



LXX

ROCZNIK
POLSKIEGO
TOWARZYSTWA
DENDROLOGICZNEGO

**ROCZNIK
POLSKIEGO TOWARZYSTWA
DENDROLOGICZNEGO**

THE POLISH DENDROLOGY SOCIETY YEARBOOK

LXX

(wychodzi od 1926 – published since 1926)



Szczecin 2022/2023

Wydano ze środków
Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego
i jego członków wspierających

Financed by
the Polish Dendrology Society
and its supporting members

REDAKCJA – EDITORIAL TEAM

Dominik Tomaszewski (Redaktor naczelny – Editor-in-Chief)
Joanna Dudek-Klimiuk (Zastępca redaktora – Co-editor)

RADA REDAKCYJNA – EDITORIAL BOARD

Jacek Borowski (Przewodniczący/Chairman, Warszawa, Polska/Poland)
Władysław Danielewicz (Poznań, Polska/Poland)
Piotr Daszkiewicz (Paris, Francja/France)
Ulrich Hecker (Mainz, Niemcy/Germany)
Szczepan Marczyński (Pruszków, Polska/Poland)
Jacek Oleksyn (Kórnik, Polska/Poland)
Stefan Panka (Eberswalde, Niemcy/Germany)
Andriy Prokopiv (Lviv, Ukraina/Ukraine)
Tomasz Samojlik (Białowieża, Polska/Poland)
Audrius Skridaila (Vilnius, Litwa/Lithuania)
Jerzy Zieliński (Kórnik, Polska/Poland)

ADRES REDAKCJI – EDITORIAL ADDRESS

Dominik Tomaszewski
Instytut Dendrologii PAN
ul. Parkowa 5, PL-62-035 Kórnik
E-mail: dominito@man.poznan.pl, tel: +61170033 i 604429439
E-mail: joanna_dudek_klimiuk@sggw.pl, tel. (+48) 22 5932201

Copyright © by Polskie Towarzystwo Dendrologiczne, Wrocław, 2023

Rocznik PTD jest też dostępny w internecie / The PDS Yearbook is also available on the Internet:
http://www.ptd.pl/ptd/?page_id=542

p-ISSN: 2080-4164, e-ISSN: 2300-8326

Nakład 400 egzemplarzy/Edition: 400 copies

Okładka/Cover design – Copyright © by Jakub Dolatowski, 2023

Skład i łamanie – Rafał Wiśniewski

Druk i oprawa – ZYX-MEDIA, www.zyx.waw.pl

Od redakcji

Tak. Długo się nie widzieliśmy... Z wielkim żalem musimy przyznać, że rok 2022 był czasem niedostatku tak dotkliwego, że nie zebraliśmy wystarczająco wielu artykułów, by „Rocznik” mógł się ukazać. Na szczęście tym razem udało się nam zachęcić kilku znawców i pasjonatów, by podzielili się z nami swoją wiedzą, doświadczeniem, przemyśleniami... i dopięliśmy nowy numer, który, z tradycyjnym już opóźnieniem, oddajemy w Wasze ręce, dziękując jednocześnie za cierpliwość i licząc na wyrozumiałość. Jednocześnie dziękuję Autorom i Recenzentom, że dołożyli wszelkich starań nie tylko, by dostarczyć wartościowych tekstów, ale także by były one na najwyższym poziomie.

Rozciągłość tematyczna jak zwykle jest duża. Przyjrzymy się zaskakującej piękności olszom, co może być zaskoczeniem, wydawać by się bowiem mogło, że w rodzaju tym nie znajdziemy zbyt wielu atrakcyjnych odmian; tymczasem jest inaczej, o czym, jestem pewien, Czytelnicy przekonają się podczas lektury artykułu. Z kolei wybitny znawca jałowców, prof. Adam Boratyński, omawia najbliższy nam gatunek, czyli jałowiec pospolity, zastanawiając się nad terażniejszością i, co ważniejsze, przyszłością tego gatunku w Polsce.

Nauka to przede wszystkim analizy wymagające skrupulatnych pomiarów i dokładnych porównań. Zabierzemy Państwa do pewnego lasu tuż za naszą zachodnią granicą, gdzie przez kilkadziesiąt lat prowadzono obserwacje – poznamy wyniki analiz tych danych i co z nich wynika dla naszego postrzegania cisa jako gatunku ponoć preferującego zacienienie. Kolejny artykuł przybliży natomiast ciekawe zagadnienie estymacji wieku drzew na podstawie tabeli profesora Longina Majdeckiego i z wykorzystaniem metod bezpośrednich.

Specjaliści biologii drzew pracują nie tylko w terenie, dlatego dobrze przyjrzeć się wynikom ich prac także w laboratoriach. Tym razem zajrzemy do pracowni Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku, gdzie odkrywane są tajemnice drzew na poziomie nasion i zarodków somatycznych. Następny tekst, o nowych odkryciach genetycznych w grupie sagowców, może nieco zaskakiwać, ponieważ ta egzotyczna i ewolucyjnie stara grupa roślin nie zawsze postrzegana jest jako drzewa. Na koniec będziemy towarzyszyć wyprawie na... odległą Grenlandię, która nie zwykła kojarzyć się nam z drzewami. W tej różnorodności i bogactwie tematów, mam nadzieję, każdy znajdzie coś ciekawego dla siebie.

Rok 2023 był czasem pożegnań z osobami bardzo zasłużonymi dla naszego środowiska i znanymi chyba nam wszystkim. Odeszli m.in. prof. Mieczysław Czekalski (14 maja), dr Tomasz Bojarczuk (22 lipca), dr Ewa Jerzak (10 października) i prof. Jerzy Hrynkiewicz-Sudnik (13 października). W „Roczniku” nie mogło zabraknąć wspomnień o nich.

Na stronach pomiędzy artykułami tym razem zamieściliśmy zdjęcia monumentalnych drzew. Takie okazy poruszają serce każdego miłośnika tych roślin, bo drzewa choć zawsze w końcu umierają, trwają przez dziesiątki, a nawet setki lat, a nasza miara wieku jest im z gruntu obca. W innym tempie dojrzewają i w innym kończą życie. A znakomicie różnicę tę widać u dębów. Niech zdjęcia będą także zaproszeniem do albumu fotograficznego, który przygotowują obecnie członkowie PTD w ramach konkursu „100 dębów na stulecie PTD”. Tak, proszę Państwa, stulecie utworzenia Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego przypada właśnie w 2024 r. Niech nasze Towarzystwo będzie silne i dumne jak najstarsze dęby, mocno zakorzenione w swojej historii i jednocześnie dobrze adaptujące się do nowej, często niełatwej rzeczywistości. Niech klimat mu służy.

Członkowie wspierający PTD



CLEMATIS ŹRÓDŁO DOBRYCH PNĄCZY



DUET KONOPKA, PEŁKA



ELWI



FISCHER POLSKO-NIEMIECKA
SZKÓŁKA DRZEWIARSKA



MARCIN GAJDA



INSTYTUT DRÓG I LOTNISK



ŁAZUCCY, GOSPODARSTWO SZKÓLKARSKIE



GOSPODARSTWO OGRODNICZE
TADEUSZ KUSIBAB



GOSPODARSTWO SZKÓLKARSKIE CIEPŁUCHA

DR MARIA HANNA MAKOWIECKA, WARSZAWA



OGRODY PRZELEWICE



SZKÓŁKA BĄBLIN ANDRZEJ KUJAWA



SZKÓŁKA SZMIT



SZKÓŁKI KUROWSCY



TAJEMNICZY OGRÓD AGNIESZKA RYZZA-WOŹNIAK

TREŚĆ – CONTENTS

ARTYKUŁY

EIKE J. JABLONSKI

Cultivars of *Alnus* Mill. (alder) and the contribution of Polish collections and nurseries for the dissemination and preservation of such cultivars

Odmiany *Alnus* Mill. (olsza) oraz wkład polskich kolekcji i szkółek w ich upowszechnianie i zachowanie 9

ADAM BORATYŃSKI, KRYSZYNA BORATYŃSKA

Jałowiec pospolity (*Juniperus communis*) – uwagi dotyczące stanu obecnego i przyszłości gatunku w Polsce

Common juniper (*Juniperus communis*) – remarks on the present and future of the species in Poland 27

STEFAN PANKA, JANA PANKA

Stała powierzchnia badawcza Chorin 112 – wyniki 27-letnich badań nad cisem (*Taxus baccata* L.) w różnych warunkach świetlnych

Chorin 112 permanent experimental area – results of 27 years of studies on English yew (*Taxus baccata* L.) under various light conditions 37

JACEK BOROWSKI, MAGDALENA WNEK, MARTA DEJA

Tabela Profesora Longina Majdeckiego w ocenie wieku wybranych gatunków drzew

The table of Professor Longin Majdecki in the assessment of the age of selected tree species 47

TERESA HAZUBSKA-PRZYBYŁ

Wegetatywne rozmnażanie świerka serbskiego i pospolitego w Polsce metodą kultur *in vitro* z wykorzystaniem potencjału somatycznej embriogenezy

Vegetative propagation of Serbian and Norway spruce in Poland by *in vitro* culture using the potential of somatic embryogenesis 65

HANNA FUCHS, JOANNA KIJOWSKA-OBERC, EWELINA RATAJCZAK

Klony jako modele: odkrywanie tajemnic fizjologii nasion drzew

Maples as model trees for exploring the physiology of woody plant seeds 77

TADEUSZ PIETRAS

Zsekwencjonowanie całego genomu sagowca *Cycas panzhihuaensis* – wybrane implikacje teoretyczne dla współczesnej botaniki

Whole genome sequencing of *Cycas panzhihuaensis* – selected theoretical implications for modern botany 83

MARCIN KOWALCZYK

Brytyjsko-polska ekspedycja botaniczna na Grenlandię 2022 – zapiski z podróży

British-Polish plant study expedition to Greenland 2022 – travel notes 91

WSPOMNIENIA

KINGA NOWAK

Wspomnienie o Tomaszu Bojarczuku 102

PRZEMYSŁAW BĄBELEWSKI

Odszedł Prof. dr hab. Mieczysław Czekalski 109

TOMASZ MALIŃSKI, JOANNA JASKULSKA, HANNA GRZESZCZAK-NOWAK,
LUCJA SWIŁŁO, ELŻBIETA ŻYGALA

Ewa Jerzak, przyjaciółka ludzi i drzew – wspomnienia 111

PIOTR REDA, JAN KOTUSZ, ELŻBIETA SZOPIŃSKA

Wspomnienie o Jerzym Hryniewicz-Sudniku 115



Pomnik przyrody – dąb szypułkowy Dąb Marity o obwodzie pnia 360 cm rosnący na terenie Drawsko Pomorskiego. Drzewo zostało zgłoszone do drugiej edycji konkursu przyrodniczego „Odkryj swój pomnik przyrody” zorganizowanego przez gminę Drawsko Pomorskie (fot. Leszek Paradowski)

Nature monument – pedunculate oak, the Marita Oak, with a trunk circumference of 360 cm growing in Drawsko Pomorskie.
The tree was nominated for the second edition of the nature competition titled “Discover Your Nature Monument” organised by the commune of Drawsko Pomorskie (photo Leszek Paradowski)

ARTYKUŁY



Pomnik przyrody – dąb szypułkowy rosnący na terenie gminy Drawsko Pomorskie. Drzewo zostało zgłoszone do konkursu przyrodniczego „Odkryj swój pomnik przyrody” zorganizowanego przez gminę Drawsko Pomorskie (fot. Leszek Paradowski)

Nature monument – pedunculate oak growing in the area of Drawsko Pomorskie commune. The tree was nominated for the nature competition titled “Discover Your Nature Monument” organised by the commune of Drawsko Pomorskie (photo Leszek Paradowski)

Cultivars of *Alnus* Mill. (alder) and the contribution of Polish collections and nurseries for the dissemination and preservation of such cultivars

Odmiiany *Alnus* Mill. (olsza) oraz wkład polskich kolekcji i szkółek w ich upowszechnianie i zachowanie

EIKE J. JABLONSKI

LtEtt Arboretum Ettelbruck, 71, avenue Lucien Salentiny, L-9080 Ettelbruck, Luxembourg
e-mail: eike.jablonski@education.lu

Submitted: 27 October 2023; Accepted: 22 February 2024

ABSTRACT: Some 50 named cultivars of different *Alnus* species are known today; the first cultivar was already described in 1788. There is no current overall coverage of these varieties; some are considered lost to cultivation, very few of them are now part of modern plantings, most of them are only found in a few special collections. These cultivars show a remarkable variation in terms of growth, twig habit or leaf character. In Poland, the Zamoycki Nursery cultivated already around the turn of the last century a remarkable number of *Alnus* varieties. Today, only a few nurseries worldwide still propagate a larger number of varieties. Whenever information has been gathered, these cultivars are described in this paper, which aims to contribute towards the preservation of some of the beautiful or remarkable cultivars of alder (*Alnus*).

Key words: *Alnus*, alder, cultivars, Polish collections

History of *Alnus* cultivars

For centuries, keen gardeners and plant enthusiasts have selected interesting plants that differ in one or more aspects from the common type. Plants with variegated or lacinate leaves, fastigiated or weeping growth (or, in other genera than *Alnus*, also double flowers or different flower colours) were thus the first “cultivars”. The methods of vegetative propagation had already been developed, making it possible to multiply these plants, which were initially a great rarity.

Most probably, the first record of an *Alnus* different from the common form was a lacinate common alder, *Alnus glutinosa* ‘Laciniata’, described already in 1755 by Duhamel du Monceau or in 1788 as *Betula laciniata* by Ehrhardt in his “Beiträge zur Naturkunde”. This alder must have been

known before and was already part of the dendrological inventory of famous parks of that time, as Ehrhardt states, “it grows in the gardens in the Netherlands and England, and also in Harbke and Herrenhausen”. It is not surprising that Loudon (1844) describes and illustrates this cultivar in his monumental work (fig. 3).

In 1790, Lundmark published a description together with an illustration of a lacinate form of *Alnus incana* as “*Betula pinnata*”, still in cultivation today as *A. incana* ‘Pinnata’. A few years later, in 1787 and 1788, Gleditsch published a short description along with an illustration (fig. 1) of a more or less lacinate form of the common alder as f. *quercifolia*, found in a park in Berlin. Willdenow (1796) mentioned the same tree, which now we know as *A. glutinosa* ‘Quercifolia’. In 1807, Peter Thunberg illustrated a similar form (fig. 2) as “*Betula Laciniata*”.



Fig. 1. “Die eichenblättrige Erle” (*Alnus glutinosa* ‘Quercifolia’) in: Gleditsch, 1788

Ryc. 1. „Olsza dębolistna” (*Alnus glutinosa* ‘Quercifolia’) za: Gleditsch, 1788



Fig. 3. *Alnus glutinosa* ‘Laciniatia’ is also one of the cultivars which is described in Loudon (1844)

Ryc. 3. *Alnus glutinosa* ‘Laciniatia’ to jeden z kultywarów opisanych przez Loudona (1844)



Fig. 2. Peter Thunberg described and illustrated “*Betula Laciniata*” (*A. glutinosa* ‘Laciniatia’) in 1807 (fig. 1a)

Ryc. 2. Peter Thunberg opisał i zaprezentował „*Betula Laciniata*” (*A. glutinosa* ‘Laciniatia’) w swojej pracy z 1807 (ryc. 1a)

In the following century, only a handful more forms of alder have been observed and publicised. At the end of the 19th century, a total of 12 *Alnus* cultivars were known, all of which are still known in cultivation today. The Arbo-retum Muskau, Count Pückler’s old landscape park, nowa-days divided by the German-Polish border, cultivated ca. 27 varieties of *Alnus* in 1864, many of them cultivars (Petzold & Kirchner, 1864). Around 1900, the Zamoyski Nursery in Podzamcze cultivated six varieties of *A. glutinosa* and *A. incana*. In their catalogues between 1900 and 1918, numerous illustrations of these cultivars were published (“Cennik ilustrowany drzew i krzewów”, 1899–1918, fig. 4). In the 1920s, the Späth Nursery, Berlin, listed a wide range of more than 75 different *Alnus* in their nursery, many of them cultivars (Späth, 1930).

A note on taxonomy and nomenclature

Species designation – Cultivars of *Alnus* are sometimes incorrectly classified. A common mistake is to mix cultivars of *A. glutinosa* (common alder) and *A. incana* (grey alder). In nurseries, one may find, for example, *A. incana* ‘Razzmatazz’ sometimes mislabelled as *A. glutinosa* ‘Razzmatazz’, or *A. incana* ‘Pendula’ as *A. glutinosa* ‘Pendula’.

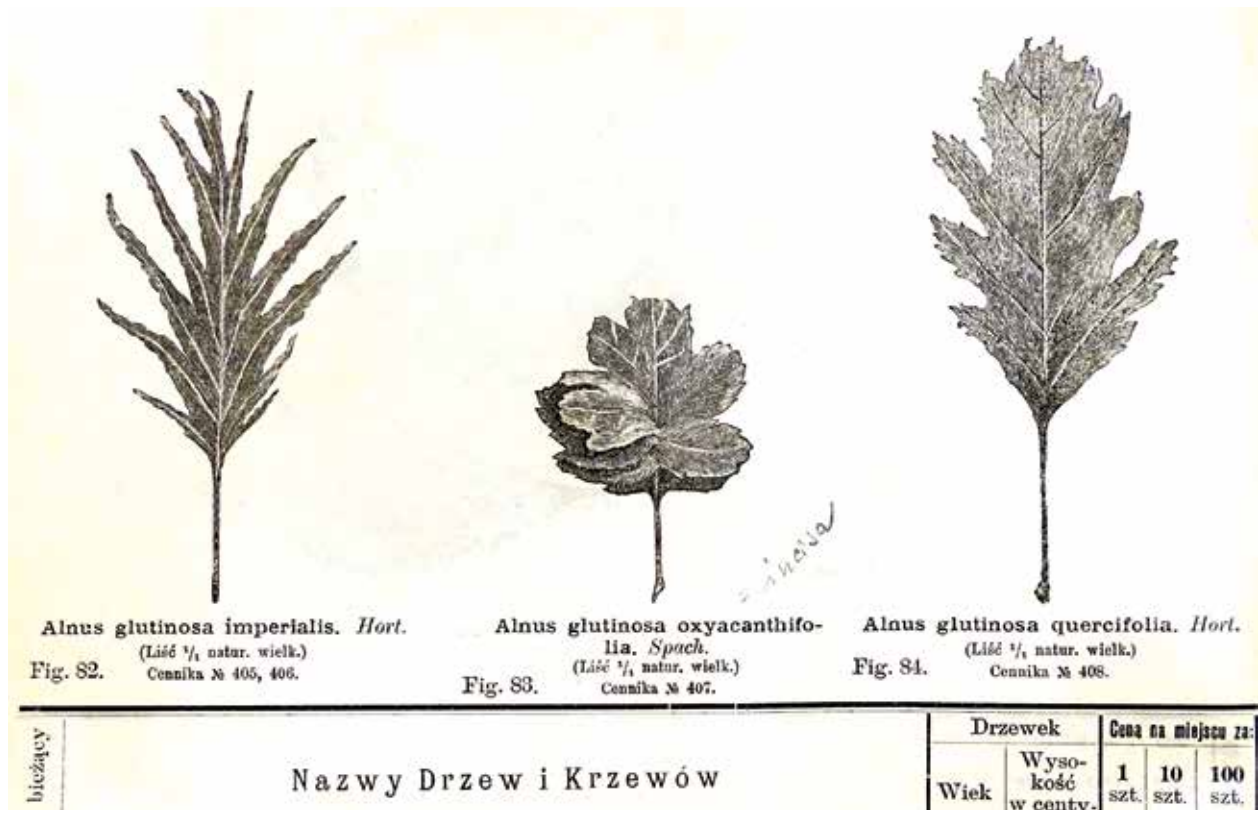


Fig. 4. Three different *Alnus* cultivars, illustrated in the catalogue of Zamoyski Nursery in 1904

Ryc. 4. Trzy kultury olszy w katalogu szkółek Zamoyskiego z 1904 r.

Cultivar epithets – Another problem can occur if identical cultivar epithets do appear in the same “denomination class”. The (early) cultivars in both *A. glutinosa* and *A. incana* may have identical cultivar epithets, such as ‘Laciniata’ (fig. 5) or ‘Aurea’ (fig. 6). This can lead to confusion even

in collections or the nursery trade. Today, a recommendation of the International Code of Nomenclature of Cultivated Plants (ICNCP) restricts the use of naming a cultivar in the same denomination class with the same or a very similar cultivar epithet.



Fig. 5. *Alnus glutinosa* ‘Laciniata’ (left) and *A. incana* ‘Laciniata’ (right), in the centre illustration from Seneta (1987)

Ryc. 5. *Alnus glutinosa* ‘Laciniata’ (po lewej) and *A. incana* ‘Laciniata’ (po prawej), w środku ilustracja za: Seneta (1987)



Fig. 6. *Alnus glutinosa* 'Aurea' (left) and *A. incana* 'Aurea' (right)

Ryc. 6. *Alnus glutinosa* 'Aurea' (po lewej) and *A. incana* 'Aurea' (po prawej)



Forma or cultivar – In *Alnus*, many “formae” are described or at least mentioned (e.g. Callier (1918) describes 52 forms of *Alnus*, while Hylander (1957) published 28 forms of lacinate *Alnus* from Sweden (see, for example, fig. 7 of *A. incana* f. *semipinnata*) – only some of them may be treated as a cultivar in a modern sense. Thus, several of the lacinate-leaved forms described by Hylander and many of the “formae” of Callier are not taken into account in this paper, although one or the other may also be propagated vegetative and thus meet the criteria of a cultivar.

A form usually designates a group with a noticeable morphological deviation and occurs naturally through generative propagation. A cultivar refers to the most basic classification category of cultivated plants in the ICNCP and is usually propagated vegetatively.

If forms of *Alnus* come more or less “reliable” from seed, they will be treated as “formae”. This is, for example, the case in some of the lacinate forms. In the new edition of the “Dendroflora of Finland” (Väre & Kiuru, 2019), they are treated pragmatically, e.g. as *A. glutinosa* f. *laciniata* including ‘Laciniata’. A newly produced seedling of an existing cultivar should, in any case, receive a new cultivar epithet or be declared as an F₁ seedling of this variety.

Fig. 7. *Alnus incana* f. *semipinnata* (Hylander, 1957) is treated as a form and not as a cultivar because it is not propagated vegetatively

Ryc. 7. *Alnus incana* f. *semipinnata* (Hylander, 1957) jest traktowana jako forma, a nie jako kultywar, ponieważ nie jest rozmnażana wegetatywnie

Cultivars of *Alnus* species

A brief description of cultivars of alder is given in alphabetical order.

- *A. acuminata* ‘Royal Cascade’ (syn. ‘Weeping Willy’). Scott Bailey and Javmain Pty Ltd, Australia, 1991.
A selection of *A. acuminata* with a spreading, prostrate weeping habit. First published in “Plant Varieties Journal” (Australia) 2000, vol. 13(4):70; probably not in cultivation in Europe.
- *A. alnobetula* ‘Grandifolia’. Illustrated in Boom (1957, p. 53, fig. 3a) and Koning & Broek (2009).
A form with leaves 6–9 cm long, with 6–10 pairs of nerves. Rare in cultivation. Forms of *Alnus alnifolia* have also been described under the synonymous name *A. viridis*.
- *A. alnobetula* ‘Laciniata’. Schneider (1906, fig. 66f) as f. *laciniata*; Krüssmann (1976) lists it as ‘Laciniata’.
Leaves deeper lobed as the nominal form. Probably not in cultivation.
- *A. alnobetula* ‘Microphylla’. In Schneider (1906) as f. *microphylla*. Krüssmann (1976) lists it as ‘Microphylla’. Illustrated in Schneider (1906, 1: tab. 31, fig. k).
Leaves rounded and only half the size of the nominal form. Probably not in cultivation.
- *A. alnobetula* “Weeping Form” (this plant does not have a cultivar name yet).
In 2019, the author observed a weeping or pendulous form of this species in the Botanical Garden in Wrocław. It has an elegant habit and could be an interesting shrubby *Alnus* for small gardens and is recommended for propagation (fig. 8).
- *A. cordata* ‘Purpurea’. Kórnik Arboretum, Poland, 1927.
New growth purplish brown (Seneta, 1991). Probably not any longer in cultivation.
- *A. ×elliptica* ‘Itolanda’ (*A. cordata* × *A. glutinosa*). Doorenbos, the Netherlands, c. 1935, illustrated in Boom (1957, p. 53, fig. 3b).
Found by S. G. A. Doorenbos as a chance seedling around 1935. Vigorous growth, large leaves; perhaps no longer in cultivation, because of its susceptibility to the bacteria disease caused by *Xylella fastidiosa* (an aerobic, Gram-negative bacteria). The epithet derives from the native range of the parent species, i.e. “Italia” and “Olanda” (=Holland).
- *A. glutinosa* ‘Angustiloba’. Hylander (1957).
With deeper lobed leaves than ‘Laciniata’, illustrated by Hylander (1957, plate 3), also listed by Krüssmann (1976). It is one of the many lacinate forms of Scandinavian alder, propagated vegetatively and thus matches the criteria for a cultivar.



Fig. 8. A weeping form of *Alnus alnobetula* in the Botanical Garden in Wrocław (2019), not named yet but perhaps worthwhile?

Ryc. 8. Odmiana płacząca *Alnus alnobetula* w Ogrodzie Botanicznym we Wrocławiu (2019), bez nazwy jeszcze, ale może warto ją formalnie opisać?

- *A. glutinosa* 'Aurea'. Vervaene, Belgium, ca. 1860.
Leaves are pale yellow, later turning warm golden yellow, noticeable in spring and early summer (fig. 9). The growth is more compact than in the species. It received a RHS First Class Certificate (FCC) in 1867.
- *A. glutinosa* 'Carelica'. Also as var. *carelica*; Scandinavian selection; and as 'Muhkura' or 'Mukura'.
The wood has curled grain, called "visa" formation in Finnish. In vitro propagation, as it practiced in Finland, seems to lead to better results than grafts, which sometimes lose the special character of the curled grain.
- *A. glutinosa* 'Cascade'. Arboretum Borová Hora, Zvolen, Slovakia, before 1998, named by Juraj Labanc.
A vigorous, more or less pendulous form; the only weeping *A. glutinosa* in cultivation (fig. 10). It is a result of a breeding programme aimed at improving ornamental *Alnus* led by J. Labanc. Several selections of alder have been named in this programme.

- *A. glutinosa* 'CharlesHowlett'. Registered in 1986 by D. M. Howlett, Winchester, England, selected in 1982; its origin is unknown.
Various shaped and variegated leaves, yellow to orange streaked bark. It is slightly less vigorous than the ordinary *A. glutinosa*. A fairly new selection, but not widely cultivated.

- *A. glutinosa* 'Corticiformis'. Poland, known before 1960 (Seneta, 1991).
On the trunk, this alder forms elongated, almost vertical or slightly axially twisted protruding strips. It is known from several natural stands in Poland and has been in cultivation; however, an account from 1960 lacks a formal description (Seneta, 1991). Whether this form can be counted as a cultivar is subject to discussion, but if it was (or still is) in cultivation and vegetatively propagated, it matches the criteria of ICNCP.
- *A. glutinosa* 'Crispa'. Hesse Nursery, Weener, Germany, before 1925 (Seneta, 1991).
Medium-sized tree with ruffled leaves. In Kórnik, Poland, two trees were growing, obtained from Hesse, Germany, and planted in 1925. Not known if still in cultivation.



Fig. 9. *Alnus glutinosa* 'Aurea' exhibits sun tolerance
Ryc. 9. *Alnus glutinosa* 'Aurea' wykazuje tolerancję na poparzenia słoneczne



Fig. 10. *Alnus glutinosa* 'Cascade' in the Arboretum Borová Hora in Zvolen, Slovakia
(photo I. Sarvašová)

Ryc. 10. *Alnus glutinosa* 'Cascade' w Arboretum Borová Hora w Zwoleńiu na Słowacji
(fot. I. Sarvašová)

- *A. glutinosa* ‘Drucourt’. France, before 2015.

Leaves remarkably variegated, green with large white spots. Not yet named as a cultivar, it originates from Arboretum Drucourt, Eure, Normandy (France), and will get a cultivar name if successfully propagated (fig. 11).



Fig. 11. *Alnus glutinosa* ‘Drucourt’, a variegated form, the name is only a placeholder name (photo O. van Sante)

Ryc. 11. *Alnus glutinosa* ‘Drucourt’, odmiana o pstrych liściach; nazwa robocza (fot. O. van Sante)

- *A. glutinosa* ‘Floribunda’. Poland, 1972 (Seneta, 1991).

A floriferous selection, found in Jaworzna-Szczakowa, Poland, in 1972. Female inflorescences and fruit clusters in umbel-like stands, significantly more numerous than in the species, with the fruit cones significantly larger. It was described in 1972 but without Latin diagnosis (Seneta, 1991). Since the use of latinised cultivar epithets has not been permitted after 1959, this name must be rejected. If the cultivar is still in cultivation, it must be given a new, valid name.

- *A. glutinosa* ‘Greenwood’. Seedling selected by J. Mauritz in Opeusden, the Netherlands, before 2001, marke-

ted by Van Aart Boomkwekerijen from Oudenbosch in 2004, propagated by Hulsdonk Nursery in the Netherlands, and presented to the public as one of the novelties at the fair GrootGroenPlus in 2014 (“*Alnus glutinosa* with twisted branches”, 2019).

Upright tree with twisting branches (fig. 12). At a later age, the main stem grows straight upwards, forming an upright tree. Free flowering. The name derives from the address of Van Aart Nursery in Oudenbosch, Groene Woud, which means “Greenwood” in English.



Fig. 12. *Alnus glutinosa* ‘Greenwood’ is a recent contorted selection

Ryc. 12. *Alnus glutinosa* ‘Greenwood’ to niedawno otrzymana odmiana o skręconych pędach

- *A. glutinosa* ‘Imperialis’. Seedling selected by Brossart of Alençon in France, ca. 1855; in cultivation in Orléans since 1858. Published with illustration by Lemaire and Verschaffelt (1859) as “*A. glutinosa* var. *imperialis aspleniifolia*” (fig. 13).



Fig. 13. Verschaffelt illustrated this beautiful selection in 1859 as *Alnus Imperialis aspleniifolia* (left), *A. glutinosa* ‘Imperialis’ (right)

Ryc. 13. Verschaffelt przedstawił tę piękną odmianę w 1859 jako *Alnus Imperialis aspleniifolia* (po lewej), *A. glutinosa* ‘Imperialis’ (po prawej)

Slow-growing and unusual, slender small tree with filigree-like, deeply cut, sea-green leaves, the most elegant of the laciniate alders; rated with one star in a Dutch trial (Grootendorst, 1972), and received the RHS Award of Merit in 1973.

- *A. glutinosa* ‘Incisa’ (syn. ‘Oxyacanthifolia’?), Loudon (1844).

Small rounded leaves, less than 3 cm, deeply cut into toothed lobes (fig. 14). Bean (1970, p. 776) and Krüssmann (1976) described it as a slow growing, shrubby variety. According to Bean (1970), the tree-like forms may indeed belong to ‘Oxyacanthifolia’, which is treated as a synonym for the cultivar. More research is needed with material from both shrubby and tree-like specimen to verify if they belong to the same clone.



Fig. 14. *Alnus glutinosa* ‘Incisa’ has been known at least since 1844

Ryc. 14. Odmiana *Alnus glutinosa* ‘Incisa’ znana jest przynajmniej od 1844 r.

- *A. glutinosa* ‘Laciniata’. Ehrhardt (1788); described by Du Roi in 1795 from Germany (as *Betula* [*Alnus laciniata*] *foliis pinnatifidis*), pre-1807 in Sweden (Thunberg, 1807, fig. 2); and in 1819 in Paris, from where it was distributed in Western Europe under that name.

Slower growing than the species, with laciniate leaves, but not so deeply and narrowly lobed as in ‘Imperialis’, the lobes not toothed. Rated in a Dutch trial as a tree of recommendation, two stars (Grootendorst, 1972).

- *A. glutinosa* ‘Lobulata’. Finland, 1885 (Krüssmann, 1976).

Leaves roundish, deeply lobed. Illustration in Krüssmann (1976, p. 141, fig. 98).

- *A. glutinosa* ‘Luszyn’. Szmit Nursery, Ciechanów, Poland, 2016.

Upright, very regular, columnar crown, wider than ‘Pyramidalis’. Young trees with roundish crown, later they proceed with an upright growth (fig. 15). *Alnus glutinosa* ‘Luszyn’ was found in a park in the town of Luszyn near

Płock in central Poland by the eminent Polish dendrologist Włodzimierz Seneta and named by him incorrectly as ‘Pyramidalis’ (a clone already named in 1880). Introduced and renamed by Szmit Nursery.

- *A. glutinosa* ‘Pyramidalis’ (syn. *A. g.* ‘Fastigiata’). Germany, 1880, as “*pyramidalis Birkiana*” Späth (1930).

Narrow, fastigiated growth, erect branches; leaves dark green and broader than those of the species (fig. 16). Perhaps different clones are in cultivation; more observation is needed.

- *A. glutinosa* ‘Maculata’. Krüssmann (1976).

Leaves with white speckles. No further information is available, and it is possible that this cultivar is no longer in cultivation. It is not unclear whether the selection was named before 1959, if not, it must be renamed according to ICNCP.

- *A. glutinosa* ‘Minutifolia’. Finland (Åland), 1889 (Krüssmann, 1976).

Shrubby, up to 4 m, leaves round, 1.5–2.5 cm long, with a notched margin. Illustration in Krüssmann (1976, p. 141, fig. 98). Possibly not in cultivation.



Fig. 15. *Alnus glutinosa* ‘Luszyn’ (photo B. Szmit)

Ryc. 15. *Alnus glutinosa* ‘Luszyn’ (fot. B. Szmit)



Fig. 16. *Alnus glutinosa* 'Pyramidalis' in the Botanical Garden Helsinki, Finland

Ryc. 16. *Alnus glutinosa* 'Pyramidalis' w Ogrodzie Botanicznym w Helsinkach

- *A. glutinosa* 'Quercifolia'. Gleditsch (1787); Willdenow (1796).

Upper half of the leaves with 3–4 lobes on both sides, not deeper than a third of the leaf blade. Gleditsch (1787) illustrated this beautiful *Alnus* (fig. 17).



Fig. 17. *Alnus glutinosa* 'Quercifolia' is another of the historical cultivars

Ryc. 17. *Alnus glutinosa* 'Quercifolia' to kolejna historyczna odmiana

- *A. glutinosa* 'Rubrinervia'. Found around 1870 in Silesia (Dippel, 1892).

Leaves, veins and stalks red when young, later leaves dark green (fig. 18). It was thought that this cultivar had been lost in cultivation, but thanks to Szmit Nursery, it was rediscovered in the Kórnik Arboretum. Vigorous; very rare in cultivation.



Fig. 18. *Alnus glutinosa* 'Rubrinervia' is extremely rare and was believed to be lost in cultivation, but found back in the Kórnik Arboretum

Ryc. 18. *Alnus glutinosa* 'Rubrinervia' to niezwykle rzadki kultywar; uważany za zaginiony, ale odnaleziony w Arboretum w Kórniku

- *A. glutinosa* 'Sääksmäki'. Finland, ca. 2004. Selected for its narrow, fastigate growth. Found in Sääksmäki in western Finland.
- *A. glutinosa* 'Sakari'. Sakari Saarnijoki, Metla, Finland, before 1990. Selected for its narrow, fastigate growth by Professor Sakari Saarnijoki from the Finnish Forest Research Institute (Metla) in Kotka, Finland. 15 × 2–3 m; the most popular tree in narrow streets in Helsinki (fig. 19), often planted in Scandinavia.
- *A. glutinosa* 'Sorbifolia'. Schneider (1906); illustration also in Boom (1949). Small tree of shrubby habit; leaves elliptic, deeply cut with 5–6 lobes, sinuses often widest at the base. According to Bean (1970), one of the most distinct of the cut-leaved forms. Probably not any longer in cultivation.
- *A. glutinosa* 'Thillie Trompenburg'. Selected and named by Gert Fortgens, former director of Arboretum Trompenburg, Rotterdam, 2018 (fig. 20). Fastigate form with yellow leaves and upright pyramidal growth.
- *A. hirsuta* 'Harbin' (Prairie Horizon). Selected by the North Dakota State University breeding programme, ca. 2000. US and Canadian trademark registered. It has proven to be the most drought-tolerant *Alnus* in their trials. The selection is a fast growing, medium-sized



Fig. 19. *Alnus glutinosa* 'Sakari' is a very popular upright cultivar from Finland and often planted there (photo J. Särkkä)

Ryc. 19. *Alnus glutinosa* 'Sakari' to bardzo popularny kultywar o kolumnowym pokroju, pochodzi z Finlandii, gdzie jest często uprawiany (fot. J. Särkkä)



Fig. 20. *Alnus glutinosa* 'Thillie Trompenburg' is a new introduction from Arboretum Trompenburg, Rotterdam (the Netherlands; photo G. Fortgens)

Ryc. 20. *Alnus glutinosa* 'Thillie Trompenburg' to nowa odmiana z Arboretum Trompenburg w Rotterdamie (fot. G. Fortgens)

tree with dark green leaves in summer that turn a rich golden-yellow in autumn. The bark is particularly striking: smooth, pearl-grey, and resembling a beech.

- *A. incana* 'Angustissima'. Scandinavia, before 1870.

The most elegant lacinate form of all alders, propagated *in vitro* in Finland. Leaves finely dissected (fig. 21). Widely cultivated in Scandinavia; nearly unknown in Western and Central Europe.

- *A. incana* 'Aurea'. Dippel (1892).

Elegant tree with yellow leaves and young shoots, catkins conspicuously red-tinted (fig. 22). It is more frequently planted than *Alnus glutinosa* 'Aurea', but still rare in cultivation. Similar to 'Ramulis Coccineis', which differs in leaves being almost glabrous beneath. Rated in a Dutch trial as a tree of some interest: one star (Grootendorst, 1972). It has also been awarded the Royal Horticultural Society's Award of Garden Merit (RHS, 2019).



Fig. 21. *Alnus incana* 'Angustissima' is an old and most elegant cultivar from Scandinavia and propagated there today *in vitro*, but unknown outside the region

Ryc. 21. *Alnus incana* 'Angustissima' to stara i najbardziej elegancka odmiana pochodząca ze Skandynawii, obecnie rozmnażana *in vitro*, nieznaną poza tym regionem



Fig. 22. *Alnus incana* 'Aurea' has very distinguished red catkins (photo B. Szmit)

Ryc. 22. *Alnus incana* 'Aurea' ma charakterystyczne czerwone kotki (fot. B. Szmit)

- *A. incana* ‘Elegant’. Arboretum Borová Hora, Zvolen, Slovakia, before 1998, named by Juraj Labanc.

Elegant, slightly weeping tree with lacinate leaves (fig. 23). It is rare, but deserves wider cultivation. It is a result of a breeding programme aimed at improving ornamental *Alnus* led by Juraj Labanc.

- *A. incana* ‘Foliis Aureomarginatis’. In: “Cennik ilustrowany drzew i krzewów leśnych, parkowych i owocowych szkółek hr. Andrzeja Zamoyskiego w Podzamczu” [Illustrated price list of forest, park, and fruit trees and shrubs from Count Andrzej Zamoyski’s nursery in Podzamcze] from 1913, Poland.

Leaves with stable yellow variegation, growth slightly smaller than species (fig. 24). Similar to ‘Razzmatazz’ but leaves more glossy and with stable variegation. Listed in the catalogue of the Zamoyski Nursery in 1913; recently rediscovered in the Kórnik Arboretum, Poland, after years of “extinction”.

- *A. incana* “Fruticosa Aurea”. Arboretum Borová Hora, Zvolen, Slovakia, before 1998, named by Juraj Labanc. Nomen illegitimum.

A shrubby multi-stemmed tree with golden leaves and reddish catkins, a result of a breeding programme aimed at improving ornamental *Alnus* led by J. Labanc (fig. 25). The latinised cultivar epithet is illegitimate, thus this selection must be renamed.



Fig. 23. *Alnus incana* ‘Elegant’ – a recent introduction from Arboretum Borová Hora, Zvolen, Slovakia (photo I. Sarvašová)

Ryc. 23. *Alnus incana* ‘Elegant’ – kultywar niedawno otrzymany w Arboretum Borová Hora (Zwoleń, Słowacja) (fot. I. Sarvašová)



Fig. 24. *Alnus incana* ‘Foliis Aureomarginatis’ is an introduction of Zamoyski Nursery around 1913, believed to be lost in cultivation but recently rediscovered in the Kórnik Arboretum

Ryc. 24. *Alnus incana* ‘Foliis Aureomarginatis’ została wyprowadzona w szkółkach Zamoyskiego około 1913 r., uważana za zaginioną, ale niedawno odnaleziona w Arboretum w Kórniku



Fig. 25. *Alnus incana* “Fruticosa Aurea” – a beautiful slow growing golden selection from Arboretum Borová Hora (Zvolen, Slovakia) with an invalid name (photo I. Sarvašová)

Ryc. 25. *Alnus incana* “Fruticosa Aurea” to piękna odmiana o powolnym wzroście, powstała w Arboretum Borová Hora w Zwoleńiu, nazwa nieuprawniona (fot. I. Sarvašová)

- *A. incana* ‘Gibberosa’. Finnish selection, also treated as forma “Carellica” or as “Visa” form.

A special form of *A. incana*, valued for the decorative pattern of its wood. Stem with remarkable bulging knobs. Difficult to propagate (*in vitro*). It is probably the same clone as ‘Mukhura’. This selection was also illustrated on the front-cover of the journal of the Finnish Dendrological Society: “Sorbifolia” 49 (2018) (fig. 26).

- *A. incana* ‘Gold Cascade’. Arboretum Borová Hora, Zvolen, Slovakia, before 1998, named by Juraj Labanc.

A small tree with golden leaves and prominent reddish buds and catkins, and of pendulous habit (fig. 27). A result of a breeding programme aimed at improving ornamental *Alnus* led by J. Labanc.

- *A. incana* ‘Gold Fountain’. Arboretum Borová Hora, Zvolen, Slovakia, before 1998, named by Juraj Labanc.

A small tree with golden leaves, prominent reddish buds and catkins, and of pendulous habit (fig. 28). It seems to grow more upright and compact than ‘Gold Cascade’.

- *A. incana* ‘Green Fountain’. Arboretum Borová Hora, Zvolen, Slovakia, before 1998, named by Juraj Labanc.

A vigorous tree of pendulous but upright habit and green leaves (fig. 29). A result of a breeding programme mentioned above.



Fig. 27. *Alnus incana* ‘Gold Cascade’ (photo I. Sarvašová)
Ryc. 27. *Alnus incana* ‘Gold Cascade’ (fot. I. Sarvašová)

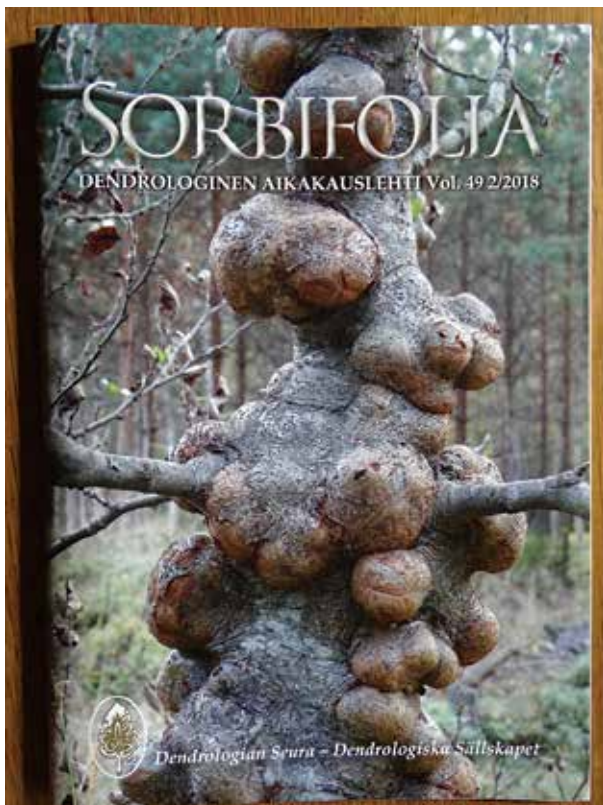


Fig. 26. *Alnus incana* ‘Gibberosa’ was illustrated on the cover of “Sorbifolia”, the magazine of the Finnish Dendrology Society
Ryc. 26. *Alnus incana* ‘Gibberosa’ na okładce czasopisma Fińskiego Towarzystwa Dendrologicznego „Sorbifolia”



Fig. 28. *Alnus incana* ‘Gold Fountain’ (photo I. Sarvašová)
Ryc. 28. *Alnus incana* ‘Gold Fountain’ (fot. I. Sarvašová)



Fig. 29. Another introduction from Arboretum Borová Hora, Zvolen, Slovakia: *Alnus incana* 'Green Fountain' (photo I. Sarvašová)

Ryc. 29. Kolejny kultuwar z Arboretum Borová Hora w Zwoleniu: *Alnus incana* 'Green Fountain' (fot. I. Sarvašová)

- *A. incana* 'Johanna'. Tyllilä Taimityllilä Oy, Finland, before 2008.

A seedling of 'Laciniata', with deeply lacinate leaves and slower growth rate. Easier to propagate *in vitro* than 'Laciniata'.



Fig. 31. *Alnus incana* 'Monstrosa' is extremely rare in cultivation; thought to be extinct, it was rediscovered in the Kórnik Arboretum (photo B. Szmit).
Ryc. 31. *Alnus incana* 'Monstrosa' jest niezwykle rzadko uprawianą odmianą; uważana za zaginioną, odnaleziona w Arboretum w Kórniku (fot. B. Szmit).

- *A. incana* 'Laciniata' (syn. 'Acuminata', 'Pinnata'). Before 1860, FCC in 1873.

A deeply cut-leaved alder with 6–8 pairs of narrow lobes (fig. 30). Similar lacinate forms have been found in the wild in Scandinavia and referred to as f. *laciniata* (e.g. Hylander, 1957). *A. i.* 'Laciniata' received a First Class Certificate (FCC) of the RHS, England, in 1873. Perhaps several clones with the same cultivar epithet are in cultivation. It is recommended to form an *A. incana* Cut Leaf Group and group the different clones of the lacinate *A. incana* here ('Acuminata' from Seneta (1987) surely belongs here).

- *A. incana* 'Monstrosa'. Späth, Berlin, 1892.

Shrubby habit, with fasciated shoots, and elongated leaves (fig. 31). It is a short-lived plant when grafted as a standard; it should be grafted deep on the rootstock and best planted with the graft below the surface. This selection is listed and described in the catalogue of Zamoyski Nursery in 1913. Thought to be extinct, the plant was rediscovered in Kórnik. Very rare in cultivation.



Fig. 30. Old cultivar *A. incana* 'Laciniata' (photo B. Szmit)
Ryc. 30. Stara odmiana *Alnus incana* 'Laciniata' (fot. B. Szmit)



- *A. incana* ‘Mukhura’. Finnish selection, also treated as forma “Carelica” or as “Visa” form.

Difficult propagation (*in vitro*), it is probably the same clone as ‘Gibberosa’ (see there).

- *A. incana* ‘Orbicularis’. Found in Zielona Góra (formerly Grünberg), Silesia, in 1892, mentioned and illustrated in 1918 (Callier), and still listed in Krüssmann (1976). Leaves round, 3–4 cm, tomentose on both sides when young; prominent nerves on adaxial side. Krüssmann (1976) treated it as a cultivar, but it is not clear whether it was ever in cultivation and may simply be a form. It is not known whether this selection is still in cultivation.

- *A. incana* ‘Pendula’. van der Bom, the Netherlands, pre-1890.

Elegant tree with weeping branches. In the catalogue of Zamoyski Nursery in 1904–1905 (fig. 32), a tree is illustrated and described as var. *pendula nova*. It is possibly the form

that is today in cultivation under the name ‘Pendula’, but it could also be a more elegant smaller form that may be lost in cultivation today.

- *A. incana* ‘Pinnata’. Sweden, Lundmark (1790).

A small tree, with small, deeply cut leaves 2–3 cm long. This Scandinavian variety is cultivated only in botanical collections and is widely unknown in Western and Central Europe. It was listed and illustrated by Schneider (1906) and Krüssmann (1976) (fig. 33). The seedlings, which may come more or less true, have to be named f. *pinnata*.

- *A. incana* ‘Ramulis Coccineis’

Medium-sized tree, foliage and young shoots vivid yellow; catkins orange-red like ‘Aurea’ (fig. 34). According to Armitage et al. (2014): “A tree which does not appear to differ in any way from ‘Aurea’”. It seems to be a different cultivar because the leaves are almost glabrous beneath and tomentose in *A. incana* ‘Aurea’, which is also Bean’s opinion (1970).

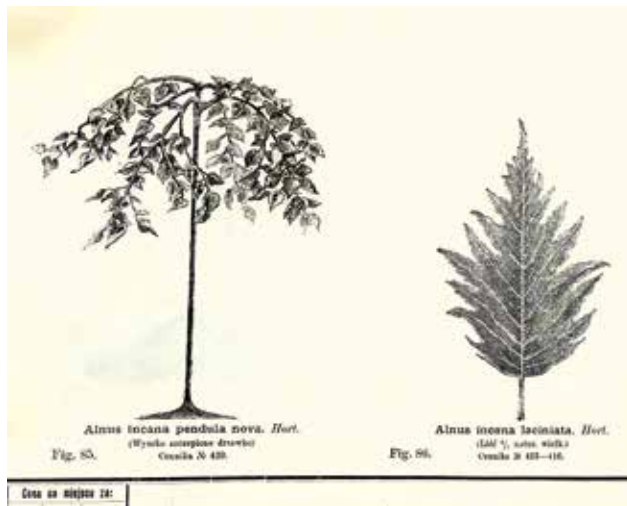


Fig. 32. *Alnus incana* ‘Pendula’ was illustrated as *A. incana* ‘Pendula Nova’ in the 1904–1905 catalogue of Zamoyski Nursery. The tree on the right is growing in Turku Botanical Garden, Finland, where they cultivate a great number of *Alnus* cultivars (photo S. Laine)

Ryc. 32. *Alnus incana* ‘Pendula’ jako *A. incana* ‘Pendula Nova’ w katalogu szkółek Zamoyskiego z 1904–1905 r. Drzewo po prawej rośnie w Ogróźnie Botanicznym w Turku (Finlandia), gdzie uprawia się wiele odmian olszy (fot. S. Laine)



Fig. 33. *Alnus incana* ‘Pinnata’ is frequently seen in Scandinavian collections as here, in the Botanic Garden of Uppsala, Sweden.

Unknown outside Scandinavia (photo B. Szmit)

Ryc. 33. *Alnus incana* ‘Pinnata’ często występuje w skandynawskich kolekcjach, jak tutaj, w Ogróźnie Botanicznym w Uppsali (Szwecja). Nieznana poza Skandynawią (fot. B. Szmit)



Fig. 34. *Alnus incana* ‘Ramulis Coccineis’ is probably a different clone as ‘Aurea’ according to Bean (1970)

Ryc. 34. *Alnus incana* ‘Ramulis Coccineis’ prawdopodobnie jest innym klonem niż ‘Aurea’, według Beana (1970)

- *A. incana* 'Razzmatazz'. USA, pre-2000.

A grey alder with variegated leaves (bright yellow irregular margin), similar to *A. i.* 'Foliis Aureomarginatis' but not stable (reverting) and fading out in late summer. It is often mislabelled as a cultivar of *A. glutinosa*. This new cultivar is frequently found in the trade but is not superior to 'Foliis Aureomarginatis'.

- *A. incana* 'Rubra'. Finland, before 1992.

Small tree with dark red young leaves which turn to red-dish-brown-green in summer (fig. 35). Treated either as forma or as cultivar, propagated *in vitro* in Finland and planted frequently as an ornamental. If treated as a cultivar (which it should be if propagated vegetatively), it must receive a new valid cultivar epithet according to ICNCP. It is not known if plants of this quite beautiful cultivar exist outside Scandinavia.



Fig. 35. *Alnus incana* 'Rubra' is a beautiful dark red leaf form, found in the North of Finland. It is propagated *in vitro*, but in more southern latitudes (south of Helsinki) it fails in cultivation. The name might be invalid if given after 1959 (photo S. Laine)

Ryc. 35. *Alnus incana* 'Rubra' to piękna odmiana o ciemnoczerwonych liściach, znaleziona na północy Finlandii. Jest rozmnażana metodą *in vitro*, ale w niższych szerokościach geograficznych (na południe od Helsinek) się nie udaje. Nazwa może być nieuprawniona, jeśli została nadana po 1959 r. (fot. S. Laine)



Fig. 36. *Alnus incana* 'Tabulaeformis' is a horizontal growing selection; here in the Botanic Garden in Turku, Finland. The name might be invalid if given after 1959 (photo S. Laine)

Ryc. 36. *Alnus incana* 'Tabulaeformis' cechuje się poziomym wzrostem, ten okaz rośnie w Ogrodzie Botanicznym w Turku (Finlandia). Nazwa może być nieuprawniona, jeśli została nadana po 1959 r. (fot. S. Laine)

- *A. incana* 'Tabulaeformis'. Finland.

A small tree with nearly horizontal pendulous growth, cultivated in a few botanical collections in Finland; widely unknown (fig. 36). It is not known if this cultivar was named before 1959; if later, the cultivar epithet is illegitimate, and the selection needs a new name. It could make a beautiful addition to the nursery assortment.

- *A. incana* 'Variegata'. Known since 1902 (Seneta, 1991). Medium-sized tree with white-green variegated leaves. No further description, and not known, if still in cultivation.

- *A. incana* 'Varjo'. Selection from Finland before 2015 (Väre & Kiuru, 2019).

A small tree with wide horizontal growth, 3–4 × 8–10 m, widely unknown outside Finland.

- *A. incana* 'Wonderful Fountain'. Arboretum Borová Hora, Zvolen, Slovakia, before 1998, named by Juraj Labanc.

This elegant small tree with pendulous but upright habit and lacinate leaves (fig. 37) deserves more attention. It is a result of a breeding program aimed at improving ornamental *Alnus* led by J. Labanc.



Fig. 37. *Alnus incana* 'Wonderful Fountain'. Arboretum Borová Hora, Zvolen, Slovakia (photo I. Sarvašová)

Ryc. 37. *Alnus incana* 'Wonderful Fountain'. Arboretum Borová Hora w Zwoleniu (fot. I. Sarvašová)



Fig. 38. *Alnus incana* subsp. *rugosa* 'Tomophylla' was described from Canada in 1911 and found in the wild; it is in cultivation there and thus it is correct to name it with a cultivar epithet (Courtesy of the Gray Herbarium of Harvard University; <http://data.huh.harvard.edu/3be336a7-26c0-475f-bc4c-b7532fddfa03>)

Ryc. 38. *Alnus incana* subsp. *rugosa* 'Tomophylla' opisano z natury w Kanadzie w 1911 r.; jest tam uprawiany; można używać w stosunku niego epitetu kultury (Gray Herbarium of Harvard University; <http://data.huh.harvard.edu/3be336a7-26c0-475f-bc4c-b7532fddfa03>)

- *A. incana* subsp. *rugosa* 'Tomophylla'. Canada, 1911.
A Canadian selection with lacinate leaves, found in the wild, but cultivated in a few collections (fig. 38). If found in the wild, it should be treated as var. *tomophylla*. In cultivation in Canada and USA since around 1930. Unknown in Europe.
- *A. japonica* 'Purpurea'. Poland, 1927 (Browicz & Bugała 1958; Seneta, 1991).
Differs from the species in the brown-purple colouring of the youngest leaves in the long shoots throughout the vegetation period. Selected from a batch of seedlings, from the seeds collected in the Botanical Garden Edinburgh by A. Wróblewski, Kórnik, Poland. Described by Browicz and Bugała (1958) from the Kórnik Arboretum. According to a herbarium sheet dating from 1976, it was at least until that date in cultivation there (Seneta, 1991).

- *A. maritima* 'September Sun'. W. A. Graves, Dept. of Horticulture, Iowa State University, USA, 2002.
Differing from the typical species by its faster growth rate, dense canopy, and uniform habit of multiple trunks that form an upright-oval shape. Flowering in autumn. The name 'September Sun' refers to yellow catkins that are produced in September. It was selected in 1999 out of a batch of seedlings of *Alnus maritima* subsp. *oklahomensis* (Graves & Schrader, 2004).

- *A. rubra* 'Pinnatisecta'. USA, before 1920.
Medium-sized tree, with lacinate leaves, which are deeply cut with 5–7 lobes (fig. 39). It occurs also in the wild with more or less lacinate leaves. This cultivar is a named clone of f. *pinnatisecta*, which comes more or less reliable from seed. If propagated by seed, it should not be given the cultivar name.
- *A. serrulata* 'Panbowl'. USDA-NRCS Appalachian Plant Materials Center, Alderson, WV, 2002.
The original plant was collected at Panbowl Lake in Jackson, Breathitt County, Kentucky. The cultivar produces numerous flexible stems and fibrous roots and is longer living than the typical species. It is propagated by cuttings.



Fig. 39. *Alnus rubra* 'Pinnatisecta', an American selection which comes also reliable from seed (and should be treated in these cases as forma)

Ryc. 39. *Alnus rubra* 'Pinnatisecta', amerykański kultywar, który powtarza cechy również z nasion (i w takich przypadkach powinien być traktowany jako forma)

- *A.* 'Sipkes'. Introduced in 1968; found ca. 1965 by C. Sipkes in the "Russenduin" in Bergen aan Zee, the Netherlands.

Tree, uniformly upright growth with an ovate crown, 20 m (Laar, 1988). Thought to be a hybrid of *A. cordata* × *A. incana* and thus named *A.* 'Cordinca' or *A.* ×*cordinca* (1968), but the name was later rejected, and now in cultivation under *A.* ×*cordinca* 'Sipkes' (1978).

- *A.* ×*spaethii* 'Spaeth' (*Alnus japonica* × *A. subcordata*). Späth Nursery, Berlin, 1894, illustration in Späth 1930 (fig. 40).

Fast-growing tree of medium size, with a uniform upright growth and ovate crown. The large leaves are remarkable purplish when young. Large and remarkable flowers (catkins). Attractive as a street tree for the long-lasting winter interest it provides. Very hardy. This hybrid of *A. japonica* × *A. subcordata* was found at Späth nursery, Berlin. To avoid conflict with seedlings of the same parentage, the vegetative propagated clone was named 'Spaeth' and should be mentioned in publications (including catalogues) in this way. According to the Street Tree List of German cities (GALK, 2019), it is rated as an excellent street tree, which can also grow on dryer sites. It was rated in a Dutch trial as outstanding tree, three stars (Grootendorst, 1972).

- *A. subcordata* 'Oberon'. Doorenbos, Den Haag, the Netherlands, c. 1955.

Medium-sized tree with a small, conical crown. As it grows quicker when young, nurseries prefer it to the species. Suitable as a street tree.

Conclusions and thoughts

Alnus cultivars are part of the horticultural and cultural heritage, with some of them having a long history, also in nurseries and collections in Poland. The pick of collections



Fig. 40. A flowering branch of *Alnus* ×*spaethii* 'Spaeth' was illustrated in the Späth Nursery yearbook in 1930; the original tree in Berlin is still alive

Ryc. 40. Kwitnąca gałąź *Alnus* ×*spaethii* 'Spaeth' została przedstawiona w katalogu szkółki Spätha w 1930 r.; pierwotne drzewo nadal rośnie w Berlinie

focusing on alder has long passed, and today, decades later, the situation has not much improved. There are only a few *Alnus* cultivars, which are planted frequently, such as *A.* ×*spaethii* 'Spaeth' and *A. glutinosa* 'Pyramidalis'.

Alders are not a primary focus for landscape architects or horticulturists. Not much promotion for this group of trees is done either. In recent dendrological reference books, only very few *Alnus* cultivars are listed, and awareness of the beauty of these cultivars is fading out slowly.

Only very few nurseries still offer a good range of *Alnus* and its cultivars, such as Szmit Nursery in Pęchcin, Poland. Similarly, there are only a few collections of *Alnus* cultivars, aside from those in the Botanical Gardens of Helsinki and Turku in Finland, or Zvolen in Slovakia. These collections serve as a kind of a "Plant Ark" for these cultivars today, saving part of the biodiversity of cultivated plants.

Increased promotion may help save some of the very beautiful cultivars in this group. New breeds could lead to a wider appreciation, especially when selecting robust and healthy clones meeting modern criteria for landscape use or urban plantings. If such clones become available, the demand for alders may hopefully increase. Currently, there is only one recent breeding programme dedicated to improving *Alnus* cultivars at the Arboretum Zvolen, Slovakia.

Alnus incana is rated as a "future tree" or "climate tree" in Germany (Gillner et al., 2009). *Alnus* with small crowns or fastigiated growth are in cultivation but not widely used, except in Scandinavia.

It is hoped that the awareness of the importance of saving *Alnus* cultivars (along with those of other genera) will increase, and preserving this horticultural heritage for future generations lead to save this horticultural heritage.

Acknowledgements

My sincere thanks go to Bronisław Jan Szmit and Jakub Dolatowski, Poland; Simo Laine, Turku, and Henry Väre, Helsinki, Finland; Gert Fortgens, Rotterdam, the Netherlands; Stefan Lura, Washington, USA; Ivana Sarvašová, Zvolen, Slovakia; Andreas Gomolka, Berlin, Germany; Kris Michielsen, Kampenhout, Belgium; and to Olivier van Sante, France.

References

- Alnus glutinosa* with twisted branches. Available at: <http://www.newplantsandflowers.com/alnus-glutinosa-with-twisted-branches/> (accessed 01.05.2019).
- Armitage J, Edwards D, Lancaster N, Hillier JG, Lancaster R, Sanford R. 2014. *The Hillier manual of trees & shrubs*. 8th ed. London: RHS.
- Bean WJ. 1970. *Trees and shrubs hardy in the British Isles*. Vol. 1. 8th rev. ed. London: John Murray.
- Boom BK. 1949. *Nederlandse dendrologie. Geïllustreerde handleiding bij het bepalen van de in Nederland voorkomende soorten en variëteiten der gekweekte houtgewassen*. Wageningen: Veenman.
- Boom BK. 1957. *Benaming, geschiedenis en kenmerken van een aantal houtachtige planten [Nomenclature, history and characteristics of some woody plants]: I. Mededeling, Instituut voor de Veredeling van Tuinbouwgewassen*. 97. Wageningen: IVT.
- Browicz K, Bugała W. 1958. *Nowe odmiany drzew i krzewów otrzymane przez A. Wróblewskiego [New varieties of trees and shrubs obtained by A. Wróblewski]*. *Arboretum Kórnickie* 3:72–95.
- Callier AS. 1918. *Alnus-Formen der europäischen Herbarien und Gärten. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft* 27:39–184.
- Cennik ilustrowany drzew i krzewów leśnych, parkowych i owocowych szkółek hr. Andrzeja Zamoyskiego w Podzamczu [Illustrated price list of forest, park, and fruit trees and shrubs from Count Andrzej Zamoyski's nursery in Podamcze] 1899–1915. Podzamcze.
- Dippel L. 1892. *Handbuch der Laubholzkunde*. Vol. 3. Berlin: Paul Parey.
- Duhamel du Monceau HL. 1755. *Traité des arbres et arbustes qui se cultivent en France en pleine terre*. Paris: H.L.Guerin & L.F.Delatour.
- Du Roi JP. 1795. *Die Harbkesche Wilde Baumzucht*. Vol. 1. 2nd enlarged ed. Braunschweig: Pott.
- Ehrhardt FL. 1788. *Beiträge zur Naturkunde*. Vol. 3. Hannover, Osnabrück.
- GALK. 2019. *Strassenbaumliste der Gartenamtsleiterkonferenz*. Available at: <https://www.galk.de/arbeitskreise/stadtbaeume/themenuebersicht/strassenbaumliste/galk-strassenbaumliste>
- Gillner S, Roloff A, Bonn S. 2009. *Die KLAM – ein Konzept für die Baumartenwahl und Gehölzverwendung im urbanen Raum hinsichtlich des Klimawandels*. Lehr- u. Versuchsanstalt Gartenbau Erfurt (ed.): *Tagungsband "Garten- und Landschaftsbautag Erfurt"*, 53–67.
- Gleditsch JG. 1787. *Von einem zwitterblüthigen Gewächse an den Palmen von zwo unterschiedenen Werft- oder Saalweiden im Thiergarten zu Berlin, nebst einer kurzen Nachricht von der eben daselbst befindlichen eichenblättrigen Erle, Betula alnus quercifolia*. *Schriften der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin* 7(4): 411–4247.
- Gleditsch JG. 1788. *Vier hinterlassene Abhandlungen, das praktische Forst-Wesen betreffend*. Berlin: Verlag Siegmund Friedrich Hesse.
- Graves WA, Schrader JA. 2004. 'September Sun' Seaside Alder: An autumn-blooming shrub native to North America. *HortScience* 39(2):438–439.
- Grootendorst FJ. 1972. *Alnus*. Keuringsrapport van de Keuringscommissie Sierbomen N.A.K.-B. *Dendroflora* 25:3–8.
- Hylander N. 1957. *On cut-leaved and small-leaved forms of Alnus glutinosa and A. incana*. *Svensk Svensk Botanisk Tidskrift* 51:437–453.
- Koning J de, Broek W van den. 2009. *Dendrologie van de Lage Landen*. Zeist: KNNV.
- Krüssmann G. 1976. *Handbuch der Laubgehölze*. Vol. 1. Berlin, Hamburg: Paul Parey.
- Laar HJ van de. 1988. *Alnus 'Sipkes'*. *Dendroflora* 25:5–6.
- Lemaire CH, Verschaffelt A. 1859. *Plantes recommandées. L'illustration Horticole, journal spécial des serres et des jardins* 6:97–98 + ill.
- Loudon JC. 1844. *Arboretum et fruticetum britannicum*. Vol. 2. London.
- Lundmark JD. 1790. *Beskrifning på et nytt Svenskt Träd, Betula pinnata, funnet i Wermeland*. *Svenska Vetenskapssakademien Handlingar f. 1790*:130–131.
- Petzold E, Kirchner G. 1864. *Arboretum Muscaviense*. Gotha: Opetz.
- RHS. 2019. *RHS Award of Garden Merit*. Available at: <https://www.rhs.org.uk/Plants/Search/Results?query=Alnus> (accessed 1.05.2019).
- Schneider CK. 1906. *Illustriertes Handbuch der Laubholzkunde*. I. Jena: Gustav Fischer.
- Seneta W. 1987. *Dendrologia*. Vol. 1. 5th ed. Warszawa: PWN.
- Seneta W. 1991. *Drzewa i krzewy liściaste [Broadleaf trees and shrubs]*. A–B. Vol. 2. Warszawa: PWN.
- Späth L. 1930. *Späth-Buch 1720–1930*. Berlin-Baumschulenweg.
- Thunberg CP. 1807. *Betula, quam dissertatione botanica descriptam*. Upsaliae: Edmannianis.
- Väre H, Kiuru H. 2019. *Suomen puut ja pensaat*. 4th ed. Helsinki: Metsäkustannus.
- Willdenow CL. 1796. *Berlinische Baumzucht, oder Beschreibung, der in den Gärten um Berlin, in Freien ausdauernden Bäume und Sträucher*. Berlin: Nauk.

