywowanych gruntów pokopalnianych

Paweł Horodecki¹, Mirosław Nowiński², Andrzej M. Jagodziński^{1,3}*

¹*Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,
pawelhorodecki@gmail.com

²*Katedra Siedliskoznawstwa i Ekologii Lasu, Wydział Leśny, Uniwersytet Przyrodniczy
w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 71F, 60-625 Poznań*

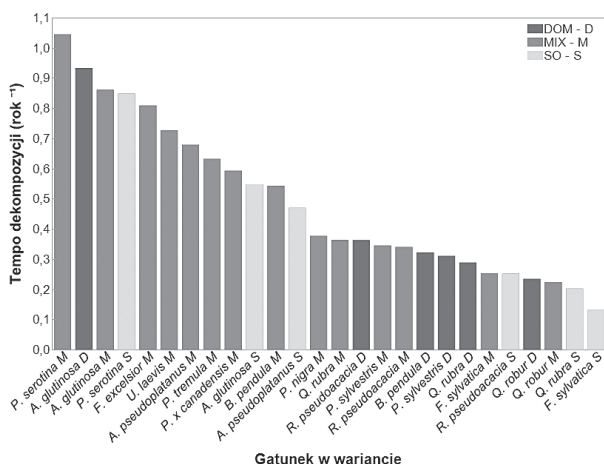
³*Katedra Łowiectwa i Ochrony Lasu, Wydział Leśny, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Wojska Polskiego 71D, 60-625 Poznań*

Zdegradowane tereny przemysłowe, pomimo punktowego występowania, sumarycznie stanowią pokaźny areał. W Polsce ich powierzchnia wynosi blisko 65 000 ha. Rekultywacja tych gruntów i ich przywrócenie do stanu sprzed powstania szkody jest obowiązkiem wymaganym prawem. Zasadne jest ich szybkie uproduktywnienie, aby wysiłek finansowy włożony w rekultywację dostrzegalny był nie tylko w wymiarze krajobrazowym, ale również ekonomicznym.

Kluczowe w osiągnięciu sukcesu rekultywacyjnego na gruntach zdegradowanych jest odtworzenie gleby. W tym celu dość powszechne jest stosowanie nawożenia mineralnego i organicznego oraz wprowadzanie roślin przedplonowych wzbogacających glebę. Te zabiegi wpływają na skrócenie czasu do uzyskania przez ekosystem względnej stabilizacji i samoregulacji. Jednakże ich oddziaływanie na przyspieszenie osiągnięcia zysków z gospodarki leśnej może być rozpatrywane jedynie w wymiarze kilku pokoleń lasu. Odpowiedni dobór gatunków drzew, a także form zmieszania drzewostanów, może skrócić czas oczekiwania na potencjalne zyski nawet do jednej kolei rębu.

Celem badań była ocena potencjału różnych gatunków drzew oraz form zmieszania drzewostanów w formowaniu wierzchnich warstw gleb na gruntach zdegradowanych.

W 2011 r. założyliśmy na zwałowisku zewnętrznym Kopalni Węgla Brunatnego w Bełchatowie szereg doświadczeń dekompozycyjnych. W jednogatunkowych drzewostanach (wariant DOM) sześciu gatunków drzew, tj. *Alnus glutinosa* (4 drzewostany), *Betula pendula* (4), *Pinus sylvestris* (10), *Robinia pseudoacacia* (2), *Quercus robur* (3) oraz *Q. rubra* (1), wyłożyliśmy łącznie 1728 woreczków ściółkowych wypełnionych liśćmi wymienionych gatunków. Woreczki o wymiarach 15×15 cm zrobiliśmy z moskitiery z włókna szklanego o wymiarach oczek 1×1 mm. Dodatkowo w 10 drzewostanach *P. sylvestris* (wariant SO) wyłożyliśmy 1440 woreczków wypełnionych liśćmi *A. glutinosa*, *Acer pseudoplatanus*, *Fagus sylvatica*, *Prunus serotina*, *Q. rubra* oraz *R. pseudoacacia*. Kolejny zestaw próbek, składający się z 2229 woreczków, został wyłożony pod okapem drzewostanów mieszanych (wariant MIX). W woreczkach tego wariantu doświadczenia znajdowały się liście 14 gatunków drzew, tj. *A. glutinosa*, *B. pendula*, *P. sylvestris*, *Q. robur*, *R. pseudoacacia*, *A. pseudoplatanus*, *F. sylvatica*, *Fraxinus excelsior*, *Populus nigra* 'Italica', *Populus tremula*, *Populus ×canadensis*, *P. serotina*, *Q. rubra* oraz *Ulmus laevis*. Doświadczenia trwały 36–59 miesięcy. Zbiorów próbek dokonywano w odstępach 3-miesięcznych (tylko ostatniego zbioru dokonano po upływie 12 miesięcy od poprzedniego). W laboratorium próbki wysuszono do stałej masy, oczyszczono oraz określono ich suchą masę. Na tej podstawie za pomocą wzorów empirycznych dostępnych w literaturze określono średnie tempo dekompozycji liści dla poszczególnych gatunków drzew w określonych warunkach drzewostanowych. Dodatkowo określono granice procesów mineralizacji oraz humifikacji.



Ryc. 1. Tempo dekompozycji (rok^{-1}) liści różnych gatunków drzew w poszczególnych wariantach doświadczenia wyrażone jako stała k obliczona wg wzoru: $k = -\ln(m/\text{im}) \cdot t^{-1}$, gdzie m oznacza pozostałą część masy początkowej po okresie t , im – masę początkową ($t=0$), $\ln$ – logarytm naturalny

Liście poszczególnych gatunków drzew ulegały dekompozycji w zróżnicowanym tempie. Znaczne różnice były również obserwowane w odniesieniu do rozkładu liści tego samego gatunku w różnych wariantach doświadczenia (ryc. 1).

Tempo dekompozycji liści oraz jej przebieg w poszczególnych etapach procesu przekładają się bezpośrednio na proporcje mineralizowanej oraz humifikowanej części materiału roślinnego. Drzewostany mieszane zapewniają szybszy obrót związków organicznych dostępnych dla roślin aniżeli drzewostany macierzyste. Te z kolei stwarzają lepsze warunki obiegu materii organicznej aniżeli drzewostany sosnowe. Właściwości fizyczne gleb pod okapem badanych drzewostanów różnią się znacząco. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdziliśmy, że w procesie rekultywacji należy w jak największym stopniu urozmaicać skład gatunkowy zakładanych nasadzeń oraz ich formy zmieszania. Może to znacząco przyspieszyć proces odtwarzania gleb na gruntach zdegradowanych, a w rezultacie osiągnięcie pełnej produktywności ekosystemów leśnych na gruntach pokopalnianych.

Badania wykonano w ramach projektu pt. „Środowiskowo-genetyczne uwarunkowania produktywności ekosystemów leśnych na gruntach leśnych i przemysłowych” finansowanego przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych w Warszawie (2011–2015).

Czy nagozależkowe to głównie rośliny jednopienne? Związek systemów płciowych z cechami ekologicznymi roślin nagozależkowych

Grzegorz Iszkulo^{1,2*}, Peter A. Thomas³, Żanna Tyrła-Wierucka²,
Łukasz Walas¹

¹*Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,
iszkulo@man.poznan.pl

²*Wydział Nauk Biologicznych, Uniwersytet Zielonogórski, ul. Prof. Z. Szafrana 1,
65-516 Zielona Góra*

³*School of Biological Sciences, Keele University, Keele ST5 5BG, Staffs, UK*

Uwaga badaczy płciowości roślin skupia się przede wszystkim na roślinach okrytozależkowych. Wiedza o nagozależkowych jest znacznie uboższa. Różne źródła wskazują, że 25–36% gatunków nagonasiennych jest dwupiennych, natomiast pozostałe gatunki są jednopienne lub o mieszanym systemie płciowym (gatunek ma osobniki jedno- lub dwupienne). Bardzo duże rozbieżności pomiędzy źródłami oraz zmiany w systematyce sprawiają, że konieczna jest weryfikacja stanu wiedzy o systemach płciowych u nagozależkowych. Uważa się również, że gatunki dwupienne są bardziej narażone na wyginięcie w porównaniu z innymi systemami płciowymi. Dlatego celem niniejszej pracy była rewizja dotychczas-

wej wiedzy o występowaniu dwupienności i jednopienności wśród nagozalążkowych oraz korelacja tych cech z klimatem, pokrojem, sposobem zapylenia, rodzajem strobili czy też ryzykiem wyginięcia.

Wbrew dotychczasowym opiniom wykazano, że dwupienność występuje u blisko 65% gatunków współcześnie wyróżnianych nagozalążkowych. Dominuje ona u ośmiu z dwunastu wydzielanych rodzin. Podobnie jak w przypadku okrytozalążkowych u nagozalążkowych dwupienność występuje szczególnie często wśród pnączy (100% gatunków pnączy nagozalążkowych jest dwupienna) oraz znacznie częściej w klimacie tropikalnym. Analiza stopnia zagrożenia według kategorii Międzynarodowej Unii Ochrony Przyrody (IUCN) wykazała, że gatunki dwupienne są bardziej narażone na wyginiecie w porównaniu z roślinami jednopiennymi, ale tylko w klimacie umiarkowanym. Wynik ten może być tłumaczony dużą wrażliwością dwupiennych na zmiany środowiskowe spowodowane przez człowieka, które są szczególnie intensywne w umiarkowanej strefie klimatycznej. Nagozalążkowe są bardzo interesujące w kontekście porównania ewolucji dwupienności oraz jednopienności. Monofiletyczność nagozalążkowych oraz stosunkowo niewielka liczba gatunków (ok. 1000) stwarza możliwość traktowania tej grupy jako modelowej.

Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2012/07/B/NZ9/01314, środków Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, a także Wydziału Nauk Biologicznych Uniwersytetu Zielonogórskiego.

Efektywność rozmnażania generatywnego *Betula humilis* Schrk. w siedliskach podmokłych i przesuszonych

Katarzyna Jadwiszczak^{1*}, Agnieszka Bona¹, Stanisław Kłosowski²

¹Instytut Biologii, Uniwersytet w Białymstoku, ul. Ciołkowskiego 1J, 15-245 Białystok,
*kszalaj@uwb.edu.pl

²Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Jana Kochanowskiego,
ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce

Brzoza niska (*Betula humilis*) należy do gatunków zagrożonych wyginieniem w Europie Zachodniej i Centralnej. Na obszarze Polski liczba populacji brzozy niskiej zmalała w XX w. aż pięciokrotnie, głównie na skutek osuszania jej naturalnych siedlisk. Jako krzew o słabych właściwościach konkurencyjnych, *B. humilis* utrzymuje się tam, gdzie wysoki poziom wód gruntowych i wysokie stężenie jonów wapnia uniemożliwiają wzrost roślin leśnych i zaroślowych. Pomimo spadku liczby stanowisk i wzrostu izolacji pomiędzy nimi, gatunek ten ciągle charakteryzuje się wysokim poziomem zmienności genetycznej wewnątrzpopulacyjnej

i niskim zróżnicowaniem markerów molekularnych pomiędzy populacjami na południowo-zachodnim krańcu zasięgu. W celu sprawdzenia, czy wysoki poziom polimorfizmu może być konsekwencją efektywnego rozmnażania generatywnego lub częstych kojarzeń z blisko spokrewnionymi brzożami drzewiastymi, *B. pendula* i *B. pubescens*, przeprowadziliśmy analizę wybranych parametrów rozmnażania płciowego (kwitnienie i kiełkowanie nasion) oraz analizę hybrydyzacji na stanowiskach brzozy niskiej charakteryzujących się wysokim (≥ 10 cm) i niskim (≤ 10 cm) poziomem wody gruntowej.

Populacje na terenach podmokłych i przesuszonych nie różniły się istotnie pod względem liczby kwiatostanów męskich (test randomizacyjny dla dwóch prób; wartość statystyki testowej 1,5; $p=0,40$), żeńskich (wartość statystyki testowej 1,0; $p=0,88$) i całkowitej liczby kwiatostanów (wartość statystyki testowej 6,0; $p=0,18$). Analiza masy nasion wykazała, że nasiona zebrane na siedliskach podmokłych były istotnie cięższe niż nasiona z obszarów przesuszonych (wartość statystyki testowej 0,0037; $p=0,0014$). Okazało się, że masa nasion znacząco wpływała na ich zdolność do kiełkowania ($r_s=0,573$; $p=0,0$). Otrzymane wyniki sugerują, że efektywność rozmnażania generatywnego *B. humilis*, mierzona liczbą kiełkujących nasion, może być wyższa na terenach podmokłych, gdzie gatunek ten nie konkuruje o zasoby siedliska z innymi roślinami.

Identyfikację osobników hybrydowych w populacjach brzozy niskiej przeprowadziliśmy w oparciu o markery molekularne AFLP (*amplified fragment length polymorphism*) z wykorzystaniem trzech pakietów statystycznych: STRUCTURE, GenoDive i 'parallelnewhybrid'. Porównaliśmy zmienność 157 osobników *B. humilis* z populacji z obszarów podmokłych i przesuszonych oraz 76 osobników *B. pendula* i 79 *B. pubescens*. Programy STRUCTURE i GenoDive wskazały sześć potencjalnych mieszańców, z czego pięć pochodziło z populacji o niskim poziomie wody gruntowej. Według wyników z 'parallelnewhybrid' tylko jeden krzew z obszaru podmokłego ma obniżone prawdopodobieństwo przynależności do klasy obejmującej osobniki czystego gatunku. Niski odsetek osobników mogących pochodzić z krzyżówek międzygatunkowych pozwala odrzucić hipotezę o znaczącym wpływie hybrydyzacji na poziom zmienności genetycznej *B. humilis*. Z drugiej jednak strony fakt, że większość potencjalnych mieszańcowych pochodzi z obszarów podsuszonych, sugeruje, że w populacjach zanikających skuteczność barier izolacji rozrodczej pomiędzy brzożą niską a brzożami drzewiastymi może się obniżyć.

Badania zostały sfinansowane z grantu NCN nr 2011/01/B/NZ8/01756 (K. Jadwiszczak) oraz ze środków MNiSW w ramach dotacji na rozwój młodych naukowców (A. Bona).

Zróźnicowanie biomasy nadziemnej drzewostanów głównych gatunków lasotwórczych w Polsce

Andrzej M. Jagodziński*, Kamil Gęsikiewicz, Paweł Horodecki,
Marcin K. Dyderski

Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik, *amj@man.poznan.pl

Precyzyjne określenie wkładu ekosystemów leśnych do globalnego obiegu węgla pozostaje wciąż sporym wyzwaniem, dysponujemy bowiem stosunkowo skąpyimi danymi o ilości węgla związanego w poszczególnych częściach tego układu ekologicznego. Z analizy danych literaturowych wynika, że najwięcej informacji uzyskano do tej pory dla biomasy nadziemnej drzewostanów. Szacowanie nadziemnej biomasy drzew w lasach (a następnie retencji węgla) może odbywać się z wykorzystaniem dwóch głównych sposobów, w zależności od dostępnych danych źródłowych: za pomocą równań allometrycznych lub współczynników przeliczeniowych. Mimo że w literaturze istnieje szereg równań allometrycznych oraz wskaźników przeliczeniowych, ich stosowanie w odmiennych warunkach przyrodniczych niż te, w których je opracowano, może skutkować przeszacowaniem lub niedoszacowaniem stanu biomasy, a zatem i ilości związanego w niej węgla. Stąd też wynika potrzeba opracowania wskaźników, które uwzględnią lokalną zmienność warunków siedliskowych i drzewostanowych.

Badania przeprowadzono dla chronosekwencji drzewostanów głównych gatunków lasotwórczych w Polsce, tj.: *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Abies alba*, *Larix decidua*, *Quercus robur*, *Fagus sylvatica*, *Betula pendula* oraz *Alnus glutinosa*. W latach 2015–2017 wytypowano łącznie 144 drzewostany (po 12 dla brzozy, olszy, jodły i modrzewia oraz po 24 dla sosny, świerka, dębu i buka), a w każdym z nich na podstawie analizy struktury grubości i wysokości drzew wybrano po osiem drzew modelowych, które następnie zostały ścięte. Na ściętych drzewach (1152) wykonano sekcyjny pomiar pni w celu obliczenia ich miąższości. Na podstawie pomiarów terenowych i laboratoryjnych obliczono suchą masę każdego drzewa z podziałem na komponenty: drewno i korę pni, gałęzie oraz liście/igły. Dla każdego z drzewostanów opracowano zestaw specyficznych równań allometrycznych umożliwiających obliczenie miąższości pni drzewostanów oraz ich biomasy nadziemnej (sumarycznej i poszczególnych komponentów). Ponadto obliczono wskaźniki konwersji i ekspansji biomasy (BCEF, t m⁻³), stanowiące iloraz biomasy i miąższości grubizny drzewostanów odniesionych do 1 ha, i porównano je z wytycznymi IPCC.

Nadziemna biomasa drzewostanów sosnowych w wieku od 8 do 117 lat wahała się od 7,5 do 278,8 t ha⁻¹, świerkowych w wieku od 7 do 117 lat – od 6,3 do 359,8 t ha⁻¹, jodłowych w wieku od 8 do 115 lat – od 0,3 do 296,6 t ha⁻¹, a drzewostanów modrzewiowych w wieku od 7 do 120 lat – od 4,2 do 445,8 t ha⁻¹. Nadziemna biomasa drzewostanów brzozowych w wieku od 6 do 81 lat wahała się od 3,4 do 209,6 t ha⁻¹, olszowych w wieku od 9 do 78 lat – od 41,8 do 283,1 t ha⁻¹, dębowych w wieku od 10 do 132 lat – od 11,5 do 376,4 t ha⁻¹, natomiast drze-

wostanów bukowych w wieku od 8 do 117 lat – od 2,0 do 509,2 t ha⁻¹. Dla każdego gatunku wykazano statystycznie istotny liniowy związek pomiędzy sumaryczną biomasą nadziemną a miąższością grubizny drzewostanu ($r^2=0,97-0,99$, $p<0,0001$).

Wskaźniki BCEF dla drzewostanów o miąższości grubizny $>200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ wynosiły: dla drzewostanów olszowych – $0,47 \text{ t m}^{-3}$, dla sosnowych i świerkowych – $0,48 \text{ t m}^{-3}$, dla jodłowych i modrzewiowych – $0,49 \text{ t m}^{-3}$, dla brzoźowych – $0,61 \text{ t m}^{-3}$, dla dębowych – $0,63 \text{ t m}^{-3}$, a dla bukowych – $0,69 \text{ t m}^{-3}$. Średnia wartość wskaźnika BCEF dla drzewostanów liściastych o miąższości grubizny $>200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ wynosiła $0,62 \text{ t m}^{-3}$, podczas gdy dla drzewostanów iglastych – $0,48 \text{ t m}^{-3}$. Dla każdego z analizowanych gatunków drzew wskaźniki BCEF były niższe niż wartości wskaźników przyjmowanych przez IPCC. Według danych IPCC do obliczeń biomasy nadziemnej drzewostanów o miąższości grubizny $>200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ stosuje się następujące wskaźniki BCEF: dla drzewostanów gatunków liściastych – $0,8 \text{ t m}^{-3}$, a dla drzewostanów gatunków iglastych – $0,7 \text{ t m}^{-3}$.

Uzyskane wyniki wskazują na znaczną zmienność stanów biomasy nadziemnej drzewostanów w zależności od gatunku tworzącego drzewostan, jego wieku oraz miąższości grubizny na jednostce powierzchni. Opracowane równania alometryczne i współczynniki przeliczeniowe mogą być stosowane do obliczania zasobów węgla związanego w biomasie nadziemnej drzewostanów w skali kraju, uwzględniając one bowiem wpływ lokalnych uwarunkowań przyrodniczych i gospodarczych na ich rozwój.

Badania wykonano w ramach projektu REMBIOFOR pt. „Teledetekcyjne określanie biomasy drzewnej i zasobów węgla w lasach”, współfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w Warszawie w ramach programu „Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo” BIOSTRATEG na podstawie umowy nr BIOSTRATEG1/267755/4/NCBR/2015.

Klimatyczne uwarunkowania fenologii kiełkowania nasion dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.)

Szymon Jastrzębowski¹, Joanna Ukalska²

¹Laboratorium Oceny Nasion, Zakład Hodowli Lasu i Genetyki Drzew Leśnych, Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn, s.jastrzebowski@ibles.waw.pl

²Zakład Biometrii, Katedra Ekonometrii i Statystyki, Wydział Zastosowań Informatyki i Matematyki, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

Kiełkowanie nasion jest kluczowym etapem w cyklu życiowym roślin. Jednocześnie na tym etapie rośliny są bardzo wrażliwe na występowanie różnorodnych typów stresu środowiskowego. Określenie zakresu amplitudy ekologicznej drzew leśnych w zakresie ich potencjału reprodukcyjnego nabiera szczególnego znacze-

nia w związku z prognozowanymi zmianami klimatu. Większość tego typu badań nie obejmuje jednak strategii kiełkowania ich nasion. Według jednej z obecnie rozpatrywanych hipotez kiełkowanie nasion jest zdeterminowane genetycznie i stanowi swego rodzaju filogenetyczne ograniczenie w ekspresji ich cech. Zgodnie z tą hipotezą blisko spokrewnione gatunki nie przemieszczają się zbyt daleko od swoich optymalnych nisz ekologicznych, w których występuje duża ilość bezpiecznych miejsc do kiełkowania. Druga hipoteza zakłada, że strategia kiełkowania nasion może różnić się wewnątrz danego rodzaju lub gatunku w zależności od występujących warunków siedliskowych.

Celem prezentowanych badań było określenie wpływu warunków termiczno-wilgotnościowych na fenologię kiełkowania nasion dwóch populacji dębu szypułkowego (*Quercus robur*) pochodzących z różnych rejonów klimatycznych Polski.

W 2016 r. zebrano nasiona z dwóch populacji występujących w różnych warunkach klimatycznych: Krotoszyn (Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Poznaniu) – wpływ klimatu atlantyckiego, oraz Strzelce (Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Lublinie) – wpływ klimatu kontynentalnego. Populacje były reprezentowane przez dwa drzewostany przeznaczone do produkcji leśnego materiału rozmnożeniowego z kategorii „wyselekcjonowany” (wyłączone drzewostany nasienne – WDN). Żołędzie przewieziono do Laboratorium Oceny Nasion IBL i przechowywano w chłodni (3°C) przez dwa tygodnie.

Eksperyment przeprowadzono w kontrolowanych warunkach (komory fitotronowe). Doświadczenie obejmowało cztery warianty temperaturowo-wilgotnościowe (tab. 1) i trzy etapy, trwające łącznie 74 dni. W każdym etapie jako wariant kontrolny przyjęto średnie warunki termiczno-pluwalne dla kwietnia, maja oraz czerwca. Obie populacje poddano tym samym warunkom kiełkowania.

W celu sprawdzenia żywotności nasiona podkiełkowano w temperaturze około 20°C w podłożu z piasku. Następnie umieszczono je w doniczkach wypełnionych podłożem piaskowo-torfowym (w stosunku 1:2). W każdym wariancie jedną populację reprezentowało 60 nasion. Obserwacje i liczenie kiełkujących nasion (epikotyli) wykonywano codziennie przez cały okres doświadczenia.

Analizę dynamiki kiełkowania przeprowadzono według modelu jednokierunkowego uwzględniającego każdą z dziewięciu kombinacji (w wariancie K1 nie wykiełkowało żadne nasiono). Stwierdzono istotne różnice tempa kiełkowania pomiędzy kombinacjami. Wyznaczono funkcje regresji logistycznej dla skumulowanej zdolności kiełkowania.

Określono także średnią liczbę dni potrzebnych do wykiełkowania (DDK) dla poszczególnych populacji, wariantów oraz interakcji populacja × wariant. W przypadku DDK zmienna była modelowana rozkładem Poissona. Zastosowano uogólniony model liniowy postaci:

$$\log(\text{DDK}) = \text{Poch} + \text{Wariant} + \text{Poch} \times \text{Wariant},$$

gdzie: $\log(\text{DDK})$ – funkcja wiążąca, DDK – średnia liczba dni do wykiełkowania $\text{Poch} \times \text{Wariant}$.

W celu określenia wpływu pochodzenia i wariantu na zdolność kiełkowania nasion wykorzystano uogólniony model liniowy (logistyczny) postaci:

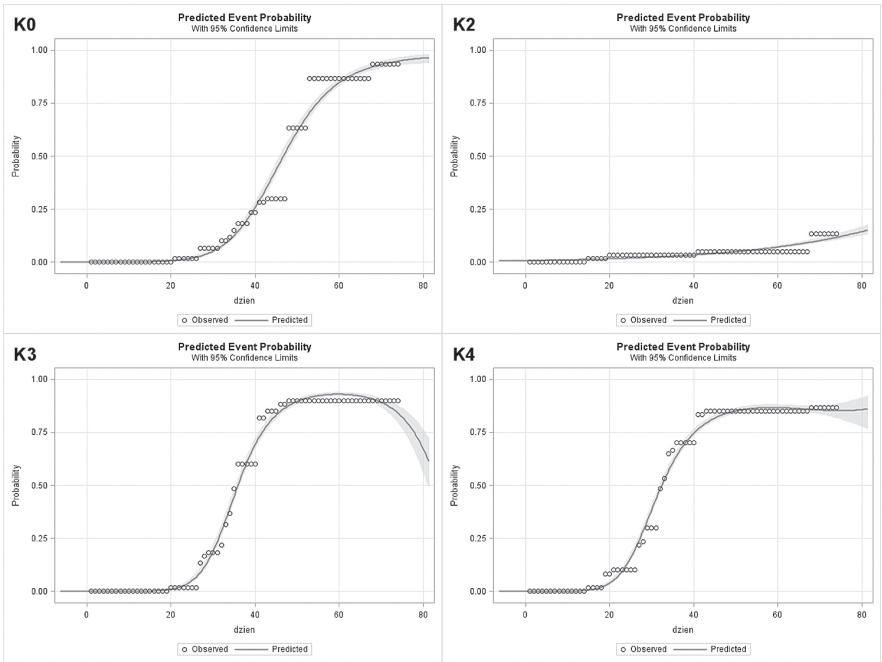
$$\text{logit(ZK)} = \text{Poch} + \text{Wariant}$$

gdzie logit(ZK) jest prawdopodobieństwem wykiełkowania nasiona

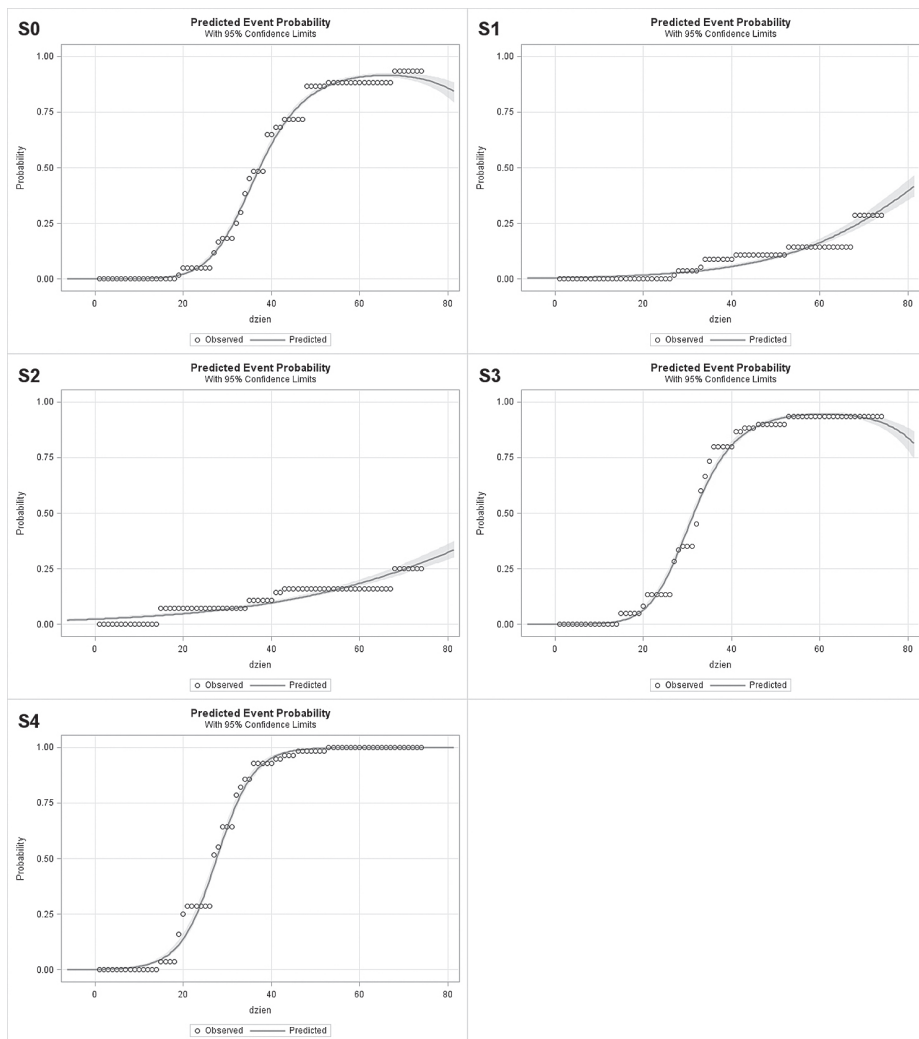
Z powodu braku zbieżności pełnego modelu nie uwzględniono interakcji $\text{Poch} \times \text{Wariant}$. Ponadto wyznaczono iloraz szans w celu sprawdzenia różnic pomiędzy wariantami i pochodzeniami.

Tabela 1. Warianty eksperymentu kiełkowania żołędzi dębu szypułkowego w kontrolowanych warunkach

Wariant	ETAP I warunki kwietnia (1 miesiąc)		ETAP II warunki maja (1 miesiąc)		ETAP III warunki czerwca (2 tygodnie)		Opis
	Temp. (°C)	„Opad” (ml/poj./ 24 h)	Temp. (°C)	„Opad” (ml/poj./ 24 h)	Temp. (°C)	„Opad” (ml/poj./ 24 h)	
0	8,2	10	13	14	16,7	15	przeciętnie
1	4,5	5	9	8	14	9	zimno – sucho
2	4,5	15	9	23	14	23	zimno – mokro
3	12	5	17	8	20	9	ciepło – sucho
4	12	15	17	23	20	23	ciepło – mokro



Ryc. 1. Fenologia kiełkowania nasion dębu szypułkowego z Nadleśnictwa Krotoszyn (K0–K4 to warianty doświadczenia)



Ryc. 2. Fenologia kiełkowania nasion dębu szypułkowego z Nadleśnictwa Strzelce (S0–S4 to warianty doświadczenia)

Roztocze glebowe (*Acari*, *Mesostigmata*) na płaskowyżu Szczeliniec Wielki – zmiany zgrupowań w czasie

Jacek Kamczyc^{1*}, Emilia Pers-Kamczyc², Maciej Skorupski¹,
Andrzej M. Jagodziński^{1,2}

¹Katedra Łowiectwa i Ochrony Lasu, Wydział Leśny, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Wojska Polskiego 71C, 60-625 Poznań, jkam@up.poznan.pl

²Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik

Parki narodowe są szczególnie cennymi obszarami badawczymi ze względu na chronione ekosystemy. Są one również poligonem doświadczalnym dla badaczy z różnych dyscyplin, w tym akarologów. W wielu polskich parkach narodowych prowadzono badania akarologiczne, jednak miały one zazwyczaj charakter inwentaryzacyjny i jednorazowy. Roztocze służą jako bioindykatory zmian zachodzących w środowisku i mogą posłużyć jako wskaźniki wspomagające obserwacje sukcesji zgrupowań, a także wpływu globalnych zmian klimatycznych na ekosystemy leśne. Akarofauna płaskowyżu Szczeliniec Wielki została kompleksowo przebadana w biogrupach: *Betula pendula*, *Picea abies* i *Pinus sylvestris* oraz szczelinach skalnych w latach 2004–2005. Celem pracy było poznanie zmian w składzie gatunkowym i strukturze zgrupowań roztoczy na izolowanym stoliwie skalnym po ponad dziesięciu latach.

Badania przeprowadzono na płaskowyżu Szczeliniec Wielki w Parku Narodowym Gór Stołowych w dziewięciu grupach trzech ww. gatunków drzew. W obrębie biogrupy materiał badawczy pobierano z płatów dominujących w runie gatunków (*Calluna vulgaris*, *Dicranum scoparium*, *Vaccinium myrtillus* i *V. vitis-idaea*) oraz ze szczelin skalnych. Zbiór materiału badawczego został wykonany w 2004 i 2005 oraz 2016 r. Ogólnie z 1620 prób, o objętości około 400 cm³ każda, wypłoszono i wyselekcjonowano roztocze, które następnie oznaczono do gatunku z określeniem stadium rozwojowego.

W wyniku przeprowadzonych badań wykazano obecność 18 624 roztoczy, przy czym ich całkowita liczebność była najwyższa w roku 2004 (7574 osobniki), a najniższa w 2016 r. (5201). W każdym z trzech analizowanych lat najwyższą liczebność roztoczy obserwowano w czerwcu, następnie jej obniżenie w lipcu i wzrost w sierpniu i wrześniu. Całkowita liczebność roztoczy w poszczególnych latach nie różniła się znacznie między biogrupami drzew (biogrupa świerkowa – 6104 osobniki, sosnowa – 6272 oraz brzozowa – 6248). Ogólnie w mikrośrodkach szczelin skalnych wykazano obecność 5217 osobników. Mimo że całkowita liczebność roztoczy zebranych ze szczelin skalnych w 2016 r. (1642 okazy) była zbliżona do liczebności obserwowanej w 2005 r. (1533), największe bogactwo gatunkowe stwierdzono w 2016 r. Bez względu na termin analizy *Gamasellus montanus* był dominującym gatunkiem na płaskowyżu Szczeliniec Wielki. Jego

udział w zgrupowaniach zawierał się w przedziale od 23,2% do 38,8% ogólnej liczby wykazanych roztoczy.

Środowisko płaskowyżu Szczeliniec Wielki ukształtowało stabilne warunki do życia roztoczy, o czym świadczy liczne występowanie wcześniej notowanych gatunków, jak również niezmienny udział rzadko występującego gatunku *Veigaia mollis*, odnotowanego do tej pory jedynie z kilku stanowisk w Polsce.

Wpływ genotypu i wieku topoli oraz warunków glebowych na biomasę grzybni ekstramatrykalnej grzybów mykoryzowych

Leszek Karliński

Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,
leszekk@man.poznan.pl

Grzyby mykoryzowe (GM), wchodzące w związki symbiotyczne z korzeniami drzew, oraz wytwarzana przez nie grzybnia ekstramatrykalna penetrująca roztwór glebowy pełnią szereg istotnych funkcji w środowisku naturalnym. W przypadku drzew GM znacząco zwiększają powierzchnię chłonną ich systemu korzeniowego i podnoszą wydajność pozyskiwania przez nie wielu, często niedostępnych dla nich związków odżywczych. Z drugiej strony GM są głównym odbiorcą węglowodanów dostarczanych przez drzewa. Pełniąc istotną rolę w tworzeniu i przemianach materii organicznej w glebie, uczestniczą w obiegu i kumulacji węgla w podłożu. Szacuje się, że grzybnia ekstramatrykalna może stanowić 60–85% biomasy grzybów w glebie oraz 1/3 biomasy mikroorganizmów glebowych w lasach iglastych. Biomasa grzybni ekstramatrykalnej GM może być warunkowana przez szereg czynników naturalnych, takich jak: zasobność i głębokość gleby, zmiany sezonowe, wilgotność i temperatura gleby, a także czynniki pochodzenia antropogenicznego (np. skażenie gleby metalami ciężkimi). Stosunkowo rzadziej analizowana jest zawartość biomasy grzybni ekstramatrykalnej GM w drzewostanach liściastych. Niewiele też wiadomo na temat wpływu genotypu drzew na produkcję grzybni ekstramatrykalnej GM, zwłaszcza w przypadku drzew, takich jak topole czy wierzby, hodowanych często na dużych powierzchniach w warunkach plantacyjnych.

Topole (*Populus*, rodzina *Salicaceae*) stanowią istotny element krajobrazu naturalnego i zurbanizowanego. Ich właściwości fizjologiczne takie jak: szybki przyrost biomasy, duża odporność na niekorzystne warunki środowiskowe czy łatwość namnażania drogą wegetatywną materiału sadzeniowego, spowodowały wykorzystanie topoli w szeregu gałęzi przemysłu, w zalesianiu terenów porolnych, rekultywacji zdegradowanych terenów poprzemysłowych czy produkcji bioenergii.

Łatwość krzyżowania oraz wielowiekowa tradycja ich uprawy przez człowieka zaowocowały powstaniem szeregu klonów topoli o zróżnicowanych własnościach fizjologicznych i morfologicznych, mogących również rzutować na związki symbiotyczne z GM i biomasę tworzonej przez nie grzybni ekstrapatrykalnej.

Celem badań było oszacowanie biomasy grzybni ekstrapatrykalnej GM związanych z topolami oraz wskazanie, w jakim stopniu jej zawartość w glebie warunkowana jest przez wiek i genotyp drzew oraz lokalne warunki glebowe.

Do analiz wytypowano cztery klony topoli (*Populus deltoides*, *P. deltoides* × *P. nigra*, *P. deltoides* × *P. trichocarpa*, *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa*) reprezentowane przez 22–25-letnie drzewa oraz 6-miesięczne sadzonki wchodzące w skład odrębnych doświadczeń polowych na trzech powierzchniach w okolicach Huty Miedzi Głogów, w lesie „Zwierzyniec” koło Kórnik oraz na terenie Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk. Do pozyskania grzybni ekstrapatrykalnej GM z gleby wykorzystano technikę pułapek grzybniowych (typu *mesh-bag*) umieszczanych w sąsiedztwie topoli na głębokości 10 cm przez cztery miesiące. Biomasę grzybni w próbach określano na podstawie stężenia specyficznego dla grzybów biowskaźnika – ergosterolu z wykorzystaniem technik chromatografii cieczowej (HPLC).

Analiza stężenia ergosterolu w pułapkach grzybniowych wykazała istotny wpływ genotypu i wieku topoli oraz w mniejszym stopniu lokalnych warunków glebowych na biomasę żywej grzybni ekstrapatrykalnej GM. W przypadku drzew dojrzałych biomasę grzybni ekstrapatrykalnej wahała się na poziomie 30,1–112,1 $\mu\text{g g}^{-1}$ s.m., a u 6-miesięcznych sadzonek topoli wartości te zawierały się w przedziale 1,6–126,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ s.m. Spośród analizowanych czynników genotyp topoli w największym stopniu warunkował produkcję biomasy grzybni ekstrapatrykalnej GM. W przypadku zarówno drzew dojrzałych, jak i 6-miesięcznych sadzonek obserwowano dla *P. deltoides* wyższe wartości biomasy grzybni ekstrapatrykalnej niż dla pozostałych klonów. Młode topole wykazywały silniejszy wpływ genotypu oraz stanowiska na biomasę grzybni ekstrapatrykalnej niż w przypadku drzew dojrzałych, co wskazuje na dużą rolę procesów adaptacyjnych w odniesieniu do lokalnych warunków środowiskowych. Sadzonki topoli już po sześciu miesiącach wzrostu miały znaczący udział w tworzeniu grzybni ekstrapatrykalnej GM w glebie.

Badania finansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki (grant N N309 115137).

Możliwości poprawy bazy pożytkowej pszczoł z wykorzystaniem drzew i krzewów miododajnych

Zbigniew Kołtowski

Zakład Pszczelnictwa w Puławach, Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach, ul. Kazimierska 2A,
24-100 Puławy, zbigniew.koltowski@inhort.pl

Drzewa i krzewy to bardzo ważny element bazy pożytkowej pszczoł. Niektóre gatunki roślin drzewiastych, ze względu na swoją wysoką wartość pszczelarską, jeśli tylko znajdują się na pastwisku pszczelim w dużym zagęszczeniu, mogą stanowić dla pszczoł miodnych pożytek towarowy. Pożytek towarowy to taki zasób surowca miodowego w zasięgu produktywnego lotu pszczoł, z którego pszczoły, oprócz pokrycia swoich potrzeb bytowych, potrafią odłożyć nadwyżkę w postaci zgromadzonego miodu. Jeśli nawet liczebność tych dobrych gatunków roślin miododajnych nie pozwoli na zgromadzenie miodu, to z pewnością będą one stanowiły dla pszczoł dobry pożytek rozwojowy.

Taką znaczącą ilość surowca miodowego z roślin drzewiastych mogą dostarczyć pszczołom tereny leśne. Jednakże las i jego struktura nasadzeń nakierowane są na pozyskiwanie drewna. Ostatnio jednak strategia utrzymywania kompleksów leśnych bierze pod uwagę funkcjonowanie tego ekosystemu w harmonii z nieodłącznym jego elementem, jakim są owady zapylające. Tu rysują się pewne możliwości wzbogacania gatunkowego drzewostanu o gatunki dostarczające owadom niezbędnego pożywienia.

W toku wieloletnich badań prowadzonych w Kolekcji Roślin Miododajnych, określania rzeczywistej wartości pszczelarskiej poszczególnych gatunków roślin, w tym roślin drzewiastych, wytypowano taksony o największym potencjale dostarczania owadom pożytku. W przypadku drzew możemy mówić tutaj o takich rodzajach, jak: lipa (*Tilia*), klon (*Acer*), robinia (*Robinia*) i wierzba (*Salix*). Przedstawiciele tych rodzajów należą do bardzo wartościowych roślin miododajnych mających olbrzymie znaczenie dla egzystencji owadów zapylających, a niektóre z nich stanowią doskonały pożytek towarowy lub rozwojowy dla pszczoły miodnej.

Na podstawie obserwacji fenologicznych opracowano taśmę pokarmową dla owadów, w której kolejne gatunki drzewiaste dostarczają im pokarmu w czasie swojego kwitnienia.

Pierwszym znaczącym pożytkiem na wiosnę jest wierzba iwa i liczne gatunki innych wierzb kwitnące wczesną wiosną, głównie na przełomie marca i kwietnia. Z pszczelarskiego punktu widzenia najbardziej wartościowe są egzemplarze męskie wierzb dostarczające owadom pyłku i nektaru. Egzemplarze żeńskie to jedynie nektar, a wiosną kluczowe znaczenie dla rozwoju owadów ma przede wszystkim pożytek pyłkowy. Zaraz po wierzbach, w połowie kwietnia, zakwita klon zwyczajny, a w początkach maja klon jawor. Na przełomie maja i czerwca zakwita robinia akacjowa i robinia lepka. W połowie czerwca, a często jeszcze wcześniej,

zakwita lipa szerokolistna, z początkiem lipca lipa drobnolistna, a w połowie lipca lipy wschodnie, takie jak lipa japońska.

Powyżej przedstawiono jedynie przykładowy wybór naszych najlepszych drzew miododajnych, które należałoby wprowadzać do ekosystemu na szeroką skalę. Skład gatunkowy można poszerzać o inne gatunki utrzymywane w Kolekcji Roślin Miododajnych w Zakładzie Pszczelnictwa Instytutu Ogrodnictwa w Puławach. Wszystkie działania zmierzające do poprawy pożytków pszczelich silnie oddziałują na środowisko i zwiększają jego bioróżnorodność.

Trzeba zaznaczyć, że wprowadzanie do ekosystemu miododajnych roślin drzewiastych jest bardzo trwałą formą poprawy pożytków pszczelich. Należy więc ciągle upowszechniać wiedzę na ten temat i sukcesywnie rozpowszechniać materiał rozmnożeniowy na terenie całej Polski. Z efektów tego przedsięwzięcia pożyteczne owady będą korzystały przez wiele lat. Także kolejne pokolenia pszczelarzy znajdą dobre warunki do prowadzenia wydajnej gospodarki pasiecznej, a konsumenci będą cieszyć się smacowym miodem z naturalnych stanowisk.

Prace realizowane są w ramach zadania 1.3 i 1.7 Programu Wieloletniego – Zasoby Genowe (2015–2020), finansowanego przez MRiRW.

Tabela 1. Terminy kwitnienia wybranych gatunków drzew

Miesiąc	III			IV			V			VI			VII		
Dekada	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Wierzba iwa i pokrewne															
Klon zwyczajny															
Klon jawor															
Robinia akacjowa															
Lipa szerokolistna															
Lipa drobnolistna															
Lipa japońska															

Bogactwo i różnorodność grzybów aphyloforoidalnych lasów zagospodarowanych Pomorza Gdańskiego

Marta Kras¹, Monika Jesiołowska¹, Katarzyna Wszalek-Rożek¹,
Joanna Gołębiewska¹, Marcin Pietras^{1,2*}

¹Katedra Taksonomii Roślin i Ochrony Przyrody, Wydział Biologii, Uniwersytet Gdański,
ul. Wita Stwosza 59, 80-308 Gdańsk, *marcin.pietras@biol.ug.edu.pl

²Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 65-035 Kórnik

Obawy związane z utratą różnorodności biologicznej w lasach zagospodarowanych stanowią obecnie oś sporu pomiędzy zarządzającymi tymi lasami a licznymi

organizacjami pozarządowymi. Z jednej strony można usłyszeć głosy, że zrównoważona gospodarka leśna spełnia różne funkcje, w tym w sposób wystarczający zapewnia zachowanie różnorodności biologicznej. Druga strona argumentuje natomiast, że działania gospodarcze prowadzone w tych lasach, w szczególności związane z pozyskaniem drewna, istotnie wpływają na bogactwo i różnorodność wielu grup organizmów. Często jako argument w dyskusji podaje się bogactwo gatunkowe grzybów jako wskaźnik naturalności i stopnia zachowania ekosystemów leśnych. W niniejszym opracowaniu przedstawione zostaną wyniki obserwacji występowania owocników grzybów afyloforoidalnych, przeprowadzonych głównie na terenie Trójmiejskiego Parku Krajobrazowego. Badaniami objęte zostały zarówno lasy gospodarcze zaklasyfikowane jako kwaśne buczyny niżowe (*Luzulo pilosae-Fagetum*), w których sukcesywnie wykonywano cięcia częściowe, jak i lasy o różnym stopniu niezgodności składu gatunkowego drzewostanu w stosunku do siedliska.

Grupę grzybów afyloforoidalnych można zdefiniować jako nieformalną grupę morfologiczno-biologiczną obejmującą grzyby saprotroficzne i mykoryzowe, wytwarzające owocniki widoczne gołym okiem, pozbawione osłony zupełnej lub częściowej od początku rozwoju owocnika i tworzące podstawki z jednej komórki. Obserwacje mykologiczne tej grupy grzybów zostały przeprowadzone późnym latem i jesienią 2017 r. na ośmiu stałych powierzchniach obserwacyjnych założonych na terenie Trójmiejskiego Parku Krajobrazowego. Owocniki grzybów zbierane były również podczas wyjazdów terenowych w inne regiony Pomorza Gdańskiego. Zebrane owocniki identyfikowane były z wykorzystaniem standardowych metod identyfikacji morfologicznej oraz molekularnie, przez analizę sekwencji ITS rDNA, która uznana jest za *barcode* dla grzybów.

W przeprowadzonych obserwacjach odnotowano występowanie blisko 50 gatunków grzybów afyloforoidalnych, których sporą część można uznać za stosunkowo często spotykane w Polsce (np. *Clavulina coralloides*, *Cantharellus tubaeformis*, *C. cibarius*, *Byssocorticium atrovirens*, *Piloderma bicolor* czy *Tomentella bryophila*). Badania pozwoliły również na odkrycie grzybów rzadkich (np. *Botryohypochnus isabellinus*, *Leptosporomyces galzinii*), w tym znajdujących się na Polskiej Czerwonej Liście Roślin i Grzybów z przypisaną im kategorią zagrożenia E – wymierający – krytycznie zagrożony (np. *Cristinia helverica*, *Gloeoporus pannocinctus*). Badania nie wykazały różnic pomiędzy zbiorowiskami grzybów afyloforoidalnych opisanymi w poszczególnych etapach odnowienia lasu. Jedynie zbiorowisko grzybów afyloforoidalnych skrajnie zniekształconych buczyn (tzw. leśne zbiorowiska zastępcze) odróżniało się od pozostałych pod względem jakościowym. Na podstawie badań można uznać, że racjonalnie prowadzona gospodarka leśna, która zabezpiecza trwałość lasu, oraz preferowanie odnowień naturalnych nie wpływają negatywnie na bogactwo i różnorodność badanych grzybów afyloforoidalnych.

Badania sfinansowane ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach grantu „Młody Naukowiec” w roku 2017 nr 538-L150-B533-17.

Wpływ wybranych lotnych związków na zachowanie mszyc orzechowych podczas żerowania na orzechu włoskim

Robert Krzyżanowski*, Bogumił Leszczyński

Katedra Biochemii i Biologii Molekularnej, Wydział Przyrodniczy, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce, *robert.krzyzanowski@uph.edu.pl

W ogrodach oraz na terenie plantacji produkcyjnych występuje szereg odmian orzecha włoskiego (*Juglans regia* L.). Drzewa te w Polsce zasiedlane są przez zdobniczkę orzechową (*Panaphis juglandis* (Goeze, 1778)) i zdobniczkę podliściową (*Chromaphis juglandicola* (Kaltenbach, 1843)), które są ważnymi szkodnikami. Elementem interakcji chemicznych pomiędzy roślinami a szkodliwymi owadami są uwalniane przez rośliny substancje lotne (VOCs), będące związkami sygnałnymi. Celem prezentowanej pracy było określenie składu jakościowego VOCs emitowanych przez liście złożone orzecha włoskiego oraz prześledzenie zmian w zachowaniu mszyc *P. juglandis* i *Ch. juglandicola* pod wpływem badanych związków lotnych.

Analizę lotnych związków uwalnianych przez roślinę żywicielską przeprowadzono z wykorzystaniem HS-SPME/GC-MS. Wpływ zidentyfikowanych VOCs na zachowanie się badanych gatunków mszyc oceniano metodą EPG.

Na podstawie wykonanych analiz stwierdzono najwyższą emisję związków lotnych z liści orzecha włoskiego na przełomie maja i czerwca. Żerowanie mszyc znacznie modyfikowało profil emitowanych VOCs. Obserwowano wzrost emisji monoterpenów oraz redukcję emisji octanu *cis*-3-heksanolu, odpowiedzialnego za przywabianie naturalnych wrogów mszyc. Emisja seskwiterpenów w wyniku żerowania mszyc była w znacznym stopniu ograniczana. Kluczowymi emitowanymi związkami monoterpenowymi były α -pinen i β -pinen, a w obrębie seskwiterpenów (*E*)- β -farnezen. W badaniach EPG stwierdzono, że larwy *P. juglandis* i *Ch. juglandicola* najszybciej rozpoczynały penetrację tkanek po zastosowaniu β -pinenu, a *P. juglandis* najszybciej rozpoczynało pobieranie soku floemowego. Z kolei larwy *Ch. juglandicola* intensywniej wydzielały ślinę do elementów floemu w obecności α -pinenu. Uzyskane rezultaty wskazują, że badane lotne związki istotnie wpływają na zachowanie podczas żerowania mszyc orzechowych na orzechu włoskim.

Badania przeprowadzono w ramach tematu badawczego nr 245/08/S sfinansowanego z dotacji na naukę, przyznanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Zasoby martwego drewna w Puszczy Białowieskiej na podstawie aktualnej inwentaryzacji na stałych powierzchniach badawczych

Łukasz Kuberski^{1*}, Rafał Paluch¹, Ewa Zin^{1,2}, Krzysztof Stereńczak³

¹Zakład Lasów Naturalnych, Instytut Badawczy Leśnictwa, ul. Park Dyrekcyjny 6, 17-230 Białowieża, *L.Kuberski@ibles.waw.pl

²Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Southern Swedish Forest Research Centre, Box 49, 230 53 Alnarp, Sweden

³Laboratorium Geomatyki, Instytut Badawczy Leśnictwa, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

Martwe drewno to jeden z podstawowych elementów składowych ekosystemów leśnych, pełniący szereg funkcji o fundamentalnym znaczeniu dla ich funkcjonowania. Wykazano, że około 1/4 organizmów występujących w lasach uzależnione jest właśnie od tego specyficznego mikrośrodowiska. Ilość martwego drewna przyjęto jako jeden ze wskaźników zrównoważonej gospodarki leśnej w Europie, a także jako jedno z kryteriów oceny stopnia zachowania przyrodniczych siedlisk leśnych. W związku z powyższym parametr ten jest obecnie powszechnie uwzględniany w inwentaryzacjach ekosystemów leśnych naszego kontynentu jako ważny wskaźnik ich różnorodności biologicznej.

W celu scharakteryzowania aktualnych zasobów martwego drewna w lasach polskiej części Puszczy Białowieskiej przeprowadzono ich inwentaryzację w roku 2017. Pomiary wykonano w sieci licznych (685 szt.) stałych powierzchni monitoringowych. Sieć ta obejmowała nowe powierzchnie rozmieszczone schematycznie w siatce 1300×1300 m (335 szt.), powierzchnie według lokalnej siatki założone w Białowieskim Parku Narodowym (160 szt.) oraz pozostałe powierzchnie, wyznaczone na stałych powierzchniach badawczych IBL z wyboru, reprezentujące m.in. łęgi, olsy, bory i lasy bagienne. Były to powierzchnie kołowe o areale 0,05 ha, reprezentujące różne siedliska, fazy rozwojowe drzewostanów oraz różne kategorie ochrony Puszczy Białowieskiej: Białowieski Park Narodowy, rezerwat przyrody oraz lasy niepodlegające tym formom ochrony. Na powierzchniach badawczych pomiarowi poddano drzewa martwe stojące i leżące oraz pniaki.

Badania wykazały, że niemal połowa powierzchni badawczych w polskiej części Puszczy Białowieskiej charakteryzowała się wartościami miąższości martwego drewna powyżej 100 m³/ha. Powierzchnie, na których stwierdzono zasobność martwego drewna powyżej 30 m³/ha, stanowiły ponad jedną czwartą. Jedynie 12% powierzchni badawczych cechowało się małą zasobnością martwego drewna o wartości do 10 m³/ha.

Badania są częścią projektu LIFE+ ForBioSensing PL „Kompleksowy monitoring dynamiki drzewostanów Puszczy Białowieskiej z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych”, który współfinansowany jest ze środków Komisji Europejskiej w ramach instrumentu finansowego Unii Europejskiej LIFE + oraz ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW): nr umowy: LIFE13 ENV/PL/000048, nr umowy NFOŚiGW: 485/2014/WN10/OP-NM-LF/D.

Przyczyny niskiej udatności roślinności drzewiastej w sąsiedztwie nowych dróg ekspresowych i autostrad – aspekty jakościowe i metodologiczne

Grzegorz Kukuła, Wojciech Bobek*

*Zakład Sztuki Ogrodowej i Terenów Zielonych, Instytut Architektury Krajobrazu, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, *wbobek@pk.edu.pl*

Budowa nowych szlaków komunikacyjnych o znaczeniu ogólnokrajowym i międzynarodowym trwa w Polsce nieprzerwanie od niemal dwóch dekad, a zintensyfikowana została w ostatnich dziesięciu latach, głównie jako efekt wykorzystania środków finansowych z funduszy Unii Europejskiej. Wraz z budową nowych korytarzy drogowych usunięto wiele drzew i krzewów oraz zredukowano zwarte obszary zieleni tworzące korytarze ekologiczne. W takich sytuacjach wymagane są działania kompensacyjne. Równolegle z budową nowych dróg wykonywane są nowe układy roślinności jako przynajmniej częściowa rekompensata przyrodnicza. Niestety, realizacje te, mające doprowadzić do utworzenia nowych pasów i enklaw zieleni wzdłuż nowo powstających autostrad i dróg ekspresowych, obarczone są błędami w fazie zarówno projektowej, jak i wykonawczej.

