

PL ISSN 0065-0927

POLSKA AKADEMIA NAUK — ODDZIAŁ W KRAKOWIE
KOMISJA NAUK ROLNICZYCH I LEŚNYCH

acta agraria et silvestria

SERIES SILVESTRIS

Vol. L

2012

**WYDAWNICTWO ODDZIAŁU POLSKIEJ AKADEMII NAUK
KRAKÓW**

POLSKA AKADEMIA NAUK — ODDZIAŁ W KRAKOWIE
KOMISJA NAUK ROLNICZYCH I LEŚNYCH

ACTA
AGRARIA ET SILVESTRIA

SERIES SILVESTRIS

Vol. L, 2012

WYDAWNICTWO ODDZIAŁU POLSKIEJ AKADEMII NAUK
KRAKÓW

KOMITET REDAKCYJNY

Władysław Filek, Andrzej Jaworski (Redaktor serii), Janusz Rząsa,
Jerzy Starzyk, Kazimierz Zarzycki — Przewodniczący

RADA PROGRAMOWA

Przewodniczący — Stanisław Małek
Członkowie — Tadeusz Andrzejczyk, Stanisław Brożek,
Mikołaj Guż (Ukraina), Leon Jagoda,
Jerzy Modrzyński, Bengt Nihlgård (Szwecja),
Stanisław Orzeł, Milan Saniga (Słowacja),
Jerzy Skrzyszewski, Janusz Sowa, Józef Suliński

ADRES REDAKCJI

Katedra Szczegółowej Hodowli Lasu
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
31-425 Kraków, al. 29 Listopada 46

REDAKTOR TOMU

Krzysztof Porosło

© Copyright by Authors, Polska Akademia Nauk — Oddział w Krakowie
Kraków 2012

Polska Akademia Nauk — Oddział w Krakowie
31-018 Kraków, ul. św. Jana 28
tel.: (12) 422-64-34; fax: (12) 422-27-91
Druk i oprawa: FALL, ul. Garczyńskiego 2, 31-524 Kraków

BADANIA NAD ZAMIERANIEM JESIONU W DRZEWOSTANACH NADLEŚNICTWA ROKITA

Tadeusz Kowalski
Wojciech Kraj

Katedra Fitopatologii Leśnej
Uniwersytet Rolniczy
al. 29-Listopada 46
PL 31-425 Kraków
rltkowal@cyf-kr.edu.pl

Tomasz Szeszycki

Nadleśnictwo Rokita
Rokita 2
PL 72-110 Przybiernów

ABSTRACT

T. Kowalski, W. Kraj, T. Szeszycki 2012. *The studies on ash decline in Rokita Forest District stands.* Acta Agr. Silv. ser. Silv. 50: 3–22.

Health status analysis of 14 stands in the Rokita Forest District showed severe intensity of disease in ash trees (*Fraxinus excelsior* L.). The most common symptoms included the death of whole branches or their apices, tree-top dieback, crowns defoliation, local necroses on the trunks and twigs and epicormic shoots. After three years in newly established experimental plots only 36.2% (plot Moracz) and 57.2% (plot Samlino) of ash seedlings did not show any macroscopic disease symptoms. The fungi most often observed in the necrotic tissues of ash shoots in the stands, as well as in the experimental plots were: *Hymenoscyphus pseudoalbidus* (anam. *Chalara fraxinea*), *Botryosphaeria stevensii* (anam. *Diplodia mutila*), *Fusarium avenaceum*, *F. lateritium* and species from the genus *Cytospora* and *Phomopsis*. *H. pseudoalbidus* developed large quantities of apothecia on previous year ash rachises in the litter. The BSA (Bulked Segregant Analysis) method enabled identification of molecular markers linked to resistance of *F. excelsior* to the disease process, which has been observed for 20 years.

KEY WORDS: *Fraxinus excelsior*, ash decline, *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, *Chalara fraxinea*

SŁOWA KLUCZOWE: *Fraxinus excelsior*, zamieranie jesionu, *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, *Chalara fraxinea*

I. WSTĘP I CEL BADAŃ

Jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior* L.) występuje na obszarze całej Europy, z wyjątkiem środkowej i południowej Hiszpanii, północnej części Półwyspu Skandynawskiego, Islandii i północnych rejonów Wysp Brytyjskich. W południowej Europie rośnie wspólnie z jesionem wąskolistnym (*F. angustifolia* Vahl) i jesionem mannowym (*F. ornus* L.) (Jaworski 2011, Dobrowolska et al. 2011). W Polsce jesion wyniosły obecny jest na obszarze całego kraju z wyjątkiem regla górnego. Jest cennym gatunkiem lasotwórczym występującym głównie

w drzewostanach mieszanych w olsie jesionowym, lesie wilgotnym i lesie łągowym (Jaworski 2011). Znaczenie ekologiczne jesionu wyniosłego ulegało w Europie dalszemu zwiększaniu w związku z obumieraniem wiązków w wyniku porażenia przez *Ophiostoma ulmi* (Buism.) Nannf. i *O. novo-ulmi* Brasier (Brasier 1991), a także chorobą olsz powodowaną przez *Phytophthora alni* Brasier & Kirk (Thoirain et al. 2007). Poza tym, z uwagi na właściwości pionierskie jesionu obserwowano zjawisko zastępowania innych gatunków i rozszerzania arealu występowania jesionu zwłaszcza na żyznych i wilgotnych siedliskach (Wagner 1990, Walters i Savill 1991, Marigo et al. 2000). Rozwój jesionu nie był też ograniczany przez znaczące choroby grzybowe czy bakteryjne (Grzywacz 1995). Tylko lokalnie czynniki biotyczne prowadziły do zamierania jesionu na większym areale (Hiemstra 1995). Sytuacja ta zaczęła jednak ulegać zasadniczej zmianie. W 1992 roku pojawiły się objawy nasilonego zamierania jesionu w północno-wschodniej Polsce (Stocki 2001). W następnych latach proces ten rozszerzał się na inne obszary kraju (Kowalski 2001, Przybył 2002), obejmując powierzchnię ponad 10 tysięcy hektarów (Gil et al. 2006). Jesion wyniosły zaczął także zamierać w krajach nadbałtyckich oraz na Półwyspie Skandynawskim, a następnie w krajach zachodniej, a stopniowo także krajach południowej Europy. Gatunek ten dotknięty jest procesem chorobowym w ponad 20 krajach Europy (Timmermann et al. 2011). W 2012 roku stwierdzono pierwsze objawy zamierania jesionu na Wyspach Brytyjskich (Coghlan 2012).

Początkowo proces zamierania jesionu wiązano z niekorzystnym wpływem czynników abiotycznych (Thomsen i Skovsgaard 2006), zwłaszcza że wrażliwość jesionu na niektóre czynniki abiotyczne jest dobrze udokumentowana (Jaworski 2011). Jednak stałe zwiększanie arealu i nasilenia procesu choroby zaczęło wskazywać, że przyczyną jest choroba infekcyjna. Badania w tym zakresie na terenie Nadl. Włoszczowa doprowadziły do stwierdzenia, że nekrozy tkanek jesionu są ściśle związane z działalnością grzyba, który w koloniach *in vitro* wytwarzał na drodze wegetatywnej zarodniki konidialne. Został opisany jako nowy gatunek o nazwie *Chalara fraxinea* T. Kowalski (Kowalski 2007). Dalsze badania doprowadziły do określenia patogeniczności tego gatunku i identyfikacji stadium teleomorficznego jako *Hymenoscyphus pseudoalbidus* Queloz et al. (Queloz et al. 2011, Kowalski 2012). Dotychczas nie zdołano jednak wypracować skutecznych metod ograniczenia postępu choroby. Stąd w jednostkach podległych PGL Lasy Państwowe zaleca się zaniechanie hodowli jesionu i jego wprowadzania do upraw. Zarówno w Polsce, jak i w innych krajach Europy prowadzone są dalsze badania nad przebiegiem i uwarunkowaniami procesu chorobowego. W obecnej pracy prezentowane są wyniki badań prowadzonych na terenie Nadleśnictwa Rokita, których celem było:

1. określenie symptomów chorobowych w drzewostanach o różnym wieku,
2. ocena nasilenia zamierania sadzonek jesionu w nowo założonych uprawach doświadczalnych,
3. identyfikacja grzybów w obrębie nekroz na pędach głównych i gałęziach młodych jesionów,

4. ocena rezerwuarów materiału infekcyjnego *H. pseudoalbidus* oraz
5. podjęcie próby znalezienia potencjalnych markerów molekularnych związanych z odpornością jesionu wyniosłego na obserwowany od dwudziestu lat proces chorobowy. Dla realizacji ostatniego z celów badawczych prowadzone są także badania w innych rejonach Polski.

II. METODYKA BADAŃ

Analizę symptomów chorobowych u jesionów prowadzono we wrześniu 2008 roku w 14 drzewostanach na terenie Nadleśnictwa Rokita. Wyboru drzewostanów dokonano losowo na podstawie danych w operacie urządzeniowym biorąc pod uwagę zróżnicowanie pod względem wieku i siedliskowego typu lasu (tab. 1). Udział jesionu w analizowanych drzewostanach wynosił od 20 do 70%. W części drzewostanów starszych analizowany był również stan zdrowotny odnowienia naturalnego (tab. 1). W każdym drzewostanie analizowano 30 drzew rosnących obok siebie w części środkowej drzewostanu (tab. 1). Nasilenie występowania objawów chorobowych wyrażano wskaźnikiem uszkodzenia według metody podanej dla dębu w Instrukcji ochrony lasu (2004). Wyróżniano trzy kategorie drzew: drzewa bez objawów chorobowych lub o cechach osłabienia (WU 1), drzewa średnio uszkodzone (WU 2) i drzewa silnie uszkodzone (WU 3). Na podstawie obliczonego średniego wskaźnika uszkodzenia zaliczano drzewostan do jednego z trzech stopni nasilenia zamierania (tab. 1). W niektórych drzewostanach oraz odnowieniach naturalnych przy pobieraniu prób do badań mikologicznych i genetycznych w latach 2009–2012 dokonywano ponownej analizy stanu zdrowotnego drzew (100 lub 200 osobników), wyróżniając drzewa:

- a) żywe bez objawów chorobowych,
- b) żywe z objawami chorobowymi oraz
- c) martwe.

W drzewostanach I i II klasy wieku pobrano fragmenty pędu głównego lub gałęzi z objawami nekroz z ponad 300 jesionów będących w różnym stadium zamierania. Z pędów w początkowym stadium zamierania wykonano izolacje grzybów. Sterylizacji powierzchniowej pędów dokonywano przy użyciu 96%-owego alkoholu etylowego. Następnie w sterylnych warunkach pobierano z wewnętrznej kory i obwodowych stref drewna po 6 fragmentów o wymiarach $5 \times 2 \times 2$ mm i wykładano na 2% pożywkę agarowo-maltozową zestaloną w płytkach Petriego. Ogółem do izolacji grzybów wyłożono 960 fragmentów pobranych ze 160 pędów (tab. 2). Inkubacja przebiegała bez dostępu światła w temperaturze 20°C. Po upływie dwóch do czterech tygodni wyrastające na pożywkę kolonie przyrównywano, a kultury reprezentatywne odszczepiano na skosy.

Z fragmentów o bardziej zaawansowanym procesie obumierania, 210 próbek wybranych losowo poddano bezpośredniej analizie mikologicznej (tab. 2).

Charakterystyka badanych drzewostanów w Nadleśnictwie Rokita
 Characteristics of investigated stands in Rokita Forest District

Wiek Age	Oddział, wydzielenie Compartment, subcompartment	Siedliskowy typ lasu* Forest site type	Stopień nasilenia zamierania (naturalne odnowienie)** Intensity of dying (natural regeneration)	Występowanie miseczek <i>H. pseudoalbidus</i> *** Occurrence of <i>H. pseudoalbidus</i> apothecia
10–20	37 c	Lśw	II	C
	37 n	Lśw	III	C
	78 b	Ol	III	C
	106 c	Lw	III	B
	341 c	BMśw	III	C
21–40	106 h	Lśw	III	B
	341 j	Lw	II	D
41–60	627 a	LMśw	II (III)	B
61–80	279 Ac	Lśw	I (I)	A
	626 d	LMśw	II (I)	B
>80	70 b	LMśw	I (III)	A
	115 a	Lw	I	A
	285 c	OlJ	II (II)	B
	287 c	Lw	II (II)	B

* Lśw — las świeży, LMśw — las mieszany świeży, Lw — las wilgotny, Ol — ols, OlJ — ols jesionowy, BMśw — bór mieszany świeży/Lśw — fresh deciduous forest, LMśw — mixed fresh deciduous forest, Lw — wet deciduous forest, Ol — alder forest, OlJ — alder-ash wet forest, BMśw — fresh mixed coniferous forest

** I — drzewostan bez wyraźnych objawów zamierania/I — tree stand without visible dying symptoms; II — średnie nasilenie procesów chorobowych/II — medium intensity of disease processes; III — proces chorobowy silnie zaawansowany/III — severe intensity of disease processes

*** obecność miseczek na: 1–25% (A), 26–50% (B), 51–75% (C), 76–100% (D) nerwów liściowych/
 presence of apothecia on: 1–25% (A), 26–50% (B), 51–75% (C), 76–100% (D) of ash leaf rachises
 in the litter

W przypadku stwierdzenia obecności owocników, wykonywano preparaty, analizowano je w mikroskopie świetlnym i dokonywano identyfikacji grzybów przy wykorzystaniu dostępnych kluczy i monografii.

Celem śledzenia procesu chorobowego w uprawach jesionowych założono w kwietniu 2010 r. na terenie Nadleśnictwa Rokita dwie powierzchnie doświadczalne:

— w Leśnictwie Moracz — pododdział 569 k, siedlisko OlJ, grunt porolny w bezpośrednim sąsiedztwie rzeki Wołczyńcy, pow. 0,20 ha, przygotowanie gleby — orka w pasy, liczba sadzonek — 500.

Tabela 2 — Table 2

Grzyby stwierdzone w nekrotycznych tkankach na pędach głównych i gałęziach
Fraxinus excelsior w drzewostanach I i II klasy wieku w Nadleśnictwie Rokita

Fungi recorded in the necrotic tissues on main shoots and twigs of
Fraxinus excelsior of the I and II age class in the Rokita Forest District

Grzyby Fungi	Pędy z owocnikami grzybów Shoots with fruiting bodies of fungi N [%]	Pędy bez owocników grzybów Shoots without fruiting bodies of fungi N [%]
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.		7 (4,4)
<i>Aposphaeria</i> sp.		12 (7,5)
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) Arn.		1 (0,6)
Basidiomycetes		2 (1,3)
<i>Botryosphaeria stevensii</i> Shoem.	103 (49,0)	39 (24,4)
<i>Camarosporium orni</i> Henn.	1 (0,5)	
<i>Chalara fraxinea</i> T. Kowalski	1 (0,5)	78 (48,8)
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) de Vries		1 (0,6)
<i>Coniothyrium fuckelii</i> Sacc.		2 (1,3)
<i>Coniothyrium olivaceum</i> Bon.		4 (2,5)
<i>Coniothyrium</i> sp.	1 (0,5)	2 (1,3)
<i>Cryptosphaeria eunomia</i> (Fr.) Fuck.	1 (0,5)	
<i>Cytospora</i> sp.	75 (35,7)	15 (9,4)
<i>Diaporthe</i> sp. 1	8 (3,8)	
<i>Diaporthe</i> sp. 2	1 (0,5)	
<i>Diplodia</i> sp. 1	5 (2,4)	
<i>Diplodia</i> sp. 2	9 (4,3)	
<i>Epicoccum nigrum</i> Link		4 (2,5)
<i>Exophiala</i> sp.		3 (1,9)
<i>Fusarium avenaceum</i> Nees		29 (13,8)
<i>Fusarium lateritium</i> Nees		33 (20,6)
<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc.		7 (4,4)
<i>Hemicola fuscoatra</i> Traaen		1 (0,6)
<i>Lecythophora</i> sp.		1 (0,6)
<i>Massaria</i> sp.	22 (9,3)	
<i>Melanomma pulvis-pyrius</i> (Pers.) Fuck.	1 (0,5)	
<i>Mollisia cinerea</i> (Batsch) P. Karst.		6 (3,8)
<i>Nectria galligena</i> Bres.	1 (0,5)	
<i>Peniophora cinerea</i> (Pers.: Fr.) Cooke	4 (1,9)	
<i>Phialophora melinii</i> (Nannf.) Conant		1 (0,6)

Tabela 2 cd. — Table 2 cont.

Grzyby Fungi	Pędy z owocnikami grzybów Shoots with fruiting bodies of fungi N [%]	Pędy bez owocników grzybów Shoots without fruiting bodies of fungi N [%]
<i>Phoma</i> sp.	4 (1,9)	
<i>Phomopsis</i> sp. 1	20 (9,5)	39 (24,4)
<i>Phomopsis</i> sp. 2		6 (3,8)
<i>Pleurophoma pleurospora</i> (Sacc.) v. Höhn.	2 (1,0)	
<i>Pyrenochaeta</i> sp.		8 (5,0)
<i>Teichospora obducens</i> (Schum.) Fuck.	2 (1,0)	
<i>Valsa ambiens</i> (Pers.) Fr.	7 (3,3)	
<i>Valsa</i> sp.	1 (0,5)	
Grzyby nie zidentyfikowane (2/4 gatunki) Non-identified fungi (2/4 species)	2 (1,0)	7 (4,4)
Liczba analizowanych próbek Number of analyzed samples	210	160

Tabela 3 — Table 3

Stan zdrowotny sadzonek *Fraxinus excelsior* w sierpniu 2012 roku
w uprawach doświadczalnych w Nadleśnictwie Rokita
State of health of seedlings of *Fraxinus excelsior* in August 2012
in the experimental plantation in Rokita Forest District

Stan zdrowotny sadzonek State of health of seedlings	Moracz liczba [%] Number [%]	Samlino liczba [%] Number [%]
Bez objawów zamierania Without dying symptoms	181 (36,2)	286 (57,2)
Forma wielopędowa (po zamarcu pędu głównego) Seedling with bush-like form (after dieback of the stem)	34 (6,8)	27 (5,4)
Martwe pędy boczne Dead side shoots	5 (1,0)	10 (2,0)
Martwy wierzchołek Dead top	19 (3,8)	21 (4,2)
Martwa nadziemna część Dead over ground part	176 (35,2)	121 (24,2)
Martwa cała sadzonka Dead of whole seedlings	85 (17,0)	35 (7,0)
Liczba posadzonych drzew Number of planted seedlings	500	500

— w Leśnictwie Samlino — pododdział 20f, siedlisko Lw, powierzchnia porębowa do odnowienia, 0,30 ha, przygotowanie gleby — orka w pasy, liczba sadzonek — 500.

Sadzonki jesionu wyhodowano w szkółce nadleśnictwa z nasion zebranych w oddz. 115 a. Wyszczepione zostały dwulatkowe nieszkółkowane (2/0), które nie wykazywały żadnych makroskopowych objawów nekrozy tkanek.

Na powierzchniach tych, trzykrotnie, w latach 2010–2012 r. w sierpniu lub wrześniu dokonywano analizy stanu zdrowotnego sadzonek w zakresie obecności nekroz na pędach głównych i bocznych (tab. 3). Grzyby w nekrotycznych tkankach identyfikowano na podstawie owocników (analiza 152 pędów głównych) oraz na podstawie izolacji z 420 fragmentów pobranych z 70 pędów (tab. 4), według podanej wyżej metodyki dla próbek pobranych z drzewostanów jesionowych.

Dla oceny rezerwuarów materiału infekcyjnego grzyba *Hymenoscyphus pseudoalbidus* pobierano jednorazowo w okresie sierpień–wrzesień ze ściółki każdego drzewostanu 100 ubiegłorocznych nerwów liściowych. Zbierano je losowo po kilka sztuk przynajmniej w 15 różnych miejscach danego drzewostanu. W laboratorium określano obecność miseczek patogenu na danym nerwie na podstawie cech morfologicznych wspartych uprzednimi badaniami molekularnymi. Wyróżniono na tej podstawie cztery grupy nasilenia występowania owocników (tab. 1).

W ramach badań nad odpornością jesionu wyniosłego poszukiwanie markerów przeprowadzono zgodnie z metodą BSA (Bulked Segregant Analysis — Analiza Zbiorczych Prób Segregantów) (Michelmores et al. 1991) przy zastosowaniu 720 starterów RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) (Operon Technologies Inc., Alameda, CA). Materiał roślinny pochodził z jesionów rosnących w Nadleśnictwie Rokita w dwóch drzewostanach, w oddziale 70b i 341c (tab. 1). Na podstawie obserwacji objawów chorobowych na każdej z powierzchni wybrano dwie grupy osobników: z objawami porażenia oraz nie wykazujące symptomów choroby. Dla każdej powierzchni reakcje PCR i analizy BSA przeprowadzono dla 12 osobników z wyróżnionych grup. Z każdego osobnika pobrano liście, a w przypadku ich braku (martwe osobniki) warstwę kory, łyka oraz niewielkiej ilości drewna, z których ekstrahowano DNA zgodnie ze zmodyfikowaną metodą podaną przez Khanuja et al. (1999). Dla obu grup jesionów przygotowano po trzy mieszaniny DNA, z których każda zawierała kwas nukleinowy pochodzący z czterech osobników. Reakcje PCR przeprowadzono zgodnie z następującym programem: denaturacja wstępna w temperaturze 95°C, 5 minut, hybrydyzacja w temperaturze 35°C, 45 sekund, elongacja w temperaturze 72°C, 2,5 minuty. Następnie 36 cykli składających się z: denaturacji w temperaturze 95°C, 60 sekund, hybrydyzacji w temperaturze 35°C, 45 sekund, elongacji w temperaturze 72°C, 2,5 minuty. Otrzymane w wyniku reakcji PCR produkty rozdzielano elektroforetycznie w 1,5% żelu agarozowym z dodatkiem barwnika fluorescencyjnego Midori Green DNA Stain (Nippon Genetics Co. Ltd, Tokyo, Japan).

Tabela 4 — Table 4

Grzyby stwierdzone w nekrotycznych tkankach na pędach głównych *Fraxinus excelsior* w uprawach doświadczalnych (Moracz, Samlino) w Nadleśnictwie Rokita

Fungi recorded in the necrotic tissues on stems of *Fraxinus excelsior* in the experimental plots (Moracz, Samlino) in Rokita Forest District

Grzyby Fungi	Grzyby N [%] zidentyfikowane na podstawie owocników Fungi identified by fruitbodies			Grzyby N [%] zidentyfikowane na podstawie izolacji grzybni Fungi identified by mycelium isolation		
	Moracz	Samlino	Razem Total	Moracz	Samlino	Razem Total
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.				12 (34,3)	1 (2,9)	13 (18,6)
<i>Botryosphaeria</i> sp.	2 (5,3)	5 (4,4)	7 (4,6)			
<i>Botryosphaeria stevensii</i>		53 (46,5)	53 (34,9)	3 (8,6)	18 (51,4)	21 (30,0)
<i>Chalara fraxinea</i> T. Kowalski	2 (5,3)		2 (1,3)	25 (71,4)	24 (68,6)	49 (70,0)
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) de Vries					2 (5,7)	2 (2,9)
<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link				1 (2,9)		1 (1,4)
<i>Coniothyrium fuckelii</i> Sacc.				6 (17,1)		6 (8,6)
<i>Coniothyrium olivaceum</i> Bon.				1 (2,9)	1 (2,9)	2 (2,9)
<i>Coniothyrium</i> sp.		2 (1,8)	2 (1,3)			
<i>Cytospora</i> sp. 1	2 (5,3)	31 (27,2)	33 (21,7)		3 (8,6)	3 (4,6)
<i>Cytospora</i> sp. 2	1 (2,6)		1 (0,6)			
<i>Diplodia</i> sp.	2 (5,3)		2 (1,3)			
<i>Epicoccum nigrum</i> Link	1 (2,6)	1 (0,9)	2 (1,3)	2 (5,7)	4 (11,4)	6 (8,6)
<i>Fusarium avenaceum</i> Nees				14 (40,0)	6 (17,1)	20 (28,6)
<i>Fusarium lateritium</i> Nees				1 (2,9)	8 (11,4)	9 (12,9)
<i>Hormonema</i> sp.					1 (2,9)	1 (1,4)
<i>Massaria</i> sp.	7 (18,4)	7 (6,1)	14 (9,2)			
<i>Melanomma pulvis-pyrius</i> (Pers.) Fuck.		2 (1,8)	2 (1,3)			
<i>Mollisia cinerea</i> (Batsch) P. Karst.	1 (2,6)		1 (0,6)			
<i>Nectria cinnabarina</i> (Tode: Fr.) Fr.		1 (0,9)	1 (1,6)			
<i>Nectria galligena</i> Bres.		2 (1,8)	2 (1,3)			
<i>Pezicula cinnamomea</i> (DC.) Sacc.	1 (2,6)		1 (0,6)			
<i>Phoma exiqua</i> Desm.				3 (8,6)	4 (11,4)	7 (10,0)
<i>Phoma radicina</i> (McAlpine) Boerema				1 (2,9)	1 (2,9)	1 (1,4)
<i>Phoma</i> sp.	1 (2,6)	1 (0,9)	2 (1,3)	3 (8,6)	3 (8,6)	6 (8,6)

Tabela 4 cd. — Table 4 cont.

Grzyby Fungi	Grzyby N [%] zidentyfikowane na podstawie owocników Fungi identified by fruitbodies			Grzyby N [%] zidentyfikowane na podstawie izolacji grzybni Fungi identified by mycelium isolation		
	Moracz	Samlino	Razem Total	Moracz	Samlino	Razem Total
<i>Phomopsis</i> sp. 2	1 (2,6)	1 (0,9)	2 (1,3)		3 (8,6)	3 (4,3)
<i>Sirodothis</i> sp.	1 (2,6)		1 (0,6)			
<i>Ulocladium chartarum</i> (Preuss) Simmons				4 (11,4)		4 (5,7)
<i>Valsa ambiens</i> (Pers.) Fr.	16 (15,8)	2 (1,8)	8 (5,3)			
Grzyby nie zarodnikujące (2 gatunki) Non-sporulating fungi (2 species)					2 (5,7)	2 (2,9)
Liczba analizowanych pędów Number of analyzed stems	38	114	152	35	35	70

III. WYNIKI

Spośród analizowanych drzewostanów tylko w trzech jesion nie wykazywał wyraźnych symptomów zamierania. Można w nich było dostrzec jedynie pojedynczo zamierające szczyty gałęzi i związane z tym nieznaczne przerzedzenie koron. W pozostałych drzewostanach stwierdzono średnie lub silne zaawansowanie procesu chorobowego jesionów (tab. 1). Obserwowano uwiędnięcie liści, zamieranie całych gałęzi lub ich szczytów, zamieranie wierzchołków i przerzedzenie koron (fot. 1). Na pniach obecne były zabliźnione i niezabliźnione nekrozy oraz, znacznie rzadziej, rakowate zniekształcenia i wycieki brunatnej substancji. U zamierających drzew, na pniach i nasadowych odcinkach grubych gałęzi tworzyły się liczne pędy przybyszowe. Występowały także objawy charakterystyczne dla róż jesionowych. Zwiększona ich częstość zaznaczała się w oddziałach 285c i 341j. Ogółem, w drzewostanach młodszych klas wieku nasilenie procesu chorobowego było większe niż w drzewostanach starszych (tab. 1). Zaawansowany proces zamierania jesionu znajduje odzwierciedlenie w masie pozyskiwanego posuszu. Z danych dostępnych w nadleśnictwie wynika, że w okresie 2004–2011 pozyskano 3973,77 m³ posuszu. Zwraca uwagę, że nawet w drzewostanach o dużym stopniu nasilenia procesu chorobowego można było stwierdzić egzemplarze nie wykazujące w ogóle makroskopowych objawów chorobowych lub były one mało znaczące. Na przykład, w oddziale 341c we wrześniu 2011 r. było 22,3% takich drzew,

podczas gdy 66,7% drzew było martwych. Wśród tych ostatnich stan tylko dwóch egzemplarzy wskazywał, że zamarły one w ostatnim okresie. Z kolei w oddziale 341j było 26,7% drzew nie wykazujących symptomów chorobowych, podczas gdy 55,0% drzew było obumarłych. W części drzewostanów starszych występowało odnowienie naturalne (tab. 1). W niektórych drzewostanach, np. w oddz. 279 Ac, odnowienie cechowało się dobrym stanem zdrowotnym i w trakcie okresu obserwacji stan ten nie uległ pogorszeniu. Natomiast w 2–4-letnim odnowieniu naturalnym jesionu w oddz. 70b w 2008 r. nie dostrzegano objawów zamierania, natomiast w 2011 r. było 46,7% egzemplarzy martwych, a tylko 33,3% nie wykazywało symptomów chorobowych. W oddz. 627a oprócz objawów zamierania odnowienia naturalnego jesionu stwierdzono również zamieranie nalotu jaworu. Pobrany materiał wykazał liczne porażenie systemu korzeniowego jaworu przez grzyb *Verticillium* sp., natomiast nie stwierdzono obecności grzybów potencjalnie odpowiedzialnych za zamieranie jesionu.

Analiza stanu jesionu w szkółce w trakcie drugiego okresu wegetacyjnego wykazała brak makroskopowych symptomów zamierania pędów u 71,5% siewek, objawy nekroz pędu głównego i/lub pędów bocznych u 24,0% siewek oraz obumarcie 4,5% siewek.

W obrębie nekrotycznych tkanek pni i gałęzi drzew I i II klasy wieku stwierdzono 44 gatunki grzybów (tab. 2). Najczęstszym gatunkiem stwierdzonym na podstawie izolacji był *Chalara fraxinea* (teleomorfa: *Hymenoscyphus pseudoalbidus*). Często izolowano także grzyby: *Botryosphaeria stevensii*, *Cytospora* sp., *Fusarium avenaceum*, *F. lateritium* oraz *Phomopsis* sp. 1 (tab. 2). Natomiast owocniki na pędach najczęściej wytwarzały: *B. stevensii*, *Cytospora* sp., *Massaria* sp. i *Phomopsis* sp. 1. Skupienia fialid i zarodniki *C. fraxinea* stwierdzono tylko na jednym pędzie na odkrytym drewnie w następstwie wykruszenia nekrotycznej kory.

W dniu większości analizowanych drzewostanów występowały w okresie letnim obfite rezerwuary materiału infekcyjnego grzyba *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. Tylko w trzech drzewostanach miseczki obecne były na mniej niż 25% ubiegłorocznych nerwów liściowych jesionu. Były to drzewostany o dużym zacienieniu dna drzewostanu, uniemożliwiającym rozwój runa, lub dnia drzewostanu pokrytym stosunkowo grubą warstwą liści, względnie drzewostan usytuowany był na wywyższonym terenie (np. oddz. 279 Ac w rejonie „Bukowej Góry”). W pozostałych drzewostanach miseczki obecne były na ponad 25% lub ponad 50% nerwów. W oddz. 341 j stwierdzono je na ponad 75% nerwów liściowych jesionu (fot. 4).