Jałowiec pospolity (*Juniperus communis*) – uwagi dotyczące stanu obecnego i przyszłości gatunku w Polsce

Common juniper (*Juniperus communis*) – remarks on the present and future of the species in Poland

ADAM BORATYŃSKI¹, KRYSZYNA BORATYŃSKA²

Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk
ul. Parkowa 5, PL-62-035 Kórnik
e-mail: ¹borata@man.poznan.pl, ²borkrys@man.poznan.pl

Submitted: 14 June 2022, Accepted: 10 November 2023

ABSTRACT: *Juniperus communis* is represented in Poland by two subspecies, the typical *J. communis* subsp. *communis* and *J. communis* subsp. *alpina*. The former taxon is an upright shrub or small tree and occurs in the lowlands, up to the montane vegetation zone in the mountains. The latter is a prostrate shrub that grows in the high mountains, specifically in the subalpine vegetation zone. *Juniperus communis* subsp. *communis* was once one of very frequent components of the woody flora in Central Europe. In Poland, it thrived on sandy, nutrient-poor soils, serving as a primary component in plant communities classified under the *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis* class. It was also found in pine forests of the *Vaccinio-Piceetea* and in oak woods, mainly in *Potentillo albae-Quercetum*. Last decades however, it has become increasingly rare and, in some areas, has disappeared completely. The regression of *J. communis* subsp. *communis* is evident not only in its decline on sandy, nutrient-poor soils but also in a significant reduction in occurrence frequency within forest communities across most of the country. Its high frequency is now retained only in northeastern Poland.

Key words: taxonomy, ecology, occurrence, plant communities

Wstęp

Jałowiec pospolity (*Juniperus communis* L.) jest krzewem, chociaż niekiedy może osiągać pokrój niewielkiego drzewa. Jego drzewiaste okazy od dawna wzbudzały duże zainteresowanie z uwagi na malowniczy, atrakcyjny kształt korony. Dawniej drzewiaste jałowce nie należały do rzadkości, obecnie jest ich niewiele (Boratyński i in., 2020). Najczęściej jałowce występują na terenach otwartych, przy drogach polnych, na obrzeżach lasów, na jałowych pastwiskach czy w widnych borach sosnowych starszych klas wieku, niekiedy bywały sadzone przy domach. Historycznie ich uprawa związana była z wieloma tradycyjnymi sposobami użytkowania, przede wszystkim szyszkojagód, ale także innych części tych roślin (Kluk, 1808; Łuczaj i Szymański, 2007; Kujawska i in. 2015).

Skupienia wielu osobników *J. communis* subsp. *communis*, jałowczyska, powstawały najczęściej jako efekt zarastania wyjałowionych, porzuconych pól lub pastwisk na glebach piaszczystych, a nawet na wydmach, niekiedy na poligonach

wojskowych (Sokołowski, 1962; Padechowicz, 1965; Zaręba, 1965; Wnuk, 1974; Faliński, 1980, 1998; Iszkuło i Boratyński, 2011). Opanowanie takich obszarów przez *J. communis* zapoczątkowuje sukcesję wtórną, prowadzącą do wykształcenia się zbiorowisk leśnych, jak np. w rezerwacie przyrody „Bór Wąkole im. prof. Klemensa Kępczyńskiego” czy w rezerwacie „Czarnia” w Puszczy Kurpiowskiej. W takich warunkach jałowce mogą żyć zwykle do 80–100 lat (Faliński, 1998; Cedro i in., 2007), następnie zostają ocienione przez inne drzewa i stopniowo wymierają (Borkowski i in., 2019), chociaż mogłyby żyć dłużej. Wiek najprawdopodobniej najstarszego jałowca w Polsce w Lipowcu pod Szczytnem (obecnie już nieistniejącego) określono mniej więcej na 220 lat, przy wysokości 13,7 m i pierśnicy 65,5 cm (Pacyniak, 1992). Obecnie pozostało tam jeszcze kilka drzewiastych jałowców, tworzących niespotykaną poza tym miejscem aleję. Wszystkie one wyrosły przy drodze polnej, a las posadzono w połowie XX w. na terenach dawniej użytkowanych rolniczo (Borkowski i in., 2019).

Zróżnicowanie taksonomiczne

Juniperus communis jest gatunkiem zmiennym, a w jego obrębie wyróżnia się kilka taksonów niższego rzędu. Wysoki poziom zmienności wynika w znacznym stopniu z ewolucji gatunku, który wyodrębnił się najprawdopodobniej pod koniec miocenu, mniej więcej przed 12 mln lat, a jego zróżnicowanie na taksony niższego rzędu nastąpiło z początkiem pliocenu (Mao i in., 2010).

Współczesny, wokółbiegunowy (cyrkumborealny) zasięg *J. communis* (Hultén i Fries, 1986; Adams, 2014) należy do najszerszych w obrębie klasy iglastych. Uformował się w efekcie plejstocenijskich wahań klimatu, które jednocześnie (przynajmniej okresowo) zwiększały izolację przestrzenną pomiędzy populacjami przy południowej granicy zasięgu gatunku, prowadząc do pogłębiania różnic pomiędzy nimi i w efekcie do formowania się taksonów niższego rzędu (Hewitt, 2004; Adams, 2014). Procesy dywergencji zapewne pogłębiały się w wyniku dość ograniczonej (w porównaniu z innymi gatunkami drzew iglastych) produkcji normalnie wykształconego, żywotnego pyłku i niezbyt dużego zasięgu dyspersji, pomimo wiatropylności (Okuniewska-Nowaczyk i in., 2004). W konsekwencji opisano kilka taksonów wewnątrzgatunkowych *J. communis* o różnej randze, ostatnio traktowanych bądź jako podgatunki, bądź jako odmiany (np. Farjon, 2005; Adams, 2014; Raab-Straube, 2014; Mirek i in., 2020). Część z tych taksonów nieznacznie różni się od siebie pod względem cech morfologicznych, chociaż niektóre wykazują różnice o charakterze biochemiczno-genetycznym (Adams, 2014). Utrudnia to opracowanie systematyki wewnątrzgatunkowej *J. communis*, która jest nadal dyskutowana i do końca nieustalona, nawet w Europie (np. Christensen, 1985, 2000).

Spośród taksonów zaliczanych obecnie do *J. communis* w Polsce występuje podgatunek typowy, *J. communis* subsp. *communis*, a w górach na południu kraju *J. communis* subsp. *alpina* (Sm.) Čelak. (nazwy i ranga systematyczna za: Mirek i in., 2020). Pierwszy z nich jest niewielkim drzewem lub krzewem o wyprostowanych, wzniesionych gałęziach; niekiedy dorasta do znacznych jak na jałowiec rozmiarów (np. Bobiński, 1979; Borkowski i in., 2019).

Juniperus communis subsp. *alpina* – jałowiec halny, jest krzewem rozpostartym, niekiedy ze wzniesionymi końcami gałęzi (Browicz i Zieliński, 1974). Charakteryzuje się on igłami o szczytach zagiętych w stronę pędów (ryc. 1), co powoduje, że jego gałązki nie są kłujące. W literaturze można spotkać także nazwę *J. communis* subsp. *nana* (Hook.) Syme (np. Thomas i in., 2007; Raab-Straube, 2014). W starszej polskiej literaturze botanicznej (np. Raciborski i Szafer, 1919; Rostafiński, 1923; Szafer i in., 1924; Browicz i in., 1971) rozpowszechniona była nazwa *J. nana* Willd. Nazwy *J. communis* var. *montana* Aiton (np. Hultén i Fries, 1986) czy *J. sibirica* Burgsd. są także synonimami *J. communis* subsp. *alpina* (Christensen, 1985; Adams, 2014; Raab-Straube, 2014). W konsekwencji do synonimów *J. communis* subsp. *alpina* zalicza się: *J. nana* Willd., *J. sibirica* Burgsd., *J. alpina* Gray, *J. alpina* Hill, *J. oblonga* M.Bieb., *J. pygmaea* K.Koch, *J. communis* subsp. *oblonga* (M.Bieb.) Galushko, *J. communis* subsp. *pygmaea* (K.Koch) Imkhan., *J. commu-*

nis var. *alpina* Suter [non Chaix 1785] oraz *J. communis* var. *saxatalis* Pall.

Jałowiec halny występuje w strefie borealnej i subarktycznej półkuli północnej Europy i Azji oraz w piętrach subalpejskim i alpejskim w górach środkowej Europy i Azji (Hultén i Fries, 1986; Adams, 2014). W Polsce jest reliktem glacialnym. Występuje tylko na nielicznych stanowiskach, najczęściej w Tatrach, poza tym rzadko w Górach Izerskich i Karkonoszach (Boratyński, 1985) oraz na Babiej Górze, Policy, Pilsku i w Bieszczadach (Browicz i in., 1971; Mirek, 2020). Podawany był także z torfowisk w północnej Polsce (Browicz i in., 1971 i cytowana tam literatura), ale nie był stamtąd potwierdzony od blisko 100 lat. *Juniperus communis* subsp. *communis* i *J. communis* subsp. *alpina* wykształcają formy pośrednie znane pod nazwą *J. intermedia* Schur, traktowane jako synonim *J. communis* var. *communis* (Farjon, 2005) lub *J. communis* var. *depressa* Pursh (Plants of the World Online, 2023).

W górach na południu Europy występuje trzeci podgatunek jałowca pospolitego – *J. communis* subsp. *hemispherica* (J.Presl & C.Presl) Nyman (Amaral Franco, 1986; Raab-Straube, 2014), który także jest niskim, często rozpostartym krzewem, ale jego igły są wyprostowane i silnie kłujące, węższe niż igły jałowca halnego. Można go spotkać w wysokich górach, zwykle ponad górną granicą lasu od Hiszpanii na zachodzie po Anatolię na wschodzie (Browicz i Zieliński, 1982; Amaral Franco, 1986; Adams, 2014). Jest on niekiedy uważany za synonim jałowca pospolitego (np. Farjon, 2005).

Zarys ekologii Wymagania środowiskowe

Juniperus communis subsp. *communis* odznacza się bardzo szerokim zasięgiem geograficznym, co świadczy między innymi o jego dużej tolerancji w stosunku do warunków klimatycznych, zarówno termicznych, jak i wilgotnościowych (Zarzycki i in., 2002). Południową granicę zasięgu wyznaczają stosunkowo wysokie temperatury w okresie letnim oraz niedobór wilgoci, który może powodować zamieranie siewek, a w konsekwencji starzenie się populacji oraz ograniczanie ich liczebności, co prowadzi do całkowitego zaniku (García i in., 1999). W regionie śródziemnomorskim jałowiec pospolity występuje w górach, na obszarach o nieco wyższych opadach i warunkach klimatycznych subśródziemnomorskich górskich (oromediterrańskich) (Horvat i in., 1984; Rivas Martínez i in., 2004; Loidi, 2017). Jego występowanie jest tam związane ze zbiorowiskami mezofilnych lasów liściastych. Na obszarze pod wpływem klimatu umiarkowanego nie wykazuje dużych wymagań co do zasobności i pH gleby ani negatywnych reakcji na niskie temperatury (Ellenberg i in., 1991; Zarzycki i in., 2002). Uważa się, że obserwowane w ostatnich dziesięcioleciach ustępowanie jałowca pospolitego ze zbiorowisk roślinnych w zachodniej Europie podlegającej wpływom klimatu atlantyckiego jest w znacznym stopniu związane z rozszynchronizowaniem pylenia okazów męskich i recepcji pyłku przez okazy żeńskie w wyniku zmian klimatu (Gruvez i in., 2013).

Ryc. 1. Detale budowy morfologicznej

Juniperus communis: subsp. *communis*:

1 – roczny pęd z igłami,

2 – igła od strony górnej, doosiowej,

3 – igła z boku, 4 – mikrostrobil (kwiat męski),

5 – szyszkojagoda, 6 – nasiono od strony brzusznej,

7 – nasiono od strony grzbietowej; subsp. *alpina*:

8 – pęd z igłami, 9 – igła od strony górnej,

doosiowej, 10 – igła z boku

(<https://rcin.org.pl/dlibra/publication/224429>;

<https://rcin.org.pl/dlibra/publication/224435>)

Fig. 1. Details of *Juniperus communis* morphology:

subsp. *communis*:

1 – one-year-old shoot with needles,

2 – needle upper (adaxial) side,

3 – needle, side view, 4 – microstrobile,

5 – cone, 6 – seed ventral side, 7 – seed dorsal side;

subsp. *alpina*: 8 – one-year-old shoot with needles,

9 – needle upper (adaxial) side,

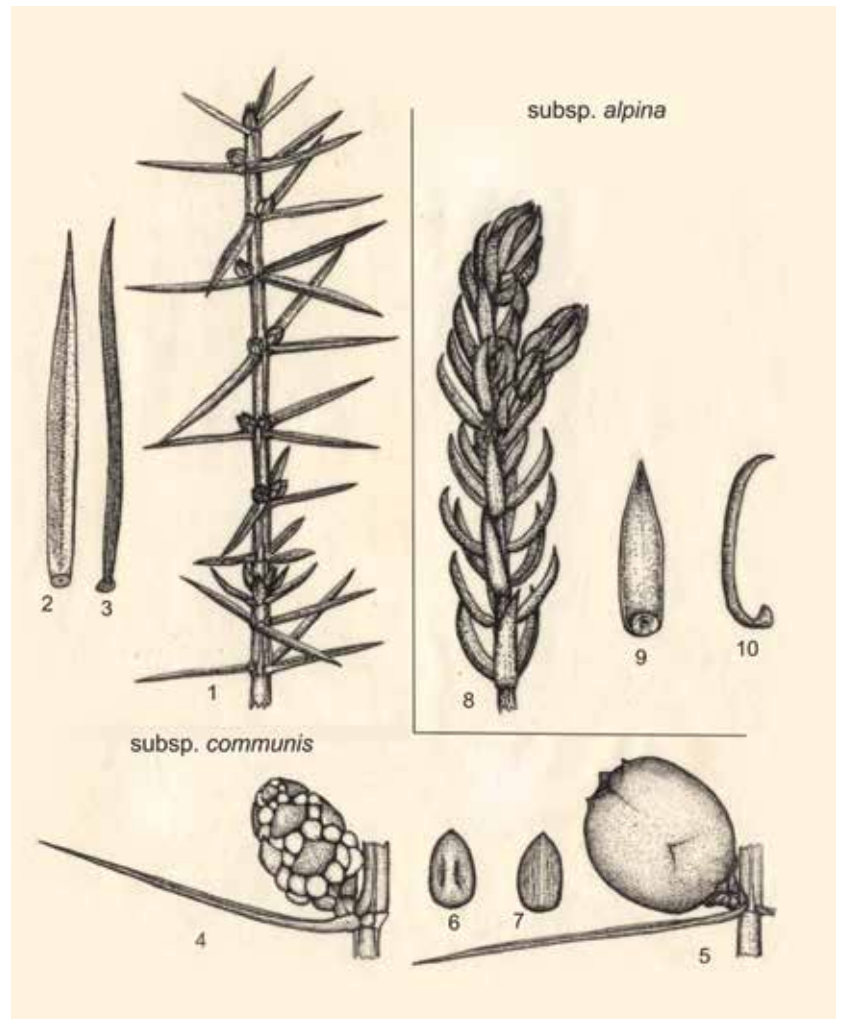
10 – needle, side view

(<https://rcin.org.pl/dlibra/publication/224429>;

<https://rcin.org.pl/dlibra/publication/224435>)

W Polsce *J. communis* subsp. *communis* jest gatunkiem przechodnim, reprezentującym borealny element flory (Zajac i Zajac, 2009). Zwykle nie przekracza piętra regła dolnego w górach. Najwyżej jego występowanie podawano z wysokości około 1350 m w Tatrach (Radwańska-Paryska, 1975), 1300 m w Gorcach (Kornaś, 1957) i Bieszczadach (Jasiewicz, 1965). W reglu górnym, po części także reglu dolnym można spotkać formy przejściowe (*J. communis* var. *intermedia*).

Juniperus communis subsp. *communis* jest światłolubny, nie znosi ocienienia (Faliński, 1998; Zarzycki i in., 2002). Ma charakter pionierski (Faliński, 1980, 1998). U schyłku zlodowaceń i w pierwszych fazach interglacjałów szybko rozprzestrzenił się i zajmował znaczne obszary środkowej Europy, by znacząco zredukować częstość swojego występowania w miarę pojawiania się innych gatunków drzew. Wykazano to na podstawie map izopolowych dla interglacjału eemskiego (Kupryjanowicz i in., 2018) oraz dla holocenu (Okuniewska-Nowaczyk i in., 2004). Współcześnie pionierski charakter jałowca pospolitego przejawia się kolonizacją porzucanych terenów uprawnych. *Juniperus communis* subsp. *communis* stosunkowo łatwo kolonizuje tereny wyjałowionych pól i ubogich łąk po zaprzestaniu orki i koszenia, tworząc pierwszą fazę sukcesji roślin drzewiastych, niekiedy razem z wierzbami, osiką, brzozą brodawkowatą i sosną zwyczajną w północno-wschodniej części kraju (np. Faliński, 1980, 1998), a także z różami, głógami i tarniną, np. w Jurze Krakowsko-Wieluńskiej czy w Pieninach. W miarę przybywania i rozrastania się drzew, zwłaszcza sosen, ale także brzoź czy dębów, jałowce zostają w ciągu kilku dekad ocienione i w takich warunkach stopniowo wymierają (Borkowski i in., 2019). Typowym przykładem tego procesu jest rezerwat przyrody „Czerwona Wieś” w Wielkopolsce (Boratyński i in., 2020). Proces ten doprowadził



także do znacznego ograniczenia występowania i całkowitego zaniku gatunku w południowo-zachodniej Polsce (Boratyński, 1985). Znamienne, że nie stwierdzano *J. communis* subsp. *communis* w borach sosnowych tego regionu, na przykład w okolicach Lublińca na Nizinie Śląskiej (Matuszkiewicz JM, 2007e) ani w Borach Dolnośląskich (obserwacje własne).

Jałowce rosnące w lukach drzewostanów, w silnie przereźdzonej drzewostanach sosnowych starszych klas wieku czy na ich obrzeżach mają co prawda w miarę dobre warunki rozwoju i szansę przetrwać nieco dłużej, ale na ogół nie znajdują już właściwych dla siebie otwartych przestrzeni do dalszego rozprzestrzeniania się. Tłumaczy to, razem z zaniechaniem wszelkich zabiegów dla zachowania skupisk drzewiastych osobników tego gatunku, zanikanie jałowców na obszarach objętych ochroną (np. Bobiński, 1974; Boratyński i in., 2020). Wyjątkowo rzadko spotyka się duże skupiska drzewiastych jałowców, które zwykle są w fazie zaniku (Cedro i in., 2007; Borkowski i in., 2019; Boratyński i in. 2020).

Obradzanie i rozsiewanie nasion

Jałowiec pospolity należy do gatunków dwupiennych, ale sporadycznie mogą pojawiać się także okazy jednopienne (Bobiński, 1979). Konsekwencją dwupienności jałowca pospolitego (a także innych gatunków dwupiennych)

jest zwykle większy wydatek energetyczny okazów żeńskich związany z wykształcaniem nasion w porównaniu z wydatkiem, jaki ponoszą osobniki męskie na wytworzenie pyłku. U *J. communis* subsp. *communis* zaznacza się to między innymi zmniejszeniem przyrostów rocznych drewna przez osobniki żeńskie, począwszy od momentu rozpoczęcia obfitego obradzania. Jednocześnie w warunkach północno-wschodniej Polski zaobserwowano większą wrażliwość osobników żeńskich na niskie temperatury oraz niedobór wody (Iszkuło i Boratyński, 2011). Zmniejszenie przyrostu i ograniczona żywotność okazów żeńskich w porównaniu z okazami męskimi może wynikać także z wyższej efektywności fotosyntezy i wyższego stężenia barwników fotosyntetycznych w igłach tych drugich, nie tylko z większej alokacji zasobów do nasion i szyszkogagód u okazów żeńskich (Rabska i in., 2020a, b).

Nasiona jałowca pospolitego w środkowej i południowej Europie dojrzewają we wrześniu (czasem w październiku) następnego roku po zapyleniu (Tylkowski, 2016). Na terenach położonych dalej na północ ich rozwój trwa o rok, a nawet dwa lata dłużej (Thomas i in., 2007). Nasiona jałowca należą do spoczynkowych. Po wysiewie jesienią w roku zbioru część z nich kiełkuje na najbliższą wiosnę, część natomiast pozostaje w glebie przez rok lub nawet dwa (Tylkowski, 2016). Nasiona roznoszone przez ptaki kiełkują pierwszej wiosny w znacznie większym procencie (Bobiński, 1974; Thomas i in., 2007), co może być związane z nadtrawieniem okryw nasiennych. Wykazano, że krótkotrwałe potraktowanie nasion wydobytych z szyszkogagód stężonym kwasem siarkowym w celu uszkodzenia ich okryw nasiennych przed właściwą stratyfikacją zwiększa procent kiełkowania (Tylkowski, 2009, 2016).

Mięsiste szyszkogagody jałowców są chętnie i w znacznej części zjadane przez ptaki, a reszta opada na ziemię (obsiewanie barochoryczne). Spadłe nasiona bywają konsumowane lub gromadzone przez gryzonie jako pożywienie na okres zimowy. Gryzonie przenoszą nasiona najczęściej do kilku (maks. do 30) metrów od drzewa matecznego (Dimitri i in., 2017). Zbierają one nasiona służące za pożywienie tam, gdzie jest ich najwięcej, to znaczy w najbliższym sąsiedztwie drzew matecznych (Faliński i Pawlaczyk, 1995). W efekcie najczęściej pozostawiają nasiona rozproszone w pewnej odległości od obradzających okazów, co zmniejsza konkurencję drzew matecznych w stosunku do siewek.

Wiodącą rolę w rozsiewaniu jałowca pospolitego przypisuje się ptakom z rodziny drozdowatych (Turdidae), które na przelotach chętnie żywią się mięsistymi owocami wielu drzew i krzewów, w tym szyszkogagodami jałowca (Bartkowiak, 1970; Wojtatowicz i Pietrzykowska, 2018). Za jeden z podstawowych gatunków żywiący się szyszkogagodami jałowca uważa się kwiczoła (*Turdus pilaris* L.), który był dawniej ptakiem łownym, cenionym dla smaku mięsa pochodzącego właśnie od jałowca (Sokołowski, 1972).

Osobniki żeńskie jałowca wytwarzają stosunkowo dużo szyszkogagód, chociaż najczęściej zawierają one nasiona w niewielkim procencie prawidłowo wykształcone, a znacznie częściej pozbawione zarodków lub z zarodkami niewykształconymi (Tylkowski 2009, 2016). Bardzo duży odsetek nasion „pustych”, tzn. z niewykształconymi zarod-

kami może wynikać z braku zapylenia, zapylenia pyłkiem uszkodzonym lub nawet obcym gatunkowo (Gruvez i in., 2013). Brak prawidłowo wykształconych nasion może być także spowodowany uszkodzeniami powstającymi w trakcie kiełkowania pyłku i rozwoju gametofitu męskiego (rok po zapyleniu) i w konsekwencji braku skutecznego zapłodnienia zalążków. Wykazano, że populacje występujące w warunkach klimatycznych o wyższych temperaturach produkują mniej żywotnych nasion i w rezultacie powstaje w ich obrębie mniej siewek niż w populacjach występujących w relatywnie chłodniejszym, bardziej kontynentalnym klimacie (Gruvez i in. 2013).

Niska żywotność nasion może być jedną z przyczyn ograniczenia występowania *J. communis* subsp. *communis* na obszarach najsilniej eksponowanych na wysokie temperatury oraz susze w okresie wegetacyjnym (García i in., 1999), a także sprawiać, że będzie wrażliwy na globalne zmiany klimatu, co jednak wymaga potwierdzenia w specjalnych badaniach. Być może jest to także jedna z przyczyn wycofywania się jałowca z południowo-zachodnich obszarów Polski, obserwowana w ostatnich dziesięcioleciach (np. Boratyński, 1985; Boratyński i in., 2020).

Zmiany udziału w zbiorowiskach roślinnych Polski

Juniperus communis subsp. *communis* występował dawniej dość pospolicie w całej Polsce (Kluk, 1808; Szubert, 1827), najczęściej na piaskach sandrowych na Niżu Polski oraz na obszarach o podłożu wapiennym na południu, np. w Jurze, w Pieninach, czy w Pienińskim Pasiu Skalkowym (Boratyńska i Boratyński, 1978; Zając i Zając, 2001). Obecnie obserwowany jest jego regres, spowodowany głównie zaniechaniem tradycyjnej gospodarki rolnej, w tym zaprzestaniem wypasu oraz zalesieniem nieużytków, a także nadmiernym, nieuzasadnionym eksploatowaniem samego jałowca w przeszłości (Krysztofik, 1962; Bobiński, 1965, 1974; Głowacki, 1970; Siciński, 1971; Wnuk, 1974; Boratyński, 1985; Borkowski i in., 2019; Boratyński i in., 2020).

Występowanie jałowca pospolitego w Polsce związane jest przede wszystkim ze zbiorowiskami leśnymi, głównie borami sosnowymi z klasy *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. 1939, chociaż nie jest gatunkiem charakterystycznym klasy (Matuszkiewicz W, 2008). Występuje zwłaszcza na glebach mineralnych, w zbiorowiskach ze związku *Dicrano-Pinion* Libb. 1933, podzwiązku *Dicrano-Pinenion* Seibert in Oberd. (ed.) 1992, ale także w borach bagiennych z podzwiązku *Piceo-Vaccinienion uliginosi* Seibert Oberd. (ed.) 1992. W Polsce podawany był z nadmorskiego boru bazyńowego *Empetro nigri-Pinetum* (Libb. et Siss. 1939) Wojt. 1964 z Wybrzeża Bałtyku, ze śródładowego boru suchego *Cladonio-Pinetum* Juraszek 1927 z wielu regionów kraju, z subkontynentalnego boru świeżego *Peucedano-Pinetum* W.Mat. (1962) W.Mat. & J.Mat. 1973 we wschodniej części kraju oraz dość rzadko z suboceanicznego boru świeżego *Leucobryo-Pinetum* W.Mat. (1962) W.Mat. & J.Mat. 1973 (Matuszkiewicz W, 2008). Poza tym notowany był w świetlistych dąbrowach, w zespole *Potentillo albae-Quercetum* Libb. 1933, z klasy *Quercio-Fagetea*

Br.-Bl. et Vlieg. 1937. Wymienione zbiorowiska leśne, zwłaszcza z drzewostanami w starszych klasach wieku, to jest w wieku około 80 lat i więcej, zapewniają wystarczający dostęp światła niezbędnego dla wzrostu i rozwoju *J. communis*.

Zbiorowiska leśne zajmują przeważającą część powierzchni leśnej Polski i podlegają gospodarce leśnej, przy czym trzeba zaznaczyć, że występowaniu jałowca raczej nie sprzyjają ani zabiegi z zakresu hodowli lasu, ani użytkowanie. Co prawda zręby zupełne stosowane w borach sosnowych okresowo odsłaniają dno lasu i zapewniają dostęp światła, jednak na nie więcej niż 8–10 lat, co nie wystarcza na wykształcenie osobników dojrzałych do wytwarzania nasion (Iszkuło i Boratyński, 2011). Później młodnik sosnowy dochodzi do pełnego zwarcia, eliminując rośliny światłolubne na okres przynajmniej 60–70 lat. Zależnie od powierzchni zrębów powstają w ten sposób powierzchnie borów bez jałowca. Przyczyna braku odnawiania się tego gatunku jest jeszcze jedna. Należy on do gatunków barochorycznych, to jest obsiewających się pod osobnikami żeńskimi lub w niewielkiej od nich odległości, a jest jednocześnie rozsiewany przez ptaki z rodziny drozdowatych. Sposób żerowania tych potencjalnych wektorów nasion jałowca polega na zaspokojeniu potrzeb pokarmowych na krzewach, których owoce jedzą, a następnie przeniesieniu się na niezbyt odległe drzewa, na których trawią pokarm i wydalają niestrawione nasiona (Bartkowiak, 1970; Dimitri i in., 2017). Rozprzestrzenianie nasion *J. communis*, jak i innych gatunków, których owoce chętnie zjadają ptaki, w warunkach zrębów możliwe jest prawie wyłącznie wzdłuż brzegów odkrytych powierzchni, co jednak nie zapewnia trwałej egzystencji siewek.

Poza zbiorowiskami leśnymi występowanie *J. communis* związane jest murawami z klasy *Koelerio glaucae-Corynephoretea canescentis* Klika in Klika et Novak 1941, wykształcającymi się na siedliskach bezwapiennych, suchych i ubogich, zwykle piaszczystych. Może w nich występować pojedynczo, będąc elementem sukcesji roślinności drzewiastej. Podobny charakter ma występowanie jałowca w murawach bliźniczkowych i wrzosowiskach ze związku *Nardo-Callunetea* Prsg 1949, wykształconymi na ubogich glebach piaszczystych (Matuszkiewicz W, 2008). Zbiorowiska roślinne tego typu są charakterystyczne dla kompleksu nieużytków i ubogich pastwisk, które w ciągu ostatnich dziesięcioleci zostały w ogromnej większości zalesione, co znacznie ograniczyło występowanie *J. communis*. Zachował się on jeszcze w świetlistych dąbrowach ze związku *Quercion pubescentis-petraeae* Br.-Bl. 1932 em. Rivas-Martinez i rzadko w kwaśnych dąbrowach ze związku *Quercion robori-petraeae* Br.-Bl. 1932 oraz w Pieninach w nawapiennych borach sosnowych z klasy *Erico-Pinetea* Horvat 1959 (Matuszkiewicz W, 2008).

Szczegółowych danych na temat występowania, a zarazem ustępowania *J. communis* subsp. *communis* ze zbiorowisk leśnych wielu regionów Polski, dostarczają zmiany ich składu gatunkowego obserwowane w ostatnim półwieczu. Wykazano między innymi tendencję do zmniejszania frekwencji jałowca pospolitego w niżowych zbiorowiskach borów sosnowych na glebach mineralnych (ryc. 2), dla których jest typowym składnikiem warstwy krzewów (Matuszkiewicz W, 2008). Dawniej występował także w zbioro-

wiskach borów bagiennych, borach mieszanych oraz w świetlistych dąbrowach (Kobendza, 1930; Bobiński, 1979; Ferchmin, 1979). Przykład prawie zupełnego wyeliminowania *J. communis* subsp. *communis* z borów bagiennych (*Vaccinio uliginosi-Pinetum* Kleist 1929) oraz znacznego ograniczenia występowania w borach mieszanych (*Quercu roboris-Pinetum* (W.Mat. 1981) J.Mat. 1988 i *Serratulo-Pinetum* (W.Mat. 1981) J.Mat. 1988) w Puszczy Kampinoskiej opisany został przez Solona (2007b). Także na Roztoczu frekwencja jałowca pospolitego w borach sosnowych (*Cladonio-Pinetum*, *Peucedano-Pinetum* i *Leucobryo-Pinetum*) zmniejszyła się wydatnie (Matuszkiewicz JM i Lorens, 2007).

Drastyczne zmniejszenie się udziału *J. communis* subsp. *communis* w porównaniu z danymi sprzed 40–50 laty zanotowano w nadmorskich borach bażynowych (*Empetro nigri-Pinetum*) na Pobrzeżu Słowińskim (Matuszkiewicz JM, 2007a). Zmniejszenie frekwencji nastąpiło także w Borach Tucholskich. W zespole suchego boru chrobotkowego (*Cladonio-Pinetum*) udział krzewów jałowca pospolitego zmniejszył się z 53% w latach 1961–1963 do 18% w latach 2000–2002, a w suboceanicznym borze świeżym (*Leucobryo-Pinetum*) z 71 do 44% (Matuszkiewicz JM, 2007d). W pewnym stopniu stało się to w wyniku zmian zachodzących w zbiorowiskach borów suchych. Wykształciły się one po zalesieniu wielkoobszarowych wyrębów z XIX w., niekiedy przed zalesieniem użytkowanych rolniczo i dodatkowo wyjałowionych gleb. Obecnie zbiorowiska te ewoluują w kierunku borów świeżych (Matuszkiewicz JM, 2007d), a ich drzewostany uległy zagęszczeniu, co ograniczyło frekwencję jałowca. Częściej mógł się on pojawić dopiero w drzewostanach starszych klas wieku, w których nastąpiło rozluźnienie zwarcia koron drzew zwiększające dostęp światła (Matuszkiewicz JM, 2007d).

Nie zanotowano zmniejszenia frekwencji jałowca pospolitego w borach suchych i świeżych (*Cladonio-Pinetum* i *Peucedano-Pinetum*, odpowiednio) w południowej części Pojezierza Mazurskiego (Nadleśnictwo Wielbark), w borach świeżych w Puszczy Kurpiowskiej (rezerwat przyrody „Czarnia”), w Puszczy Kampinoskiej oraz w borach świeżych Puszczy Augustowskiej (ryc. 2); w minionych 40 latach utrzymała się ona na podobnym poziomie, mimo przekształcania się borów suchych w kierunku borów świeżych oraz ubożenia składu gatunkowego obu zespołów. Podkreślenia wymaga fakt, że obydwa badane obiekty przedstawiają fazy regeneracyjne zbiorowisk borowych. W pierwszym proces ten następuje po zaniechaniu zagospodarowania rolniczego, w drugim po pożarze (Matuszkiewicz JM, 2007b, g; Solon, 2007a). Podobnie utrzymanie wysokiej frekwencji jałowca, a nawet jej wzrost w borach chrobotkowych Puszczy Kampinoskiej dotyczył zwykle stadiów sukcesyjnych (Solon, 2007b). Zwiększenie frekwencji *Juniperus communis* subsp. *communis* w borach sosnowych (*Cladonio-Pinetum*, *Peucedano-Pinetum* i *Leucobryo-Pinetum*) zanotowano jedynie w Puszczy Kozienickiej (Orzechowski, 2007).

Frekwencja jałowca pospolitego w zdjęciach fitosocjologicznych dąbrowy świetlistej (*Potentillo albae-Quercetum*) na Nizinie Mazowieckiej (Korytów koło Żyrardowa) utrzy-

mała się przez ostatnie dziesięciolecia na podobnym poziomie (Matuszkiewicz JM, 2007f), natomiast na Wysoczyźnie Siedleckiej uległa znacznej redukcji (Matejczuk, 2007).

Podsumowując, należy stwierdzić, że udział *J. communis* w zbiorowiskach leśnych Polski utrzymuje się na zbliżonym poziomie jak przed 30–40 laty jedynie w północno-wschodniej części kraju, na wschód od Wisły i na północ od Narwi, jeśli nie uwzględnić Puszczy Kozienickiej i Puszczy Kampinoskiej. Na pozostałych obszarach jego udział w zbiorowiskach leśnych zmniejszył się, w niektórych regionach nawet bardzo znacznie. Przykładem mogą być nadmorskie bory bażynowe (*Empetro nigri-Pinetum*) na północy czy subatlantyckie bory świeże (*Leucobryo-Pinetum*) w zachodniej części kraju. Obecnie jałowca pospolitego w Sudetach, na Pogórzu i Przedgórzu Sudeckim,

w Borach Stobrawskich i Borach Dolnośląskich właściwie już nie ma, a pojedyncze, prawie wyłącznie stare okazy spotyka się na skrajnych siedliskach, jak urwiska skalne lub bardzo strome, zwykle południowe lub zachodnie zbocza. Podobną sytuację obserwuje się w Puszczy Noteckiej, jednym z największych, jeśli nie największym kompleksie leśnym Polski. Tu *J. communis* w większych skupieniach można znaleźć jedynie w bardzo małych fragmentach drzewostanów sosnowych, które przetrwały gradację sówki (strygoni) choinówki (*Panolis flammea* Schiff.) z lat 1920–1930. Drzewostany takie utrzymały się prawie wyłącznie w dolinach rzek i potoków lub jezior. W takich warunkach, jeszcze przed 50–60 laty występowały dość licznie stare okazy *J. communis*, jednak obecnie jest ich znacznie mniej, a w niektórych miejscach zupełnie znikły



Ryc. 2. Udział (%) *Juniperus communis* w zbiorowiskach borów sosnowych w Polsce (na podstawie danych z Matuszkiewicza JM red, 2007c):

- A – Wybrzeże Słowińskie (*Empetro nigri-Pinetum*); B – Bory Tucholskie (*Cladonio-Pinetum*, *Leucobryo-Pinetum*);
 C – Puszcza Kurpiowska (*Cladonio-Pinetum*, *Peucedano-Pinetum*); D – Puszcza Augustowska (*Peucedano-Pinetum*);
 E – Puszcza Kampinoska (*Cladonio-Pinetum*, *Leucobryo-Pinetum*, *Peucedano-Pinetum*);
 F – Puszcza Kozienicka (*Leucobryo-Pinetum*, *Peucedano-Pinetum*); G – Roztocze (*Leucobryo-Pinetum*, *Peucedano-Pinetum*);
 na wykresach: H – dane historyczne z lat ~1960., W – dane z przełomu XX i XXI w.;
 czarne kropki oznaczają miejsca występowania pomnikowych okazów *J. communis* (za: Boratyński i in., 2020)

Fig. 2. Frequency (%) of *Juniperus communis* in pine forest communities in Poland (based on the data after: Matuszkiewicz JM ed, 2007c):

- A – Slovincian Coast (*Empetro nigri-Pinetum*); B – Tuchola Forest (*Cladonio-Pinetum*, *Leucobryo-Pinetum*);
 C – Kurpiowska Forest (*Cladonio-Pinetum*, *Peucedano-Pinetum*); D – Augustów Forest (*Peucedano-Pinetum*);
 E – Kampinos Forest (*Cladonio-Pinetum*, *Leucobryo-Pinetum*, *Peucedano-Pinetum*);
 F – Kozienie Forest (*Leucobryo-Pinetum*, *Peucedano-Pinetum*); G – Roztocze (*Leucobryo-Pinetum*, *Peucedano-Pinetum*);
 on the graphs: H – historical data (~ 1960s), W – data from the turn of the 20th and 21st centuries;
 black dots mark the places where monumental specimens grow (after: Boratyński et al., 2020)

(obserwacje własne). Nie obserwuje się tu także młodych okazów, dość powszechnych już w niektórych partiach Borów Tucholskich i Puszczy Bydgoskiej, a dalej na wschód w Puszczy Kurpiowskiej (obserwacje własne). Świadczy to o ustępowaniu gatunku. Jeśli chcemy, żeby nadal był składnikiem lasów, trzeba będzie podjąć odpowiednie kroki w tym kierunku, starając się jednocześnie zachować jego lokalne pule genowe.

Podsumowanie

Juniperus communis jest cennym składnikiem rodzimej flory Polski o dużym znaczeniu biocenotycznym w zbiorowiskach leśnych oraz krajobrazowym, zwłaszcza na obszarach rolniczych. Pomimo zainteresowania i ochrony dużych okazów typowy podgatunek jałowca pospolitego – *J. communis* subsp. *communis* wykazuje wyraźną tendencję do zmniejszania liczby stanowisk, w pewnym stopniu także liczebności populacji, a nawet do zanikania poza północno-wschodnimi regionami, gdzie występują duże obszary piasków sandrowych.

Utrzymanie skupisk gatunku (jałowczysk) na terenach leśnych, a zwłaszcza na terenach podlegających ochronie, wymaga ograniczenia liczby drzew innych gatunków, które wskutek szybszego tempa wzrostu i większych rozmiarów stanowią poważną konkurencję, przede wszystkim zmniejszając dostęp bezpośredniego promieniowania słonecznego. Podobną konkurencję stwarza czeremcha amerykańska – *Padus serotina* (Ehrh.) Borkh., wprowadzana dawniej w borach sosnowych suchych i świeżych jako domieszka biocenotyczna, obecnie rozprzestrzeniająca się dynamicznie na znacznych obszarach.

Konieczność przeprowadzania zabiegów ochronnych dotyczy zwłaszcza rezerwatów utworzonych dla ochrony jałowca. Należy także w miarę możliwości propagować jałowiec przez jego wprowadzanie do drzewostanów sosnowych starszych klas wieku, szczególnie na ubogich i suchych siedliskach, gdzie przyczyni się do wzbogacenia różnorodności biologicznej.

Literatura

- Adams RP. 2014. *Junipers of the World: The genus Juniperus*. 4th ed. Bloomington: Trafford Publishing Co.
- Amaral Franco J do. 1986. *Juniperus L.* W: Castroviejo S, Lainz M, López González G, Montserrat P, Muñoz Gardmendia F, Paiva J, Villar L red. *Flora Iberica*. Vol. 1. Madrid: Real Jardín Botánico, C.S.I.C., 181–188.
- Bartkowiak S. 1970. Ornitochoria rodzimych i obcych gatunków drzew i krzewów. *Arboretum Kórnickie* 15:237–261.
- Bobiński J. 1965. O masowym niszczeniu jałowca. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą* 16(5):38.
- Bobiński J. 1974. Jałowiec pospolity i jego rola w lesie. Warszawa: PWRiL.
- Bobiński J. 1979. Cechy i właściwości jałowca pospolitego *Juniperus communis L.* *Rocznik Dendrologiczny* 32:33–49.
- Boratyńska K, Boratyński A. 1978. *Juniperus communis L.* W: Browicz K red. *Atlas rozmieszczenia drzew i krzewów w Polsce* 25. Warszawa, Poznań: Państwowe Wydawnictwo Naukowe. 9–12 + mp. 10. [Faktycznymi autorami tego opracowania byli M. Gostyńska-Jakuszczyńska i J. Hantz. Nazwiska K. Boratyńskiej i A. Boratyńskiego zostały wydrukowane w wyniku błędu wydawcy, co nie zostało sprostowane – przyp. red.].
- Boratyński A. 1985. Rzadkie i godne ochrony drzewa i krzewy polskiej części Sudetów, Pogórza i Przedgórze Sudeckiego. 1. *Juniperus communis L.* s.l. *Arboretum Kórnickie* 30:111–126.
- Boratyński A, Boratyńska K, Borkowski K. 2020. O jałowcu w Polsce. *Przegląd Leśniczy* 2020(5):10–12.
- Borkowski K, Boratyński A, Boratyńska K. 2019. Jałowiec pospolity (*Juniperus communis*) z Nepli nad Bugiem. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 67:25–38.
- Browicz K, Gostyńska-Jakuszczyńska M, Kaczmarek C. 1971. *Juniperus nana Willd.* W: Browicz K red. *Atlas rozmieszczenia drzew i krzewów w Polsce*. 10. Poznań: Państwowe Wydawnictwo Naukowe. 11–14 + mapa 11.
- Browicz K, Zieliński J. 1974. Nowe formy jałowca halnego w Polsce. *Arboretum Kórnickie* 19:39–43.
- Browicz K, Zieliński J. 1982. *Chorology of trees and shrubs in South-West Asia and adjacent regions*. Volume one. Warszawa, Poznań: Polish Scientific Publishers.
- Cedro A, Wróbel M, Jurzyk S. 2007. Dendrochronological studies of *Juniperus communis* dying out population in the “Jałowce” reserve (Pomerania). *Dendrobiology* 58:17–24.
- Christensen KI. 1985. *Juniperus communis* subsp. *alpina* (Smith) Čelakovský. A nomenclatural comment. *Taxon* 34:686–688.
- Christensen KI. 2000. Coniferopsida. W: Jonsell B, Karlsson T, Agestam M, Bygren N, Hulgård UM, Persson E red. *Flora Nordica* 1. Stockholm: The Bergius Foundation, The Royal Swedish Academy of Sciences, 91–115.
- Dimitri LA, Longland WS, Vander Wall SB. 2017. Cone and seed traits of two *Juniperus* species influence roles of frugivores and scatter-hoarding rodents as seed dispersal agents. *Acta Oecologica* 85:93–103 DOI: 10.1016/j.actao.2017.09.012.
- Ellenberg H, Weber HE, Düll R, Wirth V, Werner W, Paulissen D. 1991. *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. *Scripta Geobotanica*, 18. Göttingen: Erich Goltze KG.
- Faliński JB. 1980. Vegetation dynamics and sex structure of the populations of pioneer dioecious plants. *Vegetatio* 43:23–38.
- Faliński JB. 1998. Dioecious woody pioneer species (*Juniperus communis*, *Populus tremula*, *Salix sp. div.*) in the secondary succession and regeneration. *Phytocoenosis NS* 10, *Supplementum Cartographiae Geobotanicae* 8:1–156.
- Faliński JB, Pawlaczyk P. 1995. *Zarys ekologii*. W: Bugała W red. *Jesion wyniosły – Fraxinus excelsior L.* Nasze drzewa leśne 17. Kórnik: Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, 217–305.
- Farjon A. 2005. *A monograph of Cupressaceae and Sciadopytys*. Kew: Royal Botanic Gardens.
- Ferchmin M. 1979. Rola drzew i krzewów w zbiorowiskach leśnych Puszczy Kampinoskiej. *Rocznik Dendrologiczny* 32:53–67.

- García D, Zamora R, Hódar JA, Gómez JM. 1999. Age structure of *Juniperus communis* L. in the Iberian Peninsula: Conservation of remnant populations in Mediterranean mountains. *Biological Conservation* 87:215–220.
- Głowacki J. 1970. Jeszcze o potrzebie ochrony jałowca. *Przyroda Polska*. 14(3):14.
- Gruvez R, Leroux O, De Frenne P, Tack W, Viane R, Verheyen K. 2013. Critical phases in the seed development of common juniper (*Juniperus communis*). *Plant Biology* 15:210–219 DOI: 10.1111/j.1438-8677.2012.00628.x.
- Hewitt GM. 2004. Genetic consequences of climatic oscillations in the Quaternary. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 359:183–195 DOI: 10.1098/rstb.2003.1388.
- Horvat I, Glavač V, Ellenberg H. 1984. *Vegetation Südosteuropas*. *Geobotanica selecta* Bd. 4. Stuttgart: Gustav Fischer.
- Hultén E, Fries M. 1986. *Atlas of North European vascular plants*. Königstein: Koeltz Scientific Books.
- Iszkuło G, Boratyński A. 2011. Initial period of sexual maturity determines the greater growth rate of male over female in dioecious tree *Juniperus communis* subsp. *communis*. *Acta Oecologica* 37:99–102 DOI: 10.1016/j.actao.2011.01.001.
- Jasiewicz A. 1965. Rośliny naczyniowe Bieszczadów Zachodnich. *Monographiae Botanicae* 20:1–340.
- Kluk K. 1808. *Dykcyonarz roślinny*. T. 2. Warszawa: Drukarnia Xięży Piarów.
- Kobendza R. 1930. Stosunki fitosocjologiczne Puszczy Kampinoskiej. *Planta Polonica* 2. Warszawa: Towarzystwo Naukowe Warszawskie.
- Kornaś J. 1957. Rośliny naczyniowe Gorców. *Monographiae Botanicae* 5:1–259.
- Kryzstofik E. 1962. Jałowiec pospolity „skarb” ubogich ostępów sosnowych. *Las Polski* 36(15–16):11–13.
- Kujawska M, Łuczaj Ł, Typek J. 2015. Fischer's Lexicon of Slavic beliefs and customs: a previously unknown contribution to the ethnobotany of Ukraine and Poland. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 11:85 DOI: 10.1186/s13002-015-0073-8.
- Kupryjanowicz M, Nalepka D, Balwierz Z, Bińka K, Fiłoc M, Granoszewski W, Kołaczek P, Majecka A, Malkiewicz M, Nita M, Noryskiewicz B, Pidek IA, Walanus A, Winter H. 2018. *Juniperus communis* L. – Juniper. W: Kupryjanowicz M, Nalepka D, Madeyska E, Turner C red. *Eemian history of vegetation in Poland based on isopollen maps*. Kraków: W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, 99–106.
- Loidi J red. 2017. *The vegetation of the Iberian Peninsula*. Vols. 1–2. *Plant and Vegetation* 12–13. Utrecht: Springer.
- Łuczaj Ł, Szymański WM. 2007. Wild vascular plants gathered for consumption in the Polish countryside: a review. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 3:17 DOI: 10.1186/1746-4269-3-17.
- Mao K, Hao G, Liu J, Adams RP, Milne RI. 2010. Diversification and biogeography of *Juniperus* (Cupressaceae): variable diversification rates and multiple intercontinental dispersals. *New Phytologist* 188: 254–272 DOI: 10.1111/j.1469-8137.2010.03351.x.
- Matejczuk G. 2007. Zmiany w świetlistych dąbrowach Wysoczyzny Siedleckiej i jej obrzeża od czasów badań Aleksandra Sokołowskiego. W: Matuszkiewicz JM red. *Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski*. Monografie 8. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego PAN, 495–503.
- Matuszkiewicz JM. 2007a. Analiza zmian w borach nadmorskich na Pobrzeżu Słowińskim od czasu badań Teofila Wojterskiego. W: Matuszkiewicz JM red. *Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski*. Monografie 8. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego PAN, 35–59.
- Matuszkiewicz JM. 2007b. Ewolucja zbiorowisk borów suchych i świeżych na gruntach porolnych w nadleśnictwie Wielbark. W: Matuszkiewicz JM red. *Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski*. Monografie 8. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego PAN, 143–165.
- Matuszkiewicz JM red. 2007c. *Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski*. Monografie 8. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego PAN.
- Matuszkiewicz JM. 2007d. Przemiany borów suchych i świeżych w Zachodniej części Borów Tucholskich. W: Matuszkiewicz JM red. *Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski*. Monografie 8. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego PAN, 96–115.
- Matuszkiewicz JM. 2007e. Przemiany zbiorowisk borów świeżych i wilgotnych w Borach Lublinieckich pomiędzy 1963 i 2003 rokiem. W: Matuszkiewicz JM red. *Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski*. Monografie 8. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego PAN, 386–396.
- Matuszkiewicz JM. 2007f. Zmiany w dąbrowach świetlistych leśnictwa Korytów koło Żyrardowa. W: Matuszkiewicz JM red. *Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski*. Monografie 8. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego PAN, 343–354.
- Matuszkiewicz JM. 2007g. Zmiany w zbiorowiskach borów sosnowych w rezerwacie „Czarnia” w Puszczy Kurpiowskiej. W: Matuszkiewicz JM red. *Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski*. Monografie 8. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego PAN, 165–176.
- Matuszkiewicz JM, Lorens B. 2007. Przemiany borów sosnowych w Roztoczańskim Parku Narodowym w ciągu półwiecza. W: Matuszkiewicz JM red. *Geobotaniczne*

- rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski. Monografie 8. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego PAN, 371–385.
- Matuszkiewicz W. 2008. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Warszawa: PWN.
- Mirek Z red. 2020. High mountain vascular plants of the Carpathians. Atlas of distribution. Kraków: W. Szafer Institute of Botany Polish Academy of Sciences.
- Mirek Z, Piękoś-Mirkowa H, Zając A, Zając M. 2020. Vascular plants of Poland: an annotated checklist. Kraków: W. Szafer Institute of Botany Polish Academy of Sciences.
- Okuniewska-Nowaczyk I, Makohonienko M, Latałowa M, Milecka K, Krupiński KM, Nalepka D. 2004. *Juniperus communis* L. – Juniper. W: Ralska-Jasiewiczowa M, Latałowa M, Wasylkowa K, Tobolski K, Madeyska E, Wright HE, Turner Ch red. Late Glacial and Holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps. Kraków: W. Szafer Institute of Botany Polish Academy of Sciences, 125–133.
- Orzechowski M. 2007. Przemiany zbiorowisk leśnych Puszczy Kozienickiej od czasu badań Ryszarda Zaręby. W: Matuszkiewicz JM red. Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski. Monografie 8. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego PAN, 504–554.
- Pacyniak C. 1992. Najstarsze drzewa w Polsce. Przewodnik. Warszawa: Wydawnictwo PTTK „Kraj”.
- Padechowicz C. 1965. Wielkie skupienia jałowców pod Łodzią. Chrońmy Przyrodę Ojczystą 21(3):41–43.
- Plants of the World Online. Na stronie: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:132467-2> (dostęp 20.11.2023).
- Raab-Straube E von. 2014. Gymnospermae. Na stronie: <http://www.emplantbase.org/home.html> (dostęp 10.03.2022).
- Rabska M, Pers-Kameczyc E, Żytkowiak R, Adamczyk D, Iszkuło G. 2020a. Sexual dimorphism in the chemical composition of male and female in the dioecious tree, *Juniperus communis* L., growing under different nutritional conditions. International Journal of Molecular Sciences 21:8094 DOI: 10.3390/ijms21218094.
- Rabska M, Robakowski P, Ratajczak E, Żytkowiak R, Iszkuło G, Pers-Kameczyc E. 2020b. Photochemistry differs between male and female *Juniperus communis* L. independently of nutritional availability. Trees 35(1):27–42 DOI: 10.1007/s00468-020-02004-8.
- Raciborski M, Szafer W. 1919. Klasa: Coniferae, Iglaste. W: Raciborski M, Szafer W. (red.) Flora Polska. Rośliny naczyniowe Polski i ziem ościennych 1. Kraków: Akademia Umiejętności, 42–53.
- Radwańska-Paryska Z. 1975. Materiały do rozmieszczenia dendroflory Tatr i Podtarza. Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej 5:13–77.
- Rivas Martínez S, Peñas A, Díaz TE (2004) Bioclimatic Map of Europe. Thermo-climatic belts. Cartographic Service, University of León, León, Spain. Na stronie: <http://www.globalbioclimatics.org> (dostęp 31.03.2022).
- Rostafiński J. 1923. Przewodnik do oznaczania roślin w Polsce dziko rosnących. Wyd. 6. Lwów, Warszawa, Kraków: Wydawnictwo Zakładu Narodowego im. Ossolińskich.
- Siciński J. 1971. Występowanie jałowca pospolitego (*Juniperus communis* L.) w województwie łódzkim. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Łódzkiego 41:185–193.
- Sokołowski AW. 1962. Rezerwat jałowcowy Dobrzyca w pow. łobezkim. Przyroda Polski Zachodniej 6(1–4): 70–74.
- Sokołowski J. 1972. Ptaki ziem polskich. 1. Wyd. 2. Warszawa: PWN.
- Solon J. 2007a. Przekształcenia borów sosnowych świeżych w Puszczy Augustowskiej. W: Matuszkiewicz JM red. Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski. Monografie 8. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego PAN, 176–196.
- Solon J. 2007b. Przemiany zbiorowisk leśnych Kampinoskiego Parku Narodowego w ciągu 80 lat. W: Matuszkiewicz JM red. Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski. Monografie 8. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego PAN, 290–328.
- Szafer W, Kulczyński S, Pawłowski B. 1924. Rośliny polskie. Lwów, Warszawa: Książnica – Atlas.
- Szubert M. 1827. Opisanie drzew i krzewów leśnych Królestwa Polskiego. Warszawa: Glücksberg.
- Thomas PA, El-Barghathi M, Polwart A. 2007. Biological flora of the British Isles: *Juniperus communis* L. Journal of Ecology 95:1404–1440 DOI: 10.1111/j.1365-2745.2007.01308.x.
- Tylkowski T. 2009. Improving seed germination and seedling emergence in the *Juniperus communis*. Dendrobiology 61:47–53.
- Tylkowski T. 2016. Przewodnik do oznaczania nasion drzew, krzewów, pnączy i krzewinek. Warszawa: Centrum Informacyjne Lasów Państwowych.
- Wnuk Z. 1974. Występowanie jałowca pospolitego – *Juniperus communis* L. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Łódzkiego, Nauki Matematyczno-Przyrodnicze, Ser. 2. 54:87–94.
- Wojtatowicz J, Pietrzykowska K. 2018. Drzewa i krzewy jako źródło pożywienia ptaków drozdowatych w Polsce. Rocznik Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego 66:123–134.
- Zając A, Zając M red. 2001. Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce. Kraków: Pracownia Chorologii Komputerowej Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- Zając M, Zając A. 2009. Elementy geograficzne rodzimej flory Polski. The geographical elements of native flora of Poland. Kraków: Pracownia Chorologii Komputerowej Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- Zaręba R. 1965. O drzewiastych formach jałowca oraz jego biologii i zastosowaniu. Rocznik Dendrologiczny 19:161–168.
- Zarzycki K, Trzczińska-Tacik H, Różański W, Szelaż Z, Wołek J, Korzeniak U. 2002. Ecological indicator values of vascular plants of Poland. Kraków: W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences.



Pomnik przyrody – dąb szypułkowy o obwodzie 535 cm rosnący na terenie gminy Drawsko Pomorskie. Drzewo zostało zgłoszone do pierwszej edycji konkursu przyrodniczego „Odkryj swój pomnik przyrody” zorganizowanego przez gminę Drawsko Pomorskie (fot. Leszek Paradowski)

Nature monument – pedunculate oak with a trunk circumference of 535 cm growing in the area of Drawsko Pomorskie commune. The tree was nominated for the first edition of the nature competition titled “Discover Your Nature Monument” organised by the commune of Drawsko Pomorskie (photo Leszek Paradowski)

**Stala powierzchnia badawcza Chorin 112
– wyniki 27-letnich badań nad cisem (*Taxus baccata* L.)
w różnych warunkach świetlnych**

Chorin 112 permanent experimental area – results
of 27 years of studies on English yew (*Taxus baccata* L.)
under various light conditions

STEFAN PANKA¹, JANA PANKA²

¹Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE)
A.-Möller-Str. 1, D-16225 Eberswalde, Deutschland
e-mail: stefan.panka@LFB.Brandenburg.de

²Seestr. 14, D-16230 Britz, Deutschland
e-mail: jana@panka.de

Submitted: 11 September 2023; Accepted: 28 December 2023

ABSTRACT: Using a long-term experimental area with two different light conditions as an example, the authors define growth conditions and present their research based on 27 years of analyses of English yew (*Taxus baccata*). The results on English yew growing in different light conditions, suggest that not only health status and the ability of aril production but also the growth of the analysed yew population under well-lit conditions are significantly higher, compared to yew grown under cover. The latter variant exhibits a relatively high tolerance for shade, however, this comes at the expense of a much poorer health status. In contrast, English yew in well-lit conditions indicates that, for optimal development, it requires more light.

Key words: English yew, growth rate, light conditions, sexual dimorphism, reproductive capacity

Wstęp

Cis pospolity (*Taxus baccata* L.) jest reliktem czwartorzędowym i dzisiaj bardziej z winy człowieka niż przez globalne zmiany klimatu ma w Europie już tylko nieliczne naturalne stanowiska (Endtmann, 1994). Wielki popyt w przeszłości na jego drewno (Hilf, 1926), rzadkość naturalnych populacji oraz ewolucyjnie szczególne taksonomiczne usytuowanie tego przedstawiciela klasy Taxopsida (Seneta i in., 2021) spowodowały, że cisy już od dawna w całej Europie obejmowano mniej lub bardziej ścisłą ochroną. Zarówno stare pojedyncze okazy cisa, jak i znajdujące się w fazie odnowienia drzewostany, to nadzwyczaj

atrakcyjne bogactwo naszego krajobrazu. Na przykład na Dolnym Śląsku mamy znakomite i znane również poza granicami naszego kraju okazy *Taxus baccata*. To właśnie tam znajdują się jedne z najstarszych egzemplarzy cisa w Polsce. Za najstarszy uznaje się egzemplarz w Henrykowie Lubańskim, w pobliżu Zgorzelca. Co prawda wiek jego budzi pewne kontrowersje (Zarzyński i Tomusiak, 2019), jednak za Pacyniakiem (1967, 1992) szacuje się go dzisiaj na około 1290 lat (1280 lat, 512 cm, 10 m, za: Zarzyński i in., 2016). W opublikowanej w 1921 r. w Szwajcarii pracy doktorskiej odnajdujemy jednak wzmiankę, według której już wtedy cis z Henrykowa Lubańskiego miał liczyć sobie ponad 1400 lat (Jatrides, 1921).

Powierzchnia doświadczalna i cele badawcze

Będąca przedmiotem badań populacja cisa (ryc. 1) wywodzi się prawdopodobnie z przydrożnego nasadzenia (Endtmann i Endtmann, 1993); zlokalizowana jest na terenie graniczącego z Polską Nadleśnictwa Chorin (ryc. 2), na północnym stoku wzniesienia Weinberg położonego naprzeciwko byłego klasztoru cystersów (ryc. 3). Cis pospolity mimo dość szerokiej gamy zajmowanych siedlisk (Hofmann, 1958) znajduje się na swoich naturalnych stanowiskach na wymarcu. Jest to jedna z przyczyn powstania w 1995 r. eksperymentu mającego na celu obserwację wzrostu cisa, jego zdolności rozmnażania oraz śledzenie struktury płciowej. Założone w ramach pracy dyplomowej (Mathe, 1996) dwie powierzchnie doświadczalne o wymiarach 14×14 m (196 m^2) powiększono w maju 2012 r. do wielkości 20×25 m (500 m^2). W tym samym roku, na powierzchni nr 1 (wariant świetlisty) zakończono też ostatecznie proces stopniowego usuwania (przy pomocy obrączko-

wania odziomków) okapu drzewostanu składającego się z buka, dębu, jaworu, wiązu i lipy (tab. 1). Jesienią tego samego roku powierzchnię tę, dla ochrony przed zwierzyną, ogrodzono dwumetrowym płotem z metalowej siatki.

Doświadczenie znajduje się pod wpływem umiarkowanie suchego klimatu krainy przyrodniczo-leśnej „Młodych moren północnej Brandenburgii i wschodniej Meklemburgii” na średnio zasobnym siedlisku (Gauer i Kroiher, 2012). Według danych pobliskiej stacji meteorologicznej w Angermünde średnia roczna suma opadów dla ostatnich 73 lat wynosi 546 mm (ryc. 4). W okresie wegetacyjnym (średnia temperatura miesięczna $>7^\circ\text{C}$) badany drzewostan cisowy miał do dyspozycji przeciętnie niespełna 350 mm rocznie. Roczna średnia temperatura wynosi tu $7,9^\circ\text{C}$, zaś średnia w okresie wegetacyjnym $14,9^\circ\text{C}$ (ryc. 4). Powierzchnia badawcza ma dwa warianty oświetlenia. Wariant świetlisty to czysty, 82-letni drzewostan cisowy, a cienisty to również 82-letnie cisy, ale pod okapem starodrzewu bukowego z domieszką lipy i wiązu (tab. 1).

Tab. 1. Opis stałych powierzchni badawczych Centrum Kompetencji Leśnej w Eberswalde (LFE) o nazwie CHORIN 112 (stan na 24.03.2022)

Tab. 1. Description of the permanent research plots of the Forest Competence Centre Eberswalde (LFE), called CHORIN 112 (24 March 2022)

Działka Plot	Pow. Area [m ²]	Wariant Variant	Siedlisko Habitat	Gatunek Species	Wiek Age [lata/years]	Rok założenia Year of establishment	Liczba pomiarów No. of measurements
1	500	świetlisty	LMśw	cis	82	23.06.1995	5
2	500	cienisty	LMśw	cis, buk, lipa, wiąz	82, 147, 23, 45	23.06.1995	5



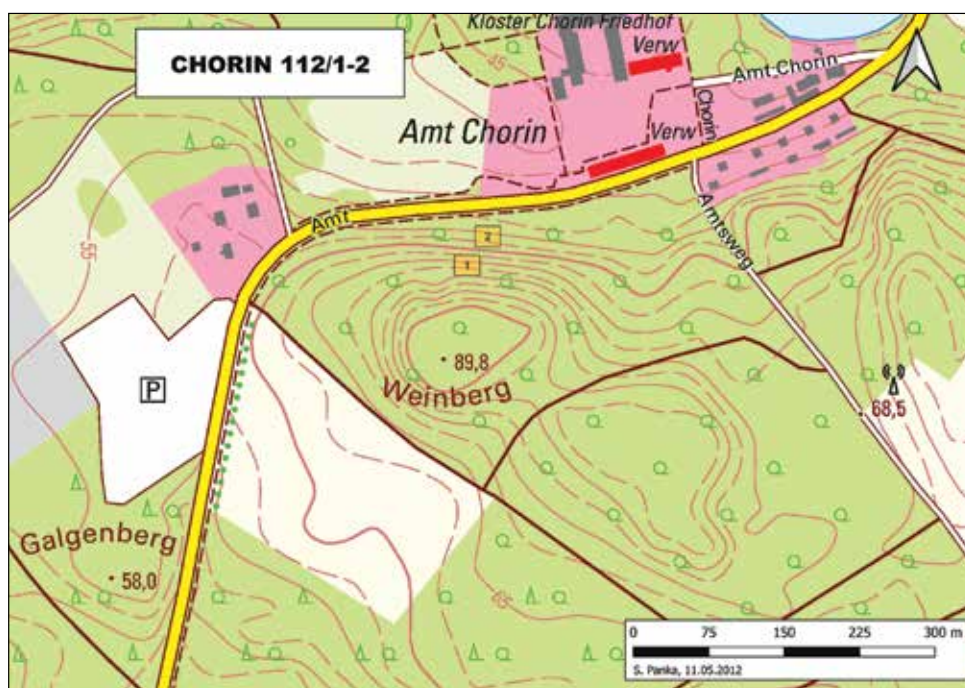
Ryc. 1. Stała powierzchnia doświadczalna CHORIN 112/2 (fot. S. Panka, 2023)

Fig. 1. Permanent research plot CHORIN 112/2 (photo S. Panka, 2023)



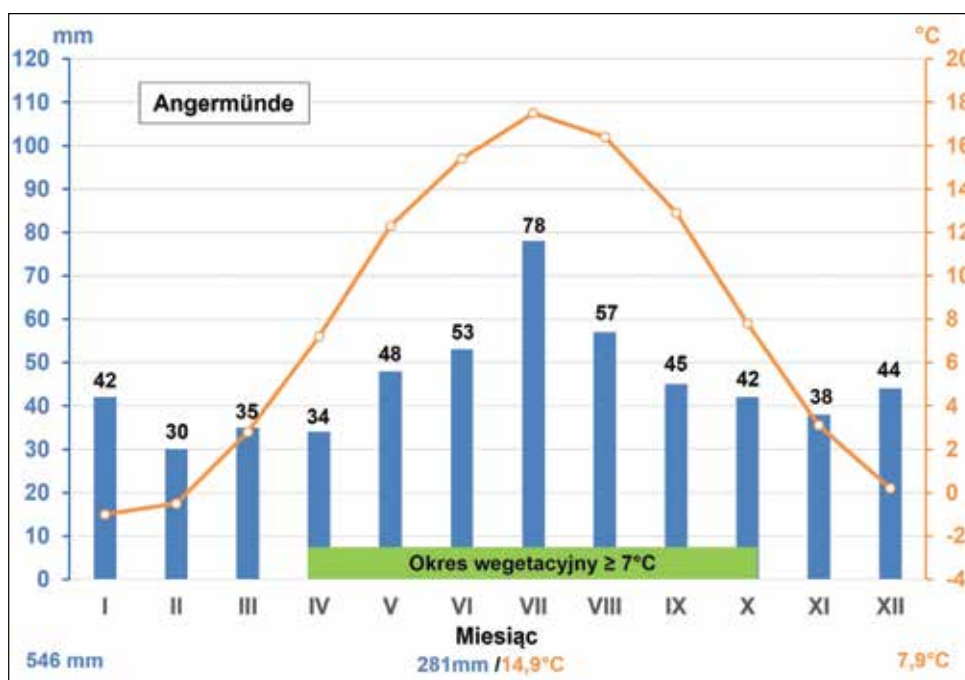
Ryc. 2. Lokalizacja powierzchni badawczych

Fig. 2. Location of the research plots



Ryc. 3. Położenie powierzchni badawczych na północnym stoku wzniesienia Weinberg

Fig. 3. Location of the plots on the northern slope of the Weinberg hill



Ryc. 4. Diagram klimatyczny (1949–2022) dla stacji meteorologicznej w Angermünde (18 km od powierzchni badawczych)

Fig. 4. Climatic diagram (1949–2022) for the meteorological station in Angermünde (18 km from research plots)

Metodyka badań

Powierzchnie badawcze założono w dwóch wariantach świetlnych – świetlistym (powierzchnia nr 1) i cieniastym (powierzchnia nr 2). Zlokalizowane one zostały w siedliskowo zbliżonych warunkach, na północnym stoku wzniesienia Weinberg, przy czym wariant świetlisty leży w górnej jego części, zaś cieniasty nieco niżej (ryc. 3). Z wykorzystaniem numeracji drzew, znaków pomiarowych, współrzędnych położenia drzew, wymiarów pierśnicy, wysokości drzew oraz danych o średnicy i nasadzie korony stworzono, przy pomocy drzewostanowego symulatora wzrostu BwinPro (Nagel i in., 2000), trójwymiarowy model obu drzewostanów (ryc. 5 i 6). Z kolei mapy pni (ryc. 12) sporządzono, wykorzystując oprogramowanie QGIS. Oprócz pomiarów mających uchwycić

dynamikę wzrostu drzew w odstępach 5-letnich, przeprowadzono także inwentaryzację dalszych cech morfologicznych badanych drzew (rozwidlenie strzały, odrosty (wilki), występowanie świec, szablowatość, zgnilizna strzały, uszkodzenia przez zgryzanie lub czemchanie, żery owadzie czy infekcje grzybowe). Oznaczanie płci prowadzono wiosną, odnotowując występowanie kwiatów (ich brak również był rejestrowany). Jesienią inwentaryzowano obradzające osobniki żeńskie. Wyniki badań dynamiki wzrostu opierają się na pomiarach pierśnicy i wysokości wszystkich drzew wykonanych kolejno w latach: 1995, 2002, 2012, 2017 i 2022 oraz na dwóch pomiarach szerokości i długości koron w 2002 i 2019 r. Inwentaryzację płci oraz obradzania przeprowadzono w latach: 1995, 2012 i 2019. Współrzędne położenia badanych drzew określono w 1995 r. podczas prac przy zakładaniu doświadczenia

oraz w 2012 r. przy okazji powiększenia areálu powierzchni doświadczalnych. Charakterystykę wzrostu badanej populacji cisa w okresie przed założeniem powierzchni badawczej umożliwiło zastosowanie analizy pni – metody badania zmian różnych cech drzew w ciągu całego ich życia opisaną szczegółowo przez Bruchwalda (1999). Analizę tę przeprowadzono na czterech ściętych egzemplarzach cisa o przeciętnych wartościach pierśnicy (DG) i wysokości (HG) wykonanych w 1995 r. – po dwa drzewa w każdym wariantcie.