Autorzy na podstawie prowadzonych od kilku lat badań wskazują przyczyny takiego stanu. Zwracają uwagę na błędne metody wykonywania nasadzeń oraz problemy z doбором odpowiedniego materiału roślinnego. Zebrane dane wskazują na częste i powtarzające się nieprawidłowości, m.in. nieuwzględnianie w projekcie zieleni współcześnie stosowanych technologii wykonywania dróg, które podają, że niemalże w całym obszarze pasa drogowego całkowitej wymianie lub przekształceniu zostaje poddane podłoże. Często dochodzi do zerwania warstwy urodzajnej i pozostawienia martwicy lub też formowania skarp i nasypów z gruntów z przyczyn technologicznych uzasadnionych, takich jak ropy i gliny ciężkie, które nie nadają się do uprawy roślin drzewiastych. W związku z tym diametralnie zmieniają się warunki zinwentaryzowane i opisane przed rozpoczęciem budowy, do jakich zostały pierwotnie dobrane gatunki roślin. Jest to zasadnicza dysfunkcja występująca na większości odcinków nowych dróg, która wymaga wprowadzenia nowych kryteriów oceny projektowanych rozwiązań. Dodatkowymi problemami zmniejszającymi udatność nasadzeń są parametry materiału roślinnego stosowanego w realizacjach. Sadzone rośliny nie spełniają standardów wielkościowych i jakościowych, nawet tych minimalnych, przyjętych w specyfikacjach technicznych do projektów zieleni budowanych dróg. Innym aspektem, sprzęgającym się z tym problemem, jest fakt, że materiał szkółkarski, uprawiany w warunkach niemal modelowych, z częstą pielęgnacją, nawadnianiem kropelkowym, nawożeniem czy zoptymalizowanym zwarcim, nie ma po posadzeniu, w nowych warunkach ekstremalnego stresu, dużych szans na przetrwanie. Gdy dodamy do tego obserwowane i stwierdzone podstawowe błędy przy prowadzeniu nasadzeń, tj. nieodpowiednio wykonane doły sadzeniowe, zbyt głęboki poziom sadzenia, brak

zaprawy dołów czy nieumiejętne palikowanie i wiązanie roślin, to szansa na prawidłowy wzrost roślin maleje niemal do zera. Zaobserwowane błędy techniczne stanowią dodatkowy, a w niektórych przypadkach decydujący czynnik wpływający na niską udatność roślin w bardzo ciężkich warunkach drogowych, których sąsiedztwo jest uciążliwością dla drzew i krzewów poprzez presję i stres generowany samym użytkowaniem tras komunikacyjnych.

Z badań i obserwacji autorów wynika, że brakuje wypracowanych metod skutecznego wprowadzania roślin drzewiastych, ich utrzymania i pielęgnowania w celu uzyskania trwałego efektu zieleni, pomimo teoretycznych opracowań to umożliwiających.

Prezentujemy wyniki pierwszego etapu badań wieloaspektowego problemu wprowadzania roślinności drzewiastej w sąsiedztwie dróg w województwach małopolskim i podkarpackim. Analiza uzyskanych wyników wskazuje na kierunki dalszych prac w celu wypracowania modeli dla skuteczniejszych działań projektowych, wykonawczych i sprawdzających, pozwalających, w ramach tych samych lub na nowo oszacowanych kosztów, uzyskać trwały efekt estetyzacji zielenią szlaków komunikacyjnych powstających w różnych rejonach kraju. W opinii autorów równie istotnym problemem jest identyfikacja niewydolności systemu i poszukiwanie skutecznych rozwiązań usprawniających.

Reakcje drzew w warunkach pojedynczego i wieloczynnikowego stresu abiotycznego: podobieństwa i różnice

*Gabriela Lorenc-Plucińska^{1*}, Marta Walentynowicz¹,
Alicja Niewiadomska², Agnieszka Szuba¹*

¹*Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,
glp@man.poznan.pl

²*Katedra Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Szydlowska 50, 60-656 Poznań*

W warunkach naturalnych drzewa są narażone na różne abiotyczne czynniki stresowe występujące łącznie, z synergistyczną lub antagonistyczną interakcją pomiędzy nimi. Większość obecnie prowadzonych badań odnosi się do analizy wpływu pojedynczego stresu, np. wodnego, termicznego, osmotycznego, zasolenia, deficytu nutrientów czy metali ciężkich. Te badania niestety nie pozwalają na wskazanie reakcji roślin na stres w warunkach naturalnych, w tym możliwych kombinacji wielu czynników stresowych, gdy zarówno rodzaj stresu, termin jego wystąpienia, czas trwania i natężenie, jak i stan rozwoju roślin warunkują aklimatyzację roślin. Krzyżowa reakcja roślin na stres wieloczynnikowy występuje praw-

dopodobnie na różnych poziomach, włączając w to na przykład zróżnicowaną sieć czynników transkrypcyjnych i kaskady sygnalizacyjne, w których pośredniczą kinazy aktywowane mitogenami, udział różnych fitohormonów, sygnalnej funkcji wapnia i/lub reaktywnych form tlenu, a także wzajemnych reakcji pomiędzy różnymi receptorami i kompleksami sygnalnymi.

Zalewanie gleby będące następstwem opadów nawalnych lub wezbrań naturalnych występuje, kiedy ilość wody obecnej w glebie przekracza jej zdolności sorpcyjne, pozostawiając wodę na powierzchni. Takie zaburzenie reżimu wilgotnościowego prowadzi do zmian pH roztworu glebowego, jego potencjału oksydacyjno-redukcyjnego i zawartości materii organicznej – wpływając tym samym na przemieszczanie się metali ciężkich w glebie oraz ich rozpuszczalność i biodostępność dla roślin – w tym najczęściej wzrostu stężenia jonów Fe, Mn, Ni, Cd, Cr, Pb oraz spadku Zn i Cu.

Zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi są powodowane głównie przez górnictwo, hutnictwo, przemysł metalurgiczny, garbarnie i stosowanie oczyszczonych ścieków w rolnictwie. W procesach wydobywczych i technologicznych sąsiedztwo rzek jest niezwykle pożądane, lecz zalewanie zanieczyszczonych terenów wokół kopalń, hut i zakładów przemysłowych może być dodatkowym czynnikiem stresowym dla roślin. Niektóre badania wskazują, że zalewanie gleby może osłabiać tolerancję roślin na metale ciężkie. Nie brak jednak też doniesień, że zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi mogą redukować tolerancję roślin na czasowe zalewanie.

Z powodu stałej obecności metali ciężkich w środowisku remediacja gleb staje się kwestią światową. Drzewa, takie jak wierzby, topole i olsze, są rozpoznawane jako gatunki odpowiednie dla potrzeb fitoremediacji z powodu ich szybkiego wzrostu, dużej produkcji biomasy, głębokiego i rozległego systemu korzeniowego, wysokiego natężenia transpiracji, wyjątkowej zdolności do kumulacji i tolerancji na metale ciężkie. Niektóre gatunki wierzb, topoli i olszy wskazywane są też jako tolerancyjne na zalewanie.

Zadaniem prowadzonych badań była analiza wpływu periodycznego zalewania gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi na wzrost, metabolizm, pobieranie, transport i gromadzenie metali ciężkich u dojrzałych drzew i jednorocznych siewek olszy czarnej (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) oraz ich tolerancję na pojedynczy (zanieczyszczona gleba lub zalewanie) oraz łączny stres abiotyczny. Uzyskane wyniki wskazują na odmienne fizjologiczne i biochemiczne reakcje olszy czarnej rosnącej w zalewanej glebie zanieczyszczonej metalami ciężkimi w porównaniu ze stwierdzanymi dla pojedynczego czynnika stresowego, co przypisano głównie zmianom w poziomie reaktywnych form tlenu i aktywności systemów antyoksydacyjnych w korzeniach. Indeks antyoksydacyjny olszy oraz natężenie wiązania azotu atmosferycznego przez promieniowca *Frankia* były zaburzone w większym stopniu pod wpływem stresu kumulatywnego niż w następstwie pojedynczego czynnika stresowego.

Badania zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki (grant nr N N303 799540).

Zamieranie i zasiedlanie przez grzyby makroskopijne czeremchy amerykańskiej (*Prunus serotina* Ehrh.) zwalczanej mechanicznie w Kampinoskim Parku Narodowym

Katarzyna Marciszewska^{1*}, Anna Otręba², Andrzej Szczepkowski³,
Rafał Wojtan⁴, Piotr Zaniewski¹, Wojciech Ciurzycki¹

¹Samodzielny Zakład Botaniki Leśnej, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, *kmarciszewska@wl.sggw.pl

²Kampinoski Park Narodowy, ul. Tetmajera 9, 05-080 Izabelin C

³Zakład Mikologii i Fitopatologii Leśnej, Katedra Ochrony Lasu i Ekologii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

⁴Samodzielna Pracownia Dendrometrii i Nauki o Produktowności Lasu, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

Zdolność do wypuszczania pędów odroślowych w odpowiedzi na uszkodzenie mechaniczne lub skrajnie niekorzystne warunki wzrostu jest elementem strategii życiowej niektórych roślin drzewiastych. Właściwość ważna z biologicznego punktu widzenia i wykorzystywana niekiedy przy odnowieniu lasu staje się jednak znaczną przeszkodą, gdy zachodzi potrzeba eliminacji drzew uznanych przez człowieka za niechciane. Do gatunków obcych, dziś w lasach Polski niechcianych, zalicza się czeremcha amerykańska (*Prunus serotina*), inwazyjny antropofit charakteryzujący się dużym potencjałem odroślowym. Z uwagi na szerokie rozprzestrzenienie w Europie, w tym także w Polsce, podejmowane są liczne działania, szczególnie na obszarach chronionych, mające na celu ograniczanie jej występowania. Stosowane metody zwalczania najczęściej oparte są na praktyce terenowej, nie zaś na wynikach szeroko zakrojonych badań.

Eksperyment prowadzony od 2015 r. w Kampinoskim Parku Narodowym ma na celu zbadanie dynamiki odpowiedzi odroślowej czeremchy amerykańskiej w zależności od rodzaju i terminu zastosowanego zabiegu mechanicznego zwalczania oraz poznanie grzybów makroskopijnych zasiedlających uszkodzone drzewa. Trzy rodzaje zabiegów: cięcie pnia przy ziemi, cięcie pnia na wysokości około 1 m nad powierzchnią gruntu oraz obrączkowanie pnia wykonano w czterech terminach: wczesną wiosną, późną wiosną, latem i zimą. Każdy wariant objął 25 drzew i był przeprowadzony na dwóch stanowiskach, łącznie na 600 drzewach. Odrośla usuwano w cyklu około 8-tygodniowym przez trzy kolejne sezony wegetacyjne z wyłączeniem drzew poddanych zabiegowi zimą.

Analizowano m.in. liczbę drzew z odroślami lub bez odrośli w kolejnych nawrotach ich usuwania i na koniec sezonu. Początkowo drzewa cięte nisko i wysoko niemal w 100% reagowały wytworzeniem odrośli. Udział drzew bez odrośli zaczął sukcesywnie rosnąć dopiero w następnym sezonie wegetacyjnym, poczynając od trzeciego do piątego nawrotu usuwania pędów w zależności od wariantu eksperymentu. Zabieg obrączkowania przyczyniał się do opóźnienia odpowiedzi

odroślowej drzew. Skuteczność zabiegów, wyrażona udziałem drzew bez odrośli na koniec drugiego sezonu, wahała się w szerokich granicach od 12% do 84% i zależała w sposób istotny statystycznie od terminu cięcia. Skuteczność zabiegów była wyższa dla terminów wczesnowiosennych (średnio 68%) i późnowiosennych (średnio 74%) w porównaniu z zabiegami letnimi (średnio 35%).

Badania mykologiczne objęły łącznie 600 drzew, uwzględniając także drzewa poddane zabiegowi zimą, bez usuwania odrośli. Na 25% zwalczanych drzew stwierdzono występowanie 26 taksonów grzybów makroskopijnych. Większość to gatunki znane z właściwości rozkładu drewna. Najliczniej rejestrowany był *Chondrosterum purpureum*, który zasiedlił 9% zwalczanych drzew. W grupie liczniej występujących, ale jednak ze znacznie mniejszą frekwencją, znalazły się jeszcze cztery inne gatunki, tj. *Coniophora arida*, *Bjerkandera adusta*, *Cylindrobasidium evolvens* i *Stereum rugosum*.

Trzy lata eksperymentalnego zwalczania czeremchy amerykańskiej w KPN metodami mechanicznymi potwierdziły dużą zdolność tego gatunku do wypuszczania pędów odroślowych. Czynnikiem terminu przeprowadzenia zabiegu okazał się najważniejszy w różnicowaniu reakcji odroślowej i istotny statystycznie w porównaniu skuteczności metod mechanicznego zwalczania czeremchy po dwóch sezonach wegetacyjnych. Wydaje się jednak, że na obecnym etapie eksperymentu nie można formułować ostatecznych wniosków co do niższej skuteczności zabiegów letnich.

Badania mykologiczne dostarczają pierwszych w Polsce danych o występowaniu grzybów wielkoowocnikowych, dla których czeremcha amerykańska jest substratem lub żywicielem we wtórnym zasięgu swojego występowania. Dalszych badań wymaga stwierdzenie, w jakim stopniu przyczyniają się one do zamierania zwalczanych drzew oraz jakie warunki prowadzenia zwalczania sprzyjają zasiedlaniu przez grzyby makroskopijne.

Serdeczne podziękowania składamy Pani Annie Andrzejewskiej z Kampinoskiego Parku Narodowego za prowadzenie projektu od strony formalnej. Panu Michałowi Głównce wdzięczni jesteśmy za niezawodną pomoc we wszystkich pracach terenowych.

Badania finansowane ze środków funduszu leśnego PGL Lasy Państwowe w ramach umowy nr DE/373-208/2016.

Wpływ *Cameraria ohridella* na aktywność kambium i różnicowanie wtórnych tkanek przewodzących u *Aesculus hippocastanum*

Elżbieta Myśkow^{1*}, Katarzyna Sokołowska¹, Aleksandra Słupianek¹,
Vladimir Gryc²

¹Instytut Biologii Eksperymentalnej, Uniwersytet Wrocławski, ul. Kanonia 6/8, 50-328 Wrocław,
*elzbieta.myskow@uwr.edu.pl

²Department of Wood Science, Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University
in Brno, Zemědělská 3, 61300 Brno, Czech Republic

Od wielu lat na terenie Europy obserwuje się inwazję motyla szrotówka kasztanowcowiaczka (*Cameraria ohridella*), którego larwy żerują na liściach kasztanowców zwyczajnych (*Aesculus hippocastanum*). Wiadomo, że działalność szkodnika negatywnie wpływa na metabolizm, funkcjonowanie i rozmnażanie drzew tego gatunku. Niewiele jednak jest informacji na temat wpływu żerowania szrotówka na aktywność kambium oraz proces różnicowania wtórnych tkanek przewodzących. Pozostaje sprawą niewyjaśnioną, w jakim zakresie zabiegi ochronne, np. grabienie i zbieranie zainfekowanych liści, poprawiają kondycję drzew i wpływają na jakość tworzonych wtórnych tkanek przewodzących.

Badania prowadzono na 15 okazach *A. hippocastanum*, które ze względu na aktywność szkodnika oraz wykonywane zabiegi pielęgnacyjne podzielono na dwie grupy badawcze. Pierwsza obejmowała drzewa, których liście były intensywnie zgryzane (dziewięć drzew), natomiast druga – drzewa charakteryzujące się mniejszym stopniem zniszczenia (sześć drzew), co wynikało z prowadzonych corocznie zabiegów ochronnych. Drzewa znajdowały się w pięciu lokalizacjach na terenie Wrocławia. Przy użyciu narzędzia Trephora z pni pobierano fragmenty zawierające kambium oraz jego najbliższe pochodne. Próbkę pobierano w regularnych, jedno- lub dwutygodniowych odstępach czasu, w okresie od początku kwietnia do połowy października przez dwa sezony wegetacyjne (2014–2015). Przygotowane z próbek, według standardowej metody parafinowej, preparaty stałe analizowano w mikroskopie świetlnym oraz polaryzacyjnym. Zwracano uwagę na terminy rozpoczęcia i zakończenia oraz czas trwania procesów, takich jak: aktywność podziałowa kambium, różnicowanie łyka wtórnego oraz etapy różnicowania drewna wtórnego. Określano również szerokość przyrostów rocznych, liczbę naczyń oraz zajmowaną przez nie powierzchnię. Wyniki analiz anatomicznych odnoszono do obserwowanych zmian fenologicznych oraz etapów i intensywności inwazji szkodnika.

Nasze badania wykazały, że w obu grupach drzew pierwsze zmiany pojawiają się na początku kwietnia po stronie floemu wtórnego i związane są z różnicowaniem elementów przewodzących powstałych w poprzednim sezonie wegetacyjnym. Podziały w kambium rozpoczynają się w połowie kwietnia, a pierwsze elementy drewna wtórnego pojawiają się tydzień później. Jednakże intensyfikacja

podziałów w strefie kambium następuje dopiero w połowie maja, po kwitnieniu. W obu grupach drzew pierwsze zróżnicowane komórki drewna pojawiają się po sześciu tygodniach od ich wytworzenia przez kambium. U drzew mniej zniszczonych przez szkodnika kambium pozostaje aktywne do połowy sierpnia. Natomiast u drzew, których liście były intensywnie zgryzane, aktywność podziałowa kambium kończy się miesiąc wcześniej, co skorelowane jest z wcześniejszym opadaniem liści. U tych drzew zaobserwowano znacznie węższe przyrosty roczne, charakteryzujące się węższymi naczyniami, które jednak zajmowały większą powierzchnię.

Porównanie drzew w różnym stopniu atakowanych przez szrotówka pozwoliło stwierdzić, że u drzew intensywnie zgryzanych, które nie były poddawane zabiegom pielęgnacyjnym, dochodzi do skrócenia okresu aktywności kambium, co wynika m.in. z wcześniejszej utraty liści. Konsekwencją tych zmian jest nie tylko tworzenie węższych przyrostów rocznych, ale również różnicowanie drewna o zmienionej budowie. Wydaje się, że większa liczba naczyń może zmniejszać właściwości mechaniczne drewna, co w konsekwencji może skutkować większą łamliwością drzew. Z drugiej strony, zabiegi pielęgnacyjne, polegające na grabieniu i niszczeniu liści, choć nie likwidują szkodnika, to jednak ograniczają jego rozprzestrzenianie się i w dużej mierze poprawiają kondycję drzew. Uwidacznia się to w dłuższej aktywności kambium oraz jakości i ilości tworzonych tkanek wtórnych.

Badania były dofinansowywane ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej we Wrocławiu.

Mapowanie interglacialnej migracji drzew na obszarze Polski w oparciu o dane palinologiczne

Dorota Nalepka¹, Mirosława Kupryjanowicz^{2*},
Irena A. Pidek³, Zofia Balwierz⁴, Krzysztof Bińka⁵,
Magdalena Fiłoc², Wojciech Granoszewski⁶, Piotr Kołaczek⁷,
Aleksandra Majecka⁸, Małgorzata Malkiewicz⁹, Małgorzata Nita¹⁰,
Bożena Noryśkiewicz¹¹, Adam Walanus¹², Hanna Winter¹³

¹Zakład Paleobotaniki, Instytut Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk, ul. Lubicz 46,
31-512 Kraków, D.Nalepka@botany.pl

²Zakład Paleobotaniki, Instytut Biologii, Uniwersytet w Białymstoku, ul. Ciołkowskiego 1J,
15-245 Białystok, *kuprbot@uwb.edu.pl

³Zakład Geoeologii i Paleogeografii, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej,
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, al. Kraśnicka 2cd, 20-718 Lublin

⁴Katedra Geomorfologii i Paleogeografii, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi. Uniwersytet Łódzki,
ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź

⁵Zakład Paleontologii, Instytut Geologii Podstawowej, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski,
ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa

⁶Oddział Karpacki, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy,
ul. Skrzatów 1, 30-962 Kraków

⁷Zakład Biogeografii i Paleoeologii, Instytut Geoeologii i Geoinformacji, Uniwersytet im. Adama
Mickiewicza w Poznaniu, ul. Bogumiła Krygowskiego 10, 61-680 Poznań

⁸Zakład Geologii Klimatycznej, Instytut Geologii Podstawowej, Wydział Geologii,
Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa

⁹Pracownia Paleobotaniki, Zakład Geologii Stratygraficznej, Instytut Nauk Geologicznych, Wydział
Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Wrocławski, ul. Cybulskiego 34,
50-205 Wrocław

¹⁰Katedra Geologii Podstawowej, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski w Katowicach,
ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec

¹¹Pracownia Sedymentologii i Paleoeologii, Katedra Geomorfologii i Paleoeologii Czwartorzędu,
Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. Lwowska 1, 87-100 Toruń

¹²Katedra Geoinformatyki i Informatyki Stosowanej, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony
Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, al. Mickiewicza
30, 30-059 Kraków

¹³Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4,
00-975 Warszawa

Podczas każdego z interglacjałów czwartorzędu wraz z polepszaniem się warunków klimatycznych prowadzącym stopniowo do interglacialnego optimum klimatycznego następowała kolonizacja obszaru Polski przez drzewa i krzewy o wyższych wymaganiach termicznych. Jednak za każdym razem wkraczały one w nieco innej, specyficznej dla danego interglacjału kolejności, co stwierdzono w oparciu o dane palinologiczne, opracowując na tej podstawie schematy tzw. sukcesji pyłkowych charakteryzujących poszczególne interglacjały.

Do wnioskowania nie tylko o kolejności, w jakiej pojawiały się taksony roślinne podczas poszczególnych interglacjałów, ale także o kierunkach ich migracji, zastosowana została metoda izopolowa. Izopole to synchroniczne linie ograniczające na mapie obszary o jednolitym procentowym udziale pyłku danego taksonu roślinnego, czyli łączące punkty (stanowiska), w których występuje taka sama jego zawartość w tym samym czasie. Ten syntetyczny sposób przedstawienia wyników analizy pyłkowej, opracowany przez prof. W. Szafera, od wielu lat jest z wielkim powodzeniem stosowany i rozwijany na całym świecie, a w ostatnim okresie jego rola jeszcze bardziej wrosła dzięki rozwojowi baz danych, specjalistycznego oprogramowania i metod numerycznych.

Na podstawie numerycznie wykreowanych map izopolowych zostały zrekonstruowane kierunki migracji roślin na terytorium Polski podczas dwóch ostatnich interglacjałów (interglacjału eemskiego i holocenu). Mapy sporządzono w oparciu o stanowiska zbadane palinologicznie (ok. 200 stanowisk dla każdego z wymienionych interglacjałów). Dla okresu obejmującego schyłek zlodowacenia Warty, interglacjału eemski i początek zlodowacenia Wisły, stworzono serię map dla 25 taksonów, w tym dla 18 taksonów drzew i krzewów: *Abies alba*, *Acer*, *Alnus*, *Betula*, *Carpinus betulus*, *Corylus avellana*, *Fagus*, *Fraxinus excelsior*, *Hedera helix*, *Ilex*, *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Quercus*, *Salix*, *Taxus baccata*, *Tilia*, *Ulmus* i *Viscum album*. Dla okresu obejmującego późny glacjał zlodowacenia Wisły i holocen wykonano mapy dla 42 taksonów, w tym, poza wyżej wymienionymi, dla: *Ephedra*, *Hippophaë rhamnoides*, *Juniperus communis*, *Larix decidua*, *Pinus cembra*, *Populus* i *Vitis vinifera*.

Opracowanie map izopolowych, poza pokazaniem szlaków migracyjnych mapowanych taksonów, umożliwiło także wskazanie lokalizacji ich potencjalnych glacialnych refugium, czyli rejonów, w których przetrwały one dwa ostatnie zlodowacenia i z których rozpoczynały swoje interglacialne wędrówki.

Badania były finansowane w różnych częściach przez grant MNiSW nr N N304 352238 oraz zadania badawcze wykonywane w miejscach pracy autorów, zgodnie z afiliacją znajdującą się przy nazwiskach.

Występowanie i kondycja drzew z rodzaju *Ulmus* w Krainie Mazursko-Podlaskiej

Anna Napierała-Filipiak¹, Maciej Filipiak²

¹Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,
annafil@man.poznan.pl

²Instytut Architektury Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Grunwaldzka 55,
50-357 Wrocław

W Polsce występują naturalnie trzy gatunki wiązów: wiąz górski (*Ulmus glabra* Huds.), wiąz szypułkowy (*U. laevis* Pall.) i wiąz polny (*U. minor* Mill.).

Badania, których wyniki są tu prezentowane, stanowią część programu badawczego realizowanego w różnych częściach Polski od roku 2013. Jednym z jego celów było ustalenie, jak wygląda stan zasobów wiązków w Polsce sto lat po pojawiania się holenderskiej choroby wiązków (DED, grafiozy) oraz prawie pięćdziesiąt lat od wystąpienia masowego zamierania drzew z tego rodzaju.

Kraina przyrodniczo-leśna jest jednostką podziału kraju obejmującą swoim zasięgiem obszar o zbliżonych warunkach fizjograficznych i o tym samym typie klimatu. Obecnie w Polsce wyróżnia się osiem krain przyrodniczo-leśnych. Kraina Mazursko-Podlaska (II) zajmuje północno-wschodnią część Polski, obejmując obszary niżowe o najniższych średnich temperaturach i najkrótszym sezonie wegetacyjnym. Rzeźba terenu ma tu charakter młodoglacjalny, czego wyrazem są przede wszystkim liczne jeziora. Według niektórych map zasięgowych w opisywanej krainie znajduje się duży obszar pozbawiony wiązów szypułkowych.

Źródłem, na podstawie którego lokalizowano, a w pierwszej fazie także charakteryzowano zasoby wiązków, była dokumentacja leśna. W oparciu o te dane na badanym obszarze wybranych zostało około 100 wydzieleń (drzewostanów) z udziałem wiązków, w obrębie których przeprowadzono bezpośrednie obserwacje i prace pomiarowe.

Podobnie jak w innych częściach Polski, szczególnie w Krainie Bałtyckiej (I) i Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej (III), wiąz w Krainie Mazursko-Podlaskiej (II) są drzewami stosunkowo rzadkimi (zajmują poniżej 0,3% pow. leśnej). Udział ten nie odbiega jednak od przeciętnego dla całej Polski.

Nie potwierdziła się informacja o występowaniu w badanym rejonie obszaru pozbawionego wiązów szypułkowych. Podobnie jak w innych częściach Polski (poza górami) *U. laevis* jest także tutaj gatunkiem zdecydowanie najczęściej spotykanym, zarówno w lasach, jak i różnego typu zadrzewieniach, w tym w obrębie terenów zurbanizowanych. Podobnie jak we wcześniej opracowanych krainach (I, III) wiąz ten jest „najbardziej lęgowym” spośród trzech tu omawianych, jest też najbardziej odporny na działanie DED, a jego przewaga nad pozostałymi dwoma gatunkami widoczna jest szczególnie w przypadku starszych drzew i drzewostanów.

Drugim co do częstości występowania gatunkiem jest *U. glabra* – znacznie tu liczniejszy niż w typowo niżowych krainach (Wielkopolsko-Pomorskiej, Mazowiecko-Podlaskiej oraz Śląskiej). W odróżnieniu od także bogatej w ten gatunek Krainy Bałtyckiej, gdzie spotykany jest on głównie na stokach, a podobnie jak w południowej Szwecji, drzewo to na badanym obszarze występuje często w drzewostanach o płaskiej, falistej lub słabo pochylonej powierzchni. W krainie II odnotowano największe w Polsce średniowiekowe drzewostany z przewagą *U. glabra*. W RDLP w Białymstoku znajdują się jedyne w Polsce powierzchnie leśne o charakterze wiązowego banku genów. Opisywany wiąz jest bardziej niż *U. laevis* podatny na atak grafiozy. Duże nasilenie szkód powodowanych przez ten czynnik odnotowano w bardzo ekstensywnie (do niedawna) chronionych drzewostanach otoczenia Białowieskiego Parku Narodowego.

U. minor uważany jest w literaturze za najważniejszy „budujący drzewostany” gatunek wiązów w naturalnych lasach niżowej części Polski, w tym w głównych zbiorowiskach lęgowych na tym terenie. Na badanym obszarze wiąz ten jest

jednak obecnie drzewem rzadkim występującym najczęściej w postaci młodych egzemplarzy, często odroślowego pochodzenia, które rosną na obrzeżach lasu, na miedzach, przy drogach leśnych oraz w obrębie tzw. „czyżni”. Gatunek bardzo wrażliwy na atak grafiozy.

Wydaje się, że specyficzne wymagania siedliskowe poszczególnych wiązków oraz ich różna odporność na DED powinny być brane pod uwagę w strategii hodowlanej dotyczącej tych drzew.

Praca powstała w ramach projektu badawczego nr 2011/01/B/NZ9/02883 „Ocena wielkości, rozmieszczenia i stanu zasobów rodzaju *Ulmus* w Polsce”, finansowanego przez NCN.

Wpływ czynników środowiskowych na wzrost upraw i młodników jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) wprowadzanej w ramach restytucji gatunku w Nadleśnictwie Zdroje

Michał Nicałek¹, Władysław Barzdajn²

¹Nadleśnictwo Zdroje, ul. Krótka 5, 57-330 Szczytna

²Katedra Hodowli Lasu, Wydział Leśny, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Wojska Polskiego 69, 60-625 Poznań, barzdajn@up.poznan.pl

W 1998 r. w Sudetach udział jodły w składzie drzewostanów wyniósł 0,35%. Stanowiska jodły liczyły w większości po jednym do kilkunastu dojrzałych drzew. Jodła w zasadzie straciła możliwości samoodtworzenia populacji. Zachowanie gatunku w lasach Sudetów wymagało opracowania i zrealizowania programu restytucyjnego. Dla Nadleśnictwa Zdroje program przewiduje wprowadzenie do lasów jodły na powierzchni 1700 ha, do udziału powierzchniowego 17%. Do 2015 r. wprowadzono to drzewo na powierzchni 179 ha na 500 gniazdach i kępach o wielkości od 0,02 do 0,50 ha. W ramach oceny wyników restytucji wszystkie nowe gniazda i kępy zostały pomierzone i ocenione. Wiek upraw i młodników wyniósł od 4 do 16 lat. Scharakteryzowano też warunki środowiskowe oraz zanotowano pochodzenie nasion i zastosowaną technologię szkółkarską. Ocena wpływu lokalnych czynników na wzrost wymagała pozbycia się trendu wiekowego. Dlatego w analizie wariancji, zamiast wysokości, zastosowano względne odchylenie od krzywej wzrostu według modelu MMF: $y = (ab + cx^d) / (b + x^d)$. Ocena hodowlano-leśna sztucznych odnowień jodły jest bardzo wysoka. Stwierdzono istotny wpływ na wzrost jodły: gatunku osłonowego, wysokości drzew osłony, wieku i zwarcia osłony, typu siedliska leśnego, typu i podtypu gleby, odczynu pH poziomu próchnicznego, pokrywy glebowej (ściółka, runo), obecności w składzie odnowienia gatunku konkurencyjnego oraz pochodzenia nasion i zastosowanej technologii szkółkarskiej. Nie udowodniono wpływu ażurowości osłony, ekspozycji

zycji stoku i wielkości gniazda. Analiza regresji wielorakiej, w której zmienną objaśnianą była wysokość drzew, a zmiennymi objaśniającymi testowane czynniki, pozwoliła ocenić wielkość wpływu poszczególnych istotnych czynników na wysokość jodeł. Poza wiekiem na wysokość jodeł korzystnie wpływały: wysokość n.p.m., produkcja sadzonek w pojemnikach szkółkarskich i posadzenie na siedlisku lasu górskiego (LG). Niekorzystnie na wzrost oddziaływały: kwasowość poziomu próchnicznego (mierzona stężeniem molowym kationów H^+) oraz zwarcie drzewostanu osłaniającego.

Drzewostany Puszczy Białowieskiej w świetle najnowszych badań monitoringowych

Rafał Paluch^{1*}, Łukasz Kuberski¹, Ewa Zin^{1,2}, Krzysztof Stereńczak³

¹Zakład Lasów Naturalnych, Instytut Badawczy Leśnictwa, ul. Park Dyrekcyjny 6, 17-230 Białowieża, R.Paluch@ibles.waw.pl

²Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Southern Swedish Forest Research Centre, Box 49, 230 53 Alnarp, Sweden

³Laboratorium Geomatyki, Instytut Badawczy Leśnictwa, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

W ramach projektu Life+ ForBioSensing założono w 2015 r., po raz pierwszy w całej polskiej części Puszczy Białowieskiej, sieć bardzo licznych (685 szt.) stałych powierzchni monitoringowych, która obejmowała nowe powierzchnie rozmieszczone schematycznie w siatce 1300×1300 m (335 szt.), powierzchnie według lokalnej siatki założone w Białowieskim PN (160 szt.) oraz pozostałe powierzchnie, wyznaczone na stałych powierzchniach badawczych IBL z wyboru, reprezentujące m.in. stosunkowo rzadkie siedliska chronione, np. świerczynę na torfie, ważne siedliska priorytetowe Natura 2000 (łęgi) i inne siedliska bagienne (olsy, bory i lasy bagienne). Każda powierzchnia monitoringowa miała kształt współśrodkowego koła o sumarycznym areale 0,05 ha, na którym analizowano poszczególne warstwy drzewostanu na kołach o różnych promieniach. Pobrano więc systematyczną próbę losową z drzewostanów Puszczy Białowieskiej, która stanowiła podstawę do ich charakterystyki. Powierzchnie monitoringowe bardzo dobrze odzwierciedlają strukturę siedlisk oraz kategorie ochronności Puszczy Białowieskiej. Na każdej z nich pomierzono pierśnice drzew w podziale na gatunki oraz wysokości drzew (także nalotu i podrostu) wchodzących do próby. Określono również cechy drzewostanu i siedliska, w tym m.in. fazy rozwojowej drzewostanu, typu siedliskowego lasu czy pokrycia poszczególnych warstw drzewostanu.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że 45% założonych powierzchni badawczych charakteryzowało się fazami optymalnymi rozwoju drzewostanu. Fazy terminalne występowały również na znacznej części badanych

powierzchni próbnych, co stanowiło blisko 30% wszystkich powierzchni badawczych. Młode fazy rozwojowe, w tym regeneracyjna, inicjalna, młodociana oraz faza drągowiny, miały po kilka procent udziału. Około 5% analizowanych powierzchni charakteryzowało się fazą destrukcyjną. Inicjalne fazy rozwojowe stwierdzono tylko na siedliskach boru świeżego, lasu świeżego i olsu. Fazy rozwojowe optymalne i terminalne występowały we wszystkich typach siedliskowych lasu. Młode fazy rozwojowe – młodocianą i drągowinę – spotykano przeważnie w borze mieszanym świeżym i lesie mieszanym świeżym oraz lesie świeżym. Etapy rozwoju drzewostanu: regeneracyjny, przerębowy i destrukcyjny odnotowywano rzadko w różnych typach siedliskowych lasu. Stwierdzono ponadto, że największe znaczenie w budowaniu drzewostanów na powierzchniach badawczych miały: olsza, świerk, sosna i dąb. Na ponad 75% powierzchni badawczych wymienione gatunki były gatunkami panującymi w górnej warstwie drzewostanu. Inne gatunki rzadko pełniły taką funkcję. Jednym z nich był grab, który jednakże występuje zwykle w drugim piętrze wielu grądowych siedlisk Puszczy Białowieskiej i w ten sposób zostaje zaklasyfikowany.

W warstwie odnowień na blisko 280 powierzchniach badawczych dominował grab, co stanowiło ponad 40% wszystkich powierzchni badawczych. Dużą rolę, choć zdecydowanie mniejszą, odnotowano w tej warstwie w przypadku świerka. Przewaga świerka w odnowieniu zaznaczyła się na 125 powierzchniach badawczych, czyli na prawie 20%. Niekiedy dominowały w odnowieniu: klon (blisko 100 powierzchni) oraz olsza (65 powierzchni). Sosna nie dominowała na żadnej powierzchni badawczej, a gatunki wczesnosukcesyjne (brzozy, osika) oraz inne bardzo rzadko przeważały w warstwie odnowień. Na siedliskach borowych w warstwie odnowienia lasu przeważał świerk pospolity, natomiast odnowienie sosny występowało sporadycznie. Na siedliskach oligotroficznym i mezotroficznym wilgotnym i bagiennym (Bw, Bb, BMw i BMb) znaczny udział miał również świerk pospolity, jednak już od siedlisk mezotroficznym świeżym (BMśw) wyraźnie zaznaczała się konkurencja grabu zwyczajnego w warstwie odnowień, który na wielu powierzchniach badawczych staje się ważnym konkurentem świerka. Odnowienie grabu wyraźnie i zdecydowanie dominuje na eutroficznym siedliskach grądowych (Lśw i Lw). Stwierdzono także, że w warstwie niskich odnowień do 30 cm wysokości znaczną rolę odgrywa klon zwyczajny, który zdobywa przewagę na licznych powierzchniach badawczych w siedliskach żyznych (np. Lśw, Lw) i średnio żyznych (np. LMśw).

Badania wykonano w ramach projektu LIFE+ ForBioSensing PL „Kompleksowy monitoring dynamiki drzewostanów Puszczy Białowieskiej z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych”, który współfinansowany jest ze środków Komisji Europejskiej w ramach instrumentu finansowego Unii Europejskiej LIFE + oraz ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW); nr umowy: LIFE13 ENV/PL/000048, nr umowy NFOŚiGW:485/2014/WN10/OP-NM-LF/D.

Analiza proteomiczna indukcji spoczynku wtórnego w nasionach róży dzikiej *Rosa canina* L.

Tomasz A. Pawłowski*, Aleksandra M. Staszak, Ewelina A. Klupczyńska,
Barbara Bujarska-Borkowska, Jan Suszka, Paweł Chmielarz,
Tadeusz Tylkowski

Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,
*tapawlow@man.poznan.pl

W warunkach naturalnych nasiona licznych gatunków drzew i krzewów ze strefy klimatu umiarkowanego wymagają do kiełkowania specyficznych warunków środowiskowych. Nasiona (orzeszki) róży dzikiej (*Rosa canina*) cechują się głębokim spoczynkiem o podwójnym charakterze, tj. spoczynkiem mechanicznym spowodowanym obecnością i wpływem łupiny nasiennej oraz spoczynkiem fizjologicznym zarodka. Zabiegiem umożliwiającym ustąpienie stanu spoczynku, a następnie podjęcie kiełkowania, jest stratyfikacja nasion w warunkach określonej temperatury, wilgotności i dostępu powietrza. Innym aspektem jest problem związany z indukcją spoczynku wtórnego w nasionach róży dzikiej, a zmiany zachodzące podczas tego procesu na poziomie molekularnym były przedmiotem niniejszych badań. Spoczynek wtórny (indukowany) dotyczy sytuacji, w której nasiona pierwotnie spoczynkowe zostały wyprowadzone z tego stanu, ale w momencie kiełkowania trafiły na niekorzystne dla nich warunki zewnętrzne, np. na zbyt wysoką temperaturę. Takie nasiona zapadają ponownie w spoczynek i przelegują do kolejnej wiosny lub dłużej, co jest procesem korzystnym z biologicznego punktu widzenia (glebowy bank nasion), ale niepożądanym w praktyce szkółkarskiej. Ważne jest, by poznać mechanizm zawiadujący procesem indukcji spoczynku wtórnego, co pozwoli zrozumieć i odkryć czynniki go wywołujące.

Badania wykonano na nasionach róży dzikiej, zebranych z trzech krzewów w październiku 2015 r. Po wydobyciu z owocni (hypancjum) i podsuszeniu orzeszki o wilgotności 9,1–9,8% poddano stratyfikacji ciepło-chłodnej 25°/3°C (16 tyg. + 22 tyg.), po czym próbie kiełkowania w temperaturze 3°C i wschodzenia w 20°C. Indukcja spoczynku wtórnego wywołana podczas prób wschodzenia w temperaturze 20°C spowodowała zapadanie nasion w stan uśpienia (w przeciwieństwie do prób kiełkowania przeprowadzonych w temperaturze 3°C) i była zależna od zmienności osobniczej (pochodzenia). W temperaturze 20°C wschody nasion wynosiły dla partii nr 1 – 3,5, nr 2 – 6,0 i nr 3 – 18,5%, a kiełkowanie w temperaturze 3°C odpowiednio: 58,5, 80,5 oraz 92,0%.

Podczas stratyfikacji zbierano próby do dalszych badań molekularnych, które miały służyć wyjaśnieniu zjawiska indukcji spoczynku wtórnego. W tym celu posłużono się technikami, jakie oferuje proteomika: elektroforezą dwukierunkową 2D-IEF/PAGE, opierającą się na rozdziale białek w zależności od punktu izoelektrycznego i masy, oraz spektrometrią mas MS/MS. Analiza zmian białek oraz ich charakteryzacja miała na celu identyfikację procesów odpowiedzialnych za in-

dukcję spoczynku wtórnego. Nasiona pobrano czterokrotnie: przed rozpoczęciem stratyfikacji (kontrola), po 16 tygodniach stratyfikacji w 25°C, po 22 tygodniach stratyfikacji w 3°C, gdy spoczynek został przełamany, i po ośmiu tygodniach prób wschodzenia w 20°C, gdy nastąpiła indukcja spoczynku wtórnego. Analiza różnic w proteomie pomiędzy poszczególnymi próbami wykazała, że szesnaście białek wykazało istotne statystycznie różnice w poziomie akumulacji. Cztery białka wykazywały zmienność między pochodzeniami, dziesięć pomiędzy wariantami temperaturowymi, natomiast dwa dla obydwu tych czynników. Identyfikacja białek wykazała, że ich funkcja związana jest z metabolizmem węglowodanów, energii i nukleotydów oraz biosyntezą cukrów, translacją i transportem komórkowym. Temperatura indukująca spoczynek wtórny miała wpływ na zmienność największej liczby białek, w porównaniu z: kontrolą (sześć białek), stratyfikacją ciepłą (dwa białka) i stratyfikacją chłodną (jedno białko). Akumulacja leguminy oraz enzymów metabolicznych była najniższa w nasionach ze spoczynkiem wtórnym, co sugeruje zużycie materiałów zapasowych oraz spadek aktywności metabolicznej w tych nasionach. Może to wyjaśniać trudności związane z ponownym przełamaniem spoczynku i doprowadzeniem tych nasion do kiełkowania. Wzrost akumulacji HSP17.5 i lipokaliny sugeruje natomiast, że nasiona będące w stanie spoczynku wtórnego wymagają obecności białek związanych z utrzymaniem homeostazy komórkowej. Wydaje się jednak, że ich aktywność nie zapobiega pogorszeniu jakości nasion. Otrzymane wyniki mogą być pomocne w określeniu wskaźników jakości nasion: żywotności i wigoru.

Zależna od płci aktywność transkrypcyjna cisa pospolitego (*Taxus baccata* L.)

Emilia Pers-Kamczyc^{1*}, Joanna Wesoły², Grzegorz Iszkuło^{1,3}

¹Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,
*epk@man.poznan.pl

²Pracownia Technologii Wysokoprzepustowych, Instytut Biologii Molekularnej i Biotechnologii, Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Umultowska 89, 61-618, Poznań

³Katedra Botaniki i Ekologii, Uniwersytet Zielonogórski, ul. Prof. Z. Szafrana 1, 65-516 Zielona Góra

Cis pospolity jest gatunkiem dwupiennym, co oznacza, że funkcje żeńskie i męskie realizowane są przez osobne rośliny. W przeprowadzonych do tej pory badaniach wykazano dymorfizm płciowy wyrażający się w cechach fizjologiczno-morfologicznych. Osobniki żeńskie charakteryzują się niższą zawartością azotu w igłach, większą powierzchnią i długością igieł, większym zagęszczeniem aparatów szparkowych, a także wyższym poziomem metabolitów wtórnych w porównaniu z osobnikami męskimi. Ponadto osobniki żeńskie mają mniejsze przyrosty radialne obserwowane od momentu osiągnięcia dojrzałości płciowej. Może

to wskazywać na istnienie odmiennych mechanizmów alokacji zasobów między funkcje generatywne i wegetatywne u obu płci. Zrównoważeniem większego wysiłku reprodukcyjnego osobników żeńskich może być wyższe natężenie procesów metabolicznych, odzwierciedlone z kolei w odmiennej aktywności transkrypcyjnej.

Celem niniejszych badań było opracowanie *de novo* transkryptomu cisa pospolitego oraz poznanie aktywności transkrypcyjnej osobników obu płci.

Materiał badawczy stanowiły jednoroczne igły cisa pospolitego, pobrane z osobników żeńskich i męskich rosnących w Arboretum Kórnickim Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk. Jednoroczne igły stanowiły źródło całkowitego RNA, które było punktem wyjścia do przeprowadzenia analiz całego transkryptomu z użyciem sekwencjonowania nowej generacji (RNAseq) i opracowania transkryptomu *de novo* dla cisa pospolitego. W tym celu wykonano sekwencjonowanie 48 bibliotek cDNA oraz sekwencjonowania metodą *paired-end* z wykorzystaniem aparatury i odczynników firmy Illumina. Uzyskano 944 988 103 odczyty, z których 652 915 262 (69,09%) charakteryzowały się bezbłędnością podczas sekwencjonowania. Zostały one wykorzystane do opracowania transkryptomu, w którym wskazano obecność ponad 40 tysięcy transkryptów. Połowa z nich została przypisana do sekwencji opisanych dla genów i białek (BLAST, UniProt).

Szczegółowa analiza aktywności transkrypcyjnej jednorocznych igieł wskazała na odmienną aktywność transkrypcyjną między osobnikami obu płci, co może świadczyć o różnych mechanizmach regulacji procesów metabolicznych zachodzących w jednorocznych igłach oraz o ewolucyjnym przystosowaniu się osobników obu płci do pełnionych funkcji.

Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki z funduszy projektu przyznanego na podstawie decyzji numer 2012/07/B/NZ9/01314. Obliczenia wykonano w Poznańskim Centrum Superkomputerowo-Sieciowym w ramach otrzymanego grantu obliczeniowego (nr 282).

Obcy są wśród nas! Kointrodukcja roślin drzewiastych i ich symbiontów grzybowych jako istotny problem współczesnej ochrony przyrody

Marcin Pietras^{1,2*}, Marta Kolanowska^{1,3}

¹Katedra Taksonomii Roślin i Ochrony Przyrody, Wydział Biologii, Uniwersytet Gdański, ul. Wita Stwosza 59, 80-308 Gdańsk, *marcin.pietras@biol.ug.edu.pl

²Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik

³Department of Biodiversity Research, Global Change Research Institute AS CR, Bělidla 4a. 603 00 Brno, Czech Republic

Organizmami obcego pochodzenia mogą być rośliny, zwierzęta i grzyby, które w sposób intencjonalny bądź przypadkowy zostały przeniesione poza miejsce

swojego naturalnego występowania. Obecnie występowanie obcych, często inwazyjnych organizmów stanowi jeden z głównych problemów ochrony przyrody. Na nowym obszarze zmieniają one strukturę i skład gatunkowy rodzimych biocenoz oraz konkurują z miejscowymi gatunkami o zasoby życiowe i przestrzeń. W niniejszej prezentacji autorzy skupiają się na grzybach mykoryzowych występujących poza naturalnym zasięgiem. Grzyby te prawdopodobnie w większości zostały introdukowane na nowe tereny wraz ze swoimi partnerami roślinnymi. Taki schemat rozprzestrzeniania się organizmów został nazwany koinwazją (z ang. *co-invasion*). Na nowym terenie grzyb i roślina występują nierozłącznie i razem rozprzestrzeniają się w środowisku. Przenoszenie grzybów wraz z ich partnerami roślinnymi można uznać za najczęściej spotykany sposób rozprzestrzeniania się gatunków ektomykoryzowych. Zdecydowanie rzadziej dochodzi do przeniesienia symbionta grzybowego niezależnie od związanego z nim drzewa. W takim przypadku grzyb ten cechuje się brakiem przywiązania do partnera roślinnego, czego skutkiem musi być tworzenie nowych asocjacji z drzewami, z którymi w normalnych warunkach niemożliwe byłoby wejście w relacje symbiotyczne. Grzyby takie cechuje również większa zdolność do rozprzestrzeniania się na nowym terenie.

Z reguły występowanie ektomykoryzowej symbiozy mutualistycznej uważane jest za korzystne. Niemniej jednak tworzenie symbioz przez grzyby obcego pochodzenia może skutkować ujawnieniem się wielu zagrożeń, począwszy od zatrucia ludzi, kończąc na modyfikacji funkcjonowania całych ekosystemów. Zasadniczo wpływ introdukcji niepatogenicznych grzybów na nowe tereny można rozpatrywać w kilku aspektach, takich jak: wpływ na rodzimą mykobiotę, wpływ na rodzime gatunki drzew, wspieranie rozprzestrzeniania się obcych gatunków roślin czy modyfikowanie właściwości środowiska.

W referacie przedstawione zostaną zagadnienia związane z występowaniem czterech północnoamerykańskich grzybów mykoryzowych: maślaka daglezwego (*Suillus lakei*), złotaka wyniosłego (*Aureoboletus projectellus*) oraz dwóch gatunków piestrówek (*Rhizopogon salebrosus* i *R. pseudoroseolus*), zawleczonych do Europy, Ameryki Południowej, Australii i Nowej Zelandii. Dla każdego z badanych gatunków zostaną zaprezentowane dane na temat aktualnego oraz potencjalnego zasięgu, jak również przewidywania zmian występowania na skutek zmian klimatu. Przedstawione zostaną również zagrożenia wynikające z pojawiania się grzybów symbiotycznych oraz ich partnerów roślinnych poza terenem ich naturalnego występowania.

Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki na podstawie decyzji numer DEC-2011/03/N/NZ9/04562 oraz ze środków przyznanych w ramach finansowania stażu po uzyskaniu stopnia naukowego doktora na podstawie decyzji nr DEC-2015/16/S/NZ9/00370.

Gospodarować czy chronić? Zróżnicowanie zbiorowisk grzybów ektomykoryzowych w rezerwach i drzewostanach gospodarczych

Maria Rudawska^{1*}, Tomasz Leski¹, Marta Kujawska¹,
Małgorzata Stasińska², Leszek Karliński¹

¹Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,
*maria.rud@man.poznan.pl

²Katedra Botaniki i Ochrony Przyrody, Uniwersytet Szczeciński, ul. Z. Felczaka 3c,
71-413 Szczecin

Grzyby ektomykoryzowe (EM) odgrywają kluczową rolę w prawidłowym funkcjonowaniu ekosystemów leśnych ze względu na udział w obiegu niezbędnych do życia substancji odżywczych i wody oraz liczne funkcje ochronne wobec różnych zagrożeń biotycznych i abiotycznych.

W ramach projektu NCN poświęconego poszukiwaniu centrów różnorodności gatunkowej grzybów EM w ekosystemach leśnych przeprowadzone zostały badania mające na celu poznanie i określenie aktualnego stanu zróżnicowania zbiorowisk grzybów EM w drzewostanach reprezentujących kontynentalny bór mieszany (*Quercus robur*-*Pinetum*) na terenie Polski, a także odpowiedź na pytanie, czy gospodarka leśna wpływa na różnorodność grzybów EM. Nasze główne hipotezy badawcze zakładały, że zbiorowiska grzybów EM występujące w drzewostanach gospodarczych i w drzewostanach objętych ochroną rezerwatową nie będą znacząco różniły się pod względem bogactwa gatunkowego wyrażonego liczbą gatunków. Przyjęliśmy również, że porównywane zbiorowiska grzybów EM będą istotnie zróżnicowane pod względem jakościowym, głównie z powodu zwiększonej obecności martwego drewna na obszarach chronionych. Martwe drewno jest bowiem niezbędnym substratem dla rozwoju owocników wielu ważnych grzybów EM, głównie tomentelloidalnych.

W analizach zbiorowisk grzybów EM wykorzystaliśmy metody badawcze polegające na obserwacji dwóch najważniejszych form życiowych grzybów EM, tj. owocników oraz ektomykoryz. Identyfikacja grzybów EM z mykoryz oparta została na analizach grzybowego DNA izolowanego z pojedynczych morfotypów mykoryzowych. Metody molekularne stosowaliśmy także przy oznaczaniu owocników w sytuacji, gdy identyfikacja metodami klasycznymi napotykała na trudności. Obserwacje owocnikowe oraz pobieranie próbek korzeniowych z mykoryzami prowadzono na stanowiskach badawczych usytuowanych w pasie środkowej Polski. Stanowiska te zlokalizowano na terenach rezerwatów „Bażantarnia” (N-ctwo Przytok), „Olbina” (Nadleśnictwo Kalisz) i „Czapłowizna” (Nadleśnictwo Łochów), w których ochrona trwa od co najmniej 30 lat, oraz w odpowiadających im jak najpełniej pod względem siedliskowym pobliskich drzewostanach użytkowanych gospodarczo. Na każdej z analizowanych powierzchni (rezerwat lub drze-

wostan gospodarczy) wyznaczone zostały cztery stałe podpowierzchnie badawcze o wymiarach 8×50 m. Badania realizowano w latach 2015–2017.

Łącznie na trzech stanowiskach zidentyfikowano 157 taksonów grzybów EM, z tego 94 na podstawie występowania owocników i 105 na podstawie analizy mykoryz. Na dwóch z analizowanych stanowisk (Nadleśnictwa Przytok i Kalisz) bogactwo gatunkowe grzybów EM było wyższe w drzewostanach gospodarczych niż na terenie rezerwatów (odpowiednio 55 vs. 31 i 74 vs. 58). W Nadleśnictwie Łochów liczba taksonów grzybów EM obecnych w drzewostanach gospodarczych i rezerwacie „Czaplowizna” była bardzo zbliżona i wynosiła odpowiednio 70 i 69 taksonów. Ostatecznie średnie bogactwo gatunkowe na powierzchniach gospodarczych wyniosło 66 taksonów grzybów EM, a w rezerwach – 53. Łącznie na powierzchniach użytkowanych gospodarczo wykazano 120 taksonów grzybów EM, natomiast w rezerwach – 104. Charakter powierzchni (rezerwat/drzewostan gospodarczy) w znacznej mierze determinował skład taksonomiczny zidentyfikowanych grzybów EM. Jedynie 43% taksonów występowało zarówno w rezerwach, jak i drzewostanach gospodarczych. Pozostałe 57% stanowiły taksony charakterystyczne dla jednej z badanych powierzchni: 23% taksonów występowało wyłącznie na powierzchniach rezerwatowych, a 34% na powierzchniach gospodarczych. Do najczęściej reprezentowanych pod względem liczby gatunków grzybów EM w rezerwach i drzewostanach gospodarczych należały rodzaje: *Cortinarius*, *Russula*, *Amanita* i *Lactarius*, jednakże w drzewostanach gospodarczych liczba gatunków z rodzajów *Cortinarius* i *Russula* była wyraźnie wyższa niż w rezerwach. Pomimo że w rezerwach stwierdzono istotnie większą ilość martwego drewna, to wbrew wcześniejszym przypuszczeniom nie wykazano zależności pomiędzy występowaniem grzybów tomenteloidalnych a jego ilością.

Poprzez nasze badania negatywnie zweryfikowaliśmy hipotezę, że zbiorowiska grzybów EM występujące w drzewostanach gospodarczych i w rezerwach zlokalizowanych w kontynentalnym borze mieszanym będą zbliżone pod względem bogactwa gatunkowego. Potwierdziło się natomiast założenie o istotnym różnicowaniu jakościowym zbiorowisk grzybów EM pomiędzy drzewostanami gospodarczymi i rezerwatami.

Badania zrealizowane w ramach realizacji projektu badawczego Narodowego Centrum Nauki nr 2014/13/B/NZ9/01992.

Dynamika struktury kierowanych i niekierowanych drzewostanów sosnowych w doświadczeniu w Nadleśnictwie Torzym

Janusz Szmyt, Władysław Barzdajn, Wojciech Kowalkowski*

*Katedra Hodowli Lasu, Wydział Leśny, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Wojska Polskiego 69, 60-625 Poznań, *jszmyt@up.poznan.pl*

W pracy poddano analizie zróżnicowanie strukturalne drzewostanów sosnowych (*Pinus sylvestris* L.) oraz prześledzono 10-letnią dynamikę zmian struktury w warunkach różnego postępowania hodowlano-leśnego. W tym celu przeprowadzono pomiary i obserwacje w trzech obiektach badawczych: wyłączonym z zagospodarowania, z eksperymentalnym zagospodarowaniem i zagospodarowaniem konwencjonalnym, zlokalizowanych w Nadleśnictwie Torzym. Powierzchnia obiektów wynosiła 30–50 ha. W każdym z nich założono sieć stałych kołowych powierzchni pomiarowych (0,05 ha każda), na których mierzono wszystkie drzewa i notowano ich współrzędne biegunowe. Analizę struktury oparto na wskaźnikach strukturalnych, opisujących różne aspekty struktury. Analizowano: zagęszczenie drzew, zróżnicowanie gatunkowe, zróżnicowanie wielkości (pierśnicy i wysokości) drzew oraz wzorec przestrzennego występowania drzew. Dla każdego z aspektów obliczono wskaźniki nieprzestrzenne (np. wskaźnik zróżnicowania gatunkowego Shannona, indeks równomierności gatunkowej, wskaźnik Giniego, wskaźnik zróżnicowania pierśnicy Shannona, indeks profilowy drzewostanu) oraz wskaźniki przestrzenne, oparte na znajomości położenia każdego drzewa w obrębie powierzchni pomiarowej (wskaźnik Clarka-Evansa, wskaźnik Hopkinsa-Skellama, wskaźnik miary kątowej, wskaźniki przestrzennego zróżnicowania wielkości drzew, wskaźnik segregacji gatunków Pielou, wskaźnik przestrzennego zmieszania gatunków i kompleksowy wskaźnik zróżnicowania strukturalnego).

Wszystkie wskaźniki zostały obliczone w dwóch terminach, aby uchwycić 10-letnią dynamikę zmian. Następnie zbadano, czy obiekty badawcze wykazywały istotne różnice struktury drzewostanów. W tym celu, w zależności od rozkładu wskaźników, zastosowano jednozmienną analizę wariancji lub nieparametryczny test Kruskala-Wallisa.