Ocenę stanu zdrowotnego sadzonek *F. excelsior* w dwóch uprawach doświadczalnych zawarto w tabeli 3. W trzecim roku wzrostu na uprawie w Leśnictwie Moracz jedynie 36,2% sadzonek nie wykazywało objawów zamierania pędów głównych lub bocznych. Na powierzchni w Leśnictwie Samlino było 57,2% takich sadzonek. Sadzonki takie osiągały maksymalnie wysokość 1,8 m (Moracz) lub 2,3 m (Samlino). W powyższej grupie można by także uwzględnić, odpowiednio, 6,8% i 5,4% sadzonek, które w 2012 r. nie



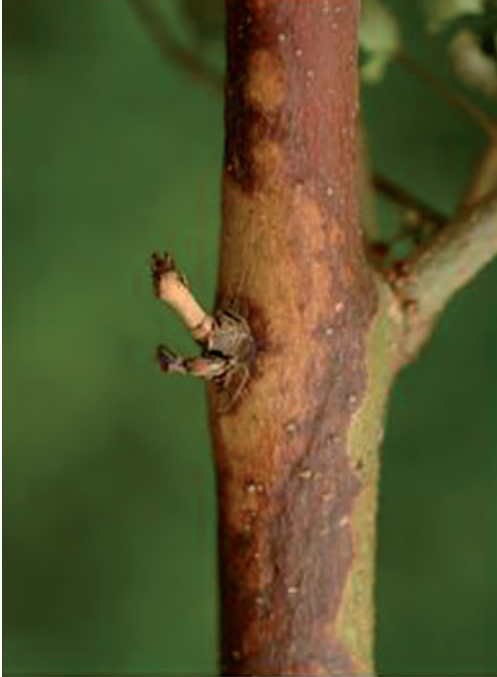
Fot. 1 Objawy chorobowe w koronach zamierających jesionów

Phot 1 Disease symptoms in the crown of dying ash trees



Fot. 2 Obumarły 4-letni jesion na powierzchni w Samlinie

Phot 2 Dead 4-year-old ash seedling on experimental plot in Samlino



Fot. 3 Nekroza na pędzie głównym jesionu spowodowana przez *H. pseudoalbidus*

Phot 3 Necrotic area on main ash stem caused by *H. pseudoalbidus*



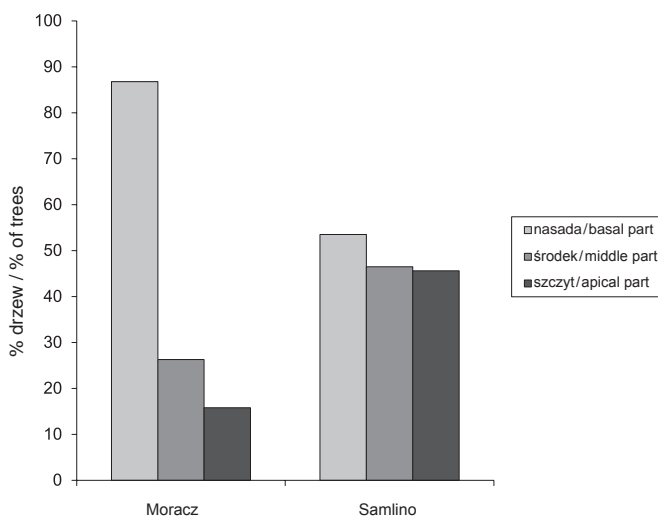
Fot. 4 Miseczki *H. pseudoalbidus* na ubiegłorocznych nerwach liściowych jesionu w ściocie

Phot 4 Apothecia of *H. pseudoalbidus* on previous year ash leaf rachises in the litter

wykazywały symptomów zamierania, charakteryzowały się jednak formą wielopędową (krzaczastą) wskutek zamarcia pędu głównego i przycięcia na bezpiekę w 2010 lub 2011 roku. Najczęstszym symptomem było zamarcie całej nadziemnej części (fot. 2), nieco rzadziej zamieraniu ulegał wierzchołek lub pędy boczne. Nekrotyczna kora na pędach charakteryzowała się różnymi przebarwieniami. Były one jednolicie jasne lub brunatne, względnie jasne z ciemnobrunatnymi pasmami (fot. 3). W trakcie trzech lat zamarło 17,0% (Moracz) oraz 7,0% (Samlino) sadzonek jesionu. Były wśród nich takie, u których cięcie na bezpiekę nie przyniosło pozytywnego efektu. Grzyby przerastały do nowo rozwijających się pędów i powodowały ich całkowite zamieranie.

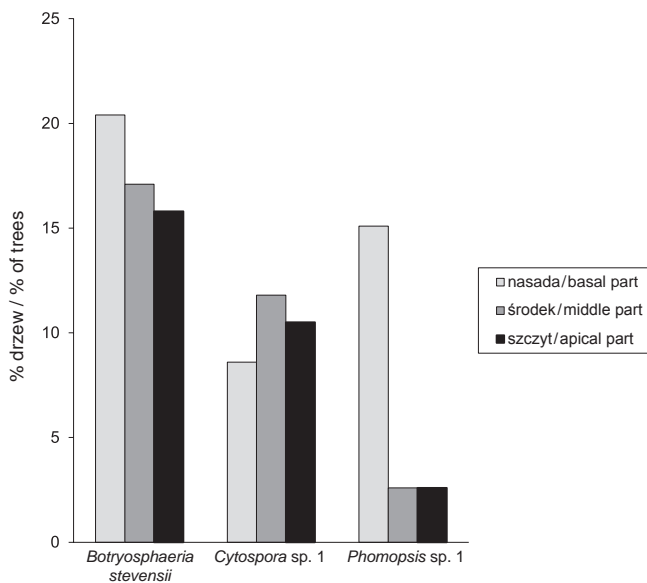
W nekrotycznych tkankach pędów jesionów w tych uprawach stwierdzono 32 gatunki grzybów (tab. 4). Najczęściej izolowano grzyb *C. fraxinea*, którego obecność stwierdzono w 70,0% pędów głównych. Gatunek ten cechował się zbliżoną częstością występowania na sadzonkach w obu analizowanych uprawach. Często izolowano również *Alternaria alternata*, *B. stevensii*, *F. avenaceum*, *F. lateritium* i *Phomopsis* sp. 1. Owocniki na pędach najczęściej wytwarzały: *B. stevensii*, *Cytospora* sp. 1, *Massaria* sp. oraz *Phomopsis* sp. 1. Grzyb *B. stevensii* w zdecydowanej większości wytwarzał stadium anamorficzne, znane jako *Diplodia mutila* Fr. Na zamarych sadzonkach w uprawie w Leśn. Moracz w ogóle nie stwierdzono jego owocników, zaś poprzez izolacje wykazano jego ponad 5-krotnie mniejszą częstość na tej powierzchni niż w Leśn. Samlino. Z kolei w uprawie w Leśn. Moracz 4-krotnie częściej stwierdzano owocniki *Phomopsis* sp. 1. Znaczne różnice w częstości występowania między uprawami stwierdzano także w przypadku *Coniothyrium fuckelii*, *Cytospora* sp. 1, *F. avenaceum*, *F. lateritium*, *Masaria* sp. oraz *Valsa ambiens* (tab. 4). Owocniki grzybów wykształcały się najczęściej w nasadowej partii strzałek, przy czym było to szczególnie zauważalne w uprawie w Leśn. Moracz. Najrzadziej pojawiały się owocniki w szczytowym odcinku strzałek jesionu (ryc. 1). *Phomopsis* sp. 1 najczęściej wytwarzał owocniki w nasadowej części strzałek. U innych częstych gatunków różnice w tym względzie nie były znaczące (ryc. 2).

W wyniku reakcji PCR otrzymano dla wszystkich starterów i jesionów z obu powierzchni 5247 produktów. Spośród 720 testowanych starterów 555 (77%) dało wyraźne, łatwe do odczytania prążki. Długość uzyskanych produktów wahała się od 200 do 3000 par zasad. Zidentyfikowano 58 starterów dających polimorficzne prążki różnicujące próby zbiorcze osobników porażonych i osobników nie wykazujących objawów choroby. Z 58 wstępnie zakwalifikowanych starterów tylko dwa (A02 i M20) generowały markery potencjalnie związane z cechą odporności jesionu na obserwowany w drzewostanach jesionowych proces chorobowy. Miały one długość odpowiednio około 210 i 600 par zasad. Markery nie występowały jednak w populacjach z taką samą częstotliwością. Były obecne u wszystkich osobników populacji z oddz. 341 c oraz u około 70 (A02) i 80% (M20) osobników populacji z oddziału 70c. Pozostałe markery charakteryzowały się losowym rozkładem między porażonymi i zdrowymi osobnikami w obrębie badanych populacji.



Ryc. 1 Usytuowanie owocników grzybów na zmarłych pędach głównych *F. excelsior* w uprawach doświadczalnych w Moraczu i Samlinie

Fig. 1 Position of fungal fruitbodies on dead main shoots of *F. excelsior* on experimental plots in Moracz and Samlino



Ryc. 2 Występowanie owocników częstych gatunków grzybów na martwych sadzonkach *F. excelsior* w uprawach doświadczalnych (Moracz, Samlino)

Fig. 2 Occurrence of fruitbodies of the common fungi species on dead seedlings of *F. excelsior* on experimental plots in Moracz and Samlino

IV. DYSKUSJA

Przeprowadzone analizy w licznych drzewostanach południowej Polski wykazywały już od wielu lat duże nasilenie procesu chorobowego jesionu (Kowalski i Łukomska 2005, Kowalski i Czekaj 2010). Obecne badania w drzewostanach Nadl. Rokita, w północno-zachodniej Polsce, także wskazują na duże zaawansowanie procesu chorobowego tego gatunku. Proces chorobowy jesionów w analizowanych drzewostanach oraz w uprawach doświadczalnych rozpoczynał się od nekroz na pędach głównych i na gałęziach, którym towarzyszyło zapadanie tkanek i przebarwienie kory. Rozszerzanie się nekroz skutkowało zamieraniem całych gałęzi lub ich szczytów, zamieraniem wierzchołków, całych nadziemnych części i ostatecznie całych drzew. W przypadku ograniczonego postępu nekrozy okolicznych tkanek wykształcały się symptomy o charakterze raków drzewnych. Obserwowane symptomy nie różniły się od objawów chorobowych stwierdzanych w innych rejonach Polski, a także w tych krajach Europy, gdzie jesion ulega zamieraniu (Halmschlager i Kirisits 2008, Bakys et al. 2009, Ogris et al. 2010, Holdenrieder 2012).

Podobnie jak w innych rejonach, na terenie Nadl. Rokita choroba występuje w większym nasileniu w młodych drzewostanach, a jesiony ulegają jej niezależnie od zajmowanego siedliska (Schumacher et al. 2007, Holdenrieder 2012). Jednak mimo ogólnie obserwowanej większej podatności drzew zwłaszcza w I klasie wieku (Gil et al. 2006), odnowienie naturalne w pierwszych kilku latach wzrostu może prawie całkowicie opierać się procesowi chorobowemu. Taki stan stwierdzano w dwóch oddziałach (70b, 279Ac), w których drzewostany macierzyste cechowały się bardzo dobrym stanem zdrowotnym. Podczas, gdy w oddziale 279Ac dobry stan zdrowotny odnowienia utrzymuje się nadal, w oddziale 70b w trakcie trzech następnych lat obumarło 46,7% osobników. Przyczyn takiego stanu można upatrywać głównie w odmiennych lokalnych warunkach środowiska, które wpływają na zróżnicowanie nasilenia procesu chorobowego (Kowalski i Czekaj 2010). W świetle obecnego stanu wiedzy, tylko w ograniczonym stopniu można to wiązać z uwarunkowaniami genetycznymi (McKinney et al. 2011). Pogorszenie stanu zdrowotnego jesionu po kilku latach wzrostu w odnowieniach naturalnych obserwowano także na terenie Nadl. Staszów (Kowalski i Czekaj 2010).

Analiza stanu zdrowotnego sadzonek jesionu w uprawach doświadczalnych, w trakcie trzech lat od ich założenia, nie daje podstaw do formułowania zaleceń dla praktyki leśnej, by rozpocząć ponowne wprowadzanie jesionu do upraw leśnych. Nasilenie procesu chorobowego sadzonek jesionu w tych uprawach należy określić jako duże. Skutkiem choroby nie są tylko lokalne nekrozy, czy zamieranie pędów bocznych, lecz zamieranie całej nadziemnej części, a w dalszych etapach zamieranie całkowite sadzonek.

Przeprowadzona analiza mikologiczna wykazała, że w nekrotycznych tkankach pędów jesionu, zarówno w analizowanych drzewostanach jak i uprawach doświadczalnych, najczęściej obecne były grzyby: *Hymenoscyphus pseudoalbidus* (anam. *Chalara fraxinea*) oraz *Botryosphaeria stevensii* (anam. *Diplodia mutila*),

a następnie *Fusarium avenaceum*, *F. lateritium* oraz grzyby z rodzaju *Cytospora* i *Phomopsis*. Analiza ta wykazała również znaczenie izolacji grzybów z nekrotycznych tkanek w procesie identyfikacji sprawcy choroby. Niektóre gatunki, nawet z grupy najczęstszych, nie mogły być bowiem wykazane na podstawie analizy zarodnikowania *in vivo* (tab. 2 i 4). Różnice w częstości stwierdzenia danego gatunku zależnie od zastosowanej metody wynikały także z faktu, że analizie podlegały pędy na różnym etapie zamierania. Do izolacji przeznaczano pędy z niedawno obumarłymi tkankami. Jak wykazały badania Kowalskiego (2009), *C. fraxinea* można licznie izolować z niedawno powstałych nekroz, gdyż w późniejszym okresie tkanki zasiedlane są wtórnie przez inne gatunki grzybów. Grzyb *C. fraxinea* stwierdzany był dotychczas we wszystkich nadleśnictwach, skąd pobierano do badań zamierające pędy jesionu (Kowalski 2009). Częstość obecności tego gatunku została potwierdzona także w obecnych badaniach. Również w innych, ponad 20 krajach Europy, gdzie zamiera jesion, stwierdzono obecność tego gatunku grzyba w nekrotycznych tkankach pędów (Timmermann et al. 2011). Jego wysokie właściwości patogeniczne zostały wykazane poprzez sztuczne inokulacje pędów jesionu (Kowalski i Holdenrieder 2009, Bakys et al. 2009). Okolicznością sprzyjającą temu patogenowi jest z pewnością powszechne wykształcanie miseczek na opadłych ubiegłorocznych nerwach liściowych jesionu, co stanowi o bliskości materiału zakaźnego. Przeprowadzone badania genetyczne izolowanych kultur z nekroz na pędach jesionów z Nadl. Rokita i innych rejonów Polski wykluczyły obecność w nekrozach pokrewnego gatunku *Hymenoscyphus albidus* (Rob. ex Desm.) W. Philips, trudnego do identyfikacji na podstawie cech morfologicznych (Kraj et al. 2012). Spośród zidentyfikowanych na jesionach w Nadl. Rokita gatunków grzybów dużą patogenicznością w stosunku do wielu gatunków drzew i krzewów liściastych cechuje się *Botryosphaeria stevensii* (De Wett et al. 2008). Jego patogeniczne właściwości w odniesieniu do *F. excelsior* wykazała Przybył (2003). *Cytospora* spp. i *Phomopsis* spp. zaliczane są do patogenów słabości (Mańka 2005). Liczne gatunki z rodzaju *Fusarium* i *Phomopsis* mogą zasiedlać żywe tkanki jesionów jako endofity (Kowalski i Kehr 1992). Gatunkom tym zasiedlanie tkanek może ułatwiać pierwotna infekcja jesionu przez *C. fraxinea*. W trakcie izolacji grzybów z pędów inokulowanych grzybnią *C. fraxinea* wymienione gatunki były często stwierdzane w zamierających tkankach pędów (Kowalski i Holdenrieder 2009). Dane z upraw doświadczalnych wskazują, że o częstości infekcji, jak również miejscu infekcji na strzałkach w znacznym stopniu może decydować odmiennosc warunków lokalnych.

Na terenie Nadl. Rokita, jak również w innych rejonach kraju można stwierdzić, że w niektórych drzewostanach, nawet o dużym nasileniu procesu chorobowego, część jesionów nie wykazuje objawów porażenia. Stworzyło to możliwość podjęcia badań celem wykrycia, czy stwierdzane zjawiska mają podłoże genetyczne. Zastosowana metoda BSA umożliwiła identyfikację markerów molekularnych związanych z odpornością jesionu wyniesłego na proces chorobowy inicjowany infekcją *C. fraxinea*. Metoda ta jest często stosowana dla drzew leśnych w celu poszukiwania markerów związanych z różnymi

cechami, szczególnie z ich odpornością na choroby (Villar et al. 1996, Devey et al. 1995). Stwierdzona obecnie zróżnicowana częstotliwość występowania markerów u osobników pochodzących z różnych populacji świadczy o tym, że są one charakterystyczne dla populacji, a w mniejszym stopniu dla całego gatunku. Należy sądzić, że odzwierciedla to duże zróżnicowanie osobników jesionu pod względem odporności na infekcję. Z badań prowadzonych w innych krajach wynika, że poszczególne osobniki różnią się istotnie odpornością na infekcję (Bakys et al. 2009). Autorzy ci stwierdzili, że drzewa inokulowane tym samym szczepem *C. fraxinea* wykazują nekrozy o różnej długości. Podobne wnioski wypływają z badań przeprowadzonych na plantacjach klonalnych jesionu (Ollrik et al. 2007). Ostatnio przeprowadzone obserwacje potwierdzają, że odporność osobników jesionu na infekcję przez *C. fraxinea* jest uwarunkowana genetycznie (McKinney et al. 2012, Kjær et al. 2012).

V. PODSUMOWANIE WYNIKÓW I WNIOSKI

1. Na terenie Nadl. Rokita jesion wyniosły ulega procesom chorobowym, których nasilenie jest większe w drzewostanach młodszych klas wieku. Do najczęstszych objawów chorobowych należy zaliczyć: zamieranie całych gałęzi lub ich szczytów, zamieranie wierzchołków, przerzedzenie koron, zablężnione i niezablężnione nekrozy lokalne lub zrakowacenia na pniach i gałęziach, wytwarzanie pędów przybyszowych na pniach i nasadowych odcinkach grubych gałęzi.

2. Obserwowane duże nasilenie zamierania nadziemnych części sadzonek jesionu wyniosłego w uprawach doświadczalnych już w okresie pierwszych trzech lat od ich założenia czyni w dalszym ciągu uzasadnioną decyzję o niewprowadzaniu jesionu do upraw leśnych do czasu wypracowania skutecznych metod ochronnych. Natomiast, pomimo iż jesion choruje również w odnowieniach naturalnych, należy uznać tę formę odnowienia za godną wspierania w praktyce leśnej.

3. Podobnie jak w wielu innych rejonach Polski, w drzewostanach Nadl. Rokita za najważniejszego sprawcę nekroz pędów jesionu wyniosłego należy uznać grzyb *Hymenoscyphus pseudoalbidus* (anam. *Chalara fraxinea*). Okolicznością sprzyjającą temu patogenowi jest występowanie obfitego rezerwuaru materiału infekcyjnego w dnie drzewostanów, którym są miseczki na opadłych ubiegłorocznych nerwach liściowych jesionu. Znaczącą rolę w powodowaniu nekroz jesionów należy przypisać również grzybowi *Botryosphaeria stevensii* (anam. *Diplodia mutila*), a następnie patogenom słabości z rodzaju *Cytospora* i *Phomopsis*.

4. Przeżywanie części osobników *Fraxinus excelsior* przy zupełnym braku u nich objawów chorobowych nawet w drzewostanach o dużym nasileniu procesu chorobowego sugeruje występowanie genetycznego zróżnicowania odporności jesionu wyniosłego na porażenie przez patogeny grzybowe. Z wstępnych badań na powierzchniach w Nadl. Rokita wynika, że zastosowana me-

toda BSA (Bulked Segregant Analysis — Analiza Zbiorczych Prób Segregantów) umożliwi identyfikację markerów molekularnych związanych z odpornością jesionu wyniosłego na proces chorobowy inicjowany przez *C. fraxinea*.

Autorzy wyrażają podziękowanie Panom Naczelnikom RDLP w Szczecinie, mgr inż. Mieczysławowi Zachasiowi (Wydział Ochrony Lasu) i mgr inż. Bernardowi Piecykowi (Wydział Hodowli Lasu) za zainicjowanie badań na terenie RDLP Szczecin, zainteresowanie postępem prac i pomoc w trakcie ich realizacji oraz Specjaliście ds. Ochrony Lasu, Pani mgr inż. Barbarze Adamczyk i wszystkim Pracownikom Nadleśnictwa Rokita za całokształt pomocy przy organizacji i prowadzeniu badań.

LITERATURA

- Bakys R., Vasaitis R., Barklund P., Thomsen I.M., Stenlid J. 2009. *Occurrence and pathogenicity of fungi in necrotic and non-symptomatic shoots of declining common ash (Fraxinus excelsior) in Sweden*. Eur. J. Forest Res. 128: 51–60.
- Brasier C.M. 1991. *Ophiostoma novo-ulmi sp. nov., a causative agent of current Dutch elm disease pandemics*. Mycopath. 115: 151–161.
- Coghlan A. 2012. *Are Europe's ash trees finished?* New Scientist. www.newscientist.com
- Devey M.E., Delfino-Mix A., Kinloch B.B., Neale D.B. 1995. *Random amplified polymorphic DNA markers tightly linked to a gene for resistance to white pine blister rust in sugar pine*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 92: 2066–2070.
- De Wett J., Slippers B., Preisig O., Wingfield B.D., Wingfield M.J. 2008. *Phylogeny of the Botryosphaeriaceae reveals patterns of host association*. Mol. Phylogenet. Evol. 46: 116–126.
- Dobrowolska D., Hein S., Wagner S., Clark J., Skovsgaard J. P., 2011. *A review of European ash (Fraxinus excelsior L.): implications for silviculture*. Forestry 84, 2: 133–148.
- Gil W., Łukaszewicz J., Paluch R., Zachara T. 2006. *Zamieranie jesionu — rozmiar problemu*. Las Polski 5: 19.
- Grzywacz A. 1995. *Ważniejsze choroby infekcyjne*. [w:] *Jesion wyniosły Fraxinus excelsior L.* W. Bugała (red.). Wyd. Sorus, Poznań–Kórnik: 371–415.
- Halmschlager E., Kirisits T. 2008. *First report of the ash dieback pathogen Chalara fraxinea on Fraxinus excelsior in Austria*. Plant Pathology 57: 1177.
- Hiemstra J.A. 1995. *Verticillium wilt of Fraxinus excelsior*. Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University, the Netherlands. 213 pp.
- Holdenrieder O. 2012. *Aktuelles zum Eschentriebsterben*. Zürcher Wald 3: 20–22.
- Instrukcja ochrony lasu*. 2004. Opracowanie zbiorowe. CILP, Warszawa
- Jaworski A. 2011. *Hodowla lasu. Charakterystyka hodowlana drzew i krzewów leśnych*. PWRiL, Warszawa.
- Khanuja S.P.S., Shasany A.K., Darokar M.P., Kumar S. 1999. *Rapid isolation of DNA from dry and fresh samples of plants producing large amounts of secondary metabolites and essential oils*. Plant Molecular Biology Reporter 17: 1–7.
- Kjær E.D., McKinney L.V., Nielsen L.R., Hansen L.N., Hansen J.K., 2012. *Adaptive potential of ash (Fraxinus excelsior) populations against the novel emerging pathogen Hymenoscyphus pseudoalbidus*. Evolutionary Applications 5: 219–228.
- Kowalski T. 2001. *O zamieraniu jesionów*. Trybuna Leśnika 4, 359: 6–7.
- Kowalski T. 2007. *Chalara fraxinea — nowo opisany gatunek grzyba na zamierających jesionach w Polsce*. Sylwan 151, 4: 44–48.
- Kowalski T. 2009. *Rozprzestrzenienie grzyba Chalara fraxinea w aspekcie procesu chorobowego jesionu w Polsce*. Sylwan 153, 10: 668–674.
- Kowalski T. 2012. *Zamieranie jesionu — aspekty taksonomiczne sprawcy choroby*. Sylwan, 156, 4: 262–269.

- Kowalski T., Czekał A. 2010. *Symptomy chorobowe i grzyby na zamierających jesionach (Fraxinus excelsior L.) w drzewostanach nadleśnictwa Staszów*. Leśne Pr. Bad. 71: 357–368.
- Kowalski T., Holdenrieder O. 2009. *Pathogenicity of Chalara fraxinea*. Forest Pathology 39: 1–7.
- Kowalski T., Kehr R.D. 1992. *Endophytic fungal colonization of branch bases in several forest tree species*. Sydowia 44: 137–168.
- Kowalski T., Łukomska A. 2005. *Studies of Fraxinus excelsior L. dieback in stands of Włoszczowa Forest Unit*. Acta Agrobot. 59: 429–440.
- Kraj W., Zarek M., Kowalski T. 2012. *Genetic variability of Chalara fraxinea, dieback cause of European ash (Fraxinus excelsior L.)*. Mycological Progress 11, 1: 37–45.
- Mańka K. 2005. *Fitopatologia leśna*. PWRiL, Warszawa.
- Marigo G., Peltier J.P., Girel G. 2000. *Success in the demographic expansion of Fraxinus excelsior L.* Trees. 15: 1–13.
- McKinney L.V., Nielsen L.R., Hansen J.K., Kjær E.D. 2011. *Presence of natural genetic resistance in Fraxinus excelsior (Oleaceae) to Chalara fraxinea (Ascomycota): an emerging infectious disease*. Heredity 106: 788–797.
- McKinney L.V., Thomsen I.M., Kjær E.D., Nielsen L.R. 2012. *Genetic resistance to Hymenoscyphus pseudoalbidus limits fungal growth and symptom occurrence in Fraxinus excelsior*. Forest Pathology 42: 69–74.
- Michelmore R.W., Paran I., Kesseli R.V. 1991. *Identification of markers linked to disease-resistance genes by bulked segregant analysis: a rapid method to detect markers in specific genomic regions by using segregating populations*. Proc. Natl. Acad. Sci. 88: 9828–9832.
- Ogris N., Hauptmann T., Jurc D. 2010. *First report of Chalara fraxinea on common ash in Italy*. Plant Disease 94: 133.
- Olrik D.C., Kjaer E.D., Ditlevsen B. 2007. *Clonal differences in attacks by ash shoot dieback*. Skoven 39: 522–525.
- Przybył K. 2002. *Fungi associated with necrotic apical parts of Fraxinus excelsior shoots*. Forest Pathology 32: 387–394.
- Przybył K. 2003. *Effect of Pseudomonas spp. on inoculation of young plants of Fraxinus excelsior stem with Diplodia mutila*. Dendrobiology, 50: 29–32.
- Queloz V., Gruenig C.R., Berndt R., Kowalski T., Sieber T.N., Holdenrieder O. 2011. *Cryptic speciation in Hymenoscyphus albidus*. Forest Pathology 41: 133–142.
- Schumacher J., Wulf A., Leonhard S. 2007. *Erster Nachweis von Chalara fraxinea T. Kowalski sp. nov. in Deutschland — ein Verursacher neuartiger Schäden an Eschen*. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 59: 121–123.
- Stocki J. 2001. *Przyczyny zamierania drzew i drzewostanów jesionowych w Polsce*. Głos Lasu 4: 17–19.
- Thoirain B., Husson C., Marçais B. 2007. *Risk factors for the Phytophthora induced decline of alder in northeastern France*. Phytopathology 97: 99–105.
- Thomsen I.M., Skovsgaard J.P. 2006. *Ash dieback: climatic damage or fungal attack?* Skoven 38: 408–411.
- Timmermann V., Břrja I., Hietala A.M., Kirisits T., Solheim H. 2011. *Ash dieback: pathogen spread and diurnal patterns of ascospore dispersal, with special emphasis on Norway*. Bulletin OEPP/EPPO 41: 14–20.
- Wagner S. 1990. *Zu: «Vereschung — Problem oder Chance?»*. Allgemeine Forstzeitschrift 45, 32: 806–807.
- Walters T.L., Savill P.S. 1991. *Ash and sycamore regeneration and the phenomenon of their alternation*. Forestry 65, 4: 417–433.
- Villar M., Lefèvre F., Bradshaw H.D. Jr., Teissier du Cros E. 1996. *Molecular genetics of rust resistance in poplars (Melampsora larici-populina Kleb./Populus sp.) by bulked segregant analysis in a 2 × 2 factorial mating design*. Genetics 143: 531–536.

Summary

Tadeusz Kowalski, Wojciech Kraj, Tomasz Szeszycki

The studies on ash decline in Rokita Forest District stands

The studies were carried out in Rokita Forest District in 14 ash stands and in 2 newly established experimental plots, where 500 seedlings of *F. excelsior* per each plot were planted in 2010. The purpose of the studies were: 1. identification of disease symptoms in tree stands of different age, 2. evaluation of ash seedlings dieback in newly established plantations, 3. identification of fungi within the necroses on the main shoots and branches of ash, 4. characterization of infectious material reservoir of *H. pseudoalbidus* and 5. search for potential molecular markers linked to resistance of *F. excelsior* to the disease process. As far as the majority of examined tree stands is concerned, medium or severe intensity of ash disease was observed (Tab. 1).

The most common symptoms included death of whole branches or their apices, tree-top dieback, crowns defoliation, local necroses on the trunks and twigs, growth of epicormic shoots from trunks and along the bases of living branches. The extend of disease was larger in the stands of lower age classes (Tab. 1).

Within the necrotic tissues of trunk and branches of the first and second age class 44 species of fungi were found (Tab. 2). The most common species isolated was *Chalara fraxinea* (teleomorph: *Hymenoscyphus pseudoalbidus*). Other fungi often obtained during isolation were: *Botryosphaeria stevensii*, *Cytospora* sp., *Fusarium avenaceum*, *F. lateritium* and *Phomopsis* sp. 1 (Tab. 2). The most common fungi developing the fruitbody on shoots were: *B. stevensii*, *Cytospora* sp., *Massaria* sp. and *Phomopsis* sp. 1.

Infectious material of *Hymenoscyphus pseudoalbidus* was observed in the litter of analyzed tree stands in the summer season (Tab. 1).

The evaluation of the health status of *F. excelsior* seedlings from two experimental plots is presented in Table 3. Only 36.2% of seedlings did not show any symptoms of dieback of main or side shoots in the third year of growth on the plot in Moracz. There were 57.2% of asymptomatic seedlings on the plot in Samlino. 32 species of fungi were identified in necrotic tissues of ash shoots in those plots (Tab. 4). *C. fraxinea* was isolated most often (70.0% of main shoots). The other commonly isolated fungi were *Alternaria alternata*, *B. stevensii*, *F. avenaceum*, *F. lateritium* i *Phomopsis* sp. 1. Fruitbodies on shoots were most often developed by *B. stevensii*, *Cytospora* sp. 1, *Massaria* sp. and *Phomopsis* sp. 1. Fruibodies most rarely appeared on the top segment of ash stems (Fig. 1). *Phomopsis* sp. 1 developed fruitbodies mainly on the basal parts of stems (Fig. 2).

The Bulked Segregant Analysis (BSA) was used to identify random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers linked to ash dieback disease resistance. Bulks were screened in two ash populations using 720 random primers. Two RAPD markers (generated with the use of A02 and M20 primers) were found to be linked to disease resistance. Frequency of markers occurrence was different in both populations and ranged from 70 to 100%.

*Department of Forest Pathology
University of Agriculture in Krakow*

Rokita Forest District in Przybiernow

OWADY ZASIEDLAJĄCE SZYSZKI ŚWIERKA POSPOLITEGO *PICEA ABIES* (L.) H. KARST. W WYBRANYCH DRZEWOSTANACH BESKIDU ŚLĄSKIEGO I BESKIDU ŻYWIECKIGO W LATACH 2011–2012

Małgorzata Skrzypczyńska
Tomasz Kupczak

Katedra Ochrony Lasu,
Entomologii i Klimatologii Leśnej
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
al. 29 Listopada 46
PL 31-425 Kraków
rlwaga@cyf-kr.edu.pl

ABSTRACT

M. Skrzypczyńska, T. Kupczak 2012. *Insects inhabiting cones of Norway spruce Picea abies* (L.) H. Karst. in the selected stands of the Beskid Śląski Mts. and the Beskid Żywiecki Mts. in the years 2011–2012. Acta Agr. Silv. ser. Silv. 50: 23–44.

During 2011–2012 the studies were carried out on the species composition and quantity of insects inhabiting of *Picea abies* (L.) H. Karst. cones in the Beskid Śląski Mts. (BŚ) and the Beskid Żywiecki Mts. (BŻ) (the Węgierska Górka Forest District). In both these regions a total of 320 cones from 16 trees were collected for analysis and for rearing. Moreover 1600 seeds extracted from cones, were analysed.

During the studies 694 insect specimens (including 392 from BŚ) were obtained. Conophages were represented by: *Cydia strobilella* L. (Lep., Tortricidae) and *Kaltenbachiola strobi* (Winn.) (Dipt., Cecidomyiidae), and seminiphages by *Megastigmus strobilobius* Ratz. (Hym., Torymidae). Conophages inhabited 40.3% of all analysed cones (39.4% — BŚ, 41.3% — BŻ). Moreover conophages damaged 35.9% of all analysed seeds. *M. strobilobius* destroyed about 1% of analysed seeds. Information on parasitoids are given.

KEY WORDS: *Picea abies*, cones, seeds, damage insects, parasitoids

SŁOWA KLUCZOWE: *Picea abies*, szyszki, nasiona, szkodliwe owady, parazytoidy

I. WSTĘP I CEL PRACY

Świerk pospolity *Picea abies* (L.) H. Karst. obejmuje swym zasięgiem, poza jedną ostoją o charakterze nizinym, wszystkie górskie i wysokogórskie lasy (Jaworski 1994). Ze względu na swe właściwości hodowlane i użytkowe jest cenionym gatunkiem drzewa. Dlatego istnieje duże zapotrzebowanie na jego nasiona o odpowiedniej jakości. Na zdrowotność nasion wpływają m.in. owady uszkadzające szyszki i nasiona, tj. kono- i seminifagi, które przeważnie są monofagami, rzadziej oligofagami, a wyjątkowo gatunkami żerującymi na większej grupie roślin (Szujewski 1995).

Często powodują one poważne straty w nasionach i doprowadzają do zaniechania zbioru szyszek. Ponadto wskutek żerowania konofagów szyszki stają się zażywiczone; ich struktura ulega zaburzeniu, co utrudnia wyluszczenie z nich pozostałych nasion (Kapuściński 1966).

Na terenie Beskidu Śląskiego i Beskidu Żywieckiego areal występowania świerka pospolitego *P. abies* po roku 1840 uległ znacznemu zwiększeniu. W miejsce drzewostanów jodłowo-bukowych i bukowo-jodłowo-świerkowych naturalnego pochodzenia zaczęto wprowadzać na wzór niemiecki lite, jednowiekowe drzewostany (Kawecki 1939). Obecnie w wymienionych regionach, a ściślej na terenie Nadleśnictwa Węgierska Górka, mimo wysiłków zmierzających do zmiany składu gatunkowego drzewostanów, świerk zajmuje 75% ogólnej powierzchni nalotów (Plan Urządzania Lasu 2003).

