

PL ISSN 0065-0927

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

acta agraria et silvestria

SERIES SILVESTRIS

Vol. LIII

2015

KRAKÓW

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

ACTA
AGRARIA ET SILVESTRIA

SERIES SILVESTRIS

Vol. LIII, 2015

KRAKÓW

KOMITET REDAKCYJNY

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

RADA PROGRAMOWA

Przewodniczący — Stanisław Małek
Członkowie — Tadeusz Andrzejczyk, Stanisław Brożek,
Mikołaj Guź (Ukraina), Leon Jagoda, Andrzej Jaworski,
Jerzy Modrzyński, Bengt Nihlgard (Szwecja),
Stanisław Orzeł, Milan Saniga (Słowacja),
Janusz Sowa, Józef Suliński

ADRES REDAKCJI

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

REDAKTOR TOMU

Grażyna Fallowa

Publikacja tomu sfinansowana ze środków Wydziału Leśnego
i funduszu Rektora Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie

© *Copyright by Authors, Polska Akademia Nauk, Wydział Leśny Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie
Kraków 2015*

Polska Akademia Nauk — Oddział w Krakowie
31-018 Kraków, ul. św. Jana 28
tel./faks (12) 356 23 80
Druk i oprawa: FALL, ul. Garczyńskiego 2, 31-524 Kraków

PORÓWNANIE OCENY ŻYWOTNOŚCI NASION SOSNY ZWYCZAJNEJ WYKONANEJ METODĄ RENTGENOWSKĄ I METODĄ KIEŁKOWANIA

Jacek Banach
Kinga Skrzyszewska
Dawid Sobaszek

Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie
Al. 29 Listopada 46, PL 31-425 Kraków
Instytut Ekologii i Hodowli Lasu
Zakład Genetyki, Nasiennictwa i Szkółkarstwa
Leśnego
rlbanach@cyf-kr.edu.pl

ABSTRACT

Banach J., Skrzyszewska K., Sobaszek D., 2015. *Assessment comparison of viability of Scots pine seeds executed by X-ray and germination methods*. Acta Agr. Silv. ser. Silv. 53: 3–13.

Seed viability is considered to be the main criterion for verification of their quality. The aim of the study was to compare the results of the assessment of Scots pine seed viability by two methods: X-ray and germination. It has been shown that the application of the digital X-ray the viability of seeds was skewed. The difference between the two methods was the higher the lower viability of the seeds exhibited by germination process. The real seeds viability decreased by an average of 1.06% for every 1% decrease in seeds vitality determined by X-ray.

KEY WORDS: *Pinus sylvestris*, germination, digital radiography, Jacobsen's germinator, Faxitron LX-60.

SŁOWA KLUCZOWE: *Pinus sylvestris*, kiełkowanie, radiografia cyfrowa, kiełkownik Jacobsen, Faxitron LX-60.

I. WSTĘP

W Lasach Państwowych jest obowiązek oceny wszystkich partii nasion przeznaczonych do przechowywania i hodowli materiału szkółkarskiego. Parametr żywotności nasion jest ważnym kryterium wyznaczania ich wartości siewnej. Najlepszym sposobem określenia żywotności nasion jest metoda kiełkowania. Przyjmuje się, że zdolność i energia kiełkowania są miarą rzeczywistej żywotności nasion. Zasady i metodyka oceny nasion w Państwowym Gospodarstwie Leśnym LP dopuszcza także prowadzenie uproszczonych metod oceny żywotności, szczególnie w odniesieniu do nasion przechowywanych długookresowo, wysiewanych na zielono, wymagających zabiegów przyspieszających ich kiełkowanie lub długiego wyprowadzania ze stanu anabiozy, a także w monitoringu biologicznym wykonywanym przed zbiorem. W przypadku tej grupy nasion ocenę żywotność wykonuje się stosując m.in. testy biochemiczne (metoda tetrazolinowa lub indygokarminowa), a także metodę krojenia, w której analizuje się makroskopowy przekrój nasion. Wraz z miniaturyzacją laboratoryjnych

urządzeń rentgenowskich rozwinęła się metoda pozwalająca ocenić żywotność nasion na podstawie obrazu utrwalonego na kliszy rentgenowskiej lub zapisanego w formie cyfrowej, z możliwością bezpośredniej analizy na ekranie komputera. Zaletą tej metody jest krótki czas oczekiwania na wynik oraz nieuszkodzenie nasion poddanych ocenie. Metodę rentgenowską oceny żywotności nasion drzew iglastych opracowano w Szwecji i wykorzystano ją do oceny nasion sosny zwyczajnej i świerka pospolitego (Gustafsson i Simak 1956; Kamra 1963, 1972).

Przydatność rentgenografii do oceny nasion sosny zwyczajnej przechowywanej przez różny okres (maksymalnie 16 lat) badał Ryyänen (1980). Przy zastosowaniu tej metody Tylek (2011) rozróżnił nasiona pełne i puste, opracowując charakterystykę aerodynamiczną nasion buka zwyczajnego oraz jodły pospolitej. Na podstawie obrazu rentgenowskiego uszkodzonych liścieni w żołądźkach podsuszonych do różnego poziomu wilgotności Goodman i in. (2005) prognozowali zdolność kiełkowania nasion oraz oceniali wigor wyrosłych z nich sadzonek. Analizowano również wpływ długości okresu przechowywania nasion na ich energię i zdolność kiełkowania oraz związek tych charakterystyk żywotności z wielkością zarodka i kanału zarodkowego (Berdeen et al. 2007). Skrzyszewska i Chłanda (2009) wykorzystali metodę rentgenograficzną do oceny parametrów wewnętrznej budowy nasion jodły pospolitej i poszukiwania korelacji z procesem ich kiełkowania. Rentgenografię zastosowano również do oceny stopnia zainfekowania nasion przez owady (Fabre et al. 2004).

Celem badań była analiza dokładności oceny żywotności nasion sosny zwyczajnej, uzyskanej przy zastosowaniu aparatu rentgenowskiego Faxitron LX-60. Jako referencyjną przyjęto metodę kiełkowania, w której oznaczanie żywotności odbywa się w warunkach laboratoryjnych, zbliżonych do naturalnych warunków kiełkowania nasion. Oszacowanie dokładności oceny rentgenograficznej wykonano na podstawie porównania wyników oceny żywotności nasion uzyskanych obydwoma metodami.

II. MATERIAŁ I METODY

Nasiona

Badania oceny żywotności nasion zostały przeprowadzone dla piętnastu próbek sosny zwyczajnej reprezentujących obiekty nasienne (plantacja nasienne, gospodarcze drzewostany nasienne), zarządzane przez regionalną dyrekcję Lasów Państwowych w Katowicach i Łodzi. Nasiona pochodzące z drzewostanów w Nadleśnictwie Lubliniec i Świerklaniec oraz plantacji w Nadleśnictwie Brzeg pobrano z zasobów zdeponowanych w przechowalni w Lasowicach Małych (Nadleśnictwo Kluczbork). Dla sześciu drzewostanów z Nadleśnictwa Brynek próbki nasion pozyskano z szyszek wyłuszczonej w wyłuszczeni BCC „Jodłówka” w Nadleśnictwie Brzesko. Z kolei nasiona sosny zwyczajnej z drzewostanów w Nadleśnictwie Radomsko otrzymano do badań z zasobów

zdeponowanych w przechowalni w Nadleśnictwie Grotniki. Nasiona były pozyskane w różnych latach: dwie próbki w 2007 r., jedna w 2008 r., a dwanaście w 2009 r. (tab. 1). Do momentu wykonania badań (czerwiec 2012 r.) wszystkie nasiona były przechowywane w chłodni w temperaturze +3°C w Laboratorium Biotechnologii Leśnej w Zakładzie Genetyki, Nasiennictwa i Szkółkarstwa Leśnego (IEiHL, UR w Krakowie).

Tabela 1 – Table 1

Charakterystyka drzewostanów i rok zbioru nasion użytych w badaniach

Characteristics of stands and harvest year of seeds used in investigations

Numer próbki Sample number	Nadleśnictwo Forest district	Leśnictwo Forest range	Pododział Sub-compartment	Współrzędne geograficzne Geographical coordinates		Wysokość n.p.m. Altitude (m)	Siedliskowy typ lasu Type of forest site	Rok zbioru nasion Year of seeds harvest
				długość longitude	szerokość latitude			
1	Brzeg*	Prędocin	269d	17°20'	50°44'	146	LMśw	2007
2	Świerklaniec	Truszczyca	118f	18°55'	50°30'	300	BMśw	2008
3	Brynek	Krywałd	6a	18°43'	50°36'	257	BMśw	2009
4		Świniowice	377g	18°41'	50°30'	268	BMw	
5		Nowa Wieś	189b	18°48'	50°32'	281	BMw	
6		Tworóg	156b	18°47'	50°34'	275	Bśw	
7		Nowa Wieś	192b	18°47'	50°32'	274	BMw	
8		Potempa	62l	18°43'	50°34'	249	Bśw	
9	Lubliniec	Brzezinki	14f	18°32'	50°53'	245	BMśw	2009
10		Kokotek	208b	18°41'	50°36'	255	Bśw	
11		Ponoszów	58l	18°36'	50°49'	254	BMśw	
12	Radomsko	Bąkowa Góra	52c	19°51'	51°08'	247	LMśw	2007
13		Bąkowa Góra	24c	19°54'	51°08'	215	LMśw	2009
14		Kruszyna	315g	19°49'	50°58'	229	BMśw	
15		Grzebień	243c	19°29'	51°01'	215	BMw	

* plantacja nasienna – seed orchard

Dla analizowanej kolekcji wykonano ocenę czystości w celu wydzielenia frakcji nasion czystych, z których następnie pobrano nasiona do oceny żywotności metodą rentgenowską i kiełkowania. Badania laboratoryjne wykonano według międzynarodowych zasad kwalifikacyjnej oceny jakości nasion (ISTA 2012).

Metoda rentgenowska

Ocenę żywotności cyfrowym aparatem rentgenowskim Faxitron LX-60 wykonano dla 400 sztuk nasion pobranych losowo z frakcji czystych dla każdej analizowanej próby. W badaniach wykorzystano współpracujący z aparatem skaner

RTG EZ 320. Czas prześwietlania wynosił 120 milisekund, a moc naświetlania 50 kV. Łącznie przeanalizowano 6000 szt. nasion. Badania wykonano w Leśnym Ośrodku Nasiennym w Nadleśnictwie Zwierzyniec (RDLP Lublin).

Na podstawie obrazu rentgenowskiego oceniono żywotność nasion według klasyfikacji szwedzkiej, opracowanej przez Simaka i Gustafssona (1956) dla świerka pospolitego i sosny zwyczajnej (ryc. 1).

Klasyfikacja obejmuje następujące klasy rozwoju zarodka i prabielsma, uszkodzeń przez owady i grzyby oraz uszkodzeń mechanicznych. Oznaczenia:

0 – nasienie puste;

I – nasienie ma prabielsmo i kanał zarodkowy, ale brak samego zarodka;

II – nasienie ma prabielsmo i jeden lub kilka zarodków, z których żaden nie jest większy niż 50 % kanału zarodkowego;

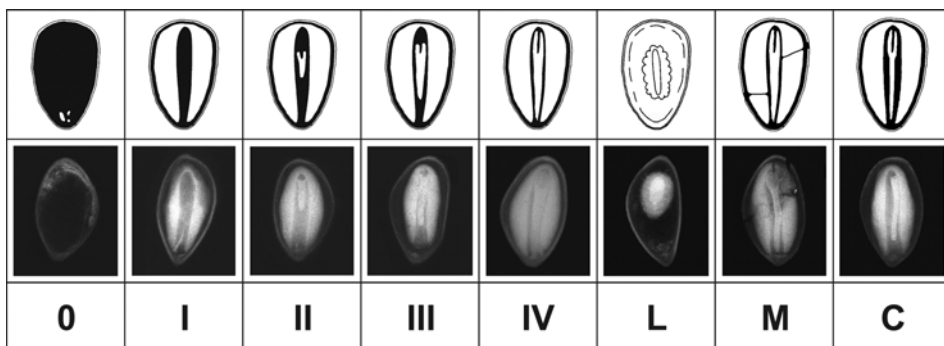
III – nasienie ma prabielsmo i jeden lub kilka zarodków, z których żaden nie jest mniejszy niż 50% i nie większy niż 75% kanału zarodkowego;

IV – nasienie ma prabielsmo i jeden zarodek w pełni rozwinięty, wypełniający całkowicie lub prawie całkowicie kanał zarodkowy;

L – nasienie zasiedlone przez owady;

M – nasienie uszkodzone mechanicznie;

C – nienormalnie cienki zarodek.



Ryc. 1. Przykłady klas rozwoju zarodka i prabielsma według klasyfikacji szwedzkiej (Bodył i Załęski 2006; zmienione)

Fig. 1. Examples of classes of embryo and endosperm development according to the Swedish classification (Bodył and Załęski 2006, changed)

Spodziewaną zdolność kiełkowania, oddzielnie dla każdej próbki, obliczono według wzoru rosyjskiego, opracowanego dla gatunków iglastych (Załęski 2000):

$$Z = \frac{0,5N_2 + N_3 + N_4}{N} \cdot 100\%$$

gdzie:

N_2, N_3, N_4 – liczba nasion odpowiednio w klasie II, III i IV rozwoju zarodka,

N – liczba wszystkich ocenianych nasion w próbie.

Metoda kiełkowania

Dla każdej analizowanej próbki te same nasiona, które oceniano w metodzie RTG, podzielono losowo na 4 powtórzenia po 100 sztuk i wykorzystano do oceny żywotności metodą kiełkowania. Nasiona ułożono na podłożu bibułowym na kiełkowniku typu Jacobsen. Temperaturę wody w wannie kiełkownika ustawiono na 27°C ($\pm 1^\circ\text{C}$), natomiast podłoża bibułowego w zakresie 24–25°C. Zgodnie z procedurą oceny kwalifikacyjnej kiełkowanie nasion sosny odbywało się w całodobowym pełnym świetle (ok. 1200 luksów). Próbę kiełkowania prowadzono przez trzy tygodnie. Okresowo wykonano kontrole procesu kiełkowania i profilaktycznie naświetlano nasiona światłem ultrafioletowym. Po 7, 14 i 21 dniach od założenia próby zliczono skiełkowane nasiona. W trakcie wykonywania oceny wyróżniano 3 grupy nasion (Załęski 2000): (a) prawidłowo kiełkujące i siewki normalne, prawidłowo wykształcone; (b) nieprawidłowo kiełkujące i siewki nienormalne, nieprawidłowo wykształcone; (c) nieskiełkowane.

Dla każdego powtórzenia w próbce nasion określono zdolność kiełkowania wzorem:

$$Z_d = \frac{N_p}{N} \cdot 100\%$$

gdzie: Z_d – zdolność kiełkowania,

N_p – suma nasion prawidłowo skiełkowanych,

N – suma wszystkich nasion.

Zgodnie z przepisami ISTA (2012) przed obliczeniem średniej żywotności wyliczano różnicę między wartościami skrajnymi dla poszczególnych setek nasion należących do danej próby i sprawdzano z wartością normatywną. Żywotność nasion sosny badanej próbki obliczono jako średnią wartość z oszacowania zdolności kiełkowania każdej z czterech setek (powtórzeń) nasion.

Wyniki żywotności otrzymane z oceny nasion obu metodami porównano dla każdej próby nasion i wyliczono różnicę w stosunku do metody kiełkowania. Wykreślono dla badanych prób prostą regresji między wartościami zdolności kiełkowania określonymi metodą rentgenowską i kiełkowania.

III. WYNIKI

W ocenie rentgenograficznej stwierdzono 100% żywotność dla nasion zebranych w drzewostanach Nadleśnictwa Lubliniec, leśnictwie 9-Brzezinki i 10-Kokotek. W próbie kiełkowania największą żywotnością (92%) cechowały się nasiona zebrane również w Nadleśnictwie Lubliniec, pododdziale 58I leśnictwa 11-Ponoszów. Najniższa zdolność kiełkowania (56,8%) oraz największe zróżnicowanie w ocenie żywotności między obydwoimi metodami wystąpiło w leśnictwie 3-Krywałd. W ocenie rentgenowskiej uzyskane wyniki dla tej populacji

Tabela 2 – Table 2

Wyniki oceny parametrów nasion sosny zwyczajnej oraz oceny żywotności metodą kiełkowania i RTG (Faxitron LX-60)

Results of the assessment of the parameters of Scots pine seeds according to ISTA procedures and viability carried out on X-ray method (Faxitron LX-60)

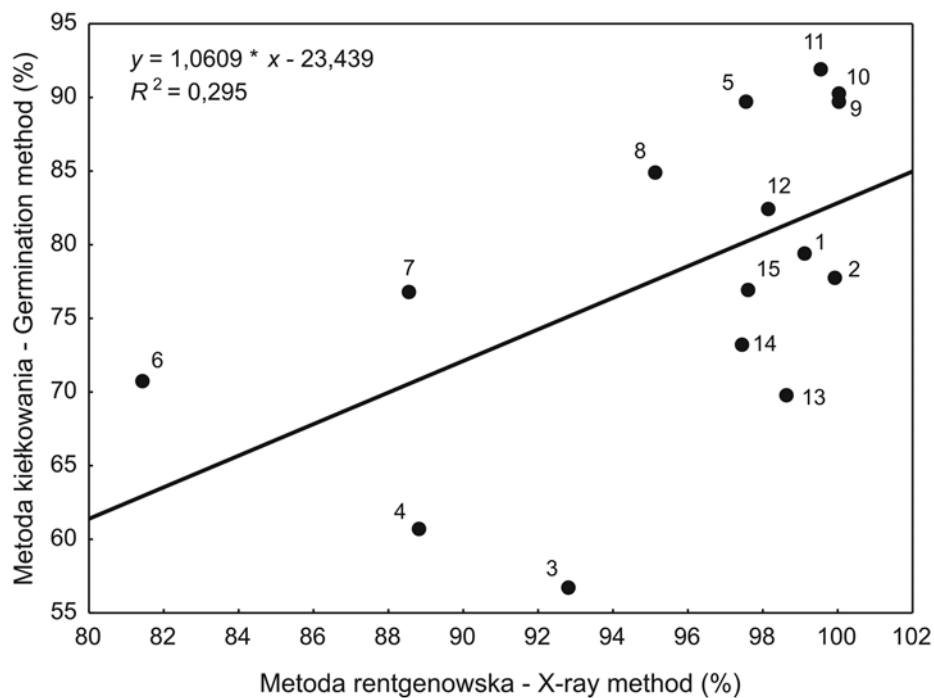
Numer próbki Sample number	Nadleśnictwo Forest district	Leśnictwo Forest range	Poddział Sub-compartment	Masa 1000 nasion Weight of 1000 seeds (g)	Żywotność (%) określona metodą Viability (%) determined using method		Różnica żywotności Viability difference (%)
					RTG X-ray	kiełkowania germination	
1	Brzeg	Prędocin	269d	6,4	99,1	79,5	-19,6
2	Świerklaniec	Truszczyca	118f	6,3	99,9	77,8	-22,1
3	Brynek	Krywałd	6a	6,6	92,8	56,8	-36,0
4		Świniowice	377g	5,3	88,8	60,8	-28,0
5		Nowa Wieś	189b	5,8	97,5	89,8	-7,7
6		Tworóg	156b	6,1	81,4	70,8	-10,6
7		Nowa Wieś	192b	6,4	88,5	76,8	-11,7
8		Potempa	62l	5,9	95,1	85,0	-10,1
9		Lubliniec	Brzezinki	14f	6,3	100,0	89,8
10	Kokotek		208b	6,3	100,0	90,3	-9,7
11	Ponoszów		58l	6,6	99,5	92,0	-7,5
12	Radomsko	Bąkowa Góra	52c	6,4	98,1	82,5	-15,6
13		Bąkowa Góra	24c	6,1	98,6	69,8	-28,8
14		Kruszyna	315g	6,2	97,4	73,3	-24,1
15		Grzebień	243c	5,9	97,6	77,0	-20,6
Średnia – Mean				6,2	95,6	78,1	-17,5

wskazały na wysoki odsetek 92,8% nasion zdolnych do sskiełkowania, tj. z prąbielmem i jednym zarodkiem w pełni rozwiniętym, wypełniającym całkowicie lub prawie całkowicie kanał zarodkowy. Porównując wyniki obu metod widoczna była tendencja zawyżania żywotności nasion w metodzie rentgenografii cyfrowej w stosunku do wyników uzyskanych w metodzie kiełkowania. Średnia żywotność dla wszystkich próbek nasion wyznaczona w metodzie kiełkowania wynosiła 78,1% nasion zdolnych do sskiełkowania, natomiast przy próbie rentgenowskiej aż 95,6% (tab. 2). Była to istotna różnica, która wskazuje, że badanie żywotności nasion metodą RTG może być obarczone błędem.

Nie zaobserwowano wyraźnego związku między rokiem zbioru nasion a różnicą w ocenie ich żywotności wykonaną analizowanymi metodami. Największe

i najmniejsze rozbieżności zaobserwowano dla nasion najkrócej przechowywanych, tj. zebranych w 2009 r. Różnice w liczbie nasion zdolnych do skielkowania mieściły się w zakresie od 36% dla nasion zebranych w leśnictwie 3-Krywałd do 7,5% dla próbki z leśnictwa 11-Ponoszów 581. Na ogół jednak nasiona krócej przechowywane (zbiór 2009 r.) wykazywały mniejsze różnice w ocenie żywotności niezależnie od zastosowanej metody oceny (tab. 2).

Testem *t* wykazano istotną różnicę ($p < 0,001$) między oceną żywotności wykonaną metodą kiełkowania i RTG, natomiast współczynnik korelacji Pearsona między wynikami oceny uzyskanymi obydwoma metodami dla tych samych próbek nasion kształtował się na poziomie $r = 0,543$. Zależność między obydwoma metodami wyrażona równaniem regresji wskazała, że rzeczywista żywotność była przeciętnie niższa o 17–18% w porównaniu do stwierdzonej w metodzie RTG, a na 1% zmiany żywotności ocenianej tą metodą obniżała się o 1,06% (ryc. 2).



Ryc. 2. Zależność żywotności nasion sosny zwyczajnej wyznaczonej metodą kiełkowania i metodą rentgenowską; 1–15 – numery próbek według tabeli 2

Fig. 2. Dependence of Scots pine seeds viability determined by germination and X-ray method; 1–15 – number of samples according to Table 2

IV. DYSKUSJA

Ocena żywotności nasion jest jedną z podstawowych charakterystyk, które określa się dla różnych zapasów nasion zarówno po zbiorze, jak i przed i w trakcie przechowywania oraz przed samym wysiewem nasion. Jest to parametr, który znacząco wpływa na liczbę siewek uzyskanych z jednostki powierzchni produkcyjnej i dlatego musi być każdorazowo uwzględniany przy określaniu normy wysiewu.

W ocenie nasion istnieje kilka metod określania żywotności. Najdokładniejsza z nich jest metoda kiełkowania, która jednakże zalicza się do metod czasochłonnych. Według obowiązujących przepisów nie musi być ona wykorzystywana obligatoryjnie. Przed podjęciem decyzji o wykonaniu zbioru nasion lub uzyskaniu orientacyjnej informacji o poziomie żywotności nasion w danej partii – najczęściej stosowana jest metoda krojenia nasion. W takich sytuacjach metoda rentgenograficzna może być z powodzeniem zastosowana jako dokładniejsza niż krojenie i łatwiejsza w wykonaniu, ponieważ nie ma potrzeby przygotowywania nasion do oceny, np. poprzez ich wcześniejsze moczenie.

Badania wykonane w niniejszej pracy wskazują na możliwość zastosowania cyfrowego aparatu rentgenowskiego do oceny żywotności nasion sosny zwyczajnej. Wprawdzie zastosowanie rentgenografii cyfrowej i metody kiełkowania wykazało zróżnicowaną ocenę żywotności dla tych samych próbek nasion, jednak zauważalny był związek między obydwoma metodami. W porównaniu do oceny żywotności przeprowadzonej na kiełkowniku Jacobsena metoda rentgenowska wykazywała zawyżone wyniki. Mogło być to spowodowane procesem starzenia się nasion i zmianami, jakie zachodzą na poziomie tkankowym w trakcie kilkuletniego ich przechowywania. Symptomy tych zmian nie były możliwe do określenia przy badaniu żywotności na aparacie RTG. Powodem znacznych rozbieżności może być również faza życia utajonego (spoczynku) nasion sosny zwyczajnej. Nasiona w takim stanie, chociaż są dojrzałe fizjologicznie, mogą słabiej kiełkować w optymalnych warunkach. Standardowe metody oceny żywotności nasion oparte na analizie procentu kiełkowania oraz makroskopowej ocenie rozwoju zarodka i prabielma nie odzwierciedlają zmian stanu fizjologicznego nasion (Rakowski i Jagodzińska 2001; Simak 1980). Jednakże ten ostatni aspekt w mniejszym stopniu mógł wpływać na zróżnicowanie oceny żywotności, ponieważ wszystkie nasiona były przechowywane w stabilnych warunkach wilgotnościowych i termicznych. Rozbieżności między wynikami obydwu metod mogą wynikać także z braku doświadczenia wykonującego klasyfikację nasion na cyfrowym obrazie RTG. Dokładność oznaczenia prawdopodobnie poprawiłoby zastosowanie substancji kontrastowej, co wykazano w pracach Kamry (1972) oraz Ryynäna (1980), w których metoda prześwietlania z zastosowaniem substancji kontrastowej dawała wyniki porównywalne z kiełkowaniem.