Obiekty badawcze wykazywały początkowo wyraźne różnice w zagęszczeniu drzew, miąższości grubizny drzew żywych, zróżnicowaniu wielkości drzew na podstawie wskaźników zróżnicowania pierśnicy Shannona, indeksu profilowego drzewostanu i zróżnicowania przestrzennego wysokości drzew oraz zróżnicowania gatunkowego drzew. Po dziesięciu latach początkowe istotne różnice między obiektami nie zostały udowodnione jedynie w aspekcie zróżnicowania gatunkowego drzewostanów oraz w budowie pionowej określonej indeksem profilowym. Po tym czasie obiekty istotnie różniły się pod względem: zagęszczenia drzew, miąższości grubizny, wzorca przestrzennego występowania drzew na podstawie miary kątowej, wielkości drzew na podstawie średniej pierśnicy drzew żywych,

wskaźnika zróżnicowania pierśnicy Shannona, wskaźnika Giniego, przestrzenne zróżnicowania pierśnicy i wysokości drzew w najbliższym swoim sąsiedztwie oraz pod względem kompleksowego wskaźnika zróżnicowania struktury. Istotne różnice występowały między obiektami zagospodarowanymi (doświadczalnym i gospodarczym) oraz obiektem rezerwatowym. Oba obiekty zagospodarowane początkowo różniły się istotnie wskaźnikiem zróżnicowania gatunkowego określonego wskaźnikiem segregacji gatunków Pielou, średnią pierśnicą drzew żywych oraz miąższością grubizny. Po dziesięciu latach istotne różnice między obiektami zagospodarowanymi dotyczyły średniej pierśnicy drzew oraz miąższości grubizny.

Ektomykoryza: nie zawsze mutualistyczne oddziaływanie pomiędzy grzybem a rośliną – molekularna analiza *Populus ×canescens* inokulowanych *Paxillus involutus*

Agnieszka Szuba^{1*}, Łukasz Marczak², Leszek Karliński¹

¹*Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,*

**agnieszka@wp.pl*

²*Instytut Chemii Bioorganicznej Polskiej Akademii Nauk, ul. Z. Noskowskiego 12/14,
61-704 Poznań*

Ektomykoryza (ECM) jest jednym z najważniejszych oddziaływań symbiotycznych roślin. Jest szczególnie istotna dla roślin drzewiastych, a dla wielu gatunków jest uważana za obligatoryjną. Powszechnie uważa się, że ECM jest symbiotycznym związkiem pomiędzy grzybem i rośliną korzystnym dla obu partnerów: grzyb ektomykoryzowy dostarcza gospodarzowi roślinnemu związków mineralnych, w szczególności związków azotu i fosforu, ale także zaopatruje go w wodę, w zamian za cukry dostarczane przez roślinę. Efektem jest lepsza kondycja oraz przyspieszony wzrost roślin. Obecnie coraz więcej doniesień naukowych świadczy jednak o tym, że ECM w rzeczywistości może reprezentować kontinuum oddziaływań symbiotycznych: od pasożytnictwa do mutualizmu. Zaskakująco duża ilość danych literaturowych dotyczących ECM donosi o braku wspierania wzrostu rośliny lub nawet o jego zahamowaniu w konsekwencji kolonizacji grzybem ektomykoryzowym. Ostateczny efekt symbiozy zależy najprawdopodobniej od bilansu wymiany zasobów między partnerami, głównie węgla i azotu. Mechanizmy determinujące rodzaj interakcji nie są jednak do końca poznane. Za jeden z powodów „pasożytniczego” zachowania grzybów ektomykoryzowych uważa się zbyt maszyną i szybką kolonizację korzeni. Niezależnie od genezy molekularne zmiany zachodzące w inokulowanych roślinach charakteryzujących się obniżo-

nym wzrostem w stosunku do nieinokulowanej kontroli są do tej pory praktycznie nieznane.

W naszej prezentacji przedstawimy molekularne („omic”) zmiany zaobserwowane w tkankach topoli *Populus ×canescens* inokulowanych *in vitro* grzybem *Paxillus involutus*. Proteomiczne oraz metabolomiczne analizy wykonane po sześciu tygodniach od inokulacji skupiają się na wykryciu molekularnych efektów wywołanych kolonizacją korzeni. Mimo że interakcja pomiędzy rośliną i grzybem zachodzi tylko w korzeniach, badaliśmy także odpowiedź systemiczną obserwowaną w liściach inokulowanych roślin.

Zastosowane metody proteomiczne (2DE/MALDI TOF TOF dla analizy liści oraz LC MS/MS dla analiz proteomów korzeni) wraz z analizą związków fenolowych wykonaną metodą LC MS/MS dostarczyły dużych ilości informacji na temat różnic na poziomie molekularnym pomiędzy analizowanymi wariantami. Dane te zostały uzupełnione wynikami analiz biochemicznych, mineralnych oraz obrazami uzyskanymi z wykorzystaniem mikroskopii konfokalnej (analiza dotyczyła rozmieszczenia reaktywnych form tlenu w korzeniach inokulowanych topoli).



KONTROLA
(ROŚLINY NIEINOKULOWANE)



SZCZEP A
(ROŚLINY INOKULOWANE)



SZCZEP B
(ROŚLINY INOKULOWANE)

Analizowane były trzy warianty. Były to rośliny nieinokulowane (kontrola; ryc. 1) oraz topole inokulowane dwoma szczepami *P. involutus*. Pierwszy ze szczepów silnie kolonizował korzenie, ale w znaczącej części korzeni drobnych (ang. *root tips*) nie obserwowano w pełni funkcjonalnej mykoryzy (korzenie te były pozbawione włosników, pokryte tkanką grzybową, ale nie stwierdzono w nich wykształconej prawidłowo sieci Hartiga – przestrzeni, w której zachodzi wymiana zasobów pomiędzy partnerami symbiozy). Inokulacja tym szczepem powodowała zahamowanie wzrostu topoli (ryc. 1; szczep A). Drugi analizowany szczep grzybowy kolonizował korzenie topoli tylko w niewielkim stopniu. Mimo to po sześciu tygodniach od inokulacji obserwowano znaczącą poprawę wzrostu ro-

ślin w inokulowanym wariantcie doświadczania, w porównaniu z kontrolą (ryc. 1; szczep B).

Prawdopodobne powody dostrzeżonych zmian oraz „molekularne konsekwencje” inokulacji tak różnymi szczepami *P. involutus* (powodującymi znacząco różne zmiany biometrycznych cech topoli) będą dyskutowane w kontekście charakteru interakcji pomiędzy grzybem a rośliną.

Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Nauki (grant nr.: 2011/03/D/NZ9/05500) oraz przez Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk.

Zastosowanie mikrosatelitów w badaniach rodowo-proweniencyjnych oraz na plantacjach nasiennych

Magdalena Trojankiewicz

Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, ul. Chodkiewicza 30, 85-064 Bydgoszcz,
trojankiewicz@ukw.edu.pl

Markery mikrosatelitarne znajdują szerokie zastosowanie w wielu rodzajach badań zmienności genetycznej. Ze względu na sposób dziedziczenia pozwalają na odróżnienie osobnika będącego homozygotą dominującą od heterozygoty. Wykorzystanie ich w badaniach z zakresu genetyki populacyjnej, ze szczególnym uwzględnieniem doświadczeń rodowo-proweniencyjnych oraz plantacji nasiennych może być źródłem wielu cennych danych. Zarówno w przypadku doświadczeń rodowych, jak i prowadzonych na plantacjach nasiennych, osobniki, które poddawane są analizie, charakteryzują się określonym stopniem pokrewieństwa, są półrodzeństwem lub klonami drzew matecznych. W obu typach doświadczeń posłużono się osobnikami o podwyższonej wartości genetycznej. Prezentowane badania przybliżą możliwości zastosowania markerów mikrosatelitarnych w tego typu doświadczeniach, co jest niezwykle istotne z punktu widzenia w hodowli selekcyjnej drzew leśnych.

Doświadczenie rodowo-proweniencyjne dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) zostało założone w Nadleśnictwie Oleszyce, natomiast plantacja nasenna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w Nadleśnictwie Gniewkowo. W analizach molekularnych wykorzystano kilka zestawów markerów mikrosatelitarnych (SSR – Simple Sequence Repeats), które w pierwszym kroku umożliwiły identyfikację osobniczą badanych drzew, a następnie, na podstawie uzyskanych danych, pozwoliły na wykonanie dalszych badań, w tym m.in.: określenia zmienności genetycznej populacji rodzicielskiej, określenia systemu kojarzenia, efektywnej wielkości populacji osobników ojcowskich oraz przeprowadzenia badań przebiegu procesów reprodukcyjnych.

Istotnym elementem, który jest punktem wyjściowym do tego typu analiz, jest określenie genotypu osobników występujących w doświadczeniach. Szczególnie

ważne jest sprawdzenie, czy nie doszło do zamieszania osobników, a tym samym błędnego przyporządkowania do rodu czy klonu. W badaniach z lat wcześniejszych z zastosowaniem markerów bliskich DNA (izoenzymy) takie niezamierzone pomyłki zdarzały się dość często na skutek niedoskonałości używanego narzędzia, natomiast markery mikrosatelitarne, ze względu na wysoki polimorfizm, charakteryzują się dużą siłą dyskryminacji i pozwalają na uniknięcie takich pomyłek oraz wykonanie stosownych korekt i uwzględnienie ich w dalszych analizach. W przypadku gdy dojdzie do nieprawidłowego zaszeregowania osobników do rodu, mogą wystąpić błędy w ocenie wielu parametrów genetycznych; najczęstszym przypadkiem jest niedoszacowanie. W obu doświadczeniach stwierdzono występowanie błędów. Na planach doświadczeń osobniki były przyporządkowane do innych rodów czy klonów.

Badania w oparciu o markery mikrosatelitarne mają ogromne znaczenie dla udoskonalenia praktyki hodowli selekcyjnej drzew leśnych stosowanej obecnie w leśnictwie. Markery molekularne dają możliwość porównywania puli genowej populacji rodzicielskiej z pulą populacji potomnej, określenia poziomu wsobności czy innych parametrów genetycznych; możliwe stało się także sprawdzenie, czy błędy powstałe podczas zakładania doświadczenia mogą mieć istotny wpływ na zmiany parametrów opisujących doświadczenie.

Badania zostały przeprowadzone w ramach grantów: „Możliwości wykorzystania markerów molekularnych DNA do weryfikacji parametrów genetycznych doświadczeń rodowych na przykładzie doświadczenia rodowego *Quercus robur* L.”. Projekt zespołowy: grant MNiSW (N N309 320136; 2009–2012) „Efektywna wielkość populacji na plantacji nasiennej sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.)”. Projekt promotorski: grant KBN (2 P06L 018 26) w latach 2004–2005.

Nowe zasoby genomowe do badań historii populacji i zmienności adaptacyjnej spokrewnionych gatunków sosen

Witold Wachowiak^{1,2}, Julia K. Zaborowska², Bartosz Łabiszak²,
Annika Perry³, Kevin Donnelly³, Stephen Cavers³

¹Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,
witoldw@man.poznan.pl

²Instytut Biologii Środowiska, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Umultowska 89, 61-614 Poznań

³Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh, EH26 0QB, UK

Sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.) jest gatunkiem blisko spokrewnionym z kilkoma taksonami z kompleksu kosodrzewiny (*Pinus mugo*). Gatunki te charakteryzują się silnym zróżnicowaniem cech fenotypowych i adaptacją do odmiennych

warunków środowiska. Badania z wykorzystaniem polimorfizmu jądrowego DNA wykazały jednocześnie, że gatunki te cechują się stosunkowo jednorodnym tłem genetycznym dla loci neutralnych, czyniąc je doskonałym obiektem eksperymentalnym w badaniach genetycznych podstaw zmienności adaptacyjnej i specjacji drzew leśnych. Jednak historia populacji oraz genetyczne podstawy obserwowanej zmienności adaptacyjnej sosny oraz taksonów kompleksu *P. mugo* są słabo poznane, co wynika między innymi z braku odpowiednich zasobów genomowych do badań populacyjnych w skali całego genomu. W prezentowanych badaniach wykorzystano sekwencje transkryptomowe tych gatunków do opracowania platformy genotypowej pozwalającej na analizę tysięcy miejsc polimorficznych w genomie sosny zwyczajnej i taksonów pokrewnych. Z wykorzystaniem metod sekwencjonowania DNA nowej generacji wykryto również szereg miejsc polimorficznych w rejonie mitochondrialnego DNA, dziedziczonego u sosen w linii matecznej i ulegającego dyspersji przez nasiona, które posłużyły do opracowania nowych markerów przydatnych w analizach filogeograficznych badanych taksonów. Opracowane zasoby będą przydatne w badaniach z zakresu genetyki i genomiki populacyjnej, a także w hodowli drzew leśnych z zastosowaniem metod selekcji genomowej.

Wpływ warunków naturalnych na zróżnicowanie genetyczne naturalnych populacji kasztanowca zwyczajnego

Łukasz Walas^{1*}, Grzegorz Iszkuło^{1,2}, Monika Dering¹

¹Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik, *lukaswalas@wp.pl

²Wydział Nauk Biologicznych, Uniwersytet Zielonogórski, ul. Prof. Z. Szafrana 1, 65-516 Zielona Góra

Zróżnicowanie i zmienność genetyczna są kluczowe dla przetrwania i ewolucji gatunku. Jeśli są zbyt niskie, populacje stają się wrażliwe na choroby czy pasożyty, ale przede wszystkim redukuje się ich potencjał adaptacyjny. Wiele gatunków reliktowych cechuje się obniżonym zróżnicowaniem genetycznym, co w dużej mierze wiąże się z ich często ograniczonym zasięgiem i występowaniem w małych, izolowanych populacjach. Jednym z ważniejszych relikatów trzeciorzędowych w Europie i jednocześnie endemitem jest kasztanowiec zwyczajny (*Aesculus hippocastanum* L.), który tworzy izolowane górskie populacje na terenie Półwyspu Bałkańskiego. Jest to powszechnie znany gatunek, chętnie sadzony ze względu na swoje wyjątkowe walory ozdobne. Mimo to wiedza na temat jego zasobów genowych jest niewystarczająca. Sztuczne nasadzenia w całej Europie są dzisiaj zagrożone z powodu inwazji foliofaga, szrotówka kasztanowcowiaczka (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić) oraz szerzenia się wielu chorób. Według Międzyna-

rodowej Unii na rzecz Ochrony Roślin kasztanowiec ma kategorię „narażony” (*vulnerable*) ze względu na kurczące się zasoby siedliskowe wynikające z silnej presji człowieka, głównie wylesienia i pożarów. Postępujące zmiany klimatyczne na terenach południowej Europy, gdzie gatunek występuje naturalnie, stanowią dodatkowy negatywny czynnik. W obliczu tych faktów badania nad strukturą genetyczną kasztanowca w celu zaplanowania skutecznych metod ochrony stają się nagłą potrzebą. Dlatego celem badań była analiza zmienności i zróżnicowania genetycznego naturalnych populacji kasztanowca zwyczajnego.

Do badań zebrano materiał z 495 dorosłych osobników pochodzących z dziewięciu populacji z obszaru Grecji. Do analiz wykorzystano osiem loci mikrosatelitarnych. Pomimo niewielkiej liczebności oraz znacznej izolacji naturalne populacje *A. hippocastanum* cechują się zróżnicowaniem i zmiennością genetyczną zbliżoną do poziomu obserwowanego u liczniejszych i szerzej rozpowszechnionych gatunków z basenu Morza Śródziemnego, co jest wynikiem zaskakującym i interesującym. W populacjach stwierdzono jednak istotny statystycznie poziom wsobności o wartości $F_{IS}=0,145$, co prawdopodobnie odzwierciedla ograniczoną dyspersję genów wynikającą z biologii kasztanowca, który jest gatunkiem owadopylnym i barochorycznym. Współczynnik utrwalenia, określający poziom zróżnicowania międzypopulacyjnego, osiągnął wartość umiarkowaną, $F_{ST}=0,115$. Zgromadzone dane wykorzystano również do określenia intensywności przepływu genów pomiędzy izolowanymi góorskimi stanowiskami oraz sprawdzenia, jakie czynniki wpływają na ten proces. W tym celu zastosowano program Circuitscape. Otrzymane wyniki wskazują, że ukształtowanie terenu (bariery fizyczne) oraz dystans pomiędzy populacjami nie są istotne dla efektywności przepływu genów.

Flora epifityczna jesionu wyniosłego (*Fraxinus excelsior*) w lesie naturalnym (Białowieża, Polska)

Sylwia Wiercholska¹, Patryk Czortek², Bogdan Jaroszewicz²

¹Samodzielna Katedra Biosystematyki, Wydział Nauk Przyrodniczo-Technicznych, Uniwersytet Opolski, ul. Oleska 22, 45-052 Opole, sylwia.wiercholska@gmail.com

²Białowieża Stacja Geobotaniczna, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Sportowa 19, 17-230 Białowieża

Jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior* L.) uważany był za kluczowy gatunek leśnych zbiorowisk hydrogenicznych w Europie. Oprócz bogatej flory epifitów, która jest z nim związana, jest także siedliskiem dla licznych gatunków ptaków, owadów, grzybów i porostów. Zarówno żywe, jak i martwe jesiony, dzięki długowieczności, powolnemu rozkładowi, rozmiarom, odczynowi kory i jej pojemności wodnej stanowią doskonały substrat dla licznych i rzadkich gatunków epifitycznych mszaków.

Postępujący proces zamierania jesionu wyniosłego, spowodowany przez grzyba *Hymenoscyphus fraxineus*, doprowadził do istotnego spadku liczebności tego forofita prawie w całym zasięgu jego występowania, w tym także w Polsce, gdzie po raz pierwszy choroba jesionów została opisana. Szybkie rozprzestrzenianie się choroby i jej negatywny wpływ na różnorodność biologiczną stały się impulsem do wieloaspektowych badań nad organizmami związanymi z jesionem. W lasach gospodarczych Europy zaobserwowano wymieranie gatunków zależnych od jesionu i podjęto prace nad określeniem zastępczych forofitów, mogących rekompensować utratę tego gatunku drzewa. Literatura odnosząca się do skutków zamierania jesionu na różnorodność biologiczną na obszarach chronionych, zwłaszcza tych, na których ingerencja człowieka jest zminimalizowana, jest bardzo skromna. Brak także danych dotyczących zmian jakościowych i ilościowych we florze mszaków w zakresie spadku liczebności jesionu na obszarach chronionych.

Nasze badania były prowadzone na stałych powierzchniach badawczych na terenie Rezerwatu Ścisłego Białowieskiego Parku Narodowego i obejmowały zmiany jakościowe i ilościowe, które zaszły we florze mszaków zasiedlających jesiony, w okresie od przełomu lat 80. i 90. XX w.

Wykazaliśmy, że pomimo istotnego spadku liczebności (ponad 95%) populacji jesionu, zmiany we florze epifitycznej mszaków są stosunkowo niewielkie. Prawdopodobnie naturalne lasy, o bogatej strukturze wiekowej i przestrzennej drzew, buforują tego typu zjawiska. Ma to niezwykle istotne znaczenie dla zachowania bioróżnorodności mszaków leśnych, ponieważ ta grupa ekologiczna (epifity) stanowi znakomitą większość wśród brioflory badanego obiektu. Epifityczne mszaki związane z jesionem wykorzystują z powodzeniem zastępcze nisze dostępne w lesie naturalnym. Flora mszaków związanych z jesionem jest w stanie przetrwać na innych dostępnych w lesie naturalnym drzewach. Ponadto chore jesiony (kłody) porośnięte przez mszaki tworzą nadal istotne refugium, skąd gatunki te kolonizują nowe dostępne w lesie substraty. Naturalna kompozycja lasu generuje „odporność” i minimalizuje skutki utraty tej cennej grupy roślin. Zróżnicowana (=naturalna) struktura lasu powinna nadal służyć za wzór dla gospodarki leśnej, aby wspierać adaptację do powstających zmian i przyszłych zagrożeń rodzimych drzew lasotwórczych.

Badania były finansowane w ramach Polsko-Norweskiej Współpracy Badawczej (Core 2012 Call: Climate Change, projekt KlimaVeg, Pol-Nor/196829/87/2013).

Porównanie zbiorowisk grzybów ektomykoryzowych obcego w Europie orzesznika *Carya ovata*, rosnącego na stanowiskach leśnych w Polsce, ze zbiorowiskami występującymi w otaczającym drzewostanie

Robin Wilgan*, Marta Kujawska, Tomasz Leski, Leszek Karliński,
Daniel Janowski, Maria Rudawska

Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, Parkowa 5, 62-035 Kórnik, *rwilgan@man.poznan.pl

Orzesznik (*Carya* Nutt.) jest reliktowym rodzajem drzewa występującym w Ameryce Północnej (sekcja *Carya* i *Apocarya*) oraz w Azji (sekcja *Sinocarya*). Począwszy od XVIII w. orzeszniki z sekcji *Carya* oraz *Apocarya* sprowadzane były z Ameryki Północnej do Europy. Przez wzgląd na wysokiej wartości drewno, walory ozdobne oraz, w przypadku gatunków z sekcji *Apocarya*, jadalne orzechy, orzeszniki zostały introdukowane w wielu krajach Europy, w tym także w Polsce.

W granicach naturalnego zasięgu sekcji *Carya* i *Apocarya* w południowo-wschodniej części Ameryki Północnej drzewa te współtworzą lasy dębowo-orzesznikowe. W Polsce orzesznik, jako pozostałość po eksperymentach leśnych prowadzonych w XIX w., tworzy niewielkie monokultury o powierzchni nieprzekraczającej 10 ha.

Badania orzeszników wykazały, że drzewa te wchodzą w symbiotyczne relacje mykoryzowe: zarówno ektomykoryzę, jak i mykoryzę arbuskularną. Większa część dotychczasowych badań na temat interakcji mykoryzowych rodzaju *Carya* przeprowadzona została na orzeszniku pekanowym (*Carya illinoensis*), z ukierunkowaniem na hodowlę trufli (*Tuber*) – cenionych grzybów jadalnych, które tworzą ektomykoryzy z wieloma gatunkami drzew, w tym z rodzaju *Carya*. Analogicznie, struktura zbiorowisk grzybów ektomykoryzowych związanych z zadrzewieniami orzesznikowymi badana była jedynie na orzeszniku pekanowym w warunkach plantacyjnych na terenie USA.

Nasze wcześniejsze badania w Arboretum w Kórniku, wykazały wysoką różnorodność gatunkową grzybów ektomykoryzowych na występujących tam orzesznikach i stały się inspiracją do dalszych prac mających na celu lepsze zrozumienie interakcji pomiędzy orzesznikami i ich symbiontami ektomykoryzowymi, a także efektów adaptacji orzeszników na terenie Europy. Do badań wybraliśmy monokultury orzesznika pięciolistkowego (*C. ovata*), pozostałe po ich eksperymentalnej introdukcji w XIX w. i zlokalizowane na obszarze zachodniej Polski w Nadleśnictwach Czarniejewo i Smolarz oraz na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego (LZD) Murowana Goślina. Wybrane powierzchnie otoczone były lasami liściastymi o cechach grądu (*Galio sylvatici-Carpinetum betuli*) oraz, w jednym miejscu (LZD Murowana Goślina), drzewostanem kontynentalnego boru mieszanego (*Quercus roboris-Pinetum*).

W celu porównania zbiorowisk grzybów ektomykoryzowych występujących w monokulturach *C. ovata* oraz w otaczających je drzewostanach z każdego miejsca pobrano po dziesięć prób glebowo-korzeniowych (łącznie 60 prób). Na podstawie różnic morfologicznych wyizolowane z prób glebowych mykoryzy przypisane zostały do poszczególnych morfotypów mykoryzowych, które w dalszej kolejności poddano analizom molekularnym na drodze izolacji DNA, amplifikacji regionu ITS rDNA grzybowego oraz sekwencjonowania. Badania podziemnych zbiorowisk grzybów ektomykoryzowych uzupełnione zostały o obserwacje, zbiór i identyfikację pojawiających się owocników.

Zbiorowiska grzybów ektomykoryzowych *C. ovata* zidentyfikowane podczas badań zostały następnie porównane ze zbiorowiskami grzybów ektomykoryzowych w otoczeniu orzeszników, a na podstawie danych literaturowych – ze zbiorowiskami grzybów ektomykoryzowych *C. illinoensis* z Ameryki Północnej.

Uzyskane wyniki wykazały, że drzewa *C. ovata* rosnące w Polsce na plantacjach leśnych poza naturalnym zasięgiem odznaczają się wysoką różnorodnością gatunkową zbiorowisk grzybów ektomykoryzowych. Na podstawie występowania owocników oraz analiz mykoryz na wszystkich trzech plantacjach zidentyfikowano łącznie ponad 100 taksonów grzybów ektomykoryzowych. Bogactwo gatunkowe monokultur orzesznikowych okazało się wyższe niż w wielogatunkowych lasach mieszanych rosnących w ich otoczeniu. Tendencja ta obserwowana była na każdym z trzech badanych miejsc.

Stwierdzono również, że zbiorowiska grzybów ektomykoryzowych orzeszników w Europie i USA współtworzą w dużej mierze te same rodzaje grzybów. Ponadto w Polsce stwierdzono 18 rodzajów grzybów ektomykoryzowych, dotychczas nieodnotowanych w zbiorowiskach *Carya* w granicach jego naturalnego zasięgu.

W przeciwieństwie do badań *Carya* w Ameryce Północnej w strukturze ilościowej ektomykoryz w warunkach leśnych w Polsce nie stwierdzono dominacji gatunków z rodzaju *Tuber*. Zależnie od miejsca dominowały rodzaje, takie jak *Genea* i *Humaria* (Pezizales) *Clavulina* i *Craterellus* (Cantherellales) oraz *Tomentella*, *Elaphomyces* i *Cenococcum*.

Nasze badania wykazały, że *C. ovata*, chociaż jest gatunkiem obcym dla dendroflory europejskiej, tworzy w warunkach plantacyjnych bardzo zróżnicowane pod względem gatunkowym związki ektomykoryzowe, które mogą stanowić rezerwar symbiontów grzybowych dla rodzimych gatunków drzew.

Czy topola czarna (*Populus nigra* L.) jest gatunkiem zagrożonym w Polsce?

Błażej Wójcikiewicz^{1*}, Monika Litkowiec¹, Witold Wachowiak^{1,2},
Andrzej Lewandowski¹

¹Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,
*bwojkiew@man.poznan.pl

²Instytut Biologii Środowiska, Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Umultowska 89, 61-614 Poznań

Topola czarna (*Populus nigra*) stanowi typowy składnik lasów łęgowych. Jest gatunkiem dwupiennym, światłożądnym i wiatropylnym, który odgrywa ważną rolę w inicjalnej fazie sukcesji lasów łęgowych wielu obszarów strefy umiarkowanej. Tworzone przez nią siedliska typu *Salici-Populetum* (łęgi wierzbowo-topolowe) formują nie tylko naturalną ochronę przeciwpowodziową, ale są także stymulatorami wzrostu bioróżnorodności ekosystemów rzecznych. Gatunek ten wykorzystywany jest również w programach selekcyjnych mających na celu tworzenie coraz wydajniejszych i odporniejszych mieszańcowych odmian topoli. Niestety, w związku ze znacznym przekształceniem ekosystemów dolin rzek niżowych na skutek działalności człowieka, ten niegdyś powszechnie występujący gatunek dziś uważany jest za zagrożony w Europie i za coraz rzadszy w Polsce.

Głównym celem badań było poznanie poziomu zmienności i struktury genetycznej rodzimych populacji topoli czarnej oraz zagrożenia wynikającego z hybridyzacji tego gatunku ze sztucznie wprowadzonymi w obszary dolin rzecznych mieszańcowymi odmianami topoli. Na tej podstawie można będzie wyciągnąć pierwsze wnioski dotyczące kondycji naturalnych populacji topoli czarnej w Polsce, a w przyszłości wskazać, które osobniki i populacje mogą być uznane za najwartościowszy materiał wyjściowy do prac związanych z restytucją gatunku i renaturyzacją obszarów nadrzecznych. Obiekt badań stanowiły dwie populacje topoli czarnej z doliny Wisły z okolic Wysoczyna (330 osobników) oraz Dęblina (52 osobniki). W skład populacji z Wysoczyna wchodziły zarówno dorosłe osobniki (72 okazy), jak i naturalne odnowienie, które obejmowało 205 jednorocznych siewek oraz 53 osobniki w wieku od kilku do kilkunastu lat. Badania wykonano w oparciu o analizę polimorfizmu 14 jądrowych loci mikrosatelitarnych oraz specyficznych gatunkowo markerów jądrowego i chloroplastowego DNA.

Analiza z wykorzystaniem zestawu specyficznych gatunkowo markerów DNA pozwoliła na wykrycie 12 osobników hybridowych w populacji z okolic Wysoczyna. Dziewięć z nich zidentyfikowano wśród dorosłych osobników populacji. Natomiast trzy osobniki mieszańcowe znajdowały się w grupie jednorocznych siewek naturalnego odnowienia. Osobniki hybridowe zostały wykluczone z analiz zmienności i struktury genetycznej badanych populacji. Analiza wariancji molekularnej wykazała, że badane populacje topoli czarnej tworzą jednorodną genetycznie grupę ($F_{st} < 0,01$), w której większość zmienności genetycznej (99%)

znajdowała się w obrębie analizowanych populacji. Należy jednak podkreślić, że taki obraz struktury genetycznej jest charakterystyczny dla wiatropylnych, swobodnie krzyżujących się gatunków drzew leśnych. Poziom zmienności genetycznej wszystkich analizowanych populacji topoli czarnej był wysoki. Heterozygotyczność obserwowana (H_o) kształtowała się w przedziale od 0,68 do 0,73 i nieznacznie odbiegała od heterozygotyczności oczekiwanej (średnia $H_e=0,76$), co znalazło odzwierciedlenie w wartości współczynnika wsobności, którego średnia wartość była niska i wynosiła $F_{is}=0,02$. Uzyskane wyniki sugerują, że choć liczebność gatunku na przestrzeni lat znacznie się zmniejszyła, to jednak populacje topoli czarnej utrzymują nadal wysoki poziom zmienności genetycznej. Należy jednak zaznaczyć, że dalsza redukcja liczebności, z uwagi na znacznie ograniczoną liczbę odpowiednich siedlisk dla naturalnego odnowienia się gatunku, oraz postępująca introgresja genetyczna mogą w krótkim czasie doprowadzić do silnej erozji genetycznej, a w konsekwencji do wyginięcia gatunku. Dlatego też niezwykle ważne i pilne wydaje się podjęcie działań mających na celu zachowanie i ochronę puli genowej naturalnych populacji topoli czarnej w Polsce.

Badania zrealizowane zostały w ramach projektu finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (grant nr. 2016/21/N/NZ9/01515) oraz środków przyznanych na prowadzenie badań naukowych lub prac rozwojowych i zadań z nimi związanych, służących rozwojowi młodych naukowców, przygotowujących pracę doktorską w Instytucie Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, finansowanych w 2017 r.

Wzorce alokacji biomasy i azotu u lian strefy umiarkowanej

Tomasz P. Wyka

Zakład Botaniki Ogólnej, Instytut Biologii Eksperymentalnej, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza
w Poznaniu, ul. Umultowska 89, 61-614 Poznań, twyka@amu.edu.pl

Liany są morfologicznie i filogenetycznie różnorodną grupą roślin drzewiastych wykorzystujących inne rośliny jako strukturalne podpory. Według historycznej hipotezy Darwina ewolucja roślin pnących pozwoliła na zmniejszenie kosztu tworzenia łodygi i przekierowanie „zaoszczędzonej” biomasy na produkcję liści, a tym samym zwiększenie asymilacji CO_2 . W języku klasycznej teorii alokacji zasobów oznacza to, że pnącza powinny cechować się mniejszym wskaźnikiem SMF (ang. *stem mass fraction*) i większymi LMF (*leaf mass fraction*) oraz LAR (*leaf area ratio*) niż rośliny o sztywnych łodygach. Danych umożliwiających testowanie tej hipotezy jest jednak stosunkowo niewiele i z reguły nie obejmują one całkowitej biomasy roślin wraz z częściami podziemnymi lub dotyczą stosunkowo niewielkich osobników. W analizach porównawczych powinien być także uwzględniony fakt ontogenetycznego dryfu wskaźników alokacyjnych (wzrostu SMF i spadku

LMF i LAR wraz ze zwiększaniem się masy rośliny). Ponadto, mimo że w badaniach nad alokacją najczęściej rozpatrywanym zasobem rośliny jest biomasa, krytyczna z punktu widzenia sukcesu ekologicznego rośliny może być też alokacja pierwiastków biogennych, np. azotu.

Celem niniejszych badań było porównanie wzorców alokacji zasobów między wybranymi gatunkami lian pochodzących ze strefy umiarkowanej a gatunkami krzewów lub niskich drzew reprezentujących te same rodziny. Do badań wykorzystano następujące pięć par gatunków obejmujących, odpowiednio, lianę i krzew: *Hedera helix* i *Eleutherococcus senticosus* (Araliaceae), *Lonicera periclymenum* i *L. maackii* (Caprifoliaceae), *Celastrus orbiculatus* i *Euonymus europaeus* (Celastraceae), *Wisteria floribunda* i *Laburnum anagyroides* (Fabaceae) oraz *Hydrangea petiolaris* i *H. maackii* (Hydrangeaceae). Rośliny uprawiano przez cztery sezony wegetacyjne w 120-litrowych pojemnikach, dokonując zbioru części osobników w szczycie sezonu. Frakcje biomasy oraz azotu zawarte w poszczególnych typach organów (liściach, łodygach i korzeniach) analizowano w odniesieniu do, odpowiednio, całkowitej biomasy lub puli azotu całej rośliny.

Wzorce alokacji biomasy lian i krzewów mieściły się w szerokich granicach. Liany cechował jednak średnio wyższy LMF w porównaniu z krzewami o zbliżonej masie całkowitej. Wyższy u lian był również LAR, czemu sprzyjała niższa wartość wskaźnika LMA (*leaf mass per area*). Wbrew oczekiwaniom nie stwierdzono u lian mniejszego SMF; mniejszy niż u krzewów był natomiast RMF (*root mass fraction*). Rozmieszczenie azotu w roślinach zależało przede wszystkim od rozmieszczenia biomasy, jednak stężenie azotu w poszczególnych frakcjach biomasy było zróżnicowane i zależne od gatunku rośliny, co powodowało różnice między wzorcami alokacji obu tych zasobów.

Liany strefy umiarkowanej jako grupa cechowały się heterogenną alokacją zasobów, lecz w porównaniu z krzewami tworzyły większą powierzchnię listowia, co przekładało się na wyższe tempo wzrostu. Te cechy, w połączeniu z niskim jednostkowym kosztem konstrukcji powierzchni liści oraz łodyg, plasują liany w grupie roślin charakteryzujących się strategią szybkiego poboru i przetwarzania zasobów.

Projekt był finansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji nr 2011/03/B/NZ8/02190 (kierownik: dr hab. T. Wyka).

Wykorzystanie metod teledetekcyjnych w monitoringu drzew w mieście na przykładzie Warszawy

Justyna Wylazłowska¹, Anna Halladin-Dąbrowska¹, Jan Niedzielko²,
Jaromir Borzuchowski², Łukasz Sławik^{2,3}, Anna Jarocińska³,
Adriana Marcinkowska-Ochtyra³, Adrian Ochtyra³, Anita Sabat-Tomala³,
Dominik Kopec^{1*}

¹Katedra Geobotaniki i Ekologii Roślin, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska,
Uniwersytet Łódzki, ul. Banacha 1/3, 90-237 Łódź, *dominik.kopec@biol.uni.lodz.pl

²MGGP Aero Sp. z o.o., ul. Kaczkowskiego 6, 33-100 Tarnów

³Zakład Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych,
Uniwersytet Warszawski, ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa

Zieleń w mieście, w szczególności zieleń wysoka, pełni szereg funkcji, m.in. wpływa pozytywnie na warunki powietrzne i poziom hałasu, a także jest miejscem rekreacji mieszkańców. Zrównoważone zarządzanie drzewami w mieście jest jednym z zadań samorządów. Wymaga ono pełnej wiedzy o rozmieszczeniu drzew w przestrzeni miasta, ich zróżnicowaniu taksonomicznym oraz kondycji zdrowotnej. Tradycyjne metody inwentaryzacji i monitoringu drzew, polegające na ręcznym mierzeniu parametrów oraz identyfikacji taksonomicznej i ocenie stanu zdrowotnego każdego drzewa, są czasochłonne, kosztowne, a na obszarach prywatnych niemożliwe do przeprowadzenia. Skutkuje to tym, że tradycyjne metody są niedostosowane do wykonania inwentaryzacji drzew w skali całych miast, w szczególności dużych.

Rozwijane intensywnie w ostatnich latach metody teledetekcyjne mogą być z powodzeniem wykorzystywane do inwentaryzowania i monitoringu zieleni w mieście – przede wszystkim drzew. Pozwalają identyfikować drzewa oraz charakteryzować ich stan w sposób przestrzennie ciągły, powtarzalny, wiarygodny i obiektywny.

Na różnych poziomach taksonomicznych roślin (od odmian po rodzaje) można wskazać szereg cech wyróżniających poszczególne taksony, które mogą być obserwowane za pomocą technik teledetekcyjnych, np. zawartość barwników asymilacyjnych i wynikający z tego kolor liści, wysokość, pokrój i gęstość korony. Zmienne te można identyfikować na zobrażowaniach hyperspektralnych czy chmurze punktów ze skaningu laserowego.

Możliwość wykorzystania metod teledetekcyjnych w zarządzaniu zielenią w mieście jest ściśle powiązana z liczbą dobrze zidentyfikowanych taksonów, delimitacją pojedynczych koron drzew oraz poprawną oceną kondycji zdrowotnej poszczególnych osobników. Celem przedstawionych badań było określenie możliwości wykorzystania metod teledetekcyjnych w monitoringu drzew i zarządzaniu zielenią w mieście.

Badania wykonane zostały na terenie Żoliborza (Warszawa). Obszar badań wynosił 4,44 km². Dane teledetekcyjne obejmowały zdjęcia hyperspektralne oraz dane lotniczego skaningu laserowego pozyskane jednocześnie ze wspólnej platformy lotniczej w pełni sezonu wegetacyjnego. Bezpośrednio po naloce pozyskano naziemne, referencyjne dane dendrologiczne, zawierające: współrzędne XY, charakterystykę taksonomiczną i kondycję zdrowotną 1599 osobników drzew należących do 49 najczęściej spotykanych na badanym obszarze taksonów. Liczba zmierzonych osobników dla każdego taksonu była skorelowana z częstością jego występowania i rozmieszczeniem na badanym terenie. Pomiar dendrologiczne obejmowały drzewa rosnące przy ulicach, na skwerach, w parkach, na osiedlach domów wielo- i jednorodzinnych, w nadwiślańskich łęgach oraz na terenach przemysłowych i usługowych. Opis taksonomiczny obejmował rodzaj, gatunek oraz odmiany barwne. Kondycja oceniana była na podstawie stopnia przebarwienia i defoliacji korony pojedynczego drzewa.

Zebrałe dane teledetekcyjne poddano szeregom przetworzeń, umożliwiającym wyznaczenie korony wszystkich drzew znajdujących się na analizowanym obszarze, a następnie przeprowadzenie klasyfikacji, która pozwoliła przypisać do wyznaczonej korony informację o przynależności taksonomicznej.

W iteracyjnym podejściu testowano różne podziały badanych taksonów na klasy. Najlepszy rezultat (dokładność całkowita 79,94%) uzyskano dla legendy składającej się z 37 klas.

Na podstawie teledetekcyjnych wskaźników roślinności oraz map zmiennych biofizycznych (przebarwień i defoliacji) określono stan zdrowotny drzew. Mapy stanu zdrowotnego opracowane zostały dla grup drzew wydzielonych na podstawie cech morfologicznych liści. Wyliczone wartości odpowiadające cechom biofizycznym były weryfikowane przy użyciu danych botanicznych zbieranych w terenie. Niewątpliwą zaletą tej metody jest to, że obliczone w ten sposób wskaźniki pokazują pogorszenie kondycji drzew, zanim jeszcze widoczne są jego oznaki, takie jak defoliacja i przebarwienia.

Badania zostały przeprowadzone w ramach projektu zleconego przez Miasto Stołeczne Warszawa, którego celem było określenie możliwości użycia metod teledetekcyjnych do inwentaryzacji i monitoringu i zieleni w mieście.

Martwe drzewa w lesie gospodarczym – ilość, jakość, rozmieszczenie

Tomasz Zielonka^{1*}, Katarzyna Izworska¹, Paweł Kapusta²,
Przemysław Kurek³, Łukasz Piechnik², Grażyna Szarek-Łukaszewska²,
Magdalena Żywiec², Jan Holeksa³

¹Institut Biologii, Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN, ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków,
*t.zielonka@botany.pl

²Institut Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk, ul. Lubicz 46, 31-512 Kraków

³Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Umultowska 89,
61-614 Poznań

Rola drzew w funkcjonowaniu ekosystemów leśnych nie kończy się w chwili ich śmierci. Martwe drzewa w postaci stojącego posuszu i leżaniny pełnią niezwykle istotne funkcje jeszcze przez długi czas, aż do momentu całkowitego rozkładu. Będąc jednocześnie siedliskiem, miejscem żerowania i pokarmem dla wielu organizmów, w sposób fundamentalny podnoszą różnorodność biologiczną całego ekosystemu. Wielokrotnie wykazywano, że bogactwo gatunkowe lasów naturalnych związane jest w dużej mierze z obecnością starych, zamierających drzew oraz z obfitością martwego drewna. Przez długie lata gospodarka leśna, realizując postulaty produkcji surowca drzewnego, eliminowała martwe drewno i ograniczała tym samym występowanie gatunków z nim związanych. Implementowany na powierzchni 30% polskich lasów program Natura 2000 stwarza potrzebę systemowego wypracowania zasad prowadzenia zrównoważonej gospodarki leśnej. Pojawia się zatem pytanie, w jaki sposób utrzymać lub zwiększyć różnorodność gatunkową naszych lasów gospodarczych bez znacznego uszczerbku dla efektu ekonomicznego gospodarstw leśnych. Optymalne kształtowanie zasobów martwego drewna uwzględniające zarówno ochronę różnorodności gatunkowej biocenozy leśnych, jak i uzyskanie odpowiedniego efektu ekonomicznego wydaje się działaniem najbardziej efektywnym. Prezentowane wyniki stanowią pierwszy etap pracy, która ma na celu prześledzenie, w jaki sposób rzeczywiste zasoby martwego drewna w lesie gospodarczym wpływają na różnorodność gatunkową grzybów, mszaków, owadów i ptaków ze szczególnym uwzględnieniem gatunków priorytetowych (Natura 2000).

Niniejsze badania prowadzono w kompleksie Puszczy Niepołomickiej (11 tys. ha) na obszarze Natura 2000 (PLB120002). Praca miała na celu wykazanie, jaka jest faktyczna ilość martwego drewna i jaka jest jej zmienność w związku z typem siedliskowym lasu, wiekiem, zasobnością i składem gatunkowym drzewostanu, odległością od brzegu lasu oraz obecnością wybranych elementów infrastruktury leśnej jak drogi leśne i rowy odwadniające. Pomiarzy drzew żywych i martwego drewna wykonano w regularnej siatce 187 powierzchni badawczych o wielkości 40 arów każda, zlokalizowanych w co drugim oddziale i pokrywających swoim zasięgiem cały kompleks leśny. Strukturę martwego drewna określano w oparciu

o rozmiar, stopień rozkładu oraz przynależność gatunkową stojącego posuszu, kłód i pniaków.

Mięszczość wielkowymiarowego martwego drewna (o grubości powyżej 10 cm) w Puszczy Niepołomickiej wynosiła średnio 8,3 m³/ha (6,0 m³/ha bez pniaków), czyli mniej więcej tyle, ile wynoszą szacunki dla lasów gospodarczych w Polsce. W różnych typach lasów była ona na podobnym poziomie. Mięszczość posuszu stojącego, kłód i pniaków stanowiła średnio 4% całkowitej zasobności drzewostanu żywego, przy czym udział martwego drewna nieznacznie rósł wraz ze spadkiem mięszczości drzew żywych. Wykazano, że mięszczość i liczebność posuszu były pozytywnie związane z drzewostanami olchowymi. Więcej martwego drewna w formie posuszu stojącego znajdowało się również na powierzchniach z gęstszą siecią szerokich (>2 m) cieków i rowów melioracyjnych oraz w głębi lasu. Ponadto na ilość całego posuszu wpływały pozytywnie takie czynniki, jak: odległość od dróg i liczba drzew. Nie stwierdzono, aby zróżnicowanie składu gatunkowego drzewostanów wynikające z żyzności siedliska miało wpływ na ilość martwego drewna. Struktura gatunkowa martwego drewna z grubsza odzwierciedla skład gatunkowy drzewostanu, jednak w lesie pozostawiano więcej gatunków domieszkowych, takich jak: brzoza, olsza, świerk, buk i innych o niewielkim znaczeniu gospodarczym, podczas gdy główne gatunki lasotwórcze, takie jak sosna i dąb, a szczególnie grab były usuwane z lasu w większym stopniu.

Badania wykonano w ramach zlecenia badawczego Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych OR.271.3.9.2015 pt. „Kształtowanie się zasobów martwego drewna w siedliskach przyrodniczych w warunkach prowadzenia zrównoważonej gospodarki leśnej”.

Warunki bioklimatyczne zbiorowisk leśnych Kampinoskiego Parku Narodowego

Marta Ziółek^{1*}, Paweł Czubla¹, Marcin Kozieł²

¹Zakład Ochrony Środowiska, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej,
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, al. Kraśnicka 2d, 20-718 Lublin

²Zespół Lubelskich Parków Krajobrazowych, ul. Karłowicza 4, 20-027 Lublin,
**marta.ziolek@poczta.umcs.lublin.pl*

Lasy są naturalnym typem roślinności dla umiarkowanej strefy klimatycznej Europy. Ekosystemy leśne należą do najmniej zaburzonych i zniekształconych przyrodniczych formacji roślinnych. Jako niezbędny czynnik zachowania równowagi ekologicznej zapewniają produkcję biologiczną, a jednocześnie są formą użytkowania gruntów i przedstawiają określoną wartość rynkową.

Wśród wielu funkcji pełnionych przez lasy coraz większą rolę odgrywają zadania społeczne (pozaprodukcyjne), wśród których dominuje ciągle rosnąca funkcja rekreacyjna i turystyczna. Coraz więcej ludzi docenia piękno i inne walory lasów,

zauważając, że warunki wnętrza lasu różnią się od panujących wokół. Lasy poprawiają warunki higieniczne powietrza w efekcie pochłaniania zanieczyszczeń pyłowych i gazowych, poprzez tłumienie hałasu oraz wydzielanie przez rośliny substancji aromatycznych. Cisza, świeże powietrze i piękno leśnych krajobrazów koją nerwy i pozwalają wypocząć. Oddziaływanie lasu nie ogranicza się jednak do poprawy samopoczucia; przebywanie w nim ma także duże znaczenie dla zdrowia. Korzystnie wpływa m.in. na układ krążenia, oddechowy i nerwowy oraz zwiększa odporność organizmu na czynniki chorobotwórcze. Oddziaływanie zbiorowisk leśnych na organizm człowieka zależy od wielu czynników, m.in.: właściwości siedliska, składu gatunkowego, wieku i zwartości drzewostanu. Dlatego wpływ różnych zbiorowisk leśnych na organizm człowieka jest odmienny, tak jak odmiennie jest oddziaływanie poszczególnych gatunków drzew i krzewów.

Zespół czynników przyrodniczych w zbiorowiskach leśnych tworzy specyficzny mikroklimat – bioklimat lasu. Najważniejsze parametry bioklimatu to: nasłonecznienie, uwilgocenie, przewietrzanie, produkcja tlenu, produkcja ozonu, jonizacja powietrza, obecność fitoerozoli (w tym fitoncydów) i aeroplanktonu (pyłków roślin, spor grzybów, bakterii oraz owadów). Zróżnicowanie bioklimatu lasu sprawia, że nie wszystkie zbiorowiska leśne są uniwersalnie korzystne.

Kampinoski Park Narodowy jest wyjątkowo licznie odwiedzany przez turystów i spacerowiczów (około miliona rocznie, a liczba ta może wzrosnąć na fali upowszechniania się *shinrin-yoku* – japońskiej „sztuki kąpieli leśnych”). Dlatego poznanie bioklimatu jego zbiorowisk leśnych jest szczególnie istotne. Lasy KPN pokrywają ponad 27 tys. ha, co stanowi blisko 75% powierzchni Parku. Wyróżnia się tam 17 zbiorowisk leśnych, które na potrzeby niniejszego opracowania opisano za pomocą wymienionych wcześniej ośmiu cech (parametrów) bioklimatu warstwy rekreacyjnej. Cechom przypisano wartości punktowe charakteryzujące sposób oddziaływania zbiorowiska na zdrowie i samopoczucie człowieka. Ocena może przybierać wartości: 1 (oddziaływanie korzystne), –1 (niekorzystne) i 0 (obojętne) oraz pośrednie: 0,5 i –0,5. Wartość końcową – ocenę wpływu danego zbiorowiska leśnego na zdrowie i samopoczucie człowieka (wskaźnik bioklimatu) – uzyskano poprzez uśrednienie ocen dla poszczególnych parametrów bez różnicowania ich wagi. Teoretyczny zakres oceny zawiera się w przedziale od –1 do 1; przyjęto, że wartość wskaźnika powyżej 0,21 oznacza oddziaływanie korzystne, wartość do –0,21 – oddziaływanie niekorzystne; wartości zawierające się w przedziale –0,2–0,2 charakteryzują oddziaływanie obojętne.

Zbiorowiska leśne KPN pogrupowano ze względu na ich podobieństwo siedliskowe i bioklimatyczne w dziewięć grup. Najlepszym bioklimatem charakteryzują się bory sosnowe świeże (*Leucobryo-Pinetum* i *Peucedano-Pinetum*) – wartość wskaźnika bioklimatu: 0,52, i bory mieszane (*Quercu roboris-Pinetum molinietosum*, *Quercu roboris-Pinetum typicum* oraz *Serratulo-Pinetum*) – wartość wskaźnika: 0,46. Najbardziej niekorzystnym bioklimatem cechują się: bór bagienny (*Vaccinio uliginosi-Pinetum*) o najniższej wartości wskaźnika: –0,69, oraz grupa zbiorowisk łąkowych (*Ficario-Ulmetum typicum*, *Fraxino-Alnetum* i *Salici-Populetum*) i olsów (*Ribesio nigri-Alnetum* oraz *Sphagno-Alnetum*) o jednakowym wskaźniku: –0,43.

Nałożenie wartości wskaźnika bioklimatu na mapę zbiorowisk leśnych pozwoliło uzyskać mapę bioklimatu zbiorowisk leśnych Kampinoskiego Parku Narodowego. Zgodnie z przyjętymi regułami bioklimatem korzystnym dla człowieka charakteryzuje się 81% obszaru leśnego KPN wiosną i 62% latem. Na terenie 4% lasów wiosną i 23% latem panuje bioklimat obojętny, dla 15% niezależnie od okresu (wiosna/lato) specyficzny jest bioklimat niekorzystny.

Znajomość warunków bioklimatycznych jest szczególnie istotna dla obszarów, gdzie licznie przebywają ludzie, więc na szlakach turystycznych i ścieżkach edukacyjnych. Rodzaje oddziaływania zbiorowisk leśnych na organizm człowieka powinny być uwzględniane w planowaniu infrastruktury turystycznej.

Sesja plakatowa

Strategia *Ginkgo biloba* L. w łagodzeniu stresu solnego w środowisku miejskim

Aneta H. Baczevska-Dąbrowska¹, Paulina Brągoszewska²,
Wojciech Dmuchowski²

¹PAN Ogród Botaniczny – Centrum Zachowania Różnorodności Biologicznej w Powsinie,
ul. Prawdziwka 2, 02-973 Warszawa, a.baczevska-dabrowska@obpan.pl

²Wydział Rolnictwa i Biologii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa

Ginkgo biloba L. jest jedynym reliktowym i endemicznym przedstawicielem rodziny *Ginkgoaceae* z klasy *Ginkopsida*. Jest to prawdopodobnie najstarszy znany i żyjący obecnie gatunek drzewa: liczy bowiem 300 mln lat i często nazywany jest „żywą skamieliną”.

Specyficzna reakcja na zasolenie gleby może być jednym z powodów zmniejszonej wrażliwości niektórych gatunków. Dane literaturowe oraz wstępne badania wykazały, że *Ginkgo biloba*, w porównaniu z większością gatunków drzew rosnących przy ulicach, charakteryzuje się znacznie mniejszą wrażliwością, wyrażoną dobrym stanem zdrowotnym i mniejszą śmiertelnością. Cechą wyróżniającą jest także akumulowanie znacznych ilości chloru w warunkach podwyższonego zasolenia, bez widocznych uszkodzeń liści. Nie stwierdzono przypadków zamierania drzew nawet na najbardziej niekorzystnych stanowiskach na terenie miasta. *G. biloba* jest ważnym drzewem ulicznym: w Japonii stanowi 11,5% nasadzeń, w mieście Gwangju w Korei Południowej 40,5%, a na Manhattanie (Nowy Jork) 9,9%.

Badaniami objęto około 20-letnie drzewa miejskie *G. biloba* rosnące przy ulicy w centrum Warszawy. Kontrolę stanowiły drzewa z parku. Przeprowadzono także doświadczenie wazonowe na 5-letnich sadzonkach rosnących w warunkach zasolonej gleby (siedem dawek NaCl od 0 do 6 g/l) w 10-litrowych wazonach. Określono stan zdrowotny liści w 7-stopniowej skali (0–6), zawartość mikro- i makroelementów, lipidów prenylowych oraz obliczono wskaźnik równowagi jonowej (stosunek kwasów organicznych do sumy anionów).

Drzewa uliczne miały dobry stan zdrowotny liści – indeks uszkodzenia 0, określony na końcu sezonu wegetacji. W doświadczeniu wazonowym liście przy zasoleniu 0–3 g/l NaCl charakteryzowały się dobrym stanem zdrowotnym (indeks uszkodzenia 0), przy 4 g/l – średni indeks 1,1, a 6 g/l – średni indeks 2,4. Stan zdrowotny dominujących w nasadzeniach ulicznych różnych gatunków *Tilia* i *Acer* był znacznie gorszy.

Drzewa uliczne zawierały w liściach średnio 1,13% Cl i 1061 mg/kg Na, a parkowe 0,08% Cl i 20,6 mg/kg Na. W liściach drzew z doświadczenia wazonowego zawartość Cl wzrastała od 0,07% w kontroli do 4,80% przy zasoleniu 6 g/l NaCl, a Na – odpowiednio od 40,4 mg/kg do 7953 mg/kg. Zawartość N, S, K, P, Ca, Mn, Zn i Cu w liściach drzew ulicznych była statystycznie istotnie wyższa niż w drze-

wach parkowych, a w przypadku Mg różnice te były nieistotne. W doświadczeniu wazonowym zawartości te były bez względu na stopień zasolenia gleby nieistotne.

Stosunek kwasów organicznych do sumy anionów jest uznany za dobry wskaźnik stanu zdrowotnego liści. Wartość poniżej 1 świadczy o zachwianiu równowagi jonowej, skutkującym złym stanem zdrowotnym liści. Wartość wskaźnika w liściach drzew ulicznych wynosiła 3,25 meq/100 g i była statystycznie niższa niż w parkowych (13,65 meq/100 g). W doświadczeniu wazonowym zmniejszała się od 8,91 w kontroli do 0,07 meq/100 g przy zasoleniu 6 g/l. Wartość poniżej 1 meq/100 g stwierdzono przy 3 g/l NaCl.

Lipidom prenylowym (metabolity wtórne) przypisywana jest rola w adaptacji roślin do niekorzystnych warunków środowiskowych i w łagodzeniu stresu solnego, ale nie jest ona w pełni wyjaśniona. W liściach *G. biloba* zidentyfikowano dziewięć lipidów prenylowych (prenol 15–23). We wszystkich wariantach doświadczenia dominowały pren-17, pren-18 i pren-19. Suma lipidów prenylowych w liściach drzew ulicznych rosnących w warunkach stresu solnego wynosiła 11,80 mg/g i była istotnie niższa niż w drzewach parkowych (4,25 mg/g). W doświadczeniu wazonowym zależność ta była odwrotna. Wraz ze wzrostem zasolenia gleby zawartość sumy lipidów prenylowych istotnie zmniejszała się od 5,32 do 1,13 mg/g.

Uzyskane wyniki sugerują, że drzewa *G. biloba* rosnące przy ulicach, w warunkach wieloletniego stresu solnego, w procesie niegenetycznej aklimacji syntezują większe ilości lipidów prenylowych. Drzewa młode z doświadczenia wazonowego tej właściwości nie nabyły. Prawdopodobnie strategia *G. biloba* w łagodzeniu stresu solnego może polegać na nabywaniu zdolności do syntetyzowania większych ilości lipidów prenylowych, skutkującej wyjątkowo małą w porównaniu z innymi gatunkami drzew wrażliwością na stres solny.