Pewne ograniczenie samosiewu na siedliskach, gdzie świerk powinien pełnić rolę gatunku głównego (Bór górski, Bór wysokogórski), może być spowodowane przez owady kono- i seminifagiczne.

W naszym kraju najczęściej wykazywanym konofagiem świerka jest szyszkówka świerkóweczka *Cydia strobilella* L. (Lep., Tortricidae) (Szmidt 1953, 1958, Kapuściński 1966, Skrzypczyńska 1996, Skrzypczyńska i in. 1998). Niekiedy zasiedla ponad 50% szyszek świerka (Skrzypczyńska 1996) a nawet — jak w Tatrzańskim Parku Narodowym w 1991 roku — 76,4% szyszek (Kozioł 1997). Ponadto z szyszek świerka są wykazywane — z rzędu motyli — konofagi: szyszeń pospolity *Dioryctria abietella* (Den. et Schiff.) (Lep., Pyralidae), grotnik *Eupithecia pini* Retz. (Lep., Geometridae), natomiast spośród muchówek — kaltenbachówka świerkówka *Kaltenbachiola strobi* (Winn.) (Dipt., Cecidomyiidae) i śmietka świerkówka *Strobilomyia anthracina* Czerny (Dipt., Anthomyiidae) (Kapuściński 1966, Skrzypczyńska i in. 1994, Kozioł 1998, 2000, Witteczek 1998, 2009a, b).

Lokalnie poważne straty w nasionach może powodować seminifag plemeliówka świerkówka *Plemeliella abietina* Seitn. (Dipt., Cecidomyiidae) (Madziara-Borusiewicz 1961, Postner 1982, Křístek i Skrzypczyńska 1992, Skrzypczyńska 1996, Witteczek 1998). Ponadto w nasionach świerka żeruje znamionek świerkowiec *Megastigmus strobilobius* Ratz. (Hym., Torymidae) (Kapuściński 1966, Schwenke 1982, Roques 1983, Skrzypczyńska i Roques 1987, Roques i Skrzypczyńska 2003). W naszym kraju w latach 80. ubiegłego wieku *M. strobilobius* był stwierdzany bardzo rzadko (Skrzypczyńska 1989).

W Polsce kono- i seminifagi świerka badano głównie na obszarze Beskidu Sądeckiego (Skrzypczyńska 1982, 1986) oraz w północno-wschodnim zasięgu świerka (Skrzypczyńska 1989). Z Beskidu Śląskiego fragmentaryczne dane o tych owadach, głównie *P. abietina*, podała Madziara-Borusiewicz (1961). Wiadomości na temat owadów zasiedlających szyszki świerka na tym terenie w Nadl. Bielsko można znaleźć w publikacji Skrzypczyńskiej i Bysko (1997). Informacje dotyczące wspomnianych owadów występujących w drzewostanach Beskidu Śląskiego i Beskidu Żywieckiego, w różnym stopniu skażonych imisjami przemysłowymi, podała Skrzypczyńska i in. (1998, 1999) oraz Kozioł i in. (1999).

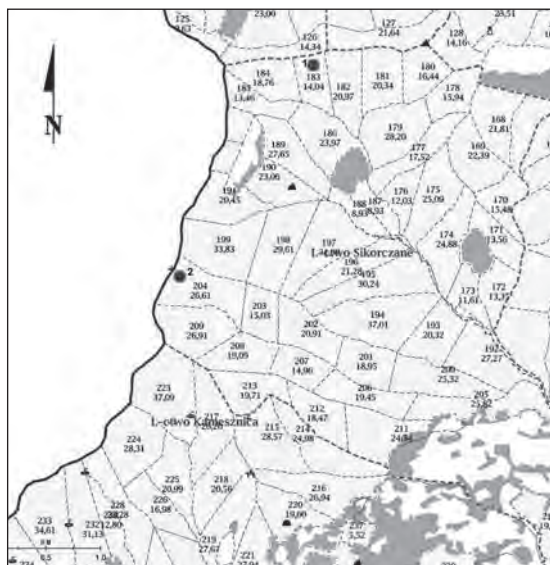
Aby odpowiedzieć na pytanie — jak w ostatnich latach kształtuje się zasiedlenie szyszek świerka przez owady na tych obszarach w drzewostanach rosnących na wysokości 900 m i 1200 m n.p.m. — podjęto badania w ciągu dwu sezonów wegetacyjnych.

Celem badań było:

- podanie składu gatunkowego i ilościowego owadów zasiedlających szyszki i nasiona świerka pospolitego, pochodzące z Beskidu Śląskiego i Beskidu Żywieckiego,
- ustalenie ewentualnej zależności pomiędzy tymi owadami a wysokością n.p.m. stanowisk, na których zebrano szyszki,
- zwrócenie uwagi na parazytoidy ograniczające liczebność szkodliwych owadów,
- określenie znaczenia gospodarczego stwierdzanych kono- i seminifagów.

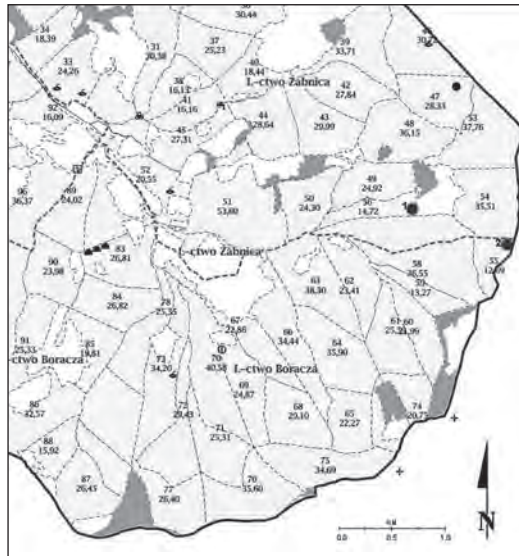
II. MATERIAŁY I METODY

Materiałem do badań były szyszki świerka pospolitego *Picea abies* (L.) H. Karst. zebrane w Beskidzie Śląskim i Beskidzie Żywieckim w latach 2011–2012. W obu obiektach na terenie Nadleśnictwa Węgierska Góra wyznaczono powierzchnie na wysokości 900 m i 1200 m n.p.m. (Plan Urządzenia Lasu 2003).



Ryc. 1. Stanowiska (oddziały) w Beskidzie Śląskim, na których pobierano do badań próby szyszek świerka *Picea abies* (L.) H. Karst.; 1 — oddz. 183a (Barania 1, 900 m n.p.m), 2 — oddz. 204b (Barania 2, 1200 m n.p.m) (Według S.I.L.P. 2012)

Fig. 1. Localities (sections) in the Beskid Śląski Mts. where cones of *Picea abies* (L.) H. Karst. were collected for the study; 1 — sect. 183a (Barania 1, 900 m above sea level), 2 — sect. 204b (Barania 2, 1200 m a.s.l.) (According to S.I.L.P. 2012)



Ryc. 2. Stanowiska (oddziały) w Beskidzie Żywieckim, na których pobierano do badań próby szyszek świerka *Picea abies* (L.) H. Karst.; 1 — oddz. 56a (Romanka 1, 900 m a.s.l.), 2 — sect. 55a (Romanka 2, 1200 m a.s.l.) (Według S.I.L.P. 2012)

Fig. 2. Localities (sections) in the Beskid Żywiecki Mts. where cones of *Picea abies* (L.) H. Karst. were collected for the study; 1 — sect. 56a (Romanka 1, 900 m a.s.l.), 2 — sect. 55a (Romanka 2, 1200 m a.s.l.) (According to S.I.L.P. 2012)

W każdym roku w Beskidzie Śląskim, w Leśnictwie Sikorzane, oddz. 183a (dla stanowiska przyjęto nazwę Barania 1) oraz w oddz. 204b (Barania 2), na każdej wymienionej wysokości pobrano próby szyszek z 2 drzew; łącznie w obu latach — z 8 drzew. Stanowiska te znajdowały się na siedlisku boru mieszanego górskiego (Plan Urządzenia Lasu 2003).

Analogicznie, w Beskidzie Żywieckim, w Leśn. Zabnica, oddz. 56a (Romanka 1) na wysokości 900 m n.p.m. pobrano próby szyszek z 2 drzew. Na drugim stanowisku wyznaczonym w Leśn. Boracza, oddz. 55a (Romanka 2) na wysokości 1200 m n.p.m. uzyskano również próby szyszek z 2 drzew; łącznie w obu latach — z 8 drzew. Stanowisko Romanka 1 położone było na siedlisku lasu mieszanego górskiego, natomiast Romanka 2 — w borze wysokogórskim. Każda pobrana próba zawierała 20 szyszek; ogółem w obu latach do badań przeznaczono 320 szyszek świerka.

Prace laboratoryjne obejmowały pomiar długości szyszek, a następnie ich analizę. Określono liczbę „zdrowych”, tj. nieuszkodzonych szyszek oraz liczbę szyszek z widocznymi uszkodzeniami w postaci skrzywień, zażywień, z obecnymi ekskrementami. Zwracano również uwagę na szyszki uszkodzone (rozbite) przez ptaki.

Z prób szyszek zebranych na każdym stanowisku wyłuszczone nasiona, a następnie do analizy pobrano po 200 nasion; łącznie 1600 nasion (po 800

nasion z Beskidu Śląskiego i Beskidu Żywieckiego). Nasiona te analizowano metodą krajania. Podczas analizy wyróżniano grupy nasion: pełne, tj. zdolne do kiełkowania; płonne; zawierające larwę seminifaga. Brano pod uwagę również nasiona zewnętrznie wyjedzone przez larwy owadów.

Następnie próby szyszek założono do hodowli masowych w szklanych słojach (16 hodowli). Wszystkie hodowle zaopatrzono w etykiety z numerem stanowiska i danymi dotyczącymi wysokości n.p.m. Proces wylęgu imagines obserwowano przez cztery tygodnie. Wylęgające się owady sukcesywnie wybierano i umieszczano w probówkach, zawierających etykiety z numerem stanowiska i datą wylęgu. Po zakończeniu procesu pojawiania się owadów hodowle zlikwidowano, a owady oznaczono.

Aby porównać zasiedlenie szyszek przez owady — kono- i seminifagi w obu obiektach, obliczono wskaźnik zasiedlenia szyszek (WZS) przez szkodniki. Wskaźnik ten jest ilorazem liczby owadów i liczby szyszek w danej próbie.

Uzyskane wyniki analiz szyszek i nasion świerka oraz dane z prowadzonych hodowli laboratoryjnych zestawiono w tabelach 1–8.

III. WYNIKI

Przeprowadzone badania wykazały, że spośród 160 egz. analizowanych szyszek świerka pochodzących z Beskidu Śląskiego — 63 egz., tj. 39,4% było z objawami uszkodzeń spowodowanych przez owady (tab. 1). Najmniej takich szyszek, czyli 15% stwierdzono w próbie z Barania 2, zebranej na wysokości 1200 m n.p.m., w 2011 r., natomiast najwięcej — 55% w próbie z Barania 1, 900 m n.p.m., również w 2011 r. Oprócz tego notowano szyszki rozbite przez ptaki; stanowiły one od 5 do 15% analizowanego materiału (tab. 1).

W odniesieniu do Beskidu Żywieckiego analizie poddano również 160 szyszek. Odsetek szyszek uszkodzonych przez owady wynosił 41,3% i wahał się od 15% — Romanka 2, 1200 m n.p.m., w 2011 r. do 65% — w 2012 r. na tym samym stanowisku, jak również na stanowisku Romanka 1, 900 m n.p.m., w 2012 r. Odsetek szyszek zniszczonych przez ptaki wahał się od 5 do 10% (tab. 2).

Rozpatrując z jednej strony średnią długość szyszek w próbie, a z drugiej strony procent szyszek uszkodzonych przez konofagi, nie stwierdzono jednoznacznej zależności. Zarówno próby składające się z krótszych, jak i dłuższych szyszek były w różnym procencie opanowane przez konofagi w obu obiektach (tab. 1, 2).

Analiza 800 nasion — metodą krajania — w przypadku Beskidu Śląskiego wykazała, że uszkodzenia zewnętrzne spowodowane żerem larw konofagów kształtowały się od 19% — Barania 2 (2012 r.) do 66,5% — Barania 1 (2012 r.). Seminifag, *Megastigmus strobilobius* zasiedlił zaledwie od 0,5 do 1,5% nasion próby ze stanowiska Barania 1, odpowiednio w roku 2011 i 2012. Nasion

Tabela 1 — Table 1

Wyniki analiz szyszek świerka pospolitego *Picea abies* (L.) H. Karst. zebranych w Beskidzie Śląskim w latach 2011–2012
 Results of the analyses of *Picea abies* (L.) H. Karst. cones collected in the Beskid Śląski Mts. in 2011–2012

Stanowisko Locality	Rok zebrania szyszek Year of cones collection	Średnia długość szyszek [mm] Mean length of cones [mm]	Liczba szyszek — Number of cones						
			nieuszkodzonych Undamaged		uszkodzonych przez owady Damaged by insects		uszkodzonych przez ptaki Damaged by birds		Razem Total
			egz. spec.	[%]	egz. spec.	[%]	egz. spec.	[%]	
Nadleśnictwo — the Forest District Węgierska Górka Lesnictwo Sikorzane									
oddz. — sect. 183 a „Barania 1” 900 m n.p.m. — a.s.l.	2011	94	10	50	9	45	1	5	20
oddz. — sect. 204 b „Barania 2” 1200 m n.p.m. — a.s.l.	2012	94	14	70	6	30			20
oddz. — sect. 204 b „Barania 2” 1200 m n.p.m. — a.s.l.	2011	87	12	60	7	35	1	5	20
oddz. — sect. 183 a „Barania 1” 900 m n.p.m. — a.s.l.	2012	81	11	55	9	45	0	0	20
oddz. — sect. 183 a „Barania 1” 900 m n.p.m. — a.s.l.	2011	93	6	30	11	55	3	15	20
oddz. — sect. 204 b „Barania 2” 1200 m n.p.m. — a.s.l.	2012	91	9	45	10	50	1	5	20
oddz. — sect. 204 b „Barania 2” 1200 m n.p.m. — a.s.l.	2011	82	14	70	3	15	3	15	20
oddz. — sect. 204 b „Barania 2” 1200 m n.p.m. — a.s.l.	2012	78	11	55	8	40	1	5	20
		Razem Total	87	54,4	63,0	39,4	10	6,2	160

Tabela 2 — Table 2

Wyniki analiz szyszek świerka pospolitego *Picea abies* zebranych w Beskidzie Żywieckim latach 2011–2012
 Results of the analyses of *Picea abies* cones collected in the Beskid Żywiecki Mts. in 2011–2012

Stanowisko Locality	Rok zebrania szyszek Year of cones collection	Średnia długość szyszek [mm] Mean length of cones [mm]	Liczba szyszek — Number of cones						
			nieuszkodzonych Undamaged		uszkodzonych przez owady Damaged by insects		uszkodzonych przez ptaki Damaged by birds		Razem Total
			egz. spec.	[%]	egz. spec.	[%]	egz. spec.	[%]	
Nadlesnictwo — the Forest District Węgierska Górka									
Leśnictwo — Forest Żabnica, oddz. — sect. 56 a „Romanka 1” 900 m n.p.m. — a.s.l.	2011 2012	87 90	13 10	65 50	5 8	25 40	2 2	10 10	20 20
Leśnictwo — Forest Boracza, oddz. — sect. 55 a „Romanka 2” 1200 m n.p.m. — a.s.l.	2011 2012	77 77	16 7	80 35	3 13	15 65	1 0	5 0	20 20
Leśnictwo — Forest Żabnica, oddz. — sect. 56 a „Romanka 1” 900 m n.p.m. — a.s.l.	2011 2012	83 92	14 6	70 30	5 13	25 65	1 1	5 5	20 20
Leśnictwo — Forest Boracza, oddz. — sect. 55 a „Romanka 2” 1200 m n.p.m. — a.s.l.	2011 2012	74 75	13 7	65 35	7 12	25 60	0 1	0 5	20 20
		Razem Total	86	53,8	66,0	41,3	8	5,0	160

pełnych było od 9–33% natomiast płonnych — od 21 do 55,5% (tab. 3). Analogicznie, dla Beskidu Żywieckiego, analiza 800 nasion wykazała, że larwy konofagów uszkodziły od 5,5% — Romanka 2 (2012 r.) do 45% — Romanka 1 (2011 r.). *M. strobilobius* zasiedlił w obu latach zbliżony odsetek (1–2%) nasion. Nasion pełnych stwierdzono od 4,5% do 45%, podczas gdy odsetek nasion płonnych wahał się od 44,5% do 48,5% (tab. 4).

Z założonych do hodowli prób szyszek pochodzących z Beskidu Śląskiego i Beskidu Żywieckiego w obu latach uzyskano łącznie 694 egz. owadów, w tym 476 egz. — w 2012 r. (tab. 5, 6). Owady te reprezentowały 5 rzędów: pluskwiaki różnoskrzydłe (Heteroptera) — 1 gatunek; błonkoskrzydłe (Hymenoptera) — 11 gatunków; chrząszcze (Coleoptera) — 1; motyle (Lepidoptera) — 1 i muchówki (Diptera) — 2 gatunki (tab. 5, 6). Najliczniejsze były błonkówki, które należały do 6 rodzin: gąsienicznikowate (Ichneumonidae) — 2 gatunki; męczelkowate (Braconidae) — 1 gatunek; tybelakowate (Platygastridae) — 1; raniszkowate (Torymidae) — 3; wiechońkowate (Eulophidae) — 1; siercinkowate (Pteromalidae) — 3 gatunki.

Uzyskane owady zaliczono do następujących grup troficznych: seminifagi (*Megastigmus strobilobius*); konofagi (*Cydia strobilella*; *Kaltenbachiola strobi*); saprofagi (*Ernobius angusticollis* (Ratz.), *Asynapta strobi* (Kieff.) i *Hapleginella lavifrons* Lw.); owady przypadkowe (*Gastrodes abietum* Bergr.). Pozostałe gatunki wykazane w tab. 5 i 6 należały do grupy parazytoidów, których żywicielami były owady z poprzednio wymienionych grup.

W przypadku Beskidu Śląskiego (Barania 1, 2) w 2011 r. otrzymano 92 egz. owadów; w rok później — 300 egz. Liczba owadów uzyskanych w 2011 r. z prób zebranych na wysokości 900 m n.p.m. była zbliżona do liczby owadów z prób pochodzących z wysokości 1200 m n.p.m., odpowiednio 51 i 41 egz. (tab. 5). W 2012 r. wystąpiły wyraźne różnice w liczebności owadów wyhodowanych z prób zebranych na wysokości 900 m i 1200 m n.p.m., tj. 289 egz. i 11 egz. (tab. 6).

W odniesieniu do Beskidu Żywieckiego (Romanka 1, 2) w 2011 r. uzyskano 126 egz., a w następnym roku — 176 egz. owadów. Liczba owadów pochodzących z prób zebranych w 2011 r., na wysokości 900 m n.p.m. była dwukrotnie większa (85 egz.) w porównaniu z ich liczbą dla wysokości 1200 m n.p.m. (41 egz.) (tab. 5). W 2012 r. wystąpiły również wyraźne różnice w liczebności owadów na rozpatrywanych wysokościach 900 m i 1200 m n.p.m., liczby te wynosiły odpowiednio 106 egz. i 70 egz. (tab. 6).

Spośród konofagów w 2011 r. najliczniej wystąpiła *Kaltenbachiola strobi*, tj. w liczbie 51 egz., a następnie *Cydia strobilella* — 46 egz. (tab. 5, ryc. 3). W rok później przeważała *C. strobilella* — 89 egz., podczas gdy *K. strobi* stwierdzono 51 egz. (tab. 6). Z seminifagów tylko w 2011 r. wyhodowano 1 egz. *Megastigmus strobilobius* (Beskid Śląski, Barania 1, 1200 m n.p.m.) (tab. 5, ryc. 4).

W obu latach najbardziej liczna była grupa parazytoidów, a z nich raniszek lazurowy *Torymus azureus* Boh., którego żywicielem jest *K. strobi*. W 2011 r. gatunek wystąpił w obu obiektach w zbliżonej liczbie (35 egz. — Beskid Śląski, 32 egz. — B. Żywiecki) (tab. 5, ryc. 3). W następnym roku odnotowano

Tabela 3 — Table 3

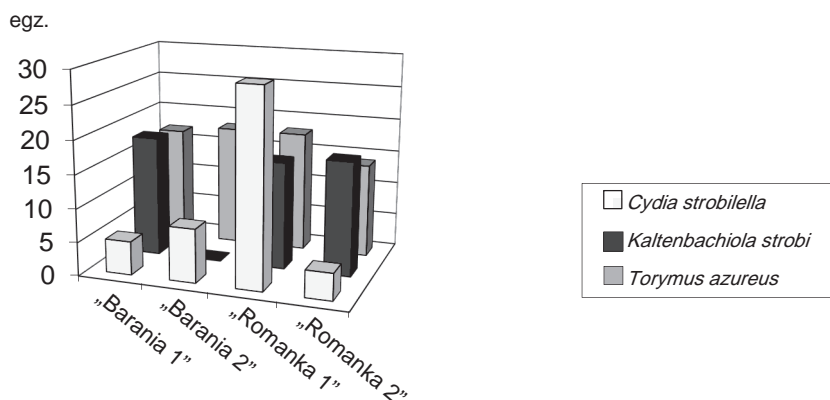
Wyniki analiz nasion uzyskanych z szyszek świerka pospolitego *Picea abies* zebranych w Beskidzie Śląskim w latach 2011–2012
 Results of the analyses of seeds extracted from the cones of *Picea abies* collected in the Beskid Śląski Mts. in 2011–2012

Stanowisko Locality	Rok Year	Liczba nasion — Number of seeds								Razem Total
		Pełnych Viable		Płonnych Infertile		Z uszkodzonymi zewnątrznymi With external damage		Z larwą With larva of <i>Megastigmus</i>		
		egz. spec.	[%]	egz. spec.	[%]	egz. spec.	[%]	egz. spec.	[%]	
Nadleśnictwo — the Forest District Węgierska Górka Leśnictwo — Forest Sikorzane										
oddz. — sect. 183 a, „Barania 1” 900 m n.p.m. — a.s.l.	2011	18	9	100	50	81	40,5	1	0,5	200
	2012	22	11	42	21	133	66,5	3	1,5	200
oddz. — sect. 204 b, „Barania 2” 1200 m n.p.m. — a.s.l.	2011	5	2,5	111	55,5	82	41	2	1	200
	2012	66	33	94	47	38	19	2	1	200
Łącznie — Total		111	13,88	347	43,38	334	41,74	8	1,00	800

Wyniki analizy nasion uzyskanych z szyszek świerka pospolitego *Picea abies* zebranych w Beskidzie Żywieckim w latach 2011–2012
 Results of the analyses of seeds extracted from the cones of *Picea abies* collected in the Beskid Żywiecki Mts. in 2011–2012

Stanowisko Locality	Rok Year	Liczba nasion — Number of seeds								Razem Total
		Pełnych Viable		Płonnych Infertile		Z uszkodzonymi zewnątrznymi With external damage		Z larwą With larva of <i>Megastigmus</i>		
		egz. spec.	[%]	egz. spec.	[%]	egz. spec.	[%]	egz. spec.	[%]	
Nadlesnictwo — the Forest District Węgierska Górka										
Lesnictwo — Forest Żabnica oddz. — sect. 56 a, „Romanka 1” 900 m n.p.m. — a.s.l.	2011	12	6	94	47	90	45	4	2	200
	2012	20	10	89	44,5	87	43,5	4	2	200
Lesnictwo - Forest Boracza oddz. — sect. 55a, „Romanka 2” 1200 m n.p.m. — a.s.l.	2011	9	4,5	138	69	53	26,5	0	0	200
	2012	90	45	97	48,5	11	5,5	2	1	200
Łącznie — Total		131	16,37	418	52,25	241	30,13	10	1,25	800

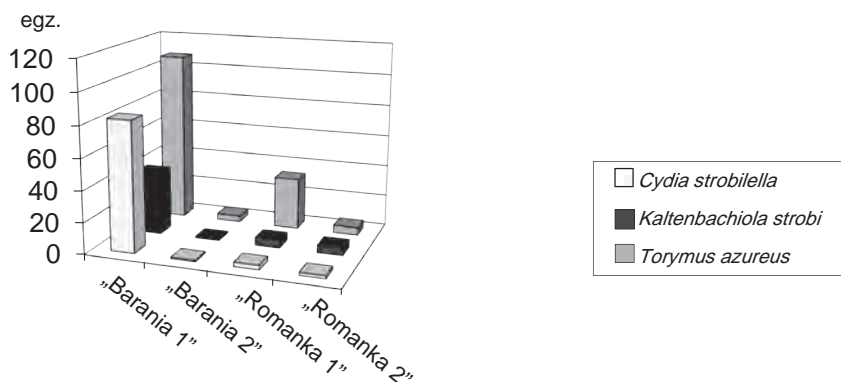
Beskid Śląski i Beskid Żywiecki, 900 i 1200 m n.p.m. — 2011 r.



Ryc. 3. Liczebność wybranych gatunków owadów uzyskanych z szyszek świerka pospolitego *Picea abies* zebranych w Beskidzie Śląskim i Beskidzie Żywieckim na różnych wysokościach n.p.m. w 2011r. Barania 1 — 900 m n.p.m., Barania 2 — 1200 m n.p.m.; Romanka 1 — 900 m n.p.m., Romanka 2 — 1200 m n.p.m.

Fig. 3. Number of selected insect species obtained from *Picea abies* cones collected in the Beskid Śląski Mts. and the Beskid Żywiecki Mts. in different altitudes above sea level in 2011. Barania 1 — 900 m a.s.l., Barania 2 — 1200 m a.s.l.; Romanka 1 — 900 m a.s.l., Romanka 2 — 1200 m a.s.l.

Beskid Śląski i Beskid Żywiecki, 900 i 1200 m n.p.m. — 2012 r.



Ryc. 4. Liczebność wybranych gatunków owadów uzyskanych z szyszek świerka pospolitego *Picea abies* zebranych w Beskidzie Śląskim i Beskidzie Żywieckim na różnych wysokościach n.p.m. w 2012 r. Barania 1 — 900 m n.p.m., Barania 2 — 1200 m n.p.m.; Romanka 1 — 900 m n.p.m., Romanka 2 — 1200 m n.p.m.

Fig. 4. Number of selected insect species obtained from *Picea abies* cones collected in the Beskid Śląski Mts. and the Beskid Żywiecki Mts. in different altitudes above sea level in 2012. Barania 1 — 900 m a.s.l., Barania 2 — 1200 m a.s.l.; Romanka 1 — 900 m a.s.l., Romanka 2 — 1200 m a.s.l.

Lepidoptera	Tortricidae <i>Cydia strobilifera</i> L.	36	47	1	2	2	1	1	83	1	3	2	84	5
Diptera	Cecidomyiidae <i>Asynapta strobi</i> (Kieff.) <i>Kaltenbachiola strobi</i> (Winn.)	20	11 20		4	16 5	3 1		11 40	1	3 5	16 5	11 41	19 10
	Chloropidae <i>Hapleginella laevifrons</i> Lw.							23		1		23	1	23
Razem — Total		142	4 147	7	47	24	59	23	289	11	106	70	300	176
Łącznie — Together									300		176			
Ogółem — Union (Barania 1, 2; Romanka 1, 2)										476				

Uwaga: w obu latach wyhodowano 694 egz. owadów (218 egz. — 2011 r.; 476 egz. — 2012 r.)
 Notice: In both years reared 694 insect specimens (218 spec. — 2011; 476 spec. — 2012)

Tabela 7 — Table 7

Zestawienie wskaźników zasiedlenia szyszek (WZS) przez owady kono- i seminifagiczne świerka pospolitego *Picea abies* (L.) H. Karst. w Beskidzie Śląskim w latach 2011–2012

Specification of indices of cone infestation (ICI) by cono- and seminiphages insects of *Picea abies* (L.) H. Karst. in the Beskid Śląski Mts. in 2011–2012

Stanowisko Locality	Rok Year	<i>Cydia strobilella</i>		<i>Kaltenbachiola strobi</i>		<i>Megastigmus strobilobius</i>		Razem Total	
		szt.	WZS	szt.	WZS	szt.	WZS	szt.	WZS
		spec.	ICI	spec.	ICI	spec.	ICI	spec.	ICI
Nadleśnictwo — the Forest District Węgierska Góra Leśnictwo — Forest Sikorczone									
oddz. — sect. 183 a, „Barania 1” 900 m n.p.m. — a.s.l.	2011	5	0,13	18	0,45	—	—	23	0,58
	2012	83	2,08	40	1,00	—	—	123	3,08
oddz. — sect. 204 b, „Barania 2” 1200 m n.p.m. — a.s.l.	2011	8	0,20	—	—	1	0,03		
	2012	1	0,03	1	0,03	—	—	2	0,06

Tabela 8 — Table 8

Zestawienie wskaźników zasiedlenia szyszek (WZS) przez owady kono- i seminifagiczne świerka pospolitego *Picea abies* (L.) H. Karst. w Beskidzie Żywieckim w latach 2011–2012

Specification of indices of cone infestation (ICI) by cono- and seminiphages insects of *Picea abies* (L.) H. Karst. in the Beskid Żywiecki Mts. in 2011–2012

Stanowisko Locality	Rok Year	<i>Cydia strobilella</i>		<i>Kaltenbachiola strobi</i>		<i>Megastigmus strobilobius</i>		Razem Total	
		szt.	WZS	szt.	WZS	szt.	WZS	szt.	WZS
		spec.	ICI	spec.	ICI	spec.	ICI	spec.	ICI
Nadleśnictwo — the Forest District Węgierska Góra									
Leśnictwo — Forest Żabnica oddz. — sect. 183 a, „Barania 1” 900 m n.p.m. — a.s.l.	2011	29	0,73	16	0,45	—	—	45	1,13
	2012	3	0,08	5	0,13	—	—	8	0,20
Leśnictwo — Forest Boracza oddz. — sect. 204 b, „Barania 2” 1200 m n.p.m. — a.s.l.	2011	4	0,10	17	0,43	—	—	21	0,53
	2012	2	0,05	5	0,13	—	—	7	0,18

wyraźne różnice w liczebności, tj. 112 egz. — dla B. Śląskiego oraz 38 egz. — dla B. Żywieckiego (tab. 6, ryc. 4). Wymieniony gatunek najliczniej (58 egz.) stwierdzono w próbie z Beskidu Śląskiego, Barania 1, 900 m n.p.m. (2012 r.) (tab. 6). Relatywnie licznie wystąpił *Anogmus* sp., podawany jako parazytoid *K. strobi* (44 egz.) w Beskidzie Żywieckim (2012 r.) (tab. 6). Pozostałe gatunki parazytoidów w obu obiektach pojawiały się mniej licznie lub sporadycznie (tab. 5, 6).

Jak już wcześniej podano, dla owadów kono- i seminifagicznych obliczono wskaźnik zasiedlenia szyszek (WZS). W przypadku *C. strobilella* wartość wskaźnika wahała się od 0,03 do 2,08 — Beskid Śląski, 2012 r., odpowiednio 1200 m i 900 m n.p.m. (tab. 7). Dla B. Żywieckiego odnotowano mniej zróżnicowane wartości WZS, tj. od 0,05 (1200 m n.p.m., 2012 r.) do 0,73 (900 m n.p.m., 2011 r.) (tab. 8). W odniesieniu do *K. strobi* wyraźne wahania WZS dotyczyły B. Śląskiego; wartości te wynosiły od 0,03 (1200 m n.p.m., 2012 r. do 1,0 (900 m n.p.m., 2012 r.) (tab. 7), podczas gdy dla B. Żywieckiego były one zbliżone do siebie (tab. 8).

Seminifag *M. strobilobius* został wyhodowany tylko z próby pochodzącej z B. Śląskiego (1200 m n.p.m., 2011 r.); wartość wskaźnika wynosiła 0,03 (tab. 7).

IV. DYSKUSJA

Przeprowadzone analizy szyszek wykazały, że konofagi uszkodziły w Beskidzie Śląskim i Beskidzie Żywieckim w latach 2011–2012 odpowiednio 39,4% i 41,3% szyszek. Charakter tych uszkodzeń wskazuje, że sprawcami mogły być konofagi: szyszeń pospolity *Dioryctria abietella* i śmietka świerkówka *Strobilomyia anthracina* (Dipt., Anthomyiidae). Niestety, z założonych do hodowli prób szyszek świerka nie uzyskano imagines wymienionych gatunków, co mogło być spowodowane ich diapauzą. Jak wiadomo, w danym roku wylęga się część populacji kono- i seminifagów, a pozostała część „przeleguje” przez rok i dłużej, czym dostosowuje się do lat nasiennych drzew (Kapuściński 1966, Turgeon, de Groot 1992, Koziół 2007b). Za takim stwierdzeniem przemawia wykazanie *D. abietella* i *S. anthracina* z terenu Beskidu Śląskiego i Beskidu Żywieckiego w końcu ubiegłego wieku (Skrzypczyńska i in. 1999).