Ocenę wzrostu i witalności badanego cisa w obu wariantach umożliwiła porównawcza analiza zmienności ważniejszych wskaźników taksacyjnych odnoszących się zawsze do powierzchni 1 hektara (Assmann, 1961). Tempo przyrostu na grubość (d) i przyrost wysokości (h) interpretowano przy pomocy przebiegu wzrostu przeciętnej pierśnicy (1) i przeciętnej wysokości (2) w obu drzewostanach. Pierśnicowe pole przekroju drzewostanu (G) obliczano przy pomocy wzoru (3), zaś miąższość drzewostanu (VS), jako ważnego wskaźnika zdolności produkcyjnej badanych wariantów, obliczono przy pomocy wzoru (4). Dynamikę przeciętnej powierzchni zajmowanej przez drzewo (stoisko) w danym drzewostanie określano przy pomocy wzoru (5) wskaźnika stoiska (st). Dla możliwie najbardziej statystycznie obiektywnego porównania wielkości

koron drzew wybrano w obu wariantach teoretyczne drzewo odpowiadające w każdym wariantcie przeciętnej grubości pierśnicy 100 najgrubszych drzew na ha (DO) określanego wzorem (6). W ten sposób, z jednej strony zapewniono porównanie dwóch statystycznie identycznych drzew w obu wariantach, z drugiej zaś strony ograniczamy ową analizę wpływu światła na wielkość koron do tych egzemplarzy cisa najmniej dotkniętych przez uwarunkowania konkurencyjne.

Przeciętna pierśnica drzewostanu:
$$DG = \frac{G}{N} \quad (1)$$

gdzie: G – pierśnicowe pole przekroju drzewostanu; N – liczba drzew w drzewostanie

Przeciętna wysokość drzewostanu:
$$HG = \frac{\sum_{i=1}^N (d_i^2 \cdot h_i)}{\sum_{i=1}^N (d_i^2)} \quad (2)$$

gdzie: d – pierśnica drzewa; h – wysokość drzewa

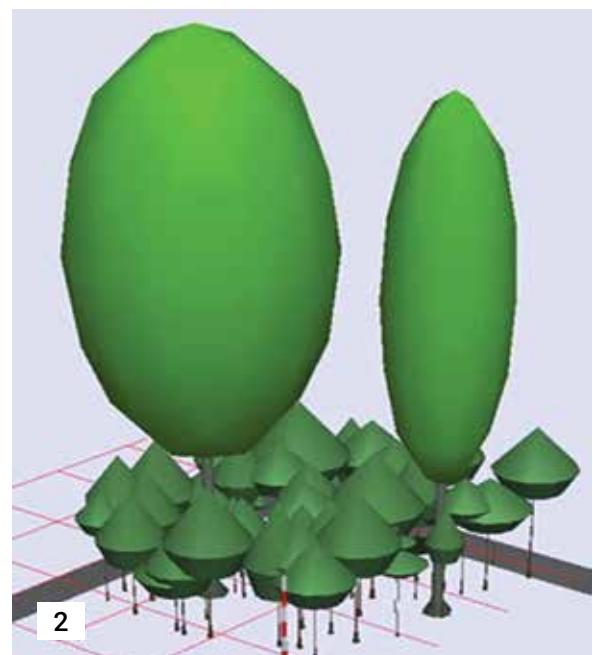
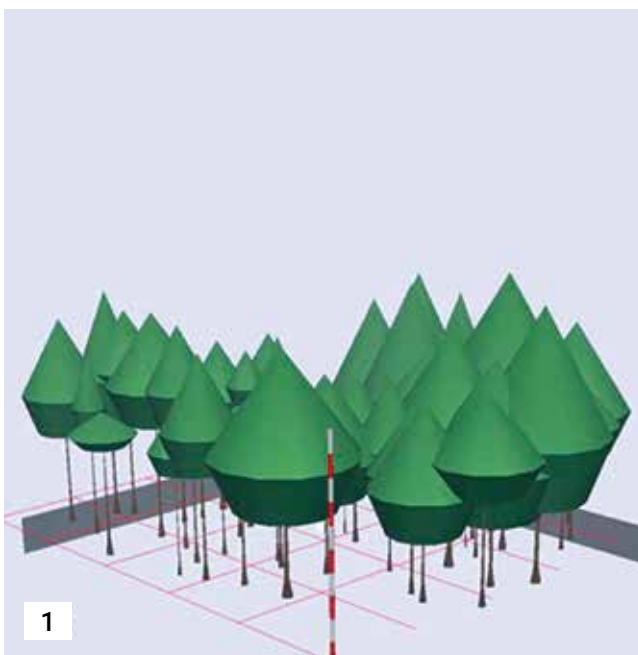
Pierśnicowe pole przekroju drzewostanu:
$$G = \frac{\pi}{4} \cdot \sum_{i=1}^N d_i^2 \quad (3)$$

Miąższość strzały (Niefnecker, 1989):
$$VS = e^{-9,6532+1,6593 \cdot \ln(d)+1,1588 \cdot \ln(h)} \quad (4)$$

Średnia powierzchnia stoiska drzew:
$$st = \frac{F}{N} \quad (5)$$

gdzie: N – liczba żywych osobników w drzewostanie; F – powierzchnia zajmowana przez drzewostan

Przeciętna pierśnica 100 najgrubszych drzew na ha:
$$DO = \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^{100} d_i^2)}{100}} \quad (6)$$



Ryc. 5 i 6. Trójwymiarowy model obu drzewostanów (wariant świetlisty (1), wariant cieniasty (2)) stworzony według drzewostanowego symulatora wzrostu BwinPro (Nagel i in., 2000)

Fig. 5 and 6. Three-dimensional model of both plots (light variant (1), shade variant (2)) created by the tree stand growth simulator BwinPro (Nagel et al., 2000)

Wyniki badań

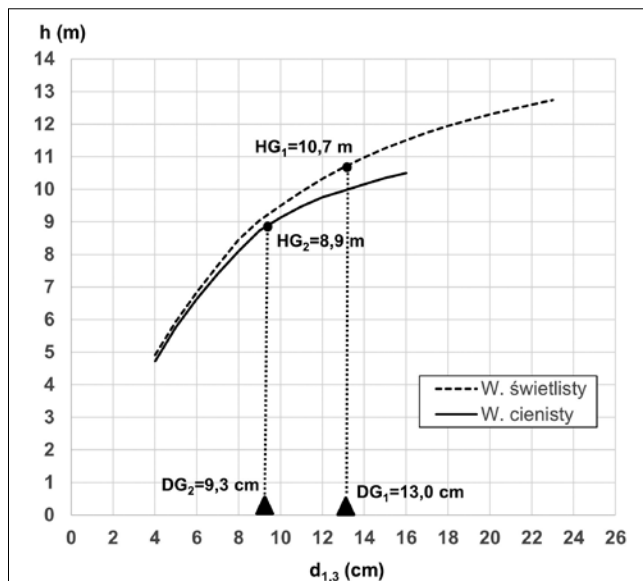
Charakterystykę populacji oraz żywotności cisów w obu wariantach umożliwiła porównawcza analiza ważniejszych wskaźników taksacyjnych.

1. Przebieg wzrostu, ważniejsze wskaźniki taksacyjne

Do podstawowych wskaźników taksacyjnych należą przeciętna pierśnica (DG) i przeciętna wysokość (HG). Na przyrost pierśnicy decydująco wpływa wielkość stoiska (Assmann, 1961), a więc dostęp do światła, zaś w przypadku wysokości, obok dostępu do światła, najważniejszym czynnikiem jest

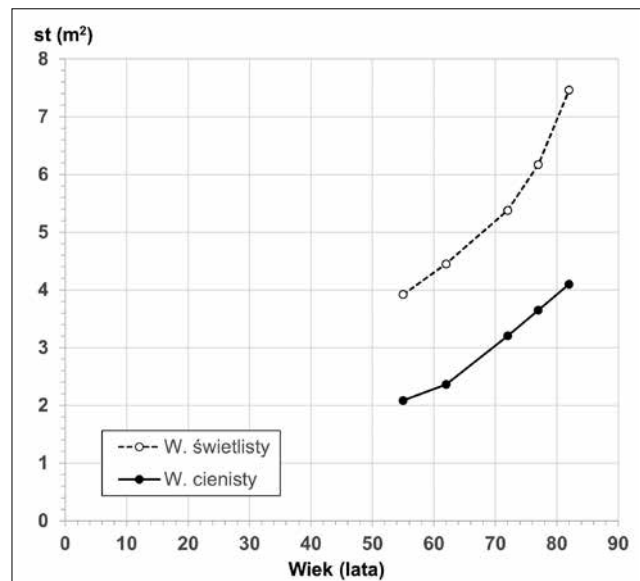
zasobność siedliska. Wyniki ostatniego pomiaru pierśnicy (24.03.2022) i wysokości przedstawia ryc. 7, gdzie prześledzić można zmianę wysokości drzew w zależności od ich pierśnicy. Zarówno w przypadku pierśnicy, jak i wysokości, zarysowuje się tu wyraźna przewaga wariantu świetlistego. Różnica między przeciętną pierśnicą ($|DG_2 - DG_1|$) i przeciętną wysokością ($|HG_2 - HG_1|$) wynosi odpowiednio 3,7 cm i 1,8 m.

Dzięki przeprowadzonym analizom czterech pni przeciętnych cisów jesteśmy w stanie prześledzić wzrost pierśnicy i wysokości w okresie jeszcze przed założeniem powierzchni badawczych. Warto tu zwrócić uwagę (ryc. 9 i 10) na silniejszy



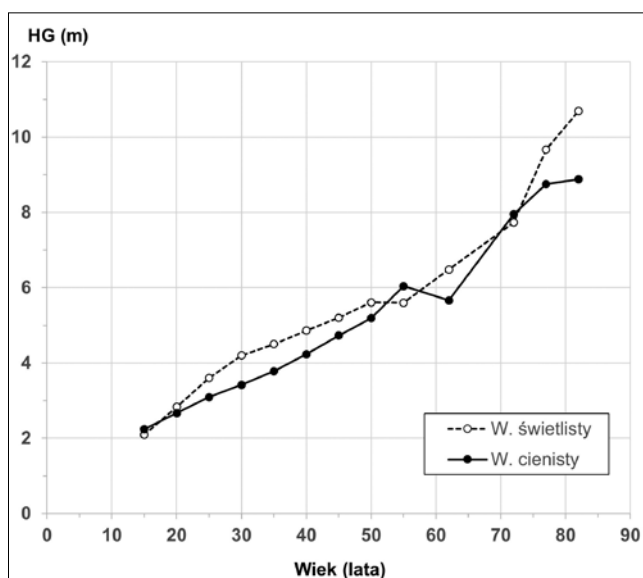
Ryc. 7. Krzywe wysokości drzewostanu obu wariantów w porównaniu według ostatniego pomiaru (24.03.2022)

Fig. 7. Stand height curves of both variants compared to the last measurement (24.03.2022)



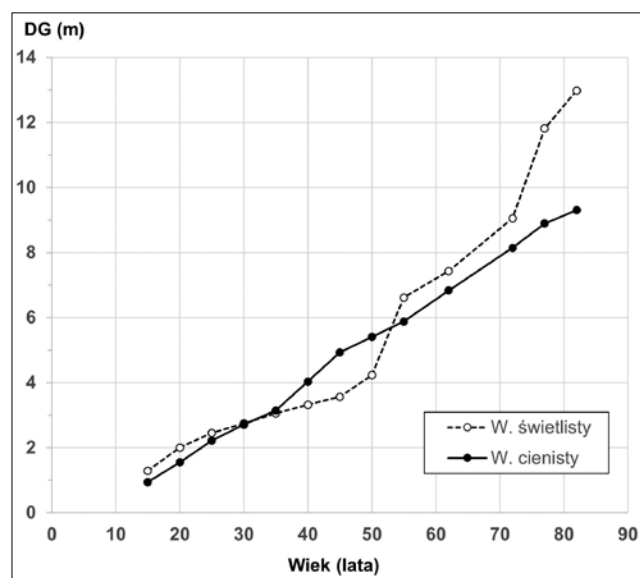
Ryc. 8. Zmiana wielkości stoiska (st) drzew obu wariantów z wiekiem

Fig. 8. Change of growing space (st) of both variants, depending on age



Ryc. 9. Zmiana z wiekiem przeciętnej wysokości drzewostanu (HG) obu wariantów

Fig. 9. Age related development of the mean height of the stand (HG) of both variants



Ryc. 10. Zmiana z wiekiem przeciętnej pierśnicy drzewostanu (DG) obu wariantów

Fig. 10. Age related development of the mean breast diameter of the stand (DG) of both variants

wzrost wysokości i pierśnicy wariantu świetlistego po usunięciu tam ostatnich drzew starodrzewu w wieku (cisa) 72 lat.

Zmiana z wiekiem liczby pni i pierśnicowego pola przekroju to bardzo ważny wskaźnik przy analizie śmiertelności danej populacji. Zdolność produkcyjna danego drzewostanu to nie tylko sama jego miąższość, ale także bardzo ważny element w ocenie jego witalności.

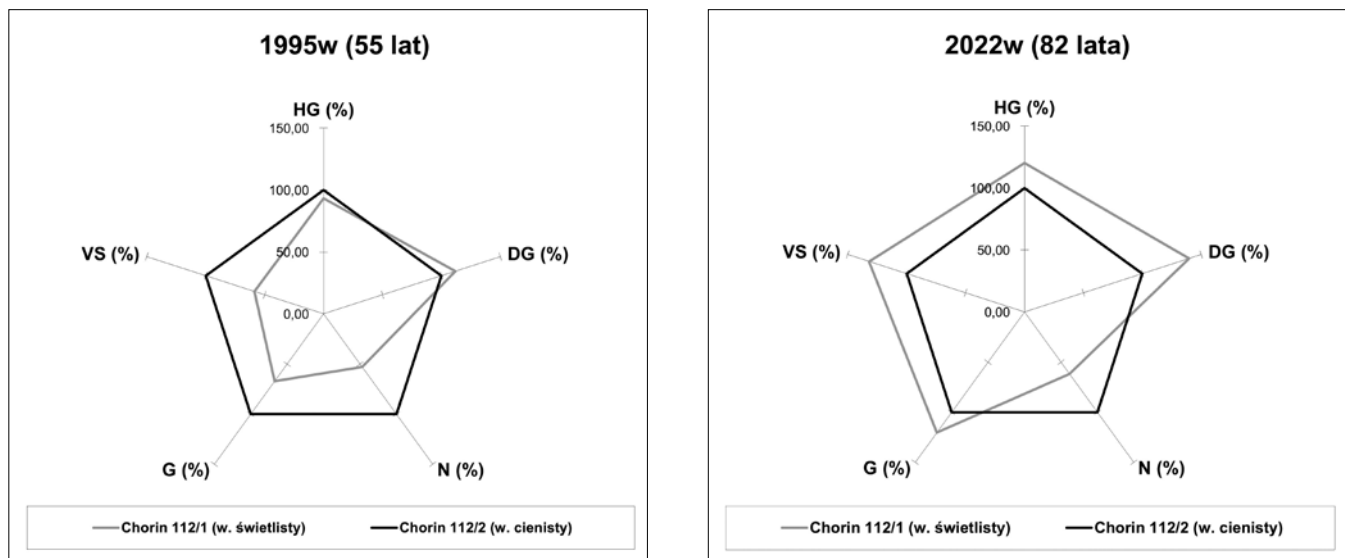
Na miąższość (VS) mają wpływ dwa dalsze wskaźniki taksacyjne, tzn. liczba pni (N) oraz pierśnicowe pole przekroju drzewostanu (G). Podsumowanie przebiegu zmian w obu wariantach przedstawia ryc. 11.

Przedmiotem badań były również korony wszystkich drzew w obu wariantach. W porównawczej analizie przeciętnej długości korony (DK) i jej przeciętnej średnicy (ŚK) obliczono w obu wariantach jako średnią arytmetyczną dla 100 najgrubszych drzew (DO, 6). Średnie długości

koron (DK_{DO}) wariantu świetlistego i cieniowego wyniosły odpowiednio 7,2 m i 6,2 m, zaś średnie średnice koron (ŚK_{DO}) 6,1 m i 4,4 m.

2. Struktura płciowa

Stosunek płci to niezmiernie interesujący aspekt tych badań. Przeprowadzone obserwacje pokazały, że relacja ta wydaje się wypadać w obu wariantach na korzyść płci żeńskiej. W wariantcie świetlistym odnotowano stosunek 35%(m):62%(ż), a w wariantcie cieniowym 35%(m):59%(ż) (ryc. 12). Warto przy tym zwrócić uwagę na wyższe średnie wartości pierśnicy i wysokości okazów męskich w obu wariantach od osiąganych przez osobniki żeńskie. Stwierdzono również obecność osobników o niewykształconych cechach płciowych (wariant świetlisty 2 drzewa, wariant cieniowy 6 drzew).



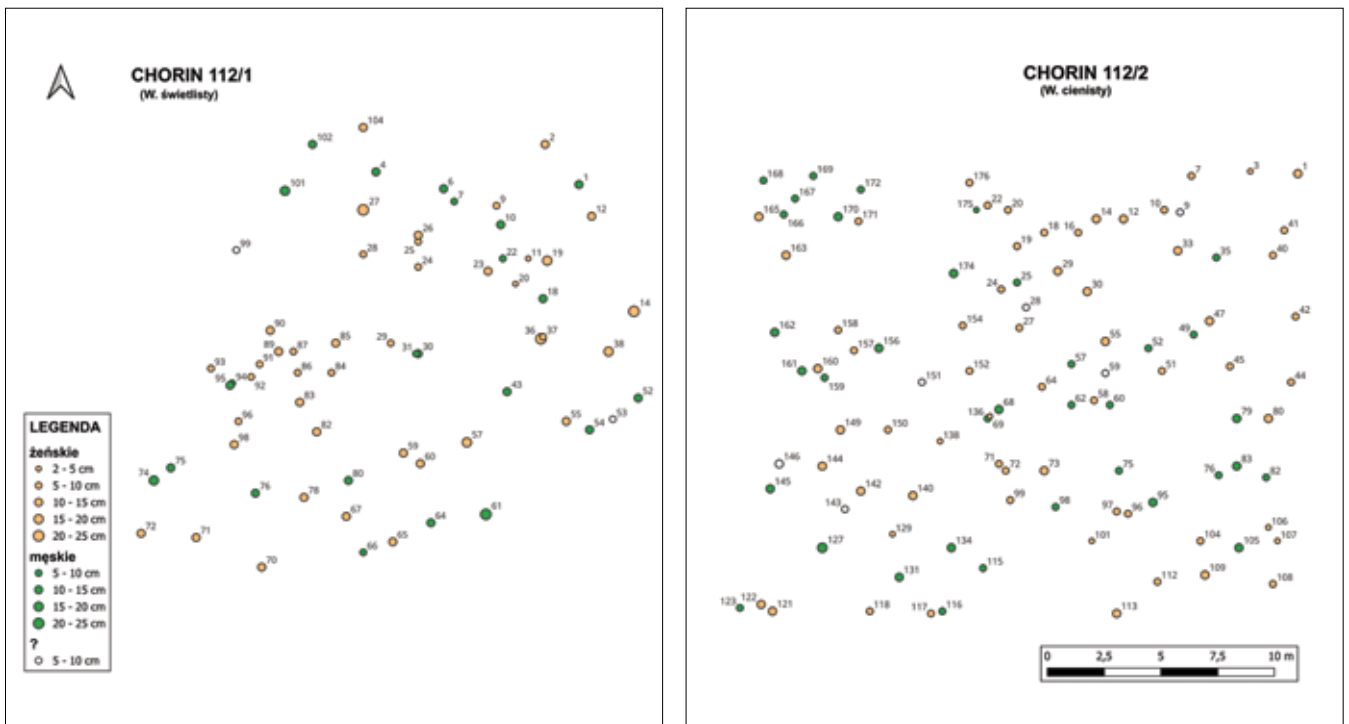
Ryc. 11. Ważniejsze wartości taksacyjne drzewostanów obu wariantów (w. cieniowy = 100%) na początku okresu badań (wiosna 1995) i po 27 latach obserwacji (wiosna 2022); HG – przeciętna wysokość, DG – przeciętna pierśnica, N – liczba pni, G – pierśnicowe pole przekroju, VS – miąższość strzały

Fig. 11. Most important yield indicators of the stands of both variants compared (shaded variant = 100%) at the beginning (Spring 1995) and at the end of the research; HG – mean height, DG – mean diameter, N – number of stems, G – basal area, VS – stemwood volume

Tab. 2. Porównanie ważniejszych wskaźników taksacyjnych obu wariantów na początku i końcu badań (100% = wariant cieniowy)

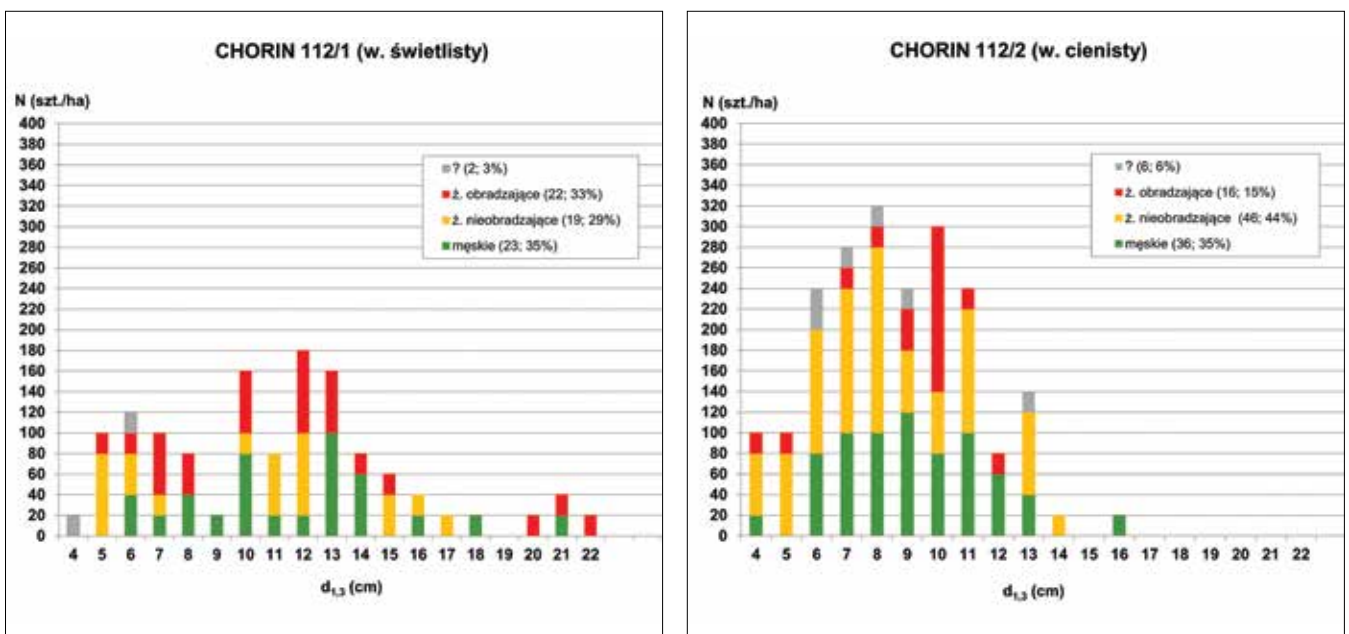
Tab. 2. Comparison of the most important yield indicators for both variants at the beginning and end of the research (100% = shaded variant)

Wskaźnik taksacyjny Yield indicator	23.06.1995				24.03.2022			
	w. świetlisty light variant		w. cieniowy shaded variant		w. świetlisty light variant		w. cieniowy shaded variant	
HG [m]	5,6	93,3%	6,0	100%	10,7	120,2%	8,9	100%
DG [cm]	6,6	111,9%	5,9	100%	13,0	139,8%	9,3	100%
DO [cm]	11,5	115,0%	10,0	100%	21,9	152,1%	14,4	100%
N [szt./ha]	2245	53,0%	4235	100%	1260	61,8%	2040	100%
G [m ² /ha]	7,7	67,0%	11,5	100%	16,68	120,3%	13,86	100%
VS [m ³ /ha]	22,9	58,6%	39,2	100%	84,67	131,8%	64,23	100%



Ryc. 12. Struktura płciowa (2019) i pierśnice (2022) w wariantach świetlistym (po lewej) i cieniście (po prawej)

Fig. 12. Sex ratio (2019) and diameters (2022) for both variants (light on the left, shaded on the right)



Ryc. 13. Zdolność obradzania (wrzesień 2019)

Fig. 13. Production capacity (September 2019)

3. Zdolność obradzania

Ostatnie obserwacje zdolności obradzania przez żeńskie osobniki cisa przeprowadzone we wrześniu 2019 r. wykazały, że w obu wariantach obrodziły tylko te egzemplarze, których korony miały stosunkowo duży dostęp do światła. W wariantcie świetlistym na 41 egzemplarzy żeńskich

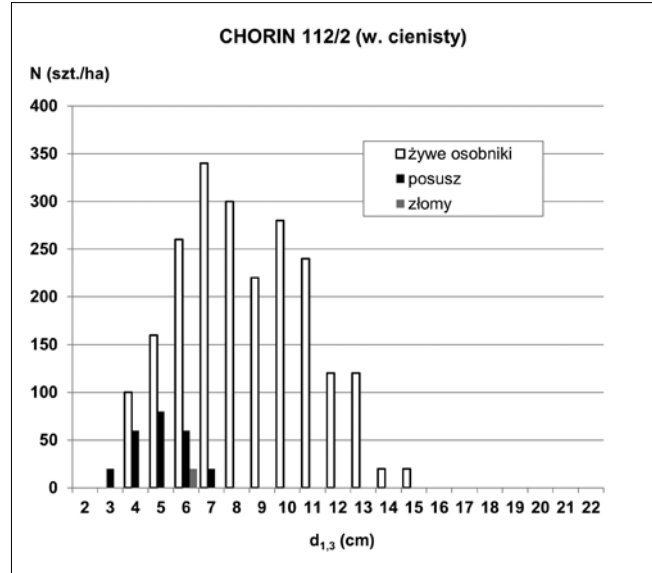
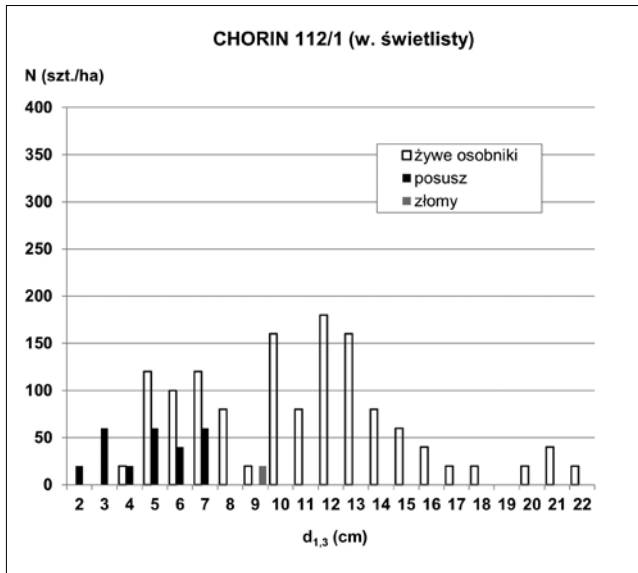
22 (54%) wykazały się zdolnością do obradzania. W wariantcie cieniście na 62 okazy żeńskie obrodziło tylko 16 drzew (26%). Przegląd klas pierśnic pokazuje, że obradzające osobniki występują w obu wariantach z różnym natężeniem niemal we wszystkich klasach (ryc. 13).

4. Stan zdrowotny i śmiertelność

Omawiając śmiertelność, warto zwrócić uwagę na rozkłady pierśnic z roku 2017 (ryc. 14). Najgrubsze cisy osiągają 22 cm, zaś w wariantcie cieniściej najwyżej 15 cm. Strefa obumierania w obu wariantach zamyka się w przedziale 2–7 cm. Panujące w omawianym przedziale pierśnic warunki wzrostu powodują, że niektóre z badanych drzew nie wykształcają w danym roku cech płciowych. Przebieg

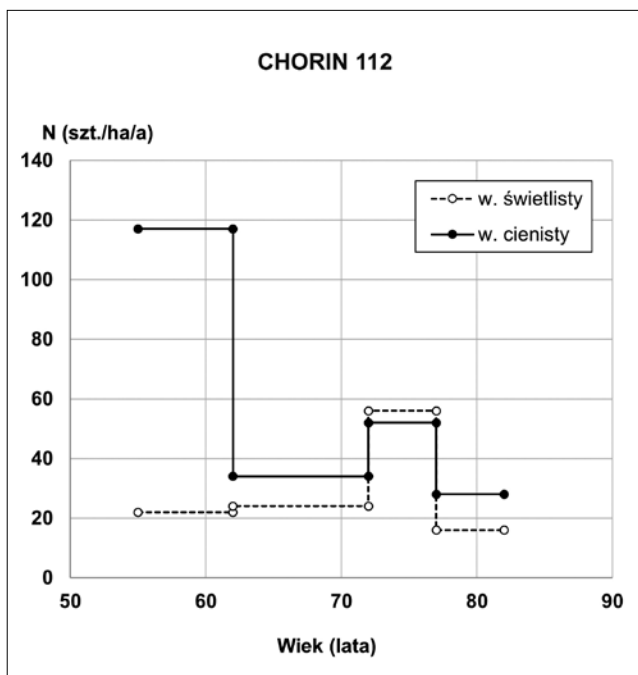
przeciętnej rocznej śmiertelności obu wariantów demonstruje ryc. 15.

Obserwacje cisa w obu wariantach pokazują, że wiele osobników o słabo rozwiniętej koronie nakłada na bocznicę swoich pni mniej lub bardziej gęste odrosty tworzące z czasem tzw. koronę wtórną (ryc. 16), z której, z co mocniejszych odrostów, mogą powstawać dalsze pnie (świece). Na jednym z drzew (ryc. 17) wariantu cieniściego zaobserwowano owocnik grzyba z rodzaju *Phellinus* (czyreń).



Ryc. 14. Rozkład pierśnic drzewostanu z uwzględnieniem martwych osobników w obu wariantach (17.02.2017)

Fig. 14. Distribution of diameters of tree stand including dead individuals for both variants (17.02.2017)



Ryc. 15. Zestawienie przebiegu średniorocznej śmiertelności badanych wariantów

Fig. 15. Comparison of the development of average annual mortality in the examined variants



Ryc. 16. Drzewo z nałożoną na bocznicę pnia koroną wtórną (wariant cieniisty)

Fig. 16. Tree with secondary crown on the trunk (shaded variant)

Dyskusja

Żywotność cisa wariantu cieniściego jest, mimo stosunkowo gęstego okapu koron starodrzewu, zdumiewająco wysoka. Co prawda oba warianty zlokalizowane są na takim samym siedlisku, jednak w dolnej części stoku, a więc w niższej położonym fragmencie wariantu cieniściego, rośliny są prawdopodobnie lepiej zaopatrzone w wodę i substancje odżywcze, co z kolei tłumaczyłoby zaobserwowaną tu dużą żywotność. Można by również przypuszczać, że oprócz tego położenie na zboczu umożliwia docieranie do górnej części koron większej ilości bocznego światła (ryc. 18). Podobnego spostrzeżenia dokonał Aichholz (1994) badający populację cisa na stromych stokach południowej części Jury Szwabskiej.

O występowaniu na cisie w wariacie cieniściego czyżby jodłowego (ryc. 17) donoszą w swojej pracy De Vries i Kuyper (1990), wskazując przy tym na uszkodzenia pnia jako przyczynę zasiedlenia przez ten patogen.

Interesującym aspektem naszych obserwacji w kontekście badań różnorodności genetycznej ograniczonych liczebnie populacji cisa jest również stosunek liczebności osobników żeńskich i męskich. Zaobserwowany w Chorinie wyższy udział osobników żeńskich w obu badanych wariantach (62% i 59%) potwierdzają wyniki badań (Hilfiker i in., 2003) 14 niewielkich (poniżej 150 osobników) populacji cisa, w których również odnotowano wyższy udział płci żeńskiej (przeciętnie 62%). Z jednej strony mamy tu do czynienia z dużą żywotnością, z drugiej jednak – mniejsza liczba obradzających osobników może w zbliżonych warunkach siedliskowych wskazywać na brak wystarczającego dostępu do tak ważnego zasobu, jakim jest światło. W wariacie cieniściego

zarejestrowano również ograniczoną zdolność obradzania, co koresponduje ze spostrzeżeniami Korpela (1981) i Niemann (1982) poczynionymi podczas ich badań nad cisem rosnącym w warunkach silnie ograniczonego światła. Obradzanie to dla każdego żeńskiego osobnika szczególnie wysiłek, który jest jednak niezwykle ważny dla utrzymania gatunku. Jest to inwestycja, na którą mogą sobie pozwolić tylko okazy o odpowiednio dobrym stanie zdrowotnym i kondycji (Iszkuło i in., 2009). Wydaje się, że niższa liczba obradzających osobników żeńskich w wariacie cieniściego jest konsekwencją stresowych warunków wzrostu.

Wyniki dotyczące zaobserwowanej w Chorinie większej grubości i wysokości męskich okazów cisa pokrywają się z obserwacją innych badaczy (Nowak i in., 2017, 2021; Iszkuło i in., 2009), natomiast przewaga wariantu świetlistego pod względem przeciętnej pierśnicy i przeciętnej wysokości wydaje się wynikać ze stosunkowo większej powierzchni stoiska (ryc. 8), jaką mają do dyspozycji drzewa wariantu świetlistego. Analiza ryciny 11 nasuwa dwa spostrzeżenia. Z jednej strony, osiągnięte przez wariant świetlisty wyższe wartości HG, DG, G i VS unaocniają względnie dużą produktywność w tym wariacie, z drugiej zaś, mamy świadomość, że widoczna tu przewaga wariantu świetlistego nad wariantem cieniściego istnieje mimo znacznie mniejszej liczby pni w wariacie świetlistym (tab. 2). Ową przyczynę wyższej produktywności/witalności wariantu świetlistego można też tłumaczyć przewagą jego przeciętnej wielkości koron (ΔDK – różnica w przeciętnej długości korony, ΔSK – różnica w przeciętnej średnicy korony) nad wariantem cieniściego, która w odniesieniu do przeciętnej pierśnicy 100 najgrubszych drzew (DO) wynosi odpowiednio $\Delta DK=1,0$ m i $\Delta SK=1,7$ m.



Ryc. 17. Drzewo nr 134 z owocnikiem *Phellinus hartigii* (Allesch. & Schnabl) Pat. (wariant cieniisty)

Fig. 17. Tree no. 134 with fruiting body of *Phellinus hartigii* (Allesch. & Schnabl) Pat. (shaded variant)



Ryc. 18. Wariant cieniisty – profil stoku (rys. J. Panka)

Fig. 18. Shaded variant – slope profile (drawing by J. Panka)

Zarówno w wariancie cienistym, jak i w chronionym płotem od roku 2012 wariancie świetlistym, nie udało się do tej pory stwierdzić żadnych nowych młodych osobników cisa mogących świadczyć o jego rozmnażaniu.

Podsumowanie i wnioski

Prowadzone w ciągu ostatnich 27 lat obserwacje na dwóch reprezentatywnych dla populacji chorińskiego cisa powierzchniach badawczych pozwalają nam sformułować następujące wnioski:

- Pojawianie się posuszu w obu wariantach w dolnym przedziale rozkładu pierśnic badanych drzew wskazuje na wydzielanie się cisów na skutek niedostatku światła.
- Lepsze warunki świetlne wariantu świetlistego wyraźnie pozytywnie wpływają na wzrost i rozwój rosnących tu cisów. O ich dobrej kondycji świadczą wyższe wartości podstawowych cech taksacyjnych drzewostanu tego wariantu.
- Niezależnie od warunków świetlnych stwierdzono w obu wariantach znaczną przewagę liczby okazów żeńskich.
- Osobniki męskie były wyższe i miały większe pierśnice w porównaniu z osobnikami żeńskimi.
- Zaobserwowana w obu wariantach skłonność do tworzenia odrostów na całej bocznicy i przy podstawie pnia świadczy o dużej zdolności regeneracyjnej.
- Dobra kondycja zdrowotna wariantu świetlistego oraz wyższa zdolność obradzania wskazują, że dla swojego optymalnego rozwoju cis potrzebuje większej ilości światła niż w wariancie cienistym.

Podziękowania

Profesorowi dr. hab. Zbigniewowi Sierocie dziękujemy serdecznie za pomoc w oznaczeniu owocnika grzyba zaobserwowanego na jednym z drzew w wariancie cienistym. Dziękujemy długoletniemu leśniczemu leśnictwa Chorin – Pan inż. Dittmar Discher aktywnie nas wspierał i życzliwie pomagał w urządzaniu i przy nadzorze naszej powierzchni badawczej.

Literatura

- Aichholz H. 1994. Die Eibe am Trauf der Südwestalb. *Allgemeine Forstzeitschrift* 18:1022–1023.
- Assmann E. 1961. *Waldetragskunde*. München: Bayrischer Landwirtschaftsverlag.
- Bruchwald A. 1999. *Dendrometria*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
- De Vries BWL, Kuyper TW. 1990. Holzbewohnende Pilze auf Eibe. *Zeitschrift für Mykologie* 56(1):87–94.
- Endtmann KJ. 1994. Die Gemeine Eibe (*Taxus baccata* L.) – Baum des Jahres 1994. Vom Waldbaum zum Ziergehölz? *Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie* 28(2):66–69.
- Endtmann KJ, Endtmann M. 1993. Forstbotanische und botanische Gärten in Ostbrandenburg. *Heimatkalender Kreis Eberswalde* 1993:46–51.
- Gauer J, Kroiher F red. 2012. *Waldökologische Naturräume Deutschlands. Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke. Digitale Topographische Grundlagen. Neubearbeitung Stand 2011. Landbauforschung Sonderheft 359*. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei.
- Hilf RB. 1926. Die Eibenholzmonopole des 16. Jahrhunderts. *Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte* 18:186–191.
- Hilfiker K, Ulber M, Gugerli F, Rotach P, Bonfils P, Holderegger R. 2003. In kleinen Eibenpopulationen: Mehr Weibchen als Männchen. *Wald Holz* 84(2):44–46.
- Hofmann G. 1958. Die eibenreichen Waldgesellschaften Mitteldeutschlands. *Archiv für Forstwesen* 7:502–558.
- Iszkuło G, Jasińska AK, Giertych MJ, 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 DOI: 10.1007/s11258-008-9447-5.
- Jatrides D. 1921. Beiträge zur Kenntnis der Bestandteile von *Taxus baccata* L. (Eibe) insbesondere über das Taxin. (praca doktorska) Zürich.
- Korpel S. 1981. Das größte Eibenvorkommen in Europa. *Allgemeine Forstzeitschrift* 9(10):218–221.
- Mathe A. 1996. *Das Eibenvorkommen am Choriner Weinberg*. (praca dyplomowa) FH Eberswalde.
- Nagel J, Albert M, Schmidt M. 2000. *BWINPro – Programm zur Bestandesanalyse und Prognose. Handbuch zur Version 6.0*. Göttingen: Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt.
- Niefnecker W. 1989. Zur Wuchsleistung und waldbaulich-ertragskundlichen Behandlung des Riesenlebensbaumes (*Thuja plicata* D. Don). *Sozialistische Forstwirtschaft* 39(5):149–153.
- Niemann M. 1982. Erhalt natürlicher Eibenvorkommen. *Allgemeine Forstzeitschrift* 8:405–407.
- Nowak K, Giertych MJ, Pers-Kamczyc E, Thomas PA, Iszkuło G. 2021. Rich but not poor conditions determine sex-specific differences in growth rate of juvenile dioecious plants. *Journal of Plant Research* 134:947–962 DOI: 10.1007/s10265-021-01296-2.
- Nowak K, Giertych MJ, Thomas P, 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* 39:191 DOI: 10.1007/s11738-017-2489-3.
- Pacyniak C. 1967. Wiek najokazalszych drzew rosnących w Polsce. *Sylvan* 6–7:155–161.
- Pacyniak C. 1992. *Najstarsze drzewa w Polsce*. Przewodnik. Warszawa: Wydawnictwo PTTK „Kraj”.
- Seneta W, Dolatowski J, Zieliński J. 2021. *Dendrologia*. Warszawa: PWN.
- Zarzyński P, Tomusiak R. 2019. Cis pospolity (*Taxus baccata* L.) z Henrykowa Lubańskiego – wątpliwości co do rzeczywistego wieku najstarszego drzewa Polski. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 67:49–52.
- Zarzyński P, Tomusiak R, Borkowski K. 2016. *Drzewa Polski. Najgrubsze. Najstarsze. Najstynniejsze*. Warszawa: PWN.

Tabela Profesora Longina Majdeckiego w ocenie wieku wybranych gatunków drzew

The table of Professor Longin Majdecki in the assessment
of the age of selected tree species

JACEK BOROWSKI¹,
MAGDALENA WNEK², MARTA DEJA³

¹Katedra Ochrony Środowiska i Dendrologii,
Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
ul. Nowoursynowska 166, PL-02-787 Warszawa
e-mail: jacek_bor@wp.pl

²topoScape sp. z o.o., ul. Paprotki 2, 02-747 Warszawa
e-mail: mwnek@toposcape.pl

³Architekci s.c., ul. Jacka Kuronia 9/9, 10-166 Olsztyn
e-mail: marta_deja@tlen.pl

Submitted: 21 November 2023; Accepted: 13 February 2024

ABSTRACT: The work assesses the reliability and usefulness of the age table developed in the 1980s by Longin Majdecki. The table is commonly used by landscape architects in studies regarding the revalorisation of historic parks. In the first part, the ages of two linden species (*Tilia cordata* and *T. platyphyllos*) were assessed using a resistograph and compared with data from Majdecki's table. Age curves were used for comparison. In the second part, the ages of silver birch (*Betula pendula*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*) were compared with the results obtained from the table using a resistograph and an increment borer. It was found that for the purposes of park revalorisation, Majdecki's table is undoubtedly useful, although its limitations stem from the high variability of radial increments among individual trees.

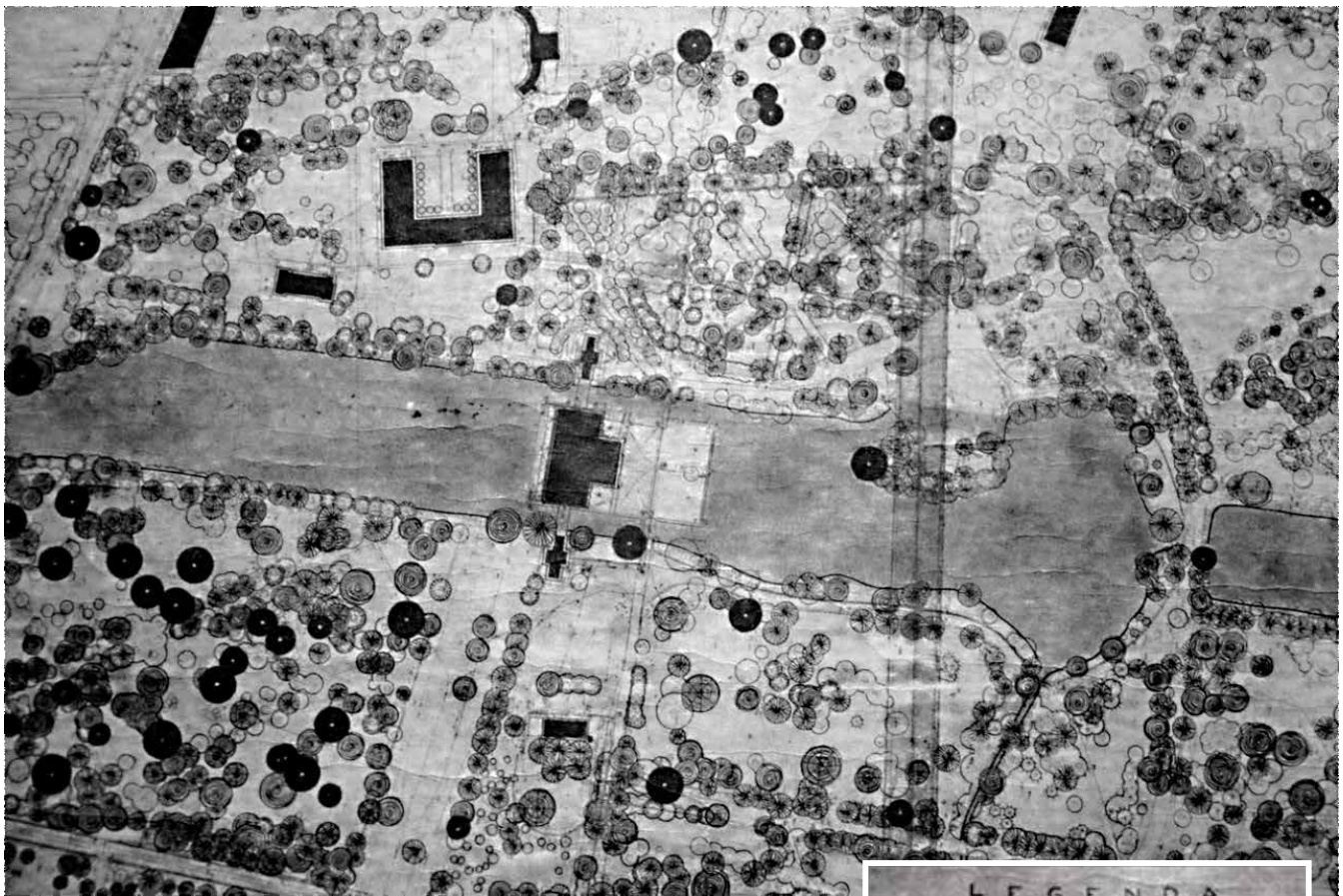
Key words: tree age, annual growth, annual ring, resistograph, increment borer, Pressler drill

Wstęp

Historyk sztuki i architekt krajobrazu profesor dr hab. Longin Majdecki w swoim dorobku miał projekty i rewaloryzacje licznych parków w całej Polsce i przyczynił się walcie do rozwoju parków warszawskich. Jest autorem niezwykle ważnych pozycji literaturowych, to jest: „Historii ogrodów”, „Ochrony i konserwacji zabytkowych założeń ogrodowych” i „Rejestru ogrodów polskich” (Majdecki, 1993, 1964–66, 2007; Majdecki i Majdecka-Strzeżek, 2019). Pierwsza z nich była wielokrotnie wznawiana, a dla architektów krajobrazu i konserwatorów jest niemal biblią, tak jak dla dendrologów pozycje Włodzimierza Senety. Obaj autorzy byli zresztą zaprzyjaźnieni i w czasie, gdy pracowali w warszawskiej SGGW, niejednokrotnie wymieniali się doświadczeniami. Niewątpliwie prof. Majdecki wyróżniał się wśród architek-

tów krajobrazu dogłębną znajomością roślin i doceniał ich znaczenie w projektowaniu.

Po II wojnie światowej rewaloryzacja parków była zadaniem trudnym i palącym, a Longin Majdecki był jednym z jej prekursorów. W związku ze zniszczeniami dokumentacji i samych parków ocena wieku była pomocna w ustalaniu historycznej osnowy, rekonstrukcji zabytkowego układu założenia, w tym wyznaczaniu osi widokowych. Analizy wieku w formie map drzewostanu były wykorzystywane przez niego w projektach rewaloryzacyjnych, a do najważniejszych należy wykonana dla Parku Łazienkowskiego w Warszawie (ryc. 1). To dzięki mapie wiekowej możliwe jest odtworzenie kolejnych etapów powstawania i przemian kompozycyjnych parków (Łukasziewicz, 2010; Węgiel i in., 2017). Na potrzebę określania wieku drzew w pracach rewaloryzacyjnych zwracał uwagę również Siewniak (1990).



Ryc. 1. Fragment planu Parku Łazienkowskiego z układem drzewostanu i jego strukturą wiekową z 1978 r., skala 1:1000 (fot. A. Majdecka-Strzeżek)

Fig. 1. Fragment of the Łazienki Park plan with the layout of the tree stands and their age structure from 1978, scale 1:1000 (photo A. Majdecka-Strzeżek)



Stosowane w leśnictwie tabele wiekowe do celów architektury krajobrazu się nie nadają, ponieważ dotyczą drzew rosnących w zwarcu, podczas gdy w parkach najczęściej rosną one pojedynczo bądź w luźnych grupach. Ponadto z reguły tabele leśne zawierają skorelowane dane o przyrostach średnicy i wysokości drzew, a nie ich wieku, ponieważ ten z reguły jest leśnikom znany.

Właśnie dla potrzeb rewaloryzacji profesor (wówczas jeszcze magister) zaczął szukać innych metod oceny wieku drzew niż informacje zawarte w materiałach źródłowych. Opracował tabelę na podstawie liczby przyrostów na pniach ściętych drzew różnych gatunków i odpowiadającej im pierśnicy (średnicy pnia na wys. 1,3 m). Drzewa pochodziły z polskich parków i ogrodów, rosły w różnych rejonach i na różnych siedliskach. Prof. Majdecki uważał, że w celu upewnienia się co do wieku konkretnego drzewa należy stosować więcej niż jedną metodę i że to pozwala wyeliminować potencjalne błędy lub nieścisłości (Anna Majdecka-Strzeżek, informacja ustna). Nieznana jest liczba drzew poszczególnych gatunków, które posłużyły do opracowania tabeli. Ta była doskonała w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku i udostępniona w formie zapisu maszynowego

(ryc. 2) (Majdecki, 1980–1986). Dzięki opracowanemu zestawieniu powstały mapy wiekowe drzewostanu wielu parków, a metoda oceny została uznana za jedną z podstawowych przy rewaloryzacji i stosowana jest powszechnie do dziś (Majdecka-Strzeżek, 2008; Borowski, 2013). Nie jest ona jednak pozbawiona mankamentów i jest używana przez architektów krajobrazu często bezkrytycznie. Jednocześnie pojawiają się pytania o jej precyzję. Dlatego podjęty temat wydaje się potrzebny i aktualny.

Celem badań było porównanie oceny wieku drzew metodami bezpośrednimi z wynikami z tabeli Majdeckiego. Badania były prowadzone w dwóch częściach. W pierwszej na podstawie pomiarów rezystograficznych opracowano krzywe przyrostowe dla lipy szerokolistnej (*Tilia platyphyllos* Scop.) i lipy drobnolistnej (*T. cordata* Mill.), a następnie porównano je z krzywą uzyskaną na podstawie danych z tabeli Majdeckiego. Druga część miała na celu porównanie oceny wieku pojedynczych osobników brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth) i sosny pospolitej (*Pinus sylvestris* L.) na podstawie pomiarów przy pomocy rezystografu i świdra przyrostowego z danymi z tabeli Majdeckiego.

Opracowanie prof dr Longin Majdecki 1980/86

LP GATUNEK	WIEK DRZEWA					
	10	20	40	70	100	120
Populus alba						
Populus robusta	15	35	70	100	125	145
Populus nigra						
Tilia coradata						
Tilia platyphyllos	-	17	35	57	78	92
Carpinus betulus						
Crataegus	-	7	15	35	50	60
Fagus sylvatica						
Robinia pseudoacacia	7	13	26	45	62	75
Pinus silvestris	-	12	25	50	68	80
Acer platanoides						
Acer pseudoplatanus	-	12	25	40	55	67
Platanus acerifolia						
Fraxinus excelsior	-	12	26	45	60	72
Aesculus hippocastanum	-	20	38	65	87	105
Quercus robur	-	9	18	35	47	55
Quercus sessiliflora						
Picea excelsa	-	12	25	50	70	82
Picea pungens						
Larix decidua	-	17	35	52	67	79
Acer negundo						
Salix alba	-	27	54	85	-	-
Betula verrucosa						
Betula pubescens	-	22	34	57	79	-
Ulmus laevis	9	15	30	51	73	90
Thuja occidentalis	-	5	10	20	35	-
Alnus glutinosa	-	17	30	50	70	-

Ryc. 2. Fragment oryginalnej tabeli opracowanej przez Longina Majdeckiego i udostępnionej pracownikom Sekcji Kształtowania Terenów Zieleni SGGW w Warszawie

Fig. 2. Fragment of the original table developed by Longin Majdecki and made available to employees of the Green Area Development Section at Warsaw University of Life Sciences (SGGW)

Metody oceny wieku drzew

Określenie wieku drzew nie jest łatwe. Ze względu na siedlisko, na którym rosną, i cechy osobnicze drzewa posadzone tym samym czasie mogą znacząco różnić się rozmiarami. Co za tym idzie, wskazanie ich wieku na podstawie średnicy jest niezwykle zawodne, jak zauważył już dawno np. Tadeusz Szymanowski (1956). Najpewniejszą metodą określenia wieku drzew jest wykorzystanie danych o dacie ich posadzenia. Takie dane można znaleźć w dokumentach dotyczących inwentaryzacji leśnych, historii parków, a w przypadku miast – w inwentaryzacyjnych bazach danych. Inna metoda, jednak możliwa do zastosowania praktycznie tylko

dla młodych drzew iglastych, polega na liczeniu okółków gałęzi bocznych (Baniukiewicz, 1974). Kolejne to oceny na oparte na tabelach, w tym tabeli Majdeckiego, jednak ich dokładność ogranicza się do wyznaczenia, czasem dużych, przedziałów wiekowych, często dostosowanych do różnych okresów rozwoju parku (Majdecki, 1993; Łukaszkiwicz, 2010). Metodą pewną, choć nieobarczoną błędami, jest policzenie słoików przyrostów rocznych ściętego drzewa. Oczywiście trudno to nazwać metodą bezinwazyjną. W przypadku, kiedy wewnątrz drzewa jest rozłożone, możliwe jest odniesienie wieku analizowanego drzewa do egzemplarza, co do którego mamy pewność, że został posadzony w tym samym czasie. Taki sposób dotyczy szczególnie alei, kiedy można wykorzystać powstałe na skutek działania różnych czynników atmosferycznych złomy i wykroty (Łukaszkiwicz, 2010). Z kolei metody inwazyjne opierają się na zliczaniu przyrostów rocznych na podstawie pomiarów wykonanych świderem przyrostowym lub wiertarką oporową (ryzystografem).

Świder przyrostowy był pierwszym urządzeniem służącym do pobierania próbek do analiz dendrochronologicznych. Pierwszy taki świder został skonstruowany w Niemczech w 1855 r. i na przestrzeni lat jego wygląd ulegał licznym zmianom (Grissino-Mayer, 2003). Już w połowie XIX w. analizy przyrostów rocznych drzew iglastych pomagały w ustaleniu najlepszego momentu na wycinkę drzew, co wiązało się oczywiście z szacowaniem ich wieku. Badania nad przyrostami rocznymi pomagały określić również dynamikę wzrostu drzew (Pressler, 1866). Od tamtej pory świder przyrostowy i badania nad słoikami rocznymi były wykorzystywane między innymi przez specjalistów zajmujących się gospodarką leśną (Costello i Quarles, 1999), rekonstrukcją zmian klimatycznych, poszukiwaniem terminów dawnych pożarów czy zmian powierzchni terenu (Grissino-Mayer, 2003). Do dziś świder przyrostowy uznawany jest przez wielu badaczy za wiarygodną metodę wykrywania rozkładu drewna oraz określania wieku drzew (Costello i Quarles, 1999). W przypadku znacznego rozkładu wewnątrz pnia lub ograniczeń wynikających z długości świda stosowane są różne metody opierające się na estymacji brakujących przyrostów. Uwzględniają one niejednorodność przyrostów w okresie życia drzewa i pozwalają na ocenę liczby przyrostów brakującego fragmentu poprzez odniesienie wielkości ubytku do drzew rosnących w podobnym siedlisku (w miarę możliwości najbliżej) o średnicy takiej jak ubytek (Baniukiewicz, 1974; Pacyniak, 1992). Techniki pobierania próbek świderem przyrostowym opisali między innymi Bruchwald (1995) oraz Zielski i Krąpiec (2004).

Innym urządzeniem pomiarowym jest rezystograf (wiertarka oporowa), który rejestruje opór mechaniczny stawiany przez drewno podczas wiercenia w pniu. Dzięki temu można zarejestrować kolejne przyrosty roczne, ponieważ opór stawiany przez drewno wczesne jest mniejszy niż przez drewno późne, tworzone w końcowym etapie powstawania przyrostu rocznego (Rinn, 1994). Rezystograf był używany do oceny przyrostów rocznych m.in. u *Taiwania cryptome-*

rioides (Wang i in., 2003), a także lip, klonów, jesionów, jarzębów i brzoź (Borowski, 2008) oraz orzesznika gorzkiego (Suchocka i Kolasiński, 2018). Oprócz rozpoznawania słoików rocznych u drzew rosnących można go również wykorzystać do badania drewna konstrukcyjnego, desek czy tworzyw drzewnych (Wang i in., 2003). Jest także szeroko wykorzystywany do określenia wielkości rozkładu drewna wewnątrz pnia (Baridon i Suchocka, 2009).

Pewnym problemem w interpretacji wyników wynikających z zastosowania świdra przyrostowego i rezystografu jest specyficzna budowa drewna drzew rozpięzchłonacyniowych, u których słoje przyrostu nie zawsze dają się wyraźnie rozpoznać. Jednak wiele z tych gatunków wytwarza pod koniec okresu przyrostu więcej włókien niż naczyń i słoje są zauważalne (Zimmermann i Brown, 1981). Dodatkowym utrudnieniem w ocenie liczby słoików przyrostu są też pierścienie przyrostów, zanikające, częściowe i fałszywe (Fritts, 1998; Lorimer i in., 1999). Na przykład u bardzo starych oliwek europejskich braki słoików mogą sięgać kilkudziesięciu lat (Boratyński i in., 2020).

Pojawiają się obawy o uszkodzenia drzew w wyniku stosowania metod inwazyjnych. W przypadku świdra przyrostowego wydają się oczywiste ze względu na średnicę kanału. W przypadku rezystografu ich szkodliwość bywa przeceniana. Jak podają Weber i Mattheck (2006), zagrożenia ze strony nawiertów można porównać do wykonania biopsji w medycynie. Ci sami autorzy uważają, że obie techniki z wykorzystaniem urządzeń wierzących, używane w ograniczonym zakresie, nie są niebezpieczne dla drzewa. W związku z podwyższoną temperaturą w trakcie wiercenia rezystografem nie jest możliwe przeniesienie patogenu (np. strzępek pasożytniczego grzyba) na inne drzewa (Suchocka, 2012 za: Schwarze, 2008). Nadal jednak ze względu na obawy (Johnstone i in., 2007) zastosowanie metod inwazyjnych powinno być ograniczane, szczególnie w stosunku do drzew pomnikowych w parkach, na terenach zabytkowych i miejskich. Dlatego wskazane jest raczej stosowanie metod całkowicie nieinwazyjnych, takich jak: tabele wiekowe, modele wzrostu drzew, badania tomograficzne czy zastosowanie promieni rentgenowskich. W przypadku drzew najstarszych, ponadtysiącletnich, stosowana bywa metoda datowania przy pomocy izotopu węgla ^{14}C (Boratyński i in., 2020).

Modele matematyczne oceny wieku drzew często oparte są na regresji. Interesująca jest, zaproponowana przez Łukaszkiwicza (2010), metoda uwzględniająca pomiary pierśnicy i wysokości, a zapisana w postaci wykładniczego modelu regresji wielorakiej. Na trudności i ograniczenia w ocenie wieku na podstawie parametrów dendrometrycznych, w tym średnicy pnia, zwracał uwagę Łukaszkiwicz w kolejnej pracy (2013). Badając młode drzewa różnych gatunków, stwierdził, że można z dużym prawdopodobieństwem wyznaczyć wartość graniczną obwodu pierśnicowego, po przekroczeniu której oczekuje się, że drzewo osiągnęło wiek pierśnicowy powyżej 10 lat, co było potrzebne ze względu na ówczesne przepisy dotyczące usuwania drzew. Zależność wieku od pierśnicy w postaci funkcji wykładniczej wykazali u robinii akacjowej Węgiel z zespołem (2017). Tego rodzaju badania wymagają jednak bardzo rozbudowanej bazy wyjściowej. Nadal tabele wiekowe są

podstawowym sposobem określania wieku drzew w opracowaniach architektury krajobrazu (Łukaszkiwicz, 2010). Oceną wieku dojrzałych drzew na podstawie zmierzonego obwodu zajmował się np. White (1998), który, badając drzewa dwudziestu gatunków, w różnych lokalizacjach i siedliskach, stwierdził, że ich wiek można obliczyć głównie na podstawie powierzchni słoików rocznych w pniu, na podstawie prostego pomiaru obwodu.

Część I

Material i metody

Wybrane do badań lipy (*Tilia cordata* i *T. platyphyllos*) rosły swobodnie, w luźnych grupach lub w alejach o niedużym zwarciu, dzięki czemu zachowały stosunek średnicy korony do wysokości całego drzewa w granicach pomiędzy 1:2 a 2:1. Drzewa nie wykazywały widocznych objawów wewnętrznego rozkładu drewna, tj. nie występowały u nich dziuple, otwarte kanały ani głębokie próchniejące ubytki w dolnej części pnia, a posusz stanowił poniżej 20% objętości korony. Ich pierśnica nie przekraczała 75 cm (pomiar grubszych pni byłby niemożliwy ze względu na długość wiertła rezystografu, czyli 40 cm).

W celu wykazania, na ile tabela Majdeckiego jest przydatna dla szacowania wieku drzew rosnących w odmiennych siedliskach, wybrano drzewa rosnące w różnych miejscach. Kryterium doboru terenu badań były warunki siedliskowe. Każde miejsce reprezentowało zestaw charakterystycznych cech siedliskowych przypisywanych poszczególnym typom zieleni miejskiej:

1. Pas zieleni przyulicznej

Pas zieleni w postaci trawnika lub roślinności w misach w nawierzchni utwardzonej chodnika, w bezpośrednim sąsiedztwie jezdni drogi o kategorii gminnej lub wyższej w maksymalnej odległości 10 m od jej krawędzi. Cechy siedliska: wysokie wartości zasolenia podłoża, zapylenia i stężenia zanieczyszczeń pyłowych oraz gazowych pochodzących od komunikacji samochodowej. Teren badań: ulica Żwirki i Wigury, Andersa i Wybrzeże Gdyńskie (Warszawa).

2. Zieleń osiedlowa lub parkowa na dawnych terenach zabudowy miejskiej

Zieleń na osiedlach na gruncie rodzimym, mocno przekształconym na skutek zalegania pod powierzchnią gruzu, śmieci i innych pozostałości związanych z zabudową, wyburzaniem i stawianiem budynków oraz zmianą warunków wodno-gruntowych. Cechy siedliska: gleby zubożałe, antropogeniczne o niejednorodnej strukturze i zdekształtowanym profilu. Teren badań: Osiedle Potok (Warszawa).

3. Zieleń parkowa na terenach nieprzekształconych o warunkach zbliżonych do naturalnych

Zieleń zakładana na terenach wcześniej nieużytkowanych lub użytkowanych rolniczo. Cechy siedliska: gleby o profilu

nieprzekształconym lub przekształconym na skutek działalności rolniczej, o niezmiennych warunkach wodno-gruntowych i niezasolone. Teren badań: Park Skaryszewski, Kępa Potocka i łąka przy Lesie Bielańskim (Warszawa).

Badania drzew w siedliskach miejskich miały na celu wykazanie, jaka jest przydatność tabeli Majdeckiego w tych lokalizacjach. Tabela w założeniach była przeznaczona do określania wieku drzew parkowych.

Pierśnicę każdego drzewa mierzono dwukrotnie za pomocą średnicomierza (klupy) w kierunku NS i EW. Pomiar wieku (liczby przyrostów rocznych drzewa) wykonywano za pomocą rezystografu IML E400 o długości wiertła 40 cm na wysokości 100–130 cm od powierzchni gruntu. Wiercenia wykonywano dwukrotnie, pierwsze od strony północnej pnia, drugie od strony wschodniej. Wiertło było ustawiane tak, aby wiercenie odbywało się wzdłuż promienia przekroju pnia. Wiercenie wykonywano na głębokość otrzymaną przez dodanie do połowy zmierzonej wcześniej średnicy zapasu 5–10 cm (wartość dodana wynosiła około 20% zmierzonej średnicy pnia, z wyjątkiem drzew powyżej 70 cm średnicy, gdzie głębokość wiercenia była ograniczona długością wiertła). Otrzymano w ten sposób wykresy oporowe, które wykorzystano do identyfikacji pierścieni przyrostów rocznych. Przy zliczaniu pierścieni stosowano się do następujących zasad:

- Analizowano początkowy fragment wykresu o długości równej połowie zmierzonej, odpowiadającej mu pierśnicy (średnicy).
- Pierwszy centymetr pomiaru rejestrowany przez rezystograf stanowił pusty przebieg początkowy, dlatego nie brano go pod uwagę w obliczeniach głębokości.
- Poszczególne pierścienie identyfikowano na podstawie maksymalnych wartości oporu, wskazujących na występowanie warstwy drewna o większej gęstości, czyli drewna późnego, oraz wartości minimalnych występujących pomiędzy maksymalnymi.
- Stosunkowo niewielkie amplitudy zmian oporu pomiędzy sąsiadującymi ze sobą skrajnymi wartościami uznawano za wewnętrzsezonowe wahanie gęstości drewna lub efekt związany z pracą urządzenia pomiarowego.

