

TADEUSZ ZACHARA

## Długotrwałe efekty różnego nasilenia trzebieży selekcyjnej w drzewostanie sosnowym

Long-term effects of different thinning intensity in young Scots pine stands

### ABSTRACT

Zachara T. 2017. Długotrwałe efekty różnego nasilenia trzebieży selekcyjnej w drzewostanie sosnowym. Sylwan 161 (9): 730-737.

The paper describes a case study of thinning experiment established in 1976 with a use of random block design in 21-year-old Scots pine stand in Janów Lubelski Forest District (south-eastern Poland). The stand was subjected to no thinning (control variant K), weak thinning with removal of 10% of basal area (variant S1), strong thinning with removal of 30% of basal area (variant S3) and extreme thinning, where only future crop trees and some reserve trees were left (variant TE). S1 and S3 treatments were repeated each 5 years, while in TE treatment the 20-year interval was applied. During the period of 40 years all trees were measured each 5 years and current basal area increment was calculated for the whole stand and for future crop trees population. The relative increment of future crop trees population calculated as a percentage of stand total increment was taken into account too. Data were subjected to ANOVA and differences were compared with Tukey test. The results showed that total stand increment was not influenced by thinning intensity. The future crop trees increment was significantly higher in a case of extreme thinning in comparison to weak thinning and to the control treatment during the first 20 years of experiment (age 21-41). During the second 20 years (age 41-61) only relative basal area increment of future crop trees population was significantly higher on the plots with extreme thinning in comparison to other treatments. The results suggest that a weak thinning brings no silvicultural effect meant as increased growth of previously selected future crop Scots pines. Strong or very strong thinnings give a long-term growth effect and they can be acceptable, but in healthy and well-tended young pine stands only.

### KEY WORDS

Scots pine, silviculture, tending cuts, basal area increment, stand resistance

### ADDRESSES

Tadeusz Zachara – e-mail: T.Zachara@ibles.waw.pl

Zakład Hodowli Lasu i Genetyki Drzew Leśnych, Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

## Wstęp

Cięcia pielęgnacyjne są nieodłącznym elementem wielofunkcyjnej gospodarki leśnej, łączącej cele ekologiczne, produkcyjne i społeczne [Bernadzki i in. 1999], a zatem problem ich nasilenia i częstotliwości dotyczy wszystkich kategorii lasu, poza rezerwatami ścisłymi. Prawidłowe prowadzenie tych cięć ma zapewnić odporność drzewostanu na czynniki biotyczne i abiotyczne

oraz poprawiać jakość surowca drzewnego. Wypracowane w poprzednich dekadach zasady prowadzenia cięć pielęgnacyjnych głównych gatunków lasotwórczych, sprowadzające się do zalecanej przez klasyczną hodowlę lasu reguły „wczesnie, umiarkowanie, często” [Leibundgut 1984], napotykały na trudności w realizacji spowodowane rosnącymi kosztami prac leśnych [Abetz 1970; Huss 1993] oraz związaną z próbami zaradzenia temu problemowi coraz większą ich mechanizacją [Walczak, Grodecki 2012; Hytönen, Moilanen 2014].