Odsetek nasion z zewnętrznymi uszkodzeniami spowodowanymi przypuszczalnie przez wymienione gatunki oraz *Cydia strobilella* — w tym przypadku wyhodowano imagines — był znaczący. Straty w nasionach dla Beskidu Śląskiego i Beskidu Żywieckiego wynosiły odpowiednio 41,7% i 30,1%. W latach 90. ubiegłego wieku w rejonie B. Śląskiego *C. strobilella* zniszczyła 33,2% nasion (Skrzypczyńska i Bysko 1997). Szkodliwość *C. strobilella* potwierdzają również wyniki badań prowadzonych w Beskidzie Sądeckim w latach 1982–1986. W tym okresie *C. strobilella* uszkodziła średnio 25,4% nasion (Skrzypczyńska 1986).

Instrukcja Ochrony Lasu (2012) podaje, że najgroźniejszymi szkodnikami szyszek świerka pospolitego są konofagi: oprzędzeń szyszkogryz *Assara tere-*

brella (Zinck.) (Lep., Pyralidae) i kaltenbachówka świerkówka *Kaltenbachiola strobi* (Dipt., Cecidomyiidae) oraz seminafagi — znamionki *Megastigmus* spp. (Hym., Torymidae). Przeprowadzone badania wykazały, że spośród wymienionych konofagów wystąpiła tylko *K. strobi*, w niewielkiej liczbie; tym samym nie odgrywała roli gospodarczej. Spostrzeżenie to odnosi się zwłaszcza do seminafaga znamionka świerkowca *Megastigmus strobilobius*, którego odnotowano w znikomej liczbie. W Polsce od kilkudziesięciu lat obserwuje się spadek liczebności *M. strobilobius*, tym samym gatunek ten nie ma znaczenia gospodarczego (Skrzypczyńska 1989, Kozioł 2010). Podobnie we Francji omawiany seminafag zasiedlał 5% nasion świerka (Roques 1983). W byłym Związku Radzieckim *M. strobilobius* uszkadzał od 5 do 20% nasion (Stadnickij i in. 1978). Przeprowadzona analiza 1600 nasion świerka nie wykazała ich zasiedlenia przez larwy seminafaga plemeliówki świerkówki *Plemeliella abietina* (Dipt., Cecidomyiidae). Według Madziary-Borusiewicz (1961) na terenie Beskidu Śląskiego (Nadl. Wisła) plemeliówka świerkówka powodowała szkody wynoszące przeciętnie 36% nasion. Niekiedy zasiedlenie nasion świerka przez *P. abietina* wahało się od 2,5 do 20% (Holste 1922, Escherich 1942), a nawet do 22,6% (Postner 1982).

Wśród uzyskanych owadów z prób szyszek świerka zebranych w obu regionach najliczniejsza i zarazem najbardziej różnorodna była grupa parazytoidów kono- i seminafagów. Najobficiej występował raniszek lazurowy *Torymus azureus* Boh. (Hym., Torymidae) — 217 egz., co stanowi 31,3% ogólnej liczby 694 egz. uzyskanych owadów. Wobec tego gatunek ten w znacznym stopniu miał wpływ na liczebność swoich żywicieli, tj. *Cydia strobilella* i *Kaltenbachiola strobi* (Bakke 1963, Skrzypczyńska 1980). Również w publikacjach innych autorów (Kozioł 2007a, Witteczek 2009a, b) parazytoid ten podawany był jako liczny.

Średnia długość szyszek zebranych na wysokości 900 m i 1200 m n.p.m. w Beskidzie Śląskim i Beskidzie Żywieckim w latach 2011–2012 nie miała znaczącego wpływu na liczebność kono- i seminafagów. Potwierdza to wcześniejsze wyniki badań w wymienionych obiektach (Skrzypczyńska i in. 1998). Według Skrzypczyńskiej (1984) również typ siedliskowy lasu i niektóre cechy siedliska nie są skorelowane z liczebnością owadów kono- i seminafagicznych.

V. ZESTAWIENIE WYNIKÓW I WNIOSKI

1. Badane szyszki świerka pospolitego zebrane w Beskidzie Śląskim i Beskidzie Żywieckim w latach 2011–2012 były zasiedlone przez 17 gatunków owadów reprezentujących 5 rzędów; łącznie uzyskano 694 egz. owadów.

2. Spośród konofagów wyhodowano szyszkówkę świerkóweczkę *Cydia strobilella* L. i kaltenbachówkę świerkówkę *Kaltenbachiola strobi* (Winn.); zastanawia brak imagines konofaga — szyszenia pospolitego *Dioryctria abietella* (Den. et Schiff.) (Lep., Pyralidae).

3. Odsetek szyszek z objawami uszkodzeń przez owady, zebranych w Beskidzie Śląskim i Beskidzie Żywieckim w obu latach był zbliżony do siebie i wynosił odpowiednio 39,4% i 41,3%.

4. Charakter uszkodzeń szyszek (zażywiczenie, skrzywienie, widoczne ekskrementy) świadczy o zasiedleniu ich przez konofagi, których imagines — za wyjątkiem *Cydia strobilella* — nie udało się wyhodować.

5. Procent nasion z uszkodzeniami zewnętrznymi (wygryzienia) był wyższy w próbach z Beskidu Śląskiego (41,7%) w porównaniu z danymi dla Beskidu Żywieckiego (30,1%).

6. Znamionek świerkowiec *Megastigmus strobilobius* Ratz. okazał się jedynym stwierdzonym seminifagiem.

7. Parazytoidy reprezentowane przez 11 gatunków były najliczniejszą grupą owadów zasiedlających badane szyszki świerka; wśród parazytoidów najobfitszym był raniszek lazurowy *Torymus azureus* Boh. (Hym., Torymidae).

8. Nie stwierdzono wyraźnej zależności pomiędzy liczbą gatunków i osobników owadów a wysokością n.p.m. stanowisk, na których pobierano próby szyszek.

9. Biorąc pod uwagę procent zasiedlonych szyszek przez owady, jak również odsetek nasion z zewnętrznymi uszkodzeniami (wygryzionych) można przypuszczać, że konofagi świerka odgrywały ważną rolę gospodarczą w obu obiektach w okresie badań.

10. Seminifagi nie miały znaczenia gospodarczego.

11. Bogaty zestaw parazytoidów świadczy o istnieniu znaczącego oporu środowiska wobec stwierdzonych owadów kono- i seminifagicznych.

Autorzy serdecznie dziękują Panu mgr inż. Marianowi Knapkowi, Nadleśniczemu Nadl. Węgierska Górka za umożliwienie wykonania badań na terenie Nadleśnictwa.

Wyrażamy podziękowanie Panu dr inż. Piotrowi Bilańskiemu za pomoc związaną z przetwarzaniem danych komputerowych.

LITERATURA

- Bakke A. 1963. *Studies on the Spruce – Cone Insects Laspeyresia strobilella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae), *Kaltenbachiola strobi* (Winn.) (Diptera: Itonididae) and their Parasites (Hymenoptera) in Norway. Meddels Fra. Det Norske Skogforsrks. Nr 67: 1–151.
- Escherich K. 1942. *Die Forstinsekten Mitteleuropas*. Bd. 5. P. Parey, Berlin.
- Holste G. 1922. *Fichtenzapfen – und Fichtensamenbewohner Oberbayerns*. Z. ang. Ent. 8: 125–160.
- Instrukcja Ochrony Lasu*. 2012. Państwowe Gospodarstwo Leśne, Lasy Państwowe, Warszawa.
- Jaworski A. 1994. *Charakterystyka hodowlana drzew leśnych*. Gutenberg, Kraków.
- Kapuściński S. 1966. *Szkodniki owadzie nasion drzew leśnych*. PWRiL, Warszawa.
- Kawecki W. 1939. *Lasy Żywiecczyzny, ich terażniejszość i przeszłość*. Prace rolniczo-leśne. Polska Akademia Umiejętności Kraków, Nr 35: 1–174.
- Koziół M. 1997. *Influence of altitude on adult emergence, abundance and dynamics of Cydia strobilella populations in the Tatra National Park, Poland*. [w:] A. Batisti & J. J. Turgeon (red.) Proceedings of the 5 th Cone and Seed Insects Working Party Conference (IUFRO S7.03-01), September 1996, Monte Bondone Italy, pp. 75–85. Inst. Agric. Ent. University of Padova, Padova.

- Kozioł M. 1998. Influence of altitude on adult emergence and dynamics of *Kaltenbachiola strobi* (Winnertz) (Diptera: Cecidomyiidae) populations and its parasites in the Tatra National Park, Poland. Anz. für Schädlingsschutz, Pflanzenschutz Umweltschutz, 71: 121–127.
- Kozioł M. 2000. Cono- and seminiphagous insects of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. and their parasitoids in lower and upper montane zone of the Tatra National Park in Poland. J. Appl. Ent. 124: 259–266.
- Kozioł M. 2007a. Cone entomofauna of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. in selected stand of the Tatra National Park in Poland. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Wrocław, 10: 1–15.
- Kozioł M. 2007b. Zróżnicowanie entomofauny szyszek świerka pospolitego *Picea abies* (L.) Karst. w aspekcie zmienności obradzenia drzewostanów świerkowych w Tatrzzańskim Parku Narodowym. Les. Prace Bad. 4: 29–46.
- Kozioł M. 2010. Variability of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) cone entomofauna in the Tatra National Park in association with the development of cones. Journal of Forest Science 56: 154–164.
- Kozioł M., Kosibowicz M., Skrzypczyńska M., 1999. Obserwacje fenologiczne dotyczące rójk szyszkówki świerkóweczki *Cydia strobilella* L. (Lepidoptera, Tortricidae). Sylwan 7: 57–61.
- Křístek J., Skrzypczyńska M. 1992. Živočišni škůdci semen, šišek a plodů lesních dřevin. [w:] J. Křístek (red.) Škůdci semen šišek a plodů lesních dřevin. Brazda, Praha.
- Madziara-Borusiewicz K. 1961. Masowy pojaw przyszczarka *Plemeliella abietina* Seitn. (Cecidomyiidae, Dipt.) szkodnika nasion świerka pospolitego (*Picea excelsa* Lk.) oraz wystąpienie jego nowego pasażera *Anogmus hohenheimensis* (Ratz.) (Pteromalidae, Hym.). Folia For. Polon. Ser. A. 6: 141–147.
- Plan Urządzenia Lasu dla Nadleśnictwa Węgierska Góra na lata 2004–2013. 2003. B.U.L., Kraków.
- Postner M. 1982. Familienreihe Mycetophiliformia, Cecidomyiidae (= Itonididae), Gallmücken. [w:] W. Schwenke (red.) Die Forstschädlinge Europas. Bd. 4. Hautflügler und Zweiflügler. Verl. P. Parey, Hamburg u. Berlin.
- Roques A. 1983. Les insectes ravageurs des cônes et graines de conifères en France. INRA, Paris.
- Roques A., Skrzypczyńska M. 2003. Seed – infesting chalcids of the genus *Megastigmus* Dalman, 1820 (Hymenoptera: Torymidae) native and introduced to the West Palearctic region: taxonomy, host specificity and distribution. Journal of Natural History, 37: 127–238.
- S.I.L.P. Baza danych dla Nadleśnictwa Węgierska Góra. 2012.
- Schwenke W. 1982. Familienreihe Chalcidoidea, Erzwespen [w:] W. Schwenke (red.) Die Forstschädlinge Europas. Bd. 4. Hautflügler und Zweiflügler. Verl. P. Parey, Hamburg u. Berlin.
- Skrzypczyńska M. 1980. Contribution to the knowledge of Spruce – cone gall midge *Kaltenbachiola strobi* (Winn.) (Diptera: Cecidomyiidae) and its parasites in Wienerwald. Z. ang. Ent. 90: 90–98.
- Skrzypczyńska M. 1982. The entomofauna of the cones of the spruce, *Picea abies* (L.) Karst. in Poland. Z. ang. Ent. 94: 21–32.
- Skrzypczyńska M. 1984. Próba ustalenia zależności pomiędzy entomofauną szyszek świerka pospolitego *Picea abies* (L.) Karst. a typem siedliskowym lasu, wystawą i zwoarciem drzewostanu. Sylwan 6: 39–49.
- Skrzypczyńska M. 1986. Insects of cones and seeds of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. in Poland. [w:] A. Roques (ed.). Proceedings of the 2nd Conference IUFRO W.P S2. 07-01, Briançon (France), September 3–5, 1986. Briançon, Institut Nationale de la Recherche Agronomique, pp. 27–38.
- Skrzypczyńska M. 1989. Studies on the occurrence and parasitization of the spruce seed pests, *Megastigmus strobilobius* Ratz. (Hym., Torymidae) and *Plemeliella abietina* Seit. (Dipt., Cecidomyiidae) in Poland during a poor seed year. J. Appl. Ent. 108: 138–143.
- Skrzypczyńska M. 1996. Owady-szkodniki nasion i szyszek drzew leśnych. Gutenberg, Kraków.
- Skrzypczyńska M., Bysko G. 1997. Owady zasiedlające szyszki świerka pospolitego *Picea abies* L. (Karst.) w wybranych drzewostanach Beskidu Śląskiego. Sylwan 6: 27–34.
- Skrzypczyńska M., Kozioł M., Kosibowicz M. 1998. Zależność pomiędzy liczebnością nasion w szyszkach świerka pospolitego *Picea abies* (L.) H. Karst. a uszkodzeniem ich przez owady w Beskidzie Śląskim i Beskidzie Żywieckim. Sylwan 9: 33–41.
- Skrzypczyńska M., Kozioł M., Kosibowicz M. 1999. Owady uszkadzające szyszki i nasiona świerka pospolitego *Picea abies* (L.) H. Karst. w wybranych drzewostanach Beskidu Śląskiego i Beskidu Żywieckiego w różnym stopniu skażonych imisjami przemysłowymi. Acta Agr. et. Silv. ser. Silv. 37: 65–78.
- Skrzypczyńska M., Kożuch J., Gibas S. 1994. Conophagous and seminiphagous insects of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. in the Babia Góra National Park and its surroundings. J. Appl. Ent. 119: 321–326.

- Skrzypczyńska M., Roques A. 1987. *Megastigmus strobilobius* Ratzeburg, 1848 (Hym., Torymidae): its morphology, life history and economic significance. Z. ang. Ent. 104: 484–495.
- Stadnickij G.V., Jurčenko G.I., Smetanin A. N., Grebenščikova V. P., Pribylova M. V. 1978. *Vrediteli šišek i semjan chwojnych porod.* Izd. Lesnaja Promyšlennost', Moskva.
- Szmidt A. 1953. *Spostrzeżenia nad gospodarczo ważną entomofauną szyszek świerkowych w Polsce w latach 1951–1952.* Pol. Pismo Ent. 23: 133–134.
- Szmidt A. 1958. *Rola szkodliwych owadów w bilansie strat nasion ważniejszych drzew leśnych.* Roczn. WSR w Poznaniu, 27: 231–241.
- Szujewski A. 1995. *Entomologia Leśna.* SGGW, Warszawa.
- Turgeon J. J., de Groot P. 1992. *Management of insect pests of cones in seed orchards in Eastern Canada, Forestry Canada.* Forest Pest Management Institute, Sault Ste. Marie, Ontario, Canada.
- Wittecsek K. 1998. *Owady uszkadzające szyszki i nasiona świerka pospolitego Picea abies (L.) Karst. w wybranych drzewostanach Gorczańskiego Parku Narodowego.* Parki Nar. i Rez. Przyr. 17, 2: 111–123.
- Wittecsek K. 2009a. *Entomofauna szyszek i nasion świerka pospolitego Picea abies (L.) Karst. w wybranych drzewostanach Gorczańskiego Parku Narodowego.* Cz. I. Acta. Agr. et. Silv. ser. Silv. 47: 47–72.
- Wittecsek K. 2009b. *Entomofauna szyszek i nasion świerka pospolitego Picea abies (L.) Karst. w wybranych drzewostanach Gorczańskiego Parku Narodowego.* Cz. II. Acta. Agr. et. Silv. ser. Silv. 47: 73–91.

Summary

Małgorzata Skrzypczyńska, Tomasz Kupczak

Insects inhabiting cones of Norway spruce *Picea abies* (L.) H. Karst. in the selected stands of the Beskid Śląski Mts. and the Beskid Żywiecki Mts. in the years 2011–2012

Investigations were conducted in forest stands of the Beskid Śląski Mts. (BŚ) and the Beskid Żywiecki Mts. (BŻ) in the years 2011–2012. In both these regions study plots were established in the altitude 900 m and 1200 m above sea level (Fig. 1, 2). Mentioned plots were located in the Węgierska Górka Forest District, in the mountain and the high mountain forest types.

There were 320 cones collected in total (160 in BŚ and 160 in BŻ) from 16 spruces (Table 1, 2). Cone samples were used for analysis and for mass rearing in glass jars. Moreover from cones extracted seeds 1600 (800 from BŚ and 800 from BŻ) were taken for analysis by cutting, defining the percentage of viable, infertile and insect damage seeds (Table 3, 4). To evaluate the extent of cone infestation by insects in each of the regions during two years, an index of cone infestation (ICI) was calculated by dividing the number of specimens of a given species by the number of cones in a samples.

As a result of the investigations 17 insect species (694 specimens) (392 from BŚ and 302 from BŻ) were obtained (Table 5, 6). They belong to 5 orders: Heteroptera, Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera and Diptera. Insects represented the conophages: *Cydia strobilella* L. (Lep., Tortricidae) and *Kaltenbachiola strobi* (Winn.) (Dipt., Cecidomyiidae) (Fig. 3, 4) as well as seminiphage *Megastigmus strobilobius* Ratz. (Hym., Torymidae). Index of cone infestation (ICI) varied from 2.08 for *C. strobilella* (BŚ, 2012) to 0.03 for *C. strobilella* and *K. strobi* (BŚ, 2012) as well as for *M. strobilobius* (BŚ, 2011). This index varied for individual species and different years in both years in both region (Table 7, 8).

An analysis of 1600 seeds shown that 575 (35.9%) of all examined seeds (41.7% BŚ, 30.1% BŻ) were destroyed by conophages. The greatest losses (66.5%) occurred in 2012 in the Beskid Śląski Mts. (900 m a.s.l.) and the smallest one (5.5%) in the Beskid Żywiecki Mts. (1200 m a.s.l.) in 2012. Mentioned losses varied considerably in both regions (Table 3, 4). Damage to seeds caused by the seminiphage *M. strobilobius* was amounting to about 1% (Table 3, 4).

During investigations parasitoids of these insects were noted. The relatively great role played *Torymus azureus* Boh. (Hym., Torymidae) (147 specimens in BŚ, 70 spec. in BŻ) from host *Kaltenba-*

chiola strobi. Other parasitoids were as follows: *Liotryphon (Ephialtes) strobilella* L., *Venturia (Nemeritis) transfuga* Grav. (Hym., Ichneumonidae), *Baeacis abietis* Ratz. (Hym., Braconidae), *Platygaster (Triplatygaster) contorticornis* Ratz. (Hym., Platygasteridae), *Torymus caudatus* Boh. (Hym., Torymidae), *Aprostocetus (Tetrastichus) strobilanae* Ratz. (Hym., Eulophidae), *Anogmus piceae* (Ruschka), *Anogmus* sp. aff. *vala* (Walker), *Anogmus* sp. (Hym., Pteromalidae). There were from hosts *Cydia strobilella*, *K. strobi* and probably others insects inhabiting these cones.

*Department of Forest Protection, Entomology
and Forest Climatology
University of Agriculture in Kraków*

KRÓTKO- I DŁUGOTERMINOWE ZMIANY PRZYROSTU RADIALNEGO U BUKA *FAGUS SYLVATICA* L. O RÓŻNYM STOPNIU DEFOLIACJI W ŚWIĘTOKRZYSKIM PARKU NARODOWYM

Rafał Podlaski

Zakład Ochrony Przyrody
Instytut Biologii, Uniwersytet Jana Kochanowskiego
ul. Świętokrzyska 15
PL 25-406 Kielce
r_podlaski@pro.onet.pl

ABSTRACT

R. Podlaski 2012. *Short- and long-term changes in radial increment in beech *Fagus sylvatica* L. expressing various defoliation levels in the Świętokrzyski National Park.* Acta Agr. Silv. ser. Silv. 50: 45-57.

The objectives of this study are (i) to evaluate the suitability of wavelet analysis and spline functions when applied for analysing changes in the short- and long-term DBH radial increment in more than 120 years-old beech *Fagus sylvatica* L. and (ii) to analyse relationships between the defoliation and the DBH radial increment in beech. Sampling was carried out in the Świętokrzyski National Park (forest sub-districts: Święta Katarzyna, Święty Krzyż and Chełmowa Góra), where 40 old-growth beech trees were randomly selected for the radial increment investigations. It was found that: wavelet analysis allows a precise separation of fluctuations in the diameter increment in different time periods; knowledge of the short-term fluctuations in the diameter increment enables analysing the relationships between defoliation and the DBH radial increment even in the case of insignificant variation in defoliation levels; the long-term trend in the diameter increment, when determined by the spline functions, is not always correlated with the defoliation level.

KEY WORDS: old-growth beech, radial increment, wavelet analysis, spline functions, Świętokrzyski National Park

SŁOWA KLUCZOWE: buk starszej generacji, przyrost drzew, analiza falkowa, funkcje sklepane, Świętokrzyski Park Narodowy

I. WSTĘP

Ważną z teoretycznego i praktycznego punktu widzenia cechą każdego drzewa jest jego zdrowotność, o której świadczą m.in. stopień przerzedzenia korony związany z utratą części aparatu asymilacyjnego. Defoliacja jest podstawowym kryterium stosowanym podczas waloryzacji zdrowotności drzew i drzewostanów (Sierota 1995). W zależności od stanu zdrowotnego drzewa przyrost promienia pierśnicy na ogół ulega zmianie, im większy jest stopień defoliacji, tym mniejszy obserwujemy przyrost pierśnicy. W przypadku występowania silnych czynników, powodujących istotne zmiany zdrowotności drzew,

wielkość defoliacji silnie wpływa na bezwzględną i względną wartość przyrostu z krótkiego okresu czasu, wynoszącego na przykład 5 czy 10 lat. Jeżeli oddziałują słabe czynniki, to mogą one powodować tylko nieznaczne wahania krótkookresowe. Dlatego podczas oceny wpływu stanu zdrowotnego drzew na przyrost grubości należy analizować, oprócz bezwzględnych i względnych wartości przyrostu, również wahania i trendy z różnych przedziałów czasowych.

W Polsce lasy bukowe rosną na ogół na siedliskach zgodnych z wymaganiami drzew tego gatunku, są rodzimego pochodzenia, sporadycznie występują w nich choroby infekcyjne oraz masowe pojawy szkodników pierwotnych i wtórnych (Szujewski 1995, Szczepkowski i Tarasiuk 2005). Te cechy drzewostanów bukowych spowodowały, że przez wiele lat uważano buk za gatunek o dużej zdrowotności, odporny na różnego typu zagrożenia. Jednak w latach 80. XX wieku zaobserwowano osłabienie drzewostanów bukowych oraz mieszanym z udziałem buka (Oszako 1997, Szczepkowski 2001).

Do aproksymacji przebiegu przyrostu drzew można zastosować parametryczne i nieparametryczne metody analizy szeregów czasowych. Przykładem metody nieparametrycznej jest analiza falkowa i funkcje sklepane (m.in. Mallat 1989, Białasiewicz 2000, Percival i Walden 2000, de Boor 2001, Nason 2008).

Analizę falkową stosujemy w odniesieniu do zespołów zjawisk podobnych, co do wyglądu i dynamiki, ale występujących w różnych przedziałach czasowych. Przyrost promienia pierśnicy cechuje się obecnością podobnych fragmentów, związanych na przykład z występowaniem czynników wpływających dodatkowo i ujemnie na jego dynamikę. Powtarzające się co jakiś czas dodatnie i ujemne czynniki powodują następujące po sobie okresy rosnącego i malejącego przyrostu. W efekcie otrzymujemy przebieg charakteryzujący się wahaniami nieściśle periodycznymi, dodatkowo wykazujący trendy i zmienność struktury. Zastosowanie analizy falkowej umożliwia wyodrębnienie tych wahań i dzięki temu określenie cyklicznych zmian przyrostu. Bardzo ważną właściwością falek jest możliwość konstruowania reprezentacji falkowej w kolejnych skalach, o stopniowo zmieniającej się rozdzielczości. Taka rekurencyjna dekompozycja nazywana jest analizą wielorozdzielczą. Dzięki temu analiza falkowa pozwala na odtwarzanie przebiegu przyrostu przez różne sumy rozwinięć falkowych, a przez to możemy uzyskiwać ocenę wahań przyrostu o różnej długości oraz aproksymacje przyrostu z różnymi dokładnościami.

Funkcje sklepane wyrównują przyrost pierśnicy za pomocą wielomianów różnego stopnia, określonych na podzbiorach powstałych po podziale zbioru wartości wyrównywanych. Aproksymacja za pomocą jednego wielomianu jest w przypadku dużej liczby węzłów niedokładna, ponieważ między węzłami wielomian przestaje być zbieżny z przebiegiem przyrostu. W przypadku funkcji sklepanych na każdym podziorze określany jest inny wielomian aproksymujący w taki sposób, aby funkcja aproksymująca była ciągła na całym analizowanym przedziale.

Podsumowując można stwierdzić, że analiza falkowa umożliwia wyodrębnienie wahań przebiegu przyrostu, natomiast funkcje sklepane pozwalają na precyzyjne określenie trendu przyrostu.

Celem pracy jest:

- ocena przydatności analizy falkowej i funkcji sklejących do określenia zmian krótko- i długookresowych przyrostu promienia pierśnicy buka;
- analiza zależności między defoliacją a przyrostem promienia pierśnicy buka.

II. CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

Świętokrzyski Park Narodowy obejmuje najwyższy fragment głównego Pasma Łysogórskiego, z Łysicą (612 m n.p.m.) i Łyścem (595 m n.p.m.), wschodni fragment Pasma Klonowskiego z górami: Psarską (415 m n.p.m.), Miejską (426 m n.p.m.) i Bukową (483 m n.p.m.), część dolin Wilkowskiej i Dębnińskiej oraz Górę Chełmową (351 m n.p.m.). Podczas zlodowacenia środkowopolskiego i vistulianu Łysogóry znajdowały się w zasięgu intensywnych procesów wietrzenia peryglacjalnego i okresowych ruchów masowych zwietrzelin skalnych wzdłuż stoków. Równocześnie w fazach suchszych na powierzchniach zwietrzelin osadzały się eoliczne pyły, pozbawione węglanów w całym przekroju (Kowalkowski 2000). Ostateczny układ przestrzenny pokryw zwietrzelinowych i stokowych kriomorfo-pedogenicznych przekształceń peryglacjalnych zrealizował się w końcowej fazie vistulianu (Kowalski i Jaśkowski 1986). W tych warunkach wykształciły się najczęściej spotykane na tym terenie zespoły: *Dentario glandulosae-Fagetum*, *Abietetum polonicum* i *Quercu roboris-Pinetum* (Matuszkiewicz 2008). Z danych uzyskanych ze stacji meteorologicznej na Świętym Krzyżu (575 m n.p.m.) wynika m. in., że w latach 1955–1994 średnia roczna temperatura wynosiła $+5,9^{\circ}\text{C}$, (średnia temperatura stycznia $-5,2^{\circ}\text{C}$, lipca $+15,9^{\circ}\text{C}$), średnia roczna wielkość opadów 923 mm, okres wegetacyjny trwał ok. 182 dni (Olszewski i in. 2000).

III. METODYKA BADAŃ

Badania terenowe

Na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego wybrano punkty badawcze i drzewa próbne. Przy wyborze punktów wykorzystano pola siatki Systemu Informacji o Ukształtowaniu Środowiska Przyrodniczego SINUS, opracowanego dla obszaru całej Polski pod kątem gromadzenia i porządkowania wszystkich informacji mających związek z najszerzej rozumianym środowiskiem przyrodniczym (Ciołkosz 1991). Siatka systemu SINUS składa się z bloków P_0 oraz znajdujących się w nich pól P_1-P_7 , o coraz mniejszych wymiarach. W każdym polu P_2 (o wymiarach $975,0 \times 1030,0$ m) rozmieszczono losowo w leśnictwach Św. Katarzyna i Św. Krzyż po 10 stałych punktów badawczych, a w leśnictwie Chełmowa Góra po 25 stałych punktów badawczych. W polach brzeżnych wyznaczono mniejszą liczbę stałych punktów badawczych, proporcjonalnie do powierzchni leśnej obejmowanej przez dane pole. Stałe punkty

badawcze wybrano losowo na mapach gospodarczo-przeładowych Świętokrzyskiego Parku Narodowego w skali 1 : 5000 w polach P_2 , wyznaczając przy zastosowaniu 5-metrowych odcinków położenie każdego punktu na osi x (975 metrów = 195 odcinków 5-metrowych) i y (1030 metrów = 206 odcinków 5-metrowych). Łącznie wyznaczono 251 stałych punktów badawczych.

Po wylosowaniu i zaznaczeniu na mapach gospodarczo-przeładowych w skali 1 : 5000 wszystkie stałe punkty badawcze zostały wytyczone w terenie. W otoczeniu każdego stałego punktu badawczego (w promieniu do 100–200 m; w zależności od stadium rozwojowego drzewostanu) wybrano m.in. po jednym buku starszej generacji, położonym najbliższym stałego punktu badawczego. Za buki starszej generacji uznano drzewa w wieku powyżej 120 lat. Wybrane buki próbne reprezentowały drzewa panujące w górnej warstwie drzewostanu. Łącznie w otoczeniu stałych punktów badawczych w latach 2006–2008 wybrano 55 buków starszej generacji (tyle osobników starszej generacji rosło w promieniu 100–200 m od wytyczonych punktów badawczych). Każde z drzew próbnych:

- sklasyfikowano, oceniając stopień ubytku aparatu asymilacyjnego; szacowanie przeprowadzono z dokładnością do 5% wykorzystując barwny atlas ubytku aparatu asymilacyjnego drzew (Borecki i Keczyński 1992);
- nawiercono dwukrotnie do rdzenia (od strony stoku i prostopadle do pierwszego odwiertu) świdrem przyrostowym Presslera na wysokości 1,3 m od powierzchni gruntu.

Prace kameralne

Do oceny stopnia uszkodzenia badanych buków przyjęto zmodyfikowaną klasyfikację europejskich badań monitoringowych, wyróżniając następujące klasy uszkodzenia (Borecki i Keczyński 1992):

- A — drzewa bez uszkodzeń i słabo uszkodzone (ubytek liści do 25%);
- B — drzewa średnio uszkodzone (ubytek aparatu asymilacyjnego od 26% do 60%);
- C — drzewa silnie uszkodzone (ubytek aparatu asymilacyjnego od 61%).

Pobrane wywierty wygładzono, a następnie pod binokulem zaznaczono co dziesiąty słoń. Szerokości słojów rocznych pomierzono przyrostomierzem CODIMA z dokładnością do 0,01 mm. Wyniki pomiarów z dwóch odwiertów zweryfikowano porównując przebieg przyrostu promienia pierśnicy każdego drzewa z dwóch kierunków. Następnie dla każdego drzewa obliczono średnie szerokości słojów dla każdego roku. Do oceny poprawności pomiaru, synchronizacji czasowej (datowania) oraz oceny stopnia homogeniczności serii wykorzystano program COFECHA (Grissino-Mayer 2001). Ostatecznie wyselekcjonowano 40 buków starszej generacji.

Do wyodrębnienia wahań przebiegu wielkości przyrostu promienia zastosowano analizę falkową wykorzystując procedurę *mra* z biblioteki *waveslim* (Whitcher 2010). W funkcji *mra* uwzględniono:

- falkę Daubechies (*la8* — *Daubechies least asymmetric wavelet filter of length 8*);
- transformatę dyskretną (MODWT — *maximal overlap discrete wavelet transform*);
- granice okresowe (Percival i Walden 2000).

Dla dekompozycji wielorozdzielczej (MRA — *multiresolution analysis*) wielkość skali J obliczono ze wzoru (Bunn 2008):

$$J = \text{trunc} \left(\frac{\ln(ny)}{\ln(2)} \right) - 1$$

gdzie:

$\text{trunc}(\cdot)$ jest funkcją zwracającą liczbę naturalną uzyskaną po „obcięciu” części dziesiętnych, ny oznacza liczbę lat kalendarzowych, dla których zmierzono szerokości słojów.

Badane buki pogrupowano w trzech klasach uszkodzenia i obliczono wartości J . Dla każdej klasy uszkodzenia otrzymano $J = 6$. Następnie w ramach każdej klasy uwzględniono sześć długości dekompozycji wynoszących odpowiednio: $D1 = 2^1 = 2$ lata, $D2 = 2^2 = 4$ lata, $D3 = 2^3 = 8$ lat, $D4 = 2^4 = 16$ lat, $D5 = 2^5 = 32$ lata, $D6 = 2^6 = 64$ lata.

