


# Reakcja przyrostowa drzewostanów sosnowych w nadleśnictwie Lidzbark na cięcia pielęgnacyjne wykonane w różnych technologiach

Longina Chojnacka-Ożga, Tadeusz Iskra, Wojciech Ożga

**Abstrakt.** Celem badań było określenie wpływu trzebieży późnej wykonanej w dwóch różnych technologiach na przyrost radialny drzew w średnio-wiekowych drzewostanach sosnowych rosnących w Nadleśnictwie Lidzbark. Materiał badawczy zebrano w drzewostanach sosnowych, w których w latach 2009-2011 przeprowadzono trzebież późną metodą ręczno-maszynową (3 powierzchnie) i maszynową (3 powierzchnie) oraz w drzewostanie kontrolnym, w którym nie prowadzono zabiegów gospodarczych od 2000 roku. W każdym drzewostanie świdrem Presslera pobrano wywierty z wysokości pierśnicy, łącznie pobrano 98 prób. Materiał badawczy opracowano stosując standardowe techniki dendrochronologiczne. Badane drzewostany charakteryzowały się podobną rytmiką zmian szerokości słoja rocznego, miały silny wspólny sygnał środowiskowy. Wpływ trzebieży na przyrost radialny badanych sosen był widoczny przede wszystkim w drzewostanach, w których wykonano zabieg w 2009 roku. Zwiększenie przyrostu było widoczne u części drzew w drugim, a u większości w trzecim roku po zabiegu. Średni roczny przyrost grubości drzew w drzewostanie pielęgnowanym w technologii maszynowej był istotnie większy niż w drzewostanie pielęgnowanym w technologii ręczno-maszynowej. Wystąpienie czynnika stresogenego w roku trzebieży lub w następnych dwóch latach powodowało zmniejszenie reakcji przyrostowej sosny, przy czym w drzewostanach poddanych pielęgnacji reakcja przyrostowa była w większości przypadków wyższa niż drzewostanie, w którym nie wykonywano zabiegów.

**Słowa kluczowe:** *Pinus sylvestris*, przyrosty roczne, trzebież, technologia cięć

**Abstract.** *Tree-ring growth response of Scots pine stands in the Lidzbark Forest District to thinning made in different technologies.* The aim of the research was to determine the effects of late thinning made in two different technologies on the radial growth of trees in the middle-aged pine stands growing in the Lidzbark Forest District. The empirical material was collected in pine stands, in which in 2009-2011 years late thinning was carried out by the manually-machine method (3 research plots) and machine methods (3 research plots) and in the control stand, where no treatment had been made since 2000. In each stand we took samples with a Pressler increment borer at DBH (1.3 m height), together 98 samples were collected. The effect of thinning on the radial



growth was assessed by classical dendrochronological techniques. Scots Pine trees, growing in studied area, were characterized by similarity of the radial growth and site chronologies had a strong common environmental signal. The effect of thinning on the radial growth was found in stands where treatment was performed in 2009. An increase in radial growth was observed in some trees in the second, and the majority in the third year after the thinning. The radial growth in the thinned treatments with the machine technology increased significantly compared to manually-machine thinned stands and unthinned treatment. If the trees experienced stress immediately after a thinning, due to an extreme weather conditions, the thinning response was quite small, and even negative. However, in thinned stands this response was larger than in no thinned stand.