- Przy analizie wykresów brano również pod uwagę duże prawdopodobieństwo występowania szerszych pierścieni w pobliżu rdzenia pnia.
- Zliczanie pierścieni rozpoczynano od pierwszego wyraźnego maksimum i kończono na ostatnim czytelnym, jednak położonym nie dalej niż w odległości równej połowie zmierzonej pierśnicy, licząc od początku wykresu.
- Na zdecydowanej większości wykresów oporowych występowały fragmenty, które nie pozwalały na bezpośrednie wnioskowanie, m.in. z powodu prawdopodobnego wiercenia stycznego (np. w pobliżu rdzenia), występowania zbyt wąskich pierścieni, zmian patologicznych lub innych nieznanymi czynników powodujących „spłaszczenie” wykresu, czyli zmniejszenie amplitudy zmian oporu.

W przypadku określania wieku drzewa na podstawie liczby słoików zaobserwowanych we fragmencie o określonej długości posługiwano się wzorem:

$$W = PS / (2a)$$

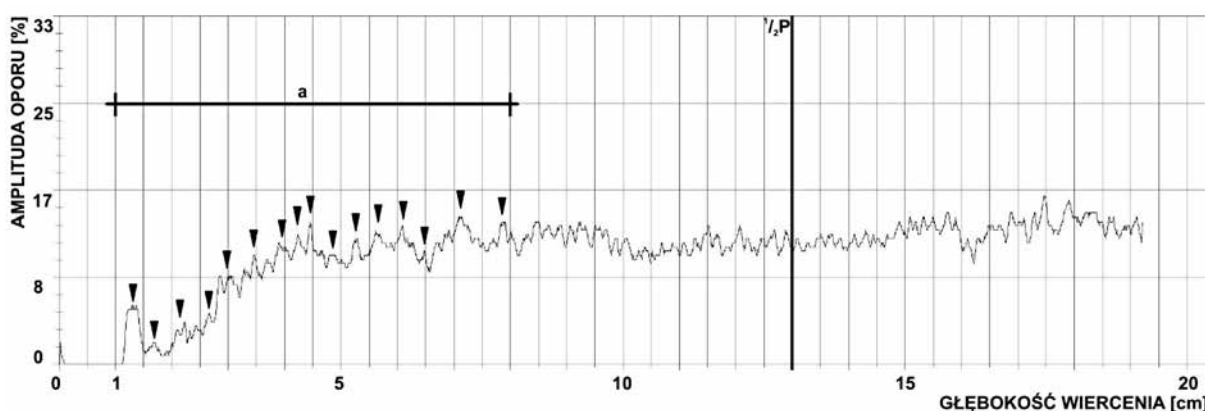
gdzie: W – wiek drzewa, P – wartość pierśnicy [cm], a – długość fragmentu pierśnicy, na którym policzono słoje przyrostu [cm], S – liczba policzonych słoików przyrostu.

Jeżeli dokonano wiercenia w obu kierunkach, NS oraz EW, obliczano oddzielnie wartości W_{NS} oraz W_{EW} i przyjmowano, że W stanowi wartość średnią, tzn.

$$W = (W_{NS} + W_{EW}) / 2$$

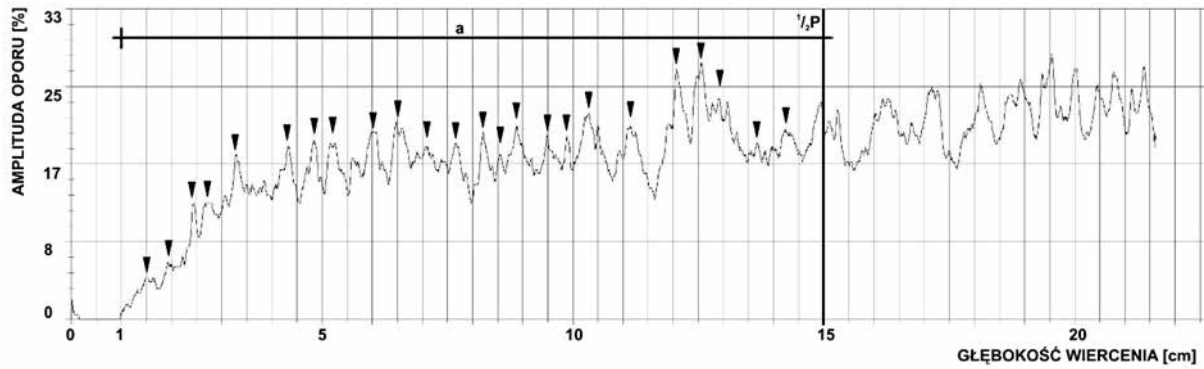
Wielkość W zasadniczo nie jest liczbą całkowitą, jednak w tabelach inwentaryzacyjnych jej nie zaokrąglano, aby nie tracić części informacji (zwłaszcza pod kątem krzywych wiekowych).

Na rysunkach (ryc. 3–8) przedstawiono przykładowe wykresy oporowe zebrane podczas badań wraz z ich interpretacją pod kątem liczby pierścieni przyrostowych, występowania fragmentów trudnych do identyfikacji oraz zmian patologicznych.



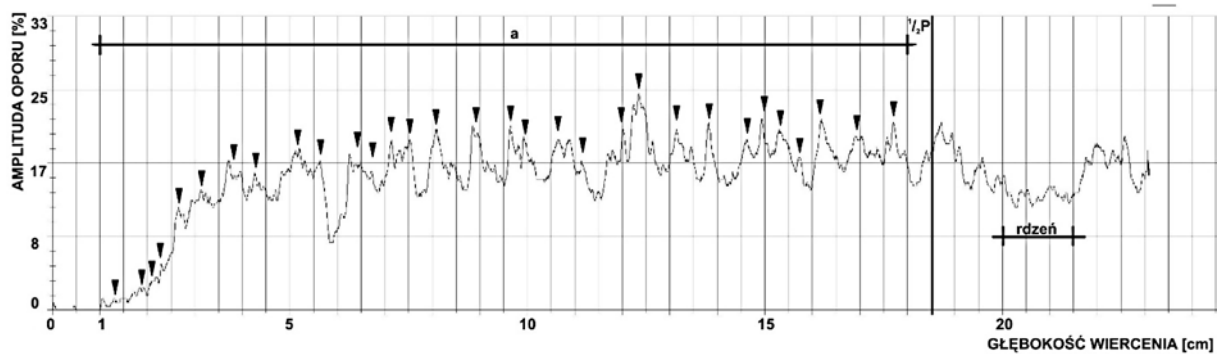
Ryc. 3. Identyfikację słoików przyrostu przeprowadzono jedynie na początkowym fragmencie wykresu, gdzie występowały wyraźne amplitudy. Fragment wykresu od 8 cm do $\frac{1}{2}$ pierśnicy wykazuje bardzo małe zróżnicowanie wartości, przez co zwiększa się ryzyko błędów przy bezpośrednim liczeniu (a – zidentyfikowany fragment [cm]; $\frac{1}{2}$ P – szacunkowy środek wykresu = $\frac{1}{2}$ pierśnicy; ▼ – zidentyfikowany słoik przyrostu (pomiar NS drzewa nr 12)

Fig. 3. The identification of growth rings was carried out only on the initial part of the graph, where distinct amplitudes were present. The fragment of the graph from 8 cm to $\frac{1}{2}$ diameter at breast height shows very small value variation, thereby increasing the risk of error in direct counting (a – identified fragment [cm]; $\frac{1}{2}$ P – estimated centre of the graph = $\frac{1}{2}$ breast height; ▼ – identified growth ring (NS measurement of tree no. 12)



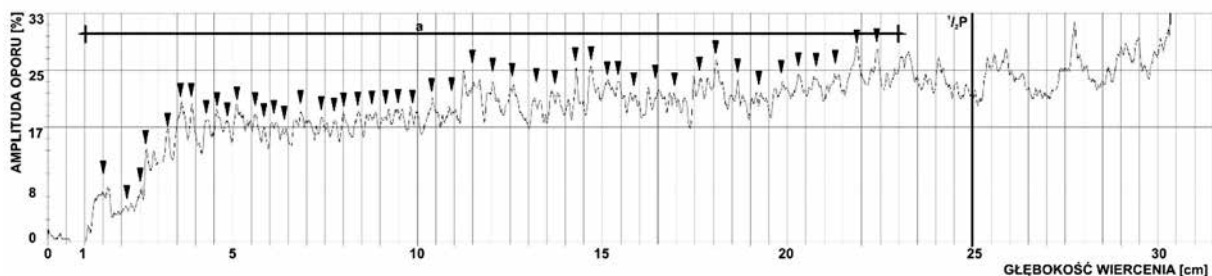
Ryc. 4. Identyfikacja słojów możliwa była na całym analizowanym odcinku dzięki wyraźnym amplitudom (oznaczenia jak na ryc. 3) (pomiar EW drzewa nr 11)

Fig. 4. The identification of tree rings was possible in the entire section thanks to clear amplitudes (EW measurement of of tree no. 11)



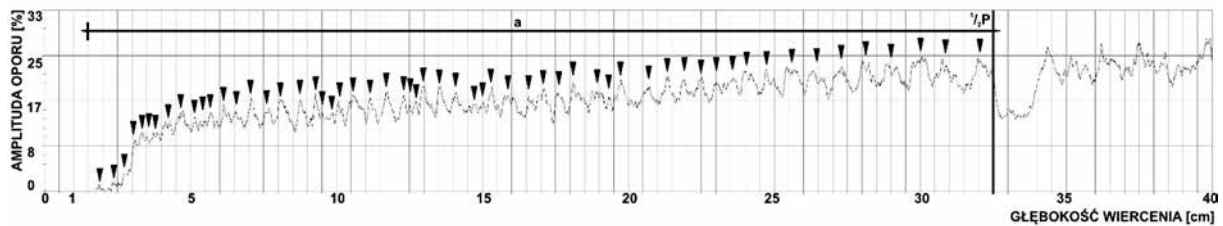
Ryc. 5. Przyjęta metoda analizy zakłada identyfikację słojów na odcinku wykresu równym $\frac{1}{2}$ pierśnicy drzewa, nawet jeśli na przekroju widoczny jest rdzeń drzewa (oznaczenia jak na ryc. 3) (pomiar EW drzewa nr 13)

Fig. 5. The adopted method of analysis assumes the identification of rings on a section of the graph equal to $\frac{1}{2}$ of the tree diameter at breast height, even if the tree core is visible in the cross-section (notations as in fig. 3) (EW measurement of tree no. 13)

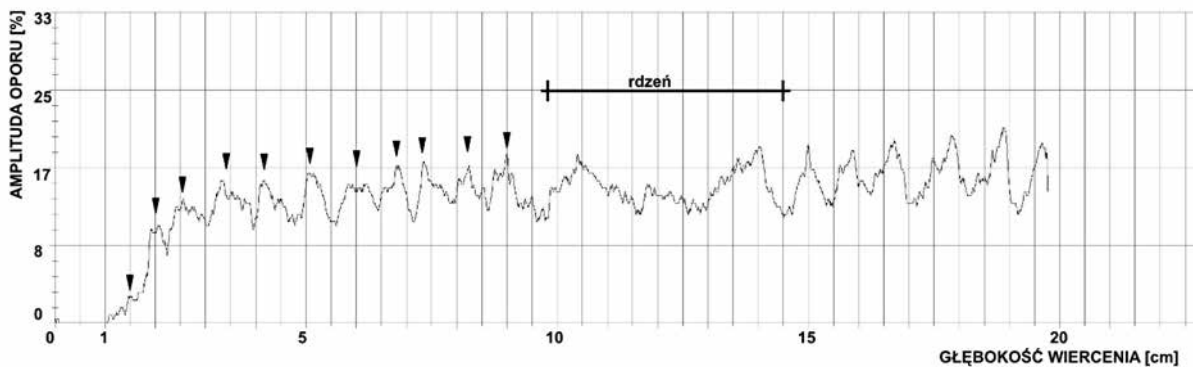
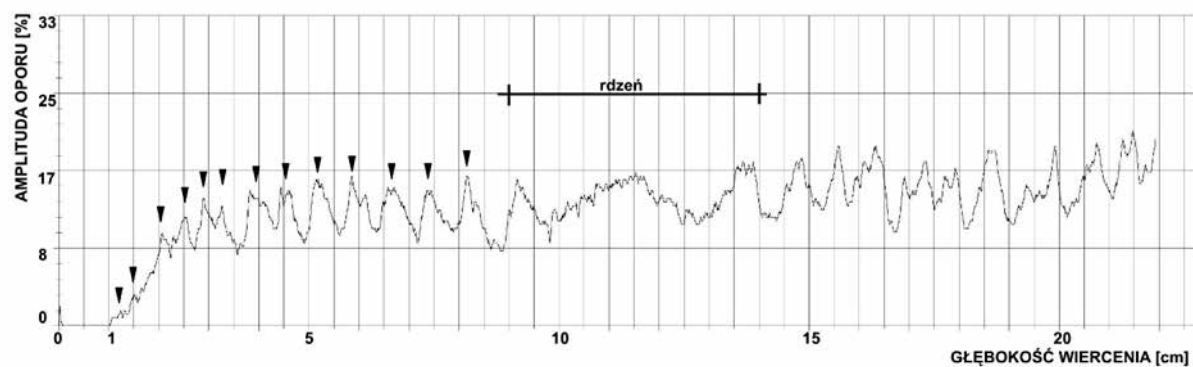


Ryc. 6. Pomimo występujących nieregularności amplitudy oporu wyraźnie widoczny jest wzrost wartości minimalnych oporu w miarę wzrostu głębokości wiercenia (oznaczenia jak na ryc. 3) (pomiar NS drzewa nr 42)

Fig. 6. Despite the irregularities in the resistance amplitude, the increase in the minimum resistance values is clearly visible with increasing drilling depth (notations as in fig. 3) (NS measurement of tree no. 42)



Ryc. 7. Wraz ze wzrostem głębokości wiercenia wzrasta również szerokość przyrostów rocznych (oznaczenia jak na ryc. 3) (pomiar EW drzewa nr 11)
 Fig. 7. Along with the increasing drilling depth, the width of annual growth rings also increases. (notations as in fig. 3) (EW measurement of tree no. 11)



Ryc. 8. Fragmenty wykresu w okolicy rdzenia nie podlegały analizie. Na skutek wiercenia stycznego do słoje przyrostu odczyty oporu drewna wczesnego i późnego zostały tu uśrednione, wykres uległ „spłaszczeniu”, co uniemożliwia identyfikację słoje (oznaczenia jak na ryc. 3) (pomiar EW – u góry i NS – u dołu drzewa nr 6)

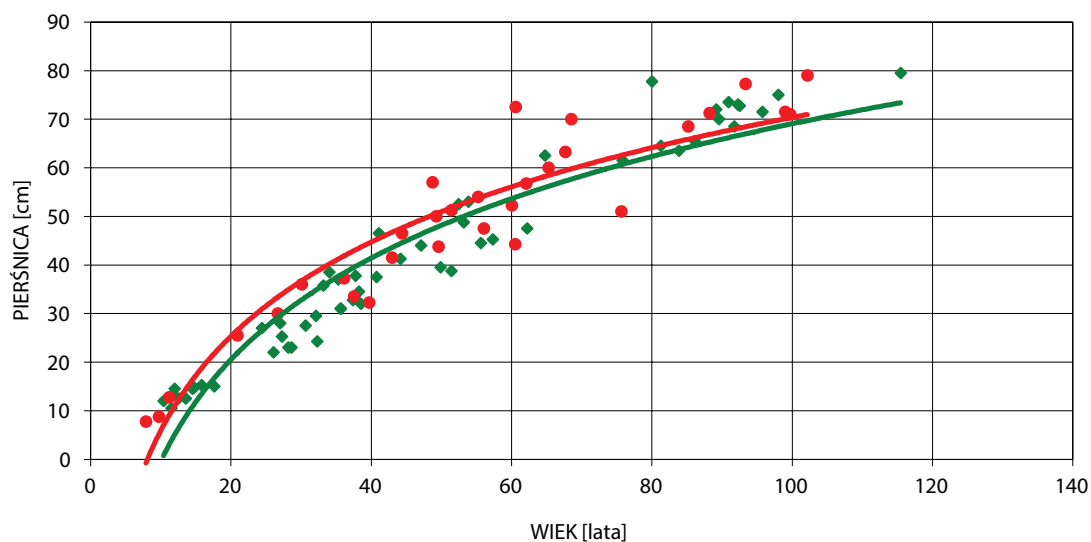
Fig. 8. Fragments of the graph near the core are not subject to analysis. Due to tangential drilling into the growth rings, the resistance readings of early and late wood have been averaged here, resulting in a “flattening” of the graph, making rings identification impossible (notations as in fig. 3) (EW measurement at the top, and NS at the bottom, tree no. 6)

Krzywe wiekowe wyznaczono dla sześciu grup zależnie od gatunku drzewa i typu siedliska. W grupach występowała różna liczba przypadków oraz różny zakres zmierzonych pierścieni z obu kierunków NS i EW (tab. 1). Mniejszą średnicę miały drzewa w zieleni przyulicznej oraz osiedlowej lub parkowej na dawnych terenach zabudowy miejskiej niż drzewa zieleni parkowej na terenach

nieprzekształconych (tab. 1). Dla każdej z grup wykonano analizę rozrzutu i aproksymowano ją funkcją logarytmiczną, której wykres stanowił krzywą przyrostową dla analizowanej grupy. Dla porównania otrzymanych wyników wykonano również krzywą wiekową wspólną dla obu gatunków lip na podstawie tabeli wiekowej opracowanej przez prof. Majdeckiego.

Tab. 1. Liczba badanych drzew w pierwszym etapie ze wskazaniem siedliska i zakresu pierśnic
 Tab. 1. Number of trees examined in the first stage with indication of habitat and range of diameter at breast height

Siedlisko <i>Habitat</i>	Gatunek <i>Species</i>	Zakres pierśnic <i>Range of diameter at breast height [cm]</i>	Liczba drzew <i>Number of trees</i>	Mediana / odchylenie standardowe <i>Median / standard deviation [cm]</i>
Pas zieleni przyulicznej <i>Roadside green strip</i>	<i>Tilia cordata</i>	15,00–42,25	47	27,00 / 7,79
	<i>T. platyphyllos</i>	13,75–37,00	21	23,50 / 6,07
Zieleń osiedlowa lub parkowa na dawnych terenach zabudowy miejskiej <i>Residential or park greenery on former urban development areas</i>	<i>T. cordata</i>	10,00–23,50	22	16,88 / 3,58
	<i>T. platyphyllos</i>	14,25–30,50	20	20,13 / 4,33
Zieleń parkowa na terenach nieprzekształconych o warunkach zbliżonych do naturalnych <i>Park greenery in areas that remain unchanged with conditions similar to natural ones</i>	<i>T. cordata</i>	12,00–79,50	55	37,75 / 21,01
	<i>T. platyphyllos</i>	7,75–77,25	31	51,00 / 19,61



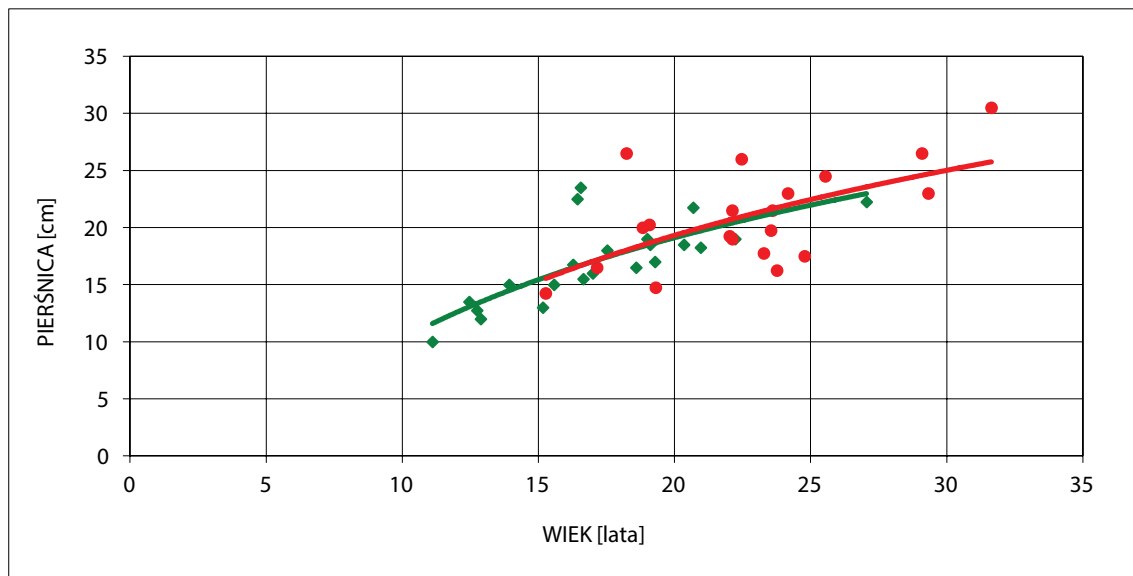
Ryc. 9. Krzywe wiekowe *Tilia cordata* (zielony, ♦) i *T. platyphyllos* (czerwony, ●) w zieleni parkowej na terenach nieprzekształconych o warunkach zbliżonych do naturalnych (grupa 3)

Fig. 9. Age curves for *Tilia cordata* (green, ♦) i *T. platyphyllos* (red, ●) in park greenery in areas that remain unchanged with conditions similar to natural ones (group 3)

Wyniki

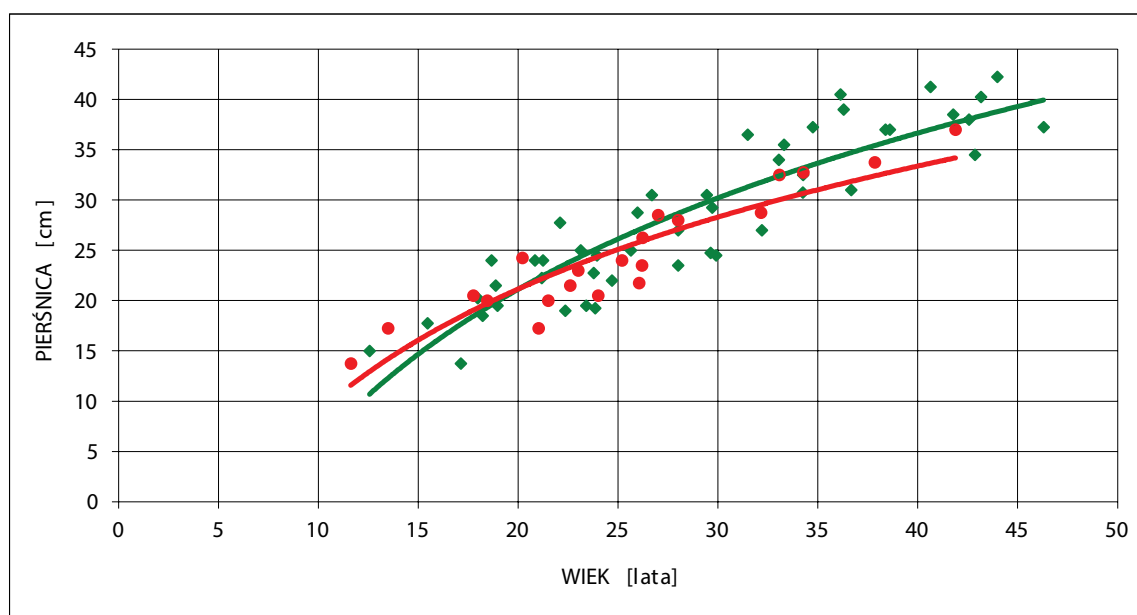
Najszybszy wzrost promieniowy pnia wykazywały egzemplarze lip obu gatunków rosnące w zieleni parkowej (grupa 3), przy czym choć przyrosty *Tilia platyphyllos* były większe niż *T. cordata*, różnice w tempie wzrostu są niewielkie

i wynoszą około 3–5 cm pierśnicy u drzew w tym samym wieku i zmniejszają się wraz z wiekiem drzew (ryc. 9). Najniższe tempo wzrostu promieniowego wykazały lipy w zieleni osiedlowej (grupa 2). W tym przypadku tempo wzrostu obu gatunków było niemal jednakowe, z niewielką przewagą *T. platyphyllos*, jednak w granicach błędu



Ryc. 10. Krzywe wiekowe *Tilia cordata* (zielony \blacklozenge) i *T. platyphyllos* (czerwony, \bullet) w zieleni osiedlowej lub parkowej na dawnych terenach zabudowy miejskiej (grupa 2)

Fig. 10. Age curves for *Tilia cordata* (green, \blacklozenge) i *T. platyphyllos* (red, \bullet) in residential or park greenery on former urban development areas (group 2)



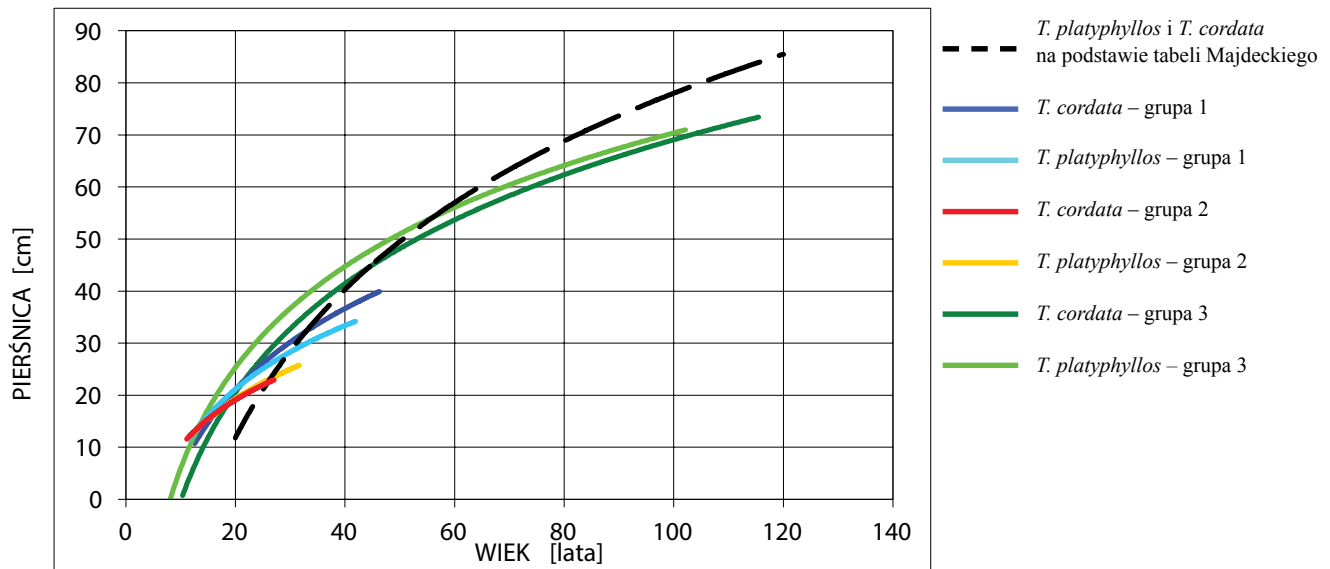
Ryc. 11. Krzywe wiekowe *Tilia cordata* (zielony \blacklozenge) i *T. platyphyllos* (czerwony \bullet) w pasie zieleni przyulicznej (grupa 1)

Fig. 11. Age curves for *Tilia cordata* (green, \blacklozenge) i *T. platyphyllos* (red, \bullet) in roadside green strip (group 1)

(różnica <1 cm pierśnicy) (ryc. 10). Z kolei lipy w pasie zieleni przyulicznej (grupa 1) rosły znacznie wolniej od lip tego samego gatunku w parkach, jednak szybciej niż drzewa z zieleni osiedlowej. Tu także tempo wzrostu było różne dla obu gatunków. W początkowym okresie wzrostu większą dynamikę wzrostu, podobnie jak w parku, wykazuje *T. platyphyllos*. Choć w wieku 20 lat pierśnice obu

drzew są równe, później coraz bardziej przeważa *T. cordata* (ryc. 11).

Różnice w długości krzywych wiekowych na wykresach wynikają z liczby analizowanych przypadków w badanych grupach. W przypadku drzew przyulicznych i osiedlowych nie znaleziono na terenach objętych badaniami drzew starszych niż odpowiednio 45 i 38 lat.



Ryc. 12. Krzywe wiekowe *Tilia cordata* i *T. platyphyllos* w różnych typach siedliska i porównanie z krzywą wiekową na podstawie tabeli Majdeckiego
 Fig. 12. Age curves for *Tilia cordata* and *T. platyphyllos* in various habitat types and comparison with the age curve based on Majdecki's table

U każdego z badanych drzew występowały różnice w ocenie wieku na podstawie pomiaru w kierunkach NS i EW, co świadczy o istnieniu błędów. Z braku innych przesłanek przyjmowano wartość średnią z obu pomiarów. W konsekwencji można określić błąd pomiaru jako połowę wspomnianej wyżej różnicy między pomiarami, czyli pomiędzy wartościami

wieku NS i wieku EW. W tab. 2 przedstawiono zestawienie niektórych przypadków, uszeregowanych rosnąco względem obliczonego średniego wieku. Wielkości różnic, choć można zauważyć wśród nich trend wzrostowy, nie są ściśle skorelowane ze wzrostem wartości średniego wieku. Nie są one także skorelowane z asymetrią pierśnicy (Chrapka, 2004).

Tab. 2. Zestawienie obliczeń wieku i błędu dla wybranych przypadków (Tc = *Tilia cordata*, Tp = *T. platyphyllos*)

Tab. 2. Summary of age calculations and error for selected cases (Tc = *Tilia cordata*, Tp = *T. platyphyllos*)

Nr drzewa Tree no.	Pierśnica Diameter at breast height (dbh) NS [cm]	Wiek NS Age: NS W_{NS} [lata/years]	Pierśnica Diameter at breast height (dbh) EW [cm]	Wiek EW Age: EW W_{EW} [lata/years]	Średnia pierśnica Average dbh [cm]	Średni wiek Average age [lata/years]	Błąd wieku Age error $ W_{NS} + W_{EW} /2$
VI.1 Tp	20,0	20,0	20,0	23,00	20,00	21,50	1,50
V.3 T.c	32,0	29,9	29,0	29,00	30,50	29,43	0,43
V.6 Tc	33,0	34,4	32,0	34,13	32,50	34,25	0,12
I.43 Tc	28,0	31,8	34,0	39,44	31,00	35,63	3,81
V.10 Tc	39,0	36,4	42,0	35,85	40,50	36,13	0,27
I.10 Tc	36,5	36,5	39,0	39,00	37,75	37,75	1,25
V.2 Tc	44,5	43,3	38,0	38,00	41,25	40,63	2,63
I.15 Tc	35,0	35,0	40,0	46,49	37,50	40,74	5,74
V.1 Tc	40,5	45,3	40,0	41,05	40,25	43,16	2,11
V.4 Tp	40,5	43,0	44,0	45,00	42,25	43,98	1,02
I.8 Tc	38,5	45,5	44,0	42,81	41,25	44,16	1,34
II.1 Tp	47,0	44,9	46,0	43,81	46,50	44,36	0,55
I.4 Tc	38,0	46,2	41,0	53,53	39,50	49,87	3,66
I.2 Tc	38,5	54,6	39,0	48,18	38,75	51,41	3,23
I.3 Tc	43,5	54,9	45,5	56,28	44,50	55,61	0,66
I.7 Tc	57,0	75,6	66,0	76,07	61,50	75,81	0,25
I.49 Tc	69,0	86,3	60,0	76,27	64,50	81,26	4,99
I.46 Tc	66,0	81,4	78,0	96,91	72,00	89,15	7,75
I.47 Tc	78,0	87,8	69,0	94,09	73,50	90,92	3,17
I.44 Tc	72,0	93,4	74,0	91,08	73,00	92,24	1,16
I.45 Tc	68,0	98,4	75,0	93,10	71,50	95,74	2,64
I.48 Tc	71,0	94,7	79,0	101,4	75,00	98,01	3,35

Część II

W drugiej części badań zdecydowano się na określenie wieku za pomocą rezystografu i świdra przyrostowego (Presslera). Celem było pokazanie, jak w przypadku pojedynczych pomiarów wiek obliczony na podstawie danych z rezystografu i świdra przyrostowego różni się od szacowanego na podstawie tabeli Majdeckiego.

Material i metody

Wybrano dwa gatunki, z których pierwszy, brzoza brodawkowata (*Betula pendula*) należy do liściastych rozpięchłonościowych, a drugi to reprezentująca drzewa iglaste (nagozalążkowe) sosna pospolita (*Pinus sylvestris*). Wybór został uzasadniony chęcią wskazania, jak sprawdza się tabela Majdeckiego dla innych gatunków niż lipy badane w pierwszej części. Ocenie poddano też, na ile zastosowane metody przydatne są do określania wieku drzew o odmiennej budowie anatomicznej drewna.

Drewno sosny ma zarówno biel, jak i twardziel, natomiast brzoza brodawkowata ma drewno beztwardzieliwe. U sosny słoje przyrostów są wyraźnie widoczne, co wynika z odmiennej budowy drewna wczesnego i późnego: drewno wczesne jest jaśniejsze i można je stosunkowo łatwo odróżnić od późnego (letniego), a tym samym wyznaczyć granicę między kolejnymi słojami przyrostu rocznego. Z kolei w drewnie brzozy komórki naczyń są rozłożone równomiernie w słojach w strefie drewna wczesnego i późnego, przez co odróżnienie poszczególnych słojów rocznych jest bardzo utrudnione. Dla obu gatunków wybrano po 30 sztuk drzew niewykazujących, według wizualnie przeprowadzonej oceny, oznak rozkładu pnia.

Ze względu na użycie świdra przyrostowego i obawy o uszkodzenie drzew analizowano egzemplarze rosnące pojedynczo, poza terenami parkowymi. Brzozy rosły w warszawskiej dzielnicy Wilanów, na terenie osiedla Błonia Wilanowskie. Drzewa rosną tam swobodnie we względnie naturalnym siedlisku; są to samosiewy. Z kolei sosny rosły w dużej rozstawie na otwartym terenie poza lasem we wsi Wymój na terenie gminy Stawiguda, w powiecie olsztyńskim. Zróżnicowany wybór miejsc wzrostu drzew wynikał z tego, że nie znamy siedlisk, w których prof. Longin Majdecki dokonywał swoich obserwacji, zatem wybrane drzewa mogły rosnąć w różnych miejscach, na różnych siedliskach i w różnych rejonach.

Drzewa nawiercano rezystografem w kierunku północ-południe prostopadle do osi pnia, na wysokości 1,3 m. Pomiar przeprowadzony był na głębokość równą średnicy pnia. Na podstawie uzyskanych krzywych oporowych określano wiek drzew. Ze względu na mniejsze pierśnice drzew nie stosowano metody uśredniania liczby przyrostów według wzoru z części pierwszej. Mniejsze pierśnice pozwalały na bezpośrednie liczenie przyrostów na całej długości nawierci aż do rdzenia pnia. Nie brano pod uwagę nawierci, w których obraz był nieczytelny. Oszacowany w ten sposób wiek drzew porównywano z uzyskanym na podstawie tabeli wiekowej Majdeckiego.

W celu rzetelnego porównania wyników pomiarów otrzymanych z wykorzystaniem świdra Presslera z pomiarami wykonanymi rezystografem zdecydowano, że pomiar świdrem zostanie przeprowadzony w miejscu najbliższym tego, w którym wprowadzano wiertło rezystografu. Rurka świdra przyrostowego, podobnie jak w przypadku wiertła rezystografu, była wprowadzana w pień na głębokość równą jego średnicy.

Wywierki ze świdra, oznaczone co do kierunku, zawiązano w ligninę i umieszczano w pudełku. W celu uniknięcia błędów wynikających z niedokładnie promieniowego kierunku nawierci analizowano tylko te wykresy rezystograficzne i wywierki świdra przyrostowego, które przechodziły przez rdzeń pnia.

Wyniki

Dzięki zmianom oporu wiertła rezystografu możliwe jest oszacowanie wieku badanego drzewa i określenie stopnia rozkładu drewna wewnątrz pnia. W analizie wykresów niezwykle istotną jest odpowiednia interpretacja. Poszczególne przyrosty roczne możliwe są do zinterpretowania na wykresie oporowym dzięki występowaniu na przemian w słojach rocznych strefy drewna wczesnego i późnego. Drewno wczesne charakteryzujące się mniejszą gęstością stawia mniejszy opór podczas wiercenia, co na krzywej oporowej jest odczytywane jako wartości minimalne. Gdy wiertło rezystografu przechodzi przez strefę drewna późnego (cechującego się większą gęstością niż wczesne) rejestrowany jest większy opór, a co za tym idzie rośnie natężenie prądu. Na wykresie oporowym strefa drewna późnego jest zapisywana w postaci maksymalnych wartości.

Stosunkowo wysokie wartości oporu w czasie wiercenia wskazują na prawidłową budowę drewna, natomiast gdy odczyt jest niski, oznacza to mniejszą gęstość drewna i niższy opór wiercenia i należy się spodziewać procesów rozkładu (Costello i Quarles, 1999).

Gdy wiertło przechodzi przez strefę rdzenia, która znajduje się mniej więcej w środku wykresu, zauważyć można nagły spadek wartości oporu. Niestety, nie zawsze strefa rdzenia jest widoczna na wykresie oporowym, gdyż nie w każdym przypadku rdzeń zlokalizowany jest w centralnej części przekroju poprzecznego pnia i nie zawsze też wiertło posuwa się idealnie w kierunku promieniowym (ryc. 13 i 14).

Oceny przyrostów na wykresach oporowych dokonano jak w części pierwszej. Szacowanie liczby słojów przyrostów w wywierkach pobranych świdrem Presslera polegało na zliczaniu widocznych przyrostów. Granica pomiędzy poszczególnymi przyrostami rocznymi przejawiała się u sosny w postaci ciemnej strefy drewna późnego oraz następującego po niej jaśniejszego drewna wczesnego. U brzozy pojawiły się problemy z odczytaniem granicy między przyrostami.

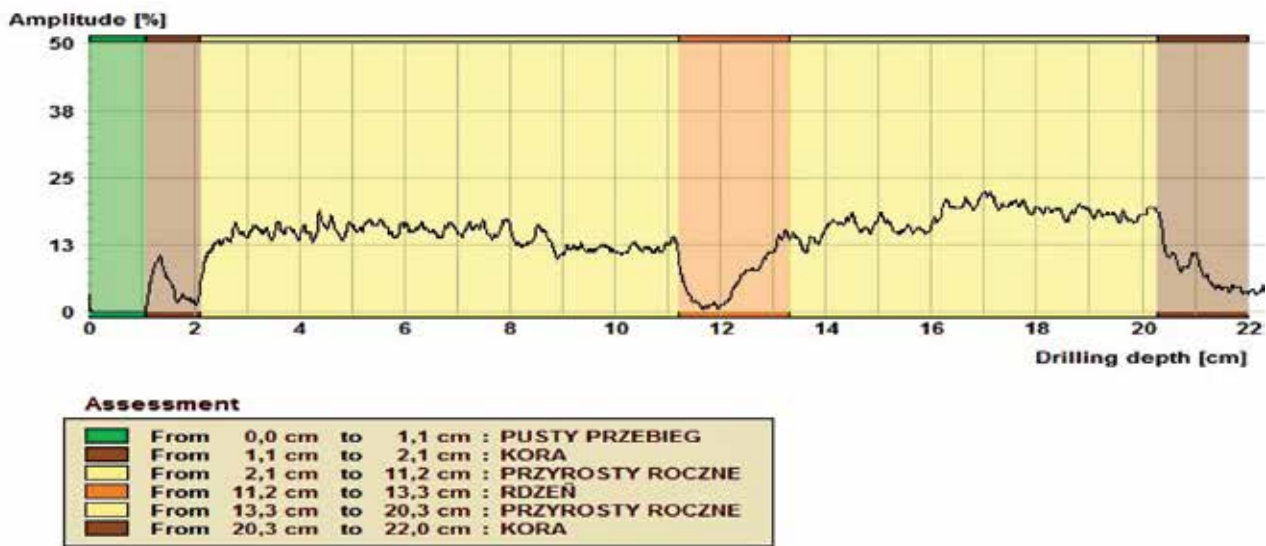
Jeśli świder przeszedł przez rdzeń pnia, na wyciągniętej próbce (wywierku) widać było w tym miejscu brązowe przebarwienie, natomiast gdy rdzeń został ominięty, dodawano do liczby słojów oszacowaną brakującą ich liczbę (szacunek na podstawie pięciu słojów poprzednich).

Wyniki badań zostały stabelaryzowane (tab. 3 i 4). Wartości ujemne oznaczają wyniki, dla których wiek wg tabeli Majdeckiego jest niedoszacowany względem rezystografu.

Wiek badanych brzoź określony na podstawie tabeli wiekowej mieścił się w przedziale 15–48 lat, a oszacowany na podstawie krzywych oporowych w zakresie 16–51 lat. W 18 przypadkach wiek brzoź według tabeli Majdeckiego był niedoszacowany względem ocenianego na podstawie pomiarów rezystografem, w dziewięciu przeszacowany, w pozostałych trzech równy. Różnice w ocenie wieku wynosiły zasadniczo do 5 lat, w jednym przypadku różnica wyniosła 10 lat (tab. 3), a średnia różnicy to 2,9, przy odchyleniu standardowym 2,2. Przy stosunkowo młodym wieku brzoź te różnice są znaczne, co szczególnie uwidocznia się w niektórych konkretnych przypadkach.

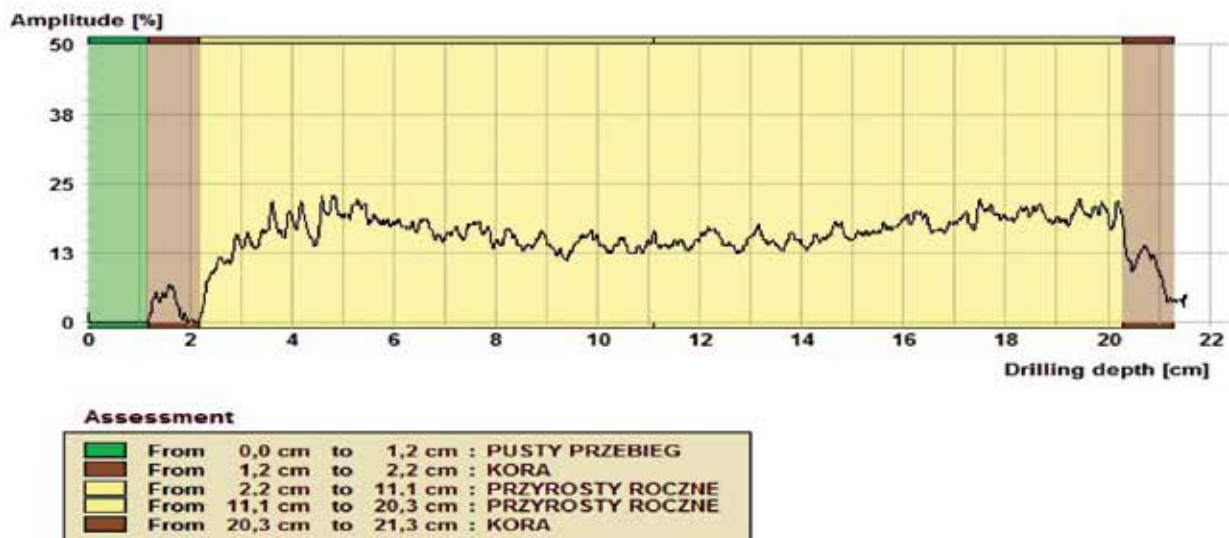
Wiek sosen według tabeli Majdeckiego zawierał się w przedziale 34–50 lat, wynikający z liczby słoików rocznych z wykresów oporowych rezystografu 25–44 lata, a z próbek pobranych świdrem Presslera 33–45 lat (tab. 4). Średnia różnic w ocenie wieku sosen przy użyciu świdra przyrostowego i z tabeli Majdeckiego wynosiła 4,1 roku, przy odchyleniu standardowym 3,5. Różnice te są duże, co wskazuje na znaczny rozrzut w ocenie wieku, szczególnie, że badane były drzewa stosunkowo młode. W 20 przypadkach wiek oceniany według tabeli Majdeckiego przekraczał wiek ustalony na podstawie odwiertów z pni, w trzech był równy, w pozostałych mniejszy. Różnice zawierały się w granicach od 0 do 11 lat (tab. 4).

Oszacowany na podstawie tabel Majdeckiego wiek sosen w 27 przypadkach przekraczał liczbę lat odczytaną



Ryc. 13. Wykres oporowy dla *Betula pendula* z widoczną strefą rdzenia (drzewo nr 16)

Fig. 13. Resistance chart for *Betula pendula* with the core zone visible (tree no. 16)



Ryc. 14. Wykres oporowy dla *Betula pendula*, na którym trudno zlokalizować rdzeń

Fig. 14. Resistance chart for *Betula pendula*, on which it is difficult to locate the core

Tab. 3. Dane pomiarowe dla *Betula pendula* oraz wiek drzew odczytany z tabeli i wykresów oporowych rezystografuTab. 3. Measurement data for *Betula pendula* and tree age based on the age table and resistance charts

Nr drzewa Tree no.	Obwód pnia Trunk circumference [cm]	Pierśnica Diameter at breast height (dbh) [cm]	Wiek wg tabeli Majdeckiego Age according to Majdecki's table AMT	Wiek (rezystograf) Age (resistograph) AR	AMT-AR
B1	122	39	46	41	5
B2	126	40	48	41	7
B3	120	38	45	40	5
B4	58	18	17	20	-3
B5	117	37	44	45	-1
B6	126	40	48	51	-3
B7	118	38	45	42	3
B8	118	38	45	40	5
B9	51	16	15	18	-3
B10	79	25	25	23	2
B11	63	20	18	16	2
B12	63	20	18	20	-2
B13	68	22	20	20	0
B14	58	18	17	22	-5
B15	65	21	19	20	-1
B16	73	23	22	24	-2
B17	77	25	24	22	2
B18	70	22	20	20	0
B19	69	22	20	21	-1
B20	60	19	17	17	0
B21	68	22	20	23	-3
B22	71	23	21	24	-3
B23	79	25	25	24	1
B24	91	29	32	35	-3
B25	83	26	27	37	-10
B26	67	21	19	20	-1
B27	60	19	17	18	-1
B28	63	20	18	22	-4
B29	66	21	19	24	-5
B30	80	25	26	30	-4

Tab. 4. Dane pomiarowe dla *Pinus sylvestris* oraz wiek drzew odczytany z tabeli, wykresów oporowych i próbek pobranych świdrem przyrostowymTab. 4. Measurement data for *Pinus sylvestris* and tree age based on the age table, resistance charts and samples taken with an increment borer

Nr drzewa Tree no.	Obwód pnia Trunk circumference [cm]	Pierśnica Diameter at breast height (dbh) [cm]	Wiek wg tabeli Majdeckiego Age according to Majdecki's table AMT	Wiek (rezystograf) Age (resistograph) AR	Wiek (świder Presslera) Age (increment borer) APD	AMT-AR	AMT-APD
S1	69	22	35	26	33	11	2
S2	80	25	40	32	36	8	4
S3	78	25	40	25	40	15	0
S4	84	27	42	35	41	7	1
S5	77	25	40	25	40	15	0
S6	68	22	35	25	40	10	-5
S7	90	29	44	38	45	6	-1
S8	97	31	47	38	39	9	8
S9	77	25	40	34	41	6	-1
S10	99	32	48	43	41	5	7
S11	83	26	42	35	43	7	-1
S12	96	31	47	41	44	6	3
S13	89	28	44	43	44	1	0
S14	104	33	50	41	42	9	8
S15	97	31	47	40	38	7	9
S16	76	24	39	39	42	0	-3
S17	73	23	37	33	35	4	2
S18	67	21	34	38	39	-4	-5
S19	102	32	49	44	38	5	11
S20	81	26	41	42	36	-1	5
S21	104	33	50	36	40	14	10
S22	85	27	42	36	40	6	2
S23	74	24	38	31	39	7	-1
S24	77	25	40	34	36	6	4
S25	99	32	48	32	39	16	9
S26	94	30	46	37	36	9	10
S27	87	28	43	34	41	9	2
S28	80	25	40	31	39	9	1
S29	92	29	45	35	39	10	6
S30	81	26	41	29	40	12	1

z wykresów oporowych rezystografu, w dwóch był mniejszy, w jednym taki sam. Różnice w ocenie wieku wahały się od 0 do 16 lat, przy średniej 7,8 roku i odchyleniu standardowym 4,0. Różnice te są po raz kolejny należy uznać za znaczne, zwłaszcza w sytuacji, że badane były drzewa stosunkowo młode.

Liczba słoików odczytanych z wykresów oporowych rezystografu była w 25 przypadkach mniejsza od liczby słoików policzonych na odwiertach z pni. Może się to wiązać z niejednoznacznym obrazem krzywej oporowej, a co za tym idzie – występowaniem ewentualnych błędów w interpretacji wykresów rezystograficznych. Liczenie przyrostów rocznych w próbkach z nawierceń świdrem przyrostowym nie rodziło tego typu problemów.

Analiza wieku sosen według tabeli wiekowej Majdeckiego, wykresów oporowych i odczytów z próbek pni wykazała, że najbliższe tabelom Majdeckiego są wyniki pochodzące z pomiarów przeprowadzonych świdrem Presslera (tab. 4).

Dla porównania metod zestawiono krzywe oporowe z obrazem zeskanowanych rdzeni pobranych z wnętrza pni. W przypadku sosny pospolitej można zauważyć rzeczywiste powiązanie między maksymalnymi wartościami wykresu rezystograficznego, które były interpretowane jako kolejne słoje z poszczególnymi przyrostami rocznymi widocznymi na próbce drewna uzyskanej dzięki świdrowi Presslera.

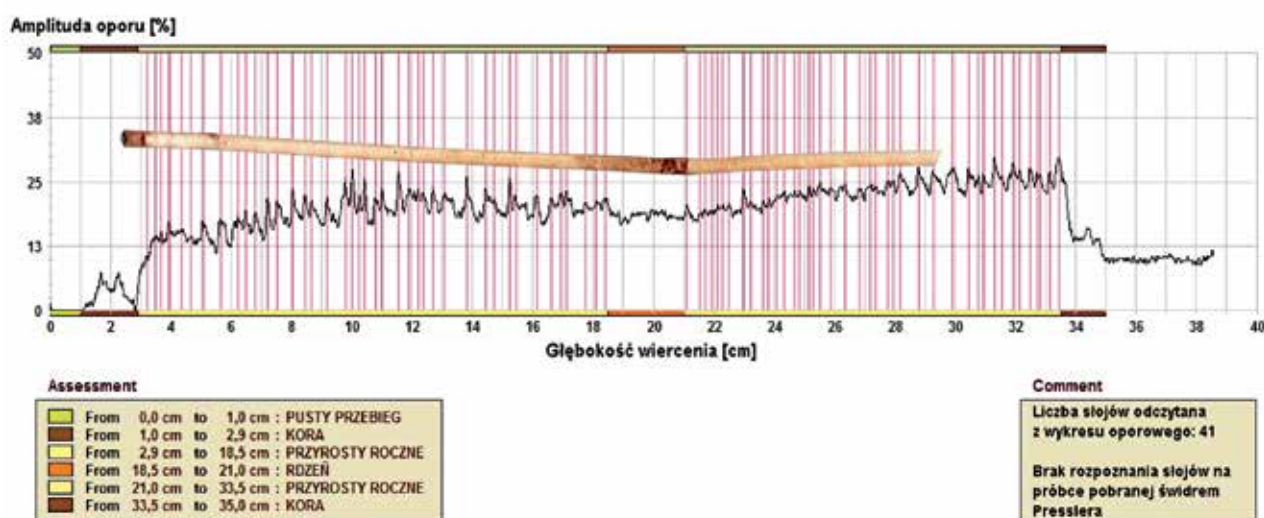
U brzozy brodawkowatej odczytanie słoików rocznych z wywiertków okazało się niemożliwe ze względu na brak wyraźnej granicy między nimi. W zidentyfikowaniu przyrostów nie pomogło szlifowanie wywiertków. Zatem graficzne

porównanie wykresów oporowych z zeskanowanymi próbkami drewna brzozy polegało jedynie na dopasowaniu strefy rdzenia, która jako jedyna była możliwa do wyróżnienia (ryc. 15–16) (Deja, 2011).

W przypadku brzozy, co ciekawe, porównanie danych z pomiarów rezystografem i danych o wieku z tabeli Majdeckiego dla tych samych drzew (test Wilcoxon dla danych zależnych) wykazało, że grupy tych danych (tab. 3) nie różnią się statystycznie; są one ponadto silnie skorelowane ($R^2=0,9$). Z kolei sprawdzenie, czy w przypadku sosny trzy grupy danych różnią się statystycznie (parami, test Wilcoxon dla danych zależnych: wiek wg tabeli Majdeckiego, wiek wg rezystografu i wiek wg świdra Presslera, patrz tab. 4), wykazało, że wszystkie one różnią się znacząco, są one także słabo lub bardzo słabo skorelowane między sobą, co mogłoby wskazywać na słaby związek między tymi trzema grupami pomiarów lub odczytów, a więc wynik zupełnie inny niż zależności stwierdzone u brzozy.

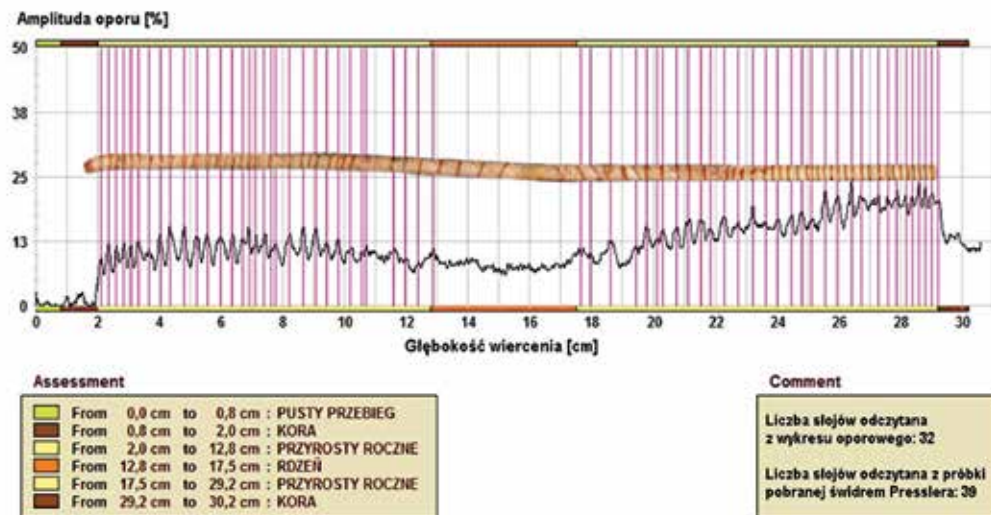
Podsumowanie

Tabela prof. Majdeckiego została opublikowana między innymi w najnowszym wydaniu „Ochrony i konserwacji zabytkowych założen ogrodowych” (Majdecki i Majdecka-Strzeżek, 2019), znalazła też zastosowanie w licznych analizach wieku drzew parkowych. Użyto jej do wyznaczania współczynników przyrostowych w metodzie wyceny drzew (Borowski i Pstrągowska, 2009). Współczynniki te stały się istotną częścią nowatorskiej metody wyceny drzew rosnących poza lasami opartej na wartości odtworzeniowej drzewa (Szczepanowska, 2009).



Ryc. 15. Graficzne porównanie liczby słoików odczytanych na wykresie oporowym z próbką pobraną świdrem Presslera, na której widoczna jest jedynie strefa rdzenia (brzoza, drzewo nr B2)

Fig. 15. Graphic comparison of the number of rings read on the resistance chart with a sample taken with in increment borer, where only the core zone is visible (birch, tree no. B2)



Rys. 16. Graficzne porównanie liczby słoików odczytanych na wykresie oporowym z obrazem przyrostów na próbce pobranej świdrem Presslera (sosna, drzewo nr S25)

Fig. 16. Graphic comparison of the number of rings read on the resistance chart with the image of growth rings on a sample taken with an increment borer (Scots pine, tree no. S25)

Różnice w przebiegu krzywych wzrostowych lip wynikają z cech osobniczych, wpływu warunków środowiska i ze sposobu zbierania oraz analizowania danych wiekowych. Najwyższy wzrost promieniowy wykazywały lipy rosnące w warunkach zbliżonych do naturalnych, czyli na terenach parkowych, a najniższe tempo – egzemplarze obu gatunków lip na terenach osiedlowych. Drzewa rosnące w pasach zieleni przyulicznej znalazły się pomiędzy obu wcześniej wymienionymi. Spodziewano się, że drzewa rosnące na terenach osiedlowych będą miały większe roczne przyrosty od drzew przyulicznych, rosnących w wyjątkowo niekorzystnych warunkach siedliskowych (Szczepanowska, 2001; Borowski, 2008), jednak otrzymane wyniki mogą wskazywać na to, że czynniki siedliskowe lub sposób uprawy drzew na osiedlach mieszkaniowych są dla lip mniej korzystne, niż zakładano.

Przebieg zbiorczej krzywej wiekowej lip jest bardzo zbliżony do uzyskanej na podstawie danych pochodzących z tabeli Majdeckiego. Analogiczne podobieństwo, w przypadku robinii akacjowej, wykazali też Węgiel i współautorzy (2017). Wskazuje to pośrednio na rzetelność opracowania tabeli Majdeckiego. Niestety, statystyczne porównanie wieku drzew ocenianego na podstawie pomiarów z tabelą Majdeckiego jest, ze względu na brak wyjściowych danych do tabeli, niemożliwe. Krzywe wiekowe lip rosnących w warunkach miejskich (zielen osiedlowa i przyuliczna) są wyraźnie odmienne od krzywej otrzymanej na podstawie tabeli Majdeckiego. Dlatego w przypadku siedlisk miejskich stosowanie tabeli może prowadzić do znacznego zawyżenia szacowanego wieku drzew.

Druga część badań dotyczyła pomiarów wieku otrzymanych z użyciem rezystografu i świdra przyrostowego. Oceniano w niej drzewa młode (brzoza brodawkowata i sosna pospolita). Wybrano bezpośrednie porównanie wieku po-

jedynczych egzemplarzy (nie krzywej) i wykazano różnice względem danych wiekowych pochodzących z tabeli Majdeckiego. Dla pojedynczych brzoź i sosen wiek szacowany z wykresów oporowych odbiegał w wielu przypadkach od oszacowanego przy pomocy tabeli Majdeckiego.

Na wyniki badań rezystograficznych i uzyskanych przy użyciu świdra przyrostowego mogły mieć wpływ czynniki związane ze specyfiką metody pomiarowej. W obu przypadkach możliwe było pominięcie niektórych wąskich pierścieni przyrostów. Zdarza się to szczególnie u drzew starszych, u których w strefie brzegowej pnia można spodziewać się pierścieni bardzo cienkich, a także u drzew rosnących w niekorzystnych warunkach siedliskowych, u których częste są pierścienie zanikające lub ich brak. Otrzymane wyniki nie są zatem wolne od błędów. Krzywe wiekowe przedstawiają bliską rzeczywistej dynamikę wzrostu lip *Tilia cordata* i *T. platyphyllos* i mogą stanowić podstawę do szacowania ich wieku. Należy zaznaczyć, że nie ma realnie innej metody oceny rzeczywistego wieku żyjących drzew niż zastosowane w badaniach.

Pozostaje pytanie, czy i na ile tabela Majdeckiego jest dokładna i czy można ją stosować do oceny wieku drzew parkowych? Jak zaznaczył sam autor, dla potrzeb rewalizacji drzewostan parkowy można podzielić na przedziały wiekowe o równych interwałach, na przykład 25, a nawet 50-letnich. Podział ten może być również nierównomierny, dostosowany do historycznych etapów rozwoju kompozycji parkowej (Majdecki, 1993). Tak więc oczywista zgrubność metody i jej dokładność znajduje zastosowanie w tych szerokich przedziałach.

Ponieważ przebieg krzywych wiekowych lip był zbliżony do krzywej uzyskanej na podstawie tabeli Majdeckiego, a badania pojedynczych drzew wykazały istotne różnice w ocenie ich wieku, można wyciągnąć ogólny wniosek.

Tabela Majdeckiego (przynajmniej dla badanych gatunków) jest dla dużego zbioru danych opracowana rzetelnie, natomiast w przypadku analizy wieku pojedynczych drzew istnieją nawet znaczne różnice względem wieku rzeczywistego. W efekcie dla potrzeb rewaloryzacji parku tabela Majdeckiego jest bez wątpienia przydatna, z zachowaniem jednak uwag i świadomości co do jej ograniczeń.

Podjęmowane są próby opracowania metod oceny wieku na podstawie zależności od pierśnicy i wysokości w postaci wykładniczego modelu regresji wielorakiej oraz wieku zależnie od pierśnicy w postaci funkcji wykładniczej (Łukaszkiwicz, 2010; Węgiel i in., 2017). Jednak metody te, jak na razie, ograniczają się do pojedynczych gatunków. W praktyce architekci krajobrazu nadal posługują się tabelą Majdeckiego, w której liczba gatunków, bądź tylko rodzajów, jest znacznie większa.

Wnioski

Tabela szacowania wieku drzew opracowana przez prof. Longina Majdeckiego jest przydatna dla oceny wieku drzew w parkach, jednak szacowanie wieku pojedynczych egzemplarzy na jej podstawie może być obciążone znacznym błędem.

Ze względu na zmienność osobniczą drzew i różne warunki siedliskowe, w których rosną, tabela znajduje zastosowanie szczególnie w opracowaniach rewaloryzacyjnych parków, gdzie wyznaczone przedziały wiekowe drzew są stosunkowo szerokie.

Ocena wieku na podstawie tabeli może być podstawą do starań o objęcie pojedynczych drzew i całych kompleksów różnymi formami ochrony.

Z punktu widzenia praktyki konserwatorskiej należy dążyć do opracowania metod szacowania wieku drzew parkowych z uwzględnieniem dużej liczby gatunków i licznych i dobrze rozpoznanych próbach. Warto spróbować oprzeć szacowanie nie tylko na pierśnicy drzew, ale również innych parametrach, na przykład wysokości czy wielkości korony.

Podziękowania

Autorzy serdecznie dziękują Pani Dr Annie Majdeckiej-Strzeżek za udostępnienie materiałów do artykułu, a Panom Łukaszowi Wnękowi i Wojciechowi Dei za pomoc w przeprowadzeniu badań.

Literatura

Baniukiewicz E. 1974. Określanie wieku drzew. *Rocznik Dendrologiczny* 28:141–146.
 Baridon D, Suchocka M. 2009. Wizualna metoda oceny statyki drzew. Co ma wpływ na statykę drzewa i jak rozpoznać zagrożenie? *Administrator* 2009(2):16–19.
 Boratyński A, Boratyńska K, Borkowski K. 2020. Oliwka europejska (*Olea europaea*) – najdłużej żyjący organizm w śródziemnomorskiej Europie. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 68:11–33.
 Borowski J. 2008. Wzrost rodzimych gatunków drzew przy

ulicach Warszawy. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
 Borowski J. 2013. Rola dendrologa w rewaloryzacji historycznych założeń ogrodowych. W: *Rewitalizacja parków jako przywracanie ciągłości dziedzictwa kulturowego*, 6 Wiosenna Wystawa Szkółkarska Mazowiecka Zieleń – jakość i asortyment: Konferencja Jasieniec, 28 lutego – 1 marca 2013. Mazowiecka Zieleń, 7–9.
 Borowski J, Pstrągowska M. 2009. Lista gatunków i wyznaczenie współczynników gatunkowych i przyrostowych wykorzystywanych w metodzie wyceny drzew. Warszawa: IGPIM.
 Bruchwald A. 1995. *Dendrometria*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
 Chrapka M. 2004. Krzywe wiekowe lip *Tilia cordata* i *Tilia platyphyllos* rosnących w różnych warunkach miejscowych uzyskane za pomocą rezystografu. Warszawa: SGGW, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu [maszynopis pracy magisterskiej].
 Costello LR, Quarles SL. 1999. Detection of wood decay in blue gum and elm: an evaluation of the resistograph and the portable drill. *Journal of Arboriculture* 25(6):311–318.
 Deja M. 2011. Ocena wieku wybranych gatunków drzew na podstawie pomiarów wykonanych rezystografem i świdrem Presslera. Warszawa: SGGW, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu [maszynopis pracy magisterskiej].
 Fritts HC. 1998. *Tales trees tell. Story 3: A year in the life of a pine tree*. Tucson: DendroPower Press.
 Grissino-Mayer HD. 2003. A manual and tutorial for the proper use of an increment borer. *Tree-Ring Research* 59(2):63–79.
 Johnstone DM, Ades PK, Moore GM, Smith IW. 2007. Predicting wood decay in eucalypts using an expert system and the IML-Resistograph drill. *Arboriculture & Urban Forestry* 33(2):76–82 DOI: 10.48044/jauf.2007.009.
 Lorimer CG, Dahir SE, Singer MT. 1999. Frequency of partial and missing rings in *Acer saccharum* in relation to canopy position and growth rate. *Plant Ecology* 143:189–202 DOI: 10.1023/A:1009847819158.
 Łukaszkiwicz J. 2010. Określanie wieku niektórych gatunków drzew ulicznych na podstawie wybranych parametrów dendrometrycznych. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 58:25–38.
 Łukaszkiwicz J. 2013. Szacowanie obwodów pni drzew 10-letnich na potrzeby zieleni miejskiej. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 61:87–95.
 Majdecka-Strzeżek A. 2008. Analiza wiekowa drzewostanu. *Zieleń Miejska* 2:10–11.
 Majdecki L. 1964–1966. *Rejestr ogrodów polskich*. T. 1–5. Warszawa: PWN.
 Majdecki L. 1980–1986. *Tabela wiekowa drzew*. Warszawa: Oddział Architektury Krajobrazu SGGW [maszynopis].
 Majdecki L. 1993. *Ochrona i konserwacja zabytkowych założeń ogrodowych*. Warszawa: PWN.
 Majdecki L. 2007. *Historia ogrodów*. T. 1. Warszawa: PWN.
 Majdecki L, Majdecka-Strzeżek A. 2019. *Ochrona i konserwacja zabytkowych założeń ogrodowych*. Warszawa: PWN.