Do określenia trendu przyrostu promienia pierśnicy zastosowano funkcje sklepane wykorzystując procedurę *smooth.spline* z pakietu *stats*.

Dla średnich przyrostów radialnych każdej klasy uszkodzenia zastosowano dekompozycję wielorozdzielczą z wykorzystaniem sześciu długości dekompozycji oraz obliczono funkcje sklepane. Wszystkie obliczenia przeprowadzono w środowisku R (R Development Core Team 2012).

IV. WYNIKI BADAŃ

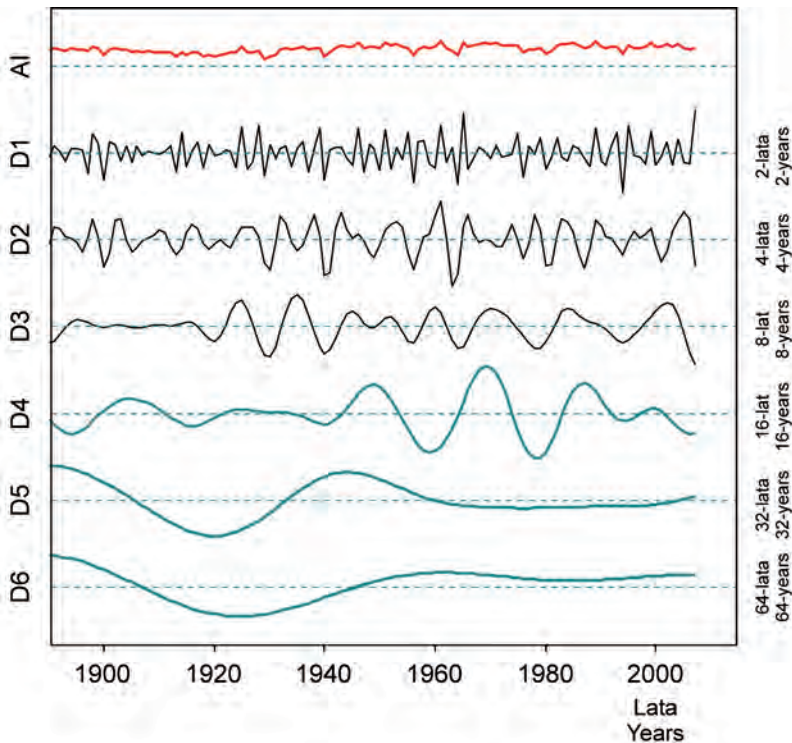
Wyselekcjonowane buki starszej generacji pogrupowano w trzy klasy uszkodzenia:

- klasa A — buki bez uszkodzeń i słabo uszkodzone — 14 drzew (mediana stopnia defoliacji buków z tej klasy wynosiła 20%);
- klasa B — buki średnio uszkodzone — 14 drzew (mediana stopnia defoliacji buków z tej klasy wynosiła 47,5%);
- klasa C — buki silnie uszkodzone — 12 drzew (mediana stopnia defoliacji buków z tej klasy wynosiła 70%).

Na pobranych wywiertach zmierzono od 70 do 201 przyrostów promienia pierśnicy. Wszystkie badane buki były w wieku powyżej 120 lat, jednak większość z nich została zainfekowana przez grzyby, które spowodowały zgniliznę drewna w strefie przyrdzeniowej. Obecność zgnilizny uniemożliwiła pobranie wywiertów dochodzących do rdzenia badanych drzew. Szerokość słojów analizowanych buków była różna u poszczególnych drzew, średnia szerokość słoja wyniosła 2,11 mm, a maksymalna osiągnęła 6,69 mm. Wysokie wartości

współczynników korelacji (od 0,385 do 0,821) dla danych rzeczywistych wskazują na występowanie silnych trendów przyrostu promienia pierśnicy (średnia wartość współczynnika autokorelacji wynosiła 0,572).

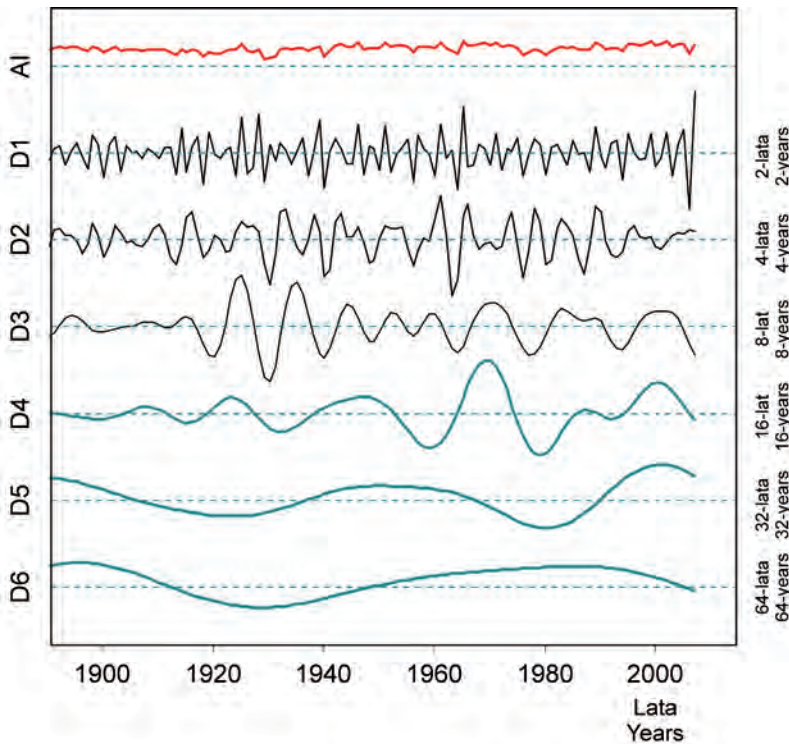
Buki z klasy uszkodzenia A cechowały się po 1960 r. bardzo ustabilizowanym przyrostem, na co wskazuje analiza uwzględniająca długość dekompozycji wynoszącej 64 lata. Po 1980 r. wykazywały one słabą tendencję rosnącą przyrostów (zob. długość dekompozycji 32 lata), natomiast po 1995 r. odznaczały się słabym spadkiem przyrostu (zob. długość dekompozycji 16 lat) (ryc. 1).



Ryc. 1. Średnie przyrosty promienia (AI) i dekompozycja wielorozdzielcza dla buków bez uszkodzeń i słabo uszkodzonych (klasa A) od najmniejszej (D1) do największej (D6) skali z zastosowaniem falek

Fig. 1. Average radial increments (AI) and multiresolution decomposition in without damage and slightly damaged beech trees (class A) from the smallest (D1) to the largest (D6) scales using wavelets

Buki z klasy uszkodzenia B cechowały się po 1960 r. najpierw rosnącym, a następnie malejącym przyrostem (zob. długość dekompozycji wynoszącej 64 lata), po 1980 r. wykazywały najpierw rosnącą, a następnie malejącą tendencję przyrostu (zob. długość dekompozycji 32 lata), natomiast po 1995 r. odznaczały się spadkiem przyrostu (zob. długość dekompozycji 16 lat) (ryc. 2).



Ryc. 2. Średnie przyrosty promienia (AI) i dekompozycja wielorozdzielcza dla buków średnio uszkodzonych (klasa B) od najmniejszej (D1) do największej (D6) skali z zastosowaniem falek

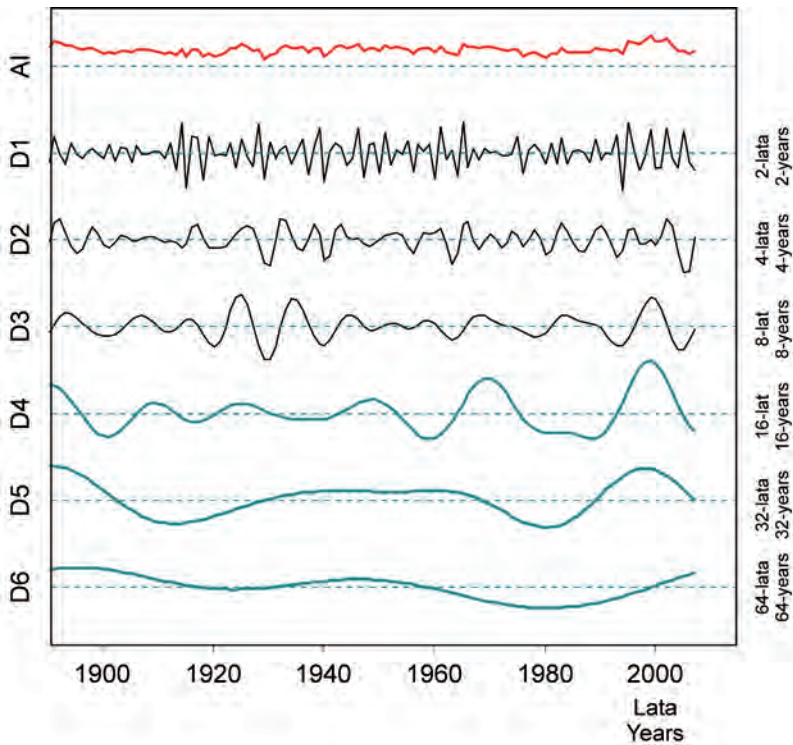
Fig. 2. Average radial increments (AI) and multiresolution decomposition in moderately damaged beech trees (class B) from the smallest (D1) to the largest (D6) scales using wavelets

Buki z klasy uszkodzenia C cechowały się po 1960 r. najpierw malejącym, a następnie rosnącym przyrostem (zob. długość dekompozycji wynoszącej 64 lata), po 1980 r. wykazywały najpierw rosnącą, a następnie malejącą tendencję przyrostu (zob. długość dekompozycji 32 lata), natomiast po 1995 r. odznaczały się silnym spadkiem przyrostu (zob. długość dekompozycji 16 lat) (ryc. 3).

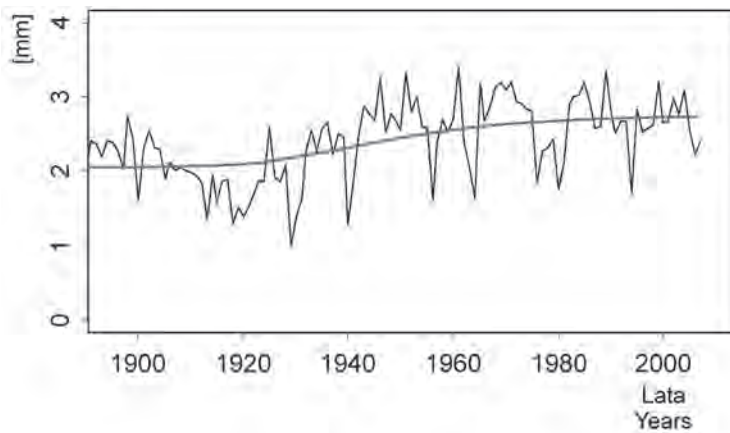
Przedstawione wyniki dowodzą, że analiza falkowa w ramach dekompozycji wielorozdzielczej dla długości obejmującej 16 lat (D4) najbardziej precyzyjnie obrazuje zależność między defoliacją a przyrostem promienia pierśnicy buka. Dla długości dekompozycji wynoszącej 16 lat (D4) ze wzrostem defoliacji wyraźnie zaznacza się coraz większy spadek przyrostu w ciągu ostatnich 10–15 lat.

Analiza przyrostu promienia pierśnicy wyrównanego funkcjami sklejanymi wykazuje, że po 1980 r.:

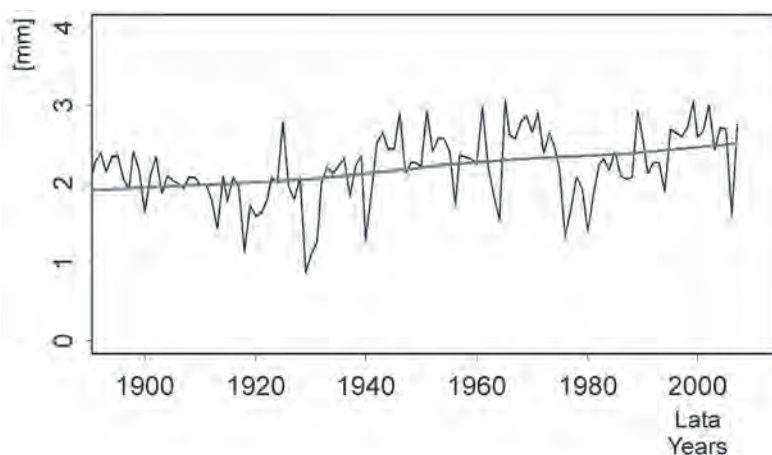
— buki z klasy uszkodzenia A cechują się w stosunku do przyrostu wcześniejszego nieznacznie malejącym przyrostem (ryc. 4);



Ryc. 3. Średnie przyrosty promienia (AI) i dekompozycja wielorozdzielcza dla buków silnie uszkodzonych (klasa C) od najmniejszej (D1) do największej (D6) skali z zastosowaniem falek
 Fig. 3. Average radial increments (AI) and multiresolution decomposition in severely damaged beech trees (class C) from the smallest (D1) to the largest (D6) scales using wavelets

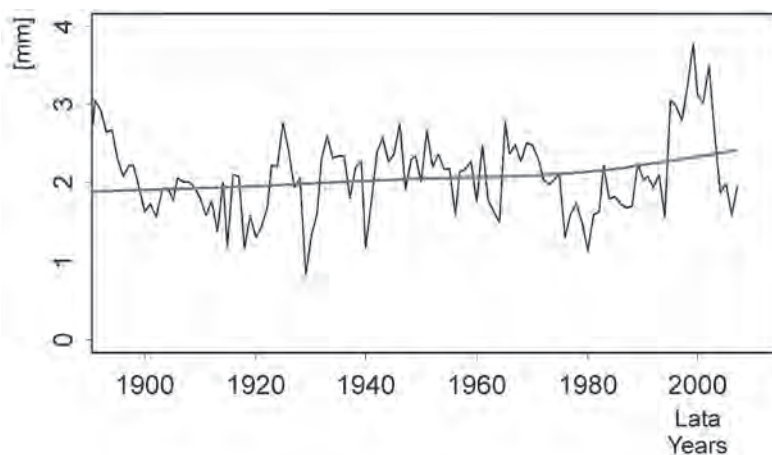


Ryc. 4. Średnie i wyrównane funkcjami sklejanymi przyrosty promienia buków bez uszkodzeń i lekko uszkodzonych (klasa A)
 Fig. 4. Average radial increments and chronology fitted using spline functions in without damage and slightly damaged beech trees (class A)



Ryc. 5. Średnie i wyrównane funkcjami sklejanymi przyrosty promienia buków średnio uszkodzonych (klasa B)

Fig. 5. Average radial increments and chronology fitted using spline functions in moderately damaged beech trees (class B)



Ryc. 6. Średnie i wyrównane funkcjami sklejanymi przyrosty promienia buków silnie uszkodzonych (klasa C)

Fig. 6. Average radial increments and chronology fitted using spline functions in severely damaged beech trees (class C)

- buki z klasy uszkodzenia B charakteryzują się w stosunku do przyrostu wcześniejszego zbliżonym przyrostem (ryc. 5);
- buki z klasy uszkodzenia C odznaczają się w stosunku do przyrostu wcześniejszego nieznacznie rosnącym przyrostem (ryc. 6).

Ponadto, funkcje sklepane wykazały relatywnie niewielkie zmiany przyrostu promienia pierścieni w ostatnich 20–30 latach dla wszystkich badanych buków, bez względu na wielkość ich defoliacji.

V. DYSKUSJA

W Polsce, podobnie jak w większości krajów europejskich, do oceny zdrowotności buka stosuje się metodę bioindykacyjną uwzględniającą stopień defoliacji drzew. Jest to metoda szacunkowa, przysparzająca w przypadku buka wiele problemów wynikających ze względności samej oceny jak i z trudności interpretacyjnych związanych z dużą zmiennością stanu ulistnienia. Najprawdopodobniej dlatego w literaturze podawane są sprzeczne informacje dotyczące zależności między defoliacją a przyrostem grubości buka. W niektórych publikacjach wykazano związek między defoliacją a przyrostem grubości drzew tego gatunku (Bytnerowicz i in. 2005), natomiast w innych opracowaniach takiego związku nie udowodniono (Kontic i in. 1990). W celu zobiektywizowania oceny zdrowotności należy wprowadzić dodatkowe kryteria, uwzględniające na przykład budowę morfologiczną pędów (Roloff 1988, Dmyterko 1999). Ponadto, jak wykazały niniejsze badania, podczas analizy zależności defoliacja — przyrost należy uwzględnić nie tylko bezwzględną i względną wartość przyrostu oraz trendy długookresowe, ale przede wszystkim skoncentrować się na wahaniach krótkookresowych. Jest to szczególnie istotne w przypadku drzewostanów rosnących na terenach pozbawionych presji czynników wywołujących obniżenie zdrowotności drzew. W takich drzewostanach zmienność defoliacji jest mała i dlatego trudniej jest wykazać związki między defoliacją i przyrostem.

Wyniki analizy falkowej dla jodły, podobnie jak dla buka, wskazują na istnienie zależności defoliacja — przyrost. Dodatkowo w przypadku jodły, odmiennie niż u buka, udowodniono przy pomocy funkcji sklepanych wpływ defoliacji na przyrost (Podlaski 2012). Różnice w analizie zależności defoliacja — przyrost, zaobserwowane między tymi dwoma gatunkami, są najprawdopodobniej związane z odmiennym przebiegiem procesu defoliacji buka i jodły. Buki często w jednym roku są pozbawione dużej części liści, a w kolejnym cechują się już prawie pełnym ulistnieniem. Jodły przez znacznie dłuższy czas odbudowują swój wcześniej zredukowany stan uiglenia. Przedstawione przypadki dotyczą częściowych strat, możliwych do zregenerowania. Drzewa silnie uszkodzone nie są w stanie odzyskać dawnej witalności, pomimo istotnej poprawy warunków wzrostu (Roloff 1988). Krótkotrwałe zmiany ulistnienia korony buka w małym stopniu oddziałują na wielkość przyrostu grubości drzew tego gatunku. Znacznie dłuższe zmiany stanu uiglenia jodły mogą w większym zakresie wpływać na szerokość słoików rocznych u jodeł.

Analizując przyrost promienia pierśnicy buka starszej generacji w XX wieku w Świętokrzyskim Parku Narodowym należy zwrócić uwagę na rosnący trend przyrostu grubości drzew tego gatunku. Ponadto buk stopniowo wypiera jodłę z lasów mieszanych Gór Świętokrzyskich i staje się gatunkiem dominującym. Analogiczne zjawisko rejestrowane jest praktycznie w całym zasięgu buka (Jaworski i in. 1994, 2001, 2002, Jaworski 2004, Vrška i in. 2009, Poljanec i in. 2010).

VI. WNIOSKI

1. Analiza falkowa pozwala na precyzyjne wyodrębnienie wahań przebiegu przyrostu grubości drzew w różnych przedziałach czasowych.
2. Znajomość wahań przebiegu wielkości przyrostu w krótkich okresach umożliwia analizę zależności między defoliacją a przyrostem grubości również w przypadku małej zmienności defoliacji.
3. Długookresowy trend przyrostu grubości drzew, określony przy pomocy funkcji sklepanych, nie zawsze odzwierciedla stopień i zmiany defoliacji.
4. W Świętokrzyskim Parku Narodowym buk odznacza się dużą dynamiką przyrostu grubości, ze stałą tendencją wzrostową.

LITERATURA

- Białasiewicz J.T. 2000. *Falki i aproksymacje*. WNT, Warszawa.
- Borecki T., Keczyński A. 1992. *Atlas ubytku aparatu asymilacyjnego drzew leśnych*. Agencja ATUT, Warszawa.
- Bunn A. G. 2008. *A Dendrochronology Program Library in R (dplR)*. *Dendrochronologia* 26: 115–124.
- Bytnerowicz A., Bade O., Popescu F., Musselman R., Tanase M., Barbu I., Frączek W., Gembasu N., Surdu A., Danescu F., Postelnicu D., Cenusă R., Vasile C., 2005. *Air pollution, precipitation chemistry and forest health in the Retezat Mountains, Southern Carpathians, Romania*. *Environ. Pollut.* 137, 546–567.
- Ciołkosz A. 1991. *SINUS — System informacji o środowisku przyrodniczym*. [w:] *Ekologiczne podstawy gospodarowania środowiskiem przyrodniczym. Wizje – problemy – trudności*, S. Mazur (red.). Wyd. SGGW-AR, Warszawa.
- de Boor C. 2001. *A Practical Guide to Splines*. Revised Edn., Springer, New York.
- Dmyterko E. 1999. *Kryteria oceny uszkodzenia drzewostanów bukowych*. *Sylwan*, 143, 9: 31–45.
- Grissino-Mayer H.D. 2001. *Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA*. *Tree-Ring Res.* 57: 205–221.
- Jaworski A. 2004. *Badania nad budową, dynamiką i strukturą lasów o charakterze pierwotnym i ich znaczenie w kształtowaniu modelu gospodarki leśnej w Górach*. *Roczn. Bieszczadzkie* 12: 103–139.
- Jaworski A., Karczmarski J., Skrzyszewski S. 1994. *Dynamika, budowa i struktura drzewostanów w rezerwacie Łabowiec*. *Acta Agr. Silv. ser. Silv.* 32: 3–26.
- Jaworski A., Kołodziej Z., Pach M. 2001. *Skład gatunkowy, budowa i struktura drzewostanów w rezerwacie Śrubita*. *Sylwan* 145, 6: 21–47.
- Jaworski A., Kołodziej Z., Porada K. 2002. *Structure and dynamics of stands of primeval character in selected areas of the Bieszczady National Park*. *J. For. Sci.* 48, 5: 185–201.
- Kontic R., Bräker O.U., Nizon V., Müller R., 1990. *Jahrringanalytische Untersuchungen im Sihwald*. *Schweiz. Z. Forstwes.* 141: 55–76.
- Kowalkowski A. 2000. *Gleby*. [w:] *Świętokrzyski Park Narodowy. Przyroda, gospodarka, kultura*, S. Cieśliński S., A. Kowalkowski (red.). Świętokrzyski Park Narodowy, Bodzentyn.
- Kowalski B., Jaśkowski B. 1986. *Litologiczno-strukturalne uwarunkowanie teras krioplanacyjnych na stokach masywu Łysej Góry w Górach Świętokrzyskich*. *Prz. Geogr.* 58, 3: 493–514.
- Mallat S.G. 1989. *A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation*. *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.* 11, 674–693.
- Matuszkiewicz J.M. 2008. *Zespoły leśne Polski*. PWN, Warszawa.
- Nason G.P. 2008. *Wavelet Methods in Statistics with R*. Springer, Berlin.
- Olszewski J.L., Szałach G., Żarnowiecki G. 2000. *Klimat*. [w:] *Świętokrzyski Park Narodowy. Przyroda, gospodarka, kultura*, S. Cieśliński S., A. Kowalkowski (red.). Świętokrzyski Park Narodowy, Bodzentyn.

- Oszako T. 1997. *Zamieranie buków w Polsce*. Bibl. Leśn. 81.
- Percival D.B., Walden A.T. 2000. *Wavelet Methods for Time Series Analysis*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Podlaski R. 2012. *Zmiany krótko- i długookresowe przyrostu promienia jodły *Abies alba* Mill. o różnym stopniu uszkodzenia w Świętokrzyskim Parku Narodowym*. Stud. Mat. CEPL, Rogów, 14, 1: 253–259.
- Poljanec A., Ficko A., Boncina A., 2010. *Spatiotemporal dynamic of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in Slovenia, 1970–2005*. For. Ecol. Manage. 259, 2183–2190.
- R Development Core Team 2012. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. URL <http://www.Rproject.org/>
- Roloff, A. 1988. *Morphology of crown development of *Fagus sylvatica* L. (beech) in consideration of new modifications. II. strategy of airspace conquest and modifications by environmental influences*. Flora 180, 297–339.
- Sierota Z. 1995. *Zdrowotność a żywotność — próba definicji*. Sylwan 139, 2: 105–118.
- Szczepkowski A. 2001. *Objawy zamierania buków oraz związek między stopniem uszkodzenia drzew a wybranymi cechami taksacyjnymi drzewostanów*. Sylwan 145, 1: 85–99.
- Szczepkowski A., Tarasiuk S. 2005. *Stan zdrowotny zagrożonych zamieraniem drzewostanów bukowych w Polsce*. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 4, 1: 71–85.
- Szujecki A. 1995. *Entomologia leśna*. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Vrška T., Adam D., Hort L., Kolář T., Janík D., 2009. *European beech (*Fagus sylvatica* L.) and silver fir (*Abies alba* Mill.) rotation in the Carpathians — A developmental cycle or a linear trend induced by man?* For. Ecol. Manage. 258, 347–356.
- Whitcher B. 2010. *waveslim: Basic wavelet routines for one-, two- and three-dimensional signal processing*. R package version 1.6.4. <http://CRAN.R-project.org/package=waveslim>

Summary

Rafał Podlaski

Short- and long-term changes in radial increment in beech *Fagus sylvatica* L. expressing various defoliation level in the Świętokrzyski National Park

Parametric and non-parametric methods for the analysis of time series can be used to approximate the diameter increment in trees. Wavelet analysis and spline functions applied in this study are two examples of a non-parametric regression.

The objectives of this study are (i) to evaluate the suitability of wavelet analysis and spline functions when applied for analysing changes in the short- and long-term DBH radial increment in more than 120 years-old beech *Fagus sylvatica* L. and (ii) to analyse relationships between the defoliation and DBH radial increment in beech.

Sampling was carried out in the Świętokrzyski National Park (forest sub-districts: Święta Katarzyna, Święty Krzyż and Chełmowa Góra), where 40 old-growth beech trees were randomly selected for the radial increment investigations.

The tree-ring series were dated following standard routines. Tree-ring width was measured on increment cores with 0.01 mm accuracy and verified using the program COFECHA (Grissino-Mayer 2001).

In order to isolate the diameter increment fluctuations, the wavelet analysis was applied using the *mra* procedure from the *waveslim* library (Whitcher 2010). Spline functions were employed for determining the trend of the diameter increment; the *smooth.spline* procedure from the *stats* package was applied.

Selected beech trees were grouped into three classes of damage:

- class A — beech trees without damage and slightly damaged — 14 trees (the median defoliation value for the beech trees from this class was 20%);
- class B — beech trees moderately damaged — 14 trees (the median for the defoliation value for the beech trees from this class was 47.5%);

— class C — beech trees severely damaged — 12 trees (the median for the defoliation value for the beech trees from this class was 70%).

Wavelet analysis using the multiresolution decomposition, most accurately describes the relationship between the defoliation level and DBH radial increment in beech when related to the 16-years time-span (D4). (Figs. 1, 2, 3). Spline functions show insignificant changes in the DBH radial increment in the last 20-30 years for all classes of damage, regardless of the defoliation level (Figs. 4, 5, 6).

The research findings have led to the following conclusions:

1. Wavelet analysis allows a precise separation of fluctuations in the diameter increment in different time periods.

2. Knowledge of the short-term fluctuations in the diameter increment enables analysing the relationships between defoliation and the DBH radial increment even in the case of insignificant variation in the defoliation levels.

3. The long-term trend in the diameter increment, when determined by the spline functions, is not always correlated with the defoliation level.

4. In the Świętokrzyski National Park, the DBH increment dynamics in the old-growth beech is high.

*Department of Nature Conservation
Jan Kochanowski University in Kielce*

STATYSTYCZNA METODA OCENY ZAGĘSZCZENIA POPULACJI DRWALNIKA PASKOWANEGO *XYLOTERUS LINEATUS* (Oliv.) NA SOŚNIE *PINUS SYLVESTRIS* L.

Andrzej Borkowski

Zakład Ekologii i Ochrony Środowiska
Instytut Biologii, Uniwersytet Jana Kochanowskiego
ul. Świętokrzyska 15
PL 25-406 Kielce
A.Borkowski@ujk.kielce.pl

Rafał Podlaski

Zakład Ochrony Przyrody
Instytut Biologii, Uniwersytet Jana Kochanowskiego
ul. Świętokrzyska 15
PL 25-406 Kielce
r_podlaski@pro.onet.pl

ABSTRACT

A. Borkowski, R. Podlaski 2012. *Statistical method for estimating Xyloterus lineatus* (Oliv.) population density on Scots pine *Pinus sylvestris* L. Acta Agr. Silv. ser. Silv. 50: 59–69.

The objective of this study is to develop a statistical method for estimating the total infestation density of *P. sylvestris* stems by *X. lineatus* beetles. The method in matter should, permit calculation of the estimation error while omitting the need of debarking of the entire stem. The field work was carried out in the Świętokrzyskie Mountains (Zagnańsk Forest District, Występa Forest Sub-district), where 30 dead standing *P. sylvestris* trees were randomly selected and felled for investigation by using the method of entomological stem section-based analysis. In a statistical analysis of linear correlations between the numbers of *X. lineatus* entrance holes in selected 1 m-long stem sections and the total infestation density, the most significant correlations were found for the 3rd and 4th 1-m long stem sections (counting from the base). Here, the mean relative errors of estimation did not exceed 33%. The proposed method, using standing dead *P. sylvestris* trees, may be employed to estimate the population density of *X. lineatus* in nature reserves, national parks and managed forests.

KEY WORDS: *Xyloterus lineatus*, *Pinus sylvestris*, linear model, total infestation density, estimation errors

SŁOWA KLUCZOWE: *Xyloterus lineatus*, *Pinus sylvestris*, model liniowy, całkowita gęstość zasiedlenia, błędy estymacji

I. WSTĘP

W Polsce drwalnik paskowany *Xyloterus lineatus* (Oliv.) (Col., Curculionidae, Scolytinae) jest szeroko rozpowszechnionym chrząszczem występującym najczęściej na jodle *Abies alba* Mill., świerku *Picea abies* (L.) H.Karst. i sośnie

Pinus sylvestris L. Zasiadła drzewa osłabione, obumierające, wiatrowały, posusz, a także pniaki i kawałki drewna (Starzyk i Wójcik 1985). Preferuje świeży materiał łęgowy, ponieważ na ściankach chodników rozwijają się grzyby, m.in. *Monilia ferruginea* Pers., które stanowią pokarm dla tego gatunku owada (Jan-kowiak 2004). Drwalnik w warunkach obfitej bazy łęgowej wykazuje duże zdolności rozrodcze, co prowadzi najczęściej do szybkiego wzrostu liczebności jego populacji (Wood 1982, Dominik i Starzyk 2004). Jest jednym z najgroźniejszych szkodników wtórnych i technicznych drewna iglastego, w poważnym stopniu obniżającym (do 78%) jego jakość i wartość użytkową (Capecki 1967 cyt. za Dominik i Starzyk 2004). Do monitorowania oraz zwalczania drwalnika używane są syntetyczne feromony, których skuteczność zależy od wielu czynników środowiskowych i nie zawsze jest zadowalająca (np. Fornal i in. 1986, Starzyk in. 1987, Borden i in. 1997, Hoover i in. 2000). W celu monitorowania i zwalczania tego gatunku owada można również wykorzystać drzewa pułapkowe wykładane na szkodniki wtórne sosny.

Estymacja liczebności różnych gatunków owadów w drzewostanach ma duże znaczenie teoretyczne i praktyczne, ponieważ pozwala m.in. na modelowanie dynamiki ich liczebności, co z kolei jest podstawą wydzielenia obszarów o różnym stopniu zagrożenia (np. Jurc i in. 2006). Przy konstruowaniu tego typu zależności szczególnie cenne są dane zebrane w lasach zbliżonych do naturalnych i naturalnych. Z tego powodu opracowywane metody oceny liczebności drwalnika powinny w jak najmniejszym stopniu ingerować w ekosystem leśny.

Do oceny liczebności drwalnika w drzewostanach z udziałem sosny można wykorzystać posusz sosnowy. Najważniejszym etapem estymowania liczebności tego owada jest oszacowanie całkowitej gęstości zasiedlenia posuszu. Jest to czynność wymagająca dużej precyzji, a możliwe są tu dwa rozwiązania. Pierwsze polega na policzeniu na każdym analizowanym posuszu wszystkich żerowisk drwalnika, co jest bardzo pracochłonne, ponieważ wymaga ścięcia stojących, uschniętych sosen i starannego okorowania całych strzał. Drugie rozwiązanie wiąże się z wykorzystaniem modeli pozwalających na ocenę całkowitej gęstości zasiedlenia pni sosen na podstawie zależności między liczbą żerowisk na wybranych odcinkach strzały a całkowitą gęstością zasiedlenia strzały. W tym przypadku należy brać pod uwagę odcinki pnia położone możliwie najbliżej odziomka. Jeżeli odcinki strzały są na wysokości do 3, maksymalnie 4 m, to istnieje techniczna możliwość ich okorowania i policzenia otworów wejściowych drwalnika bez konieczności ścinania posuszu. Ma to duże znaczenie na obszarach objętych różnymi formami ochrony, gdzie na ogół obowiązuje bezwzględny zakaz ścinania drzew. Modele pozwalające na oszacowanie zasiedlenia pni mogą odznaczać się różnym stopniem złożoności, od liniowej regresji uwzględniającej jedną zmienną objaśniającą do mieszanych, nieliniowych zależności wykorzystujących wiele zmiennych reprezentujących różne cechy pnia, schematy zasiedlenia, warunki siedliskowe i drzewostanowe.

