

**The biology and ecology
of *Betula pendula* Roth
on post-industrial
waste dumping grounds:
the variability range
of life history traits**

*Any knowledge gained on earth
means nothing compared to
a kind word and look of your parents*

Andrzej Stanisław



NR 2980

Izabella Franiel

**The biology and ecology
of *Betula pendula* Roth
on post-industrial
waste dumping grounds:
the variability range
of life history traits**



Redaktor serii: Biologia
Iwona Szarejko

Recenzent
Józef K. Kurowski

Publikacja będzie dostępna — po wyczerpaniu nakładu — w wersji internetowej:

Śląska Biblioteka Cyfrowa
www.sbc.org.pl

Contents

Acknowledgements	7
Part One	
Theoretical overview	9
Introduction and the research objectives	9
Adaptation as an expression of adjustment by a species to environmental conditions	11
Responses of plants to stress-related factors	12
Spatial organization of populations	15
Part Two	
European white birch (<i>Betula pendula</i> ROTH) — general characterization of the species	23
The developmental biology of birch and adaptation capabilities of the species	23
Part Three	
Description of the study areas	31
The zinc-lead dump	31
The mine waste dump	33
The research site in Mirów	34
The research site in Łodygowice	35
Climatic conditions of the studied areas	36
Part Four	
Material and study methods	39
The research material and period	39
Field studies	40
Laboratory tests	41
Geostatistical method	42
The spatial variability of <i>B. pendula</i> seedlings	45
Statistical methods	47

Part Five	
Results	49
The photosynthetic apparatus of birch	49
The content of <i>chlorophyll a</i> in birch leaves	49
The content of <i>chlorophyll b</i> in birch leaves	52
The content of carotenoids in birch leaves	54
The ratio of <i>chlorophyll a</i> to <i>chlorophyll b</i>	57
The number of birch leaves on selected twigs	59
The surface area of a lamina	62
Biometric characteristics of generative organs	65
The number of staminate inflorescences	65
The number of pistillate inflorescences	68
The length of staminate inflorescences	70
The length of pistillate inflorescences	73
The length of fructification axes	76
The number of nuts per fructification	78
The number of empty nuts per fructification	81
The number of full nuts per fructification	83
Efficiency of pollen germination	86
Germination of birch seeds	87
Germination capacity	87
Germination energy expressed by the Pieper coefficient	90
Correlation analysis of the obtained results	91
Geostatistical analysis	92
Visualization of variables	92
Preliminary analysis of the collected data	95
Calculation of empirical variograms and selection of theoretical variograms	97
Envelopes of a variogram	103
Statistical analysis of biometric parameters	106
Part Six	
Discussion	109
Influence of environmental stress-related factors on the content of photosynthetic pigments	109
Generative reproduction of silver birch and factors affecting reproduction success	114
Influence of the selected habitat factors (moisture, solar radiation intensity) on the shape of spatial structure of seedlings	119
Characteristics of biometric parameters of specimens growing in different parts of the post-industrial dumping ground and in the area relatively free of post-industrial contamination	123
Part Seven	
Conclusions	127
References	129
Streszczenie	139
Zusammenfassung	141

Acknowledgements

I would like to express my sincere thanks to Professors Krystyna Falińska, Małgorzata Wierzbicka, Jan Holeksa for their fruitful discussion and valuable suggestions. Further thanks go to Professors Andrzej Sokołowski, Jerzy Wołek, Józef Mitka and Dr Paweł Kapusta who offered his advice and assistance at various stages of this work.

I am also indebted to my students Justyna Kawrygo, Joanna Orzołek for their help in field work.

I am especially grateful to co-workers from my Faculty and Assistant Professors Barbara Tokarska-Guzik, as well as Gabriela Woźniak for their help and kindness.

I am obligated to Dr Ewa Kazimierczak who improved the language of this manuscript.

Thanks are also due to my husband, without whom the manuscript could not have been undertaken.

This project was partly financed by Rector's individual grant and supported by the Polish Ministry of Science grant No NN 304 044 736 (2009—2011).

Biologia i ekologia *Betula pendula* Roth na zwałowiskach przemysłowych: modyfikacja cech *life history*

Streszczenie

Zdolność organizmu do reprodukcji jest gwarancją trwałości istnienia gatunku. Na skuteczność propagacji mają wpływ przede wszystkim płodność osobnicza oraz żywotność potomstwa, aż do osiągnięcia fazy reprodukcji. Rozwój roślinności na otwartych przestrzeniach nieużytków przemysłowych jest ciągle procesem słabo poznany. Warto więc przyjrzeć się, jak kształtuje się zmienność przestrzenna wkraczającej na te tereny roślinności, a także na ile warunki bytowania oraz cechy osobników znajdują odzwierciedlenie w ich organizacji przestrzennej. Kompleksowe badanie zmienności przestrzennej roślin i uwzględnienie w badaniach jednocześnie wielu zmiennych stało się możliwe ze względu na zaadaptowanie do przestrzennej analizy zmienności danych metody geostatystycznej.