- Pacyniak 1992. Najstarsze drzewa w Polsce. Przewodnik. Warszawa: Wydawnictwo PTTK „Kraj”.
- Pressler MR. 1866. Der forstliche Zuwachsbohrer neuester Construction. Tharandter Forstliches Jahrbuch 17:155–223.
- Rinn F. 1994. Jahrringe im Bohrwiderstandsprofil. Bautenschutz und Bausanierung 7:17–24.
- Schwarze FWMR. 2008. Diagnosis and prognosis of the development of wood decay in urban trees. Rowville: ENSPEC.
- Siewniak M. 1990. Gospodarka drzewostanem w założeniach parkowo-ogrodowych. Komunikaty Dendrologiczne 16:1–46.
- Suchocka M. 2012. Zalety i ograniczenia stosowania wizualnej metody oceny drzew (VTA) jako odpowiedź na problemy związane z zagrożeniami powodowanymi przez drzewa miejskie. Człowiek i Środowisko 36(1–2): 97–110.
- Suchocka M, Kolasiński M. 2018. Możliwości i ograniczenia diagnozowania instrumentalnego w badaniach statyki drzew – część 1. Inżynieria Ekologiczna/Ecological Engineering 19(5):14–18 DOI: 10.12912/23920629/94368.
- Szczepanowska HB. 2001. Drzewa w mieście. Warszawa: Hortpress.
- Szczepanowska HB. 2009. Synteza badań i założenia merytoryczne metody wyceny wartości drzew dla warunków polskich. Warszawa: IGPiM.
- Szymanowski T. 1956. Czy są w Polsce drzewa tysiącletnie? Rocznik Dendrologiczny 11:382–393.
- Wang S-Y, Chiu C-M, Lin C-J. 2003. Application of the drilling resistance method for annual ring characteristics: evaluation of Taiwan (Taiwania cryptomerioides) trees grown with different thinning and pruning treatments. Journal of Wood Science 49:116–124 DOI: 10.1007/s100860300018.
- Weber K, Mattheck C. 2007. The effects of excessive drilling diagnosis on decay propagation in trees. Trees 20:224–228 DOI: 10.1007/s00468-005-0029-z.
- Węgiel A, Maliński T, Bocianowski J, Rączka G, Sugiero D. 2017. Wzory empiryczne do określania wieku drzew robinii akacjowej (*Robinia pseudoacacia* L.) na podstawie obwodu pnia. Sylwan 161(10):831–841.
- White J. 1998. Estimating the age of large and veteran trees in Britain. Forestry Commission. Na stronie: <https://www.ancienttreeforum.co.uk/wp-content/uploads/2015/03/John-White-estimating-file-pdf.pdf>
- Zielski A, Krąpiec M. 2004. Dendrochronologia. Warszawa: PWN.
- Zimmermann MH, Brown CL. 1981. Drzewa: struktura i funkcje. Warszawa: PWN.



Pomnik przyrody – dąb szypułkowy rosnący na terenie gminy Drawsko Pomorskie. Drzewo zostało zgłoszone do konkursu przyrodniczego „Odkryj swój pomnik przyrody” zorganizowanego przez gminę Drawsko Pomorskie (fot. Leszek Paradowski)

Nature monument – pedunculate oak growing in the area of Drawsko Pomorskie commune. The tree was nominated for the nature competition titled “Discover Your Nature Monument” organised by the commune of Drawsko Pomorskie (photo Leszek Paradowski)

Wegetatywne rozmnażanie świerka serbskiego i pospolitego w Polsce metodą kultur *in vitro* z wykorzystaniem potencjału somatycznej embriogenezy

Vegetative propagation of Serbian and Norway spruce in Poland by *in vitro* culture using the potential of somatic embryogenesis

TERESA HAZUBSKA-PRZYBYŁ

Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk, ul. Parkowa 5, PL-62-035 Kórnik
e-mail: hazubska@man.poznan.pl

Submitted: 17 July 2023; Accepted: 4 November 2023

STRESZCZENIE: Postępujące zmiany klimatyczne zmniejszają efektywność rozmnażania generatywnego świerków. W celu utrzymania istniejących populacji bądź dostarczenia sadzonek do upraw plantacyjnych niezbędne będzie zastosowanie wegetatywnych metod mnożenia drzew. Najbardziej perspektywiczną z nich jest metoda kultur *in vitro*, zwłaszcza technika embriogenezy somatycznej. Jednak z uwagi na złożoność procesu rozwoju zarodka istnieje konieczność opracowywania coraz efektywniejszych protokołów mnożenia. Kultury tkankowe świerka serbskiego (*Picea omorika*) i pospolitego (*P. abies*) indukowano z dojrzałych zarodków w obecności auksyn i cytokininy. Uzyskane wyselekcjonowane tkanki embriogenne poddano zabiegowi kriokonserwacji z wykorzystaniem stopniowej dehydratacji pod wpływem sacharozy (0,25–1,0 μM ; 7 dni) i działaniu sterylnym powietrzem (25°C; 2 h). Aby zwiększyć wydajność kiełkowania, zarodki liścieniowe podsuszano w warunkach relatywnie wysokiej wilgotności względnej powietrza (97%) lub suszono w obecności nasyconego roztworu $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (79%). Wykazano, że częstotliwość indukcji tkanek była determinowana przez stężenie sacharozy lub auksyny w pożywce. Rodzaj auksyny warunkował parametry wzrostowe zarodków. Po przechowaniu tkanek w ciekłym azocie obserwowano niemal 100% przeżywalność tkanki embriogennej *P. omorika*, podczas gdy u *P. abies* wynosiła ona 54,4%. Uzyskano 45% poziom konwersji dojrzałych zarodków *P. abies* w siewki po dwóch tygodniach utrzymywania zarodków w powietrzu o wilgotności 97%. W prowadzonych badaniach otrzymano zdolne do aklimatyzacji sadzonki somatyczne obu gatunków drzew.

Słowa kluczowe: *Picea*, prazarodki, tkanka embriogenna, krioprzechowywanie, podsuszanie, siewki somatyczne

ABSTRACT: Progressive climate change is reducing the efficiency of spruce generative reproduction. In order to maintain existing populations, or to provide seedlings for plantation crops, vegetative methods of tree multiplication will be necessary. The most promising of these is the *in vitro* culture method, especially the somatic embryogenesis technique. However, due to the complexity of the embryo development process, there is a need to develop increasingly efficient multiplication protocols. Tissue cultures of Serbian spruce (*Picea omorika*) and Norway spruce (*P. abies*) were induced from mature embryos, in the presence of auxins and cytokinin. The resulting selected embryogenic tissues were subjected to cryopreservation, based on gradual dehydration under sucrose (0.25–1.0 μM ; 7 days) and exposure to sterile air (25°C; 2 h). To increase germination efficiency, cotyledon embryos were either desiccated at relatively high relative humidity (97%) or dried in the presence of saturated solution of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (79%). It was shown that the frequency of tissue induction was determined by the concentration of sucrose or auxin in the medium. The type of auxin determined the growth parameters of the embryos. After tissue storage in liquid nitrogen, almost 100% survival of *P. omorika* embryogenic tissue and 54.4% survival of *P. abies* was observed. A 45% conversion rate of mature *P. abies* embryos to seedlings was obtained after two weeks of treating embryos with 97% humidity. Somatic seedlings of both tree species, capable of acclimatization, were obtained in the present study.

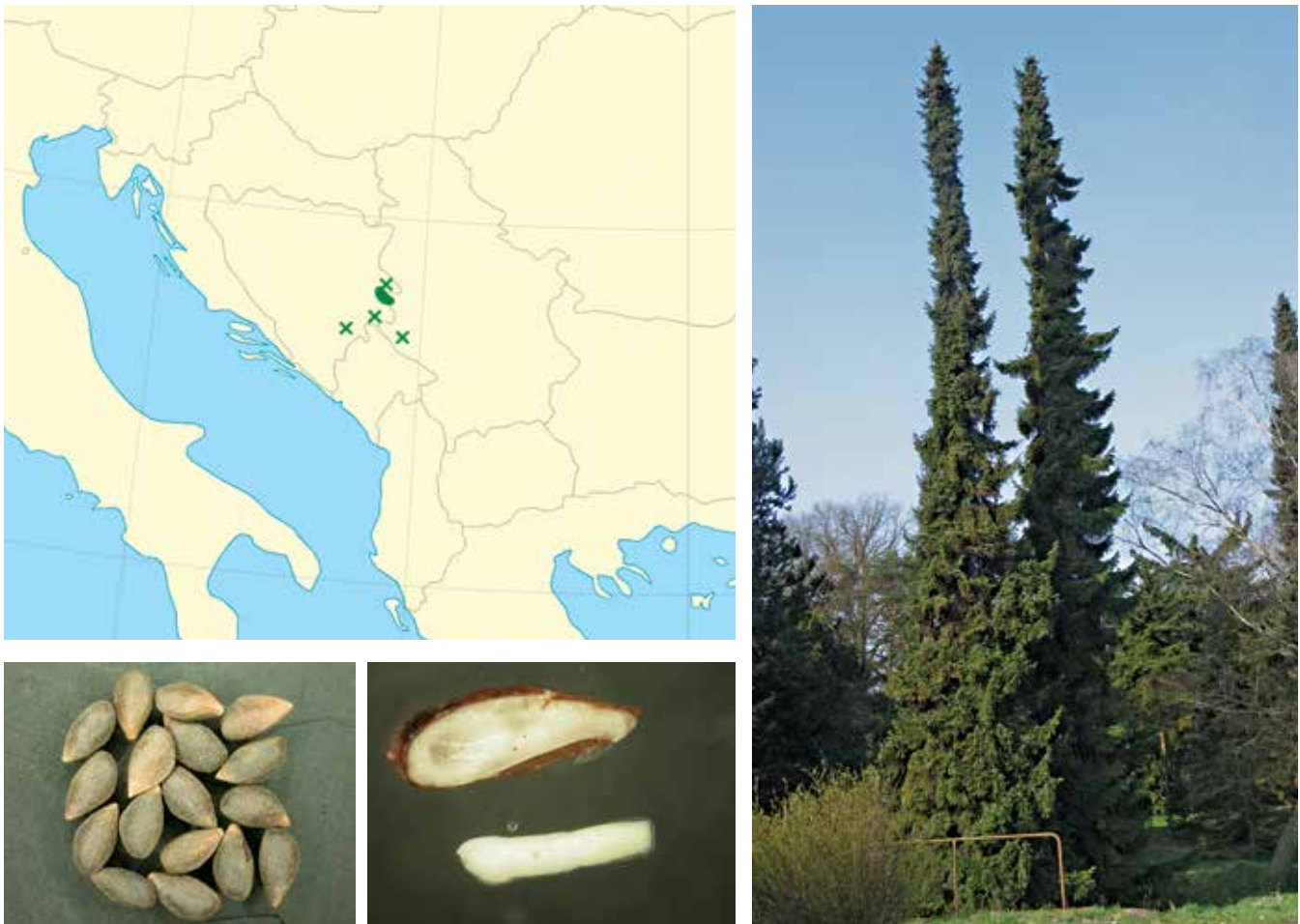
Key words: *Picea*, proembryos, embryogenic tissue, cryopreservation, desiccation, somatic seedlings

Wstęp

Świerk serbski (*Picea omorika* (Pančić) Purk.) i pospolity (*P. abies* (L.) H.Karst.) należą do rodzaju *Picea*, który liczy kilkadziesiąt gatunków występujących wyłącznie na półkuli północnej (Bugala, 2000; Ivetić i Aleksić, 2019). Oba taksony mają swój udział w tworzeniu lasów, choć w odmiennym zakresie. Pierwszy z nich to gatunek reliktowy, szczególnie wrażliwy na zmiany klimatyczne, choć jednocześnie najbardziej odporny na zanieczyszczenia przemysłowe spośród wszystkich gatunków świerka. Jego występowanie jest ograniczone do regionu zajmującego zaledwie mniej więcej 100 km², leżącego wokół środkowego biegu rzeki Driny w środkowym, górzystym regionie Bałkanów, na granicy Serbii oraz Bośni i Hercegowiny (ryc. 1). Na tym obszarze stwierdzono występowanie ok. 30 populacji różnej wielkości, dlatego uznaje się ten gatunek świerka za bardzo rzadki i jednocześnie poważnie zagrożony (Ballian i in., 2006; Ivetić i Aleksić, 2019). Ostatnie badania wykazały negatywny wpływ długotrwałej suszy na wzrost tych drzew w ciągu ostatnich 30–40 lat (Dell’Oro i in., 2020). Ze względu na obecny stan populacji świerka serbskiego, ekstremal-

ne zjawiska klimatyczne oraz słabą naturalną regenerację tego gatunku koniecznością staje się podjęcie działań ochronnych *in situ* i *ex situ*, przy czym nieodzowne są wszelkie akcje *ex situ* (np. wspomaganie migracji gatunku), ponieważ działania *in situ* mogą mieć efekt krótkotrwały i istnieje wysokie prawdopodobieństwo, że świerk serbski zniknie ze swoich naturalnych siedlisk w najbliższej przyszłości z powodu gwałtownych zmian klimatycznych (Ivetić i Aleksić, 2019).

Drugi gatunek, świerk pospolity, cechuje się szerokim, naturalnym zasięgiem geograficznym, który obejmuje strefę lasów borealnych od Skandynawii po Ural oraz obszary górskie klimatu umiarkowanego (ryc. 2; Montwé i in., 2014). Świerk pospolity jest także uprawiany poza swoim naturalnym zasięgiem występowania w cieplejszych i suchszych regionach Europy w celach gospodarczych (Koski i in., 1997). Drzewo to jest podstawowym gatunkiem w gospodarce leśnej w wielu krajach europejskich m.in. Szwecji, Finlandii czy Polsce. Jego wartościowe drewno jest wykorzystywane głównie do produkcji celulozy oraz w przemyśle budowlanym. W ciągu ostatnich kilkadziesiąt lat zmiany klimatu znacząco wpłynęły na stan europejskich lasów



Ryc. 1. Zasięg występowania i pokrój świerka serbskiego (*P. omorika*), z którego zbierano nasiona, a z nich pobierano zarodki (eksplantaty) do zapoczątkowania procesu embriogenezy somatycznej (mapa za: Giovanni Caudullo na: commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=48440897, na licencji: CC BY 4.0)

Fig. 1. Range and tree habit of Serbian spruce (*P. omorika*), from which seeds were collected and from which embryos (explants) were taken to initiate somatic embryogenesis (map after: Giovanni Caudullo at: commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=48440897, released under CC BY 4.0 license)



Ryc. 2. Zasięg występowania i pokrój młodego świerka pospolitego (*P. abies*), z którego zbierano nasiona, a z nich pobierano zarodki (eksplantaty) do zapoczątkowania procesu embriogenezy somatycznej (mapa za: Darekk2 i the IUCN Red List spatial data na: commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=66679548, na licencji: CC BY 4.0)

Fig. 2. Range and habit of a young Norway spruce (*P. abies*) tree, from which seeds were collected and from which embryos (explants) were taken to initiate somatic embryogenesis (mapa za: Darekk2 & the IUCN Red List spatial data at: commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=66679548, released under CC BY 4.0 license)

borealnych i leśnictwa (Subramanian i in., 2016; Sierota i in., 2019). Obecnie świerk pospolity należy do gatunków drzew leśnych najbardziej zagrożonych skutkami zmian klimatu. Przewiduje się, że w ciągu najbliższych kilkudziesięciu lat jego występowanie w Europie znacząco się zmniejszy (Dyderski i in., 2018).

Zachodzące obecnie zmiany klimatyczne oraz niekorzystne warunki środowiskowe przyczynią się już w najbliższej przyszłości do obniżenia zdolności reprodukcyjnych obu gatunków świerka oraz do znacznego spadku ilości dostępnych, żywotnych nasion. W związku z pojawiającymi się zagrożeniami dla populacji świerka serbskiego i pospolitego nieuchronne będzie podjęcie odpowiednich działań, które pozwoliłyby na zminimalizowanie negatywnych skutków tychże zmian. Jednym z rozwiązań tego problemu może być rozwinięcie alternatywnych metod rozmnażania drzew, opartych na rozwiązaniach biotechnologicznych, takich jak rozmnażanie na drodze wegetatywnej w kulturach *in vitro* (mikrorozmnażanie). U gatunków drzew iglastych

bardzo dobrą perspektywę daje potencjalnie najbardziej wydajny sposób mikrorozmnażania, a mianowicie technika somatycznej embriogenezy.

Konwencjonalne metody rozmnażania wegetatywnego drzew leśnych

Rozmnażanie wegetatywne to inaczej uzyskiwanie nowych osobników poprzez regenerację z fragmentu organizmu macierzystego. Przykładem jest rozmnażanie przez zrzezy u świerka sitkajskiego (Szczygieł i Hazubska-Przybył, 2010), odkłady (Boratyński i Bugała, 1998) czy przez szczepienie różnych gatunków z rodzaju *Pinus* (Pérez-Luna i in., 2020). Metody te są już szeroko wykorzystywane w szkółkarstwie leśnym, choćby w Kanadzie czy Nowej Zelandii, a rzadziej w krajach europejskich np. Norwegii, Wielkiej Brytanii, Francji i Niemczech (Lelu-Walter i in., 2013; Denchev i Grossnickle, 2019; Egertsdotter i in., 2019). Rozmnażanie wegetatywne stosowane jest w leśnictwie z uwagi na

późne osiągnięcie przez drzewa zdolności do wytwarzania nasion, nieregularne występowanie kwitnienia i obradzania nasion, pogorszenie stanu zdrowotnego lub zamieranie cennych populacji. Przede wszystkim jednak metody te stosuje się w celu rozmnożenia nowych form roślin, które zostały otrzymane na drodze krzyżowania, a także dla uzyskania vegetatywnego potomstwa drzew doborowych i elitarnych do zakładania plantacji nasiennych. W leśnictwie dodatkową zaletą tego sposobu rozmnażania jest możliwość szybkiego wprowadzenia do praktyki wyników selekcji drzew (Szczygieł, 2005).

Tradycyjne metody rozmnażania vegetatywnego drzew (ukorzenianie zrzezów pędowych lub korzeniowych, szczepienie, odrosty, odkłady) mają jednak pewne ograniczenia. Wymagają one m.in. konieczności stosowania mateczników, które w celu zachowania zdolności do regeneracji przez rośliny mateczne muszą być odpowiednio pielęgnowane. Efektywność tych metod jest wysoka tylko w przypadku pozyskiwania materiału z młodych roślin matecznych. U drzew gatunków iglastych występuje u otrzymanych sadzonek vegetatywnych wzrost plagiotropowy (niekorzystny wzrost pędu równoległe lub ukośnie względem podłoża), a przy szczepieniu dochodzi na ogół do wyrastania z podkładek pędów, które konkurują ze zrazami. Dodatkowo, w przypadku metod tradycyjnych wydajność rozmnażania z jednego osobnika matecznego jest bardzo ograniczona (Szczygieł, 2005; Rosvall, 2019). Ograniczeniem są również wysokie koszty produkcji sadzonek. Dla przykładu: w Finlandii i Szwecji świerk pospolity rozmnażany jest rutynowo poprzez cięcie korzeni, jednakże z powodu wysokich kosztów produkcji metoda ta nie została dotychczas wprowadzona do masowej produkcji roślin (Högberg i Varis, 2016).

Mnożenie drzew *in vitro* z wykorzystaniem techniki somatycznej embriogenezy

Potencjalnie znacznie wyższą wydajnością rozmnażania drzew leśnych charakteryzują się metody oparte na mikro-rozmnażaniu, a wśród nich na szczególną uwagę zasługuje technika somatycznej embriogenezy. Jej istotą jest uzyskiwanie roślin z zarodków powstałych z komórek vegetatywnych (somatycznych), a więc z pominięciem procesu zapłodnienia i zygoty. Podstawową zaletą metody somatycznej embriogenezy jest jej nieograniczony potencjał regeneracji roślin, także tych ulepszonych genetycznie oraz możliwość selekcji i masowego rozmnażania elitarnych genotypów. Podczas selekcji siewek somatycznych uwzględniane są parametry stosowane w tradycyjnej hodowli i selekcji drzew: forma, wzrost, a także odporność na szkodniki i choroby oraz czynniki abiotyczne (Nawrot-Chorabik i in., 2021, 2022). Metoda ta pozwala ponadto na dostarczenie do szkółek materiału sadzeniowego w stosunkowo krótkim czasie od momentu zaindukowania kultur, mniej więcej od 12 do 18 miesięcy w zależności od gatunku drzewa (Cyr i in., 2001). Ponadto rezultatem rozmnażania roślin tą techniką jest podniesienie poziomu różnorodności materiału roślinnego w porównaniu z tradycyjnym ukorzenianiem sadzonek. Somatyczna embriogeneza

daje możliwość wygenerowania niemal nieograniczonej liczby ramet (tzn. pojedynczych ukorzenionych pędów będących fragmentami wieloczęściowego organizmu roślinnego, rozprzestrzeniającego się vegetatywnie) lub klonów z danej linii embriogennej i uzyskania kilku ramet z dużej liczby linii tego typu (Rosvall, 2019).

Inną strategią jest wykorzystanie somatycznej embriogenezy do produkcji roślin donorowych wybranych klonów bądź też potomstwa dla wspomaganego rozmnażania poprzez cięcie materiału szkółkarskiego (Bonga, 2015). Zysk genetyczny, jaki uzyskuje się w krótkim czasie, stosując metodę somatycznej embriogenezy, jest znacznie wyższy w porównaniu z tradycyjnymi metodami. W przyszłości ważnym zastosowaniem somatycznej embriogenezy byłoby rozmnażanie drzew z tkanek somatycznych pochodzących ze starszych testowanych drzew, ponieważ pozwalają one na lepsze prognozowanie wydajności produkcji w okresie rotacji aniżeli drzewa młode (Rosvall, 2019).

Produkcja somatycznych roślin na potrzeby biznesu, leśnictwa i celem zachowania zasobów genowych

Przed zastosowaniem techniki somatycznej embriogenezy na skalę gospodarczą poszczególne etapy mnożenia materiału są poddawane szczegółowej analizie (Grossnickle i Major, 1994; Egertsdotter i in., 2019), tak aby opracować metodykę zapewniającą jak najwyższą produktywność procesu. Głównym celem jest uzyskanie licznych zarodków w dojrzałym (liścieniowym) stadium, które byłyby identyczne pod względem morfologicznym i fizjologicznym z zarodkami pochodzącymi z nasion. Ostatecznie funkcjonalne somatyczne siewki powinny spełniać takie same kryteria jak materiał sadzeniowy otrzymany w tradycyjny sposób. Dodatkową zaletą jest możliwość rozmnażania tą metodą genotypów nie tylko o unikatowym charakterze, ale i zagrożonych wyginieciem.

Obecnie materiał sadzeniowy kilku gatunków drzew leśnych, produkowany metodą somatycznej embriogenezy, stosowany jest do zakładania upraw leśnych w Kanadzie, Stanach Zjednoczonych czy Nowej Zelandii (Denchev i Grossnickle, 2019; Egertsdotter i in., 2019) w ramach tzw. leśnictwa klonalnego (ang. clonal forestry). Jak dotąd jednak rozmnażanie tą metodą prowadzone jest głównie przez sektor prywatny i przedsiębiorstwa leśne (Lelu-Walter i in., 2013).

W literaturze światowej niewiele uwagi poświęcono badaniom nad somatyczną embriogenezą świerka serbskiego. Kilka doniesień w tym zakresie ukazało się w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku i na początku obecnego stulecia (Budimir i Vujičić, 1992; Kolevska-Pletikapi i in., 1995; Salopek i in., 1997; Tramišak-Milaković i in., 1999; Leljak-Levanić i in., 2009). W związku z narastającym problemem zagrożenia naturalnych stanowisk występowania *P. omorika* i koniecznością podjęcia działań *ex situ* w celu jego ochrony niezbędne są dalsze badania nad możliwością zachowania jego zasobów genowych m.in. z wykorzystaniem narzędzi biotechnologicznych. Taką rolę może spełniać technika somatycznej embriogenezy

nezy w powiązaniu z kriokonserwacją (przechowywanie w ultraniskiej temperaturze ciekłego azotu, tzn. -196°C) otrzymanych tą drogą tkanek embriogennych.

Z kolei badania nad somatyczną embriogenezą świerka pospolitego są intensywnie prowadzone od momentu uzyskania jego pierwszych somatycznych siewek w 1985 r. (Chalupa, 1985; Hakman i in., 1985). Pomimo to wiele problemów związanych z wydajnością procesu somatycznej embriogenezy u tego gatunku nadal nie zostało rozwiązanych, jak na przykład indukcja embriogenezy z eksplantatów wegetatywnych czy utrata zdolności do regeneracji zarodków z otrzymanych tkanek embriogennych (Hudec i in., 2016; Salonen i in., 2017; Dahrendorf i in., 2018). W konsekwencji uniemożliwia to masową produkcję sadzonek somatycznych, zarówno w celach komercyjnych, jak i dla gospodarki leśnej. W związku z powyższym studia nad mikrorozmnażaniem *P. abies* tym sposobem wciąż wymagają pogłębienia (Hudec i in., 2016; Carlsson i in., 2019; Varis i in., 2021), aby dokładniej poznać mechanizmy biochemiczne i molekularne kontrolujące rozwój somatycznego zarodka. Dlatego obecnie dla wielu badaczy świerk pospolity nadal stanowi doskonały gatunek modelowy w badaniach nad różnymi aspektami somatycznej embriogenezy gatunków drzew iglastych.

Możliwości i wyzwania związane z techniką somatycznej embriogenezy świerków

Somatyczna embriogeneza to bardzo złożony, wieloetapowy proces rozwoju zarodka somatycznego, determinowany zarówno kompetencją eksplantatu, z którego indukowana jest kultura embriogenna, jak i szeregiem warunków fizyko-chemicznych. Z tego powodu wymaga ona dokładnego opracowania odrębnych procedur dla każdego etapu rozwoju zarodka, poczynając od indukcji tkanki embriogennej, poprzez jej namnażanie, dojrzewanie zarodków, aż po ich ostateczny rozwój w somatyczne siewki. Każdy gatunek, a nawet genotyp, wymaga osobnego potraktowania, ponieważ wypracowane metody nie są uniwersalne, co w rezultacie powoduje, że studia nad somatyczną embriogenezą drzew nie są szeroko rozpowszechnione.

W wielu laboratoriach światowych badania nad możliwością mikrorozmnażania drzew, szczególnie nad techniką embriogenezy somatycznej, zostały zapoczątkowane w latach 1985–1990, natomiast w Polsce w połowie lat 90. XX w. w Instytucie Badawczym Leśnictwa w Sękocinie Starym przez panią mgr Krystynę Szczygieł. Od początku obecnego wieku tematyka badawcza w tym zakresie jest kontynuowana i rozwijana w Instytucie Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku (Hazubska i Szczygieł, 2003; Szczygieł i in., 2007; Hazubska-Przybył i Bojarczuk, 2016; Hazubska-Przybył i in., 2020; Varis i in., 2021; Mikuła i in., 2022). W IBL opracowano przede wszystkim protokoły mikrorozmnażania gatunków drzew leśnych, takich jak: świerk pospolity, jodła pospolita i modrzew europejski (praca doktorska Krystyny Szczygieł (2003)). Natomiast w ID PAN badania skupiały się przede wszystkim na opty-

malizacji protokołów mikrorozmnażania i krioprzechowywania uzyskanych tkanek embriogennych świerka serbskiego i pospolitego. Badania nad somatyczną embriogenezą podejmowano również w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (Latkowska, 2002) oraz na Uniwersytecie Przyrodniczym w Krakowie (Nawrot-Chorabik, 2016). Podobnie jak w innych laboratoriach badawczych *P. abies* posłużył jako gatunek modelowy.

Wdrożenie techniki mikrorozmnażania drzew do danego laboratorium jest procesem żmudnym i czasochłonnym, wymaga bowiem zarówno wypracowania odpowiednich tzw. protokołów (tzn. dokładnie opisanych procedur postępowania), które umożliwiłyby prowadzenie kultur tkankowych i byłyby dostosowane do określonego gatunku drzewa, jak i zagwarantowania dostępu do specjalistycznej infrastruktury hodowlanej. Sukces jest uwarunkowany dostępnością zarówno aseptycznych pokoi laboratoryjnych oraz hodowlanych, gdzie można wyprodukować nieograniczoną liczbę somatycznych sadzonek, jak i szklarni, w których możliwa jest ścisła kontrola warunków niezbędnych do prawidłowego wzrostu oraz aklimatyzacji roślin somatycznych do, jakże odmiennego, środowiska naturalnego. Etap ten jest punktem newralgicznym w rozmnażaniu metodą *in vitro*, ponieważ decyduje o możliwości szerszego zastosowania techniki embriogenezy somatycznej u drzew leśnych na dużą skalę.

U świerków kultury embriogenne najczęściej indukuje się z zarodków niedojrzałych lub dojrzałych (ryc. 3A), pobieranych ze świeżych albo przechowywanych nasion. Niedojrzałe zarodki, jako fizjologicznie młodsze, są bardziej podatne na zapoczątkowanie procesu embriogenezy w kulturze *in vitro*. Z kolei wzbudzenie embriogenezy starszych eksplantatów (np. pąków szczytowych lub bocznych) pobieranych z w pełni wykształconych drzew jest nadal problematyczne. Jak dotąd najstarszym rodzajem eksplantatu wegetatywnego, z którego zaindukowano tkankę embriogenną (ryc. 3B), były pąki pierwotne pochodzące z 10-letnich drzewek *P. glauca* (Klimaszewska i in., 2011). W przypadku świerka pospolitego i serbskiego tkankę embriogenną można też zaindukować z tzw. wtórnych eksplantatów, czyli z somatycznych zarodków wyhodowanych z tkanek embriogennych kolejnych generacji (Hazubska-Przybył i Bojarczuk, 2008). Co ciekawe, tego rodzaju eksplantaty zachowują swoistą „pamięć”, która pozwala na poprawę efektywności produkcji zarodków somatycznych z nowo zaindukowanej tkanki embriogennej w kolejnym etapie procesu. Wykazano również, że podobną „pamięć embriogenną” zachowują eksplantaty wegetatywne pobierane z drzewek wyhodowanych z zarodków somatycznych. W takim przypadku częstotliwość indukcji tkanki była znacząco wyższa aniżeli z eksplantatów pobieranych z drzewek uzyskanych na drodze generatywnej (80% vs 10%; Ruaud i in., 1992).

O wydajności pierwszego etapu somatycznej embriogenezy decyduje nie tylko rodzaj oraz wiek eksplantatu, jego pochodzenie, ale i skład chemiczny pożywki (makro- i mikroelementy, witaminy, aminokwasy, cukry stanowiące źródło energii i roślinne regulatory wzrostu) oraz warunki hodowlane (temperatura, ciemność, rodzaj naczyń laboratoryjnych etc.). I tak na przykład wykazaliśmy, że częstotliwość indukcji tkanek określonych genotypów u obu gatunków



Ryc. 3. Dojrzałe zarodki *P. omorika* jako eksplantaty (A) podatne na indukcję tkanki embriogennej (B), specyficznej, kłaczkowatej tkanki roślinnej (C) zawierającej wczesne stadia somatycznych zarodków, zdolnej do namnażania w nieograniczonych ilościach

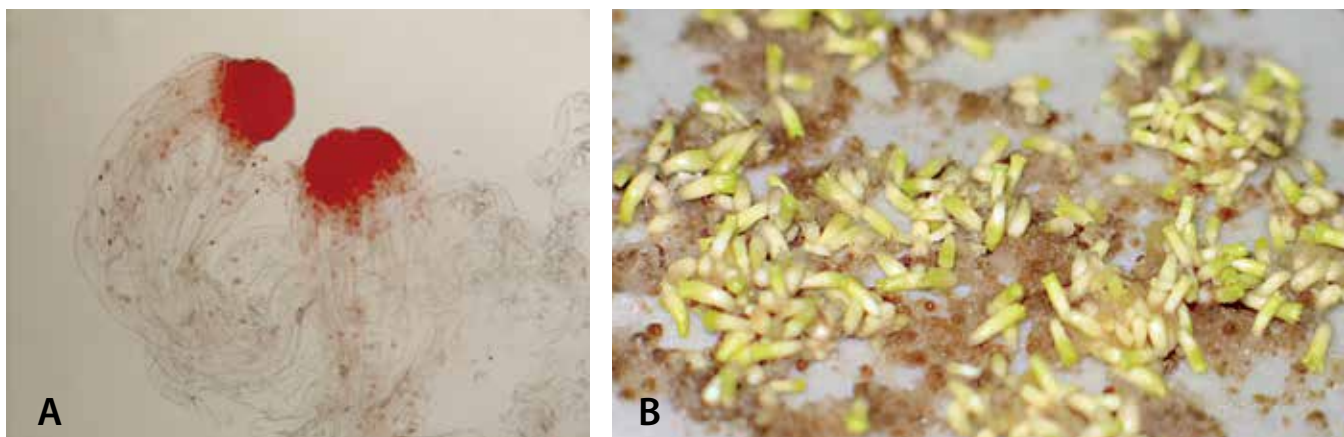
Fig. 3. Mature *P. omorika* embryos as explants (A) susceptible to induction of embryogenic tissue (B), a specific flocculent plant tissue (C) containing early somatic embryo stages capable of multiplying in unlimited quantities

świerka była determinowana przez stężenie sacharozy lub auksyny w pożywkach (Hazubska-Przybył i in., 2016). W przypadku gatunków drzew iglastych, w tym świerków, decydującą rolę w indukcji embriogenezy, ale także na kolejnych etapach rozwoju somatycznego zarodka, odgrywa genotyp eksplantatu, z którego otrzymano kulturę embriogenną (Szczygieł i in., 2007; Hazubska-Przybył i in., 2020). Im więcej tkanek embriogennych określonych genotypów będzie wykazywało zdolność do namnażania i produkcji somatycznych zarodków, tym szanse wdrożenia techniki somatycznej embriogenezy do praktyki hodowlanej będą wyższe. Jednakże u większości gatunków drzew iglastych naukowcy borykają się z problemem utraty zdolności namnażania tkanek roślin określonych genotypów oraz ich potencjału do wytwarzania somatycznych zarodków. Jest to równoznaczne ze znacznym zmniejszeniem różnorodności mnożonego materiału, co ogranicza praktyczne stosowanie tej techniki mikrorozmnażania.

Tkanki embriogenne namnażane są na ogół na tych samych pożywkach (ewentualnie o nieco obniżonej dawce cytokininy) i w takich samych warunkach (ciemność) jak podczas ich indukcji z eksplantatów (ryc. 3C). Większość gatunków drzew iglastych do zapoczątkowania procesu

embriogenezy wymaga obecności auksyny i cytokininy w pożywce. Z auksyn zazwyczaj stosuje się kwas 2,4-dichlorofenoksyoctowy (2,4-D), czasami również kwas 1-naftylooctowy (NAA) lub 4-amino-3,5,6-trichloropikolinowy (Pikloram) w zakresie stężeń 9,0–10,0 μM , a z cytokinin benzyloadeninę (BA) w stężeniach 4,5–5,0 μM . Kultury embriogenne świerków są indukowane i namnażane na stałych lub półpłynnych pożywkach. Wykazano ponadto, że tkanki *P. abies* mają również zdolność do namnażania w kulturach płynnych (Filonova i in., 2000a; Välimäki i in., 2021). W dalszej perspektywie daje to możliwość częściowej automatyzacji procesu, ograniczenia kosztów robocizny i w efekcie obniżenie kosztów produkcji roślin somatycznych świerka, co w niedalekiej przyszłości będzie miało kluczowe znaczenie dla wdrożenia techniki somatycznej embriogenezy do zastosowań praktycznych na szerszą skalę.

Tkanki embriogenne namnażane *in vitro* zawierają specyficzne struktury o charakterystycznej budowie morfologicznej zbliżonej do pierwszych etapów rozwoju zarodka w nasieniu. Struktury te to tzw. prazarodki (ang. proembryos), składające się ze skupiska intensywnie dzielących się komórek merystematycznych tworzących tzw. region



Ryc. 4. Wczesne stadium rozwojowe zarodka *P. omorika* (A); wybarwiony na czerwono region embriogennej z komórkami merystematycznymi, z którego rozwija się dojrzały zarodek somatyczny oraz wydłużone bezbarwne komórki wieszadelka. Dojrzałe (liścieniowe) zarodki *P. abies* (B) przed wyłożeniem na pożywkę do kiełkowania

Fig. 4. Early developmental stage of a *P. omorika* embryo (A); red stained embryogenic region with meristematic cells, from which the mature somatic embryo develops, and elongated, colorless hanger cells. Mature (cotyledonous) embryos of *P. abies* (B) before transfer to the germination medium

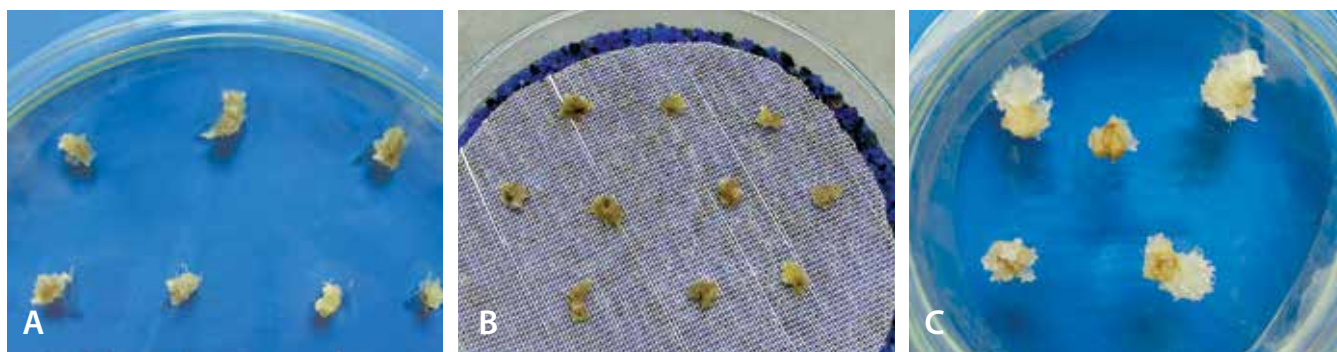
embriogeny, które z czasem przekształcają się w zarodek somatyczny, oraz z wydłużonych, silnie zwakuolizowanych komórek tworzących wieszadełko (ryc. 4A).

W obrębie tychże tkanek Filonova wraz z zespołem (2000b) zidentyfikowała prazarodki w różnych stadiach rozwojowych i wyróżniła trzy rodzaje tzw. struktur proembriogennych (ang. proembryogenic structures – PEMs). Są to struktury typu PEM I oraz PEM II i najbardziej zaawansowane pod względem budowy anatomicznej struktury typu PEM III, które w odpowiednich warunkach są w stanie przejść do etapu dojrzewania (ryc. 4B). Tkanka zawierająca prazarodki może być namnażana w kulturze *in vitro* długotrwale w obecności auksyny oraz cytokiny. Nasze ostatnie badania wykazały, że u obu gatunków świerka średnia liczebność prazarodków w tkankach embriogennych zależała istotnie od rodzaju zastosowanej auksyny (Hazubska-Przybył i in., 2020). Po zastosowaniu w pożywce kombinacji regulatorów wzrostu NAA/BA uzyskaliśmy istotnie wyższą liczbę prazarodków w porównaniu z wariantami Pikloram/BA i 2,4-D/BA. Rodzaj zastosowanej auksyny wpływał także znacząco na średnią wielkość regionu embriogennego prazarodka w jego poszczególnych stadiach rozwojowych (PEM I, PEM II i PEM III). Tkanki embriogenne, ze względu na obecność wczesnych stadiów rozwojowych zarodka, są doskonałym materiałem do przechowywania w ciekłym azocie. Tkanki utrzymywane zarówno *in vitro*, jak i w warunkach ultraniskiej temperatury, są potencjalnie bardzo wydajnym materiałem wyjściowym do wyprodukowania nieograniczonej liczby dojrzałych zarodków obu testowanych gatunków świerka.

Powiązanie techniki somatycznej embriogenezy z możliwością krioprezachowywania tkanek embriogennych to ważne rozwiązanie w przypadku gatunków drzew iglastych. Pozwala ono na zredukowanie prac manualnych związanych z utrzymywaniem kultur, na ograniczenie do minimum ryzyka kontaminacji i zmian somaklonalnych w namnażanych tkankach oraz na znaczną redukcję powierzchni, na której przechowuje się tysiące genotypów linii embriogennych określonego gatunku drzewa. Krio-

konserwacja jest pomocnym narzędziem w standardowych programach hodowlanych, kiedy potrzeba bardzo długiego czasu, aby dokonać identyfikacji genotypu w testach polowych. Jednocześnie drzewa osiągają w tym czasie wiek, który uniemożliwia ich rozmnażanie przy zastosowaniu metod wegetatywnych. W rezultacie dochodzi do utraty cennych genotypów, które mogą stanowić drzewa rodzicielskie dopiero w kolejnej generacji. Krioprezachowywane tkanki, po ich rozmrożeniu i namnożeniu w kulturze *in vitro*, mogą być wykorzystywane dla potrzeb różnego rodzaju programów genetycznych. Dzięki kriokonserwacji tkanki embriogenne mogą być też wykorzystane do ochrony zasobów genowych, ponieważ nie tracą one juwenilności i zachowują stabilność materiału genetycznego (Szczygieł, 2006), dlatego są one często stosowane do zachowania roślinnych zasobów genowych w bankach klonów linii elitarnych, cennych pod względem ekonomicznym (Cyr, 1999).

Tkanki embriogenne gatunków drzew iglastych to bardzo dogodny materiał do przechowywania w ciekłym azocie. Jednym z naszych celów było zatem opracowanie innowacyjnej metody kriokonserwacji tkanek *P. abies* i *P. omorika* z wykorzystaniem stopniowej dehydratacji przed ich zamrożeniem w ciekłym azocie. Metoda stopniowej dehydratacji (ang. pre-growth dehydration method) tkanek embriogennych opiera się na zjawisku witrifikacji, czyli szybkim schłodzeniu, co w efekcie powoduje przejście wody w stały stan skupienia bez powstawania kryształów lodu, które uszkodziłyby komórki tych tkanek. W naszych eksperymentach materiał był wstępnie traktowany (podany prekulturze) pożywkami zawierającymi sacharozę we wzrastających dawkach (0,25 M sacharozy przez 24 h, 0,5 M przez 24 h, 0,75 M przez 2 dni, 1,0 M przez 3 dni) przez 7 dni, w temperaturze 25°C i w ciemności. Zabieg ten prowadził do osmotycznej dehydratacji materiału (ryc. 5A). Po upływie tego czasu fragmenty tkanki (ang. clumps) były poddawane dalszemu podsuszaniu – w sterylnym powietrzu nad żelem krzemionkowym, aż do utraty przez nie wody do zawartości ok. 20% (ryc. 5B). Po tych zabiegach próbki zamrażano w ciekłym azocie na 24 h. Następnie tkanki były rozmrażane w temperaturze 42°C i stopniowo uwadnia-



Ryc. 5. Kriokonserwacja tkanki embriogennej świerka metodą stopniowej dehydratacji.

A – dehydratacja osmotyczna tkanki na pożywce z sacharozą (0,25–1,0 M); B – suszenie fragmentów tkanki (clumps) w sterylnym powietrzu nad żelem krzemionkowym; C – regeneracja tkanki embriogennej po rozmrożeniu z ciekłego azotu (fot. A. Obarska)

Fig. 5. Cryopreservation of *Picea* embryogenic tissue by stepwise dehydration.

A – osmotic dehydration of tissue on sucrose medium (0.25–1.0 M); B – drying of tissue fragments (clumps) in sterile air over silica gel; C – regeneration of embryogenic tissue after thawing from liquid nitrogen (photo A. Obarska)

ne na pożywkach zawierających sacharozę (od najwyższej do najniższej dawki) i ostatecznie przenoszone na pożywkę do namnażania, na której podejmowały wzrost (ryc. 5C; Hazubska-Przybył i in., 2010).

Opracowana przez nas procedura pozwoliła na uzyskanie niemal 100% przeżywalności tkanki embriogennej *P. omorika*, która z sukcesem namnażała się w kulturze *in vitro* po kriokonserwacji. Z kolei w przypadku *P. abies* powyższa procedura została nieco zmodyfikowana ze względu na niską przeżywalność tkanki po zabiegu kriokonserwacji. Z tego powodu pożywki zawierające sacharozę o określonych stężeniach zostały uzupełnione dodatkowo 10 μ M ABA, co w efekcie poprawiło wydajność metody. Uzyskana przeżywalność tkanki embriogennej wynosiła wówczas 54,4%, podczas gdy zastosowanie samej sacharozy dało tylko 20% przeżywalności tkanki (Hazubska-Przybył i in., 2013). Jednocześnie dodatek ABA do pożywek na etapie prekultury wpłynął pozytywnie na zdolność tkanek embriogennych do formowania większej liczby zarodków w stadium dojrzalym.

Zaletą opracowanej przez nas metody jest to, że nie wymaga ona stosowania toksycznego dimetylosulfotlenku (DMSO) rutynowo używanego w innych technikach kriokonserwacji. Według niektórych doniesień DMSO może przyczyniać się do pewnych niepożądanych zmian, zarówno na poziomie biochemicznym, genetycznym, jak i epigenetycznym (Finkle i in., 1985; Aronen i in., 1999). Z tego powodu nowa procedura stanowić może bezpieczniejszą alternatywę w stosunku do innych metod krioprzechowywania kultur embriogennych świerka.

Zarodki we wczesnych stadiach rozwojowych obecne w tkankach embriogennych, zarówno przechowywanych w ciekłym azocie, jak i w kulturze *in vitro*, można stymulować do dojrzewania. U świerków rozwój zarodków somatycznych jest pobudzany poprzez zastąpienie auksyny i cytokinin w pożywkach namnażających kwasem abscysynowym (ABA). ABA pobudza akumulację materiałów zapasowych (białka i lipidy), które są niezbędne do prawidłowego i zsynchronizowanego rozwoju zarodków, oraz odpowiada za zahamowanie ich przedwczesnego kiełkowania. Zarodki somatyczne gatunków drzew iglastych przechodzą kilka etapów rozwojowych (globularne, sercowate, torpedy, wczesnoliścieniowe i liścieniowe). Ich dojrzewanie jest zazwyczaj wspomagane poprzez ekspozycję tkanek embriogennych na stres osmotyczny, np. w obecności wysokiego stężenia cukrów lub związków o wysokiej masie molekularnej, takich jak glikol polietylenowy 4000 (PEG 4000), bądź też poprzez ekspozycję na obniżoną temperaturę otoczenia. Wyniki naszych badań wykazały znaczący wpływ stężenia ABA i stresu osmotycznego na dojrzewanie i produkcję somatycznych zarodków obu gatunków świerka, co w efekcie determinowało jakość uzyskanego materiału roślinnego (Hazubska-Przybył i in., 2016). Przykładowo, PEG 4000 jest stosowany w celu poprawienia jakości somatycznych zarodków u niektórych gatunków drzew iglastych (Ahn i in., 2017; Jouini i in., 2023). Z naszych eksperymentów wynika jednak, że w przypadku świerka jego wpływ może być uzależniony od gatunku drzewa oraz od genotypu tkanki embriogennej, z któ-

rej rozwijają się somatyczne zarodki (Hazubska-Przybył i Wawrzyniak, 2017). Z kolei ostatnio badania Tikkinena i współpracowników (2018) wykazały możliwość poprawienia rozwoju zarodków podczas ich kiełkowania i konwersji w siewki po przechowywaniu dojrzałych (w stadium liścieniowym) somatycznych zarodków *P. abies* w temperaturze 4°C.

Aby poprawić jakość somatycznych siewek *P. abies* i *P. omorika*, testowaliśmy skuteczność zabiegu częściowego podsuszania i suszenia zarodków. Efektem obniżenia zawartości wody w dojrzałych zarodkach jest z reguły poprawa jakości siewek oraz wzrost liczby roślin zdolnych do aklimatyzacji w warunkach szklarniowych. Somatyczne zarodki w stadium liścieniowym zostały poddane procedurze podsuszania w warunkach relatywnie wysokiej wilgotności względnej powietrza (97%) lub suszeniu w obecności nasyconego roztworu siarczanu amonu (NH_4)₂SO₄ (79%). Uzyskaliśmy najwyższą skuteczność procedury częściowego podsuszania dla zarodków *P. abies*, dla którego po dwóch tygodniach w warunkach 97% wilgotności powietrza stwierdzono 45% poziom konwersji dojrzałych zarodków w siewki (Hazubska-Przybył i in., 2015). W przypadku zarodków *P. omorika* procedura ta okazała się nieskuteczna z uwagi na słaby wzrost hipokotyli, co uniemożliwiło uzyskanie prawidłowo wykształconych siewek. Druga testowana przez nas procedura była mniej skuteczna, a nawet prowadziła do obumierania zarodków.

Według niektórych danych literaturowych stężenie regulatorów wzrostu, które stosowano w pożywkach przed dojrzewaniem zarodków, warunkowało poziom produkcji zarodków u gatunków drzew iglastych z traktowanych tkanek embriogennych (Klimaszewska i in., 2001; Leljak-Levanić i in., 2009). Postawiono hipotezę, że zahamowanie rozwoju zarodków może wynikać z nadmiernego nagromadzenia auksyn i cytokinin w tkankach embriogennych, co zapobiega procesowi różnicowania i wzrostu zarodków (Klimaszewska i in., 2001). Wyniki naszych badań pokazują, że egzogenne auksyny znacząco wpływały na rozwój hipokotyli i korzonka zarodkowego u obu gatunków świerka podczas kiełkowania somatycznych zarodków. Bardziej zsynchronizowany rozwój korzenia i hipokotyli uzyskano dla *P. abies* po uprzednim traktowaniu tkanek NAA/BA, natomiast u *P. omorika* synchronizacja rozwoju obu tych organów była niższa (Hazubska-Przybył i in., 2020).

Problem z kiełkowaniem zarodków somatycznych i konwersją w siewki jest nadal nierozwiązaną kwestią u wielu gatunków roślin rozmnażanych *in vitro*, włączając w to drzewa (Garcia i in., 2019). W ostatnio przeprowadzonym przez nas eksperymencie tylko 30% zarodków świerka pospolitego i 5% zarodków świerka serbskiego przekształciło się w siewki, mimo że ponad 95% zarodków obu gatunków wykazywało zdolność do kiełkowania (Hazubska-Przybył i in., 2020). Najczęściej wynikało to ze wspomnianych utrudnień związanych z zaburzeniami w synchronizacji wzrostu pędu i korzenia, zwłaszcza w przypadku siewek świerka serbskiego, co uniemożliwiło aklimatyzację tych roślin do warunków szklarniowych. Niemniej jednak we wcześniejszych podejmowanych próbach uzyskaliśmy w Instytucie Dendrologii PAN prawidłowo



Ryc. 6. Aklimatyzacja siewek *P. omorika* i *P. abies* w tzw. doniczkach Jiffy (A) i wzrost rocznych sadzonek somatycznych w glebie (B)

Fig. 6. Acclimatization of *P. omorika* and *P. abies* seedlings in so-called Jiffy pots (A) and growth of annual somatic seedlings in soil (B)

wykształcone siewki i sadzonki somatyczne obu gatunków świerka, które były zdolne do wzrostu w warunkach pozalaboratoryjnych (ryc. 6A i 6B; Hazubska-Przybył i Bojarczuk, 2008).

Badania nad optymalizacją metody somatycznej embriogenezy i kriokonserwacją tkanek embriogennych świerka serbskiego i pospolitego były prowadzone w ramach dwóch projektów badawczych, finansowanych przez Komitet Badań Naukowy (nr 3P06L 055 25) i przez Narodowe Centrum Nauki (nr NN 309 130 837) oraz w ramach badań statutowych ID PAN.

Podsumowanie

Przedstawiona metoda wegetatywnego rozmnażania drzew drogą somatycznej embriogenezy daje możliwości produkowania wysokiej jakości sadzonek obu gatunków świerka. Włączenie dodatkowych metod wspomagających ten proces, takich jak kriokonserwacja materiału roślinnego i automatyzacja niektórych etapów produkcji somatycznych siewek, może dać podstawę do wdrożenia zaprezentowanej metody w szerszej skali gospodarczej. Wyniki naszych badań pokazują, że znajdzie ona zastosowanie nie tylko w celach ściśle komercyjnych, ale także ekologicznych. Metoda somatycznej embriogenezy może stanowić bardzo dobre narzędzie pozwalające na zachowanie bioróżnorodności biologicznej zagrożonych gatunków drzew, co zostało wykazane na przykładzie świerka serbskiego. W dobie intensywnych zmian klimatycznych, na ogół niekorzystnych dla gatunków drzew iglastych, może ona stanowić doskonałą alternatywę dla tradycyjnie stosowanych metod, których wydajność jest często ograniczona.

Literatura

- Ahn C-H, Tull AR, Montello PM, Merkle SA. 2017. A clonal propagation system for Atlantic white cedar (*Chamaecyparis thyoides*) via somatic embryogenesis without the use of plant growth regulators. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 130:91–101 DOI: 10.1007/s11240-017-1206-7.
- Aronen TS, Krajnakova J, Häggman HM, Ryyänen LA. 1999. Genetic fidelity of cryopreserved embryogenic cultures of open-pollinated *Abies cephalonica*. *Plant Science* 142:163–172 DOI: 10.1016/S0168-9452(98)00244-1.
- Ballian D, Longauer R, Miki T, Paule L, Kajba D, Gömöry D. 2006. Genetic structure of rare European conifer, Serbian spruce (*Picea omorika* (Panč.) Purk.). *Plant Systematics and Evolution* 260:53–63 DOI: 10.1007/s00606-006-0431-z.
- Bonga JM. 2015. A comparative evaluation of the application of somatic embryogenesis, rooting of cuttings, and organogenesis of conifers. *Canadian Journal of Forest Research* 45:379–383 DOI: 10.1139/cjfr-2014-0360.
- Boratyński A, Bugała W red. 1998. *Biologia świerka pospolitego*. Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe.
- Budimir S, Vujičić R. 1992. Benzyladenine induction of buds and somatic embryogenesis in *Picea omorika* (Pančić) Purk. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 31:89–94 DOI: 10.1007/BF00037691.
- Bugała W. 2000. *Drzewa i krzewy*. Warszawa: PWRiL.
- Carlsson J, Egertsdotter U, Ganeteg U, Svennerstam H. 2019. Nitrogen utilization during germination of somatic embryos of Norway spruce: revealing the importance of supplied glutamine for nitrogen metabolism. *Trees* 33:383–394 DOI: 10.1007/s00468-018-1784-y.
- Chalupa V. 1985. Somatic embryogenesis and plantlet regeneration from cultured immature and mature embryos of *Picea abies* (L.) Karst. 14:57–63.
- Cyr DR. 1999. Cryopreservation of embryogenic cultures of conifers and its application to clonal forestry. W: Jain SM, Gupta PK, Newton RJ red. *Somatic embryogenesis in woody plants*. Kluwer Academic Publishers, 239–261.
- Cyr DR, Attree SM, El-Kassaby YA, Ellis DD, Polonenko DR, Sutton BCS. 2001. Application of somatic embryogenesis to tree improvement in conifers. *Progress in Biotechnology* 18:305–312 DOI: 10.1016/S0921-0423(01)80086-1.

- Dahrendorf J, Clapham D, Egertsdotter U. 2018. Analysis of nitrogen utilization capability during the proliferation and maturation phases of Norway spruce (*Picea abies* (L.) H.Karst.) somatic embryogenesis. *Forests* 9(6):288 DOI: 10.3390/f9060288.
- Dell’Oro M, Mataruga M, Sass-Klaassen U, Fonti P. 2020. Climate change threatens on endangered relict Serbian spruce. *Dendrochronologia* 59:125651 DOI: 10.1016/j.dendro.2019.125651.
- Denchev P, Grossnickle SC. 2019. Somatic embryogenesis for conifer seedling production: The biology of scaling. *Reforesta* 7:109–137 DOI: 10.21750/REFOR.7.08.70.
- Dyderski MK, Paż S, Frelich LE, Jagodziński AM. 2018. How much does climate change threaten European forest tree species distributions? *Global Change Biology* 24:1150–1163 DOI: 10.1111/gcb.13925.
- Egertsdotter U, Ahmad I, Clapham D. 2019. Automation and scale up of somatic embryogenesis for commercial plant production, with emphasis on conifers. *Frontiers in Plant Science* 10:109 DOI: 10.3389/fpls.2019.00109.
- Filonova LH, Bozhkov PV, von Arnold S. 2000a. Developmental pathway of somatic embryogenesis in *Picea abies* as revealed by time-lapse tracking. *Journal of Experimental Botany* 51:249–264 DOI: 10.1093/jexbot/51.343.249.
- Filonova LH, Bozhkov PV, Brukhin VB, Daniel G, Zhivotovskiy B, von Arnold S. 2000b. Two waves of programmed cell death occur during formation and development of somatic embryos in the gymnosperm, Norway spruce. *Journal of Cell Science* 113:4399–4411 DOI: 10.1242/jcs.113.24.4399.
- Finkle BJ, Zavala ME, Ulrich IM. 1985. Cryoprotective compounds in the viable freezing of plant tissues. W: Kartha KK red. *Cryopreservation of plant cells and organs*. Boca Raton: CRC Press, 75–113.
- Garcia C, Furtado de Almeida AA, Costa M, Britto D, Valle R, Royaert S, Marelli JP. 2019. Abnormalities in somatic embryogenesis caused by 2,4-D: an overview. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 137:193–212 DOI: 10.1007/s11240-019-01569-8.
- Grossnickle S, Major J. 1994. Interior spruce seedlings compared with emblings produced from somatic embryogenesis. III. Physiological-response and morphological development on a reforestation site. *Canadian Journal of Forest Research* 24:1397–1407 DOI: 10.1139/x94-180.
- Hakman I, Fowke LC, von Arnold S, Eriksson T. 1985. The development of somatic embryos in tissue cultures initiated from immature embryos of *Picea abies* (Norway spruce). *Plant Science* 38:53–59 DOI: 10.1016/0168-9452(85)90079-2.
- Hazubska T, Szczygieł K. 2003. Induction of somatic embryogenesis in spruce: *Picea omorika*, *P. pungens* “*Glauca*”, *P. breweriana* and *P. abies*. *Dendrobiology* 50:17–24.
- Hazubska-Przybył T, Bojarczuk K. 2008. Somatic embryogenesis of selected spruce species (*Picea abies*, *P. omorika*, *P. pungens* “*Glauca*” and *P. breweriana*). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 77:189–199 DOI: 10.5586/asbp.2008.023.
- Hazubska-Przybył T, Bojarczuk K. 2016. Tree somatic embryogenesis in science and forestry. *Dendrobiology* 76:105–116 DOI: 10.12657/denbio.076.010.
- Hazubska-Przybył T, Chmielarz P, Bojarczuk K. 2015. In vitro responses of various explants of *Fagus sylvatica*. *Dendrobiology* 73:135–144 DOI: 10.12657/denbio.073.014.
- Hazubska-Przybył T, Chmielarz P, Michalak M, Bojarczuk K. 2010. Cryopreservation of embryogenic tissues of *Picea omorika* (Serbian spruce). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 102:35–44 DOI: 10.1007/s11240-010-9701-0.
- Hazubska-Przybył T, Chmielarz P, Michalak M, Dering M, Bojarczuk K. 2013. Survival and genetic stability of *Picea abies* embryogenic cultures after cryopreservation using a pregrowth-dehydration method. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 113:303–313 DOI: 10.1007/s11240-012-0270-2.
- Hazubska-Przybył T, Kalemba EM, Ratajczak E, Bojarczuk K. 2016. Effects of abscisic acid and an osmoticum on the maturation, starch accumulation and germination of *Picea* spp. somatic embryos. *Acta Physiologiae Plantarum* 38:59 DOI: 10.1007/s11738-016-2078-x.
- Hazubska-Przybył T, Ratajczak E, Obarska A, Pers-Kamczyc E. 2020. Different roles of auxins in somatic embryogenesis efficiency in two *Picea* species. *International Journal of Molecular Sciences* 21:3394 DOI: 10.3390/ijms21093394.
- Hazubska-Przybył T, Wawrzyniak M. 2017. Stimulation of somatic embryo growth and development in *Picea* spp. by polyethylene glycol. *Dendrobiology* 78:168–178 DOI: 10.12657/denbio.078.016.
- Högberg K, Varis S. 2016. Vegetative propagation of Norway spruce: Experiences and present situation in Sweden and Finland. W: Park YS, Bonga JM, Moon H-K red. *Vegetative propagation of forest trees*. Seoul: National Institute of Forest Science, 528–550.
- Hudec L, Konrádová H, Hašková A, Lipavská H. 2016. Norway spruce embryogenesis: changes in carbohydrate profile, structural development and response to polyethylene glycol. *Tree Physiology* 36:548–561 DOI: 10.1093/treephys/tpw016.
- Ivetić V, Aleksić JM. 2019. Serbian spruce and climate change: Possible outcomes and conservation strategy. W: Šijačić-Nikolić M, Milovanović J, Nonić M red. *Forests of Southeast Europe under a changing climate*. Advances in Global Change Research 65. Cham: Springer, 353–371 DOI: 10.1007/978-3-319-95267-3_30.
- Jouini N, Yahyaoui E, Tarraf W, İzgü T, Benelli C, Lambardi M, Germanà MA. 2023. Somatic embryogenesis in *Abies nebrodensis*, an endangered Sicilian fir. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 152:393–404 DOI: 10.1007/s11240-022-02415-0.
- Klimaszewska K, Overton C, Stewart D, Rutledge RG. 2011. Initiation of somatic embryos and regeneration of plants from primordial shoots of 10-year-old somatic white spruce and expression profiles of 11 genes followed during the tissue culture process. *Planta* 233:635–647 DOI: 10.1007/s00425-010-1325-4.
- Klimaszewska K, Park Y-S, Overton C, Maceacheron I, Bonga JM. 2001. Optimized somatic embryogenesis in *Pinus strobus* L. *In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant* 37:392–399 DOI: 10.1007/s11627-001-0069-z.

- Kolevska-Pletikapi B, Krsnik-Rasol M, Lorkovi Z, Besendorfer V, Tramisak T, Jelaska S. 1995. Somatic embryogenesis in *Picea omorika* (Pan.) Purk. *Acta Pharmaceutica* 45:267–271.
- Koski V, Skrøppa T, Paule L, Wolf H, Turok J. 1997. Technical guidelines for genetic conservation of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Rome: International Plant Genetic Resources Institute.
- Latkowska M. J. 2002. Somatyczna embriogeneza roślin iglastych na przykładzie świerka pospolitego (*Picea abies* [L.] Karst.). *Biotechnologia* 4(59):210–226.
- Leljak-Levanić D, Mihaljević S, Jelaska S. 2009. Variations in DNA methylation in *Picea omorika* (Panč) Purk. Embryogenic tissue and the ability for embryo maturation. *Propagation of Ornamental Plants* 9:3–9.
- Lelu-Walter M-A, Thompson D, Harvengt L, Sanchez L, Toribio M, Pâques LE. 2013. Somatic embryogenesis in forestry with a focus on Europe: state-of-the-art, benefits, challenges and future direction. *Tree Genetics & Genomes* 9:883–899 DOI: 10.1007/s11295-013-0620-1.
- Mikuła A, Chmielarz P, Hazubska-Przybył T, Kulus D, Maślanka M, Pawłowska B, Zimnoch-Guzowska E. 2022. Cryopreservation of plant tissues in Poland: Research contributions, current status, and applications. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 91:9132 DOI: 10.5586/asbp.9132.
- Montwé D, Spiecker H, Hamann A. 2014. An experimentally controlled extreme drought in a Norway spruce forest reveals fast hydraulic response and subsequent recovery of growth rates. *Trees* 28:891–900 DOI: 10.1007/s00468-014-1002-5.
- Nawrot-Chorabik K. 2016. Plantlet regeneration through somatic embryogenesis in Nordmann's fir (*Abies nordmanniana*). *Journal of Forestry Research* 27:1219–1228 DOI: 10.1007/s11676-016-0265-7.
- Nawrot-Chorabik K, Marcol-Rumak N, Latowski D. 2021. Investigation of the biocontrol potential of two ash endophytes against *Hymenoscyphus fraxineus* using *in vitro* plant–fungus dual cultures. *Forests* 12:1750 DOI: 10.3390/f12121750.
- Nawrot-Chorabik K, Sułkowska M, Osmenda M, Mohytych V, Surówka E, Latowski D. 2022. The impact of biotic and abiotic stress factors on development of European ash tissue cultures. *Forests* 13:59 DOI: 10.3390/f13010059.
- Pérez-Luna A, Wehenkel C, Prieto-Ruiz JÁ, López-Upton J, Solís-González S, Chávez-Simental JA, Hernández-Díaz JC. 2020. Grafting in conifers. A review. *Pakistan Journal of Botany* 52:1369–1378 DOI: 10.30848/PJB 2020-4(10).
- Rosvall O. 2019. Using Norway spruce clones in Swedish forestry: general overview and concepts. *Scandinavian Journal of Forest Research* 34:336–341 DOI: 10.1080/02827581.2019.1614659.
- Ruad J-N, Bercetche J, Pâques M. 1992. First evidence of somatic embryogenesis from needles of 1-year-old *Picea abies* plants. *Plant Cell Reports* 11:563–566 DOI: 10.1007/BF00233093.
- Salonen F, Varis S, Aronen TS. 2017. From Petri dishes to bioreactors – First experiences on optimization of Norway spruce SE-process for bioreactors. W: Bonga JM Park Y-S, Trontin J-F red. *Proceedings of the 4th International Conference of the IUFRO Unit 2.09.02. on: “Development and application of vegetative propagation technologies in plantation forestry to cope with a changing climate and environment”*. September 19–23, 2016. La Plata, 317–321.
- Salopek B, Milaković TT, Mihaljević S, Jelaska S. 1997. Storage product accumulation during the maturation of *Picea omorika* (Panc.) Purk. somatic embryos. *Periodicum Biologorum* 99:117–124.
- Sierota Z, Grodzki W, Szczepkowski A. 2019. Abiotic and biotic disturbances affecting forest health in Poland over the past 30 years: Impacts of climate and forest management. *Forests* 10:75 DOI: 10.3390/f10010075.
- Subramanian N, Bergh J, Johansson U, Nilsson U, Sallnäs O. 2016. Adaptation of forest management regimes in southern Sweden to increased risks associated with climate change. *Forests* 7:8 DOI: 10.3390/f7010008.
- Szczygieł K. 2003. Somatyczna embriogeneza świerka pospolitego (*Picea abies* Karst.), jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) oraz modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.). (praca doktorska) Warszawa: Instytut Badawczy Leśnictwa.
- Szczygieł K. 2005. Somatyczna embriogeneza – alternatywny sposób uzyskania wyselekcjonowanego materiału sadzeniowego gatunków drzew iglastych. *Leśne Prace Badawcze* 2005(3):71–92.
- Szczygieł K. 2006. Możliwości wegetatywnego rozmnażania drzew leśnych *in vitro*. W: Sabor J red. *Elementy genetyki i hodowli selekcyjnej drzew leśnych*. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, 399–406.
- Szczygieł K, Hazubska-Przybył T. 2010. Światowe tendencje wykorzystania metod wegetatywnego rozmnażania drzew. *Leśne Prace Badawcze* 71(2):208–211.
- Szczygieł K, Hazubska-Przybył T, Bojarczuk K. 2007. Somatic embryogenesis of selected coniferous tree species of the genera *Picea*, *Abies* and *Larix*. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 76:7–15.
- Tikka M, Varis S, Peltola H, Aronen T. 2018. Improved germination conditions for Norway spruce somatic cotyledonary embryos increased survival and height growth of emblings. *Trees* 32:1489–1504 DOI: 10.1007/s00468-018-1728-6.
- Tramišak-Milaković T, Mihaljević S, Jelaska S. 1999. Effects of abscisic acid and carbohydrates on the maturation of *Picea omorika* (Panč.) Purk. somatic embryos. *Acta Botanica Croatica* 58:87–97.
- Välimäki S, Hazubska-Przybył T, Ratajczak E, Tikkinen M, Varis S, Aronen T. 2021. Somatic embryo yield and quality from Norway spruce embryogenic tissue proliferated in suspension culture. *Frontiers in Plant Science* 12:791549 DOI: 10.3389/fpls.2021.791549.
- Varis S, Tikkinen M, Välimäki S, Aronen T. 2021. Light spectra during somatic embryogenesis of Norway spruce – impact on growth, embryo productivity, and embling survival. *Forests* 12:301 DOI: 10.3390/f12030301.