Występowanie różnic (zawyżanie żywotności w metodzie RTG) nie jest problemem stwierdzonym tylko w niniejszej pracy. Wskazują na to również wcześniejsze badania wykonane przez Kamrę (1972), Bye i Edwardsena (2004) oraz

Tylka (2003). W Norwegii przeprowadzono badania nad przydatnością metody rentgenowskiej do oceny nasion świerka pospolitego, jodły pospolitej oraz sosny zwyczajnej. Aby sprawdzić dokładność oceny metodą prześwietlania, podobnie jak w naszych badaniach porównano ją z oceną wykonaną metodą kiełkowania (biologiczną). Przeciętna różnica między obydwoma metodami wynosiła około 10%, przy maksymalnej odchyłce 31% dla jednej z próbek nasion (Bye i Edvardsen 2004). Wyniki uzyskane w prezentowanych badaniach dla 15 próbek sosny zwyczajnej okazały się zbliżone. Przeciętna różnica między metodą RTG oraz kiełkowania wyniosła 17,5%, przy maksymalnej różnicy wynoszącej 36%. Generalnie im niższa była żywotność nasion, tym różnica między obydwoma metodami była większa. Podobny rezultat uzyskał Kamra (1972), badając żywotność nasion *Pinus sylvestris* oraz *Picea abies* metodą indygokarminową oraz metodą rentgenowską (metoda kiełkowania była referencyjną). Metoda indygokarminowa oceny żywotności charakteryzowała się wyższą dokładnością przy próbkach o wysokiej żywotności, natomiast przy próbkach o niskiej żywotności niedokładność oznaczenia była większa. Niezależnie natomiast od badanego gatunku cytowany autor wykazał lepszą skuteczność metody prześwietlania rentgenowskiego przy ocenie żywotności nasion. W badaniach Tylka (2011) dotyczących analizy wpływu żywotności nasion jodły na ich cechy fizyczne określona rentgenograficznie żywotność świeżo pozyskanych nasion była zaledwie o 5,7% wyższa od zdolności kiełkowania oznaczonej w metodzie kiełkowania.

W metodzie rentgenowskiej wynik uzyskujemy znacznie szybciej w porównaniu do metody kiełkowania oraz pozostałych metod oceny żywotności stosowanych w leśnictwie (z wyjątkiem metody krojenia). Po określeniu drogą eksperymentalną wielkości wskaźnika korekty, który należałoby zastosować oceniając poziom żywotności metodą rentgenografii cyfrowej, może ona zastąpić tradycyjne metody oceny żywotności. Do zrealizowania tego celu potrzebne są jednak liczne badania uzupełniające wiedzę i udoskonalające biofizyczną metodę oceny żywotności nasion (RTG).

V. WNIOSKI

1. Ocena rentgenograficzna nasion sosny zwyczajnej zawyżała poziom żywotności przeciętnie o ok. 17–18%, przy czym im niższa była rzeczywista żywotność określona w metodzie kiełkowania, tym różnica była większa. Rzeczywista żywotność obniżała się średnio o 1,06% na każdy 1% zmniejszania się żywotności stwierdzonej metodą RTG.
2. Wskazane byłoby przeprowadzenie badań na większej liczbie próbek nasion, szczególnie charakteryzujących się niższą rzeczywistą żywotnością, aby dokładnie określić związek między ocenami przeprowadzanymi metodą rentgenografii cyfrowej (RTG) oraz metodą kiełkowania.
3. Metoda rentgenograficznej oceny żywotności nasion z wykorzystaniem aparatu cyfrowego Faxitron LX-60 jest szybka i łatwa do przeprowadzenia.

Dodatkową zaletą cyfrowego zapisu obrazu nasion jest możliwość jego obróbki w celu poprawy jakości, co znacząco ułatwia klasyfikowanie nasion.

4. W kolejnych badaniach należałoby przetestować przydatność substancji kontrastowych, które mogą poprawić jakość obrazu budowy wewnętrznej nasion, na co wskazują wcześniejsze badania przeprowadzone przy użyciu klasycznych aparatów rentgenowskich.

PODZIĘKOWANIA

Autorzy dziękują Nadleśnictwu Zwierzyniec za udostępnienie rentgenografu cyfrowego i umożliwienie przeprowadzenia części badań w Leśnym Ośrodku Nasiennym. Badania sfinansowane przez MNiSW z środków przeznaczonych na działalność statutową w 2012 r. (DS-3405/ZGNiSzL).

LITERATURA

- Berdeen J., Riley L., Sniezko R.S., 2007. *Whitebark pine seed storage and germination: A follow-up look at seedlots from Oregon and Washington*. Proceedings of the Conference Whitebark Pine: A Pacific Coast Perspective. USDA Forest Service R6-NR-FHP-2007-01: 113–121.
- Bodył M., Załęski A. 2006. *Atlas rentgenowskich zdjęć nasion drzew i krzewów leśnych. Uzupełnienie załącznika nr 6 do Zarządzenia Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych nr 14a z dnia 11 grudnia 2000 roku w sprawie wprowadzenia zasad oceny nasion w Lasach Państwowych*. IBL, Warszawa (msc).
- Bye H.R., Edvardsen Ø.M., 2004. *The use of X-ray for prediction of seed viability in cones*. The Norwegian Forest Seed Station. Poster summary for the 27. ISTA Congress in Budapest 2004 (http://www.skogfroverket.no/Web/Informasjon/Artikler/X-ray_summary.pdf).
- Fabre J-P., Auger-Rozenberg M-A., Chalon A., Boivin S., Roques A. 2004. *Competition between exotic and native insects for seed resources in trees of a Mediterranean forest ecosystem*. Biological Invasions 6: 11–22.
- Goodman R.C., Jacobs D.F., Karrfalt R.P., 2005. *Evaluating desiccation sensitivity of Quercus rubra acorns using X-ray image analysis*. Canad. J. For. Res. 35: 2823–2831.
- Gustafsson Å., Simak M., 1956. *X-ray diagnostics and seed quality in forestry*. 12th Congress IUFRO, Oxford.
- ISTA 2012. *International rules for seed testing. Międzynarodowe przepisy oceny nasion*. Polska wersja. Wydanie 2012. Wyd. IHAR, Radzików.
- Kamra S.K., 1963. *Determination of mechanical damage on Scots pine seed with X-ray contrast method*. Studia Forestalia Suecica 8: 1–20.
- Kamra S.K., 1972. *Comparative studies on germinability of Pinus silvestris and Picea abies seed by the indigo carmine and X-ray contrast methods*. Studia Forestalia Suecica 99: 1–21.
- Martín C., Martínez-Laborde J.B., Pérez C., 1998. *The use of X-ray radiography in the assessment of conserved seeds of six halophytic species of Limonium*. Journal of Arid Environments, 38: 245–253.
- Rakowski K., Jagodzińska J. 2001. *Żywotność oraz zmiany zawartości białka i hormonów (IAA, ABA) w nasionach wybranych pochodzeń sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.)*

- przechowywanych w Leśnym Banku Genów (LBG) – Kostrzyca w latach 1996–1999. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Seria A, 3, nr 921.
- Ryyänen M., 1980. *X-ray radiography of ageing Scots pine seeds*. Sil. Fenn. 14(1): 106–110.
- Salinas A.R., Craviotto R.M., Bisaro V., del Valle Gallo C., Arango M., 2012. *X-ray: characterization of Ginkgo biloba L. seeds using digital and manual measurements*. Revista Caatinga, Mossoró, 25 (3): 1–7.
- Skrzyszevska K., Chłanda J. 2009. *A study on the variation of morphological characteristics of silver fir (Abies alba Mill.) seeds and their internal structure determined by X-ray radiography in the Beskid Sądecki and Beskid Niski mountain ranges of the Carpathians (southern Poland)*. J. For. Sci. 55 (9): 403–414.
- Simak M. 1980. *X-radiography in research and testing of forest trees seeds*. Rep. 3, Department of Silviculture, Swedish University of Agricultural Science. Umea.
- Tylek P. 2003. *Efektywność podstawowych kryteriów sortowania nasion jodły pospolitej*. Acta Agrophysica, 2(4), 857–866.
- Tylek P. 2011. *Analiza cech aerodynamicznych nasion jodły pospolitej i buka zwyczajnego*. Inż. Rol. 6(131): 247–253.
- Załęski A. 2000. *Oznaczanie żywotności nasion drzew i krzewów leśnych metodami rentgenowskimi*. [W:] A. Załęski (red.) *Zasady i metodyka oceny nasion w Lasach Państwowych*. Wyd. CILP, Warszawa, 143–149.
- Załęski A., Aniśko E., Kantorowicz W. 2000. *Oznaczanie żywotności nasion drzew i krzewów metodą kiełkowania*. [W:] A. Załęski (red.) *Zasady i metodyka oceny nasion w Lasach Państwowych*. Wyd. CILP, Warszawa, 73–88.

Summary

Jacek Banach, Kinga Skrzyszewska, Dawid Sobaszek

Assessment comparison of viability of Scots pine seeds executed by X-ray and germination methods

The aim of the study was to compare of Scots pine's seeds viability by X-ray Faxitron LX-60 device and by the germination method. Research material consisted of seeds collected in the years 2007, 2008 and 2009 in one seed orchard a fourteen seed stands managed by the Regional Directorate of State Forests in Katowice and Łódź. Studies have shown that the method of X-ray has overstated evaluation of the viability compared to germination method. The average of all the samples varied at 17.5%, in the range of 7.5 to 36% (Tab. 2). Generally, the lower real vitality was established in germinate method, the difference was greater. It was dropping by an average of 1.06% for every 1% viability decreased detected by X-ray (Fig. 2). After determining the size of correction factor, which should be applied when assessing the level of viability by X-ray, it can replace traditional methods assessment. To achieve this goal, numerous studies are needed, as well as experiences that enhance the biophysical method for the viability of seeds rating (X-ray).

WPŁYW INTENSYWNOŚCI CIĘĆ NA POSTAĆ I STRUKTURĘ WYBRANYCH RÓŻNOWIEKOWYCH DRZEWOSTANÓW JODŁOWYCH W LEŚNYM ZAKŁADZIE DOŚWIADCZALNYM W KRYNICY

Jan Banaś
Stanisław Zięba
Leszek Bujoczek
Marcin Polak
Robert Zygmunt

Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie
Al. 29 Listopada 46/410, PL 31-425 Kraków
Instytut Zarządzania Zasobami Leśnymi
Zakład Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki
Leśnictwa
rlbanas@cyf-kr.edu.pl

ABSTRACT

Banaś J., Zięba S., Bujoczek L., Polak M., Zygmunt R., 2015: *Influence of felling intensity on structure of chosen uneven-aged fir stands in Forest Experimental Station in Krynica*. Acta Agr. Silv. ser. Silv. 53: 15–24.

The work presents analysis of felling intensity and its influence on stand features and DBH structure of uneven-aged fir stands. Material consist of results of measurement on 43 sample plots with area of 0.05 ha located according principles of statistical mathematical system of inventory in chosen stands of Forest Experimental Station in Krynica with total area 46.53 ha. During performed felling in period 2004–2014 about 10% of stand volume was taken. Moderate intensity of performed felling has beneficial influence on regeneration development as well as structure of stands.

KEY WORDS: felling structure, intensity of felling, DBH structure

SŁOWA KLUCZOWE: struktura cięć, intensywność cięć, rozkład pierśnic

I. WSTĘP

W modelu wielofunkcyjnego gospodarstwa leśnego szczególną rolę pełnią lasy o złożonej strukturze wiekowej i gatunkowej. Las taki łączy walory różnorodności biologicznej i utrzymania trwałości całego ekosystemu z możliwością pozyskania części surowca drzewnego w takim wymiarze, który nie ograniczy wielorakich funkcji pozaprodukcyjnych. Prowadzenie zabiegów gospodarczych w takim lesie powinno być dostosowane do jego naturalnych procesów rozwojowych (Banaś i Zięba 2012).

W badaniach postaci i rozwoju lasów różnowiekowych wyróżnia się dwa odmienne nurty. Pierwszy dotyczy poszukiwania rozkładów wzorcowych, badania rozkładów rzeczywistych i porównywania ich z różnymi typami rozkładów teoretycznych. Informacje o lesie oparte są o pomiary wykonywane

na powierzchniach próbnych z wyboru – zakładanych w sposób subiektywny w miejscu uznanym za reprezentatywne lub wzorcowe. Metoda ta stosowana jest do badania pojedynczych drzewostanów różnowiekowych (Jaworski i Skrzyszewski 1995, Jaszczak i in. 2008). Drugi, związany z rozwojem statystyczno-matematycznych metod inwentaryzacji i kontroli lasu dotyczy badania procesów rozwojowych lasu w ujęciu systemowym. Do badań wykorzystywane są pomiary, powtarzane okresowo, na wielu powierzchniach próbnych rozmieszczonych w sposób losowy (Rutkowski i in. 1972). Na rozwój lasu różnowiekowego istotny wpływ ma intensywność oraz wzajemne relacje zachodzące pomiędzy procesami: odnawiania, przeżywania i ubywania drzew (Banaś i Zięba 2001, 2002). Proces ubywania obejmuje zarówno naturalne wydzielanie się drzew, jak i ich planowe pozyskiwanie w wyniku realizacji zabiegów gospodarczych (Poznański i Banaś 2001). Ważnym czynnikiem wpływającym na trwałość lasu różnowiekowego jest zarówno ogólny rozmiar użytkowania, jak i struktura grubościowa realizowanych cięć.

Celem niniejszej pracy jest analiza wpływu intensywności cięć rębnych na podstawowe cechy taksacyjne drzewostanu: skład gatunkowy, zasobność i zagęszczenie drzew oraz strukturę pierśnic w wybranych różnowiekowych drzewostanach jodłowych LZD Krynica.

II. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania prowadzono w różnowiekowych drzewostanach jodłowych położonych w jednostkach kontrolnych: 157, 158 i 159 Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy. Wybrano drzewostany o łącznej powierzchni 46,53 ha znajdujące się w terminalnej fazie rozwoju, w których prowadzone cięcia miały charakter cięć użytkowania rębego (tab. 1).

Tabela 1 – Table 1

Charakterystyka drzewostanów objętych badaniami w LZD W Krynicy

Characteristic of chosen stands in FES in Krynica

Cecha / Feature	Rok / Year	Jednostka kontrolna / Control unit		
		157	158	159
Powierzchnia (ha) / Area	2004/2014	13,89	15,21	17,43
Liczba powierzchni próbnych / Number of sample plots	2004/2014	15	13	15
Liczba drzew (szt ha ⁻¹) / Number of trees	2004	686	673	663
	2014	610	445	550
Zasobność (m ³ ha ⁻¹) / Volume	2004	395	392	370
	2014	514	386	473
Odnowienie pokrycie powierzchni (%) / Area covered by regeneration	2004	20	30	28
	2014	30	37	35

Materiał badawczy stanowią wyniki pomiarów na 43 kontrolnych powierzchniach próbnych o wielkości 0,05 ha rozmieszczonych w węzłach siatki kwadratów o boku 100 m. Do badań wykorzystano wyniki pomiarów przeprowadzonych w okresie kontrolnym 2004–2014. Pomiary i obliczenia cech drzewostanów (zasobność, zagęszczenie drzew, przyrost bieżący miąższości) przeprowadzono zgodnie z zasadami statystyczno-matematycznego systemu inwentaryzacji i kontroli lasu (Rutkowski 1989, Banaś 2005).

W celu określenia wpływu intensywności cięć na strukturę pierśnic zestawiono zarówno rzeczywiste, jak i teoretyczne rozkłady pierśnic na początku (2004) oraz na końcu analizowanego okresu (2014). Za wzorec teoretyczny przyjęto rozkład wykładniczy Liocourta–Meyera. Badanie zgodności rozkładów rzeczywistych z rozkładem teoretycznym przeprowadzono na poziomie istotności $\alpha = 0,05$, wykorzystując w tym celu test Kołmogorowa–Smirnowa. Obliczono również następujące parametry rozkładu pierśnic (Poznański i Rutkowska 1997): wskaźnik intensywności zmniejszania się liczby drzew w stopniach grubości (a), zagęszczenia liczby drzew (k) oraz zróżnicowania struktury pierśnic (q).

Intensywność cięć (I_c) określono jako stosunek rozmiaru użytkowania (R_u) do zasobności drzewostanu na początku okresu (V_p) według wzoru:

$$I_c = \frac{R_u}{V_p} \cdot 100\% \quad (1)$$

Zredukowaną powierzchnię cięć (P_z) określono jako iloczyn powierzchni manipulacyjnej całego drzewostanu (P_m) oraz intensywności cięć (I_c) według wzoru:

$$P_z = P_m \cdot I_c \quad (2)$$

Porównano także zrealizowany rozmiar użytkowania z bieżącym przyrostem miąższości, jaki nastąpił w analizowanym 10-letnim okresie.

III. WYNIKI

Objęte badaniami drzewostany są zbliżone pod względem składu gatunkowego. We wszystkich drzewostanach dominuje jodła, której udział miąższościowy w 2004 roku wynosił od 65% (jednostka kontrolna 158) do 79% (157). Drugie miejsce zajmował buk z udziałem od 7 do 14%. Pozostałe gatunki to: świerk, jesion, jawor, modrzew, brzoza, lipa i wiąz, a ich udział nie przekraczał 10%. W wymiarze ilościowym udział jodły był niższy (od 35 do 51%). Buk i pozostałe gatunki domieszkowe na ogół występowały w niższych stopniach grubości, stąd też ich udział w wymiarze ilościowym był znacznie wyższy niż w miąższościowym

(tab. 2). Zasobność badanych drzewostanów w roku 2004 kształtowała się na zbliżonym poziomie od 370 m³ha⁻¹ (w jednostce kontrolnej 159) do 395 m³ha⁻¹ (157). Podobne było również zagęszczenie drzew, które wynosiło od 663 szt. ha⁻¹ do 686 szt. ha⁻¹. Odnowienie podokapowe pokrywało od 20 do 30% powierzchni drzewostanów. Gatunkiem dominującym w warstwie odnowienia i drzew była jodła. Struktura pierśnic we wszystkich drzewostanach przyjmowała postać jednobocznego rozkładu wykładniczego (ryc. 1), przy czym w jednostce kontrolnej 159 rozkład rzeczywisty był zgodny z rozkładem teoretycznym, natomiast w jednostkach 157 i 158 rozkłady empiryczne różniły się istotnie od przyjętego rozkładu wzorcowego Liocourta–Meyera (tab. 4). Przyrost bieżący miąższości w analizowanym okresie wynosił od 11,76 m³ha⁻¹rok⁻¹ w jednostce kontrolnej 158 do 15,95 m³ha⁻¹rok⁻¹ w jednostce 157.

Tabela 2 – Table 2

Skład gatunkowy wybranych drzewostanów w LZD w Krynicy w latach 2004–2014

Species composition in chosen stands FES in Krynica in years 2004–2014

Jednostka kontrolna / Control Unit	*)	2004	2014
157	<i>i</i>	51Jd, 19Bk, 15Św, 11Js, 2Jw, 2Wz, sprIwa	62Jd, 19Bk, 9Św, 9Js, 1Jw, 1Wz
	<i>m</i>	79Jd, 9Bk, 7Św, 4Js, 1Jw, sprWz, Iwa	85Jd, 7Bk, 4Św, 3Js, 1Jw, sprWz
158	<i>i</i>	35Jd, 23Bk, 16Jw, 14Św, 4Md, 3Ol, 2Js, 2Lp, 1Iwa	41Jd, 26Bk, 16Jw, 7Św, 4Md, 2Lp, 1Js, 1Ol
	<i>m</i>	65Jd, 10Św, 7Md, 7Bk, 6Jw, 2Js, 1Ol, 1Lp, 1Iwa	71Jd, 9Bk, 8Md, 7Jw, 2Św, 1Js, 1Lp, 1Iwa
159	<i>i</i>	43Jd, 28Bk, 13Js, 10Św, 3Jw, 2Brz, 1Md, sprOs	49Jd, 32Bk, 7Js, 6Św, 4Jw, 1Brz, 1Md
	<i>m</i>	72Jd, 14Bk, 6Js, 3Św, 2Brz, 2Jw, 1Md, 1Os	79Jd, 14Bk, 3Js, 2Jw, 1Brz, 1Os

*) *i* – wymiar ilościowy, *m* – wymiar miąższościowy, spr – udział poniżej 19

Objaśnienia w tabeli/ Table explanation:

i – according to number of trees; *m* – according to volume, spr – share below 19
 Jd – jodła/fir; Bk – buk/beech; Św – świerk/spruce; Js – jesion/ash; Jw – jawor/sycamore;
 Wz – wiaź/elm; Iwa – iwa/goat willow; Brz – brzoza/birch; Md – modrzew/larch;
 Ol – olsza/alder; Lp – lipa/linden; Os – osika/aspens.

W 10-letnim okresie gospodarczym (2004–2014) w badanych drzewostanach wykonano cięcia rębne w następującym rozmiarze: 33,78 m³ha⁻¹ (w jednostce kontrolnej 157), 35,36 m³ha⁻¹ (w jednostce kontrolnej 159) oraz 48,21 m³ha⁻¹ (w jednostce kontrolnej 158). Zredukowana powierzchnia cięć wynosiła od 1,19 ha w jednostce 157 do 1,87 ha w jednostce 158. Intensywność cięć określająca, jaka część zasobności początkowej (w 2004 roku) została pozyskana, wynosiła odpowiednio: 8,6% w jednostce kontrolnej 157; 9,6% w 159 oraz 12,3%

Tabela 3 – Table 3

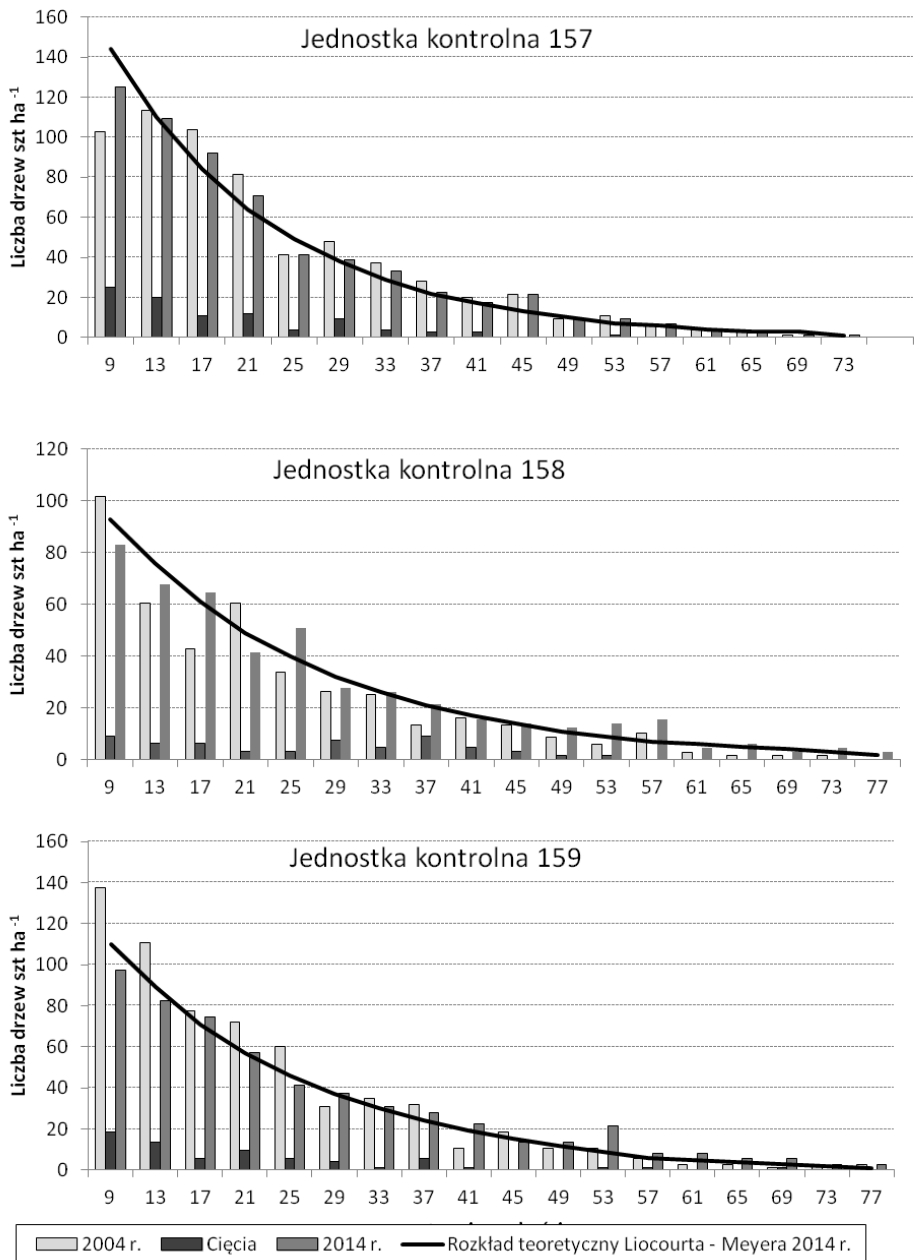
Wielkość przyrostu i dorostu oraz rozmiar cięć w wybranych drzewostanach w LZD w Krynicy w okresie 2004–2014

Volume increment, ingrowth and amount of felling in chosen stands FES in Krynica in years 2004–2014

Cecha / Feature		Jednostka kontrolna / Control unit		
		157	158	159
Przyrost miąższości / Volume increment	m ³ ha ⁻¹ (10 lat)	159,5	117,6	141,9
Dorost / Ingrowth	szt. ha ⁻¹ (10 lat)	92	42	69
Rozmiar cięć / Amount of felling	m ³	469	733	616
	m ³ ha ⁻¹	33,78	48,21	35,36
Intensywność cięć / Felling intensity	%	8,6	12,3	9,6
Zredukowana powierzchnia cięć / Reduced area of felling	ha	1,19	1,87	1,67

w 158. Rozmiar zrealizowanych cięć rębnych w porównaniu do bieżącego przyrostu miąższości, jaki nastąpił w okresie 2004–2014, stanowił odpowiednio od 21% przyrostu miąższości w jednostce kontrolnej 157 do 41% w 158 (tab. 3). Struktura grubościowa cięć była zróżnicowana. Cięciami objęto szeroki zakres pierśnic od 7 do 55 cm, przy czym najbardziej intensywne cięcia prowadzono w środkowych stopniach grubości (od 27 do 42 cm). Nie pozyskiwano natomiast drzew w najwyższych stopniach – o pierśnicy powyżej 55 cm. Prowadzone cięcia wywarły istotny wpływ na rozkład pierśnic. We wszystkich drzewostanach zmniejszyło się zagęszczenie drzew w stopniach grubości, o czym świadczy spadek zarówno wskaźnika *a* – intensywności zmniejszania się liczby drzew, jak i wskaźnika *k* – zagęszczenia drzew w stopniach grubości (tab. 4). Wzrostowi uległ natomiast wskaźnik *q* – zróżnicowania struktury pierśnic, przy czym największe zmiany tego wskaźnika z poziomu 0,767 (w 2004 roku) do 0,802 (w 2014 roku) miały miejsce w jednostce kontrolnej 159. Realizacja cięć w szerokim zakresie pierśnic z kulminacją w środkowych stopniach grubości spowodowała „obniżenie” rozkładu pierśnic i jego przesunięcie „na prawo” w kierunku wyższych stopni. Na koniec okresu gospodarczego rzeczywiste rozkłady pierśnic w objętych badaniami drzewostanach nie różniły się istotnie od rozkładu teoretycznego Liocourta–Meyera. W roku 2014 pomimo zachodzącego procesu dorastania drzew z warstwy podrostu nastąpił spadek średniej liczby drzew na 1 ha, przy czym najbardziej (z 673 do 445 szt.ha⁻¹) zmniejszyło się zagęszczenie drzew w jednostce kontrolnej 158. Przeciętna pierśnica wzrosła w jednostkach 158 i 159, natomiast w jednostce 157 uległa niewielkiemu obniżeniu (tab. 4), co było między innymi efektem intensywnego dorostu (92 szt. ha⁻¹ i 10 lat) z warstwy podrostu do piętra drzew.