Celem badań była ocena właściwości populacji *B. pendula* rosnącej w warunkach zróżnicowanej antropopresji z uwagi na: wybrane cechy *life history* (np.: parametry wielkości, biomasy osobników, ocena płodności osobników), określenie kondycji osobników brzozy, ocenę czynników abiotycznych i biotycznych odpowiedzialnych za rozmieszczenie siewek w przestrzeni. Do badań wybrano brzozę brodawkowatą — gatunek siedliskotwórczy o szerokiej skali ekologicznej, odporny na zanieczyszczenia środowiska. Badania prowadzone były w latach 2005—2008 i 2009—2010 na 4 powierzchniach badawczych, różniących się stopniem antropopresji. Doświadczenie podzielono na dwie części: terenową i laboratoryjną. W części terenowej liczbę liści brzozy, ich powierzchnię oraz zawartość barwników asymilacyjnych określono w czasie pełnego rozwoju liści. Cechy biometryczne kwiatostanów oraz owocostanów brzozy oznaczono na początku i na końcu sezonu wegetacyjnego. W części laboratoryjnej wykonano badanie żywotności pyłku oraz wartości siewnej nasion. Aby zbadać, jak kształtuje się zmienność przestrzenna siewek brzozy brodawkowatej oraz jakie czynniki wpływają na ich wzorce przestrzenne, wyznaczono 6 poletek badawczych w obrębie 2 kontrastujących pod względem stopnia presji antropogenicznej powierzchni badawczych.

Analiza wyników badań poszczególnych elementów składających się na ostateczny efekt reprodukcji wskazuje na ich ogromną plastyczność, przy czym reakcje rośliny na czynniki niekorzystne, prowadzące do niskiej efektywności rozrodu, nie zawsze są zrozumiałe. Poznawanie strategii życia i taktyki reprodukcyjnej populacji roślinnych umożliwia pełniejsze poznanie czynników warunkujących przystosowanie populacji. Wyróżnienie jednego, dwóch czy

trzech czynników będzie zawsze pewnym uproszczeniem. Nie można bowiem założyć, że jeden z nich jest jedynym mechanizmem sterującym adaptacją; być może jest on czynnikiem włączającym lub stymulującym inne mechanizmy.

Najczęściej spotykaną strukturą badanych siewek jest struktura skupiskowa. Na zwałach inicjalnych czynnikiem najsilniej wpływającym na strukturę skupiskową jest wilgotność substratu glebowego; w warunkach naturalnych pojaw i rekrutacja nowych osobników uzależnione są od obecności luk w pokrywie roślinnej.

Stwierdzono wyraźny wpływ specyficznego siedliska pochodzenia antropogenicznego na cechy parametrów biometrycznych siewek brzozy brodawkowatej. Cechy biometryczne brzozy brodawkowatej różnią się od cech biometrycznych roślin występujących na glebach niezanieczyszczonych. Wskazuje się na potrzebę dalszych badań, aby stwierdzić, czy cechy te są tylko reakcją fenotypową, następującą w odpowiedzi na trudne i specyficzne warunki panujące na hałdzie galmanowej, czy też doszło już do zmian genotypowych.

Wyniki prezentowanej pracy mogą stanowić nowe źródło wiedzy na temat sposobu kształtowania się pokrywy roślinnej, która zasiedla zdegradowane tereny nieużytków przemysłowych. Tylko rezultaty długoterminowych badań nad procesami zasiedlania przez poszczególne gatunki zwałów przemysłowych mogą ułatwić prace planistyczne związane z rekultywacją i zagospodarowaniem takich obiektów.

Biologie und Ökologie der Spezies *Betula pendula* Roth auf postindustriellen Kippalden: Modifikation von *life history* Merkmalen

Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Vermehrungsfähigkeit des Organismus sichert die Lebensdauer der Spezies. Die Effektivität der Ausbreitung wird vor allem von individueller Fruchtbarkeit und von Lebenskraft der Nachkommenschaft, bis zum Erreichen der Vermehrungsphase, beeinflusst. Die Entwicklung der Pflanzen auf offenen Gebieten des postindustriellen Ödlandes ist immer noch kaum erforscht, deshalb wollte die Verfasserin untersuchen, wie sich die solche Gebiete besetzenden Pflanzen räumlich ausbreiten und inwiefern sich die Lebensbedingungen und ihre individuellen Eigenschaften in räumlicher Anordnung der Pflanzen widerspiegeln. Sie konnte die räumliche Veränderlichkeit der Pflanzen ganzheitlich erforschen und in ihren Forschungen mehrere Variablen gleichzeitig anwenden, denn sie hat die mittels geostatistischer Methode verschafften Daten an räumliche Analyse angepasst.