Celem pracy jest przedstawienie statystycznej metody oceny całkowitej gęstości zasiedlenia pni obumarłych sosen przez drwalnika, polegającej na

wykorzystaniu liniowych zależności między liczbą żerowisk na wybranych, jednometrowych odcinkach strzały a całkowitą gęstością zasiedlenia strzały.

II. MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Badania terenowe

W 2008 i 2009 roku w Górach Świętokrzyskich, na terenie Nadleśnictwa Zagnańsk, Leśnictwa Występa wytypowano do badań drzewostany, w których zaobserwowano proces wydzielania się posuszu sosnowego. Wybrane drzewostany z udziałem sosny, o zwarcu umiarkowanym, występowały na siedlisku lasu mieszanego wyżynnego. W badanych drzewostanach udział sosny wynosił ok. 40%, buka ok. 40%, jodły ok. 10% i dębów ok. 10%. Sosna była w wieku ok. 77 lat, buk w wieku od 65 do 90 lat, jodła cechowała się średnim wiekiem wynoszącym 85 lat, a dęby liczyły 75 lat. W 2010 roku, w kwietniu, wybrano losowo 30 obumarłych, stojących sosen, które ścięto, okrzęsano z gałęzi i zmierzono, a następnie przeprowadzono ilościowe analizy entomologiczne, uwzględniając drwalnika oraz dwa najliczniej występujące gatunki korników towarzyszących drwalnikowi. Na ściętych drzewach wydzielono sekcje:

- jednometrowe;
- obejmujące po 10% długości leżącego drzewa.

Sekcje jednometrowe były wydzielane od grubszego końca, tak aby ostatnia z nich wynosiła również 1 m, a średnica końcowa była mniejsza od 2 cm. Następnie przeprowadzono pomiary:

- pierśnicy i średnicy końcowej;
- średnic w korze w grubszym końcu poszczególnych sekcji;
- długości całkowitej leżącego drzewa.

Zasiedlenie poszczególnych sekcji pni określano, licząc:

- liczbę otworów wejściowych drwalnika;
- liczbę chodników macierzystych cetyńca większego *Tomicus piniperda* (L.);
- liczbę żerowisk cetyńca mniejszego *Tomicus minor* (Hart.).

Prace kameralne

Całkowita gęstość zasiedlenia każdego pnia sosny przez uwzględnione gatunki owadów została obliczona po zsumowaniu ze wszystkich jednometrowych sekcji liczby otworów wejściowych drwalnika, chodników macierzystych cetyńca większego i żerowisk cetyńca mniejszego oraz po obliczeniu pola powierzchni bocznej strzał ściętych sosen.

Do oceny istotności różnic w gęstości zasiedlenia 10-procentowych sekcji pni przez drwalnika zastosowano test Kruskala-Wallisa. W celu oceny różnic w gęstości zasiedlenia pierwszej i drugiej jednometrowej sekcji zastosowano test *U* Manna-Whitneya (Stanisz 1998).

Do określenia zależności między liczbą otworów wejściowych drwalnika na wybranych jednometrowych odcinkach strzały a całkowitą gęstością zasiedlenia strzały badanych sosen wykorzystano analizę korelacji i regresji. Zastosowano następujące liniowe funkcje regresji:

$$D_{cs} = a_{0k} + a_{1k} nXl_k$$

gdzie:

D_{cs} — całkowita gęstość zasiedlenia strzały przez drwalnika (liczba otworów wejściowych na m^2);

nXl_k — liczba otworów wejściowych drwalnika w wyróżnionych jednometrowych sekcjach strzały ($k = 1, 2, \dots, 22$);

a_{0k}, a_{1k} — odpowiednie parametry funkcji regresji.

Dla każdej jednometrowej sekcji pnia obliczono:

— parametry liniowej funkcji regresji (a_{0k}, a_{1k});

— współczynnik korelacji (r_k) i determinacji (r_k^2);

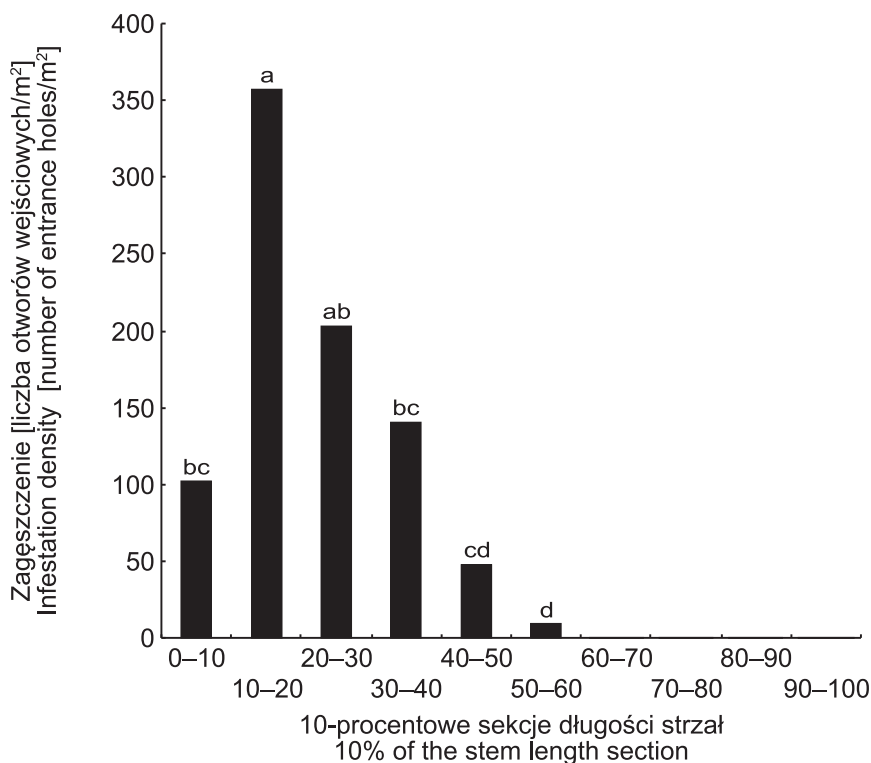
— średni względny błąd estymacji (sw_k).

Parametry liniowych funkcji regresji oszacowano metodą najmniejszych kwadratów. Sprawdzone hipotezy zerowe H_0 , według których współczynniki a_{0k} są równe zero (Bruchwald 1989). Po przeprowadzeniu obliczeń wybrano funkcje najlepsze, czyli te, dla których współczynniki determinacji były największe, a średnie względne błędy estymacji najmniejsze. Analizy przeprowadzono, wykorzystując pakiet Statistica 6,1 (StatSoft 2004).

III. WYNIKI BADAŃ

W badanych drzewostanach drwalnik opanował wszystkie analizowane drzewa. Średnia gęstość zasiedlenia strzał sosen przez drwalnika wynosiła 97,1 otworu wejściowego na $1 m^2$ (błąd standardowy przyjął wartość 13,81). Wskaźniki gęstości zasiedlenia strzał dla dwóch najliczniej występujących gatunków korników towarzyszących drwalnikowi wynosiły w przypadku cetyńca większego 2,1 chodnika macierzystego na $1 m^2$ (błąd standardowy przyjął wartość 0,72), a w przypadku cetyńca mniejszego 53,5 żerowiska na $1 m^2$ (błąd standardowy przyjął wartość 9,38).

Drwalnik zasiedlił badane sosny głównie w grubszej części strzał, do ok. 60% ich długości, najmniejsze zasiedlenie wykazano dla szóstej 10-procentowej sekcji, a największe dla sekcji drugiej (średnie zagęszczenie wynosiło odpowiednio 9,1 i 356,7 otworów wejściowych na m^2 ; ryc. 1). Dla analizowanych sosen zaznacza się spadek zagęszczenia drwalnika z odległością od odziomka, począwszy od 10% ich długości, o czym świadczą istotne różnice między zasiedleniem drugiej i czwartej 10-procentowej sekcji, a także sekcji trzeciej i piątej oraz czwartej i szóstej (test Kruskala-Wallisa: $H(5;180) = 25,8817, p < 0,001$; zob. ryc. 1). Obserwowane niższe zasiedlenie pierwszej 10-procentowej sekcji

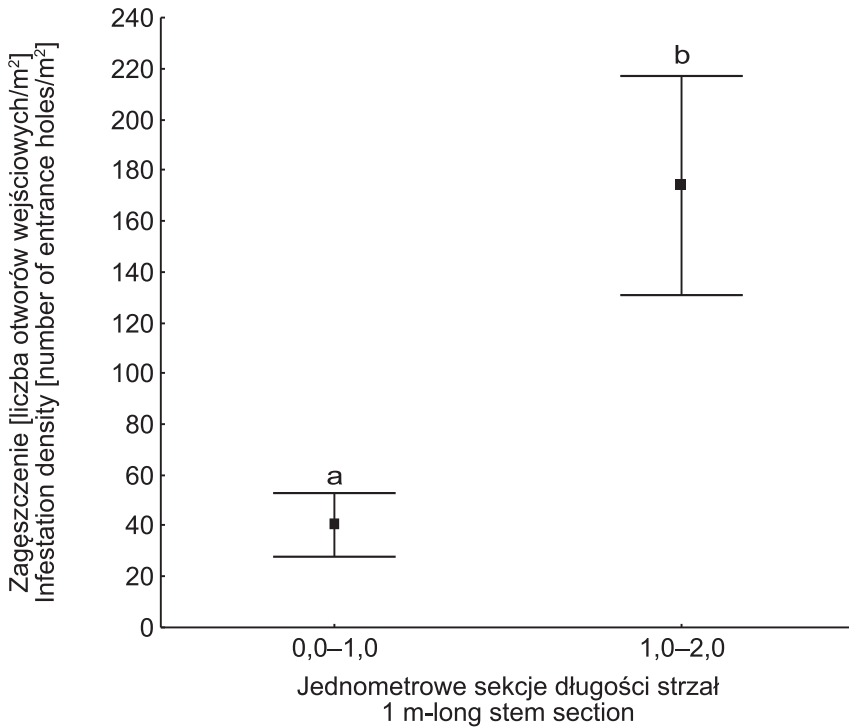


Ryc. 1. Średnia gęstość zasiedlenia przez drwalnika paskowanego dla kolejnych 10-procentowych sekcji długości strzał sosen; a, b, c, d — średnie wartości gęstości zasiedlenia oznaczone różnymi literami wskazują na statystycznie istotne różnice między średnimi w wyróżnionych sekcjach (test Kruskala-Wallisa: $H(5;180) = 25,8817$, $p < 0,001$)

Fig. 1. Mean infestation density by *X. lineatus* for the successive 10% stem length sections in *P. sylvestris* trees; a, b, c, d — mean values of infestation density marked with different letters indicate statistically significant differences between the means in the distinguished sections (Kruskal-Wallis test: $H(5;180) = 25.8817$, $p < 0.001$)

(101,8 otworów wejściowych na m²) jest wynikiem niskiej frekwencji drwalnika w strefie obejmującej nabiegi korzeniowe i najgrubszą korę w granicach pierwszej jednometrowej sekcji (test *U* Manna-Whitneya: $Z = -3,3872$, $U = 77$, $p < 0,001$; zob. ryc. 2).

Wartości współczynników determinacji wskazują na istnienie statystycznie istotnych, liniowych zależności między liczbą żerowisk drwalnika na wyróżnionych jednometrowych odcinkach pnia a całkowitą gęstością zasiedlenia pnia sosen (tab. 1). Najistotniejsze korelacje wykazano dla trzeciej i czwartej sekcji, pomiędzy 2,0 a 3,0 m oraz 3,0 a 4,0 m. W przypadku tych dwóch sekcji współczynniki determinacji wynoszą odpowiednio 0,7972 i 0,8161, natomiast średnie względne błędy estymacji nie przekraczają 33% (tab. 1). Współczynniki kierunkowe prostych regresji są różne od zera i przyjmują



Ryc. 2. Średnia gęstość zasiedlenia przez drwalnika paskowanego i błędy standardowe dla dwóch pierwszych jednometrowych sekcji strzał sosen; a, b — średnie wartości gęstości zasiedlenia oznaczone różnymi literami wskazują na statystycznie istotne różnice między średnimi w wyróżnionych sekcjach (test *U* Manna-Whitneya: $Z = -3,3872$, $U = 77$, $p < 0,001$)

Fig. 2. Mean infestation density by *X. lineatus* and standard errors for two first 1 m-long stem sections in *P. sylvestris* trees; a, b — mean values of infestation density marked with different letters indicate statistically significant differences between the means in the distinguished sections (Mann-Whitney *U* test: $Z = -3.3872$, $U = 77$, $p < 0.001$)

wartości dodatnie (tab. 1). Opracowana metoda pozwala w ok. 80% wyjaśnić zmienność oceny całkowitej liczby otworów wejściowych drwalnika na drzewach stojących. Przedstawione wyniki sugerują, że do oszacowania całkowitej gęstości zasiedlenia strzał stojących, uschniętych sosen przez drwalnika, można wykorzystać równania regresji dla trzeciej lub czwartej jednometrowej sekcji strzały. Zbliżone wartości średniego względnego błędu estymacji dla tych sekcji dowodzą, że bez względu na to czy zastosujemy równania dla trzeciej czy czwartej sekcji, otrzymamy wyniki o podobnej precyzji.

Tabela 1 — Table 1

Charakterystyka zależności między liczbą otworów wejściowych drwalnika paskowanego na wyróżnionych odcinkach strzały ($nXlk$) a całkowitą gęstością zasiedlenia strzały (Dcs)
 Characteristics of the relationship between the number of entrance holes of *X. lineatus* in the distinguished stem sections ($nXlk$) and the total stem infestation density (Dcs)

Odcinek Stem section		Współczynniki prostej regresji Parameters of linear function		Współczynnik determinacji Coefficient of determination		Test istotności Significance test $H_0: a_{0k} = 0$	Średni względny błąd estymacji Mean relative error of estimation [%]
od do from to [m]	numer odcinka section no. k	a_{0k}	a_{1k}	r_k^2	p	p	$s\bar{w}_k$
2,0–3,0	3	21,3434	0,3238	0,7972	< 0,001	< 0,001	33
3,0–4,0	4	26,1900	0,2556	0,8161	< 0,001	< 0,001	31
4,0–5,0	5	40,3826	0,2640	0,7323	< 0,001	< 0,001	38

IV. DYSKUSJA

Skład gatunkowy kambio- i ksylofagów występujących na sośnie, na strzale, wierzchołku i na gałęziach, jest bardzo bogaty (Kolk i Starzyk 1996, Szujecki 1998, Dominik i Starzyk 2004, Starzyk i in. 2008a). Na innych drzewach iglastych, np. na jodle, występuje mniej gatunków owadów (Capecki 1982, Starzyk i Styczyński 1984, Starzyk i Kułaczyk 1987, Starzyk i in. 2008b). Spośród wszystkich kambio- i ksylofagów zasiedlających sosnę istotne znaczenie gospodarcze mają m.in. oba gatunki cetyńców oraz drwalnik paskowany (jako gatunek uszkadzający drewno), dlatego ocena liczebności tych gatunków owadów ma kluczowe znaczenie w monitoringu oraz podczas planowania zabiegów hodowlanych i ochronnych. W przypadku drwalnika przedstawiona w niniejszym opracowaniu metoda szacowania całkowitej gęstości zasiedlenia strzał sosny jest prosta oraz precyzyjna i głównie z tych powodów powinna być stosowana w teoretycznych i praktycznych pracach prowadzonych w lasach. Oparta jest na podstawach statystycznych, istnieje więc możliwość obliczenia błędów szacunku. Dla cetyńców opracowano analogiczne równania regresji umożliwiające oszacowanie całkowitej gęstości zasiedlenia strzał sosny przez te gatunki owadów (Borkowski i Podlaski 2005, Borkowski 2010). Proponowana metoda została z powodzeniem zastosowana do szacowania wielkości zasiedlenia przez korniki innych gatunków drzew. Wykorzystano ją m.in. do oceny zasiedlenia wiatrowałów świerkowych przez kornika drukarza *Ips typographus* (L.) (Borkowski i Podlaski 2011) oraz wiatrowałów jodłowych przez

jodłowca krzywozębnego *Pityokteines curvidens* (Germ.) i wgryzonia jodłowca *Cryphalus piceae* (Ratz.) (Podlaski i Borkowski 2009 a, b).

Przedstawiona metoda może być wykorzystana do oceny liczebności populacji drwalnika w drzewostanach z udziałem sosny. Szacowanie liczebności drwalnika opiera się na założeniu, że gęstość zasiedlenia obumarłych, stojących strzał sosny jest ściśle związana z ogólną liczebnością populacji tego gatunku owada i tak np. większa gęstość zasiedlenia pni sosny świadczy o większej liczebności populacji. Miarą liczebności populacji drwalnika może być średnia całkowita gęstość zasiedlenia obumarłych, stojących pni sosny na badanym terenie. Do jej obliczenia należy zastosować metodę reprezentacyjną (Cochran 1977, Bracha 1996). W ramach tej metody wyróżnia się następujące etapy:

- ustalenie wielkości i schematu losowania próby, czyli wybór w badanym drzewostanie drzew próbnych — obumarłych, stojących sosen;
- określenie wartości badanej cechy dla wybranej próby, czyli oszacowanie całkowitej gęstości zasiedlenia drzew próbnych — strzał sosen wybranych w pierwszym etapie;
- estymacja badanej cechy w populacji, czyli obliczenie średniej i przedziałów ufności dla całkowitej gęstości zasiedlenia strzał sosen przez drwalnika w badanym drzewostanie.

Etap drugi opiera się na rezultatach niniejszej pracy. Aby oszacować całkowitą gęstość zasiedlenia drzew próbnych, wystarczy okorować i policzyć otwory wejściowe drwalnika w trzeciej lub czwartej sekcji, pomiędzy 2,0 a 3,0 m lub 3,0 a 4,0 m, a następnie obliczyć całkowitą gęstość zasiedlenia dla każdego pnia sosny.

Przedstawiona metoda została opracowana dla drzewostanów osłabionych z udziałem sosny, w których wydzielające się drzewa tego gatunku są przedmiotem analizy entomologicznej. Opracowany sposób postępowania jest mało inwazyjny, ponieważ wymaga okorowania tylko jednego, metrowego odcinka pnia. Tego typu okorowanie pni w trzeciej sekcji, na odcinku pomiędzy 2,0 a 3,0 m jest możliwe do wykonania na stojących, uschniętych sosnach i dopuszczalne nawet w parkach narodowych. Na terenach objętych ochroną częściową lub ścisłą nie wolno ścinać posuszu sosnowego, ale nie jest to konieczne, ponieważ wystarczy okorować jeden metrowy odcinek strzały i policzyć liczbę otworów wejściowych drwalnika na stojących, uschniętych sosnach.

V. WNIOSKI

1. Zastosowanie prostego modelu, wykorzystującego liniową zależność między liczbą otworów wejściowych drwalnika paskowanego na wyróżnionych metrowych sekcjach strzały a całkowitą gęstością zasiedlenia strzały, umożliwiło oszacowanie zasiedlenia pnia ze średnim względnym błędem estymacji nieprzekraczającym 33%. Bardziej złożone, mieszane modele, oparte na nieliniowych zależnościach i większej liczbie zmiennych, najprawdopodobniej pozwoliłyby na zmniejszenie błędu estymacji.

2. Proponowana metoda może być wykorzystana jako uzupełnienie istniejących metod oceny liczebności populacji drwalnika.

3. Przedstawiony model powinien być walidowany i modyfikowany w zależności od warunków siedliskowych i drzewostanowych. Należy dążyć do opracowania modeli globalnych, mających zastosowanie na większych obszarach, i modeli lokalnych, wykorzystywanych w konkretnych drzewostanach. Tego typu modele powinny być stosowane zwłaszcza na terenach zagrożonych masowym pojawem drwalnika.

4. Analogiczne modele można tworzyć dla precyzyjnego oszacowania całkowitej gęstości zasiedlenia strzał jodeł i świerków przez drwalnika. Jest to uzasadnione m.in. faktem, że drwalnik jest gatunkiem mogącym istotnie obniżyć wartość surowca drzewnego pozyskiwanego w lasach z udziałem jodły i świerka.

LITERATURA

- Borden J.H., Chong L.J., Savoie A., Wilson I.M. 1997. Responses to green leaf volatiles in two biogeoclimatic zones by striped ambrosia beetle, *Trypodendron lineatum*. J. Chem. Ecol. 23: 2479–2491.
- Borkowski A. 2010. A method of estimation of the total density of infestation of Scots pine stems by the lesser pine shoot beetle (*Tomicus minor*). EJPAU 13.4. #14, Ser. Forestry.
- Borkowski A., Podlaski R. 2005. A method of estimation of the total density of infestation of Scots pine stems by the larger pine shoot beetle (*Tomicus piniperda* L.). Pol. For. Pol., Ser. A — For. 47: 25–32.
- Borkowski A., Podlaski R. 2011. Statistical evaluation of *Ips typographus* population density: a useful tool in protected areas and conservation-oriented forestry. Biodivers. Conserv. 20: 2933–2951.
- Bracha C. 1996. Teoretyczne podstawy metody reprezentacyjnej. PWN, Warszawa.
- Bruchwald A. 1989. Statystyka matematyczna dla leśników. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Capeci Z. 1982. Badania nad szkodnikami wtórnymi jodły i ich zwalczaniem. Prace Inst. Bad. Leśn. 593: 3–94.
- Cochran W.G. 1977. Sampling techniques. Wiley, New York.
- Dominik J., Starzyk J.R. 2004. Owady uszkadzające drewno. PWRiL, Warszawa.
- Fornal A., Jaskulska B., Kolk A. 1986. Ocena efektywności odłowów drwalnika paskowanego (*Trypodendron lineatum* Ol.) do pułapek z syntetycznym feromonem agregacyjnym. Sylwan 130, 6: 41–51.
- Hoover S.E., Lindgren B.S., Keeling C.I., Slessor K.N. 2000. Enantiomer preference of *Trypodendron lineatum* and effect of pheromone dose and trap length on response to lineatin-baited traps in interior British Columbia. J. Chem. Ecol. 26: 667–677.
- Jankowiak R. 2004. Interakcje między owadami kambiofagicznymi, grzybami i rośliną. Kosmos 53: 39–50.
- Jurc M., Perko M., Džeroski S., Demšar D., Hrašovec B. 2006. Spruce bark beetles (*Ips typographus*, *Pityogenes chalcographus*, Col.: Scolytidae) in the Dinaric mountain forests of Slovenia: Monitoring and modeling. Ecol. Mod. 194: 219–226.
- Kolk A., Starzyk J.R. 1996. Atlas szkodliwych owadów leśnych. Multico, Warszawa.
- Podlaski R., Borkowski A. 2009a. Estimating stem infestation density of *Pityokteines curvidens* (Germ.) on windfalls: a statistical approach. J. Pest Sc. 82: 357–365.
- Podlaski R., Borkowski A. 2009b. Method for estimating density of *Cryphalus piceae* (Ratz.) brood galleries using a regression model. J. Appl. Entomol. 133: 402–409.
- Stanisz A. 1998. Przystępny kurs statystyki. StatSoft Inc., Kraków.
- Starzyk J.R., Kułaczek A. 1987. Studies on the infestation of boles and branches of *Abies alba* Mill. with cambio- and xylophagous insects at the Forest Experimental Station in Krynica (Beskid Sądecki Mts.). IVth Symposium on the Protection of Forest Ecosystems, Warsaw Agricultural University — SGGW-AR: 153–164.

- Starzyk J.R., Styczyński M. 1984. *Owady kambio- i ksylofagiczne w tyczkowinach i drągowinach jodłowych Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy (Beskid Sądecki)*. Zesz. Nauk. Akad. Roln. w Krakowie 184 Leśn. 15: 103–112.
- Starzyk J.R., Wójcik G. 1985. *Badania nad owadami kambio- i ksylofagicznymi świerka i jodły w różnych fazach rozwojowych drzewostanu w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy*. Zesz. Nauk. Akad. Roln. w Krakowie, 197 Leśn. 16: 119–132.
- Starzyk J.R., Król A., Kubisz D., Witrylak M., Ossowska M. 1987. *Wykorzystanie substancji feromonowych do zwalczania gatunków z rodzaju drwalnik (*Trypodendron* Steph.) w lasach górskich*. Sylwan 131: 71–81.
- Starzyk J.R., Bilecka K., Purgal M., Rotman K. 2008a. *Cambio- and xylophagous insects infesting scots pine (*Pinus sylvestris* L.) cut off tree-tops and branches felt in the forest after thinning and final cuttings*. Acta Sci. Pol., Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 7: 59–74.
- Starzyk J.R., Gajewski J., Habel K. 2008b. *Owady kambio- i ksylofagiczne zasiedlające odcięte wierzchołki i gałęzie jodłowe pozostające po różnego rodzaju cięciach w drzewostanie*. Acta Agr. Silv., ser. Silv. 46: 3–19.
- StatSoft 2004. *Statistica, Version 6.1*. StatSoft, Inc, Tulsa, Okla.
- Szujecki A. 1998. *Entomologia leśna*. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Wood S.L. 1982. *The bark and Ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph*. Great Basin Naturalist Memoirs, 6, Brigham Young University.

Summary

Andrzej Borkowski, Rafał Podlaski

Statistical method for estimating *Xyloterus lineatus* (Oliv.) population density on Scots pine *Pinus sylvestris* L.

Xyloterus lineatus Ol. plays an important role in forests dominated by *Abies alba* Mill., *Picea abies* (L.) Karst. or *Pinus sylvestris* L. This species may accelerate the death rate in weakened *P. sylvestris* trees and it may damage wood. A quick and accurate assessment of the *X. lineatus* population density would allow to determine the risk level of an adverse impact of this species on coniferous stands.

The objective of this study is to develop a statistical method for estimating the total infestation density of *P. sylvestris* stems by *X. lineatus* beetles. The method in matter builds upon linear relationships between the number of entrance holes in 1 m-long stem sections and the total infestation density in the stem as a whole.

The field work was carried out in the Świętokrzyskie Mountains (Zagnańsk Forest District, Występa Forest Sub-district). In April 2010, 30 dead standing *P. sylvestris* trees were randomly selected and felled for investigation. Then, sections measured from the tree base up to the diameter of approximately 2 cm in the thinner end of the stem were distinguished on the trees felled: (i) 1 m-long sections and (ii) sections comprising 10% stem lengths. These trees were also measured for: (i) the diameter at breast height (DBH) and the final diameter, (ii) diameter over bark in the thicker end of each stem section and (iii) the total length of the tree. The number of *X. lineatus* entrance holes, *Tomicus piniperda* L. maternal galleries and *Tomicus minor* Hart. egg galleries were recorded using the method of entomological stem section-based analysis. The total colonisation density of each *P. sylvestris* stem was calculated: (i) after summing of *X. lineatus* entrance holes, *T. piniperda* maternal galleries and *T. minor* egg galleries in all 1 m-long sections and (ii) after calculating the whole stem surface area. To determine the relationships between the number of *X. lineatus* entrance holes in selected 1 m-long stem sections and the total infestation density of stems the analyses of correlation and regression were applied.

In stands investigated, *X. lineatus* infested all sample *P. sylvestris* trees. It was found that the mean *X. lineatus* infestation density was as high as 97.1 entrance holes/m², while standard error was 13.81. The mean *T. piniperda* and *T. minor* infestation densities in *P. sylvestris* stems were

2.1 (standard error 0.72) and 53.5 (standard error 9.38) galleries/m², respectively. The density of infestation reached the maximum in the second 10% of the stem length section (356.7 entrance holes/m²). Then it decreased as the distance from the tree base increased. In the thicker part of the stems analysed (first 10% section) the density of *X. lineatus* entrance holes was smaller (Kruskal-Wallis test: $H(5;180) = 25.8817$, $p < 0.001$; see fig. 1). The observed, lower colonisation level of the first 10% section is the result of low *X. lineatus* frequency in the zone with the nodules and thickest bark, within the first 1 m-long section (Mann-Whitney U test: $Z = -3.3872$, $U = 77$, $p < 0.001$; see fig. 2). In a statistical analysis of linear correlations between the numbers of *X. lineatus* entrance holes in selected 1 m-long stem sections and the total infestation density, the most significant correlations were found for the 3rd and 4th 1 m-long stem sections (counting from the tree base). Here, mean relative errors of estimation did not exceed 33% (tab. 1).

The method proposed in this paper may be used for estimation of *X. lineatus* population density in *P. silvestris* stands, as well as in *A. alba* and *P. abies* stands, however, the extended use of this method for the other tree species would require construction of new regression equations. From both, the theoretical and practical points of view, the proposed method should be especially useful in the case of those insect species for which pheromone traps are not efficient. This method should be calibrated and adjusted to the local infestation conditions in *P. silvestris* trees. Basing on the analysis of the relationships between the number of *X. lineatus* entrance holes in selected 1 m-long stem sections and the total density of stem infestation, the global and local linear regression functions can be developed, thus increasing the accuracy of the method.

*Department of Ecology and Environmental Protection
Jan Kochanowski University in Kielce*

*Department of Nature Conservation
Jan Kochanowski University in Kielce*

AKTUALNE PROBLEMY OCHRONY JODŁY (*ABIES ALBA* MILL.) W LASACH PRYWATNYCH MAŁOPOLSKI

Alfred Król

Zespół Ochrony Lasu
al. Słowackiego 17a
PL 31-159 Kraków

ABSTRACT

A. Król 2012. *Present-day problems of European silver fir (Abies alba Mill.) in Malopolska private forests.* Acta Agr. Silv. ser. Silv. 50: 71-82.

In the paper there we presented results of monitoring of European silver fir vitality over the period of 1986-2010 and studies concerning an influence of ownership form on state of fir stands threat by cambiphagous insects. There was analyzed the process of dying trees intensity in forest stands belonging to individual private owners and commune owners. One has proved the progress of a process of fir regeneration and improvement of its vitality. The threat of fir from part of cambiphagous insects observed at the present time does not constitute a hazard for sustainability of fir stand in forests belonging to individual private owners as well as in forests of commune owners.

KEY WORDS: private forests, forest of individual private ownership, commune forest owners, cambiphagous insects, fir pests

SŁOWA KLUCZOWE: lasy prywatne, lasy indywidualnej własności, wspólnoty leśne, owady kambiofagiczne, szkodniki jodły

WSTĘP

Ogólna powierzchnia lasów województwa małopolskiego wynosi 430 977 ha. Lasy prywatne zajmują 187 tys. ha i stanowią 43% lasów tego województwa. W regionach górskich i podgórskich są dominującą formą własności, w Nadleśnictwie Nowy Targ stanowią 83,8%, Limanowa 70,0%, Myślenice 69,2% i Stary Sącz 64,5%. Dominujący powierzchniowy udział lasów prywatnych oznacza, że decydują one o wartościach przyrodniczych i środowiskotwórczych obszarów górskich Małopolski (Król 2011).

Charakterystyczną cechą lasów prywatnych w Polsce jest ich rozdrobnienie, czyli duża liczba działek o niewielkiej powierzchni, oraz oddalenie od miejsca zamieszkania właściciela. Badania Gołosa (2008) wykazały, że w kraju gospodarstwo składa się przeciętnie z 3 działek, natomiast w Małopolsce z 5. Średnia powierzchnia lasów należących do gospodarstwa rolnego jest zróżnicowana regionalnie i wynosi od 0,92 ha w województwie lubelskim, poprzez 1 ha w małopolskim i łódzkim do 2,81 ha w podlaskim.

Lasy będące własnością wspólnot stanowią 7,6% wszystkich lasów prywatnych w Małopolsce. Ta forma własności lasów najliczniej reprezentowana jest na terenie powiatów nowotarskiego, tatrzańskiego i suskiego (Król 2010). Wszystkie wspomniane wspólnoty mają charakter samorządowy, działają na podstawie zarejestrowanych statutów i zatwierdzonych regulaminów, kierowane przez demokratycznie wybrane zarządy; pełnią też ważne funkcje w dziedzinie planowania i realizacji zadań z zakresu hodowli, ochrony i użytkowania lasu.

W składzie gatunkowym prywatnych lasów Małopolski przeważają drzewa iglaste, których udział wynosi 68,3%, w tym świerka pospolitego 28,3%, jodły pospolitej 25,2% i sosny zwyczajnej 14,0%. W następstwie niewłaściwych metod gospodarowania zmienił się skład gatunkowy lasów górskich. Zmniejszył się udział gatunków liściastych, w tym buka zwyczajnego, jawora, wiązu górskiego i olszy czarnej, a zwiększył udział świerka pospolitego. W warunkach górskich na znacznych powierzchniach zmieniono naturalne zespoły lasów mieszanych, zastępując je świerkiem pospolitym. W następstwie zmian składu gatunkowego drzewostanów zniszczeniu uległa biologiczna równowaga ekosystemów leśnych, co wywołało stan ich trwałego osłabienia. W niekorzystnych warunkach środowiskowych powodowanych emisjami przemysłowymi i zmianami klimatycznymi zaktywizowały się elementy, które w efekcie synergicznego oddziaływania powodują zwiększoną podatność na biotyczne i abiotyczne czynniki szkodotwórcze (Bernadzi 1983, Król 2007b).

