

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

ACTA
AGRARIA ET SILVESTRIA

SERIES SILVESTRIS

Vol. XLVI, 2008

WYDAWNICTWO ODDZIAŁU POLSKIEJ AKADEMII NAUK
KRAKÓW

KOMITET REDAKCYJNY
Władysław Filek, Andrzej Jaworski, Janusz Rząsa,
Jerzy Starzyk, Kazimierz Zarzycki — przewodniczący

REDAKTOR SERII
Andrzej Jaworski

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

REDAKTOR TOMU
Krystyna Duszyk

© *Copyright by Authors, Polska Akademia Nauk — Oddział w Krakowie*
Kraków 2009

OWADY KAMBIO- I KSYLOFAGICZNE ZASIEDLAJĄCE ODCIĘTE WIERZCHOŁKI I GAŁĘZIE JODŁOWE POZOSTAJĄCE PO RÓŻNEGO RODZAJU CIĘCIACH W DRZEWOSTANIE

Jerzy R. Starzyk
Jan Gajewski
Kordian Habel

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

ABSTRACT

J. R. Starzyk, J. Gajewski, K. Habel. 2008. *Cambio- and xylophagous insects infesting European fir (*Abies alba* Mill.) cut off tree-tops and branches left in the forest after cuttings*. Acta Agr. Silv. ser. Silv. 46: 3–19.

Field studies were carried out on 12 sample plots established in selected pure European fir stands, or stands with predominance of this tree species, in Lesko Forest District (Krosno Forest Region) and Krynica Experimental Forests. In total 200 fir tree-tops (100 in Lesko and 100 in Krynica) were analyzed. All tree-tops were infested by cambio- and xylophagous insects (*Cerambycidae* — 4 species, *Curculionidae* — 4, *Melandryidae* — 1, *Siricidae* — 1). The mean number of brood galleries per single tree-top was 76 (minimum 5, maximum 245). *Cryphalus piceae* and *Pityophthorus pityographus* were characterized by the highest mean indexes of dominance, frequency, and dominance structure. In Lesko Forest District 15 different insect associations (composed of 2–4 species) were found on tree-tops analyzed during this study. The association composed of *Cryphalus piceae* and *Pityophthorus pityographus* occurred most frequently (61.5%). It was found that the occurrence of brood galleries of some species depended on the diameter of a tree-top 0.5 m section, and the bark thickness.

KEY WORDS: secondary pests, European fir, communities, associations, final cutting, light felling, late thinning

SŁOWA KLUCZOWE: szkodniki wtórne, *Abies alba*, zgrupowania, zespoły, cięcia rębne, cięcia odsłaniające, trzebież późna

I. WSTĘP I CEL BADAŃ

Owady kambio- i ksylofagiczne żerujące w łyku, kambium i drewnie jodły mogą opanowywać zarówno drzewa żywe, w różnym stopniu osłabione, jak również drzewa złamane, powalone i ścięte, a także ich fragmenty. Dotychczas nie prowadzono szczegółowych badań dotyczących składu gatunkowego i liczebności kambio- i ksylofagów, które rozwijają się w różnego rodzaju pozostałościach poeksploatacyjnych, a więc w odciętych wierzchołkach i gałęziach jodłowych leżących na ściółce, w wałkach, wyrzynkach i szczapach opałych. Niektóre gatunki owadów, które wcześniej opanowały korony drzew

stojących mogą kończyć swój rozwój w odciętych wierzchołkach i gałęziach jodłowych (Starzyk i Kułaczek 1987). Natomiast część z nich może zasiedlać również świeży, wyżej wymieniony materiał lęgowy, leżący na ściółce. Wykaz owadów kambio- i ksylofagicznych żerujących w koronach żywych, ale najczęściej osłabionych jodeł, obejmuje 34 gatunki (Karpiński i Strawiński 1948; Nunberg 1981; Capecki 1982; Starzyk i Styczyński 1984; Mazur 1994; Bense 1995; Kolk i Starzyk 1996; Starzyk 1999; Jeniš 2001; Sama 2002). Wśród nich dominują chrząszcze z rodziny kózkowatych — *Cerambycidae* (64,7%), a w dalszej kolejności ryjkowcowate — *Curculionidae* (35,3%), w tym korniki — *Scolytinae* (32,4%). Podobna liczba gatunków zasiedla odcięte lub odłamane wierzchołki i gałęzie jodłowe leżące na ściółce (32 gat.), w tym: *Cerambycidae* — 22 gatunki, *Scolytinae* — 10 gatunków. Niektóre z nich zaliczane do grupy szkodników wtórnych mogą opanowywać również drzewa żywe, tylko nieznacznie osłabione, powodując ich obumieranie i wzmożone wydzielanie się posuszu jodłowego, np. jodłowiec Woroncowa — *Pityokteines vorontzowi* (Jacobs.), wgryzoń jodłowiec — *Cryphalus piceae* (Ratz.), bruzdkowiec zachodni *Pityophthorus pityographus* (Ratz.), kurtek mniejszy — *Molorchus minor* (L.), trykoń jodłowiec *Obrium brunneum* (Fabr.) i inne (Capecki 1982; Starzyk i Styczyński 1984; Starzyk i Kułaczek 1987; Gądek 1993, Mazur 1994, Witrylak 1995, Starzyk 1996).

W dotychczasowym piśmiennictwie brak jest szczegółowych opracowań z tego zakresu, uwzględniających również strukturę zgrupowań i zespołów owadów kambio- i ksylofagicznych zasiedlających odcięte wierzchołki i gałęzie jodłowe. Z tego też względu podjęto szersze badania w dwóch obiektach leśnych — Nadleśnictwie Lesko i Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy, gdzie w okresie poprzedzającym badania prowadzono różnego rodzaju cięcia (cięcia rębne, cięcia odsłaniające, cięcia pielęgnacyjne, trzebież późną). Celem badań było:

- poznanie składu gatunkowego i nasilenia występowania owadów kambio- i ksylofagicznych zasiedlających odcięte wierzchołki i gałęzie jodłowe;
- wyróżnienie i scharakteryzowanie struktury zgrupowań i zespołów kambio- i ksylofagów;
- zbadanie preferencji stwierdzonych gatunków w odniesieniu do średnicy materiału lęgowego i grubości kory;
- określenie znaczenia gospodarczego najliczniejszych gatunków jako szkodników wtórnych oraz opracowanie zaleceń gospodarczych, w związku z możliwością zagrożenia sąsiednich drzewostanów jodłowych.

II. CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ I POWIERZCHNI PRÓBNYCH

Badania terenowe przeprowadzono w wybranych drzewostanach jodłowych lub z przewagą jodły w Nadleśnictwie Lesko (RDLP w Krośnie) w roku 2002 oraz w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy (Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie) w latach 2000–2001.

Nadleśnictwo Lesko położone jest w VIII Krainie Karpackiej i w trzech dzielnicach: Bieszczad (część południowa i środkowa), Pogórza Środkowo-Beskidzkiego (część północna) i Beskidu Niskiego (część zachodnia) (Trampler i in. 1990). Występujące tutaj drzewostany z dominującą sosną (30,8%), jodłą (28,1%) i bukiem (26,3%) należą do kategorii ochronnych i wodochronnych. Przeważającymi typami siedliskowymi lasów na tym obszarze są: las górski (64,2%) i las świeży wyżynny (35,6%). W latach 1962/63 na terenie nadleśnictwa wystąpiły bardzo niskie temperatury, które wraz z wysuszającymi wiatrami spowodowały pęknięcia kory i drewna drzew, zwłaszcza w przeredzonych drzewostanach jodłowych. Stworzyło to dogodne warunki do licznego pojawienia się raka jodły — *Melampsorella caryophyllacaeorum* (DC) Schroet i huby Harti-

Tabela 1 — Table 1

Charakterystyka powierzchni próbnych w Nadleśnictwie Lesko (Leśnictwo Gruszka)
Characteristic of sample plots in Lesko Forest District (Forest Range Gruszka)

Oddział, pododdział Compartment, Subcompartment	Nr powierzchni próbnej Sample plot No.	Typ gospodarczy drzewostanu Forest stand type	Siedliskowy typ lasu Forest site type	Wiek jodły [lat] Age of fir [years]	Zabieg gospodarczy Type of cutting
124 f	1 i 2	Bk — Jd beech — fir	las górski mountain forest	98	trzebież późna late thinning
124 d	3	Jd Fir	las górski mountain forest	105	cięcie odslaniające light felling
124 a	4	Bk — Jd beech — fir	las górski mountain forest	98	trzebież późna late thinning
126 a	5	Bk — Jd beech — fir	las świeży wyżynny fresh upland forest	103	cięcie odslaniające light felling
126 b	6	Jd Fir	las świeży wyżynny fresh upland forest	103	cięcie rębne final cutting
126 d	7 i 8	Jd Fir	las świeży wyżynny fresh upland forest	103	cięcie rębne final cutting
126 d	9 i 10	Bk — Jd beech — fir	las świeży wyżynny fresh upland forest	108	cięcie odslaniające light felling

ga — *Phellinus hartigii* (Allesch. et Schnabl), co sprzyjało powstawaniu szkód wiatrołomowych. Nastąpił również wzrost aktywności opieńek oraz szkodników z grupy owadów kambio- i ksylofagicznych (Gądek 1993). W 1999 roku zanotowano duże szkody od okiści, zarówno w drzewostanach, jak w młodnikach i uprawach. Złamaniu lub wywróceniu uległo 16 tys. m³ drewna (w tym 13 tys. m³ drewna drzew iglastych). Na terenie Nadleśnictwa Lesko, w Leśnictwie Gruszka (oddział 124a, d, f, oddział 126a, b, c, d) założono 10 powierzchni próbnych, których charakterystykę podano w tabeli 1.

Leśny Zakład Doświadczalny w Krynicy położony jest w VIII Krainie Karpackiej i w dwóch dzielnicach: Gorców i Beskidu Sądeckiego oraz Beskidu Niskiego (Tramplner i in. 1990). W składzie gatunkowym drzewostanów dominuje jodła (33,8% powierzchni), a w dalszej kolejności świerk (25,6%) i buk (19,5%). Pod względem siedliskowym zdecydowanie przeważa las górski (ponad 90% powierzchni), a znacznie mniejszy udział ma las mieszaný górski (9,2%). W drzewostanach jodłowych do tzw. „zimy stulecia”, tj. do lat 1962/63 nie notowano poważniejszych symptomów chorobowych. Szkodniki wtórne i niszczące drewno jodły, takie jak *Pissodes piceae* (III.), *Pityokteines curvidens* (Germ.), *Cryphalus piceae* (Ratz.), *Xyloterus lineatus* (Oliv.), *Siricidae* wprawdzie występowały sporadycznie licznie, powodując wydzielanie się posuszu, ale miał on formę jednostkową. W 1965 roku w wyniku szkód od wiatru ogromna ilość surowca, zarówno świerkowego, jak i jodłowego, została masowo zasiedlona przez wyżej wymienione owady kambio- i ksylofagiczne, a także przez *Pityokteines spinidens* Reitt., *Pityophthorus pityographus* (Ratz.) i *Elateroides dermestoides* (L.). Aktualnie wydzielający się posusz jodłowy jest zasiedlany głównie przez *P. piceae*, *C. piceae* i *P. pityographus*, a *P. curvidens* i *P. spinidens* występują głównie na drzewach starszych klas wieku. Na terenie LZD w Krynicy, w Leśnictwie Kopciowa (oddz. 18 i 20) założono dwie powierzchnie próbne, których charakterystykę podano w tabeli 2.

Tabela 2 — Table 2

Charakterystyka powierzchni próbnych w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy (Leśnictwo Kopciowa)

Characteristic of sample plots in Forest Experimental Station in Krynica (Forest Range Kopciowa)

Oddział, pododdział Compartment Subcompartment	Nr powierzchni próbnej Sample plot No.	Typ gospodarczy drzewostanu Forest stand type	Siedliskowy typ lasu Forest site type	Wiek jodły (lat) Age of fir (years)	Zabieg gospodarczy Type of cutting
20 b	1	Jd Fir	las górski mountain forest	85	cięcie pielęgnacyjne tending felling
18 a	2	Jd — Św fir — spruce	las górski mountain forest	75	użytki przypadkowe incidental felling

III. METODYKA BADAŃ

W wybranych drzewostanach Nadleśnictwa Lesko i Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy założono ogółem 12 powierzchni próbnych, na których znajdowały się odcięte wierzchołki i gałęzie jodłowe pozostałe w lesie po różnego rodzaju cięciach wykonanych rok przed podjęciem badań: trzebież późna (3 pow.), cięcia odsłaniające (4 pow.), cięcia pielęgnacyjne (1 pow.), użytki przygodne (1 pow.), cięcia rębne (3 pow.). Na losowo wybranych odciętych wierzchołkach i gałęziach jodłowych (ogółem 200 szt., po 100 szt. w każdym obiekcie leśnym) przeprowadzono szczegółowe jakościowo-ilościowe analizy entomologiczne w sekcjach 0,5-metrowych, po uprzednim ich okorowaniu. Wyniki analiz terenowych zapisywano w formularzach, notując następujące parametry: numer powierzchni, datę przeprowadzenia analizy, długość wierzchołka (m) i jego średnicę w części nasadowej (cm), liczbę gałęzi oraz obecność i stan igliwia. Następnie, w każdej 0,5-metrowej sekcji określano: średnicę na początku sekcji (cm), grubość kory (mm), stopień pokrycia korą (%), stopień rozkładu łyka i miazgi oraz skład gatunkowy, stadia rozwojowe lub żerowiska oraz liczebność owadów kambio- i ksylofagicznych.

Uzupełnieniem badań terenowych były hodowle laboratoryjne wycinków nieokorowanych wierzchołków i gałęzi jodłowych w fotoeklektorach, w celu uzyskania postaci imaginalnych, niezbędnych do prawidłowej determinacji niektórych gatunków owadów. Zebrany materiał badawczy opracowano statystycznie, używając wskaźników ekologicznych, odpowiednio dostosowanych do celów badań: dominacji (D), frekwencji (F), struktury dominacji (Q), zagęszczenia żerowisk (G) oraz procentu zasiedlenia długości wierzchołka lub gałęzi (W) (Szujewski 1980; Kasprzak i Niedbała 1977; Starzyk 1996).

Dominacja (D):

$$D = n_a/n \cdot 100 [\%];$$

gdzie:

n_a — liczba żerowisk określonego gatunku owada;

n — liczba żerowisk wszystkich gatunków owadów.

Wartość wskaźnika dominacji podzielono na sześć klas:

D_1 — subrecedenty, stanowiące mniej niż 1% ogółu żerowisk;

D_2 — recedenty, stanowiące od 1,1 do 2,0% ogółu żerowisk;

D_3 — subdominanty, stanowiące od 2,1 do 5,0% ogółu żerowisk;

D_4 — dominanty, stanowiące od 5,1 do 9,0% ogółu żerowisk;

D_5 — eudominanty, stanowiące od 9,1 do 30% ogółu żerowisk;

D_6 — superdominanty, stanowiące ponad 30% ogółu żerowisk.

Frekwencja, częstość występowania (F):

$$F = N_a/N \cdot 100 [\%],$$

gdzie:

N_a — liczba 0,5-metrowych sekcji wierzchołka lub gałęzi, w których wystąpił określony gatunek owada;

N — liczba wszystkich badanych sekcji.

Wskaźnik częstości występowania podzielono na cztery klasy:

F_1 — akcydenty (gatunki przypadkowe), występujące w mniej niż 25,0% prób;

F_2 — gatunki akcesoryczne (dodatkowe), występujące od 25,1% do 50,0% prób;

F_3 — konstanty (gatunki częste), występujące od 50,1% do 75,0% prób;

F_4 — eukonstanty (gatunki najczęstsze), występujące w ponad 75% prób.

Struktura dominacji (Q):

$$Q = \sqrt{F \cdot D}$$

Zagęszczenie żerowisk (G):

$$G = N_g / P \text{ [szt./dm}^2\text{]},$$

gdzie:

N_g — liczba żerowisk określonego gatunku owada na 0,5-metrowej sekcji wierzchołka lub gałęzi;

P — powierzchnia badanej 0,5-metrowej sekcji.

Procent zasiedlenia długości wierzchołka (W):

$$W = l/L \cdot 100 [\%],$$

gdzie:

l — długość odcinka wierzchołka lub gałęzi zasiedlonego przez określony gatunek owada;

L — całkowita długość wierzchołka lub gałęzi.

IV. WYNIKI

Ogółem przeprowadzono analizy entomologiczne 200 wierzchołków jodłowych (100 — w Nadl. Lesko i 100 — w LZD w Krynicy). Wszystkie wierzchołki jodłowe były zasiedlone przez owady kambio- i ksylofagiczne.

Wybrane parametry badanego materiału lęgowego były następujące:

— średnia długość wierzchołków — 2,8 m (Nadl. Lesko — 2 m, LZD w Krynicy — 3,1 m, min. 1,1 m, max. 4,5 m);

— średnia średnica w grubszej części wierzchołka — 6,1 cm (Nadl. Lesko — 5,9 cm, LZD w Krynicy — 6,3 cm; min. 3,2 cm, max. 13 cm);

— średnia grubość kory wierzchołka — 1,9 mm (Nadl. Lesko — 2,5 mm, LZD w Krynicy — 1 mm; min. 1 mm, max. 5 mm).

Łącznie przeprowadzono analizy entomologiczne 1040 sekcji 0,5-metrowych, w tym 989 sekcji (94,2%) było zasiedlonych przez owady kambio- i ksylofagiczne.

Na analizowanych wierzchołkach i gałęziach jodłowych stwierdzono występowanie 10 gatunków owadów: z rodziny *Melandryidae* — *Serropalpus barbatus* (Schall.), z rodziny *Cerambycidae* — *Tetropium castaneum* (L.), *Molorchus minor* (L.), *Obrium brunneum* (Fabr.), *Leiopus nebulosus* (L.); z rodziny *Curculionidae* — *Cryphalus piceae* (Ratz.), *Pityophthorus pityographus* (Ratz.), *Pityokteines*

vorontzowi (Jacobs.), *Pissodes piceae* (Ill.); z rodziny *Siricidae* — *Xeris spectrum* (L.). Wszystkie wyżej wymienione gatunki występowały na powierzchniach próbnych w Nadleśnictwie Lesko, natomiast tylko trzy (*C. piceae*, *P. pityographus*, *P. piceae*) w LZD w Krynicy. Ogółem stwierdzono 15 255 żerowisk kambio- i ksylofagów (Nadl. Lesko — 10 372, LZD w Krynicy — 4 883), a ich średnia liczba w przeliczeniu na pojedynczy wierzchołek wynosiła 76 (Nadl. Lesko — 104, LZD w Krynicy — 48, min. 3, max. 245). W sumie w obu obiektach badań najwięcej wierzchołków jodłowych zasiedliły: *C. piceae* (94,5%), *P. pityographus* (68%) i *P. piceae* (10%).

Zgrupowania owadów kambio- i ksylofagicznych na wierzchołkach i gałęziach jodłowych

Skład gatunkowy oraz charakterystykę zgrupowań owadów kambio- i ksylofagicznych zasiedlających wierzchołki jodłowe na powierzchniach próbnych w Nadleśnictwie Lesko i w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy przedstawiono w tabelach 3 i 4.

Tabela 3 — Table 3

Charakterystyka zgrupowania owadów kambio- i ksylofagicznych zasiedlających odcięte wierzchołki i gałęzie jodłowe w Leśnictwie Gruszka (Nadl. Lesko)

Characteristics of the community of cambio- and xylophagous insects infesting fir cut of tree-tops and branches in Gruszka Forest Range (Lesko Forest District)

Gatunek — Species	N	D	F	Q	G	W
<i>Cryphalus piceae</i> (Ratz.)	5698	D ₆	F ₄	66,1	14,2	85,7
<i>Pityophthorus pityographus</i> (Ratz.)	4340	D ₆	F ₄	57,5	6,9	88,9
<i>Xeris spectrum</i> (L.)	169	D ₂	F ₁	2,7	2,9	3,9
<i>Pissodes piceae</i> (Ill.)	82	D ₁	F ₁	2,1	5,8	10,0
<i>Obrium brunneum</i> (Fabr.)	59	D ₁	F ₁	2,0	2,7	8,1
<i>Pityokteines vorontzowi</i> (Jacobs.)	11	D ₁	F ₁	0,4	1,3	5,6
<i>Serropalpus barbatus</i> (Schall.)	7	D ₁	F ₁	0,2	0,1	0,1
<i>Leiopus nebulosus</i> (L.)	2	D ₁	F ₁	0,1	0,1	0,1
<i>Molorchus minor</i> (L.)	2	D ₁	F ₁	0,1	0,1	0,1
<i>Tetropium castaneum</i> (L.)	2	D ₁	F ₁	0,1	0,1	0,1

N — liczba żerowisk; D — dominacja (D₆ — superdominanty, D₂ — recedent, D₁ — subrecedenty); F — frekwencja, częstość występowania (F₄ — eukonstanty, F₁ — akcydenty); Q — wskaźnik struktury dominacji; G — średni wskaźnik zagęszczenia żerowisk [dm²]; W — średni procent zasiedlenia długości wierzchołka lub gałęzi

N — number of brood galleries; D — dominance (D₆ — superdominants, D₂ — recedent, D₁ — subrecedents); F — frequency (F₄ — euconstants, F₁ — accidents); Q — index of dominance structure; G — mean index of gallery density (dm²); W — mean percentage of infestation of the tree-tops or branch length

Tabela 4 — Table 4

Charakterystyka zgrupowania owadów kambio- i ksylofagicznych zasiedlających odcięte wierzchołki i gałęzie jodłowe w Leśnictwie Kopciowa (LZD w Krynicy)
 Characteristics of the community of cambio- and xylophagous insects infesting fir cut of tree-tops and branches in Kopciowa Forest Range
 (Forest Experimental Station in Krynica)

Gatunek — Species	N	D	F	Q	G	W
<i>Cryphalus piceae</i> (Ratz.)	4241	D ₆	F ₄	86,2	12,0	88,8
<i>Pityophthorus pityographus</i> (Ratz.)	619	D ₅	F ₁	15,9	4,8	33,3
<i>Pissodes piceae</i> (Ill.)	23	D ₁	F ₁	0,7	2,7	11,4

Zgrupowanie owadów na wierzchołkach jodłowych w Nadleśnictwie Lesko składało się z 10 gatunków, wśród których najwyższymi średnimi wskaźnikami dominacji, frekwencji i struktury dominacji cechowały się *Cryphalus piceae* i *Pityophthorus pityographus* (tab. 3). Najwyższy średni wskaźnik zagęszczenia żerowisk stwierdzono kolejno u: *C. piceae*, *P. pityographus* i *Pissodes piceae*, a najwyższy średni procent zasiedlenia długości wierzchołka u: *P. pityographus*, *C. piceae*, *P. piceae*, *Obrium brunneum* i *Pityokteines vorontzowi*.