Ogólna tendencja modyfikacji metod pielęgnowania lasu polega na zwiększaniu nasilenia cięć (zwłaszcza trzebieży) i wydłużaniu okresu między nimi. Dotyczy to szczególnie sosny zwyczajnej, jako najważniejszego gatunku lasotwórczego. Wątpliwości co do słuszności tego kierunku związane są przede wszystkim z zagadnieniem szkód od czynników abiotycznych (głównie wiatru i śniegu) oraz biotycznych (grzybów, owadów), które mogą wystąpić zarówno w drzewostanach zaniedbanych pielęgnacyjnie, jak i po źle przeprowadzonych zabiegach [Liebeneiner 1969; Kowalski 1975; Abetz, Prange 1976; Rykowski, Sierota 1986; Zachara 1992; Peltola i in. 1999; Bruchwald, Dmyterko 2010; Dmyterko i in. 2015]. Wieloletnie badania prowadzone w Instytucie Badawczym Leśnictwa na stałych powierzchniach doświadczalnych pomagają odnaleźć odpowiedź na pytanie, jak cięcia o różnym nasileniu wpływają na wzrost całego drzewostanu oraz wybranych drzew dorodnych, a także jego odporność na szkody ze strony szkodliwych czynników [Bernadzki 1969; Gryniewicz 1972, 1988; Ilmurzyński 1974; Zachara 1999, 2000, 2014]. W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat, które upłynęły od założenia tych powierzchni, zmieniały się priorytety gospodarstwa leśnego, a także poglądy hodowców lasu na zagadnienie nasilenia cięć pielęgnacyjnych. Zabiegi określane w latach 60. i 70. jako „silne” (30-procentowa redukcja pola przekroju) są nazywane we współczesnych doświadczeniach zakładanych w drzewostanach sosnowych [Giuggiola i in. 2013] „słabymi”, a za „silny” uznawany jest tam zabieg, który określany był wówczas jako „ekstremalny” i zasadniczo nie był brany pod uwagę przy prowadzeniu badań. Wyjątkiem jest doświadczenie założone w 1976 roku w Nadleśnictwie Janów Lubelski, którego efekty prezentowane są w niniejszej pracy.

Celem pracy była ocena wpływu trzebieży o różnym nasileniu w drzewostanach z dominującą sosną na ich wzrost oraz jakość hodowlaną.

## Materiał i metody

Powierzchnia w Nadleśnictwie Janów Lubelski, leśnictwie Bukowa, oddz. 192, 218 i 219, została założona w 1976 roku w 21-letnim drzewostanie sosnowym I bonitacji (miejscami II) na siedlisku boru świeżego. Doświadczenie założone w układzie 3 bloków losowych służyło testowaniu wpływu trzebieży selekcyjnej o różnym nasileniu na stabilność i produktywność drzewostanu w II klasie wieku. Na powierzchni zastosowano następujące rodzaje cięć:

- K – brak zabiegu (kontrola),
- S1 – trzebież selekcyjna słaba, z obniżeniem pola przekroju o 10% w stosunku do wariantu kontrolnego w danym powtórzeniu,
- S3 – trzebież selekcyjna silna, z obniżeniem pola przekroju o 30%,
- TE – trzebież ekstremalna – w pierwszym cięciu usunięto ponad 60% pola przekroju.

W wariantach S1 i S3 zabiegi powtarzano co 5 lat, natomiast w wariantcie TE kolejny zabieg wykonano po 20 latach, obniżając pole przekroju do poziomu jak w wariantcie S3.

Wielkość każdej działki wynosi 0,1 ha. Przed wyznaczeniem pierwszej trzebieży na każdej działce wybrano i trwale oznakowano drzewa dorodne. Co 5 lat mierzono pierśnicę wszystkich drzew, zaś u około 30 drzew na każdej działce mierzono także ich wysokość w celu wyznaczenia równania regresji między pierśnicą a wysokością (krzywa wysokości). Obliczano liczbę drzew

i pierśnicowe pole przekroju w przeliczeniu na hektar, przeciętną pierśnicę i wysokość oraz wysokość górną jako przeciętną wysokość 100 najgrubszych drzew na hektarze. Ostatni pomiar wykonano w roku 2016, co zamyka 40-letni okres badawczy obejmujący w przybliżeniu całą II i III klasę wieku.

Na potrzeby niniejszego opracowania obliczono dla każdej działki bieżący przyrost pola przekroju drzewostanu według wzoru:

$$zG = G_k - G_p + G_u + G_w \quad [1]$$

gdzie:

- $G_k$  – końcowe pole przekroju,
- $G_p$  – początkowe pole przekroju,
- $G_u$  – pole przekroju drzew usuniętych na początku okresu,
- $G_w$  – pole przekroju wypadów w okresie między pomiarami.

Analogicznie obliczono przyrost pola przekroju populacji drzew dorodnych:

$$zG_{DD} = G_{kDD} - G_{pDD} + G_{uDD} + G_{wDD} \quad [2]$$

gdzie oznaczenia są takie jak we wzorze 1, ale odniesione tylko do tej kategorii drzew. Dla lepszego porównania przedstawiono wszystkie przyrosty w przeliczeniu na rok.