**Key words:** Scots Pine, radial growth, thinning response, thinning technology

## Wstęp

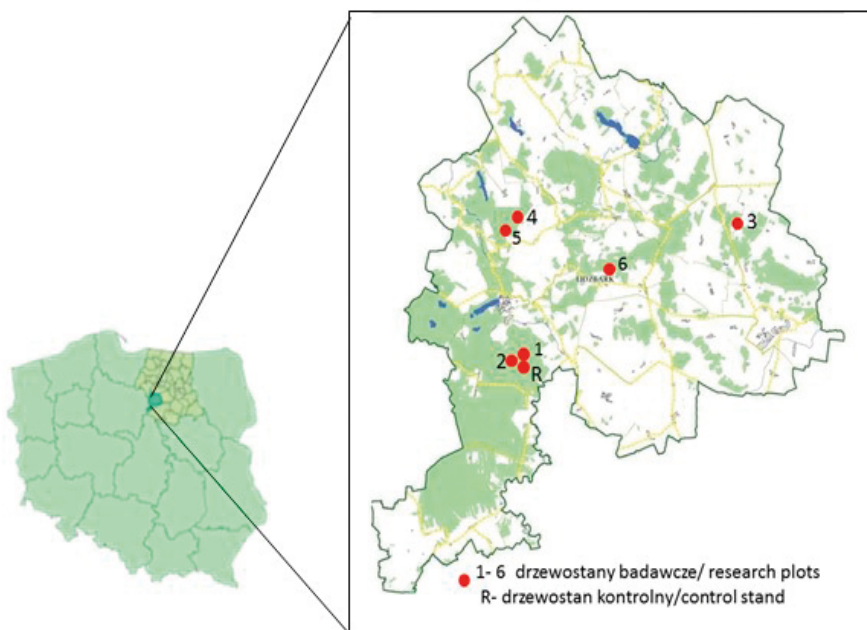
Reakcja przyrostowa drzew na cięcia pielęgnacyjne od dawna jest przedmiotem badań nauk leśnych (Zeide 2001, Bijak i Mądrzak 2016). Zabiegi te wpływają na strukturę i produktywność drzewostanów (Asmman 1970), stąd właściwy wybór systemu przerzedzania drzew to jedna z najważniejszych decyzji w hodowli lasu. Skutki przerzedzania drzew i rozwoju drzewostanu były badane w wielu eksperymentach, porównujących różne reżimy: rodzaj cięć, ich nasilenie, długość okresu między kolejnymi zabiegami, liczbę zabiegów (Zeide 2001, del Rio i in. 2017).

Sosna zwyczajna (*Pinus sylvestri* L.), ze względu na znaczenie ekologiczne i ekonomiczne oraz szeroki zasięg występowania, była przedmiotem wielu prac zakresie wpływu cięć na przyrost (Pirogowicz 1983, Pukkala i in. 1998, 2002, Bernadzki i in. 1999, Zachara 2000, Montero i in. 2001, Peltola i in. 2002, Mäkinen i Isomäki 2004a, b, Peltola i in. 2007, del Rio i in. 2008, 2017, Nilson i in. 2010, Mäkinen i Hynynen 2014, Primicia i in. 2016). Jednakże, ze względu na dużą powierzchnię dystrybucji tego gatunku, z dużą zmiennością geograficzną w odpowiedzi na warunki środowiskowe (Rehfeldt i in. 2002), jak również różnice w projektowaniu eksperymentalnym i zastosowanych metodach analitycznych (Zeide 2001) wyniki tych prac nie są jednoznaczne, a czasami nawet sprzeczne (del Rio i in. 2017). W przypadku wpływu trzebieży na wzrost średnicy poszczególnych drzew, niektóre prace wskazują na brak reakcji lub tylko niewielką reakcję (Varmola i in. 2004, Moreno-Fernández i in. 2014, del Rio 2008), podczas gdy inne wskazują na pozytywną odpowiedź we wszystkich klasach wieku (Pukkala i in. 1998, Mäkinen i Isomäki 2004a, Peltola i in. 2007).

Ostatnie dwie dekady to zmiany w zakresie stosowania technologii w leśnictwie polskim. Coraz częściej w pracach pielęgnacyjnych, w miejsce technologii ręczno-maszynowej, stosowana jest technologia maszynowa, skutkująca m.in. większym nasileniem trzebieży. Niewiele prac porusza temat wpływu różnych technologicznie zabiegów pielęgnacyjnych na dynamikę przyrostu radialnego sosny. Stąd w niniejszej pracy postawiono sobie za cel określenie wpływu trzebieży późnej wykonanej w dwóch różnych technologiach na przyrost radialny drzew w średniowiekowych drzewostanach sosnowych.

## Material i metody

Badania przeprowadzono w północno-wschodniej Polsce w Nadleśnictwie Lidzbark (RDLP Olsztyn) (ryc. 1). Obszar Nadleśnictwa charakteryzuje się urozmaiconą rzeźbą polodowcową i dużą jeziornością (ok. 5%). Na powierzchni zalegają głównie gliny zwałowe oraz piaski i żwiry wodnolodowcowe. W północnej części rozciągają się wały moren czołowych Garbu Lubawskiego, w południowej wysoczyzna morenowa Wzniesień Mławskich, urozmaicona wałami kemowymi i morenowymi. Środkowa część Nadleśnictwa położona jest w obrębie sandrowej Równiny Urszulewskiej. Średnia roczna temperatura powietrza na terenie Nadleśnictwa w latach 1981-2010 wynosiła 7,7°C, okres wegetacyjny trwał przeciętnie 215 dni. Średnia roczna suma opadów wynosiła 587 mm, z czego przeciętnie 63% przypadało na okres wegetacyjny.