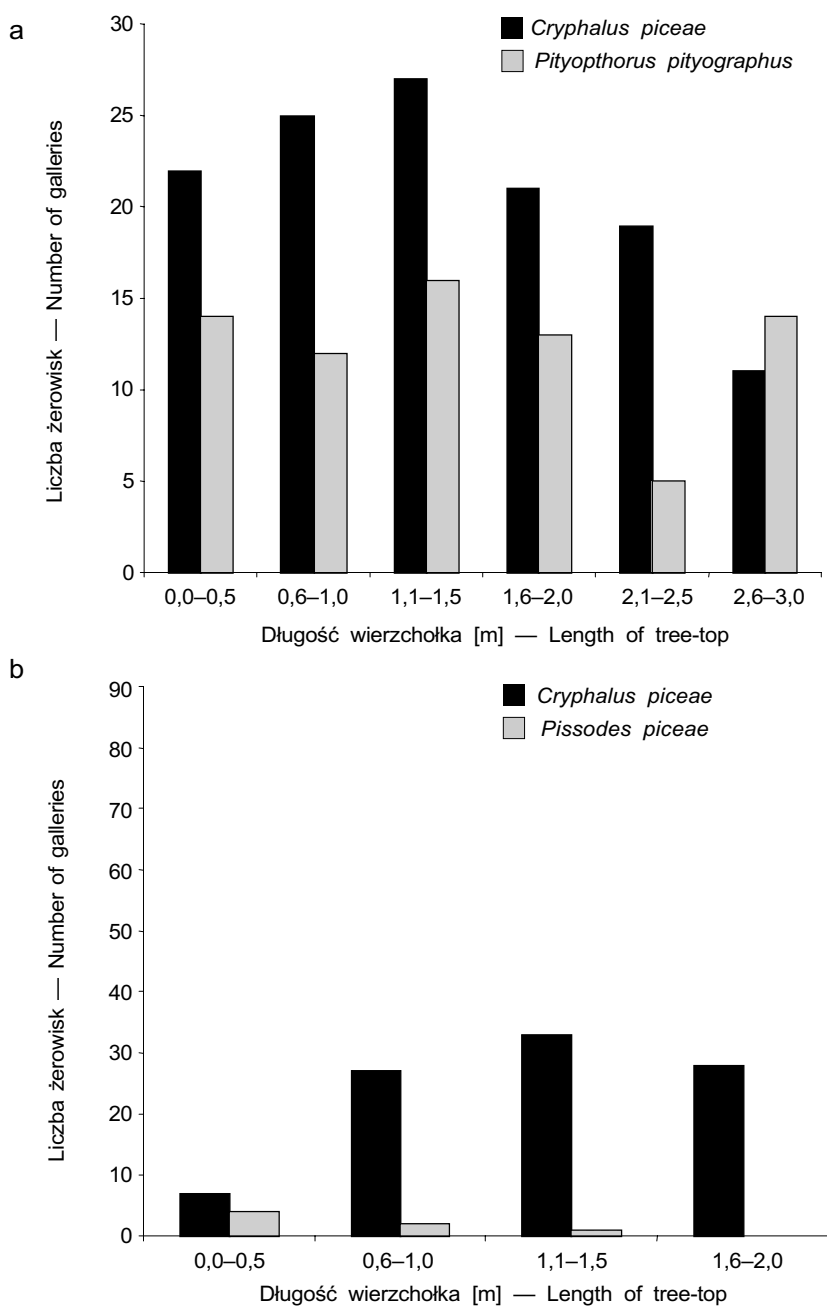
Na analizowanych wierzchołkach jodłowych w LZD w Krynicy stwierdzono zgrupowanie złożone tylko z 3 gatunków kambio- i ksylofagów, wśród których dominował *C. piceae*, charakteryzujący się również najwyższymi średnimi wskaźnikami frekwencji, struktury dominacji, zagęszczenia żerowisk i procentu zasiedlenia długości wierzchołka (tab. 4).

Zespoły owadów kambio- i ksylofagicznych stwierdzone na wierzchołkach i gałęziach jodłowych

Na powierzchniach próbnych założonych w Nadleśnictwie Lesko tylko nieliczne wierzchołki jodłowe (6 szt., tj. 3%) były zasiedlone przez pojedyncze gatunki owadów kambio- i ksylofagicznych: *Pityophthorus pityographus*, *Obrium brunneum*, *Pissodes piceae*, *Cryphalus piceae*. Natomiast na pozostałych stwierdzono występowanie zespołów złożonych od 2 do 4 gatunków (ryc. 1), które charakteryzowały się określoną strukturą dominacyjną i kolejnością mikrosukcesyjną.

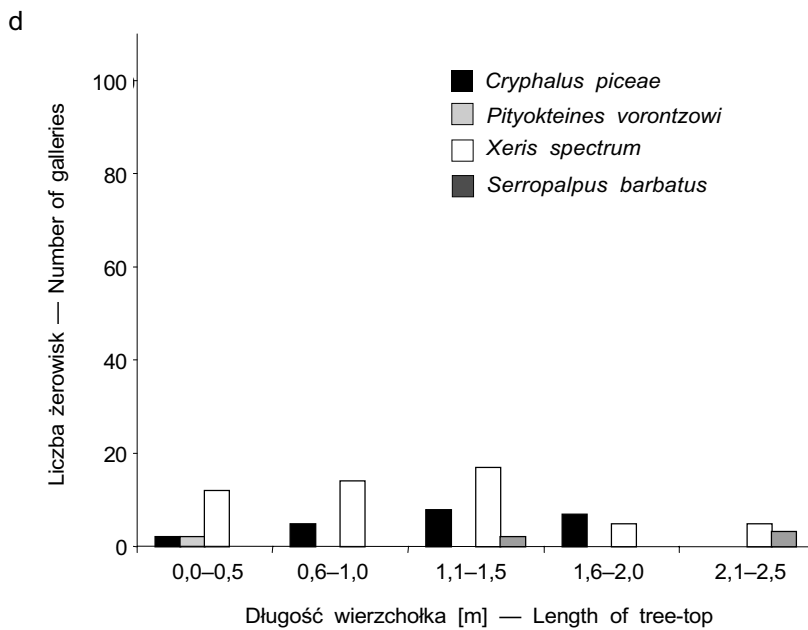
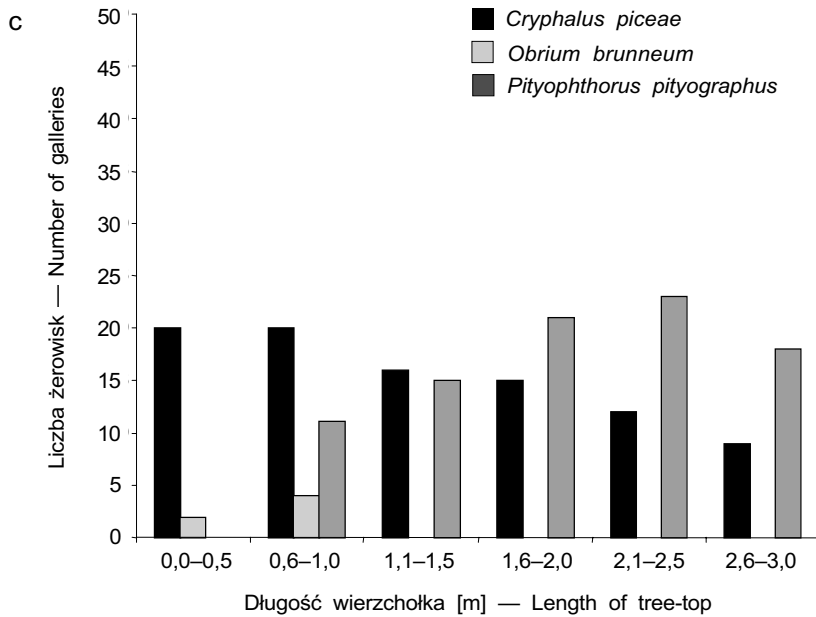
Na analizowanych wierzchołkach jodłowych wyróżniono 15 różnych zespołów, w tym siedem zespołów 3-gatunkowych, sześć zespołów 2-gatunkowych i dwa zespoły 4-gatunkowe. Do najczęściej spotykanych zespołów należały:

- *Cryphalus piceae* + *Pityophthorus pityographus* (61,5%);
- *C. piceae* + *Obrium brunneum* + *P. pityographus* (11,5%);
- *C. piceae* + *Pissodes piceae* + *P. pityographus* (10,4%).



Ryc. 1a–b. Wybrane zespoły owadów kambio- i ksylofagicznych na analizowanych wierzchołkach jodłowych: a, b — 2-gatunkowe

Fig. 1a–b. Selected associations of cambio- and xylophagous insects on analyzed fir cut off tree-tops: a, b — 2-species association



Ryc. 1c-d. Wybrane zespoły owadów kambio- i ksylofagicznych na analizowanych wierzchołkach jodłowych: c — 3-gatunkowy, d — 4-gatunkowy

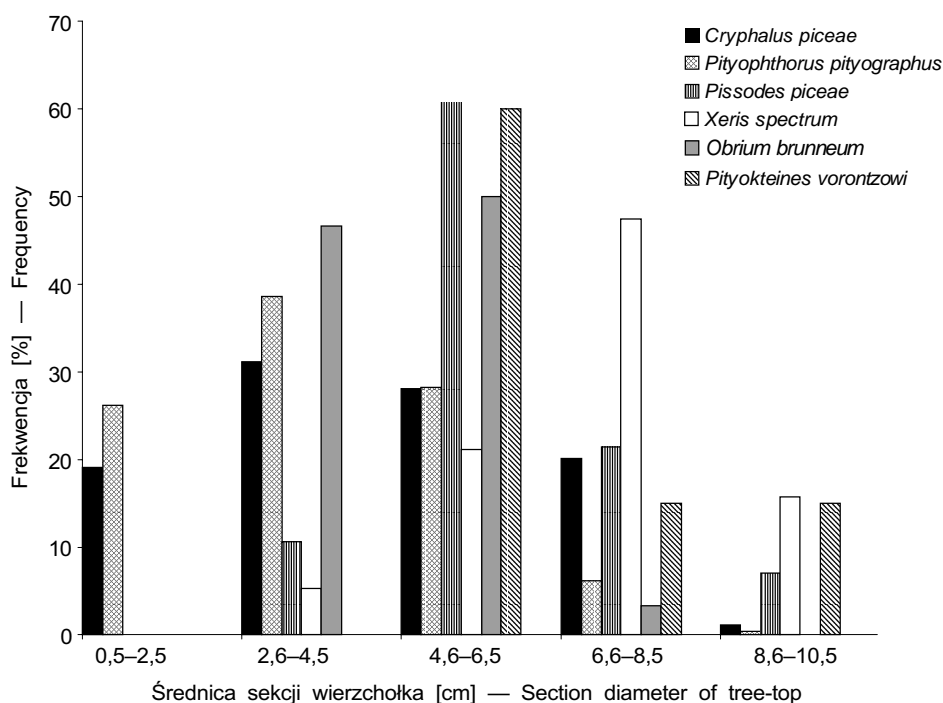
Fig. 1c-d. Selected associations of cambio- and xylophagous insects on analyzed fir cut off tree-tops: c — 3-species, d — 4-species

W przeważającej większości zespołów superdominantami (D_6) i eukonstantami (F_4) były: *C. piceae* i *P. pityographus*.

Na powierzchniach próbnych założonych w LZD w Krynicy ponad połowa wierzchołków jodłowych była opanowana przez pojedyncze gatunki owadów kambio- i ksylofagicznych: *Cryphalus piceae* (50%), *Pityophthorus pityographus* (2%). Na pozostałych wierzchołkach stwierdzono występowanie trzech odrębnych zespołów złożonych z dwóch lub trzech gatunków owadów (ryc. 2):

- *Cryphalus piceae* + *Pityophthorus pityographus* (87,5%);
- *C. piceae* + *Pissodes piceae* (4,2%);
- *C. piceae* + *P. piceae* + *P. pityographus* (8,3%).

W przeważającej większości zespołów superdominantem (D_6) i eukonstantem (F_4) był *C. piceae*.



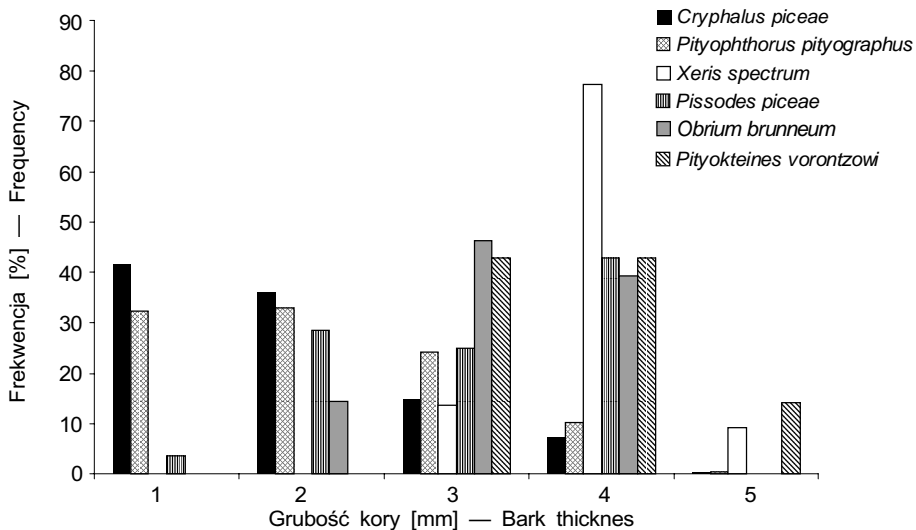
Ryc. 2. Średnia frekwencja [%] żerowisk wybranych gatunków owadów kambio- i ksylofagicznych na wierzchołkach i gałęziach jodłowych w zależności od ich średnicy [cm]

Fig. 2. Mean frequency [%] of brood galleries of selected species of cambio- and xylophagous insects on fir tree-tops and branches depending on their diameter [cm]

Frekwencja wybranych gatunków owadów kambio- i ksylofagicznych w zależności od średnicy sekcji wierzchołków jodłowych i grubości kory

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono zależność występowania żerowisk niektórych gatunków owadów kambio- i ksylofagicznych od średnicy 0,5-metrowych sekcji wierzchołków jodłowych. Rozkład procentowy klas średnic był następujący: 0,5–2,5 cm (24,1%), 2,6–4,5 cm (26,7%), 4,6–6,5 cm (34,9%), 6,6–8,5 cm (12,0%), 8,6–10,5 cm (2,0%), 10,6–12,5 cm (0,2%), 12,6–14,5 cm (0,1%). W obliczeniach uwzględniono tylko 6 najliczniejszych gatunków owadów. Odcinki wierzchołków jodłowych o średnicy 2,6–4,5 cm najczęściej zasiedlały: *Pityophthorus pityographus* i *Obrium brunneum*; o średnicy 2,6–6,5 cm: *Cryphalus piceae*, o średnicy 4,6–6,5: *Pissodes piceae* i *Pityokteines vorontzowi*. Natomiast sekcje wierzchołków jodłowych o średnicy 6,6–8,5 cm preferował *Xeris spectrum* (ryc. 2).

Stwierdzono również zależność występowania niektórych kambio- i ksylofagów od grubości kory. Grubość korowiny mierzona w sekcjach 0,5-metrowych wahała się od 1 do 5 mm, a jej rozkład procentowy przedstawiał się następująco: 1 mm — 42,4%, 2 mm — 34,8%, 3 mm — 14,8%, 4 mm — 7,6%, 5 mm — 0,4%. Spośród 6 najliczniejszych gatunków owadów żerowiska *Cryphalus piceae* i *Pityophthorus pityographus* występowały najliczniej pod korą o grubości 1–5 mm. Natomiast sekcje o grubości kory 3–4 mm preferowały: *Obrium brunneum* i *Pityokteines vorontzowi*, a o grubości 4 mm — *Pissodes piceae* i *Xeris spectrum* (ryc. 3).



Ryc. 3. Średnia frekwencja [%] żerowisk wybranych gatunków owadów kambio- i ksylofagicznych na wierzchołkach i gałęziach jodłowych w zależności od grubości kory [mm]

Fig. 3. Mean frequency [%] of brood galleries of selected species of cambio- and xylophagous insects on fir tree-tops and branches depending on bark thickness [mm]

V. PODSUMOWANIE WYNIKÓW I DYSKUSJA

Odcięte lub odłamane wierzchołki i gałęzie jodłowe stanowią specyficzne miejsce występowania i rozwoju dla niektórych gatunków owadów kambio- i ksylofagicznych. Jest to związane zarówno ze stosunkowo niewielkimi rozmiarami tego materiału łęgowego (długość, średnica), niewielką grubością kory, jak i z tempem rozkładu tkanek kambium, łyka i drewna oraz ich stosunkowo szybkim przesychnaniem.

Dotychczas nie prowadzono szczegółowych badań nad entomofauną kambio- i ksylofagów zasiedlających odcięte wierzchołki i gałęzie jodłowe, a zawarte dane w piśmiennictwie prawie wyłącznie dotyczą składu gatunkowego owadów, które tam żerują (Karpiński i Strawieński 1948; Nunberg 1981, Kolk i Starzyk 1996, Starzyk 1999). Jedynie w pracy Starzyka i Styczyńskiego (1984) podane są bardziej szczegółowe dane dotyczące zasiedlania odłamanych gałęzi jodłowych przez dwa gatunki kambiofagów, a mianowicie *Pityophthorus pityographus* i *Pityokteines vorontzowi*.

W okresie prowadzenia badań na wybranych powierzchniach w Nadleśnictwie Lesko i w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy wszystkie analizowane wierzchołki jodłowe (200 szt.) były zasiedlone przez owady kambio- i ksylofagiczne. Skład gatunkowy owadów, które je zasiedlały nie był zbyt bogaty, np. w porównaniu z entomofauną kambio- i ksylofagów odciętych wierzchołków i gałęzi sosnowych (Starzyk i in. 2008) — liczył 10 gatunków, przy czym w LZD w Krynicy był ograniczony tylko do trzech gatunków: *Cryphalus piceae*, *Pityophthorus pityographus* i *Pissodes piceae*.

Wśród 10 gatunków stwierdzonych w analizowanym materiale łęgowym dominowały chrząszcze z rodziny *Cerambycidae* i *Curculionidae* (po 4 gat.). Średnie zagęszczenie żerowisk kambio- i ksylofagów w przeliczeniu na jeden wierzchołek było wysokie i wynosiło 76 szt. (min. 5, max. 245 szt.). Biorąc pod uwagę dużą liczbę składanych jaj przez gatunki z podrodziny *Scolytinae* (Karpiński i Strawieński 1948; Nunberg 1981; Kolk i Starzyk 1996; Michalski i Mazur 1999), średnia liczba wylęgających się chrząszczy z pojedynczego wierzchołka jodłowego o średniej długości 2,8 m była zróżnicowana i wynosiła w przypadku *Cryphalus piceae* — 2 480 (min. 160, max. 6 440), *Pityophthorus pityographus* — 4 900 (min. 300, max. 21 600), *Pityokteines vorontzowi* — 415 (min. 230, max. 575).

Wśród wykazanych owadów nie występowały gatunki objęte statusem ochronnym ani też rzadko spotykane na terenie Polski. Nie stwierdzono też owadów entomofagicznych, z wyjątkiem fakultatywnego drapieżcy *Cryptolestes abietis* (Wank.) (*Coleoptera*, *Laemophloeidae*), którego stwierdzono (5 okazów) w żerowiskach bruzdkowca zachodniego — *Pityophthorus pityographus* (Ratz.).

Na uwagę zasługuje występowanie *Leiopus nebulosus* i *Tetropium castaneum* na analizowanych gałęziach i wierzchołkach jodłowych. Według danych z piśmiennictwa (Teppner 1968 (1969); Partyka 1988; Bense 1995; Jeniš 2001; Sama 2002; Dominik i Starzyk 2004) wyżej wymienione gatunki owadów rzadko rozwijają się w jodle.

W zgrupowaniu 10 gatunków owadów wyróżnionym w Nadleśnictwie Lesko najwyższymi średnimi wskaźnikami dominacji, frekwencji i struktury dominacji cechowały się *Cryphalus piceae* i *Pityophthorus pityographus*. U gatunków tych, a także u *Pissodes piceae* stwierdzono najwyższe wskaźniki zagęszczenia żerowisk oraz najwyższy średni procent zasiedlenia długości wierzchołka. Natomiast w zgrupowaniu złożonym z trzech gatunków w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy najwyższe wartości wyżej wymienionych wskaźników stwierdzono tylko u *C. piceae*.

Tylko nieliczne wierzchołki i gałęzie jodłowe w Nadleśnictwie Lesko (3%) były zasiedlone wyłącznie przez pojedyncze gatunki owadów, natomiast najczęściej występowały na nich zespoły złożone z dwóch do czterech gatunków. Ogółem wyróżniono 15 różnych zespołów, wśród których najczęściej występował zespół złożony z *Cryphalus piceae* + *Pityophthorus pityographus* (61,5%). Dominował on również na powierzchniach próbnych w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy (87,5%).

Stwierdzone zależności występowania niektórych gatunków kambiofagów (*C. piceae*, *P. pityographus*) od średnicy 0,5-metrowych sekcji i grubości kory nie odbiegają od danych z piśmiennictwa (Waga 1991; Witrylak 1995).

W odciętych wierzchołkach i gałęziach jodłowych rozwijają się m.in. kambio- i ksylofagi zaliczane do grupy szkodników wtórnych. Według Capeckiego (1982) świeże wierzchołki i gałęzie jodłowe, pozostające po wyróbce surowca, są masowo zasiedlane przez *C. piceae*, *P. pityographus* i *P. piceae*, a rzadziej przez inne gatunki owadów. Dlatego też duże nagromadzenia tego typu materiału łęgowego na stosunkowo niewielkiej powierzchni może spowodować poważne zagrożenie dla sąsiednich drzewostanów jodłowych. Wśród stwierdzonych gatunków owadów kambio- i ksylofagicznych, które najliczniej zasiedliły wierzchołki i gałęzie jodłowe są gatunki, które mogą opanowywać również żywe, niekiedy tylko nieznacznie osłabione drzewa stojące, znacznie przyspieszając proces ich obumierania: *Cryphalus piceae*, *Pissodes piceae* i *Pityokteines vorontzowi*, będące monofagami jodły oraz *Pityophthorus pityographus*, bardzo często i licznie występujący na różnych drzewach iglastych, zwłaszcza w młodszych drzewostanach. Według Michalskiego i Mazura (1999) *C. piceae*, *P. vorontzowi* i *P. pityo-graphus* mogą zasiedlać zarówno stojące drzewa żywe w starszych drzewostanach, jak i podrost jodłowy. Wgryzoń jodłowiec (*C. piceae*) atakuje zwykle górne części strzał i gałęzie jodeł, a w drzewostanach młodszych (drażowina) jego żerowiska są spotykane na całej długości pni. Gatunek ten w górach, w związku z postępującym osłabieniem drzewostanów jodłowych, wykazuje tendencję do masowego występowania. Często zasiedla i niszczy osłabione drzewa samodzielnie, bez udziału innych szkodników wtórnych, zwłaszcza w młodszych i średnich klasach wieku. Jego rola w procesie zamierania jodeł nie była do niedawna należycie doceniana (Witrylak 1995). W ostatnich latach zwiększyło się również znaczenie bruzdkowa zachodniego (*P. pityographus*) jako szkodnika dobijającego osłabione drzewa młodszych klas wieku, zwłaszcza w drzewostanach jodłowych. Smolik jodłowiec (*P. piceae*) ma duże znaczenie gospodarcze, zwłaszcza w czystych jedlinach, gdzie opada

wszystkie osłabione jodły. Wielkość powodowanych przez niego uszkodzeń wynika również z jego dużej plastyczności ekologicznej (Kolk i Starzyk 1996; Starzyk 1996). Ponadto na uwagę zasługuje stwierdzenie na analizowanych wierzchołkach jodłowych czynnych żerowisk owadów, które są groźnymi szkodnikami drewna: *Serropalpus barbatus* i *Xeris spectrum*.