Pomnik przyrody – dąb szypułkowy rosnący na terenie gminy Drawsko Pomorskie. Drzewo zostało zgłoszone do konkursu przyrodniczego „Odkryj swój pomnik przyrody” zorganizowanego przez gminę Drawsko Pomorskie (fot. Leszek Paradowski)

Nature monument – pedunculate oak growing in the area of Drawsko Pomorskie commune. The tree was nominated for the nature competition titled “Discover Your Nature Monument” organised by the commune of Drawsko Pomorskie (photo Leszek Paradowski)

Klony jako modele: odkrywanie tajemnic fizjologii nasion drzew

Maples as model trees for exploring the physiology of woody plant seeds

HANNA FUCHS¹, JOANNA KIJOWSKA-OBERC²,
EWELINA RATAJCZAK³

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

e-mail: ¹hkijak@man.poznan.pl, ²joberc@man.poznan.pl, ³eratajcz@man.poznan.pl

Submitted: 4 September 2023; Accepted: 9 November 2023

ABSTRACT: Trees, due to their uniqueness, present a truly remarkable challenge for biological research. Their distinct characteristics such as a long life cycle, size, and complexity, lack of standardized models, and technical challenges pose numerous difficulties for scientists, yet it is a challenge worth undertaking as it will significantly enrich our understanding of nature. Nevertheless, scientists are undeterred, as potential discoveries in tree biology hold immense value. Despite these challenges, research on trees and woody plants is incredibly vital. These organisms play a pivotal role in ecosystems, influencing various aspects of nature. They are indispensable for comprehending climate changes, conserving biodiversity, and sustainable management of natural resources. Recent advancements in technology and research techniques open new horizons for scientists, enabling more precise and innovative tree studies. It is an encouraging signal for plant biologists, suggesting that the future of tree research holds many exciting discoveries. It is important to note that there is no one universal model for studying the entire plant kingdom. The rich history of the Institute of Dendrology PAS in Kórnik in seed research of Norway maple and sycamore provides numerous insights into the physiology of their seeds, serving as a solid foundation for these species to become a model for the study of tree seeds. This underscores the fact that different plant species may require distinct approaches, and a single, universal model is not feasible. Nevertheless, each of these specialized models contributes to the broader understanding of plant biology, highlighting the complexity and diversity of the plant kingdom.

Wstęp

W dzisiejszej nauce organizmy modelowe odgrywają kluczową rolę w poszerzaniu naszej wiedzy o biologii i ekologii. Te wybrane gatunki mają unikalne cechy i stanowią skarbnicę wiedzy dla badaczy, umożliwiając prowadzenie konkretnych i nieraz wyspecjalizowanych badań, które pomagają nam lepiej zrozumieć skomplikowane aspekty natury. W przypadku roślin wyłoniono kilka organizmów modelowych, które jako powszechnie stosowane odegrały kluczową rolę w Rewolucji naszego rozumienia biologii roślin. Modele takie jak *Arabidopsis thaliana* (rzodkiewnik

pospolity) czy *Oryza sativa* (ryż) stały się nieodłącznymi elementami badań w biologii molekularnej, genetyce, ekologii i innych dziedzinach związanych z roślinami.

Organizmy modelowe, zarówno rośliny, jak i zwierzęta, mają pewne charakterystyczne cechy, które sprawiają, że są one atrakcyjne dla badaczy. Do najważniejszych z nich zalicza się:

1. Krótki cykl życiowy: przechodzą przez wszystkie etapy rozwoju w stosunkowo krótkim czasie. Dzięki temu badacze mogą przeprowadzać obserwacje i badania na wielu pokoleniach w ciągu zaledwie kilku miesięcy.

2. Prosta genetyka: zazwyczaj mają małą liczbę chromosomów i genów, co upraszcza badania dziedziczenia i funkcji genów.
3. Łatwa hodowla w laboratorium: organizmy modelowe są stosunkowo łatwe i utrzymania w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych, co zapewnia spójność i powtarzalność wyników badań.
4. Duża dostępność materiału badawczego: ich popularność sprawia, że są szeroko dostępne w laboratoriach na całym świecie, co ułatwia wymianę informacji i współpracę między badaczami.

Spółeczność naukowa, kiedy wprowadzała pojęcie organizmu modelowego, zakładała, że będzie to jeden gatunek, uniwersalny, który pozwoli w łatwiejszy sposób badać fundamentalne zjawiska zachodzące również w bardziej skomplikowanych organizmach. Jednak rzeczywistość to założenie zrewidowała i dziś już wiemy, że jeden idealny model dla królestw wyróżnianych w taksonomii nie istnieje. Drzewa wydają się zaprzeczeniem organizmu o powyższych cechach, ponieważ nie mają ani prostej budowy, ani mało skomplikowanego genomu, a ich hodowla do łatwych nie należy. Jednak w kontekście zmieniającego się klimatu wydają się kluczem do zachowania bioróżnorodności w ekosystemach i redukcji CO₂ w atmosferze. Istnieje więc potrzeba ustandaryzowania badań nad tą grupą roślin.

Zmiana klimatu stawia naszą cywilizację przed ogromnym wyzwaniem. Wieloletnie susze, kapryśna pogoda i rosnące temperatury to tylko wierzchołek góry lodowej. Wszystko to ma wpływ na nasze lasy, wprowadzając je w stan, którego konsekwencją mogą być dramatyczne migracje, a nawet wyginięcie niektórych gatunków, a drzewa, jako organizmy długowieczne, nie zawsze radzą sobie z szybkimi zmianami w otoczeniu.

Globalne ocieplenie silnie oddziałuje na krajobraz leśny na całym świecie, co grozi poważnymi zmianami w składzie gatunkowym drzewostanów. Nasiona są kluczowym elementem, który kształtuje ekosystem leśny, a zmiana klimatu może skutkować drastycznym spadkiem ich produkcji, zdolności do kiełkowania i żywotności. To może oznaczać, że całe odnowienia lasów znajdują się krytycznej sytuacji. Ale co gorsza, większość naukowych modeli zmian w strukturze lasów ignoruje fakt, że nasiona nie stanowią zasobu nieograniczonego. Te modele zakładają, że nasiona są dostępne zawsze, nawet jeśli drzewa są w fazie starości. Niestety, tak nie jest. W ostatnich dziesięcioleciach zauważono związek między wzrostem średnich temperatur a synchronizacją rozrodczą wielu gatunków drzew żyjących w klimacie umiarkowanym. Wysokie temperatury są przez niektóre drzewa odbierane jako sygnał do przygotowania się do intensywnej produkcji nasion, co obserwujemy jako rok masowego obradzania (Koenig i in., 2016). Wzrost temperatury powoduje, że drzewa wytwarzają więcej kwiatów (Pearse i in., 2016), ale jeśli w wyniku globalnego ocieplenia zdarza się to co roku, skutkuje desynchronizacją rozrodczą (Monks i in., 2016). Ponadto kwiaty nie są skutecznie zapylane, co prowadzi do wytworzenia licznych pustych nasion. Oczywiście możemy łagodzić ten problem, gromadząc nasiona w bankach genów, co pomaga zachować różnorodność

biologiczną, jednak starzeją się one nawet w kontrolowanych warunkach, dlatego tak ważne jest, aby poznawać mechanizmy sterujące fizjologią nasion drzewiastych, by móc oceniać i wpływać na ich jakość.

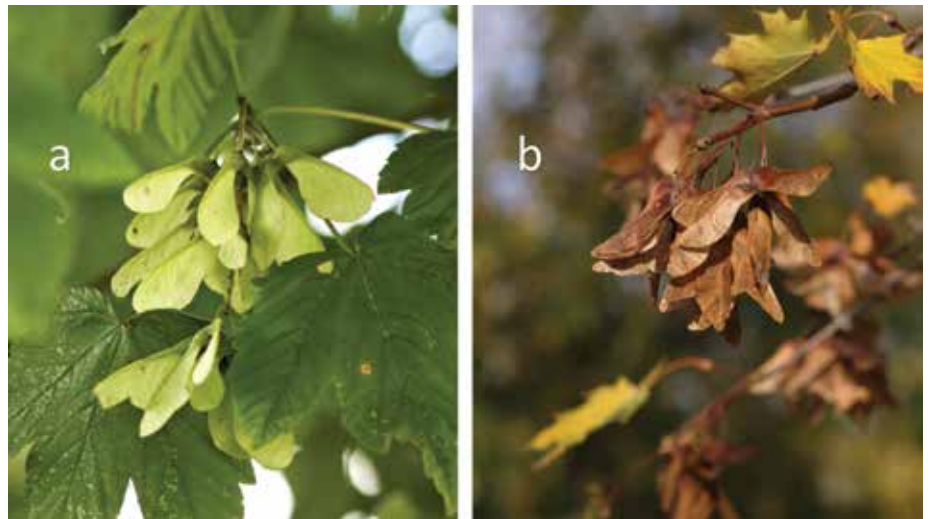
Badania nad roślinami drzewiastymi są niezwykle istotne, mimo że stawiają przed naukowcami trudne wyzwania. Te organizmy odgrywają kluczową rolę w ekosystemach, wpływając na wiele aspektów przyrody. Są niezbędne dla zrozumienia zmian klimatycznych, ochrony różnorodności biologicznej oraz zrównoważonego zarządzania zasobami naturalnymi. W ostatnich latach rozwój nowych technologii i zaawansowanych technik badawczych otwiera przed naukowcami nowe perspektywy, pozwalając na bardziej precyzyjne i innowacyjne badania nad drzewami. To zachęcający sygnał dla badaczy zajmujących się biologią roślin, który może sprawić, że przyszłość badań nad drzewami przyniesie wiele fascynujących odkryć. Jednak poznawanie fundamentalnych zjawisk z zakresu fizjologii i biologii molekularnej nasion wymaga skupienia wysiłków na jednym obiekcie, który później będzie mógł posłużyć za podstawę dalszych badań, np. populacyjnych. Z pomocą przychodzą nasiona klonów: jaworu (*Acer pseudoplatanus*) i zwyczajnego (*A. platanoides*), które są intensywnie badane od wielu lat w Instytucie Dendrologii PAN i stanowią nieoficjalne modele do badań nad fizjologią nasion roślin drzewiastych. Zasoby wiedzy na temat fizjologii dojrzewania i starzenia się nasion tych gatunków są już całkiem spore i tworzą dobrą bazę do dalszych badań molekularnych. Dlaczego akurat te gatunki dobrze się sprawdzają w tej roli?

Klony jako modele fizjologii nasion drzew

Klon jawor i klon zwyczajny, choć należą do tego samego rodzaju, *Acer*, produkują nasiona, które skrajnie różnią się pod względem fizjologii. Klon zwyczajny wytwarza nasiona kategorii *orthodox*, które są wyjątkowo odporne na wysychanie i mogą być suszone do bardzo niskich poziomów wilgotności, dzięki czemu mogą być przechowywane w suchych i zimnych warunkach przez dłuższy czas. Z kolei klon jawor produkuje nasiona kategorii *recalcitrant*, które są wrażliwe na utratę wilgoci, co oznacza, że nie mogą być zbyt długo podsuszane. Pozostają bardziej aktywne metabolicznie, przez co są narażone na silniejszy stres oksydacyjny. Zwykle po kilku miesiącach przechowywania tracą żywotność i nie nadają się do wykorzystania (Kijak i Ratajczak, 2020).

Nasiona *recalcitrant* często pochodzą z drzew rosnących w gorącym i wilgotnym klimacie, gdzie utrzymująca się wysoka wilgotność jest zjawiskiem naturalnym. Pozostawianie w suchych warunkach powoduje u nich utratę żywotności, co jest niebezpieczne w przypadku utraty naturalnych siedlisk tych gatunków. Z kolei nasiona *orthodox*, odporne na wysychanie, są częściej produkowane przez drzewa rosnące w bardziej suchych i zimnych regionach. Dają nam możliwość długotrwałego przechowywania, transportu i tworzenia banków nasion, co ma kluczowe znaczenie dla ochrony i odtwarzania różnorodności biologicznej.

Zasięgi występowania omawianych klonów w przeważającej części się nakładają, można więc powiedzieć, że rosną



Ryc. 1. Skrzydłaki:
a) klonu jaworu, b) klonu zwyczajnego

Fig. 1. Samaras:
a) sycamore, b) Norway maple

w takich samych lub zbliżonych warunkach klimatycznych (Caudullo i in., 2017). Dzięki temu w badaniach fizjologii nasion można wykluczyć środowisko jako czynnik wpływający na wytwarzanie nasion danej kategorii. Klony mają jeszcze jedną dużą zaletę. Zwykle obradają każdego roku, a więc nasiona do badań są szeroko dostępne. Naukowcy nie muszą się martwić, jak w przypadku buka czy dębu, czy w danym roku będą mogli liczyć na świeży materiał do kolejnych eksperymentów.

Podwaliny pod dzisiejsze badania nad fizjologią nasion stanowią liczne publikacje powstałe już pod koniec XX w. Od opisanego zmian w zawartości cukrów w nasionach klonu zwyczajnego podczas ustępowania spoczynku (Krawiarz, 1994), przez szczegółowo opisaną charakterystykę rozwoju nasion klonu zwyczajnego i jaworu (Pukacka, 1998), po dokładne wytyczne dotyczące zbioru, oceny jakości i stratyfikacji nasion (Suszka i in., 2000). Uwadze nie może również

umknąć obszerne opracowanie z serii „Nasze drzewa leśne” pod redakcją prof. Władysława Bugały poświęcone biologii klonów. Syntezy wiedzy dotyczącej nasion klonów i postępowania z nimi w hodowli bądź uprawie w przystępny sposób dokonał natomiast dr hab. Tadeusz Tylkowski w monografii „Przedsięwzięte traktowanie nasion drzew, krzewów, pnączy i krzewinek” (2016).

Odkrycia naukowe: różnice w zawartości askorbinianu i glutationu w nasionach klonu zwyczajnego i klonu jaworu

Klony, jako modele badawcze, wielokrotnie przyczyniły się do lepszego zrozumienia różnorodnych aspektów związanych z fizjologią, biochemią oraz biologią molekularną rozwoju nasion. Szczególnie ciekawą kwestią było badanie poziomu kwasu askorbinowego oraz glutationu – dwóch ważnych antyoksydantów uczestniczących w regulacji stanu redoks w komórkach nasion podczas procesu dojrzewania oraz przechowania nasion wspomnianych dwóch gatunków klonów o odmiennej tolerancji na suszę. Poziom regulacji stanu redoks w komórkach jest istotny dla zachowania prawidłowego przebiegu procesów metabolicznych, należy bowiem pamiętać, że ich aktywność zależy od stanu redoks, czyli reakcji utleniania i redukcji.



Ryc. 2. Klony zwyczajne
w Arboretum Kórnickim

Fig. 2. Norway maples in the Kórník
Arboretum

Badania te zostały przeprowadzone w Instytucie Dendrologii PAN, a ich wyniki ujawniły istotne różnice w równowadze stanu redoks askorbinianu i glutationu między tymi dwoma kategoriami nasion w trakcie ich rozwoju (Pukacka i Ratajczak, 2007). Okazało się, że istnieje silny związek między zawartością glutationu a zdolnością nasion klonu zwyczajnego do przetrwania procesu podsuszania. Co interesujące, aktywność enzymów zaangażowanych w przemiany askorbinianu i glutationu, czyli aktywność całego cyklu askorbionowo-glutationowego (w tym peroksydazy askorbinianowej, reduktazy monodehydroaskorbinianowej, reduktazy dehydroaskorbinowej oraz reduktazy glutationowej i peroksydazy glutationowej, które pełnią funkcje ochronne w warunkach stresu oksydacyjnego) różniła się nieznacznie u obu tych gatunków. W miarę jak nasiona dojrzewały, zawartość kwasu askorbinowego i aktywność wymienionych enzymów były u nich praktycznie identyczne. Podobieństwo to zaobserwowano również w ilości i rodzaju izoenzymów peroksydazy askorbinianowej. Jednak w trakcie dojrzewania nasion u obu gatunków aktywność tych enzymów stopniowo spadała.

Kiedy nasiona klonu jaworu były suszone do wilgotności poniżej 26%, zauważono wyraźny spadek zdolności kiełkowania oraz wzrost wytwarzania reaktywnych form tlenu, które mogą być szkodliwe dla komórek. U klonu zwyczajnego proces podsuszania aktywował bardziej efektywny system obronny, co przejawiało się w większej zawartości glutationu oraz wyższym poziomem stanu równowagi redoks. Ponadto zaobserwowano zwiększoną aktywność enzymów zaangażowanych w przemiany askorbinianu i glutationu. To odkrycie przynosi nam cenną wiedzę o mechanizmach obronnych roślin, będących reakcją na zmieniające się warunki środowiskowe, w tym suszę.

Podczas utraty wody w nasionach klonu zwyczajnego zachodzą intensywniejsze reakcje chemiczne prowadzące do tworzenia wiązań siarczkowych w białkach w porównaniu z występującymi u klonu jaworu. Wszystkie te wyniki sugerują, że w nasionach *orthodox* cykl askorbinianowo-glutationowy odgrywa ważną rolę w zdobywaniu tolerancji na suszę, dojrzewaniu białek oraz ochronie przed reaktywnymi formami tlenu.

Przebudzenie: tajemnice i hormonalne mechanizmy spoczynku nasion

Nie wszystkie nasiona kiełkują od razu; trwają w spoczynku, czekając na lepsze warunki środowiskowe. To właśnie zjawisko zwane spoczynkiem nasion może je powstrzymać od rozwoju przez pewien czas. Ta kontrola może wynikać z cech samego nasiona lub z warunków zewnętrznych, w jakich przebywa. To tak, jakby wewnętrzny zegar nasion mówił: „Poczekaj chwilę, jeszcze nie teraz”.

Co ciekawe, spoczynek jest w pewnym sensie zaprogramowany genetycznie. Nasiono ma taką budowę, że do kiełkowania nie dochodzi przez jakiś czas, niezależnie od tego, czy na zewnątrz jest korzystny moment na wzrost czy nie. Ale możemy na to zjawisko wpłynąć. Na przykład nasiona z głębokim spoczynkiem można pobudzić do kiełkowania poprzez różnorodne zabiegi, takie jak chłodzenie. To niesamowite, jak nauka pozwala nam zrozumieć i manipulować tymi naturalnymi procesami, a nasiona stają się kluczem do rozwiązania wielu tajemnic związanych z ich dojrzewaniem.

W procesie przełamania spoczynku nasion wkraczają na scenę hormony. To właśnie ich aktywność w nasionach decyduje, czy będą one trwać w spoczynku. Niektóre hormony działają hamująco, blokując kiełkowanie (jak kwas absycynowy, ABA), a inne stymulują wzrost (jak gibbereliny, GA). Nieprawidłowa proporcja tych hormonów może prowadzić do przedłużającego się stanu spoczynku nasion (Pawłowski, 2009).

Jednocześnie istotne jest badanie proteomiki, czyli zestawu białek w komórkach, tkankach lub całych organach, w tym przypadku w nasionach. Daje nam to szansę obserwacji jednoczesnych zmian wzorców gromadzenia się białek, gdy nasiona budzą się ze spoczynku. Analiza funkcji tych białek i powiązanych z nimi ścieżek metabolicznych,



Ryc. 3. Klon jawor
w Arboretum Kórnickim

Fig. 3. Sycamore
in the Kórnik Arboretum

w połączeniu z działaniem roślinnych hormonów zaangażowanych w przełamywanie spoczynku nasion, pozwala nam zrozumieć ten proces. To jak rozgryzanie tajemniczego kodu, który nasiona wykorzystują, aby zdecydować, że przyszedł czas, aby wyrastać i podbić świat!

Odkryto, że ABA zmniejsza ilość pewnych białek związanych ze wzrostem i rozwojem siewek, podczas gdy GA – hormony stymulujące wzrost – zwiększają ilość tych białek. Znaczące zmiany miały miejsce głównie na końcu stratyfikacji, kiedy nasiona rozpoczynały proces kiełkowania. To właśnie wtedy nasiona wychodzą ze stanu spoczynku i stają się aktywne. Proces ten angażuje wiele białek odpowiedzialnych za różne funkcje, ale kilka z nich odgrywa wyjątkowo istotną rolę. Chodzi tu o białka proteasomu, które pełnią funkcję „sprzątaczy” wewnątrz komórek, a także o enzym syntetazę S-adenozylometioniny oraz białko wiążące RNA bogate w glicynę. Wszystkie one mają kluczowy wpływ na ten proces.

Ciekawostką jest, że efekt zewnętrznie stosowanych hormonów nie okazał się decydujący dla całkowitego zahamowania uśpienia nasion (w przypadku ABA) czy pobudzenia kiełkowania (w przypadku GA) u klonu zwyczajnego, jednak dane uzyskane z analizy proteomicznej dowodzą, że te hormony odgrywają istotną rolę w procesie przełamywania spoczynku nasion i uruchamiania procesu kiełkowania. To jak odkrywanie kulisów budzenia nasion do życia, a ta wiedza otwiera przed nami nowe perspektywy w zrozumieniu tego niezwykle interesującego procesu.

Stan redoks a odporność na suszę

W trakcie badań prowadzonych w Instytucie Dendrologii PAN analizowano nasiona klonu zwyczajnego i jawora w różnych etapach wzrostu. Przyjrzyjmy się, co tam dokładnie działo się i jakie są różnice w ich wewnętrznych procesach związanych ze stanem redoks. Nasiona klonu zwyczajnego mniej więcej w 18 tygodniu po kwitnieniu nabywają tolerancji na desykcję, podczas gdy nie dochodzi do tego w przypadku nasion jawora. Badania Ratajczak i in. (2019) wykazały, że w przypadku klonu zwyczajnego w 18 tygodniu po kwitnieniu nasiona miały największą zawartość białek, głównie tych zawierających grupy tiolowe (disulfidowe). W nasionach jawora te poziomy stale rosły w miarę dojrzewania, co sugeruje, że w ich komórkach panował wyższy stan utlenienia niż w nasionach klonu zwyczajnego.

Przyjrano się też specjalnym białkom znanym jako peroksyredoksyny (Prx), małym cząsteczkom pełniącym funkcje antyoksydacyjne, czyli grającym istotną rolę w regulacji redoks w adaptacji roślin do zmieniających się warunków środowiska. U obu klonów występowały różne rodzaje tych białek. Ciekawym odkryciem było to, że w nasionach klonu zwyczajnego były wyższe poziomy niektórych rodzajów Prx, które potrafią skutecznie likwidować nadmiar nadtlenków. To może być kluczowy mechanizm, który pomaga roślinom radzić sobie w bardziej wymagających warunkach.

Dodatkowe analizy proteomiczne wykazały, że białko 2-Cys-Prx występowało w postaci zredukowanej w obu gatunkach, podczas gdy 1-Cys-Prx było zredukowane tylko w nasionach klonu zwyczajnego. Zidentyfikowano rów-



Ryc. 4. a) Laboratorium Zakładu Biologii Rozwoju w Instytucie Dendrologii PAN w Kórniku, w trakcie pracy, b) obrane nasiona klonu zwyczajnego, c) obrane nasiona Klonu jawora

Fig. 4. a) Laboratory of the Department of Developmental Biology at the Institute of Dendrology of the Polish Academy of Sciences in Kórnik, during work, b) peeled seeds of Norway maple, c) peeled seeds of sycamore maple

niez enzymy, które były bardziej podatne na utlenianie na wszystkich etapach rozwoju nasion jawora. Omówiono także znaczenie sygnałów redoks w kontekście obecności reaktywnych form tlenu oraz procesu utleniania tioli białkowych do struktur zwanych disulfidami. Wszystkie te obserwacje są istotne dla zrozumienia, jakie cechy charakteryzują nasiona *orthodox* (klon zwyczajny) oraz *recalcitrant* (jawor), które różnią się zdolnością do przetrwania w trudniejszych warunkach środowiskowych.

W innych badaniach (Ratajczak i in., 2013) wykryto obecność mitochondrialnej peroksyredoksyny IIF (PRXIIF) w nasionach obu gatunków. Analizy przeprowadzone za pomocą metody qPCR (reakcja łańcuchowa polimerazy w czasie rzeczywistym) wykazały, że poziomy tran skryptów PRXIIF w obu kategoriach nasion wzrastały podczas poduszania do różnej zawartości wody, a były one wyższe w nasionach klonu zwyczajnego niż jawora. Przeprowadzono również ogólne analizy proteomiczne (2D redoks-elektroforeza). Wykazały one znaczące różnice między nasionami, które dobrze znoszą odwodnienie (klon zwyczajny), a tymi, które są bardziej wrażliwe (jawor). W nasionach jawora odwadnianych poniżej poziomu dla nich optymalnego stwierdzono niższą zawartość białek tiolowych regulujących stan redoks aniżeli w nasionach klonu zwyczajnego (ryc. 4).

Jednym z ważnych odkryć było wykrycie modyfikacji potranslacyjnych PRXIIF w nasionach, które miały początkowo 50% wilgotności. Analiza elektroforezy dwukierunkowej i Western Blot wykazała zmiany wartości pI (punktu izoelektrycznego) o $\pm 0,3$ w przypadku jawora. Sugeruje to

możliwość fosforylacji, co jest istotne, gdyż w analizie bioinformatycznej przewidziano wiele potencjalnych miejsc fosforylacji dla tego białka. Uzyskano sekwencje genów oraz aminokwasów PRXIIF i porównano je ze znanymi sekwencjami innych genów i białek PRXIIF występujących u roślin. Warto podkreślić, że odnotowano wysokie wartości tożsamości sekwencji PRXIIF pomiędzy białkami u różnych gatunków *Acer*, a także *Populus trichocarpa* oraz *Arabidopsis thaliana*.

Odkrycia te prowadzą do dyskusji na temat roli PRXIIF w różnicach fizjologicznych między nasionami klonu zwyczajnego, które dobrze znoszą poduszanie/utratę wody, a nasionami jawora, które są bardziej wrażliwe. Rozważana jest również rola PRXIIF w utrzymaniu równowagi redoks w mitochondriach. Te badania mogą wnosić cenne informacje o mechanizmach przystosowawczych roślin do poduszania i mają duże znaczenie dla zrozumienia, jak rośliny reagują na skomplikowane zmiany środowiskowe.

Podsumowanie

Odkrycie fascynującego świata klonów jako modelowych roślin badawczych ukazuje nam tajemnice, jakie drzemia w nasionach. Badacze z Instytutu Dendrologii PAN zgłębiają mechanizmy dojrzwania i spoczynku nasion, a także ich starzenia się, w wyniku którego nasiona tracą swoją najważniejszą właściwość, jaką jest zdolność do kiełkowania. Nasiona to małe cuda natury ukrywające się w różnorodnych hormonach i białkach, które układają się w złożony system decydujący o ich losie.

Analiza proteomiczna pomaga nam odkrywać zmiany, jakie zachodzą w nasionach na różnych etapach ich życia. Wartościowe dane pozyskane podczas tych badań nad jaworem i klonem zwyczajnym wskazują, że różnice w ilości i rodzaju białek odgrywają kluczową rolę w utrzymaniu żywotności nasion. Te odkrycia mają doniosłe znaczenie zarówno dla naszego zrozumienia procesów zachodzących w naturze, jak i dla długoterminowej ochrony bioróżnorodności. Poznanie sposobów, w jakie nasiona kontrolują swoje „wewnętrzne zegary”, pomaga nam przewidzieć, jak gatunki drzew poradzą sobie w zmieniającym się środowisku. Dzięki temu będziemy lepiej przygotowani do zachowania równowagi ekosystemów w obliczu zmian klimatycznych i innych wyzwań, które stawia przed nami zmieniające się środowisko.

Poznanie mechanizmów molekularnych charakterystycznych dla tych różnych kategorii nasion jest nie tylko istotne dla zrównoważonego gospodarowania zasobami genetycznymi drzew, ale także dla ochrony bioróżnorodności na skalę globalną. Dzięki lepszemu zrozumieniu strategii reprodukcyjnych różnych gatunków oraz ich adaptacji do różnych warunków środowiskowych możemy efektywniej chronić cenne elementy przyrody. W tym zadaniu pomocne jest ustanowienie standardowego modelu dla badań molekularnych nad fizjologią nasion.

Poprzez właściwą ochronę nasion i ich różnorodności możemy przyczynić się do zrównoważonego zarządzania ekosystemami, minimalizując jednocześnie wpływ zmian

klimatycznych i utraty siedlisk na różnorodność biologiczną naszej planety. Działając w ten sposób, dbamy o naszą naturalną spuściznę i przyszłość ekosystemów, które są kluczowe dla równowagi na Ziemi.

Literatura

- Caudullo G, Welk E, San-Miguel-Ayán J. 2017. Chorological maps for the main European woody species. Data in Brief 12:662–666 DOI: 10.1016/j.dib.2017.05.007.
- Kijak H, Ratajczak E. 2020. What do we know about the genetic basis of seed desiccation tolerance and longevity? International Journal of Molecular Sciences 21:3612 DOI: 10.3390/ijms21103612.
- Koenig WD, Alejano R, Carbonero MD, Fernández-Rebollo P, Knops JMH, Marañón T, Padilla-Díaz CM, Pearse IS, Pérez-Ramos IM, Vázquez-Piqué J, Pendorfer MB. 2016. Is the relationship between mast-seeding and weather in oaks related to their life-history or phylogeny? Ecology 97:2603–2615 DOI: 10.1002/ecy.1490.
- Krawiarz K. 1994. Zmiany zawartości cukrów w nasionach klonu zwyczajnego (*Acer platanoides* L.) podczas uszypowania spoczynku. Arboretum Kórnickie 39:135–144.
- Monks A, Monks JM, Tanentzap AJ. 2016. Resource limitation underlying multiple masting models makes mast seeding sensitive to future climate change. New Phytologist 210:419–430 DOI: 10.1111/nph.13817.
- Pawłowski TA. 2009. Proteome analysis of Norway maple (*Acer platanoides* L.) seeds dormancy breaking and germination: influence of abscisic and gibberellic acids. BMC Plant Biology 9:48 DOI: 10.1186/1471-2229-9-48.
- Pearse IS, Koenig WD, Kelly D. 2016. Mechanisms of mast seeding: resources, weather, cues, and selection. New Phytologist 212:546–562 DOI: 10.1111/nph.14114.
- Pukacka S. 1998. Charakterystyka rozwoju nasion klonu zwyczajnego [*Acer platanoides* L.] i jaworu [*Acer pseudoplatanus* L.]. Arboretum Kórnickie 43:91–104.
- Pukacka S, Ratajczak E. 2007. Ascorbate and glutathione metabolism during development and desiccation of orthodox and recalcitrant seeds of the genus *Acer*. Functional Plant Biology 34:601–613 DOI: 10.1071/FP07013.
- Ratajczak E, Dietz K-J, Kalemba EM. 2019. The occurrence of peroxiredoxins and changes in redoxstate in *Acer platanoides* and *Acer pseudoplatanus* during seed development. Journal of Plant Growth Regulation 38:298–314 DOI: 10.1007/s00344-018-9841-8.
- Ratajczak E, Ströher E, Oelze ML, Kalemba EM, Pukacka S, Dietz KJ. 2013. The involvement of the mitochondrial peroxiredoxin PRXIIF in defining physiological differences between orthodox and recalcitrant seeds of two *Acer* species. Functional Plant Biology 40:1005–1017 DOI: 10.1071/FP13002.
- Suszka B, Muller C, Bonnet-Masimbert M. 2000. The seeds of deciduous forest trees from their harvesting to sowing. Paris: INRA Editions.
- Tylkowski T. 2016. Przedsięwzięcie traktowanie nasion drzew, krzewów, pnączy i krzewinek. Warszawa: Centrum Informacyjne Lasów Państwowych.

Zsekwencjonowanie całego genomu sagowca *Cycas panzhihuaensis* – wybrane implikacje teoretyczne dla współczesnej botaniki

Whole genome sequencing of *Cycas panzhihuaensis*
– selected theoretical implications for modern botany

TADEUSZ PIETRAS

II Klinika Psychiatryczna Instytutu Psychiatrii i Neurologii w Warszawie
ul Sobieskiego 9, PL-02-957 Warszawa
e-mail: tadeusz.pietras@umed.lodz.pl

Submitted: 19 February 2023; Accepted: 30 June 2023

ABSTRACT: In 2022, the full genome of *Cycas panzhihuaensis* was decoded, prompting some noteworthy reflections. Understanding the cycad's genome indirectly confirms the monophyletic nature of seed plants and the occurrence of genome duplication in the common ancestor of seed plants. Cycads, as an archaic group, have persisted into modern times, probably due to the multiplication of genes conferring resistance to fungal and viral infections, as well as a high content of toxins poisonous to herbivores. The presence of movable spermatophores, genes enabling flagellum function, and comparisons of gene sequences suggest that Cycadophyta and Ginkgophyta probably constitute a sister clade to the clade comprising conifers and Gnetophyta.

Key words: genome, cycads, seed plants, evolution

Wstęp

Sagowce to długowieczne rośliny drzewiaste, które w przeciwieństwie do innych roślin nagonasiennych mają liście przypominające pierzasto złożone liście palm skupione na szczycie charakterystycznego pnia. Współczesne sagowce obejmują dwie rodziny, sagowcowate (cykasowate, Cycada-ceae) i zamiowate (Zamiaceae). Wśród sagowców wyróżnia się obecnie 11 rodzajów i 360 gatunków, przy czym do rodziny zamiowatych zalicza się następujące rodzaje: *Lepidozamia*, *Encephalartos* (zgłowień, moźdżeniec), *Macrozamia* (makrozamia), *Bowenia*, *Dioon* (dioon, głąbiec), *Zamia* (zamia, maczugowiec), *Microcycas* (mikrocycas), *Ceratozamia* (ceratozamia, różyca) i *Stangeria* (stangeria). Do sagowcowatych natomiast należy tylko jeden rodzaj – *Cycas* (sagowiec, sago, cykas) (Condamine i in., 2015). W polskojęzycznej literaturze wiele podstawowych informacji o sagowcach zawarto w artykule Beyersa i Pacyny (2012) w czasopiśmie „Wszechświat”.

Rośliny nasienne, prawdopodobnie wraz z kopalną grupą pranagozalążkowych (Progymnospermophyta), są najwyżej rozwiniętym kladem w ewolucji roślin telomowych i całej grupy roślin zielonych (Viridiplantae) (Zhang i in., 2022). Cechują się przyrostem wtórnym, tzn. obecnością kambium wytwarzającego wtórny floem i ksylem. Cechą charakterystyczną roślin nasiennych, jako roślin naczyniowych, jest obecność wiązek przewodzących, w których pomiędzy łykiem a drewnem znajduje się kambium. Umożliwiło to powstanie roślin drzewiastych, co było sukcesem ewolucyjnym. W wielu liniach ewolucyjnych roślin okrytonasiennych przyrost na grubość zaniknął, dając początek przebogatej grupie roślin zielonych. W kladzie roślin jednoliściennych zazwyczaj nie ma kambium i przyrostu wtórnego na grubość, a jeśli przyrost wtórny jest obecny, przebiega w specyficzny sposób (rośliny jednoliścienne pochodzą od roślin mających kambium, zatem jego brak u nich jest cechą wtórną) (Hejnowicz, 2002). Rośliny nasienne charakteryzują się także tworzeniem nasion i całkowitym uzależnieniem fazy haploidalnej

(gametofitu) od rośliny diploidalnej (sporofitu) (z wyjątkiem Progymnospermophyta) oraz niezwykłą plastycznością ewolucyjną (Tomescu i Groover, 2019). Odniosły one znaczny sukces ewolucyjny, będąc dominującą grupą roślin na lądzie od ery mezeofitycznej (rośliny nagonasienne) aż do czasów współczesnych (okrytonasienne) (Szafer i Kostyniuk, 1962; Blomenkemper i in., 2020). Rośliny nagonasienne są ważnym elementem światowej dendroflory, szczególnie na półkuli północnej w strefie klimatu borealnego i w górach (Szweykowska i Szweykowski, 1993; Kornaś i Medwecka-Kornaś, 2002).

Badania molekularne wskazują, że rośliny nasienne są kładem monofiletycznym¹ wywodzącym się ze wspólnego pnia z paprociowymi (Polypodiopsida) – obejmującymi skrzypowe, nasięźrzałowe, strzelichowe i paprotkowe (Christenhusz i Chase, 2014; Ran i in., 2018; Åstrand i in., 2021). Na początku XX w. rośliny nasienne traktowano jako jedną gromadę (typ) z dwoma podgromadami (podtypami) – rośliny nagonasienne (nagozalążkowe) i rośliny okrytonasienne (okrytozalążkowe) (Strasburger red, 1967). Pod koniec XX w. uważano z kolei, że wśród nagonasiennych były dwie niezależnie ewoluujące grupy – nagozalążkowe drobno-listne i nagozalążkowe wielkolistne, a z tych drugich miały rozwinąć się rośliny okrytozalążkowe (Meyen, 1984; Szweykowska i Szweykowski, 1993). Badania kladystyczne uwzględniające analizę genomów² wskazują (i oparty na tej analizie kladystyczny system klasyfikacji roślin okrytozalążkowych APG IV), że kład roślin okrytozalążkowych jest siostrzanym kładem roślin nagozalążkowych i ma z nimi wspólnego przodka, prawdopodobnie w grupie roślin pranagozalążkowych (Angiosperm Phylogeny Group, 2016; Murat i in., 2017; Ran i in., 2018). Powrócono zatem współcześnie do koncepcji o monofiletycznym charakterze roślin nagonasiennych.

Rośliny okrytonasienne, a właściwie ich przodkowie, rozwijały się równolegle z roślinami nagonasiennymi, nie pozostawiły jednak śladów kopalnych wcześniejszych niż w jurze, być może dlatego, że były one mniej trwałe lub wyglądały zupełnie inaczej niż okrytozalążkowe współczesne. Odgrywały zapewne niewielką rolę w ekosystemach. Podobną sytuację obserwuje się w ewolucji ssaków, które pochodzą od wspólnego przodka z gadami, jednak ssaki mezozoiczne i paleozoiczne były klasyfikowane jako



Cycas sp., w Łódzkiej Palmiarni
Cycas sp., in the Łódź Palm House

tw. gady ssakokształtne zupełnie odmienne od współczesnych ssaków i odgrywające w paleozoiku i mezozoiku niewielką rolę w faunie. Dopiero wymieranie kredowe (wywołane prawdopodobnie uderzeniem meteorytu w półwysep Jukatan oraz rozległymi wylewami lawy w Indiach i na Syberii) spowodowało intensywną radiację adaptacyjną³ zarówno roślin okrytonasiennych, jak i współczesnych ssaków łżyskowych, z równoległą redukcją liczby gatunków roślin nagozalążkowych i gadów (Dzik, 2015).

1 Kład monofiletyczny – grupa organizmów mających wspólnego przodka, obejmująca wszystkie wywodzące się z niego grupy potomne, tzw. linie rozwojowe. Klady rozdzielają się dychotomicznie, tworząc drzewo pokrewieństw. Klady niekoniecznie odpowiadają kategoriom systematycznym stosowanym w tradycyjnej systematyce. Przykładem kladystycznej systematyki roślin nasiennych jest system APG-IV.

2 Genom – ogół informacji genetycznej komórki lub organizmu. Genom danego osobnika określa się terminem genotypu.

3 Radiacja adaptacyjna – gwałtowna ewolucja grupy organizmów pochodzących od jednego przodka do różnych nisz ekologicznych z silnym zróżnicowaniem cech w grupach potomnych. Przykładem jest radiacja adaptacyjna ryb pielęgnicowatych w Wielkich Jeziorach Afrykańskich. W jeziorze Tanganika żyje kilkaset gatunków ryb pielęgnicowatych pochodzących od jednego przodka; mają one różne kształty ciała, zachowania i zajmują różne nisze ekologiczne. Tymczasem w rzekach Afryki żyje niewiele poniżej 100 gatunków ryb pielęgnicowatych. Przykładem radiacji adaptacyjnej dużej grupy systematycznej jest np. radiacja roślin okrytonasiennych czy ssaków, która nastąpiła po wymieraniu kredowym i zwolnieniu wielu nisz ekologicznych. Podobnie w starej paleozoicznej grupie sagowców nastąpiła w erze kenofitycznej radiacja adaptacyjna współczesnych gatunków, które są ze sobą blisko spokrewnione (Kornaś i Medwecka-Kornaś, 2002; Dzik, 2015).

Jak już wspomniano, oba klady roślin nasiennych, tzn. rośliny nago- i okrytonasienne, wywodzą się od wspólnego przodka wytwarzającego już nasiona prawdopodobnie w grupie bliskiej paleozoicznym roślinom pranagozależnym (Wang i in., 2021). Niektóre kopalne grupy zbliżone morfologicznie do roślin okrytozależnych (Glossopteridales, Caytoniales) zaliczane są czasami do wspólnego z nimi kladu ze względu na zbliżone cechy morfologiczne, na przykład siatkowate unerwienie liści czy pozornie okryte załączki. Brak jednak możliwości analizy sekwencji genomów każe na to powiązanie spojrzeć z pewnym dystansem, podobieństwa morfologiczne mogą bowiem wynikać z konwergencji (Taylor i Taylor, 2009). Przykładem takiej konwergencji jest klad Gnetales, który morfologicznie (budowa woreczka załączkowego, proces przypominający podwójne zapłodnienie, obecność naczyń w drewnie, owadopylność, rozgałęzienie sympodialne, ślady uwstecznionej obupłciowości sporofili, siatkowate unerwienie liści w rodzaju *Gnetum*) przypomina rośliny okrytonasienne (Gugerli i in., 2001; Ran i in., 2018). Tymczasem badania genomu jądrowego, mitochondrialnego oraz plastydowego wskazują, że gniotowe są grupą siostrzaną dla kladu rodziny sosnowatych w obrębie roślin szpilkowych (Ran i in., 2018; De La Torre i in., 2019; Kan i in., 2021). Ich podobieństwo do okrytonasiennych jest przykładem konwergencji i podobnego stadium rozwoju ewolucyjnego. Botanicy przywiązujący większą wagę do cech morfologicznych wskazują raczej na pokrewieństwo Gnetales z wymarłymi benefitami (Rothwell i in., 2009). Dane uzyskane na podstawie porównania sekwencji genów wskazują wyraźnie na związek Gnetales ze szpilkowymi. Gniotowe wraz z rodziną sosnowatych stanowią prawdopodobnie kład siostrzany do reszty roślin szpilkowych (Di Stilio i Ickert-Bond, 2021). Dane paleontologiczne przynajmniej częściowo potwierdzają wspólne pochodzenie gniotowych z roślinami szpilkowymi (Hernandez-Castillo i in., 2001; Herrera i in., 2020). Gniotowe zatem są prawdopodobnie silnie zmienionymi szpilkowymi.

Sagowce (Cycadopsida) powstały w środkowym permie i zdominowały ekosystemy lądowe w mezozoiku (Szafer i Kostyniuk, 1962). Główne linie rodowe sagowców pochodzą z permu, choć współczesne gatunki wyłoniły się stosunkowo niedawno i są przejawem radiacji adaptacyjnej tej starej ewolucyjnie grupy roślin (Condamine i in., 2015).

W 2022 r. zsekwencjonowano cały genom jądrowy, mitochondrialny i plastydowy *Cycas panzhihuaensis* (Liu Y i in., 2022). Poniższy artykuł jest refleksją nad pewnymi nowymi implikacjami dotyczącymi ewolucji roślin wynikającymi z porównania genomu tego sagowca z genomami innych roślin nasiennych.

Wielkość genomu sagowców

Genom haploidalny *Cycas* składa się z 11 chromosomów. W porównaniu z innymi roślinami nagonasiennymi jego wielkość (10,5 Gb) jest podobna do genomu *Ginkgo* (10,6 Gb) (Guan i in., 2016) i pośrednia między stosunkowo małym i zwartym genomem *Gnetum* (4,1 Gb) (Wan i in., 2018) a bardzo dużymi genomami drzew iglastych (na przykład ~20 Gb u *Picea* i *Pinus*) (Nystedt i in., 2013; Niu i in., 2022). Podobnie jak u innych nagonasiennych duża część

(14%) genomu *C. panzhihuaensis* składa się z archaicznych sekwencji powtarzających typu *copia* i *gypsy*⁴ rozpowszechnionych w genomie sagowców mniej więcej w równej liczbie (Galindo-González i in., 2017). Pozostałe rośliny nagonasienne mają większą liczbę sekwencji *gypsy* niż *copia*. Spośród wszystkich zsekwencjonowanych genomów roślin *C. panzhihuaensis* ma najdłuższe średnie introny (~30,8 kb) i geny (~121,3 kb), ponadto zawierają one dużą część nieznaną gdzie indziej sekwencji niewiadomego pochodzenia. Najdłuższy gen, CYCAS_013063, kodujący białko podobne do kinezyny KIF3A, zajmuje 2,1 Mb w genomie *C. panzhihuaensis*; najdłuższy intron ma około 1,5 Mb i został wykryty w CYCAS_030563, genie kodującym białko centrum reakcji fotosystemu II CP43. Oba geny ulegają ekspresji, o czym świadczą dane z transkryptomu (Liu Y i in., 2022).

Na podstawie molekularnych analiz filogenetycznych rośliny nagonasienne są traktowane jako grupa monofiletyczna, ale kolejność rozgałęzień między ich głównymi liniami pozostaje w sferze dyskusji. Powstaje pytanie, czy kład sagowców jest kladem siostrzanym wobec reszty roślin nagonasiennych (miłorzębowe, szpilkowe, gniotowe), czy też tworzy wspólną grupę z miłorzębowymi, a siostrzaną do kladu gniotowych i szpilkowych. Badania porównawcze wielu genów jądrowych i plastydowych wskazują raczej na ten drugi scenariusz (Huang i in., 2022). Także obecność ruchomych plemników, podobne mechanizmy rozmnażania płciowego oraz rozdzielność (dwupienność częsta u nagonasiennych) wskazują na słuszność takiej koncepcji (Rodkiewicz, 1984). Budowa drewna z kolei sugeruje, że miłorzębowe ze szpilkowymi oraz gniotowymi tworzą jeden kład siostrzany do sagowców (Jacobsen, 2021). Szpilkowe i miłorzębowe mają drewno typu piknoksylicznego (zwarte, z małym udziałem promieni rdzeniowych i małym rdzeniem charakterystyczne dla nagozależnych drobnolistnych), w przeciwieństwie do sagowców, u których drewno ma charakter manoksyliczny (luźne, z dużym udziałem miększu promieni rdzeniowych i dużym rdzeniem, charakterystyczne dla nagozależnych wielolistnych) (Jacobsen, 2021). Interesujące wydaje się, że naczynia powstały niezależnie w dwóch grupach nagonasiennych – u niektórych sagowców i u gniotowych (Jacobsen, 2021). Niektóre analizy filogenetyczne wskazują z kolei, że miłorzębowe są grupą, która oddzieliła się najwcześniej od głównego pnia nagonasiennych. To, czy miłorzębowe i sagowce tworzą wspólny kład, czy też sagowce jako pierwsze oddzielają się od reszty nagonasiennych (obejmujących w takiej sytuacji miłorzębowe, szpilkowe i gniotowe) wymaga dalszych badań porównawczych sekwencji genów i analiz paleobotanicznych (Xi i in., 2013).

Duplikacja całego genomu jest ważną siłą napędową ewolucji roślin lądowych i radykalnie przyczynia się do

4 *copia* i *gypsy* to sekwencje genetyczne, które pełnią kluczową rolę w przemieszczaniu genów w genomie organizmów. Umożliwiają ten proces, zwany retrotranspozycją, przez wykorzystanie odwrotnej transkrypcji RNA. Początkowo tworzą kopię RNA na bazie własnego DNA, a następnie przekształcają ją z powrotem w DNA, integrując to nowe DNA w inne obszary genomu. Działanie *copia* i *gypsy* wpływa na różnorodność genetyczną i ewolucyjne dostosowanie organizmów, stanowiąc istotny element ewolucyjnych procesów dziedziczenia genetycznego.

powstawania nowych adaptacji przez możliwość różnicowania się dwóch jednakowych genów (Stull i in., 2021; Liu Y i in., 2022). Analiza genomów *Cycas* i *Ginkgo* sugeruje duplikację genomu przed rozdzieleniem się tych dwóch linii ewolucyjnych. Analizy filogenomiczne oparte na 15 genomach i jednym transkryptomie ujawniły 2469 duplikacji u nagonasiennych w 9545 rodzinach genów i wskazują, że to zdarzenie zwielokrotnienia genomu zaszło u ostatniego wspólnego przodka wszystkich współczesnych nagonasiennych (Stull i in., 2021; Liu Y i in., 2022). Duplikacja całego genomu u przodka roślin nagonasiennych, nazwana duplikacją omega (ω), była niezależna od duplikacji u wspólnego przodka nagonasiennych i okrytonasiennych. Zatem w ewolucji nagonasiennych poliploidyzacja odegrała ważną rolę jako siła napędowa na wczesnym etapie, choć współcześnie nie jest ona tak częsta jak w grupie okrytonasiennych. Wśród roślin nagonasiennych mniej niż 5% ma charakter poliploidalny, w tym tylko 1,5% szpilkowych; u żadnego gatunku sagowca nie stwierdzono poliploidii (Delevoryas, 1979).

Geny związane z wytwarzaniem ruchomych plemników

W przeciwieństwie do innych roślin nasiennych sagowce i miłorzęb zachowują plemniki mające wici – cechę wspólną z mszakami, widłakowymi i paprociowymi. W genomie sagowców zachował się pełny skład genów kodujących ruch komórki za pomocą wici, podobnie jak w genomie miłorzębu. Nieruchome komórki plemnikowe wśród roślin nasiennych powstały prawdopodobnie dwukrotnie, w kładzie roślin okrytozalążkowych i w kładzie obejmującym szpilkowe i gniotowe (Liu H i in., 2021; Liu Y i in., 2022). Kopalne *Glossopteris*, prawdopodobnie kordaity oraz paprocie nasienne także miały ruchome plemniki (Szafer i Kostyniuk, 1962; Nishida i in., 2004). Ruchliwość plemników wynika z działania aparatu wiciowego, a większość genów związanych z jego budową występuje w genomie *C. panzihuaensis*. (Liu H i in., 2021; Liu Y i in., 2022). Rodzaj *Ginkgo* zachowuje również geny kodujące składniki wici, chociaż jest ich znacznie mniej niż w genomie *C. panzihuaensis*. W genomie miłorzębu brakuje części genów kodujących niektóre tzw. radialne białka szprychowe (tzn. RSP2, RSP3, RSP9 i RSP11), podczas gdy *Gnetum*, drzewa szpilkowe i rośliny okrytozalążkowe, które rozwijają komórki plemnikowe bez wici, utraciły wiele genów kodujących białka niezbędne do tworzenia wici i aparatu wiciowego (Liu H i in., 2021; Liu Y i in., 2022). Zewnętrzne gęste włókna są unikalnymi strukturami pomocniczymi, które utrzymują strukturalną integralność wici i są niezbędne do ich funkcjonowania. Geny kodujące białka tych włókien występują w genomach *Cycas panzihuaensis* i *Ginkgo biloba*, ale nie występują u *Gnetum*, drzew szpilkowych i roślin okrytonasiennych (Wan i in., 2018; Liu H i in., 2021; Liu Y i in., 2022). W pracy poświęconej poznaniu genomu miłorzębu zawarte jest zestawienie liczby genów kodujących białka aparatu ruchowego wici licznych zielenic, mszaków, widłakowych, paprociowych, nagozalążkowych oraz okrytozalążkowych ilustrujące zmniejsze-

nie ich liczby lub brak niektórych z nich w kładach roślin mających nieruchome komórki plemnikowe (Liu H i in., 2021).

Przejsie od plemników pływających do pozbawionych zdolności ruchu komórek plemnikowych jest jedną z głównych innowacji w ewolucji roślin nasiennych. Genomy *Cycas panzihuaensis* i *Ginkgo biloba* wykazują pełną zawartość genów związanych z ruchem wici obecnych u niższych Viridiplantae i innych liniach ewolucyjnych organizmów jądrowych (Eukaryota), także w kładzie Opisthokonta, do którego należą zwierzęta tkankowe, w tym *Homo sapiens* (Kumar i Singh 2021; Liu H i in., 2021, Liu Y i in., 2022).

Wszystkie organizmy eukariotyczne mające ruchome plemniki (w tym także człowiek) wymagają do poruszania się obecności cyklicznego adenozymonofosforanu (cAMP)⁵ wytwarzanego przez cyklazę adenylnową (Yamamoto i in., 2021). Sagowce i miłorzęby oraz wszystkie rośliny telomowe nienasienne mające ruchome plemniki kodują enzym *CAPE* o podwójnej roli – cyklazy adenylnowej i fosfodiesterazy, ulegający ekspresji wyłącznie w ruchomych plemnikach. Enzym ten syntetyzuje (cyklaza) i zarazem rozkłada (fosfodiesteraza) niezbędny przy ruchu plemników cAMP (Blanco i in., 2020; Yamamoto i in., 2021). W wielu liniach roślin mających nieruchome komórki plemnikowe gen kodujący ten enzym zaniknął, np. u okrytonasiennych czy w rodzinie sosnowatych (Yamamoto i in., 2021). Wyjątkiem jest rodzina Cupressaceae, w której gen ten zachował się, mimo że wytwarzają one pozbawione zdolności ruchu komórki plemnikowe (Blanco i in., 2020; Yamamoto i in., 2021). U roślin okrytonasiennych znaleziono geny kodujące różne cyklazy i fosfodiesterazy, pełnią jednak one inną rolę niż udział w ruchu plemników, brakuje przy tym sekwencji typowych dla *CAPE* (Yamamoto i in., 2021).

Geny związane z odpornością na patogeny

Wszystkie trzy typy receptorów odporności roślin na patogeny: CNL, TNL i RNL wykazują ekspresję u *Cycas panzihuaensis* i innych roślin nagonasiennych (Liu H i in., 2021; Liu Y i in., 2022). Białka odpornościowe CNL i RNL są szeroko rozpowszechnione zarówno u roślin nagonasiennych, jak i okrytonasiennych, podczas gdy białka rodziny TNL częściej występują u roślin nagonasiennych niż u większości roślin okrytonasiennych (Liu H i in., 2021; Liu Y i in., 2022). Wskazuje to ma odmienne wzorce ewolucyjne udziału różnych genów kodujących białka odporności w obu tych grupach roślin. Oznacza to także, że ta ścieżka sygnalizacyjna odporności na patogeny musiała powstać przed podziałem na rośliny nago- i okrytonasienne. Z kolei geny kodujące

5 cAMP – jeden z wielu wtórnych przekazników drugiego rzędu działania hormonów i substancji przekazujących informację międzykomórkową. Pobudzenie niektórych receptorów błonowych aktywuje enzym cyklazę adenylnową, która z ATP wytwarza cząsteczki cAMP. cAMP aktywują liczne kinazy zależne od cAMP fosforylujące białka i regulujące ekspresję genów. Mechanizm ten powszechny u zwierząt i licznych innych linii rozwojowych Eukaryota u roślin odgrywa znacznie mniejszą rolę. Substancja ta reguluje u roślin ruch plemników, przepuszczalność błony komórkowej czy reakcje odpornościowe (Blanco i in., 2020).

endochitynazy i chitynazy zabezpieczające przed patogenami grzybowymi zawierającymi chitynę w ścianie komórkowej są zawarte w licznych powtórzeniach tandemowych w genomie *C. panzhihuaensis* i u większości nagonasiennych (w porównaniu z innymi roślinami lądowymi) (Liu H i in., 2021; Liu Y i in., 2022). Taka zwielokrotniona odporność na patogeny może być przyczyną znacznie większej reprezentacji sagowców we florze współczesnej (360 gatunków) w porównaniu z miłorzębowymi (jeden gatunek). Obie grupy były szeroko reprezentowane w permie i w erze mezozoicznej. U miłorzębu jest znacznie mniej genów kodujących białka odpornościowe niż u sagowców (Liu H i in., 2021; Liu Y i in., 2022).

Rzeczywiście, porównanie genomów *Cycas* i *Ginkgo* ujawnia obecność wielu genów i białek specyficznych dla *Cycas* wzbogacających szlaki związane z odpornością na infekcję, stres biotyczny i abiotyczny, w tym geny zaangażowane w zaprogramowaną śmierć komórki, inhibitory proteaz serynowych (potrzebnych przy odporności na szkodniki) oraz metabolity wtórne o działaniu przeciwbakteryjnym i przeciwgrzybiczym oraz trującym dla dużych roślinożerców, np. ssaków (Liu H i in., 2021; Liu Y i in., 2022).

Drugą przyczyną zwiększonej oporności na patogeny u sagowców, w porównaniu z miłorzębem, jest znacznie bogatszy zestaw terpenoidów. Terpenoidy to zróżnicowana grupa metabolitów wtórnych, a ich synteza zależy od licznych genów kodujących określone enzymy (Zhou i Pichersky, 2020). Kilka podrodzin syntazy terpenoidowej TPS (TPS-a do TPS-h) jest znanych u roślin, przy czym TPS-d jest unikalna dla nagonasiennych, a trzy z czterech typów TPS-d znaleziono u *Cycas panzhihuaensis*, z niezwykle nasiloną ekspresją TPS-d2 w porównaniu z *Ginkgo* i większością pozostałych nagonasiennych (Liu H i in., 2021; Liu Y i in., 2022). Ponadto zidentyfikowano nową podrodzinę TPS w rodzaju *Cycas*, z trzema kopiami u *C. panzhihuaensis* i ośmioma kopiami u *C. debaoensis*. Analizy poziomu ekspresji wszystkich genów TPS w różnych tkankach *C. panzhihuaensis* ujawniają, że wiele z nich ulega ekspresji głównie w korzeniu, zwłaszcza w korzeniu pierwotnym i w korzeniach koralkowych (ang. coralloid roots) wykorzystywanych przez symbiotyczne sinice z rodzaju *Anabena* asymilujących azot atmosferyczny, mikrosporofilu i woreczku pyłkowym, późnych stadiach rozwoju zapłodnionego zalążka. Trzy geny specyficzne dla *Cycas* ulegały ekspresji głównie w korzeniu i szyszce męskiej, ale jeden z nich (CYCAS_009486) ulega szczególnie silnej ekspresji w megagametoficie oraz w zalążku po zapyleniu i zapłodnieniu (Liu H i in., 2021; Liu Y i in., 2022).

Sagowce, w przeciwieństwie do miłorzębu, wyposażone są w silne neurotoksyny zabijające roślinożerców, w tym ssaki. Należy tu cykazylna i trujący niebiałkowy aminokwas beta-N-metylamino-L-alanina (produkowana przez symbiotyczne sinice z rodzaju *Anabena*) (Wang i in., 2020). Spożycie bogatego w skrobię rdzenia łodygi sagowców (sago) wymaga specjalnych procedur wyłukiwania neurotoksyn. Obie te trucizny są odpowiedzialne za rozwój stwardnienia zanikowego bocznego i zespołu parkinsonowskiego oraz ośpiennego u osób spożywających kaszę sago, szczególnie na wyspie Guam (Kisby i in., 1992; Spencer, 2022). Cyka-

zylna wykazuje dodatkowo działanie muta- i onkogenne (Kisby i in., 1992; Spencer, 2022). Beta-N-metylamino-L-alanina pełni rolę fałszywego aminokwasu – zastępuje serynę w łańcuchu białkowym miedziowo-cynkowej dysmutazy nadciśnieniowej (Proctor i in., 2019). Wiadomo, że mutacje inaktywujące tę dysmutazę są u ludzi przyczyną genetycznych wariantów stwardnienia zanikowego bocznego z towarzyszącymi objawami pozapiramidowymi i niekiedy z ośpieniem (Corcia i in., 2017). Wbudowywanie się beta-N-metylamino-L-alaniny w białko dysmutazy obniża jej aktywność katalityczną, co patofizjologicznie przypomina uwarunkowany genetycznie niedobór tego enzymu (Fang i in., 2022).

W pracach poświęconych sekwencjonowaniu genomu roślin nagonasiennych nie zwraca się uwagi na ich wyjątkową oporność na infekcje wywołane wirusami roślinnymi. W 2020 r. wykryto wirus nekrozy liści sagowców należący do rodzaju *Badnavirus* z rodziny *Caulimoviridae* (Alvarez-Quinto i in., 2020). Są to wirusy DNA namnażające się, podobnie jak ludzkie retrowirusy czy hepadnawirusy przy pomocy odwrotnej transkryptazy (Bhat i in., 2016). Fenomen rzadkich infekcji wirusowych u roślin nagonasiennych stoi w sprzeczności z występowaniem licznych sekwencji pararetrowirusowych zintegrowanych z genomami paproci oraz roślin nago- i okrytonasiennych, szczególnie w rodzinie sosnowatych (Diop i in., 2018; Richert-Pöggeler i in., 2021). Świadczy to o licznych atakach wirusów z tej rodziny na przodków współczesnych roślin nagonasiennych. U roślin nagonasiennych i to właśnie u sagowców znaleziono jeszcze jednego wirusa RNA z rodzaju *Nepovirus* (Han i in., 2002).

Ostatnio wykryto kompletne cztery koliste sekwencje wirusopodobne w rodzaju *Welwitschia* o genomach wirusów z rodzin *Caulimoviridae* i *Geminiviridae* i scharakteryzowano je na podstawie danych genomowych *W. mirabilis* (Debat i Bejerman, 2022). W roku 2006 znaleziono genom wirusa RNA u sosny zwyczajnej, nie wywoływał on jednak objawów chorobowych u roślin (Veliceasa i in., 2006). Wirus ten pochodzi prawdopodobnie od grzybów mykoryzowych i jest nowym wirusem z rodziny *Caulimoviridae* atakującym przedstawiciela nagonasiennych. Być może liczne kopie genów przypominających genom *Caulimoviridae* są przyczyną, że sosna jest niezwykle na niego odporna (Veliceasa i in., 2006). W 2015 r. wykryto obecność wirusa mozaiki barwinka w naturalnych stanowiskach *W. mirabilis* na pustyni Namib (Koh i in., 2015). Jest to przykład ciągłych prób ataku różnych rodzajów wirusów roślinnych na rośliny nagonasienne.

Podsumowanie

Poznanie pełnego genomu jednego z sagowców ma duże znaczenie dla zrozumienia ewolucji roślin nagonasiennych. Liczne dane uzyskane przez porównywanie sekwencji DNA u różnych gatunków otwierają zupełnie nowe możliwości zrozumienia biologii roślin nagonasiennych. Dane molekularne potwierdzają pogląd, że sagowce to grupa archaiczna w grupie roślin nasiennych, niepozabawiona jednak możliwości ewolucyjnych, o czym świadczy intensywna radiacja adaptacyjna współczesnych gatunków.

Literatura

- Alvarez-Quinto RA, Lockhart BEL, Fetzter JL, Olszewski NE. 2020. Genomic characterization of cycad leaf necrosis virus, the first badnavirus identified in a gymnosperm. *Archives of Virology* 165(7):1671–1673 DOI: 10.1007/s00705-020-04630-6.
- Angiosperm Phylogeny Group. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181(1):1–20 DOI: 10.1111/boj.12385.
- Åstrand J, Knight C, Robson J, Talle B, Wilson ZA. 2021. Evolution and diversity of the angiosperm anther: trends in function and development. *Plant Reproduction* 34(4):307–319 DOI 10.1007/s00497-021-00416-1.
- Bhat AI, Hohn T, Selvarajan R. 2016. Badnaviruses: The current global scenario. *Viruses* 8(6):177 DOI: 10.3390/v8060177.
- Beyers EA, Pacyna A. 2012. Sagowce. *Wszechświat* 113(7–9):210–219.
- Blanco E, Fortunato S, Viggiano L, de Pinto MC. 2020. Cyclic AMP: A polyhedral signalling molecule in plants. *International Journal of Molecular Sciences* 21(14):4862 DOI: 10.3390/ijms21144862.
- Blomenkemper P, Kerp H, Abu Hamad A, DiMichele WA, Bomfleur B. 2018. A hidden cradle of plant evolution in Permian tropical lowlands. *Science* 362(6421):1414–1416 DOI: 10.1126/science.aau4061.
- Christenhusz MJ, Chase MW. 2014. Trends and concepts in fern classification. *Annals of Botany* 113(4):571–594 DOI: 10.1093/aob/mct299.
- Condamine FL, Nagalingum NS, Marshall CR, Morlon H. 2015. Origin and diversification of living cycads: a cautionary tale on the impact of the branching process prior in Bayesian molecular dating. *BMC Evolutionary Biology* 15:65 DOI: 10.1186/s12862-015-0347-8.
- Corcia P, Couratier P, Blasco H, Andres CR, Beltran S, Meininger V, Vourc’h P. 2017. Genetics of amyotrophic lateral sclerosis. *Revue Neurologique* 173(5):254–262 DOI: 10.1016/j.neurol.2017.03.030.
- Debat H, Bejerman N. 2022. A glimpse into the DNA virome of the unique “living fossil” *Welwitschia mirabilis*. *Gene* 843:146806 DOI: 10.1016/j.gene.2022.146806.
- De La Torre AR, Piot A, Liu B, Wilhite B, Weiss M, Porth I. 2019. Functional and morphological evolution in gymnosperms: A portrait of implicated gene families. *Evolutionary Applications* 13(1):210–227 DOI: 10.1111/eva.12839.
- Delevoryas T. 1979. Polyploidy in gymnosperms. W: Lewis WH red. *Polyploidy. Biological Relevance. Basic Life Sciences*, 13. New York: Springer, 215–218 DOI: 10.1007/978-1-4613-3069-1_12.
- Diop SI, Geering ADW, Alfama-Depauw F, Loaec M, Teycheney PY, Maumus F. 2018. Tracheophyte genomes keep track of the deep evolution of the Caulimoviridae. *Scientific Reports* 8(1):572 DOI: 10.1038/s41598-017-16399-x.
- Di Stilio VS, Ickert-Bond SM. 2021. Ephedra as a gymnosperm evo-devo model lineage. *Evolution & Development* 23(3):256–266 DOI: 10.1111/ede.12370.
- Dzik J. 2015. *Zoologia. Różnorodność i pokrewieństwa zwierząt*. Warszawa: Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.
- Fang T, Je G, Pacut P, Keyhanian K, Gao J, Ghasemi M. 2022. Gene therapy in amyotrophic lateral sclerosis. *Cells* 11(13):2066 DOI: 10.3390/cells11132066.
- Galindo-González L, Mhiri C, Deyholos MK, Grandbastien M-A. 2017. LTR-retrotransposons in plants: Engines of evolution. *Gene* 626:14–25 DOI: 10.1016/j.gene.2017.04.051.
- Guan R, Zhao Y, Zhang H, Fan G, Liu X, Zhou W, Shi C, Wang J, Liu W, Liang X, Fu Y, Ma K, Zhao L, Zhang F, Lu Z, Lee SM-Y, Xu X, Wang J, Yang H, Fu C, Ge S, Chen W. 2016. Draft genome of the living fossil *Ginkgo biloba*. *GigaScience* 5(1):49 DOI: 10.1186/s13742-016-0154-1.
- Gugerli F, Sperisen C, Büchler U, Brunner I, Brodbeck S, Palmer JD, Qiu Y-L. 2001. The evolutionary split of Pinaceae from other conifers: evidence from an intron loss and a multigene phylogeny. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 21(2):167–175 DOI: 10.1006/mpev.2001.1004.
- Han SS, Karasev AV, Ieki H, Iwanami T. 2002. Nucleotide sequence and taxonomy of *Cycas necrotic stunt virus*. *Archives of Virology* 147(11):2207–2214 DOI: 10.1007/s00705-002-0876-5.
- Hejnowicz Z. 2002. *Anatomia i histogeneza roślin naczyniowych. Organy wegetatywne*. Warszawa: PWN.
- Hernandez-Castillo GR, Rothwell GW, Mapes G. 2001. Compound pollen cone in a Paleozoic conifer. *American Journal of Botany* 88(6):1139–1142 DOI: 10.2307/2657097.
- Herrera F, Shi G, Mays C, Ichinnorov N, Takahashi M, Bevitt JJ, Herendeen PS, Crane PR. 2020. Reconstructing *Krassilovia mongolica* supports recognition of a new and unusual group of Mesozoic conifers. *PlosOne* 15(1):e0226779 DOI: 10.1371/journal.pone.0226779.
- Huang K-Y, Kan S-L, Shen T-T, Gong P, Feng Y-Y, Du H, Zhao Y-P, Wan T, Wang X-Q, Ran J-H. 2022. A comprehensive evolutionary study of chloroplast RNA editing in gymnosperms: A novel type of G-to-A RNA editing is common in gymnosperms. *International Journal of Molecular Sciences* 23(18):10844 DOI: 10.3390/ijms231810844.
- Jacobsen AL. 2021. Diversity in conduit and pit structure among extant gymnosperm taxa. *American Journal of Botany* 108(4):559–570 DOI: 10.1002/ajb2.1641.
- Kan S-L, Shen T-T, Ran J-H, Wang X-Q. 2021. Both Conifer II and Gnetales are characterized by a high frequency of ancient mitochondrial gene transfer to the nuclear genome. *BMC Biology* 19(1):146 DOI: 10.1186/s12915-021-01096-z.
- Kisby GE, Ellison M, Spencer PS. 1992. Content of the neurotoxins cycasin (methylazoxymethanol β -D-glucoside) and BMAA (β -N-methylamino-L-alanine) in cycad flour prepared by Guam Chamorros. *Neurology* 42(7):1336–1340 DOI: 10.1212/wnl.42.7.1336.
- Koh SH, Li H, Admiraal R, Jones MG, Wylie SJ. 2015. Catharanthus mosaic virus: A potyvirus from a gymnosperm, *Welwitschia mirabilis*. *Virus Research* 203:41–46 DOI: 10.1016/j.virusres.2015.03.007.
- Kornaś J, Medwecka-Kornaś A. 2002. *Geografia roślin*. Wyd. 2. Warszawa: PWN.
- Kumar N, Singh AK. 2021. The anatomy, movement, and functions of human sperm tail: an evolving mystery. *Biology of Reproduction* 104(3):508–520 DOI: 10.1093/biolre/iaaa213.