W ciągu 10-letniego okresu gospodarczego pomimo prowadzonych cięć we wszystkich drzewostanach przeważał proces przyrastania i dorastania nad procesem ubywania (cięcia i ubytki naturalne), w rezultacie czego nastąpił wzrost leśnego zapasu produkcyjnego. Wzrósł również udział jodły w składzie gatunkowym zarówno w wymiarze ilościowym, jak i miąższościowym.



Ryc. 1. Rozkłady pierśnic oraz struktura cięć w wybranych drzewostanach LZD w Krywnicy w latach 2004–2014/

Fig 1. Structure of DBH and felling structure in chosen stands of FES in Krywnica in years 2004–2014.

Tabela 4 – Table 4

Parametry rozkładu pierśnic w wybranych drzewostanach w LZD w Krynicy w latach 2004–2014
Parameters of DBH distribution in chosen stands of FES in Krynica in years 2004–2014.

Wskaźnik / Index	Rok	Jednostka kontrolna / Control unit		
		157	158	159
Zmniejszania liczby drzew (<i>a</i>) / Decreasing of trees number	2004	0,062	0,066	0,066
	2014	0,057	0,064	0,055
Zagęszczenia drzew (<i>k</i>) / Density of trees	2004	0,096	0,105	0,107
	2014	0,086	0,102	0,083
Zróżnicowania struktury (<i>q</i>) / Structure diversity	2004	0,782	0,769	0,767
	2014	0,797	0,774	0,802
Statystyka Kołmogorowa–Smirnowa*) / Kolmogorow–Smirnow statistic	2004	1,649 ⁻⁾	1,416 ⁻⁾	0,792 ⁺⁾
	2014	0,826 ⁺⁾	0,895 ⁺⁾	0,892 ⁺⁾
Przeciętna pierśnica (cm) / Mean DBH	2004	22,6	22,63	22,15
	2014	21,9	25,8	25,27

*) ⁺⁾ oznacza że rozkład rzeczywisty nie różni się istotnie od teoretycznego;
⁻⁾ rozkład rzeczywisty różni się istotnie od rozkładu teoretycznego

*) ⁺⁾ real distribution do not differ significantly from theoretical
⁻⁾ real distribution vary significantly from theoretical

IV. DYSKUSJA

W pracy analizowano wpływ intensywności cięć na kształtowanie struktury pierśnic w drzewostanach jodłowych znajdujących się w terminalnej fazie rozwoju. Poznański (2008) zwraca uwagę, że rozmiar cięć w drzewostanach fazy terminalnej powinien być uzależniony od stadium rozwojowego tej fazy. Autor ten wyróżnia przy tym następujące stadia rozwoju: (1) terminalne właściwe, (2) rozwojowe, (3) przejściowe, (4) odnowieniowe, proponując jednocześnie właściwy dla danego stadium kierunek rozwoju zasobów drzewnych. Objęte badaniami drzewostany w poprzednim okresie gospodarczym znajdowały się w stadium rozwojowym fazy terminalnej (Banaś 2002), natomiast w okresie 2004–2014 były w stadium fazy terminalnej właściwej, na co wskazują wartości wskaźnika zróżnicowania struktury pierśnic zawierające się w przedziale od 0,75 do 0,81. W drzewostanach znajdujących się w stadium fazy terminalnej właściwej proponuje się rozmiar użytkowania odpowiadający wielkości przyrostu bieżącego. W analizowanych drzewostanach rozmiar użytkowania był znacznie niższy: od 20 do 40% przyrostu, co wpłynęło na wzrost zasobności tych drzewostanów. Przedstawiona przez Poznańskiego (2000) metoda określania grubościowej struktury cięć w lasach różnowiekowych zakłada utrzymanie lub kształtowanie struktury pierśnic według proponowanego wzorca teoretycznego Liocourta–Meyera. Cięciami powinno się objąć te stopnie grubości, w których w rzeczywistości występuje więcej drzew niż według rozkładu przyjętego

za wzorzec. W badanych drzewostanach cięcia prowadzono w szerokim zakresie niższych i średnich stopni grubości, również w tych stopniach, gdzie rzeczywista liczba drzew była niższa od przyjętego rozkładu wzorcowego. Ocena rozkładu pierśnic oraz wskaźników zróżnicowania struktury na koniec okresu gospodarczego wskazują, że struktura grubościowa wykonanych cięć korzystnie wpłynęła na strukturę badanych drzewostanów. W lasach różnowiekowych teoretyczne rozkłady pierśnic (podobnie jak model lasu normalnego w gospodarstwach zrębowych) powinny być interpretowane i przyjmowane jako ogólny wzorzec, a nie obligatoryjna norma rozkładu drzew we wszystkich stopniach grubości.

Prowadzone przez Przybylską (1994) oraz Przybylską i Ziębę (2003) badania wpływu cięć na strukturę pierśnic potwierdzają uzyskane w niniejszej pracy wyniki, że niezbyt intensywne cięcia mają korzystny wpływ na strukturę pierśnic, natomiast cięcia rębne o dużej intensywności wywierają długotrwały niekorzystny wpływ na strukturę drzewostanów jodłowych.

V. WNIOSKI

1. Przy wyznaczaniu grubościowej struktury cięć w lasach różnowiekowych teoretyczne rozkłady pierśnic powinny pełnić rolę ogólnego wzorca porównawczego. Doprowadzenie rozkładu drzew we wszystkich stopniach grubości do zgodności z rozkładem modelowym nie powinno być celem obligatoryjnym.
2. Intensywność cięć w znacznej mierze powinna wynikać ze stanu i potrzeb odnowienia podokapowego. W badanych drzewostanach odnowienie na początku okresu występowało na 20–30% powierzchni, natomiast pod koniec okresu powierzchnia odnowiona wzrosła o 7–10%.
3. W różnowiekowych drzewostanach jodłowych cięcia o umiarkowanej intensywności, prowadzone w szerokim zakresie stopni grubości, korzystnie wpływają na strukturę pierśnic.
4. Statystyczno-matematyczny system inwentaryzacji lasu umożliwia okresową ocenę wpływu cięć na postać i strukturę drzewostanów różnowiekowych oraz pozwala kontrolować relacje pomiędzy procesami przeżywania, odnawiania i ubywania w dłuższym przedziale czasu obejmującym kilka okresów gospodarczych.

LITERATURA

- Banaś J. 2002. *Dynamika zmian struktury pierśnic w stadiach rozwojowych różnowiekowego lasu jodłowego*. Sylwan 9: 81–91.
- Banaś J. 2005. *Drzewostanowa metoda inwentaryzacji i kontroli lasów różnowiekowych*. Sylwan 11: 18–24.

- Banaś J., Zięba S. 2001. *Procesy rozwoju lasu różnowiekowego*. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu – CCCXXXI, 39: 11–15.
- Banaś J., Zięba S. 2002. *Przestrzenna i czasowa zmienność procesów rozwoju różnowiekowych lasów jodłowych w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy*. Sylwan 11: 89–101.
- Banaś J., Zięba S. 2012. *Wstępne wyniki wdrożenia systemu planowania i gospodarowania w lasach górskich*. Roczn. Bieszcz. 20: 28–43.
- Jaszczak R., Magnuski K., Małys L., 2008. *Wzrost jodły (Abies alba Mill.) rosnącej w rzędach i grupach po całkowitym uprzątnięciu przebudowywanego negatywnego drzewostanu sosnowego (Pinus sylvestris L.)*. Sylwan 152 (12): 3–8
- Jaworski A., Skrzyszewski J. 1995. *Budowa, struktura i dynamika drzewostanów dolnoreglo- wych o charakterze pierwotnym w rezerwacie Łopuszna*. Acta Agr et Silv. Ser. Silv. vol. 33: 3–35.
- Poznański R. 2000. *Metoda określania grubościowej struktury cięć w lasach różnowiekowych*. Sylwan 11: 23–32.
- Poznański R. 2008. *Cechy i wskaźniki zróżnicowania lasów różnowiekowych w różnych stadiach rozwoju*. Sylwan 9: 21–30.
- Poznański R., Rutkowska L. 1997. *Wskaźniki zróżnicowania struktury rozkładu pierśnic*. Sylwan 12: 5–13.
- Poznański R., Banaś J. 2001. *Ocena procesów odnawiania, przeżywania i ubywania w lasach o zróżnicowanej strukturze*. Acta Agr et Silv. Ser. Silv. vol. 39: 183–194.
- Przybylska K. 1994. *Wpływ intensywności cięć rębnych na kształtowanie struktury lasu jodłowego w obiekcie doświadczalnym LZD Krynica*. Sylwan 12: 49–57.
- Przybylska K., Zięba S. 2003. *Rezultaty wdrożenia rębni stopniowej udoskonalonej w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy*. Sylwan 2: 20–27.
- Rutkowski B., Poznański R., Przybylska K., 1972. *Wstępne wyniki zastosowania kontrolnego, statystyczno-matematycznego sposobu inwentaryzacji w rezerwacie Turbacz im. W. Orkana w Gorcach*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Leśnictwo 7: 45–65.
- Rutkowski B. 1989. *Urządzanie lasu*. Część I. wyd. AR, Kraków.

Summary

Jan Banaś, Stanisław Zięba, Leszek Bujoczek, Marcin Polak, Robert Zygmunt

Influence of felling intensity on structure of chosen uneven-aged fir stands in Forest Experimental Station in Krynica

The work presents analysis of felling intensity and its influence on stand features and DBH structure of uneven-aged fir stands. Material consist of results of measurement on 43 sample plots with area of 0.05 ha located according principles of statistical mathematical system of inventory in chosen stands of Forest Experimental Station in Krynica with total area 46.53 ha (tab. 1). Stands volume in the beginning period varied from 370 to 395 m³ha⁻¹ and volume increment was between 11.76 and 15.95 m³ha⁻¹year⁻¹ (tab. 3). During felling performed in period 2004–2014 about 10% of stand volume was taken. The most intensive felling were carried out in diameter classes from 27 to 42 cm (fig. 1). Moderate intensity of performed felling has beneficial influence on regeneration development (tab. 1) as well as structure of stands (tab. 4).

GOSPODARKA WODNA SADZONEK SOSNY POSPOLITEJ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) PRODUKOWANEJ W TECHNOLOGII KONTENEROWEJ

Grzegorz Durło
Krystyna Jagiełło-Leńczuk
Jacek Banach
Mariusz Kormanek
Stanisław Małek
Katarzyna Dudek
Józef Barszcz
Iwona Skowrońska

Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie
Al. 29 Listopada 46, PL 31-425 Kraków
Instytut Ochrony Ekosystemów Leśnych
Instytut Ekologii i Hodowli Lasu
Instytut Użytkowania Lasu i Techniki Leśnej
Instytut Ekologii i Hodowli Lasu

ABSTRACT

Durło G., Jagiełło-Leńczuk K., Banach J., Kormanek M., Małek S., Dudek K., Barszcz J., Skowrońska I., 2015. *Water management of Scotch pine seedlings (*Pinus sylvestris* L.) produced in the container technology.* Acta Agr. Silv. ser. Silv. 53: 25–35.

During the growing seasons 2014 and 2015 the water balance in crop growth field for Scotch pine, was analyzed. The experiment was conducted at the container nursery in Rudy Raciborskie Forest District, Poland. The water was supplied by natural rainfall and by small-droplet irrigation BCC AB system (Sweden). Two automatic weather stations and 8 rain collectors was used in this research. At the 25 cm above the metal pallets and 10 cm below the nursery containers rain gauges were located. Observations were conducted from May 10 to October 30 (2014 and 2015). The average 1050 mm·m⁻² of water fell to production fields, of which 68% came from irrigation system. By using the irrigation system 78.5 thousand liters of water (average) per one are (100 m²) of the season was given. Average sum of evapotranspiration at the container nursery was 525 mm·m⁻² in growing season. The amount of water percolating through the substrate was approximately 50–55% of the liquid supplied by rainfall and irrigation system together. Unfavorable weather conditions during the growing season (drought, high temperature, vapour pressure deficit) can increase water consumption by up to 25% compared to planned.

KEY WORDS: container nursery, Scotch pine, water balance

SŁOWA KLUCZOWE: szkółka kontenerowa, sosna pospolita, bilans wodny

I. WSTĘP

Wzrost zapotrzebowania na materiał szkółkarski przeznaczony do odnowień i zalesień, szczególnie na terenach, gdzie panują trudne warunki glebowo-siedliskowe lub niekorzystne warunki klimatyczne, powoduje coraz większe zainteresowanie kontenerową technologią produkcji sadzonek. Na sytuację tę wpływają

również częste w ostatnich latach zjawiska kłęskowe związane z wystąpieniem ekstremalnych warunków pogodowych. Wymagania dotyczące wysokiej jakości materiału sadzeniowego stanowią podstawę badań w zakresie optymalizacji produkcji szkółkarskiej i poszukiwania rozwiązań zwiększenia jej efektywności (McDonald 1984, Fare i in. 1992, Szabla 2009, Warsaw 2009).

Systemy osłony meteorologicznej gospodarstw szkółkarskich skupiają się przede wszystkim na problemach związanych z gospodarką wodną. Dotyczy to nie tylko produkcji materiału sadzeniowego w krajach śródziemnomorskich Europy, ale także krajów centralnej i zachodniej części kontynentu, których zasoby wody jeszcze do niedawna znakomicie zaspokajały wymagania roślin produkowanych na tym obszarze. Od kilkunastu lat problemy z wodą dotyczą niektórych rejonów Czech, Niemiec, Francji oraz Polski, które wskutek zmian klimatu wysuwają się na pierwsze miejsce, jeśli chodzi o strategię gospodarowania i hodowlę sadzonek drzew leśnych na dużą skalę (Warren i Bilderback 2004, Durło i in. 2012).

Do podstawowych czynników decydujących o konieczności nawadniania roślin należą warunki atmosferyczne oraz technologia produkcji. W warunkach sztucznych, tj. namiotach, szklarniach, tunelach foliowych, zabieg ten jest niezbędny – w odróżnieniu od hodowli na otwartej przestrzeni, gdzie przy częstych opadach deszczu możliwa jest nawet produkcja bez dodatkowego nawadniania. Jakość wyhodowanych sadzonek jest jednak ściśle uzależniona od bilansu wodnego w trakcie wegetacji, dlatego tak ważna jest stała kontrola tego czynnika. Gospodarka wodna na polach produkcyjnych w systemie kontenerowym decyduje o wzroście i rozwoju hodowanych sadzonek, ich aktywności fizjologicznej, skuteczności nawożenia, ponadto wpływa na cechy fizyczne substratu (Day 1980, McDonald 1984, Prévost i in. 1989, Benson i Knox 1991, Goodwin i in. 2003). Zasada racjonalnej gospodarki wodnej uwzględnia stały dostęp do wilgoci hodowanym sadzonkom, również wówczas gdy warunki atmosferyczne nie sprzyjają utrzymaniu jej na wymaganym poziomie. Konieczność stałej kontroli wilgotności na polach produkcyjnych w systemie kontenerowym jest najważniejszym czynnikiem regulującym proces produkcji. Kontenery szkółkarskie ustawione na stelażach wypełnione są niewielką ilością substratu, charakteryzującego się dużą pojemnością powietrzną oraz niską kapilarną pojemnością wodną. Zmusza to do częstego zraszania, w celu zrekompensowania niewielkiej retencji podłoża, przy jednocześnie znacznym zapotrzebowaniu roślin na wodę (Aston 1979, McDonald 1984, Lamack i Niemiera 1993, Szabla i Pabian 2003, Cameron i in. 2004, Warsaw 2009).

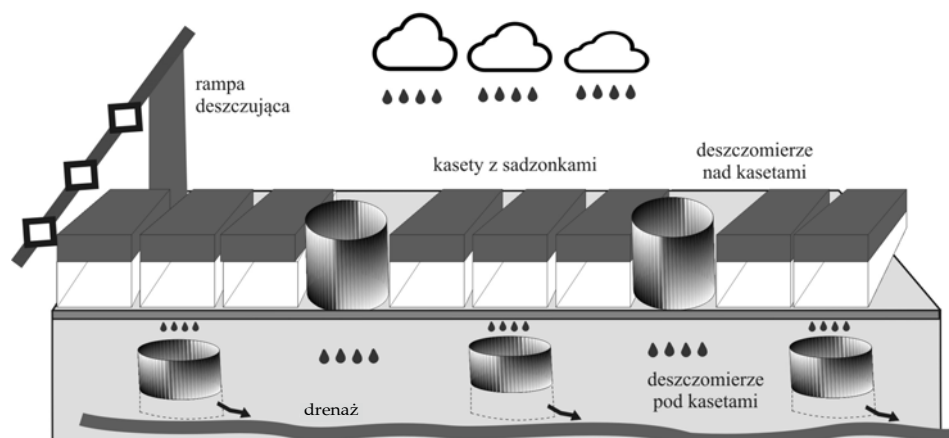
Niekorzystny wpływ czynników abiotycznych na rośliny oraz zmniejszenie się potencjału fitoklimatycznego w niektórych rejonach Europy, w tym Polski, stanowi nowe wyzwanie dla leśników zarówno w zakresie optymalizacji postępowania hodowlanego, jak i przygotowania odpowiedniej infrastruktury osłonowej na leśnych szkółkach kontenerowych.

Celem pracy była ocena gospodarowania zasobami wodnymi na szkółce kontenerowej Nędza w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie w latach 2014 i 2015, które charakteryzowały się odmiennymi warunkami pogodowymi. Rok 2014

był mokry i chłodny (140% normy), natomiast 2015 bardzo suchy i gorący (56% normy). Hipoteza badawcza zakładała, że możliwa będzie optymalizacja zużycia wody w procesie produkcji materiału szkółkarskiego w technologii kontenerowej na podstawie stałej kontroli bilansu wodnego na polach produkcyjnych.

II. MATERIAŁ I METODYKA

Badania gospodarki wodnej przeprowadzono na polu produkcyjnym z sosną zwyczajną (*Pinus sylvestris* L.), produkowaną w technologii kontenerowej w Gospodarstwie Szkółkarskim Nędza w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie (RDLP Katowice). Badania wykonano w okresie od 10 maja do 30 października 2014 i w 2015 r. Wykorzystano w nich system pomiarowy składający się z 2 radiotelemetrycznych stacji meteorologicznych VP2PLUS firmy *Davis Instruments* oraz 8 deszczomierzy typu IM7857M. Deszczomierze umieszczono nad kontenerami szkółkarskimi i pod nimi (po 4 szt.) i połączono z radiowymi transmiterami typu ATK6332 firmy *Davis Instruments*. Takie ustawienie deszczomierzy zapewniało uzyskanie informacji o retencji wody w warstwie roślin i substracie torfowym w trakcie opadu. Powierzchnia doświadczalna z sadzonkami sosny znajdowała się w obrębie pola nr 4 (północno-zachodnia część gospodarstwa) w zasięgu rampy deszczującej typu HAB T-1 firmy BCC AB i wynosiła 100 m², co stanowiło 4,4% powierzchni pola produkcyjnego. Deszczomierze rozmieszczono w odległości około 0,5 metra od krawędzi pola, tak aby znalazły się w zasięgu dysz zraszających. Odpływ wody opadowej z kolektorów zainstalowanych w zagłębieniach pod kontenerami odbywał się systemem drenażu ułożonego



Ryc. 1. Schemat doświadczenia polowego z wykorzystaniem deszczowni BCC oraz kolektorów opadowych na polu produkcyjnym sosny produkowanej w technologii kontenerowej na szkółce leśnej w Nędzy w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie

Fig. 1. The scheme of the field experience using rain collectors and BCC irrigation system on production fields of Scotch pine at the Nędza container nursery in Rudy Raciborskie Forest Inspectorate

w podłożu żwirowym (ryc. 1). Wyznaczono następujące parametry: sumę opadu, wskaźnik gęstości opadu (mm) Sucheckiego (Czarnowski 1978), termin rozpoczęcia i zakończenia opadu, liczbę dni z opadem, obfitość nawadniania (m^3) jako całkowitą objętość cieczy podawanej z lancy w danym miesiącu przez liczbę dni z nawadnianiem w tym samym okresie oraz sumę opadu pochodzącą z deszczowni. Tę ostatnią wyznaczono na podstawie różnicy między sumą opadu na stacji pomiarowej poza obszarem pola produkcyjnego oraz wskazaniami deszczomierzy w obrębie pola. W trakcie dni z opadem atmosferycznym, w których prowadzono nawadnianie, identyfikacja pochodzenia cieczy oparta była na wskazaniach czujnika zwilżenia liścia LWS6420 firmy *Davis Instruments*, zamontowanego w obrębie kaset z sadzonkami. Interwał pomiarowy wynosił 10 minut, jednostka archiwum 14 dni, liczba danych 4460 / deszczomierz / miesiąc. Łącznie na polu zgromadzono 201 600 danych w ciągu całego sezonu pomiarowego. Wielkość korekty ilości wody docierającej do powierzchni substratu oraz wielkość przesiąku wyznaczono przez porównanie wyników z następujących urządzeń: jednego kolektora poza polem produkcyjnym (stacja meteorologiczna), 4 kolektorów na polu usytuowanych 30 cm powyżej krawędzi kasety oraz 4 kolektorów znajdujących się 10 cm poniżej dolnej krawędzi cel kontenerów wypełnionych substratem (ryc. 1). Całkowity bilans wodny obliczono przez porównanie ilości wody w układzie (roślina + substrat) oraz stratach wynikających z parowania. Wielkość ewapotranspiracji obliczono zgodnie formułą stosowaną w programie CIMIS, opublikowaną przez California Department of Water Resources (Snyder i Pruitt 1992):

$$ET_o = W \cdot \frac{R_n}{\lambda} + (1 - W) \cdot (e_a - e_d) \cdot F$$

gdzie:

ET_o – suma godzinowa ewapotranspiracji potencjalnej ($mm \cdot m^{-2}$)

W – współczynnik wagowy wyrażający względny udział czynnika radiacyjnego

e_a – maksymalne ciśnienie pary wodnej (kPa)

R_n – średnia godzinowa wartość promieniowania słonecznego netto ($W \cdot m^{-2}$)

λ – ciepło utajone parowania

e_d – aktualne ciśnienie pary wodnej (kPa)

F – funkcja prędkości wiatru opisująca przebieg procesu parowania, obliczana osobno dla dnia i nocy.