VI. WNIOSKI

W miejscach silnie zagrożonych przez kambio- i ksylofagi jodły oraz w przypadku nagromadzenia dużej ilości odciętych lub odłamanych wierzchołków i gałęzi, należy usunąć je z lasu przed rójką najważniejszych szkodników (*Cryphalus piceae*, *Pityokteines vorontzowi*, *Pissodes piceae*, *Pityophthorus pityographus*):

a) jeżeli pochodzą one z cięć zimowych — przed 1 marca na nizinach i pogórzu, a przed 1 kwietnia w górach,

b) jeżeli pochodzą one z cięć wiosenno-letnich — najpóźniej do dwóch tygodni od pozyskania surowca.

Dotyczy to nie tylko gałęzi grubszych od 5 cm (Instrukcja 2004), ale również o średnicy od 2,5 cm.

Jeżeli nie ma możliwości terminowego wywiezienia z lasu wierzchołków i gałęzi jodłowych, wówczas należy:

a) pozostawić je w miejscach silnie nasłonecznionych w celu szybkiego przeschnięcia łyka i miazgi (nie należy składać ich na stosy),

b) w miarę możliwości je zrębkować,

c) okrzesać wierzchołki do ostatniego okółka oraz zestrugać korowaczką dwa pasma kory, z dwóch przeciwległych stron,

d) w sytuacjach wyjątkowych (bardzo silne zagrożenie drzewostanu przez szkodniki wtórne, duża ilość nagromadzonych wierzchołków i gałęzi, np. na powierzchniach powiatrolomowych) należy je spalić w miejscu pozyskania surowca, przestrzegając zasady ochrony przeciwpożarowej, najlepiej przed stopieniem pokrywy śnieżnej lub w lecie w okresie deszczowym,

e) w przypadku bardzo dużej ilości wierzchołków i gałęzi jodłowych pozostawionych w miejscach silnie zagrożonych przez szkodniki wtórne, można je szczelnie przykrywać czarną folią, po uprzednim zgromadzeniu na stosach, w miejscach nasłonecznionych.

W przypadku niewielkiego zagrożenia drzewostanu przez szkodniki kambio- i ksylofagiczne jodły oraz przy niewielkiej ilości wierzchołków i gałęzi, należy pozostawić je w miejscu pozyskania drewna, aby umożliwić rozwój w nich owadów drapieżnych, pasożytniczych i saproksylicznych.

LITERATURA

- Bense U. 1995. *Longhorn beetles. Illustrated Key to the Cerambycidae and Vesperidae of Europe.* Margraf Verlag, Weikersheim. Verh. Dt. Ges. angew. Ent. 108/109: 19–58.
- Capecki Z. 1982. *Badania nad szkodnikami wtórnymi jodły i ich zwalczaniem.* Prace Inst. Bad. Leśn. 593: 3–94.
- Dominik J., Starzyk J.R. 2004. *Owady uszkadzające drewno.* PWRiL, Warszawa.
- Gądek K. 1993. *Aktualny stan zagrożenia jodły przy północno-wschodniej granicy jej naturalnego występowania na terenie Polski.* Pr. Inst. Bad. Leśn. Ser. B 17: 28–42.
- Instrukcja ochrony lasu.* 2004. A. Kolk, R. Kapuściński (red.), Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.
- Jeniš I. 2001. *Tesařici /Long-horned beetles. Distenidae, Oxypeltidae, Vesperidae, Anoplodermatidae and Cerambycidae I. Vesperidae and Cerambycidae of Europe I.* Ateliér Regulus, Zlín.
- Karpiński J.J., Strawiński K. 1948. *Korniki ziem Polski.* Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska Sect. C Suppl. 4: 1–104.
- Kasprzak K., Niedbała W. 1981. *Wskaźniki biocenotyczne stosowane przy porządkowaniu i analizie danych w badaniach ilościowych.* [W:] M. Górny, L. Grüm (red.) *Metody stosowane w zoologii gleby.* PWN, Warszawa.
- Kolk A., Starzyk J.R. 1996. *Atlas szkodliwych owadów leśnych.* Multico, Warszawa.
- Mazur S. 1994. *Szkodniki wtórne drzew iglastych.* Wydawnictwo Świat, Warszawa.
- Michalski J., Mazur A. 1999. *Korniki. Praktyczny przewodnik dla leśników.* Wydawnictwo Świat, Warszawa.
- Nunberg M. 1981. *Korniki — Scolytidae, Wyrynniki — Platypodidae. Klucze do oznaczania owadów Polski.* Chrzęszcze — Coleoptera, PWN, Warszawa.
- Partyka M. 1988. *Sosna zwyczajna, Pinus sylvestris L. i jodła pospolita, Abies alba Mill. nowe rośliny żywicielskie larw caponia, Leiopus nebulosus (L.) (Coleoptera, Cerambycidae).* Przegl. zool. 32, 1:103–104.
- Sama G. 2002. *Atlas of the Cerambycidae of Europe and the Mediterranean Area.* Vol. 1: Northern, Western, Central and Eastern Europe, British Isles and Continental Europe from France (excl. Corsica) to Scandinavia and Urals. Nakł. Kabouek, Zlín.
- Starzyk J.R., 1996. *Bionomics, ecology and economic importance of the fir weevil, Pissodes piceae (Ill.) (Col., Curculionidae) in mountain forests.* J. Appl. Ent. 20: 65–75.
- Starzyk J.R. 1999. *Rola kózkowatych (Coleoptera: Cerambycidae) w ekosystemach leśnych oraz ich znaczenie gospodarcze.* Sylwan 11: 5–22.
- Starzyk J.R., Bilecka K., Purgal M., Rotman K. (2008). *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, 1: 59–74.
- 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.
- Szujecki A. 1980. *Ekologia owadów leśnych.* PWN, Warszawa.
- Teppner H. 1968 (1969). *Bestimmungstabelle mitteleuropäischer Lamiinae-Larven (Coleoptera, Cerambycidae) mit Bemerkungen zu deren Biologie.* Verh. Dt. Ges. angew. Ent. 108/109: 19–58.
- Trampler T., Kliczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A. 1990. *Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych.* PWRiL, Warszawa.
- Waga B. 1991. *Biologia i ekologia bruzdkowca zachodniego.* Las Polski 18: 8.
- Witrylak M. 1995. *Biologia, ekologia i znaczenie gospodarcze wgrzyzonia jodłowca Cryphalu piceae (Ratz.) (Coleoptera, Scolytidae) w górskich drzewostanach Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy.* Sylwan 8: 51–66.

Summary

Jerzy R. Starzyk, Jan Gajewski, Kordian Habel

Cambio- and xylophagous insects infesting European fir (*Abies alba* Mill.) cut off tree tops and branches left in the forest after cuttings

Field studies were carried out on 12 sample plots established in selected pure European fir stands, or stands with predominance of this tree species, in Lesko Forest District (Krosno Forest Region) and Krynica Experimental Forests. In these plots, a year before this study was undertaken, the following kinds of cuttings were carried out: late thinning (3 plots), tending felling (1 plot), light felling (4 plots), final cutting (3 plots), and incidental felling (1 plot). The qualitative and quantitative entomological analyses were carried out on randomly selected fir cut off tree-tops and branches in sections 5-meter long, after their debarking. The material collected was analyzed statistically using the following ecological indexes adapted to the study aim: dominance (*D*), frequency (*F*), dominance structure (*Q*), brood gallery density (*G*), and the percent-age of infestation of the tree-top or branch length (*W*).

In total 200 fir tree-tops (100 in Lesko and 100 in Krynica) were analyzed. All tree-tops were infested by cambio- and xylophagous insects. The following 10 species of these insects were found on analyzed tree-tops and branches: *Serropalpus barbatus* (Schall.), *Tetropium castaneum* (L.), *Molorchus minor* (L.), *Obrrium brunneum* (Fabr.), *Leiopus nebulosus* (L.), *Cryphalus piceae* (Ratz.), *Pityophthorus pityographus* (Ratz.), *Pityokteines vorontzowi* (Jacobs.), *Pissodes piceae* (Ill.), and *Xeris spectrum* (L.). All these species were found on sample plots in Lesko, and only three (*C. piceae*, *P. pityographus*, *P. piceae*) in Krynica. The mean number of brood galleries per single tree-top was 76 (min. 5, max. 245).

The insect community on fir tree-tops in Lesko was composed of 10 species, among which *C. piceae* and *P. pityographus* were characterized by the highest mean indexes of dominance, frequency, and dominance structure (Tab. 3). These two species as well as *P. piceae* were also characterized by the highest indexes of brood gallery density. The species mentioned above as well as *O. brunneum* and *P. vorontzowi* attained the highest percentage of infestation of the tree-top length. The community of cambio- and xylophagous insects in Krynica was composed of only 3 species. From among them *C. piceae* was characterized by the highest mean indexes of dominance, frequency, dominance structure, brood gallery density, and percentage of infestation of the tree-top length.

In Lesko Forest District 15 different insect associations (composed of 2–4 species) were found on tree-tops analyzed during this study. The association composed of *Cryphalus piceae* and *Pityophthorus pityographus* occurred most frequently (61.5%) (Fig. 1). In most of these associations *C. piceae* and *P. pityographus* were superdominants (D_0) and euconstants (F_4). Also in Krynica Experimental Forests the association composed of these two species was most frequently occurring (87.5%), and *C. piceae* was a superdominant species in most cases.

It was found that the occurrence of brood galleries of some species depended on the diameter of a tree-top 0.5 m section. Sections 2.6–4.5 cm in diameter were most frequently infested by *P. pityographus* and *O. brunneum*, and sections 4.6–6.5 cm in diameter were preferred by *P. piceae* and *P. curvidens*, while *X. spectrum* preferred sections 6.6–8.5 cm in diameter (Fig. 2).

It was also found that the occurrence of some species depended on the bark thickness. Sections with the bark 3–4 mm thick were preferred by *O. brunneum* and *P. vorontzowi*, while sections with the bark 4 mm thick by *P. piceae* and *X. spectrum* (Fig. 3).

This study showed that cut off fir tree-tops and branches may be infested by cambio- and xylophagous insects which may also infest living, sometimes little weakened standing trees thus accelerating their dying process (*Cryphalus piceae*, *Pissodes piceae*, *Pityokteines vorontzowi*, *Pityophthorus pityographus*) or they may damage wood (*Serropalpus barbatus*, *Xeris spectrum*). Therefore, large accumulation of cut off or broken off fir tree-tops and branches should be avoided, especially in places highly endangered by secondary insect pests.

Department of Forest Entomology
University of Agriculture in Krakow

WSTĘPNE WYNIKI STOSOWANIA RĘBNI STOPNIOWEJ GNIAZDOWEJ UDOSKONALONEJ W DRZEWOSTANIE JODŁOWYM W ŚWIĘTOKRZYSKIM PARKU NARODOWYM

Rafał Podlaski

Zakład Biologii Ogólnej i Ochrony Przyrody
Instytut Biologii, Akademia Świętokrzyska
ul. Świętokrzyska 15
PL 25-406 Kielce
R. Podlaski@pu.kielce.pl

Piotr Kamiński
Andrzej Jaworski

Katedra Szczegółowej Hodowli Lasu
Uniwersytet Rolniczy
al. 29 Listopada 46
PL 31-425 Kraków
ajaworski@ar.krakow.pl

ABSTRACT

R. Podlaski, P. Kamiński, A. Jaworski. 2008. *Initial results of using the Swiss irregular shelterwood system in the silver fir stand in Świętokrzyski National Park.* Acta Agr. Silv. ser. Silv. 46: 21-39.

The improved stepwise Swiss felling cutting system was introduced in the control unit 38, 15.06 ha in area. Measurements were carried out in 1993 and 2003. During the period of 10 years the growing stock of the stand under investigations increased from 298.65 to 361.17 m³/ha, while its volume increment was 10.9 m³/ha/year. It was found that between 1993 and 2003 the proportion of silver fir increased from 59 to 73%, while that of Scots pine decreased from 32 to 19%, and the proportion of other admixture species decreased from 9 to 8%. A high volume increment of the stand reflected the revival of silver fir after the period of increment decline between 1975 and 1990. Results showed a high efficiency of the cutting system introduced. They also suggested its modifications taking into account specific forest conditions in the Świętokrzyskie Mountains, i.e. conducting cuttings in favor of silver fir but at the same time securing a proper proportion of admixture species, stopping removal of Scots pine trees of good quality and high vitality, and removing silver fir trees with stem rot from the upper stand layer.

KEY WORDS: *Abies alba*, *Pinus sylvestris*, growing stock, increment, diminution, recruitment
SŁOWA KLUCZOWE: *Abies alba*, *Pinus sylvestris*, zasobność, przyrost, ubytek, dorost

I. WSTĘP

W Polsce w XIX i XX wieku drzewostany jodłowe odnawiano różnymi rębniami, na ogół jednak rębnią częściową wielkopowierzchniową (Miklaszewski 1928, Broda 1988, Bernadzki 1967). Na niektórych terenach starano się wprowadzać rębnie bardziej elastyczne, pozwalające przede wszystkim na wydłużenie okresu odnowienia oraz na wykorzystanie zróżnicowania przestrzenne-

go budowy pionowej drzewostanów jodłowych. W Beskidach Śląskim i Żywieckim użytkowanie i odnawianie drzewostanów już w XIX wieku opierało się „na ciemnych gayerowskich rębniach” (Kawecki 1939). W Beskidzie Sądeckim (lasy nawojowskie Adama Stadnickiego) w okresie międzywojennym stosowano, oprócz rębni częściowych, rębnie bawarską, smugowo-przerębową i przerebową (Jaworski 2002).

W Górach Świętokrzyskich, po utworzeniu w 1815 roku Królestwa Polskiego wyodrębniono gospodarstwa leśne. Organizację podstaw gospodarstwa leśnego rozpoczęto w 1816 roku i kontynuowano wydając w roku 1820, 1827 i 1839 instrukcje zarządzania lasu z zawartymi w niej zasadami zagospodarowania lasu (Barański 1974). Prowadzono wówczas dwa typy gospodarstw, wysokopienne i niskopienne, stosując rębnię częściową (w drzewostanach jodłowych i bukowo-jodłowych) oraz zupełną (w drzewostanach z udziałem sosny, z pozostawieniem lub bez pozostawienia nasienników). Odnowienie samosiewne stanowiło zasadniczy sposób powstawania nowych pokoleń lasu (Barański 1974). W tym okresie nie prowadzono regularnej eksploatacji lasów głównego pasma Łysogór (Krysztofik i Zieliński 1963). Po praktycznie całkowitym zlikwidowaniu w latach 1865–1870 niezależności Królestwa Polskiego wprowadzono w 1880 roku administrację rosyjską. Nowe zasady użytkowania lasu, oparte na sprzedaży całych poręb na pniu w drodze publicznego przetargu, zachęcały do stosowania zrębów zupełnych o różnej szerokości, również w drzewostanach jodłowych i bukowo-jodłowych. Regularną eksploatację części wschodniej Łysogór rozpoczęto w latach osiemdziesiątych XIX wieku, a części zachodniej — w początkach XX wieku. Stosowano rębnię zupełną kulisową o szerokości zrębów i pasów drzewostanu między zrębami około 6 m (w części wschodniej Łysogór) i około 30 m (w części zachodniej). Zręby były prowadzone od podnóża do grzbietu Pasma Łysogór, dochodząc miejscami do długości 2 km. Na niektórych odcinkach powstałych zrębów zakładano uprawy ze stosunkowo dużym udziałem świerka. Ten sposób postępowania hodowlanego spotykał się z krytyką polskich oraz rosyjskich leśników i naukowców. Ganieszyn (1909) i Morozow (1950), cytowani przez Zielińskiego (1961), podkreślali, że zręby zupełne są jedną z głównych przyczyn braku zadowalających rezultatów gospodarki leśnej w Górach Świętokrzyskich oraz, że rębnia przerebowa daje w tego typu lasach doskonałe wyniki. Potwierdziły to późniejsze badania Szymkiewicza (1951) przeprowadzone w lesie przerebowym, położonym w obrębie Orłowiny, Nadleśnictwo Łągów. Po odzyskaniu niepodległości w 1918 roku cały obszar dzisiejszego Świętokrzyskiego Parku Narodowego wszedł w skład Nadleśnictwa Święta Katarzyna. Plan urządzenia opracowany w 1920 roku przewidywał w gospodarstwie sosnowym zręby zupełne o szerokości do 50 m i nawrocie cięć 2–3 lata, a w gospodarstwie jodłowym cięcia częściowe z okresem odnowienia, wynoszącym 20–30 lat. Dla sosny i jodły przyjęto 100-letnią kolej rębności (Zieliński 1961).

Drzewostany świętokrzyskie już wcześniej nadmiernie eksploatowane i osłabione działaniem różnych czynników abiotycznych i biotycznych uległy w stycz-

niu i lutym 1929 roku kłęsce mrozowej. Zamierające drzewa były usuwane w latach 1929–32 (Krysztofik i Zieliński 1963).

Po utworzeniu w 1950 roku Świętokrzyskiego Parku Narodowego, w latach 1953 i 1970 przeprowadzono kolejne plany urządzenia lasu. Doświadczenia wyniesione z poprzednich okresów gospodarczych, z obserwacji wyników stosowania określonych zabiegów hodowlanych, posłużyły do opracowania planów urządzenia z zastosowaniem rębni przerębowej i gniazdowo-przerębowej (Zieliński 1974). Cięcia projektowano w odstępach co 6–10 lat. Do jednorazowego pozyskania użytków rębnych nie przeznaczano więcej niż 15% zapasu drzewostanu danego piętra (Zieliński 1974).

Od około 1975 roku w drzewostanach świętokrzyskich osłabionych działaniem różnych niekorzystnych czynników abiotycznych, biotycznych i antropogenicznych nasiliło się zjawisko zamierania i regresji jodły, przybierając obraz niespotykany w całej dotychczasowej historii Puszczy Świętokrzyskiej. Od około 1990 roku nastąpiło zdecydowane ograniczenie zjawiska zamierania i regresji jodły w Górach Świętokrzyskich (Graniczny i Ukleja-Dobrowolska 1990, Gądek 1993, Podlaski 2003).

Obecnie, bogate doświadczenie leśnictwa europejskiego jednoznacznie wskazują, że najlepsze warunki wzrostu i rozwoju znajduje jodła w drzewostanach mieszanych o zróżnicowanej strukturze wysokościowej, w warunkach ustabilizowanego klimatu leśnego, których osiągnięcie umożliwi rębnia stopniowa gniazdowa udoskonalona lub rębnia ciągła (Korpel i Vinš 1965, Bernadzki 1967, 1976, Bernadzki i Szeremetti 1976, Leibundgut 1981).

Na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego wybrano drzewostan (jednostka kontrolna 38), który ze względu na skład gatunkowy i budowę pozwalał na wdrożenie rębni stopniowej gniazdowej udoskonalonej. W drzewostanie tym na początku lat 80. ubiegłego wieku wykonano cięcia odsłaniające podrost jodłowy. W wyniku tych, jak i późniejszych cięć gniazdowych ukształtowała się zróżnicowana budowa pionowa. W 1993 roku w jednostce kontrolnej 38 przeprowadzono pomiary, których celem było określenie głównych cech taksacyjnych drzewostanu. W 1994 roku wyznaczono i wykonano cięcia charakterystyczne dla rębni stopniowej gniazdowej udoskonalonej. Badania kontrolne przeprowadzono w 2003 roku.

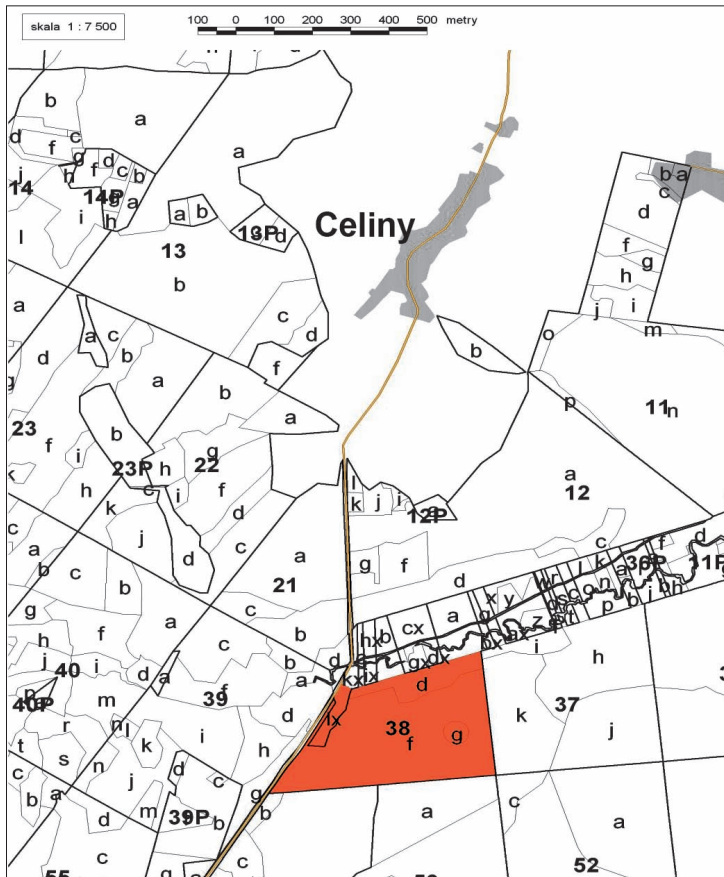
Celem pracy jest określenie efektywności wdrożonej rębni stopniowej gniazdowej udoskonalonej oraz ocena możliwości produkcyjnych, zmiany budowy i struktury drzewostanu w ciągu 10-letniego okresu (1993–2003).

Autorzy są świadomi, że okres 10 lat jest zbyt krótki zarówno do ukształtowania budowy i struktury drzewostanu charakterystycznego dla tak złożonej rębni, jaką jest stopniowa gniazdowa udoskonalona, jak i jej efektów produkcyjnych. Uznano jednak, że przedstawienie wstępnych wyników jest celowe wobec sporadycznych w Polsce publikacji z tego zakresu (Przybylska i Zięba 2003) oraz dla upowszechnienia metody odnowienia, uwzględniającej założenia hodowli lasu bliskiej naturze (Schütz 1986, 1990).

II. CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ I POWIERZCHNI BADAWCZYCH

Jednostka kontrolna 38 (pow. 15,06 ha) położona jest w Świętokrzyskim Parku Narodowym, w Dolinie Dębniańskiej, na wysokości około 300 m n.p.m., na łagodnym stoku ekspozycji północno-wschodniej, podciętym od strony zachodniej stromą skarpą (ryc. 1).