Wyliczono też udział przyrostu populacji drzew dorodnych w całkowitym przyroście drzewostanu:

$$UzG_{DD} = zG_{DD} / zG \quad [3]$$

Obliczenia takie przeprowadzono dla wszystkich okresów od początku prowadzenia badań oraz dla całego okresu badawczego łącznie. Uzyskane wyniki poddano dwuczynnikowej analizie wariancji (warianty i powtórzenia). W wypadku  $zG$  oraz  $zG_{DD}$  analizie podano wartości rzeczywiste, w wypadku  $UzG_{DD}$  – wartości transformowane za pomocą funkcji  $y = \arcsin \sqrt{p}$  [Tadeusiewicz i in. 1993]. Istotność różnic między średnimi oceniano testem Tukeya.

## Wyniki

CECHY BIOMETRYCZNE DRZEWOSTANU. W momencie rozpoczęcia doświadczenia liczba drzew była dość zróżnicowana i wahała się od 4873 szt./ha w wariacie trzebieży ekstremalnej do 6403 szt./ha w wariacie kontrolnym (tab. 1). Różnice pod względem pola przekroju wahały się w mniejszym zakresie – od 26,375 m<sup>2</sup>/ha w wariacie trzebieży słabej do 27,961 m<sup>2</sup>/ha w wariacie trzebieży ekstremalnej. W roku 1996 nastąpiło krótkotrwałe zaburzenie doświadczenia wskutek wykonania pozaplanowych cięć na części powierzchni, co znajduje odbicie w wynikach obrazujących cechy biometryczne drzewostanu w wieku 41 lat. W kolejnych latach doświadczenie przebiegało bez zakłóceń.

W momencie ostatniego pomiaru liczba drzew wahała się od 670 szt./ha w wariacie trzebieży silnej S3 do 1233 szt./ha w wariacie kontrolnym, a pole przekroju – od 29,135 m<sup>2</sup>/ha w wariacie S3 do 37,563 m<sup>2</sup>/ha w wariacie kontrolnym. Najwyższe wartości przeciętnej pierśnicy charakteryzował wariant trzebieży ekstremalnej. W wariacie kontrolnym i trzebieży słabej współczynnik smukłości całego drzewostanu ( $h/d$ ) przekraczał krytyczną wartość 100.

PRZYROST DRZEWOSTANU I DRZEW DORODNYCH W II KLASIE WIEKU. W odniesieniu do całego drzewostanu nie wykazano w II klasie wieku istotnego wpływu wariantu cięć na przyrost pola przekroju (tab. 2). Najwyższe wartości przyjmował przyrost w wariacie trzebieży silnej S3 (ryc. 1a). Dla samych drzew dorodnych, przez całą II klasę wieku, największy przyrost miał miejsce

Tabela 1.

Liczba drzew (N [szt./ha]), pierścnicowe pole przekroju (G [m<sup>2</sup>/ha]), przeciętna wysokość (H [m]), przeciętna pierśnica (D [cm]) oraz wysokość górna (Hg [m]) badanego drzewostanu w wieku 21, 41 i 61 lat  
Number of trees (N [trees/ha]), basal area (G [m<sup>2</sup>/ha]), average height (H [m]), average breast height diameter (D [cm]) and top height (Hg [m]) of the analysed stand at the age of 21, 41 and 61 years

		N	G	H	D	Hg
21	K	6403	27,473	9,4	7,4	11,5
	S1	5783	26,375	9,5	7,6	11,4
	S3	5093	27,634	10,2	8,3	11,9
	TE	4873	27,961	10,2	8,6	11,8
	Średnia Mean	5538	27,361	9,8	8,0	11,7
41	K	1707	28,254	16,6	14,7	18,2
	S1	1820	30,562	16,6	14,8	18,0
	S3	1243	26,331	16,9	16,6	18,6
	TE	953	26,744	17,8	18,9	18,9
	Średnia Mean	1431	27,973	17,0	16,3	18,4
61	K	1233	37,563	22,1	19,7	23,7
	S1	1030	32,831	20,8	20,2	22,2
	S3	670	29,135	22,9	23,7	24,4
	TE	693	33,269	23,5	24,7	24,5
	Średnia Mean	907	33,200	22,3	22,1	23,7