Wpływ warunków stresowych na podatność wybranych gatunków drzew w stosunku do *Heterobasidion annosum*

Marlena Baranowska¹, Piotr Łakomy²

¹Katedra Hodowli Lasu, Wydział Leśny, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Wojska Polskiego 69, 60-625 Poznań, marlenab@up.poznan.pl

²Katedra Fitopatologii Leśnej, Wydział Leśny, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Wojska Polskiego 71C, 60-625 Poznań, piotr.lakomy@up.poznan.pl

Grzyby z rodzaju *Heterobasidion* (korzeniowce) wywołują jedną z najgroźniejszych chorób drzew leśnych w strefie klimatu umiarkowanego – hubę korzeni. W Polsce korzeniowiec sosnowy (*H. annosum*) występuje na obszarze całego kraju i może

zakazać najszersze spektrum roślin-gospodarzy, powodując zgniliznę systemu korzeniowego i podstawy pni. Coraz częściej występujące ekstremalne warunki pogodowe, stresowe dla roślin, mogą powodować obniżenie odporności drzew na choroby infekcyjne i wzrost aktywności patogenów.

Celem badań było określenie wpływu wybranych czynników stresowych na podatność drzew w stosunku do korzeniowca sosnowego.

Do doświadczenia wybrano sześć gatunków drzew – sosnę zwyczajną, świerk pospolity, jodłę pospolitą, modrzew europejski, dąb bezszypułkowy i brzozę brodawkowatą. Sadzonki, pozyskane z leśnej produkcji szkółkarskiej, posadzono w donicach o pojemności 7,5 l. Po rocznej aklimatyzacji rośliny poddano działaniu czynników stresowych: redukcji systemu korzeniowego, defoliacji, niedoborowi składników pokarmowych i nadmiarowi azotu. Po miesiącu od wprowadzenia roślin w warunki stresowe dokonano ich inokulacji grzybnią korzeniowca sosnowego. Kontrolę stanowiły sadzonki nieinokulowane, niepoddane lub poddane warunkom stresowym. Równolegle założono też doświadczenie w warunkach bezstresowych. Po upływie trzech miesięcy od założenia doświadczenia rośliny zostały wyjęte z gleby w celu dokonania pomiaru długości przebarwienia drewna nad i pod miejscem inokulacji. Długość przebarwienia posłużyła za miarę tempa przerastania drewna przez grzybnie *H. annosum*. Ponadto ze strzałek dokonano reizolacji patogena. Do weryfikacji hipotez wykorzystano jednoczynnikową i wieloczynnikową analizę wariancji (ANOVA; $p < 0,0001$) oraz do analiz *post hoc* test Tukeya, HSD i NIR na poziomie istotności $p < 0,05$.

We wszystkich inokulowanych strzałkach stwierdzono przebarwienia drewna, a reizolacja wykazała obecność grzybni *H. annosum*. Stres spowodował silniejszy rozwój grzybni *H. annosum* w strzałkach drzew. Najdłuższe przebarwienia stwierdzono w drewnie drzew poddanych działaniu warunków stresowych (16,22 mm) i różniło się ono istotnie od długości przebarwienia w pniach drzew w doświadczeniu w warunkach bezstresowych (13,80 mm) oraz kontroli (w warunkach stresu – 6,04 mm i bez stresu – 5,36 mm). W warunkach stresu najdłuższe przebarwienie w drewnie stwierdzono w pniach jodeł (15,15 mm), a najkrótsze w strzałkach świerków (11,64 mm). Natomiast najdłuższe przebarwienia w drewnie w warunkach bezstresowych odnotowano u jodły (16,9 mm), a najkrótsze w pniach sosen (10,81 mm). Różne gatunki roślin-gospodarzy reagowały odmiennie na infekcję wywołaną przez *H. annosum* w warunkach stresu. Sosna zwyczajna okazała się najbardziej podatna na rozwój grzybni w warunkach niedoboru składników pokarmowych. Pozostałe warunki stresowe mogą zwiększać ryzyko porażenia sosen przez korzeniowca. Z kolei świerk pospolity był najbardziej podatny w warunkach defoliacji. Jedynie niedobór składników pokarmowych wpływa na podwyższoną podatność jodły pospolitej, a nadmiar azotu może okazać się czynnikiem sprzyjającym rozwojowi choroby. Warunki stresowe nie wpłynęły na podatność modrzewia europejskiego i brzozy brodawkowatej. Dąb bezszypułkowy jako gatunek uważany za bardziej odporny na infekcję ze strony *H. annosum* w warunkach stresu stał się bardziej podatny. Niedobór składników pokarmowych oddziałował na wzrost agresywności grzyba w stosunku do różnych gatunków drzew.

Wnioski:

1. Obniżenie odporności roślin-gospodarzy na infekcję spowodowaną przez *H. annosum* zależy od rodzaju stresu.
2. Gatunki roślin powszechnie uważane za bardziej odporne na infekcję ze strony *H. annosum* (na przykład dąb) w warunkach stresu stają się bardziej podatne na porażenie przez ten patogen.
3. Niedobór składników pokarmowych w glebie może przyczynić się do zwiększenia arealu występowania huby korzeni w drzewostanach z udziałem sosny, jodły, świerka i dębu.
4. Nadmiar azotu nie wpłynął na zwiększenie tempa rozprzestrzeniania się grzybni korzeniowca wieloletniego w drewnie zainfekowanych roślin.
5. Redukcja aparatu asymilacyjnego może przyczynić się do zwiększenia podatności świerków pospolitych na infekcję ze strony korzeniowca sosnowego.
6. Redukcja systemu korzeniowego jako czynnik stresowy nie zwiększa tempa rozprzestrzeniania się grzybni korzeniowca sosnowego w zainfekowanym drewnie.

Żywe-martwe drewno

*Jolanta Behnke-Borowczyk^{1*}, Hanna Kwaśna¹, Konrad Kokot,
Maciej Hałuszczak, Natalia Kartawik, Piotr Łakomy¹*

¹Katedra Fitopatologii Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 71c,
60-625 Poznań, *jbehnke@up.poznan.pl

Martwe drewno uważane jest za kluczowy element ekosystemów leśnych. Rozkładając się, tworzy siedliska życia dla wielu organizmów leśnych, w tym bakterii, grzybów, stawonogów i ssaków. Ilość martwego drewna w europejskich lasach znacznie zmniejszyła się między połową XIX w. a drugą połową XX w. w wyniku intensywnej eksploatacji lasów. Obecnie wiele krajów podjęło działania mające na celu zwiększenie ilości martwego drewna pozostawionego w lesie. Ilość martwego drewna naturalnie gromadzącego się w lasach różni się istotnie w zależności od sposobu jego zagospodarowania. W lasach gospodarczych miąższość martwego drewna wynosi 2–10 m³ ha⁻¹. W Polsce miąższość martwego drewna pozostająca po zrębie to 0–298 m³ ha⁻¹ (w tym drzewa stojące i leżące o średnicy ponad 10 cm). W parkach narodowych miąższość martwego drewna jest większa i wynosi 35% całkowitej miąższości drewna. Utrzymanie bioróżnorodności mikroorganizmów sprzyja konkurencji pomiędzy nimi, która eliminuje dominację pojedynczych organizmów, w tym patogenów roślin. Badania nad populacją grzybów w martwym drewnie nie są powszechne. Liczba grzybów biorących udział w rozkładzie drewna jest nieznana. Szacuje się, że odsetek grzybów zależnych od martwego drewna wynosi około 20–40% z szacowanych 1,5 mln gatunków grzy-

bów na całym świecie. Celem badań było scharakteryzowanie zbiorowisk grzybowych zasiedlających martwe drewno: (1) określenie sukcesji grzybów w rozkładającym się drewnie dębu, (2) określenie udziału patogenów grzybowych, gatunków grzybów mykoryzowych oraz powszechnie występujących gatunków grzybów obecnych w lub na martwym drewnie dębu.

Próby martwego drewna dębowego pobrano z Drawieńskiego Parku Narodowego (z terenu nieobjętego ochroną ścisłą) w październiku 2014 r. Stopień rozkładu określono według skali Huntera (1990). Zebrany materiał zmielono w młynku kriogenicznym SPEXTM SamplePrep™ Freezer/Mill™. DNA ekstrahowano zestawem Plant Genomic DNA Purification (Thermo Scientific). Amplifikację regionu ITS 1/2 rDNA wykonywano ze starterami specyficznymi dla grzybów: gITS7 i ITS4. Otrzymany produkt PCR sekwencjonowano przy użyciu systemu Illumina w Centrum Badań DNA (Poznań, Polska). Otrzymane sekwencje zidentyfikowano przez porównanie z sekwencjami referencyjnymi zdeponowanymi w bazie danych NCBI.

Liczba otrzymanych sekwencji wynosiła 264 307, w tym sekwencji grzybów hodowlanych było 242 369 (91,70%), grzybów niehodowlanych 7056 (2,66%), a organizmów (taksonów), dla których nie znaleziono sekwencji referencyjnych w bazie danych NCBI – 14 880 (5,62%). Martwe drewno dębu było skolonizowane przez 277 taksonów. Drewno dębowe w poszczególnych stopniach rozkładu skolonizowane było przez 111 (I stopień), 123 (II stopień) i 151 (III stopień) taksonów grzybów. Frekwencja gromady *Zygomycota* wynosiła 0,4–3,9%, *Ascomycota* 81,3–89,2%, a *Basidiomycota* 2,8–5,7%. 90% taksonów zidentyfikowano do rodzaju lub gatunku. Najczęściej występującymi grzybami były: *Aspergillus kanagawaensis*, *Aureobasidium pullulans*, *Botryosphaeria stavenii*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium herbarum*, *C. tenuissimum*, *Geomyces pannorum*, *Lecythophora* sp., *Mundur abundans*, *Ophiostoma novo-ulmi*, *Penicillium spinulosum*, *Phialophora* sp. i *Scheffersomyces shehatae*. Grzyby chorobotwórcze dla drzew zidentyfikowane w zbiorowisku to: *Armillaria* sp., *Atheliaacrospora* sp., *Bjerkandera* sp., *Botryosphaeria stavenii*, *Cenangium acuum*, *Colletotrichum* spp., *Daedaleopsis confragosa*, *Erysiphe alphitoides*, *Fusarium* sp., *Hymenoscyphus* sp., *Itersonilia* sp., *Lachnellula* sp., *Nectria cinnabarina* sp., *Neocatenulostroma germanicum*, *Pestalotiopsis* sp., *Phaeosphaeria* sp., *Phialophora* sp., *Phoma* sp., *Pleurostoma richardsiae*, *Resinicium bicolor*, *Rhizosphaera kalkhoffii*, *Stereum sanguinolentum*, *Sydowia polyspora*, *Taphrina purpurascens* i *Xenoacremonium* sp. Frekwencja patogenów zmniejszała się ze stopniem rozkładu z 23,2% w I do 1,59% w III. Wśród grzybów mykoryzowych zidentyfikowano w gromadzie *Ascomycota*: *Cadophora finlandica*, *Cenococcum geophilum*, *Oidiodendron*, *Phialocephala* i *Pseudogymnoascus*, *Basidiomycota*: *Amanita rubescens*, *Hebeloma pamphiliense* i *Russula nigricans*. Frekwencja grzybów mykoryzowych wzrastała wraz ze stopniem rozkładu z 1,53% w I do 3,49% w III.

Martwe fragmenty drewna dębu są siedliskiem bogatej i różnicowanej mykobioty. Wraz ze wzrostem stopnia rozkładu drewna zwiększa się liczebność i różnorodność grzybów, w tym gatunków mykoryzowych. Martwe drewno może być siedliskiem potencjalnych patogenów grzybowych drzew. Martwe drewno w kolejnych stopniach rozkładu jest zasiedlane przez różne gatunki patogenów grzy-

bowych. Pozostawienie martwego drewna w drzewostanie sprzyja różnorodności grzybów, ale także zwiększa ryzyko wystąpienia chorób.

Uwalnianie i usuwanie reaktywnych form tlenu podczas ustępowania spoczynku i kiełkowania nasion klonu zwyczajnego (*Acer platanoides* L.)

Karolina Bilśka*, Ewelina Stolarska, Ewa M. Kalebma

Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,

*mgr.karolina.bilska@gmail.com

Stan spoczynku nasion jest czasowym zablokowaniem kiełkowania do momentu wystąpienia sprzyjających warunków dla tego procesu. Sam proces przełamania spoczynku i rozpoczęcia kiełkowania nasion wciąż pozostaje nie do końca poznany. Dla wielu gatunków roślin, które kiełkują wiosną, zimna stratyfikacja jest efektywną metodą przełamywania spoczynku. Obecnie uważa się, że kluczową rolę w tym procesie odgrywają reaktywne formy tlenu (RFT) wraz z hormonami, w szczególności kwas abscysynowy. RFT są stale wytwarzane przez aktywne metabolicznie komórki nasion. W uwodnionych nasionach wszystkie przedziały komórkowe są potencjalnym źródłem RFT. Cząsteczki te mogą być wytwarzane podczas katabolizmu lipidów w glikosysomach, katabolizmu puryn w peroksysomach, aktywności oddechowej w mitochondriach oraz aktywności oksydazy NADH w błonach plazmatycznych, oksydazy aminowej i peroksydaz w ścianie komórkowej. Rola RFT w fizjologii kiełkowania nasion uzależniona jest od ich stężenia i została opisana jako model okna oksydacyjnego. Zbyt niskie stężenie RFT w osi zarodkowej sprawia, że nasiona pozostają w stanie spoczynku; z kolei nadmiernie wysokie stężenie jest toksyczne dla komórek i prowadzi do nieodwracalnych zmian, których wynikiem jest starzenie się nasion. Dlatego rośliny dążą do utrzymania równowagi pomiędzy powstawaniem a usuwaniem RFT przez mechanizmy antyoksydacyjne. System antyoksydacyjny możemy podzielić na enzymatyczny, który wykorzystuje aktywność enzymów, m.in. dysmutazy ponadtlenkowej, katalazy czy peroksydazy askorbinianowej, oraz nieenzymatyczny, który obejmuje głównie niskocząsteczkowe związki rozpuszczalne w wodzie, np. askorbinian i glutation oraz rozpuszczalny w tłuszczach α -tokoferol.

Nasiona klonu zwyczajnego (*Acer platanoides*) charakteryzują się głębokim spoczynkiem fizjologicznym. Aby przełamać stan uśpienia, nasiona wymagają długotrwałej ekspozycji na działanie niskiej temperatury. Do badań użyto nasion podsuszonych po zbiorze w temperaturze pokojowej do około 10% wilgotności, które poddane zostały długoterminowej (12 tygodni) chłodnej stratyfikacji (3°C). Podczas tego procesu w trzytygodniowych odstępach mierzono ilość RFT uwal-

nianych przez nasiona, takich jak: nadtlenek wodoru (H_2O_2), rodnik hydroksylo-owy ($\text{HO}\cdot$) oraz anionorodnik ponadtlenkowy ($\text{O}_2^{\cdot-}$). Przeprowadzono test kiełkowania nasion w celu określenia ich zdolności do kiełkowania oraz wigoru.

Największą ilość uwalnianego $\text{HO}\cdot$ odnotowano w nasionach suchych. Po 24 godz. imbibicji ilość ta zmalała prawie o połowę. Podczas właściwej stratyfikacji obserwowano względnie stały poziom $\text{HO}\cdot$. Uwodnienie spowodowało dwukrotny wzrost ilości uwalnianego H_2O_2 . Podczas właściwej stratyfikacji ilość H_2O_2 był stała, jednakże przynajmniej 20-krotnie niższa niż w nasionach suchych. W suchych nasionach ilość uwalnianego $\text{O}_2^{\cdot-}$ była niska. Po 24 godz. imbibicji wzrosła ponadśmiokrotnie i osiągnęła maksimum w szóstym tygodniu (43 dzień) stratyfikacji. W późniejszych terminach obserwowano spadek ilości uwalnianego $\text{O}_2^{\cdot-}$.

Całkowita zdolność antyoksydacyjna mierzona była osobno w osiach zarodkowych i liścieniach nasion w celu wykazania, że osie zarodkowe stanowią centrum decyzyjne związane z produkcją i usuwaniem RFT. Całkowita zdolność antyoksydacyjna dotyczyła białek rozpuszczalnych i związków zaliczanych do wieloskładnikowego enzymatycznego systemu antyoksydacyjnego.

Nasiona klonu zwyczajnego poddane chłodnej stratyfikacji charakteryzowały się wolnym przełamywaniem spoczynku. Pierwsze kiełkujące nasiona obserwowano w dziewiątym tygodniu (63 dni) od umieszczenia nasion w temperaturze 3°C . 50% kiełkujących nasion obserwowano między 14 a 15 tygodniem (98–105 dzień) stratyfikacji, natomiast maksimum kiełkowania obserwowano w 18 tygodniu (126 dzień) stratyfikacji. Zdolność kiełkowania analizowanej partii nasion wynosiła 86%. Z kiełkujących nasion po upływie dwóch tygodni wyrosło $89,7 \pm 5,5\%$ siewek. Średnia długość korzenia siewek wynosiła $10,7 \pm 0,46$ cm, hypokotyli $5 \pm 0,26$ cm, a łodygi właściwej $1,1 \pm 0,1$ cm. Obserwowano rozwój liści właściwych u $67,1 \pm 0,39\%$ siewek.

Podczas długoterminowej zimnej stratyfikacji nasion klonu zwyczajnego obserwowano fluktuację w ilości uwalnianych RFT, co związane było z jednej strony ze wznowieniem aktywności metabolicznej komórek, a z drugiej z aktywnością systemu antyoksydacyjnego. Długotrwałe przechowywanie nasion klonu zwyczajnego w temperaturze 3°C ma pozytywny wpływ na przełamywanie spoczynku i wigor nasion, co było obserwowane w postaci procentu kiełkujących nasion oraz wytworzonych z nich siewek.

Projekt jest finansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki (grant nr 2015/18/E/NZ9/00729).

Jak wygląda las na hałdzie?

Agnieszka Błońska¹, Agnieszka Kompała-Bąba¹, Edyta Sierka¹,
Teresa Nowak¹, Andrzej Pasierbiński¹, Damian Chmura²,
Gabriela Woźniak^{1*}

¹Katedra Botaniki i Ochrony Przyrody, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Jagiellońska 28,
40-032 Katowice, *gabriela.wozniak@us.edu.pl

²Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska, Akademia Techniczno-Humanistyczna, ul. Willowa 2,
43-309 Bielsko-Biała

Zwałowiska (hałdy) karbońskiej skały płonnej powstają w wyniku składowania odpadów po górnictwie węgla kamiennego. W aglomeracji górnośląskiej są one częstym elementem krajobrazu. Mimo że w momencie składowania zwałowiska te pozbawione są pokrywy glebowej, stosunkowo szybko następuje ich kolonizacja przez rośliny. Po kilkudziesięciu latach zachodząca na nich sukcesja pierwotna prowadzi do wykształcenia roślinności spontanicznej o charakterze lasu mieszanego. W drzewostanie najczęściej występują: *Betula pendula*, *Quercus robur*, *Pinus sylvestris* i *Populus tremula*. Runo jest mieszaną gatunków ruderalnych z poprzednich etapów sukcesji oraz gatunków leśnych. Do częstych komponentów runa spośród gatunków ruderalnych należą: *Calamagrostis epigejos*, *Eupatorium cannabinum* i *Tussilago farfara*. Jednocześnie pojawiają się gatunki leśne (borowe), m.in.: *Deschampsia flexuosa*, *Trientalis europaea*, *Orthilia secunda*, *Pyrola rotundifolia* czy *Vaccinium myrtillus*.

Celem przedstawionych badań jest odpowiedź na pytanie: czy i w jaki sposób skład gatunkowy runa jest zależny od (1) otoczenia zwałowiska (leśne, nieleśne) oraz (2) wieku hałdy?

Wyniki badań wskazują, że wraz z wiekiem hałdy wzrasta liczba i powierzchnia płatów o charakterze leśnym i udział gatunków uznawanych za leśne w runie (Ch. *Querco-Fagetea*, *Vaccinio-Piceetea*). Mniej widoczny jest wpływ otoczenia zwału na udział roślinności drzewiastej. Co prawda udział roślinności o charakterze leśnym jest nieco wyższy na zwałach w otoczeniu lasu niż np. w otoczeniu miast, terenów przemysłowych czy rolniczych, ale różnice te nie są duże.

Fakt spontanicznego tworzenia się na zwałowiskach skały płonnej roślinności drzewiastej z udziałem gatunków leśnych w runie powinien zostać wykorzystany przy planowaniu sposobu przywracania tych nieużytków środowisku.

Badania częściowo finansowane przez NCBR i NCN TANGO1/268600/NCBR/2015.

Problem sukcesji roślin drzewiastych w cennych terenach powyrobiskowych na przykładzie kamieniołomu im. Libana w Krakowie

Wojciech Bobek¹, Elżbieta Kumańska-Dziób²

¹Zakład Sztuki Ogrodowej i Terenów Zielonych, Instytut Architektury Krajobrazu, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

²EKD Krajobraz Elżbieta Kumańska-Dziób, ul. Staffa 4/16, 25-410 Kielce, kumanska.elzbieta@gmail.com

Dawny kamieniołom Libana stanowi wyjątkowy obszar w skali miasta Krakowa jako teren o ogromnym potencjale kulturowym i przyrodniczym. Bogata i burzliwa przeszłość, ciekawe ukształtowanie terenu, atrakcyjna geologia, historia pozyskiwania kamienia, tragiczne wydarzenia z czasów okupacji, sceneria dla oskarowego filmu Spielberga, a na koniec pozostawienie go i oddanie niemal wal-kowerem przyrodzie, co umożliwiło niekontrolowane postępy sukcesji wtórnej – to wszystko składa się na niepowtarzalny charakter miejsca.

Na podstawie wykonanej w grudniu 2017 r. i w styczniu 2018 r. szczegółowej inwentaryzacji dendrologicznej obejmującej opisanie i pomierzenie 8506 egzemplarzy drzew (o obwodzie przynajmniej 25 cm), krzewów, grup krzewów oraz grup podrostu drzew, wykonano stratyografię gatunkową. Uwzględniając analizę materiałów archiwalnych, w tym fotografii i zdjęć satelitarnych oraz analizę przyrostów rocznych poszczególnych egzemplarzy rosnących na terenie kamieniołomu, wykonano stratyografię wiekową drzewostanu. Inwentaryzacji i analizie zostało poddane dno kamieniołomu wraz z marginesem biocenoz otaczających wyrobisko, znajdujących się na wyniesieniu.

Przeważają egzemplarze młode oraz bardzo młode. Mediana obwodu drzew wynosi 36 cm. Jest to odzwierciedlenie stanu sukcesji, która wkroczyła na zasadniczą część kamieniołomu na początku lat 90. XX w.

Na dnie wyrobiska charakterystyczne są zbiorniki stagnującej wody przera-dzające się w rozległe rozlewiska podczas podwyższonego stanu. Teren porastają przede wszystkim drzewiaste i krzewiaste gatunki wierzb (*Salix*), a miejscowo także topole (*Populus*), robinia akacjowa (*Robinia pseudoacacia*) oraz klon jesionolistny (*Acer negundo*). Całość obszaru jest gęsto porośnięta zaroślami wierzb purpurowej (*Salix purpurea*). W dolnych odcinkach pni wierzb widoczne są korzenie przybyszowe świadczące o zalewowym charakterze terenu oraz długo stagnującej wodzie. Stan wielu egzemplarzy gatunków nieprzystosowanych do takich warunków jest pogorszony.

Na całym analizowanym terenie wśród drzew przeważają brzozy: brodawkowata (*Betula pendula*) i mieszańcowa (*B. ×aurata*), wierzby: krucha (*Salix fragilis*), biała (*S. alba*) oraz ich naturalne mieszańce, a także wierzba iwa (*S. caprea*), klon pospolity (*Acer platanoides*) oraz topole: osika (*Populus tremula*), biała (*P. alba*) oraz ich naturalny mieszaniec – topola szara (*P. ×canescens*). Wśród krzewów najwięcej

odnotowano: głogu jednoszyjkowego (*Crataegus monogyna*), bzu czarnego (*Sambucus nigra*), śliwy ałyczy (*Prunus cerasifera*) oraz krzewiastych gatunków wierzby – purpurowej (*Salix purpurea*), szarej (*S. cinerea*) i wiciowej (*S. viminalis*).

Autorzy wskazują przyczyny rozwoju i zmian w poszczególnych częściach wyrobiska zbiorowisk drzewiastych oraz proponują mechanizmy postępowania z różnymi fragmentami drzewostanu. Ponadto analizują zmiany warunków siedliskowych w wyniku postępów sukcesji oraz zakres możliwych działań w celu ochrony najcenniejszych miejsc. Opisują też problemy ekspansywności poszczególnych gatunków i zagrożenia płynące z obecności gatunków inwazyjnych.

Igły jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) jako źródło informacji o zanieczyszczeniu środowiska w Beskidach

*Jacek Borgulat^{1*}, Tomasz Staszewski¹, Włodzimierz Łukasik¹,
Anna Borgulat²*

¹*Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych, ul. Kossutha 6, 40-844 Katowice*

²*Śląska Wyższa Szkoła Medyczna, ul. Adama Mickiewicza 29, 40-085 Katowice,
j.borgulat@ietu.pl*

Dane dotyczące jakości powietrza atmosferycznego najczęściej pozyskuje się przy wykorzystaniu stacji monitoringowych, w których próbki powietrza są pobierane i analizowane automatycznie. Podejście tego typu ma jednak pewne ograniczenia, w szczególności jeśli chcemy uzyskać informacje o zanieczyszczeniach docierających do terenów trudno dostępnych, znajdujących się w rejonie o urozmaiconej i zróżnicowanej rzeźbie. Takimi cechami odznaczają się lasy górskie. W takiej sytuacji jednym z rozwiązań, za pomocą których można uzyskać interesujące nas informacje, jest zastosowanie bioindykatorów roślinnych. W podejściu tym organy asymilacyjne roślin (igły, liście) wykorzystywane są jako receptory aktywne lub pasywne zanieczyszczeń. Do zalet stosowania bioindykatorów roślinnych zaliczyć można niski koszt analiz oraz brak konieczności wcześniejszej instalacji próbników w terenie.

Beskidy przez lata poddawane były silnej antropopresji ze strony otaczających je okręgów przemysłowych. Obecnie, kiedy zamknięto wiele zakładów związanych z przemysłem wydobywczym, głównym źródłem emisji w rejonie Beskidów jest transport drogowy oraz tzw. niska emisja. W dalszym ciągu jednak część zanieczyszczeń niesiona z regionów przemysłowych z masami powietrza dociera do rejonu Beskidów. Do zanieczyszczeń tych można zaliczyć metale ciężkie i WWA. Pierwiastki metali pobierane są aktywnie z gleby przez system korzeniowy roślin i ich zawartość w liściach w dużym stopniu określa poziom zanieczyszczenia

gleb. Pobieranie WWA przez rośliny ma głównie charakter powierzchniowy i odzwierciedla aktualny poziom tych zanieczyszczeń w powietrzu.

Celem prezentowanych badań było oszacowanie zawartości metali ciężkich (As, Cd, Cu, Ni, Pb i Zn) w igłach bieżącego rocznika jodły (*Abies alba* Mill.) oraz depozycji zanieczyszczeń pyłowych i WWA w ekosystemach leśnych Beskidu Śląskiego i Żywieckiego.

W celu realizacji założeń badawczych na każdej z dziesięciu wytypowanych powierzchni pobrano gałązki z dziewięciu młodych jodeł i sporządzono próbę zbiorczą (igły pobierano w marcu po zakończeniu sezonu grzewczego). Materiał roślinny podzielono na trzy części. Pierwszą część igieł suszono w cieplarni przez siedem dni w 100°C. W dalszej kolejności suche igły poddano mineralizacji w piecu mikrofalowym z zastosowaniem mieszaniny kwasów HClO_4 i HNO_3 (1:4). Zawartość metali ciężkich oznaczono metodą AAS.

W celu oceny ilości zdeponowanych pyłów świeże igły zostały potraktowane dichlorometanem przez 20 s. Następnie uzyskany roztwór przepuszczono przez wcześniej zważone sączki o średnicy porów 0,2 μm . W dalszej kolejności sączki wysuszono i ponownie zważono.

Oznaczanie 15 WWA (naftalen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, piren, benzo(a)antracen, chryzen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren, benzo(ghi)perylene, dibenzo(ah)antracen oraz indeno(1,2,3)piren) wykonano przez wyekstrahowanie dichlorometanem związków organicznych z wcześniej wysuszonych igieł w temperaturze około 4°C. Następnie oddzielono związki z grupy WWA na florisilu i przeprowadzono analizę ekstraktu techniką wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) przy użyciu detektora fluorescencyjnego.

W celu sprawdzenia zależności pomiędzy zawartością oznaczanych związków aromatycznych w igłach posłużono się analizą korelacji. Podobieństwo wytypowanych powierzchni pod względem profilu WWA określono, wykorzystując analizę głównych składowych (PCA). Różnice w zawartości w igłach poszczególnych związków/pierwiastków określono za pomocą analizy wariancji (ANOVA). Jako testów *post hoc* użyto testu Tukeya (RIR).

Ilości WWA oznaczone w zebranych materiale (<300 mg/kg s.m.) są niewielkie i charakteryzują tereny o niskim stopniu zanieczyszczenia. Przeprowadzone analizy wykazały, że przeważającą pulę WWA docierającą do lasów beskidzkich stanowią lekkie związki trójpierścieniowe (acenaften, fluoren i antracen) o stosunkowo niedużej masie molowej, których pochodzenia należy upatrywać w spalaniu płynnych paliw kopalnych w silnikach samochodowych (głównie benzynowych). Istotne różnice w zawartości WWA w igłach stwierdzono w przypadku naftalenu i fluorenu. Najwyższą całkowitą zawartością WWA w igłach cechowały się powierzchnie zlokalizowane w pobliżu dróg, co potwierdza przypuszczalne źródło emisji (ruch samochodowy). Ponadto stwierdzono statystycznie istotną korelację pomiędzy ilością zdeponowanych pyłów a całkowitą zawartością WWA w igłach.

Zawartość większości metali ciężkich w igłach występowała w granicach uważanych za stężenia normalne. Jedynie w przypadku kadmu stwierdzono wartości

lekko podwyższone ($>0,2$ mg/kg s.m.), co może skutkować negatywnym wpływem na procesy fizjologiczne zachodzące u jodły.

Ocena przydatności chloroplastowego regionu *ycf1* do analizy filogenetycznej podrodziny *Nolinoideae* (*Asparagaceae*)

Konrad Celiński^{1*}, Hanna Kijak¹, Mirosława Dabert²,
Justyna Wiland-Szymańska^{3,4}

¹Zakład Genetyki, Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, ul. Umultowska 89, 61-614 Poznań, *celinski@amu.edu.pl

²Wydziałowa Pracownia Technik Biologii Molekularnej, Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, ul. Umultowska 89, 61-614 Poznań

³Zakład Taksonomii Roślin, Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, ul. Umultowska 89, 61-614 Poznań

⁴Ogród Botaniczny, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, ul. Dąbrowskiego 165, 60-694 Poznań

Zgodnie z systemem APG III podrodzina *Nolinoideae* Burnett jest jednym z subkladów rodziny *Asparagaceae* Juss. Odpowiada ona wyróżnianej poprzednio rodzinie *Ruscaceae* M.Roem. s.l., a w jej skład wchodzi rodzaje gromadzące głównie rośliny zdrewniałe o pokroju drzewiastym (np. *Nolina* Michx.), krzewy (np. *Ruscus* L.) czy byliny (np. *Convallaria* L.), ale także takie, które zawierają zarówno gatunki zielne, jak i zdrewniałe (np. *Dracaena* Vand. ex L.). Duża różnorodność przedstawicieli tej podrodziny sprawia spore trudności w ich identyfikacji i ustaleniu wzajemnych relacji filogenetycznych.

DNA barkoding to coraz powszechniej stosowana metoda identyfikacji gatunków oparta na analizie sekwencji nukleotydowej wybranych regionów DNA. U roślin najpowszechniej stosuje się dwa regiony chloroplastowe: *rbcL* oraz *matK*. Jednak z uwagi na umiarkowany poziom polimorfizmu genetycznego nie zawsze mają one wystarczającą siłę dyskryminacyjną. W związku z tym poszukuje się nowych rejonów chloroplastowego DNA odznaczających się wysokim polimorfizmem, które z jednej strony umożliwiałyby jednoznaczną identyfikację gatunków, z drugiej zaś były podstawą do przeprowadzenia wiarygodnych analiz filogenetycznych. Jednym z takich proponowanych – kandydackich – rejonów jest *ycf1*. Jednak sekwencja nukleotydowa tego regionu nie jest znana dla wszystkich przedstawicieli podrodziny *Nolinoideae*, w tym tak ważnych i rzadkich jak *Dracaena draco* L.

Celem prowadzonych badań było: (1) poznanie pełnej sekwencji *ycf1* dla *Dracaena draco* z zastosowaniem sekwencjonowania nowej generacji, (2) porównanie poziomu zmienności genetycznej *rbcL* i *ycf1* w podrodzinie *Nolinoideae* oraz (3) ocena przydatności regionu *ycf1* do analizy filogenetycznej w tej podrodzinie.

Analizie genetycznej poddano sekwencje dostępne w Banku Genów (NCBI) dla dziesięciu przedstawicieli *Nolinoideae*, tj.: *Sansevieria trifasciata* Prain, *Ruscus aculeatus* L., *Polygonatum stenophyllum* Maxim., *Ophiopogon japonicus* (L.f.) Ker Gawl., *Nolina atopocarpa* Bartlett, *Maianthemum bicolor* (Nakai) Cubey, *Liriope spicata* (Thunb.) Lour., *Eriospermum cervicorne* Marloth, *Dasyllirion wheeleri* S.Watson ex Rothr. oraz *Calibanus hookeri* (Lem.) Trel. reprezentujących różne rodzaje z tej podrodziny. Do analiz włączono także uzyskaną w tych badaniach pełną sekwencję *ycf1* *Dracaena draco*.

Uzyskane wyniki jednoznacznie wykazały, że wszystkie analizowane gatunki z podrodziny *Nolinoideae* mogą być łatwo identyfikowane za pomocą rejonów *rbcL* i *ycf1*. Region *ycf1* charakteryzuje się ponaddwukrotnie wyższym (13%) niż rejon *rbcL* (6%) poziomem polimorfizmu genetycznego, liczonego jako procent miejsc zmiennych w sekwencji. Topologie drzew filogenetycznych uzyskanych metodą największej wiarygodności na podstawie regionów *rbcL* i *ycf1* dla jedenastu przedstawicieli *Nolinoideae* różnią się nieznacznie od siebie, wskazując wyraźnie na dużą odrębność *Eriospermum cervicorne* oraz bliskie relacje *Dracaena draco* i *Sansevieria trifasciata*.

Kariologiczna analiza trzech blisko spokrewnionych sosen z kompleksu *Pinus mugo*

Ewa Chudzińska, Konrad Celiński*, Aneta Gmur,
Aleksandra Wojnicka-Półtorak, Joanna Sokołowska

Zakład Genetyki, Instytut Biologii Eksperymentalnej, Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Umultowska 89, 61-614 Poznań, *celinski@amu.edu.pl

Kompleks *Pinus mugo* obejmuje kilkadziesiąt taksonów występujących powszechnie w głównych europejskich pasmach górskich. Ten duży i polimorficzny kompleks blisko spokrewnionych sosen stanowi od wielu lat wyzwanie dla botaników oraz taksonomów ze względu na dużą zmienność fenotypową w obrębie poszczególnych taksonów, hybrydyzację i introgresję w populacjach sympatrycznych, a także z uwagi na brak specyficznego różnicowania genetycznego między gatunkami. Pomimo zastosowania wielu rozmaitych technik analitycznych, zarówno pochodzenie, jak i status taksonomiczny wielu przedstawicieli tego kompleksu nadal są niejasne. Badania kariologiczne wielu taksonów z kompleksu *Pinus mugo*, w tym także tych najbardziej znanych, tj. kosodrzewiny (*P. mugo* Turra), sosny błotnej (*P. uliginosa* G.E. Neumann) czy sosny drzewokosej (*P. ×rhaetica* Brügger), są bardzo nieliczne.

Celem badań było opisanie kariotypów trzech blisko spokrewnionych sosen z kompleksu *Pinus mugo*, tj. *P. mugo*, *P. uliginosa* i *P. ×rhaetica* z zastosowaniem

barwienia różnicowego prążków C. Jest to pierwszy morfometryczny raport dla kariotypów dla *P. uliginosa* i *P. ×rhaetica*.

Nasze wyniki potwierdziły, że podstawowa liczba chromosomów jest taka sama w obrębie badanych taksonów: $2n = 2x = 24$, a kariotypy mają podobną morfologię. Z kolei liczba wtórnych przewężeń (NOR) i liczba oraz rozmieszczenie prążków C różniły się między trzema taksonami. Uzyskane wyniki potwierdzają hipotezę o odrębności *P. uliginosa* i *P. ×rhaetica* i dlatego nie należy używać ich nazw wymiennie jako określeń synonimicznych.

Praca została sfinansowana ze środków statutowych Zakładu Genetyki UAM.

Bogactwo grzybów ektomykoryzowych kwaśniej buczyny niżowej w okresie odnowienia, na przykładzie Leśnictwa Sopieszyno (Nadleśnictwo Gdańsk)

Joanna Gołębiewska^{1*}, Marta Jarosińska¹, Marcin Pietras^{1,2}

¹Katedra Taksonomii Roślin i Ochrony Przyrody, Wydział Biologii, Uniwersytet Gdański, ul. Wita Stwosza 59, 80-308 Gdańsk, jj.golebiewska@gmail.com

²Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik

Fragmentacja oraz degradacja siedlisk należą do przyczyn zmniejszania się różnorodności biologicznej. Uznawane są za jedne z ważniejszych problemów ochrony przyrody. Uważa się, że gospodarka leśna może być istotnym czynnikiem negatywnie wpływającym na funkcjonowanie ekosystemów i zróżnicowanie wielu organizmów. Różnorodność grzybów jest ściśle związana z całkowitą różnorodnością biologiczną, ponieważ wskazuje na heterogeniczność siedliska i zmiany zachodzące w ekosystemach leśnych. Podjęcie działań mających na celu ograniczenie utraty wielu organizmów, w tym także grzybów, powinno być poparte badaniami naukowymi. Dlatego też konieczne jest prowadzenie badań, których celem jest poznanie bogactwa i dynamiki zbiorowisk grzybów, w tym grzybów symbiotycznych występujących w różnych ekosystemach.

Celem niniejszej pracy było określenie zróżnicowania grzybów ektomykoryzowych na etapie cięć obsiewnych/odsłaniających w kwaśnej buczynie niżowej (*Luzulo pilosae-Fagetum*). Badania przeprowadzono jesienią 2017 r. na terenie Leśnictwa Sopieszyno (Nadleśnictwo Gdańsk). Oparte były one na morfologicznej (morfotypowanie) i molekularnej identyfikacji mykoryz (sekwencjonowanie Sangera).

Na badanej powierzchni zidentyfikowano 27 taksonów grzybów ektomykoryzowych. Najczęściej występowały: *Cenococcum geophilum*, *Clavulina coralloides* i grzyby teleforoidalne. Szczególnie ważne jest odkrycie nowych stanowisk grzy-

bów bardzo rzadkich w Polsce, takich jak *Cortinarius anomalus* i *Russula silvestris*, w tym taksonów nowych dla Polski, *Cortinarius subturibulosus* czy *Sistotrema citri-forme*.

Powyższe badania pokazują, że zbiorowiska grzybów ektomykoryzowych kwaśnej buczyny niżowej są bogate i różnorodne, również w lasach zagospodarowanych, będących w trakcie przeprowadzanej przebudowy drzewostanu i związanych z tym cięć odnowieniowych.

Badania te są częścią projektu finansowanego w ramach konkursu Młody Naukowiec Wydziału Biologii Uniwersytetu Gdańskiego (538-L150-B527-17, 538-L150-B533-17) nad wpływem gospodarowania w lasach na zbiorowiska grzybów mykoryzowych w kwaśnej buczynie niżowej, którego celem jest porównanie kompozycji grzybów mykoryzowych w drzewostanach: od zbliżonych do naturalnych, poprzez umiarkowane i silnie zniekształcone, do leśnych zbiorowisk zastępczych, a także zbadanie zmian zachodzących w poszczególnych fazach odnowienia oraz wpływu różnych sposobów odnowienia lasu na mykobiotę.

Effectiveness of *Pinus nigra* embryogenic tissue cryopreservation by the stepwise pregrowth-dehydration method: preliminary results

Teresa Hazubska-Przybył^{1*}, Paweł Chmielarz¹, Mikołaj Wawrzyniak¹,
Agata Obarska¹, Terézia Salaj²

¹Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, Parkowa 5, 62-035 Kórnik, Poland,
*hazubska@o2.pl

²Institute of Plant Genetics and Biotechnology, Plant Science and Biodiversity Center,
Slovak Academy of Sciences, Akademická 2, 950 07 Nitra, Slovakia

Long-term storage of valuable genotypes obtained via somatic embryogenesis is possible if embryogenic tissues (ETs) or somatic embryos can be cryopreserved safely. Cryopreservation is especially important in the case of ETs, because it prevents the occurrence of somaclonal variation in the repeatedly passaged material. Embryogenic cultures of coniferous species are stored in liquid nitrogen (LN; -196°C) mainly by using the slow-freezing method. However, in this procedure the cryoprotectant dimethyl sulfoxide (DMSO) is commonly applied, which may contribute to genetic changes in the plant material. At the Institute of Dendrology an innovative method of cryopreservation has been developed recently based on gradual dehydration (called the pregrowth-dehydration method), which does not require the use of DMSO. Using the innovative method we successfully stored ETs of *Picea abies*, *P. omorika* and *Abies alba* × *numidica* in LN. Now the purpose of our research is to determine whether the pregrowth-dehydration method will have wider application among other conifer species, as an alternative to the

currently used ones. The subject of our study is now black pine (*Pinus nigra*), for which the protocols of efficient reproduction through somatic embryogenesis have been developed. This pine species is valuable because of its resistance to numerous industrial pollutants, so it is used for land reclamation and for afforestation to restore the pre-existing forests.

ET lines E313, E314 and E315 of *Pinus nigra*, for this study, were induced from immature zygotic embryos in the Institute of Plant Genetics and Biotechnology (part of the Plant Science and Biodiversity Center) in Nitra, Slovakia. The tested tissues were subjected to 7-day osmotic desiccation in the presence of sucrose with increasing concentration (0.25–1.0 M). Next, the samples were dried over silica gel for 2 h to a water content of about 26–27% and transferred quickly to LN. After 24 h the samples were immediately thawed in a water bath (40°C) and rehydrated on the media containing sucrose from the highest to the lowest concentration (1.0–0.25 M) for 40 min each. All cryopreserved tissues were transferred to DCR proliferation medium and finally the survival and the regrowth rate of the cryopreserved tissues were evaluated. To compare if the rehydration treatment time affects the survival of the tissue, line E314 was tested again according to the above-mentioned procedure, and after thawing the tissue was transferred for either 40 min or 1.5 h to each concentration of sucrose.

Our results revealed a high survival rate for all ETs of the tested lines in the control variant (73–100%), after treatment of the tissues with sucrose and desiccation over silica gel. The highest regeneration rate was obtained for line E313, while line E315 was characterized by a very low rate of proliferation in the control conditions. This probably resulted from a reduced physiological state of the tissue of the latter line. Despite the high survival rate of the tested tissues after the desiccation procedure, the storage of desiccated ETs in LN proved lethal for ETs of all three lines. However, we obtained a positive response to cryostorage for line E314, which reached 6.7% survival rate when the tissue was rehydrated for 1.5 h on each sucrose concentration after thawing. In contrast, rehydration of line E314 for 40 min proved lethal for this tissue.

Our preliminary results indicate that the pregrowth-dehydration method can be applied in cryopreservation of *Pinus nigra* embryogenic cultures. However, it still requires improvements and further testing to increase its effectiveness in cryostorage of this coniferous tree species.

This research was supported by the Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences (statutory project).

Zasoby martwego drewna w Rezerwacie Lipówka na tle otaczającego drzewostanu gospodarczego w Puszczy Niepołomickiej

Katarzyna Izworska

*Instytut Biologii, Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN, ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków,
katarzynaizworska@gmail.com*

Obecność martwego drewna w postaci posuszu, kłód i pniaków wskazuje na naturalny charakter lasu. Stanowi niezwykle cenne mikrosiedlisko dla wielu gatunków organizmów, a jego obecność jest ważnym czynnikiem świadczącym o różnorodności biologicznej ekosystemu. Dlatego też usuwanie martwego drewna z drzewostanów gospodarczych powoduje utratę drogocennych pierwiastków i energii dla całej sieci troficznej ekosystemu leśnego. Naturalna śmierć drzewa wynikająca z wywrócenia przez wiatr, gradacji owadów lub infekcji grzybowych jest postrzegana jako zjawisko niekorzystne. Notorycznie usuwane są martwe drzewa w imię troski o „higienę lasu”. Dlatego rezerwaty, w których zaprzestano prowadzenia gospodarki leśnej, ulokowane pośród drzewostanów gospodarczych wydają się szczególnie cenne. Mogą stanowić bazę siedliskową dla wielu gatunków. Dobrym przykładem jest Rezerwat Lipówka o powierzchni 26 ha zlokalizowany w 460 oddziale kompleksu Puszczy Niepołomickiej. Został założony w 1957 r. i jest najstarszym rezerwatem nadleśnictwa objętym ochroną ścisłą. Ponadto cały obszar Puszczy Niepołomickiej objęty jest programem Natura 2000. Celem badań było określenie ilości i jakości martwego drewna w Rezerwacie Lipówka na tle drzewostanu gospodarczego przylegającego do rezerwatu.

Badania były prowadzone na 11 powierzchniach badawczych, o obszarze 40 arów (20×200 m) każda. Zostały one zlokalizowane w środku oddziałów, jedna na terenie rezerwatu, a pozostałe w oddziałach otaczających rezerwat. Mierzono pierśnice drzew żywych, stojącego posuszu, średnice kłód ($d \geq 10$ cm) na obu końcach oraz ich długość. Określono stopień rozkładu dla kłód według pięciostopniowej skali. Dla części drzew zmierzono wysokości w celu wykreślenia krzywych miąższości. Obliczono zasobność drzewostanu żywego, miąższość posuszu oraz kłód.

Zasobność drzewostanu żywego w rezerwacie ($644 \text{ m}^3/\text{ha}$) jest dwukrotnie większa niż w otaczającym drzewostanie gospodarczym ($324 \text{ m}^3/\text{ha}$). Zagęszczenie drzew w rezerwacie jest ponaddwukrotnie mniejsze (235 sztuk/ha) niż w drzewostanie gospodarczym (484 sztuki/ha). Oznacza to, że rozmiary drzew w Lipówce są znacznie większe (średnia pierśnica 45 cm) w odniesieniu do drzew w przylegającym lesie gospodarczym (średnia pierśnica 25 cm). Miąższość martwego drewna w Lipówce wynosi $169 \text{ m}^3/\text{ha}$, przy czym $15,45 \text{ m}^3/\text{ha}$ stanowi posusz stojący, a $153,6 \text{ m}^3/\text{ha}$ to kłody. W drzewostanie gospodarczym średnia zasobność martwego drewna jest wielokrotnie niższa i wynosi $14,9 \text{ m}^3/\text{ha}$, z czego miąższość posuszu stojącego to $11,43 \text{ m}^3/\text{ha}$, a miąższość kłód $3,5 \text{ m}^3/\text{ha}$.

W Lipówce skład gatunkowy posuszu odpowiada z grubsza składowi gatunkowemu drzewostanu żywego, gdzie w obu przypadkach dominuje grab. W drzewostanie gospodarczym zaobserwowano wzmożone zamieranie jesionu, którego udział w drzewostanie wynosi jedynie 5% liczby drzew, natomiast dominujący jest wśród posuszu – 55%. W rezerwacie przeważały kłody o najwyższym stopniu rozkładu. Ponad 50% miąższości kłód stanowiły te w 4 i 5 stopniu rozkładu, podczas gdy w drzewostanie gospodarczym kłód o tak zaawansowanym rozkładzie praktycznie nie było, a ponad połowę miąższości tworzyły najświeższe kłody w 1 i 2 stopniu rozkładu.

Rezerwat Lipówka zdecydowanie wyróżnia się na tle otaczającego go drzewostanu gospodarczego. Wśród drzew żywych dominują drzewa stare, o dużych rozmiarach, które nawet w niewielkim zagęszczeniu tworzą drzewostan o wysokiej zasobności. Martwe drewno stanowi tutaj 26% w odniesieniu do zasobności drzewostanu, co jest charakterystyczne dla lasów o charakterze naturalnym. Istotnym elementem sprzyjającym różnorodności organizmów saproksylicznych jest nie tyle duża miąższość kłód, ile zróżnicowanie pod względem stopnia rozkładu. Liczne badania wskazują, że martwe drewno o odpowiednich parametrach jakościowych, ilościowych oraz o znacznym zróżnicowaniu stopnia rozkładu tworzy liczne mikrosiedliska dla wielu gatunków organizmów saproksylicznych. Szczególnie cenne są drzewostany takie jak Rezerwat Lipówka, który, znajdując się pośród drzewostanu gospodarczego, tworzy rezerwar martwego drewna i ostoję dla organizmów z nim związanych.

Niniejsze badania prowadzono w ramach projektu finansowanego przez Dyрекję Generalną Lasów Państwowych pt. „Kształtowanie się zasobów martwego drewna w siedliskach przyrodniczych w warunkach prowadzenia zrównoważonej gospodarki leśnej”.

Udoskonalona metoda szacowania przyrostu pola przekroju poprzecznego pnia roślin drzewiastych

Radosław Jagiełło^{1*}, Grzegorz Iszkuło^{1,2}

¹*Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,
rjagiello@man.poznan.pl

²*Wydział Nauk Biologicznych, Uniwersytet Zielonogórski, ul. Prof. Z. Szafrana 1,
65-516 Zielona Góra*

Szacowanie przyrostu roślin drzewiastych jest kluczowe dla leśników (zrównoważone gospodarowanie zasobami leśnymi) oraz ekologów drzew (badania zmian zachodzących w ekosystemach leśnych). Dla optymalnego gospodarowania zasobami drewna błąd w oszacowaniu miąższości na poziomie drzewostanów jest pośrednio zredukowany dla szacunków na poziomie obrębu leśnego, jednakże w badaniach ekologicznych nierzadko wymagane są precyzyjne pomiary

na poziomie pojedynczych drzew. Retrospektywny pomiar przyrostu radialnego jest wykorzystywany w dendrochronologii i dyscyplinach pokrewnych, jednakże jest niewystarczający do określenia przyrostu pola przekroju przez wzgląd na nie-regularność kształtu oraz ekscentryczność przekroju poprzecznego części roślin z przyrostem wtórnym i ograniczenia wynikające z konwencjonalnych sposobów pobierania próbek z drzew stojących.

Bezpośredni pomiar pola wszystkich słoików rocznych jest bardzo pracochłonny, a powszechnie dostępne oprogramowanie nie pozwala na zautomatyzowanie tego procesu. Dotychczas opracowano różne metody szacowania przyrostu pola przekroju – głównie są to modele bazujące na właściwościach elipsy, w których wykorzystywane są przyrosty radialne z wywierców wykonanych świdrem Presslera, lub materiału w postaci krążków pobranych z drzew ściętych. Szacunki wykonywane na podstawie wywierców są mniej dokładne przez konieczność stosowania założeń dotyczących kształtu oraz nierzadko braku informacji na temat położenia rdzenia (a zatem informacji o ekscentryczności). Z drugiej strony, zastosowanie modeli eliptycznych do szacunków pola przekroju na krążkach nie pozwala na pełne wykorzystanie dostępnych informacji.

Celem badań było określenie wielkości błędu szacowania przyrostu pola przekroju za pomocą dostępnych modeli eliptycznych oraz wprowadzenie do modeli nowej zmiennej (współczynnik korygujący, CF), uwzględniającej zmiany kształtu przekroju poprzecznego pnia jako funkcji wieku drzewa. Do badań wybrano dziewięć przekrojów pobranych z wysokości 130 cm z 30 osobników jałowca pospolitego (*Juniperus communis* L.) w gradiencie od najbardziej do najmniej regularnego. Wybór tego gatunku, jako modelu do badań, uzasadniony był występowaniem dużej zmienności kształtu przekroju poprzecznego pnia. Pole przekroju wszystkich słoików ($n=377$) zostało zmierzone sposobem bezpośrednim w oprogramowaniu GeoGebra i na tej podstawie obliczono przyrost pola przekroju. Następnie oszacowano przyrost pola przekroju za pomocą trzech metod pomiarowo-szacunkowych: na podstawie promieni bez informacji na temat lokalizacji rdzenia (model 1), na podstawie promieni ze znaną lokalizacją rdzenia (model 2) oraz na podstawie średnic (model 3). Dodatkowo metoda druga i trzecia zostały rozszerzone przez dodanie współczynnika CF. Zmienna ta reprezentuje różnicę pomiędzy wartością rzeczywistą a oszacowaną pola przekroju (w pewnym sensie jest to wartość resztowa modelu podstawowego). Na podstawie wstępnych analiz stwierdzono, że jej wartość zmienia się proporcjonalnie (liniowo) do wieku drzewa. Obliczono wartość CF dla pierwszego i ostatniego słoika każdego z krążków i zbudowano modele liniowe określające wartość CF wszystkich słoików wewnętrznych, dla każdego krążka osobno.

Szacowanie przyrostu pola przekroju na podstawie przyrostu radialnego promieni bez znajomości lokalizacji rdzenia (model 1, teoretyczny wywierc świdrem Presslera) charakteryzowało się największym błędem, wynoszącym średnio 46%. Uwzględnienie lokalizacji rdzenia (model 2) zmniejszyło tę wartość do 34%, natomiast zastosowanie modelu opartego na przyrostach średnic (model 3) do 26%. Średni błąd dla modeli rozszerzonych, po wprowadzeniu do modelu zmiennej CF

uwzględniającej zmianę kształtu słoju, wynosił odpowiednio 20% (model 2) i 12% (model 3).

Uzyskane wyniki wskazują, że szacowanie przyrostu pola przekroju bez znajomości lokalizacji rdzenia może nieść ryzyko popełnienia dużego błędu. Jeżeli szacowanie tej zmiennej jest konieczne, zasadne jest zebranie materiału w postaci przekrojów poprzecznych. Wprowadzenie współczynnika CF wyraźnie zmniejszyło błąd szacowania, a dodatkowy pomiar pola powierzchni dwóch słoju nieznacznie wydłużył czas analiz.

Organizacja budowy wewnętrznej igieł sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) od nasady do wierzchołka i jej zależność od rozmiaru igły

Artur Jankowski^{1*}, Tomasz P. Wyka¹, Roma Żytkowiak², Jacek Oleksyn²

¹Zakład Botaniki Ogólnej, Instytut Biologii Eksperymentalnej, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Umultowska 89, 61-614 Poznań, *artjan@amu.edu.pl

²Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik

Ilościowe cechy morfo-anatomiczne liści są uznawane za markery zmienności geograficznej, wskazujące na funkcjonalne dostosowanie struktury liści do lokalnego środowiska. Wewnątrzgatunkowe zróżnicowanie budowy anatomicznej jest szczególnie wyraźne u gatunków o rozległych zasięgach, takich jak sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris*). Przykładowo w igłach zebranych w 1900-kilometrowym transekcie od środkowej Europy do północnej Skandynawii długość igieł oraz wiele ich cech anatomicznych było skorelowanych z lokalnymi minimami temperatury.

W standardowej analizie anatomicznej przekrojów poprzecznych liści o kształtach linearnych, takich jak igły nagozalążkowych, badane przekroje reprezentują środkową część liścia, a cechy mikrometryczne traktowane są jako niezależne zmienne. Jednak ze względu na osiowe rozmieszczenie części struktur (np. przewodów żywicznych, walca osiowego zawierającego nierozgałęzione wiązki przewodzące), rozpatrywanie wymiarów poszczególnych tkanek jako samodzielnych cech może być niewłaściwe, wymiary poprzeczne tkanek w konkretnej lokalizacji mogą bowiem bezpośrednio odzwierciedlać wymogi funkcjonalne, wynikające z ilości tkanek położonych dystalnie względem badanego przekroju. Porównania igieł o różnej długości powinny zatem uwzględniać możliwość występowania relacji izo- lub allometrycznych między wymiarami struktur na przekroju poprzecznym a wielkością (długością, powierzchnią zewnętrzną) igły, analogicznie do relacji występujących w łodygach i całych pędach.