Podłoże skalne tworzą utwory sylurskie, głównie ilowce łupkowe, łupki grafitowe, mułowce i piaskowce, pokryte warstwą glin zwałowych, m.in. materiału fluwioglacjalnego (Olszewski i in. 2000). W południowo-zachodniej części badanego obiektu występują gleby brunatne, natomiast w północno-wschodniej — gleby brunatne oglejone, miejscami opadowo glejowe. W tych warunkach wykształcił się zespół świętokrzyskiej jedliny (*Abietetum polonicum*), który odpowiada siedlisku lasu mieszanego wyżynnego.



Ryc. 1. Położenie jednostki kontrolnej 38

Fig. 1. Situation of the control unit 38

Z danych uzyskanych na podstawie obserwacji przeprowadzonych w stacji pomiarowej w Celinach, położonej w pobliżu badanego obiektu, wynika m.in., że średnia roczna wielkość opadów kształtuje się na poziomie 500–600 mm (Olszewski i in. 2000).

Przedstawiona charakterystyka siedliska dowodzi, że są to warunki sprzyjające rozwojowi drzewostanów z dominacją jodły (Jaworski i Zarzycki 1983).

W latach 1984 i 1988 w charakteryzowanym drzewostanie przeprowadzono cięcia, które doprowadziły miejscami do powstania piętra dolnego w formie wielkopowierzchniowej o zwarcu poziomym, a więc niekorzystnym dla jodły. Pozyskanie w tych cięciach sosny z górnego piętra spowodowało zmianę składu gatunkowego drzewostanu z sosnowo-jodłowego na jodłowy.

III. METODYKA BADAŃ

Badania terenowe

Badania terenowe przeprowadzono w latach 1993 i 2003. W 1993 roku w jednostce kontrolnej 38 o wielkości 15,06 ha (ryc. 1) założono trzydzieści 5-arych powierzchni kołowych. Rozmieszczone były one w siatce kwadratów $70,71 \times 70,71$ m, zorientowanej zgodnie z kierunkami N–S i E–W. Środki powierzchni były trwale stabilizowane. Powierzchnie tworzyły dwa współśrodkowe koła o wielkości 5 i 2 ary, a promień każdej powierzchni był uzależniony od nachylenia terenu. Drzewa, które osiągnęły próg pierśnicowania (6 cm), zostały trwale zaznaczone rysakiem na wysokości pierśnicy.

Na kołowych powierzchniach próbnych określono współrzędne biegunowe wszystkich drzew o pierśnicy ≤ 6 cm oraz zmierzono ich pierśnice (duże koło) i wysokości (małe koło). W prezentowanej pracy do obliczeń wykorzystano drzewa o pierśnicy ≤ 8 cm.

W celu ustalenia orientacyjnego okresu odnowienia drzewostanu macierzystego oraz wieku sosen i jodeł, pobrano na każdej powierzchni wywiarty po jednym z najgrubszej sosny i jodły (nawiercono w sumie około 30 sosen i 30 jodeł). Na ich podstawie określono wiek pierśnicowy drzew.

Prace kameralne

Miaższość drzewostanu, dorostu i ubytku ($d_{1,3} = 8$ cm) obliczono oryginalnym programem komputerowym „Zasoby”, opartym na tablicach miaższości drzew stojących Czuraja (1991). Do określenia zasobności drzewostanu w 1993 i 2003 roku oraz do obliczenia miaższości ubytku i dorostu sporządzono krzywe wysokości wyrównane funkcją Michajłowa (Korf i in. 1972). Na podstawie pomiarów z 1993 roku obliczono zasobność i miaższość ubytku, a na podstawie danych z 2003 roku zasobność i miaższość dorostu.

Obliczono także udział miąższości i liczby drzew na początku i końcu okresu kontrolnego dla następujących faz wzrostu drzewostanu (Jaworski 2004):

- żerdziowina — $d_{1,3}$ od 8 do 14 cm;
- drągowina — $d_{1,3}$ od 15 do 20 cm;
- drzewostan cienki — $d_{1,3}$ od 21 do 35 cm;
- drzewostan średni — $d_{1,3}$ od 36 do 50 cm;
- drzewostan gruby — $d_{1,3}$ powyżej 51 cm.

Obliczenia 10-letniego bieżącego przyrostu miąższości objęły na wstępie kontrolę liczby drzew:

$$N_{03} - N_{93} + N_L - N_R = 0,$$

gdzie:

N_{03} — liczba drzew w 2003 roku;

N_{93} — liczba drzew w 1993 roku;

N_L — liczba drzew ubytku w okresie 1993–2003;

N_R — liczba drzew dorostu w okresie 1993–2003.

Przyrost miąższości (I_V) obliczono wzorem:

$$I_V = V_{03} - V_{93} + V_L - V_R \text{ [m}^3\text{/ha/10 lat]},$$

gdzie:

V_{03} — miąższość drzew w 2003 roku;

V_{93} — miąższość drzew w 1993 roku;

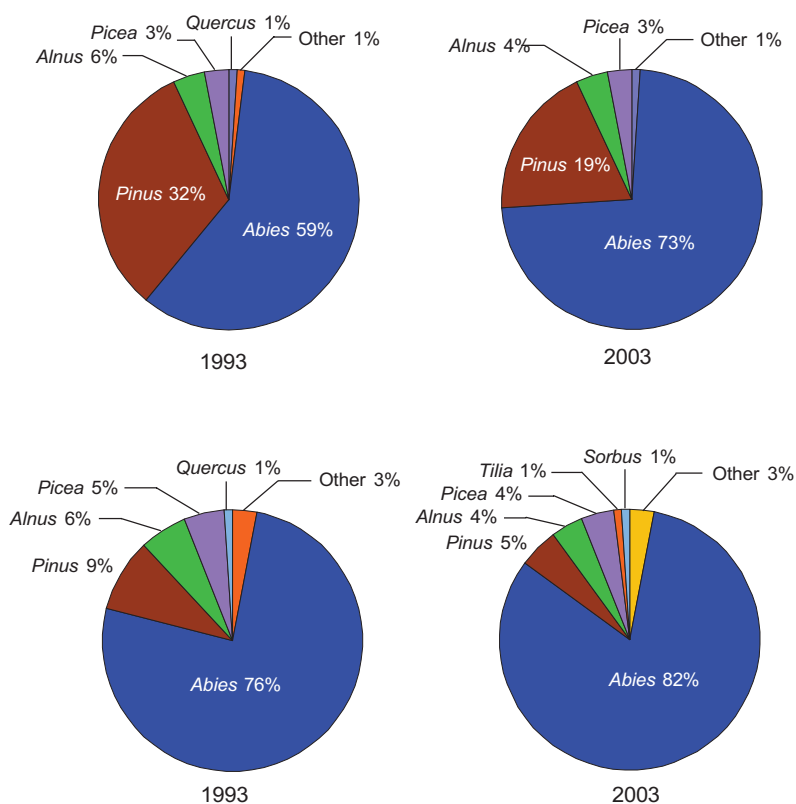
V_L — miąższość drzew ubytku w okresie 1993–2003;

V_R — miąższość drzew dorostu w okresie 1993–2003.

IV. WYNIKI BADAŃ

Skład gatunkowy

Drzewostan w badanym okresie charakteryzował się stosunkowo urozmaiconym składem gatunkowym. Panowała w nim jodła, która w okresie kontrolnym zwiększyła swój udział miąższościowy z 59% do 73%, a pod względem liczby drzew z 76% do 82% (ryc. 2). Zmniejszył się wyraźnie udział sosny, która jeszcze w 1993 roku była gatunkiem współpanującym, stanowiąc 32% udziału miąższościowego i 9% udziału określonego na podstawie liczby drzew, a w 2003 roku jej udział wynosił odpowiednio 19% i 5% udziału miąższościowego i obliczonego na podstawie liczby drzew. W drzewostanie, oprócz sosny występują następujące gatunki domieszkowe: olsza czarna, świerk, dęby szypułkowy i bezszypułkowy, lipa drobnolistna, osika, buk i grab. Ogólny udział gatunków domieszkowych zmniejszył się nieznacznie, zarówno pod względem miąższościowym (z 9% do 8%), jak i liczby drzew (z 15% do 13%) (ryc. 2).



Ryc. 2. Skład gatunkowy drzewostanu w 1993 i 2003 roku określony na podstawie miąższości (rysunek górny) i liczby drzew (rysunek dolny)

Fig. 2. Stand species composition in 1993 and 2003 based on volume (upper figure) and the number of trees (lower figure)

Liczba drzew, struktura pierśnic

W latach 1993–2003 liczba drzew w badanym drzewostanie zwiększyła się. Na początku okresu kontrolnego wynosiła 630 szt./ha, a dziesięć lat później — 847 szt./ha (tab. 1). W 1993 roku najliczniej reprezentowana była żerdziowina (291 szt./ha), udział jej wzrósł w 2003 roku do 464 szt./ha. W 1993 roku liczba drzew w fazie drągownicy wynosiła 109 szt./ha, drzewostanu cienkiego 134 szt./ha, a drzewostanu średniego — 82 szt./ha (tab. 1). Po dziesięciu latach nieznacznie zwiększyła się liczba drzew odpowiadająca wymiarom drągownicy i wyniosła 131 szt./ha, w pozostałych wymienionych fazach nie nastąpiły istotne zmiany (tab. 1).

Tabela 1 — Table 1

Liczba drzew należących do wyróżnionych faz rozwojowych drzewostanu na początku (1993 r.) i końcu (2003 r.) okresu kontrolnego

Number of trees in individual stages of stand development at the beginning (1993) and end (2003) of the control period

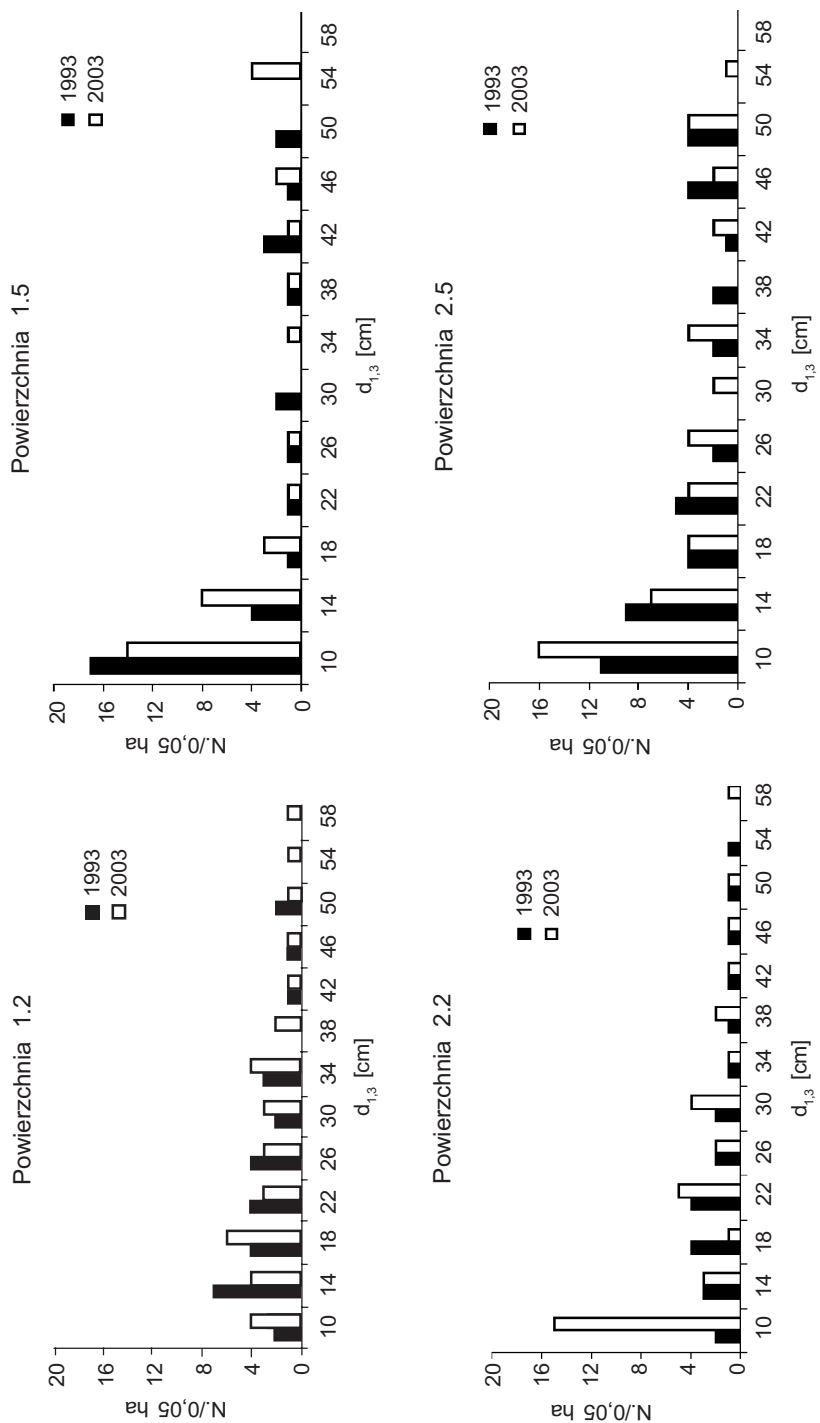
Faza rozwojowa Development stage	Liczba drzew Number of trees		Zmiana Change [%]
	1993	2003	
	[szt./ha] — [no./ha]		
Żerdziowina — Pole wood	291	464	+59
Dragowina — High pole wood	109	131	+20
Drzewostan cienki — Small diameter stand	134	143	+6
Drzewostan średni — Medium diameter stand	82	80	-2
Drzewostan gruby — Large diameter stand	14	29	+107
Razem — Total	630	847	+34

Rozkład pierśnic na powierzchniach 5-arowych przyjął postać krzywej jednoramiennej (powierzchnie: 1.5, 2.2, 2.5, 4.3 i 5.1) zbliżonej do U-kształtnej (5.4) i zbliżonej do dwuramiennej (1.2 i 7.2) (ryc. 3, 4). W latach 1993–2003 na badanych powierzchniach nastąpił wzrost udziału liczby drzew w najcieńszych i najgrubszych klasach pierśnicy (ryc. 3 i 4).

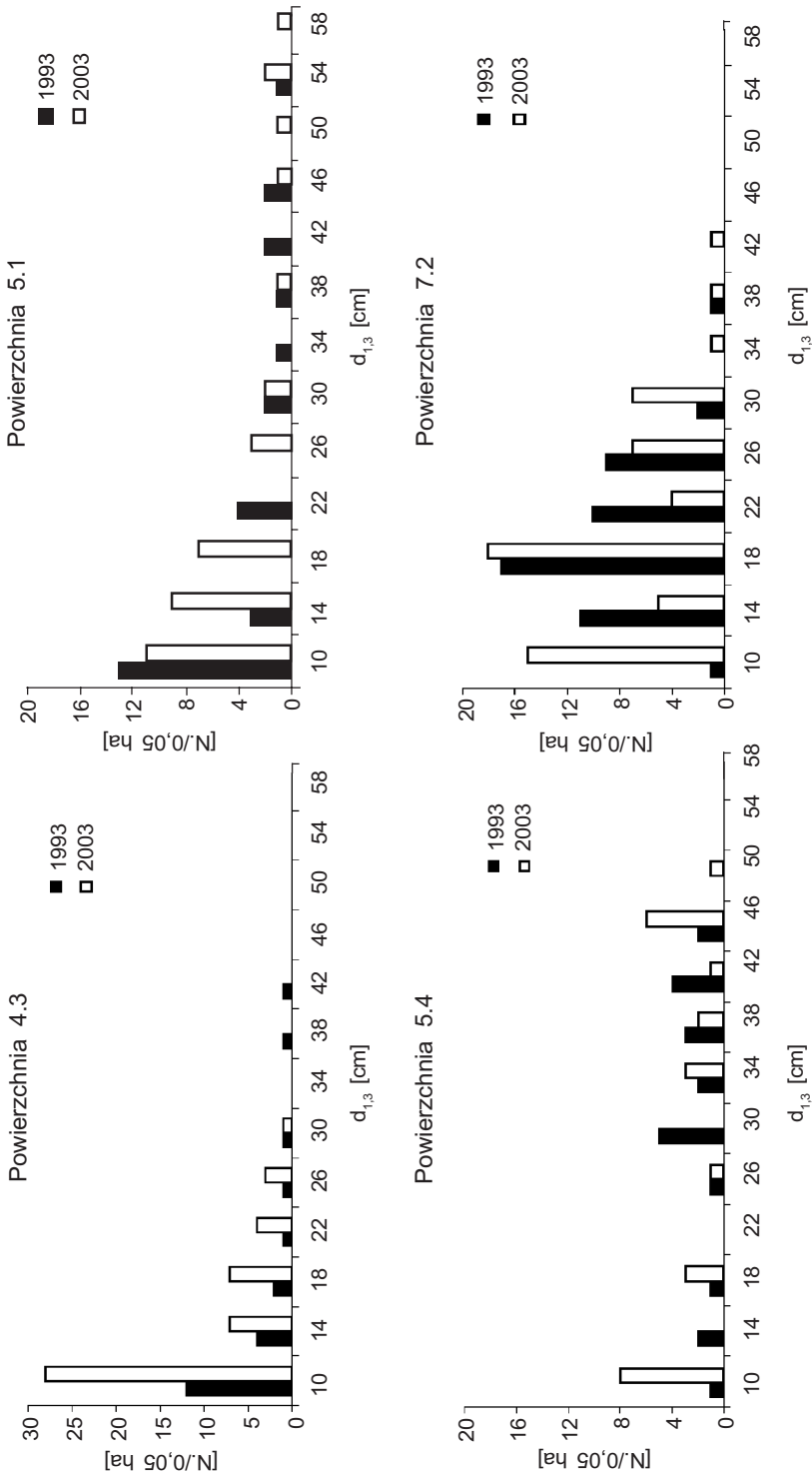
Zasobność

W 1993 roku zasobność jednostki kontrolnej wynosiła 298,65 m³/ha, rzeczywista wartość z prawdopodobieństwem 68,2% zawierała się w przedziale 279,81–317,49 m³/ha (tab. 2). W 2003 roku zasobność wzrosła o 21% i wynosiła 361,19 m³/ha. Średni błąd określenia zasobności po 10 latach uległ nieznacznej zmianie. W porównaniu do 1993 roku zmienił się procentowy współczynnik zmienności z wartości 34,5% do 28,3%, a więc zmniejszył się stopień zróżnicowania poletek pod względem miąższości (tab. 2).

Na początku i końcu okresu kontrolnego o zasobności decydował drzewostan średni (odpowiednio 47% i 38%) i w mniejszym stopniu cienki (28% i 25%) (tab. 3).



Ryc. 3. Rozkład pierśnic wszystkich gatunków drzew na powierzchniach kołowych: 1.2; 1.5; 2.2; 2.5
 Fig. 3. Diameter breast high distribution of all tree species present in circular plots: 1.2; 1.5; 2.2; and 2.5



Ryc. 4. Rozkład piersieńc wszystkich gatunków drzew na powierzchniach kołowych: 4.3; 5.1; 5.4; 7.2
 Fig. 4. Diameter breast high distribution of all tree species present in circular plots: 4.3; 5.1; 5.4; and 7.2

Tabela 2 — Table 2

Wyniki obliczeń związane z oszacowaniem średniego błędu, średniej wartości miąższości i innych charakterystyk statystycznych miąższości drzewostanu

Results of calculations connected with estimation of the mean error, mean volume and other statistical characteristics of stand volume

Cecha Characteristic	Oznaczenie Symbol	Wyniki obliczeń Calculation results	
		1993	2003
Miąższość na 30 poletkach [m ³] Volume in 30 plots [m ³]	—	447,98	541,79
Liczba powierzchni Number of plots	<i>n</i>	30	30
Zasobność [m ³ /ha] Growing stock	<i>V</i>	298,65	361,19
Wielkość powierzchni [ha] Plot size	<i>p</i>	0,05	0,05
Średnia miąższość na poletku [m ³ /ha] Mean volume in a plot [m ³ /ha]	<i>v</i>	14,93	18,06
Odchylenie standardowe Standard deviation	<i>S_x</i>	5,15	5,11
Średni błąd oceny miąższości (bezwzględny) Mean error of volume estimation (absolute)	<i>V</i>	0,94	0,93
Średni błąd średniej miąższości drzew [m ³ /ha] Mean error of mean tree volume [m ³ /ha]	ΔV_{1ha}	18,83	18,66
Współczynnik zmienności wyrażony [%] Coefficient of variation [%]	<i>S_x</i>	34,5	28,3
Błąd średni [%] Mean error [%]	Δv	6,3	5,2
Przedział ufności oszacowania miąższości z prawdopodobieństwem 68,2% [m ³ /ha] Confidence interval of volume estimation with probability 68.2% [m ³ /ha]	—	279,81–317,49	342,81–379,86

Ubytek, dorost i przyrost

W ciągu dziesięciu lat próg pomiaru pierśnic ($d_{1,3} = 8$ cm) (dorost) przekroczył 299 szt./ha drzew, o łącznej miąższości 10,75 m³/ha (tab. 4). Większość, bo aż 84,6% ogólnej liczby dorostu stanowiła jodła, 6,4 % — świerk, a 9 % — gatunki liściaste: jarzab, lipa drobnolistna, buk, osika, dąb szypułkowy, iwa, olsza czarna i grab (tab. 4).

Tabela 3 — Table 3

Miąższość i pierśnicowe pole przekroju wyróżnionych faz drzewostanu na początku (1993 rok) i końcu (2003 rok) okresu kontrolnego

Volume and basal area in individual stages of stand development at the beginning (1993) and end (2003) of the control period

Faza rozwojowa Development stage (d _{1,3})	Miąższość Volume				Pierśnicowe pole przekroju Basal area			
	1993		2003		1993		2003	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ² /ha	%	m ² /ha	%
Żerdziowina Pole wood (7–14 cm)	13,09	4,4	22,0	6,1	2,6	9,0	3,8	11,2
Drągowina High pole wood (15–20 cm)	21,73	7,3	27,3	7,6	2,6	9,1	3,1	9,2
Drzewostan cienki Small diameter stand (21–35 cm)	83,54	28,0	91,4	25,3	8,1	28,2	8,4	24,9
Drzewostan średni Medium diameter stand (36–50 cm)	140,14	46,9	138,4	38,3	12,1	42,2	11,6	34,3
Drzewostan gruby Large diameter stand (> 50 cm)	40,15	13,4	82,1	22,7	3,3	11,5	6,9	20,4
Razem — Total	298,65	100,0	361,2	100,0	28,7	100,0	33,8	100,0

Miąższość pozyskanych w wyniku cięć rębnych i pielęgnacyjnych drzew (ubytku) wynosiła 57,16 m³/ha/10 lat (tab. 5). Miąższość usuniętych jodeł wynosiła 13,82 m³/ha/10 lat (24,2% udziału), a sosen — 39,38 m³/ha/10 lat (68,9%). W 2003 roku pod względem liczby drzew ubytku przeważała jodła: 40 szt./ha, która stanowi 48,8% z ogólnej liczby 82 szt./ha (tab. 5). Jodły wycinano w ramach cięć rębnych i pielęgnacyjnych; świadczy o tym szeroki rozstęp pierśnic (8–52 cm) i stosunkowo niska średnia pierśnica (18 cm). Sosny pozyskiwano w ramach cięć rębnych, ich średnia pierśnica wyniosła 46,4 cm, a udział w ogólnej liczbie drzew ubytku — tylko 23,8%. Największa z nich mierzyła 60 cm pierśnicy, 27 m wysokości i 3,53 m³ miąższości. Pozostałe gatunki wchodzące w skład ubytku to: olsza czarna, świerk, dąb szypułkowy, brzoza brodawkowata, jarząb pospolity i osika (tab. 5).