oznaczenia wariantów jak na rycinie 1; denotes of variants as in figure 1

w wariantcie trzebieży ekstremalnej TE (ryc. 2a). Wykazano istotny wpływ nasilenia cięć w drugim i trzecim pięcioleciu po rozpoczęciu doświadczenia. W pierwszym przypadku wariant TE różnił się istotnie od wariantu kontrolnego i trzebieży słabej S1, w drugim – tylko od trzebieży słabej. Podobne różnice charakteryzowały przyrost drzew dorodnych na przestrzeni całej II klasy wieku. Jeśli brać pod uwagę udział przyrostu drzew dorodnych w całkowitym przyroście drzewostanu, to zgodnie z oczekiwaniami przez całą II klasę wieku pozostawał on najwyższy w wariantcie TE (ryc. 3a). Istotnie różnił się od wariantu S1 i K w pierwszym i od wariantu S1 w ostatnim pięcioleciu, a łącznie w całej II klasie wieku różnił się istotnie od wszystkich pozostałych wariantów doświadczenia.

PRZYROST DRZEWOSTANU I DRZEW DORODNYCH W III KLASIE WIEKU. W kolejnych okresach III klasy wieku wpływ nasilenia cięć na całkowity przyrost drzewostanu również nie był istotny (tab. 2). To samo dotyczy całej III klasy wieku oraz II i III klasy wieku łącznie. Dla całej III klasy wieku największy przyrost odnotowano w wariantcie kontrolnym, a dla II i III łącznie – w wariantcie S3 (ryc. 1b).

Podobna sytuacja miała miejsce, jeśli chodzi o przyrost pola przekroju drzew dorodnych. W żadnym z badanych okresów nie stwierdzono istotnego wpływu wariantu cięć. Zgodnie jednak z ogólną tendencją nadal najwyższe wartości przyjmował on w wariantcie trzebieży ekstremalnej TE (ryc. 2b). Wpływ wariantu cięć dało się stwierdzić jedynie w wypadku udziału przyrostu drzew dorodnych w przyroście całkowitym (ryc. 3b), w drugim i trzecim okresie pomiarowym III klasy wieku. W pierwszym przypadku wariant TE różnił się istotnie od wariantu S1 i K, w drugim – tylko od S1. Podobny wynik stwierdzono dla całej III klasy wieku. W wypadku całej II i III klasy wieku wariant TE różnił się istotnie od wszystkich pozostałych wariantów.

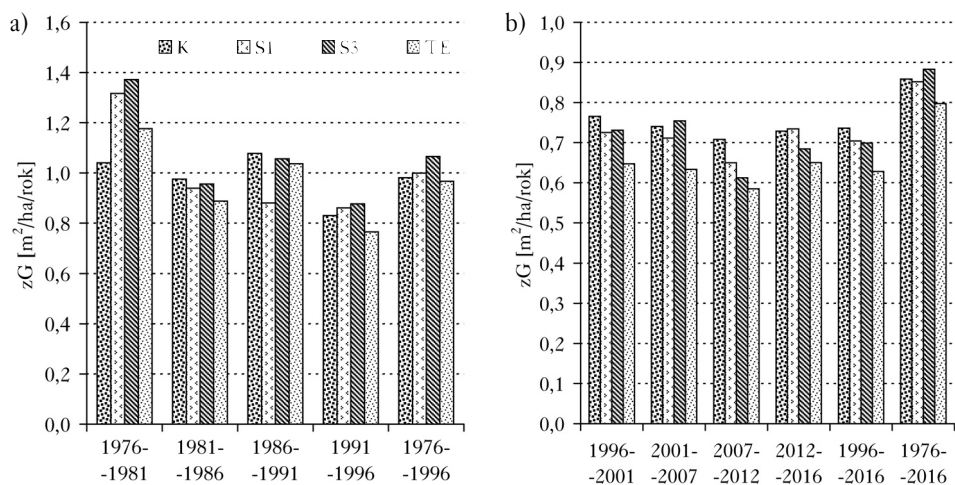
Tabela 2.