Duży i systematycznie rosnący udział jodły w składzie gatunkowym lasów prywatnych Małopolski jest zjawiskiem bardzo korzystnym. Gatunek ten pomimo dużej wrażliwości na czynniki środowiska uważany jest za ekologiczny stabilizator krajowych lasów górskich (Jaworski 1994).

Rozdrobnienie własności leśnej oraz niedostateczny udział wspólnot i zrzeszeń grupujących właścicieli lasów, którzy dobrze realizują zadania gospodarcze, uznaje się za poważne utrudnienia w ochronie lasu (Król 2007a, 2010, 2011).

W dotychczasowej literaturze brak jest informacji dotyczących metod postępowania właścicieli lasów w zakresie prognozowania i zwalczania owadów kambiofagicznych. Krytyczne opinie na temat samych właścicieli i wpływu stanu sanitarnego w ich lasach na poziom zdrowotności drzewostanów innych form własności wymagają wyjaśnienia, a wyniki badań powinny być wykorzystane w ramach sprawowanego doradztwa. Ze względu na konieczność zabezpieczenia ochronnych i środowiskotwórczych funkcji lasów prywatnych istnieje potrzeba poznania występujących zagrożeń jodły, jednego z podstawowych gatunków lasotwórczych w górach.

Celem prowadzonych badań było:

- określenie zmian w żywotności jodły i stanu zdrowotnego drzewostanów jodlowych,
- ustalenie udziału drzew martwych oraz przyczyn ich zamierania w lasach będących własnością indywidualną i wspólnotową,
- poznanie gatunków owadów kambiofagicznych i ksylofagicznych uczestniczących w procesie prowadzącym do zamierania jodły,

- ustalenie stopnia nasilenia opanowywania drzew przez stwierdzone gatunki owadów,
- określenie wpływu formy własności lasów na realizację zadań z ochrony lasu.

MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Drzewostany jodłowe objęte badaniami znajdowały się w lasach prywatnych na terenie nadleśnictw: Limanowa, Myślenice, Brzesko, Nowy Targ i Krościenko. Od roku 1986 na wybranych powierzchniach monitoringowych w II–III klasie wieku oraz w drzewostanach powyżej 80 lat prowadzono ocenę żywotności na podstawie cech morfologicznych koron. We wrześniu i październiku określano stan uiglenia i przebarwienia aparatu asymilacyjnego, wyróżniając 4 stopnie defoliacji, tj. drzewa o ubytku igliwia do 10%, 11–25%, 26–60% oraz powyżej 60%.

W latach 2004–2010 w drzewostanach jodłowych rosnących na siedlisku lasu górskiego i lasu mieszanego górskiego na 8 powierzchniach próbnych o wymiarach 50 × 50 m prowadzono inwentaryzację drzew martwych, ustalano przyczynę ich zamarcia oraz wykonywano analizy entomologiczne. Cztery powierzchnie reprezentowały drzewostany jodłowe należące do właścicieli indywidualnych, a cztery do wspólnot. Podczas kontroli drzew posuszowych na podstawie obrazów żerowania oraz stadiów rozwojowych owadów obecnych pod korą i w drewnie określano gatunek szkodnika, a także nasilenie jego występowania, dzieląc je na rozproszone, wzmożone i silne. W przypadku występowania rozproszonego żerowiska owadów występowały pojedynczo, wzmożonego żerowiska obejmowały nie więcej niż $\frac{1}{2}$ obwodu, a silnego żerowiska zajmowały więcej niż połowę obwodu kontrolowanej strzały. Zebrane materiały umożliwiły też określenie stałości występowania stwierdzonych gatunków wyrażonej w procentach, a stanowiącą iloraz liczby drzew zasiedlonych przez danego szkodnika do ogólnej liczby analizowanych drzew. Opierając się na stadiach rozwojowych wybranych gatunków owadów stwierdzanych w trakcie prowadzonych analiz, ustalano okres zasiedlenia, udział owadów w zamieraniu drzewa oraz ich znaczenie gospodarcze. Na powierzchniach próbnych szacowano miąższość drzew martwych. W celu wskazania ewentualnych różnic pomiędzy ilością posuszu występującego w drzewostanach należących do wspólnot i osób fizycznych zastosowano test t Studenta dla zmiennych niezależnych.

WYNIKI

W roku 1986 w drzewostanach jodłowych drugiej klasy wieku stwierdzono 50% drzew z ubytkiem igliwia do 10% i 24% drzew z redukcją aparatu asymilacyjnego do 25%. W starszych drzewostanach osobników o defoliacji do 10 i 25% było jedynie 38%, a przeważały drzewa o defoliacji powyżej 25%.

W ciągu 25 lat badań (1986–2010) stwierdzono wyraźną poprawę żywotności i zdrowotności jodły. W 2010 roku w drzewostanach II–III klasy wieku drzewa z ubytkiem igliwia do 10% stanowiły 90% wszystkich kontrolowanych osobników, a drzewa o defoliacji 11–25% jedynie 10%. W drzewostanach starszych w 1986 roku drzewa o igliwiu zredukowanym do 25% stanowiły 38%; wysoki był udział jodeł o defoliacji powyżej 60%, który wynosił 25%. W okresie 25 lat zwiększyła się liczba roczników igieł z 5 do 9, znalazło to wyraz we wzroście liczebności drzew z ubytkiem igliwia do 25%, stanowiły one 88% ogólnej liczby badanych drzew. Ubyło natomiast drzew o igliwiu zredukowanym 26–60% i powyżej 60%, stanowiły one odpowiednio 18% i 4%. Udział drzew w klasach defoliacji: 0–10%, 11–25%, 26–60% i powyżej 60% przedstawiono na ryc. 1.

W wyniku analiz entomologicznych martwych drzew stwierdzono obecność 14 gatunków owadów. W drzewostanach będących własnością indywidualną najczęściej występującym okazał się *Pityophthorus pityographus* — gatunek ten stwierdzono na 70,8% martwych drzew. W przypadku lasów należących do wspólnot najczęściej pojawiał się *Cryphalus piceae* zasiedlający 61,5% badanych drzew. Jeśli chodzi o pozostałe gatunki owadów, na podkreślenie zasługuje częste występowanie: *Pityokteines spinidens*, *P. curvidens* i *P. vorontzowi*, które zasiedlały od 29,2% do 37,5% kontrolowanych osobników w drzewostanach stanowiących własność indywidualną oraz od 30% do 52% w lasach należących do wspólnot. W wierzchołkowych partiach drzew oraz na gałęziach często pojawiał się *Pityophthorus pityographus*. Na uwagę zasługuje również obecność *Pissodes piceae* na 35,4% poddanych analizie drzew w lasach należących do osób fizycznych i 36% w lasach wspólnot (tab. 1).

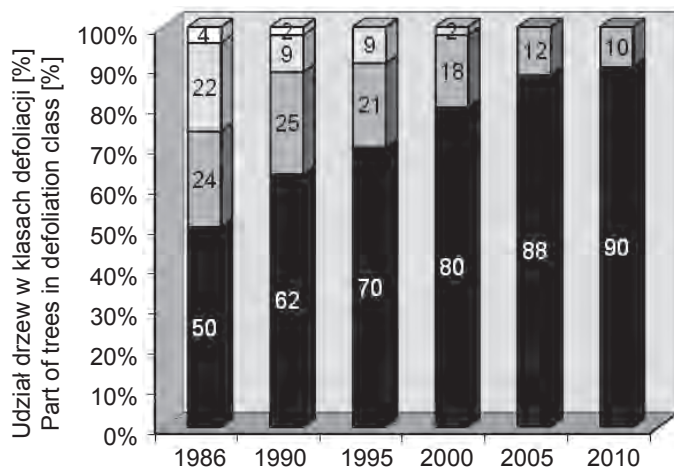
Gatunki *Pissodes piceae*, *Pityokteines spinidens*, *P. curvidens* i *P. vorontzowi* bytowały z reguły na jodłach z głównego piętra drzewostanu, natomiast *Cryphalus piceae* i *Pityophthorus pityographus* na drzewach z warstwy środkowej i dolnej. W lasach będących indywidualną własnością posusz jodłowy zasiedlany był najczęściej przez *Cryphalus piceae*, *P. pityographus* i *P. vorontzowi*. Drzewa opanowywane przez te gatunki w stopniu silnym stanowiły odpowiednio 85,3%, 60% i 55,5%. W lasach należących do wspólnot najwyższy odsetek drzew był zasiedlony w stopniu silnym przez *Pityokteines spinidens* (66,7%), *Pityophthorus pityographus* (64,3%), *Pityokteines vorontzowi* (53,8%) i *Cryphalus piceae* (50,0%) (tab. 1).

Z grupy szkodników technicznych drewna na analizowanych drzewach występowały: *Xyloterus lineatus*, *Elateroides dermestoides* oraz *Xeris spectrum* i *Sirex gigas* zasiedlające od 8,6% do 25,7% kontrolowanych drzew (tab. 1).

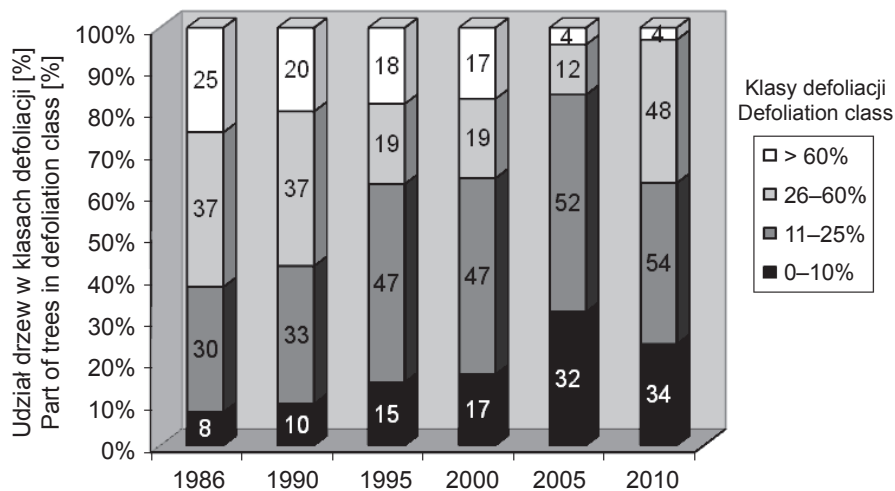
Badania nie wykazały statystycznie istotnych różnic w zakresie wpływu formy własności lasu na obecność gatunków kambiofagicznych.

Proces zamierania drzew na badanych powierzchniach, reprezentatywnych dla jodłowych drzewostanów pogórza i regla dolnego, przebiegał w ciągu całego okresu badań w sposób niezagrażający trwałości lasów. Wiązało się to z dobrym stanem fizjologicznym drzew i coraz lepszą żywotnością jodły. Stan sanitarny badanych drzewostanów okazuje się dobry, a ocena ta odnosi się

Drzewostany II–III klasy wiekowej
Stands II–III age class



Drzewostany V–VII klasy wiekowej
Stands V–VII age class



Ryc. 1. Udział monitorowanych drzew jodły pospolitej w klasach defoliacji w latach 1986–2010

Fig. 1. Participation of monitoring silver fir trees in defoliation class in period 1986–2010

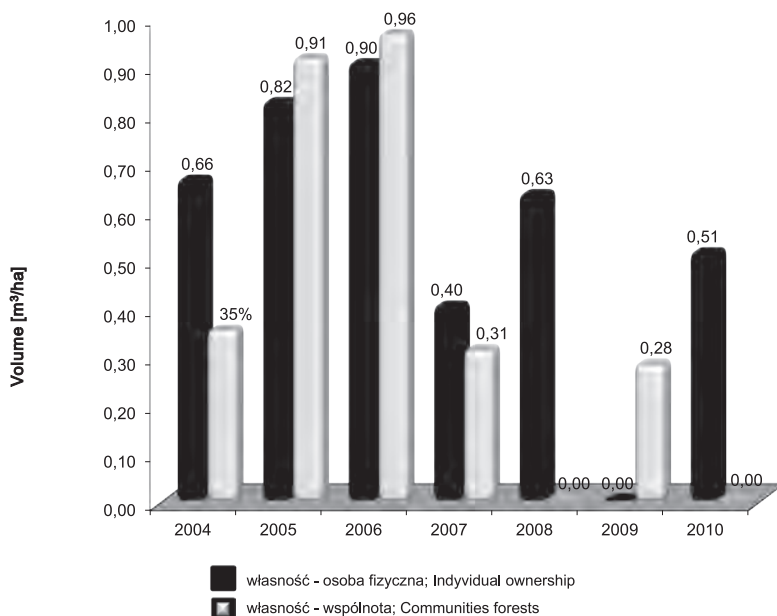
Tabela 1 — Table 1

Stalność oraz nasilenie występowania gatunków owadów na analizowanych jodłach
 Constancy and intensity of insect species occurrence in the examined Silver Fir. silver fir

Gatunek — Species	Drzewostany jodłowe — własność osób fizycznych Silver fir stands — individual ownership			Drzewostany jodłowe — wspólnot Silver fir stands — communities forests			
	stalność występowania stability of incidence [%]	nasilenie występowania intensification of occurrence [%]		stalność występowania stability of incidence [%]	nasilenie występowania intensification of occurrence [%]		
		rozproszone scattered	wzmoczone intensified		rozproszone scattered	wzmoczone intensified	silne strong
<i>Cryphalus piceae</i> (Ratz.)	52,1	8,0	32,0	60,0	20,0	30,0	50,0
<i>Pityokteines curvidens</i> (Germ.)	33,3	37,5	31,2	31,2	41,2	29,4	29,4
<i>Pityokteines spinidens</i> (Reitt.)	29,2	28,6	28,6	42,8	6,7	26,6	66,7
<i>Pityokteines vorontzovi</i> (Jacobs)	37,5	16,7	27,8	55,5	15,4	30,8	53,8
<i>Pityophthorus pityographus</i> (Ratz.)	70,8		14,7	85,3		35,7	64,3
<i>Pissodes piceae</i> (Ill.)	35,4	29,4	47,1	23,5	27,8	33,3	38,9
<i>Urocerus angur</i> Klug.	10,4	100,0			100,0		
<i>Xyloterus lineatus</i> (Oliv.)	29,2	50,0	28,6	21,4	16,7	66,6	16,7
<i>Elateroidea dermestoides</i> (Oliv.)	14,6	57,1	42,9		44,4	55,6	
<i>Callidium aeneum</i> De Geer.	16,7	50,0	50,0		38,9	61,1	
<i>Rhagium inquisitor</i> (L.)	18,7	55,5	44,5		58,3	41,7	
<i>Xeris spectrum</i> (L.)	16,7	100,0			100,0		
<i>Serropalpus barbatus</i> (Schall.)	8,3	25,0	75,0		100,0		
<i>Urocerus gigas</i> (L.)	12,5	100,0			100,0		
Liczba analizowanych drzew Total examined tree				48		50	

do wszystkich form własności lasu. Uzyskane wyniki są odmienne od informacji literaturowych przedstawianych w krajowych i zagranicznych publikacjach z lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych ubiegłego wieku (Capecki i Tuteja 1974; Król i Ząbecki 1976; Schütt 1981; Bernadzki 1983; Siwecki i Krzan 1983). Gatunki owadów i zespoły szkodników wtórnych nie stanowią obecnie zagrożenia dla drzewostanów jodłowych regla dolnego będących własnością wspólnot, jak również należących do indywidualnych właścicieli. Należy zaznaczyć, że w zamieraniu drzew mają ponadto swój udział patogeniczne grzyby powodujące choroby korzeni oraz czynniki abiotyczne.

W ciągu siedmiu lat prowadzonych badań na wyznaczonych powierzchniach próbnych zamarło 20 drzew o łącznej masie 6,73 m³, średnio rocznie było to 0,75 m³, a w odniesieniu do powierzchni 1 ha jedynie 0,38 m³ (ryc. 2). Z danych zawartych w planach urządzania lasu wynika, że przeciętny przyrost roczny drzewostanów III i IV klasy wieku w badanych nadleśnictwach wynosił od 13,46 m³/ha do 14,52 m³/ha. Porównanie wyliczonej przeciętnej masy drzew martwych przypadającej na powierzchnię 1 ha z masą spodziewanego przyrostu bieżącego wskazuje z kolei, iż udział posuszu stanowił zaledwie 2,6%. Niski wskaźnik udziału posuszu jest potwierdzeniem bardzo dobrej obecnie żywotności drzewostanów jodłowych i ich właściwego stanu sanitarnego, w przeciwieństwie do stanu zdrowotnego zamierających drzewostanów świerkowych (Król 2010).



Ryc. 2 Ilość posuszu jodłowego [m³/ha] w latach 2004–2010 w zależności od form własności lasu

Fig. 2 Volume [m³/ha] of dead European silver fir in 2004–2010 in relation to forest ownership category

Zastosowany do analizy wyników badań test *t* Studenta dla zmiennych niezależnych nie wykazał występowania w latach 2004–2010 różnic statystycznie istotnych na poziomie $\alpha = 0,05$ pomiędzy ilością posuszu w drzewostanach jodłowych będących własnością osób fizycznych a jego ilością w lasach należących do wspólnot.

Należy podkreślić, że przy obecnym stanie zdrowotnym i sanitarnym jodły oraz jej dobrej żywotności po wyposażeniu właścicieli lasów w wymagane ustawowo aktualne uproszczone plany urządzania lasu, prowadzona przez nich gospodarka leśna będzie uwzględniała potrzeby lasu. W ramach ochrony przed owadami kambiofagicznymi nie proponuje się do ich zwalczania stosowania drzew pułapkowych, ponieważ sposób gospodarowania w drzewostanach jodłowych zarówno w lasach stanowiących własność indywidualną, jak i w lasach należących do wspólnot przy obecnym doradztwie zawodowym spełnia wymagania ochrony lasu.

DYSKUSJA

Stan sanitarny górskich i podgórskich drzewostanów w lasach prywatnych budzi szczególną troskę leśników, ekologów i przyrodników. W przypadku świerka pospolitego, którego drzewostany należą do najbardziej zagrożonych w górach, liczna obecność posuszu zasiedlonego przez gatunki kambiofagiczne uznawana jest za jedną z najważniejszych przyczyn jego ustępowania (Starzyk i in. 2006; Król 2010). Wzrost nasilenia zamierania drzew, a także negatywnego ich oddziaływania na poziom zdrowotności drzewostanów świerkowych innych form własności może być również następstwem spóźnionej realizacji zadań dotyczących zwalczania tej grupy owadów. Kondycja lasów jest wypadkową oddziaływania warunków przyrodniczych, działalności gospodarczej właścicieli oraz czynników biotycznych i abiotycznych. Jodła okazała się gatunkiem bardzo wrażliwym na zanieczyszczenia powietrza. W latach 60. i 70. ubiegłego wieku utraciła zdolności homeostatyczne, co wyrażało się zamieraniem drzew i drzewostanów na całym obszarze jej naturalnego zasięgu. Wskaźnikiem fizjologicznego osłabienia było przebarwienie igieł i ich przedwczesny opad, zamiast 10–11 roczników igieł u drzew zdrowych osobniki osłabione miały ich jedynie 4–5. Stan sanitarny drzewostanów będący miernikiem ich zagrożenia przez owady kambiofagiczne uległ pogorszeniu. Krysztofik (1963) oraz Capecki i Tuleja (1974) stwierdzili wysoki udział owadów z grupy szkodników wtórnych w zamieraniu jodły. Najgroźniejszymi gatunkami były: *Pissodes piceae*, *Cryphalus piceae*, *Pityokteines spinidens*, *P. curvidens* i *P. vorontzowi*. Król i Ząbecki (1976) ustalili ponadto, że szybkość zamierania drzew osłabionych uzależniona była w dużym stopniu od owadów szkodników wtórnych i stopnia zagęszczenia ich populacji.

Prowadzone w latach 1986–2010 badania wykazały postępujący proces regeneracji jodły oraz wyraźną poprawę jej żywotności. Ustępowały symptomy chorobowe objawiające się przebarwianiem igieł, redukcją liczby roczników

igieł i przerzedzeniem koron, a usychanie gałęzi w koronach i obumieranie drzew uległo osłabieniu. Udział drzew o pełnym uigleniu w przypadku drzewostanów II–III klasy wieku zwiększył się z 50% w 1986 roku do 90% w 2010 roku. Znaczące były również korzystne zmiany w drzewostanach starszych z 8% do 34%, zmniejszeniu uległa natomiast ilość drzew o defoliacji powyżej 60%. Podobne korzystne zmiany odnotowano również podczas badań prowadzonych przez pracowników Instytutu Badawczego Leśnictwa pod kierunkiem Wawrzoniaka (Instytut Badawczy Leśnictwa 2011), na powierzchniach badawczych w drzewostanach Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Krakowie, podczas których stwierdzono wysoką zdrowotność jodły przy średniej defoliacji 16,21%.

Proces przerzedzania koron, usychania gałęzi i zamierania drzew został ograniczony. Badania wykazały spadek dynamiki wydzielania się posuszu, aktualnie jego miąższość utrzymuje się na niskim poziomie. W drzewostanach będących własnością indywidualną miąższość posuszu wynosiła 0,56 m³/ha, a w drzewostanach należących do wspólnot 0,41 m³/ha. Wartości te są o 45–60% niższe od dopuszczalnych ilości posuszu czynnego ustalonych w Instrukcji Ochrony Lasu (2004) dla drzewostanów jodłowych.

Niezależnie od formy własności badanych drzewostanów najliczniejszymi gatunkami owadów były: *Pityophthorus pityographus*, *Cryphalus piceae*, *Pityokteines spinidens*, *Pityokteines curvidens*, *Pityokteines vorontzowi* i *Pissodes piceae*. Potwierdzają to również wskaźniki występowania najgroźniejszych szkodników. Drzewa górnego piętra zasiedlał *Pissodes piceae* wspólnie z gatunkami z rodzaju *Pityokteines* oraz z *Pityophthorus pityographus*. Na drzewach warstwy środkowej i dolnej najczęściej stwierdzano *Cryphalus piceae* i *Pityophthorus pityographus*.

W badanych drzewostanach niezależnie od formy własności na analizowanych drzewach posuszowych odnotowywano obecność opieńki. W dolnej części drzew porażonych przez sprawców choroby korzeni stwierdzano występowanie *Rhagium inquisitor* i *Xyloterus lineatus*. Z grupy szkodników drewna pojawiały się tu również *X.lineatus*, *Hylecoetus dermestoides*, *Urocerus augur* i *Xeris spectrum*.

Niskie wskaźniki zamierania jodły pospolitej, jak również niewielka miąższość posuszu potwierdzają bardzo dobrą żywotność drzewostanów jodłowych. Wyniki badań Grodzkiego (2010) dotyczące stanu zdrowotnego i zagrożenia jodły w Pienińskim Parku Narodowym są bardzo zbliżone. Wydzielanie się jodły pozostaje na niewielkim poziomie, a rola owadów kambiofagicznych w jego powstawaniu była niewielka.

Przeprowadzone badania dotyczące problemów ochrony jodły w lasach prywatnych wykazały, że przy obecnym stanie środowiska i poziomie zdrowotnym tego gatunku drzewa oraz jego dobrej żywotności zarówno wspólnoty leśne, jak i indywidualni właściciele realizują zadania z zakresu profilaktyki i ochrony lasu. Korzystny wpływ na stan sanitarny badanych drzewostanów oraz ich ochronę przed wewnętrznymi i zewnętrznymi zakłóceniami miało terminowe wykonywanie zabiegów pielęgnacyjnych, powodowane

wzrostem cen drewna i osiąganymi z tego tytułu wyższymi przychodami właścicieli lasów. Skuteczną metodą ograniczania tempa zamierania drzew powinno być w dalszym ciągu nie tylko terminowe usuwanie drzew uszkodzonych przez czynniki abiotyczne, lecz również wyznaczanie, a następnie wycinanie i usuwanie z lasu drzew zasiedlonych przez owady kambiofagiczne. Zdaniem Siweckiego i Krzana (1983) drzewostany jodłowe poddawane regularnym zabiegom sanitarnym nie będą narażane na występowanie szkodliwych owadów.

Obecne użytkowanie lasów prywatnych w Małopolsce nie zagraża ich trwałości. Należy jednak podkreślić, że o ile działania z zakresu ochrony lasu prowadzone w drzewostanach jodłowych zabezpieczają właściwy ich stan, o tyle w przypadku drzewostanów świerkowych liczna obecność stojących drzew zasiedlonych przez kornika drukarza i nieterminowe ich usuwanie w znaczący sposób wpływają na stopień zagrożenia okolicznych drzewostanów świerkowych wszystkich form własności. Ograniczenie udziału świerka pospolitego oraz zgodność składu gatunkowego drzewostanów z ustalonym gospodarczym typem drzewostanu jest ważnym warunkiem uodpornienia lasów prywatnych na działanie czynników biotycznych i abiotycznych. Uzupełnienia i doskonalenia wymaga forma stosowanego doradztwa i opieki nad lasami niestanowiącymi własności Skarbu Państwa.

Prezentowane wyniki są uzupełnieniem monitoringu biologicznego i poszerzają informacje o stanie drzewostanów jodłowych, jak również roli owadów w procesie zamierania drzew. Sytuacja drzewostanów jodłowych wskazuje, że walka ze szkodnikami wtórnymi powinna należeć do pierwszoplanowych zadań, a od jej skuteczności zależeć będzie stan zdrowotny i sanitarny lasów prywatnych.

WNIOSKI

1. W okresie 1986–2010 nastąpiły bardzo korzystne zmiany w żywotności jodły we wszystkich klasach wieku. W drzewostanach II i III klasy wieku na końcu wspomnianego okresu nie występowały drzewa o redukcji aparatu asymilacyjnego powyżej 25%, a w drzewostanach starszych udział drzew o defoliacji powyżej 60% zmniejszył się z 25% do 4%.

2. Nasilenie wydzielenia się drzew pozostawało na niskim poziomie, miąższość posuszu w drzewostanach będących własnością indywidualną wynosiła przeciętnie w roku 0,56 m³/ha, a w drzewostanach należących do wspólnot 0,41 m³/ha.

3. Najgroźniejszymi owadami kambiofagicznymi występującymi na analizowanych martwych drzewach, niezależnie od formy własności lasu, były: *Pissodes piceae*, *Pityokteines curvidens*, *Pityokteines spinidens*, *Pityokteines vorontzowi* i *Cryphalus piceae*.

4. Wyniki badań dotyczących problemów ochrony jodły w lasach prywatnych wykazały, że przy obecnym jej stanie zdrowotnym, bez względu na to, czy są użytkowane przez indywidualnych właścicieli, czy przez wspólnoty, trwałość drzewostanów jodłowych nie jest zagrożona.

LITERATURA

- Bernadzki E. 1983. *Zamieranie jodły w granicach naturalnego zasięgu*. [w:] S. Białobok (red.). *Jodła pospolita — Abies alba Mill.* PWN, Warszawa-Poznań: 483–501.
- Capecki Z., Tuteja W. 1974. *Usychanie jodły w lasach południowej Polski*. Sylwan 118, 12: 1–16.
- Gołos P. 2008. *Stan lasów prywatnych w Polsce*. Leśne Prace Badawcze 69: 321–335.
- Grodzki W. 2010. *Stan zdrowotny i zagrożenia jodły Abies alba i świerka Picea abies w Pienińskim Parku Narodowym*. Pieniny-Przyroda i Człowiek 11: 55–67.
- Jaworski A. 1994. *Hodowla lasu. Wymagania siedliskowe ważniejszych gatunków drzew a zasady ich odnawiania*. AR Kraków.
- Instrukcja Ochrony Lasu*. 2004. PGL-LP, Warszawa.
- Instytut Badawczy Leśnictwa. 2011. *Stan uszkodzenia lasów w Polsce w 2010 roku na podstawie badań monitoringowych*. Wawrzoniak i in. Sękocin Stary, czerwiec 2011.
- Król A. 1981. *Najważniejsze przyczyny zamierania jodły pospolitej*. Wszechświat 10: 236–237.
- Król A., Ząbecki W. 1976. *Szkodniki wtórne i techniczne drzewostanów jodłowych w Ojcowskim Parku Narodowym*. Sylwan 120, 5: 1–10.
- Król A. 2007a. *Organizacyjne aspekty nadzoru nad lasami prywatnymi*. Sylwan 152, 3: 58–65.
- Król A. 2007b. *Profilaktyka i zwalczanie kornika drukarza w lasach prywatnych Małopolski*. Przegląd Leśniczy 32–33.
- Król A. 2010. *Problemy ochrony lasów prywatnych Małopolski ze szczególnym uwzględnieniem górskich drzewostanów świerkowych*. Sylwan 154, 10: 694–704.
- Król A. 2011. *Miejsce i rola lasów prywatnych w leśnictwie polskim*. [w:] *Strategia rozwoju lasów i leśnictwa w Polsce do roku 2030*. IBL-Sękocin Stary: 83–100.
- Krysztofik E. 1963. *Refleksje na temat jodły pospolitej (Abies alba Mill.)*. Sylwan 107, 4: 47–54
- Schütt P. 1981. *Erste Aussätze zur experimentellen Klärung des Tannensterbens*. Schweiz. Z. Forstwes. Jg. 132, 6: 443–452.
- Siwecki R., Krzan Z. 1983. *Ważniejsze choroby i szkodniki*. [w:] S. Białobok (red.). *Jodła pospolita — Abies alba Mill.* PWN, Warszawa-Poznań: 503–533.
- Starzyk J.R., Grodzki W., Kosibowicz M., Michalcewicz J., Rossa R. 2006. *Zgrupowania i zespoły owadów kambio- i ksylofagicznych w świerkowych lasach gospodarczych i objętych ochroną w Gorcach*. Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody 25, 4: 37–59.

Summary

Alfred Król

Present-day problems of European silver fir (*Abies alba* Mill.) in Malopolska private forests

Area of private forests on the terrain of Malopolska Voivodship constitutes 187 546 ha out of which 168 889 ha belong to individual private owners, and 14 259 ha to commune owners. In montane and submontane regions private forests are a dominant form of ownership characterized by fragmented ownership, where to one owner belongs slightly more than one hectare of forest. In forests species composition the share of European silver fir is 25.2%; it is the most frequently represented in the Stary Sacz Forest Inspectorate, where it constitutes 49.9%.

The vitality evaluation carried out over the period 1986–2010 showed evident change for the better of fir stands within the all age classes. In forest stands of I to III age classes in 2010 year one could only find the occurrence of trees up to 25% of defoliation. Trees with needles reduction up to 10% made 90%. In older stands, the percentage of trees with loss of needles up to 25% over the period of 25 years increased, and they constituted 88%, whereas in 1986 year their share was no more than 38%.

The occurrence of 14 species of insects were found in analyzed trees. Trees from the upper story of the forest stand were the most frequently colonized by *Pissodes piceae*, *Pityokteines spinidens*, *Pityokteines curvidens* i *Pityokteines vorontzowi*, whereas those from the mid-stories and lower ones were colonized by *Cryphalus piceae* i *Pityophthorus pityographus*. The studies did not show statistically significant differences in the occurrence of cambiophagous insects depending on forest ownership form.

During the period of 2004–2010 20 trees died on sample plots with a total volume of 6.73 m³, annually on the average, the volume of dead trees was 0.38 m³/ha. The largest volume of dead trees was inventoried in 2005 and 2006 year; in forest belonging to individual private owners respectively 0.82 m³ and 0.90 m³, and in forest stands belonging to commune owners respectively 0.91 m³ and 0.96 m³.

Student's t-test for independent variables applied to analysis of results did not show statistically significant differences at the $\alpha = 0.05$ significance level between the produced volume of dead standing trees in 2004–2010 in fir stands belonging to individual private owners and in forests remaining under control of commune owners.

The detected species of insects and communities of secondary pests do not pose nowadays a threat to fir stands of analyzed forms of forest ownership.

ZWIĄZEK DOKŁADNOŚCI MODELU ZBIEŻYSTOŚCI Z WIELKOŚCIĄ POBRANEJ PRÓBY*

Jarosław Socha
Stanisław Grabczyński
Wojciech Ochał

Katedra Dendrometrii
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
al. 29-Listopada 46
PL 31-425 Kraków, Poland
(rlsocha@cyf-kr.edu.pl)

ABSTRACT

J. Socha, S. Grabczyński, W. Ochał 2012. *Relationship between the accuracy of a taper model and a taken sample size.* Acta Agr. Silv. ser. Silv. 50: 83–92.

The aim of this work was to determine a sample size needed to develop a taper model. Relationship between sample size used in development of taper model and the accuracy of the tree volume and stem profile determination was analyzed. On the basis of conducted analysis there was determined both minimal and optimal sample size necessary to correct elaboration of local tree taper model.