Całkowity przyrost miąższości drzewostanu w badanym dziesięcioleciu wyniósł 108,95 m³/ha, w tym jodły 82%, sosny 11,4%, a pozostałych gatunków 6,6% (tab. 6). Z porównania przyrostu miąższości sosen i jodeł w zależności od ich pierśnicy wynika, że sosna charakteryzowała się mniejszymi przyrostami (ryc. 5).

Tabela 4 — Table 4

Liczba i miąższość drzew dorostu
Number and volume of trees in recruitment

Gatunek drzewa Tree species	Miąższość Volume		Liczba drzew Number of trees	
	m ³ /ha	%	szt./ha no./ha	%
<i>Fagus sylvatica</i>	0,14	1,3	3	1,0
<i>Betula pendula</i>	0,03	0,3	1	0,3
<i>Quercus robur</i> and <i>Q. sessilis</i>	0,03	0,3	1	0,3
<i>Carpinus betulus</i>	0,03	0,3	1	0,3
<i>Salix caprea</i>	0,03	0,3	1	0,3
<i>Abies alba</i>	9,37	87,1	252	84,4
<i>Sorbus aucuparia</i>	0,26	2,4	9	3,0
<i>Tilia cordata</i>	0,18	1,7	6	2,0
<i>Alnus glutinosa</i>	0,01	0,1	1	0,3
<i>Populus tremula</i>	0,25	2,3	5	1,7
<i>Picea abies</i>	0,42	3,9	19	6,4
Razem — Total	10,75	100,0	299	100,0

Tabela 5 — Table 5

Liczba i miąższość drzew ubytku
Number and volume of trees in diminution

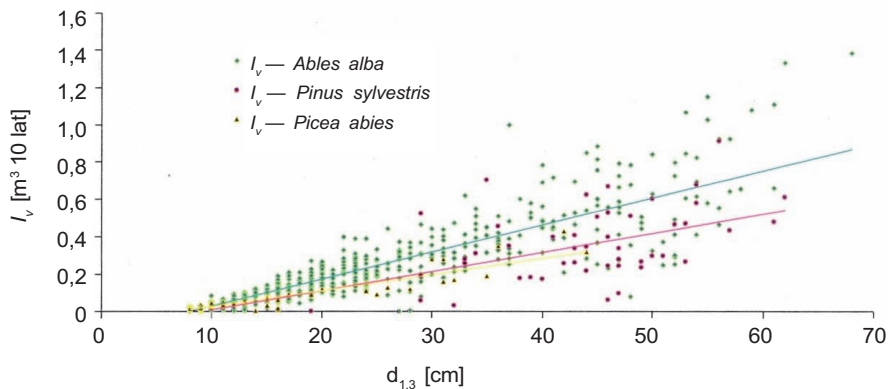
Gatunek Tree species	Miąższość Volume		Liczba drzew Number of trees	
	m ³ /ha	%	szt./ha no./ha	%
<i>Betula pendula</i>	0,05	0,1	1	1,2
<i>Populus tremula</i>	0,01	0,0	1	1,2
<i>Quercus robur</i> and <i>Q. sessilis</i>	1,09	1,9	3	3,7
<i>Abies alba</i>	13,82	24,2	40	48,8
<i>Sorbus aucuparia</i>	0,05	0,1	2	2,4
<i>Alnus glutinosa</i>	1,48	2,6	7	8,5
<i>Pinus sylvestris</i>	39,38	68,9	19	23,2
<i>Picea abies</i>	1,28	2,2	9	11,0
Razem — Total	57,16	100,0	82	100,0

Tabela 6 — Table 6

Liczba drzew i miąższość (zasobność) na początku i końcu okresu kontrolnego oraz ubytek, dorost i przyrost w latach 1993–2003

Volume (growing stock) at the beginning and end of the control period and diminution, recruitment and increment during 1993–2003

Rok Year	Liczba drzew Number of trees	Miąższość Volume	Ubytek Diminution		Dorost Recruitment		Przyrost Increment
	N_{93} N_{03}	V_{93} V_{03}	N_L	V_L	N_R	V_R	$I_v = V_{03} - V_{93} + V_L - V_R$
	szt./ha no./ha	m ³ /ha	szt./ha no./ha	m ³ /ha	szt./ha no./ha	m ³ /ha	m ³ /ha/10 lat m ³ /ha/10/years
1993	630	298,65	82	57,16	299	10,75	108,95
2003	847	361,19					



Ryc. 5. Przyrost miąższości drzew (jodła, sosna, świerk) w zależności od ich grubości w okresie 10 lat

Fig. 5. Tree volume increment (silver fir, Scots pine, Norway spruce) depending on their diameter during the period of 10 years

Wiek drzewostanu

Wiek najgrubszych jodeł i sosen był zbliżony i wynosił około 85–100 lat (dane z 2003 roku). Na tej podstawie można przypuszczać, że drzewostan został odnowiony na całej powierzchni w krótkim, około 10–20 letnim okresie. Jodły górnego piętra, od momentu ich wprowadzenia wzrastały na powierzchni otwartej. Wskazują na to stosunkowo szerokie przyrosty (słoje) w części przyrzeniowej. Drzewa ze środkowego i dolnego piętra, stanowiące późniejsze

generacje drzewostanu wzrastały na ogół pod osłoną drzewostanu macierzystego, o czym świadczą wąskie przyrosty w części przyrzeniowej. Ponadto, u około 60% jodeł z górnego piętra występowała zgnilizna pnia.

V. Dyskusja

Analizując wstępne rezultaty wdrożenia rębni stopniowej gniazdowej udoskonalonej w Świętokrzyskim Parku Narodowym należy wspomnieć, że pierwsze cięcia w badanym drzewostanie przeprowadzono już w latach 1984 i 1988. Były one spowodowane pilną potrzebą odsłonięcia nalotu jodłowego, a intensywność wynosiła około 15% (Graniczny i Ukleja-Dobrowolska 1990).

Cięcia wykonane w 1993 roku polegały na posztucznym usuwaniu drzew, które wykorzystwały potencjał przyrostowy i w zależności od cech fragmentu drzewostanu spełniały zadania użytkowania, a także inicjowania odnowienia, jego odsłaniania, poszerzania ośrodków odnowieniowych, kształtowania struktury itp. W grupach i kępach drzewostanu dojrzewającego przeprowadzano trzebież selekcyjną.

Ocena odnowienia, która była przedmiotem innych badań (Jaworski 2005) wykazała występowanie odnowienia jodeł we wszystkich jego klasach wysokości (od nalotu do podrostu o wysokości > 5 m i pierśnicy 6–7,9 cm), co wskazuje na ciągłość procesu odnowienia w całym drzewostanie. Stwierdzono jednak mały udział gatunków domieszkowych, co utrudnia osiągnięcie drzewostanu wielogatunkowego z dominacją jodły i znacznym udziałem sosny oraz domieszką dębu szypułkowego. Wymienione gatunki stanowią w odnowieniu około 10–20% udziału i dlatego konieczne będą uzupełnienia.

Badany drzewostan warto porównać z drzewostanem jodłowym w jednostce kontrolnej 22 w LZD w Krynicy, w którym od 1971 roku realizowana jest rębnia stopniowa gniazdowa udoskonalona, chociaż drzewostany te różnią się pod względem budowy i struktury. Wiąże się to z genezą obu drzewostanów i długością okresu stosowania tej rębni. Drzewostan z lasów krynickich powstał w wyniku rębni gniazdowej, tak bowiem określano postępowanie odnowieniowe, charakterystyczne dla rębni gniazdowej bawarskiej. Jest to wielopiętrowy drzewostan o zwarcu schodkowym lub pionowym, z fragmentami o budowie przerębowej. Drzewostan świętokrzyski jest efektem rębni częściowej z długim okresem odnowienia i nieregularnymi cięciami odsłaniającymi. Przyjmuje on również w niektórych fragmentach budowę wielopiętrową, ale ze słabo lub dobrze rozwiniętym piętrzem dolnym, a niekiedy zbliżoną do przerębowej. Drzewostan ten jest jednak znacznie młodszy (wiek najgrubszych jodeł 85–100 lat) niż drzewostan krynicki (wiek jodeł górnego piętra wynosił od około 120 do 170 lat). Drzewostany te więc różnią się wyraźnie pod względem budowy i struktury wieku. Stwierdzenie to można uogólnić i przytoczyć poglądy Schütza (2000), który zwraca uwagę, że nie ma dwóch drzewostanów prowadzonych rębnią stopniową gniazdową udoskonaloną, które byłyby do siebie podobne.

Po pięciu latach od wykonania cięć w drzewostanie krynickim zaobserwowano na I działce spadek zasobności o 21% (z 448 do 352 m³/ha), a liczby drzew — o 17% (z 505 do 417 szt./ha), na II działce nastąpił wzrost zasobności z 296 do 335 m³/ha i liczby drzew z 396 do 490 szt./ha (Przybylska i Zięba 2003). W jednostce kontrolnej 38 w Świętokrzyskim Parku Narodowym zanotowano w ciągu dziesięciu lat wzrost zasobności o 21% i liczby drzew o 34%.

Wzrost zasobności badanego drzewostanu w Świętokrzyskim Parku Narodowym wiąże się przede wszystkim z ostrożnymi cięciami i reakcją przyrostową jodły. Krajowa praktyka gospodarstwa leśnego, oprócz cytowanych wyżej danych z Krynicy, nie dostarcza materiałów dotyczących zmian zapasu w wyniku stosowania rębni stopniowej gniazdowej udoskonalonej. W drzewostanach Pogórza Karpackiego i w Karpatach, gdzie zdaniem gospodarzy stosowana jest ta rębnia, technika postępowania wskazuje raczej na rębnię częściową z gniazdami i wydłużonym (ponad 20 lat) okresem odnowienia. Jedyne wiarygodne dane, jakimi autorzy dysponują, pochodzą ze Szwajcarii. W lasach doświadczalnych Politechniki w Zurychu w ciągu 18-letniego okresu stosowania tej rębni nie stwierdzono jeszcze spadku zapasu. W lasach miejskich w Lenzburgu wyraźny spadek zapasu stwierdzono dopiero w 30. roku od rozpoczęcia odnawiania drzewostanów, kiedy pierwsza kępa odnowień osiągnęła fazę drągowiny. W latach 1913–1947 nastąpił spadek zapasu z 308 do 269 m³/ha. Przy wielkości jednostki kontrolnej wynoszącej około 10 ha zapas nie powinien spaść w okresie odnawiania poniżej 50% jego wartości maksymalnej (Fabijanowski, materiały niepubl.).

W czterech innych drzewostanach wielogatunkowych w Lenzburgu, w okresie stosowania rębni stopniowej (lata 1931–1955), zasobność zmniejszyła się w zakresie od 18% do 38% (Köstler 1961).

Drzewostan świętokrzyski charakteryzował się stosunkowo wysoką produktywnością (przyrost bieżący roczny miąższości — 10,9 m³/ha), porównywalną z lasami krynickimi (9 i 10 m³/ha) (Przybylska i Zięba 2003). Należy jednak podkreślić, że drzewostan ten wykazał w latach 1971–1980 zmniejszenie przyrostu radialnego, ale nie odbiegał on od przyrostu tablicowego (zob. tablice zasobności i przyrostu drzewostanów Szymkiewicza), dlatego uznany został jako normalnie przyrastający (Jaworski i in. 1995). W latach 1981–1990 przyrost ten zwiększył się, lecz nie wrócił do poziomu z lat 1951–1960.

Zasobność badanego drzewostanu nie jest jeszcze zadowalająca, jednak biorąc pod uwagę wysokie wartości przyrostu należy się spodziewać ukształtowania zasobności przynajmniej na poziomie 450 m³/ha.

Przyszłe cięcia powinny mieć na celu utrzymanie i kształtowanie budowy wielopiętrowej, a w niektórych fragmentach nawet przerębowej oraz ukształtowanie warunków umożliwiających poprawę zdrowotności i żywotności drzew, co sprzyja także procesowi odnowienia nie tylko jodły, ale też m.in. sosny.

VI. PODSUMOWANIE WYNIKÓW I WNIOSKI

1. Przyjęte postępowanie w ramach prowadzonej w jednostce kontrolnej 38 rębni stopniowej gniazdowej udoskonalonej doprowadziło do wyraźnego wzrostu liczby drzew, zasobności i osiągnięcia stosunkowo wysokiego przyrostu miąższości. Zapewniło również ukształtowanie drzewostanu o zróżnicowanej budowie pionowej, w którym jodła znajduje optymalne warunki wzrostu.
2. Pożądane zwiększenie w przyszłości udziału sosny w składzie gatunkowym można będzie osiągnąć dzięki cięciom zupełnym na wąskich kurtynach starodrzewu, powstałych w końcowej fazie rębni.
3. Jednakowy wiek jodeł piętra górnego oraz szerokie przyrosty w części przyrdzeniowej wskazują na to, że drzewa te wzrastały w młodości na otwartej powierzchni, co może być powodem obniżonej żywotności i tak licznie występującej wśród nich zgnilizny. Dlatego należy zmodyfikować dotychczasowe postępowanie, intensywnie pozyskiwać porażone jodły z górnego piętra oraz całkowicie zaprzestać usuwania sosen dobrej jakości i żywotności.
4. Duży przyrost miąższości badanego drzewostanu wskazuje, że jodła po okresie stosunkowo małego przyrostu w latach 1971–1980 wykazuje obecnie cechy rewitalizacji. Można przypuszczać, że jest to efekt stosowania rębni stopniowej udoskonalonej.
5. W strefach ochrony częściowej oraz w drzewostanach gospodarczych, o składzie gatunkowym podobnym do występującego w jednostce kontrolnej 38, cięcia odnowieniowe i pielęgnacyjne należy ukierunkować na popieranie odnowienia i stworzenia nalotom i podrostom jodły korzystnych warunków wzrostu, w celu zwiększenia jej aktualnego udziału w lasach Gór Świętokrzyskich.

LITERATURA

- Barański S. 1974. *Sposoby zagospodarowania świętokrzyskich lasów rządowych w pierwszej połowie XIX wieku*. Sylwan 118, 5: 68–70.
- Bernadzki E. 1967. *Badania nad wyborem rębni w drzewostanach jodłowych w Górach Świętokrzyskich*. Prace IBL 329: 101–165.
- Bernadzki E. 1976. *Sposoby wytwarzania i utrzymywania złożonej struktury w drzewostanach jodłowych*. Las Pol. 2: 7–9.
- Bernadzki E., Szeremetti B. 1976. *Okres odnowienia jodły na siedlisku lasu mieszanego w Górach Świętokrzyskich*. Sylwan 120, 3: 47–56.
- Broda J. 1988. *Zarys historii gospodarstwa leśnego w Polsce*. PWRiL, Warszawa.
- Czuraj M. 1991. *Tablice miąższości kłód odziomkowych i drzew stojących*. PWRiL, Warszawa.
- Gądek K. 1993. *Aktualny stan zagrożenia drzewostanów jodłowych Świętokrzyskiego Parku Narodowego przez różne czynniki szkodotwórcze na tle rodzaju i rozmiaru regionalnych i wielkoobszarowych emisji przemysłowych*. Prądnik 7/8: 53–60.
- Graniczny S., Ukleja-Dobrowolska D. 1990. *Wstępna ocena stanu hodowlanego i zdrowotnego drzewostanów z udziałem jodły na wybranych powierzchniach badawczych Świętokrzyskiego Parku Narodowego i Puszczy Świętokrzyskiej*. Roczniki Świętokrzyskie 17: 29–45.
- Jaworski A. 2002. *Adam hr. Stadnicki (1882–1982) i jego metody gospodarowania w lasach nawojowskich w latach 1905–1945*. Sylwan 146, 9: 29–39.

- Jaworski A. 2004. *Podstawy przyrostowe i ekologiczne odnawiania oraz pielęgnacji drzewostanów*. PWRiL, Warszawa.
- Jaworski A., Karczmarski J., Pach M., Skrzyszewski J., Szar J. 1995. *Ocena żywotności drzewostanów jodłowych w oparciu o cechy biomorfologiczne koron i przyrost promienia piersnicy*. Acta Agr. Silv. ser. Silv. 33: 115–131.
- Jaworski A., Zarzycki K. 1983. *Ekologia*. [W:] *Jodła pospolita Abies alba Mill.* S. Białobok (red.). PWN, Warszawa.
- Jaworski T. 2005. *Odnowienie naturalne w drzewostanie jodłowym prowadzonym rębnią stopniową gniazdową udoskonaloną na przykładzie jednostki kontrolnej 38 w Świętokrzyskim Parku Narodowym*. Praca dyplomowa, Katedra Szczegółowej Hodowli Lasu AR w Krakowie.
- Kawecki W. 1939. *Lasy Żywiecczyzny, ich terażniejszość i przeszłość. Zarys monograficzny*. Pr. Roln.-Leśne PAU 35: 1–172.
- Korf V., Hubač K., Šmelko Š., Wolf J. 1972. *Dendrometrie*. SZN, Praha.
- Korpel Š., Vinš B. 1965. *Pestovanie jedle*. SVPL, Bratislava.
- Köstler J.N. 1961. *Die Lenzburger Waldpflege. Versuch einer Analyse des Deck'schen Waldbaustils*. Forstwiss. Cbl. 80: 65–106.
- Krysztófiak E., Zieliński T. 1963. *Zarys dziejów gospodarki leśnej od XIX wieku do II Wojny Światowej na terenie obecnego Świętokrzyskiego Parku Narodowego*. Sylwan 120, 4: 57–65.
- Leibundgut H. 1981. *Die natürliche Waldverjüngung*. Verlag Paul Haupt, Bern.
- Miklaszewski J. 1928. *Lasy i leśnictwo w Polsce*. Nakł. Zw. Zaw. Leśn. w Rzeczypospolitej Polskiej, Warszawa.
- Olszewski J., Szałach G., Żarnowiecki G. 2000. *Klimat*. [W:] *Monografia Świętokrzyskiego Parku Narodowego*. S. Cieśliński., A. Kowalkowski (red.). ŚPN Bodzentyn-Warszawa: 129–145.
- Przybylska K., Zięba S. 2003. *Rezultaty wdrożenia rębni stopniowej udoskonalonej w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy*. Sylwan 146, 2: 20–29.
- Podlaski R. 2003. *Żywotność jodły (Abies alba Mill.) i buka (Fagus sylvatica L.) w masywie Łyśca, w Świętokrzyskim Parku Narodowym*. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 2, 1: 75–83.
- Schütz J.Ph. 1986. *Charakterisierung des naturnahen Waldbaues und Bedarf an wissenschaftlichen Grundlagen*. Schweiz. Z. Forstw. 137, 9: 747–760.
- Schütz J.Ph. 1990. *Heutige Bedeutung und Charakterisierung des naturnahen Waldbaues*. Schweiz. Z. Forstw. 141, 8: 609–614.
- Schütz J.Ph. 2000. *Die Technik der Waldverjüngung von Wäldern mit Ablösung der Generationen*. ETH Zentrum, Zürich.
- Szymkiewicz B. 1951. *Studia nad optymalną strukturą drzewostanu jodłowego w gospodarstwie przergbowym*. Prace IBL 73: 3–127.
- Zieliński T. 1961. *Zarys dziejów lasu i gospodarki leśnej Puszczy Świętokrzyskiej*. [W:] *Kronika Świętokrzyskiego Parku Narodowego*. E. Massalski (red.). 1: 133–169. Maszynopis, Świętokrzyski Park Narodowy, Bodzentyn.
- Zieliński T. 1974. *Zagospodarowanie lasu rezerwatu częściowego Świętokrzyskiego Parku Narodowego metodą drzewostanową, przy zastosowaniu udoskonalonych rębni*. Sylwan 118, 5: 60–67.

Summary

Rafał Podlaski, Piotr Kamiński, Andrzej Jaworski

Initial results of using the Swiss irregular shelterwood system in the silver fir stand in Świętokrzyski National Park

A study concerned a silver fir stand situated in the control unit 38 (15.06 ha in area) representing the *Abietetum polonicum* association. The description of the stand is based on measurements carried out according to principles of the statistical-mathematical system of forest inventory. In 1993 thirty 5-are sample plots arranged in a network of squares 70.71 × 70.71 m were

established. Diameter breast high of all trees was measured, while tree height was measured in 2-are plots. The control measurements were carried out in 2003. They permitted to determine the changes in species composition and proportions of trees in individual developmental stages as well as in volume, recruitment, diminution, and stand volume increment (Tabs. 1–6).

During the investigated period the stand was characterized by a relatively diversified species composition. Silver fir was a dominant tree species. Its proportion by volume increased during the control period from 59 to 73%, while in respect of the number of trees from 76 to 82% (Fig. 2).

Age of the largest silver fir and Scots pine trees was similar amounting to about 85–100 years. Therefore, it may be supposed that regeneration of the entire stand occurred during a short period of time, i.e. about 10–20 years. Silver fir trees of the upper storey were growing in an open area right from the moment of their introduction. This was indicated by relatively wide tree-rings in vicinity of the pith. Trees from the middle and lower storey, forming later generations of trees, were in general growing under the canopy of the parent stand as indicated by narrow tree-rings in the pith area. The stem rot was present in about 60% of firs from the upper storey.

Due to cuttings carried out in 1984 and 1988 in some places a lower storey with horizontal crown closure unfavorable for silver fir was created. The removal of Scots pine from the upper storey during these cuttings changed the species composition of the stand, and the silver fir-Scots pine stand became the silver fir stand.

Cuttings carried out in 1993 included removal of trees which had used up their growth potential, and depending on characteristics of a stand fragment these cuttings were fulfilling tasks of timber harvesting, initiation and exposure of regeneration, widening of regeneration centers etc. In groups of the maturing stand selection thinnings were carried out.

This procedure conducted under the introduced improved stepwise Swiss femel cutting system resulted in substantial increase of the number of trees (Tab. 1) as well as increase of the stand basal area and volume (Tabs. 2 and 3). Also the volume increment reached a relatively high level (Tab. 6). The resulting stand had diversified vertical structure (Figs. 2 and 3) the most favorable for silver fir.

The results of this study showed a high efficiency of the cutting system introduced. They also suggested its modifications taking into account specific conditions of forests in the Świętokrzyskie Mountains, i.e. conducting cuttings in favor of silver fir but at the same time securing a proper percentage of admixture tree species, stopping the removal of Scots pine trees of good quality and high vitality, and removing silver fir trees with stem rot from the upper stand layer.

In zones of partial protection as well as in managed stands, where species composition is similar to that of the control unit 38, the regeneration and tending cuttings should aim at the creation of favorable growing conditions for silver fir regeneration and upgrowth in order to increase the percentage of this tree species in forests of the Świętokrzyskie Mountains.