Celem niniejszej pracy było poznanie ilościowego rozmieszczenia wybranych elementów anatomicznych w przekrojach igieł sosny zwyczajnej wykonanych

w sekwencji od nasady do wierzchołka igły. Po drugie, testowano hipotezę, że w obrębie poszczególnych igieł występują zależności między rozmiarem wybranych struktur tkankowych (floemu, ksylemu, systemu wydzielniczego i tkanek wzmacniających) a rozmiarem dystalnie położonego fragmentu igły. Po trzecie, badanie igieł o różnej długości reprezentujących różne pochodzenia geograficzne pozwoliło na ocenę, czy zróżnicowanie rozmiaru igieł statystycznie wyjaśnia zróżnicowanie cech anatomicznych.

Badania przeprowadzono na igłach o różnych długościach pobranych z trzech stanowisk reprezentujących południową, środkową i północną część ww. 1900-kiłometrowego transektu. Każdą z igieł podzielono na osiem równych odcinków, a następnie z ich środkowego fragmentu wykonano skrawki poprzeczne. Obrazy mikroskopowe rejestrowano w formie cyfrowej. Potem dokonywano pomiarów mikrometrycznych. Powierzchnię zewnętrzną odcinków pomiędzy poszczególnymi przekrojami oszacowano, korzystając z modelu stożka ściętego i obliczono powierzchnię igły dystalną względem każdego przekroju.

Cechy ilościowe przekrojów wykazywały znaczne zróżnicowanie zależnie od położenia względem wierzchołka igły. Dotyczyło to zwłaszcza cech związanych z przewodzeniem wody, asymilatów i wytrzymałością mechaniczną. Przekroje bliższe wierzchołkowi zawierały mniej ksylemu, floemu i włókien sklerenchymatycznych niż przekroje bazalne. Podobne zależności obserwowano dla rozmiaru walca osiowego z tym, że nie były one tak wyraźne jak u pozostałych cech. Ponadto kanały żywiczne obecne były w stałej liczbie na przekrojach z całej centralnej części igły, a jedynie w nasadzie i na wierzchołku były mniej liczne, podczas gdy ich średnica malała ku wierzchołkowi.

Szczególnie silne relacje allometryczne wystąpiły pomiędzy powierzchnią przekroju ksylemu a dystalną powierzchnią igły, co wskazywałoby, że wielkość przekroju ksylemu jest wynikiem rozwoju powierzchni transpiracyjnej igły. Allometryczne relacje z dystalną powierzchnią lub długością igieł dotyczyły też na przykład powierzchni przekroju floemu czy liczby włókien sklerenchymatycznych w walcu osiowym. Jednocześnie odnotowano zróżnicowanie niektórych parametrów równań allometrycznych pomiędzy proveniencjami.

Uzyskane wyniki sugerują, że różnice anatomiczne między igłami sosny z różnych pochodzeń, traktowane często jako przejaw zróżnicowania ewolucyjnego, w istocie mogą być przejawem zależności wewnętrznej budowy anatomicznej od wielkości całego organu (igły). Z drugiej strony, analiza allometryczna z uwzględnieniem rozmiaru igły pozwala wyodrębnić zmienność wewnątrzgatunkową niezależną od jej wielkości, a więc potencjalnie stanowiącą anatomiczne przystosowanie środowiskowe.

Projekt jest finansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji nr 2011/02/A/NZ9/00108 (kierownik: prof. dr hab. J. Oleksyn).

Tendencje w zmianach tempa rozwoju bioróżnorodności grzybów ektomykoryzowych sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w odpowiedzi na zaburzenia ekosystemu

Daniel Janowski*, Robin Wilgan, Michał Iwański, Tomasz Leski,
Maria Rudawska

Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,
*daniel.janowski@icloud.com

Sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris*) jest szeroko rozpowszechnionym na półkuli północnej gatunkiem drzewa nagonasiennego (*Gymnospermae*). Ma ona duże znaczenie w europejskiej gospodarce leśnej. Przez wzgląd na szybkie tempo wzrostu, niskie wymagania siedliskowe, odporność na niską temperaturę oraz inne niekorzystne warunki środowiskowe sosna była powszechnie sadzona w lasach gospodarczych, często także wprowadzana na tereny spoza swojego naturalnego zasięgu. W efekcie tych działań lasy sosnowe zajmują w chwili obecnej w Europie powierzchnię 28 mln ha.

Jak wszystkie gatunki z rodziny *Pinaceae* sosna zwyczajna jest gatunkiem obligatoryjnie ektomykoryzowym – symbioza ektomykoryzowa jest niezbędna do prawidłowego rozwoju tych roślin. Grzyby z wielu rodzin tworzą ektomykoryzy na korzeniach sosny, z czego część wykazuje preferencje wobec wieku drzew, z którymi wchodzi w interakcje. Grzyby z rodzin, takich jak *Suillaceae* czy *Rhizopogonaceae*, nawiązują symbiozę głównie z drzewami w młodym wieku, z kolei *Russulaceae* oraz *Cortinariaceae* – z drzewami starszymi. Rodziny grzybów charakterystycznych dla późnego stadium rozwoju drzewostanu wykazują również zasadniczo wyższe bogactwo gatunkowe.

Wpływ gospodarki leśnej na grzyby mykoryzowe nie jest dostatecznie dobrze zbadany. Chociaż niektóre prace sugerują wyższe bogactwo gatunkowe grzybów ektomykoryzowych w lasach gospodarczych w porównaniu z lasami nieobjętymi zabiegami gospodarczymi, to dokładny przebieg kształtowania się tych różnic nie był dotychczas analizowany. W celu zbadania dynamiki tego procesu w drzewostanach gospodarczych oraz zwrócenia uwagi szerszego grona naukowego na to zagadnienie przeprowadziliśmy analizę posiadanych wcześniej danych dotyczących zbiorowisk grzybów ektomykoryzowych sosny zwyczajnej w gradiencie wieku drzew.

Nasz zbiór danych został opracowany na podstawie badań przeprowadzonych w monokulturach sosnowych na terenie Borów Tucholskich. Warunki monokultury pozwoliły na wykluczenie wpływu zmiennych związanych z obecnością innych gatunków drzew. Przez ograniczenie badań do miejsc w jednym obszarze wykluczone mogły być zmienne związane z regionem i klimatem.

W celu zaobserwowania dynamiki zmian zbiorowisk ektomykoryzowych w ujęciu wielopoziomowym zastosowaliśmy narzędzia analizy matematycznej. Wykorzystując interpolację Lagrange'a, na podstawie posiadanych punktów danych, uzyskaliśmy wielomian przybliżający ciągle funkcje zmian badanych czynników w czasie. Dzięki użyciu rachunku różniczkowego otrzymaliśmy pochodne tych funkcji, które zestawiliśmy z danymi o zaburzeniach powstałych w konsekwencji zabiegów leśnych.

Wyniki wskazały, że bezpośrednio po wystąpieniu zaburzenia spowodowanego trzebieżą nastąpił spadek średniej liczby taksonów grzybów mykoryzowych, natomiast średnia liczba taksonów na próbę nieznacznie wzrosła. Znacznie wzrosła również liczba korzeni drobnych obecnych w każdej próbie. Zmiany te zaniżyły wraz z wiekiem drzew, na co wskazały wartości badanych cech ze starszych stanowisk.

Analiza pochodnych badanej dynamiki po czasie wykazała, że dynamika ta uległa częściowej regeneracji. Przyrost liczby taksonów po spadku nie osiąga jednak w żadnym punkcie tempa sprzed zaburzenia. Pomimo obserwowanego wzrostu średniej liczby taksonów grzybów na próbę bezpośrednio po zaburzeniu pochodna wskazuje na nieregularny spadek tempa tego przyrostu, mający bardziej oddalone w czasie konsekwencje dla zbiorowiska. Wraz z wiekiem drzewostanu obserwujemy wyhamowanie zmian w strukturze zbiorowiska grzybów ektomykoryzowych, co osłabia efekt ich regeneracji. Sugeruje to, że im wcześniej w gradiencie wieku lasu zaburzenie będzie miało miejsce, tym mniejsze będą jego długoterminowe konsekwencje dla zbiorowisk grzybów ektomykoryzowych.

Przedstawiona analiza uwiadamia długoterminowe skutki zaburzeń powstałych na skutek gospodarki leśnej. Przeprowadzanie analogicznych analiz w badaniach ekologicznych pozwoli zobrazować tendencje zmian trudno dostrzegalne w klasycznym ujęciu metodycznym. Zestawienie tak opisaney dynamiki z danymi jakościowymi pozwoli na głębsze zrozumienie otrzymywanych wyników.

Rola obszarów leśnych w zachowaniu cennych zasobów florystycznych Pomorza Gdańskiego

Marta Jarosińska, Joanna Gołębiewska, Katarzyna Wszalek-Rożek*

*Katedra Taksonomii Roślin i Ochrony Przyrody, Wydział Biologii, Uniwersytet Gdański,
ul. Wita Stwosza 59, 80-308 Gdańsk, *marta.jarosinska@biol.ug.edu.pl*

Region Pomorza Gdańskiego poprzez swoje położenie geograficzne i historię geologiczną cechuje się bogatym pasowym zróżnicowaniem fizjograficznym oraz florystycznym. Na tym obszarze ścierają się wpływy klimatu suboceanicznego i subkontynentalnego, czego skutkiem jest znaczna liczba stanowisk taksonów reprezentujących różne elementy geograficzne oraz obecność wielu rzadkich

i cennych przyrodniczo gatunków roślin naczyniowych. Występowanie licznych gatunków na kresach ich zasięgów, jak również na oderwanych, wyspowych stanowiskach, np. roślin górskich i muraw kserotermicznych, stanowiło istotne kryterium w opracowaniu regionalnej czerwonej listy roślin naczyniowych Pomorza Gdańskiego. Znalazło się na niej 541 gatunków roślin zagrożonych w różnym stopniu – stanowią one około 33,3% flory regionu oraz 21,7% flory Polski. Za całkowicie wymarłe na tym obszarze (RE) uznano 47 gatunków; 39 taksonów to gatunki krytycznie zagrożone (CR), natomiast 109 – wymierające (EN). Do narażonych (umiarkowanie zagrożonych, VU) zaklasyfikowano 221 gatunków, a do kategorii o niskim ryzyku zagrożenia – 124. Ochroną prawną objęte są 172 składniki flory, cenne w skali regionu, z czego 116 podlega ochronie ścisłej. Spośród regionalnie zagrożonych, 121 gatunków (nieco ponad 22%) uznawanych jest także za zagrożone w skali globalnej. Reprezentują one trzy kategorie zagrożenia według „Red List of Threatened Species”, przy czym należą głównie do kategorii niskiego zagrożenia – LC. W najnowszym wydaniu krajowej czerwonej listy znajduje się ponad 45% zagrożonych składników flory Pomorza Gdańskiego, w tym jeden takson z kategorią EX – *Camelina alyssum* (Mill.) Thell.

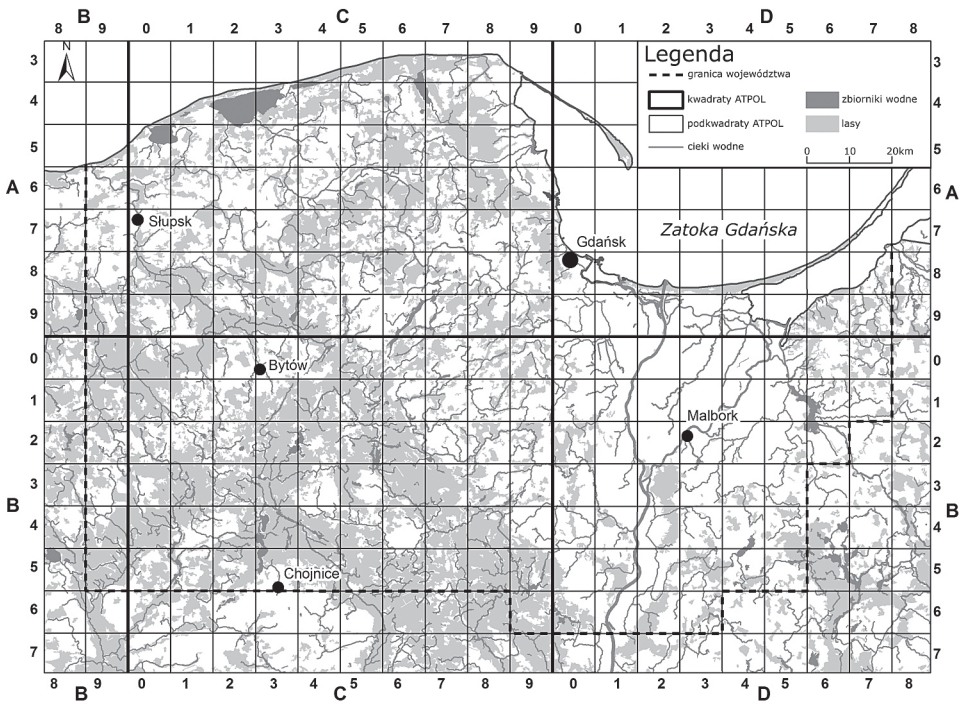
Ochrona różnorodności biologicznej w lasach pod zarządem Lasów Państwowych, których w Polsce jest około 78%, opiera się w dużej mierze na przepisach, takich jak ustawa o ochronie przyrody i rozporządzenia Ministra Środowiska. Ważną rolę odgrywają również rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa w sprawie szczegółowych zasad i trybu uznania lasów za ochronne oraz szczegółowych zasad prowadzenia w nich gospodarki leśnej i ustawa o lasach, w której określono, że przedmiotem gospodarki leśnej nie jest drzewostan, ale cały ekosystem leśny. Ochrona przyrody – choć nie jest tożsama z gospodarką leśną – nie wyklucza się z założeniami zarządzania ekosystemami: racjonalnie prowadzona gospodarka leśna sprzyja zachowaniu pewnych gatunków i zbiorowisk. Kolejnym ze sposobów wdrażania przez Lasy Państwowe zapisów przedstawianych aktów prawnych jest udział w tworzeniu rezerwatów przyrody oraz właściwa opieka nad powołanymi chronionymi obiektami. Zachowaniu różnorodności biologicznej sprzyja również odejście od starego modelu prowadzenia monokultur, które zastąpiono przebudową drzewostanów w celu ich urozmaicenia.

Celem niniejszej pracy była analiza cennych zasobów florystycznych Pomorza Gdańskiego (ryc. 1) występujących w poszczególnych nadleśnictwach wchodzących w skład tego obszaru. Gatunki zamieszczone na czerwonej liście roślin naczyniowych Pomorza Gdańskiego zweryfikowano pod kątem bogactwa i obfitości ich występowania na terenach zarządzanych przez Regionalne Dyrekcje Lasów Państwowych w Gdańsku, Olsztynie, Szczecinku i Toruniu.

Badania przeprowadzono na podstawie analizy map rozmieszczenia stanowisk 541 gatunków ginących i zagrożonych ujętych na regionalnej czerwonej liście Pomorza Gdańskiego. W tym celu wykorzystano dostępne publikowane i niepublikowane dane literaturowe, dane zielnikowe oraz informacje ustne wprowadzone do elektronicznej bazy danych florystycznych Pomorza Gdańskiego w ramach projektu *Flora Pomeranica Orientalis* (florapomorient.pl). Analizy rozmieszcze-

nia gatunków na obszarach zarządzanych przez poszczególne nadleśnictwa wykonywano w programie ArcGIS.

Przestrzenne zróżnicowanie flory i obecność gatunków górskich, kserotermicznych, wydmowych, solniskowych, żyznych lasów liściastych, bogatej flory zbiorowisk wód jezior i rzek stanowią ogromny walor Pomorza Gdańskiego, jednak obecny stan zbadania i rozpoznania flory regionu jest wciąż niewystarczający, zwłaszcza w jego fragmentach nieobjętych ochroną obszarową oraz intensywnie użytkowanych przez człowieka. Niezbędne są dalsze badania, pozwalające na aktualizację stanu wiedzy i możliwość pełniejszej analizy flory. Taki cel autorzy posteru stawiają przed sobą, rozpoczynając prace nad wykonaniem czerwonej księgi roślin Pomorza Gdańskiego. Dostarczy ona z pewnością nowych i bardziej szczegółowych informacji na temat współczesnego aktualnego stanu flory Pomorza Gdańskiego, a jednocześnie pozwoli wierniej i dokładniej ocenić stopień jej przekształcenia i zagrożeń.



Ryc. 1. Teren Pomorza Gdańskiego

Zgrupowania roztoczy (*Acari*, *Mesostigmata*) zasiedlające ściółkę i murszejące drewno pniaków dębowych (*Quercus robur* L.) w różnych fazach rozkładu

Jacek Kamczyc¹*, Patrycja Różańska¹, Emilia Pers-Kamczyc²,
Cezary K. Urbanowski¹

¹Katedra Łowiectwa i Ochrony Lasu, Wydział Leśny, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Wojska Polskiego 71C, 60-625 Poznań, *jkam@up.poznan.pl

²Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik

Murszejące drewno jest niezbędnym elementem funkcjonowania ekosystemów leśnych. Stanowi ono magazyn składników pokarmowych, jest istotne ze względu na retencję węgla oraz tworzy mozaikę nietrwałych mikrośrodków, które różnią się od środowiska glebowego. Znany jest również jego istotny wpływ na utrzymanie bogactwa gatunkowego różnych grup zwierząt, które decyduje o stabilności ekosystemów leśnych. Jedną z najliczniej zasiedlających murszejące drewno grup zwierząt są roztocze (*Acari*), a wśród nich przedstawiciele rzędu *Mesostigmata*. Zgrupowania roztoczy w murszejącym drewnie są lepiej rozpoznane w odniesieniu do kłód różnych gatunków drzew, natomiast w pniakach są słabo poznane i nie obejmowały analizy stopnia rozkładu drewna. Celem pracy było poznanie składu gatunkowego i struktury zgrupowań roztoczy w murszejącym drewnie pniaków dębowych i ściółce.

Badania przeprowadzono w drzewostanach zlokalizowanych w Lesie Doświadczalnym „Zwierzyniec” Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku. Materiał badawczy stanowiła ściółka i murszejące drewno pniaków dębowych w początkowym (do roku po ścięciu) oraz w zaawansowanym stadium rozkładu (z miękkim drewnem i odpadającą korą). Próby o zbliżonej objętości około 400 cm³ pobierano z trzech mikrośrodków, tj. próbki kory i drewna, głębę ze strefy przylegającej do pniaka (strefa ekotonowa) oraz ze ściółki w odległości 0,5 m od pniaka. Z każdego pniaka próbki pobierano w trzech kierunkach, a kąt pomiędzy nimi wynosił około 120°. Ogólnie z 54 prób (3 pniaki × 2 klasy rozkładu × 3 mikrośrodków × 3 powtórzenia) wypłoszono roztocze, które oznaczono do gatunku z określeniem stadium rozwojowego.

W wyniku przeprowadzonych badań wykazano łącznie 775 roztoczy, a ich sumaryczne liczebności różniły się pomiędzy mikrośrodkami. Najwyższa całkowita liczebność została odnotowana w murszejącym drewnie (342 osobniki), następnie w strefie ekotonowej (248) oraz w ściółce w odległości 0,5 m od pniaka (185). Mikrośrodek murszejącego drewna pniaków w zaawansowanym stadium rozkładu zasiedlane było przez ponaddwukrotnie większą liczbę roztoczy (248 osobników) w porównaniu z pniakami słabo rozłożonymi (94). Pniaki słabo rozłożone charakteryzowały się wyższą całkowitą liczebnością roztoczy zarówno

w strefie ekotonowej (142 osobniki), jak i w mikrośrodowisku ściółki przy pniaku (127), w porównaniu z pniakami rozłożonymi (odpowiednio: 106 i 58). Ogólnie bogactwo gatunkowe w analizowanych mikrośrodowiskach było podobne, przy czym największym charakteryzowała się strefa ekotonowa (21), a dla pniaków słabo rozłożonych – ściółka (20). Bez względu na stopień rozkładu pniaka *Oodinychus ovalis* był najliczniejszym gatunkiem występującym w drewnie oraz korze i stanowił ponad 30% wszystkich odnotowanych roztoczy. Dominował on również w strefie ekotonowej przy pniakach słabo rozłożonych, podczas gdy *Veigaia nemorensis* przy pniakach znacznie rozłożonych. W ściółce dominował *Paragamasus* sp.

Pniaki dębowe bez względu na stopień rozkładu stanowią „kapsuły ratunkowe” dla roztoczy, o czym świadczy występowanie wielu gatunków unikatowych. W zależności od stopnia rozkładu drewna w zgrupowaniach roztoczy w strefie ekotonowej dominują różne gatunki roztoczy.

Zmiany wybranych parametrów fotochemicznych u roślin eksponowanych na środowiskowe czynniki stresowe

Adriana Kaproń^{1*}, Marta Śliwa², Zbigniew Miszański^{1,3}, Jacek Oleksyn⁴

¹Institut Fizjologii Roślin im. Franciszka Górskiego Polskiej Akademii Nauk, ul. Niezapominajek 21, 30-239 Kraków, *adrkapron@gmail.com

²Institut Biologii Roślin i Biotechnologii, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków

³Grupa Interakcji Roślin z Mikroorganizmami, Małopolskie Centrum Biotechnologii, Uniwersytet Jagielloński, ul. Gronostajowa 7a, 30-387 Kraków

⁴Institut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik

Szeroki zakres występowania sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*) w naturalnym środowisku związany jest z przystosowaniem się poszczególnych populacji do występujących warunków klimatycznych. Różnice w określonych ekotypach *P. sylvestris* są związane z ich zmienną aktywnością fotosyntetyczną i fotochemiczną. Celem pracy było sprawdzenie, czy populacje sosny zwyczajnej z różnych szerokości geograficznych, uprawiane w takich samych warunkach, wciąż będą wykazywać różnice w aktywności fotochemicznej. Dodatkowym zagadnieniem było określenie, czy różnice te wynikają z aklimatyzacji do panującego klimatu, czy są wynikiem modyfikacji genetycznych prowadzących do adaptacji. Kolejnym problemem było wykorzystanie technik analizy fotochemicznej i aktywności fotosyntetycznej jako taniej, wiarygodnej i szybkiej metody wyboru odpowiednich osobników do panujących na danym terenie warunków klimatycznych. W tym celu wykonano pomiary fotochemiczne na dwuletnich sadzonkach 19 provenien-

cji sosny zwyczajnej, których nasiona pochodziły z różnych szerokości geograficznych na terenie Skandynawii (Szwecja, Finlandia), a które uprawiano w takich samych warunkach klimatycznych. Analizy wykonano, wykorzystując fluorymetr Handy Pea (Hansatech Instruments) oraz aparaturę do pomiaru wydajności kwantowej PSII i PSI, Dual PAM 100 (Walz, Germany). Sprawdzono powiązanie pomiędzy spadkiem lub wzrostem poszczególnych parametrów fotochemicznych a zmianą średniej, rocznej temperatury oraz długością dnia w sezonie letnim. Pomiary przeprowadzono na przynajmniej trzech sadzonkach z każdej proveniencji. Analizowane proveniencje zebrano w cztery grupy o różnych zakresach szerokości geograficznej. Otrzymane wyniki przedstawiają wzrost maksymalnej wydajności kwantowej fotosystemu II (PSII) i maksymalnej wydajności systemu rozbijającego wodę (Fv/Fo) sadzonek, których nasiona pochodziły z części północnej terenu, co może wynikać ze znacznie dłuższego dnia w sezonie letnim, w czasie którego północne populacje absorbują więcej energii słonecznej i dzięki temu mogą się lepiej rozwijać. Wysoka aktywność PSII i jednoczesny spadek PSI może dodatkowo być rezultatem absorpcji przez te dwa fotosystemy innych długości fal światła, które ulegają zmianie wraz ze zmianą szerokości geograficznej. Wśród analizowanych parametrów Fv/Fm (maksymalna wydajność kwantowa), Fv/Fo (maksymalna wydajność kompleksu rozszczepiającego wodę), ET_0/RC (transport elektronów za Q_A , w przeliczeniu na centrum reakcji), DI_0/RC (rozpraszanie energii w przeliczeniu na centrum reakcji), Y(NPQ) (niefotochemiczne wygaszanie fluorescencji), Y(NA) i Y(ND) (strona akceptorowa i donorowa elektronów związana z PSI) wykazują statystycznie istotne różnice w zależności od szerokości geograficznej; może wynikać nie tyle ze zmiany temperatury, co ze zmiany długości dnia w sezonie letnim na różnych szerokościach geograficznych. Wyniki te wskazują jednocześnie na obecność modyfikacji genetycznej w genomie różnych proveniencji sosny zwyczajnej, czego rezultatem jest adaptacja drzew do panującego klimatu. Mogą one być pomocne w określeniu pochodzenia populacji sosny zwyczajnej, przesadzanych z naturalnego środowiska i rozwijających się w różnych miejscach. Dodatkowo prezentowane parametry mogą być użyte jako markery oceny najbardziej odpowiednich sadzonek pod względem dostosowania do wybranego klimatu, wykorzystanych m.in. w programach zalesiania.

Dendrometryczna charakterystyka wybranych młodników sosnowych uszkodzonych spalowaniem

Katarzyna Kaźmierczak*, Patrycja Kubiak

*Zakład Dendrometrii i Produktowności Lasu, Katedra Urządzania Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 71c, 60-625 Poznań, *kkdendro@up.poznan.pl*

Spalowanie to jeden z rodzajów uszkodzeń lasu powodowanych przez zwierzynę. Jest to zdzieranie kory z młodych drzew leśnych przez zwierzynę płową. Spaluje przede wszystkim jeleni. Niepokój wywoływany przez człowieka zmusza go do dłuższego przebywania w miejscach dziennych ostoi, którymi są często zwarte uprawy leśne i młodniki. Dolną granicą wieku spalowanego drzewa jest moment, kiedy młode drzewo jest już na tyle stabilne, by zwierzyzna za pomocą dolnych siekaczy mogła odrywać płyty młodej kory wraz z łykiem. U gatunków iglastych to pięć lat. Górna granica wieku jest związana z grubością kory drzewek. Gruba korowina nie pozwala już na swobodne jej zdzieranie. W przypadku sosny to 20 lat. Skutkiem spalowania pojedynczych drzewek jest pojawienie się zabitek, zgnilizny wewnętrznej, a także zamieranie pędu głównego sadzonek. Powoduje to trwałe krzywizny części odziomkowej strzał. Celem pracy było poznanie wpływu spalowania powodowanego przez jelenie na wybrane cechy dendrometryczne młodych sosen wzrastających w zróżnicowanych warunkach siedliskowych boru świeżego, boru mieszanego świeżego i boru mieszanego wilgotnego.

W wybranych młodnikach założono prostokątne powierzchnie badawcze (po 10 drzew w 5 rzędach). Na każdej pomierzono średnicę: na wysokości 0,5 m, 1,3 m oraz na teoretycznej wysokości pniaka (w korze i bez kory), a także wysokość wszystkich drzew. Ponadto w terenie dokonano pomiaru przyrostu wysokości wszystkich badanych drzew w ostatnim roku przed spalowaniem oraz z okresu czterech lub pięciu kolejnych lat po wystąpieniu uszkodzenia. Łącznie pomierzono 300 drzew, w tym 150 uszkodzonych spalowaniem oraz 150 nieuszkodzonych, stanowiących próbę kontrolną. Na badanych powierzchniach sosny spalowane występowały bardzo licznie. Spaly na pniach drzew były dość rozległe i sięgały 1,5–2,5 m od podłoża. Były to, w przypadku większości badanych drzew, spaly zimowe, dobrze zabliźnione. Analiza procentowego udziału powierzchni uszkodzonej w badanych młodnikach dowiodła, że spalowanie na powierzchniach doświadczalnych można uznać za istotne, gdy przekracza 20%.

Dla omawianych cech dendrometrycznych wyliczono podstawowe charakterystyki statystyczne. Średnia pierśnica u sosen uszkodzonych wyniosła 2,84 cm (Bśw), 4,80 cm (BMśw) oraz 5,01 cm (BMw), natomiast nieuszkodzonych 3,47 cm (Bśw), 5,57 cm (BMśw) i 6,17 cm (BMw). Drzewa spalowane miały pierśnicę mniejszą o 18,16% (Bśw), 13,82% (BMśw) i 18,80% (BMw). Sosny uszkodzone osiągnęły wysokość odpowiednio: 2,79 m, 4,17 m i 3,56 m, natomiast nieuszkodzone 3,48 m, 5,77 m i 6,69 m. Drzewa spalowane były niższe o 19,83%, 27,73%, i 46,79%, odpowiednio dla Bśw, BMśw i BMw. U większo-

ści drzewek po wystąpieniu spalowania zaobserwowano wyraźne zmniejszenie przyrostu wysokości. Spadek ten odnotowano już w następnym okresie wegetacji drzew, a także w kolejnym roku. Czas trwania zmniejszonego przyrostu był dość krótki, u większości drzew wyniósł od roku do 2–3 lat po uszkodzeniu. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że 58%, 66% i 68% sosen na siedliskach odpowiednio: Bśw, BMśw i BMw zareagowało zmniejszeniem przyrostu wysokości w pierwszym okresie wegetacyjnym następującym po zimowym spalowaniu, natomiast u 18%, 20% i 30% drzew spadek przesunął się na następny okres wegetacyjny. Zmniejszenia przyrostu wysokości nie zaobserwowano u 12% (Bśw), 14% (BMw) i 14% (BMśw) sosen. Na powierzchni na siedlisku BMw u jednego okazu (2%) odnotowano jednoroczny spadek przyrostu, ale dopiero w drugim okresie wegetacyjnym po wystąpieniu spalowania. U 2 (4%), 5 (10%) i 11 (22%) sosen na BMśw, BMw i Bśw zaobserwowano zmniejszenie się przyrostu wysokości, począwszy od pierwszego sezonu do dwóch lat po spalowaniu, a u 9 (18%), 18 (36%) i 29 (58%) drzewek kolejno na BMw, Bśw i BMśw do trzech lat po uszkodzeniu. U 14 sosen na BMw (28%) zmniejszenie przyrostu wysokości trwało aż cztery lata, począwszy od pierwszego sezonu wegetacyjnego.

Wystąpienie spalowania w istotny sposób różnicowało wielkość cech dendrometrycznych sosen badanych młodników. Na powierzchniach uszkodzonych wszystkie badane cechy wykazały mniejsze wartości. W drzewostanach spalowanych zaobserwowano relatywnie duży spadek przyrostu wysokości spowodowany zahamowaniem wzrostu drzew bezpośrednio po uszkodzeniu przez zwierzynę. Średnie zmniejszenie przyrostu wysokości u drzew uszkodzonych wyniosło od 14 do 23% ostatniego przyrostu wysokości przed spalowaniem. Redukcja przyrostu wysokości występująca u 86,67% spalowanych drzew trwała najczęściej od roku do trzech lat po uszkodzeniu, z tym że u 64% drzew spadek przyrostu nastąpił w pierwszym okresie wegetacyjnym po zimowym spalowaniu, natomiast u 22,67% dopiero w drugim sezonie po wystąpieniu uszkodzenia.

Rola robinii akacjowej w sukcesji roślinności na terenach powyrobiskowych

Joanna Kidawa¹, Damian Chmura², Tadeusz Molenda¹

¹*Katedra Geografii Fizycznej, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec*

²*Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska, Akademia Techniczno-Humanistyczna, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, dchmura@ath.bielsko.pl*

Eksploracja złóż żwirów na terenie kopalń kruszyw mineralnych powoduje powstawanie znacznej ilości odpadów. Zwykle są to drobnoziarniste frakcje mineralne (iły, pyły i piaski), które powstają podczas przesiewania i przemywania

urobku. Odpady te mogą być transportowane w postaci wodnej pulpy na osadniki, które po całkowitym wypełnieniu ulegają osuszeniu i zamknięciu. Drobnoziarnisty materiał zdeponowany na osadniku jest z niego wywiewany i powoduje wzrost zapylenia w okolicy. Rekultywacja tego typu obiektów jest bardzo trudna ze względu na niekorzystne warunki wzrostu roślinności: podłoże pozbawione materii organicznej i pierwiastków biogennych oraz brak wód gruntowych.

Do opracowania tego typu badań wybrano teren kopalni żwiru „Wójcice” (50°27'24,47" N; 17°13'8,6" E), na której nie prowadzono żadnej rekultywacji polegającej na obsadzeniu roślinami terenów wyjętych z eksploatacji. Przeprowadzono badania hydrologiczne zbiorników na terenie kopalni, badania glebowe i botaniczne roślinności porastającej dno osadników oraz stoki szlamów popłuczkowych zbudowanych z piasku.

Zaobserwowano kolonizację robinii akacjowej (*Robinia pseudoacacia*) – gatunku obcego w naszej florze mającej status rośliny inwazyjnej. Robinia pojawia się tam na powierzchni osadników, lecz ustępuje ona krzewom i drzewom z rodzaju *Salix*, natomiast na hałdach piasku z czasem przejmuje rolę dominującą. Można wyróżnić trzy stadia sukcesji: stadium inicjalne z mydlnicą lekarską (*Saponaria officinalis*), stadium pośrednie biogrup z robinią, stadium zarośli oraz końcowe – lasek robiniiowy. Szacunkowy czas na ukształtowanie się tego lasu to około 25 lat (w oparciu o informacje od pracowników kopalni). Największe osobniki robinii miały około 8 m i 47 cm obwodu pnia. W procesie sukcesji bierze udział około 20 gatunków roślin naczyniowych. Na hałdzie z piasku założono 32 poletka (4 m²) po osiem w każdym stadium. Nie stwierdzono zawartości biogenów, takich jak: azot, potas i fosfor na wszystkich poletkach. Występują śladowe ilości materii organicznej. Test Friedmana ($\chi^2=17,25$, $df=3$, $p<0,001$) wykazał istotną różnicę w stracie w prażeniu między stadiami sukcesji; mediany wynoszą od 0,48% w stadium inicjalnym do 0,89% w stadium końcowym. Różnice dotyczą też pH_{KCl} (22,95, $p<0,001$), które w stadium inicjalnym wynosi 4,53, a w zaroślach robiniiowych i w lesie robiniiowym odpowiednio 5,77 i 5,55.

Pomimo że robinia akacjowa jest gatunkiem inwazyjnym, który jest zdolny ograniczać wzrost innych drzew i wpływać na cykle pierwiastków, np. azotu, to może odgrywać pozytywną rolę. Jako roślina z rodziny motylkowatych będąca w symbiozie bakteriami wiążącymi azot atmosferyczny może na terenach zdegradowanych wzbogacać inicjalną glebę w azot, a także stabilizować podłoże poprzez zacienianie, stwarzając warunki dla roślin cienioznośnych i ceniolubnych. Ewentualne wykorzystanie robinii wiąże się jednak z potrzebą monitoringu tego gatunku i przeprowadzenia zabiegów zwalczania w celu kontroli populacji.

Olcha szara (*Alnus incana* (L.) Moench) – udział w kolonizowaniu siedlisk inicjalnych i odnowieniu drzewostanu w olszynach w Karpatach Zachodnich

Dariusz Kozik*, Aldona K. Uziębło

Katedra Ekologii, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Śląski w Katowicach,
ul. Jagiellońska 28, 40-032 Katowice, *dkozik@us.edu.pl

Olcha szara, będąca obiektem niniejszych badań, jest głównym gatunkiem budującym drzewostan w nadrzecznej olszynie karpackiej. Niegdyś fitocenozy tego zespołu obejmowały znaczne powierzchnie w reglu dolnym i wyższych położeniach pogórza, dziś jednak, ze względu na wzmożoną działalność człowieka w dolinach rzecznych (regulacja brzegów doliny rzecznej, eksploatacja żwiru, wycinka drzew, dzikie wysypiska śmieci), dobrze wykształcone fitocenozy *Alnetum incanae* Lüdi 1921, poza obszarami chronionymi, są już znacznie mniej rozpowszechnione. Celem niniejszych badań jest analiza udziału olchy szarej zarówno w kolonizowaniu siedlisk inicjalnych na obszarach popowodziowych, jak i ocena możliwości wymiany pokoleniowej w drzewostanie olchowym w fitocenozach w Karpatach Zachodnich.

Niniejsza praca obejmuje z jednej strony wyniki zamkniętego, 20-letniego cyklu badań na sześciu stałych powierzchniach badawczych w Beskidzie Żywieckim i Gorcach, gdzie analizowano m.in. dynamikę udziału olchy szarej w kolonizowaniu powierzchni inicjalnych powstałych po powodzi w latach 1997 i 2001, z drugiej zaś wstępne wyniki badań udziału olchy w odnowieniu drzewostanu również na sześciu powierzchniach badawczych w fitocenozach olszynki karpackiej (*Alnetum incanae*) o różnych typach runa w Kotlinie Żywieckiej i na Podhalu.

Obserwacje kolonizowania siedlisk popowodziowych prowadzono corocznie od pierwszego roku po powodzi (1997 r. w Beskidzie Żywieckim i 2001 r. w Gorcach), do momentu pełnego odtworzenia pokrywy roślinnej na powierzchniach o wielkości 30–36 m², w kwadratach 20×20 cm. Od momentu odtworzenia drzewostanu obserwacje jego rozwoju odbywały się w cyklach około 5-letnich. Pierwsze obserwacje odnowienia drzewostanu olchowego przeprowadzono w 2017 r. na transektach leśnych o powierzchni 100 m², w których wyznaczono siatkę kwadratów o boku 1 m.

Analiza kartograficzna wyników wykazała, że na powierzchniach niezaburzonych przez czynnik zalewania wezbraną w korycie wodą odtworzenie młodego drzewostanu oraz runa trwało 6 lat, a siewki olchy wykazywały rozproszony typ rozmieszczenia. Młode olchy do warstwy drzewostanu weszły po 15 latach obserwacji. Na powierzchniach sporadycznie zaburzanych przez krótkotrwałe zalewy do warstwy drzewostanu weszły pojedyncze drzewa, a większość siewek nie przetrwała w rozwijającym się runie. Na powierzchniach regularnie i intensywnie zalewanych, nawet przy wysokiej frekwencji siewek, żadna z nich nie osiągnęła stadium juwenilnego.

Wstępne, jednoroczne obserwacje na powierzchniach leśnych wykazały, że siewki i osobniki juwenilne olchy reprezentują dwa typy rozmieszczenia – skupiskowe i rozproszone, niezależnie od typu runa (zróżnicowane gatunkowo lub monotypowe z jednym dominantem), składu granulometrycznego podłoża, zawartości materii organicznej, wysokości nad poziomem morza, wysokości runa, potencjalnej możliwości zalewu, jednak zależnie od obecności i wielkości luk w drzewostanie. W obydwu typach rozmieszczenia młode osobniki charakteryzują się zróżnicowaną wysokością – od siewki około 1,5 cm do osobnika młodocianego około 156 cm wysokości.

Dynamika udziału olchy w odtwarzaniu roślinności leśnej po zaburzeniach powodziowych oraz jej udział w runie na wszystkich powierzchniach niezaburzonych wskazują na brak naturalnych zagrożeń w zachowaniu ciągłości i trwałości fitocenoz olszyny karpackiej na siedliskach nadrzecznych. Jednak wyniki tych badań potwierdzają również, że wyżej położone fitocenozy nadrzecznych lasów łęgowych, wolne od ingerencji człowieka, są lepiej zachowane od tych w niższych partiach gór, gdzie działalność człowieka jest dużo intensywniejsza.

Struktura zbiorowisk grzybów ektomykoryzowych na sadzonkach brzozy, graba i lipy w wybranych polskich szkołkach leśnych

Marta Kujawska, Leszek Karliński, Maria Rudawska, Tomasz Leski*

*Pracownia Badania Związków Symbiotycznych, Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk,
ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik, *mkowalska@man.poznan.pl*

Gatunki domieszkowe drzew leśnych, takie jak brzoza, grab i lipa, odznaczające się szeroką amplitudą ekologiczną, lecz stosunkowo niewielkim znaczeniem ekonomicznym, zyskują w ostatnich latach na znaczeniu jako ważny element wzbogacania różnorodności biologicznej. W porównaniu z monokulturami drzewostany mieszane lepiej znoszą zakłócenia biotyczne i abiotyczne, dlatego uważane są za odporniejsze na zmiany klimatyczne i okresy suszy przewidywane dla Europy. Skala szkód powodowanych przez grzyby chorobotwórcze jest zdecydowanie mniejsza w drzewostanach mieszanych, co ma łagodzący wpływ na występowanie klęsk ekologicznych. Badania potwierdzają, że wysokie zróżnicowanie gatunkowe drzewostanów w ekosystemach leśnych ma pozytywny wpływ na wzrost drzew i produktywność lasów. Od kilku dekad w wielu krajach europejskich drzewostany poddawane są systematycznej przebudowie w kierunku lasów odpowiadających strukturą i składem gatunkowym zajmowanemu typowi siedliska. W Polsce skład gatunkowy lasów jest jedynie w 43% spójny, w 38% częściowo spójny, a w 19% niezgodny z typem siedliskowym lasu. Ocenia się, że obszar 300–500

tys. ha lasów w naszym kraju powinien zostać przebudowany, co stanowi ważne zadanie dla polskiego leśnictwa na najbliższe lata. Znaczenie zwiększenia różnorodności biologicznej w zrównoważonej gospodarce leśnej oraz potencjalne korzyści z rekonstrukcji drzewostanów, a także szereg międzynarodowych działań na rzecz odbudowy zdegradowanych ekosystemów leśnych przyczyniają się istotnie do wzrostu zapotrzebowania w produkcji szkółkarskiej na materiał sadzeniowy gatunków domieszkowych, takich jak: brzoza, grab i lipa. Jak większość drzew leśnych, gatunki te są obligatoryjnie ektomykoryzowe.

Grzyby ektomykoryzowe (EM) odgrywają istotną rolę w pobieraniu wody i soli mineralnych, podnoszą przeżywalność drzew oraz chronią korzenie przed szkodliwymi czynnikami biotycznymi (patogenami) i abiotycznymi (wysoka i niska temperatura, susza, skażenie środowiska). Przyjmuje się, że udatność zakładanych upraw leśnych w znacznym stopniu uzależniona jest od ilościowej i jakościowej struktury mykoryz powstałych w trakcie wzrostu sadzonek w szkółce leśnej.

Celem badań było określenie stopnia kolonizacji ektomykoryzowej oraz struktury zbiorowisk grzybów EM, związanych z sadzonkami brzozy, graba i lipy, produkowanych w gruntowych szkółkach leśnych. Analiza struktury zbiorowisk grzybów EM tych trzech gatunków stanowi zwieńczenie prac prowadzonych przez wiele lat przez Pracownię Badania Związków Symbiotycznych ID PAN, w trakcie których zidentyfikowano w polskich szkółkach leśnych ponad 70 gatunków grzybów EM na sadzonkach sosny, świerka, modrzewia, dębów i buka.

Wyniki przedstawione w niniejszej pracy uzyskano w oparciu o analizę dwuletnich sadzonek brzozy, graba i lipy pobranych jesienią 2017 r. z pięciu miejsc wzdłuż kwatery hodowlanej w pięciu szkółkach leśnych należących do nadleśnictw: Kaczory, Krucz, Podanin, Polanów i Szczecinek. W laboratorium, po oczyszczeniu i wyflukaniu systemu korzeniowego, określony został stopień kolonizacji mykoryzowej. Policzone i zmorfotypowane mykoryzy zostały w dalszej kolejności poddane analizom molekularnym. Metody molekularne oparte na analizie mykoryz są szczególnie przydatne w określeniu zbiorowisk grzybów EM w warunkach szkółek leśnych, gdyż występowanie owocników grzybów mykoryzowych jest tam na ogół sporadyczne.

Na analizowanych sadzonkach brzozy, graba i lipy stwierdzono łącznie 35 taksonów grzybów EM: na sadzonkach brzozy i graba zidentyfikowano po 22 taksony, zaś na sadzonkach lipy 23 taksony grzybów EM. Dwanaście z 35 taksonów było wspólnych dla sadzonek badanych gatunków drzew (m.in. *Geopora cervina*, *Hebeloma cavipes*, *Laccaria tortillis* czy *Peziza ostracoderma*). Stwierdzono, że najobficiej i najczęściej znajdowanymi taksonami były grzyby *Tuber* sp. i *Hebeloma cavipes*, odnotowane w każdej szkółce, na wszystkich trzech badanych gatunkach drzew. Największą liczbę taksonów grzybów EM odnotowano w szkółce w Jastrowiu (20 taksonów), najmniej zaś w szkółkach w Polanowie i Szczecinku (po 14). Największe bogactwo gatunkowe stwierdzono na sadzonkach lipy w szkółce leśnej Podanin (13 taksonów grzybów EM). Wyniki badań pokazują, iż głównym czynnikiem różnicującym bogactwo gatunkowe grzybów EM są warunki szkółki leśnej. Także partner roślinny odgrywa istotną rolę w wyborze taksonów, z którymi nawiązywana jest symbioza. Należy podkreślić, że po raz pierwszy w warunkach szkółkar-

skich został zidentyfikowany rzadki, związany z brzozą gatunek *Leccinum holopus*, ujęty na Czerwonej Liście Roślin i Grzybów Polski w kategorii R.

Badania były finansowane ze środków zadania badawczego (34/GM/2018) służącego rozwojowi młodych naukowców oraz uczestników studiów doktoranckich Instytutu Chemii Bioorganicznej PAN w roku 2017.

Porównanie kierunków migracji wybranych drzew i krzewów na obszarze Polski podczas interglacjału eemskiego i holocenu w oparciu o mapy izopolowe

Mirosława Kupryjanowicz^{1*}, Dorota Nalepka², Irena A. Pidek³,
Zofia Balwierz⁴, Krzysztof Bińka⁵, Magdalena Fiłoc¹,
Wojciech Granoszewski⁶, Piotr Kołaczek⁷, Aleksandra Majecka⁸,
Małgorzata Malkiewicz⁹, Małgorzata Nita¹⁰, Bożena Noryskiewicz¹¹,
Adam Walanus¹², Hanna Winter¹³

¹Zakład Paleobotaniki, Instytut Biologii, Wydział Biologiczno-Chemiczny, Uniwersytet w Białymstoku, ul. Ciołkowskiego 1J, 15-245 Białystok, *m.kupryjanowicz@uwb.edu.pl

²Zakład Paleobotaniki, Instytut Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk, ul. Lubicz 46, 31-512 Kraków

³Zakład Geoeologii i Paleogeografii, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, al. Kraśnicka 2cd, 20-718 Lublin

⁴Katedra Geomorfologii i Paleogeografii, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Uniwersytet Łódzki, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź

⁵Zakład Paleontologii, Instytut Geologii Podstawowej, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa

⁶Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki, ul. Skrzatów 1, 30-962 Kraków

⁷Zakład Biogeografii i Paleoeologii, Instytut Geoeologii i Geoinformacji, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Bogumiła Krygowskiego 10, 61-680 Poznań

⁸Zakład Geologii Klimatycznej, Instytut Geologii Podstawowej, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa

⁹Pracownia Paleobotaniki, Zakład Geologii Stratygraficznej, Instytut Nauk Geologicznych, Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Wrocławski, ul. Cybulskiego 34, 50-205 Wrocław

¹⁰Katedra Geologii Podstawowej, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec

¹¹Pracownia Sedymentologii i Paleoeologii, Katedra Geomorfologii i Paleoeologii Czwartorzędu, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. Lwowska 1, 87-100 Toruń

¹²Katedra Geoinformatyki i Informatyki Stosowanej, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

¹³Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

Kierunki migracji drzew i krzewów o większych wymaganiach termicznych na terytorium Polski podczas interglacjału eemskiego zostały odtworzone w oparciu o mapy izopolowe opracowane na bazie danych palinologicznych ze 187 polskich profili pyłkowych. Stworzone mapy izopolowe jednoznacznie pokazały, że ciepłolubne drzewa, które pierwsze dotarły na obszar naszego kraju (*Quercus*, *Ulmus*, *Fraxinus*), już w starszej części interglacjału eemskiego migrowały ze wschodu lub północnego wschodu. Także *Tilia* i *Alnus*, które przybyły na obszar Polski w środ-

kowej części interglacjału eemskiego, przywędrowały ze wschodu. *Picea*, który kolonizował terytorium Polski dwukrotnie: po raz pierwszy na samym początku interglacjału eemskiego, a następnie w młodszej jego części, również posuwał się ze wschodu i z północnego wschodu. Jedynie *Corylus avellana*, *Carpinus betulus* i *Abies alba* migrowały z innych kierunków – z południa i południowego zachodu.

Przewaga szlaków migracyjnych prowadzących ze wschodu i północnego wschodu bardzo wyraźnie odróżnia interglacjał eemski od holocenu, podczas którego większość drzew i krzewów przywędrowała na terytorium Polski z południa, południowego wschodu i południowego zachodu, a tylko nieliczne, takie jak np. *Ulmus* i *Picea*, także ze wschodu i północnego wschodu. Można wnioskować, że bardzo prawdopodobną przyczyną tej różnicy była lokalizacja warciańskich (przedeemskich) refugium wielu taksonów drzew i krzewów, w tym ciepłolubnych, we wschodniej lub południowo-wschodniej Europie (być może w zachodniej Rosji lub w rejonach Morza Czarnego, Morza Kaspijskiego i doliny Dniepru). Z tych regionów, wraz z zanikiem lądolodu, drzewa te migrowały bezpośrednio do środkowej Europy wzdłuż północnych stoków Karpat lub najpierw migrowały ku północy przez regiony, które znajdowały się poza zasięgiem lądolodu zlodowacenia Warty (saalianu), a dopiero stamtąd wędrowały ku zachodowi na tereny środkowej Europy po ich uwolnieniu spod lądolodu.

Badania były finansowane w różnych częściach przez grant MNiSW nr N N304 352238 oraz zadania badawcze wykonywane w miejscach pracy autorów, zgodnie z afiliacją znajdującą się przy ich nazwiskach.

Wpływ poliamin na żywotność nasiona klonu srebrzystego (*Acer saccharinum* L.)

Katarzyna Kurek, Marcin Michalak, Beata Plitta-Michalak*,
Ewelina Ratajczak

Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik, *beata-plitta@wp.pl

Reaktywne formy tlenu (RFT) pełnią w komórkach roślinnych podwójną funkcję. Ich niskie, kontrolowane przez system antyoksydacyjny stężenia regulują procesy fizjologiczne zachodzące w nasionach, w tym kiełkowanie. Natomiast RFT w wysokich stężeniach inicjują proces starzenia się nasion związany z pojawianiem się uszkodzeń błon komórkowych, białek oraz materiału genetycznego (DNA). Jedną z cząsteczek sygnałnych należących do RFT jest nadtlenek wodoru (H_2O_2). Celem naszych badań było sprawdzenie, czy wybrana, egzogenne podana poliamina (PA) może wpływać na regulację stanu redoks w komórkach nasion poprzez wpływ na poziom H_2O_2 , a w konsekwencji podnosić żywotność nasion poduszanych. Do badań wykorzystano niespoczynkowe nasiona klonu srebrzystego

(*Acer saccharinum*). Nasiona tego gatunku należą do kategorii *recalcitrant* i cechują się wrażliwością na utratę wody i spadkiem żywotności po podsuszeniu. Badano wpływ PA na żywotność nasion świeżych (wilgotność 50%) oraz podsuszanych (45% i 20%), a także nasion przechowywanych przez pół roku. Pod wpływem wybranej PA nasiona *A. saccharinum* wykazywały wyższą żywotność w czasie poduszania i przechowywania aniżeli nasiona kontrolne. W nasionach moczonych w PA odnotowano także wyższą aktywność enzymów antyoksydacyjnych, takich jak katalaza i peroksydaza gwajakolowa. Natomiast poziom H_2O_2 był wyższy w nasionach poddanych działaniu PA niż w nasionach kontrolnych. Ponieważ zaobserwowano niższy poziom wypływu elektrolitów oraz malondialdehydu (MDA), będących wskaźnikami uszkodzeń oksydacyjnych błon komórkowych, oznacza to, że poziom H_2O_2 nie przekroczył wartości krytycznej wpływającej negatywnie na żywotność nasion, ale poprawiał ich kiełkowanie. PA prawdopodobnie przyczyniła się do stabilizacji błon komórkowych.

Poliaminy są związkami o wysokiej aktywności biologicznej. Wykazano, że mogą one podnosić żywotność nasion i stopień ich kiełkowania. Jest to wynik ich aktywności antyoksydacyjnej oraz prawdopodobnej interakcji z innymi elementami utrzymującymi w komórce stan równowagi redoks, a także oddziaływania z białkami komórkowymi.

Rośliny drzewiaste zabytkowego cmentarza żydowskiego w Częstochowie

Kacper Lechowicz*, Dorota Wrońska-Pilarek**

Katedra Botaniki Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 71D, 60-625 Poznań, *kacper.lechowicz@up.poznan.pl, **pilarekd@up.poznan.pl

W Polsce istnieją 1172 żydowskie nekropolie zwane kirkutami, z czego 247 wpisano do rejestru zabytków. W województwie śląskim istnieje 65 cmentarzy żydowskich, z których 14 podlega ochronie. Zabytkowy cmentarz żydowski w Częstochowie został założony w 1799 r. i jest jednym z największych kirkutów w Polsce. Na jego obszarze zinventaryzowano 1137 drzew, 151 krzewów oraz 836 okazów pnączy – bluszczu pospolitego (*Hedera helix*). Rośliny te reprezentują 17 gatunków z 14 rodzin. Wśród drzew dominują: robinia akacjowa (*Robinia pseudoacacia*), klon pospolity (*Acer platanoides*) i brzoza brodawkowata (*Betula pendula*). W warstwie krzewów najliczniej występuje bez czarny (*Sambucus nigra*). Na terenie badanego obiektu rosną głównie młode drzewa o obwodzie od 30 do 120 cm i wysokości od 16 do 25 m, których stan zdrowotny jest w większości bardzo dobry lub dobry. Spośród 18 najokazalszych drzew 3 wytypowano do ochrony w formie pomników przyrody. Wśród 2000 zinventaryzowanych w 1997 r. nagrobków obecnie odnaleziono zaledwie 24 dobrze zachowane macewy z motywami

mi roślinnymi. Dendroflora cmentarza jest zaniedbana i pilnie wymaga wykonania specjalistycznych zabiegów pielęgnacyjnych, gdyż w obecnym stanie zagraża zarówno licznie odwiedzającym obiekt ludziom, jak i cennym macewom.

Wykorzystanie markerów mitochondrialnego DNA w analizie struktury i historii populacji sosny błotnej (*Pinus uliginosa* G.E. Neumann)

Bartosz Łabiszak^{1*}, Julia Zaborowska¹, Witold Wachowiak^{1,2}

¹Pracownia Biologii Ewolucyjnej, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Umultowska 89, 61-614 Poznań, *bartosz.labiszak@amu.edu.pl

²Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik

Sosna błotna (*Pinus uliginosa*) jest najbardziej intrygującym spośród czterech rodzimych gatunków sosen w Polsce. Pozycja taksonomiczna tego gatunku nadal jest przedmiotem dyskusji ze względu na znaczne podobieństwo cech morfologicznych i biochemicznych do innych taksonów z kompleksu *Pinus mugo*, przy czym dotychczasowe dane genetyczne wskazują na jej bliskie pokrewieństwo z sosną zwyczajną (*Pinus sylvestris*). Aktualnie jej zasięg ograniczony jest do kilku izolowanych stanowisk w Polsce, Niemczech i na Ukrainie. Postępujące wraz ze zmianami klimatycznymi osuszanie torfowisk wysokich, będących naturalnym siedliskiem tego gatunku, stwarza poważne ryzyko jego wyginięcia. Poznanie struktury genetycznej populacji tej sosny i procesów historycznych ją kształtujących ma szczególnie istotne znaczenie w kontekście opracowania skutecznych strategii ochrony tego gatunku. Celem naszych badań było opracowanie nowych markerów mitochondrialnego DNA i zastosowanie ich do zbadania zmienności genetycznej w kilku populacjach *P. uliginosa*. Dodatkowo w badaniach wykorzystano populacje innych spokrewnionych z nią gatunków sosen do określenia relacji genetycznych pomiędzy taksonami z kompleksu *P. mugo*. Nasze dane sugerują istnienie odrębnych linii mitochondrialnych u *P. uliginosa* oraz znaczną odrębność badanych populacji. Wyniki badań stanowią wstęp do analiz genetycznych pozwalających na lepsze zrozumienie historii tego rzadkiego i zagrożonego wyginieciem gatunku.

Problem inwazyjności robinii białej (*Robinia pseudoacacia*) w układach krajobrazów komponowanych Krakowa

Katarzyna Łakomy, Wojciech Bobek*

*Zakład Sztuki Ogrodowej i Terenów Zielonych, Instytut Architektury Krajobrazu, Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, *klakomy@pk.edu.pl*

Robinia akacjowa (*Robinia pseudoacacia*) jest gatunkiem szeroko rozpowszechnionym na terenie całej Polski, zwłaszcza miast oraz obiektów kulturowych krajobrazu komponowanego. Stanowi cenny element krajobrazu miast, była i jest stosowana w wielu miejscach ze względu na swoje niskie wymagania glebowe i jednocześnie dużą odporność na antropopresję. Jednocześnie w wielu miejscach występuje problem inwazyjności robinii, szczególnie groźnej w sąsiedztwie terenów otwartych, nieużytków i odłogów. Problem ten nasila się wskutek zaniedbań, błędnej pielęgnacji oraz źle prowadzonych prac wycinkowych. Pojawiające się często w takich przypadkach zarosła stanowią szczególne zagrożenie dla zbiorowisk o mniejszej odporności. Szczególnie zagrożone mogą być murawy ksero-termiczne.