Szczegółowe obliczenia prowadzono dla okresu od 10 maja 2014 r. (2015 r.) do 30 października 2014 r. (2015 r.). Datę rozpoczęcia badań wyznaczał dzień przeniesienia kontenerów z sadzonkami sosny na zewnętrzne pola produkcyjne z hali wegetacyjnej, w której odbywał się pierwszy etap hodowli po wysiewie nasion (ok. 4–5 tygodni).

III. WYNIKI

Suma opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym 2014 r. wyniosła 458 mm, tj. 39% więcej od średniej wieloletniej dla tego obszaru (1981–2010), natomiast w 2015 r. jedynie 183 mm, co stanowiło zaledwie 56% normy. W roku 2014 najwyższą sumę miesięczną (110,5 mm) zanotowano w sierpniu, a w tym samym miesiącu rok później jedynie 5,2 mm. Liczba dni z opadem w okresie wegetacyjnym 2014 r. wyniosła 121 – z rekordowo wysokimi notowaniami w sierpniu oraz wrześniu. W 2015 r. wskaźnik ten był niemal o połowę mniejszy i wynosił tylko 65 dni. Gęstość opadu w 2014 r. wyniosła 4,3, z kolei w 2015 r. zaledwie 2,5 (tab. 1). Wyniki te wskazują na zdecydowanie odmienne warunki wilgotnościowe panujące w analizowanych sezonach wegetacyjnych. W obu przypadkach zraszanie na polach produkcyjnych rozpoczynano przeciętnie w połowie maja, a kończono w ostatniej dekadzie października. Liczba dni, w których prowadzono nawadnianie, wyniosła 78 w 2014 r. oraz 105 rok później. Wskaźnik obfitości nawadniania wynosił odpowiednio 0,86 m³ w 2014 r. oraz 0,93 m³ w 2015 r. (tab. 2).

Tabela 1 – Table 1

Miesięczne indeksy opadowe (mm) na szkółce Nędza w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie, okres wegetacyjny 2014 i 2015

Monthly pluvial indices (mm) on the Nędza container nursery in Rudy Raciborskie Forest Inspectorate, vegetation seasons 2014 and 2015

Miesiąc Month	Suma opadu (mm) Rainfall sum (mm)		Liczba dni z opadem Number of days with precipitation		Gęstość opadu (mm) Rainfall abundance (mm)	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015
V	121,6	56,8	18	17	6,76	3,34
VI	101,9	29,8	15	8	6,79	3,72
VII	100,6	42,2	15	15	6,71	3,24
VIII	110,8	5,2	26	5	4,26	1,04
IX	18,5	27,5	26	15	0,71	1,81
X	4,3	21,5	15	9	0,22	2,40

Maksymalna suma wody, którą dostarczono w ciągu doby za pomocą deszczownicy wyniosła 26 mm · m⁻². Suma strat wody w okresie wegetacyjnym wynikająca z procesu ewapotranspiracji wyniosła 481 mm z m² w 2014 r. i 508 mm w 2015 r. Najwyższe straty na parowaniu zanotowano w czerwcu 2014 r. i lipcu 2015 r., a najwyższe dobowe sumy ewapotranspiracji sięgały 8 mm, średnio 2,9 mm. Przeciętna ilość wody przechwycona pod kontenerami z sadzonkami sosny zwyczajnej wyniosła 635 litrów na m² w 2014 r. oraz 548 litrów w 2015 r. W skali dobowej wielkość przesiąku wahała się od 1,8 do nawet 4,2 mm na m². W ciągu doby wielkość przechwyconej wody pod kontenerami wyniosła przeciętnie 3,6 mm z m² w 2014 r. oraz 3,1 mm w 2015 r. (tab. 3).

Tabela 2 – Table 2

Miesięczne wskaźniki nawadniania (m³/ar) na polu z sosną w szkółce Nędza w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie, okres wegetacyjny 2014 i 2015

The monthly irrigation factors (m³/ar) on the field with Scotch pine on the Nędza container nursery in Rudy Raciborskie Forest Inspectorate, vegetation seasons 2014 and 2015

Miesiąc Months	Objętość wody (m ³) Water volume (m ³)		Liczba dni z nawadnianiem (dni) Number of days with irrigation (days)		Obfitość nawadniania (m ³) Irrigation abundance (m ³)	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015
V ¹	4,72	5,17	4	5	1,18	1,03
VI	3,34	14,1	12	21	0,27	0,67
VII	12,8	23,1	13	23	0,98	1,00
VIII	16,2	24,6	12	26	1,34	0,95
IX	12,4	10,1	15	14	0,82	0,72
X	11,4	13,8	19	11	0,60	1,25

¹ od 10 maja (from May 10)

Tabela 3 – Table 3

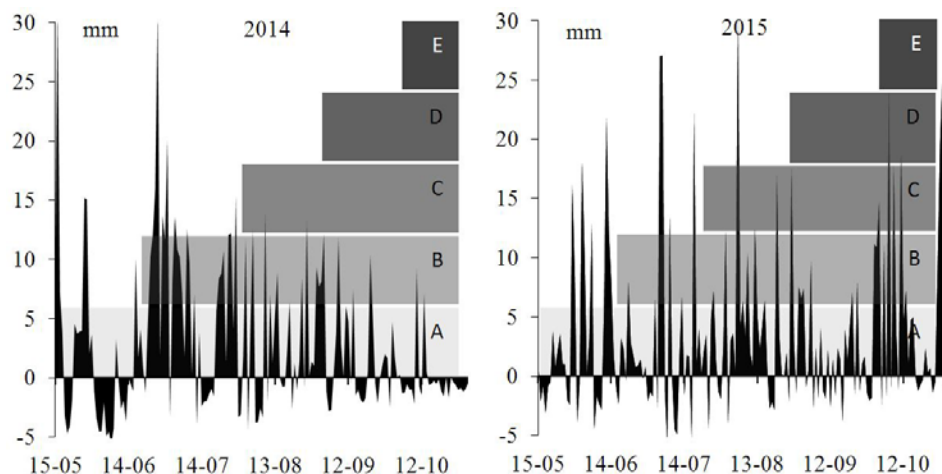
Wskaźniki gospodarki wodnej (mm) na polu produkcyjnym sosny pospolitej na szkółce w Nędzy, w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie, sezony 2014 oraz 2015

Water management indices (mm) on the fields with Scotch pine on the Nędza container nursery in Rudy Raciborskie Forest Inspectorate, season 2014 and 2015

Sezon Season	Opad Stacja (mm) Rainfall Station (mm)	Opad Pole (mm) Rainfall Field (mm)	Woda Lanca (mm) Irrigation water (mm)	Przeziąk (mm) Percolation (mm)	Suma ET _o (mm) Sum of eva- potranspira- tion (mm)	Bilans Stacja (mm) Water balance Station (mm)	Bilans Pole (mm) Water balance Field (mm)
2014	458	1030	572	635	581	-123,0	+449
2015	183	1087	904	548	508	-325,0	+579

Skumulowane wartości opadu atmosferycznego oraz parowania wskazały, że niemal przez cały okres wegetacyjny przeważała strata, która najwyraźniej zaznaczyła się w 2015 r. Wykorzystanie deszczowni pozwoliło zrekompensować deficyt wodny, ale w bardzo krótkim okresie – maksymalnie 1–2 dni. Potencjalna liczba dni z ujemnym bilansem wodnym w trakcie sezonu wegetacyjnego wyniosła 119 w 2014 r. (60% wszystkich dni), a po uwzględnieniu deszczowania jedynie 78 (34%). W 2015 r. potencjalne było 142 dni z deficytem (82%), których liczba po deszczowaniu zmniejszyła się do poziomu 64, co stanowiło zaledwie 37%. Prawdopodobieństwo wystąpienia deficytu w obrębie pól produkcyjnych zmniejszało się zatem o blisko 2/3 po zastosowaniu sztucznego nawadniania.

Aby utrzymać bilans wodny na korzystnym i bezpiecznym poziomie, wskazane jest utrzymywanie nadwyżki wody na poziomie ok. 6 litrów na m² na dobę (ryc. 2).



Ryc. 2. Średnia ruchoma (2 okresy) dobowej nadwyżki bilansu wodnego (mm) na polu produkcyjnym sosny pospolitej na szkółce Nędza w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie w latach 2014 i 2015 (A – norma, B – 100% nadwyżka, C – 200% nadwyżka, D – 300% nadwyżka; E – 400% nadwyżka)

Fig. 2. The daily surplus of water balance (mm) with 2 steps moving average on production fields of Scotch pine at the Nędza container nursery in Rudy Raciborskie Forest Inspectorate, during the years 2014, 2015 (A – norm, B – 100% surplus, C – 200% surplus, C – 300% surplus, D – 400% surplus)

IV. DYSKUSJA

Okresowa weryfikacja postępów w hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym z wykorzystaniem stałej analizy bilansu wodnego jest stosunkowo mało znana i jak dotąd rzadko stosowana. Znajomość objętości wody zużytej w deszczowniach jest najczęściej niewystarczająca, co potwierdzają doświadczenia krajowe i międzynarodowe. Brak informacji na temat parowania, intercepcji oraz ilości wody odpływającej z powierzchni produkcyjnej powoduje, że w wielu przypadkach zużycie wody jest znacznie większe niż potrzeby roślin (Beeson i in. 2004, Warren i Bilderback 2004, Treder 2007, Warsaw 2009, Marosz 2013). Szkółkarze bazując na swoim doświadczeniu przyznają, że stopień optymalnego wykorzystania zasobów wodnych podczas produkcji sadzonek dalekie jest od ideału. Badania prowadzone w ostatnich latach wskazują, że w dużej liczbie szkółek kontenerowych, także leśnych, stosuje się tylko glebowe kryterium nawadniania, które niestety bywa zawodne (Warren i Bilderback 2004, Marosz 2013). Wykorzystanie kryteriów klimatycznych oraz roślinnych wymaga dużych nakładów, a przede wszystkim gruntownej wiedzy z zakresu biologii oraz fizjologii roślin. W tym aspekcie rozwój radiotelemetrycznych technologii

kontroli zraszania może zapewnić wymierne oszczędności. Cerny z współautorami (2002) oraz Treder (2007) podkreślają, że racjonalne i oszczędne gospodarowanie zasobami wodnymi powinno być regułą – nie tylko ze względów ekonomicznych, lecz także ekologicznych i praktycznych. W szkółce kontenerowej hodowana jest duża liczba gatunków i sortymentów sadzonek, które charakteryzują się zróżnicowanymi potrzebami wodnymi. Wynikają one z cech osobniczych roślin, różnego tempa wzrostu, rozwoju aparatu asymilacyjnego, a także tempa przyswajania związków mineralnych. Rozwiązaniem w takiej sytuacji jest mikromelioracja poprawiająca warunki w obrębie pól produkcyjnych. Metoda ta jest jednak rzadko stosowana z uwagi na wysokie koszty dostosowania istniejących systemów nawadniania. Sytuację dodatkowo komplikuje duża zmienność warunków atmosferycznych, czego najlepszym przykładem były dwa ostatnie lata, tj. bardzo wilgotny 2014 r. (139% normy) i wyjątkowo suchy 2015 (56% normy). Zatem uzasadnione jest poszukiwanie nowych rozwiązań i ulepszeń, szczególnie jeśli chodzi o testowanie modeli bilansowych związanych z optymalizacją gospodarki wodnej. Wyniki niniejszego opracowania potwierdzają, że stała kontrola parametrów bilansu wodnego może w istotny sposób poprawić efektywność gospodarki wodnej, a jednocześnie zminimalizować ryzyko stresu wodnego w okresach długotrwałej suszy. W Polsce w najbliższych latach planowane jest podwojenie produkcji sadzonek kontenerowych, co w przypadku ewentualnych niepowodzeń może skutkować zwiększeniem się kosztów tej działalności. Dlatego konieczne wydaje się wypracowanie takich procedur, które będą dawały gwarancję powtarzalności zadowalających efektów hodowlanych, co przełoży się również na obniżenie kosztów produkcji w szkółkach kontenerowych (Charlesworth 2000, Goodwin i in. 2003, Szabla i Pabian 2003, Szabla 2009).

Mimo że okres wegetacyjny 2014 r. należał do wilgotnych, co potwierdzają zarówno wskaźniki opadowe (tab. 1), jak i dane pochodzące bezpośrednio z pól produkcyjnych, realizowano nawadnianie, które było podyktowane harmonogramem fertygacji, czyli dostarczania nawozów, co skutkowało utrzymaniem bardzo wysokiej wilgotności substratu. W wielu przypadkach okazało się jednak, że objętość wody wykorzystanej do nawadniania sadzonek przekraczała ich bieżące zapotrzebowanie. W okresie produkcyjnym w ciągu 17 dni można było całkowicie zrezygnować ze sztucznego deszczowania, a w 28 przypadkach ilość wody dostarczona roślinom przekraczała niemal dwukrotnie wymagany limit dzienny. Z kolei w 50 przypadkach (dniach) objętość wody z deszczowni zrekompensowała straty (bilans $\pm 0,0$). W 2014 r. nie stwierdzono znacznego niedoboru wody. Sadzonki sosny zwyczajnej poddawano deszczowaniu w 98 przypadkach, zatem udział dni, w których substrat charakteryzował się niekorzystną wilgotnością, wyniósł 10%. W złożonych warunkach, które panują w Gospodarstwie Szkółkarskim Nędza, ten wynik można uznać za bardzo dobry. Dla odmiany w 2015 r. z deszczowania można było całkowicie zrezygnować przez 19 dni, w 23 przypadkach objętość cieczy przekraczała o 100% wielkość limitu dziennego. Zrównoważony bilans uzyskano przez 66 dni, natomiast znacznego niedoboru nie zarejestrowano.

V. WNIOSKI

Zapewnienie roślinom optymalnych warunków wzrostu przy stałym dostępie do wody stanowi gwarancję sukcesu hodowlanego, zatem tylko stały nadzór nad parametrami wpływającymi na bilans wodny pozwala zachować optymalne warunki w trakcie całego okresu produkcji. Uzyskane wyniki potwierdziły, że zintegrowany, radiotelemetryczny układ pomiarowy umożliwia ciągłe śledzenie warunków wilgotnościowych podłoża szkółkarskiego. Pozwala to na szybkie reagowanie na wszelkie niepokojące sygnały docierające z poszczególnych pól produkcyjnych w szkółkarskiej szkółce kontenerowej. Poniższe wnioski podsumowują ważny etap doświadczenia badawczego, wskazując na kierunki dalszych badań w tym zakresie.

1. Przeciętna wartość bilansu wodnego na polach produkcyjnych z sosną w okresie wegetacyjnym 2014 i 2015 r. wyniosła +480 mm na m², co uzyskano głównie dzięki deszczowaniu, którego udział w ogólnej objętości wody dostarczonej hodowanym sadzonkom wyniósł 53%.
2. Zastosowanie deszczowania na polach produkcyjnych z sadzonkami drzew leśnych hodowanych w technologii kontenerowej zmniejszało ryzyko wystąpienia deficytu wodnego o blisko 70%.
3. Duża ilość wody przesączającej się przez substrat w kontenerach szkółkarskich wskazała na jego małe możliwości retencyjne, gdyż udział wody odprowadzanej do gruntu w niektórych przypadkach przekraczał 50%, co może wskazywać na problemy z jego zagęszczeniem.
4. Zastosowanie automatycznego systemu kontroli parametrów bilansu wodnego na szkółkach kontenerowych okazało się przydatne, ponieważ pozwoliło zoptymalizować gospodarkę wodną i zredukować ilość zużytej wody o 20%.
5. Na podstawie bilansu wodnego wykonanego dla całego pola produkcyjnego z sosną zwyczajną możliwe byłoby zmniejszenie zużycia wody o około 34 m³·ar⁻¹ w 2014 oraz 13 m³·ar⁻¹ w 2015 r.

Badania finansowane przez Dyрекję Generalną Lasów Państwowych w Warszawie
(projekt nr ER 2717-4/14)

VI. LITERATURA

- Aston A.R. 1979. *Rainfall interception by eight small trees*. J. Hydrol., 42: 383-396.
- Beeson R.C., Arnold M.A., Bilderback T.E., Bolusky B., Chandler S., Gramling H.M., Lea-Cox J.D., Harris J.R., Klinger P.J., Mathers H.M., Ruter J.M., Yeager T.H. 2004. *Strategic vision of container nursery irrigation in the next ten years*. J. Environ. Hort. 22 (2): 113-115.
- Beeson R.C., Knox G.W. 1991. *Analysis of efficiency of overhead irrigation in container production*. Hort. Sci., 26: 847-850.

- Cameron R.W., Wilkinson S., Davies W.J., Harrison-Murray R.S. Dunstan D., Burgess C. 2004. *Regulation of plants growth in container grown ornamentals through the use of controlled irrigation*. Acta Hort., 630: 305–312.
- Charlesworth P. 2000. *Soil water monitoring*. National program for irrigation research and development. CSIRO Land and Water, ss. 101.
- Cerny T.A., Kuhns M., Kapp K.L. 2002. *Efficient irrigation of trees and shrubs*, USU Extension Publication 523, 1–5. DOI http://extension.usu.edu/files/gard_pubs/hg523.html.
- Czarnowski M. 1978. *Zarys ekologii roślin lądowych*. PWN Warszawa.
- Day R.J. 1980. *Effective nursery irrigation depends on regulation of soil moisture and aeration*. Tree Nursery Soils Workshop. Proc. North Amer. For., 1: 52–71.
- Durło G. 2012. *Wpływ obserwowanych i prognozowanych warunków klimatycznych na stabilność drzewostanów górskich w Beskidzie Śląskim*. Wyd. UR Kraków, ss. 163.
- Fare D.C., Gilliam C.H., Keever G.J. 1992. *Monitoring irrigation in container nurseries*. Hort. Technol., 2(1): 75–78.
- Goodwin P.B., Murphy M., Melville P., Yiasoumi W. 2003. *Efficiency of water and nutrient use in containerized plants irrigated by overhead, drip or capillary irrigation*. Austr. J. Experm. Agric., 43: 189–194.
- Lamack W.F., Niemiera A.X. 1993. *Application method affects water application efficiency of spray stake-irrigated containers*. Hort. Sci., 28: 6625–6627.
- Marosz A. 2013. *Systemy nawadniania i zużycie wody w szkółkach roślin ozdobnych w Polsce na podstawie badań ankietowych*. Infrastr. Ekol. Teren. Wiejsk., 3: 137–152.
- McDonald S.E. 1984. *Irrigation in forest-tree nurseries: monitoring and effects on seedling growth*. [W:] Duryea M.L., Landis T.D. (red.). *Forest nursery manual: Production of bare-root seedlings*. Nijhoff M. & Junk Publishers. The Hague, Boston/Lancaster, Forest Research Laboratory, Oregon Univ. Corvallis., ss. 386.
- Prévost M., Stein J., Plamondon A.P. 1989. *Water balance and irrigation planning in a forest tree nursery*. Can. J. For. Res., 19(5): 575–579.
- Snyder R.L., Pruitt W.O. 1992. *Evapotranspiration data management in California*. *Irrigation and Drainage Session*. Proceedings Water Forum, ASCE. 2–6 August 1992, Baltimore, MD, 1: 128–133.
- Szabla K., Pabian R. 2003. *Szkółkarstwo kontenerowe. Nowe technologie i techniki w szkółkarstwie leśnym*. Wyd. CILP., ss. 212.
- Szabla K. 2009. *Hodowlane i ekonomiczne aspekty produkcji materiału sadzeniowego z zakrytym systemem korzeniowym poddanego zabiegowi sterowanej mikoryzacji*. Sylwan, 153 (4): 253–259.
- Treder W. 2007. *Możliwości wykorzystania czujników pojemnościowych do kontrolowania nawadniania szkótek*. Wyd. ISK Skierniewice, 11: 77–84.
- Warren S.L., Bilderback T.E. 2004. *Irrigation timing: effect on plant growth, photosynthesis, water-use efficiency and substrate temperature*. Acta Hort. 644: 29–37.
- Warsaw A.L. 2009. *Irrigation management in container nursery production to reduce water use, runoff and offsite movement of agricultural chemicals*. MSc Thesis. Michigan St. Univ. UMI 1468379, ProQuest LLC Edit., MI 1346, ss. 216.

Summary

Grzegorz Durło, Krystyna Jagiełło-Leńczuk, Jacek Banach, Mariusz Kormanek, Stanisław Małek, Katarzyna Dudek, Józef Barszcz, Iwona Skowrońska

Water management of Scotch pine seedlings (*Pinus sylvestris* L.) produced in the container technology

This paper presents the results of the study on optimization of water resources management on the production fields of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) produced using container technology. The background to considerations have been the rainfall deficit in recent years and therefore reduction of phytoclimatic potential (Szabla 2009, Warsaw 2009). The aim of this study was to evaluate of water management in the Nursery Farm Nędza in Rudy Raciborskie Forest Inspectorate (Regional Directorate of State Forests in Katowice, Poland) during the growing seasons of 2014 and 2015. We designed the monitoring system based on two automatic meteorological stations and 8 rain collectors arranged in the equal share above plants surface (4 pieces) and under the nursery cassettes (4 pieces). The parameters that are necessary to determine the water balance of the seedlings were calculated (tab. 1–3). The cumulative values of precipitation and evaporation indicated that in the dry and warm year (82% of growing season days), water balance in the fields will be negative. Only the use of the irrigation process will compensate for the deficit and obtain safe reserve of water. By maintaining the optimum value was excess of water at approx. 6 liters per square meter per day (Fig. 2).

Application of radiotelemetric measurement system enables the ongoing control of water balance in the production fields at every stage of forest trees' seedlings cultivation. These devices can provide water savings and real financial benefits. Moreover, the control of the water balance parameters can improve the efficiency use of water and minimize the risk of water stress during drought.

The average value of the water balance in the pine fields during the vegetation period 2014 and 2015 was ca. +480 mm per square meter, mainly due to irrigation system, whose share of the total volume of water was 53%. Such a solution also allows to reduce the amount of water used up to 20%. According to the summary of water balance in a production field, in the wet season (2014) it was possible to reduce the water consumption by about 34 cubic meter per are, while in a dry year (2015) 13 cubic meter per are.

REGIONALNE ZRÓŻNICOWANIE ROZKŁADU DRZEWOSTANÓW W KLASACH WIEKU W POLSCE

Krystyna Przybylska,
Stanisław Zięba, Jan Banaś,
Leszek Bujoczek, Robert Zygmunt,
Marcin Doleżuchowicz, Marcin Mazur,
Grzegorz Młynarczyk

Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja
w Krakowie
Al. 29 Listopada 46/410, PL 31-425 Kraków
Instytut Zarządzania Zasobami Leśnymi,
Zakład Urządzania Lasu, Geomatyki
i Ekonomiki Leśnictwa
rlzieba@cyf-kr.edu.pl

ABSTRACT

Przybylska K., Zięba S., Banaś J., Bujoczek L., Zygmunt R., Doleżuchowicz M., Mazur M., Młynarczyk G. 2015: *Regional variety of stands distribution in age classes in Poland*. Acta Agr. Silv. ser. Silv. 53: 37–48.

The article presents assessment of regional variety of stands age distribution in Poland. Analysis were based on area volume stand tables according to dominant tree species elaborated for 430 basic administrative units of State Forests National Forest Holding, updated on year 2014. On the basis of this data classification of forest districts was performed according to way of stand distribution in age classes as well as indices of age variety of forest districts were described. It was stated that in almost 90% of forest districts predominate stands in age between 41–80 years, and in 6.7% significant share took old stands in age above 80 years. The most diversified according to age structure are stands located on mountains areas (Regional Inspectorates of State Forest in Kraków and Krosno) where stands with complex structure take the biggest share. The results found that: It was stated that information about stands area distribution in age classes should play equal role in optimization process as used in practice stands average age of planning unit. Unequal distribution of stands area in age classes has various origins and depends on both managed natural factors. Always it is reason of difficulties in smooth flow of yield and proper distribution of area regenerated after felling.

KEY WORDS: stand table, State Forests, regional diversity of stands, pine stands

SŁOWA KLUCZOWE: tabela klas wieku, lasy państwowe, regionalne zróżnicowanie drzewostanów, drzewostany sosnowe

I. WSTĘP

Rozkład drzewostanów w klasach wieku, ujęty w tzw. tabelę klas wieku, jest nieodzownym elementem procesu decyzyjnego w planowaniu leśnym. Stanowi źródło wiedzy o wielkości i strukturze zasobów drzewnych umożliwiając podział drzewostanów obiektu leśnego na dwie zasadnicze kategorie, tj. drzewostany rębne i drzewostany przedrębne. Każda z tych kategorii posiada swoisty, niezależny system regulacyjny [Rutkowski 1989].