Badania nad zróżnicowaniem szczepowym grzyba *Rhizopogon roseolus* (Corda.) Th. M. Fries. w hodowli kontenerowej

Rafał Ważny

Katedra Fitopatologii Leśnej
Uniwersytet Rolniczy
al. 29 Listopada 46
PL 31-425 Kraków, Poland

ABSTRACT

R. Ważny. 2008. *A study on diversity of fungus Rhizopogon roseolus (Corda.) Th. M. Fries. strains in containerized breeding.* Acta Agr. Silv. ser. Silv. 46: 41–51.

Pinus sylvestris seedlings grown in containers in a peat-vermiculite substrate were inoculated with vegetative inoculum of 11 strains *Rhizopogon roseolus* (Corda.) Th. M. Fries. Seeds were germinated in May 2006. Five months after germination the seedlings were evaluated for their growth and development and ectomycorrhizal frequency. There were significant differences between trait seedlings *P. sylvestris* inoculated 11 strains used in this experiments. The highest mean values of height and stem diameter were obtained with seedlings inoculated with strain G fungus *R. roseolus*. There were no significant differences between dry weight seedlings inoculated all strains. *R. roseolus* formed ectomycorrhizae on 100% of the inoculated plants at all variants. The highest colonization of short roots were obtained with seedlings inoculated with strain D this fungus (29%). There were destined strains D, G and I fungus *R. roseolus* to further studies.

KEY WORDS: ectomycorrhizas, *Rhizopogon roseolus*, controlled mycorrhization

SŁOWA KLUCZOWE: ektomikoryzy, *Rhizopogon roseolus*, mikoryzacja sterowana

I. WSTĘP

W polskich warunkach przyrodniczo-leśnych zostało zarejestrowanych około 900 gatunków grzybów, tworzących związki ektomikoryzowe z drzewami leśnymi (Wojewoda 2003, Ławrynowicz 1988 za: Grzywacz 2007). Są to przeważnie podstawczaki (*Basidiomycetes*) i w niewielkiej mierze workowce (*Ascomycetes*). Niektóre z nich są specyficzne tylko dla sosny, czego przykładem może być rodzaj *Rhizopogon* (Rudawska 1997). Harley (1959) i Trappe (1962) (za: Pachlewski i Pachlewska 1968) wykazali gatunki z tego rodzaju jako symbionty drzew iglastych, a przede wszystkim sosny. *Rhizopogon roseolus* wytwarza owocniki typu gastralnego z dużą ilością zarodników, co przemawia za stosowaniem szczepionki zarodnikowej. Jednak przy produkcji szczepionki na dużą skalę wymagane są duże ilości owocników oraz pojawia się kolejny problem, jakim jest zmienność genetyczna inokulum generatywnego (Brundrett i in. 1996). Duñabeitia i in. (2004) w badaniach nad mikoryzacją *Pinus radiata*

wykazali bardzo dużą tolerancję grzyba *R. roseolus* na niedostępność wody, zróżnicowane pH i zanieczyszczenia metalami ciężkimi, natomiast Sánchez i in. (2001) — na ekstremalne temperatury i stres wodny. W opilśni tego gatunku akumuluje się kadm i glin, których ilość w sieci Hartiga stopniowo spada w stronę wnętrza korzenia, występując znikomo w komórkach roślinnych (Turnau i in. 1996). Uzasadnionym zatem staje się sens badań nad tym gatunkiem w związku z terenami, na jakie głównie zostają wprowadzane sadzonki poddawane zabiegowi sterowanej mikoryzacji w lasach państwowych w Polsce (Kowalski 2007a). Niniejsza praca jest próbą znalezienia odpowiedniego szczepu grzyba ektomikoryzowego *R. roseolus* do dalszych badań selekcyjnych grzybów towarzyszących sośnie w młodocianym okresie rozwoju.

Celem przeprowadzonych badań było wykazanie wpływu sterowanej mikoryzacji sadzonek sosny zwyczajnej (*P. sylvestris*) grzybem *R. roseolus* pod kątem właściwości mikoryzogennych poszczególnych szczepów tego gatunku grzyba oraz ich wpływu na cechy morfologiczno-rozwojowe sadzonek w hodowli kontenerowej.

II. MATERIAŁY I METODY

W szkółce kontenerowej w nadleśnictwie Rudy Raciborskie wysiano w dniu 2 maja 2006 roku do kaset V-120, o pojemności jednej celi 120 cm³, nasiona sosny pochodzące z mikroregionu numer 556. Sadzonki zostały przez S. Kowalskiego poddane zabiegowi sterowanej mikoryzacji biopreparatem przez niego opracowanym, a zawierającym żywą grzybnię *R. roseolus*. Technika przeprowadzenia zabiegu była analogiczna do stosowanej przez tego autora w metodzie zabiegu sterowanej mikoryzacji różnych gatunków drzew z grzybem *Hebeloma crustuliniforme* (Kowalski 2007b). Do badań wybranych zostało 11 szczepów grzyba *R. roseolus*, oznaczonych symbolami od 80/05A do 80/05K. Każdym szczepem zmikoryzowanych zostało 1080 sadzonek. Kasety z wysianymi nasionami przez pierwszych 6 tygodni przebywały w namiocie foliowym, a następnie do końca sezonu wegetacyjnego na zewnętrznym polu hodowlanym, włączone w cykl produkcyjny szkółki kontenerowej.

Badania przeprowadzono w szkółce w dniach 11–12 października, mierząc średnicę w szyi korzeniowej z dokładnością do 0,1 mm i wysokość części nadziemnej z dokładnością do 0,1 cm, oraz oceniono stopień pokrycia bryłki korzeniowej przez grzybnię w poszczególnych kombinacjach doświadczalnych. Za kombinację doświadczalną przyjęto sadzonki mikoryzowane poszczególnymi szczepami *R. roseolus* i w dalszej części, dla ich określenia, przyjęto symbole od A do K. Pomiaru dokonano losowo, na co 8. sadzonce, w co 3. kasecie — ogółem pomierzono po 45 sadzonek w każdej kombinacji doświadczalnej. Stopień pokrycia bryłki korzeniowej grzybnią *R. roseolus* oceniono w 5-stopniowej skali: 0 — brak grzybni, 1, 2, 3 i 4 — pokrycie grzybnią odpowiednio 1–25%, 26–50%, 51–75% oraz 76–100%. Do badań laboratoryjnych systemów korzenio-

wych i stopnia ich zmikoryzowania pobrano po 18 sadzonek z każdej kombinacji doświadczalnej, według ustalonego schematu, pobierając co 10 sadzonkę z kasety — łącznie 198 sadzonek. Prace laboratoryjne zostały przeprowadzone zgodnie z zaleceniami Kowalskiego (2007c). Uzyskane wyniki zostały poddane analizom statystycznym na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

III. WYNIKI

Różnice w średniej wysokości sadzonek z poszczególnych kombinacji nie były istotne statystycznie, z wyjątkiem kombinacji G (o najwyższych sadzonkach — 21,0 cm), która różniła się istotnie statystycznie od kombinacji E, F, I i J (tab. 1). Najniższe okazały się sadzonki w kombinacji F (16,8 cm). Średnica sadzonek w szyi korzeniowej wykazywała różnice istotne statystycznie pomiędzy kombinacją G i D (tab. 1). Sadzonki inokulowane szczepem G charakteryzowały się największą grubością — średnia 3,4 mm, a szczepem D najmniejszą — 2,9 mm.

Tabela 1 — Table 1

Średnia wysokość i średnica w szyi korzeniowej oraz średnia liczba korzeni I, II i III rzędu sadzonek sosny zwyczajnej poddanej zabiegowi sterowanej mikoryzacji z wybranymi szczepami grzyba *Rhizopogon roseolus* (takimi samymi literami oznaczono wartości nie różniące się istotnie statystycznie)
Growth and mean number roots each order of ectomycorrhizal *Pinus sylvestris* seedlings inoculated with different strains of *Rhizopogon roseolus* (the same letters in each column mean value not significant different)

Szczep Strain	Wysokość części nadziemnej Shoot height [cm]	Średnica w szyi korzeniowej Steam diameter [mm]	Liczba korzeni poszczególnych rzędów Number of roots each order		
			I	II	III
80/05 A	20,7 cd	3,3 ab	40 a	195 ab	166 abc
80/05 B	18,3 abcd	3,2 ab	46 a	215 b	210 c
80/05 C	19,6 bcd	3,2 ab	47 a	197 ab	157 abc
80/05 D	18,5 abcd	2,9 a	49 a	185 ab	131 ab
80/05 E	18,0 abc	3,2 ab	54 a	166 a	121 a
80/05 F	16,8 a	3,1 ab	40 a	178 ab	139 abc
80/05 G	21,0 d	3,4 b	45 a	203 ab	169 abc
80/05 H	19,8 bcd	3,2 ab	43 a	204 ab	178 bc
80/05 I	18,0 abc	3,2 ab	47 a	208 ab	131 ab
80/05 J	17,6 ab	3,1 ab	43 a	195 ab	179 bc
80/05 K	19,8 bcd	3,3 ab	42 a	174 ab	145 abc

Zróźnicowanie korzeni troficznych przypadających na 1 mb korzeni oraz sucha masa sadzonek sosny zwyżajnej inokulowanej wybranymi szczepami grzyba *Rhizopogon roseolus* (takimi samymi literami oznaczono wartości nie różniące się istotnie statystycznie) Root trophic diversity per 1 meter root and dry weight of ectomycorrhizal *Pinus sylvestris* seedlings inoculated with different strains of *Rhizopogon roseolus* (the same letters in column mean value not significant different)

Szczep Strain	Liczba korzeni Roots number		Liczba mikoryz Mycorrhizas number			Procent mikoryz [%] Mycorrhizas short roots [%]			Sucha masa Dry weight				
	autotroficznych autotrophical	mikoryzowych mycorrhizol		pojedynczych singular	dychotomicznych dychotomic	wielokrotnych multifolde	z infekcji from infection		cała sadzonka seedling [g]	w tym: within:			
		ogółem all in all	<i>R. roseolus</i>				zamierzonej <i>R. roseolus</i> planned with <i>R. roseolus</i>	przygodnej other		część nadziemna shoot [%]	korzenie root [%]		
80/05 A	272	68	47	ab	40	13	14	14	6	20	2,4760a	69	31
80/05 B	223	66	36	a	40	12	14	13	10	23	2,3820a	65	35
80/05 C	238	66	52	ab	38	16	13	17	5	22	2,5070a	68	32
80/05 D	201	126	95	c	62	37	27	29	10	39	2,3042a	67	33
80/05 E	214	67	51	ab	42	16	9	18	5	23	2,5520a	69	31
80/05 F	237	47	38	a	28	10	9	13	3	16	2,4938a	67	33
80/05 G	186	93	77	bc	70	16	7	28	6	34	2,8197a	67	33
80/05 H	218	76	65	abc	61	9	6	22	4	26	2,6307a	67	33
80/05 I	213	109	90	c	78	21	10	28	6	34	2,6473a	68	32
80/05 J	217	54	36	a	41	7	6	13	7	20	2,6493a	67	33
80/05 K	191	96	66	abc	79	9	8	23	10	33	2,8344a	68	32

W każdej kombinacji doświadczenia stwierdzono podobną architekturę systemu korzeniowego. Najwięcej było korzeni II rzędu, a najmniej I rzędu (tab. 1). Różnice w liczbie korzeni I rzędu u sadzonek sosny w poszczególnych kombinacjach doświadczalnych okazały się nieistotne statystycznie. Stosunkowo najwięcej korzeni II rzędu (215 szt.) stwierdzono u sadzonek sosny inokulowanych szczepem B. Wielkość ta statystycznie istotnie wyższa była jedynie w porównaniu z kombinacją E, podobnie jak u korzeni III rzędu.

Średnia sucha masa sadzonek nie różniła się istotnie statystycznie pomiędzy poszczególnymi kombinacjami (tab. 2), przy czym największą osiągnęły sadzonki w kombinacji G i K. Sucha masa systemu korzeniowego stanowiła od 31% do 35% suchej masy całej sadzonki (tab. 2).

Sadzonki z wszystkich kombinacji doświadczalnych charakteryzowały się dużym zróżnicowaniem przerośnięcia bryłek korzeniowych przez grzybnie *R. roseolus* (tab. 3).

Stosunkowo najwyższy procentowy udział sadzonek sosny z bryłką korzeniową pokrytą grzybnią i strukturami mikoryzowymi z grzybem *R. roseolus* stwierdzono u tych, które były inokulowane szczepem D. W tym przypadku 35% sadzonek wykazywało najwyższy, tzn. piąty stopień pokrycia bryłki korzeniowej grzybnią. Dobre wyniki (na tle pozostałych) stwierdzono również w kombinacji B, C, G i H. Najmniej (47%) bryłek korzeniowych pokrytych grzybnią stwierdzono w kombinacji E (tab. 3).

Tabela 3 — Table 3

Procent sadzonek sosny zwyczajnej z bryłką korzeniową pokrytą przez grzybnie *Rhizopogon roseolus* w stopniu od 0 do 4

Percentage of Scotch pine seedlings with root- balls covering in degree from 0 to 4 by mycelium of *Rhizopogon roseolus*

Szczep Strain	Stopień pokrycia bryłki korzeniowej grzybnią [%] Degree of root- ball covering by mycelium [%]				
	0	1	2	3	4
80/05 A	26,7	44,4	15,6	6,7	6,7
80/05 B	22,2	37,8	13,3	15,6	11,1
80/05 C	42,2	26,7	6,7	13,3	11,1
80/05 D	17,8	13,3	13,3	22,2	33,3
80/05 E	53,3	37,8	4,4	0,0	4,4
80/05 F	40,0	42,2	8,9	6,7	2,2
80/05 G	28,9	31,1	15,6	11,1	13,3
80/05 H	17,8	44,4	6,7	17,8	13,3
80/05 I	37,8	48,9	11,1	2,2	0,0
80/05 J	42,2	42,2	11,1	2,2	2,2
80/05 K	22,2	57,8	4,4	8,9	6,7

Na podstawie badań laboratoryjnych stwierdzono, że 100% sadzonek z każdej kombinacji wykazało mikoryzy z grzybem *R. roseolus*. Natomiast stopień zmikoryzowania systemów korzeniowych sadzonek w żadnym przypadku nie przekroczył 40% (tab. 2). Stosunkowo najwyższym procentowym udziałem mikoryz charakteryzowały się sadzonki sosny w kombinacji D (39% mikoryz ogółem).

Grzyb *R. roseolus* tworzył mikoryzy pojedyncze, dychotomiczne i wielokrotne, najczęściej zgrubiałe, pokryte dobrze widoczną lekko kutnerowatą, białokremową, czasem brązową opilśnią, o grubości około 60 μ , z której obficie wyrastały sznury grzybniowe (ryc. 1, 2). Sieć Hartiga była dobrze wykształco-



Ryc. 1. Struktury ektomikoryzowe *Rhizopogon roseolus* wytworzone na korzeniach sosny zwyczajnej, pow. 15 \times

Fig. 1. Ectomycorrhizae structures of *Rhizopogon roseolus* formed on Scotch pine roots, mag. 15 \times



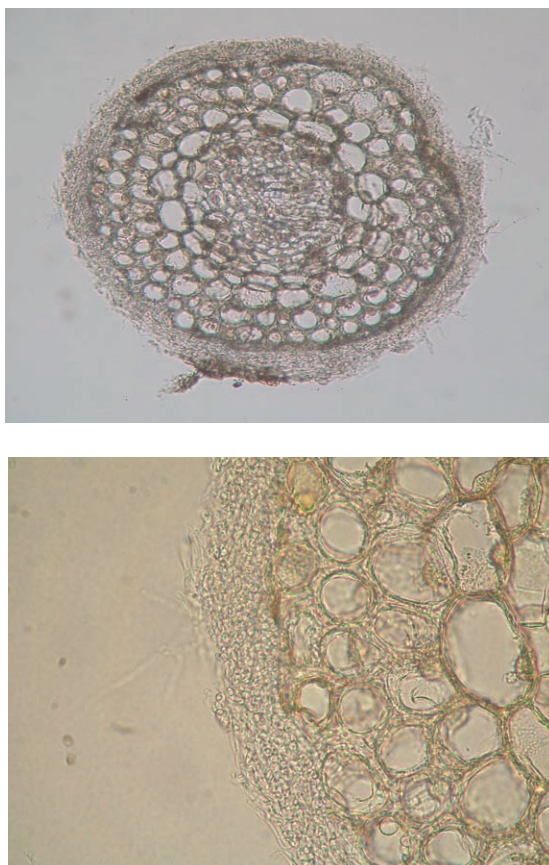
Ryc. 2. Fragment korzenia sosny zwyczajnej z widocznymi ektomikoryzami grzyba *Rhizopogon roseolus*, pow. 10 \times

Fig. 2. The scrap Scotch pine root with visible ectomycorrhizas of *Rhizopogon roseolus*, mag. 10 \times

na, dochodząca do endodermy (ryc. 3). Porównując liczbę mikoryz z infekcji zamierzonej, wytworzonych na korzeniach przez poszczególne szczepy *R. roseolus*, wynika, że największą ich frekwencję 28–29% stwierdzono w kombinacji D, G i I (była ona statystycznie wyższa od liczby mikoryz w kombinacjach: A, B, C, E, F, oraz J), a najmniejszą — w kombinacji B, F i J (po 13%, zob. tab. 2). Największą liczbę korzeni autotroficznych zanotowano u sadzonek inokulowanych szczepem A (tab. 2).

Oprócz mikoryz z infekcji zamierzonej *R. roseolus* w każdym wariantcie doświadczenia stwierdzono występowanie mikoryz z infekcji przygodnej. Mikoryzy przygodne stanowiły (tab. 2) od 3 % (kombinacja F) do 10 % (kombinacja B, D, K).

W każdej kombinacji doświadczalnej dominowały mikoryzy pojedyncze. Największą liczbę mikoryz pojedynczych zanotowano u sadzonek inokulowa-



Ryc. 3. Przekroje poprzeczne przez ektomikoryzy sosny zwyczajnej z grzybem *Rhizopogon roseolus* (fot. R. Jankowiak), pow. odpowiednio 100× i 400×

Fig. 3. Cross section of ectomycorrhizas on Scotch pine formed by *Rhizopogon roseolus* (photo R. Jankowiak), mag. adequately 100× and 400×

nych szczepem I (78 szt.) i K (79 szt.), a najmniejszą — szczepem F (28 szt.). Najwięcej mikoryz dychotomicznych było w kombinacji D (37 szt.), natomiast najmniej — w J (7 szt.). Obserwując liczbę mikoryz wielokrotnych wynika, że najwięcej ich występowało w kombinacji D.

IV. Dyskusja

Przeprowadzone badania wykazały, że wszystkie użyte w doświadczeniu szczepy grzyba *R. roseolus* były zdolne do nawiązywania kontaktów ektomikoryzowych z sadzonkami sosny zwyczajnej, poddanej zabiegowi sterowanej mikoryzacji. Analizując wzrost i rozwój sadzonek w niniejszych badaniach, należy stwierdzić, że otrzymane wyniki były zadowalające. Największą wysokość części nadziemnej i jednocześnie średnicę w szyi korzeniowej osiągnęły sadzonki inokulowane szczepem G. Można więc przyjąć, że szczep ten stosunkowo najkorzystniej wpływał na parametry wzrostowe. Pod względem średniej liczby korzeni wyróżniły się sadzonki inokulowane szczepem B, które dominowały liczbą korzeni II i III rzędu nad pozostałymi. Nie miało to natomiast przełożenia na suchą masę systemów korzeniowych, która znajdowała się na podobnym poziomie u sadzonek inokulowanych z pozostałymi szczepami. Należy jednak zauważyć, że sadzonki inokulowane szczepem B miały największy udział suchej masy korzeni w stosunku do suchej masy całej sadzonki. Procent sadzonek, u których bryłka korzeniowa w sposób widoczny była pokryta grzybnią wyniósł od 47% (szczep E) do 82% (szczepy D i H), natomiast procent sadzonek zmikoryzowanych ustalony na podstawie badań anatomicznych wyniósł w każdym wariantcie doświadczenia 100%. Należy więc stwierdzić, że makroskopowa ocena stopnia pokrycia bryłki korzeniowej przez grzybnię nie odzwierciedla rzeczywistej liczby sadzonek zmikoryzowanych. Mikoryzy z grzybem *R. roseolus* rozwinęły się najliczniej w kombinacji D (29%) oraz G i I (po 28%). Przyczyną stosunkowo niskiego stopnia zmikoryzowania systemów korzeniowych mogłaby być nieodpowiednia dawka biopreparatu w substracie hodowlanym, niedostosowana do tego gatunku grzyba. W dalszych badaniach selekcyjnych należałoby zwrócić uwagę na ten element i porównać jak będą wpływać na mikoryzację różne dawki biopreparatu. Rincón i in. (2001) w swoich badaniach nad mikoryzacją sadzonek *Pinus pinea* inokulum generatywnym *R. roseolus* stwierdzili bardzo wysoki procent zmikoryzowanych sadzonek — 100%, z wyjątkiem wariantu z najniższym stężeniem zarodników na sadzonkę (10^3), gdzie było 80%. Stopień zmikoryzowania korzeni krótkich mieścił się w przedziale od 68% do 81%. Parametry wzrostowe sadzonek (wysokość i średnica) okazały się w każdym wariantcie doświadczenia prowadzonego przez tych autorów wyższe (stężenie zarodników na sadzonkę 10^3 – 10^8) niż otrzymane w niniejszych badaniach, na co mogło mieć wpływ intensywniejsze nawożenie sadzonek. Uwzględniając wyniki badań Rincón i in. (2001), ekologiczną adaptację do różnych środowisk, swoistość do rodziny

Pinaceae (Molina i Trappe 1994), autorzy widzą *R. roseolus* jako dobry gatunek do programów inokulacji sosny w rejonie Morza Śródziemnego. Podkreślają także jego duże znaczenie w transporcie wody do rośliny-gospodarza, dzięki obfite wytwarzanym ryzomorfo. Gęste i zróżnicowane ryzomorfy oraz plektenchymatyczna, dwuwarstwowa opilsń są wspólnymi cechami mikoryz formowanych przez grzyby rodzaju *Rhizopogon* (Uhl 1988). Podobną frekwencję zmikoryzowanych sadzonek jak Rincón i in. (2001) uzyskali Parladé i in. (1996). W kolejnych badaniach (Parladé i in. 2001) frekwencja sadzonek zmikoryzowanych ukształtowała się na bardzo wysokim poziomie — 95%. Wyniki podobne do uzyskanych w niniejszej pracy, pod kątem zmikoryzowania korzeni krótkich, można spotkać w pracy Dunabeitia i in. (2004). W warunkach wzrostu sadzonek *Pinus radiata* w szkółce stwierdzili oni 39-procentową kolonizację korzeni krótkich, ale dla porównania w warunkach produkcji laboratoryjnych uzyskali 90% zmikoryzowanych korzeni krótkich. Przyczyną takiej różnicy mogły być niesterylne warunki w szkółce. Jak już wspomniano, z badań tych autorów wynika, że *R. roseolus* jest gatunkiem bardzo tolerancyjnym na różne czynniki środowiska, m.in.: skażenie metalami ciężkimi, niedostępność wody i zróżnicowane pH.