- Liu H, Wang X, Wang G, Cui P, Wu S, Ai C, Hu N, Li A, He B, Shao X, Wu Z, Feng H, Chang Y, Mu D, Hou J, Dai X, Yin T, Ruan J, Cao F. 2021. The nearly complete genome of *Ginkgo biloba* illuminates gymnosperm evolution. *Nature Plants* 7(6):748–756 DOI: 10.1038/s41477-021-00933-x.
- Liu Y, Wang S, Li L, Yang T, Dong S, Wei T, Wu S, Liu Y, Gong Y, Feng X, Ma J, Chang G, Huang J, Yang Y, Wang H, Liu M, Xu Y, Liang H, Yu J, Cai Y, ... Zhang S. 2022. The *Cycas* genome and the early evolution of seed plants. *Nature Plants* 8(4):389–401 DOI: 10.1038/s41477-022-01129-7.
- Meyen SV. 1984. Basic features of gymnosperm systematics and phylogeny as evidenced by the fossil record. *The Botanical Review* 50(1):1 DOI: 10.1007/BF02874305.
- Murat F, Armero A, Pont C, Klopp C, Salse J. 2017. Reconstructing the genome of the most recent common ancestor of flowering plants. *Nature Genetics* 49(4):490–496 DOI: 10.1038/ng.3813.
- Nishida H, Pigg KB, Kudo K, Rigby JF. 2004. Zooidogamy in the Late Permian genus *Glossopteris*. *Journal of Plant Research* 117(4):323–328 DOI: 10.1007/s10265-004-0164-4.
- Niu S, Li J, Bo W, Yang W, Zuccolo A, Giacomello S, Chen X, Han F, Yang J, Song Y, Nie Y, Zhou B, Wang P, Zuo Q, Zhang H, Ma J, Wang J, Wang L, Zhu Q, Zhao H, ... Wu HX. 2022. The Chinese pine genome and methylome unveil key features of conifer evolution. *Cell* 185(1):204–217.e14 DOI: 10.1016/j.cell.2021.12.006.
- Nystedt B, Street NR, Wetterbom A, Zuccolo A, Lin Y-C, Scofield DG, Vezzi F, Delhomme N, Giacomello S, Alexeyenko A, Vicedomini R, Sahlin K, Sherwood E, Elfstrand M, Gramzow L, Holmberg K, Hällman J, Keech O, Klasson L, Koriabine M, ... Jansson S. 2013. The Norway spruce genome sequence and conifer genome evolution. *Nature* 497(7451):579–584 DOI: 10.1038/nature12211.
- Proctor EA, Mowrey DD, Dokholyan NV. 2019. β -Methylamino-L-alanine substitution of serine in SOD1 suggests a direct role in ALS etiology. *PLoS Computational Biology* 15(7):e1007225 DOI: 10.1371/journal.pcbi.1007225.
- Ran J-H, Shen T-T, Wang M-M, Wang X-Q. 2018. Phylogenomics resolves the deep phylogeny of seed plants and indicates partial convergent or homoplastic evolution between Gnetales and angiosperms. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences* 285(1881):20181012 DOI: 10.1098/rspb.2018.1012.
- Richert-Pöggeler KR, Vijverberg K, Alisawi O, Chofong GN, Heslop-Harrison JSP, Schwarzacher T. 2021. Participation of multifunctional RNA in replication, recombination and regulation of endogenous plant pararetroviruses (EPRVs). *Frontiers in Plant Science* 12:689307 DOI: 10.3389/fpls.2021.689307.
- Rodkiewicz B. 1984. *Embriologia roślin nagozalążkowych*. Warszawa: PWN.
- Rothwell GW, Crepet WL, Stockey RA. 2009. Is the angiosperm hypothesis alive and well? New evidence from the reproductive structures of Bennettitales. *American Journal of Botany* 96(1):296–322 DOI: 10.3732/ajb.0800209.
- Spencer PS. 2022. Parkinsonism and motor neuron disorders: Lessons from Western Pacific ALS/PDC. *Journal of the Neurological Sciences* 433:120021 DOI: 10.1016/j.jns.2021.120021.
- Stull GW, Qu X-J, Parins-Fukuchi C, Yang Y-Y, Yang J-B, Yang Z-Y, Hu Y, Ma H, Soltis PS, Soltis DE, Li D-Z, Smith SA, Yi T-S. 2021. Gene duplications and phylogenomic conflict underlie major pulses of phenotypic evolution in gymnosperms. *Nature Plants* 7(8):1015–1025 DOI: 10.1038/s41477-021-00964-4.
- Strasburger E red. 1967. *Botanika. Podręcznik dla szkół wyższych*. Wyd. 2 pol. wg wyd. 28 oryg. Warszawa: PWRiL.
- Szafer W, Kostyniuk M. 1962. *Zarys paleobotaniki*. Warszawa: PWN.
- Szweykowska A, Szweykowski J. 1993. *Botanika. T. 2. Systematyka*. Warszawa: PWN.
- Taylor EL, Taylor TN. 2009. Seed ferns from the late Paleozoic and Mesozoic: Any angiosperm ancestors lurking there? *American Journal of Botany* 96(1):237–251 DOI: 10.3732/ajb.0800202.
- Tomescu AMF, Groover AT. 2019. Mosaic modularity: an updated perspective and research agenda for the evolution of vascular cambial growth. *New Phytologist* 222(4):1719–1735 DOI: 10.1111/nph.15640.
- Veliceasa D, Enünlü N, Kós PB, Köster S, Beuther E, Morgun B, Deshmukh SD, Lukács N. 2006. Searching for a new putative cryptic virus in *Pinus sylvestris* L. *Virus Genes* 32(2):177–186 DOI: 10.1007/s11262-005-6874-4.
- Wan T, Liu Z-M, Li L-F, Leitch AR, Leitch IJ, Lohaus R, Liu Z-J, Xin H-P, Gong Y-B, Liu Y, Wang W-C, Chen L-Y, Yang Y, Kelly LJ, Yang J, Huang J-L, Li Z, Liu P, Zhang L, Liu H-M, ... Wang X-M. 2018. A genome for gnephytes and early evolution of seed plants. *Nature Plants* 4(2):82–89 DOI: 10.1038/s41477-017-0097-2.
- Wang J, Hilton J, Pfefferkorn HW, Wang S, Zhang Y, Bek J, Pšenička J, Seyfullah LJ, Dilcher D. 2021. Ancient noeggerathian reveals the seed plant sister group diversified alongside the primary seed plant radiation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118(11):e2013442118 DOI: 10.1073/pnas.2013442118.
- Wang Z-Q, Wang S, Zhang J-Y, Lin G-M, Gan N, Song L, Zeng X, Zhang C-C. 2020. The proposed neurotoxin β -N-methylamino-L-alanine (BMAA) is taken up through amino-acid transport systems in the *Cyanobacterium anabaena* PCC 7120. *Toxins* 12(8):518 DOI: 10.3390/toxins12080518.
- Xi Z, Rest JS, Davis CC. 2013. Phylogenomics and coalescent analyses resolve extant seed plant relationships. *PLoS ONE* 8(11):e80870 DOI: 10.1371/journal.pone.0080870.
- Yamamoto C, Takahashi F, Ooe Y, Shirahata H, Shibata A, Kasahara M. 2021. Distribution of adenylyl cyclase/cAMP phosphodiesterase gene, CAPE, in streptophytes reproducing via motile sperm. *Scientific Reports* 11(1):10054 DOI: 10.1038/s41598-021-89539-z.
- Zhang Z, Ma X, Liu Y, Yang L, Shi X, Wang H, Diao R, Zhong B. 2022. Origin and evolution of green plants in the light of key evolutionary events. *Journal of Integrative Plant Biology* 64(2):516–535 DOI: 10.1111/jipb.13224.
- Zhou F, Pichersky E. 2020. More is better: the diversity of terpene metabolism in plants. *Current Opinion in Plant Biology* 55:1–10 DOI: 10.1016/j.pbi.2020.01.005.



Pomnik przyrody – dąb szypułkowy rosnący na terenie gminy Drawsko Pomorskie. Drzewo zostało zgłoszone do konkursu przyrodniczego „Odkryj swój pomnik przyrody” zorganizowanego przez gminę Drawsko Pomorskie (fot. Leszek Paradowski)

Nature monument – pedunculate oak growing in the area of Drawsko Pomorskie commune. The tree was nominated for the nature competition titled “Discover Your Nature Monument” organised by the commune of Drawsko Pomorskie (photo Leszek Paradowski)

Brytyjsko-polska ekspedycja botaniczna na Grenlandię 2022 – zapiski z podróży

British-Polish plant study expedition to Greenland 2022 – travel notes

MARCIN KOWALCZYK

ul. Bronowicka 5/30, 30-084 Kraków
e-mail: marcin.kowalczyk@euterpe.pl

Submitted: 18 September 2023; Accepted: 2 December 2023

ABSTRACT: A British-Polish plant study expedition to Greenland took place from 9th to 19th of August 2022. Its members were Paul Bartlett, the supervisor of the Stone Lane Gardens, the UK's national birch and alder collection, and Marcin Kowalczyk, the editor-in-chief of Publishing House Euterpe, owner of a private arboretum in Bolechowice located near Kraków. The main objective of the expedition was to observe birch trees in the Qinnua Valley, as well as in other locations. Changes in the morphological characteristics of birches depending on the location were observed, as well as the widespread occurrence of *Betula glandulosa* hybrids with *Betula pubescens*. This text is a collection of notes by a Polish member of the expedition.

Key words: Greenland, birch, expediton, *Betula glandulosa*, *Betula pubescens* var. *pumila*, *Betula nana*

Ósmy sierpnia 2022 r., wieczór. Pojawiam się w drzwiach restauracji hotelu Admiral w Kopenhadze, szukając wśród sporego tłumu gości postaci, którą pamiętałem ze zdjęć. Zauważamy się niemal jednocześnie. Wysoki, szpakowaty, nieco pochylony do przodu mężczyzna wstaje od stolika, przy którym siedział z dwiema towarzyszkami – jak się chwilę później dowiedziałem, swoją życiową partnerką i jej przyjaciółką. Witamy się serdecznie jak dobrzy znajomi, chociaż widzimy się po raz pierwszy. Resztki mojego niepokoju związanego z wyprawą w trudno dostępne regiony Grenlandii z „nieprzetestowanym” wcześniej w boju towarzyszem szybko znikają. Zresztą trzy lata przygotowań i licznej korespondencji utwierdziły mnie w przekonaniu, że mam do czynienia z doświadczonym i dobrze przygotowanym do trudów takiej wyprawy partnerem.

Paul Bartlett jest kierownikiem lub, jak to się teraz zwykło określać – superwajzorem arboretum Stone Lane Gardens w okolicach Chagford w Wielkiej Brytanii. Ogród ten ma status Narodowej Brytyjskiej Kolekcji Brzozy i Olszy. Odkryłem go latem 2018 r., podróżując po angielskich ogrodach botanicznych. Całkiem niedaleko znajduje się Rosemoor, ogród Królewskiego Towarzystwa Ogrodniczego, gdzie wypielęgnowane rabaty robią niezwykle wrażenie,

ale tylko do czasu, gdy zauważy się, jak dziesiątki ogrodników na kolanach próbują utrzymać w ryzach tę zaplanowaną perfekcję. W przeciwieństwie do niego, prosty w założeniu, ale urokliwy Stone Lane Gardens, w którym spędziłem kilka godzin, z przyjemnością snując się pod ażurowymi koronami brzozy z całego świata, emanuje spokojem i niewymuszoną naturalnością. Paul był wówczas poza ogrodem, ale wzajemna korespondencja po moim powrocie do Polski doprowadziła nas do wspólnego pomysłu zrealizowania wyprawy na Grenlandię.

Głównym celem ekspedycji stał się jedyny (według wielu źródeł) naturalny las znajdujący się w dolinie Qinnua (Qinnuadalen), którego dominującym składnikiem jest karłowa odmiana brzozy omszonej (*Betula pubescens* var. *pumila* (G.Zanoni ex Murray) Govaerts) (Fredskild, 1999). Miejsce to jest niemal niedostępne od strony lądu. Szybko okazało się więc, że najszybszym sposobem na dotarcie do wylotu doliny jest podróż wodami jeziora Tasersuaq. Ponieważ jednak nikt takiego transportu na miejscu nie oferuje, wpadliśmy na pomysł użycia packraftów, lekkich dmuchanych pontonów, które wraz z pozostałym ekwipunkiem przenosi się w plecakach. W razie napotkania przeszkody wodnej packraft napęlnia się powietrzem i z pomocą

wioseł używa podobnie jak np. kajak (nomen omen – to jedno z nielicznych słów z języka grenlandzkich autochtonów – Inuitów/Eskimosów, które weszło do powszechnego użycia na całym świecie).

Położona w południowej części Grenlandii Qinnnguadalen to nie jedyny cel ekspedycji. Dodaliśmy kilka celów pobocznych, np. mniej osłoniętą na warunki pogodowe dolinę Kloster, ponieważ chcieliśmy porównać populację brzoź w obu tych dolinach. W drodze do głównego celu zaplanowaliśmy też kilka postojów w miejscach, w których można obserwować karłowatą brzozę gruczołowatą (*Betula glandulosa* Michx.). Na koniec chcieliśmy polecieć na zachodnie wybrzeże Grenlandii do Nuuk, aby ostatniego dnia obserwować inny gatunek brzozy – brzozę karłowatą (*Betula nana* L.), znaną również w Polsce, niemniej tylko z bardzo nielicznych stanowisk reliktowych (Białobok red, 1979).

Właściwa podróż rozpoczęła się dzień później lotem z Kopenhagi do Narsarsuaq, dawnej amerykańskiej bazy lotniczej, schowanej głęboko w grenlandzkim fiordzie (ryc. 1).

Obecnie poza pracownikami lotniska, portu i hotelu mieszka tu niewiele ludzi, razem nie więcej niż 150 osób. Mimo to Narsarsuaq, przede wszystkim dzięki swojej funkcji łączenia Grenlandii ze światem zewnętrznym, jest dosyć ruchliwym miejscem. Stąd prowadzi w głąb lądu kilka ciekawych szlaków, założono też tutaj jedyne grenlandzkie arboretum. Jego opiekunem jest Uniwersytet Kopenhaski.

Po przylocie około 13 i zameldowaniu się w tutejszym hotelu robotniczym udaliśmy się na spacer w kierunku arboretum, mijając miejsce oznaczone reklamą z napisem

„Qajaq”. Jak się okazało, jest to marka lokalnego piwa (trzeba jednak pamiętać, że jedynym jego lokalnym składnikiem jest woda), uznaliśmy więc, że właśnie zaplanowaliśmy dzisiejszy wieczór. Co do samego arboretum, to gdyby nie tablice informacyjne, ciężko byłoby zorientować się w miejscu jego położenia, nie jest to bowiem teren w jakikolwiek sposób ogrodzony. Arboretum zajmuje obszar kilkunastu hektarów i położone jest na zboczach górującego nad Narsarsuaq wzgórza, nazywanego Wzgórzem Sygnałowym (226 m n.p.m.) oraz sąsiadujących z nim wzniesień (ryc. 2). Charakter tego miejsca ukształtowany jest przez cel jego powstania, a mianowicie badania nad drzewami, które mogłyby poradzić sobie w warunkach klimatu południowej Grenlandii. Spotkać więc tu można m.in.: *Larix sibirica*, *Abies lasiocarpa*, *Pinus contorta*, *Picea engelmannii*, ale też *Betula utilis* czy *Ulmus glabra*. Wszystkie te taksony są niejako wplecione w dywan lokalnej flory.

Nas przede wszystkim zainteresowała *Betula glandulosa*. Widziałem ją pierwszy raz w życiu. Występujące na pędach tej brzozy gruczołki i wyraźne ogonki liściowe nie pozwalają pomylić jej z brzozą karłowatą (Ashburner i McAllister, 2013) (ryc. 3). Nie mogło też zabraknąć dwóch przedstawicieli rodzaju *Salix*: *S. glauca* (najpowszechniejszej chyba rośliny drzewiastej na Grenlandii) oraz *S. uva-ursi* ani narodowej rośliny Grenlandii, czyli wierzbówki szerokolistnej (*Chamaenerion latifolium*) (Feilberg i in., 1984). Jej kwiatostany, największe wśród roślin z tej części świata, zdobiły swoim różem nawet puste przestrzenie w pasie startowym lotniska (ryc. 4).



Ryc. 1. Widok na pas lotniska w Narsarsuaq ze Wzgórza Sygnałowego

Fig. 1. View of the Narsarsuaq airport strip from Signal Hill



Ryc. 2. Nasadzenia arboretum w Narsarsuaq wtapiają się w lokalną florę

Fig. 2 Narsarsuaq arboretum plantings blend into local flora

Ryc. 3. *Betula glandulosa* – nie da się jej pomylić z żadną inną brzozą
Fig. 3. *Betula glandulosa* – it cannot be confused with any other birch treeRyc. 4. Narodowa roślina Grenlandii – wierzbówka szerokolistna
Fig. 4. Greenland's national plant, the broad-leaved fireweed

Po kilkukilometrowym spacerze po arboretum i Wzgórzu Sygnałowym, sącząc qajaq w lokalnym barze, nie przypuszczaliśmy, że nad naszą wyprawą zbierają się czarne chmury. Następnego dnia dowiedzieliśmy się bowiem, że helikopter, którym mieliśmy pokonać kolejny etap podróży do miejscowości Nanortalik, niestety się zepsuł. W kolejnym punkcie mieliśmy zameldować się rano ok. 9.30. Zamiast tego o tej porze zmierzaliśmy w kierunku portu w Narsarsuaq, w którym grenlandzkie linie lotnicze w zastępstwie heli-

koptera umieściły nas w kilkuosobowej łodzi, która płynęła do... Qaqortoq (ryc. 5). Cóż rzecz, wzorem Grenlandczyków również częściej zacząłem używać słów na „Q”. Postanowiliśmy tę porażkę przekuć w sukces i poszukać w Qaqortoq kartuszy do naszych kuchenek turystycznych – jedynej rzeczy, której nie mogliśmy ze sobą zabrać do samolotu z Europy. Niestety, bez powodzenia. Za to w sklepie kusily atrakcyjną ceną rękawice z foki i psa. Ale może innym razem...

W Qaortok spędziliśmy kilka godzin, zanim kolejna łódź zabrała nas do Nanortalik. Zgodnie z planem mieliśmy już rozbijać obóz w dolinie Kloster, a tymczasem naszą popołudniową rzeczywistością wciąż był slalom między górami lodowymi. Niestety, ostatni etap podróży do Kloster nie mógł się odbyć już tego dnia. Co gorsza – również w Nanortalik nie znaleźliśmy kartuszy gazowych (choć w lokalnym markecie można było nabyć różne modele broni strzeleckiej). Ten dzień kończyliśmy w zgoła odmiennych nastrojach niż poprzedni wieczór (ryc. 6).

Pobudka i bez zmian: transport do doliny Kloster dopiero późnym popołudniem, butli z gazem brak. Paul próbował tę sytuację rozładować żartem (ryc. 7), ale chyba najlepiej zrobiła nam realizacja pomysłu spędzenia tego dnia na obserwacjach terenowych.

Wyruszyliśmy na pobliskie wzgórze Quassik. Wznosi się ono wprawdzie tylko na 308 m n.p.m., ale na Grenlandii taka z pozoru mała różnica wysokości przekłada się na ogromną odmianę w warunkach klimatycznych. Niemal każde kilkadziesiąt metrów przynosiło więc zmianę wyglądu obserwo-



Ryc. 5. W drodze do zastępczego transportu do Nanortalik
Fig. 5. On the way to the replacement transport to Nanortalik



Ryc. 6. Pogoda w Nanortalik dopasowała się do naszych nastrojów
Fig. 6. The weather in Nanortalik matched our moods



wanych przez nas brzoź gruczołowatych. W rezultacie na wysokości 300 m n.p.m. ich liście, zwykle mające ok. 2,5 cm szerokości (Ashburner i McAllister, 2013), miały ledwie 3–4 mm (ryc. 8). Jeszcze ciekawszej obserwacji dokonał Paul, badając zebrane owocostany tych brzoź już po powrocie z Grenlandii: zauważył, że pod każdą łuską owocową schowane było tylko jedno nasiono, podczas gdy na niższych wysokościach na jedną łuskę przypadają trzy. Jest to o tyle ciekawe, że cecha ta jest zwykle uważana za jedną z decydujących o przynależności taksonu do danego gatunku brzozy, a konkretnie: pojedyncze nasiona przypadające na każdą łuskę owocową to cecha charakterystyczna innej karłowatej brzozy: *Betula michauxii* Spach (Ashburner i McAllister, 2013).

Ryc. 7. Paul „odnalazł” kartusze z gazem
Fig. 7. Paul „found” the gas cartridges



Ryc. 8. Miniaturowe liście *Betula glandulosa* na wysokości ok. 300 m n.p.m.

Fig. 8. Miniature leaves of *Betula glandulosa* at an altitude of approx. 300 m a.s.l.



Ryc. 9. Po pożegnaniu inuickie małżeństwo wypłynęło na środek fiordu, aby złowić rybę na kolację

Fig. 9. After saying goodbye, the Inuit couple set out by motorboat to the middle of the fjord to catch fish for dinner

Jak to czasem w życiu bywa, wystarczy trochę odczekać, a problemy same się rozwiązują. W naszym wypadku rozwiązał się jeden – problem butli z gazem. Po powrocie do Nanortalik poznaliśmy grupę duńskich kajakarzy, których spotkał jeszcze większy pech – nie dotarła samolotem spora część ich bagaży, musieli więc czekać kilka dni w hotelu, ale w związku z tym mogli nam podarować dwie butle z gazem. A już chcieliśmy robić próby rozpuszczania żywności liofilizowanej w zimnej wodzie...

Nadeszło popołudnie, wypogodziło się i przyplłynęła kierowana przez parę sympatycznych Inuitów mała łódź motorowa, która w końcu zabrała nas do doliny Kloster, znajdującej się niemal na końcu fiordu Tasermjut (ryc. 9). Stąd było już widać lodowiec, którego nieprzerwana biel ciągnie się aż do bieguna. Rozbiliśmy obóz, trochę martwiąc się o przyszły dzień (ryc. 10).

Kolejny poranek przywitał nas rześką, ale słoneczną pogodą. Zgodnie z planem mieliśmy dziś być już kilkadziesiąt kilometrów dalej i płynąć jeziorem Tasersuaq, a my nawet nie rozpoczęliśmy packraftingu na południe fiordem Tasermjut. Pierwszą część dnia spędziliśmy na aktywności planowanej na dzień poprzedni – badaniem brzoź omszonych występujących w dolinie Kloster. Czy to opóźnienie to aż tak duży problem? O tym za chwilę. Na razie skupiliśmy się na naszym zadaniu badawczym. Trzeba w tym miejscu nadmienić, że brak lasu w innych miejscach poza



Ryc. 10. Pierwszy obóz u wylotu doliny Kloster
Fig. 10. First camp at the exit of the Kloster valley



Ryc. 11. Brzozy omszone z doliny Kloster

Fig. 11. Downy birches from the Kloster valley

Qinnguadalen nie jest spowodowany brakiem gatunków, które taki las mogą tworzyć (Klosterdalen nie jest tu wyjątkiem). Ilość śniegu, który przykrywa inne doliny zimą, jest tak duża (i pewnie dochodzą do tego silne wiatry), że przyciśnięte do ziemi brzozy mają mniejsze szanse na spionizowanie się latem i podążenie ku słońcu. Obserwowaliśmy więc kilkumetrowej długości pnie brzozy, które w normalnych warunkach tworzyłyby zagajnik, tu jednak wiły się blisko ziemi, tworząc ciężkie do sforsowania zarośla. Choć trzeba przyznać, że różnokolorowe pnie wyglądały niezwykle atrakcyjnie (ryc. 11). W dalszej części naszej wyprawy mijaliśmy kilka miejsc, gdzie brzozy miały szansę rosnąć ku górze, ale były to niewielkie, oddzielone od siebie obszary, być może właśnie dlatego tylko Qinnguadalen jest uważane za miejsce występowania jedyne lasu na Grenlandii.

Przyszła pora zwodować nasze packrafty (ryc. 12). Jest to, moim zdaniem, kapitalny wynalazek, jednak pierwszy dzień na wodzie przetestował granice naszej kondycji fizycznej. Rzecz w tym, że plan wyprawy oparty był na kalendarzu pływów, a przez opóźnienie ta część packraftingu fiordem Tasermjut musiała odbywać się pod prąd (czyli podczas przyływu). W dodatku pogoda na tyle się pogorszyła (wraz z wiejącym w twarz wiatrem), że musieliśmy płynąć blisko brzegu, co jeszcze bardziej zwiększyło nasze problemy. Okazuje się, że nawet niewielkie zwężenie fiordu w posta-

ci wchodzącej do wody skały, powoduje gwałtowny wzrost szybkości przepływającej tam wody. Parę razy, choć wiosłowaliśmy z całych sił, brzeg, owszem, przesuwaliśmy się, ale nie w tym kierunku, w którym byśmy chcieli. W rezultacie musieliśmy odpływać dalej od brzegu, a tam z kolei utrudniały nam zadanie silniejszy wiatr i wyższa fala. O tym dniu wolałbym jak najszybciej zapomnieć. Z planowanych 24 km zrobiliśmy może połowę. Jediną przyjemną rzeczą tego dnia pozostały ciepły śpiwór i herbata wieczorem w namiocie.

Kolejny dzień znów spędziliśmy na wodzie, ale w o ileż bardziej komfortowych warunkach! Tym razem płynęliśmy z prądem, a pogoda była bezwietrzna. Panował taki spokój, że jedynym dźwiękiem był plusk wody rozbijanej przez wiosła, a tafla wody tak gładka, że można było obserwować pływające w krystalicznie czystej wodzie meduzy. Zanim dopłynęliśmy do ujścia strumienia Kuussuaq, który stanowi przelew jeziora Tasersuaq do fiordu, minęliśmy niewielką doświadczalną plantację drzew iglastych. Drzewa sadzone w początkach lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku mają może 5–6 metrów wysokości. Z kilkunastu testowanych gatunków utrzymało się tylko kilka (*Picea abies*, *P. ×lutzii*, *Larix sibirica* i *Pinus sylvestris*). Dodatkowo warto wspomnieć, że z produkowanych przez te drzewa nasion, ze względu na krótki okres wegetacyjny, nie są w stanie wykształcić się nowe rośliny. Ostatni etap na ten dzień to przeniesienie ekwipunku wzdłuż strumienia Kuussuaq do jeziora Tasersuaq.

Poranek kolejnego dnia. Wielki dzień – mieliśmy dopłynąć do doliny Qinngua. I dopłynęliśmy. Ten etap to była prawdziwa przyjemność: wspaniała pogoda i cudowne krajobrazy (ryc. 13). Wylot doliny osiągnęliśmy około 13. Powitał nas na brzegu jeziora pień brzozy – jasny znak, że znaleźliśmy się



Ryc. 12. Pierwsze chwile na wodach fiordu Tasermjut

Fig. 12. First moments on the waters of the Tasermjut Fjord



Ryc. 13. Jedna z rzadkich chwil, gdy pogoda pozwala podziwiać grenlandzkie krajobrazy
 Fig. 13. One of the rare moments when the weather allows you to admire the Greenlandic landscapes

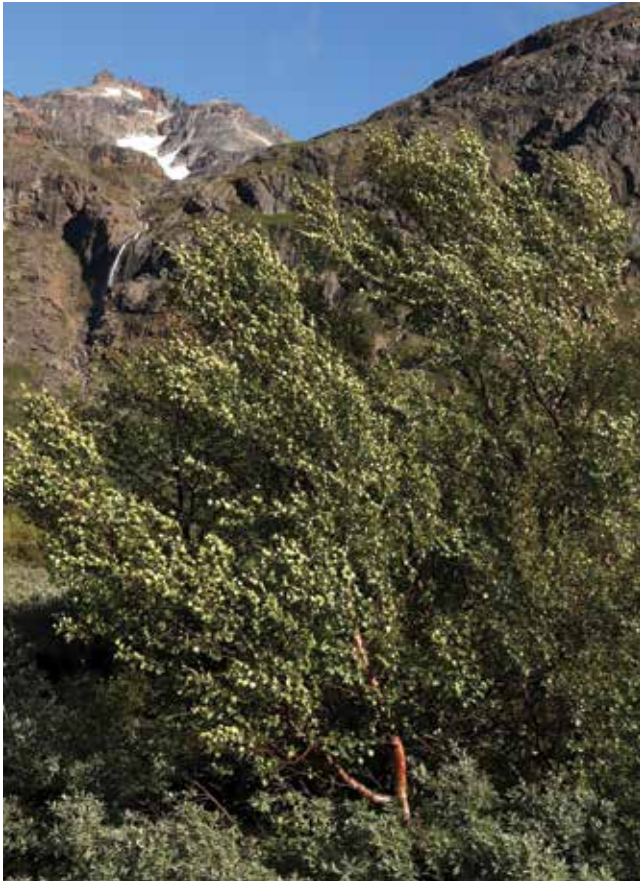


Ryc. 14. Tak nas przywitała dolina Qinnngua
 Fig. 14. This is how the Qinnngua valley welcomed us

w pobliżu jedyne naturalnego lasu na Grenlandii (Ashburner i McAllister, 2013) (ryc. 14). Naprawdę ciężko opisać emocje, jakie może wywołać w człowieku drzewo, takie zwykle, zaledwie kilkukrotnie przekraczające jego wzrost (ryc. 15 i 16). To zakrawało niemal na cud w otaczających karłowatych zaroślach. Poza brzozą omszoną w lesie Qinn-guadalen spotkać można od czasu do czasu jarzab nadobny (*Sorbus decora*) (ryc. 17). Mieliśmy też nadzieję na znale-

zienie północnego podgatunku olszy zielonej (*Alnus alnobetula*) (Ostenfeld, 1926), w tym wypadku musieliśmy jednak obejść się smakiem.

Z poczynionych tego i następnego dnia obserwacji z pewnością jedną z najważniejszych jest ta o powszechnym występowaniu mieszkańców brzozy omszonej z brzozą gruczołową (ryc. 18). Mieliśmy z nimi do czynienia w zasadzie w każdym miejscu, w którym występowały oba gatunki.



Ryc. 15. Brzozy omszone w dolinie Qinnua
Fig. 15. Downy birches in the Qinnua Valley



Ryc. 16. Czasem trafiał się taki jak ten, solidny kawał drzewa,
o wysokości zdecydowanie powyżej 10 m
Fig. 16. Sometimes there was one like this, a solid piece of a tree,
definitely more than 10 m high



Ryc. 17. Połowa sierpnia – owoce jarzębu nadobnego jeszcze nie w pełni
dojrzałe

Fig. 17. Mid-August – fruits of northern mountain ash not yet fully ripe



Ryc. 18. Charakterystyczny mieszaniec brzozy omszonej z brzozą
gruczołowatą

Fig. 18. Characteristic hybrid of downy birch and glandular birch

O tej hybrydzie nie wspominają autorzy wielu prac monograficznych, w tym brak wzmianki w „The Genus *Betula*: a taxonomic revision of birches” (Ashburner i McAllister, 2013). Nasze obserwacje dotyczące *Betula pubescens* var. *pumila* także odstawały od opisywanego typu. Nie zawsze były to drzewa wielopniowe i dosyć często ich wysokość przekraczała 6 m, osiągając czasem ponad 10 m.

Aż żał było opuszczać to miejsce. Następnego dnia przed południem spenetrowaliśmy jeszcze wschodnią część doliny, wspinając się na spływające do niej zbocze. Niskie brzozo-wierzbowe zarośla mogą konkurować z puszczą amazońską o tytuł największego spowalnicza tempa marszu. Mokrzy od potu i od wielokrotnie zaliczonych bagiennych pułapek wróciliśmy na brzeg jeziora, aby znów zwinąć obóz i powiosłować w kierunku „cywilizacji” (ryc. 19). Nie przez przypadek użyłem cudzysłowu, bo tą cywilizacją była położona kilka kilometrów od zachodnich wybrzeży jeziora farma z ludźmi w liczbie sztuk jedna. Miło było porozmawiać, nawet jeśli wspólny język znajdowało się, nie znając języka



Ryc. 19. Jeden z ostatnich przystanków na jeziorze Tasersuaq (fot. P. Bartlett)

Fig. 19. One of the last stops on Lake Tasersuaq (photo P. Bartlett)

swojego rozmówcy. Między farmą a osadą Tasiusaq mieliśmy rozbić ostatni obóz, ale prognozy pogody, które podał nam nasz lokalizator satelitarny, były na tyle złe (przewidywany sztorm), że zesłaliśmy bliżej Tasiusaq, aby złapać zasięg telefonii komórkowej i móc wezwać łódź do Nanortalik.

I to niemal wszystko. Wszystko poza tym, że helikopter znów nie przyleciał, znów płynęliśmy do Narsarsuaq łodziami, choć tym razem osobno. Na zachodnie wybrzeże do Nuuk poleciliśmy też osobno, osobno więc badaliśmy brzozę karłowatą i osobno wróciliśmy do Europy. Mimo że pogoda i grenlandzkie linie lotnicze tak nas rozdzieliły, to znów planujemy połączyć siły w 2024 r. I na koniec: jak się później dowiedziałem, duńscy kajakarze byli przeszczeniwi, że z dwóch tygodni mogli popływać wśród grenlandzkich gór lodowych chociaż 4 dni...

Literatura

- Ashburner K, McAllister HA. 2013. The genus *Betula*: a taxonomic revision of birches. London: Kew Publishing.
- Białobok S red. 1979. Brzozy *Betula* L. Warszawa, Poznań: Polska Akademia Nauk – Instytut Dendrologii, PWN.
- Feilberg J, Fredskild B, Holt S. 1984. Flowers of Greenland. Ringsted: Ahrent Flensborgs Forlag.
- Fredskild B. 1991. The genus *Betula* in Greenland-Holocene history, present distribution and synecology. *Nordic Journal of Botany* 11:393–412 DOI: 10.1111/j.1756-1051.1991.tb01236.x.
- Ostenfeld CH. 1926. The flora of Greenland and its origin. København: Andr. Fred. Høst & Søn.

Brzozy Grenlandii

(systematyka za: Ashburner i McAllister, 2013)

Brzoza karłowata (*Betula nana* L.)

Występuje w Europie (przede wszystkim Rosja i Skandynawia) oraz Ameryce Północnej (Grenlandia i wschodnie wybrzeże wyspy Baffin w Kanadzie). Można ją też spotkać



Brzoza karłowata – omszone młode pędy, bardzo krótkie ogonki liściowe, wzniesione kotki żeńskie

Dwarf birch – hairy young shoots, very short leaf stalks, upright female catkins

na kilku izolowanych stanowiskach, m.in. w Polsce (Pojezierze Chełmińskie, Sudety), jest u nas jednak bardzo rzadka i, podobnie jak np. w Alpach, stanowi pozostałość epoki lodowcowej (relikt glacialny). Krzew ten nie przekracza 1 m wysokości, zazwyczaj jednak jest dużo niższy, przyjmując czasem formę płożącą. Charakterystyczne liście tej brzozy są niemal okrągłe z tępyimi ząbkami. Ponieważ jednak podobne ulistnienie ma kilka innych gatunków niskich brzóz (w tym również występująca na Grenlandii brzoza gruczołowata), przy jej identyfikacji należy zwrócić uwagę na inne dwie cechy zdecydowanie ją wyróżniające: omszone młode pędy i bardzo krótkie ogonki liściowe (do 3 mm), które na krzewie są niemal niewidoczne.

Brzoza gruczołowata (*Betula glandulosa* Michx.)

Jest to prawdopodobnie najbardziej rozpowszechniony gatunek niskiej brzozy, stanowiący jeden z głównych składników flory tundry. Spotykana jest w Azji (Rosja, Mongolia, Chiny, Kazachstan) i Ameryce Północnej (południowe wybrzeże Grenlandii, Kanada, USA). Bywa wyższa od brzozy karłowatej (niektóre źródła mówią nawet o 3 m, wydaje się jednak, że w tych wypadkach możliwy jest wpływ genów innych gatunków brzóz, czyli introgresja). Zazwyczaj, szczególnie w surowym klimacie, nie przekracza 1 m wysokości i przybiera formę niskiej, często płożącej się krzewinki. Ma podobne do brzozy karłowatej ulistnienie, jednak jej ogonki liściowe są dłuższe (do ok. 5 mm) i są wyraźnie widoczne na krzewie. Cechą, która jednak zdecydowanie ją wyróżnia, jest obecność licznych gruczołków przede wszystkim na młodych pędach, ale także przez pewien czas na liściach.



Brzoza gruczołowata – gruczołki na pędach (także na liściach), widoczne ogonki liściowe

Glandular birch – glands on the shoots (also on the leaves), visible leaf stalks

Brzoza omszona, odmiana północna (*Betula pubescens* var. *pumila* (L.) Govaerts)

Wprawdzie łacińska nazwa tej odmiany (*pumila*) wskazuje na karłowaty charakter drzewa, jednak obserwacje egzemplarzy z Grenlandii (czasem powyżej 10 m wysokości), skłoniły mnie do użycia przymiotnika „północna” (o ile wiem,

nie istnieje obecnie inna, oficjalna polska nazwa tej odmiany brzozy omszonej). Brzoza omszona jest gatunkiem powszechnie występującym w Europie i Azji (jeden z czterech gatunków brzóz flory Polski), a także w Ameryce Północnej (Grenlandia i wschodnie wybrzeża Nowej Fundlandii). Odmianę tę znaleźć można na północnych obszarach występowania gatunku. Jej cechy morfologiczne są wynikiem przystosowania do surowego klimatu, ale zapewne także wpływu genów występujących na tych samych obszarach innych niskich gatunków brzóz (*B. nana*, *B. glandulosa*). Porównując z odmianą typową (var. *pubescens*) jest drzewem niższym, czasem wręcz krzewem, z mniejszymi liśćmi (z zazwyczaj mniejszą liczbą nerwów bocznych – do 6 par) i często wzniesionymi kotkami żeńskimi (to z pewnością wpływ genów karłowatych gatunków brzóz), podczas gdy odmiana typowa (var. *pubescens*) ma kotki zwisające. Podobnie jednak jak u innych odmian tego gatunku jej młode pędy są omszone.



Brzoza omszona, odmiana północna – liście z niewielką liczbą nerwów bocznych, wzniesione kotki żeńskie

Betula pubescens var. *pumila* – leaves with a small number of veins, upright female catkins

Mieszańce

Rodzaj *Betula* obfituje w formy pośrednie pomiędzy gatunkami występującymi wspólnie na danym obszarze. Stąd też w historii systematyki tego rodzaju opisywano liczne gatunki, których rangę obecnie obniża się do podgatunku czy odmiany lub traktuje jako mieszańce. Nie inaczej jest w przypadku brzóz z Grenlandii. Licznie występują tu mieszańce brzozy omszonej z brzozą gruczołowatą. Ze względu na rozmieszczenie geograficzne niskich gatunków brzóz na Grenlandii – brzoza gruczołowata na południowym wybrzeżu, brzoza karłowata na wschodnim i zachodnim – na styku występowania tych dwóch gatunków (na wybrzeżu zachodnim) również występują ich mieszańce. „The genus *Betula*: a taxonomic revision of birches” (Ashburner i McAllister, 2013) wspomina o grenlandzkich hybrydach brzozy omszonej z karłowatą, ale wydaje się, że to błąd i że autorzy mieli na myśli brzozę gruczołowatą.

WSPOMNIENIA

WSPOMNIENIE O TOMASZU BOJARCZUKU

(15 SIERPNI 1942 – 22 LIPCA 2023)

Mijający rok 2023 był czasem pożegnań z wybitnymi postaciami Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego. 22 lipca zmarł Pan Dr Tomasz Bojarczuk, emerytowany pracownik Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk i wieloletni kierownik Arboretum Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku.

Tomasz Bojarczuk urodził się 15 sierpnia 1942 r. w Sierakowiznie na Podlasiu jako najmłodszy z czwórki rodzeństwa. Jego rodzice byli nauczycielami. Ojciec, Jan Bojarczuk, uczył przedmiotów przyrodniczych i to on zaraził syna miłością do drzew i lasu. Tomasz uczęszczał do szkoły podstawowej i liceum w Bielsku Podlaskim. Po zakończeniu szkoły średniej zaprzagnął studiować leśnictwo, a decyzja ta zaprowadziła go daleko od rodzinnych stron, do Poznania.

W 1960 r. rozpoczął studia na Wydziale Leśnym Wyższej Szkoły Rolniczej w Poznaniu. W czasie studiów, poza nauką, zajmował się również działalnością kulturalną (a może nazwać ją nawet rozrywkową). Już w szkole podstawowej i średniej angażował się w przygotowania szkolnych przedstawień i lubił występować na scenie, co chętnie kontynuował w czasach studenckich. Był członkiem grupy teatralno-kabaretowej przy klubie studenckim „Dziupła” w Poznaniu, występował tam jako członek zespołu, a także jako dowcipny konferansjer. Zaangażował się również w tworzenie studenckiego radiowęzła. Był (jak wynika ze wspomnień Jego rówieśników) przystojnym, uroczym chłopakiem, dowcipnym, pełnym pomysłów i potrafiącym oczarować publiczność.

Pracę magisterską pod tytułem „Rozpoznanie przedmelioracyjne terenów w oddziałach 34, 35, 36 Leśnictwa Bendlewo, Nadleśnictwo Podłudziny, OZLP Poznań” realizował w Katedrze Inżynierii Leśnej i Budownictwa, pod kierunkiem prof. Stanisława Stryły. Po ukończeniu studiów podjął pracę w Zakładzie Dendrologii i Arboretum Kórnickim Polskiej Akademii Nauk w Kórniku (obecnie Instytut Dendrologii PAN), rozpoczynając ją 1 listopada 1965 r. Pracował w dziale Arboretum, którego kierownikiem był dr Władysław Bugała (później profesor, a w latach 1980–1995 także dyrektor Instytutu).



Tomasz Bojarczuk na początku swojej pracy w Arboretum, na tle kórnickich magnolii, lata 60. (z archiwum rodzinnego Państwa Bojarczuków)
Tomasz Bojarczuk at the beginning of his work at the Arboretum, against the backdrop of magnolias, the 1960s (from the Bojarczuk family archive)

Wiele prowadzonych w Kórniku w tamtych latach prac badawczych związanych było z topolami (m.in. systematyką, zmiennością, dynamiką wzrostu i dziedziczeniem cech mieszańców). To właśnie topole stały się przedmiotem zainteresowania Tomasza Bojarczuka w pierwszych latach jego pracy w Kórniku. Prowadził On również obserwacje w Arboretum nad możliwościami uprawy i aklimatyzacją w Polsce obcych gatunków drzew i krzewów. Jego pierwsze publikowane prace dotyczą nie tylko topoli, ale również jemioli na drzewach i krzewach Arboretum.

Niezmiernie ważnym zadaniem, jakie zostało postawione przed Tomaszem Bojarczukiem, były prace nad inwentaryzacją kolekcji Arboretum Kórnickiego. Tworzenie i aktualizowanie map, prowadzenie spisów roślin, oznaczanie gatunków było dużym wyzwaniem, ale też niezwykle wciągającym zajęciem. To właśnie te prace sprawiły, że Tomasz Bojarczuk związał całe swoje życie z Arboretum. Efektem tych działań były publikowane w kolejnych rocznikach „Arboretum Kórnickiego” wykazy drzew i krzewów kolekcji kórnickiej. Praca ta, poza ogromnym znaczeniem naukowym dla naszego Instytutu, doprowadziła także do ważnego wydarzenia w Jego życiu osobistym. W trakcie spisów i pomiarów oraz oznaczania roślin Arboretum, w romantycznej scenerii parku, Tomasz Bojarczuk poznał swoją przyszłą żonę, oddelegowaną do prac inwentaryzacyjnych, od niedawna pracującą w Zakładzie Dendrologii i Arboretum Kórnickim PAN, Panią Krystynę Sikorską. Jakiś czas potem, w 1970 r., odbył się ślub będący początkiem bardzo udanego i szczęśliwego małżeństwa trwającego prawie 53 lata. Pani Prof. Krystyna Bojarczuk również związała całe swoje życie zawodowe i karierę naukową z Instytutem Dendrologii.

W 1969 r. Tomasz Bojarczuk, rozpoczął badania dotyczące wegetatywnego rozmnażania topoli z sekcji Leuce. Dało to początek pracy doktorskiej pt. „Ukorzenianie sadzonek zielnych topoli z sekcji Leuce przy użyciu związków chemicznych”,

prowadzonej pod kierunkiem prof. Władysława Bugały. W 1976 r. uzyskał stopień doktora nauk rolniczych nadany przez Radę Wydziału Ogrodniczego Akademii Rolniczej w Poznaniu. Na przełomie lat 70. i 80. wraz z małżonką i zespołem kierowanym przez prof. Bugałę kontynuował pracę nad rozmnażaniem wegetatywnym różnych gatunków drzew i krzewów, takich jak: magnolie, różaneczniki, żylistki, perukowce, platany, rokitniki czy kaliny. Testowano wpływ różnych podłoży, terminów poboru sadzonek i stosowania substancji stymulujących ukorzenianie. Prace te zaowocowały znacznym powiększeniem wiedzy na ten temat, a także opatentowaniem w 1983 r. środka do ukorzeniania roślin.

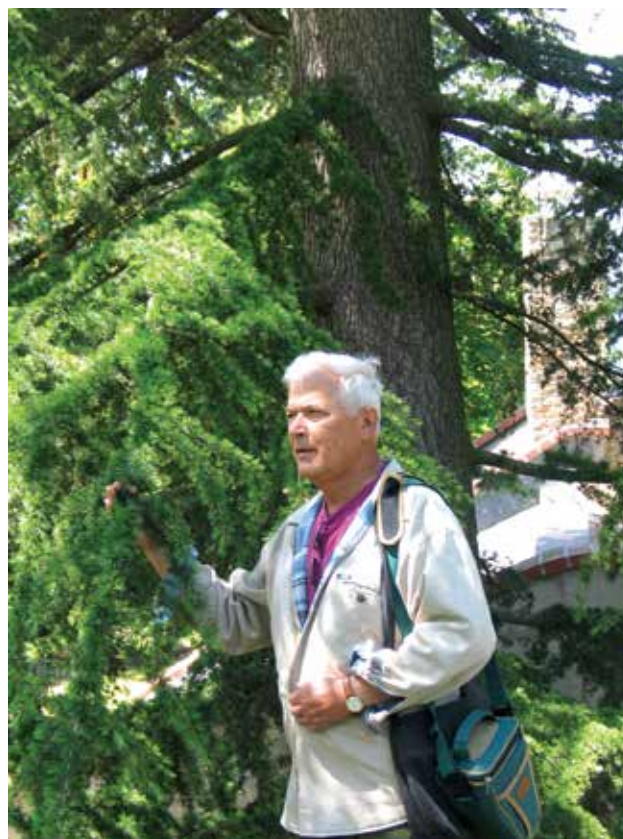
W roku 1976 w strukturze Instytutu Dendrologii PAN wydzielona została Pracownia Arboretum, wchodząca w skład Zakładu Introdukcji i Aklimatyzacji Drzew, a Dr Tomasz Bojarczuk został jej kierownikiem i był nim (choć struktura jednostki niejednokrotnie się zmieniała) przez 32 lata, do roku 2008. Brał udział w działalności badawczej Instytutu nad m.in. możliwością uprawy w warunkach krajowych obcych gatunków drzew i krzewów. Zajmował się rodzajami *Deutzia*, *Spiraea*, *Philadelphus* i *Malus* w kolekcji kórnickiej oraz oceną przydatności i walorów dekoracyjnych odmian drzew i krzewów (m.in. różaneczników, azalii i magnolii) w Polsce. W kręgu jego zainteresowań była również zieleń miejska oraz towarzysząca drogom i autostradom (które wówczas istniały raczej w formie planów i zamierzeń). Efektem tych badań było powstanie serii cennych i wręcz pionierskich opracowań dotyczących doboru drzew i krzewów przydatnych do tworzenia zieleni miejskiej oraz do obsadzania dróg i autostrad, wraz z uwzględnieniem rejonizacji kraju.

W roku 1980 uczestniczył w wyjeździe do Demokratyczno-Ludowej Republiki Korei, wraz z, wówczas doktorem, Adamem Boratyńskim. Rezultatem tej wyprawy są liczne okazy zielnikowe zgromadzone w Zielniku Instytutu Dendrologii i poszerzenie wiedzy o drzewach i krzewach Korei, które od lat są częstym elementem kolekcji dendrologicznych w Europie. Odwiedzał również liczne zagraniczne ogrody botaniczne, arboreta i jednostki badawcze (Moskwa, Mlyňany, Nový Dvůr, Průhonice czy Boskoop). Pozyskiwał z nich gatunki i odmiany, które wzbogacały kolekcje Arboretum Kórnickiego. W ten sposób, poprzez Kórnik, na polską scenę szkółkarską trafiło wiele cennych i znanych obecnie odmian drzew i krzewów, jak np. magnolie 'Susan' i 'Betty', wierzba 'Hakuro Nishiki' czy cyprysowiec Leylanda.

Tomasz Bojarczuk był również autorem nowych odmian. Najbardziej znaną jest odmiana modrzewia europejskiego 'Kórnik', opisana w 1980 r. i wprowadzona do handlu przez Szkołki Kórnickie. Do później opisanych odmian, których był współautorem, należą lilaki 'Liliana' (2007) i 'Origami' (2013), a także róża 'Poznań' (1998), topola 'Zbigniew Stecki' o wąskim, smukłym pokroju (2007) czy leszczyna 'Władysław Bugała' (2007) o purpurowych liściach. Dr Bojarczuk współpracował z polskimi szkółkarzami i często udzielał im wsparcia merytorycznego w kwestii oznaczeń gatunków lub konsultacji na temat warunków uprawy, mnożenia i wymagań nowych grup roślin. Polscy szkółkarze docenili jego wkład w tę działalność, przyznając mu w 2007 r. Honorowy Laur Związku Szkółkarzy Polskich (nagrodę tę otrzymała również Jego żona, Prof. Krystyna Bojarczuk).

Był autorem i współautorem ponad 150 publikacji naukowych i popularnonaukowych oraz licznych ekspertyz i opinii dendrologicznych. Zapoczątkował tworzenie w Arboretum Kórnickim nowych kolekcji azalii i różaneczników i nieustannie rozwijał inne kolekcje, w tym jedną z Jego ulubionych – kolekcję lilaków.

Pracownicy Instytutu, w tym również Dr Bojarczuk, zaangażowani byli w pomoc w tworzeniu, utrzymaniu i poszerzaniu innych ogrodów i parków. Były to zarówno założenia miejskie – na przykład w Koszalinie, Gorzowie Wielkopolskim czy Kołobrzegu, jak i ogrody botaniczne, np. Ogród Botaniczny w Lublinie, Ogród Botaniczny PAN – Centrum Zachowania Różnorodności Biologicznej w Powsinie, a także arboreta w Przelewicach, Wirtach czy Wojsławicach. W miejscach tych nadal rosną drzewa, których historia związana jest z Dr. Bojarczukiem.



Tomasz Bojarczuk w Arboretum w Wojsławicach w towarzystwie cedru libańskiego, który posadził wraz z Władysławem Bugałą w 1965 r., czerwiec 2005 r. (fot. K. Nowak)

Tomasz Bojarczuk at the Wojsławice Arboretum under a Lebanese cedar, which he planted with Władysław Bugała in 1965, June 2005 (photo by K. Nowak)



Sadzimy razem różaneczniki w Arboretum w Kórniku, rok 2009 (fot. K. Broniewska)

We are planting azaleas at the Kórnik Arboretum, 2009 (photo by K. Broniewska)

Dr Tomasz Bojarczuk działał w Sekcji Dendrologicznej Polskiego Towarzystwa Botanicznego i był jej wieloletnim sekretarzem. Włączył się także w inicjatywę reaktywacji Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego, a dzięki Jego zaangażowaniu w 2012 r. powołano Wielkopolski Oddział Towarzystwa. Był także inicjatorem powstania Sekcji Drzew Pomnikowych PTD i organizatorem licznych zjazdów PTB, a później PTD oraz Sekcji Roślin Wrzosowatych. W roku 2022 otrzymał Złotą Odznakę Honorowego Członka Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego.

Był również ogromnie ceniony w środowisku polskich ogrodów botanicznych, działał w radach naukowych Ośrodka Kultury Leśnej w Gołuchowie (również jako Przewodniczący Rady), Arboretum Leśnego im. Prof. Stefana Białoboka w Sycowie oraz Arboretum Leśnego w Zielonce. Był członkiem Rady Muzeum Ziemi Średzkiej w Koszutach. Należał do Polskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk Ogrodniczych, a także do Wojewódzkiej Komisji Ochrony Środowiska w Kaliszu. Działał w Zarządzie Wojewódzkim Stowarzyszenia Naukowo-Technicznego Inżynierów i Techników Ogrodnictwa w Poznaniu. W 2007 r. w uznaniu zasług otrzymał Złotą Odznakę NOT, a wcześniej, w 1985 r. Srebrny Krzyż Zasługi.

Bardzo duże znaczenie dla Pana Tomasza Bojarczuka miała popularyzacja wiedzy o drzewach i krzewach. Miał w sobie wiele z dydaktyka; o roślinach opowiadał z pasją, często oprowadzał zwiedzających po najcenniejszych kolekcjach naszego ogrodu, dzieląc się swoją wiedzą i umiłowaniem przyrody. W czasach, gdy dostęp do informacji o uprawie roślin, o ciekawych i nowych gatunkach nie był tak łatwy jak dzisiaj, to dzięki Jego licznym artykułom w takich czasopismach jak „Działkowiec”, „Kwiaty” czy „Hasło Ogrodnicze” miłośnicy roślin, amatorzy, mogli dowiedzieć się o nich więcej. W tych tekstach starał się przedstawiać, w sposób przystępny i łatwy w odbiorze, swoje obserwacje na temat wymagań roślin, ich uprawy, rozmnażania, popularyzując nowe gatunki oraz odmiany drzew i krzewów zasługujące na włączenie do ogrodowych kompozycji. Dzięki publikacjom w „Szkółkarstwie” i „Lesie Polskim” odbiorcami byli również profesjonaliści. Prac takich ukazało się kilkadziesiąt.

Dostrzegając bardzo ważną rolę ogrodów botanicznych w działalności edukacyjnej i popularyzatorskiej. Był autorem przewodników turystycznych i folderów o Arboretum Kórnickim. W roku 1994 zapoczątkował organizowanie w Arboretum Kórnickim imprez edukacyjno-przyrodniczych. Odbyły się wtedy pierwsze „Dni Azalii i Różaneczników”, spotkania, w których do dzisiaj udział biorą tysiące osób odwiedzających Arboretum. Później poszerzył wachlarz imprez o kolejne: „Zwiastuny Wiosny”, „Kiedy znów zakwitną białe bzy” czy „Barwy jesieni”. Organizował w Arboretum wiele wydarzeń artystycznych, wystaw, koncertów i festiwali (na czele z Letnim Festiwalem „Muzyka z Kórnika”). Dzięki inicjatywie Dr. Tomasza Bojarczuka od 2004 r. mieszkańcy miasta i gminy Kórnik mają możliwość bezpłatnego korzystania z Arboretum na podstawie porozumienia z władzami gminy.

Prywatnie Pan Tomasz był duszą towarzystwa, człowiekiem otwartym, o dużym poczuciu humoru. Był świetnym mówcą, błyskotliwym i dowcipnym, podczas naszych spotkań, przerw na kawę, często opowiadał różne przyrodnicze anegdotki. Był osobą bardzo towarzyską, z gronem licznych przyjaciół i znajomych, świetnym brydżystą.

Pan Tomasz interesował się również historią, badając losy założenia parkowych, a także osób związanych z polskim ogrodnictwem i szkółkarstwem. Lubił podróże i przywoził z nich różne dendrologiczne ciekawostki, sadzonki drzew i krzewów. Często były to wyjazdy do starych parków, w których poszukiwał interesujących drzew, pozostałości po dawnych założeniach. W wyprawach tych brali często udział jego przyjaciele: prof. Mieczysław Czekalski i niestrudzony tropiciel starych drzew, Krzysztof Borkowski.

Po przejściu na emeryturę często nas odwiedzał w Arboretum, wpadał na chwilę rozmowy, doradzał. Jego odejście jest dla nas nieodżałowaną stratą. W Kórniku, ale też w wielu innych ogrodach i arboretach, pozostały setki drzew, które posadził i w których będzie żyła Jego Osoba.

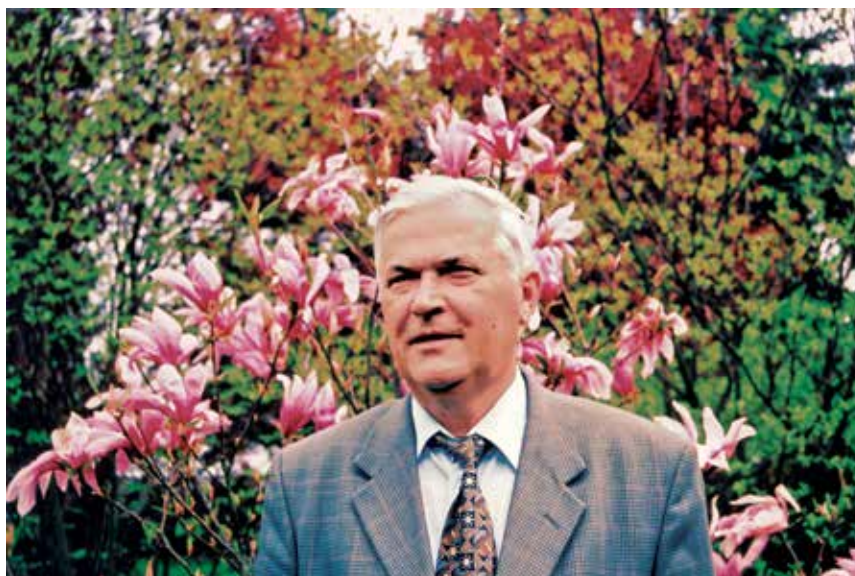
15 sierpnia skończyłby 81 lat. Został pochowany na cmentarzu parafialnym, przy ul. Nowina w Poznaniu.

Kinga Nowak



Dr Tomasz Bojarczuk wraz z prof. Mieczysławem Czekalskim parku w Łaszczyń, sierpień 2012 r. Opis parku można znaleźć na stronach PTD w „Wiadomościach Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego” z 2013 r.
(fot. K. Borkowski)

Dr. Tomasz Bojarczuk along with Prof. Mieczysław Czekalski in the park in Łaszczyń, August 2012. The park's description can be found in 'Wiadomości Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego' from 2013
(photo by K. Borkowski)



Po 40 latach pracy w Arboretum, również na tle magnolii
(z zasobów Instytutu Dendrologii PAN)

After 40 years of work at the Arboretum, also against the backdrop of magnolias (from the resources of the Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences)

Wybrane publikacje Tomasza Bojarczuka

- Bojarczuk T. 1968. Jemioła pospolita (*Viscum album* L.) w Arboretum Kórnickim. *Arboretum Kórnickie* 13:121–133.
- Bojarczuk T, Bugała W. 1968. Kolekcja doświadczalna różnych odmian topoli w Kórniku. *Arboretum Kórnickie* 13:297–301.
- Bojarczuk T. 1970. O jemiole pospolitej (*Viscum album* L.) na dębach w Polsce. *Rocznik Sekcji Dendrologicznej Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 24:81–86.
- Bojarczuk T. 1970. Sędziwe topole czarne (*Populus nigra* L.) w Arboretum Kórnickim. *Rocznik Sekcji Dendrologicznej Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 24:87–90.
- Bojarczuk T. 1970. Wiek niektórych drzew w Arboretum Kórnickim. *Arboretum Kórnickie* 15:29–45.
- Bojarczuk T. 1970. Wyniki dalszych obserwacji nad występowaniem jemioły pospolitej (*Viscum album* L.) w Arboretum Kórnickim. *Arboretum Kórnickie* 15:47–50.
- Bojarczuk T, Stecki Z. 1970. O nowy dobór topoli dla Polski Zachodniej. *Las Polski* 44(1):9–13.
- Bojarczuk T. 1971. Katalog drzew i krzewów z Podzamcza z 1815 r. *Arboretum Kórnickie* 16:305–313.
- Bojarczuk T. 1971. Stan wód gruntowych w Arboretum Kórnickim. *Arboretum Kórnickie* 16:315–321.
- Bojarczuk T. 1971. Żywiciele jemioły pospolitej (*Viscum album* L.) w Polsce. *Rocznik Sekcji Dendrologicznej Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 25:189–203.
- Bojarczuk T, Bojarczuk K. 1971. Wykaz drzew i krzewów w Arboretum Kórnickim. *Arboretum Kórnickie* 16:63–80.
- Bojarczuk K, Bojarczuk T. 1972. Wykaz drzew i krzewów w Arboretum Kórnickim. II. *Arboretum Kórnickie* 17:185–194.
- Bojarczuk T. 1972. Leszczyna turecka (*Corylus colurna* L.) w Woźuczynie. *Rocznik Sekcji Dendrologicznej PTB* 26:147–150.
- Bojarczuk T, Kulczyński B. 1972. Pionierska roślinność zwałów popiołowych w Oświęcimiu. *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 18(2):193–197.
- Bojarczuk K, Bojarczuk T. 1973. Park w Łęknie. *Rocznik Sekcji Dendrologicznej Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 27:223–226.
- Bojarczuk K, Bojarczuk T. 1973. Wykaz drzew i krzewów w Arboretum Kórnickim. III. *Arboretum Kórnickie* 18:237–263.
- Jankiewicz LS, Bojarczuk T, Piątkowski MG. 1973. The effect of rutin and pyrogallol upon rooting of softwood cuttings of magnolias and of *Syringa meyeri* Schneid. *Acta Agrobotanica* 26(2):277–283.
- Surmiński J, Bojarczuk T. 1973. Drewno metasekwoi chińskiej (*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng) polskiego pochodzenia. *Rocznik Sekcji Dendrologicznej Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 27:159–168.
- Bojarczuk K, Bojarczuk T. 1974. Park w Brodowie. *Rocznik Sekcji Dendrologicznej Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 28:107–109.
- Bojarczuk K, Bojarczuk T. 1974. Wykaz drzew i krzewów w Arboretum Kórnickim. IV. *Arboretum Kórnickie* 19:181–206.
- Bojarczuk T. 1975. Próby uprawy niektórych gatunków drzew iglastych w Wojsławicach. *Wiadomości Botaniczne* 19(2):132–134.
- Bojarczuk T, Jankiewicz LS. 1975. Influence of phenolic substances on rooting of softwood cuttings of *Populus alba* L. and *P. canescens* Sm. *Acta Agrobotanica* 28(1):121–129.
- Bojarczuk T. 1977. Ukorzenianie sadzonek zielnych topoli z sekcji *Leuce* przy użyciu związków chemicznych. *Arboretum Kórnickie* 22:57–103.
- Bojarczuk T, Bugała W. 1977. Badania porównawcze wybranych odmian topoli z sekcji *Aigeiros*. *Arboretum Kórnickie* 22:39–56.
- Bojarczuk T. 1978. Dlaczego nie ma tulipanowców? *Hasło Ogrodnicze* 35(9):22–23.
- Bojarczuk T, Chodun A. 1978. Magnolia pośrednia i jej rozmnażanie. *Hasło Ogrodnicze* 35(11):21–23.
- Bojarczuk K, Bojarczuk T. 1979. Rozmnażanie cisów. *Hasło Ogrodnicze* 36(10):24–27.
- Bojarczuk T, Bugała W, Chylarecki H. 1979. Zrejonizowany dobór drzew i krzewów ozdobnych. Warszawa: Ministerstwo Administracji, Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska. Departament Usług Komunalnych.
- Bugała W, Chylarecki H, Bojarczuk T. 1979. Tymczasowy dobór drzew i krzewów do obsadzania ulic i placów miejskich. Warszawa: Ministerstwo Administracji, Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska. Departament Usług Komunalnych.
- Bojarczuk T. 1980. Dobór drzew dla różnych typów dróg. W: Znaczenie zakładanie i utrzymanie zadrzewień przydrożnych w województwie poznańskim. Zbiór referatów. Wojewódzki Ośrodek Doskonalenia Kadr w Poznaniu. Poznań, Kórnik: Instytut Dendrologii PAN, 41–49.
- Bojarczuk T. 1980. *Larix decidua* L. 'Kórnik' a dwarf cultivar of European larch. *Arboretum Kórnickie* 25:319–323.
- Bojarczuk T, Zieliński J. 1980. Kolumnowa forma gledicji (*Gleditsia* L.) w Arboretum Kórnickim. *Arboretum Kórnickie* 25:325–328.
- Bugała W, Chylarecki H, Bojarczuk T. 1980. Dobór drzew i krzewów do obsadzania ulic i placów w miastach z uwzględnieniem kryteriów rejonizacji. *Arboretum Kórnickie* 25:35–62.
- Bugała W, Bojarczuk T. 1981. *Arboretum Kórnickie*. Poznań: PWRiL.
- Bojarczuk T. 1984. Cyprysowiec *Leylanda* (*Cupressocyparis* × *Leylandii* Dallim) – pierwsze wyniki aklimatyzacji w Polsce. W: Zjazd Sekcji Dendrologicznej PTB oraz Komisji Ogrodów Botanicznych i Arboretów. Streszczenie referatów. Siemianice LZD 1984, 13–14.
- Bojarczuk T. 1984. Nowe odmiany krzewów polecane do produkcji szkółkarskiej. W: Aktualne problemy szkółkarstwa ozdobnego. Sympozjum, Warszawa 1984, cz. II, 11–13.
- Bojarczuk T. 1984. Wrzosa i wrzośce. *Kwiaty* 4:4–5.
- Bojarczuk T, Boratyński A. 1984. Notatki dendrologiczne z Koreańskiej Republiki Ludowo-Demokratycznej. *Arboretum Kórnickie* 29:171–186.