Proces regulacji rozmiaru użytkowania rębnego zamyka się w przedziale klas wieku drzewostanów uznanych za dojrzałe, a wyliczone na podstawie tego

zbioru wariantowe rozwiązania (etaty) optymalizuje się w odniesieniu do średniego wieku jednostki planistycznej (nadleśnictwa). Średni wiek obiektu nabiera więc znaczenia ważnego regulatora rozmiaru użytkowania, a jego zmiany w czasie wraz ze zmianą średniej zasobności utożsamia się z miernikami efektywności gospodarowania zasobami leśnymi [Banaś i in. 2015].

Przyjęcie takiego założenia i sposobu optymalizacji jest w pełni zasadne w przypadku obiektów leśnych o równomiernym lub do niego zbliżonym rozkładzie drzewostanów w klasach wieku. Takie obiekty zdarzają się rzadko, są wręcz unikalne. W praktyce powierzchniowe udziały klas wieku w nadleśnictwach są zróżnicowane i w różnym stopniu odchyłone od teoretycznego wzorca „lasu normalnego”. Może być to powodem poważnych zaburzeń w procesie zastępowalności kolejnych generacji drzewostanów i okresowego braku rytmiczności pozyskania plonu. W odniesieniu do teoretycznej normy równomiernego (prostokątnego) udziału powierzchni klas wieku w obiekcie – rzeczywiście rozkłady podzielić można na trzy podstawowe kategorie:

- A – z wyraźną przewagą niskich klas wieku
- B – z wyraźną przewagą średnich klas wieku
- C – z wyraźną przewagą wysokich klas wieku.

Celem pracy jest ocena stopnia regionalnego zróżnicowania struktury wiekowej drzewostanów w jednostkach administracyjnych Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe (PGL LP) w Polsce.

II. MATERIAŁ BADAWCZY I METODA

Podstawę oceny regionalnego zróżnicowania drzewostanów stanowiły tabelaryczne zestawienia rozkładu drzewostanów według wieku. W szczególności były to powierzchniowo-miażdżościowe tabele klas wieku wg gatunków panujących, opracowane dla 430 podstawowych jednostek administracji PGL LP. Dla zachowania wzajemnej porównywalności wykorzystano tabele, zaktualizowane na dzień 31.12. 2014 r. [Bank Danych o Lasach 2015].

Na podstawie zestawień tabelarycznych określono dla każdego nadleśnictwa:

- a) stopień zróżnicowania wieku drzewostanów nadleśnictwa – na podstawie wielkości współczynnika zmienności udziału powierzchniowego drzewostanów w podklasach wieku
- b) typ rozkładu drzewostanów w klasach wieku, na podstawie dominującego udziału powierzchniowego drzewostanów w grupach wiekowych:
 - typ A – jeżeli dominowały drzewostany w wieku poniżej 40 lat
 - typ B – jeżeli dominowały drzewostany w wieku 41–80 lat
 - typ C – jeżeli dominowały drzewostany w wieku powyżej 80 lat
- c) średni wiek drzewostanów
- d) rozkład powierzchni drzewostanów wg kategorii rębności, przyjmując następujący podział:

- drzewostany przedrębne – w wieku poniżej 60 lat
 - drzewostany bliskorębne w wieku 61–80 lat
 - drzewostany rębne i przeszłorębne w wieku powyżej 80 lat
- e) udział powierzchniowy drzewostanów o budowie prostej i złożonej (KO, KDO, BP)
- f) udział i rozkład powierzchni wg kategorii rębności drzewostanów sosnowych (So).

Analizy wykonano dla każdego nadleśnictwa ogółem oraz tylko dla drzewostanów z panującą w składzie sosną. Uzupełnieniem tabel są mapy prezentujące przestrzenną zmienność elementów wiekowego zróżnicowania nadleśnictw wg regionalnych dyrekcji lasów państwowych (RDLP).

III. WYNIKI

Treści ujęte w tabelę klas wieku potwierdzają powszechne spostrzeżenia o silnym zróżnicowaniu regionalnym wieku drzewostanów w podstawowych jednostkach administracyjnych PGL LP (nadleśnictwach) w Polsce. Wyrażają to jednoznacznie wysokie wartości współczynników zmienności rozkładu powierzchni drzewostanów w klasach wieku. W poszczególnych regionalnych dyrekcjach przyjmują one średnie wartości w zakresie od 52,4% w RDLP Katowice do 76,8% w RDLP Krosno (tab. 1). Ogółem w Polsce dominują jednak nadleśnictwa, w których współczynniki zmienności rozkładu powierzchni drzewostanów w klasach wieku mieszczą się w przedziale od 51% do 60%. Stanowią one około 31% ogólnej ich liczby. Na uwagę zasługuje ponadto znaczna liczba nadleśnictw, w których współczynnik zmienności rozkładu powierzchni drzewostanów w klasach wieku przekracza 70% (24,9%). Występują one najczęściej w regionalnych dyrekcjach lasów państwowych położonych na wschodzie kraju (ryc. 1).

W Polsce przeważają nadleśnictwa o rozkładach typu B, w których największą część zajmują drzewostany średnich klas wieku (41–80 lat). Stanowią one łącznie 89,5% ogólnej ich liczby. Około 3,7% stanowią nadleśnictwa zaliczone do typu A, w których dominują drzewostany młode (<40lat), natomiast 6,8% to nadleśnictwa typu C, w których największą część stanowią starodrzewia, tj. drzewostany w wieku powyżej 80 lat.

Wyrazem wewnętrznego zróżnicowania nadleśnictw i dyrekcji regionalnych jest również średni wiek drzewostanów. Z przedstawionych informacji na szczególną uwagę zasługuje wysoka wartość średniego wieku drzewostanów w poszczególnych dyrekcjach regionalnych. Jest ona z reguły wyższa od średniej krajowej wynoszącej 59,6 lat. Od „przeciętności” wyraźnie odbiegają RDLP Zielona Góra (54,6 lat) i RDLP Krosno (70,2 lat).

Te dwa graniczne przypadki korespondują ściśle z wyraźną odmiennością wiekowego rozkładu drzewostanów w klasach wieku. RDLP Zielona Góra wyróżnia się bowiem wysokim udziałem drzewostanów przedrębnych (41,9%) i najniższym w Polsce udziałem drzewostanów rębnych i przeszłorębnych (18,8%). Z kolei RDLP Krosno ma wyjątkowo duży udział (około 77%) drzewostanów

Tabela 1 – Table 1

Zbiornicze zestawienie cech regionalnego zróżnicowania wieku drzewostanów w Polsce
(wg RDLP, 2014 r.)

Comprehensive list of features of regional age stands variety in Poland (RJSE, 2014 year)

RDLP	Ogółem / Total			Drzewostany sosnowe / Pine stands		
	\bar{t}	$S_t \%$	U_p (KO, KDO, BP)	$\bar{t}_{(So)}$	$S_t \%(So)$	U_p (So)
Białystok	61,5	67,3	4,6	63,4	73,5	63,6
Gdańsk	63,9	53,2	8,6	65,4	64,7	40,4
Katowice	56,1	52,4	9,1	55,8	63,3	18,8
Kraków	69,2	73,2	21,9	66,8	133,7	18,3
Krosno	70,2	76,8	24,7	60,5	150,9	21,4
Lublin	62,6	67,9	8,6	65,5	78,1	46,8
Łódź	60,1	54,8	9,9	60,7	60,3	42,8
Olsztyn	59,6	57,3	4,4	64,0	63,2	59,3
Piła	55,8	69,2	3,6	55,8	73,7	51,2
Poznań	58,3	57,5	4,9	57,5	66,4	28,4
Radom	62,4	70,8	12,2	62,3	75,7	48,6
Szczecin	56,0	63,4	7,4	55,3	72,8	26,3
Szczecinek	56,5	56,8	6,1	56,4	64,5	31,6
Toruń	61,1	53,5	4,6	62,4	59,8	53,7
Warszawa	60,2	72,6	5,7	61,6	77,4	65,9
Wrocław	57,5	58,8	13,7	52,4	83,0	29,7
Zielona Góra	54,6	64,2	3,2	54,1	71,0	30,4
OGÓŁEM / TOTAL	59,6	61,9	8,4	59,3	76,4	39,1

Objaśnienia w tabeli/ table explanation:

\bar{t} – średni wiek drzewostanów ogółem / average of stands in total

$\bar{t}_{(So)}$ – średni wiek drzewostanów sosnowych / average of stands in pine stands

$S_t \%$ – średni współczynnik zmienności rozkładu powierzchni drzewostanów w klasach wieku / average of variability coefficient of stands area in age classes

$S_t \%(So)$ – współczynnik zmienności powierzchni drzewostanów sosnowych w klasach wieku / variability coefficient of pine stands area in age classes

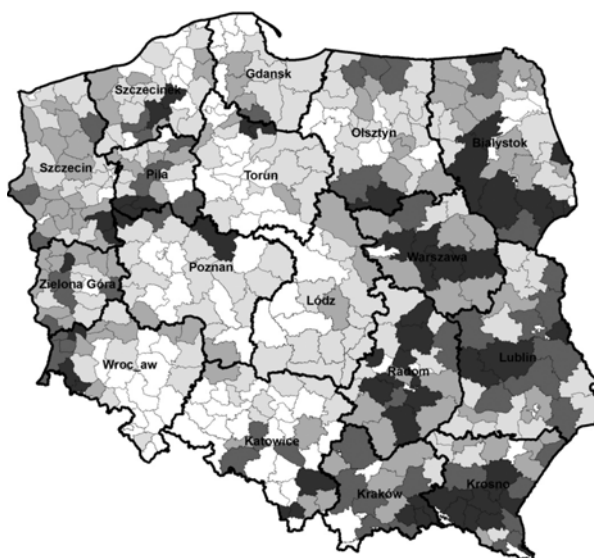
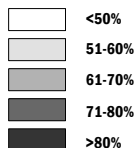
U_p (KO, KDO, BP) – udział powierzchniowy drzewostanów w klasie odnowienia (KO), klasie do odnowienia (KDO) oraz o budowie przerębowej (BP) / area share of stands: in regeneration class (KO) class for regeneration (KDO) and with complex structure (BP)

R_{S-W} – współczynnik różnorodności gatunkowej Shannona–Wiennera/ Coefficient of Shannon–Wiener species diversity

U_p (So) – udział powierzchniowy drzewostanów sosnowych / area share of pine stands

LEGENDA

Współczynnik zmienności rozkładu powierzchni drzewostanów w klasach wieku

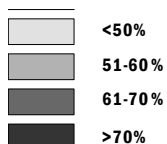


Ryc. 1. Przestrzenne zróżnicowanie współczynnika zmienności rozkładu powierzchni drzewostanów w klasach wieku

Fig. 1. Spatial diversity of variability coefficient of stands area distribution in age classes

LEGENDA

Udział

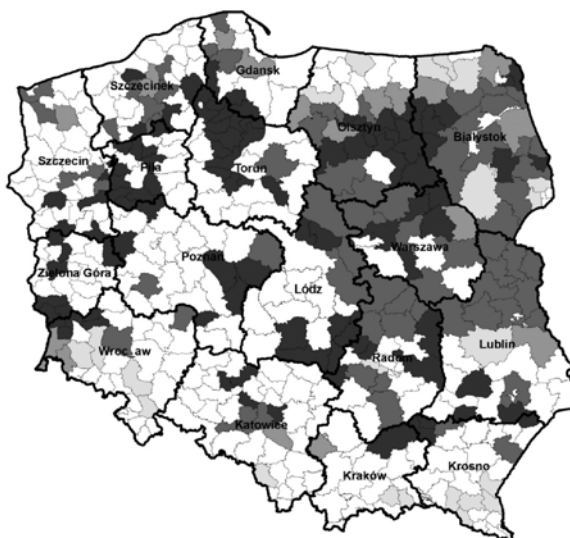
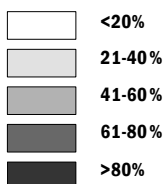


Ryc. 2. Udział drzewostanów o zróżnicowanej budowie: w klasie odnowienia (KO), klasie do odnowienia (KdO) i o budowie przerębowej (BP)

Fig. 2. Share of stands with different structure: in regeneration class (KO) class for regeneration (KdO) and with complex structure (BP)

LEGENDA

Udział

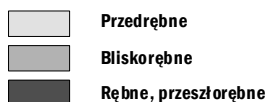


Ryc. 3. Udział powierzchniowy drzewostanów sosnowych

Fig. 3. Share of pine stands according to area

LEGENDA

Kategoria rębności



Ryc. 4. Dominująca kategoria rębności drzewostanów sosnowych

Fig. 4. Predominate felling category of pine stands

dojrzałych (bliskorębnych, rębnych i przeszłorębnych). Podobna sytuacja jak w nadleśnictwach krośnieńskich występuje w RDLP Katowice.

Regionalne dyrekcje lasów państwowych, ze znacznym udziałem terenów górskich, tj. RDLP Krosno i RDLP Kraków, zasługują również na uwagę ze

względu na wysoki (>20%) udział drzewostanów o zróżnicowanej budowie (tab. 1). Dyrekcje te posiadają bowiem najwyższy w skali kraju udział drzewostanów w klasie odnowienia – jako efekt przebudowy przedplonów lub uszkodzonych drzewostanów świerkowych na niewłaściwych siedliskach, a także ze względu na powszechność występowania drzewostanów mieszanych o zróżnicowanej strukturze wieku, w których stosuje się rębnie złożone (ryc. 2).

Tabela 2 – Table 2

Udział nadleśnictw według typu rozkładu drzewostanów w klasach wieku oraz rozkład drzewostanów sosnowych wg kategorii rębności w roku 2014, wg RDLP

Share of stands distribution type in age classes and distribution of pine stands according to felling category in year 2014 by RJSF

RDLP	Rozkład liczby nadleśnictw wg typu rozkładu drzewostanów w klasach wieku [%] / Number of forest inspectorates by stand distribution type in age classes [%]			Rozkład powierzchni drzewostanów sosnowych wg kategorii rębności / Distribution of pine stand areas by felling category [%]		
	A	B	C	P-Rbn	B-Rbn	R-Rbn
Białystok	3,2	83,9	12,9	31,4	39,6	29,1
Gdańsk	–	86,7	13,3	31,3	35,5	33,1
Katowice	18,4	79,0	2,6	42,9	30,8	26,3
Kraków	–	93,8	6,3	18,3	53,9	27,9
Krosno	–	84,6	15,4	22,7	62,5	14,9
Lublin	–	88,0	12,0	25,6	42,0	32,5
Łódź	–	94,7	5,3	34,2	38,0	27,8
Olsztyn	3,0	90,9	6,1	32,2	37,0	30,8
Piła	5,0	90,0	5,0	40,1	36,7	23,2
Poznań	–	92,0	8,0	37,6	39,5	22,9
Radom	–	95,7	4,4	29,3	43,4	27,3
Szczecin	–	100,0	–	43,6	35,1	21,3
Szczecinek	3,3	96,7	–	43,8	32,5	23,8
Toruń	–	85,2	14,8	33,2	36,2	30,6
Warszawa	–	100,0	–	28,2	47,7	24,0
Wrocław	12,1	78,8	9,1	48,1	34,1	17,8
Zielona Góra	5,0	95,0	–	41,9	39,3	18,8
OGÓŁEM/ TOTAL	3,7	89,5	6,7	36,1	38,8	25,1

Objaśnienia w tabeli/ Table explanation:

P-Rbn – drzewostany przedrębne / pole stands

B-Rbn – drzewostany bliskorębne / maturing stands

R-Rbn – drzewostany rębne i przeszlębne / mature stands and overmature stands

Istotny wpływ na typ rozkładu drzewostanów w klasach wieku mają szczególnie drzewostany sosnowe, które zajmują największą powierzchnię w Polsce. Najmniejszy ich udział obserwuje się w nadleśnictwach w południowej części kraju, w których stanowią one od 18,3% w RDLP Kraków do 21,4% w RDLP Krosno ogólnej powierzchni leśnej. Z kolei największy udział powierzchniowy drzewostany sosnowe zajmują w nadleśnictwach w północno-wschodniej Polsce (ryc. 3). W położonych w tej części kraju RDLP: Warszawa, Białystok i Olsztyn zajmują one ponad 59% ogólnej powierzchni leśnej

W południowo-wschodniej Polsce dominują drzewostany sosnowe dojrzałe do wyrębu. Łącznie sośniny zaliczone do kategorii: bliskorębnych, rębnych i przeszlórębnych, stanowią od 77,4% w RDLP Krosno do 81,7% w RDLP Kraków (tab. 2, ryc. 4). Z kolei w południowo-zachodniej części kraju wyraźnie większy jest udział młodych drzewostanów sosnowych zaliczonych do kategorii przedrębnych. W RDLP Wrocław zajmują one prawie 48,1% ogólnej powierzchni drzewostanów sosnowych.

IV. DYSKUSJA I WNIOSKI

W Polsce rozkład powierzchni drzewostanów w klasach wieku jest nierównomierny i zróżnicowany regionalnie. Odchylenia od wyrównanej struktury wiążą się najczęściej ze znacznym udziałem drzewostanów w średnim wieku. Potwierdza to między innymi statystycznie istotna korelacja między współczynnikiem zmienności rozkładu powierzchni drzewostanów w klasach wieku a udziałem drzewostanów w wieku 41–80 lat ($r = 0,428$). Drzewostany w tej grupie wiekowej dominują w około 90% nadleśnictw PGL LP. W zaledwie 6,7% nadleśnictw przeważają starodrzewia, tj. drzewostany w wieku powyżej 80 lat. Najbardziej zróżnicowane pod względem struktury wieku są drzewostany w jednostkach PGL LP ze znacznym udziałem terenów górskich, tj. w RDLP Kraków i RDLP Krosno, w których występuje wysoki udział (>20%) drzewostanów o złożonej budowie.

Wpływ na nierównomierny rozkład drzewostanów w klasach wieku mają dwie grupy czynników, tj. gospodarcze i przyrodnicze. Do pierwszej z nich należą przede wszystkim decyzje gospodarcze o przetrzymywaniu na pniu drzewostanów dojrzałych do wyrębu. Wynika to z jednej strony z ich przestrzennego położenia, z drugiej zaś z konieczności ograniczenia cięć rębnych w sytuacji przekroczenia planowanego rozmiaru użytków przedrębnych.

Efektem decyzji gospodarczych mających wpływ na nierównomierny rozkład drzewostanów w klasach wieku jest również struktura gatunkowa gospodarstw leśnych zdeterminowana warunkami siedliskowymi. Występowanie typów drzewostanów o niskim wieku rębności prowadzi bowiem do znacznego nagromadzenia się drzewostanów w młodszych klasach wieku.

Najczęściej jednak nierównomierny rozkład drzewostanów w klasach wieku jest efektem nieprzewidywalnych zjawisk przyrodniczych o charakterze „klęskowym” wymuszających cięcia. Powodowane są one m.in. przez: gradacje owadów, choroby grzybowe, wichury, śniegołomy, pożary, wylesienia

wojenne, emisje przemysłowe. Orientacyjny rozmiar wymienionych czynników dokumentowany od 1918 roku, a więc w okresie rzutującym bez wątpienia na aktualny stan lasów i wiekową strukturę drzewostanów, jest ogromny. Świadczą o tym wybrane dla przykładu rozmiary kilku wyjątkowo groźnych zjawisk z efektem wielkopowierzchniowego zamierania drzewostanów i następnie ich wielkopowierzchniowego odnawiania (Broda 2007).

Za szczególnie spektakularne uznaje się cykliczne gradacje owadów, a zwłaszcza brudnicy mniszki, strzygoni choinówki, osnui gwiaździstej, paprocha cetyńca, barczatki sosnowki i kornika drukarza. W okresie międzywojennym zniszczeniu od żeru owadów uległo kilkaset tysięcy hektarów lasów państwowych położonych głównie na zachód od Wisły. W historii zapisały się przede wszystkim lata 1923 i 1924 z kulminacją procesów gradacyjnych (Broda 2007). Po drugiej wojnie światowej w lasach mocno zdewastowanych przez wojnę i okupantów, zasięg i intensywność gradacji owadzych znacznie wzrosła. Szczególnie dotkliwie ucierpiały sosnowe lasy północnej i zachodniej Polski. W latach kulminacji (1978–1984) zabiegami ratowniczymi objęto 6,3 mln hektarów lasów, z których znaczna część całkowicie zamarła (Śliwa 1989). Groźne dla życia górskich świerczyn okazały się natomiast gradacje kornika drukarza, szkodnika wtórnego, który „dobijał” osłabione zmianami klimatycznymi i presją przemysłu rozległe obszary dorodnych, litych drzewostanów świerkowych w Sudetach i Beskidach (Grodzki 1995). Poważne, choć o mniejszym powierzchniowo udziale, są szkody i zamieranie drzewostanów na skutek chorób grzybowych. Za najgroźniejszych szkodników uznaje się opieńkę i hubę korzeni.

Do kategorii czynników działających stopniowo, czasami początkowo niezauważalnie, należą poza przedstawicielami świata owadów i grzybów, trujące emisje przemysłowe, a także powodowane dużymi amplitudami temperatury powietrza i spadkiem poziomu wód gruntowych, stresogenne warunki funkcjonowania ekosystemów leśnych (Jaszczak 1999). Mimo wyraźnej poprawy technologii procesów przemysłowych niekorzystne oddziaływanie cywilizacyjnego rozwoju nie ustaje, choć sukcesywnie spada.

Swoistą grupę czynników wpływających na kształtowanie udziału drzewostanów w klasach wieku stanowią zjawiska o charakterze nieprzewidywalnych, „skokowych” zdarzeń losowych – jak huragany, śniegołomy, zmarzliny, powódzie i pożary lasu (Zachara 2006, Pawlik 2012, Orzechowski i Wójcik 2014). Są to zdarzenia nieuniknione, jednakże częstość ich występowania nasila się w ostatnich dziesięcioleciach (Bruchwald i Dmyterko 2011). Niektóre z nich przybierały rozmiary katastroficzne – jak tatrzańskie powały w latach sześćdziesiątych ubiegłego stulecia; skute mrozem bieszczadzkie buczyny w czasie historycznej zimy 1928/29 (Kucharzyk 1999); huragan w Puszczy Piskiej pozostawiający w 2002 roku 12 tys. hektarów złomów i wywrotów; dwa, o nienotowanej wcześniej skali, pożary lasów w 1992 r.: w pierwszym spłonęło 5770 hektarów drzewostanów Puszczy Noteckiej, w drugim prawie 10 tysięcy ha lasów nadleśnictwa Rudy Raciborskie (Polna 2005).

Do zaburzenia, prawidłowej z gospodarczego punktu widzenia, struktury tabeli klas wieku przyczyniły się w dużym stopniu zalesienia gruntów nieleśnych,

prowadzone szczególnie intensywnie w latach 1949–1967, kiedy to średniorocznie przybywało ok. 45 tys. ha nowych gruntów leśnych. Ogólna powierzchnia powojennych zalesień wyniosła 2,5 mln ha powodując wzrost lesistości kraju z 20 do 29%. Dokonało się to w stosunkowo krótkim czasie, stąd wyjątkowa w dziejach leśnictwa polskiego kumulacja drzewostanów zbliżonego wieku na dużych, zwartych obszarach (Smykała 1990, Raport 2013).

W konkluzji zarysowanego problemu można stwierdzić, że:

- W procesie optymalizacji rozmiaru użytkowania rębnego wiedza o rozkładzie drzewostanów w klasach wieku powinna pełnić rolę regulatora, na równi ze stosowanym w praktyce średnim wiekiem drzewostanów jednostki planistycznej.
- Nierównomierny rozkład powierzchni drzewostanów w klasach wieku ma niejednorodną genezę i zależy zarówno od czynników gospodarczych, jak i przyrodniczych. Zawsze jednakże jest on symptomem możliwych trudności w zachowaniu rytmiczności pozyskania plonu i pożądanej do prawidłowej przemiany pokoleń powierzchni odnawianej po cięciach.

LITERATURA

- Banaś J., Zięba S., Bujoczek L., Zygmunt R., Drozd M. 2015. *Metoda określania średniego wieku gospodarstwa w przerębowo-zrębowym sposobie zagospodarowania lasu*. Sylwan, 159 (9): 732–739.
- Broda J. 2007. *Dzieje najnowsze leśnictwa w Polsce 1918–2006*. Tom I i II. Polskie Towarzystwo Leśne, Warszawa.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2011. *Zastosowanie modeli ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr do oceny zagrożenia lasów nadleśnictwa*. Sylwan, 155 (7): 459–471.
- Grodzki W. 1995. *Wpływ osłabienia świerka przez zanieczyszczenia przemysłowe w Sudetach Zachodnich na zagrożenie ze strony szkodników wtórnych*. Prace Inst. Bad. Leś., B, 25/1: 145–162.
- Jaszczak R., 1999. *Charakterystyka wybranych struktur monokultur sosnowych w strefie uszkodzeń słabych*. Sylwan, 143 (3): 95–102.
- Kłoczek A., Rutkowski B. 1986. *Optymalizacja regulacji użytkowania rębnego drzewostanów*. PWRiL, Warszawa.
- Kucharzyk S., 1999: *Wpływ mrozów w zimie 1928/1929 na rozwój drzewostanów w Bieszczadach i w Bieszczadzkim Parku Narodowym*. Sylwan 143, 8: 25–47.
- Orzechowski M., Wójcik R. 2014. *Regionalne zróżnicowanie ryzyka wystąpienia uszkodzeń drzewostanów w Polsce*. Studia i Materiały CEPL w Rogowie R. 16. Zeszyt 39 / 2A, 44–54.
- Pawlik Ł. 2012. *Zniszczenia w lasach sudeckich pod wpływem orkanu Cyryl (18–19.01.2007 r.) – implikacje historyczne i regionalne*. Przegląd Geograficzny 84: 53–75.
- Polna M. 2005. *Zróżnicowanie natężenia pożarów leśnych w Polsce w latach 1990–2003*. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 4(2) 2005: 81–90.
- Raport 2013. *Raport o stanie lasów w Polsce 2012*. Warszawa, CILP.
- Rutkowski B. 1989. *Urządzanie lasu*. Część I. Wyd. AR, Kraków.
- Smykała J. 1990. *Historia, rozmiar, i rozmieszczenie zalesień gruntów porolnych w Polsce w latach 1945–1987*. Sylwan 134 (3–12): 1–7.