KEY WORDS: stem volume, taper model, accuracy, sample size

SŁOWA KLUCZOWE: miąższość drzew, model zbieżystości, dokładność, wielkość próby

I. WSTĘP

Kształt pni drzew coraz częściej opisuje się za pomocą matematycznych równań nazywanych w literaturze modelami kształtu lub modelami zbieżystości (Kilkki i in. 1978, Kozak i Smith 1993, Socha 2002, Bruchwald 2004). Przebieg krzywej morfologicznej strzały wyznacza się na podstawie zbioru zmiennych wyjaśniających, najczęściej pierśnicy i wysokości drzewa. Dzięki temu bez ścinki drzew możliwe jest określenie miąższości pnia lub dowolnych jego sortymentów wymiarowych. Precyzyjne określenie miąższości klas wymiarowych drewna na pniu niezbędne jest do przeprowadzenia wyceny wartości drzew i drzewostanów oraz wykonania szacunków brakarskich. Metody zapewniające uzyskanie wiarygodnych wyników odnośnie do ilości drewna w drzewostanie z podziałem na klasy wymiarowe w uzasadnionych przypadkach pozwoliłyby na prowadzenie przez właścicieli lub zarządców obszarów leśnych sprzedaży drewna na pniu. Taki sposób postępowania mógłby się przyczynić do podniesienia ekonomicznej efektywności gospodarowania przy jednoczesnym ograniczeniu nakładu sił i środków związanych z pracami zrębowymi oraz logistyką transportu i sprzedaży drewna.

* Badania wykonano w ramach tematu DS-3418/KD/12

Niestety, podobnie jak to ma miejsce w przypadku tablic miąższości, stosowanie modeli zbieżystości opracowanych dla dużych obszarów (np. dla danego kraju) w warunkach lokalnych może być obarczone dużymi błędami (Wensel i Olson 1995, Socha 2003). Szczególnie niekorzystne jest, gdy dane rozwiązanie charakteryzuje się przewagą błędów tego samego znaku. Niedogodność tą dostrzegano już w XIX wieku w Niemczech, gdzie opracowano jedno z pierwszych tablic miąższości drzew stojących. W celu uwzględnienia różnic w kształcie drzew z różnych regionów Niemiec tablice opracowano oddzielnie dla każdego regionu (Baur 1890). Badania nad lokalną zmiennością kształtu prowadzone w Polsce pozwoliły opracować wzory empiryczne służące do określania miąższości drzewostanów sosnowych z uwzględnieniem regionalizacji przyrodniczej (Bruchwald i Rymer-Dudzińska 1998).

Określanie miąższości drzew i ich części na podstawie dwóch podstawowych cech: pierśnicy i wysokości, wskazane z praktycznego punktu widzenia, obarczone jest błędami wynikającymi głównie ze zmienności kształtu strzał. Stanowi ona między innymi wynik różnic w tempie przyrostu grubości na różnych wysokościach strzały oraz różnic w przyroście wysokości drzew (Mitscherlich 1970). Różnice te mogą być spowodowane przez wiele czynników, wśród których wymienić należy: zmienność gatunkową, czynniki klimatyczne, jakość siedliska, wiek, zagęszczenie drzewostanu oraz czynniki genetyczne (Muhairwe 1994, Karlsson 2000, Socha i Kulej 2005). Kształt górnego odcinka strzał drzew determinowany jest również wielkością korony (Larson 1963, Socha 2002). Drzewa o dłuższych koronach są na ogół cieńsze w części wierzchołkowej w porównaniu z drzewami o takich samych pierśnicach i wysokościach, ale o krótszych koronach. O kształcie strzał decydują niekiedy czynniki genetyczne. W badaniach dotyczących zmienności proveniencyjnej jodły olbrzymiej stwierdzono, że na zmienność kształtu strzały wpływa pochodzenie (Socha i Kulej 2005). Wysadzone w warunkach Polski pochodzenia, których drzewostany macierzyste wzrastały w wyższych położeniach n.p.m. w Kanadzie, przy równych wymiarach pierśnicy i wysokości charakteryzowały się większą miąższością pnia w porównaniu z pochodzeniami z niższych położeń. W przypadku drzewostanów bukowych Dudzińska (2003) stwierdziła występowanie różnic w kształcie strzał buka górskiego i nizinnego. Podobne wnioski wynikają z badań nad kształtem strzał świerka (Ciosmak 2002, Socha 2002).

Z licznych badań nad dokładnością stosowanych obecnie sposobów określania miąższości drzewostanów wynika, że w pojedynczych przypadkach możliwe są znaczne błędy oszacowania miąższości. W celu ich wyeliminowania konieczne jest opracowanie lokalnych wzorów (tablic) służących do określania miąższości, które byłyby stosowane na ograniczonych obszarach, na przykład nadleśnictw lub krain przyrodniczo-leśnych. Opracowanie lokalnych wzorów empirycznych lub modeli zbieżystości wymaga zebrania na danym terenie materiału empirycznego pochodzącego z pomiaru losowo wybranej próby drzew. W tym miejscu pojawia się pytanie: jaka wielkość próby jest konieczna do opracowania lokalnych modeli zbieżystości? Celem niniejszej pracy jest w związku z tym zbadanie zależności między wielkością próby

użytej do oszacowania parametrów modelu zbieżności a dokładnością określania miąższości za jej pomocą.

II. MATERIAŁ I METODYKA

Materiał badawczy stanowią wyniki pomiaru sekcyjnego wykonanego na 1142 drzewach pochodzących z pięciu ponad 100-letnich drzewostanów świerkowych Nadleśnictw Wisła i Ujsoły (tab. 1).

Tabela 1 — Table 1

Charakterystyka drzewostanów, w których zebrano materiał badawczy
Characteristic of the stands in which empirical material was collected

Położenie Location					Cechy taksacyjne Feature of the stand					
Nadleśnictwo Forest district	Leśnictwo Subarea of forest district	Oddział Department	Wzniesienie n.p.m. [m] Altitude a.s.l. [m]	Siedliskowy typ lasu The habitat type of forest	Wiek [lat] Age [year]	Przeciętna piersznica [cm] Quadratic mean diameter [cm]	Przeciętna wysokość [m] Lorey's mean height [m]	Wskaźnik bonitacji [m] Site index [m]	Zasobność [m ³ .ha ⁻¹] Volume [m ³ .ha ⁻¹]	Wskaźnik zadrzewienia Density index
Ujsoły	Laliki	26b	600	LMG	111	42,4	35,02	33,77	478	0,60
Wisła	Beskidek	64c	650	LMG	120	44,4	36,68	34,65	586	0,71
Wisła	Olecki	34c	800	LMG	103	40,8	30,11	29,69	413	0,62
Ujsoły	Petkówka	249c	830	LG	113	50,1	38,15	36,82	590	0,66
Ujsoły	Petkówka	246c	1000	LMG	122	48,8	36,13	33,89	494	0,62

Przedstawiony materiał posłużył do opracowania modelu kształtu strzały. Model ten składa się z zestawu 20 równań opisujących względne grubości na względnych wysokościach pnia wynoszących kolejno: 0,0125 h , 0,05 h , 0,10 h , 0,15 h i dalej z odstopniowaniem co 0,05 h aż do wysokości 0,95 h (Socha 2002, Socha i Kubik 2005).

Grubości względne na przyjętych względnych wysokościach zostały obliczone według wzoru:

$$d_{wj} = \frac{d_j}{d} \quad (1)$$

gdzie:

d_{wj} — względna grubość na względnej wysokości j ,

d_j — grubość w korze na względnej wysokości j ,

d — pierśnica drzewa,

j — 0,0125 h , 0,05 h , 0,10 h , 0,15 h , ..., 0,95 h .

Przeliczone na wartości względne grubości z poszczególnych względnych wysokości strzały zostały powiązane z pierśnicą i wysokością drzew za pomocą następującego modelu regresji wielokrotnej:

$$\hat{d}_{wj} = \beta_{0j} + \beta_{1j} \cdot d + \beta_{2j} \cdot h \quad (2)$$

gdzie:

\hat{d}_{wj} — względna grubość w korze na względnej wysokości j ($j = 0,0125$ h , 0,05 h , 0,10 h , 0,15 h , ..., 0,95 h),

β_{0j} , β_{1j} , β_{2j} — parametry równania do obliczenia grubości na względnej wysokości j .

Współczynniki modelu zbieżystości przedstawionego ogólnym równaniem (2) oszacowane zostały na podstawie prób różniących się liczebnością. Drzewa do kolejnych prób wybierane były z całości materiału badawczego za pomocą generatora liczb pseudolosowych. Na podstawie każdej wylosowanej próby opracowano zestaw równań do określania grubości względnych. Każdy zestaw będący swoistym modelem kształtu strzały składał się z 20 równań oszacowanych metodą regresji wielokrotnej, które na podstawie pierśnicy i wysokości drzewa pozwalają na wyliczenie grubości na przyjętych względnych wysokościach strzały. W efekcie przeprowadzonych losowań otrzymano 19 zestawów równań (modeli zbieżystości) do określania kształtu strzał różniących się liczbą drzew próbnych użytych do ich opracowania.

Korzystając z wymienionych 19 zestawów równań (modeli kształtu), na podstawie pierśnicy i wysokości określano kształt i miąższość każdego z 1142 drzew. Miarą dokładności poszczególnych modeli była zgodność przebiegu krzywej morfologicznej i miąższości wyznaczonej według modeli z rzeczywistą krzywą morfologiczną i miąższością, które określono na podstawie danych pochodzących z pomiaru sekcyjnego.

III. WYNIKI BADAŃ

W wyniku przeprowadzonych obliczeń otrzymano 19 modeli zbieżystości, z których każdy opracowany został na innej liczbie drzew. Liczebność kolejnych analizowanych prób wynosiła: 1001, 766, 517, 393, 297, 250, 200, 143, 101, 81, 49, 43, 31, 26, 19, 14, 10, 7, 4. Przykładowe współczynniki zestawu równań oszacowane na podstawie najliczniejszej próby przedstawiono w tab. 2.

Poszczególne zestawy równań wykorzystano do określenia miąższości grubizny oraz do określenia przebiegu krzywej morfologicznej strzały dla każdego z 1142 drzew.

Tabela 2 — Table 2

Współczynniki równań oszacowane metodą regresji wielorakiej oraz ocena ich istotności
(test t; liczebność próby — 1001 drzew)

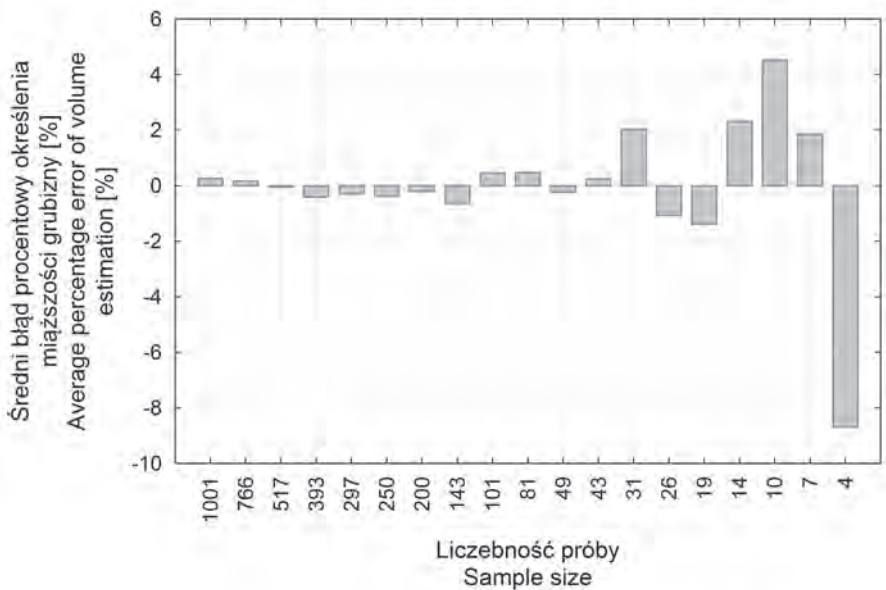
The coefficients of the taper model and estimation its significance
(t-test; sample size — 1001 trees)

Wysokość Height	β_{0j}	t	p	β_{1j}	t	p	β_{2j}	t	p
0,0125 h	1,2146	102,37	0,00	-0,00117	-4,74	0,00	-0,00154	-3,10	0,00
0,05 h	1,0712	176,28	0,00	-0,00123	-9,69	0,00	-0,00185	-7,30	0,00
0,10 h	0,9899	124,82	0,00	-0,00225	-13,59	0,00	0,00028	0,86	0,39*
0,15 h	0,9478	111,41	0,00	-0,00255	-14,37	0,00	0,00104	2,93	0,00
0,20 h	0,9124	105,48	0,00	-0,00257	-14,23	0,00	0,00136	3,77	0,00
0,25 h	0,8828	100,49	0,00	-0,00257	-14,04	0,00	0,00151	4,12	0,00
0,30 h	0,8549	96,36	0,00	-0,00247	-13,33	0,00	0,00144	3,88	0,00
0,35 h	0,8254	90,89	0,00	-0,00239	-12,59	0,00	0,00139	3,68	0,00
0,40 h	0,7985	86,75	0,00	-0,00225	-11,69	0,00	0,00112	2,93	0,00
0,45 h	0,7735	83,61	0,00	-0,00215	-11,11	0,00	0,00079	2,05	0,04
0,50 h	0,7417	79,96	0,00	-0,00206	-10,64	0,00	0,00059	1,54	0,12*
0,55 h	0,7010	75,53	0,00	-0,00212	-10,94	0,00	0,00075	1,94	0,05*
0,60 h	0,6601	70,41	0,00	-0,00230	-11,75	0,00	0,00097	2,48	0,01
0,65 h	0,6132	65,22	0,00	-0,00273	-13,90	0,00	0,00153	3,89	0,00
0,70 h	0,5543	59,32	0,00	-0,00306	-15,67	0,00	0,00208	5,35	0,00
0,75 h	0,4972	53,24	0,00	-0,00350	-17,93	0,00	0,00253	6,51	0,00
0,80 h	0,4305	47,52	0,00	-0,00361	-19,11	0,00	0,00260	6,87	0,00
0,85 h	0,3405	40,33	0,00	-0,00341	-19,34	0,00	0,00270	7,67	0,00
0,90 h	0,2333	32,43	0,00	-0,00265	-17,63	0,00	0,00234	7,80	0,00
0,95 h	0,1230	24,70	0,00	-0,00152	-14,66	0,00	0,00145	6,97	0,00

* współczynnik nieistotnie różny od zera — coefficient insignificantly different from zero

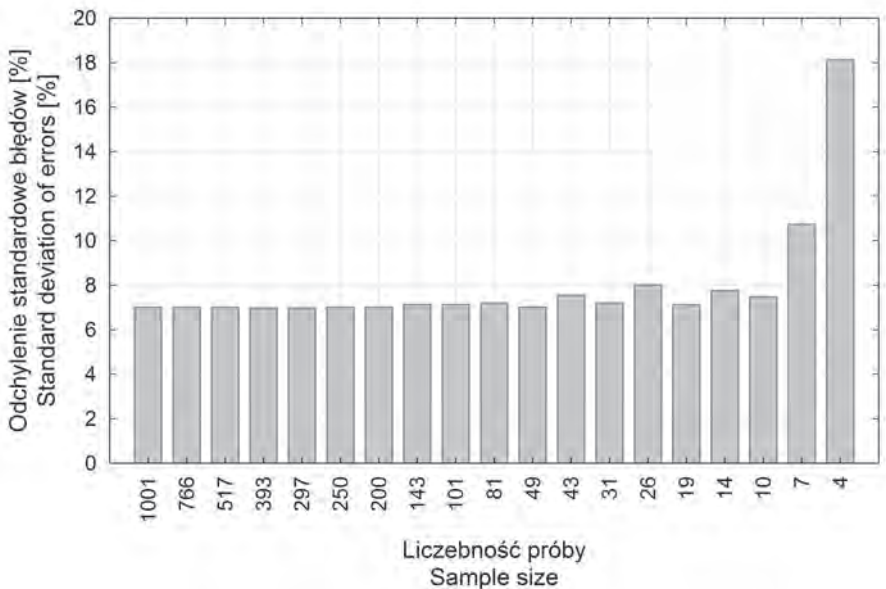
Średnie błędy określenia miąższości strzały związane są z liczbą drzew wykorzystanych do budowy modelu. Wyraźny wzrost ich wartości bezwzględnych obserwuje się w przypadku prób o liczebności mniejszej niż 40. Dla modeli zbudowanych na większej liczbie drzew średni błąd określenia miąższości w żadnym przypadku nie przekraczał 0,7% (ryc. 1).

Odchylenia standardowe błędów procentowych określenia miąższości pojedynczego drzewa, świadczące o rozrzucie błędów, zwiększają się znacznie dopiero w przypadku modeli opracowanych na liczbie drzew mniejszej niż 50 (ryc. 2). Niewielki wzrost odchylenia standardowego błędów można zauważyć jednak już w przypadku modeli, które zostały zbudowane w oparciu o liczbę drzew mniejszą niż 200.



Ryc. 1. Zależność średniego błędu procentowego określenia miąższości drzewa od liczby drzew wykorzystanych do budowy modelu zbieżystości

Fig. 1. Dependence between percentage error of volume estimation and number of trees used in development of taper model



Ryc. 2. Odchylenie standardowe błędów procentowego określenia miąższości drzewa w zależności od liczby drzew wykorzystanych do budowy modelu zbieżystości

Fig. 2. Standard deviation of percentage errors of volume estimation depending on the number of trees used in development of taper model

Tabela 3 — Table 3

Błędy standardowe określenia grubości na różnych wysokościach strzały przy zastosowaniu modeli zbieżności zbudowanych na podstawie prób o różnej liczebności

Standard errors of diameter estimation on different stem height using taper models developed with the use of empirical data from different sample size

Liczebność próby Sample size	Wysokość względna — The relative height																			
	Odchylenie standardowe błędu określenia grubości z poszczególnych wysokości względnych strzały [cm] Standard deviation of errors of diameter determination [cm]																			
	0,0125	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
1001	1,86	1,04	1,35	1,43	1,47	1,48	1,49	1,51	1,52	1,52	1,51	1,51	1,50	1,50	1,48	1,47	1,40	1,28	1,08	0,75
766	1,86	1,04	1,35	1,44	1,47	1,48	1,49	1,51	1,52	1,52	1,51	1,51	1,51	1,50	1,48	1,47	1,40	1,28	1,08	0,75
517	1,86	1,04	1,35	1,43	1,47	1,48	1,49	1,51	1,52	1,52	1,51	1,51	1,51	1,51	1,48	1,48	1,40	1,28	1,08	0,75
393	1,86	1,04	1,35	1,43	1,47	1,48	1,49	1,52	1,52	1,52	1,53	1,51	1,51	1,51	1,48	1,47	1,40	1,28	1,08	0,75
297	1,86	1,03	1,35	1,43	1,47	1,48	1,49	1,51	1,52	1,52	1,51	1,51	1,51	1,50	1,48	1,47	1,40	1,29	1,09	0,75
250	1,86	1,04	1,37	1,46	1,49	1,50	1,51	1,53	1,54	1,53	1,52	1,52	1,52	1,51	1,48	1,48	1,41	1,29	1,08	0,75
200	1,88	1,05	1,36	1,45	1,48	1,49	1,50	1,52	1,53	1,53	1,52	1,51	1,51	1,50	1,48	1,47	1,41	1,28	1,08	0,75
143	1,93	1,06	1,40	1,48	1,53	1,53	1,54	1,57	1,58	1,55	1,55	1,54	1,53	1,52	1,50	1,49	1,43	1,30	1,10	0,77
101	1,87	1,04	1,36	1,44	1,47	1,48	1,50	1,52	1,55	1,55	1,54	1,54	1,53	1,53	1,50	1,42	1,29	1,08	0,75	0,75
81	1,86	1,04	1,35	1,44	1,47	1,49	1,51	1,54	1,56	1,55	1,55	1,56	1,56	1,56	1,53	1,46	1,32	1,09	0,75	0,75
49	1,98	1,04	1,39	1,47	1,48	1,50	1,52	1,54	1,55	1,54	1,54	1,54	1,54	1,55	1,53	1,44	1,33	1,08	0,75	0,75
43	1,92	1,06	1,37	1,52	1,54	1,54	1,54	1,60	1,62	1,64	1,57	1,64	1,70	1,69	1,70	1,72	1,61	1,47	1,17	0,81
31	1,87	1,12	1,43	1,53	1,55	1,51	1,52	1,54	1,56	1,52	1,52	1,51	1,52	1,51	1,48	1,49	1,43	1,32	1,14	0,78
26	1,97	1,16	1,50	1,61	1,70	1,73	1,68	1,74	1,69	1,74	1,70	1,66	1,69	1,69	1,63	1,58	1,44	1,35	1,13	0,80
19	1,93	1,11	1,40	1,49	1,54	1,57	1,52	1,56	1,54	1,53	1,55	1,52	1,56	1,61	1,58	1,54	1,50	1,36	1,09	0,75
14	1,97	1,15	1,39	1,50	1,54	1,52	1,59	1,63	1,65	1,67	1,70	1,62	1,63	1,66	1,62	1,65	1,63	1,49	1,21	0,79
10	1,98	1,07	1,38	1,45	1,48	1,49	1,51	1,54	1,55	1,54	1,54	1,63	1,61	1,66	1,68	1,60	1,54	1,39	1,22	0,77
7	2,15	1,47	2,05	2,15	2,24	2,25	1,99	2,25	2,06	2,43	2,16	2,04	1,91	2,02	1,90	1,97	1,88	1,57	1,17	0,76
4	2,50	2,13	3,66	4,07	3,67	3,36	3,64	2,92	3,04	3,06	2,71	2,77	3,49	4,64	4,15	3,46	2,60	2,05	1,55	0,81

Pełny obraz dokładności wzorów służących do określania kształtu strzał uzyskać można dopiero na podstawie analizy dokładności określania grubości z różnych wysokości strzały. Dla poszczególnych wysokości względnych dokładność określenia grubości zależy od liczby drzew, które zostały wykorzystane do budowy modelu. Dla większej części analizowanych grubości wzrost rozrzutu błędów nastąpił w przypadku zastosowania modeli opracowanych na podstawie 143 lub mniejszej liczby drzew (tab. 3). Jedynie dla grubości z wysokości względnej $0,15 h$ zwiększenie odchylenia standardowego błędów określenia grubości nastąpiło przy zastosowaniu do jej określania równań opracowanych na podstawie liczby drzew mniejszej niż 250.

IV. DYSKUSJA WYNIKÓW

Przeprowadzone analizy wskazują na to, że do opracowania dość dokładnego modelu zbieżystości konieczna jest próba złożona z co najmniej 50 sekcyjnie pomierzonych drzew. Zwiększanie liczby drzew wykorzystywanych do budowy modelu do około 200 przynosi stosunkowo niewielki wzrost dokładności zarówno pod względem określania miąższości, jak i określania kształtu. Stosowanie do budowy modelu zbieżystości liczby drzew większej niż 250 także nie powodowało zwiększenia dokładności modelu. Można zatem uznać, że przy zmienności kształtu zbliżonej do tej, jaka występuje w rębnych drzewostanach świerkowych, do zbudowania dokładnego lokalnego modelu zbieżystości potrzeba około 250 drzew. Dalsze poszerzanie materiału badawczego nie powoduje zwiększenia dokładności określania miąższości i kształtu drzew. Przeprowadzone badania potwierdzają jednak wyniki dotychczasowych studiów świadczących o tym, że rozwiązania służące określeniu kształtu i miąższości drzew, w których to rozwiązaniach zmiennymi wyjaśniającymi są pierśnica i wysokość, niezależnie od sposobu budowy wzorów czy tablic charakteryzują się w przypadku pojedynczych drzew dość dużymi błędami. Wielkość tych błędów wynika ze zmienności kształtu drzew, która pomimo wyłączenia wpływu pierśnicy i wysokości pozostaje nadal duża. Dla analizowanych 1142 drzew współczynnik zmienności liczby kształtu z wyłączonym wpływem pierśnicy i wysokości wyniósł 6,8%. Na tej podstawie można stwierdzić, że w przypadku pojedynczych drzew błąd określenia miąższości na podstawie pierśnicy i wysokości z prawdopodobieństwem 0,99 zawarty jest w przedziale od -21% do +21%.

Opracowanie lokalnych wzorów empirycznych do określania kształtu i miąższości drzew stojących może zatem skutkować eliminacją błędów systematycznych wywołanych lokalnymi różnicami w kształcie drzew. Nawet jednak lokalne wzory empiryczne, w których zmiennymi wyjaśniającymi będą pierśnice i wysokości drzew, nie przyczynią się do zwiększenia dokładności określania miąższości dla pojedynczych drzew.

V. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

- Opracowanie lokalnych równań empirycznych służących do określania kształtu i miąższości strzał opartych na pierśnicy i wysokości drzew w litych drzewostanach świerkowych danej klasy wieku jest możliwe już przy zastosowaniu materiału badawczego zebranego z co najmniej 50 drzew.
- Zwiększanie liczebności próby do około 200–250 drzew powoduje nieznaczny wzrost dokładności wzorów empirycznych. Zwiększanie liczebności próby powyżej 250 drzew nie powoduje zmian wartości parametrów modelu i zmniejszenia zakresu błędów określenia miąższości.
- Niezależnie od liczebności materiału badawczego wykorzystanego przy opracowaniu wzorów empirycznych służących do określania kształtu i miąższości w przypadku gdy zmiennymi wyjaśniającymi są pierśnica i wysokość drzew, błąd określenia pojedynczego drzewa waha się w granicach od około –17% do około +24%, co wynika ze zmienności kształtu strzał niezwiązanej z pierśnicą i wysokością.
- Do opracowania dokładnych wzorów empirycznych służących do określania kształtu i miąższości pojedynczego drzewa poza pierśnicą i wysokością drzew należałoby zastosować dodatkowe zmienne wyjaśniające, którymi mogą być na przykład grubości pomierzone na strzale pochodzące z wyższych części pnia.

LITERATURA

- Baur F. 1890. *Formzahlen und Massentafeln für die Fichte*. Verlag von Paul Parey, Berlin.
- Bruchwald A. 2004. *Pośredni sposób budowy modelu przekroju podłużnego strzały bez kory sosny*. Sylwan 8: 3–7.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T. 1988. *Empirical formulas for determining the stem volume of standing spruce trees*. Ann. Warsaw Agric. Univ. — SGGW-AR, For. and Wood Technol. 36: 57–60.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T. 1998. *Wzory empiryczne do określania pierśnicowej liczby kształtu strzał sosen w korze z uwzględnieniem krain przyrodniczo-leśnych*. Sylwan 8: 5–13.
- Ciosmak P. 2002. *Pełność strzał świerka bez kory*. Sylwan 4: 81–88.
- Dudzińska M. 2003. *Model of percentage of stem section volume in the total stem volume for the mountain and the lowland beech*. Sylwan 4: 28–3.
- Karlson K. 2000. *Stem Form and Taper Changes After Thinning and Nitrogen Fertilization in Picea abies and Pinus sylvestris Stands*. Scand. J. For. Res. 6: 621–632.
- Kilki P., Sarmäki M., Varmola M. 1978. *A simultaneous equation model to determine taper curve*. Silva Fennica 12(2): 120–125.
- Kozak A., Smith J.G.H. 1993. *Standards for evaluating taper estimating systems*. For. Chron. 69: 438–444.
- Larson P.R. 1963. *Stem form development of forest trees*. For. Sci. Monograph 5. Society of American Foresters, Bethesda, MD, 42 s.
- Mitscherlich G. 1970. *Wald, Wachstum und Umwelt*: 5–144. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M.
- Muhairwe C.K. 1994. *Tree form and taper variation over time for interior lodgepole pine*. Can. J. For. Res. 24: 1904–1913.
- Siekierski K. 1992. *Model zbieżności strzał sosen*. Sylwan 10: 43–51.

- Socha J. 2002. *A taper model for Norway spruce (Picea abies (L.) Karst.)*. Electr. J. Pol. Agric. Univ., Forestry, 5(2). Available from <http://www.ejpau.media.pl/series/volume5/issue2/forestry/art-03.html> [cited 24 November 2004].
- Socha J. 2003. *Ocena dokładności wybranych sposobów określania miąższości drzew stojących w górskich drzewostanach świerkowych*. Sylwan 4: 78–86.
- Socha J., Kubik I. 2005. *Model zbieżystości strzał dla górskich drzewostanów świerkowych średnich klas wieku*. Sylwan 1: 42–52.
- Socha J., Kulej M. 2005. *Provenance-dependent variability of Abies grandis stem form under mountain conditions of Beskid Sądecki (southern Poland)*. Can. J. For. Res. 35: 1–14.
- Wensel L.C., Olson C.M. 1995. *Tree taper models for major California conifers*. Hilgardia 62(3): 1–16.

Summary

J. Socha, S. Grabczyński, W. Ochał

Relationship between the accuracy of a taper model and a taken sample size

In order to describe a stem form there are frequently used so called stem profile or taper models. In this paper we analyzed relationship between accuracy of linear taper model and sample size used to its development. Taper data for this study came from section measurements of 1142 trees from five over 100 years old Norway spruce stands growing in the Wisła and Ujsoly Forest Districts (tab. 1). The taper model presented in this study is based on the equations developed to estimate relative diameters (dw_j) at 20 relative stem heights ($j = 0,0125 h, 0,05 h, 0,10 h, \dots, 0,95 h$). Relative diameters were estimated according to the equation (1) and were described as a function of tree dbh and height according to equation (2). Parameters of taper model (tab. 2) were estimated on the basis of random samples size coming from: 1001, 766, 517, 393, 297, 250, 200, 143, 101, 81, 49, 43, 31, 26, 19, 14, 10, 7 and 4 trees. As the results of conducted calculations 19 taper models were received. It was stated that independently on a sample size used in development of a taper models, in the case when as independent variables dbh and h were used, the error of tree volume estimation occurs between -17% and $+24\%$. Development of local empirical equations for determination of tree form and volume based on diameter at breast height (dbh) and tree height (h) it is possible when the sample size consist at least the empirical data from 50 trees. Increase of sample size over 250 trees does not result in changes of model parameters and reduction of the tree volume determination error.

*Department of Forest Mensuration
University of Agriculture in Krakow*

SPIS TREŚCI CONTENTS

T. KOWALSKI, W. KRAJ, T. SZESZYCKI: Badania nad zamieraniem jesionu w drzewostanach nadleśnictwa Rokita.....	3
The studies on ash decline in Rokita Forest District stands.	22
M. SKRZYPCZYŃSKA, T. KUPCZAK: Owady zasiedlające szyszki świerka pospolitego <i>Picea abies</i> (L.) H. Karst. w wybranych drzewostanach Beskidu Śląskiego i Beskidu Żywieckiego w latach 2011–2012.....	23
Insects inhabiting cones of Norway spruce <i>Picea abies</i> (L.) H. Karst. in the selected stands of the Beskid Śląski Mts. and the Beskid Żywiecki Mts. in the years 2011–2012.....	43
R. PODLASKI: Krótko- i długoterminowe zmiany przyrostu radialnego u buka <i>Fagus sylvatica</i> L. o różnym stopniu defoliacji w Świętokrzyskim Parku Narodowym.....	45
Short- and long-term changes in radial increment in beech <i>Fagus sylvatica</i> L. expressing various defoliation levels in the Świętokrzyski National Park.....	56
A. BORKOWSKI, R. PODLASKI: Statystyczna metoda oceny zagęszczenia populacji drwalnika paskowanego <i>Xyloterus lineatus</i> (Oliv.) na sośnie <i>Pinus sylvestris</i> L.....	59
Statistical method for estimating <i>Xyloterus lineatus</i> (Oliv.) population density on Scots pine <i>Pinus sylvestris</i> L.....	68
A. KRÓL: Aktualne problemy ochrony jodły (<i>Abies alba</i> MILL.) w lasach prywatnych Małopolski.....	71
Present-day problems of European silver fir (<i>Abies alba</i> Mill.) in Malopolska private forests.....	81
J. SOCHA, S. GRABCZYŃSKI, W. OCHAŁ: Związek dokładności modelu zbieżystości z wielkością pobranej próby.....	83
Relationship between the accuracy of a taper model and a taken sample size.....	92

**Recenzenci artykułów opublikowanych
w „Acta Agraria et Silvestria ser. Silvestris”
vol. 48 (2010 r.), vol. 49 (2011 r.) i vol. 50 (2012 r.)**

Jan Banaś, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Anna Barszcz, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Adam Boratyński, Instytut Dendrologii PAN w Kórniku

Jan Ceitel, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Andrzej Grzywacz, SGGW w Warszawie

Jerzy M. Gutowski, Europejskie Centrum Lasów Naturalnych IBL w Białowieży

Jacek Hilszczański, Instytut Badawczy Leśnictwa w Sękocinie

Marcin Jakubowski, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Stefan Kowalski, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Małgorzata Skrzypczyńska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Jerzy Starzyk, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Hubert Szramka, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Sławomir Wilczyński, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Jan Zajączkowski, Instytut Badawczy Leśnictwa w Sękocinie

Journal indexed by
POLISH SCIENTIFIC JOURNALS CONTENTS — LIFE SCI.

<http://psjc.icm.edu.pl>