Problem utrzymania cennego gatunku dla krajobrazu kulturowego widoczny jest w szczególności w krajobrazach pomilitarnych, pofortecznych, gdzie robinia stanowiła ważny gatunek zadrzewień maskujących w bezpośrednim sąsiedztwie obiektów oraz w rejonach dróg rokadowych łączących w system poszczególne elementy układu obronnego. Jest to wyraźnie zauważalne zwłaszcza w budowanych w XIX w. przez Austriaków zespołach historyczno-krajobrazowych Twierdzy Przemysł czy Twierdzy Kraków.

Współcześnie obserwuje się kilka tendencji związanych z utrzymaniem zieleni pofortecznej i nie tylko. Widoczne są nowe nasadzenia gatunku w miejscach do tego predysponowanych lub gdzie ich utrzymanie jest zasadne. Przeciwnym działaniem jest wprowadzanie innych gatunków.

Autorzy wskazują na konieczność rozgraniczenia problemu sukcesji dla różnych form części przestrzeni, a także form czy układów w przestrzeniach miejskich Krakowa, tak aby pod presją ograniczania roślinności inwazyjnej nie dochodziło do niszczenia cennych elementów komponowanego krajobrazu kulturowego. Ponadto proponują mechanizmy postępowania w różnych przypadkach, w zależności od oceny stanu istniejącego, podjętych współczesnych działań projektowych oraz wytycznych dla nowych nasadzeń. Wytyczne te odnoszą się będą zarówno do aspektów ekologii, jak estetyki i funkcji.

Wpływ warunków świetlnych na wzrost i rozwój motyla *Yponomeuta padella* na dwóch gatunkach roślin żywicielskich

Adrian Łukowski^{1,2}, Piotr Karolewski¹

¹Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik

²Wydział Leśny, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań, adrian.lukowski@gmail.com

Namietnik *Yponomeuta padella* L. (Lepidoptera, Yponomeutidae) to oligofagiczny motyl, który jest jednym z głównych foliofagów głogu jednoszyjkowego (*Crataegus monogyna* Jacq.) oraz śliwy mirabelki (*Prunus domestica* subsp. *syriaca* var. *cerea* (Borkh.) Janch.). Zaobserwowaliśmy, że kolonizacja larw i tworzenie przez nie oprzędów (tzw. namiotów) następują głównie na roślinach rosnących w warunkach dużego nasłonecznienia, a w ramach pojedynczego drzewa na południowej, silniej oświetlonej części korony. Ponieważ mamy do czynienia z globalnym ociepleniem klimatu i występowaniem okresów ekstremalnie wysokiej temperatury w okresie letnim, postanowiliśmy zbadać wpływ warunków świetlnych wzrostu dwóch roślin żywicielskich (a tym samym temperatury) na tego owada.

Zebraliśmy po dziesięć oprzędów z poczwarkami z miejsc w pełni nasłonecznionych oraz zacienionych koron obydwu gatunków roślin żywicielskich rosnących w Poznaniu na alei wzdłuż ulicy Lechickiej (łącznie 40).

Na podstawie obserwacji terenowych i pomiarów laboratoryjnych z larwami namiotnika ustaliliśmy, że (1) warunki świetlne wzrostu liści rośliny pokarmowej miały istotny wpływ na moment opuszczenia poczwarki przez owada dorosłego. Najwcześniej opuszczały poczwarkę owady, których larwy żerowały na silniej oświetlonej części korony. (2) Istotne interakcje światło $\times$ termin pomiaru oraz gatunek $\times$ termin pomiaru świadczą o zróżnicowanej dynamice opuszczania poczwarek przez owady dorosłe. (3) Warunki świetlne i gatunek rośliny pokarmowej istotnie wpłynęły na stopień opuszczenia poczwarek przez owady dorosłe (przeżywalność). Wyższy odnotowano u owadów zebranych z zacienionych części koron oraz z krzewów śliwy mirabelki, co może świadczyć o mniejszej presji ze strony parazytoidów w środowisku zacienionym. (4) Na masę owadów dorosłych *Y. padella* ma wpływ zarówno gatunek rośliny pokarmowej (owady żerujące na mirabelce miały wyższą masę), jak i warunki świetlne, w jakich wzrastały liście (owady żerujące na oświetlonej części korony miały wyższą masę). Odnotowano również wpływ płci (samice miały wyższą masę) oraz istotne oddziaływanie interakcji płeć $\times$ gatunek $\times$ światło. Na podstawie testu Tukeya stwierdzono, że najwyższą masą charakteryzowały się samice żerujące na oświetlonej części korony śliwy mirabelki.

Wyniki naszych badań pozwalają na stwierdzenie, że warunki dużego nasłonecznienia są korzystniejsze dla wzrostu i rozwoju namiotnika *Y. padella*. Użyte wyniki obserwacji dla tego gatunku motyla są zgodne z naszymi wynikami

dotyczącymi rozwoju innego gatunku namiotnika – monofagicznego namiotnika czeremszaczka *Y. evonymellus*. Pozwala to nam na ogólne stwierdzenie, że dla wzrostu i rozwoju gatunków oligafagicznych z rodzaju *Yponomeuta* znacznie większe znaczenie mają warunki świetlne wzrostu ich roślin pokarmowych aniżeli gatunek tych roślin.

Występowanie gatunków drzew owocowych w ekosystemach leśnych Roztoczańskiego Parku Narodowego

Zbigniew Maciejewski*, Andrzej Tittenbrun, Bogusław Radliński,
Andrzej Wojtyło

Roztoczański Park Narodowy, ul. Plażowa 2, 22-470 Zwierzyniec, *zbigniewmaciejewski@wp.pl

Drzewa owocowe w lasach RPN spełniają ważne funkcje biocenotyczne (dostarczając pokarmu wielu gatunkom zwierząt) i diagnostyczne (stanowią naturalny element niektórych fitocenoz leśnych). Są też często świadectwem burzliwej, wojennej historii regionu, będąc ocalałymi fragmentami zadrzewień dawnych osad leśnych zniszczonych działaniami wojennymi.

Dwukrotnie, w latach 2007/8 i 2012, dokonano pełnej inwentaryzacji drzewostanów RPN w oparciu o 312 kołowych powierzchni próbnych, rozmieszczonych w sieci kwadratów 500×500 m, która pozwoliła m.in. na ocenę częstości oraz preferowanych siedlisk występowania owocowych gatunków drzew.

Jabłoń dzika, płonka, *Malus sylvestris* (L.) Mill. (gatunek wyróżniający (D.) dla podzwiazku *Ulmion minoris*) i grusza pospolita, *Pyrus communis* L. s.l., rosną bardzo nielicznie w lasach Roztoczańskiego Parku Narodowego, łącznie stanowiąc poniżej 0,1% liczby wszystkich drzew. Ich występowanie stwierdzono odpowiednio na 0,3% i 0,6% powierzchni kołowych. Młode pokolenie tych gatunków, również bardzo nieliczne (łącznie 0,1% ilości nalotu i podrostu), stwierdzono na 4,4% powierzchni kołowych. W warunkach RPN gatunki te osiągają niewielkie rozmiary. Jabłoń obficie i regularnie owocuje. Oba gatunki najczęściej spotykane są w zbiorowiskach zastępczych z klas *Querc-Fagetea* i żyzniejszych fragmentach *Vaccinio-Piceetea*. Z uwagi na niewielką ich liczebność nie sposób ustalić terenów częstego ich występowania. Jedynymi obszarami Parku o dużej stałości występowania tych gatunków są zbiorowiska zastępcze uroczyska Maziarki (NE część RPN). W lasach RPN najczęściej rosną one na stokach wzgórz, rzadziej na wierzchołkach, preferując żyzne rędziny i gleby brunatne.

Wiśnia ptasia, trześnia, czereśnia, *Cerasus avium* (L.) Moench, to cenny, biocenotyczny gatunek drzewa w lasach Parku. Występuje w dużym rozproszeniu na całym jego obszarze. Trześnię stwierdzono na 3,5% powierzchni kołowych, jed-

nakże jej ogólny udział w składzie gatunkowym drzewostanów RPN jest znikomy – stanowi zaledwie 0,3% ogólnej liczby drzew. Duże straty gatunek ten poniósł w czasie okiści w kwietniu 1999 r., gdy mokry ciężki śnieg spadł obficie na kwitnące już drzewa, łamiąc je lub przewracając. Młode pokolenie trześni stanowi 0,5% ogólnej ilości nalotu i podrostu, a stwierdzono je aż na 14,4% badanych powierzchni. Trześnia często osiąga w Parku bardzo okazałe rozmiary, jednakże szanse na wejście w skład drzewostanów ma tylko przy dostatecznym dostępie światła, dlatego okazałe jej osobniki spotyka się głównie na skraju lasu.

Z uwagi na wysokie wymagania świetlne w młodości rośnie najczęściej w zbiorowiskach zastępczych z klasy *Querco-Fagetea*, ale także w grądzie subkontynentalnym – *Tilio-Carpinetum* (gatunek charakterystyczny związku *Carpinion betuli*). Ponadto jest ona ważnym składnikiem zarośli tarninowych (*Rubus fruticosi-Prunetum spinosae*, fitocenozy zwanych czyżniami), które płatowo rozwijają się w drzewostanach inicjalnych na gruntach porolnych. Rośnie tam licznie razem z głościem i śliwą tarniną. Można ją znaleźć także w litych oraz wielogatunkowych drzewostanach sosnowych i jodłowych, a stosunkowo najwięcej rośnie jej w drzewostanach dębowych, gdzie współwystępuje z dębem szypułkowym. Najczęściej trześnię notowano na siedliskach Lwyżśw, rzadziej LMwyżśw. W układzie przestrzennym Parku trześnię szczególnie często można spotkać we wspomnianym wyżej uroczysku Maziarki, gdzie rośnie ona na żyznych siedliskach w zbiorowiskach zastępczych, ale także w grądach, a nawet wchodzi w skład litych i wielogatunkowych drzewostanów jodłowych, niedostatkami światła kompensując w tym przypadku najżyźniejszymi w Parku glebami. Obficie rośnie też w inicjalnych drzewostanach na gruntach porolnych, położonych na wzniesieniach: Niedźwiedź i Biała Góra (wschodnia i centralna część obszaru RPN).

Badanie podłoża zaobserwowanych zmian fitopatologicznych drzew z rodzaju jarząb (*Sorbus* L.) znajdujących się na terenie Pienińskiego Parku Narodowego, Tatrzańskiego Parku Narodowego oraz Nadleśnictwa Smolarz

Paweł Mazur

*Katedra Meteorologii i Kształtowania Terenów Zieleni, Wydział Kształtowania Środowiska
i Rolnictwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
ul. Papieża Pawła VI 3A, 71-459 Szczecin, pawel.mazur.zut@gmail.com*

Materiał biologiczny w postaci liści został pobrany za pomocą sekatora do szczelnych woreczków strunowych, a następnie umieszczony w lodówce o stałej tem-

peraturze 8°C. Poboru liści dokonywano zgodnie z zezwoleniem Ministra Środowiska. Próby nie przekraczały 35 liści dla każdego z badanych osobników.

Identyfikację patogenów przeprowadzono na podstawie cech morfologicznych i morfometrycznych grzybów. Z liści z objawami zasiedlenia przez grzyby wycinano fragmenty o wymiarach około 20×20 mm, a następnie cięto żyłką na drobne skrawki. Kawałki te umieszczano na szkiełku podstawowym w kropli kwasu mlekowego, przykrywano szkiełkiem podstawowym i odstawiano na okres kilku dni (3–7). W tym czasie kwas mlekowy powodował rozjaśnienie tkanek rośliny oraz lepsze uwidocznienie struktur grzyba. Następnie prowadzono obserwacje pod mikroskopem świetlnym przy obiektywie o powiększeniu ×40. Dokonywano pomiarów struktur grzyba (długość i szerokość zarodników, wymiary owocników) oraz określano ich zabarwienie. Uzyskane wartości pomiarowe porównywano z wartościami podanymi w opisach gatunków w literaturze. Liście z objawami choroby, na których nie doszło jeszcze do zarodnikowania grzybów, umieszczano w wilgotnych komorach (w szalkach na bibule filtracyjnej zmoczonej wodą destylowaną) i inkubowano przez 24–48 godzin w temperaturze pokojowej. Następnie postępowano jak w przypadku fragmentów z widocznym zarodnikowaniem.

Identyfikację gatunków grzybów przeprowadzono w oparciu o opracowanie Brandenburgera (1985). Badanie pozwoliło na zdiagnozowanie przyczyny występowania zmian chorobowych na pobranym materiale biologicznym.

Liczba osobników	Żywiciel	Grzyby
20	<i>Sorbus aucuparia</i> (odmiana górską)	<i>Cladosporium</i> sp., <i>Fusicladium pomi</i>
14	<i>S. aria</i>	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Phyllosticta leucospila</i> , <i>Fusicladium pomi</i>
3	<i>S. graeca</i>	<i>Cladosporium</i> sp., <i>Fusicladium pomi</i>
8	<i>S. chamaemespilus</i>	<i>Fusicladium pomi</i> , <i>Cladosporium</i> sp.
15	<i>S. torminalis</i>	<i>Phyllosticta aucupariae</i> , <i>Coniothyrium olivaceum</i> , <i>Fusicladium pomi</i>
20	<i>S. intermedia</i>	<i>Coniothyrium olivaceum</i> , <i>Phyllosticta leucospila</i> , <i>Fusicladium pomi</i>

Wpływ gatunku i warunków świetlnych na zawartość makro- i mikroelementów w liściach krzewów o różnej podatności na foliofagi

Ewa Mąderek^{1*}, Adrian Łukowski^{1,2}, Marian J. Giertych¹, Piotr Karolewski¹

¹*Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,*

**emaderek@man.poznan.pl*

²*Wydział Leśny, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań*

Zarówno gatunek, jak i warunki świetlne wzrostu roślin determinują ich odporność na żerowanie owadów roślinożernych. Oprócz metabolitów wtórnych w mechanizmie obronnym roślin przed foliofagami ważną rolę pełnią także makro- i mikroelementy. Są one niezbędne roślinom do wzrostu oraz do ochrony przed biotycznymi i abiotycznymi czynnikami stresowymi. Pierwiastki te mogą również oddziaływać bezpośrednio na foliofagi, wpływając na ich wzrost i rozwój.

U większości gatunków liście krzewów rosnących w warunkach pełnego nasłonecznienia są odporniejsze na żerowanie owadów niż rosnących w cieniu. Stopień perforacji (ubytku blaszki liściowej) powodowanej przez foliofagi jest różny. Na przykład u czeremchy zwyczajnej i amerykańskiej jest on większy na krzewach rosnących w cieniu niż przy pełnym nasłonecznieniu. Natomiast w przypadku leszczyny jest odwrotnie: liście typu słonecznego są w znacznie większym stopniu zgryzane przez owady niż liście typu cienistego. Nie można tego zjawiska jednoznacznie wytłumaczyć zróżnicowaniem na poziomie związków obronnych. Dlatego też postanowiliśmy stwierdzić, na ile gatunki tych krzewów charakteryzują się różnym składem pierwiastków w liściach.

Określiliśmy wpływ warunków świetlnych wzrostu 5-letnich sadzonek czeremchy zwyczajnej i amerykańskiej oraz leszczyny na zawartość makro- i mikroelementów w liściach sadzonek rosnących w warunkach kontrolowanych przy pełnym oświetleniu słonecznym (100%) oraz świetle zredukowanym do 15%.

Pomiar zawartości makroelementów: magnezu, fosforu, potasu i wapnia (Mg, P, K, Ca) oraz mikroelementów: boru, manganu, miedzi, cynku, glinu, żelaza, rubidu, strontu oraz baru (B, Mn, Cu, Zn, Al, Fe, Rb, Sr, Ba) w liściach wysuszonych w 65°C przeprowadzono przy użyciu spektrometru mas z indukcyjnie sprzężoną plazmą i analizatorem czasu przelotu jonów (ICP-TOF-MS) firmy GBC. Zawartość azotu określono przy użyciu analizatora elementarnego CHNS firmy Perkin Elmer.

Stwierdziliśmy, że: (1) liście czeremchy zwyczajnej zawierały istotnie więcej makroelementów: magnezu, fosforu, potasu i wapnia niż liście czeremchy amerykańskiej, (2) również zawartość mikroelementów, takich jak: mangan, żelazo, miedź, cynk, glin, rubid, stront i bar, była na wyższym poziomie u czeremchy zwyczajnej. (3) Istotny był wpływ oświetlenia na zawartość azotu i potasu oraz badanych mikroelementów: manganu, żelaza, cynku, glinu, rubidu oraz baru. Większą zawartością tych pierwiastków charakteryzowały się liście sadzonek cze-

remch rosnących w zacieleniu. (4) Istotny wpływ gatunku i warunków świetlnych stwierdzono dla fosforu. Jego najniższy poziom był w liściach czeremchy amerykańskiej rosnącej w pełnym nasłonecznieniu. Natomiast najwyższą zawartością tego pierwiastka charakteryzowały się liście czeremchy zwyczajnej rosnącej w nasłonecznionych miejscach. (5) U leszczyny wyższą zawartością wapnia oraz strontu i baru cechowały się liście sadzonek rosnących w zacieleniu.

Różnice w zawartości makro- i mikroelementów w liściach pomiędzy różnymi gatunkami krzewów oraz warunkami świetlnymi ich wzrostu tylko w niewielkim zakresie tłumaczą wcześniej stwierdzone przez nas różnice w stopniu zgryzania przez foliofagi liści badanych trzech gatunków krzewów. Znany jest fakt dodatniej korelacji zawartości wapnia z wiekiem i starzeniem się liści. Wyższa zawartość wapnia powinna więc czynić je mniej atrakcyjnymi dla foliofagów. Jednakże różnice w zawartości wapnia nie tłumaczą większej odporności czeremchy amerykańskiej niż zwyczajnej oraz silniejszego zgryzania liści krzewów rosnących w cieniu niż w warunkach nasłonecznienia u obydwu gatunków czeremch. Natomiast niższa zawartość wapnia, a także pokrewnych pierwiastków (Ba i Sr), w liściach typu słonecznego leszczyny może w pewnym stopniu tłumaczyć obserwowaną przez nas większą ich podatność na zgryzanie przez owady roślinożerne niż liści typu cienistego u tego gatunku.

Wpływ niskiej temperatury wczesną wiosną na uszkodzenia pędów historycznych róż pnących w warunkach klimatycznych Polski Centralnej

Marta J. Monder

*Polska Akademia Nauk Ogród Botaniczny – Centrum Zachowania Różnorodności Biologicznej
w Powsinie, ul. Prawdziwka 2, 02-973 Warszawa, m.monder@obpan.pl*

Odmiany róż wykazują zwykle niezupełną tolerancję na warunki zimowe, a uszkodzenia mrozowe mają negatywny wpływ na ich wzrost i kwitnienie. Celem badań była obserwacja wrażliwości pędów i pąków odmian róż pnących kwitnących raz w roku na pędach ubiegłorocznych na ujemną temperaturę na przedwiośniu i wiosną po łagodnej zimie. Wyniki te stanowią część wieloletnich badań.

W ostatnich latach obserwuje się nietypowy przebieg warunków pogodowych charakteryzujący się m.in. wysoką średnią temperaturą dobową w grudniu i na początku stycznia, po których następuje jej znaczny spadek. W 2018 r. spadek ten odnotowano w końcu lutego (ryc. 1). W lutym najwyższa maksymalna temperatura wynosiła 6,2°C (13.02), a najniższa minimalna –17,5°C (27.02); analogicznie w marcu: 18,3°C (11.03) i –16,9°C (2.03). Taki cykl temperatury sugeruje zaburzenie procesu hartowania i obniżenie odporności na mróz u roślin, pro-

wadzące do możliwości uszkodzenia tkanek przez ujemną temperaturę zarówno jeszcze w okresie zimy, jak i na przedwiośniu. Rozhartowane rośliny są wrażliwe nawet na niewielkie spadki poniżej 0°C.

Do obserwacji w roku 2018 wybrano 27 historycznych odmian róż pnących w PAN Ogrodzie Botanicznym – Centrum Zachowania Różnorodności Biologicznej w Powsinie. Były to pochodzące od *Rosa wichuraiana* Crép.: ‘Alberic Barbier’, ‘Albertine’, ‘American Pillar’, ‘Dr Robert Huey’, ‘Excelsa’, ‘Gerbe Rose’, ‘Maria Lisa’ i ‘New Dawn’; *R. multiflora* Thunb.: ‘Bleu Magenta’, ‘Rose Mary Viaud’, ‘Turner’s Crimson Rambler’, ‘Wartburg’ i ‘Veilchenblau’, a także inne: ‘Belle de Baltimore’, ‘Kew Rambler’, ‘Paul’s Himalayan Musk’, ‘Polstjårnan’, ‘Raubritter’, ‘Lykkefund’, ‘Semiplena’, ‘Chaplin’s Pink Climber’, ‘Duc de Constantin’, ‘Venusta Pendula’, ‘Mme Plantier’, ‘Orange Triumph clg’, ‘Paul’s Scarlet Climber’ i ‘Zéphirine Drouhin’.

Przeprowadzono ocenę przemarzania pędów i pąków (I) w warunkach terenowych (a) i laboratoryjnych (b) oraz krzewów (II).

I. Zimą, przed zapowiadanyimi mrozami (19.02) i po nich (8.03), cięto jedno-pąkowe odcinki pędów ubiegłorocznych z ich środkowej części. Tkanki pędu i pąka oceniano pod mikroskopem stereoskopowym pod kątem uszkodzeń mrozowych według przyjętej skali uszkodzeń dla pędów i pąków od 1 (nieuszkodzone) do 5 (martwe). Oceniono:

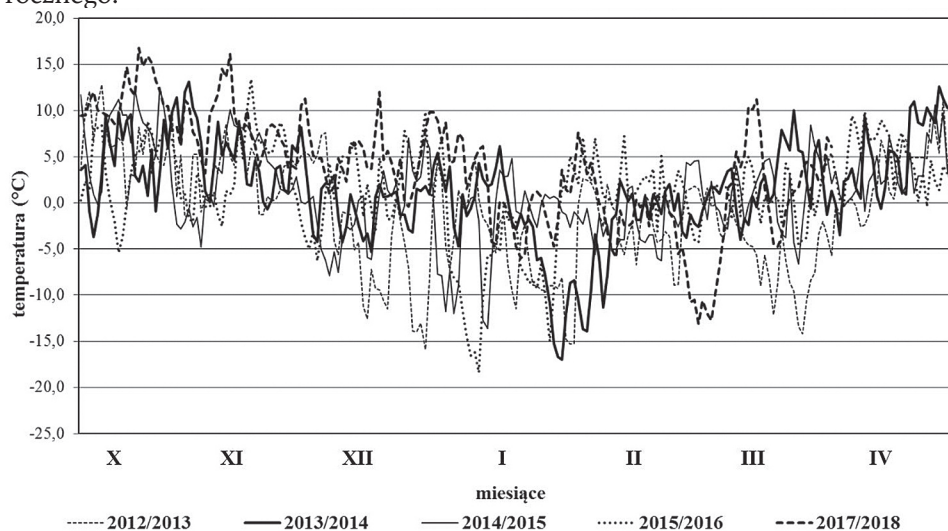
- odcinki pędów zebrane 19.02 i 8.03 w terenie,
- odcinki pędów zebrane 19.02 w terenie i umieszczone w chłodziarce laboratoryjnej w temperaturze 0, –4, –10, –15 i –19°C na 7 dni.

II. Wiosną krzewy w gruncie oceniono pod względem przemarznięcia krzewów w 10-stopniowej skali, odnotowano datę początku rozwoju pąków na długopędach jednorocznych (50%) i datę rozwoju pierwszych liści (50%). Stwierdzono również obecność pąków podejmujących wzrost w dniu 19.02.2018 r.

Pędy i pąki przed umieszczeniem w niskiej temperaturze (19.02) nie wykazywały oznak uszkodzenia tkanek (1,0) lub były one minimalne. Spośród 27 odmian u 20 w tym terminie pąki podjęły już wzrost w różnym stopniu zaawansowania (pękanie pąków, rozwój pierwszych liści). Pędy zebrane 8.03 wykazywały różny stopień uszkodzenia tkanek (1,2–5,0), z wyjątkiem ‘Dr Robert Huey’ i ‘Wartburg’ (1,0). Podobnie pąki, przy czym tylko u ‘Albéric Barbier’ były martwe (5,0), natomiast nie uległy przemarznięciu (1,0) u: ‘American Pillar’, ‘Dr Robert Huey’, ‘Lykkefund’, ‘Paul’s Himalayan Musk’, ‘Polstjårnan’, ‘Raubritter’ i ‘Semiplena’.

W obserwacjach na materiale roślinnym umieszczanym w temperaturze ujemnej, do odmian najwrażliwszych, u których martwe były tkanki pędu (5,0) po potraktowaniu ich działaniem temperatury –15°C, należy ‘Albertine’, a –19°C: ‘Albéric Barbier’, ‘Chaplin’s Pink Climber’, ‘Duc de Constantin’, ‘Gerbe Rose’, ‘New Dawn’, ‘Orange Triumph clg’, ‘Semiplena’, ‘Veilchenblau’ i ‘Zéphirine Drouhin’. Brak lub niewielkie uszkodzenia pędów (1,0–1,8) przy –15 i –19°C odnotowano dla ‘Polstjårnan’, ‘Rose Mary Viaud’, ‘Wartburg’ i ‘Venusta Pendula’. W przypadku pąków średnią świadcząca o całkowitym przemarznięciu pąków (5,0) odnotowano przy –15°C dla ‘Albertine’ oraz przy –19°C dla ‘Chaplin’s Pink Climber’, ‘Duc de Constantin’, ‘Orange Triumph clg’ i ‘Zéphirine Drouhin’.

Wiosenne obserwacje krzewów wykazały wczesny rozwój pąków, u poszczególnych odmian rozpoczynający się 11.03, i pierwszych liści – 30.03. Udział przemarzniętych pędów wynosił przeważnie od 0 do 30%, a u ‘Albéric Barbier’ i ‘Albertine’ – 50%. Uszkodzony przez mróz był przeważnie szczyt pędu jednorocznego.



Ryc. 1. Średnia temperatura dobowa w PAN Ogrodzie Botanicznym CZRB w Powsinie w miesiącach od października do kwietnia 2013–2017 i do marca 2018 r.

Wpływ sideroforów na morfologię kompartmentów komórkowych i poziom pierwiastków w komórkach korzeni sosny zwyczajnej

Joanna Mucha^{1*}, Elżbieta Gabała², Marcin Zadworny¹

¹Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,
*jmucha@man.poznan.pl

²Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Węgorka 20, 60-318 Poznań

Zmiany poziomu pierwiastków w komórkach rośliny, w szczególności zaś żelaza, są jednym z mechanizmów decydujących o charakterze interakcji między grzybem a rośliną. W warunkach naturalnych rośliny współwystępują z mikroorganizmami, które mogą wywierać na nie korzystny lub szkodliwy wpływ. Mikroorganizmy, wydzielając do środowiska związki chemiczne chelatujące jony żelaza, tzw. siderofory, ograniczają dostępność tego kluczowego dla wzrostu roślin pierwiastka. Zmniejszenie puli żelaza modyfikuje dynamikę i przebieg procesów fizjologicz-

nych roślin, zwiększając ich podatność na zakażenie. Wiele prac podejmuje temat roli żelaza w procesie infekcji, niewiele jednak bierze jednocześnie pod uwagę anatomiczne i funkcjonalne zróżnicowanie komórek i tkanek rośliny, które ma istotny wpływ na przebieg interakcji pomiędzy rośliną a grzybem mykoryzowym lub chorobotwórczym. W światowym piśmiennictwie dotkliwie brakuje informacji, czy i w jaki sposób siderofory oddziałują na poziom pierwiastków w komórkach rośliny oraz na morfologię organelli komórkowych. Dlatego też celem podjętych przez nas badań było określenie wpływu wybranych sideroforów występujących w dwóch formach: ze schelatowanym żelazem oraz bez związanego żelaza na: (1) subkomórkową i tkankową lokalizację żelaza, (2) morfologię struktur komórkowych, ze szczególnym uwzględnieniem jądra komórkowego i mitochondriów oraz (3) poziom żelaza w komórce. Testowaliśmy następującą hipotezę badawczą: czy ograniczenie przez siderofory dostępności żelaza w podłożu modyfikuje ultrastrukturę komórki i poziom lokalizowanego w niej żelaza, czy też zmiany w komórce zależą od samej struktury sideroforów. W naszych badaniach skupiliśmy się na kluczowym dla przebiegu procesu chorobowego preinfekcyjnym etapie oddziaływań grzyb – roślina, poprzedzającym nawiązanie bezpośredniego kontaktu między organizmami. Do badań wybraliśmy grzyby o różnej strategii troficznej oraz siewki sosny zwyczajnej. Wykorzystaliśmy technikę transmisyjnej mikroskopii elektronowej (TEM), sprzężonej z mikroanalizą rentgenowską (EDS). W doświadczeniu zastosowaliśmy trzy siderofory: żelazoksaminę (FO), triacetylfusaryninę C (TAFC) i żelazokrocybę (FCR), należące odpowiednio do trzech strukturalnie różnych rodzin: ferrichromów, fusarinin oraz koprogenów.

TAFC (bez względu na formę: związaną żelazem lub bez niego) powodował słabsze (w porównaniu z kontrolą) wykształcenie grzebieni mitochondrialnych oraz odkładanie skrobi w plastydach. Słabiej wykształcone grzebienie mitochondrialne obserwowano również po zastosowaniu pozbawionej żelaza FO. Z kolei zastosowanie związanych z żelazem FCR i FO nie powodowało zmian strukturalnych ani w mitochondriach, ani w plastydach. Nie zaobserwowano również wpływu żadnego z zastosowanych związków na morfologię jądra komórkowego. Odnotowano natomiast wpływ obecności żelaza w sideroforach na zwiększenie puli elektronowo gęstego materiału w wakuolach. Obecność elektronowo gęstych depozytów w ścianie komórkowej nie była z kolei związana z żadnym wzorem; obserwowano je po zastosowaniu zarówno pozbawionego żelaza TAFC, jak i FO i FCR związanych z jonami żelaza.

Zastosowanie FCR i TAFC pozbawionych żelaza prowadziło do wzrostu zawartości żelaza w porównaniu z kontrolą we wszystkich analizowanych kompartmentach komórkowych, tj. w ścianie komórkowej, mitochondriach, plastydach, cytoplazmie z wyjątkiem jądra komórkowego. Związanie z żelazem form FCR i TAFC korespondowało ze zmniejszeniem intensywności sygnału dla żelaza w cytoplazmie i ścianie komórkowej. Bez względu na rodzaj zastosowanych sideroforów poziom pozostałych pierwiastków obecnych w ścianach komórkowych wzrastał wraz ze wzrostem poziomu żelaza, natomiast zależność pomiędzy poziomem żelaza i innych pierwiastków w cytoplazmie zależała od rodzaju zastosowanego sideroforu.

Badania finansowane były ze środków Narodowego Centrum Nauki – projekt nr 2013/09/B/NZ9/01746 oraz Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk.

Wpływ nawożenia na osobniki męskie i żeńskie cisa pospolitego i jałowca pospolitego

Kinga Nowak^{1*}, Emilia Pers-Kamczyc¹, Grzegorz Iszkuło^{1,2}

¹Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,
knd@man.poznan.pl

²Wydział Nauk Biologicznych, Uniwersytet Zielonogórski, ul. Prof. Z. Szafrana 1,
65-516 Zielona Góra

W przypadku gatunków dwupiennych uważa się, że osobniki żeńskie ponoszą większy wysiłek reprodukcyjny związany z produkcją nasion i struktur im towarzyszących. Osobniki męskie ponoszą mniejsze nakłady reprodukcyjne, mogą zatem wykazywać większą alokację zasobów w kierunku organów wegetatywnych i odznaczać się szybszym wzrostem i większymi rozmiarami. Często różnice płciowe obserwowane są w warunkach stresowych, co może wskazywać na większą wrażliwość osobników żeńskich na gorsze warunki siedliskowe. Wskazuje się na obecność różnego typu mechanizmów rekompensujących zwiększone wydatki na reprodukcję, które mogą być związane zarówno ze zwiększaniem możliwości pobierania, jak i wydajniejszym sposobem wykorzystywania dostępnych zasobów przez obie płcie. Nie wiadomo jednak, czy różnice we wzroście i występowanie mechanizmów rekompensujących są konsekwencją nakładów ponoszonych na reprodukcję u osobników dojrzałych, czy też występują już u roślin młodocianych jako przystosowanie do przyszłych funkcji.

Chcąc poznać różnice we wzroście między osobnikami obu płci, założono doświadczenie wazonowe, w którym obserwowano wzrost osobników męskich i żeńskich dwóch gatunków dwupiennych: cisa pospolitego i jałowca pospolitego. W tym celu wysadzono osobniki pochodzące z ukorzenionych, dwuletnich sadzonek pędowych pobieranych z roślin matecznych (dziesięć egzemplarzy z każdej płci). W doświadczeniu zastosowano wariant kontrolny (bez nawożenia) i wariant z nawożeniem (nawozem wieloskładnikowym w dawce zalecanej przez producenta). Przez dwa lata cztery razy w ciągu roku pobierano całe rośliny, następnie określano ich masę całkowitą oraz masę poszczególnych części: korzeni, pędów i igieł. Zmierzono również długość i powierzchnię igieł. W pierwszych dwóch terminach pobrano rośliny bez determinantów płciowych, a w następnych rośliny kwitnące i obradzające.

Osobniki żeńskie cisa w wariantcie z nawożeniem charakteryzowały się statystycznie istotnie większą suchą masą w porównaniu z osobnikami męskimi, jednakże różnice te nie były obserwowane w wariantcie kontrolnym. W odróżnieniu od cisa pospolitego nie wykazano wpływu płci na suchą masę roślin w obu

wariantach u jałowca pospolitego. U obu gatunków powierzchnia liści osobników żeńskich była większa niż osobników męskich.

Różnice w morfologii liści u cisa pospolitego mogą wskazywać na istnienie mechanizmu rekompensującego i zwiększającego intensywność fotosyntezy roślin żeńskich. Różnice pomiędzy osobnikami męskimi i żeńskimi w morfologii igieł obu gatunków widoczne były przez cały okres prowadzonych obserwacji. Zatem można przypuszczać, że cechy te nie są efektem różnych nakładów na reprodukcję u obu płci, ale przystosowaniem do pełnionych funkcji. Większa masa osobników żeńskich cisa w warunkach zasobniejszych może być efektem tego przystosowania: w warunkach początkowego niewielkiego wysiłku reprodukcyjnego to osobniki żeńskie osiągają większe rozmiary. Brak takich różnic w suchej masie u jałowca wskazuje, że gatunki te mogą wykazywać różne strategie w gospodarowaniu zasobami przez płcie.

Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki z funduszy projektu przyznanego na podstawie decyzji numer DEC-2012/07/B/NZ9/01314 oraz z działalności statutowej Pracowni Systematyki i Geografii Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk.

Predykcja zmian optimum klimatycznego dla orzecha włoskiego (*Juglans regia* L.) w warunkach zmieniającego się klimatu

Sonia Paż¹, Marcin K. Dyderski^{2,3}, Andrzej M. Jagodziński^{2,3}

¹Sekcja Botaniczna Koła Leśników, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 85,
60-625 Poznań, soniapaz@onet.pl

²Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik

³Katedra Łowiectwa i Ochrony Lasu, Wydział Leśny, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Wojska Polskiego 71D, 60-625 Poznań

Inwazje biologiczne stanowią jedno z najpoważniejszych zagrożeń dla stanu różnorodności biologicznej. Zmiany klimatyczne w znaczący sposób mogą przyczynić się do pogłębienia ich negatywnych skutków. Przykładem gatunku o znacznym potencjale inwazyjnym i charakteryzującego się szerokim rozpowszechnieniem na terenie Europy jest pochodzący z południowej Europy orzech włoski (*Juglans regia*). Zarówno drewno cechujące się atrakcyjnym rysunkiem i dużą wytrzymałością, jak i liczne możliwości wykorzystania nasion spowodowały, że orzech był rozprzestrzeniany na terenie całej Europy już od średniowiecza.

Chociaż orzech włoski był obecny w wielu krajach Europy poza swoim naturalnym zasięgiem występowania już od wieków, dopiero od ostatnich dekad XX w. zaobserwowano jego coraz intensywniejsze rozprzestrzenianie się. Może to być związane z charakterystyczną dla organizmów tak długowiecznych jak

drzewa stosunkowo długą fazą zadomowienia. Obecnie, ze względu na inwazyjność orzecha, dostrzega się potencjalne niebezpieczeństwa dla rodzimej przyrody, które gatunek ten może powodować nie tylko w skali lokalnej, ale również regionalnej. Wynikają one głównie z jego działania allelopatycznego ograniczającego wzrost gatunkom rodzimym, ingerowania w istniejące sieci troficzne oraz możliwości bardzo szybkiej ekspansji na drodze zoochorii. Z tego względu szczególnie ważne i interesujące pod względem możliwości wykorzystania gospodarczego i ochrony przyrody są analizy dotyczące rozmieszczenia tego gatunku na terenie Europy w przyszłości w warunkach zmieniającego się klimatu. Celem badań było (1) opracowanie modelu rozmieszczenia orzecha włoskiego w Europie w oparciu o dane klimatyczne, (2) zastosowanie go do przewidywanych scenariuszy zmian klimatu oraz (3) porównanie wyników uzyskanych na podstawie trzech różnych modeli cyrkulacyjnych (ang. *Global Circulation Models*).

Dane na temat występowania gatunku pozyskaliśmy z bazy danych GBIF (Global Biodiversity Information Facility) oraz uzupełniliśmy danymi literaturowymi z obszaru Polski. Wykorzystaliśmy model MaxEnt z pakietu „dismo” w programie R. Zmiennymi objaśniającymi było 19 parametrów bioklimatycznych z bazy danych World Clim, opisujących zmienność temperatury oraz opadów. Na podstawie modelu przygotowano prognozy dla trzech scenariuszy (optymistycznego, umiarkowanego i pesymistycznego) zmian klimatycznych, podawanych przez trzy GCM: HadGEM2.ES, IPSL.CM5A.LR oraz MPI.SM.LR.

Prognozy rozmieszczenia orzecha włoskiego na lata 2061–2080 sugerują, że może on znacznie przesunąć swój zasięg występowania w kierunku północnym. W konsekwencji obszary, na których orzech występuje naturalnie, znajdą się poza optimum klimatycznym tego gatunku. Uwzględniając długowieczność drzew, można przypuszczać, że pięćdziesiąt lat okaże się okresem niewystarczającym do ich adaptacji do prognozowanych gwałtownych zmian klimatycznych, co z kolei może spowodować znaczne osłabienie istniejących populacji, a w konsekwencji również zwiększenie podatności na działanie czynników szkodliwych. Z drugiej strony, obszary obecnie kolonizowane (w tym teren Polski) w warunkach scenariusza optymistycznego i umiarkowanego będą pod tym względem stanowić dla orzecha miejsce szczególnie korzystne do wzrostu i rozwoju, co może przyczynić się do eskalacji aktualnie obserwowanego trendu dotyczącego dynamicznej ekspansji gatunku. Wykazane ryzyko powinno zostać wzięte pod uwagę przy planowaniu działań ochronnych, szczególnie w miejscach cennych przyrodniczo.

Porównanie wykorzystania trzech różnych modeli cyrkulacyjnych (GCM) wskazuje na znaczny wpływ użytego modelu na uzyskane wyniki dotyczące procentowego udziału stanowisk, które pozostaną w ciągu nadchodzącego półwiecza w optimum ekofizjologicznym gatunku. Wykazane ogólne trendy dotyczące zmian zasięgu orzecha nie różnią się jednak pomiędzy analizowanymi modelami z wyjątkiem scenariusza pesymistycznego, w ramach którego gatunek ten może stracić od 30 do 80% obecnego zasięgu. W związku z tym uzyskane wyniki wskazują na potrzebę dokładniejszych opracowań GCM, stanowiących obecnie największe źródło niepewności w prognozowaniu zmian zasięgów geograficznych gatunków.

Ilościowa i jakościowa analiza ziarn pyłku *Taxus baccata* L. w warunkach ograniczonych zasobów

Emilia Pers-Kamczyc^{1*}, Mariola Rabska¹, Jacek Kamczyc²,
Dorota Wrońska-Pilarek³, Grzegorz Iszkuło^{1,4}

¹Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,
*epk@man.poznan.pl

²Katedra Łowiectwa i Ochrony Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego
71C, 60-625 Poznań

³Katedra Botaniki Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 71D,
60-625 Poznań

⁴Katedra Botaniki i Ekologii, Uniwersytet Zielonogórski, ul. Prof. Z. Szafrana 1, 65-516
Zielona Góra

Zmiany warunków środowiska wpływają na efektywność procesu rozmnażania roślin. Ograniczenie ilości ziarn pyłku jest jednym z głównych przyczyn tego zjawiska. Niewiele jednak wiadomo na temat wpływu warunków środowiska na cechy jakościowe ziarn pyłku. Dzięki dobrze przeprowadzonej analizie można ocenić nie tylko obfitość ich produkcji, ale również efektywność procesów zapylenia. Poznanie wpływu warunków środowiska na cechy jakościowe i ilościowe ziarn pyłku jest szczególnie ważne u roślin dwupiennych, dla których często notuje się niską obfitość i jakość nasion oraz problemy z naturalnym odnowieniem. Jednocześnie gatunki dwupienne są bardzo wrażliwe na zmiany środowiskowe.

Celem niniejszych badań było określenie wpływu długotrwałego ograniczenia dostępu do zasobów glebowych na cechy ilościowe i jakościowe pyłku cisa pospolitego (*Taxus baccata*).

Materiał badawczy stanowiły sadzonki, które zostały ukorzenione w październiku 2012 r. z dziesięciu dojrzałych osobników męskich rosnących w Arboretum Kórnickim. Rośliny utrzymywane były w układzie blokowym doświadczenia wazonowego w dwóch wariantach: z nawożeniem (nawozem wieloskładnikowym w dawce zalecanej przez producenta) oraz bez nawożenia. Rośliny rosły w 10-litrowych donicach, w kontrolowanych warunkach nawodnienia i przy 50-procentowym zacienieniu. Obserwacje przeprowadzono podczas pylenia osobników męskich (luty–marzec) w latach 2013–2016, corocznie na tych samych osobnikach. W każdym z terminów obserwowano 30 osobników.

Odpowiedź roślin na warunki ograniczonych zasobów została określona poprzez pomiar wysokości części nadziemnej, liczbę i pomiar długości pędów oraz całkowitą liczbę produkowanych kwiatów męskich. Ponadto przeprowadzono ocenę: zdolności kiełkowania świeżych ziarn pyłku po 48 godzinach inkubacji *in vitro*, żywotności przechowywanych ziarn, morfologii kiełkujących ziarn (mikroskopia świetlna) oraz analizę ich budowy morfologicznej (mikroskopia skaningowa).

Wykazano negatywny wpływ ograniczonych zasobów na liczbę produkowanych kwiatów męskich. W warunkach ograniczonych zasobów liczba produk-

wanych kwiatów zmniejszała się wraz ze wzrostem całkowitej wysokości części nadziemnej rośliny, podczas gdy w warunkach nawożenia nie zaobserwowano takich zależności. Ziarna pyłku osobników nienawożonych charakteryzowały się większą zdolnością kiełkowania, wyższym odsetkiem ziarn pyłku o prawidłowej morfologii oraz większą żywotnością. Ponadto wykazano wpływ nawożenia na cechy budowy morfologicznej ziarn, a w szczególności średnią i względną grubość eksyny. Warunki ograniczonych zasobów są czynnikiem, który w istotny sposób wpływa na morfologię oraz żywotność produkowanych ziarn pyłku cisa pospolitego. Wskazuje to na istnienie mechanizmów kontrolujących zarówno ilość, jak i jakość produkowanych ziarn pyłku, a celem tych mechanizmów jest przystosowanie ziarn do efektywnego rozprzestrzeniania puli genowej na większe dystanse od rośliny ojcowskiej rosnącej w niekorzystnych warunkach środowiskowych.

Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki z funduszy projektu przyznanego na podstawie decyzji numer 2012/07/B/NZ9/01314.

Analiza zmian dendrometrycznych oraz ocena stanu zdrowotnego drzew w drzewostanach daglezji, wejmutki i żywotnika na terenie Nadleśnictwa Nowe Ramuki

Sławomir Piętka, Zbigniew Sierota, Albert Dudek*

*Katedra Leśnictwa i Ekologii Lasu, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, plac Łódzki 2, 10-727 Olsztyn, *slawomir.pietka@uwm.edu.pl*

Celem badań była ocena produktywności i zdrowotności daglezji zielonej (*Pseudotsuga taxifolia* Britt.), sosny wejmutki (*Pinus strobus* L.) oraz żywotnika olbrzymiego (*Thuja plicata* D.Don.), w drzewostanach założonych w ramach Pruskich Stacji Doświadczalnych pod koniec XIX w. przez Danckelmana i Schwappacha, a zweryfikowanych przez Tumiłowicza w 1967 r. Celem perspektywicznym jest analiza zmian o charakterze klimatyczno-meteorologicznym pozwalających na określenie ich wpływu na przeżywalność drzew i zasoby miąższości oraz na zdrowotność drzewostanów. Może to mieć znaczenie dla wytyczania kierunków hodowli tych gatunków w regionie warmińsko-mazurskim.

Badania przeprowadzono na terenie Nadleśnictwa Nowe Ramuki (RDLP Olsztyn). Pomiarami objęto gniazda daglezji (294a, Lśw, 126 lat; 294b, LMśw, 126 lat; 295c, Lśw, 123 lata), wejmutki (286b, BMśw, 117 lat; 286c, LMśw, 117 lat) oraz żywotnika (254j, LMśw, 126 lat).

Zależnie od usytuowania powierzchni w drzewostanie i zaistniałych w okresie minionych 55 lat zmian o charakterze naturalnym, w przypadku daglezji średnia zasobność drzewostanu wzrosła o 536,7 m³/ha do 1205,2 m³/ha (9,8 m³/ha/rok),

u żywotnika o 451,6 m³/ha do 1033,4 m³/ha (8,2 m³/ha/rok), zaś u wejmutki o 90,1 m³/ha do 671,9 m³/ha (1,6 m³/ha/rok). Znacząco wzrosła średnia wysokość drzew (o 6–10 m) oraz ich pierśnica (o 24–31 cm). Najwięcej drzew ubyłło w gnieździe żywotnika (690 drzew na ha). Największy wzrost pierśnicowego pola przekroju zanotowano w gnieździe daglezji w wydzieleniu 295c (37 m²/ha).

Ocena stanu zdrowotnego badanych drzewostanów wykazała obecność groźnego patogena korzeni – *Heterobasidion annosum* w gniazdach żywotnika oraz wejmutki, co niezbyt dobrze r.je dla dalszego rozwoju drzew na tym terenie. Na wielu drzewach badanych gatunków stwierdzano liczne uszkodzenia mrozowe i zablżnione rysy piorunowe.

Długi (przeszło 120-letni) okres rozwoju daglezji na terenie regionu warmińsko-mazurskiego dowodzi, że jej produktywność może być nie tylko porównywalna z produktywnością świerka i jodły na podobnych siedliskach, ale jest nawet wyraźnie większa. Należy także podkreślić, że daglezja okazała się bardziej odporna od świerka na porażenie przez hubę korzeni. Powierzchnie z wejmutką oraz żywotnikiem wymagają dalszych obserwacji na terenie kolejnych nadleśnictw.

Zależna od płci wydajność fotosyntetyczna sadzonek jałowca pospolitego (*Juniperus communis* L.) w warunkach deficytu substancji odżywczych

Mariola Rabska^{1*}, Grzegorz Iszkuło^{1,2}, Ewelina Ratajczak¹,
Piotr Robakowski³, Emilia Pers-Kamczyc¹

¹Institut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik, *mariola22@vp.pl

²Katedra Botaniki i Ekologii, Uniwersytet Zielonogórski, ul. Prof. Z. Szafrana 1, 65-516 Zielona Góra

³Katedra Siedliskoznawstwa i Ekologii Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Wojska Polskiego 71E, 60-625 Poznań

Jałowiec pospolity (*Juniperus communis*) jest gatunkiem dwupiennym rosnącym najczęściej na ubogich siedliskach, jednakże również u tego gatunku zaobserwować można odpowiedź fizjologiczną na ograniczony dostęp do zasobów, a warunki stresowe powodować mogą różną reakcję osobników męskich i żeńskich. Celem niniejszych badań było określenie wpływu długotrwałego ograniczenia dostępu do zasobów glebowych na aktywność fotosyntetyczną, zawartość barwników oraz aktywność wybranych enzymów osobników obu płci jałowca pospolitego.

Materiał badawczy stanowiły sadzonki osobników męskich i żeńskich rosnące w dwóch wariantach nawożenia: z nawożeniem i bez nawożenia. Rośliny zostały uprzednio ukorzenione z pędów dojrzałych osobników macierzystych, a w czasie trwania eksperymentu rosły w 10-litrowych donicach, w układzie blokowym, w warunkach 50-procentowego zacienienia. Badania prowadzone były przez dwa

lata, a materiał roślinny zbierany był cztery razy w ciągu roku: w maju, lipcu, październiku i styczniu. W każdym z terminów analizie poddano jednoroczne igły 32 osobników ($4 \text{ osobniki} \times 2 \text{ bloki} \times 2 \text{ płcie} \times 2 \text{ warianty nawożenia}$).

Reakcja na warunki stresowe została określona na podstawie wyników pomiarów fluorescencji chlorofilu *a* igieł jałowca. Z krzywych świetlnych parametrów fluorescencji obliczono wartości maksymalnej wydajności kwantowej fotosytemu drugiego (F_v/F_m), maksymalnego poziomu fotosyntetycznego transportu elektronów ($ETR_{\max}$), wartości saturacyjnego fotosyntetycznego strumienia fotonów (PPF_{sat}) oraz wydajności kwantowej PSII dla PPF_{sat} ($\Phi_{PPF\text{sat}}$). Przeprowadzono też analizy zawartości chlorofilu *a* i *b*, karotenoidów, wolnych rodników oraz całkowitej aktywności enzymów: peroksydazy askorbinowej, katalazy, peroksydazy gwajakolowej i dysmutazy ponadtlenkowej.

Wykazano istnienie wpływu warunków nawożenia na aktywność fotosyntetyczną i enzymatyczną oraz zawartość barwników. Ponadto, niezależnie od warunków nawożenia, osobniki obu płci różniły się zawartością chlorofilu *a* i karotenoidów oraz aktywnością fotosyntetyczną opisaną przez wydajność świetlnej fazy procesu fotosyntezy, $ETR_{\max}$ oraz straty energii w postaci ciepła, ale nie różniły się poziomem aktywności analizowanych enzymów.

Większa aktywność fotosyntetyczna osobników żeńskich *Juniperus communis* w porównaniu z męskimi może być jednym z mechanizmów rekompensujących ich większy wysiłek reprodukcyjny związany z produkcją nasion i struktur im towarzyszących.

Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki z funduszy projektu przyznanego na podstawie decyzji numer UMO-2015/19/N/NZ8/03850.

Ochrona *ex situ* jarzębu brekinii (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz) poprzez zachowanie zasobów genowych wybranych rezerwatów w banku nasion oraz utworzenie archiwum klonów cennych drzew zachowawczych

*Michał Raj, Joanna Bogacz**

*Leśny Bank Genów Kostrzyca, ul. Miłków 300, 58-535 Miłków, *Joanna.Bogacz@lbg.lasy.gov.pl*

Jarząb brekinia jest jednym z najbardziej zagrożonych gatunków drzew występujących w Polsce – od 1964 r. podlega ochronie gatunkowej. Rośnie na glebach świeżych i stanowi cenną domieszkę lasów liściastych. W Polsce osiąga północno-wschodnią granicę swojego zasięgu, który w naszym kraju ogranicza się do

izolowanych stanowisk liczących od kilku do kilkuset osobników, głównie w zachodniej i południowej części kraju.

Do głównych czynników zagrażających gatunkowi należą: (1) redukcja zasięgu związana z prowadzeniem w przeszłości niewłaściwej gospodarki leśnej i z rozwojem przemysłu, (2) mała liczebność, izolacja i fragmentacja populacji, (3) niedostateczny poziom ochrony czynnej *in situ*, (4) niewłaściwy skład gatunkowy drzewostanów, a także niewłaściwie dobrany sposób zagospodarowania lasu, (5) nadmierna ilość zwierzyny w lasach oraz (6) słabe zdolności konkurencyjne gatunku. Jarząb brekinia wymaga w naszym kraju ochrony czynnej, opartej na strategii restytucji opracowanej na podstawie badań zmienności genetycznej. Aktywne działania związane z ochroną brekinii powinno się również uwzględniać w planach ochrony na przykład rezerwatów przyrody. W wielu przypadkach ochrona *in situ* nie jest jednak wystarczająca ze względu na różne spektrum możliwości adaptacyjnych roślin do nowych warunków życia w związku ze zmianami klimatycznymi oraz pokoleniowymi w poszczególnych stadiach rozwojowych ekosystemów. Z tego powodu działania *ex situ* związane z ochroną zasobów genowych nabierają coraz większego znaczenia. Wynikają one ponadto z wielu ważnych przepisów międzynarodowych oraz krajowych.

Utworzenie w 1995 r. Leśnego Banku Genów Kostrzyca było odpowiedzią naszego kraju na zobowiązania dotyczące zachowania *ex situ* rodzimej flory. Do głównych zadań powołanej w strukturach Lasów Państwowych jednostki o zasięgu krajowym należy: gromadzenie materiału rozmnożeniowego wraz z przygotowywaniem do długookresowego przechowywania oraz ocena jakości tego materiału w momencie przyjęcia i w trakcie przechowywania.

Jarząb brekinia, jako gatunek tzw. „starych lasów” jest przedmiotem szczególnego zainteresowania Leśnego Banku Genów Kostrzyca już od kilkunastu lat. Podejmowane działania, dotyczące kompleksowej ochrony *ex situ*, obejmują inwentaryzację stanowisk, badanie zmienności genetycznej populacji, utworzenie archiwum klonów najcenniejszych genotypów oraz gromadzenie zasobów genowych poszczególnych populacji w celu zabezpieczenia jak najszerszego spektrum ich zmienności genetycznej.

W latach 2014–2017 w Leśnym Banku Genów Kostrzyca zrealizowano projekt pn. „Ochrona *ex situ* jarzębu brekinii – *Sorbus torminalis* (L.) Crantz oraz cisa pospolitego – *Taxus baccata* L., poprzez zachowanie zasobów genowych wybranych rezerwatów w banku nasion oraz utworzenie archiwum klonów cennych drzew zachowawczych jarzębu brekinii”. Założenia projektu obejmowały:

1. Utworzenie archiwum klonów jarzębu brekinii i zabezpieczenie w nim zasobów genowych 78 drzew zachowawczych, wybieranych według kryterium rozmiarów, z zachowaniem zasady możliwie pełnej reprezentacji polskich stanowisk.
2. Stworzenie i zabezpieczenie w banku nasion kolekcji materiału zebranego w sześciu wytypowanych rezerwach przyrody.
3. Monitoring stanowisk wraz z weryfikacją liczby, kondycji zdrowotnej oraz zdolności do owocowania wytypowanych drzew.
4. Popularyzację przedsięwzięć służących czynnej ochronie przyrody.

W wyniku przeprowadzonego monitoringu wyciągnięto następujące wnioski:

1. Słaby urodzaj bądź całkowity brak obradzenia jarzębu brekinii spowodowany jest w znacznej mierze strukturą rezerwatów – zbyt małym dostępem światła i dużą konkurencją międzygatunkową.
2. Możliwość pozyskania większej ilości owoców uzależniona będzie od podjęcia czynnych działań związanych z zabiegami inicjującymi obradzenie.
3. Istnieje zauważalna potrzeba czynnej ochrony *in situ* populacji jarzębu brekinii. W tym celu powinno się uwzględniać występujące zagrożenia w planach ochrony właściwych rezerwatów przyrody, szczegółowo je identyfikując oraz określając rodzaj i zakres działań ochronnych.
4. Z uwagi na zagrożenia oraz rzadkość występowania gatunku istotne jest kontynuowanie projektów i programów ochrony, zachowania i restytucji na poziomie krajowym oraz regionalnym. Założenia takich programów powinny być oparte na odpowiedniej ocenie zmienności genetycznej.