- Śliwa E. 1989. *Przebieg masowego pojawu brudnicy mniszki (Lymantria monacha L.) i jej zwalczanie w Polsce w latach 1978–1985 oraz regeneracja aparatu asymilacyjnego w uszkodzonych drzewostanach*. Prace IBL 710: 1–120.
- Zachara T. 2006. *Problem szkód w lasach powodowanych przez śnieg i wiatr oraz sposoby przeciwdziałania im*. Sylwan, 150 (10): 56–64.
- Bank Danych o Lasach 2014 (<http://www.bdl.lasy.gov.pl/portal>).

Summary

Krystyna Przybylska, Stanisław Zięba, Jan Banaś, Leszek Bujoczek, Robert Zygmunt,
Marcin Doleżuchowicz, Marcin Mazur, Grzegorz Młynarczyk

Regional variety of stands distribution in age classes in Poland

The article presents assessment of regional variety of stands age distribution in Poland. Analysis were based on area volume stand tables according to dominant tree species elaborated for 430 basic administrative units of State Forests National Forest Holding, updated on year 2014. On the basis of this data classification of forest districts was performed according to way of stand distribution in age classes as well as indices of age variety of forest districts were described. It was stated that in almost 90% of forest districts predominate stands in age between 41–80 years, and in 6,7% significant share took old stands in age above 80 years (tab. 1). The most diversified according to age structure are stands located on mountains areas (Regional Inspectorates of State Forest in Kraków and Krosno) where stands with complex structure take the biggest share (fig. 2). The results found that:

- It was stated that information about stands area distribution in age classes should play equal role in optimization process as used in practice stands average age of planning unit.
- Unequal distribution of stands area in age classes has various origins and depends on both managed natural factors. Always it is reason of difficulties in smooth flow of yield and proper distribution of area regenerated after felling.

DŁUGOOKRESOWE TRENDY W DYNAMICE WZROSTU WYSOKOŚCI SOSNY ZWYCZAJNEJ W PUSZCZY NIEPOŁOMICKIEJ

Jarosław Staniaszek
Jarosław Socha

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Al. 29 Listopada 46/409, PL 31-425 Kraków
Wydział Leśny
Instytut Zarządzania Zasobami Leśnymi
Zakład Biometrii i Produkcyjności Lasu

ABSTRACT

Staniaszek J., Socha J., 2015. *Long-term trends in height growth dynamics of Scots pine in Niepołomice Forest*. Acta Agr. Silv. ser. Silv. 53: 49–60.

The aim of the research was to compare height growth rate of Scots pine trees from Niepołomice forest in dependence on age of germination. The research materials consisted stem analysis results of dominant trees selected and cut from 87 circular, 0.05 ha sample plots. We hypothesized that both height growth and height increment is dependent on age of germination. Scots pine trees from stands germinated in the period 1946–1993 shows significantly accelerated height growth in comparison to observed both in the case of stands germinated in the period 1860–1900 and 1901–1945.

KEY WORDS: przyrost wysokości, *Pinus sylvestris* L., produktywność siedlisk

SŁOWA KLUCZOWE: height increment, *Pinus sylvestris* L., site productivity

I. WSTĘP

W praktyce leśnej znajomość prawidłowości kształtowania się przebiegu wzrostu i przyrostu wysokości drzew jest niezbędna w wielu metodach określania miąższości oraz przyrostu miąższości drzew i drzewostanów (Kaźmierczak 2005). Dokładność danych oraz czasowe i przestrzenne zróżnicowanie wzrostu wysokości mają zasadnicze znaczenie w budowie modeli wzrostu oraz w ocenie produktywności siedlisk leśnych. W ostatnich latach wielu autorów podejmowało tematykę zmian dynamiki wzrostu drzew i drzewostanów. Bazując na najdłuższej istniejącej serii pomiarów wykonywanych okresowo na stałych powierzchniach próbnych w centralnej Europie (założonych w przybliżeniu w roku 1872), wykazano wzrost wysokości górnej 75-letnich drzewostanów w roku 2000 w stosunku do 75-letnich drzewostanów w roku 1960 – odpowiednio o 6% dla świerka pospolitego oraz o 9% dla buka zwyczajnego (Pretzsch i in. 2014). Zmiany dynamiki wzrostu drzewostanów oraz ich wzmożony przyrost

opisano również w Szwecji i Norwegii – dla świerka pospolitego oraz sosny zwyczajnej (Elfving i Tegnhammar 1996, Sharma i in. 2012), północno-zachodniej Rosji – dla sosny zwyczajnej i świerka syberyjskiego (Lopatin 2007, Lopatin i in. 2008), południowo-zachodnich Niemczech – dla świerka pospolitego (Yue i in. 2014) czy zachodniej Polsce i centralnych Niemczech – dla dębu szypułkowego i dębu bezszypułkowego (Pretzsch i in. 2013). Wyniki badań daglezi zielonej (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.) wskazują, że różnice przebiegu wzrostu wysokości mogą wystąpić również w obrębie tej samej klasy bonitacji (Monserud 1984).

Zdaniem części autorów przebieg wzrostu wysokości zależy od: gatunku, proveniencji, genotypu, klimatu, warunków glebowych, położenia geograficznego i pogody w roku obserwacji (Leibundgut 1972, Jaworski 2004). Wzrost zależy również od endogennych reakcji na okresową zmianę warunków świetlnych i termicznych oraz innych czynników zewnętrznych (Lyr i Hoffmann 1992). O przebiegu krzywych wzrostu decydują cechy gatunkowe drzewa, warunki siedliskowe, warunki powstawania odnowienia (osłona lub jej brak), zabiegi pielęgnacyjne, budowa drzewostanu, wreszcie położenie biosocjalne drzewa (Korpel 1971, Jaworski 2004).

Wahania tempa wzrostu wysokości wynikają na ogół z dwóch grup czynników, tj. zjawisk losowych zmieniających się z roku na rok i zjawisk oddziałujących w sposób ciągły lub przez dłuższy okres. Zjawiska losowe, do których zaliczamy zmienne elementy klimatyczne, takie jak: temperatura powietrza atmosferycznego, ilość opadów, nasłonecznienie itd., powodują roczne wahania tempa wzrostu wysokości. Do zjawisk o charakterze ciągłym zaliczyć można np. oddziaływanie emisji przemysłowych. Innymi przyczynami wpływającymi okresowo lub w sposób ciągły na wzrost mogą być żery owadów, rozwój grzybów, melioracje wodne itd. (Bruchwald i in. 2000).

Analizując badania prowadzone przez Europejski Instytut Lasu (EFI), przyczyn zmian tendencji wzrostowych niektórych drzewostanów jedno- i wielogatunkowych upatruje się w zmianach form użytkowania ziemi, wpływie hodowlanych sposobów gospodarowania (w tym nawożenia i wapnowania), szkodach powodowanych przez zwierzynę oraz zmianach warunków klimatycznych (temperatura, opady), zwłaszcza wpływie globalnego ocieplenia klimatu, a także depozycjach atmosferycznych (Jaworski 2003).

Według badań licznych autorów, za główne przyczyny zmian dynamiki wzrostu drzewostanów wskazuje się wzmożoną koncentrację CO₂ i zwiększoną depozycję azotu (Elfving i Tegnhammar 1996, Pretzsch i in. 2014, Sharma i in. 2012, Solberg i in. 2004). Średnia całkowita depozycja azotu w Europie wzrosła z około 2,5 kg ha⁻¹ w roku 1900 do ponad 9 kg ha⁻¹ na rok w pierwszej dekadzie XXI wieku. W tym samym okresie odnotowano wzrost koncentracji CO₂ z 295 ppm do około 390 ppm w roku 2010 (Churkina i in. 2010). Potwierdza to raport IPCC (IPCC 2013), wg którego koncentracja CO₂ w roku 2011 wyniosła 391 ppm.

Konsekwencją wymienionych czynników są eutrofizacja siedlisk oraz wzrost temperatury powietrza powodujący wydłużenie okresu wegetacji i wzrost

intensywności fotosyntezy. Zmiany te przekładają się na wzrost tempa przyrostu drzewostanów. Wzrost ten zauważalny jest przede wszystkim w drzewostanach młodszych, które najefektywniej reagują na zmiany warunków wzrostu (Czerepko 2006, Spiecker i in. 1996).

Celem pracy jest analiza wzrostu wysokości sosny zwyczajnej, pozwalająca zbadać hipotezę badawczą zakładającą, że wzrost wysokości sosny zwyczajnej w Puszczy Niepołomickiej charakteryzuje długookresowy trend zwiększania się jego tempa w ciągu życia drzewa.

II. MATERIAŁ I METODYKA

Terenem badań były drzewostany Puszczy Niepołomickiej (Nadleśnictwo Niepołomice, RDLP Kraków), położonej w widłach rzek Wisły i Raby, ok. 25 km na wschód od Krakowa.

Materiał badawczy stanowią wyniki pomiarów drzew rosnących na kołowych, 0,05 ha powierzchniach próbnych, założonych w Puszczy Niepołomickiej w regularnej siatce (750×750 m). W prezentowanych analizach uwzględniono tylko powierzchnie założone w drzewostanach sosnowych o zadrzewieniu przekraczającym 0,5. Pomiarom objęto pierśnice wszystkich oraz wysokości części drzew rosnących na powierzchniach. Wiek drzewostanów określono jako średnią arytmetyczną wieku co najmniej 6 sosen, na podstawie odwiertów wykonanych w szyi korzeniowej świdrem przyrostowym Presslera. Na każdej powierzchni próbnej z górnej warstwy drzewostanu wybrano jedno drzewo o przeciętnych wymiarach, które po ścięciu poddano analizie pniowej. W tym celu pobrano krążki z podstawy oraz z wysokości: 0,5 m, 1,3 m, 2,0 m, 4,0 m, i dalej co 2 m.

Przebieg wzrostu wysokości poszczególnych drzew odtworzono na podstawie wysokości położenia krążków oraz liczby słoików rocznych. Opracowane na tej podstawie krzywe wzrostu poddano wstępnej analizie – w celu wyeliminowania drzew o zaburzonym wzroście w wyniku konkurencji międzyosobniczej lub innych nieznanymi czynników. W tym celu przebieg wzrostu poszczególnych osobników porównano ze wzrostem pozostałych drzew na siedlisku o zbliżonej bonitacji. W dalszych analizach pominięto drzewa, których krzywa wzrostu gwałtownie przecinała przebieg krzywych wzrostu pozostałych drzew. Po weryfikacji materiał badawczy stanowiły dane dla 87 sosen w wieku od 8 do 141 lat.

Analizę wzrostu wysokości sosny zwyczajnej według lat kalendarzowych oraz lat życia drzew wykonano po przyporządkowaniu danych do trzech grup wyłonionych na podstawie roku powstania drzewostanu: 1860–1900 (grupa nr 1), 1901–1945 (grupa nr 2) i założonych w latach 1946–1993 (grupa nr 3).

Uzyskane z analiz strzał dane posłużyły do wykreślenia krzywej wysokości dla każdej z wyodrębnionych grup.

W celu ustalenia różnic we wzroście wysokości drzew w 3 analizowanych grupach wiekowych porównano średnie ich wysokości osiągnięte w wieku 20 i 50

lat. Zastosowano w tym celu jednoczynnikową analizę wariancji poprzedzoną testem jednorodności Levene'a. W celu wyłonienia grup różniących się między sobą zastosowano następnie test post-hoc Levene'a.

W celu porównania przebiegu bieżącego rocznego przyrostu wysokości dla każdej z grup wyznaczono przyrost uśredniony z okresów 5-letnich. W związku z obliczaniem okresów przyrostowych od wieku życia drzewa wstecz pierwszy okres miał różną długość mieszczącą się w granicach 2–7 lat, dzięki czemu możliwe było wyliczenie średnich wartości przyrostu dla każdego roku życia drzewa.

W chwili ścięcia poszczególne drzewa charakteryzowały się wysokością równą przeciętnej wysokości drzewostanu. W związku z tym są to tak zwane drzewa siedliskowe, dla których można obliczyć wskaźnik bonitacji (SI) dla poszczególnych powierzchni próbnych. Wskaźniki bonitacji siedliska dla poszczególnych powierzchni próbnych obliczono za pomocą lokalnego modelu bonitacyjnego dla Puszczy Niepołomickiej (Socha i Orzeł 2011) na podstawie całkowitej wysokości drzew (H) w wieku drzewa (T):

$$SI = H \frac{100^{1,54647} (T^{1,54647} R + 15,4689)}{T^{1,54647} (100^{1,54647} R + 15,4689)},$$

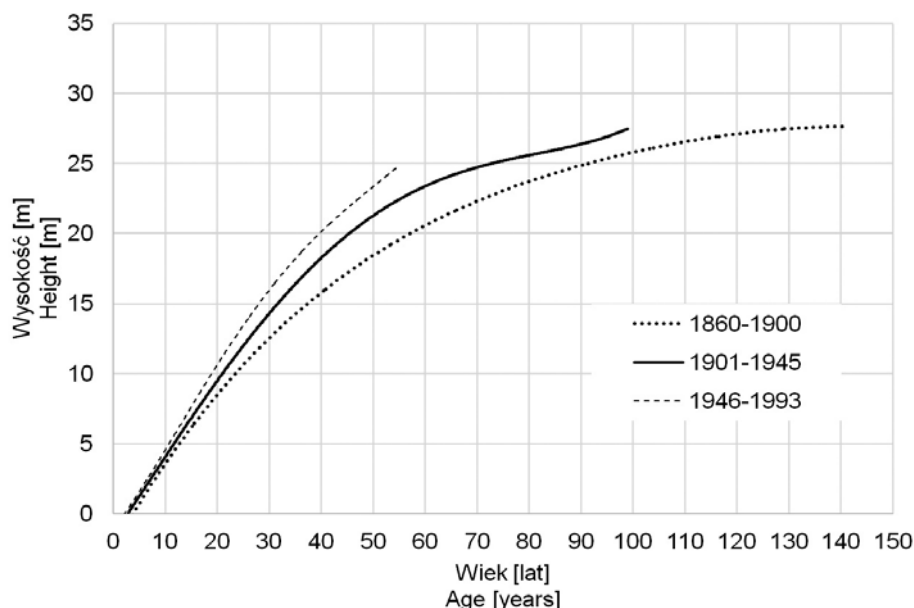
gdzie:

$$R = (H - 9989,67) + \left((H - 9989,67)^2 + \frac{2 \cdot 15,4689 \cdot H}{T^{1,54676}} \right)^{0,5}$$

Różnice w wartościach wskaźnika bonitacji w poszczególnych grupach wiekowych pozwoliły na oszacowanie wielkości zmian produktywności siedlisk analizowanego obszaru dla sosny zwyczajnej oraz różnic między analizowanymi okresami. Do porównania średnich wartości wskaźnika bonitacji w grupach wiekowych zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji poprzedzoną testem Levene'a z testem post-hoc Scheffego.

III. WYNIKI

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na zmiany w dynamice wzrostu wysokości sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w Puszczy Niepołomickiej. Przejawiają się one w odmiennym przebiegu krzywych wzrostu wysokości w każdej z wyodrębnionych grup drzewostanów (ryc. 1). Stwierdzono, że analizowane grupy wiekowe istotnie różnią się pod względem średniego przebiegu wzrostu wysokości. Im później powstały drzewostany tym krzywa wzrostu wysokości osiągała większe wartości w danym wieku (ryc. 1).

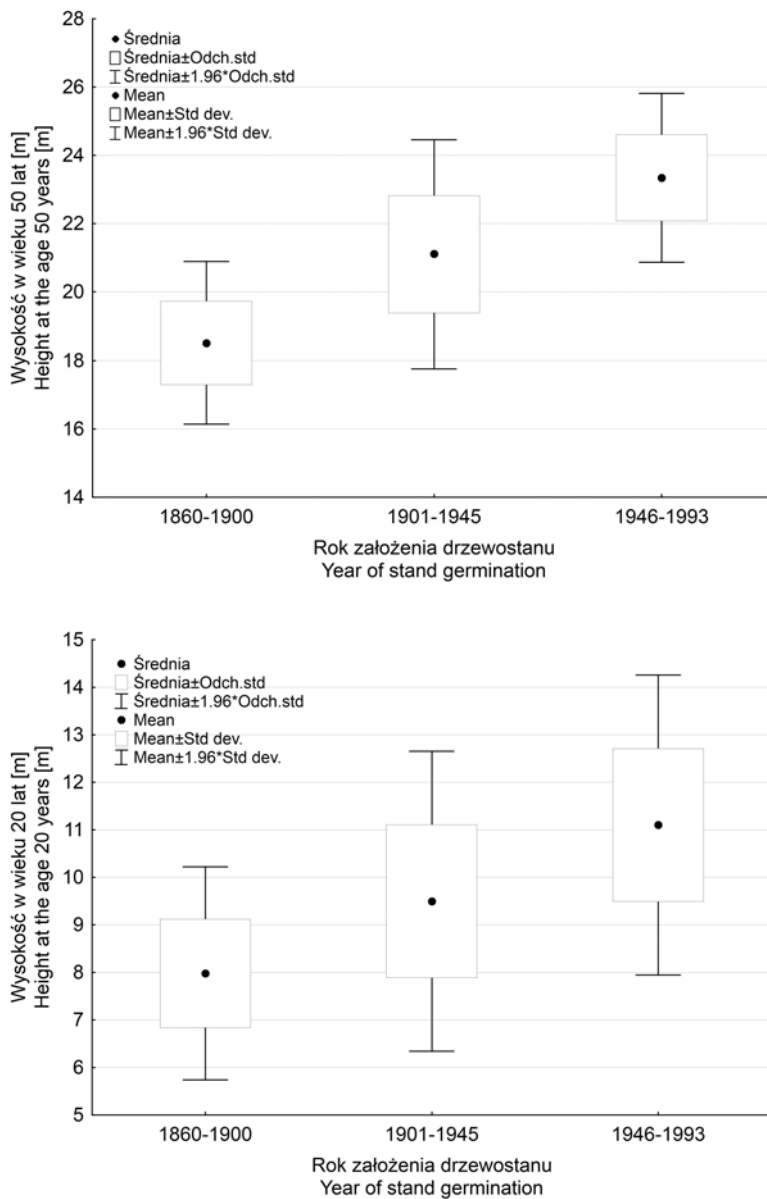


Ryc. 1. Uśrednione krzywe wzrostu wysokości sosny zwyczajnej w drzewostanach powstałych w latach: 1860–1900 (linia kropkowana), 1901–1945 (linia ciągła) oraz 1946–1993 (linia przerywana)

Fig. 1. Averaged height growth curves of Scots pine for stands germinated between: 1860–1900 (dotted line), 1901–1945 (solid line) and 1946–1993 (dashed line)

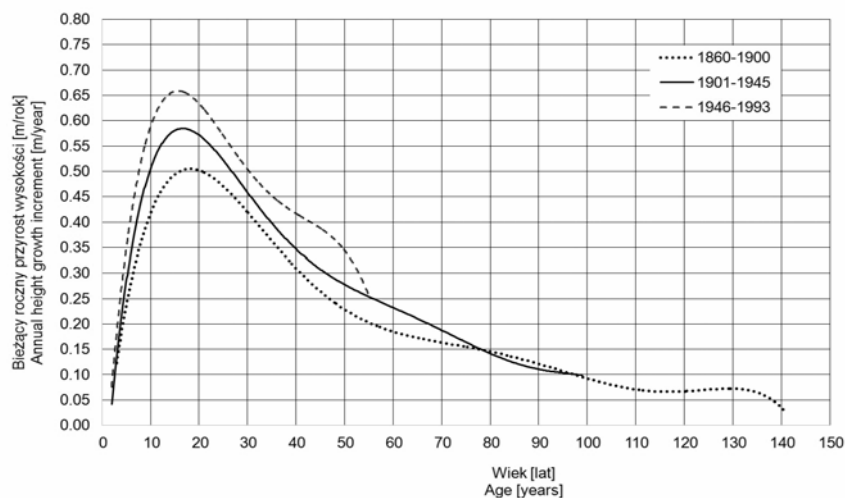
Zarówno w przypadku wysokości w wieku 20, jak i 50 lat stwierdzono, że wariancje wysokości w grupach są jednorodne ($p > 0,05$, test Levene'a), a wartości średnie w grupach wiekowych różnią się istotnie ($p < 0,05$, ANOVA, test Scheffego, ryc. 2). W porównaniu do drzew z grupy 1 (1860–1900) drzewa z grupy 2 (1901–1945) były wyższe średnio o 19 % w wieku 20 lat i o 14% w wieku 50 lat. Drzewa z grupy 3 (1946–1993) były wyższe od drzew z grupy 1 (1860–1900) średnio o 39% w wieku 20 lat i o 26% w wieku 50 lat (ryc. 2).

Analizując krzywe średniego przebiegu przyrostu wysokości stwierdzono, że szczególnie do wieku około 50–60 lat drzewa pochodzące z drzewostanów powstałych później mają znacznie wyższe wartości bieżącego przyrostu wysokości w porównaniu do drzew pochodzących z drzewostanów powstałych wcześniej. Najmniejsze wartości przyrostu wykazują drzewa z drzewostanów powstałych w latach 1860–1900, natomiast najwyższe wartości charakteryzują drzewa pochodzące z drzewostanów powstałych w okresie 1946–1993. Poza różnicami w bezwzględnych wartościach przyrostu, drzewa w analizowanych grupach wiekowych wykazują różnice w wieku kulminacji przyrostu wysokości. Najwcześniej kulminację oraz największą wartość przyrostu w wieku kulminacji osiągały drzewostany powstałe w latach 1946–1993. Z kolei najniższą wartość przyrostu wysokości w wieku kulminacji oraz najpóźniej wiek kulminacji bieżącego rocznego przyrostu wysokości osiągają drzewostany powstałe w latach 1860–1900 (ryc. 3).



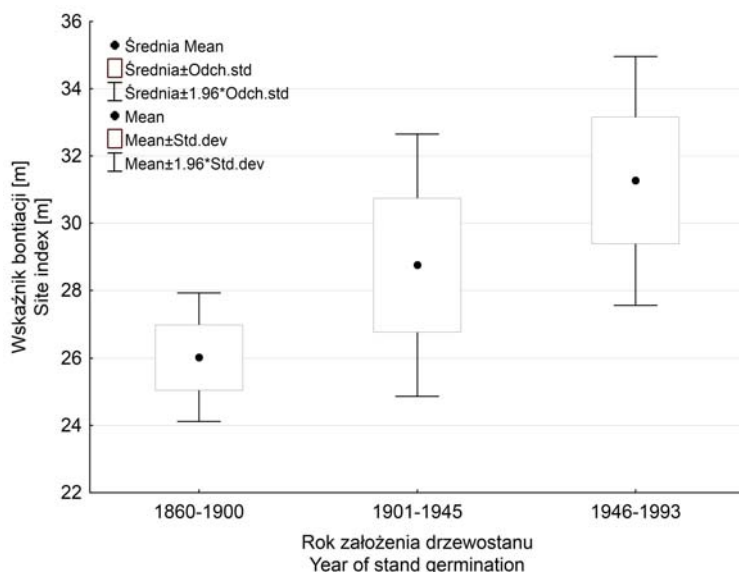
Ryc. 2. Średnia wysokość w wieku 20 i 50 lat w grupach wydzielonych na podstawie roku założenia drzewostanu. Wszystkie analizowane średnie różnią się istotnie na poziomie istotności $\alpha=0,05$ (ANOVA, test Scheffego)

Fig. 2. Mean height in age 20 and 50 years in groups selected on the base of age of stand germination. All analysed mean values differ significantly at the significance level $\alpha=0,05$ (ANOVA, Scheffe's test)



Ryc. 3. Przebieg bieżącego rocznego przyrostu wysokości sosny zwyczajnej w drzewostanach powstałych w latach: 1860–1900 (linia kropkowana), 1901–1945 (linia ciągła) oraz 1946–1993 (linia przerywana)

Fig. 3. Course of current annual height increment of Scots pine stands founded between: 1860–1900 (dotted line), 1901–1945 (solid line) and 1946–1993 (dashed line)



Ryc. 4. Różnice w wartościach wskaźnika bonitacji siedliska dla sosny określonych na podstawie danych z drzewostanów założonych w różnych okresach. Wszystkie analizowane średnie różnią się istotnie na poziomie istotności $\alpha=0,05$ (ANOVA, test Scheffego)

Fig. 4. Differences in site indices for Scots pine estimated based on data from stand with different age of germination. All analysed mean values differ significantly at the significance level $\alpha=0,05$ (ANOVA, Scheffe's test)

Różnice w przebiegu wzrostu wysokości przekładają się również na różnice w wartościach wskaźnika bonitacji drzewostanów powstałych w analizowanych okresach. W porównaniu ze wskaźnikami bonitacji w drzewostanach najstarszych bonitacje z okresu 1901–1945 są wyższe o 2,73 m (10,5%), natomiast bonitacje drzewostanów z okresu 1946–1993 – wyższe o 5,25 m (20,2%). Wszystkie analizowane różnice okazały się istotne statystycznie na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ (ANOVA, test Scheffego).