- Bojarczuk T, Bugała W. 1984. Wpływ suszy w latach 1982–1983 na drzewa i krzewy w Arboretum Kórnickim. *Arboretum Kórnickie* 29:13–34.
- Bugała W, Chylarecki H, Bojarczuk T. 1985. Dobór drzew i krzewów do obsadzania ulic i placów w miastach z uwzględnieniem kryteriów rejonizacji. *Arboretum Kórnickie* 29:35–62.
- Bojarczuk T, Czekalski M. 1987. Bagno, borówka, chamedafne. *Hasło Ogrodnicze* 54(11):23–24.
- Bojarczuk T, Czekalski M. 1987. Enkiant i gaultonia. *Hasło Ogrodnicze* 54(4):20.
- Bojarczuk T, Czekalski M. 1987. Kalmia i kiścień. *Hasło Ogrodnicze* 54(6):21–22.
- Bojarczuk T, Czekalski M. 1987. Mało znane krzewy i krzewinki wrzosowate: brukentalia i dabecja. *Hasło Ogrodnicze* 54(1):23–24.
- Bojarczuk T, Czekalski M. 1987. Naskalka, pernecja i pieris. *Hasło Ogrodnicze* 54(9):25–26.
- Czekalski M, Bojarczuk T. 1987. Najbogatsze polskie kolekcje różaneczników i azalii. *Informator Ogrodniczy* 1987:156–166.
- Bojarczuk T. 1988. Kolekcja różaneczników i azalii w Arboretum Kórnickim. W: *Materiały II Seminarium Grupy Roboczej „Rośliny Wrzosowate”*, Kórnik 27–28.05.1988, 34–41.
- Bojarczuk T. 1988. Wpływ zimy 1986–1987 na drzewa i krzewy w Arboretum Kórnickim. W: *Materiały Zjazdu Sekcji Dendrologicznej PTB, Przemyśl–Bolestraszyce* 9–13.06.1988, 13–14.
- Bojarczuk T, Czekalski M. 1988. Fylodoce, gajlusakia, i gaulneja. *Hasło Ogrodnicze* 55(4):22–23.
- Bojarczuk T, Czekalski M. 1988. Kassiope, Iyonia, menziesia. *Hasło Ogrodnicze* 55(4):23–25.
- Bojarczuk T, Czekalski M. 1988. Modrzewnica i zenobia. *Hasło Ogrodnicze* 55(9):25–27.
- Bojarczuk T, Czekalski M. 1989. Mało znane krzewy i krzewinki wrzosowate: Epigaea, Leiophyllum, Oxydendrum. *Hasło Ogrodnicze* 56(1):20–21.
- Bojarczuk T. 1990. Nowe odmiany drzew i krzewów iglastych w kolekcji Arboretum Kórnickiego. W: *Referaty i doniesienia Ogólnopolskiego Zjazdu Sekcji Dendrologicznej PTB, Kórnik* 24–26.05.1990, 25–28.
- Bugała W, Bojarczuk T, Dolatowski J. 1990. *Arboretum Kórnickie – przewodnik*. Warszawa, Poznań: PWN.
- Przybył K, Bojarczuk T. 1991. Wstępne badania nad zamieraniem igieł i gałęzi niektórych gatunków krzewów iglastych w Arboretum Kórnickim. *Arboretum Kórnickie* 36:137–145.
- Bojarczuk K, Bojarczuk T. 1993. Międzynarodowa konferencja poświęcona roślinom wrzosowatym. *Ogrodnictwo* 3:26–28.
- Bojarczuk K, Bojarczuk T. 1993. Międzynarodowe spotkanie specjalistów roślin wrzosowatych w Bad Zwischenahn. *Biuletyn. Rośliny Wrzosowate* 4:70–76.
- Bojarczuk T. 1993. Drzewa i krzewy Arboretum Kórnickiego: forsycje. *Ziemia Kórnicka* 4:1.
- Bojarczuk T. 1993. Drzewa i krzewy Arboretum Kórnickiego: miłorząb dwuklapowy (*Ginkgo biloba*). *Ziemia Kórnicka* 2:11.
- Bojarczuk T. 1993. Drzewa i krzewy ozdobne [dobory, sadzenie, pielęgnacja]. *Ten Świat* 1(18):1–2.
- Bojarczuk T. 1993. Nowe różaneczniki w kolekcji Arboretum Kórnickiego. *Biuletyn. Rośliny Wrzosowate* 4:86–87.
- Bojarczuk T. 1993. Zwierzyniec dawniej i dziś. *Ziemia Kórnicka* 4:11.
- Bojarczuk T. 1993. Zwierzyniec dawniej i dziś. *Ziemia Kórnicka* 5:11.
- Bugała W, Bojarczuk T. 1993. *Spacer po Arboretum*. Poznań, Kórnik: Sorus.
- Bojarczuk T. 1994. Antoni Wróblewski 1881–1944. *Ziemia Kórnicka* 5:8.
- Bojarczuk T. 1994. Drzewa i krzewy Arboretum Kórnickiego: cypryśnik błotny – *Taxodium distichum*. *Ziemia Kórnicka* 2:9.
- Bojarczuk T. 1994. Drzewa i krzewy Arboretum Kórnickiego: oczary – *Hamamelis*. *Ziemia Kórnicka* 1:9.
- Bojarczuk T. 1994. Drzewa i krzewy Arboretum Kórnickiego: wrzosy. *Ziemia Kórnicka* 6:7.
- Bojarczuk T. 1994. Drzewa i krzewy Arboretum Kórnickiego: wrzosy. *Ziemia Kórnicka* 7:8.
- Bojarczuk T. 1994. Kilka uwag o drzewach z importu. *Szkołkarstwo* 4:9.
- Bojarczuk T. 1994. Milin amerykański. *Działkowiec* 9:48.
- Bojarczuk T. 1994. Rdest Auberta. *Działkowiec* 10:32.
- Bojarczuk T. 1995. Autostrady coraz bliżej. *Szkołkarstwo* 4:3.
- Bojarczuk T. 1995. Czas wrzosów – które wybrać? *Działkowiec* 9:21.
- Bojarczuk T. 1995. Forsycje. *Działkowiec* 3:23.
- Lorenc-Plucińska G, Bojarczuk T. 1995. Regulation of sugar transport in poplar leaves. *Arboretum Kórnickie* 40:143–157.
- Bojarczuk T. 1996. Autostradą przez wieś. *Łagodzące zadrzewienia. Gazeta Wiejska*: 22:9.
- Bugała W, Bojarczuk T. 1997. *Spacer po Arboretum Kórnickim*. Poznań: PWN.
- Bugała W, Bojarczuk T. 1997. *Spaziergang durch das Arboretum in Kórnik*. Poznań: Grafika.
- Czekalski M, Bojarczuk T. 1997. Skoczek różanecznikowy już w Polsce. *Biuletyn Informacyjny Polskiego Towarzystwa Nauk Ogrodniczych* 7:7–8.
- Bojarczuk T. 1998. Osobliwe zjawisko zamierania pędów i konarów miłorzębu dwuklapowego (*Ginkgo biloba* L.) w Arboretum Kórnickim. *Rocznik Dendrologiczny* 46:135–137.
- Bugała W, Bojarczuk T. 1998. Nowe kolekcje drzew i krzewów w Arboretum Kórnickim na terenie Lasu Doświadczalnego Zwierzyniec. *Arboretum Kórnickie* 43:85–95.
- Zieliński J, Bojarczuk T. 1998. New park roses. *Rocznik Dendrologiczny* 46:61–64.
- Bojarczuk T. 1999. Rozmnażanie leszczyny tureckiej – sposób na sukces. *Szkołkarstwo* 2:37.
- Bojarczuk K, Bojarczuk T. 1999. Wegetatywne rozmnażanie klonów. W: Bugała W red. *Klony. Acer campestre* L. *Acer platanoides* L. *Acer pseudoplatanus* L. Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe, 229–256.

- Nowak TJ, Baran B, Bojarczuk T i in. 1999. Index plantarum polskich kolekcji dendrologicznych. *Prace Ogródu Botanicznego Uniwersytetu Wrocławskiego* 5:17–306.
- Bojarczuk T. 2000. Nowe wydanie Naamlijst. *Szkółkarstwo* 6:44.
- Czekalski M, Bojarczuk T. 2001. Skoczek różanecznikowy (*Graphocephala fennahi* Young) pojawił się w Polsce. *Erica Polonica. Rocznik Roślin Wrzosowatych* 12:129–131.
- Bojarczuk T. 2001. Dąb Chrobry na okładce Szwajcarskich Zeszytów Dendrologicznych. *Rocznik Dendrologiczny* 49:317–318.
- Bojarczuk T. 2001. Katalog dawnych szkótek w Zakrzewie. *Rocznik Dendrologiczny* 49:307–316.
- Bojarczuk T, Bugała W. 2001. Kórnik – Rogalin – przyroda i zabytki. W: Wojterska M red. *Szata roślinna Wielkopolski i Pojezierza Południowopomorskiego. Przewodnik sesji terenowych 52. Zjazdu Polskiego Towarzystwa Botanicznego, 24–28 września 2001.* Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe, 329–334.
- Bojarczuk T. 2002. Historia parku i Arboretum w Kórniku. *Biuletyn Ogródów Botanicznych, Muzeów i Zbiorów* 11:7–8.
- Bojarczuk T. 2002. Konferencja naukowa: Polskie kolekcje dendrologiczne i ich wykorzystanie, połączona z Jubileuszem 55-lecia pracy naukowej Prof. dr hab. Władysława Bugały. *Rocznik Dendrologiczny* 50:199–202.
- Bojarczuk T. 2002. Magnolie dwudziestolatki. *Szkółkarstwo* 2:26–27.
- Bugała W, Bojarczuk T, Dolatowski J. 2002. Arboretum Kórnickie. W: Łukasiewicz A, Puchalski J red. *Ogrody Botaniczne w Polsce.* Warszawa: A. Grzegorzczak, 171–182.
- Bugała W, Bojarczuk T. 2003. Spacer po Arboretum Kórnickim. Kórnik: Instar Geo.
- Bojarczuk T. 2004. Ślady Jana Działyńskiego w Arboretum Kórnickim. W: Izabella i Jan Działyńscy – mecenas kultury. Kórnik: Biblioteka Kórnicka PAN, 123–132.
- Bajda A, Chojnacki T, Hertel J, Swieżewska E, Wójcik J, Kaczkowska A, Marczewski A, Bojarczuk T, Karolewski P, Oleksyn J. 2005. Light conditions alter accumulation of long chain polyprenols in leaves of trees and shrubs throughout the vegetation season. *Acta Biochimica Polonica* 52(1):233–241.
- Bojarczuk T. 2005. Opinia o terenie w Krzyżownikach położonym między ulicami Słupska, Stobnicka, Polanowska i Beskidzka. *Wielkopolski Biuletyn Ekologiczny* 2:17–18.
- Bojarczuk T, Bugała W. 2006. Spacer po Arboretum Kórnickim. Poznań: Grafika.
- Bojarczuk T, Rachwał L. 2006. Drzewa i krzewy do miast. 1. *Zieleń Miejska* 2:14–15.
- Bojarczuk T, Rachwał L. 2006. Drzewa i krzewy do miast. 2. *Zieleń Miejska* 3:12–13.
- Bojarczuk T, Juszcak M, Zieliński J. 2007. *Corylus* ‘Władysław Bugała’ – a new purple-leaved cultivar of hazel. *Rocznik Dendrologiczny* 55:29–31.
- Bojarczuk T, Zieliński J. 2007. *Populus* ‘Zbigniew Stecki’ – a new columnar cultivar of poplar. *Rocznik Dendrologiczny* 55:25–27.
- Bojarczuk T, Bugała W, Nowak-Dyjeta K. 2009. Spacer po Arboretum Kórnickim. Kórnik: Betmor Poligrafia.
- Bojarczuk T, Zieliński J. 2009. Topola ‘Zbigniew Stecki’ (Bojarczuk, Zieliński 2007). *Szkółkarstwo* 5:53–54.
- Bojarczuk T. 2010. Mikołaj Karpow-Lipski (1896–1981), ogrodnik-hodowca roślin. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 58:79–82.
- Bojarczuk T. 2011/2012. Kolekcja różaneczników w Arboretum Kórnickim. *Erica Polonica. Rocznik Roślin Wrzosowatych* 20:64–68.
- Bojarczuk T, Zieliński J. 2013. ‘Liliana’ – a new cultivar of common lilac (*Syringa vulgaris* L.). *Rocznik Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 61:9–12.
- Czekalski M, Borkowski K, Bojarczuk T. 2013. Park dworski w Łaszczynie. *Wiadomości Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 4:20–22.
- Nowak-Dyjeta K, Broniewska K, Bojarczuk T, Giertych M, Sękiewicz M. 2013. Arboretum Kórnickie – spotkanie z przyrodą. Przewodnik. Kórnik: Betmor Poligrafia.
- Czekalski M, Bojarczuk T, Borkowski K. 2014. Park pałacowy w Kobylnikach. *Wiadomości Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 5:21–25.
- Czekalski M, Bojarczuk T, Borkowski K. 2016. Park pałacowy w Kobylnikach koło Inowrocławia. *Wiadomości Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 7:26–30.
- Zieliński J, Kosiński P, Bojarczuk T. 2016. ‘Origami’ – a new cultivar of common lilac (*Syringa vulgaris* L.). *Rocznik Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 64:67–70.

ODSZEDŁ PROF. DR HAB. MIECZYŚLAW CZEKALSKI

(23 KWIETNIA 1941 – 14 MAJA 2023)

Profesor Mieczysław Czekalski był wybitnym dendrologiem i znawcą świata roślin. Urodził się w Dąbrówce koło Poznania, gdzie już jako chłopiec wykazywał zamiłowanie do roślin, a szczególnie do leśnictwa, umiając rozpoznawać liczne drzewa i krzewy. Chciał być leśnikiem, ale rodzice zdecydowali, by został ogrodnikiem. W 1961 r. ukończył Państwowe Technikum Ogrodnicze w Prószkowie koło Opola imienia Józefa Warszawicza. Warto wspomnieć, że przez pierwsze dwa lata uczęszczał do Państwowego Technikum Ogrodniczego w Hłowej koło Żagania, gdzie pokochał park i rosnące w nim różaneczniki. Szkoła niestety została zamknięta 1958 r., dlatego był zmuszony kontynuować naukę w legendarnym technikum w Pruszkowie. Szkoła ta odziedziczyła spuściznę po Królewskiej Akademii Rolniczej oraz Królewskim Instytucie Pomologicznym z 1868 r.

Mieczysław Czekalski już na tym etapie dał się poznać jako dobry ogrodnik mający również zamiłowanie do boksu oraz języka polskiego, gdyż miał dużą łatwość pisania, szczególnie o roślinach – jak sam później wspominał w rozmowach. Podczas nauki w szkole średniej odbył praktyki zawodowe w Zakładzie Ogrodniczym inż. Aleksandra Tomiaka w Poznaniu, w ogrodnictwie Rolniczej Spółdzielni Produkcyjnej w Dąbrówce, w Sadowniczym Zakładzie Doświadczalnym w Brzeznej koło Nowego Sącza oraz w Szkółce Drzew i Krzewów Owocowych i Ozdobnych w Szymanowie koło Rawicza. Swoje zainteresowania roślinami rozwinął na studiach na Wydziale Rolniczym Wyższej Szkoły Rolniczej w Szczecinie, gdzie przez pierwszy rok po studiach pracował jako asystent w Katedrze Botaniki u prof. Stefana Kownasa, którego zawsze serdecznie wspominał i cenił i pod którego opieką napisał pracę magisterską.

Następnie krótko pracował jako nauczyciel w Zespole Szkół Rolniczych, by przejść do pracy w Instytucie Sadownictwa i Kwaciarstwa w Skierniewicach, gdzie zatrudnił go prof. Pieniążek – twórca polskiego sadownictwa. W 1969 r. podjął studia doktoranckie w Instytucie Biologii Stosowanej Wyższej Szkoły Rolniczej w Poznaniu (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy), gdzie w 1973 r. uzyskał stopień doktora nauk przyrodniczych na podstawie rozprawy „Badania nad różanecznikami (*Rhododendron* L.) uprawianymi w Polsce”, pisząc ją pod kierunkiem prof. Stefana Białoboka – ówczesnego dyrektora Zakładu Dendrologii PAN w Kórniku koło Poznania. Następnie podjął pracę naukową i dydaktyczną w Katedrze Botaniki Wydziału Ogrodniczego poznańskiej Wyższej Szkoły Rolniczej, gdzie w 1981 r. uzyskał stopień doktora habilitowanego na podstawie rozprawy habilitacyjnej pt. „Aklimatyzacja różaneczników *Rhododendron ‘Catawbinense – Hybridum’* i Rh. ‘Cunningham’s White’ w Polsce”. Do 1984 r. pracował w Katedrze Botaniki, następnie podejmuje pracę w Katedrze Roślin Ozdobnych, której był jej kierownikiem przez dziewięć lat. Tytuł profesora nauk rolniczych w zakresie ogrodnictwa uzyskał w 1991 r., a na stanowisku profesora zwyczajnego pracował od 2001 r. Przeszedł na emeryturę w 2011 r.

W latach 1996–2006 pracował na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu w Katedrze Ogrodnictwa, gdzie powołał Zakład Roślin Ozdobnych i Dendrologii. Wspólnie z prof. Eugeniuszem Kołotą był inicjatorem reaktywacji studiów ogrodniczych na tej uczelni, które w 1951 r. zostały zlikwidowane przez ówczesne władze. Prowadził wykłady i ćwiczenia z przedmiotów rośliny ozdobne i dendrologia oraz organizował badania w tym zakresie. Jego wykłady były nieocenione, prezentował je z pasją i dużym zaangażowaniem, inspirowały innych do badań. W czasie swojej działalności naukowej we Wrocławiu wykształcił sześciu doktorów nauk rolniczych z zakresu roślin ozdobnych i dendrologii. Czterech jest obecnie pracownikami naukowymi Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, z czego trzech pracuje na stanowisku profesora uczelni. Był opiekunem licznych prac magisterskich i inżynierskich z zakresu ogrodnictwa ozdobnego na Wydziale Przyrodniczo-Technologicznym tej uczelni.

Profesor Mieczysław Czekalski był wybitną osobowością w świecie dendrologii i szerzej – roślin, szczególnie tych mało znanych. Kochał przyrodę, a jego największą pasją i miłością były różaneczniki, którym poświęcił liczne badania naukowe, zajmując się ich introdukcją i adaptacją w warunkach przyrodniczych Polski. Opublikował kilkaset artykułów naukowych. To właśnie zajmując się różanecznikami i prowadząc badania naukowe nad nimi, uzyskał stopień doktora i później doktora habilitowanego. Naukowo związany był z Dolnym Śląskiem, gdyż prowadził badania poświęcone aklimatyzacji różaneczników w tym rejonie. Jego zainteresowania naukowe były bardzo szerokie; badał m.in. rośliny drzewiaste na terenach zurbanizowanych oraz w parkach wiejskich. Zajmował się adaptacją i ekologią roślin drzewiastych do trudnych warunków miejskich, ale badał także biologię drzew, krzewów i roślin zielnych. Zajmował się rozmnażaniem, techniką uprawy nowych i mało znanych roślin ozdobnych. Prowadził badania również nad roślinami ozdobnymi, szczególnie technikami uprawy gatunków energooszczędnych, pasjonował się również roślinami doniczkowymi uprawianymi w pomieszczeniach.



Profesor Mieczysław Czekański z Jego ukochanymi różanecznikami (fot. P. Czuchaj)

Professor Mieczysław Czekański with His beloved rhododendrons (photo P. Czuchaj)

Jego działalność naukowa i popularyzatorska jest wyjątkowo szeroka. Opublikował ponad tysiąc artykułów, z czego trzysta to oryginalne prace twórcze. Napisał 24 książki, a do często cytowanych i poszukiwanych należą „Liściaste krzewy ozdobne o wszechstronnym zastosowaniu” (dwa tomy wydane przez Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne w 2005 i 2006 r. w Poznaniu). Za działalność naukową otrzymał liczne nagrody i odznaczenia, m.in. Złoty Krzyż Zasługi, Medal Komisji Edukacji Narodowej czy medal za zasługi dla Wydziału Rolniczego Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Wypromował w sumie ośmiu doktorów nauk rolniczych z zakresu ogrodnictwa i agronomii oraz licznych magistrów i inżynierów na dwóch uczelniach, gdzie pracował. Jego praca dydaktyczna została wyróżniona i doceniona przez studentów Wydziału Ogrodniczego Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Uzyskał tytuły: „najlepszego wykładowcy”, „najgroźniejszego wykładowcy” i „złotoustego wykładowcy”. Za działalność badawczą, dydaktyczną i organizacyjną otrzymał 26 nagród rektorów Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu i Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

Profesor był członkiem honorowym Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego, które wyróżniło go złotą odznaką. Należał również do Polskiego Towarzystwa Nauk Ogrodniczych, gdzie redagował „Biuletyn Informacyjny”, był członkiem American Rhododendron Society i Landscape Plant Development Center – USA. Brał udział w zespołach badawczych w Danii i Wielkiej Brytanii zajmującymi się roślinami ozdobnymi i wrzosowatymi w latach 1996–1997. Był twórcą polskiej szkoły, a zarazem założycielem najpierw, w 1984 r., skupiającej naukowców, producentów i miłośników roślin wrzosowatych grupy „Rośliny Wrzosowate”, a potem Towarzystwa Roślin Wrzosowatych, którego był prezesem przez długi czas. Był ponadto założycielem i redaktorem czasopisma „Erica Polonica”. W latach

1993–1998 pełnił funkcję redaktora naczelnego „Rocznika Dendrologicznego” czasopisma Polskiego Towarzystwa Botanicznego. Od 1988 do 1993 r. był redaktorem działu ogrodnictwa w Komitecie Redakcyjnym Wydawnictwa AR w Poznaniu.

Odbył staże naukowe w Norwegii, na Łotwie, w Stanach Zjednoczonych, Niemczech, Czechach, Holandii, Szwecji i Izraelu. Był członkiem Międzynarodowego Towarzystwa Uprawy i Pielęgnacji Drzew, przez które został odznaczony złotą odznaką. Związek Szkółkarzy Polskich przyznał mu „Honorowy Laur” w 2015 r. za wybitne osiągnięcia w popularyzacji roślin ozdobnych.

Profesor dla społeczności wrocławskich i poznańskich naukowców z Katedry Ogrodnictwa UP we Wrocławiu i Katedry Roślin Ozdobnych UP w Poznaniu zawsze będzie obecny we wspomnieniach jako wybitny dendrolog i naukowiec, a przede wszystkim jako wspaniały, serdeczny i ciepły Człowiek.

Osobiście miałem okazję poznać Profesora na trzecim roku studiów. Wówczas był On zatrudniony na naszej uczelni, gdzie zajmował się tworzeniem bazy badawczej i dydaktycznej z zakresu roślin ozdobnych i dendrologii. Pozwolę sobie przytoczyć i sięgnę do pamięci, że Profesor nie wstydził się pracować fizycznie: wspólnie ze studentami sadił i zakładał kolekcję roślin ozdobnych w Stacji Badawczej Katedry Ogrodnictwa w Psarach. Pamiętam, że kiedy realizowałem pod jego kierunkiem pracę magisterską, pomagał mi zakładać doświadczenie w mojej rodzinnej Częstochowie, gdzie prowadziłem szkółkę roślin ozdobnych.

Był wspaniałym człowiekiem, serdecznym i zartującym, ale również surowym i wymagającym dla studentów. Miał pasję, którą zarażał. Ceniłem u Profesora czas, jaki mi poświęcił, szczególnie podczas licznych wyjazdów i spacerów naukowych do Parku Szczytnickiego, Ogrodu Botanicznego i Arboretum w Wojsławicach, gdzie opowiadał o drzewach i przyrodzie. Dla mnie osobiście, Profesorze, jesteś Mistrzem, wzorem człowieka niezwykle pracowitego, uczciwego i serdecznego. Dziękuję Ci za to, że miałem zaszczyt spotkać Cię na mojej drodze życia.

Prochy Prof. dr hab. Mieczysława Czekańskiego spoczywają na cmentarzu w Skórzewie koło Poznania niedaleko jego rodzinnej Dąbrówki.

EWA JERZAK,

PRZYJACIÓŁKA LUDZI I DRZEW – WSPOMNIENIA

(28 PAŹDZIERNIKA 1959 – 10 PAŹDZIERNIKA 2023)

Ewa Jerzak była osobą bardzo otwartą, stawała się przyjaciółką od pierwszego spotkania, dlatego napisanie wspomnień o Niej mogłoby wydawać się proste. Jednak tak nie jest. Jej odejście odcisnęło głębokie piętno w naszych sercach, lecz pozostała pamięć.

Ewa Jerzak urodziła się w Kaliszu, lecz dzieciństwo i młodość spędziła we Wrocławiu, który uważała za swoje miasto rodzinne. Do Poznania przeniosła się w 1978 r., rozpoczynając studia wyższe na Wydziale Ogrodniczym Akademii Rolniczej. Ukończyła je w roku 1983, broniąc pracę pt. „Projekt rewaloryzacji parku wiejskiego w Swadzimiu”. W czasie studiów angażowała się w życie akademickie, była sekretarzem Koła Naukowego Ogrodników.

Obydwoje rodzice, Danuta i Edward, o których Ewa często opowiadała, byli magistrami inżynierami melioracji wodnych. To z ich wiedzy i doświadczenia korzystała, tworząc wraz z mężem, Michałem, swe rodzinne domy i otaczające je ogrody, najpierw w Poznaniu, a później także w Turostowie, tuż nad Jeziorem Turostowskim. A ogrodowi, które projektowała, oddawała całe serce.

Prywatnie – mama dwóch synów, Marcina i Macieja, doczekała się szóstki wnucząt, które uwielbiała. Często opowiadała o rodzinnych weekendach spędzonych na wsi, w Turostowie. To właśnie z myślą o licznej rodzinie i przyjaciółkach Ewa i Michał zdecydowali się wybudować turostowskie „Jerzakowo”. W ostatnich latach spędzali tam każdą wolną chwilę, ciesząc się sobą, zapraszając przyjaciół, urządzając przyjęcia. Turostowo tętniło życiem, wypełnione gwarą biesiadników. Każdy czuł się tam mile widziany i oczekiwany. Tradycją stały się coroczne turostowskie spotkania załogi Ogrodu Dendrologicznego wraz z rodzinami. Taka była Ewa – gościnna, ciepła i towarzyska.

Całe życie zawodowe Ewy związane było z poznańskimi ogrodami uczelnianymi. Pracę rozpoczęła w Ogrodzie Botanicznym Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, któremu poświęciła prawie 30 lat swojego życia (1985–2013). Początkowo zatrudniona była na stanowisku stażystki, lecz szybko dała się poznać jako rzetelna pracownica. Po roku awansowała na stanowisko inżyniera biologa, a później także na kuratora największego działu w Ogrodzie – Działu Dendrologicznego. Opiekując się kolekcjami dendrologicznymi, które pokochała, stała się wybitną dendrolożką. Szczególnie polubiła rodzaj *Cotoneaster*, co zaowocowało powstaniem w Ogrodzie Botanicznym UAM imponującego zbioru tych krzewów (ponad 120 taksonów), który dzięki Niej uzyskał status Narodowej Kolekcji Rodzaju *Cotoneaster*. Z czasem Ewa stała się najlepszą w kraju specjalistką od tego trudnego rodzaju. Wybór irgi jako przedmiotu pracy doktorskiej nie był więc przypadkowy. Pracę tę, pt. „Gatunki rodzaju *Cotoneaster* Medik. (*Rosaceae*) rodzime i introdukowane w Polsce oraz możliwości ich zastosowania na terenach zieleni”, wykonaną pod kierunkiem prof. dr. hab. Jerzego Zielińskiego, obroniła w 2005 r. Opracowanie to uzupełnione bogatymi materiałami ilustracyjnymi, obejmującymi liczne fotografie i rysunki, zostało opublikowane dwa lata później przez wydawnictwo Officina Botanica pt. „Irgi uprawiane w Polsce”.

W roku 2003 Ewa została mianowana na stanowisko Kierownika Sekcji ds. Utrzymania Terenów Zieleni UAM, które piastowała do 2009 r. W tym czasie zaprojektowała zieleni i nadzorowała prace ogrodnicze wokół Kampusu Morasko. Profesjonalizm i umiejętności Ewy umożliwiły Jej objęcie w 2009 r. stanowiska pełniącej obowiązki Dyrektora Ogrodu Botanicznego, jednak zmęczona pracą administracyjną, która nigdy nie była dla Niej tak satysfakcjonująca jak praca terenowa, postanowiła zmienić miejsce zatrudnienia. Znając Jej wiedzę i doświadczenie, o zatrudnienie Ewy zabiegały dwie jednostki botaniczne – Arboretum Kórnickie oraz Ogród Dendrologiczny Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Choć o pracy w Arboretum po cichu zawsze marzyła, Ewa ostatecznie wybrała, znajdujący się dużo bliżej, Ogród Dendrologiczny, między innymi z bardzo prozaicznego powodu – nie lubiła jeździć samochodem, a dojazd do niego był dużo łatwiejszy.

Ewa przeszła do Ogrodu Dendrologicznego w 2013 r. i natychmiast zjednała sobie niewielki, ale mocno zgrany zespół. Jej doświadczenie w pracy z ludźmi i niesamowite wręcz wyczucie i wewnętrzny spokój spowodowały, że stała się w krótkim czasie przyjaciółką, ale też wymagającą od wszystkich ciężkiej pracy koleżanką. Sama pod tym względem była do samego końca niezrównanym przykładem. W 2016 r. Ewa została zastępcą kierownika Ogrodu, a do Jej głównych zadań należało

przede wszystkim opracowanie i aktualizacja numerycznej bazy danych oraz przygotowywanie projektów edukacyjnych, a także to, co lubiła najbardziej – projektowanie nowych nasadzeń i kompozycji.

Tak naprawdę trudniej napisać, czym Ewa się nie zajmowała. Przychodząc do Ogrodu, wniosła ze sobą olbrzymią ilość pomysłów, które były potem realizowane przez wiele lat, a jeszcze przez wiele lat będą. Bardzo duża przebudowa układu komunikacyjnego, jaka obecnie trwa na terenie Kampusu Collegium Cieszkowskich, zaczęła się już kilka lat wcześniej, od projektu ciągów komunikacyjnych, którego Ewa była współtwórcą.

Przez ostatnich kilka lat setki dzieci, młodzieży, seniorów i osób niepełnosprawnych uczestniczyły w zajęciach edukacyjnych pt. „Ogród nowych możliwości dla każdego”, który Ewa współtworzyła. Był on częścią realizowanego przez uczelnię projektu „Trzecia Misja Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu – zajęcia edukacyjne w ramach Uniwersytetu Młodych Przyrodników”, współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014–2020. Ewa zaangażowała się też bardzo mocno w projekt edukacyjny Parku Iluminacji „Lumina Park”, powstałego trzy lata temu na terenie Ogrodu. Okazał się on strzałem w dziesiątkę i przyciągnął w ciągu dwóch ostatnich sezonów zimowych ponad 200 tys. zwiedzających. Dzięki niemu Ogród Dendrologiczny stał się także najbardziej rozpoznawalną jednostką Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Jednak najważniejszym, ostatnim przedsięwzięciem, nad którym spędziliśmy z Ewą wiele czasu, był projekt nowego Centrum Edukacyjno-Administracyjnego Ogrodu Dendrologicznego. Nasza jednostka nie miała do tej pory własnej siedziby i budowa takiego budynku jest marzeniem całego zespołu. Właśnie między innymi dzięki olbrzymiemu zaangażowaniu Ewy mamy nadzieję, że budowa ta wkrótce się rozpocznie i wówczas będzie się w naszych myślach głównie z Ewą kojarzyła.

Dendrologia była wielką pasją Ewy. Oprócz pracy w ogrodach botanicznych była też członkiem wielu organizacji naukowych, m.in. Polskiego Towarzystwa Botanicznego. Przez kilka lat pełniła funkcję sekretarza Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego, Sekcji Dendrologicznej PTB i Wielkopolskiego Oddziału PTD. W 2009 r. przyczyniła się do powstania Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego. Angażowała się również w projekty społeczne, m.in. była przewodniczącą Stowarzyszenia na rzecz drogi i zieleni w ulicy Janosika, członkiem Rady Osiedla „Ławica” oraz przez cztery lata członkiem Komisji Osiedlowej w konkursie „Zielony Poznań”.

Ewa zajmowała się głównie sprawami organizacyjnymi, ale w miarę możliwości działała też naukowo. Jej dorobek w tym zakresie obejmuje wspomnianą wyżej książkę o uprawianych w Polsce irgach, 13 publikacji o tematyce dendrologicznej, 11 doniesień i 13 prac popularnonaukowych, w tym filmy edukacyjne oraz wiele specjalistycznych ekspertyz. Była też wykładownicą dendrologii na kursach projektowania terenów zieleni oraz autorką i współautorką licznych projektów zieleni realizowanych na terenie obiektów należących do UAM i UPP. Do jej dorobku zawodowego należy również zaliczyć ekspozycję fitogeograficzną w Ogrodzie Botanicznym UAM.

Ewa miała przyjaciół w większości ogrodów botanicznych i arboretów w Polsce, między innymi w Bolestraszczykach, Przelewicach i Wrocławiu/Wojślawicach. My zapamiętamy Ją przede wszystkim za Jej uśmiech, przyjaźń i oddanie.

Tomasz Maliński, Joanna Jaskulska, Hanna Grzeszczak-Nowak, Łucja Swillo, Elżbieta Żygała



Na plaży wulkanicznej,
Islandia, 7.07.2019
(fot. J. Malińska)

On a volcanic beach,
Iceland, 7.07.2019
(photo J. Malińska)

TOMASZ MALIŃSKI (Ogród Dendrologiczny UP w Poznaniu)

Ewę znałem już dużo wcześniej, nim udało mi się Ją namówić na pracę w Ogrodzie Dendrologicznym. Spotykaliśmy się na zjazdach dendrologicznych i podczas działalności w Polskim Towarzystwie Dendrologicznym. Wiedziałem, że jest dobrym dendrologiem, ale tak naprawdę poznałem Ewę dopiero, gdy zaczęła pracę u nas, w Ogrodzie. Ewa dopiero po jakimś czasie przyznała się, że nie sądziła, że praca w tak niewielkiej w porównaniu z Ogrodem Botanicznym jednostce może sprawiać tyle satysfakcji i radości. Przez pierwsze lata moim głównym zadaniem stało się ograniczanie pomysłów Ewy, które powstawały w Jej głowie przez cały czas, często nawet, jak mówiła, wieczorami czy nad ranem. Sprawiało Jej to dużą radość, a nam uświadamiało, jak dobrze czuje się w naszym towarzystwie. Stała się fantastyczną koleżanką, przyjaciółką, która zawsze była skora do pomocy, dyskusji, i co ważne, nie bała się spokojnie i merytorycznie pokazać, że czasami ma inne zdanie, za co Ją bardzo ceniłem. Ewa obiecała, że nauczy mnie rozpoznawania irg, a ja, że nauczę Ją rozpoznawania jeżyn. I mimo że pracowaliśmy razem przez dziesięć lat, nie znaleźliśmy na to czasu w nawale obowiązków i wielu innych pomysłów, nad czym teraz ubolewam.



Ewa pozostawiła po sobie pustkę, której zapewne przez wiele lat nie zapełnimy.

Zespół Ogrodu Dendrologicznego UPP (od lewej):
Marcin Włoch, Elżbieta Walkowiak,
Mariusz Bączyk, Rafał Błaszczak, Ewa Jerzak
i Tomasz Maliński, Arboretum w Kórniku, 16.04.2014
(autor nieznany)

Staff of the Dendrological Garden of the University
of Life Sciences in Poznań (from the left): Marcin
Włoch, Elżbieta Walkowiak, Mariusz Bączyk, Rafał
Błaszczak, Ewa Jerzak
and Tomasz Maliński, Arboretum in Kórnik,
16.04.2014 (photographer unknown)

JOANNA JASKULSKA (Ogród Dendrologiczny UP w Poznaniu)

Gdy spotkałam Ewę po raz pierwszy na swojej drodze zawodowej w Ogrodzie Botanicznym w Poznaniu, był rok 2001. To pod jej okiem uczyłam się rozpoznawać oraz oznaczać drzewa i krzewy. I to pod jej skrzydłami pisałam swoje pierwsze publikacje dendrologiczne. Zawsze z chęcią dzieliła się swoją wiedzą i doświadczeniem. Mogę śmiało powiedzieć, że to właśnie Ona nauczyła mnie – zoolożkę, kochać botanikę. Tak pięknie opowiadała o drzewach! Szybko też stała się moją najlepszą przyjaciółką. Wspólne wyjazdy prywatne i służbowe zbliżyły nas. Jej otwartość, dobroć i radość życia były zaraźliwe. Stała się dla mnie także nauczycielką życia. Zawsze miała czas na rozmowę, tę miłą i tę trudną. Jej wybory stały się także moimi, ponieważ po Jej przejściu na emeryturę przejęłam po Niej etat w Ogrodzie Dendrologicznym. Jestem wdzięczna, że dane mi było spotkać Ewę na swojej drodze.

HANNA GRZESZCZAK-NOWAK (Arboretum Wojsławice OBUWr)

Z Ewą połączył nas łaskawy los – najpierw wspólna studencka ławka na Wydziale Ogrodniczym Akademii Rolniczej w Poznaniu, a potem niemal bliźniacza droga zawodowa, na której wielokrotnie się spotykałyśmy. W roku akademickim 1979/1980 wybrałyśmy tę samą, nową specjalizację, tzn. kształtowanie i konserwacja terenów zieleni, zorganizowaną po raz pierwszy przez profesora Zbigniewa Habera. Obie, jako ciekawskie gaduły, „aktywnie przeszkadzałyśmy” wykładowcom. Byłyśmy wówczas pokrewnymi duszami – te same zainteresowania roślinami ozdobnymi, jednakowe emocjonalnie, optymistyczne natury oraz podobne, trudne do okiełznania temperamenty.

Wybrałyśmy identyczną drogę zawodową. Pracowałyśmy na stanowiskach dendrologów, choć w różnych uniwersyteckich ogrodach botanicznych – Ewa w Poznaniu, a ja we Wrocławiu, a potem w Wojsławicach. Sadziłyśmy tysiące drzew, tworzyłyśmy nowe kolekcje, a w międzyczasie wychowałyśmy po dwóch synów.

W mojej pamięci Ewa na zawsze pozostanie osobowością niezwykle barwną – entuzjastyczna, kreatywna, wiecznie młoda duchem, z humorem podchodząca zarówno do życia, jak i do problemów zawodowych. Swoją otwartością szybko i łatwo zjednywała sobie ludzi. Z wiekiem przyszła też umiejętność słuchania i wspierania innych. Łączyła trudne cechy – energię i fantazję ze stabilnością emocjonalną i konsekwencją w działaniu. Cudowna osoba, ciepła i serdeczna – będę pamiętać Jej głos, w którym było tyle śmiechu. Była też super Mamą i Babcią.

ŁUCJA SWILLO (Ogród Dendrologiczny w Przelewicach)

Z Ewą Jerzak poznałyśmy się na którymś ze spotkań ogrodów botanicznych w latach dziewięćdziesiątych i szybko się polubiłyśmy. Rozmowy na tematy ogrodowe i dendrologiczne przechodziły na grunt prywatny: o rodzinach, o codziennych radościach i problemach.

Kiedy znalazłam się w trudnej sytuacji życiowej, to od Ewy otrzymałam dużo wsparcia i dzięki Niej odzyskałam siłę i chęć do pracy.

Spotykałyśmy się głównie na zjazdach ogrodów i zjazdach dendrologicznych. W grupie uczestników łatwo można było zlokalizować Ewę po Jej charakterystycznym głośnym i radosnym śmiechu. Była osobą cenioną za wiedzę i lubianą za radosne usposobienie i uważność na innych. Imponowała mi swoją pracowitością i tym, że zawsze zachowywała się i postępowała, jak należy. Była ważną osobą w moim życiu i czuję się zaszczycona, że darzyła mnie przyjaźnią.

ELŻBIETA ŻYGAŁA (Arboretum w Bolestraszcach)

Ewa i ten Jej szczerzy, dźwięczny śmiech, który ciągle mam w uszach. Poznałyśmy się 30 lat temu na jednym ze zjazdów ogrodowych, które w tamtym czasie odbywały się często, nawet dwa razy w roku. Od samego początku znalazłyśmy porozumienie na wielu płaszczyznach. Ewa ciekawa życia i świata, zarażała swoimi pasjami, porywała radosnym i optymistycznym sposobem bycia. Sama bardzo dociekliwie chłonęła wiedzę dendrologiczną i nie tylko. Zawsze Jej było mało. Nigdy nie zapomnę naszych wspólnych wypraw dendrologicznych do ogrodów botanicznych i arboretów w Polsce. Jesienny Rogów, zimowy Kórnik, ogrody w Poznaniu i Warszawie i radość z odkrywania czegoś nowego. Zachwycało Ją wszystko: przyroda, ludzie, na których patrzyła przez swoje „różowe okulary”, i widziała to, co było w nich najlepsze. Podczas naszych niezliczonych rozmów ujmowała mnie swoją wrażliwością i uwagą, jaką obdarzała ludzi, wśród których żyła. Dzieliła się ze mną swoim życiem ogrodowym, ale też rodzinnym. Stąd wiem, jak ważna była dla niej praca i wszystko, co się z nią łączyło. Ale najważniejsza była rodzina: mąż, synowie, synowe, a wreszcie wnuki, w życiu których była zawsze obecna. Mówiła o nich z dumą, miłością, przeżywała z nimi radości i smutki...

Ewa była cudowną przyjaciółką i pozostawiła trwały ślad w moim sercu.



Ewa Jerzak, Tomasz Bojarczuk i Jerzy Tumiłowicz, Arboretum w Bolestraszcach, 7.06.2001 (autor nieznan)

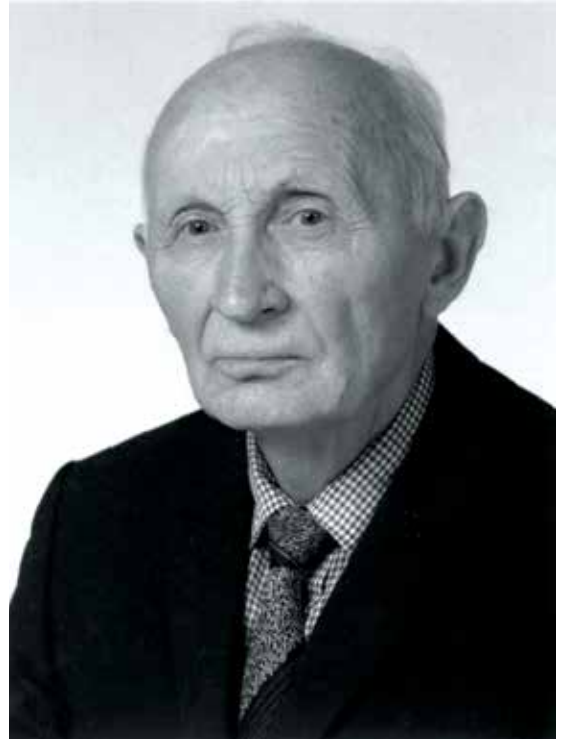
Ewa Jerzak, Tomasz Bojarczuk and Jerzy Tumiłowicz, Arboretum in Bolestraszyce, 7.06.2001 (photographer unknown)

WSPOMNIENIE O JERZYM HRYNKIEWICZU-SUDNIKU

(15 STYCZNIA 1926 – 13 PAŹDZIERNIKA 2023)

Profesor Jerzy Alojzy Hrynkiewicz-Sudnik był przedstawicielem polskiej inteligencji ze wschodnich krańców Polski międzywojennej. Urodził się w nieistniejącym już folwarku Moskalówka na południe od Karcewicz (powiat Nieswież). Obecnie miejsce to znajduje się na Białorusi. Ojciec, Michał, był nauczycielem i kierownikiem wiejskiej szkoły. Matka, Wiktoria, z domu Niekrasz, także pracowała jako nauczycielka. Rodzina Hrynkiewiczów jest ściśle związana z mającym własny herb szlacheckim rodem Sudników o rodowodzie sięgającym XVI w., a pochodzącym z zaścianka Sudniki (powiat Stółpce); stąd wzięło się dwuczłonowe nazwisko Hrynkiewicz-Sudnik.

Po ukończeniu szkoły podstawowej (powszechnej) w Łani (powiat nieświeski) w latach 1938–1940 uczęszczał do Państwowego Gimnazjum im. Władysława Syrokomli w Nieswieżu. W tym czasie pracował również na gospodarstwie, które prowadzili jego rodzice równoległe z pracą w szkole. Kiedy w czerwcu 1944 r. w wyniku ofensywy wojsk sowieckich okupanci niemieccy wycofali się z okolic Nieświeża, władze sowieckie ogłosiły mobilizację w lipcu i sierpniu 1944 r. Jerzy Hrynkiewicz-Sudnik, aby uniknąć poboru do wojsk sowieckich, zarejestrował się wraz z ojcem w lokalnym inspektoracie jako nauczyciel. Pracował wtedy jako nauczyciel młodszych klas w białoruskiej szkole w Hrynkiewiczach. Ojciec został z kolei kierownikiem szkoły we wsi Jaskiewiczze.



W lutym 1945 r. rodzina Hrynkiewiczów-Sudników zgłosiła się do Biura Repatriacyjnego w Nieswieżu z wnioskiem o wyjazd do Polski. Udało się to w kwietniu 1945 r., kiedy wspólnie wyjechali pierwszym transportem z Horodzieja. Podróż trwała stosunkowo krótko jak na tamte czasy (trzy dni) z uwagi na dołączenie wagonów z repatriantami do transportu wojskowego. W Polsce Biuro Repatriacyjne w Kutnie przydzieliło rodzinie poniemiecką gospodarkę we wsi Długołęka. Ojciec zorganizował szkołę w tej wsi, a matka prowadziła gospodarstwo. Jesienią 1945 r. Jerzy Hrynkiewicz-Sudnik wstąpił do Gimnazjum Ogrodniczego w Płocku, które ukończył w 1948 r. Niezwłocznie, w tym samym roku rozpoczął naukę w Państwowej Szkole Ogrodniczej w Poznaniu na Wydziale Ogrodnictwa Ozdobnego. Ukończył ją w 1951 r., zdając maturę i otrzymując tytuł zawodowy dyplomowanego ogrodnika. Następnie przeprowadził się do Wrocławia, gdzie studiował biologię na ówczesnym Wydziale Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Wrocławskiego. W 1955 r. po napisaniu pracy magisterskiej pt. „Klony miasta Wrocławia”, uzyskał stopień magistra biologii. Promotorem jego pracy dyplomowej był pierwszy rektor polskiego Uniwersytetu Wrocławskiego, botanik, profesor Stanisław Kulczyński – postać doskonale znana z historii powojennego Wrocławia i trwale zapisana w historii polskiej botaniki.

Po uzyskaniu dyplomu magistra Jerzy Hrynkiewicz-Sudnik odbył aspiranturę w Zakładzie Dendrologii i Pomologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku zakończoną napisaniem pracy pt. „Występowanie i znaczenie *Betula obscura* w Polsce”. Wrócił do Wrocławia w 1959 r., gdzie został przyjęty na stanowisko asystenta w Ogrodzie Botanicznym Uniwersytetu Wrocławskiego. Ówczesną kierowniczką ogrodu była profesor Zofia Gumińska, również zasłużona botaniczka i fizjolożka roślin. Jerzy Hrynkiewicz-Sudnik równoległe z pracą w Ogrodzie Botanicznym podjął się pracy w Zakładzie Zieleni Miejskiej w charakterze ogrodnika i dendrologa. W 1960 r. obronił pracę doktorską na Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza w Poznaniu pt. „Zmienność i rozmieszczenie brzozy czarnej (*Betula obscura* A. Kotula) w Polsce”, uzyskując stopień doktora nauk przyrodniczych. W 1961 r. objął stanowisko adiunkta w Ogrodzie Botanicznym jako kierownik działu dendrologicznego.

W tym czasie uczestniczył w odbudowie i rozbudowie ogrodu, tworzeniu i poszerzaniu kolekcji dendrologicznych, w tym różaneczników oraz drzew i krzewów nagozalążkowych. Wspierał także wyposażanie wyremontowanej palmiarni kolekcją

palm, cykasów, araukarii, bambusów pochodzących z uzdrowisk dolnośląskich. Przygotowując się do habilitacji, odbył wiele wypraw botanicznych po Polsce (podróżował po całym kraju rowerem!), a także do Bułgarii, Czechosłowacji, Węgier, Gruzji (w tym na Kolchidę i Kaukaz).

W 1970 r. uzyskał stopień doktora habilitowanego za rozprawę pt. „Czereśnia ptasia *Cerasus avium* (L.) Moench geograficzne rozmieszczenie, charakterystyka ekologiczna oraz studia nad zmiennością”. W tym samym roku zatrudnił się w Instytucie Botaniki i Biochemii Uniwersytetu Wrocławskiego. Z kolei w 1976 r. zaprosił go do swojego zespołu profesor Władysław Rydzewski, który zorganizował na Wydziale Nauk Przyrodniczych Muzeum Przyrodnicze. Jerzy Hryniewicz-Sudnik został w nim Kierownikiem Działu Botaniki i Paleobotaniki (Herbarium). Przeniósł tam zbiory botaniczne i zielnik.

Dnia 19 października 1988 r. Rada Państwa nadała mu tytuł naukowy profesora nadzwyczajnego nauk przyrodniczych. W ślad za tym, 1 listopada Minister Edukacji Narodowej mianował go na stanowisko profesora na Uniwersytecie Wrocławskim. Stanowisko Kierownika Herbarium w Muzeum Przyrodniczym piastował aż do przejścia na emeryturę w 1996 r.

Praca naukowa Jerzego Hryniewicza-Sudnika dotyczyła głównie badań rozmieszczenia i zmienności gatunków drzew krajowych oraz aklimatyzacji w Polsce drzew i krzewów obcego pochodzenia. Był autorem i współautorem ponad stu prac. Warto wśród nich wymienić: „Osobliwości dendrologiczne Parku Szczytnickiego we Wrocławiu” (1957), „Kilka spostrzeżeń dendrologicznych z terenu nadleśnictwa Żegrowo” (1959), „Arboretum we Floriancu (koło Zwierzyńca Lubelskiego)” (1960), „O odmianie zwisłej dębu szypułkowego (*Quercus robur* L. var. *pendula* A. DC.)” (1960), „Jodła nikko (*Abies homolepis* Sieb. et Zucc.) w zieleńcach Wrocławia” (1960), „Zmienność i rozmieszczenie brzozy czarnej (*Betula obscura* A. Kotula) w Polsce” (1962), „Śródpolne zarośla z rzędu *Prunetalia* Równiny Kutnowskiej jako wskaźnik potencjalnej roślinności naturalnej” (z J. Falińskim i J. Fabiszewskim, 1963), „Z biologii różaneczników (*Rhododendron* L.) na przykładzie starych szkółek w lasach milickich nad Baryczą” (1965), „Perełkowiec japoński (*Sophora japonica* L.) w parkach wrocławskich” (z J. Teleżyńską, 1965), „Ligustr pospolite (*Ligustrum vulgare* L.) w Polsce” (z K. Browiczem, 1965), „*Cornus australis* C. A. Mey. (dereń południowy) i *Cornus hungarica* Karp. (dereń węgierski) w Polsce” (1967), „Czereśnia ptasia *Cerasus avium* (L.) Moench w Bułgarii” (1968), „Drzewa i krzewy Ogrodu Zoologicznego we Wrocławiu” (1970), „Studia nad rozmieszczeniem i zmiennością czereśni ptasiej (*Cerasus avium* (L.) Moench)” (1972), „Magnolia pośrednia (*Magnolia soulangeana* Soul.-Bod.) we Wrocławiu” (1974), „Badania i obserwacje nad odpornością drzew i krzewów w świetle ochrony środowiska we Wrocławiu” (1976), „Obserwacje nad biologią bociana białego w latach 1900–1944 w okolicach Nieswieża” (z ojcem, M. Hryniewiczem-Sudnikiem, 1976), „Mamutowiec olbrzymi (*Sequoiadendron giganteum* Buchh.) na Dolnym Śląsku” (1977), „Park w Sulistrowiczkach na tle masywu Ślęży” (1977), „Badania nad przemieszczaniem górnej granicy lasu na Śnieżniku w Sudetach Wschodnich” (1985), „Rozważania nad rozmieszczeniem i systematyką rodzaju *Rhododendron* L.” (1986), „Wpływ zanieczyszczeń przemysłowych Wałbrzycha na wielkość i kształt liści wybranych gatunków drzew” (z J. Skrzężyńską i J. Staszkiwiczem, 1987) czy „Kolekcja różaneczników w arboretum Wojsławickim” (1989). Największym jego dziełem są napisane wraz z Bolesławem Sękowskim i Mieczysławem Wilczkiewiczem podręczniki „Rozmnażanie drzew i krzewów liściastych” (pierwsze wydanie w 1987 r., potem kilkakrotnie wznawiane, edytowane, poprawiane i uzupełniane) oraz „Rozmnażanie drzew i krzewów nagozależkowych” (1991, także potem poprawiane i uzupełniane). Później jeszcze opublikował między innymi: „Rozmnażanie wegetatywne” (z B. Sękowskim, 1991), „The genetic structure of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) population from the top of Szczeliniec Wielki Mt., Central Sudetes” (z J. Szweykowskim i W. Prus-Głowackim, 1994), „Dendroflora uzdrowiska Wysowa w Beskidzie Niskim” (1994), „Chemiczna ekologia leszczyny tureckiej (*Corylus colurna* L.) we Wrocławiu” (z J. Sarosiekiem, 1995) czy „Arboretum im. Mieczysława Wilczkiewicza w Łądku Zdroju” (1997).

Oprócz tego Jerzy Hryniewicz-Sudnik napisał wiele opinii i ekspertyz dendrologicznych, dotyczących pojedynczych drzew, pomników przyrody, ochrony i pielęgnacji parków, zadrzewień, rezerwatów florystycznych czy też aklimatyzacji drzew i krzewów egzotycznych. Należał do Rady Naukowo-Technicznej Parku Szczytnickiego we Wrocławiu przy Prezydencie Wrocławia. Pracował w Szczawnie-Zdroju jako kierownik nadzoru prac związanych z urządzeniem i konserwacją terenów zieleni oraz ogrodnictwem. Opiekował się Arboretum w Łądku-Zdroju. Ponadto w latach 1972–1983 pełnił funkcję doradcy Ministra do spraw ochrony środowiska.

Był także znakomitym nauczycielem akademickim. Oprócz wykładania dendrologii na Uniwersytecie Wrocławskim ściśle współpracował z Politechniką Wrocławską, gdzie prowadził autorskie przedmioty na Wydziale Architektury i Urbanistyki: dendrologia parkowa, krajobraz i zieleń układów zurbanizowanych, a także zasoby planowania miast. Wraz z między innymi profesorami Franciszkiem Gospodarczykiem i Andrzejem Drabińskim (obaj z ówczesnej Akademii Rolniczej we Wrocławiu) oraz Aliną Drapellą-Hermansdorfer (z Politechniki Wrocławskiej) należał do zespołu inicjatorów i założycieli kierunku architektura krajobrazu na obecnym Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu. Zasłużył się także jako opiekun naukowy i promotor kilkudziesięciu prac magisterskich oraz kilku prac doktorskich na Uniwersytecie Wrocławskim, Politechnice Wrocławskiej i Akademii Rolniczej we Wrocławiu.

Profesor Jerzy Hrynkiewicz-Sudnik działał w kilku towarzystwach naukowych we Wrocławiu i Opolu. Największy udział na tym polu miał jako przewodniczący wrocławskiej Sekcji Dendrologicznej Polskiego Towarzystwa Botanicznego w latach 1955–2003. Ponadto należał do Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego, Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego, Opolskiego Towarzystwa Naukowego, wrocławskiego oddziału Stowarzyszenia Inżynierów i Techników (rzeczoznawca z zakresu dendrologii i terenów zieleni, w latach 1976–1998 przewodniczący Zespołu Rzeczoznawców Ogrodnictwa), Polskiego Towarzystwa Zoologicznego, a także Dolnośląskiego Związku Hodowców Gołębi Rasowych.

Za wkład w rozwój nauki, pracę dydaktyczną i aktywną działalność na rzecz dendrologii, terenów zieleni i ochrony przyrody Jerzy Hrynkiewicz-Sudnik otrzymał wiele odznaczeń, nagród i wyróżnień, w tym m.in. odznaczenia państwowe: Złoty Krzyż Zasługi (1980), Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski (1989) oraz inne: Indywidualna Nagroda Ministra Nauki Szkolnictwa Wyższego i Techniki III stopnia za szczególne osiągnięcia w dziedzinie badań naukowych za pracę habilitacyjną (1973), Złota odznaka „Zasłużony dla Województwa i Miasta Wrocławia” (1984), Nagroda Ministra Edukacji Narodowej (1988), Nagroda Kolegium Rektorów Wyższych Uczelni Wrocławia za „osiągnięcia naukowe i integrację wrocławskiego środowiska naukowego” (1990), a także liczne nagrody dziekana Wydziału Architektury i Urbanistyki Politechniki Wrocławskiej, rektora Uniwersytetu Wrocławskiego oraz rektora Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

Prywatnie, poza życiem zawodowym Jerzy Hrynkiewicz-Sudnik uprawiał turystykę, szczególnie przyrodniczą, interesował się historią II wojny światowej i losem kresowian. Nie należał do żadnej partii politycznej. Nigdy też nie wszedł w związek małżeński. Miał odwagę wyrażać własne niezależne poglądy, nawet jeśli były wyraźnie sprzeczne z poglądami osób, z którymi wchodził w relacje zawodowe. Zdarzały się na tym polu nawet nieporozumienia i konflikty. Świadczyły one jednak nie o złym charakterze profesora, a o jego mocnej osobowości i sile wyrażania własnego zdania. W rzeczywistości był osobą o bardzo wysokiej kulturze osobistej, zawsze starał się nienagannie, elegancko wyglądać i przestrzegać dobrych manier w kontaktach z innymi. Łatwo zresztą nawiązywał nowe znajomości. Charakteryzował się bardzo szerokimi horyzontami zainteresowań. Oprócz dendrologii i ochrony przyrody zajmował się ptakami miejskimi i hodowlanymi. Był propagatorem hodowli gołębi miejskich. Skutecznie skrzyżował kaczkę krzyżówkę (*Anas platyrhynchos*) z kaczką domową (*A. p. f. domestica*), tworząc trwałe mieszańca, tzw. „sołtysa”, w żargonie dolnośląskich ornitologów zwanego „hrynkiewiczówką”. Przedostała się ona do środowiska i cały czas jest obecna na Dolnym Śląsku.

Profesor Jerzy Hrynkiewicz-Sudnik niewątpliwie był osobą nietuzinkową o ogromnej wrażliwości i wiedzy na temat otaczającego go świata, a szczególnie przyrody, w tym drzew, krzewów i zieleni. Dla wielu był prawdziwym mistrzem i na zawsze pozostanie w ich sercach i pamięci.

Piotr Reda, Jan Kotusz, Elżbieta Szopińska

Wskazówki dla autorów

„Rocznik Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego” jest czasopismem publikującym oryginalne i przeglądowe prace z zakresu dendrologii, ze szczególnym uwzględnieniem: systematyki, anatomii i morfologii, geografii, uprawy, introdukcji, aklimatyzacji, chorób i szkodników, opracowań założeń parkowych i kolekcji dendrologicznych, etnobotaniki, historii odkryć botanicznych, historii dendrologii i szkółkarstwa, zwłaszcza na terenach Polski.

Format prac

Tekst

Objętość prac (z rycinami i tabelami) do 25 stron sformatowanych w następujący sposób: podwójna interlinia, wyrównanie tekstu do lewej, marginesy 2,5 cm z każdej strony, czcionka Times New Roman 12 pkt., prosta; kursywa zarezerwowana dla nazw łacińskich (nazwy kategorii ponadrodzajowych czcionką prostą). Prosimy nie stosować innych typów wyróżnień.

Prace można nadsyłać w języku polskim lub angielskim, przy czym dla artykułów w języku polskim należy podać angielskie odpowiedniki: tytułu, streszczenia oraz podpisów do ilustracji i tabel.

Transliteracja cyrylicy na znaki alfabetu łacińskiego przy zastosowaniu standardu ISO 9:1995.

Ilustracje

Preferowany format to tif lub wysokiej jakości jpg; rozdzielczość 300–600 dpi; przesyłane jako oddzielne pliki. Prosimy nie przysyłać obrazów zapisanych jako prezentacje PowerPoint, dokumenty PDF czy arkusze kalkulacyjne.

W przypadku załączania ilustracyjnych materiałów nieoryginalnych autorzy zobowiązani są do uzyskania zgody właściciela dysponującego prawami do tych materiałów.

Podpisy do ilustracji prosimy zamieszczać w pliku tekstu głównego.

Tabele

Prosimy o przysyłanie tabel w postaci oddzielnych plików. Maksymalny rozmiar tabeli to jedna strona. Tabele powinny zostać przygotowane w programie MSWord (doc lub docx).

Cytowanie

Przykład cytowania różnych form źródeł w tekście:

Według niektórych autorów (“Ordination Methods – an Overview”; Coode i Cullen, 1965; Torre i in., 2003; Rivas-Martínez i in., 2004; Zieliński, 2004, 2014a,b; Theis i in., 2008), lecz w przeciwieństwie do danych w pracy Sandry Knapp (2008)...

Spis literatury dla powyższego przykładu (wersja polska): Coode MJE, Cullen J. 1965. *Abies Miller*. W: Davies P, Cullen J, Coode MJE red. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Edinburgh: Edinburgh University Press, 67–70. [rozdział w książce]

Knapp S. 2008. Species concepts and floras: what are species for? *Biological Journal of the Linnean Society* 95:17–25 DOI: 10.1111/j.1095-8312.2008.01090.x. [artykuł z DOI]
Ordination Methods – an Overview. Na stronie: <http://ordination.okstate.edu/overview.htm> (dostęp 19.02.2018). [strona internetowa (bez znanego autora)]

Rivas-Martínez S, Penas A, Diaz TE. 2004. Mapas bioclimáticos y biogeográficos. Na stronie: http://www.globalbioclimatics.org/form/tb_med.htm (dostęp 8.10.2015). [strona internetowa (z autorami)]

Theis N, Donoghue MJ, Li J. 2008. Phylogenetics of the Caprifoliaceae and Lonicera (Dipsacales) based on nuclear and chloroplast DNA sequences. *Systematic Botany* 33:776–783 DOI: 10.2307/40211944. [artykuł z DOI]

Torre S, Fjeld T, Gislerod H, Moe R. 2003. Leaf anatomy and stomatal morphology of greenhouse roses grown at moderate or high air humidity. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 128:598–602. [artykuł]

Zieliński J. 2004. The genus *Rubus* (Rosaceae) in Poland. Kraków: Polish Academy of Sciences, W. Szafer Institute of Botany. [książka]

Zieliński J. 2014a. *Rosa gallica* L. Róża francuska. W: Kaźmierczakowa R, Zarzycki K, Mirek Z red. *Polska Czerwona Księga Roślin. Paprotniki i rośliny kwiatowe*. Kraków: Instytut Ochrony Roślin PAN, 260–261. [rozdział w książce]

Zieliński J. 2014b. Dwa różne kultywary o nazwie *Rosa* ‘Poznań’ [Two different cultivars named *Rosa* ‘Poznań’]. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 62:63–66. [artykuł]

Spis literatury musi być dostosowany do języka artykułu. W artykułach angielskojęzycznych należy zatem wprowadzić zmiany w zapisie niektórych elementów wykazu cytowanych źródeł (W: = In.; red. = ed. (lub eds., gdy wielu redaktorów), Na stronie: = Available at.; dostęp = accessed), a datę dostępu do strony internetowej zapisywać w formacie: month dd, yyyy (np. October 8, 2015). Tytuły czasopism podawane są w pełnym brzmieniu. W spisie literatury stosujemy wyłącznie czcionkę prostą, także w przypadku łacińskich nazw roślin.

Prace dotąd nieopublikowane należy zacytować tylko w tekście głównym z pominięciem spisu literatury. Wyjątkiem są prace przyjęte do druku z nadanym już identyfikatorem DOI: należy je potraktować jak opublikowane, przytaczając przypisany im identyfikator.

Polecamy przygotowywanie artykułów z wykorzystaniem programów (menadżerów bibliografii) takich jak EndNote czy Zotero, które ułatwiają wprowadzanie danych literaturowych z zastosowaniem odpowiedniego stylu (w przypadku „Rocznika” najbliższy to styl czasopisma „PeerJ”).

Proces wydawniczy

Prace w formie elektronicznej można przesyłać na adres redakcji:

Dominik Tomaszewski
Instytut Dendrologii PAN
ul. Parkowa 5
62-035 Kórnik
dominito@man.poznan.pl

Artykuły nie mogły być wcześniej nigdzie publikowane ani nie podlegają procesowi wydawniczemu w innym piśmie.

Tekst główny oraz tabele powinny zostać przygotowane jako oddzielne pliki w formacie MSWord (doc lub docx). Pliki ilustracji prosimy przesyłać także jako odrębne pliki (jpg lub tif).

W celu przeprowadzenia procesu wydawniczego wymagana jest zgoda autora zgłaszającego (autora korespondencyjnego) na przetwarzanie danych osobowych. W tym

celu prosimy o zapoznanie się z treścią klauzuli informacyjnej „Rocznika Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego” oraz zaakceptowanie klauzuli zgody na przetwarzanie danych osobowych (dostępne na stronie internetowej „Rocznika”). Autor korespondencyjny działa w imieniu wszystkich autorów artykułu i jest zobowiązany do dostarczenia wydrukowanej i podpisanej klauzuli zgody na przetwarzanie danych osobowych wszystkich autorów pracy, najlepiej w formie elektronicznej (np. skanów w formie plików pdf).

Artykuły po wstępnej ocenie redakcyjnej kierowane są do przynajmniej dwóch recenzentów. Jeśli ich ocena pracy jest pozytywna, autor wyznaczony do korespondencji zobowiązany jest do odesłania w ciągu 30 dni poprawionej wersji pracy oraz wyczerpującej odpowiedzi na pytania, sugestie i uwagi recenzentów. Redakcja zastrzega sobie prawo do dodatkowej oceny poprawionego artykułu, zwłaszcza w przypadku rozbieżności opinii recenzentów. W przypadku zaakceptowania pracy do druku jest ona poddawana dalszej edycji we współpracy z autorem. Autor korespondencyjny otrzymuje ostateczną wersję pracy do akceptacji przed drukiem.

Artykuły do „Rocznika” przyjmowane są w trybie ciągłym, jednak ze względu na tryb prac redakcyjnych materiały nadsyłane po 31 października danego roku mogą być rozpatrywane jako propozycje do numeru z roku następnego.



Pomnik przyrody – dąb szypułkowy Wojtek o obwodzie 353 cm rosnący w miejscowości Zarańsko, gmina Drawsko Pomorskie. Drzewo zostało zgłoszone do pierwszej edycji konkursu przyrodniczego „Odkryj swój pomnik przyrody” zorganizowanego przez gminę Drawsko Pomorskie (fot. Leszek Paradowski)

Nature monument – pedunculate oak, Oak Wojtek, with a trunk circumference of 353 cm growing in Zarańsko, Drawsko Pomorskie commune. The tree was nominated for the first edition of the nature competition titled “Discover Your Nature Monument” organised by the commune of Drawsko Pomorskie (photo Leszek Paradowski)