Parladé i Alvarez (1993) badali wpływ par ektomikoryzowych grzybów na wzrost daglezi. Wśród jednej z par zastosowali *R. roseolus* z *Pisolithus arhizus*. W rezultatach wykazali, że *R. roseolus* nie jest odpowiednim grzybem ektomikoryzowym dla daglezi, co potwierdza jego specyfikę do rodzaju *Pinus*. Podkreślają jednak, że podwójna inokulacja siewek daglezi może doprowadzić do poprawy efektów hodowlanych na plantacjach. Rudawska i Leski (2007) wskazują na możliwość ukierunkowania w Polsce badań w stronę stosowania szczepionek wieloskładnikowych. Chu-Chou i Grace (1985 za: Parladé i Alvarez 1993) uznali *R. roseolus* za gatunek wolno, ale gruntownie kolonizujący i agresywny w stosunku do mikoryz na korzeniach *Pinus radiata*.

Ostatecznej oceny zabiegu sterowanej mikoryzacji grzybem *R. roseolus* na wzrost i rozwój sadzonek sosny zwyczajnej można będzie dokonać po wysadzeniu ich w uprawie, gdzie dojdzie kolejny czynnik selekcyjny, jakim jest opór mikrobiologiczny środowiska (Kowalski 1998). W badaniach przedstawionych przez Parladé i in. (2004) sadzonki *P. pinea* inokulowane *R. roseolus*, wysadzone w uprawie na gruntach ornych, wykazały się po 43 miesiącach po wysadzeniu większą o 20% przeżywalnością w porównaniu do sadzonek nieinokulowanych. Występujące zróżnicowanie wyników między różnymi cechami sadzonek inokulowanych wybranymi szczepami grzyba *R. roseolus* pozwala wybrać niektóre szczepy do dalszych badań selekcyjnych. Mniejsza wówczas liczba szczepów pozwoli na dokonywanie badań na większej liczbie sadzonek i uwzględnieniu większej liczby czynników różnicujących, jak np. dawka biopreparatu, różna dostępność wody czy pH gleby.

V. WNIOSKI

1. Wszystkie wybrane do badań szczepy grzyba *Rhizopogon roseolus* były zdolne do nawiązywania kontaktów ektomikoryzowych z sadzonkami sosny zwyczajnej.

2. Ze względu na otrzymane wyniki, do dalszych badań należałoby przeznaczyć szczepy 80/05 D, 80/05 G oraz 80/05 I grzyba *R. roseolus*.

Serdecznie dziękuję Panu prof. drowi hab. inż. Stefanowi Kowalskiemu za cenne wskazówki metodyczne i rzeczowe.

LITERATURA

- Brundrett M., Bougher N., Dell B., Grove T., Malajczuk N. 1996. *Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. Monograph 32.* ACIAR, Canberra.
- Duñabeitia M.K., Hormilla S., Garcia-Plazaola J.I., Txarterina K., Arteche U. Becerril J.M. 2004. *Differential responses of three fungal species to environmental factors and their role in the mycorrhization of Pinus radiata D. Don.* Mycorrhiza 14: 11–18.
- Grzywacz A. 2007. *Grzyby ektomikoryzowe.* [W:] Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym. S. Kowalski (red.). CILP, Warszawa: 11–16.
- Kowalski S. 1998. *Potrzeby i możliwości mikoryzowania sadzonek drzew leśnych w szkółkach kontenerowych.* Post. Techn. Leśn. 65: 30–39.
- Kowalski S. 2007a. *Ekologiczne aspekty ektomikoryz — od badań podstawowych do praktycznego zastosowania w polskim leśnictwie.* [W:] Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym. S. Kowalski (red.). CILP, Warszawa: 28–37.
- Kowalski S. 2007b. *Zasady postępowania technologicznego przy zastosowaniu polskiego biopreparatu z grzybem Hebeloma crustuliniforme w zabiegu sterowanej mikoryzacji sadzonek drzew leśnych.* [W:] Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym S. Kowalski (red.). CILP, Warszawa: 101–103.
- Kowalski S. 2007c. *Wpływ okresu użytkowania substratu hodowlanego szczepionego biopreparatem z grzybem Hebeloma crustuliniforme na stan ilościowy i jakościowy ektomikoryzy sosny zwyczajnej w kolejnych sezonach wegetacyjnych.* [W:] Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym. S. Kowalski (red.). CILP, Warszawa: 252–257.
- Molina R., Trappe J.M. 1994. *Biology of the ectomycorrhizal genus Rhizopogon. I. Host associations, specificity and pure culture syntheses.* New Phytolog. 126: 653–675.
- Pachlewski R., Pachlewska J. 1968. *Rhizopogon luteolus Fr. w syntezie mikoryzowej z sosną (Pinus sylvestris L.) w czystych kulturach na agarze.* Pr. IBL 346: 77–95.
- Parladé J., Alvarez I.F. 1993. *Coinoculation of aseptically grown Douglas fir with pairs of ectomycorrhizal fungi.* Mycorrhiza 3: 93–96.
- Parladé J., Pera J., Alvarez I.F. 1996. *Inoculation of containerized Pseudotsuga menziesii and Pinus pinaster seedlings with spores of five species of ectomycorrhizal fungi.* Mycorrhiza 6: 237–245.
- Parladé J., Cohen M., Doltra J., Luque J., Pera J. 2001. *Continuous measurement of steam-diameter growth response of Pinus pinea seedlings mycorrhizal with Rhizopogon roseolus and submitted to two water regimes.* Mycorrhiza 11: 129–136.
- Parladé J., Luque J., Pera J., Rincón A. 2004. *Field performance of Pinus pinea and P. halepensis seedlings with Rhizopogon roseolus spp. and outplanted in formerly arable land.* Ann. For. Sci. 61: 507–514.
- Rudawska M. (red.). 2000. *Ektomikoryza, jej znaczenie i zastosowanie w leśnictwie.* Instytut Dendrologii PAN, Kórnik: 1–102.

- Rudawska M., Leski T. 2007. *Doświadczenia światowe w praktycznym stosowaniu mikoryzacji sadzonek drzew leśnych — historia i współczesność*. [W:] *Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym*. S. Kowalski (red.). CILP, Warszawa: 17–27.
- Rincón A., Alvarez I.F., Pera J. 2001. *Inoculation of containerized Pinus pinea L. seedlings with seven ectomycorrhizal fungi*. *Mycorrhiza* 11: 265–271.
- Sánchez F., Honrubia M., Torres P. 2001. *Effects of pH, water stress and temperature on in vitro cultures of ectomycorrhizal fungi from Mediterranean forests*. *Cryptog. Mycol.* 22, 4: 243–258.
- Turnau K., Kottke I., Dexheimer J. 1996. *Toxic element filtering in Rhizopogon roseolus/Pinus sylvestris mycorrhizas collected from calamine dumps*. *Mycol. Res.* 100, 1: 16–22.
- Uhl M. 1988. *Studies on ectomycorrhizae — XV. Mycorrhizae formed by Rhizopogon luteolus on Pinus silvestris*. *Persoonia* 13, 4: 449–458.

Summary

Rafał Ważny

A study on diversity of fungus *Rhizopogon roseolus* (Corda.) Th. M. Fries. strains in containerized breeding

The aim of this research was finding an appropriate strain of fungus *Rhizopogon roseolus* for further selection of ectomycorrhizal fungi, which can be used to prepare commercial inoculum. *Pinus sylvestris* seedlings grown in containers in a peat- vermiculite substrate were inoculated with vegetative inoculum of 11 strains *R. roseolus* marked with numbered sequentially from 80/05 A to 80/05 K. Five months after germination the seedlings were evaluated for their growth and development and ectomycorrhizal frequency. In laboratory studies height and diameters, the number of roots I, II and III of the order and the number of autotrophic roots and ectomycorrhizas (types and morphological forms) per 1 MB for each root seedlings, and the dry weight of top and root were recorded. The results were subjected to statistical analysis. There were significant differences between trait seedlings *P. sylvestris* inoculated 11 strains used in this experiments. The highest mean values of height and stem diameter were obtained with seedlings inoculated with strain G (21 cm) fungus *R. roseolus*, the lowest — F (16.8 cm). Seedlings inoculated with strain G were also the thickest (3.35 mm). In each variant was found similar architecture of the roots system. The largest was the roots of order II, and much less — I. There were no significant differences between dry weight seedlings inoculated all strains. *R. roseolus* formed ectomycorrhizae on 100% of the inoculated plants at all variants. The highest colonization of short roots were obtained with seedlings inoculated with strain D this fungus (29%) and the lowest inoculated with strain F (16%). *R. roseolus* created single, double and multiple mycorrhizas, covered with mild nap of hyphae and numerous hyphae, with creamy-white, sometimes brown mantle. The largest mycorrhizas of *R. roseolus* had seedlings inoculated with strains D, G and I, the smallest — B, F and J. Finally, it was found that all the strains were able to establish ectomycorrhizas contacts with pine seedlings. There were destined strains D, G and I fungus *R. roseolus* to further studies.

Department of Forest Pathology
University of Agriculture in Krakow

CZASOCHŁONNOŚĆ POZYSKIWANIA DREWNA Z UŻYCIEM PROCESORA NIAB 5-15 W DRZEWOSTANACH TRZEBIEŻOWYCH

Janusz M. Sowa
Grzegorz Szewczyk

Katedra Użytkowania Lasu i Drewna
Uniwersytet Rolniczy
al. 29 Listopada 46
PL 31-425 Kraków

ABSTRACT

J. M. Sowa, G. Szewczyk 2008. *Time consumption of timber harvesting by means of the NIAB 5-15 processor in mature stands*¹. Acta Agr. Silv. ser. Silv. 46: 53-66.

The aim of the present research was to determine the models of the work consumption characteristics at the work-stand of the operator of the NIAB 5-15 processor aggregated with the farm tractor. Modelling consisted in approximating the mathematical functions which described the processes under analysis. The present research was conducted in pine, fir and spruce stands during early and late thinnings, where timber skidding, debranching and manipulation was performed. The research results indicate the occurrence of proportional relations between work consumption and the volume of the harvested timber, certain elements of the working day timing and the index of the quantitative intensity of harvesting which characterizes the percentage of the number of trees removed from a stand.

KEY WORDS: technology, thinning, efficiency
SŁOWA KLUCZOWE: technologia, trzebież, wydajność

I. WSTĘP I CEL PRACY

Stosowanie odpowiednich środków technicznych przy pozyskaniu drewna w trzebieżach powinno uwzględniać niską opłacalność zabiegów wynikającą z utrudnionych warunków drzewostanowych (duży wskaźnik zadrzewienia), niewielkich dymensji drzew oraz nieproporcjonalnie długich (w stosunku do wyrobionej miąższości drewna) czasów obróbki surowca. W tych trudnych warunkach sprawdzają się doskonale niewielkie procesory, dla których maszyną bazową są ciągniki rolnicze (Walczyk 1997, Sowa 2005). Według Więsika (1993) procesory to urządzenia wykonujące dwie operacje: okrzesywanie i przerynkę na wymaganej długości wyrzynki. Maszyny takie użytkowane były w Szwecji już w latach osiemdziesiątych XX wieku, jednak w Polsce pracuje do tej pory tylko kilka takich urządzeń.

Możliwe do zastosowania są dwa warianty technologiczne. W pierwszym, można powiedzieć klasycznym ujęciu, procesor byłby wykorzystywany do

¹ Praca wykonana częściowo w ramach Grantu N N309 4246 33.

okrzesywania i (lub) manipulacji (Więsik 1993). W nieco rozszerzonym drugim podejściu, surowiec jest dociągany w pobliże procesora stojącego na szlaku zrywkowym, przy zastosowaniu zintegrowanej z nim wciągarki, a następnie okrzesywany i manipulowany jak poprzednio (A. Marntell i T. Marntell 1988, Sowa 2005).

Uwarunkowaniami zmian wydajności prac z zakresu obróbki drzew przy zastosowaniu procesora zajmował się m.in. Walczyk (1997). Zaproponowany przez niego model opiera się jednak na średnich parametrach pracy podawanych przez producenta maszyny, pomijając wpływ konkretnych warunków terenowych.

Istotnym czynnikiem wpływającym na wydajność prac zrywkowo-obróbczych procesora były według A. Marntell i T. Marntell (1988) oraz Giefinga (1994) pierśnica oraz miąższość usuwanych drzew. Według tych samych badań, zależność liczby obrabianych w ciągu jednej godziny drzew od ich miąższości, układa się z pewnym przybliżeniem według malejącej zależności wykładniczej. Wpływ stopnia ugałęzienia obrabianych drzew na pracochłonność widoczny był w analizowanych pracach badawczych jedynie pośrednio, jako udział czasu okrzesywania w ogólnym czasie pracy. W technologii, w której prowadzona jest jedynie obróbka drzew, udział czasu okrzesywania i przerzynki kształtuje się na poziomie prawie 50% (Walczyk 1997). W przypadku dodatkowej operacji zrywki drzew z powierzchni manipulacyjnej do procesora jego odsetek znacznie spada, jednak nadal jest dominującą kategorią czasu z 20–30% udziałem w zmianie roboczej.

Pewne uproszczenie proponowanych modeli polega na rozdzieleniu wpływu poszczególnych czynników na szacowaną zmienną i braku możliwości oceny ich łącznego oddziaływania. Takie podejście do rozpatrywanego zagadnienia umożliwia (na tym poziomie) określenie pracochłonności z dużą dokładnością. Widzimy jednak tylko oddziaływanie pojedynczych zmiennych. Dopiero wielokryterialne rozpatrywanie analizowanych zależności pokazuje rzeczywisty obraz zjawiska. Czy wobec ogromnej zmienności czynników środowiska pracy związanego z pozyskiwaniem drewna można kwantyfikować ich łączny wpływ na poziom wydajności? Niniejsza praca jest próbą odpowiedzi na powyższe pytanie.

Celem pracy było określenie modeli charakterystyk czasochłonności na stanowisku pracy operatora procesora zagregowanego z ciągnikiem rolniczym. Modelowanie polegało na aproksymowaniu funkcji matematycznych opisujących analizowane procesy:

$$EST = f(\text{spadek terenu, zwarcie...}, \text{elementy struktury dnia roboczego}),$$

gdzie:

EST — syntetyczny wskaźnik Empirycznej Sprawności Technologicznej
 spadek terenu, zwarcie... (czynniki terenu) — cechy uwzględniane aktualnie przy określaniu współczynników przeliczeniowych;
 elementy struktury dnia roboczego — dodatkowy czynnik mogący wpływać na dobór współczynników przeliczeniowych.

II. MATERIAŁ I METODYKA

Badania przeprowadzono w latach 2001–2005 w sosnowych, jodłowych i świerkowych drzewostanach trzebieży wczesnych (TW) i późnych (TP). Powierzchnie manipulacyjne objęte badaniami zlokalizowano na terenie RDLP w Krakowie (tab. 1).

We fragmentach drzewostanów o pełnym zwarciu i jednorodnych pod względem cech taksacyjnych (pierśnica, wysokość) oraz składu gatunkowego, założono półhektarowe powierzchnie doświadczalne o kształcie równoległoboku przylegającego dłuższym bokiem do szlaku zrywkowego i wymiarach 50×100 m. Badaniami objęto łącznie 18 powierzchni, po 3 w wyróżnionych drzewostanach iglastych dla każdej kategorii cięć. Każdą powierzchnię badawczą wypełniono siatką kwadratów o boku 12,5 m. W punktach przecięcia siatki zlokalizowano 32 półarowe powierzchnie kołowe, o promieniu 3,99 m, które obejmowały 32% każdej działki. Na założonych powierzchniach kołowych pomierzono pierśnice wszystkich drzew o grubości ≥ 7 cm. Na każdej powierzchni manipulacyjnej pomierzono również wysokości niektórych drzew w ilości wystarczającej do wykreślenia krzywych wysokości.

Drewno pozyskiwano w systemie technologicznym całego drzewa (FTS) (Laurow 2000) — w drzewostanie prowadzono ścinę drzew pilarką, zrywkę do szlaku zrywkowego realizowano sterowaną radiowo wciągarką zamontowaną na procesorze. Następnie na szlaku wykonywano okrzesywanie i manipulację przy użyciu procesora NIAB 5–15 zagregowanego z ciągnikiem rolniczym (Sowa 2000). Podczas wykonywania prac zrębowych prowadzony był metodą fotografii dnia roboczego chronometraż ciągły czynności (Monkielewicz i Czereyski 1971). Do pomiaru czasu wykorzystano komputer PSION Workabout, na którym zainstalowano oryginalne oprogramowanie „Timing” do prowadzenia chronometrażu (Sowa i Szewczyk 2005).

Rejestrowany w trakcie badań czas trwania poszczególnych czynności zaliczano do określonych kategorii przyjętych za BN-76/9195-01 w Krajowym Systemie Maszyn Leśnych (Botwin 1993, Laurow 1994). Schemat klasyfikacji czasu pracy oraz przyjętych oznaczeń zamieszczono w tabeli 2.

Po zakończeniu pozyskania dokonano zgodnie z normatywami sortymentowymi odbiórki wyrobionego surowca. Przeprowadzono również inwentaryzację pozostałych na powierzchniach kołowych drzew i obliczono usuniętą miąższość drewna.

Intensywność wyznaczenia trzebieży prowadzonych na powierzchniach manipulacyjnych przedstawiono w układzie procentowym (równanie 1).

$$W_{ip} = \frac{I}{P} * 100\% , \quad (1)$$

gdzie:

W_{ip} — wskaźnik ilościowej intensywności pozyskania;

I — liczba drzew usuniętych z powierzchni kołowych;

P — liczba drzew przed wykonaniem cięć na powierzchniach kołowych.

Charakterystyka drzewostanów na powierzchniach badawczych
 Characteristics of stands in sample plots

Nadleśnictwo Forest Inspectorate	Trzebież Thinning	Leśnictwo Forest district	Oddział Compart- ment	Siedliskowy typ lasu Forest site type	Powierzchnia Forest area [ha]	Skład gatunkowy* Stand composition	Wiek [lata] Age [years]	Zadrzewienie Stocking of stand	Zwarcie Crown density	Pierśnica D.B.H. [cm]	Wysokość Height [m]	Boniacja Stand quality
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Dąbrowa Tarnowska	TWP Early	Wał Ruda	68 d	LMśw Fresh Mixed broadleaved forest	5,19	So	25	0,9	Pełne Full crown closure	13	12	Ia
	TPP Late		58 d	BMIw Moist Mixed coniferous forest	4,96	9So 1Brz	45 45	0,7	Umiarkowane Moderaty crown closure	22 29	20 22	Ia I
Nowy Targ	TWP Early	Stańcowa	253 d	LMG Mixed mountain forest	4,58	4Św 2Jd 2Św 1Św 1Jd	35	0,8	Umiarkowane Moderaty crown closure	13	14	I
							35			8	10	I
							45			16	17	I
	TWP Early	Stańcowa	245 b	LMG Mixed mountain forest	12,95	3Św 2Jd 2Jd 1Św 1Jd 1Św	50	1,1	Pełne Full crown closure	19	18	I
							50			18	19	I
							60			24	21	I
30	8	12	I									

Schemat blokowy klasyfikacji czasów
Worktime classification

T_6		T_5		T_4 — Czas pracy na powierzchni roboczej / Shift time In working area											
				T_3			T_2			T_1					
Czas przejazdów transportowych Time of transport transits	T_{62}	Czas odpoczynku Time of rest	T_{51}	T_{52}	T_4	Czas obsługi technicznej Time of technical maintenance			Czas pomocniczy Auxiliary time			Czas efektywny pracy Effective worktime			
						T_{31}	T_{32}	T_{33}	T_{21}	T_{22}	T_{23}	T_{24}	T_{12}	T_{13}	T_{15}
	1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Czas przejazdów transportowych Time of passing to next work place na kolejne miejsce pracy		Czas przerw długich Time of long breaks	Czas przerw krótkich Time of short breaks	Czas usuwania usterek technicznych Time of removal of technical defects	Czas uzupełniania paliwa Time of refuelling	Czas przygotowania stanowiska roboczego Time of preparation of work station	Czas codziennej obsługi Time of daily servicing	Czas oczekiwania na pomoc w wykonaniu lub na koniec innych czynności Time of waiting for help in execution or the end of other activities	Czas prześć w miejscu pracy Time of walking in workplace	Czas zaczeplania i odzceplania ładunku Time of load attachment and detachment	Czas odblokowania zrywanej sztuki Time of unlocking of skidded piece of timber	Czas okrzesywania i przerynki Time of debranching, bucking	Czas zrywki Time of skidding	Czas zrzućania drzew zawieszonych — Time of dislodging of hanged trees — maszynowo mechanically	

Dla uzyskania czytelniejszych wyników pracochłonność określona na podstawie danych empirycznych, obliczono odnosząc pozyskaną miąższość drewna do czasu operacyjnego (Giefing i Gackowski 2001).

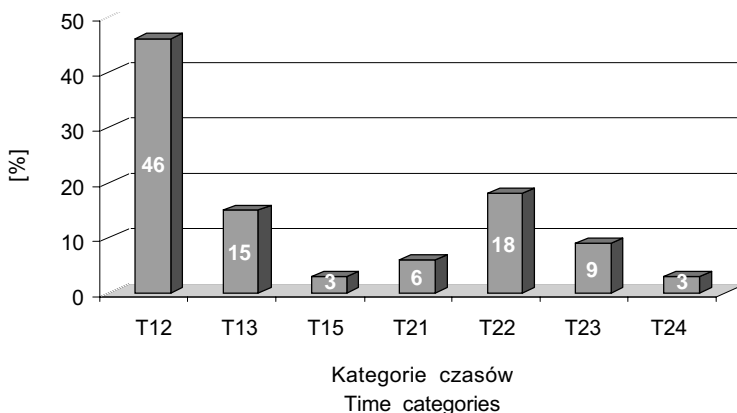
Analizę różnic średnich wartości czasochłonności w czasie operacyjnym poprzedzono badaniem normalności rozkładów analizowanej zmiennej losowej testem zgodności *W* Shapiro–Wilka. Stwierdzono, że obliczone dla poszczególnych przekrojów czasochłonności mają rozkłady zgodne z rozkładem normalnym. Ze względu na występujące różnice w wariancjach czasochłonności porównywanych kategorii drzewostanów, zrezygnowano z metody analizy wariancji, dla której konieczne jest spełnienie założenia o jednorodności wariancji porównywanych grup. W związku z brakiem jednorodności wariancji posłużono się testem parametrycznym *t*-Studenta.

Badania zależności czasochłonności obserwowanej na stanowiskach roboczych od cech drzewostanu, wskaźników intensywności cięć, cech surowca drzewnego oraz czynników struktury dnia roboczego, przeprowadzono wykorzystując procedury regresji wielokrotnej.

Istotność hipotez zerowych H_0 ustalano przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Obliczenia statystyczne wykonano przy pomocy programu STATISTICA 6 PL.

III. WYNIKI

Na rycinie 1 przedstawiono udziały procentowe czynności roboczych zaobserwowanych w czasie operacyjnym na analizowanym stanowisku pracy. Wykonywanie na omawianym stanowisku pracy czynności związanych ze zrywką, okrzyszowaniem oraz manipulacją obrazują duże udziały czasów T_{13} — 15%, T_{12} — 46% oraz T_{22} — 18%. Prawie połowę operacyjnego czasu pracy stanowi okrzyszowanie i przerzynka. Charakterystyczny jest niewielki udział czasu zrywki



Ryc. 1. Struktura dnia roboczego w operacyjnym czasie pracy

Fig. 1. Structure of worktime in operational time

T_{137} , który wyniósł 15%. Na taki wynik mogło mieć wpływ radiowe sterowanie zrywką i związane z nim zmniejszenie liczby unieruchomionych przeszkodami zrywanych sztuk drewna — tylko 3%.