IV. DYSKUSJA

Informacje o wzroście wysokości drzew uzyskane na podstawie analiz strzał są względnie łatwo dostępnym i jednocześnie najczęściej wykorzystywanym źródłem danych do retrospektywnej analizy przebiegu wzrostu. Liczba słoi przyrostu rocznego z różnych wysokości pnia stanowi ciągły zapis zmian wysokości drzewa wraz z wiekiem, który można odtworzyć metodą analizy strzały (Socha 2011). Szczególną uwagę należy zwrócić jednak na odpowiednią selekcję drzew. Nie wszystkie drzewa należące w momencie ścięcia do górnej warstwy drzewostanu przez cały czas swojego życia do niej należały. Konieczna więc jest nie tylko ocena przebiegu krzywej wzrostu każdego drzewa pod kątem ogólnych prawidłowości wzrostu wysokości, lecz także skonfrontowanie pojedynczych krzywych wzrostu z ogólnym trendem wzrostu wysokości określonym na podstawie drzew o zbliżonej bonitacji (Socha 2011). W prezentowanych badaniach porównano przebieg wzrostu wysokości każdego z drzew z ogólnym trendem wzrostu określonym na podstawie pozostałych drzew z danej grupy wiekowej. Za wadliwe uznano drzewa, których krzywa wzrostu gwałtownie przecinała krzywe wzrostu pozostałych drzew. Celem takiego postępowania było odrzucenie drzew górujących i panujących, które w młodym wieku należały do drzew współpanujących, opanowanych bądź przygłuszonych. Zawężenie terenu badań oraz odpowiednia selekcja drzew pozwoliły na wykluczenie szeregu czynników wymienionych we wstępie, mogących pośrednio oddziaływać na przebieg krzywej wzrostu wysokości.

W związku z szerokim zakresem wieku przedmiotu badań (sosny w wieku od 8 do 141 lat) niemożliwe jest jednak wyeliminowanie wszystkich czynników mogących oddziaływać lokalnie na wzrost drzewostanów w Puszczy Niepołomickiej. W latach sześćdziesiątych XX wieku na terenie puszczy wykonano prace melioracyjne, które z pewnością poprawiły warunki bytowe rosnących tam drzewostanów (Socha 2012) i mogły wywrzeć wpływ na przebieg wzrostu wysokości drzew w młodym wieku. Lata osiemdziesiąte XX wieku to z kolei okres wzmożonych emisji przemysłowych, których skutki również mogą częściowo tłumaczyć zaburzenia w przebiegu bieżącego rocznego przyrostu wysokości. Poza bezpośrednim oddziaływaniem emisji zanieczyszczeń równie istotny może być efekt potencjalnego uwalniania składników odżywczych dostarczonych wraz z zanieczyszczeniami do gleb.

Z punktu widzenia gospodarki leśnej, w kontekście zmian klimatycznych można wyróżnić dwa główne obszary problemowe. Pierwszy z nich, ściśle

powiązany ze zmianami trendów wzrostu drzew i drzewostanów, to problem adaptacji lasów i gospodarki leśnej do zachodzących i przewidywanych zmian klimatycznych. Drugi to problem mitygacji, czyli osłabienia tych zmian poprzez podejmowanie różnego rodzaju działań wchodzących w zakres szeroko rozumianej gospodarki leśnej. Obszary te są ze sobą powiązane, dlatego badanie i analizowanie trendów wzrostu i przyrostu drzewostanów powinno być nieodłącznym elementem w dyskusji na temat zależności między zmianami klimatu a gospodarką leśną (Brzeziecki 2013).

W wyniku obserwowanych zmian produktywności siedlisk obserwowany obecnie przebieg wzrostu wysokości i przyrostu drzewostanów niekiedy znacznie odbiega zarówno od wartości tablicowych, jak i wartości obserwowanych kilka dziesięcioleci wcześniej (Socha i in. 2015). Wydłużony okres wegetacyjny, jako element globalnego wzrostu aktywności biosfery, może przyczyniać się do zwiększonego wytwarzania biomasy (Menzel i Fabian 1999). Jednak prawidłowa ocena aktualnej i potencjalnej produktywności siedlisk wymaga badania i uchwycenia tempa oraz tendencji zmian w dynamice wzrostu drzew i drzewostanów. W dobie obserwowanych zmian jest to zagadnienie niezwykle istotne z punktu prowadzenia trwałej i zrównoważonej gospodarki leśnej.

V. PODSUMOWANIE WYNIKÓW I WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono wyraźne różnice w dynamice przyrostu wysokości drzew w zależności od wieku powstania drzewostanu. Im drzewostan był założony później, tym drzewa osiągały wyższe wartości wysokości w określonym wieku.

W porównaniu z drzewami pochodzącymi z drzewostanów powstałych w latach 1860–1900 drzewa z drzewostanów z okresu 1901–1945 były wyższe średnio o 19% w wieku 20 lat i o 14% w wieku 50 lat. Drzewa w drzewostanach powstałych w latach 1946–1993 były natomiast wyższe od drzew z okresu 1860–1900 średnio o 39% w wieku 20 lat i 26% w wieku 50 lat.

Stwierdzone zmiany w przebiegu wzrostu wysokości znajdują potwierdzenie w przebiegu przyrostu bieżącego rocznego wysokości. Najwcześniej kulminują oraz największe wartości bezwzględne przyrostu w wieku kulminacji osiągają drzewa z grupy drzewostanów najmłodszych powstałych w latach 1946–1993. Najniższe wartości przyrostu wysokości w wieku kulminacji oraz najpóźniej wiek kulminacji bieżącego rocznego przyrostu wysokości osiągają drzewa pochodzące z drzewostanów najstarszych, powstałych w latach 1860–1900.

Obserwowane różnice dynamiki przyrostu wysokości są efektem zmian produktywności siedlisk Puszczy Niepołomickiej dla sosny zwyczajnej, co potwierdza wskaźnik bonitacji drzewostanów należących do różnych grup wiekowych. W porównaniu ze wskaźnikami bonitacji określonymi na podstawie danych z drzewostanów najstarszych bonitacje określone na podstawie danych z okresu 1901–1945 są wyższe średnio o 2,73 m (10,5%), natomiast bonitacje wyliczone na danych z okresu 1946–1993 są wyższe o 5,25 m (20,2%). Wzmożony przyrost

powinien być uwzględniany zarówno przy planowaniu zabiegów hodowlanych, jak i w planowaniu urządzeniowym.

Zmiany produktywności siedlisk są procesem złożonym, będącym wypadkową kompleksu czynników, dlatego przy formułowaniu wniosków na temat potencjalnych przyczyn zmian trendów przebiegu przyrostu należy uwzględnić możliwie jak najszersze ich spektrum. Prawdopodobną przyczyną obserwowanych różnic w dynamice przyrostu wysokości drzew są eutrofizacja siedlisk oraz zmiany klimatyczne.

Rozpoznanie zmian dynamiki wzrostu wysokości drzew i drzewostanów, na tle tempa zmian w środowisku, powinno stanowić ważny element analizy zdolności procesów adaptacyjnych poszczególnych gatunków drzew, sprzyjających łagodzeniu skutków obserwowanych i prognozowanych zmian klimatycznych.

LITERATURA

- Bruchwald A., Michalak K., Wróblewski L., Zasada M. 2000. *Przestrzenne zróżnicowanie wzrostu sosny. Wzrost wysokości sosny w różnych regionach Polski*. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa: 84–91.
- Brzeziecki B. 2013. *Narodowy Program Leśny. Lasy i drewno a zmiany klimatyczne: Zagrożenia i szanse*. Sękocin Stary.
- Churkina G., Zaehle S., Hughes J., Viovy N., Chen Y., Jung M., Heumann B.W., Ramanakutty N., Heimann M., Jones C. 2010. *Interactions between nitrogen deposition, land cover conversion, and climate change determine the contemporary carbon balance of Europe*. *Biogeosciences* 7: 2749–2764.
- Czerepko J. 2006. *Siedliskoznawstwo leśne u progu XXI wieku – wyzwania i uwarunkowania*. [W:] *Quo vadis, Forestry?* Warszawska Drukarnia Naukowa PAN; 497–506, Warszawa.
- Elfving B., Tegnhammar L. 1996. *Trends of tree growth in Swedish forests 1953–1992: An analysis based on sample trees from the national forest inventory*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 11: 26–37.
- IPCC. 2013. *Climate Change 2013. The Physical Science Basis*. Working Group I. United States of America.
- Jaworski A. 2003. *Zmiany tendencji wzrostowych głównych lasotwórczych gatunków drzew w Europie i obszarach górskich Polski oraz ich przyczyny*. Część II. *Przypuszczalne przyczyny zmian tendencji wzrostowych*. *Sylwan* 147, 7: 69–74.
- Jaworski A. 2004. *Podstawy przyrostowe i ekologiczne odnawiania oraz pielęgnacji drzewostanów*. PWRiL, Warszawa.
- Każmierczak K. 2005. *Przyrost wysokości i dokładność różnych sposobów jego określania na przykładzie wybranych drzewostanów sosnowych*. *Roczniki Akademii Rolniczej, Poznań*.
- Korpel S. 1971. *Rast, prirast a tvar jednotlivého stromu*. *Zaklady rustu a produkce lesu*. SZN, Praha.
- Leibundgut H. 1972. *Pielęgnowanie drzewostanów*. PWRiL, Warszawa.
- Lopatin E., Kolstrom T., Spiecker H. 2008. *Long-term trends in radial growth of Siberian spruce and Scots pine in Komi Republic (northwestern Russia)*. *Boreal Environment Research*.
- Lopatin E. 2007. *Long-term dynamics in growth of Scots pine and Siberian spruce in Komi Republic (European part of Russia)*. Faculty of Forest Sciences.

- Lyr H., Hoffmann G. 1992. *Wachstum-Einflussfaktoren. Physiologie und Ökologie der Gehölz.* Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart.
- Menzel A., Fabian P. 1999. *Growing season extended in Europe.* Nature 397: 659.
- Monserud R. A. 1984. *Height growth and site index curves for inland Douglas-fir based on stem analysis data and forest habitat type.* Forest Science. 30 (4): 943–965.
- Pretzsch H., Biber P., Schütze G., Bielak K. 2013. *Changes of forest stand dynamics in Europe. Facts from long-term observational plots and their relevance for forest ecology and management.* For. Ecol. Manage. 316: 65–77.
- Pretzsch H., Biber P., Schütze G., Uhl E., Rötzer T. 2014. *Forest stand growth dynamics in Central Europe have accelerated since 1870.* Nature Communications. 5.
- Sharma R.P., Brunner A., Eid T. 2012. *Site index prediction from site and climate variables for Norway spruce and Scots pine in Norway.* Scandinavian Journal of Forest Research. 27: 619–636.
- Socha J., Ochał W., Grabczyński S., Maj M. 2015. *Modele bonitacyjne dla gatunków lasotwórczych Polski opracowane na podstawie tablic zasobności.* Sylwan 159, 8: 639–649.
- Socha J., Orzeł S. 2011. *Dynamiczne krzywe bonitacyjne dla drzewostanów sosnowych Puszczy Niepołomickiej.* Sylwan 155, 5: 301–312.
- Socha J. 2011. *Krzywe bonitacyjne świerka pospolitego na siedliskach górskich.* Sylwan 155, 12: 816–826.
- Socha J. 2012. *Long-term effect of wetland drainage on the productivity of Scots pine stands in Poland.* For. Ecol. Manage. 274: 172–180.
- Solberg S., Andreassen K., Clarke N., Tørseth K., Tveito O.E., Strand G.H., Tomter S. 2004. *The possible influence of nitrogen and acid deposition on forest growth in Norway.* For. Ecol. Manage. 192: 241–249.
- Spiecker H., Mielikäinen K., Köhl M., Skovsgaard J.P. 1996. *Growth trends in European forests.* Springer-Verlag, Berlin Hiedelberg.
- Yue C., Mäkinen H., Klädtke J., Kohnle U. 2014. *An approach to assessing site index changes of Norway spruce based on spatially and temporally disjunct measurement series.* For. Ecol. Manage. 323: 10–19.

PODZIĘKOWANIA

* Praca sfinansowana ze środków z działalności statutowej Zakładu Biometrii i Produkcyjności (DS-3418/ZBiPL/2015)

Summary

Jarosław Staniaszek, Jarosław Socha

Long-term trends in height growth dynamics of Scots pine in Niepołomice Forest

The aim of the research was to compare height growth rate of Scots pine trees from Niepołomice forest in dependence on age of germination. The research materials consisted stem analysis results of dominant trees selected and cut from 87 circular, 0.05 ha sample plots, established in the Niepołomice Forest on a regular (750 × 750 m) grid. The course of height growth of individual trees was reconstructed on the basis of stem analysis. We hypothesized that both height growth and height increment is dependent on age of stand germination.

The analysis of height growth of Scots pine was conducted after allocation of growth data to three groups of stands created in dependence on year of germination: 1860–1900, 1901–1945 and 1946–1993.

As a result of conducted analysis an significant differences in tree height growth dynamics were observed in dependence on year of stand germination (fig. 1). Scots pine trees from stands germinated in the period 1946–1993 shows significantly accelerated height growth in comparison to observed both in the case of stands germinated in the period 1860–1900 and 1901–1945 (fig.1). The trees from the stands germinated between 1946 and 1993 were higher than the trees from 1860–1900 group by on average 39% at the age of 20 and 26% at the age of 50 (fig. 2).

The differences observed between the course of height are confirmed in the course of current annual height increment (fig. 3). The earliest culmination and the largest absolute values of increment at the age of culmination are exhibited by the trees from the group of the youngest stands germinated between 1946-1993.

The site index was determined on the basis of formula (1). Compared with the data from the oldest stands the site index determined on the basis of data from 1901–1945 period are higher on average by 2.73 m (10.5%), whereas the site index calculated on the basis of data from 1946–1993 period are higher by 5.25 m (20.2%), (fig. 4).

The changes in site productivity constitute a complex process resulting from multiple factors. One of the basic hypothetical causes of observed changes in increment dynamics are site eutrophication and climate change. Identification of changes occurring in tree and stand height growth dynamics, in the context of changes taking place in the environment, should constitute an important component of analysis of effectiveness of adaptation processes of individual tree species, which allows for mitigation of the effects of observed and forecasted climate changes.

OCENA JAKOŚCIOWA OWADÓW ZASIEDLAJĄCYCH SZYSZKI MODRZEWIA EUROPEJSKIEGO *LARIX DECIDUA* MILL. POCHODZĄCYCH Z NADLEŚNICTWA MYŚLENICE (RDLP W KRAKOWIE)

Małgorzata Skrzypczyńska
Ewelina Furgała

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Al. 29-Listopada 46, PL 31-425 Kraków
Instytut Ochrony Ekosystemów Leśnych
rlwaga@cyf-kr.edu.pl

ABSTRACT

Skrzypczyńska M., Furgała E., 2015. *The qualitative estimation of insects inhabiting European larch Larix decidua Mill. cones originating from the Forest District Myślenice (the Kraków Forest Region)*. Acta Agr. Silv. ser. Silv. 53: 61–70.

A field study on insects inhabiting cones of *Larix decidua* Mill. was carried out in the Forest District Myślenice in 2013. A total of 1605 cones (9 samples) from larches were collected for analysis and for rearing. Moreover 2700 seeds extracted from cones, were analysed. As a result of the studies 8 taxa (126 specimens) were obtained. They belong to orders: Hymenoptera and Diptera. *Megastigmus pictus* (Först.) (Hym.: Torymidae) destroyed 2.70% of analysed seeds. *Strobilomyia laricicola* (Karl) (Dipt.: Anthomyiidae) inhabited 4.4% of analysed cones. Information on parasitoids are given.

KEY WORDS: *Larix decidua*, cones, seeds, insects

SŁOWA KLUCZOWE: *Larix decidua*, szyszki, nasiona, owady

I. WSTĘP I CEL PRACY

W naszym kraju modrzew europejski *Larix decidua* Mill. – ze względu na swe właściwości użytkowe i hodowlane – jest cenionym gatunkiem domieszkowym w drzewostanach wielogatunkowych. Jako gatunek szybkoorosnący jest zalecany do upraw plantacyjnych w sześciu krainach (Jaworski 1994), dlatego zapotrzebowanie na sadzonki modrzewia jest duże. Ciągły niedobór nasion o odpowiedniej jakości ogranicza to zapotrzebowanie. Mimo że modrzew obradza co 2–3 lata, odsetek nasion „zdrowych”, tj. zdolnych do kiełkowania, jest kilkakrotnie niższy niż u innych drzew iglastych. Na jakość nasion modrzewia niewątpliwie wpływają owady uszkadzające szyszki i zawarte w nich nasiona, tj. konofagi oraz seminfagi.

Spośród konofagów modrzewia najczęściej wymieniane są: śmietka modrzewiówka *Strobilomyia laricicola* (Karl, 1928) (Diptera: Anthomyiidae) i szyszeń popolity *Dioryctria abietella* (Denis et Schiffermüller, 1775) (Lepidoptera: Pyralidae) (Kapuściński 1966, Skrzypczyńska 1973a, 1974b, c, 1992, 1996, 2001, Matschek 1978, Roques 1983, Szmidt 1986). Rzadziej jako szkodnik szyszek modrzewia

wymienia się zwójkę *Retinia perangustana* (Snellen, 1863) (Lepidoptera: Tortricidae) (Skrzypczyńska 1977c, Razowski 1987).

Wśród seminifagów najczęściej notowany jest znamionek modrzewiowiec *Megastigmus pictus* (Förster, 1841) (Hymenoptera: Torymidae) (Kapuściński 1948, 1966, Szmidt 1954, 1965, 1986, Skrzypczyńska 1973b, 1974a, 1977b, 1978a, 1996, Schwenke 1982, Roques i Skrzypczyńska 2003 oraz Skrzypczyńska i Sikora 2013). Straty w nasionach powodowane przez ten gatunek ulegają wahaniom, nawet od 2 do 63%; przeciętnie 23,6% (Skrzypczyńska 1973b, 1996). Innym seminifagiem modrzewia jest *Eurytoma* sp. (Hymenoptera: Eurytomidae) (Skrzypczyńska 1974b, Zerova 1978, Szmidt 1986) oraz reseliówka modrzewiówka *Reseliella skuhravyorum* (Skrzypczyńska, 1975) (Diptera: Cecidomyiidae) (Skrzypczyńska 1977a, Skuhrová i in. 2008).

Szyszki modrzewia stanowią specyficzne mikrośrodowisko (Karpiński 1967), z którym związane są – oprócz kono- i seminifagów – również ich parazytoidy i owady przypadkowe. Najczęściej występującymi parazytoidami są: *Mesopolobus zetterstedtii* (Dalla Torre, 1898) (Hymenoptera: Pteromalidae), *Eupelmus urozonus* (Dalman, 1820) (Hymenoptera: Eupelmidae), których żywicielem jest *M. pictus*; *Eupelmus pullus* (Ruschka, 1921) – z żywiciela *R. skuhravyorum* (Skrzypczyńska 1973c, Skrzypczyńska i Sikora 2013).

Szyszki modrzewia zasiedlają także saprofagi, m.in. *Asynapta strobi* (Kieffer, 1920) (Diptera: Cecidomyiidae) oraz *Lycoriella* sp. (Diptera: Sciaridae) (Skrzypczyńska 1977b).

Na obszarze Nadleśnictwa Myślenice dotychczas prawie zupełnie nie prowadzono badań na temat owadów zasiedlających szyszki i nasiona modrzewia. W latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku w próbie szyszek *L. decidua*, zebranej w wymienionym nadleśnictwie, w wyluszczonych nasionach stwierdzono larwy znamionka modrzewiowca *M. pictus*. Jednak z tej próby szyszek – na drodze hodowli – nie uzyskano ani jednego owada doskonałego *M. pictus* (Skrzypczyńska 1973b).

Dlatego podjęto badania, których celem było:

- określenie składu gatunkowego i ilościowego owadów zasiedlających szyszki modrzewia europejskiego z Nadleśnictwa Myślenice,
- ustalenie zdrowotności tych szyszek oraz nasion.

II. MATERIAŁY I METODY

Badany materiał stanowiły próby szyszek modrzewia europejskiego *Larix decidua* Mill., które zebrano w drzewostanach Nadleśnictwa Myślenice (RDLP w Krakowie) w 9 wydzieleniach we wrześniu 2013 roku. Próby szyszek uzyskano ze świeżo ściętych 9 modrzewi w następujących Leśnictwach: Harbutowice oddz. 52f, 55c, 55d; Łętownia oddz. 266b, 270a; Ukleina, oddz. 134d, 137a oraz Toporzysko oddz. 510b, 475d. Modrzewie te rosły na siedlisku lasu wyżynnego świeżego i lasu górskiego świeżego (*Plan Urządzania Lasu...* 2008). Szyszki zbierano do woreczków foliowych, do których dołączono etykietkę z numerem próby i datą

zbioru. Łącznie pobrano 9 prób, które zawierały 1605 szyszek. W laboratorium wszystkie próby szyszek poddano analizie. Wyróżniano szyszki normalnie wykształcone (nieuszkodzone) oraz szyszki skrzywione i zażywiczone. Dla ustalenia uszkodzenia szyszek przez śmietkę modrzewiówkę *S. laricicola* z każdej próby pobierano 10% szyszek. Szyszki te rozcinano wzdłuż trzpienia sekatorem, aby ewentualnie stwierdzić charakterystyczne rozszerzenie i zażywiczenie trzpienia szyszki, tj. ślady żerowania larw śmietki.

Następnie z każdej próby szyszek wyłuszczone po 300 nasion; łącznie 2700 egz. Nasiona analizowano metodą krajania, wyróżniając 3 grupy nasion: (1) zdrowe, czyli zdolne do kiełkowania, (2) płonne i (3) z larwą owada.

Z kolei próby szyszek założono do hodowli masowych. Szyszki umieszczono w szklanych słojach, których otwór zabezpieczono gęstą siatką styronową. Na dno słoików położono warstwę ligniny; dla utrzymania odpowiedniej wilgotności hodowle spryskiwano wodą. Hodowle kontrolowano codziennie; wylęgnięte owady umieszczano w probówkach i dołączano etykietkę z numerem próby i datą wylęgu. Po zakończeniu procesu wylęgania się owadów hodowle prześwietlono, martwe owady wyjęto oraz zabezpieczono w probówkach, do których dołączono etykietkę zawierającą numer próby i datę przeglądu. Następnie wszystkie uzyskane owady zostały oznaczone.

Wyniki analiz szyszek i nasion modrzewia oraz rezultaty hodowli laboratoryjnych zamieszczono w tabelach 1–3.

III. WYNIKI

Analiza 159 rozkrojonych szyszek modrzewia europejskiego *Larix decidua* Mill. wykazała objawy żerowania larw śmietki modrzewiówki *Strobilomyia laricicola*. Uszkodzenia te w postaci rozszerzonego i zażywiczonego trzpienia stwierdzono w 7 szyszkach (4,40%) (tab. 1). Odsetek uszkodzeń wahał się od 7,14% (próba nr 4) do 13,79% (próba nr 9). W pozostałych sześciu próbach nie odnotowano śladów żerowania śmietki modrzewiówki.

Analiza 2700 nasion modrzewia europejskiego wykazała, że 73 nasiona (2,70%) były uszkodzone przez larwy znamionka modrzewiowca *M. pictus*. Odsetek zasiedlonych nasion wahał się od 0,67% (próba nr 3) do 2,67% (próba nr 9).

W próbach nr 2 i nr 7 odsetek uszkodzonych nasion był zbliżony do siebie i wynosił odpowiednio 1,33% i 1,67%. W pozostałych próbach nie stwierdzono nasion z larwą wymienionego seminifaga. Ponadto tylko w jednej próbie (nr 5) odnotowano 1 nasienie zniszczone przez gąsienicę szyszenia pospolitego *Dioctria abietella* (tab. 2).

Wśród analizowanych nasion 681 egz. (25,22%) było pełnych, tj. zdolnych do kiełkowania. Odsetek takich nasion wynosił od 13% (próba nr 9) do 46% (próba nr 2). Stwierdzono również 1945 nasion płonnych, co stanowi 72,04% ogółu analizowanych nasion. Każda analizowana próba nasion zawierała wysoki odsetek nasion płonnych, który wahał się od 52,67% (próba nr 2) do 84,33% (próba nr 9) (tab. 2).

Tabela 1 – Table 1

Wyniki analiz szyszek modrzewia europejskiego *Larix decidua* Mill. zebranych w Nadleśnictwie Myślenice w 2013 r.