Ocena wpływu nasilenia trzebieży na przyrost pola przekroju drzewostanu ( $zG$ ) i drzew dorodnych ( $zG_{DD}$ ) oraz na względny przyrost pola przekroju drzew dorodnych ( $UzG_{DD}$ ) w poszczególnych okresach badawczych

Assessment of the influence of thinning intensity on basal area increment of stand ( $zG$ ) and of future crop trees ( $zG_{DD}$ ) as well as relative basal area increment of future crop trees ( $UzG_{DD}$ ) in consecutive periods

	$zG$		$zG_{DD}$		$UzG_{DD}$	
	F	Grupy	F	Grupy	F	Grupy
1976-1981	0,816		3,882		5,936*	1: S1, S3, K 2: K, TE
1981-1986	0,208		8,351*	1: S1, K, S3 2: S3, TE	4,494	
1986-1991	1,770		6,485*	1: S1, K, S3 2: K, S3, TE	2,238	
1991-1996	0,464		2,456		7,243*	1: S1, K, S3 2: K, S3, TE
1976-1996	0,829		7,272*	1: S1, K, S3 2: S3, TE	11,557**	1: S1, K, S3 2: TE
1996-2001	1,528		0,784		3,203	
2001-2007	0,970		0,768		5,700*	1: S1, K, S3 2: S3, TE
2007-2012	0,960		0,998		5,690*	1: S1, K, S3 2: K, S3, TE
2012-2016	0,489		0,580		1,966	
1996-2016	2,945		1,103		6,041*	1: S1, K, S3 2: K, S3, TE
1976-2016	1,270		3,866		9,542*	1: S1, K, S3 2: TE

\* istotność na poziomie 0,05, \*\* istotność na poziomie 0,01; Grupy – grupy jednorodne, oznaczenia wariantów jak na rycinie 1  
\* significant at 0.05, \*\* significant 0.01; Grupy – homogenous groups, denotes of variants as in figure 1



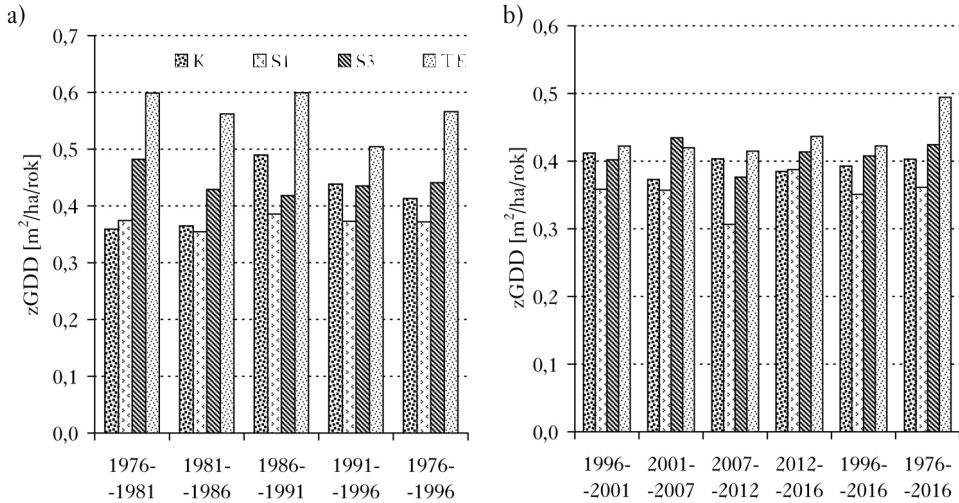
Ryc. 1.