Określanie stopnia zasiedlenia drzewostanów dębowych przez *Armillaria gallica*

Tomasz Rażny¹, Piotr Łakomy²

¹Nadleśnictwo Czarniejewo, Główna 5, 62-250 Czarniejewo

²Katedra Fitopatologii Leśnej, Wydział Leśny, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Wojska Polskiego 71C, 60-625 Poznań, piotr.lakomy@up.poznan.pl

Grzyby z rodzajów *Armillaria* i *Desarmillaria* powodują jedną z najważniejszych pod względem gospodarczym chorób roślin. Znaczenie opieńkowej zgnilizny korzeni stwierdza się w leśnictwie, ogrodnictwie, rolnictwie, parkach, a nawet w przydomowych ogrodach. Występująca powszechnie w drzewostanach dębowych *Armillaria gallica* (opieńka żółtotrzonowa) odgrywa istotną rolę w procesie ich zamierania. Atakuje głównie drzewa osłabione z powodu zakłóceń w gospodarce wodnej. Ryzomorfy (sznury grzybniowe) są strukturami wytwarzanymi przez większość gatunków opieniek i służą do rozprzestrzeniania się w środowisku leśnym, a także do zakażania drzew.

W 12 drzewostanach dębowych V, VIII i IX klasy wieku zlokalizowano powierzchniowo badawcze (po cztery drzewostany w każdej klasie wieku). Zasiedlenia drzewostanów przez opieńki określano na podstawie czterech metod charakteryzujących gęstość inokulum – gęstości zasiedlenia gleby przez ryzomorfy:

- metodę pułapkową (kołki osikowe zakopane w glebie przez siedem miesięcy; ustalano suchą masę ryzomorf, które zasiedliły pułapki);
- metodę małych odkrywek (wykopano po dziesięć odkrywek glebowych rozłożonych równomiernie w dwumetrowych odstępach; określano liczbę ryzomorf);

- zasiedlenia szyi korzeniowej (określano liczbę ryzomorf za pomocą szablonu z folii o wymiarach $5,5 \times 5,5$ cm z 25 otworami o średnicy 6 mm w sieci 1×1 cm; ocenę wykonano dla 20% obwodu 25 drzew na powierzchni);
- zasiedlenia gleby wokół drzew (pobierano ryzomorfy z odległości do 30 cm od szyi korzeniowej i głębokości do 30 cm; określano ich suchą masę).

Ustalano także stan zdrowotny drzew w obrębie powierzchni badawczej na podstawie stanu korony, pni i szyi korzeniowej.

W drzewostanach V klasy wieku wszystkie pułapki zostały zasiedlone przez opieńkę w 100%, w drzewostanach VIII klasy wieku 75% pułapek zostało zasiedlonych od 33% do 78% (średnio 51%), a w drzewostanach IX klasy wieku 50% pułapek zostało zasiedlonych od 22% do 67% (średnio 45%). Z pułapek w drzewostanach V klasy wieku pozyskano 73,7% ogólnej suchej masy ryzomorf. W drzewostanach VIII i IX klasy wieku uzyskano bardzo zbliżone suche masy ryzomorf, odpowiednio 12,9% i 13,4%.

Z odkrywek wykonanych w drzewostanach V klasy wieku pobrano 47% ogólnej liczby ryzomorf, a w oddziałach VIII i IX klasy wieku odpowiednio 30% i 23%. W 35% odkrywek nie stwierdzono ryzomorf.

Najwięcej ryzomorf na szyi korzeniowej dębów odnotowano w wydzieleniach V klasy wieku, gdzie stwierdzono 66% ryzomorf, niezależnie od ich stanu zdrowotnego. Z wiekiem drzewostanów zmniejszała się liczba ryzomorf na szyi korzeniowej (24% i 10% w drzewostanach VIII i IX klasy wieku). Najliczniej ryzomorfy pojawiały się na szyi korzeniowej dębów, których stan zdrowotny określono jako zły (45%), natomiast udział ryzomorf na drzewach w pozostałych dwóch kategoriach stanu zdrowotnego był podobny (33% dobry i 30% średni). W drzewostanach V klasy wieku na każde 10 cm^2 szyi korzeniowej przypadało 3,38 ryzomorfy, natomiast w drzewostanach VII klasy wieku 0,97 ryzomorfy, a w drzewostanach IX klasy wieku 0,5 ryzomorfy.

Najwięcej ryzomorf stwierdzono w glebie wokół drzew V klasy wieku (56,2%), mniej VIII klasy wieku (30,1%), a najmniej IX klasy wieku (13,7%). Wokół drzew w dobrym stanie zdrowotnym stwierdzono 28% suchej masy ryzomorf, w średnim stopniu 32,8%, natomiast wokół drzew w złym stanie zdrowotnym 39,22%. Szacunkowa masa ryzomorf zasiedlających drzewostany dębowe (warstwa gleby do głębokości 30 cm) w Nadleśnictwie Krotoszyn, w drzewostanach V klasy wieku, na hektarze wyniosła od 859 do 1271 kg (średnio 1103 kg), VIII klasy wieku od 199 do 809 kg (średnio 417 kg), a w drzewostanach IX klasy wieku od 0 do 476 kg (średnio 188 kg). Gęstość inokulum opieńki wyrażona ich suchą masą zasiedlającą pułapki była dodatnio skorelowana z liczbą ryzomorf występujących na szyi korzeniowej, natomiast nie stwierdzono takiej korelacji z pozostałymi badanymi cechami. Dodatnią korelację odnotowano jeszcze dla liczby ryzomorf na szyi korzeniowej dębów oraz suchej masy ryzomorf wokół drzew, a także dla liczby ryzomorf w odkrywkach glebowych i suchej masy ryzomorf wokół drzew.

Wnioski:

1. Z wiekiem drzewostanu zmniejsza się zagęszczenie ryzomorf w glebie, także w bezpośrednim sąsiedztwie drzew, co może zmniejszyć wpływ opieńkowej zgnilizny korzeni na procesy zamierania dębów.
2. Metoda pułapek oraz małych odkrywek może służyć do określania stanu zasiedlenia drzewostanu przez opieńki.
3. Liczba ryzomorf na szyi korzeniowej dębów odzwierciedla ich aktywność w glebie wokół drzew.
4. Można spodziewać się zwiększonej aktywności ryzomorf opieniek wokół drzew o złym stanie zdrowotnym.

Alokacja energii świetlnej pochłoniętej przez liście, fotosynteza i wzrost siewek dębu bezszypułkowego i czerwchy amerykańskiej rosnących w różnych warunkach ocienienia, konkurencji i allelopatii

Piotr Robakowski^{1*}, Ernest Bieliniś^{1,2}, Kerrie Sendall³

¹Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 71E, 60-625 Poznań,
*pierrot@up.poznan.pl

²Katedra Leśnictwa i Ekologii Lasu, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, plac Łódzki 2, 10-727 Olsztyn

³Department of Biology, Georgia Southern University, P.O. Box 8042, Statesboro, GA 30460, USA

Pod okapem drzewostanów sosnowych w różnych fazach rozwoju zaobserwowano sukcesję wtórną rodzimego dębu bezszypułkowego i inwazyjnej czerwchy amerykańskiej. W warunkach kontrolowanych modelowano konkurencję fotosyntetyczną i wzrostową siewek tych gatunków w różnych wariantach ocienienia. Postawiono hipotezę, że przeznaczenie energii świetlnej pochłoniętej przez liść, wydajność fotosyntezy, wzrost i alokacja biomasy siewek będą zależały od ocienienia, międzygatunkowej konkurencji i allelochemicznych oddziaływań.

Wpływ świetlnych warunków wzrostu na przeznaczenie energii świetlnej pochłoniętej przez liść do fotosyntezy lub emisję w postaci ciepła i fluorescencji był istotniejszy niż konkurencji i allelopatii. Natężenie asymilacji netto CO₂ korony i wydajność fotosystemu II czerwchy amerykańskiej były większe w obecności konkurenta. Ponadto inwazyjna czerwcha uzyskała przewagę w konkurencji z dębem, usprawniając wychwytywanie i zużycie światła w fotosyntezie dzięki większej dynamice wzrostu i alokacji masy do liści. Siewki dębu rozbudowywały system korzeniowy kosztem części nadziemnej, co ułatwiało konkurencję o wodę i substancje odżywcze z siewkami czerwchy. Jednakże odmienne strategie wzrostu, podziału energii świetlnej absorbowanej przez liść i asymilacji CO₂ ułatwiały

osiągnięcie przewagi wzrostowej gatunkowi inwazyjnemu. Nasze wyniki sugerują, że występowanie inwazyjnej czeremchy we wspólnej niszy z rodzimym dębem jest możliwe dzięki kompensacji mniejszej konkurencyjności dębu bezszypułkowego w walce o światło wygrywaniem przez niego konkurencji lub przynajmniej równorzędną walką o wodę i substancje odżywcze w glebie.

Gospodarka mineralna sosny zwyczajnej na podłożach zanieczyszczonych metalami ciężkimi

Monika Rutkowska-Czekaj, Grażyna Szarek-Łukaszewska,
Paweł Kapusta, Barbara Godzik*

*Instytut Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk, ul. Lubicz 46, 31-512 Kraków,
g.szarek@botany.pl

Sosna zwyczajna jest podstawowym gatunkiem lasotwórczym Polski o dużym znaczeniu gospodarczym. Z uwagi na niewielkie wymagania i stosunkowo dużą odporność na czynniki stresowe jest często wykorzystywana do rekultywacji terenów zdegradowanych przez przemysł, w tym terenów charakteryzujących się wysokimi stężeniami metali ciężkich w podłożu. Metale występujące w środowisku w nadmiarze są zagrożeniem dla prawidłowego funkcjonowania roślin – zaburzą ich żywienie mineralne, co skutkuje deficytami pierwiastków odżywczych i ograniczeniem tempa wzrostu. Mimo wielu badań przeprowadzonych nad sosną zwyczajną wiedza na temat żywienia mineralnego tego gatunku w warunkach skażenia metalami ciężkimi jest niepełna.

Celem pracy była charakterystyka gospodarki mineralnej sosny zwyczajnej rosnącej na glebach pogórnich zawierających duże ilości Zn, Pb i Cd. Badano, w jaki sposób nadmiar metali ciężkich wpływa na wielkość i wzorec akumulacji pierwiastków odżywczych (między innymi N, P, K, Ca, Mg) i ksenobiotyków w igłach sosny oraz na wzrost igieł.

Badania prowadzono w południowej Polsce, w Olkuskim Okręgu Rudnym, pomiędzy miejscowościami Bolesław, Laski, Olkusz i Bukowno, w terenie silnie przekształconym i zanieczyszczonym przez wielowiekowe wydobywanie i przetwarzanie rud cynkowo-ołowiowych. Założono osiem stałych powierzchni badawczych (0,05 ha każda), sześć w terenie pogórnym i dwie poza nim (powierzchnie kontrolne), które obejmowały monokultury sosny (w wieku 12–16 lat) nasadzone w ramach rekultywacji lub gospodarki leśnej. Z każdej powierzchni badawczej zebrano próby górnej warstwy gleby oraz próby żywych igieł sosny (bieżącego przyrostu, jednoroczne, dwuletnie). W glebie zmierzono pH i stężenia: C, N, K, Ca, Mg, As i Tl (formy całkowite) oraz P, Zn, Pb i Cd (formy całkowite i biodostępne). W igłach sosny oznaczono stężenia: C, N, P, K, Ca, Mg, Zn, Pb i Cd. Ponadto oszacowano masę i długość igieł.

W terenie pogórnicznym sosna rosła przeważnie na glebach zasadowych, ubogich w podstawowe pierwiastki odżywcze (C, N, P), ale miejscami (na kamienistych odpadach górniczych) bogatych w kationy podstawowe (K, Ca, Mg). W rejonie olkuskim gleba była zanieczyszczona przez metale pochodzące z wydobywanych rud. Stężenia Zn, Pb i Cd były wielokrotnie wyższe niż w glebach rejonów nieprzemysłowych Polski, natomiast zawartość pierwiastków śladowych towarzyszących rudom (As, Tl) była stosunkowo niska, przeważnie mieściła się w zakresach wartości typowych dla gleb niezanieczyszczonych. W igliwiu sosny rosnącej na tych podłożach stwierdzono niedobór N, P i Ca oraz nadmiar Zn, Pb i Cd. Stężenia K i Mg mieściły się w zakresach wartości optymalnych dla sosny zwyczajnej. Mimo słabego zaopatrzenia igieł w podstawowe pierwiastki odżywcze (N, P) ich proporcje mieściły się w granicach uznanych za prawidłowe, co wskazuje na brak zakłóceń w ich pobieraniu przez sosnę. Wzorce zmienności stężeń pierwiastków w igłach sosny były typowe dla tego gatunku – wraz z wiekiem igieł stężenia N, P i K przeważnie stopniowo malały, a stężenia Ca, Zn, Pb i Cd zwiększały się. Analiza korelacji wykazała negatywny związek pomiędzy zawartością N i P w igłach a zawartością Ca, Mg, Zn, Pb, As i Tl w glebie oraz ujemne związki między masą i długością igieł a glebowymi stężeniami metali pochodzących z rud (Zn, Pb, Cd, As, Tl). Wyniki regresji wielokrotnej pokazały, że występujące w nadmiarze Zn i Mg mają negatywny wpływ na masę igieł.

Podsumowując, metale ciężkie pochodzące z rud cynkowo-ołowiowych zakłócają żywienie mineralne u sosny i negatywnie oddziałują na jej wzrost, co się objawia zmniejszeniem długości i masy igieł. Wydaje się, że negatywne skutki nadmiaru metali i niedoboru pierwiastków odżywczych w glebie nie są duże. Prawdopodobnie są one łagodzone dzięki osłonie, jaką zapewniają sośnie grzyby mykoryzowe.

Praca była finansowana z grantu badawczego N304 041 32/1966 MNiSW. Wykonana została dzięki współpracy z Zakładami Górniczo-Hutniczymi „Bolesław” S.A.

Przestrzenna struktura genetyczna populacji *Cupressus atlantica*

Katarzyna Sękiewicz^{1*}, Monika Dering¹, Dominik Tomaszewski¹,
Angel Romo², Adam Boratyński¹

¹Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,

*ksekiewicz@man.poznan.pl

²Instytut Botaniki w Barcelonie (IBB-CSIC-ICUB), Passeig del Migdia s/n., 08038 Barcelona

Wzorce nielosowego rozmieszczenia genotypów w naturalnych populacjach, określone jako przestrzenna struktura genetyczna (SGS, ang. *spatial genetic structure*), są determinowane przez kompleks współgrających procesów genetycznych, demograficznych i ekologicznych. Zgodnie z teorią izolacji przez dystans, istotna statystycznie, wysoka i pozytywna SGS odzwierciedla znaczące pokrewieństwo między sąsiadującymi osobnikami, podczas gdy niska i nieistotna SGS oznacza losowe rozmieszczenie osobników. Jednym z ważniejszych czynników prowadzących do wystąpienia pozytywnej SGS jest ograniczona dyspersja nasion, a także system kojarzenia (wsobność i kojarzenie krewniacze) oraz wielkość i zagęszczenie populacji (małe populacje i niskie zagęszczenie). Dotychczasowe badania nad SGS gatunków drzewiastych wskazywały na istnienie słabej lub nieistotnej pozytywnej SGS, co wiąże się z efektywnością mechanizmów przepływu genów, głównie wiatropylnością i wiatrosiewnością. Fragmentacja siedliska prowadząca do powstawania niewielkich izolowanych populacji również przyczynia się do zwiększenia SGS poprzez niższe zagęszczenie populacji i potencjalną agregację osobników reprodukcyjnych.

Celem badań była charakterystyka SGS endemicznego *C. atlantica*, którego zasięg jest ograniczony do niewielkich, często izolowanych populacji położonych w Atlasie Wysokim (Maroko). Nadmierna eksploatacja spowodowała znaczne ograniczanie jego liczebności i fragmentację populacji, co wobec braku naturalnego odnawiania oraz prognozowanych zmian klimatycznych może doprowadzić do drastycznego zmniejszenia naturalnego zasięgu, a nawet wyginiecia tego gatunku. Ze względu na znaczną fragmentację zasięgu *C. atlantica* oraz niskie zagęszczenie populacji założono wysoki poziom SGS.

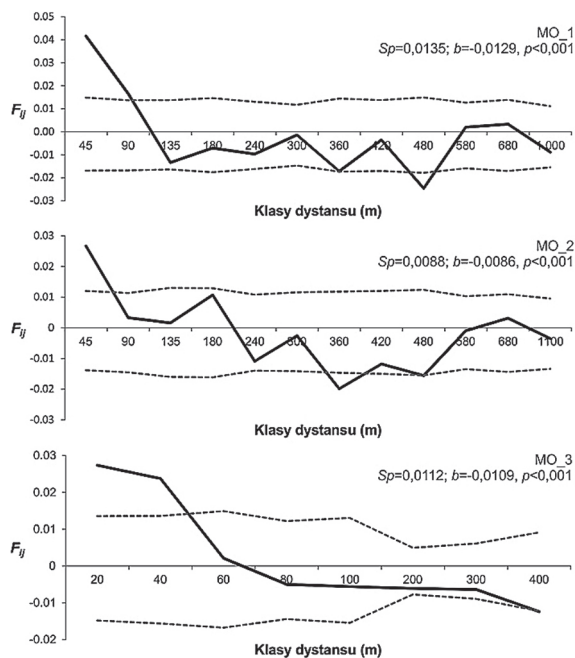
Badania przeprowadzono w oparciu o sześć jądrowych loci mikrosatelitarnych. Łącznie zgenotypowano 156 osobników pochodzących z trzech naturalnych stanowisk *C. atlantica*: MO_1, MO_2 i MO_3. Dla każdej populacji obliczono standardowe parametry zmienności genetycznej. W celu opisanie SGS zastosowano analizę autokorelacji przestrzennej w oparciu o współczynnik pokrewieństwa F_{ij} oszacowany dla wyznaczonych klas dystansu. Intensywność SGS określono zgodnie ze statystyką S_p , która umożliwia efektywne porównanie zakresu SGS między populacjami.

Analizowane populacje charakteryzował relatywnie wysoki poziom zmienności genetycznej (H_o : MO_1 0,739; MO_2 0,744 i MO_3 0,771). Pozytywne warto-

ści współczynnika wsobności (F_{IS}) stwierdzone we wszystkich populacjach wskazywały na istotny nadmiar homozygot. Uwzględnienie częstości alleli zerowych w szacowaniu F_{IS} zdecydowanie obniżyło wartości tego parametru. Analiza autokorelacji przestrzennej wykazała niewielką, ale istotną statystycznie SGS w badanych populacjach (Sp : MO_1 0,0135; MO_2 0,0088 i MO_3 0,0112). Współczynnik nachylenia prostej (b) osiągnął istotne ($p < 0,001$) negatywne wartości, co wskazuje na zmniejszanie się średniego pokrewieństwa wraz ze wzrostem odległości między osobnikami (ryc. 1). Zaobserwowano zbliżone wzorce SGS w badanych populacjach – najwyższą statystycznie istotną pozytywną wartość współczynnik F_{ij} osiągnął w pierwszych klasach dystansu (ryc. 1).

Uzyskane wyniki są zgodne z ogólnym założeniem mówiącym o niskiej SGS wśród gatunków jednopiennych, charakteryzujących się wiatropylnością i wiatrosiewnością. Badania nie wykazały znaczącego wpływu fragmentacji na SGS, co potwierdza relatywnie niska wartość współczynnika Sp w populacjach *C. atlantica*. Zestaw cech badanego gatunku, takich jak: system kojarzenia promujący obcopylność, efektywne mechanizmy dyspersji genów, w tym głównie wiatropylność, długowieczność oraz niedawna fragmentacja, mogły przyczynić się do utrzymania wysokiego poziomu zmienności oraz niskiej SGS analizowanych populacji. Należy jednak podkreślić, że SGS oszacowana w oparciu o dorosłe i wiekowe osobniki charakteryzuje historyczną dyspersję genów, a nie jej obecne wzorce. By w pełni oszacować oddziaływanie fragmentacji na przepływ genów, niezbędne jest przeprowadzenie badań uwzględniających najmłodsze generacje. Brak naturalnego odnowienia w badanych populacjach uniemożliwia taką analizę i jest jednocześnie negatywnym sygnałem świadczącym o poważnych zaburzeniach w ich funkcjonowaniu.

Badania sfinansowano ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2012/07/N/NZ8/01287 oraz środków Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk.



Ryc. 1. Korelogramy przedstawiające przestrzenną strukturę genetyczną populacji *C. atlantica*; F_{ij} – współczynnik pokrewieństwa

Uwaga! Rezerwat atakuje! Czyli problemy zagospodarowania Lasu Wolskiego

Aleksandra Skrzypek

Zakład Sztuki Ogrodowej i Terenów Ogrodowych, Instytut Architektury Krajobrazu, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, olaany77@gmail.com

Poster prezentuje problemy zagospodarowania laso-parku krakowskiego – Lasu Wolskiego, wynikające z trudności pogodzenia ochrony przyrody z rozwojem funkcji wypoczynkowych terenu i zapewnienia właściwego poziomu bezpieczeństwa i utrzymania drzewostanu.

Las Wolski jest największą zieloną enklawą na terenie Krakowa. Należy do grupy lasów komunalnych i jest niezwykle ciekawym tego rodzaju kompleksem leśnym w Polsce. Historycznie dzieli się na dwa uroczyska: Las Wolski i Bielany. W 1917 r. pierwsze uroczysko, o wielkości 335,13 ha, zostało sprzedane Kasie Oszczędności Miasta Krakowa, która ofiarowała je miastu. Od tamtego momentu Las Wolski zaczął być nazywany „Parkiem Ludowym” i pełnił głównie funkcję rekreacyjno-wypoczynkową.

Teren ten włączony jest do Bielańsko-Tynieckiego Parku Krajobrazowego, dodatkowo występują na nim inne formy ochrony obszarowej. W rezerwacie „Bielańskie Skały” chronione są murawy kserotermiczne porastające stromą haliznę pokrytą skałami wapiennymi. Natomiast cały obszar rezerwatu „Panieńskie Skały” objęty jest ścisłą ochroną; znajdują się tam okazy starych drzew pośród głębokich jarów i ścian skalnych. Teren ten od 1953 r. jest rezerwatem przyrody położonym w najbliższym sąsiedztwie miasta; to skrawek lasu naturalnego, charakterystycznego dla krajobrazu Jury Krakowsko-Częstochowskiej.

Autorka opisuje i porównuje obecny stan obszarów chronionych i rekreacyjnych, które w odbiorze wizualnym trudno rozgraniczyć, choć ich standard utrzymania powinien się różnić.

W ciągu ostatnich 40 lat coraz bardziej zatracona zostaje funkcja rekreacyjno-wypoczynkowa na rzecz ściślejszej ochrony przyrody. Zaniedbano podstawowe zabiegi pielęgnacyjne drzewostanu, prowadzone normalnie w lasach, co w wielu miejscach powoduje, że teren nie powinien być udostępniany szerokim rzeszom użytkowników. Przy pielęgnacji drzewostanu zabiegi zostały ograniczone do minimum i stosowano wyłącznie cięcia sanitarne, co przyczyniło się do zatarcia różnic między fazą terminalną a optymalną drzewostanu, z widocznym przesunięciem w kierunku tej pierwszej. Z czasem taka gospodarka doprowadziła do stopniowego wzrostu zwarcia i deformacji koron, a przez to hamowania rozwoju tej najważniejszej funkcji, z punktu widzenia idei i przeznaczenia terenu leśnego – funkcji rekreacyjnej.

Autorka proponuje i przedstawia pomysły na takie gospodarowanie zasobami drzew na terenie, by godząc ochronę cennych walorów przyrodniczych przy zachowaniu optymalnego stanu flory, można było rozwijać funkcje rekreacyjne

i wypoczynkowe na terenie Lasu Wolskiego, niezbędne z punktu widzenia mieszkańców.

Aktywność fotosyntetyczna podrostu buka (*Fagus sylvatica* L.) i jodły (*Abies alba* Mill.) w lesie gospodarczym i chronionym

Tomasz Sobala, Maciej Kocurek*, Rafał Podlaski

Zakład Ochrony Przyrody i Fizjologii Roślin, Instytut Biologii, Uniwersytet Jana Kochanowskiego, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce, *maciej.kocurek@ujk.edu.pl

Zwarcie i skład gatunkowy drzewostanu w znacznym stopniu wpływają na aktywność fizjologiczną drzew dolnych warstw lasu, głównie poprzez zmiany w ilości i jakości docierającego do nich promieniowania słonecznego. Niedobór energii świetlnej oraz jej nadmiar mogą prowadzić do zaburzeń w funkcjonowaniu aparatu fotosyntetycznego. Dlatego celem pracy jest określenie warunków świetlnych występujących pod okapem drzewostanów o różnej strukturze, optymalnie wpływających na aktywność fotosyntetyczną istotnych gospodarczo gatunków drzew, takich jak buk (*Fagus sylvatica*) i jodła (*Abies alba*).

Badania przeprowadzono na podroście buka i jodły w lesie zagospodarowanym Nadleśnictwa Kielce (Kie), scharakteryzowanym jako wyżynny jodłowy bór mieszany (*Abietetum polonicum*) oraz w objętym ochroną ścisłą w Świętokrzyskim Parku Narodowym (ŚPN) zespole leśnym żyźnej buczyny karpackiej (*Dentario glandulosae-Fagetum*). Podrost losowo wybrany do badań pochodził ze stanowisk o szerokim stopniu ażurowości drzewostanu: od zacienionych do eksponowanych na promieniowanie słoneczne. Stopień insolacji oszacowano za pomocą zdjęć hemisferycznych zanalizowanych przy użyciu oprogramowania Gap Light Analyser (GLA). Ażurowość obliczano jako stosunek pustych przestrzeni w pułapie drzewostanu do ogólnej jego powierzchni. Wykorzystując spektrometr Spectris 5.0 (GL Optics, Niemcy), zmierzono widmo spektralne promieniowania docierającego pod powierzchnię pułapu na poziom podrostu. Stan aparatu fotosyntetycznego oceniono poprzez analizę fluorescencji chlorofilu *a* za pomocą fluorymetru IMAGINE-PAM M-Series (Heinz Walz GmbH, Niemcy). Wykonano również analizę wymiany gazowej, wykorzystując analizator gazu w podczerwieni Li-6400XT (Li-Cor Inc., Lincoln, USA). Wyznaczono m.in. maksymalną szybkość transportu elektronów (ETR_{MAX}), saturacyjną dawkę promieniowania ($PPFD_{SAT}$), maksymalną wydajność kwantową PSII (F_v/F_m), asymilację CO_2 w warunkach promieniowania saturacyjnego (P_N), transpirację (*E*) i przewodnictwo szparkowe (G_s).

Na podstawie wykonanych pomiarów wykreślono krzywe, których poszczególne parametry opisujące wydajność aparatu fotosyntetycznego zostały przedstawione jako funkcja ażurowości drzewostanu. Analiza wykresów ETR_{MAX} oraz P_N wykazała, że najwyższą wydajnością fotosyntetyczną charakteryzowały się jodły rosnące w przedziale 10–24% ażurowości drzewostanu oraz buki rosnące w 10–15%. Stwierdzono również występowanie niekorzystnego zjawiska fotoinhibicji w liściach buków rosnących w warunkach intensywnego nasłonecznienia (powyżej 15% ażurowości), co uwidoczniło się obniżeniem ETR_{MAX} , F_v/F_m , $PPFD_{SAT}$ oraz P_N .

Uzyskane dane sugerują zintensyfikowaną aktywność fotosyntetyczną u podrostu na terenie lasu gospodarczego Nadleśnictwa Kielce w porównaniu z Obwodem Ochronnym Święta Katarzyna (ŚPN). Ponadto w lesie gospodarczym odnotowano większą liczbę stanowisk o korzystnych fizjologicznie warunkach świetlnych dla badanych drzew.

Rytmika rozwojowa wybranych azjatyckich gatunków klonów (*Acer* L.) z kolekcji Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Mateusz Sowelo

Ogród Botaniczny Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Dąbrowskiego 165,
60-594 Poznań, matsow@amu.edu.pl

Fenologia jako dziedzina nauki skupia swą uwagę na zjawiskach okresowo powtarzających się w przyrodzie. W przypadku roślin jest to chociażby listnienie, kwitnienie czy też owocowanie wraz z rozsiewaniem. Na podstawie uzyskanych wyników można określić stopień adaptacji obcych gatunków roślin do warunków panujących w miejscu uprawy. Jest to szczególnie istotne dla ogrodów botanicznych i arboretów, gdyż jednym z zadań takich właśnie placówek jest aklimatyzacja nowych taksonów roślin.

Badania fenologiczne w Ogrodzie Botanicznym UAM prowadzone są już od kilkudziesięciu lat. Przez kolejne dekady stopniowo obejmowano nimi nowo pozyskane taksony. Zebrane przez lata wyniki umożliwiają prześledzenie cyklu rozwojowego roślin, a w szczególności sprawdzenie, czy badane rośliny przechodzą kompletną fazę generatywną. Jest to niezwykle istotny wskaźnik w ocenie aklimatyzacji roślin.

Spośród ponad siedmiu tysięcy taksonów, które znajdują się w kolekcji Ogrodu, rodzaj *Acer* liczy blisko 40 przedstawicieli w randze gatunku. Jednocześnie szacuje się, że na świecie występuje ponad 120 gatunków klonów, z czego największa ich liczba przypada na region Azji Wschodniej.

Niniejsza praca przedstawia wyniki badań fenologicznych z sezonu wegetacyjnego 2017 r. Obserwacjami objęto pięć azjatyckich gatunków klonów: *Acer davidii* Franch. (sprowadzony do kolekcji Ogrodu w 1969 r.), *A. truncatum* Bunge (pożyczony w 1981 r.), *A. palmatum* Thunb. (rosnący w Ogrodzie od 1979 r.), *A. rufrum* Siebold & Zucc. (sprowadzony w 1969 r.) oraz *A. shirasawanum* Koidz., który wzbogacił kolekcję Ogrodu w 1949 r. Stanowiska naturalne pierwszych dwóch wymienionych gatunków znajdują się w Chinach, przy czym klon ściętolistny (*A. truncatum*) spotykany jest przede wszystkim na północy kraju, także w Mongolii i Mandżurii, a klon Davida swym zasięgiem obejmuje również terytorium Mjanmy. Zasięg pozostałych trzech gatunków rozciąga się na Wyspy Japońskie, a ponadto klon palmowy rośnie na Półwyspie Koreańskim.

Obserwacje fenologiczne przeprowadzono zmodyfikowaną przez Łukasiewicza metodą Szennikova. Każdy gatunek w badaniach reprezentowany jest przez jeden egzemplarz rośliny. W metodzie wyróżnione są fazy listnienia wraz z jesiennym przebarwianiem się liści, kwitnienia oraz owocowania wraz z rozsiewaniem się rośliny. W każdej fazie wskazywano początek i koniec pojawu. Dodatkowo w okresie jesiennego wybarwiania się liści, kwitnienia, dojrzewania owoców i rozsiewania nasion odnotowywano daty pełni każdego z tych zjawisk.

Stwierdzono, że *A. rufrum* oraz *A. shirasawanum* nie przechodzą pełnej fazy generatywnej. Rośliny kwitną, ale klon rdzawy nie zawiązuje owoców, podczas gdy klon Shirasawy wykształca je, ale wszystkie opadają jeszcze przed dojrzewaniem. W przypadku *A. davidii*, *A. palmatum* i *A. truncatum* zaobserwowano pełny rozwój rośliny. Warto także nadmienić, że klon Davida odnawia się samosiewnie w miejscu uprawy, co wskazuje na jego pełne przystosowanie się do warunków Ogrodu Botanicznego. Żaden z badanych klonów w roku obserwacji nie zrzucił przedwcześnie liści. W 2017 r. suma opadów na terenie Poznania wyniosła 668 mm, co stanowi wynik większy mniej więcej o 150 mm od średniej wieloletniej. Zważywszy, że naturalne stanowiska badanych klonów znajdują się w regionach z nierzadko dwukrotnie większą roczną sumą opadów w porównaniu z Poznaniem, można wnioskować, że wszystkie gatunki w stopniu zadowalającym znoszą suchszy klimat. Również zima na przełomie 2017 i 2018 r., z temperaturą spadającą kilkakrotnie do około -15°C , nie spowodowała żadnych uszkodzeń badanych okazów klonów. Ponadto *A. palmatum* wiosną 2018 r. wykazał się nadzwyczaj obfitym kwitnieniem, co warto podkreślić, gdyż gatunek zaliczany jest do roślin wrażliwych na niską temperaturę.

Podsumowując, można stwierdzić, że aklimatyzacja azjatyckich gatunków klonów przebiega pozytywnie. Badane rośliny w znacznym stopniu zaadaptowały się do warunków Ogrodu Botanicznego UAM.

Wpływ obcego gatunku drzewa – dębu czerwonego (*Quercus rubra* L.) na wybrane parametry chemiczne i mikrobiologiczne gleby

Małgorzata Stanek*, Anna M. Stefanowicz

Instytut Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk, ul. Lubicz 46,
31-512 Kraków, *m.stanek@botany.pl

Celem badań było określenie wpływu obcego gatunku drzewa – dębu czerwonego (*Quercus rubra*) na wybrane parametry chemiczne i mikrobiologiczne dwóch poziomów gleby w porównaniu z wpływem roślinności rodzimej w półnaturalnych lasach południowej Polski.

W 2017 r. wytypowano 19 stanowisk badawczych w półnaturalnych lasach Małopolski oraz Śląska. Każde stanowisko obejmowało dwa poletka (po 100 m²): z dominującym *Q. rubra* (90% pokrycia) oraz kontrolne – z roślinnością rodzimą. Zwracano uwagę, aby poletka w obrębie stanowiska znajdowały się w optymalnej odległości od siebie, tzn. na tyle blisko, by uniknąć różnic w wyjściowych parametrach gleby spowodowanych przez czynniki inne niż roślinność, a jednocześnie wykluczyć wpływ dębu czerwonego na poletko kontrolne (siewki, opadające liście itp.).

W pierwszej kolejności pobrano próby gleby z poziomu organiczno-mineralnego (A) w celu oceny składu granulometrycznego oraz gęstości objętościowej gleby. Test *t* dla prób zależnych wykazał, że gleby nie różnią się istotnie ($p > 0,05$) pod względem tych parametrów pomiędzy poletkami z dębem czerwonym i roślinnością rodzimą.

Jesienią 2017 r. na każdym poletku pobrano próby gleby z dwóch poziomów: organicznego (O) oraz organiczno-mineralnego (A) do głębokości około 15 cm (w sumie 76 prób). Gleby scharakteryzowano pod względem pH, zawartości C organicznego i N ogólnego oraz biomasy mikroorganizmów, w tym bakterii (również bakterii G+ i G-) i grzybów. Biomase mikroorganizmów zmierzono z wykorzystaniem analizy fosfolipidowych kwasów tłuszczowych (PLFA).

Split-plot ANOVA wykazała istotny wpływ dębu czerwonego na większość badanych właściwości chemicznych i mikrobiologicznych gleby w porównaniu z roślinnością rodzimą (tab. 1). Biomasa mikroorganizmów była niższa pod dębem czerwonym niż pod roślinnością rodzimą, co wynikało ze zmniejszenia biomasy bakterii glebowych. Obecność dębu czerwonego nie oddziaływała istotnie na biomase grzybów, prowadziła jednak do zmiany struktury zespołu mikroorganizmów (wzrost stosunku grzyby:bakterie).

Zaobserwowano również istotny ($p < 0,05$) wpływ dębu czerwonego na ilość C organicznego i N ogólnego w glebie. Wartości tych parametrów były niższe pod dębem czerwonym. Stwierdzono występowanie istotnych ($p < 0,001$) różnic pomiędzy poziomami gleby, czyli warstwą organiczną (O) i organiczno-mineralną

(A). Poziom O charakteryzował się wyższymi wartościami badanych parametrów (tab. 1).

Uzyskane wyniki wskazują, że dąb czerwony może znacznie zmieniać parametry chemiczne i mikrobiologiczne gleby. Dąb czerwony wpływa negatywnie na biomasa bakterii, co powoduje zmiany w strukturze zespołu mikroorganizmów glebowych. Może to prowadzić do zmian w funkcjonowaniu środowiska glebowego, na przykład w rozkładzie martwej materii organicznej i krążeniu pierwiastków. Oddziaływanie dębu na bakterie może wynikać ze specyficznych właściwości produkowanej materii organicznej, na przykład wysokiej zawartości związków fenolowych. Prowadzone są dalsze badania w celu odpowiedzi na te pytania.

Tabela 1. Wpływ dębu czerwonego oraz poziomu gleby na parametry chemiczne i mikrobiologiczne gleby (N=19). Efekt interakcji dąb czerwony $\times$ poziom gleby był nieistotny ($p>0,05$) dla wszystkich parametrów

	Poziom	Dąb czerwony Średnia $\pm$ SD	Kontrola Średnia $\pm$ SD	Efekt dębu czerwonego	Efekt poziomu gleby
Biomasa mikroorganizmów (nM g ⁻¹)	O	2727 $\pm$ 386	3359 $\pm$ 403	p<0,001	p<0,001
	A	288 $\pm$ 101	455 $\pm$ 144		
Biomasa bakterii (nM g ⁻¹)	O	844 $\pm$ 150	1265 $\pm$ 273	p<0,001	p<0,001
	A	138 $\pm$ 55	220 $\pm$ 78		
Biomasa bakterii G+ (nM g ⁻¹)	O	223 $\pm$ 61	399 $\pm$ 144	p<0,001	p<0,001
	A	63 $\pm$ 30	99 $\pm$ 40		
Biomasa bakterii G- (nM g ⁻¹)	O	513 $\pm$ 105	716 $\pm$ 136	p<0,001	p<0,001
	A	65 $\pm$ 23	107 $\pm$ 40		
Biomasa grzybów (nM g ⁻¹)	O	455 $\pm$ 167	441 $\pm$ 158	p=0,171	p<0,001
	A	21 $\pm$ 9	28 $\pm$ 12		
Grzyby:bakterie	O	0,56 $\pm$ 0,23	0,38 $\pm$ 0,20	p=0,017	p<0,001
	A	0,16 $\pm$ 0,04	0,14 $\pm$ 0,01		
C organiczny (%)	O	48 $\pm$ 13	48 $\pm$ 7	p=0,034	p<0,001
	A	5,3 $\pm$ 3,7	7,3 $\pm$ 4,5		
N ogólny (%)	O	1,48 $\pm$ 0,31	1,77 $\pm$ 0,36	p<0,001	p<0,001
	A	0,22 $\pm$ 0,16	0,33 $\pm$ 0,18		
pH	O	5,13 $\pm$ 0,43	5,15 $\pm$ 0,52	p=0,825	p<0,001
	A	4,42 $\pm$ 0,46	4,43 $\pm$ 0,65		

Badania sfinansowano ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach projektu 2016/23/N/NZ8/02778 „Wpływ obcego gatunku drzewa – dębu czerwonego (*Quercus rubra* L.) na właściwości fizykochemiczne gleby i zespoły mikroorganizmów glebowych oraz roślinność leśną”.

Składamy serdeczne podziękowania Elżbiecie Chrzanowskiej i Angelice Banaś oraz wszystkim Pracownikom Stacji Terenowej Zakładu Ekologii Instytutu Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk w Szarowie.

Zmiana zawartości reaktywnych form tlenu oraz reduktaz sulfotlenku metioniny w podsuszanych nasionach klonu zwyczajnego (*Acer platanoides* L.)

Ewelina Stolarska^{1*}, Karolina Bilaska¹, Natalia Wojciechowska²,
Ewa M. Kalemba¹

¹Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik,
*ewelina.stolarska89@gmail.com

²Zakład Botaniki Ogólnej, Instytut Biologii Eksperymentalnej, Wydział Biologii, Uniwersytet
im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Umultowska 89, 61-614 Poznań

Reaktywne formy tlenu (RFT) są naturalnym produktem metabolizmu nasion. Powstają w wyniku niekompletnej lub częściowej redukcji tlenu, która prowadzi do wytworzenia anionorodnika ponadtlenkowego ($O_2^{\cdot-}$), nadtlenku wodoru (H_2O_2), a ostatecznie rodnika hydroksylowego ($\cdot OH$). Są to reakcje egzoergiczne i mogą zachodzić spontanicznie. Przez długi czas zakładano, że RFT mają jedynie negatywny wpływ na żywotność nasion. Wykazują one ogromną reaktywność, a co za tym idzie – modyfikują struktury i funkcje wielu składników komórkowych, m.in. prowadzą do oksydacji lipidów, upośledzenia funkcji enzymów, białek transportujących i kanałów jonowych, uszkodzenia struktur kwasów nukleinowych, co prowadzi do uszkodzenia lub śmierci komórki. Nadmiar RFT prowadzi do stresu oksydacyjnego, dlatego bardzo istotne są systemy antyoksydacyjne: enzymatyczne (katalazy, peroksydazy i dysmutazy ponadtlenkowe) i nieenzymatyczne (tokoferole, kwas askorbinowy czy niektóre związki fenolowe). Mimo wielu negatywnych skutków, jakie powodują RFT, wiele badań wykazało, że odgrywają pozytywną rolę w fizjologii nasion, funkcjonują jako cząsteczki sygnałowe, zarówno we wczesnej embriogenezie, desykcji, starzeniu, jak i obronie przed patogenami. Charakter RFT zależy od ich stężenia: przy niskim funkcjonują jako cząsteczki sygnałowe, a przy wysokim wykazują działanie toksyczne.

Aminokwasy zawierające siarkę (cysteina i metionina) są szczególnie podatne na utlenianie. W wyniku utleniania metioniny powstaje sulfotlenek metioniny (MetSO). Utlenianie reszt aminokwasowych w białkach nie uważa się za szkodliwe, a stanowi potranslacyjną modyfikację ich aktywności. Utlenianie metioniny zachodzi przy udziale RFT. Organizmy tlenowe, narażone na stres oksydacyjny, wykształciły w toku ewolucji mechanizmy przeciwdziałające utlenianiu metioniny. Redukcja MetSO do Met zachodzi przy udziale reduktaz sulfotlenku metioniny (Msrs). MsrA jest specyficzna dla epimeru S MetSO, a MsrB dla epimeru R. Większość genów *msrA* i *msrB* koduje białka o masie odpowiednio 25 i 15 kDa. Ekspresja genów *msr* różni się w zależności od lokalizacji w roślinie, a także od warunków środowiska. Wiele prac wykazuje ważną rolę roślinnych Msrs w obronie przed patogenami, a także ich działanie jako przekaźników sygnałów międzykomórkowych. Większość prac nad Msrs dotyczy całych roślin lub ich części, nieliczne tylko zajmują się nasionami.

W badaniach zostały wykorzystane nasiona klonu zwyczajnego (*Acer platanoides*) należące do typu *orthodox*, czyli odporne na desykację. Po zebraniu nasion z drzewa ich wilgotność wynosiła 50%; następnie były one podsuszane do wilgotności 10%. Nasiona o wilgotności 50, 40, 30, 20 i 10% były poddawane pomiarom trzech RFT: anionorodnika ponadtlennkowego, nadtlenu wodoru i rodnika hydroksylowego. Dwie izoformy MsrB: MsrB1 i MsrB2 były badane metodą Western blot, przeprowadzono także ich lokalizację tkankową metodą immunocytochemiczną.

W trakcie desykacji nasion poziom anionorodnika ponadtlennkowego i rodnika hydroksylowego malał wraz ze spadkiem zawartości wody w nasionach. Natomiast zawartość nadtlenu wodoru malała na początku desykacji (najniższy poziom wykazały nasiona wilgotności 30%), a następnie rosła i wykazywała najwyższy poziom w nasionach z 10-procentową wilgotnością. Poziom białka MsrB2 był wyższy w osiach zarodkowych niż liścieniach, ale nie różnił się istotnie pomiędzy wariantami 50, 40, 30, 20 i 10%. Natomiast białko MsrB1 nie zostało zaobserwowane. Intensywny sygnał białek MsrB2 lokalizowany był w komórkach miękiszowych oraz na terenie rozwijających się wiązek przewodzących osi zarodkowych klonu zwyczajnego. W liścieniach białka MsrB1 obecne były w komórkach epidermy i w komórkach miękiszowych. Zastosowanie mikroskopu konfokalnego umożliwiło uwidocznienie białek MsrB1, które nie są wykrywane metodą Western blot. Białka MsrB1 charakteryzowały się podobnym wzorcem lokalizacji, ale intensywność była słabsza niż MsrB2.

Desykacja nasion wpływa istotnie na poziom reaktywnych form tlenu, co świadczy o zaburzeniu równowagi metabolicznej wynikającej z częściowego odwodnienia komórek. Tolerancja nasion klasy *orthodox* na desykację wynika częściowo ze zdolności komórek do wymiatania RFT. W trakcie desykacji poziom MsrB2 nie malał wraz z utratą wody przez nasiona, co wskazuje, że enzym ten jest ważny dla niwelowania stresu oksydacyjnego na każdym etapie podsuszania.

Projekt jest finansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki (grant nr 2015/18/E/NZ9/00729).

Rośliny drzewiaste w wielkomiejskiej przestrzeni Wrocławia

Elżbieta Szopińska¹, Anna Gizowska², Sylwia Wiercholska³

¹*Instytut Architektury Krajobrazu, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji,
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Grunwaldzka 55, 50-357 Wrocław,
elzbieta.szopinska@upwr.edu.pl*

²*Centrum Naukowe Zarządzania Ryzykiem Środowiskowym i Monitoringu Ekosystemów,
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław*

³*Samodzielna Katedra Biosystematyki, Wydział Przyrodniczo-Techniczny, Uniwersytet Opolski,
ul. Oleska 22, 45-052 Opole*

Intensywny rozwój urbanistyczny współczesnych miast, a głównie komunikacji w aglomeracjach miejskich, powoduje często utratę istniejących struktur zieleni wysokiej. Konieczne staje się więc poszukiwanie i stosowanie w procesie planowania, projektowania i realizacji rozwiązań kompleksowych, uwzględniających element zieleni jako równoprawny element w przestrzeni miejskiej. Ze względu na funkcje, jakie rośliny drzewiaste pełnią w środowisku miejskim (m.in. zatrzymywanie wód opadowych, zmniejszanie amplitudy temperatur, wpływ na skład powietrza atmosferycznego czy tworzenie siedlisk życia dla zwierząt), ich usunięcie wpływa niekorzystnie na (mikro)klimat miejsca, a w większej skali na klimat lokalny i estetykę miasta. Utrata w pełni dojrzałych drzew i krzewów to straty nie tylko dla kompozycji przestrzennej, ale przede wszystkim dla środowiska i przyrody, a także znaczne pogorszenie jakości życia mieszkańców miasta. Prezentowane rozwiązania w zakresie kształtowania zieleni towarzyszącej miejskim trasom komunikacyjnym jest odpowiedzią na obserwowane niepokojące zmiany w tym zakresie. Brak zieleni wysokiej (drzew i krzewów) wzdłuż dróg lub też jej niewielki wymiar przestrzenny jest zjawiskiem bardzo negatywnym w odniesieniu do zagadnień właściwego kształtowania środowiska życia mieszkańców miasta, i wynika często z przyjmowania jak najprostszych (wręcz minimalistycznych) rozwiązań na poziomie projektowym, organizacyjnym i realizacyjnym, często z wykluczeniem takich roślin. Prawidłowe zarządzanie zielenią już istniejącą w terenie objętym zainwestowaniem, właściwe rozpoznanie uwarunkowań oraz prawidłowy dobór gatunków stanowią gwarancję dobrego rozwoju roślin oraz zapewniają w przyszłości kompensację strat spowodowanych wycinką istniejących. Zastosowane gatunki roślin w nowym zagospodarowaniu nie zawsze prawidłowo dostosowane są do miejsca, co skutkuje ich zamieraniem, dlatego zagadnienia doboru roślin drzewiastych stanowią istotny element procesu urbanizacji i planowania przestrzennego, zarówno w ujęciu przestrzennym, przyrodniczym, klimatycznym, społecznym, jak i ekonomicznym.

Wrocław należy do miast uprzywilejowanych pod względem klimatycznym, dlatego też w założeniach zieleni miasta, szczególnie historycznych, odnaleźć można wiele gatunków obcego pochodzenia, niespotykanych lub rzadko spotykanych w publicznych terenach zieleni innych miast Polski. Proponowany prze-

gląd gatunków sporządzony został w oparciu o wieloletnie badania i obserwacje dendroflory Wrocławia, głównie w odniesieniu do stanu sanitarnego drzew występujących w różnych typach terenów zieleni. Propagowany przez jednostki administracji miejskiej skład gatunkowy roślinności wysokiej powinien ulec weryfikacji z uwagi na: problemy inwazji, zmiany klimatu i funkcje biocenotyczne drzew w przestrzeni miejskiej. Zakres prezentowanych informacji stanowi więc syntetyczny zbiór danych przydatnych w procesie planowania i projektowania terenów zieleni miasta.

Biomasa korzeni drobnych i związana z nią pula węgla i biogenów w glebach technogenicznych pod olszami (*Alnus* sp.)

*Bartłomiej Świątek^{1*}, Bartłomiej Woś¹, Marcin Chodak²,
Marcin Pietrzykowski¹*

¹Zakład Ekologii Lasu i Rekultywacji, Instytut Ekologii i Hodowli Lasu, Wydział Leśny,
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków,
^{*}bartek.swiatek15@gmail.com

²Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii
Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, al. Mickiewicza
30, 30-059 Kraków

Celem pracy było określenie biomasy korzeni drobnych oraz związanej z nią puli węgla i biogenów wchodzących w obieg z tą frakcją korzeni pod nasadzeniami fitomelioracyjnymi olsz (*Alnus* sp.) na glebach technogenicznych powstających na rekultywowanych terenach poprzemysłowych. Prace prowadzono na stałych powierzchniach doświadczalnych na składowisku odpadów paleniskowych po spalaniu węgla brunatnego oraz na wyrobisku popiaskowym zbudowanym z jałowych piasków i porównawczo na naturalnych siedliskach olsz w Bieszczadach (KN-B). Na składowisku odpadów paleniskowych testowano trzy gatunki olsz (olszę czarną, o. szarą i o. zieloną) nasadzone w 2006 r. w trzech wariantach z dodatkiem substratów ulepszających w dołkach sadzeniowych: miału węgla brunatnego (EI-B-WB), mioczeńskiego piasku kwaśnego (EI-B-P) i wariantu kontrolnego (popiół bez dodatków EI-B-K). Na wyrobisku popiaskowym (EII-S) testowano wariant nasadzeń z olszą czarną i o. zieloną. Stwierdzono, że największy przyrost biomasy korzeni drobnych wystąpił na EII-S i był on istotnie większy od przyrostu korzeni drobnych na KN-B, EI-B-K i EI-B-WB. Przyrost korzeni drobnych zależał między innymi od zasobności gleb w składniki pokarmowe i wynosił średnio: 10,72 Mg/ha na glebach piaszczystych, 3,31 Mg/ha na odpadach paleniskowych i 2,15 Mg/ha na glebach naturalnych siedlisk. Na składowisku odpadów paleniskowych największy przyrost (4,39 Mg/ha) wystąpił na EI-B-P, a najmniejszy na

EI-B-K (2,40 Mg/ha). Akumulacja C związana z frakcją korzeni drobnych w cyklu rocznym wyniosła od 0,56 do 6,00 Mg/ha, N od 0,007 do 0,12 Mg/ha, a pozostałych biogenów (K i P) do kilkunastu kg/ha. Na naturalnych siedliskach olsz akumulacja węgla wynosiła od 0,57 do 1,15 Mg/ha, azotu od 0,02 do 0,04 Mg/ha, a pozostałych biogenów (K i P) wynosiła około kilkunastu kg/ha.

Badania finansowano przez Narodowe Centrum Nauki w ramach grantu nr 2015/17/B/ST10/02712.

Tajemnica śmierci olsz z Sierakowa zapisana w drewnie

Mirela Tulik¹, Adam Grochowina[†], Joanna Jura-Morawiec², Szymon Bijak³

¹Samodzielny Zakład Botaniki Leśnej, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, mirela.tulik@wl.sggw.pl

²Samodzielna Pracownia Struktury Roślin w Mikołowie, Polska Akademia Nauk Ogród Botaniczny – CZRB w Powsinie, ul. Prawdziwka 2, 02-973 Warszawa

³Samodzielna Pracownia Dendrometrii i Nauki o Produktowności Lasu, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

Chorobowe zamieranie olsz po raz pierwszy odnotowano w Wielkiej Brytanii na początku lat 80. ubiegłego wieku, a następnie na terenach Francji, Austrii i Niemiec. Choroba szybko rozprzestrzeniała się wzdłuż cieków wodnych, powodując wysoką śmiertelność drzew rosnących w bliskim sąsiedztwie wody. W Polsce zamieranie olsz notowane jest od początków XXI w., a za sprawcę rozwoju symptomów chorobowych uznaje się *Phytophthora alni* subsp. *alni*. Nie bez znaczenia dla rozwoju zjawiska wydają się czynniki pogodowe, na liczebność fitoftory wpływa bowiem temperatura i ilość opadów. Utrzymująca się niska temperatura zimą i chłodne lato mogą przyczynić się do obniżenia liczebności jej populacji.

Retrospektywną analizę zaawansowania symptomów chorobowych może dać drewno, stanowi ono bowiem trwałą w czasie i przestrzeni zapis zmian środowiskowych.

Celem badań było określenie stopnia modyfikacji struktury tkanki drzewnej olsz różniących się stanem zdrowotnym i wskazanie tego jej biometrycznego parametru, który najlepiej odzwierciedla zaawansowanie choroby olsz.

Powierzchnia z zamierającym drzewostanem olszowym zlokalizowana była w Obwodzie Ochronnym Sieraków w obrębie Nadleśnictwa Laski, Kampinoskiego Parku Narodowego. Na podstawie defoliacji korony i martwicy kambium wybrano 15 olsz (*Alnus glutinosa*), które zaklasyfikowano do trzech grup zdrowotnych, tj. grupy drzew zdrowych, zamierających i martwych. Każda grupa reprezentowana była przez pięć olsz, których średni wiek pierśnicowy wynosił 40 lat. Późnym latem 2016 r. materiał w postaci krążków drewna pobrano z pnia

wybranych drzew, z wysokości 1,3 m od gruntu. Po zastosowaniu standardowej procedury preparatyki drewna przygotowano przekroje poprzeczne. Na ich podstawie zmierzono: szerokość słoju rocznego i średnicę naczyń (zawsze wszystkich w polu widzenia, jakie daje obiektyw powiększający 10×). Uzyskane serie przyrostowe wydatowano i skorelowano z danymi dotyczącymi zmian poziomu wody gruntowej.

Wyróżnione klasy zdrowotności olsz nie różnią się istotnie pod względem średniej szerokości słoja przyrostu rocznego ($F=2,36$; $p=0,10$), a zmiany tego parametru z wiekiem drzew charakteryzują się dużą zgodnością. Uwagę zwraca synchroniczność negatywnych i pozytywnych lat wskaźnikowych (odpowiednio 1989, 1992, 2000, 2006 oraz 2002, 2005). Wykazano, że na szerokość słoja przyrostu rocznego wpływa poziom wody gruntowej – im płycej ona zalega, tym węższy słoje jest tworzone. Również amplitudy poziomu wód gruntowych, tj. różnica między najpłytszym a najgłębszym poziomem wody w ciągu roku, ma znaczenie dla przyrostu olsz. Niskie wartości amplitudy poziomu wody gruntowej przyczyniają się do tworzenia węższych przyrostów rocznych, co szczególnie obserwowano u olsz z grupy drzew martwych. Wykazano, że stan zdrowotny drzew lepiej różnicuje przeciętna średnica naczyń ($F=4,06$; $p=0,02$). Drewno olsz z klasy drzew zdrowych zawiera istotnie większe naczynia niż drzew zamierających i martwych.

Wnioskujemy, że przyczyną zamierania olsz było długotrwałe podtopienie komórek systemu korzeniowego drzew, co ograniczało dostępność tlenu, a na poziomie tkanki drzewnej skutkowało tworzeniem wąskich słoju rocznych.

Autorzy dziękują Dyrekcji Kampinoskiego Parku Narodowego za wyrażenie zgody na przeprowadzenie badań oraz udostępnienie danych monitoringu poziomu wody gruntowej.