Podzielenie czasu wykonywania prac na poszczególnych powierzchniach badawczych na stałą liczbę części pozwoliło na uchwycenie zmienności czasochłonności związanej między innymi z narastającym zmęczeniem. Zmienną obserwowaną, względem której prowadzono podział, był czas wykonywania prac na poszczególnych powierzchniach badawczych. Wielkość tę dzielono każdorazowo na pięć części. Uwzględniały one charakterystyczne dla badanych technologii następstwo czynności i zmienną gotowość człowieka do pracy (Obereigner 1993, Schwarz 1993, Kowal 2002), której kolejne cykle układały się w stałych interwałach (Józefaciuk i Nowacka 1993, Sowa i Szewczyk 2007).

Liczba sekwencji pomiarowych, dla których w dalszym ciągu pracy określono czasochłonności, wyniosła dla analizowanego stanowiska pracy 90.

W tabeli 3 przedstawiono średnie wartości czasochłonności zestawione w układzie gatunków dla drzewostanów objętych trzebieżami wczesnymi i późnymi.

Tabela 3 — Table 3

Czasochłonność w czasie operacyjnym
Time consumption in operational time

Operator procesora — Processor					
$P_0 = 33,20$					
$\sigma = 17,84$					
$v\% = 54$					
TW — early thinning			TP — late thinning		
$P_0 = 44,86$			$P_0 = 26,32$		
$\sigma = 16,64$			$\sigma = 36,04$		
$v\% = 37$			$v\% = 137$		
So	Jd	Św	So	Jd	Św
$P_0 = 41,28$	$P_0 = 44,51$	$P_0 = 48,78$	$P_0 = 18,85$	$P_0 = 41,22$	$P_0 = 20,88$
$\sigma = 14,54$	$\sigma = 21,71$	$\sigma = 13,06$	$\sigma = 3,04$	$\sigma = 64,53$	$\sigma = 4,40$
$v\% = 35$	$v\% = 49$	$v\% = 27$	$v\% = 16$	$v\% = 156$	$v\% = 21$

P_0 — pracochołonność — time consumption; σ — odch. standardowe — standard deviation; $v\%$ — wsp. zmienności — coefficient of variability; So — Pine, Jd — Fire, Św — Spruce

Zestawienie takie było możliwe wobec braku występowania istotnych różnic w średnich poziomach czasochłonności pomiędzy drzewostanami oraz dzięki jej zróżnicowaniu w drzewostanach TW i TP (tab. 4).

W obydwu kategoriach najmniejsza czasochłonność została stwierdzona w drzewostanach sosnowych — w kategorii trzebieży wczesnych — wyniosła ona 41,28 min/m³, natomiast w trzebieżach późnych — 18,85 min/m³. Jednak różnice pomiędzy drzewostanami były nieistotne statystycznie oraz na tyle niewielkie (ok. 16% w TW i ok. 40% w TP), że w dalszej części opracowania na omawianym stanowisku pracy traktowano łącznie wszystkie drzewostany w kategorii TW oraz w kategorii TP. Średnia czasochłonność wyniosła dla wszystkich testowanych wariantów 33,20 min/m³.

Tabela 4 — Table 4

Istotność różnic pomiędzy średnimi wartościami czasochłonności w czasie operacyjnym
Significance of differences between average values of time consumption in operational time

		TW — Early thinning			Kategoria użytkowania Thinning	TP — Late thinning				
		gatunek — species				TP — late	gatunek — species			
		So	Jd	Św	TW — early		So	Jd		
Gatunek Species	So		$t = -0,47$ $p = 0,64$	$t = -1,49$ $p = 0,15$	$t = -3,09$ $p = 0,00$		$t = -1,34$ $p = 0,19$	$t = -1,46$ $p = 0,15$	So	Gatunek Species
	Jd	+		$t = 0,65$ $p = 0,52$		+		$t = -1,22$ $p = 0,23$	Jd	
	Św	+	+			-	+	+		

So — Pine, Jd — Fir, Św — Spruce; + brak różnic — no differences; - różnice istotne — significant differences

Poziom czasochłonności jest jednym z czynników pozwalających określić przydatność danej technologii do wykonywania określonych zabiegów gospodarczych. Z tego względu w dalszej części opracowania zastąpiono określenie czasochłonność na proponowany w pracy *EST* — syntetyczny wskaźnik empirycznej sprawności technologicznej. Dobór zestawu czynników zmiennych niezależnych opierał się na założeniu, że na poziom czasochłonności powinny mieć łączny wpływ czynniki środowiskowe, elementy struktury dnia roboczego oraz cechy pozyskiwanego drewna.

Z uwagi na różne zmienne ciągle wchodzące do modeli w przekrojach kategorii użytkowania, estymowano dwa równania regresji wielokrotnej — dla trzebieży wczesnych i późnych. Model regresji przyjął postać opisaną wzorami (2) i (3) (tab. 5, 6).

$$EST_{OP_PROC_{TW}} = 64,88 - 66,66 * x_1 + 66,65 * x_2 + 0,71 * x_3 - 132,48 * x_4 \pm 12,20 \quad (2)$$

gdzie:

$EST_{OP_PROC_{TW}}$ — przewidywana wartość wskaźnika *EST* [min/m³] w TW;

x_1 — udział procentowy kategorii czasu T_{12} ;

x_2 — udział procentowy kategorii czasu T_{13} ;

x_3 — wskaźnik ilościowej intensywności cięć W_{ipp} ;

x_4 — średnia miąższość jednej zrywanej sztuki [m³].

$$EST_{OP_PROC_{TP}} = 77,93 - 99,57 * x_1 + 129,98 * x_2 - 144,50 * x_3 \pm 21,98 \quad (3)$$

gdzie:

$EST_{OP_PROC_{TP}}$ — przewidywana wartość wskaźnika *EST* [min/m³] w TP;

x_1 — udział procentowy kategorii czasu T_{12} ;

x_2 — udział procentowy kategorii czasu T_{13} ;

x_3 — średnia miąższość jednej zrywanej sztuki [m³].

Tabela 5 — Table 5

Analiza regresji — czasochłonność w trzebieżach wczesnych
 Analysis of regression — time consumption in early thinning

$R = 0,71; R^2_{\text{popr}} = 0,49; F = 21,74; p = 0,00$				
	β	Błąd std. B Std. deviation	t	p
Wyraz wolny — Constant		5,81	11,17	0,00
x_1	-0,44	11,89	-5,61	0,00
x_2	0,18	30,16	2,21	0,03
x_3	0,21	0,26	2,76	0,00
x_4	-0,65	17,73	-7,47	0,00

Tabela 6 — Table 6

Analiza regresji — czasochłonność w trzebieżach późnych
 Analysis of regression — time consumption in late thinning

$R = 0,65; R^2_{\text{popr}} = 0,40; F = 20,05; p = 0,00$				
	β	Błąd std. B Std. deviation	t	p
Wyraz wolny — Constant		10,79	7,22	0,00
x_1	-0,42	20,18	-4,93	0,00
x_2	0,26	43,73	2,97	0,00
x_3	-0,46	26,69	-5,41	0,00

Wskaźnik *EST* został w publikacji wyrażony w postaci kilku funkcji liniowych wielu zmiennych. W zastosowanym garniturze czynników występują każdorazowo dwie grupy zmiennych. Z jednej strony są to wskaźniki charakteryzujące cechy taksacyjne drzewostanu oraz charakter cięć, takie jak intensywność zabiegu pielęgnacyjnego wyrażona odsetkiem usuwanej liczby lub miąższości drzewostanu oraz miąższość zrywanego i obrabianego surowca drzewnego.

Kolejną grupą czynników są udziały procentowe wybranych elementów struktury dnia roboczego w czasie operacyjnym. Zdaniem autorów ich zmiany wynikają ze zróżnicowania cech drzewostanów, a w związku z faktem, że badane czasy są zasadniczo czasami obróbki surowca drzewnego, stanowią niejako uzupełnienie zmiennych wymienionych w pierwszej grupie.

IV. DYSKUSJA

Przedstawione poniżej wyniki badań dotyczą dwóch spotykanych w tego typu maszynach rozwiązań technicznych, służących okrzesywaniu drzew. Okrzesywanie może następować przy ciągłym przesuwie drzewa za pomocą kół przez zamknięte noże okrzesywujące (np. Hypro, Vimek, Patu), lub przez cykliczny przesuw ruchomych noży wzdłuż pobocznicy drewna (np. Niab). Należy zwrócić uwagę na niejednakową prędkość okrzesywania drzew w tych systemach. Walczyk (1997) podaje, że prędkość przesuwu drzewa w wariancie z kołami wynosi 3–5 m/s. Natomiast w drugim wariancie, cykliczny przesuw noży okrzesywujących odbywa się z prędkością 1,3 m/s (Anonim 1995).

Opisywana technologia może być rozpatrywana w wariancie klasycznym dla procesora, czyli w przypadku, gdy jego użycie ograniczone jest jedynie do operacji okrzesywania i przerzynki. Interesujący, choć nieco uproszczony sposób obliczenia wydajności agregatu podaje Walczyk (1997). Przyjmując, że całkowity czas cyklu pracy agregatu powinien uwzględniać sumaryczny czas trwania określonych ruchów roboczych, można by szacować efektywną wydajność urządzenia, która na przykład np. dla procesora Patu powinna wynieść teoretycznie 27–30 drzew/godzinę.

Dociągnięcie drzew do szlaku zrywkowego, przy którym procesor będzie okrzesywał i przerzywał surowiec, jest rozwiązaniem niezwykle wydajnym. Według danych kanadyjskich procesor Niab 5–15 przy takiej technologii pracy osiągnął w drzewostanie sosnowym z drzewami o średniej pierśnicy 50 cm wydajność 40 m³/zmianę roboczą (Tellier 1998).

Założenia technologii pozyskiwania drewna z zastosowaniem procesora i zagregowanej z nim sterowanej radiowo wciągarki w polskich warunkach opisał Sowa (2000, 2005). Odległość między szlakami zrywkowymi w tej technologii pozyskiwania — ok. 100 m — wynika z długości liny wciągarki, która w większości tego typu urządzeń wynosi 45–55 m.

Obserwowana w niniejszych badaniach czasochłonność technologii z zastosowaniem procesora w trzebieżach wczesnych przy średniej miąższości zrywanej sztuki 0,09 m³ wynosiła 45 min/m³ w drzewostanach sosnowych i świerkowych. Była prawie o 100% wyższa w porównaniu z danymi z drzewostanów świerkowych i sosnowych, przytoczonymi przez Giefinga (1994). Te różnice wynikają zapewne z różnej prędkości okrzesywania w obserwowanych maszynach. Operacja okrzesywania cieńszych gałęzi, występujących u młodszych drzew nie wymagała kilkukrotnego przeciągania obrabianej sztuki przez noże okrzesywujące. Stąd prawie stuprocentowa różnica w prędkości przesuwu wyrzynków w porównywanych maszynach Hypro i Niab 5–15, uwidoczniła się w takim samym rozmiarze w pracochłonnościach. Dodatkowym czynnikiem, który mógł wpłynąć na czasochłonność były łatwe warunki terenowe, w których obserwowano prace.

W badaniach porównawczych różnych typów procesorów zagregowanych z ciągnikami rolniczymi (Risberg 1986), widoczne są zasadnicze różnice w poziomach czasochłonności. W cytowanym przypadku prace prowadzono

w drzewostanach sosnowo-świerkowych o średniej miąższości jednego drzewa $0,15 \text{ m}^3$, co odpowiadało w zarysie badanym w niniejszej pracy drzewostanom trzebieży późnych. Dla procesora Vimek G30 (z większą prędkością przesuwu drewna) uzyskano pracochłonność ok. 12 min/m^3 , natomiast dla procesora Niab — 22 min/m^3 . Był to niemal identyczny wynik jak w warunkach polskich (20 min/m^3 w drzewostanach sosnowych i świerkowych).

Interesujące prace prowadzili w szwedzkich warunkach drzewostanowych Marntell A. i Marntell T. (1988). Badania prowadzone były na procesorach Vimek G30, które w drzewostanach o średniej miąższości jednego drzewa $0,14$ – $0,16 \text{ m}^3$ osiągały czasochłonność ok. 15 min/m^3 . Inny typ ugałęzienia w porównaniu z warunkami, w których prowadzone były niniejsze badania, mógł wpłynąć na nieznaczące różnice w poziomach czasochłonności odnotowanych w przedstawianej pracy. W przytoczonych badaniach w drzewostanach o średniej miąższości jednego drzewa od $0,04 \text{ m}^3$ do $0,08 \text{ m}^3$, czyli odpowiadających polskim trzebieżom wczesnym, widoczna jest duża zmienność obliczonych czasochłonności. Wyniki kształtowały się od ok. 33 min/m^3 do 16 min/m^3 . Różnice zdaniem autorów wynikały z różnego stopnia wyszkolenia operatorów. W tym świetle, wykazaną w niniejszej pracy zmienność poziomu czasochłonności na poziomie 54% można uznać za niedużą.

Stwierdzona w badaniach czasochłonność pracy procesorem w drzewostanach młodszych klas wieku (44 min/m^3) była niemal identyczna z danymi przytaczanymi przez Walczyka (1997), który przy średniej miąższości drzewa $0,08$ – $0,2 \text{ m}^3$ określił wydajność cięć trzebieżowych na poziomie od $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ do $5 \text{ m}^3/\text{h}$.

W badaniach Marntell A. i Marntell T. (1988) oraz w analizowanym doświadczeniu udział czasów przejść był nieco większy niż zrywki. W badaniach szwedzkich wyniosły one odpowiednio 27% i 21%, natomiast w niniejszym przypadku 18% i 15%. Jak widać różnice w obydwu przypadkach są podobne i wynikają najprawdopodobniej z wybierania trasy zrywki przez operatora, co skutkowało nieco dłuższymi przejściami. Powyższe rozważania potwierdzają opisany przez Sowę i Szewczyka (2005) model zrywki drewna na powierzchniach manipulacyjnych, w którym rzeczywisty dystans przejść jest dużo większy niż w modelu teoretycznym.

Zdecydowanie największy udział w czasie operacyjnym na stanowisku pracy operatora procesora ma okrzesywanie i przerzynka. Badania niemieckie i skandynawskie wykazały ponad 54% udział tej kategorii czasu (Giefing 1994). W doświadczeniu opisywanym w niniejszej pracy, udział czasu okrzesywania był również wysoki i wyniósł 46%. Nieco odbiegają od tych wielkości wyniki prac prowadzonych przez Marntell A. i Marntell T. (1988), którzy wykazali 33% udziału czasu tej kategorii. Zróznicowanie prezentowanych wyników badań mogło wynikać m.in. z często kilkukrotnego przesuwania okrzesywanego odcinka strzały przez noże okrzesyjące.

V. STWIERDZENIA I WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące stwierdzenia i wnioski:

1. Średni rozmiar czasochłonności pozyskania drewna w badanych drzewostanach kształtował się na poziomie ok. 33,2 min/m³, przy czym był znacząco niższy w trzebieżach późnych w porównaniu z wczesnymi i wyniósł odpowiednio 26,32 min/m³ oraz 44,86 min/m³.
2. Poziom czasochłonności w wyróżnionych drzewostanach nie wykazywał istotnych statystycznie różnic. Zaobserwowano natomiast istotne różnice czasochłonności pomiędzy kategoriami użytkowania.
3. Czasochłonność związana była proporcjonalnie ze wskaźnikiem W_{iip} (wskaźnik ilościowej intensywności pozyskania), miąższością wyrabianego surowca oraz udziałami najbardziej istotnych czasów pracy w omawianych operacjach, takich jak czasy zrywki, przejść oraz okrzesywania.
4. Oszacowane w pracy równania matematyczne wskaźnika EST, określające poziom czasochłonności przy pracy procesora NIAB 5–15 w drzewostanach trzebieżowych, mogą stanowić pomocniczy element przy planowaniu wykonawstwa zadań gospodarczych z zakresu pozyskiwania drewna.

LITERATURA

- Anonim 1995. *Traktorprocesor NIAB 5–15*. Schwedens meistgekaufter. NIAB, Trångsviken, Szweden.
- Botwin M. 1993. *Podstawy użytkowania maszyn leśnych*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Giefing D.F. 1994. *Badania eksploatacyjne procesora HYPRO*. Prz. Tech. Rol. Leś. 12: 20–21.
- Giefing D.F., Gackowski M. 2001. *Ekonomiczna efektywność pozyskiwania drewna krótkiego w drzewostanach III kl. wieku w zależności od zastosowanych urządzeń zrywkowych*. Polska Akademia Umiejętności, Pr. Komis. Nauk Rol. 3: 17–26.
- Józefaciuk J., Nowacka W. 1993. *Ćwiczenia z ergonomii i ochrony pracy*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Kowal E. 2002. *Ekonomiczno-społeczne aspekty ergonomii*. PWN, Warszawa–Poznań.
- Laurow Z. 2000. *Systemy pozyskiwania drewna — nazwy i określenia*. Głos lasu 8: 10–11.
- Laurow Z. 1994. *Pozyskiwanie drewna i podstawowe wiadomości o jego przerobie*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Marntell A., Marntell T. 1988. *Vimek G30 i praktisk drift. Vimek G30 in operation*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen for skogsteknik. Småskog — stencil. 96: 1–12.
- Monkielewicz L., Czereyski K. 1971. *Analiza metod ustalania technicznych norm pracy przy pozyskaniu i transporcie drewna*. Pr. IBL, Ser. A, 390: 1–77.
- Obereigner B. 1993. *Pausengestaltung bei der Waldarbeit*. Öster. Forstztg. 104, 12: 36.
- Risberg S. 1986. *Träd- och trädelsystem i privatskogsbruket — uppärbetning av träd på avlägg med lantbrukstraktor och griplastarmataid Vimek G30 gallringsprocessor*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen for skogsteknik. Småskog — stencil. 96: 19–25.
- Schwarz M. 1993. *Fehlerursachen und Fehlergrößen bei der Durchführung EDV-gestützter Zeitstudien*. Allg. Forst- u. Jagdztg. 164, 4: 68–74.
- Sowa J.M. 2000. *Pozyskiwanie drewna w górach*. [W:] *Poradnik użytkownika lasu*. M. Suwała (red.). Oficyna Edytorska Wydawnictwo Świat, Warszawa.

- Sowa J.M. 2005. *Utylizacja pozostałości zrębowych w górach*. [W:] *Postępy techniki w leśnictwie. Problematyka nowoczesnych technologii utylizacji pozostałości zrębowych*. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Leśnictwa i Drzewnictwa. Warszawa.
- Sowa J.M., Szewczyk G. 2005. *The analysis of the relationship between the structure of a workday and the actual skidding distance in selected timber harvesting technologies during thinnings*. [W:] *Ecological, Ergonomic and Economical Optimization of Forest Utilization in Sustainable Forest Management*. J. Sowa, A. Barszcz, J. Sosnowski (red.). AR Kraków.
- Tellier D. 1998. *Processor Niab 5–15*. Canadian Forest Industries: 1–3. JCFT Forest Communications.
- Walczyk J. 1997. *Procesory tworzone na bazie ciągników rolniczych*. Prz. Tech. Rol. Leś. 3: 18–21.
- Więsik J. 1993. *Analiza wydajności procesorów i harwesterów*. Prz. Tech. Rol. Leś. 6: 11–15.

Summary

Janusz M. Sowa, Grzegorz Szewczyk

Time consumption of timber harvesting by means of the NIAB 5–15 processor in mature stands

Low profitability of timber harvesting in mature stands is due to difficult stand conditions (high density), small dimensions of trees and disproportionately long times of timber harvesting in relation to the volume of the harvested timber. In such situations, timber skidding, debranching and manipulation may be performed by small processors aggregated with farm tractors. The present research was conducted in pine, fir and spruce stands during early and late thinnings, where timber skidding, debranching and manipulation was performed by the NIAB 5–15 processor (Tab. 1). The research aim was to determine the models of work consumption characteristics. The modeling consisted in approximating the mathematical functions which described the processes under analysis. In the course of harvesting, the timing of the tasks was performed according to the classification presented in Table 2. The intensity of thinnings performed on manipulation plots was presented according to quantity (Formula 1). Figure 1 presents the percentages of tasks noted in the operation time at the analysed work-stand. The performance of tasks connected with timber skidding, debranching and manipulation is shown by large shares of T_{13} , T_{12} and T_{22} times. Table 3 presents the average values of work consumption related to the configuration of species in the categories of stands of early and late thinnings. There was a lack of statistically significant differences in the levels of work consumption in the selected stands but the statistically significant differences were noted between categories of utilization (Tab. 4). Due to different constant variables which entered the models in profiles of utilization categories, two equations of multiple regression were estimated: for the early and for the late thinnings. The model of regression was elaborated as Formulas (3) and (4). The parameters of the equations were juxtaposed in Tables 5 and 6. The research results indicate the occurrence of proportional relations between work consumption and the volume of the harvested timber, certain elements of the working day timing and the index of the quantitative intensity of harvesting which characterizes the percentage of the number of trees removed from a stand.

*Department of Forest and Wood Utilisation
University of Agriculture in Krakow*

SPIS TREŚCI CONTENTS

J. R. STARZYK, J. GAJEWSKI, K. HABEL: Owady kambio- i ksylofagiczne zasiedlające odcięte wierzchołki i gałęzie jodłowe pozostające po różnego rodzaju cięciach w drzewostanie	3
Cambio- and xylophagous insects infesting European fir (<i>Abies alba</i> Mill.) cut off tree-tops and branches left in the forest after cuttings	19
R. PODLASKI, P. KAMIŃSKI, A. JAWORSKI: Wstępne wyniki stosowania rębni stopniowej gniazdowej udoskonalonej w drzewostanie jodłowym w Świętokrzyskim Parku Narodowym	21
Initial results of using the Swiss irregular shelterwood system in the silver fir stand in Świętokrzyski National Park	38
R. WAŻNY: Badania nad różnicowaniem szczepowym grzyba <i>Rhizopogon roseolus</i> (Corda.) Th. M. Fries. w hodowli kontenerowej	41
A study on diversity of fungus <i>Rhizopogon roseolus</i> (Corda.) Th. M. Fries. strains in containerized breeding	51
J. M. SOWA, G. SZEWCZYK: Czasochłonność pozyskiwania drewna z użyciem procesora NIAB 5–15 w drzewostanach trzebieżowych	53
Time consumption of timber harvesting by means of the NIAB 5–15 processor in mature stands	66

Wydawnictwo Oddziału Polskiej Akademii Nauk
31-018 Kraków, ul. św. Jana 28
tel.: (012) 422-36-43 w. 12, 22, kolportaż 15, fax: (012) 422-27-91
www.pan-krakow.pl
Objętość ark. wyd. 5,5; ark. druk. 4,25
Przygotowanie do druku: Agencja Reklamowa NOVUM
www.novum.krakow.pl