Bieżący przyrost roczny pola przekroju drzewostanu w II (a) i III (b) klasie wieku

Current stand basal area increment in 2<sup>nd</sup> (a) and 3<sup>rd</sup> (b) age class

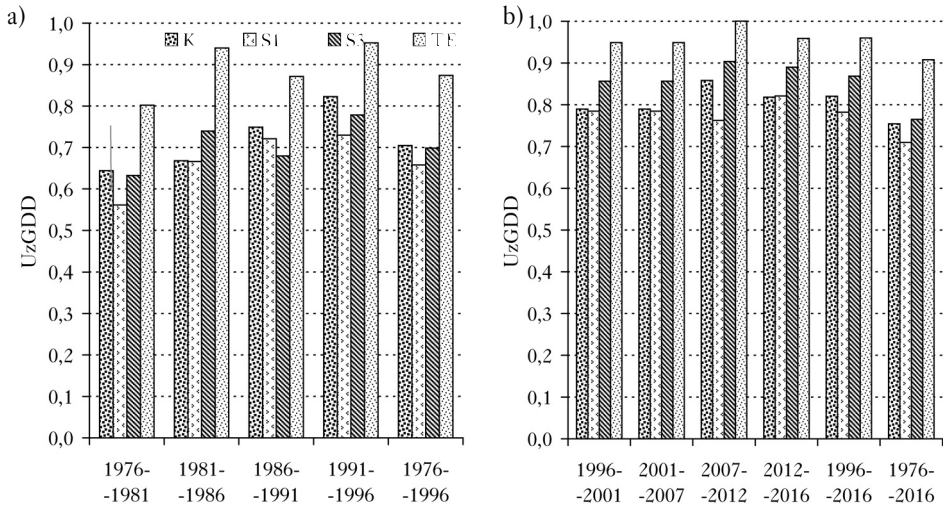
K – kontrola, S1 – trzebież selekcyjna słaba, S3 – trzebież selekcyjna silna, TE – trzebież ekstremalna

K – control (no thinning), S1 – weak thinning, S3 – strong thinning, TE – extreme thinning



Ryc. 2.

Bieżący przyrost roczny pola przekroju drzew dorodnych w II (a) i III (b) klasie wieku  
 Current basal area increment of future crop trees in 2<sup>nd</sup> (a) and 3<sup>rd</sup> (b) age class  
 oznaczenia jak na rycinie 1; denotes as in figure 1



Ryc. 3.

Transformowane wskaźniki udziału przyrostu pola przekroju drzew dorodnych w całkowitym przyroście drzewostanu w II (a) i III (b) klasie wieku

Transformed indices of fraction of current basal area increment of future crop trees in total increment of a stand in 2<sup>nd</sup> (a) and 3<sup>rd</sup> (b) age class  
 oznaczenia jak na rycinie 1; denotes as in figure 1

## Dyskusja

Badania nad wpływem nasilenia trzebieży na przyrost drzewostanu i drzew dorodnych na starszych powierzchniach IBL (Wyszków, Ostrów Mazowiecka, Myszyniec) obejmowały tylko II klasę wieku, gdyż w kolejnych latach doświadczenia te zostały zmodyfikowane. Ponadto nie był na nich testowany wariant trzebieży ekstremalnej. Uzyskane wyniki wskazywały na istotne różnice pod

względem przyrostu drzew dorodnych między wariantem kontrolnym a wariantem S3 [Zachara 1999].

Wyniki uzyskane na powierzchni Janów Lubelski potwierdzają opinię o decydującym znaczeniu pierwszego zabiegu dla ukształtowania struktury drzewostanu i zapewnienia przewagi wzrostu jego najcenniejszych składników [Liebeneiner 1969; Gruzel 2013; Mehtälto i in. 2014]. Korespondują też z wcześniejszym opracowaniem dotyczącym wskaźników przewagi, gdzie zestawiano zmiany przeciętnej pierśnicy porównywalnej grupy drzew dorodnych wybranych w poszczególnych wariantach cięć [Zachara 2014]. Warunkiem niezbędnym jest jednak wczesne wykonanie cięć, gdyż rozpoczynanie ich w późniejszym wieku nie zapewnia pożądanego efektu przyrostowego [Dušek i in. 2011].