Das Ziel der Forschungen war, die Eigenschaften der Population von der in unterschiedlichen anthropogenen Verhältnissen wachsenden Birke *Betula pendula* in Betracht: ausgewählter Merkmale der *life history* (z.B.: Größe, Biomasse, Fruchtbarkeit der Individuen) zu beurteilen; die Kondition von den einzelnen Individuen der Birke einzuschätzen; die für die räumliche Verteilung der Sämlinge verantwortlichen abiotischen und biotischen Faktoren zu bewerten. Zu Forschungen wurde die Warzenbirke gewählt, eine biotopbildende Spezies mit weitreichender ökologischer Skala, die gegen Umweltverschmutzung unempfindlich ist. Die Forschungen wurden in den Jahren 2005—2008 und 2009—2010 auf vier mehr oder weniger anthropogenen Versuchsflächen durchgeführt. Der Versuch bestand aus Feld- und Laborforschungen. Im Rahmen der Feldforschungen wurde die Anzahl der vollentwickelten Birkenblätter, deren Fläche und der Gehalt von Assimilationsfarbstoffen beurteilt. Biometrische Eigenschaften von Blütenständen und Fruchtständen wurden zu Beginn und zu Ende der Vegetationszeit bezeichnet. Die Laboruntersuchungen sollten die Vitalität des Blütenstaubs und die Saatkraft der Samen bestimmen. Zu diesem Zwecke wurden 6 Versuchsgelände im Bereich von zwei hinsichtlich des anthropogenen Drucks zueinander in Kontrast stehenden Versuchsflächen abgesteckt.

Die Analyse der Forschungsergebnisse von den einzelnen, für das Endeffekt zusammenlegenden Elementen deutet auf deren große Anpassungsfähigkeit hin, aber die Reaktion der Pflanze auf ungünstige, eine niedrige Vermehrungseffizienz mit sich bringende Faktoren ist

nicht immer klar. Die Erkundungen über Lebensstrategie und Vermehrungstaktik von Pflanzenpopulationen lassen, die eine Anpassung der Population begünstigenden Faktoren besser erkennen. Die Hervorhebung von einem oder mehreren Faktoren wird immer eine Vereinfachung bedeuten. Man kann zwar nicht voraussetzen, dass nur einer von ihnen imstande ist, die Anpassung zu steuern; er ist vielleicht ein solcher Faktor, der andere Mechanismen einbeziehen oder anregen kann.

Unter den untersuchten Sämlingen tritt am häufigsten die Anhäufungsstruktur auf. Auf Initialkippen wird die Anhäufungsstruktur von der Feuchtigkeit des Bodensubstrates am stärksten beeinflusst; in natürlichen Verhältnissen sind das Erscheinen und die Beschaffung von neuen Individuen von den Lücken in der Vegetationsdecke abhängig.

Es wurde festgestellt, dass der spezifische anthropogene Biotop einen deutlichen Einfluss auf biometrische Parameter der Sämlinge von der Warzenbirke hat. *Betula pendula* unterscheidet sich von den auf unverschmutzten Böden wachsenden Pflanzen in biometrischen Merkmalen. Die Verfasserin zeigt auf, dass es nötig ist, weitere Forschungen durchzuführen, um feststellen zu können, ob diese Merkmale lediglich eine phänotypische Reaktion sind, die eine Antwort auf schwierige und spezifische auf einer Zinkspatkippe herrschende Bedingungen ist, oder es sind schon eher genotypische Differenzierungen entstanden worden.

Die in vorliegender Arbeit dargestellten Forschungsergebnisse können ein richtiger Born des Wissens sein über die Art und Weise, auf welche die Vegetationsdecke auf dem postindustriellen unfruchtbaren Ödland entsteht. Nur die Ergebnisse der langdauernden Forschungen über die Besiedelung der postindustriellen Kippwald von den einzelnen Spezies können bei den mit der Rekultivierung und mit dem Bewirtschaften der Gebiete verbundenen Planungsarbeiten helfen.

Redaktor: Barbara Todos-Burny
Projektant okładki: Małgorzata Pleśniar
Redaktor techniczny: Barbara Arenhövel
Korektor: Danuta Stencel
Skład i łamanie: Edward Wilk

Copyright © 2012 by
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
Wszelkie prawa zastrzeżone

ISSN 0208-6336
ISBN 978-83-226-2137-0

Wydawca
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
ul. Bankowa 12B, 40-007 Katowice
www.wydawnictwo.us.edu.pl
e-mail: wydawus@us.edu.pl

Wydanie I. Ark. druk. 9,0. Ark. wyd. 11,0.
Papier offset. kl. III, 90 g Cena 14 zł (+ VAT)

Druk i oprawa: PPHU TOTEM s.c.
M. Rejnowski, J. Zamiara
ul. Jacewska 89, 88-100 Inowrocław