Results of the analyses of European larch *Larix decidua* Mill. cones collected in the Forest District Myślenice in 2013

Stanowisko Locality Leśnictwo, oddział Forest, section	Nr próby No. of sample	Liczba szyszek – Number of cones					
		zebra- nych collected	analizowa- nych analysed	w tym – including			
				uszkodzonych przez damaged by <i>S. laricicola</i>		nieuszkodzo- nych undamaged	
egz. spec.	egz. spec.	egz. spec.	%	egz. spec.	%		
Harbutowice oddz. 52 f	1	188	18	0		18	100
oddz. 55 c	2	170	17	0		17	100
oddz. 55 d	3	202	20	0		20	100
Łętownia oddz. 266 b	4	138	14	1	7,14	13	92,86
oddz. 270 a	5	104	10	0		10	100
Ukleina oddz. 134 d	6	161	16	2	12,50	14	87,50
oddz. 137 a	7	129	13	0		13	100
Toporzyska oddz. 510 b	8	220	22	0		22	100
oddz. 475 d	9	293	29	4	13,79	25	86,21
Razem / Total		1605	159	7	4,40	152	95,60

W rezultacie przeprowadzonych badań uzyskano 8 taksonów owadów (w tym 5 oznaczono do gatunku) reprezentowanych przez 126 okazów. Owady te należały do rzędu błonkoskrzydłych (Hymenoptera) i muchówek (Diptera). Liczba błonkówek i muchówek wynosiła odpowiednio 102 (80,95%) i 24 okazy (19,05%).

Najliczniejszym seminifagiem okazał się znamionek modrzewiowiec *Megastigmus pictus* (Först.) (Hymenoptera: Torymidae). Łącznie uzyskano 77 okazów. Liczba okazów tego gatunku wahała się od 2 egz. (próba nr 3) do 16 egz. (próba nr 5).

Szkodnikiem nasion okazała się również *Eurytoma* sp. (Hymenoptera: Eurytomidae); łącznie uzyskano zaledwie 3 imagines, po jednym okazy z prób nr 4, 6 i 7.

Wśród błonkoskrzydłych występowały również parazytoidy larw *M. pictus*. Jednym z nich był *Mesopolobus zetterstedtii* (Dalla Torre) (Hymenoptera: Pteromalidae); łącznie odnotowano 6 imagines. Kolejnym parazytoidem larw znamionka modrzewiowca okazał się *Eupermus urozonus* Dalm. (Hymenoptera: Eupelmidae), którego łącznie uzyskano 7 imagines. Z tej samej rodziny wykazano *Eupelmus pullus* Rusch. – parazytoida larw *Resseliella skuhravyorum* Skrzypcz., którego stwierdzono w liczbie 6 egz. Wyhodowano także *Aphanogmus* sp. (Hymenoptera: Ceraphronidae) – parazytoida larw *Asynapta strobi* (Kieff.); łącznie 3 egz.

Tabela 2 – Table 2

Wyniki analiz nasion wyluszczonej z szyszek modrzewia europejskiego *Larix decidua* Mill. zebranych w Nadleśnictwie Myślenice w 2013 r.
Results of the analyses of seeds extracted from the cones of *Larix decidua* Mill. collected in the Forest District Myślenice in 2013

Nr próby No. of sample	Liczba anlizowanych nasion Number of analysed seeds	Liczba nasion – Number of seeds							
		zdrowych viable		płonných infertile		uszkodzonych przez / damaged by			
						<i>M. pictus</i>		<i>D. abietella</i>	
		egz. spec.	%	egz. spec.	%	egz. spec.	%	egz. spec.	%
1	300	97	32,33	194	64,67	9	3,00	0	0
2	300	138	46,00	158	52,67	4	1,33	0	0
3	300	101	33,67	197	65,67	2	0,67	0	0
4	300	41	13,67	247	82,33	12	4,00	0	0
5	300	58	19,33	226	75,33	15	5,00	1	0,33
6	300	41	13,67	247	82,33	12	4,00	0	0
7	300	68	22,67	227	75,67	5	1,67	0	0
8	300	98	32,67	196	65,33	6	2,00	0	0
9	300	39	13,00	253	84,33	8	2,67	0	0
Razem Total	2700	681	25,22	1945	72,04	73	2,70	1	0,04

Muchówki były reprezentowane przez 2 taksony saprofagów: *Lycoriella* sp. (Sciaridae) – 2 egz. oraz *Asynapta strobi* (Kieff.) (Cecidomyiidae) – 22 egz. (tab. 3).

IV. DYSKUSJA

W drugiej połowie ubiegłego wieku przeprowadzono podobne badania (Skrzypczyńska 1973b, 1978a, b). Obejmowały one również szyszki modrzewia europejskiego zebrane na terenie Nadleśnictwa Myślenice. Z około 1 kg próby szyszek nie uzyskano wówczas – na drodze hodowli – imagines *M. pictus* ani parazytoidów larw tego seminafaga. Jednak podczas analizy nasion – metodą krajania – stwierdzono nasiona zasiedlone przez larwę *M. pictus* (Skrzypczyńska 1973b). Obecnie przeprowadzone badania wykazały obecność imagines zarówno *M. pictus* (4 egz.), jak i jego parazytoidów, tj. *M. zetterstedtii* (6 egz.) oraz *E. urozo-nus* (7 egz.) (tab. 3). Uwzględniając liczbę larw znamionka modrzewiowca uzyskanych podczas analizy nasion, stwierdzono łącznie 77 egz. *M. pictus* (tab. 3).

Wyraźna dysproporcja pomiędzy liczbą wyhodowanych imagines *M. pictus* a liczbą jego larw zasiedlających nasiona mogła być spowodowana zjawiskiem diapauzy. Zjawisko to polega na przelegiwaniu larw znamionka modrzewiowca w nasionach przez 2–3 lata (Kapuściński 1966). W ten sposób wylęg imagines – po

Tabela 3 – Table 3

Zestawienie owadów – według grup troficznych – uzyskanych z szyszek modrzewia europejskiego *Larix decidua* Mill. zebranych w Nadleśnictwie Myślenice w 2013 r.

Specification of insects – according to trophic groups – obtained from *Larix decidua* Mill. cones collected in the Forest District Myślenice in 2013

Rząd Ordo	Rodzina Family	Gatunek Species	Grupa troficzna Trophic group	Numer próby – No. of sample									Ra- zem Total	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Hyme- noptera	Torymi- dae	<i>Megastig- mus pictus</i> (Först)	seminifag	(9)*	(4)	(2)	(12) 1	(15) 1	(12)	(5) 1	(6)	(8) 1	(73) 4	
	Euryto- midae	<i>Eurytoma</i> sp.	seminifag				1		1	1			3	
	Pteroma- lidae	<i>Mesopolo- bus zetter- stedtii</i> (Dalla Torre)	parazy- toid	1				3				2	6	
	Eupelmi- dae	<i>Eupel- mus pullus</i> Rusch.	parazy- toid							1	3		2	6
		<i>Eupelmus</i> <i>urozonus</i> Dalm.	parazy- toid					4	2				1	7
	Ce- raphroni- dae	<i>Aphanog- mus</i> sp.	parazy- toid	1	1	1								3
Diptera	Sciaridae	<i>Lycoriel- la</i> sp.	saprofag			1			1				2	
	Cecido- myiidae	<i>Asynapta</i> <i>strobi</i> (Kieff.)	saprofag	1	1	2	1	6		6	2	3	22	
Razem – Total				12	6	6	15	29	17	16	8	17	126	

* W nawiasach podano liczbę larw uzyskanych podczas analizy nasion.

In brackets the number of larvae obtained during the analyses of seeds is given.

Uwaga – Notice

seminifag – seminiphage

parazytoid – parasitoid

saprofag – saprophage

okresie diapauzy – dostosowany jest do lat nasiennych rośliny żywicielskiej. Wywołanie diapauzy spowodowane jest prawdopodobnie kombinacją wielu czynników, jak m.in. sygnały chemiczne wysyłane przez drzewo, łączny wpływ czynników klimatycznych (Roques 1989, Turgeon i de Groot 1992, Skrzypczyńska 1996).

Zasiedlenie analizowanych nasion przez *M. pictus* było w obecnych badaniach wielokrotnie niższe (2,7%) niż stwierdzone w latach 1970. (41%) (Skrzypczyńska 1973b). W naszym kraju gatunek ten uszkadza średnio 23% nasion modrzewia (Skrzypczyńska 1996). Rola tego seminifaga zmienia się w czasie. Według Szmida (1986) *M. pictus* niszczy 1% nasion modrzewia. W południowej Polsce w 2001 roku seminifag ten uszkodził średnio 2,1% nasion (Skrzypczyńska i Koziół 2001). Dużą rolę, jaką odgrywa *M. pictus* w ograniczaniu liczby nasion zdrowych, potęguje fakt obradzania modrzewi w okresie co 2–3 lata oraz występowanie dużego odsetka nasion płonnych (Skrzypczyńska 1973b). Obecnie przeprowadzona analiza 2700 nasion wykazała, że nasion płonnych było 1945, tj. 72% ogółu rozpatrywanych nasion. Wynik ten potwierdza dane z piśmiennictwa (Skrzypczyńska 1996, Skrzypczyńska i Koziół 2001). Według Chylareckiego (2000) powodem wysokiego odsetka nasion płonnych mogą być uszkodzenia szyszek przez spóźnione przymrozki. Problem ten był także rozpatrywany przez Skrzypczyńską i Koziół (2002).

Analizowane szyszki były uszkodzone przez smietkę modrzewiówkę *Strobilomyia laricicola*. Również w odniesieniu do tego konofaga procent uszkodzonych szyszek ulega zmianie w czasie. Według Szmida (1965) w latach 50. ubiegłego wieku *S. laricicola* opanowała 25% szyszek modrzewia, podczas gdy według Skrzypczyńskiej (1973a) w latach 1968–1970 *S. laricicola* uszkodziła od 20 do 90% szyszek. Obecnie przeprowadzone badania wykazały, że smietka modrzewiówka zasiedliła zaledwie 4,4% analizowanych szyszek (tab. 1).

Z prowadzonych hodowli uzyskano imagines *Eupelmus pullus* (6 egz.) specyficznego parazytoida larw reseliówki modrzewiówki *Resseliella skuhravyorum* Skrzypcz. (Diptera: Cecidomyiidae) (Skrzypczyńska 1978b). Mimo że z badanego materiału nie uzyskano larw ani imagines *R. skuhravyorum*, obecność tego parazytoida może wskazywać na zasiedlenie szyszek przez reseliówkę modrzewiówkę.

Z hodowli otrzymano również imagines saprofaga *Asynapta strobi* (Kieff.) (Diptera: Cecidomyiidae) (22 egz.) oraz jego parazytoida *Aphanogmus* sp. (Hymenoptera: Ceraphronidae) (3 egz.). W ubiegłych latach wymieniony saprofag i jego parazytoid często były uzyskiwane z szyszek modrzewi (Skrzypczyńska 1974b, Skrzypczyńska 1978b).

V. ZESTAWIENIE WYNIKÓW I WNIOSKI

1. Szyszki i nasiona modrzewia europejskiego *Larix decidua* pochodzące z Nadleśnictwa Myślenice były zasiedlone przez owady reprezentowane przez 8 taksonów (łącznie 126 egz.), wśród których *Megastigmus pictus* i *Eurytoma* sp. okazały się seminifagami.

2. Pozostałe owady wymienione w tabeli 3 należały do grupy troficznej parazytoidów i saprofagów.
3. Mały wpływ na zdrowotność nasion miał *M. pictus*, którego larwy zasiedliły 2,7% analizowanych nasion.
4. Na podstawie charakterystycznych uszkodzeń szyszek wykazano, że 4,4% analizowanych szyszek zasiedliła *Strobilomyia laricicola*, zatem konofag ten nie odgrywał roli gospodarczej.
5. Wyhodowanie parazytoidów larw *M. pictus*, tj. *Mesopolobus zetterstedtii* i *Eupelmus urozonus*, wskazuje na znaczący opór środowiska wobec tego semiofaga.
6. Obecność imagines *Eupelmus pullus*, podawanego jako parazytoidea larw *Reseliella skuhrayvorum*, może wskazywać na zasiedlenie szyszek modrzewia przez wymienioną muchówkę.

LITERATURA

- Chylarecki H. 2000. *Modrzewie w Polsce. Dynamika wzrostu, rozwój i ekologia wybranych gatunków i ras*. Bogucki Wyd. Nauk. S.C., Warszawa.
- Jaworski A. 1994. *Hodowla lasu. Wymagania siedliskowe ważniejszych gatunków drzew leśnych oraz zasady ich odnawiania*. AR, Kraków.
- Kapuściński S. 1948. *Nowe dla fauny Polski muchówki i błonkówki szkodniki owoców i nasion drzew i krzewów*. Kosmos, Ser. A, Rozpr. 45: 159–167.
- Kapuściński S. 1966. *Szkodniki owadzie nasion drzew leśnych*. PWRiL, Warszawa.
- Karpiński J. J. 1967. *Owady i pajęczaki przechodzące rozwój bądź zimujące w szyszkach modrzewi: polskiego (*Larix polonica* Rac.) i europejskiego (*Larix europea* Mill.)*. Prace IBL, 314–319: 81–112.
- Matschek M. 1978. *Familienreihe Pyraloidea, Zünsler*. [W:] *Die Forstschädlinge Europas*. W. Schwenke (red.). Bd. 3. Schmetterlinge. Verl. P. Parey, Hamburg und Berlin.
- Plan Urządzania Lasu dla Nadleśnictwa Myślenice*. Obręb: Myślenice na okres gospodarczy od 1 stycznia 2008 r. do 31 grudnia 2017r. 2008. BUL i GL, Kraków.
- Razowski J. 1987. *Motyle (Lepidoptera) Polski. Cz. VII – Uzupelnienia i eucosmini*. Monografie Fauny Polski. 15. Warszawa–Kraków, PWN.
- Roques A. 1983. *Les insectes ravageurs des cônes et graines de conifères en France*. INRA, Paris.
- Roques A. 1989. *New results and some thinking about significance and induction of prolonged diapause in cone insects with particular references to the larch cone fly (*Lasiomma melania*) and to the Douglas-fir seed chalcid (*Megastigmus spermotrophus*)*. Proc. of the 3rd Int. Conf. IUFRO Cone and Seed Insects, Victoria, B.C. Canada, 27–30 June 1988: 64–81.
- Roques A., Skrzypczyńska M. 2003. *Seed-infesting chalcids of the genus *Megastigmus* Dalman, 1820 (Hymenoptera, Torymidae) native and introduced to the West Palearctic region: taxonomy, host specificity and distribution*. Jour. of Natural History (UK), 37: 127–238.
- Schwenke W. 1982. *Familienreihe Chalcidoidea, Erzwespen*. [W:] *Die Forstschädlinge Europas*. W. Schwenke (red.) Bd. 4. Hautflügler und Zweiflügler. Verl. P. Parey, Hamburg u. Berlin.
- Skrzypczyńska M. 1973a. *Uszkodzenia szyszek modrzewiowych przez śmietkę modrzewiową *Hylemyia laricicola* (Karl) w Polsce*. Pol. Pismo Entom. 43: 383–394.

- Skrzypczyńska 1973b. *Znamionek modrzewiowiec* *Megastigmus pictus* (Förster) (= syn. *Megastigmus seitneri* Hoffmr.) (Hymenoptera, Torymidae) oraz jego pasożyty: *Eupelmus urozonus* Dalm. (Hymenoptera, Eupelmidae) i *Mesopolobus zetterstedtii* (Dalla Torre) (Hymenoptera, Pteromalidae). Acta Agr. et Silv. ser. Silv. 13: 121–162.
- Skrzypczyńska M. 1973c. *Zwei Parasitenarten* (Hym. Chalc., Eupelmidae und Pteromalidae) von *Megastigmus pictus* (Först.) (Hym., Chalc., Torymidae) in Lärchensamen. Anz. Schädlingskunde Pflanzen- und Umweltschutz 46: 60–61.
- Skrzypczyńska M. 1974a. O występowaniu samców znamionka modrzewiowca *Megastigmus pictus* (Först.) (Hymenoptera, Torymidae). Pol. Pismo Entom. 44: 571–576.
- Skrzypczyńska M. 1974b. *Materiały do znajomości entomofauny szyszek modrzewi: europejskiego* (*Larix decidua* Mill.) i polskiego (*Larix polonica* Rac.). Acta Zool. Cracov. 19: 327–336.
- Skrzypczyńska M. 1974c. Szyszeń pospolity *Dioryctria abietella* (Den. et Schiff). (Lepidoptera, Pyralidae) szkodnik szyszek modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) i polskiego (*Larix polonica* Rac.). Zesz. Nauk. AR w Krakowie, nr 92, Leśnictwo, 9: 543–558.
- Skrzypczyńska M. 1977a. *Reseliówka modrzewiówka* *Resseliella skuhravyorum* Skrzypcz. (Diptera, Cecidomyiidae), jej stadia rozwojowe, biologia i znaczenie gospodarcze. Acta Agr. et Silv. ser. Silv. 17: 97–113.
- Skrzypczyńska M. 1977b. Entomofauna of the cones of the European larch (*Larix decidua* Mill.) and Polish larch (*Larix polonica* Rac.) in Poland. Zeit. angew. Entom. 83: 238–247.
- Skrzypczyńska M. 1977c. *Petrova perangustana* Snellen (Lepidoptera: Tortricidae) szkodnik szyszek i nasion modrzewi w Polsce. Pol. Pismo Entom. 47: 117–121.
- Skrzypczyńska M. 1978a. Przegląd owadów znalezionych w szyszkach modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) i polskiego (*Larix polonica* Rac.). Pol. Pismo Entom. 48: 543–563.
- Skrzypczyńska M. 1978b. Parasites of insects damaging seeds and cones of the European *Larix decidua* Mill. and Polish larches *Larix polonica* Rac. in Poland. Entomophaga 23: 303–307.
- Skrzypczyńska M. 1992. *Živočišni škudci semen šišek a plodu lesnich dřevin*. [W:] J. Křístek (red.). *Škudci semen, šišek a plodu lesnich dřevin*. Brazda, Praha.
- Skrzypczyńska M. 1996. *Owady – szkodniki nasion i szyszek drzew iglastych*. Gutenberg, Kraków.
- Skrzypczyńska M. 2001. *Ochrona przed owadzimi szkodnikami nasion i owoców drzew leśnych*. [W:] O. Łęski (red.). *Poradnik ochrony lasu*. Oficyna edytorska „Wydawnictwo Świat”, Warszawa.
- Skrzypczyńska M., Kozioł M. 2001. Ocena jakościowa nasion modrzewia europejskiego *Larix decidua* Mill. pochodzących z wybranych stanowisk południowej Polski. Sylwan 145, 5: 39–44.
- Skrzypczyńska M., Kozioł M. 2002. Wpływ spóźnionych przymrozków oraz owadów na zdrowotność szyszek modrzewia europejskiego *Larix decidua* Mill. Acta Agr. et Silv. ser. Silv. 40: 49–66.
- Skrzypczyńska M., Sikora D. 2013. *Owady zasiedlające szyszki modrzewia europejskiego* *Larix decidua* Mill. w rezerwacie „Modrzewie” i jego otoczeniu (południowa Polska). Acta Agr. et Silv. ser. Silv. 51: 45–58.
- Skuhrová M., Skuhrový V., Skrzypczyńska M., Szadziewski R. 2008. Gall midges (Cecidomyiidae, Diptera) of Poland. Pruszczarki (Cecidomyiidae, Diptera) Polski. Annals of the Upper Silesian Mus. (Entomology), Bytom 16: 5–160.
- Szmidt A. 1954. *Owady niszczące nasiona modrzewi i ich zwalczanie*. Las Pol. 4: 13–16.
- Szmidt A. 1965. *Rola szkodliwych owadów w bilansie strat nasion ważniejszych drzew leśnych*. Rocz. WSR w Poznaniu, 27: 238–241.
- Szmidt A. 1986. *Ważniejsze szkodniki*. [W:] S. Białobok (red.). *Nasze drzewa leśne. Monografie popularnonaukowe*. T. 6 – *Modrzewie Larix* Mill. PWN, Warszawa–Poznań.

Turgeon J. J., De Groot P. 1992. *Management of insect pests of cones in seed orchards in Eastern Canada*. Forestry Canada, Forest Pest Management Institute, Sault Ste. Marie, Ontario, Canada.

Zerova M. 1978. *Sem. Eurytomidae- Evritomidy*. [W:] G.S. Medvedev (red.). *Opredelitel' nasekomych evropejskoj časti SSSR*. T. III, č. 2. Nauka, Leningrad.

Summary

Małgorzata Skrzypczyńska, Ewelina Furgala

The qualitative estimation of insects inhabiting European larch *Larix decidua* Mill. cones originating from the Forest District Myślenice (the Kraków Forest Region)

Investigations on the qualitative estimation of cones of European larch *Larix decidua* Mill. were conducted in the Forest District Myślenice (the Kraków Forest Region) in 2013. In the 9 localities, in total 1605 cones (9 samples) were collected (Table 1). Cone samples were used for analysis and for mass rearing in glass jars. Moreover a total of 2700 seeds (300 seeds from each sample) after extraction from cones, were analysed by cutting. The following seed groups were distinguished: viable, infertile and insect damage seeds.

The analysis of cones showed that conophagous insect, i.e. *Strobilomyia laricicola* (Karf) (Diptera: Anthomyiidae) destroyed 4.40% of all examined cones (Table 1).

An analysis of 2700 seeds shown that *Megastigmus pictus* (Först.) (Hymenoptera: Torymidae) destroyed 2.70% seeds, and conophagous insect, namely *Dioryctria abietella* (Den. et Schiff.) (Lepidoptera: Pyralidae) only 0.04% seeds. It appeared that were 25.22% of viable seeds and 72.04% of infertile seeds (Table 2).

As a result of investigations 8 taxa (126 specimens) were obtained (Table 3). They belong to 2 orders: Hymenoptera and Diptera.

Insects represented the seminiphages: *M. pictus* and *Eurytoma* sp. (Hymenoptera: Eurytomidae). Among the insects obtained *Lycoriella* sp. (Diptera: Sciaridae) and *Asynapta strobi* (Kieff.) (Diptera: Cecidomyiidae) were saprophages.

During investigations parasitoids of these insects were noted: *Mesopolobus zetterstedtii* (Dalla Torre) (Hymenoptera: Pteromalidae) and *Eupelmus urozonus* Dalm. (Hym.: Eupelmidae) – from host *Megastigmus pictus* as well as *Eupelmus pullus* Rusch. – host *Resseliella skuhravyorum* Skrzypcz. (Dipt.: Cecidomyiidae) and *Aphanogmus* sp. (Hym.: Ceraphronidae) – from host *Asynapta strobi* (Kieff.).

**RECENZENCI ARTYKUŁÓW OPUBLIKOWANYCH
W „ACTA AGRARIA ET SILVESTRIA SER. SILVESTRIS”
VOL. LII (2014), LIII (2015)**

Włodzimierz Buraczyk, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Wojciech Grodzki, Instytut Badawczy Leśnictwa w Krakowie
Roman Jaszczak, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Andrzej Jaworski, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Jerzy Lesiński, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Andrzej Mazur, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Wojciech Ochał, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Kinga Skrzyszewska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Jerzy Skrzyszewski, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Edward Stępień, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Mieczysław Turski, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Paweł Tylek, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Bogdan Wiśniowski, Ojcowski Park Narodowy
Stanisław Zięba, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Andrzej Żyromski, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

SPIS TREŚCI CONTENTS

J. BANACH, K. SKRZYŹEWSKA, D. SOBASZEK: Porównanie oceny żywotności nasion sosny zwyczajnej wykonanej metodą rentgenowską i metodą kiełkowania	3
J. BANAŚ, S. ZIĘBA, L. BUJOCZEK, M. POLAK, R. ZYGMUNT: Wpływ intensywności cięć na postać i strukturę wybranych różnowiekowych drzewostanów jodłowych w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy	15
G. DURŁO, K. JAGIEŁŁO-LEŃCZUK, J. BANACH, M. KORMANEK, S. MAŁEK, K. DUDEK, J. BARSZCZ, I. SKOWROŃSKA: Gospodarka wodna sadzonek sosny pospolitej (<i>Pinus sylvestris</i> L.) produkowanej w technologii kontenerowej	25
K. PRZYBYLSKA, S. ZIĘBA, J. BANAŚ, L. BUJOCZEK, R. ZYGMUNT, M. DOLEŻUCHOWICZ, M. MAZUR, G. MĘYNARCZYK: Regionalne zróżnicowanie rozkładu drzewostanów w klasach wieku w Polsce	37
J. STANIASZEK, J. SOCHA: Długookresowe trendy w dynamice wzrostu wysokości sosny zwyczajnej w Puszczy Niepołomickiej	49
M. SKRZYPCZYŃSKA, E. FURGAŁA: Ocena jakościowa owadów zasiedlających szyszki modrzewia europejskiego <i>Larix decidua</i> Mill. pochodzących z Nadleśnictwa Myślenice (RDLP w Krakowie)	61

Journal indexed by
POLISH SCIENTIFIC JOURNALS CONTENTS — LIFE SCI.

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



POLSKA AKADEMIA NAUK
ODDZIAŁ W KRAKOWIE