Brak istotnych różnic pod względem przyrostu całego drzewostanu oznacza z kolei, że nawet ekstremalna trzebież przeprowadzona we wczesnej fazie rozwoju nie ma negatywnego wpływu na produktywność drzewostanu. W trakcie przebiegu doświadczenia nie zanotowano również poważniejszych szkód od czynników abiotycznych (wiatr, śnieg). Należy jednak zwrócić uwagę, że zastosowane ekstremalne cięcia miały ograniczony powierzchniowo zasięg i dlatego rekomendowanie ich na szeroką skalę mogłoby być ryzykowne ze względu na obniżenie odporności zespołowej [Zajączkowski 1990, 1994; Valinger, Fridman 1997; Mäkinen i in. 2005]. Z drugiej strony brak mierzalnych efektów trzebieży słabej w porównaniu z kontrolą oraz utrzymujący się przy tym wariacie cięć przez długi czas niekorzystny stosunek  $h/d$ , wskazujący na potencjalnie niską odporność indywidualną względem tych szkód [Abetz 1976; Konôpka i in. 1987], świadczy o słabej przydatności tej metody cięć. Z tego względu w drzewostanach zdrowych, bez zaniechań pielęgnacyjnych, należałoby w II klasie wieku preferować cięcia o dużym nasileniu, stopniowo przechodzące w zabiegi umiarkowane.

## Wnioski

- ✦ Długotrwały wpływ na właściwości przyrostowe drzewostanu sosnowego, a zwłaszcza jego elity (drzew dorodnych), najlepiej umożliwiają silne lub ekstremalne trzebieże, pozwalające na dobry rozwój koron i zapewniające wybranym drzewom przewagę nad otoczeniem. Drzewa dorodne, na których korzyść wykonano silną trzebież, mają szansę zachować przewagę do III klasy wieku.
- ✦ Słabe trzebieże nie dają wystarczającej pomocy drzewom dorodnym w konkurencji z otoczeniem, jak też w podnoszeniu indywidualnej odporności na szkody abiotyczne.
- ✦ Silne trzebieże można dopuszczać przede wszystkim we wczesnych fazach rozwojowych (początek II klasy wieku), w zdrowych drzewostanach bez zaniechań pielęgnacyjnych.

## Literatura

- Abetz P. 1970. Schwachholzmarkt und waldbauliche Konsequenzen bei Bestandesbegründung und Jungbestandspflege. AFZ 18: 368-370.
- Abetz P. 1976: Beiträge zum Baumwachstum. Der  $h/d$ -Wert – mehr als ein Schlankheitsgrad. Der Forst-u.Holz. 19: 389-393.
- Abetz P., Prange H. 1976. Schneebruchschäden vom März 1975 in einer Kiefernversuchsfläche mit geometrischen und selektiven Eingriffen in der nordbadischen Rheinebene. AFZ 28: 583-586.
- Bernadzki E. 1969. Zmiany wartości hodowlanej drzewostanu pod wpływem cięć liniowych. Sylwan 113 (10): 1-10.
- Bernadzki E., Ilmurzyński E., Szymański S. 1999. Trzebieże. Poradnik leśniczego. PWRiL, Warszawa.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2010. Metoda określania ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr. Leś. Pr. Bad. 2: 165-173.
- Dmyterko E., Mionskowski M., Bruchwald A. 2015. Zagrożenie lasów Polski na podstawie modelu ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr. Sylwan 159 (5): 361-371.
- Dušek D., Novak J., Slodičák M. 2011. Experimenty s výchovou borovice lesní na jižní Moravě – Strážnice I a Strážnice III. Zpr. Les. Vyzk. 56 (4): 283-290.