Automat do skaryfikacji i sortowania żołądźi na podstawie topografii zmian mumifikacyjnych

*Paweł Tylek^{1*}, Józef Walczyk¹, Tadeusz Juliszewski², Paweł Kiełbasa²,
Ryszard Tadeusiewicz³, Mirosław Jabłoński³, Adam Piłat³,
Florian Adamczyk⁴, Jan Szczepaniak⁴, Michał Szaroleta⁴*

¹Instytut Użytkowania Lasu i Techniki Leśnej, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków, *rtylek@cyf-kr.edu.pl

²Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, ul. Balicka 116 b, 30-149 Kraków

³Katedra Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, al. A. Mickiewicza 30, Pawilon C-3, 30-059 Kraków

⁴Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu, ul. Starołęcka 31, 60-963 Poznań

Na przyspieszenie i wyrównanie wschodów nasion dębów wpływa skaryfikacja nasion polegająca na zniszczeniu lub osłabieniu okrywy nasiennej. W przypadku żołądźi stosuje się powszechnie skaryfikację mechaniczną polegającą na obcięciu nasiona od strony znamienia (dystalnej) o 1/5 do 1/3 długości. Tylko w Polsce uszlachetnianych jest tym sposobem kilkadziesiąt milionów nasion rocznie. Trwa to zazwyczaj mniej więcej przez trzy miesiące – od stycznia do marca. Ta żmudna i monotonna praca wymaga zatrudnienia kilkunastu osób w każdej ze szkółek uprawiających sadzonki dębu. Wartością dodaną stosowania skaryfikacji żołądźi jest możliwość wizualnej oceny stanu zdrowotnego liścieni uwidoczniionych na przekroju, co pozwala wnioskować o potencjalnej przydatności nasion do siewu. Dzięki temu istnieje możliwość zwiększenia połowej zdolności kiełkowania – poprzez przedświewne odrzucenie nasion nekrotycznych – mniej więcej o 30%.

Uciążliwość ręcznej skaryfikacji oraz uznaniowość rozpoznawania stanu zdrowotnego żołądźi skłoniły autorów pracy do podjęcia próby zbudowania urządzenia do automatyzacji tych procesów. Działanie automatu można opisać następująco: nasiono podawane wibracyjnie przez podajnik trafia na przenośnik, gdzie jest skanowane przez pierwszy system wizyjny w celu uzyskania informacji o jego długości i orientacji. Nasiona zorientowane poprawnie przechodzą przez kanał rotatora wprost do pozycjonera. Te ustawione niepoprawnie są obracane w rotatorze o 180°, tak żeby po obrocie korzeń zarodkowy znajdował się z przodu zgodnie z kierunkiem transportowania żołądźi. Nasiona prawidłowo ustawione wpadają grawitacyjnie do pozycjonera, gdzie ustawiane są w pozycji pionowej. Następnie krzywka pozycjonera podnosi lub opuszcza żołądźi w taki sposób, żeby miejsce, w którym powinien on być przecięty, znajdowało się zawsze na odpowiednim poziomie. Dalej nasiono poddawane jest procesowi skaryfikacji przez wirujące noże oraz kierowane do automatycznej oceny zdrowotności przez kolejny system wizyjny. Na tym etapie rejestrowany i analizowany jest barwny obraz przekrojów liścieni. Rozpoznawanie obrazu polega na określeniu stopnia zmian chorobowych w oparciu o kolor i intensywność pikseli obrazu przekroju.

Te zaś, za pomocą metod widzenia maszynowego, pozwalają oszacować zdrowotność każdego z przetwarzanych nasion. Na tej podstawie można sortować je na zepsute, nadpsute oraz zdrowe, tj. przeznaczone do siewu kontenerowego.

Metody statystyczne oceny dynamiki fenologii kiełkowania nasion dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.)

Joanna Ukalska^{1*}, Szymon Jastrzębowski²

¹Katedra Ekonometrii i Statystyki, Zakład Biometrii, Wydział Zastosowań Informatyki i Matematyki, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, *joanna_ukalska@sggw.pl

²Laboratorium Oceny Nasion, Zakład Hodowli Lasu i Genetyki Drzew Leśnych, Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

Fenologię kiełkowania można analizować, gdy w trakcie eksperymentu prowadzono wielokrotne obserwacje kiełkowania nasion. W przypadku nasion roślin drzewiastych obserwacje można prowadzić codziennie lub co kilka dni w równych bądź nierównych odstępach czasu. W podanych sytuacjach sposób analizy dynamiki kiełkowania będzie nieco inny. Celem pracy jest pokazanie metody oceny dynamiki kiełkowania przy codziennych obserwacjach.

Kiełkowanie żołędzi przeprowadzono dla dwóch populacji występujących w różnych warunkach klimatycznych (Krotoszyn – wpływ klimatu atlantyckiego, Strzelce – wpływ klimatu kontynentalnego) i pięciu wariantów temperaturowo-wilgotnościowych (kontrola P0 – warunki przeciętne, P1 – zimno–sucho, P2 – zimno–mokro, P3 – ciepło–sucho, P4 – ciepło–mokro). W każdym wariancie jedną populację reprezentowało 60 nasion. Obserwacje i zliczanie kiełkujących nasion (hipokotyli) wykonywano codziennie przez cały okres doświadczenia, tj. przez 74 dni.

Analizowana zmienna zależna była binarna (1 – nasiono wykiełkowało, 0 – nasiono nie wykiełkowało). Planowo, w pierwszej kolejności, analiza miała uwzględniać model dwukierunkowej (populacja i wariant) klasyfikacji krzyżowej w celu stwierdzenia istotności różnic między badanymi populacjami, wariantami i interakcją populacja×wariant. Następnie planowano wyznaczenie funkcji regresji dla każdej kombinacji populacja×wariant oddzielnie. Ze względu na to, że w jednej kombinacji (Krotoszyn P1) żadne nasiono nie wykiełkowało, jedna podklasa w układzie klasyfikacji dwukierunkowej była pusta. Dlatego analizę dynamiki przeprowadzono według modelu jednokierunkowego uwzględniającego każdą z pozostałych dziewięciu kombinacji. Stwierdzono istotne różnice pomiędzy tempem kiełkowania nasion dla badanych kombinacji ($p < 0,001$). Wyznaczono funkcje regresji logistycznej dla skumulowanej zdolności kiełkowania CG

w czasie t postaci $CG = \exp(\eta)/(1 + \exp(\eta))$, gdzie $\eta = \beta_0 + \beta_1 t$ (β_0 – stała regresji, β_1 – współczynnik regresji). Dla każdej funkcji sprawdzano jakość dopasowania m.in. za pomocą dewiancji $D = 2 \sum_i O_i \ln(O_i/E_i)$, gdzie O_i jest obserwowaną, a E_i oczekiwaną liczbą wykiełkowanych nasion w i -tym dniu. Dla dewiancji wartość $p \leq 0,05$ wskazuje na to, że dopasowany model regresji logistycznej nie jest najlepszym możliwym modelem, nawet jeśli jest istotny (odrzucono hipotezę $H_0: \beta_1 = 0$) i jego dopasowanie, mierzone za pomocą współczynnika determinacji R^2 właściwego dla modeli uogólnionych, jest duże. W takim przypadku dopasowywano funkcję logistyczną drugiego stopnia, gdzie $\eta = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2$. Funkcje drugiego stopnia charakteryzowały się lepszymi własnościami statystycznymi (tab. 1) i lepiej opisywały skumulowaną zdolność kiełkowania na tym etapie eksperymentu, kiedy kiełkowało najwięcej nasion aż do momentu wykiełkowania prawie wszystkich, które wykiełkowały w danej kombinacji. Natomiast po tym etapie dopasowanie było gorsze, co wynika z własności funkcji kwadratowej (wykres paraboliczny). Jednakże postać krzywej regresji dla fazy po wykiełkowaniu prawie wszystkich nasion nie jest tak ważna, jak jej dopasowanie we wcześniejszych fazach eksperymentu. Na podstawie uzyskanych funkcji wyznaczono czas do wykiełkowania 50% nasion T50 (tab. 1).

Obliczenia wykonano za pomocą procedury LOGISTIC programu SAS 9.3.

Tabela 1. Wyniki analizy logistycznej skumulowanej zdolności kiełkowania nasion dębu szypułkowego dla dziewięciu kombinacji populacja $\times$ wariant, czcionką pogrubioną zaznaczono model wybrany (P_D – istotność dewiancji, χ^2 – wartość statystyki testowej ilorazu wiarygodności dla hipotezy $H_0: \beta_1 = 0$, R^2 – przeskalowany uogólniony współczynnik determinacji; T50 – czas do wykiełkowania 50% nasion)

Kombinacja	Model liniowy				Model kwadratowy				T50 (dni)
	P_D	χ^2	p	R^2	P_D	χ^2	p	R^2	
KrotoszynP4	<0,001	2634	<0,001	85,3%	0,91	3016	<0,001	94,0%	33
KrotoszynP3	<0,001	3308	<0,001	90,0%	1,00	3656	<0,001	96,1%	36
KrotoszynP2	1,00	103	<0,001	34,0%	1,00	104	<0,001	34,4%	125,4
KrotoszynP0	0,02	3207	<0,001	94,3%	0,42	3234	<0,001	94,8%	46,7
StrzelceP4	0,87	3914	<0,001	97,3%	0,99	3925	<0,001	97,5%	27,6
StrzelceP3	<0,001	3256	<0,001	91,0%	1,00	3505	<0,001	95,6%	31,5
StrzelceP2	0,41	222	<0,001	44,6%	0,96	244	<0,001	48,9%	99,6
StrzelceP1	0,48	371	<0,001	62,2%	0,97	392	<0,001	65,6%	87
StrzelceP0	<0,001	3177	<0,001	92,1%	1,00	3350	<0,001	95,5%	37,3

Sukcesja zgrupowań roztoczy (*Acari*, *Mesostigmata*) na różnych etapach dekompozycji liści drzew w drzewostanach rosnących na rekultywowanym zwałowisku pokopalnianym i terenach leśnych

Cezary K. Urbanowski^{1*}, Paweł Horodecki², Jacek Kamczyc¹,
Maciej Skorupski¹, Andrzej M. Jagodziński^{1,2}

¹Katedra Łowiectwa i Ochrony Lasu, Wydział Leśny, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Wojska Polskiego 71d, 60-625 Poznań, *cezar.u93@gmail.com

²Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik

Jedną z grup taksonomicznych zwierząt żyjących w glebie, istotnie przyspieszającą obieg materii organicznej w różnych ekosystemach, są roztocze. Przez przemieszczanie pionowe w glebie roztocze przyczyniają się do mieszania warstwy organicznej z częścią mineralną substratu glebowego, zatem ich znaczenie w odtwierzaniu wierzchnich warstw gleby na zdegradowanych terenach poddanych rekultywacji może być istotne.

Celem badań jest analiza tempa sukcesji zgrupowań roztoczy z rzędu *Mesostigmata* na rozkładających się liściach drzew *Alnus glutinosa*, *Betula pendula*, *Pinus sylvestris* oraz *Quercus robur* w drzewostanach sosnowych i brzożowych rosnących w zróżnicowanych warunkach siedliskowych – na rekultywowanych gruntach pokopalnianych oraz na gruntach leśnych.

Badania wykonano w Nadleśnictwie Bełchatów. W grudniu 2013 r. w drzewostanach sosnowych (19–23 lata) i brzożowych (22–24) rosnących na zwałowisku oraz na glebach leśnych w otoczeniu zwałowiska wyłożono woreczki ściółkowe (768) z liśćmi, w równej liczebności w każdym z wariantów doświadczenia. Materiał roślinny, wraz z zasiedlającymi go roztoczami, zebrano po 3, 6, 9, 12, 24 i 36 miesiącach od wyłożenia. Z zebranych woreczków wypłoszono roztocze oraz dokonano ich analizy pod kątem faunistycznym.

Wykazano 5591 roztoczy, które oznaczono do 52 gatunków i 3 rodzajów. Wyższą całkowitą liczebność stwierdzono na gruntach leśnych (4373 osobniki; 78,21%) w porównaniu ze zwałowiskiem (1218; 21,79%). Podobne relacje odnośnie liczebności wykazano w każdym terminie zbioru prób. Sumaryczna liczba roztoczy zebranych na gruntach leśnych w drzewostanach brzożowych była trzykrotnie, a w sosnowych ponadpięciokrotnie wyższa w porównaniu ze zwałowiskiem.

Największą liczebność wykazano w zbiorze dokonanym po dziewięciu miesiącach od wyłożenia prób. Najliczniej zasiedlone były w tym okresie próby zebrane w drzewostanach brzożowych na gruntach leśnych (685 osobników), najmniej – ściółka wyłożona w drzewostanach sosnowych na zwałowisku (144). Na gruntach leśnych zasiedlenie próbek było najwyższe w drzewostanach brzożowych w całym okresie trwania eksperymentu. Jedynie w próbach zebranych po dwóch latach od

wyłożenia łączne liczebności roztoczy w drzewostanach brzoźowych i sosnowych na gruntach leśnych były zbliżone (350 i 358 osobników, odpowiednio). Na zwałowisku w każdym terminie zbioru sumaryczna liczebność roztoczy była wyższa w drzewostanach brzoźowych. Po trzech miesiącach od wyłożenia woreczków zostały one licznie zasiedlone przez roztocze jedynie w drzewostanach brzoźowych na gruntach leśnych (290 osobników), w pozostałych wariantach występowały jednostkowo (1–2). Po sześciu miesiącach obecność roztoczy wykazano jedynie w próbach zebranych na gruntach leśnych (drzewostany brzoźowe – 342 osobniki, sosnowe – 86). W całym eksperymencie najliczniej zasiedlane były próby z liśćmi dębu, najmniej licznie – z igłami sosny.

W próbach z drzewostanów rosnących na gruntach leśnych wykazano 45 taksonów (42 gatunki i trzy rodzaje), natomiast na zwałowisku – 27 taksonów (24 i 3). W drzewostanach brzoźowych wykazano 36 i 20 taksonów, natomiast w drzewostanach sosnowych 26 i 19 taksonów, odpowiednio na gruntach leśnych i zwałowisku. Najliczniejszymi taksonami na gruntach leśnych były: *Zercon peltatus*, *Veigaia nemorensis* i *Trachytes aegrota*, a na zwałowisku: *Amblyseius* sp., *Asca bicornis* i *A. aphidioides*. W drzewostanach brzoźowych na gruntach leśnych dominowały: *Z. peltatus*, *T. aegrota* i *V. nemorensis*, a w drzewostanach sosnowych: *Z. peltatus*, *Leptogamasus parvulus* i *V. nemorensis*. W drzewostanach brzoźowych rosnących na zwałowisku dominowały: *Amblyseius* sp., *Asca bicornis* i *A. aphidioides*, zaś w drzewostanach sosnowych – *Amblyseius* sp., *Asca bicornis* i *Arctoseius insularis*.

Warunki siedliskowe, skład gatunkowy drzewostanu, typ ścióły oraz stopień jej rozkładu istotnie determinują skład gatunkowy, bogactwo gatunkowe oraz liczebność roztoczy. Na gruntach pokopalnych tempo zasiedlania ścióły przez roztocze jest wolniejsze niż na gruntach leśnych, a ich skład gatunkowy – uboższy. Niemniej jednak poprzez dobór składu gatunkowego drzewostanów podczas zalesień można w istotny sposób wpływać na skład organizmów glebowych, a tym samym na tempo odtwarzania wierzchnich warstw gleby w układach zaburzonych.

Badania wykonano w ramach projektu pt. „Środowiskowo-genetyczne uwarunkowania produktywności ekosystemów leśnych na gruntach leśnych i przemysłowych” finansowanego przez Dyrekcję Generalną Lasów Państwowych w Warszawie (2011–2015).

Możliwości kriogenicznego przechowywania nasion skrzydłorzecha kaukaskiego (*Pterocarya fraxinifolia* (Poir.) Spach.)

Mikołaj Wawrzyniak^{1*}, Anna K. Jasińska¹, Grzegorz Kozłowski²,
Tadeusz Tylkowski¹, Paweł Chmielarz¹

¹Pracownia Biologii Rozmnazania i Genetyki Populacyjnej, Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik, *mikwawrz@gmail.com

²Wydział Biologii, Uniwersytet w Freiburgu, Chemin du Musée 10, CH-1700 Freiburg, Szwajcaria

Skrzydłorzech kaukaski (*Pterocarya fraxinifolia*) jest trzecieorzędowym gatunkiem reliktowym, naturalnie występującym na niewielkim obszarze w dolinach rzek regionu południowego Kaukazu, Anatolii i Gór Tałyskich. Podczas oligocenu i miocenu był gatunkiem szeroko rozpowszechnionym na półkuli północnej. Pomimo objęcia go ochroną gatunkową, współczesne populacje skrzydłorzecha kaukaskiego w wyniku działań człowieka oraz utraty pierwotnych siedlisk uległy poważnemu zmniejszeniu i fragmentyzacji. Ponadto stwierdzono niski poziom różnorodności genetycznej niektórych populacji tego gatunku, co może ograniczać w przyszłości procesy przystosowawcze do zmieniającego się środowiska. Do zanikania populacji skrzydłorzecha kaukaskiego przyczynia się też niewielki stopień odnowień naturalnych spowodowany m.in. niską zdolnością kiełkowania nasion. Mając na uwadze zmiany klimatu zagrażające w pierwszej kolejności populacjom na południowej granicy zasięgu występowania, istnieje potrzeba opracowania niezawodnych i efektywnych metod ochrony skrzydłorzecha kaukaskiego *ex situ* w bankach genów.

W niniejszej pracy zbadaliśmy możliwości kriogenicznego przechowywania nasion tego gatunku w temperaturze ciekłego azotu (−196°C; LN) poprzez określenie progu najniższej zawartości wody w podsuszonych nasion (*Critical Moisture Content*, CMC) oraz najwyższej bezpiecznej zawartości wody w nasionach zamrażanych w LN (*High Moisture Freezing Limit*, HMFL). Ze względów praktycznych doświadczenie przeprowadzono na całych nasionach otoczonych perykarpem (orzeszkach). Przed zanurzeniem w LN orzeszki doprowadzono do dziesięciu poziomów wilgotności w zakresie od 3 do 30% (w stosunku do świeżej masy) z różnicą około 3% między sąsiednimi poziomami. Następnie orzeszki szczelnie zapakowano do woreczków z folii polietylenowej i zamrożono poprzez ich bezpośrednie umieszczenie w LN na 48 godzin. Kontrolą były nasiona podsuszone do tych samych poziomów wilgotności, ale niezamrożone w LN. Po rozmrożeniu w temperaturze 40°C nasiona przysposobiono do kiełkowania za pomocą chłodnej stratyfikacji w temperaturze 3° przez osiem tygodni w celu przełamania spoczynku. Po stratyfikacji nasiona poddano testom kiełkowania oraz wschodzenia w warunkach kontrolowanych w temperaturze cyklicznie zmiennej 3~20°C, kolejno przez 16 i 8 godzin.

Wyniki wykazały, że nasiona (orzeszki) podsuszone do minimalnej z badanych wilgotności 2,8% kiełkowały na wysokim poziomie 64%, a udział uzyskanych siewek wynosił 62%. Nasiona o wilgotności 10% (kontrola) kiełkowały w 71%, a wschodziły w 64%. Nie stwierdzono istotnie statystycznych różnic pomiędzy kiełkowaniem i wschodami nasion podsuszonych i kontroli, tym samym nasiona nie miały wilgotności krytycznej (CMC) w badanym zakresie. Bezpieczny zakres wilgotności (BZW) dla nasion skrzydłorzecha kaukaskiego przechowywanych przez 48 godzin w LN wynosił 2,8–18,1%. Kiełkowanie i wschody nasion przechowywanych w LN w tym przedziale wilgotności utrzymywały się na poziomie kolejno 58–70% oraz 56–70% i nie różniły się istotnie statystycznie od kontroli. Wilgotność HMFL nasion przechowywanych w LN wynosiła 18,1%, gdyż nasiona powyżej tej wilgotności (20,8–29,6%) po rozmrożeniu z LN były zepsute w teście krojenia wykonanym po stratyfikacji.

W oparciu o nasze wyniki badań stwierdzono, że nasiona skrzydłorzecha kaukaskiego można zaliczyć do kategorii *orthodox*, czyli nasion zachowujących żywotność nawet po podsuszeniu do bardzo niskiego poziomu wilgotności (<5%). Wysoki poziom kiełkowania oraz wschodów nasion poddanych kriokonserwacji w BZW (2,8–18,1%) wykazał możliwość takiego przechowywania. Niniejsze badania są pierwszą próbą kriogenicznego przechowywania nasion skrzydłorzecha kaukaskiego z podaniem najszerzego zakresu bezpiecznej wilgotności nasion. Efekty badań mogą być wykorzystane w ochronie zasobów genowych tego gatunku *ex situ* w bankach genów.

Pierwsze stadia rozwoju ontogenetycznego tawuły kutnerowatej (*Spiraea tomentosa* L.)

Blanka Wiatrowska^{1*}, Władysław Danielewicz¹, Przemysław Kurek²

¹Katedra Botaniki Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 71 D, 60-625 Poznań, *bwiatrowska@interia.pl

²Zakład Ekologii Roślin i Ochrony Środowiska, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Umultowska 89, 61-614 Poznań

Tawuła kutnerowata (*Spiraea tomentosa*) jest krzewem naturalnie występującym w Ameryce Północnej. W Europie gatunek ten jest uprawiany jako roślina ozdobna od XVIII w. W Polsce znane są trzy ośrodki jego występowania: Bory Dolnośląskie, Bory Niemodlińskie i Puszcza Drawska, gdzie powstały jego spontaniczne stanowiska wtórne i doszło do jego ekspansji, co spowodowało, że znalazł się on na liście 17 inwazyjnych drzew i krzewów, które w przypadku zdomowienia na obszarach cennych przyrodniczo mogą zagrażać różnorodności biologicznej.

Wskazuje się na kilka właściwości gatunków inwazyjnych, które mogą ułatwiać ich ekspansję. Jedną z nich jest tempo rozwoju ontogenetycznego. Więk-

szość gatunków drzewiastych wchodzi w fazę generatywną po dłuższym okresie rozwoju wegetatywnego, trwającego od kilku do kilkudziesięciu lat. Celem badań podjętych w pracy było ustalenie, jak przebiega wzrost i rozwój *S. tomentosa* w pierwszych czterech latach od momentu wykiełkowania. Między innymi, jak następuje wzrost i rozrost krzewu, jak długo trwa faza rozwoju wegetatywnego oraz jaki udział w badanej populacji mają osobniki, które zawiązują kwiaty w pierwszym sezonie, w którym dochodzi do kwitnienia. Badania prowadzano na 170 osobnikach krzewu, obserwując siewki przez cztery kolejne sezony wegetacyjne. Każdego roku jesienią określano ich wysokość, liczbę wykształconych długo- i krótkopędów oraz fazę rozwoju, a u losowo wybranej grupy mierzono długość korzeni i planowano dokonać pomiarów liczby i długości rozłogów. Analizę zebranych danych oparto na zestawieniu średnich oraz odchyłeń standardowych.

Badania wykazały, że *S. tomentosa* charakteryzuje się bardzo szybkim wzrostem i rozwojem. W drugim, trzecim i czwartym sezonie wegetacyjnym od wykiełkowania siewki przyrastały średnio około 20 cm, co spowodowało, że w wieku czterech lat krzewy osiągnęły wysokość $63,44 \text{ cm} \pm 10,31$, co jest wysokością zbliżoną do średniej w badanej populacji. Stwierdzono, że siewki dwuletnie rozkrzewiają się i wyrastają na nich pierwsze długopędy (średnio 1,50). W trzecim sezonie wegetacyjnym około 20% badanych osobników zawiązało pierwsze, pojedyncze kwiatostany, a w czwartym sezonie do kwitnienia przystąpiła większość (90%) badanych osobników, wykształcając od 1 do 3 wiech, co wskazuje, że w sprzyjających warunkach środowiskowych faza wegetatywna u tawuły kutnerowatej przeciętnie trwa od dwóch do trzech lat. Żaden z podanych obserwacjom okazów nie wykształcił rozłogów. U niektórych z nich doszło jednak do ukorzenienia nadziemnych pędów i powstania odkładów, co przyspiesza rozkrzewianie młodych okazów.

Jak wiadomo, szybkie tempo wzrostu i rozwoju oraz zdolność do rozrostu wegetatywnego sprzyjają ekspansji w świecie roślin, ułatwiając im m.in. szybkie zagęszczanie populacji i wypełnianie dotychczas zajmowanego arealu. Porównanie wybranych 26 ilościowych i jakościowych cech rodzimych i obcych gatunków roślin wskazało, że wiek, w jakim rośliny przystępują do rozmnażania, jest jednym z istotnych statystycznie czynników wpływającym na potencjał inwazyjny gatunków obcych. W przypadku *S. tomentosa* szybkie tempo wzrostu, skrócona faza juwenilna i zdolność do wykształcania odkładów są więc właściwościami ułatwiającymi ekspansję krzewu.

Akumulacja węgla i makroelementów (N, P, K, Ca, Mg) w biomasie olsz (*Alnus* spp.) wzrastających na składowisku odpadów paleniskowych ze spalania węgla brunatnego

Bartłomiej Woś^{1*}, Agnieszka Józefowska², Wojciech Krzaklewski¹,
Marek Pająk¹, Tomasz Wanic³, Marcin Chodak⁴, Marcin Pietrzykowski¹

¹Zakład Ekologii Lasu i Rekultywacji, Instytut Ekologii i Hodowli Lasu, Wydział Leśny,
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków,
*b.woś@ur.krakow.pl

²Zakład Gleboznawstwa i Ochrony Gleb, Instytut Gleboznawstwa i Agrofizyki, Wydział Rolniczo-
Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, al. Mickiewicza 21,
31-120 Kraków

³Zakład Gleboznawstwa Leśnego, Instytut Ekologii i Hodowli Lasu, Wydział Leśny, Uniwersytet
Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

⁴Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława
Staszica w Krakowie, al. Mickiewicza 30, 30-059, Kraków

Zadrzewienie i zakrzewienie składowisk odpadów paleniskowych jest dobrym sposobem stabilizacji biologicznej, jednak ze względu na niekorzystne właściwości odpadów, takich jak kompakcja, niekorzystne właściwości powietrzno-wodne, alkaliczny odczyn, zasolenie, brak glebowej materii organicznej oraz niedobór składników pokarmowych, szczególnie N i P, wprowadzenie roślinności jest trudne. Z powodu niedoboru azotu w pierwszej fazie rekultywacji na tego typu obiektach zasadne jest wprowadzenie gatunków pionierskich i fitomelioracyjnych. Wśród nich w warunkach środkowej Europy bardzo przydatne są olsze (*Alnus* spp.).

W pracy przedstawiono wyniki oceny przeżywalności i akumulacji węgla oraz biogenów (N, P, K, Ca i Mg) w biomasie olsz (*Alnus glutinosa* i *A. incana*) wprowadzonych na składowisko odpadów paleniskowych „Lubień” Elektrowni Bełchatów. Wielkość biomasy i pulę zakumulowanych biogenów oceniano w rozbiciu na poszczególne komponenty, w tym frakcje korzeni (korzenie drobne $d < 2$ mm i k. grube $d > 2$ mm), drewno pni i gałęzie oraz liście. Doświadczenie z nasadzeniem olsz założono w 2006 r. na półce składowiska, stosując przed sadzeniem standardowe w tych warunkach nawożenie startowe NPK i hydroobsiew osadem pościekowym wymieszanym z mieszaną traw. Następnie wykonano nasadzenia w dwóch wariantach: z zastosowaniem podsypki miału węgla brunatnego do dołka sadzeniowego (P+WB) i w wariantcie kontrolnym (P), tj. sadzenia w odpady paleniskowe bez stosowania podsypki.

Po dziesięciu latach wzrostu olsze charakteryzowały się dobrą przeżywalnością, średnio 73% dla olszy czarnej i 72% w przypadku olszy szarej, i wielkością biomasy, przy czym olsza czarna osiągała większą biomasę sumaryczną. Dodatek węgla brunatnego do dołków sadzeniowych wpłynął pozytywnie na wielkość biomasy olsz, co wskazuje na potrzebę stosowania tego zabiegu. Najwięcej skład-

ników pokarmowych zakumulowane było w drewnie pni i gałęzi (od 40 do 70% zapasu poszczególnych makroelementów w biomasie). Choć biomasa liści stanowiła tylko 7,0% całkowitej biomasy drzew, to zakumulowane w nich pierwiastki stanowiły istotną część (ok. 27–29% N, 17–22% Ca, ok. 28% Mg, 7–10% K i 12–16% P) całkowitej puli poszczególnych makroelementów w biomasie. Ma to znaczenie szczególnie w kontekście tworzenia materii organicznej z opadu podkoronowego i obiegu pierwiastków w powstającym ekosystemie.

Przedstawione wyniki potwierdzają duże zdolności przystosowawcze badanych gatunków olsz, a zwłaszcza olszy czarnej, która powinna stanowić podstawowy komponent zalesień przeprowadzanych w pierwszej fazie stabilizacji biologicznej tego typu obiektów przemysłowych.

Prace finansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach projektu badawczego nr 2015/17/B/ST10/02712 oraz kontynuowane ze środków dotacji celowej Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego (badania naukowe młodych naukowców BM-4459/ZE-LiR/17, Zakład Ekologii Lasu i Rekultywacji, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie).

Topola czarna (*Populus nigra* L.) gatunkiem zagrożonym w Polsce?

**Błażej Wójcikiewicz¹*, Monika Litkowiec¹, Witold Wachowiak^{1,2},
Andrzej Lewandowski¹**

¹*Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, Parkowa 5, 62-035 Kórnik,
bwojkiew@man.poznan.pl

²*Instytut Biologii Środowiska, Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Umultowska 89, 61-614 Poznań*

W Europie łęgi o charakterze naturalnym, niegdyś zasadniczy składnik roślinności dolin rzecznych, należą obecnie do zbiorowisk rzadkich. Jednym z głównych gatunków drzewiastych łęgów jest topola czarna (*Populus nigra*). Mimo że nie jest gatunkiem chronionym, jest drzewem rzadkim w zachodniej Europie i coraz rzadszym na terenie Polski. Można wyróżnić dwie główne przyczyny prowadzące do redukcji liczby osobników topoli czarnej. Pierwsza z nich związana jest z regulacją rzek i ograniczeniem terenów zalewowych, a tym samym niszczeniem i zagospodarowaniem pod uprawy rolne lub leśne siedlisk niezbędnych do naturalnego odnawiania i rozprzestrzeniania tego gatunku. Druga wynika z zakładania w dolinach rzek powierzchni hodowlanych z topolą kanadyjską (*Populus ×canadensis*), która może krzyżować się z osobnikami rodzimej topoli czarnej. Badania genetyczne przeprowadzone w zachodniej Europie wskazują, że zagrożenie związane z dopływem genów obcego pochodzenia do topoli czarnej waha się od poziomu zerowego do kilkudziesięcioprocentowego. Istnieje więc realne

zagrożenie, że część odnowienia naturalnego topoli czarnej stanowią osobniki hybrydowe, które trudno odróżnić od czystych genetycznie osobników tego gatunku. W Polsce skala tego zjawiska jest jednak, jak dotąd, nierozpoznana.

Wstępne wyniki badań genetycznych przeprowadzone na wybranych populacjach topoli czarnej znad Wisły, Odry oraz Warty jednoznacznie wskazują, że gatunek ten w niedalekiej przyszłości może być zagrożony wyginięciem. Z tego względu wydaje się niezwykle ważne opracowanie odpowiednich programów ochrony i restytucji topoli czarnej w Polsce.

Badania zrealizowane zostały w ramach projektu finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (grant nr 2016/21/N/NZ9/01515) oraz środków przyznanych na prowadzenie badań naukowych lub prac rozwojowych oraz zadań z nimi związanych, służących rozwojowi młodych naukowców, przygotowujących pracę doktorską w Instytucie Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, finansowanych w 2017 r.

Budowa morfologiczna i zmienność ziarn pyłku bzu czarnego *Sambucus nigra* L. (*Adoxaceae*)

Dorota Wrońska-Pilarek^{1*}, Andrzej M. Jagodziński^{2,3}, Jan Bocianowski⁴,
Marta Marecik¹, Magdalena Janyszek⁵

¹Katedra Botaniki Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 71d,
60-625 Poznań, pilarekd@up.poznan.pl

²Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik

³Katedra Łowiectwa i Ochrony Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Wojska Polskiego 71c,
60-625 Poznań

⁴Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań

⁵Katedra Botaniki, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 71c, 60-625 Poznań

Rodzaj *Sambucus* L. był dotychczas zaliczany, jako jeden z 12 rodzajów, do rodziny *Caprifoliaceae* lub wydzielany do *Sambucaceae*. Obecnie liczy dziewięć gatunków i należy do rodziny *Adoxaceae*.

Celem pracy było zbadanie budowy morfologicznej ziarn pyłku *S. nigra* oraz zakresu jej zmienności na poziomie wewnątrz- i międzyosobniczym. Zebrano kwiatostany z 66 krzewów (osobników) bzu rosnących na 22 naturalnych stanowiskach położonych w Polsce, Niemczech i na Litwie (po trzy krzewy z każdego stanowiska). Zmierzono 1980 ziarn (próbę liczyła 30 ziarn). Analizowano dziewięć cech jakościowych i trzy jakościowe. Ustalono, że cechami diagnostycznymi ziarn pyłku *S. nigra* są: rzeźba powierzchni eksyny, długość osi polarnej (P) oraz kształt (P/E). Badane pyłki są strefowo-bruzdowo-porowymi monadami, zwykle mają trzy bruzdy zewnętrzne i trzy pory. Niemal wszystkie (99,95%) są małe, po-

nieważ długość ich osi polarnej wynosi 20,32 (14,00–28,00) μm . Większość ziarn (81,3%) ma kształt kulisto-wydłużony i kulisty. Eksyna ma rzeźbę siateczkowatą, ze światłami o różnym zarysie i średnicy (0,4–2,0 μm). W obszarach biegunowych eksyna jest drobno siateczkowata lub gładka, natomiast w strefie bruzd na zewnątrz drobno siateczkowata, głębiej drobno granulowana, a w środku bruzdy na membranie zwykle gładka.

Po raz pierwszy zbadano zmienność między- i wewnątrzosobniczą ziarn badanego gatunku. W dendrogramie 66 prób utworzyło dwie grupy. Pierwsza obejmowała trzy próby, których pyłki wyraźnie różniły się od wszystkich pozostałych. Druga grupa o dość zbliżonych cechach ziarn pyłku została podzielona na trzy podgrupy, liczące kolejno: 2, 10 i 51 prób. Można więc uznać, że większość badanych osobników ma podobne ziarna. Analiza zależności pomiędzy cechami ziarn a lokalizacją geograficzną stanowisk wykazała, że bardzo podobne ziarna stwierdzono zarówno w próbach z tych samych miejscowości, jak i z miejsc od siebie oddalonych. Analiza CVA, która miała na celu zbadanie, czy istnieje zależność pomiędzy cechami pyłku a warunkami siedliskowymi, w których rosły krzewy, nie dała jednoznacznych rezultatów. Niektóre ziarna zebrane z krzewów rosnących w różnych warunkach siedliskowych różnią się od siebie, a inne są podobne.

Rola dysmutazy ponadtlenkowej w procesie ksylogenezy u topoli kalifornijskiej (*Populus trichocarpa* Torr. & A.Gray)

Klaudia Wypychowska*, Katarzyna Marzec-Schmidt,
Natalia Wojciechowska, Agnieszka Bagniewska-Zadworna

Zakład Botaniki Ogólnej, Instytut Biologii Eksperymentalnej, Wydział Biologii,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Umultowska 89, 61-614 Poznań,

*klaudia.wypychowska.030393@gmail.com

Topola kalifornijska to drzewo należące do rodziny wierzbowatych. Występuje naturalnie w Ameryce Północnej, ale obecnie jest również szeroko rozpowszechniona w Europie. Szybkie tempo wzrostu, a także niskie wymagania glebowe i klimatyczne czynią z topoli naturalny surowiec energetyczny i doskonały materiał wykorzystywany w przemyśle drzewnym. Ponadto topola kalifornijska to pierwszy gatunek rośliny drzewiastej z w pełni zsekwencjonowanym genomem, stanowiący organizm modelowy w badaniach drzew.

Prawidłowy przebieg procesu ksylogenezy warunkowany jest wieloma czynnikami. Jednym z nich jest obecność reaktywnych form tlenu (RFT), takich jak nadtlenek wodoru i anionorodnik ponadtlenkowy. Stężenie RFT w komórce wzrasta w warunkach stresowych, a także podczas procesu programowanej śmierci ko-

mórki (PCD), która stanowi naturalny element cyklu życiowego rośliny. Przykładem procesu PCD, w który zaangażowane są RFT, jest ksylogeneza. Na każdym z jej etapów od wytworzenia aktywnego kambium, poprzez aktywację komórek wytworzonych przez miazgę i powstanie prekursorów komórek drewna, aż do wytworzenia wtórnych ścian komórkowych i PCD, występuje zwiększone stężenie RFT. Nadtlenek wodoru zaangażowany jest w proces drewnienia ścian komórkowej poprzez współdziałanie z enzymami biorącymi udział w procesie lignifikacji, a także umożliwia zachodzenie tego procesu *post mortem* poprzez reakcję mikronekrotyczną.

Za utrzymanie optymalnego stężenia RFT w komórkach roślinnych i ochronę przed ich szkodliwym działaniem odpowiadają enzymy antyoksydacyjne. Jednym z nich jest dysmutaza ponadtlenkowa (SOD), która odpowiada za przekształcenie anionorodnika ponadtlenkowego w wodę i nadtlenek wodoru. Aktywność SOD zmienia się w poszczególnych fazach wzrostu rośliny, co powoduje także zmianę ilości RFT w komórkach.

Zasadniczym celem badań była analiza udziału dysmutazy ponadtlenkowej oraz reaktywnych form tlenu w przebiegu procesu ksylogenezy. Materiał do badań pobierano z roślin rosnących w ryzotronach umieszczonych w tunelu foliowym na terenie Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku.

Analizy wykonano na odcinkach łodyg reprezentujących różne etapy różnicowania i dojrzewania tkanek: fragment o budowie pierwotnej, wtórnej, a także drewno izolowane. Wykrywanie i lokalizację anionorodnika ponadtlenkowego wykonano z użyciem błękitu nitrotetrazolowego (NBT), natomiast nadtlenu wodoru z użyciem 3,3'-diaminobenzyny (DAB). Aktywność dysmutazy ponadtlenkowej mierzono spektrofotometrycznie, a ekspresję genu kodującego SOD badano przy użyciu techniki real-time RT-PCR.

Analiza ekspresji genu kodującego SOD wykazała, że wraz z rozwojem łodygi następuje spadek ilości transkryptu. Analizy spektrofotometryczne były zgodne z wynikami analiz ekspresji, wykazując najwyższą aktywność dysmutazy w łodydze o budowie pierwotnej. Również obserwacje mikroskopowe potwierdzają spadek aktywności SOD w starszych częściach pędu, ponieważ w łodydze o budowie wtórnej występowały większe ilości anionorodnika ponadtlenkowego, a mniejsze nadtlenu wodoru. Nagromadzenie anionorodnika ponadtlenkowego i nadtlenu wodoru w łodydze o budowie pierwotnej obserwowano w okolicach kory pierwotnej oraz w ścianach komórek drewna pierwotnego, natomiast w łodydze wtórnej w komórkach drewna i wiązkach przewodzących.

Na podstawie otrzymanych wyników można wnioskować, że aktywność SOD jest najwyższa w młodych, rozwijających się częściach łodygi, gdy zachodzą intensywne procesy rozwojowe, w tym także ksylogeneza i proces drewnienia ścian komórkowych. Wraz z postępem procesu tworzenia drewna wtórnego aktywność dysmutazy maleje, gdyż spada intensywność procesu, w który była zaangażowana, a więc lignifikacja wtórnej ściany komórkowej.

Badania sfinansowano z projektu NCN nr 2012/07/E/NZ9/00194.

Zmienność genetyczna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w Europie w analizie nowych markerów mitochondrialnego DNA

Julia Zaborowska^{1*}, Bartosz Łabiszak¹, Witold Wachowiak^{1,2}

¹Pracownia Biologii Ewolucyjnej, Instytut Biologii Środowiska, Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Umultowska 89, 61-614 Poznań, *julzab1@amu.edu.pl

²Pracownia Biologii Molekularnej, Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik

Sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.) jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych gatunków drzew leśnych Eurazji, o olbrzymim znaczeniu ekologicznym i istotnym wpływie na gospodarkę wielu krajów. W zasięgu występowania populacje gatunku odznaczają się dużą, odziedziczoną zmiennością morfologiczną, fizjologiczną i fenologiczną. Poznanie genetycznych podstaw zmienności adaptacyjnej sosny zwyczajnej ma istotne znaczenie między innymi w aspekcie efektywnego gospodarowania zasobami genowymi tego gatunku. W analizach genetycznych określonych rejonów genomu istotne jest określenie, czy wzorce zmienności są wynikiem procesów demograficznych (historii populacji) i działania dryfu, czy też mogą być rzeczywistymi śladami adaptacji sosny na drodze doboru. Stąd konieczne jest odniesienie obrazu zmienności sekwencji kodujących do neutralnego tła genetycznego i struktury populacji uformowanej w okresie zlodowaceń i późniejszej rekolonizacji kontynentu na obszary współczesnego zasięgu populacji. Najlepszym narzędziem do takich badań u *Pinaceae* są markery genomu mitochondrialnego, dziedziczonego w linii matecznej i ulegającego dyspersji przez nasiona na stosunkowo niewielkich odległościach, dając najwyższą dokładność odwzorowania historii i dróg przemieszczania taksonu. Dotychczas przeprowadzone badania wykorzystujące markery z tego genomu są nieliczne, a same użyte sekwencje były mało zmienne. Nasze badania dostarczają informacji na temat zmienności nowych markerów mitochondrialnych sosny zwyczajnej w szerokim zasięgu występowania gatunku.

Drobnowymiarowe martwe drewno i jego wpływ na występowanie grzybów w lasach gospodarczych Puszczy Niepołomickiej

Paweł Zduńczyk^{1*}, Marek Halama², Paweł Kapusta¹, Jan Holeksa³

¹Instytut Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk, ul. Lubicz 46, 31-512 Kraków,
*pawelzrzeszowa@gmail.com

²Muzeum Przyrodnicze Uniwersytetu Wrocławskiego, ul. Sienkiewicza 21, 50-335 Wrocław

³Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Umultowska 89,
61-614 Poznań

Martwe drewno jest nieodzownym elementem dobrze funkcjonujących ekosystemów leśnych; stanowi o ich naturalności. Liczba publikacji dokumentujących ten fakt jest ogromna i z roku na rok szybko się powiększa. Są to jednak publikacje koncentrujące się niemal wyłącznie na obiektach średnio- i wielkowymiarowych: całych obumarłych pniach lub ich dużych fragmentach (ang. *coarse woody debris*). Drobnowymiarowa frakcja drewna, tj. opadłe lub odcięte w trakcie zabiegów gospodarczych gałęzie drzew i krzewów o grubości od kilku milimetrów do kilku centymetrów (ang. *fine woody debris*), jest niedocenianym i zwykle pomijanym w badaniach ekologicznych elementem środowiska leśnego. W literaturze pojawia się ona z reguły jako składowa obliczeń całkowitej biomasy ekosystemu lub oceny zagrożenia pożarowego. Tymczasem, jak sygnalizują niektórzy badacze, drobne gałęzie drzew i krzewów, zarówno świeżo opadłe, jak i częściowo rozłożone, mogą mieć duże znaczenie dla występowania pewnych grup organizmów, np. grzybów, chrząszczy, ślimaków, muchówek i pajaków oraz, w mniejszym stopniu, porostów i mszaków.

Rola, jaką pełni drobnowymiarowe drewno, wydaje się szczególnie ważna tam, gdzie brakuje dużych martwych drzew lub ich ilość jest niedostateczna, czyli w lasach gospodarczych. Celem niniejszych badań było oszacowanie dla tych lasów ilości tzw. drobnej leżaniny (DL), porównanie jej z ilością wielkowymiarowej leżaniny (WL), tj. drewna w formie leżących kłód, i określenie wpływu tych parametrów na strukturę zespołu grzybów zasiedlających martwe drewno.

Badania były prowadzone w Puszczy Niepołomickiej na 100 powierzchniach: 96 powierzchni założono w lasach gospodarczych, a 4 w rezerwatach. Mniej więcej połowa powierzchni była usytuowana w siedliskach borowych, czyli w drzewostanach sosnowych lub mieszanych, a druga połowa w siedliskach grądowych. Powierzchnie badawcze pokrywały cały obszar Puszczy Niepołomickiej z wyjątkiem części zachodniej, najsilniej zantropogenizowanej. Miąższość DL (gałęzek i gałęzi o grubości 0,5–10 cm) określono w oparciu o metodę linii siecznej (ang. *line intercept method*), natomiast miąższość WL (gałęzie i kłody o grubości >10 cm) poprzez pomiary wszystkich fragmentów znajdujących się w obrębie poletka o wielkości 40 arów. Każda ze 100 powierzchni została opisana pod kątem zróżnicowania taksonomicznego grzybów makroskopijnych zasiedlających

martwe drewno (lista grzybów została sporządzona na podstawie wielokrotnych obserwacji prowadzonych łącznie na 400 poletkach o powierzchni 5 m²).

Miąższość DL w drzewostanach gospodarczych Puszczy Niepołomickiej wynosiła średnio 5,8 m³/ha. Była ona silnie zróżnicowana na terenie kompleksu leśnego – przyjmowała wartości od 0,9 do 16,9 m³/ha. Częściowo za tę zmienność odpowiadało zróżnicowanie siedliskowe: w borach średnia miąższość DL była istotnie niższa (4,3 m³/ha) niż w grądach (7,3 m³/ha). W drzewostanach gospodarczych miąższość DL stanowiła przeciętnie ponad 2/3 miąższości całej leżaniny (DL+WL), natomiast w rezerwatach zaledwie 16%. Różnica ta wynikała z dysproporcji w ilości WL pomiędzy dwoma rodzajami lasów: w lasach gospodarczych miąższość WL wynosiła średnio 3,3 m³/ha, a w rezerwatach aż 67,2 m³/ha. Analiza regresji wielorakiej pokazała, że w drzewostanach gospodarczych miąższość WL nie miała znaczenia dla odnotowanych przedstawicieli grzybów makroskopijnych związanych z drewnem. W przeciwieństwie do tego miąższość DL w sposób istotny statystycznie wpływała na liczbę taksonów grzybów (pozytywnie) oraz kształtowała ich zróżnicowanie taksonomiczne (reprezentowane przez osie DCA). Typ siedliska był również ważnym czynnikiem determinującym strukturę bioty grzybów: bory cechowały się mniejszą liczbą gatunków (średnio 11/20 m²) niż grądy (średnio 14/20 m²), różniły się też składem gatunkowym.

Badania zostały zrealizowane w ramach projektu badawczego Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych OR.271.3.9.2015 pt. „Kształtowanie się zasobów martwego drewna w siedliskach przyrodniczych w warunkach prowadzenia zrównoważonej gospodarki leśnej”.

Indeks autorów

- Adamczyk Florian 267
 Amaral Andreia 117
 Araújo Susana 117
- Baczeńska-Dąbrowska Aneta H.** 191
 Bagniewska-Zadworna
 Agnieszka 278
 Balwierz Zofia 158, 226
 Baranowska Marlena 192
 Barzdajn Władysław 161, 170
 Behnke-Borowczyk Jolanta 194
 Bielinis Ernest 250
 Bijak Szymon 265
 Bilska Karolina 196, 261
 Bińka Krzysztof 158, 226
 Bloch-Orłowska Joanna 118
 Błońska Agnieszka 119, 198
 Bobek Wojciech 151, 199, 230
 Bocianowski Jan 277
 Bogacz Joanna 246
 Bona Agnieszka 136
 Boratyński Adam 66, 253
 Borgulat Anna 200
 Borgulat Jacek 200
 Borzuchowski Jaromir 183
 Bou Dagher Kharrat Magda 66
 Brągoszewska Paulina 191
 Bujarska-Borkowska Barbara 164
- Cavers Stephen 102, 174
 Celiński Konrad 202, 203
 Chmielarz Paweł 164, 205, 272
 Chmura Damian 119, 132, 198, 220
 Chodak Marcin 264, 275
 Chojnacka-Ożga Longina 120
 Chudzińska Ewa 203
 Chybicki Igor J. 122
 Ciurzycki Wojciech 154
 Czortek Patryk 176
 Czubla Paweł 186
- Dabert Mirosława** 202
 Danielewicz Władysław 273
 Daszkiewicz Piotr 124
 Dering Monika 175, 253
- Dmuchowski Wojciech 191
 Donnelly Kevin 174
 Dudek Albert 244
 Dyderski Marcin K. 125, 138, 241
- Fevereiro Pedro 117
 Filipiak Maciej 159
 Fiłoc Magdalena 158, 226
- Gabała Elżbieta 238
 Gazda Anna 127
 Gęsikiewicz Kamil 138
 Giertych Marian J. 128, 235
 Gizowska Anna 263
 Gmur Aneta 203
 Godzik Barbara 251
 Gołębiewska Joanna 147, 204, 213
 Gomes Carolina 129
 Granoszewski Wojciech 158, 226
 Grochowina Adam 265
 Grochowski Piotr 130
 Grodzki Wojciech 127
 Gryc Vladimir 156
 Guedes Ana R. 117
 Guzicka Marzenna 132
- Halama Marek** 281
 Halladin-Dąbrowska Anna 183
 Hałuszczak Maciej 194
 Hazubska-Przybył Teresa 205
 Holeksa Jan 185, 281
 Horodecki Paweł 133, 138, 270
- Iszkuło Grzegorz 85, 122, 135, 165,
 175, 208, 240, 243, 245
 Iwański Michał 212
 Izworska Katarzyna 185, 207
- Jabłoński Mirosław 267
 Jadwiszczak Katarzyna 136
 Jagiełło Radosław 208
 Jagodziński Andrzej M. 125, 133,
 138, 143, 241, 270, 277
 Jankowski Artur 210
 Janowski Daniel 178, 212

- Janyszek Magdalena 277
Jarocińska Anna 183
Jarosińska Marta 204, 213
Jaroszewicz Bogdan 176
Jasińska Anna K. 272
Jastrzębowski Szymon 139, 268
Jesiółowska Monika 147
Józefowska Agnieszka 275
Juliszewski Tadeusz 267
Jura-Morawiec Joanna 265
- Kalemba Ewa M. 196, 261
Kamczyc Jacek 143, 216, 243, 270
Kaproń Adriana 217
Kapusta Paweł 185, 251, 281
Karliński Leszek 144, 168, 171, 178, 223
Karolewski Piotr 231, 235
Kartawik Natalia 194
Każmierczak Katarzyna 219
Kącki Zygmunt 119
Khodaeiaminjan Mortaza 129
Kidawa Joanna 220
Kiełbasa Paweł 267
Kijak Hanna 202
Klupczyńska Ewelina A. 164
Kłosowski Stanisław 136
Kocurek Maciej 256
Kokot Konrad 194
Kolanowska Marta 166
Kołaczek Piotr 158, 226
Kołtowski Zbigniew 146
Kompąła-Bąba Agnieszka 119, 198
Konieczny Andrzej 25
Kopeć Dominik 183
Kowalkowski Wojciech 170
Kozieł Marcin 186
Kozik Dariusz 222
Kozłowski Grzegorz 272
Kras Marta 147
Krzaklewski Wojciech 275
Krzyżanowski Robert 149
Kuberski Łukasz 150, 162
Kubiak Patrycja 219
Kujawska Marta 168, 168, 178, 223
- Kukuła Grzegorz 151
Kumańska-Dziób Elżbieta 199
Kupryjanowicz Mirosława 226, 158
Kurek Katarzyna 227
Kurek Przemysław 185, 273
Kwaśna Hanna 194
- Lechowicz Kacper 228
Leski Tomasz 168, 178, 212, 223
Leszczyński Bogumił 149
Lewandowski Andrzej 180, 276
Litkowiec Monika 180, 276
Lorenc-Plucińska Gabriela 152
- Łabiszak Bartosz 174, 229, 280
Łakomy Katarzyna 230
Łakomy Piotr 192, 194, 248
Łukasik Włodzimierz 200
Łukowski Adrian 231, 235
- Maciejewski Zbigniew 232
Majecka Aleksandra 158, 226
Malkiewicz Małgorzata 158, 226
Marcinkowska-Ochtyra Adriana 183
Marciszewska Katarzyna 154
Marczak Łukasz 171
Marecik Marta 277
Marzec-Schmidt Katarzyna 278
Mazur Paweł 233
Mąderek Ewa 235
Michalak Marcin 227
Miszalski Zbigniew 217
Miścicki Stanisław 127
Molenda Tadeusz 220
Monder Marta J. 236
Mucha Joanna 238
Myśkow Elżbieta 156
- Nalepka Dorota 158, 226
Napierała-Filipiak Anna 159
Nicałek Michał 161
Niedzielko Jan 183
Niewiadomska Alicja 152
Nita Małgorzata 158, 226
Noryśkiewicz Bożena 158, 226

- Nowak Kinga 240
 Nowak Teresa 119, 198
 Nowiński Mirosław 133

 Obarska Agata 205
 Ochtyra Adrian 183
 Oleksa Andrzej 122
 Oleksyn Jacek 103, 210, 217
 Otręba Anna 154
 Ożga Wojciech 120

 Paiva Jorge A. Pinto 117, 129
 Pająk Marek 275
 Paluch Rafał 150, 162
 Pasierbiński Andrzej 119, 198
 Pawłowski Tomasz A. 132, 164
 Paż Sonia 241
 Perry Annika 174
 Pers-Kamczyc Emilia 143, 165, 216, 240, 243, 245
 Pidek Irena A. 158, 226
 Piechnik Łukasz 185
 Piechowiak Jakub 118
 Pietras Marcin 147, 166, 204
 Pietrzykowski Marcin 264, 275
 Piętko Sławomir 244
 Pilichowski Sebastian 128
 Piłat Adam 267
 Plitta-Michalak Beata 227
 Podlaski Rafał 256
 Przewłocki Andrzej 118

 Rabska Mariola 243, 245
 Radliński Bogusław 232
 Raj Michał 246
 Ratajczak Ewelina 227, 245
 Rażny Tomasz 248
 Reich Peter 38
 Robakowski Piotr 245, 250
 Romo Angel 51, 253
 Rożkowski Roman 132
 Różańska Patrycja 216
 Rudawska Maria 168, 175, 212, 223
 Rutkowska-Czekaj Monika 251

 Sabat-Tomala Anita 183
 Salaj Terézia 205
 Sendall Kerrie 250
 Sękiewicz Katarzyna 253
 Sierka Edyta 119, 198
 Sierota Zbigniew 244
 Siljak Yakovlev Sonja 66
 Skorupski Maciej 143, 270
 Skrzypek Aleksandra 255
 Sławik Łukasz 183
 Słupianek Aleksandra 156
 Sobala Tomasz 256
 Sokołowska Joanna 203
 Sokołowska Katarzyna 156
 Sowelo Mateusz 257
 Stanek Małgorzata 259
 Stasińska Małgorzata 168
 Staszak Aleksandra M. 132, 164
 Staszewski Tomasz 200
 Stefanowicz Anna M. 259
 Stereńczak Krzysztof 150, 162
 Stolarska Ewelina 196, 261
 Suszka Jan 122, 164
 Szarek-Łukaszewska Grażyna 185, 251
 Szaroleta Michał 267
 Szczepaniak Jan 267
 Szczepkowski Andrzej 154
 Szmyt Janusz 170
 Szopińska Elżbieta 263
 Szuba Agnieszka 152, 171

 Śliwa Marta 217
 Świątek Bartomiej 264

 Tadeusiewicz Ryszard 267
 Thomas Peter 85, 135
 Tittenbrun Andrzej 232
 Tomaszewski Dominik 253
 Trojankiewicz Magdalena 173
 Tulik Mirela 265
 Tylek Paweł 267
 Tylkowski Tadeusz 164, 272
 Tyrała-Wierucka Żanna 135

- Ukalska Joanna 139, 268
Urbanowski Cezary K. 216, 270
Uziębło Aldona K. 222

Valiollahi Ehsan 117

Wachowiak Witold 174, 180, 229, 276, 280
Walanus Adam 158, 226
Walas Łukasz 135, 175
Walczyk Józef 267
Walentyłowicz Marta 152
Wanic Tomasz 275
Wawrzyniak Mikołaj 205, 272
Wesoły Joanna 165
Wiatrowska Blanka 273
Wierzcholska Sylwia 176, 263
Wiland-Szymańska Justyna 202
Wilgan Robin 178, 212
Winter Hanna 158, 226
Wojciechowska Natalia 261, 278
Wojnicka-Półtorak Aleksandra 203
Wojtan Rafał 154

Wojtyło Andrzej 232
Woś Bartłomiej 264, 275
Woźniak Gabriela 119, 198
Wójkiewicz Błażej 180, 276
Wrońska-Pilarek Dorota 228, 243, 277
Wszalek-Rożek Katarzyna 147, 213
Wyka Tomasz P. 181, 210
Wylazłowska Justyna 183
Wypychowska Klaudia 278

Zaborowska Julia 229, 280
Zaborowska Julia K. 174
Zadworny Marcin 238
Zaniewski Piotr 154
Zduńczyk Paweł 281
Zielonka Tomasz 185
Zin Ewa 150, 162
Ziółek Marta 186

Żytkowiak Roma 210
Żywiec Magdalena 185

Bogucki
WYDAWNICTWO
NAUKOWE