- Giuggiola A., Bugmann H., Zingg A., Dobbertin M., Rigling A. 2013. Reduction of stand density increases drought resistance in xeric Scots pine forests. *For. Ecol. Manage.* 310: 827-835.
- Gruzel M. 2013. Wpływ trzebieży na strukturę i wzrost drzewostanów sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*). Rozprawa doktorska. IBL, Sękocin.
- Grynkiewicz J. 1972. Wpływ trzebieży selekcyjnej i cięć liniowych na powstawanie szkód śniegowych w drzewostanach sosnowych. *Sylwan* 116 (3): 17-27.
- Grynkiewicz J. 1988. Próba weryfikacji biologiczno-hodowlanych klas drzew wyróżnionych w drzewostanach sosnowych II klasy wieku. *Prace Inst. Bad. Leś.* 661: 94-129.
- Huss J. 1993. Waldbau von neuen Herausforderungen bei Waldverjüngung und Jungbestandspflege. *Forstwiss. Centralbl.* 3: 278-286.
- Hytönen J., Moilanen M. 2014. Effect of harvesting method on the amount of logging residues in the thinning of Scots pine stands. *Biomass and Bioenergy* 67: 347-353.
- Ilmurzyński E. 1974. Badania nad trafnością wyboru drzew dorodnych w drzewostanach sosnowych, dębowych i bukowych. *Prace Inst. Bad. Leś.* 470: 1-50.
- Konópka J., Petráš R., Toma R. 1987. Štíhlostný koeficient hlavných drevín a jeho význam pri statickej stabilite porastov. *Lesnictvi* 33 (10): 887-904.
- Kowalski M. 1975. Wpływ cięcia liniowego na wartość hodowlaną drzewostanu na przykładzie powierzchni doświadczalnej w Lipcach Reymontowskich. *Zesz. Nauk. SGGW-AR* 22: 87-110.
- Leibundgut H. 1984. Die Waldpflege. 3 Auflage. Verlag Paul Haupt. Bern – Stuttgart.
- Liebeneiner E. 1969. Kiefern-Erstdurchforstung. *Forst-u. Holz* 1: 5-9.
- Mäkinen H., Hynynen J., Isomäki A. 2005. Intensive management of Scots pine stands in southern Finland: First empirical results and simulated further development. *For. Ecol. Manage.* 215: 37-50.
- Mehtätalo L., Peltola H., Kilpeläinen A., Ikonen V. P. 2014. The response of basal area growth of Scots pine to thinning: a longitudinal analysis of tree-specific series using a nonlinear mixed-effects model. *For. Sci.* 60: 636-644.
- Peltola H., Kellomäki S., Väisänen H., Ikonen V. P. 1999. A mechanistic model for assessing the risk of wind and snow damage to single trees and stands of Scots pine, Norway spruce and birch. *Can. J. For. Res.* 29: 647-661.
- Rykowski K., Sierota Z. 1986. Działalność huby korzeni na gruntach porolnych w związku z różnymi rodzajami cięć pielęgnacyjnych. *Prace Inst. Bad. Leś.* 634: 61-80.
- Tadeusiewicz R., Izvorski A., Majewski J. 1993. *Biometria*. Wyd. AGH, Kraków.
- Valinger E., Fridman J. 1997. Modelling probability of snow and wind damage in Scots pine stands using tree characteristics. *For. Ecol. Manage.* 97: 215-222.
- Walczak M., Grodecki J. 2012. A model describing forwarder based logging performance in pine stands thinnings. *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar.* 11 (3): 55-63.
- Zachara T. 1992. Wzrost drzewostanu sosnowego na gruncie porolnym, traktowanego cięciami liniowymi i selekcyjnymi. *Sylwan* 136 (9): 33-40.
- Zachara T. 1999. Influence of selective thinning on growth of future crop trees population in young Scots pine stands. *Folia For. Pol.* A 41: 87-103.
- Zachara T. 2000. Wpływ trzebieży selekcyjnej na strukturę biosocjalną drzewostanu sosnowego w II klasie wieku. *Prace Inst. Bad. Leś.* 3 (902): 35-61.
- Zachara T. 2014. Wpływ metod trzebieży na wskaźniki przewagi konkurencyjnej drzew dorodnych w jednowiekowych drzewostanach sosnowych II i III klasy wieku. *Leś. Pr. Bad.* 1: 31-45.
- Zajączkowski J. 1990. Stabilisierende Gruppendurchforstung in Kiefernbeständen. *Forstarchiv* 1: 39-40.
- Zajączkowski J. 1994. Biogrupy drzew w drzewostanach – możliwości i celowość ich wykorzystania przy prowadzeniu trzebieży. *Prace IBL A* 778: 1-38.