**Ryc. 1.** Lokalizacja powierzchni badawczych  
*Fig. 1.* Location of research plots

Na terenie nadleśnictwa przeważają siedliska lasowe (65%), dominującym typem siedliskowym jest las mieszany świeży, zajmujący 53% powierzchni leśnej. Pozostały obszar to siedliska borowe, głównie bór mieszany świeży (33%). Gatunkiem dominującym jest sosna, która zajmuje 87% powierzchni lasów Nadleśnictwa. Drzewostany sosnowe charakteryzują się dobrą jakością techniczną i hodowlaną. Większość (79%) to drzewostany I oraz Ia bonitacji.

Materiał badawczy zebrano w sześciu litych drzewostanach sosnowych, w których w latach 2009-2011 przeprowadzono cięcia pielęgnacyjne (trzebież późna). Dodatkowo materiał badawczy pobrano w drzewostanie kontrolnym, w którym po 2000 roku nie wykonywano żadnych zabiegów (powierzchnia referencyjna). Wszystkie drzewostany rosły na siedlisku lasu mieszanego świeżego, miały 75-80 lat i bonitację I i Ia. Ich wysokość, jak też i przeciętna pierśnica były podobne, odpowiednio 26-27 m i 30-32 cm. Czynniki różnicującymi powierzchnie były technologia zabiegu pielęgnacyjnego i rok ich wykonania (tab. 1).

**Tab. 1.** Charakterystyka powierzchni badawczych

*Table 1. Basic information of research plots*

Powierzchnia	1	2	3	4	5	6	Referencyjna
Oddział	704a	709a	43c	225a	242c	374a	728a
Współrzędne	19,81°E	19,82°E	20,09°E	19,83°E	19,82°E	19,96°E	19,96°E
	53,23°N	53,22°N	53,37°N	53,32°N	53,32°N	53,29°N	53,24°N
Technologia	Maszynowa			Ręčno-maszynowa			Bez zabiegów
Rok zabiegu	2009	2010	2011	2009	2010	2011	
Liczba prób	15	12	11	15	15	20	10

Jesienią 2014 roku pobrano świdrem Presslera z wysokości pierśnicy wywierty dordzenie z 98 drzew, po jednym wywiercie z drzewa. Próby pobierano z drzew współdominujących (II klasa Krafta), bez zewnętrznych oznak chorobowych i uszkodzeń. Z drzewostanów pielęgnowanych w technologii ręczno-maszynowej pozyskano 50 prób, z drzewostanów pielęgnowanych w technologii maszynowej 38 prób, a z powierzchni referencyjnej 10 prób (tab. 1). Materiał badawczy opracowano zgodnie ze standardem dendrochronologicznym. Pobrane próby zostały wysuszone, umieszczone w drewnianych prawidłach, wyszlifowane szlifierką ręczną papierem o wzrastającej ziarnistości (80, 120, 180, 240) i zeskanowane w wysokiej rozdzielczości (2400 dpi). Na uzyskanych plikach graficznych, za pomocą programu Coorecorder 7.8 ([www.cybis.se](http://www.cybis.se)) pomierzono szerokości przyrostu rocznego (z dokładnością 0,01 mm) i utworzono dla każdego drzewa wydatowaną sekwencję osobniczą. Sekwencje te przyporządkowano do każdego stanowiska badawczego i sprawdzono pod względem poprawności pomiarów, wydatowania i synchronizacji w obrębie stanowiska. Podobieństwo pomiędzy poszczególnymi sekwencjami określono ilościowo na podstawie współczynnika korelacji i wartości t oraz jakościowo za pomocą współczynnika współbieżności GLK. Wykorzystano do tego program CDendro ([www.cybis.se](http://www.cybis.se)). Poprawność datowania i homogeniczność serii stanowiskowych przetestowano w programie COFECHA (Holmes 1998). Następnie złożono 7 chronologii stanowiskowych w wersji rzeczywistej i indeksowanej. Jednorodność reakcji przyrostowych i siłę sygnału środowiskowego w chronologiach oszacowano za pomocą wskaźnika EPS (Wilczyński 2010). Wartość EPS większa niż 0,85 wskazuje na jednorodny sygnał reprezentowany przez poszczególne próby (McCarroll i Loader 2004). Dla każdego przypadku cięć wyliczono średni wieloletni przyrost przed zabiegiem, dziesięcioletni i pięcioletni przyrost grubości przed zabiegiem i średni przyrost w latach po zabiegu (5, 4, 3 lata). Wartości te porównano testem t-Studenta.

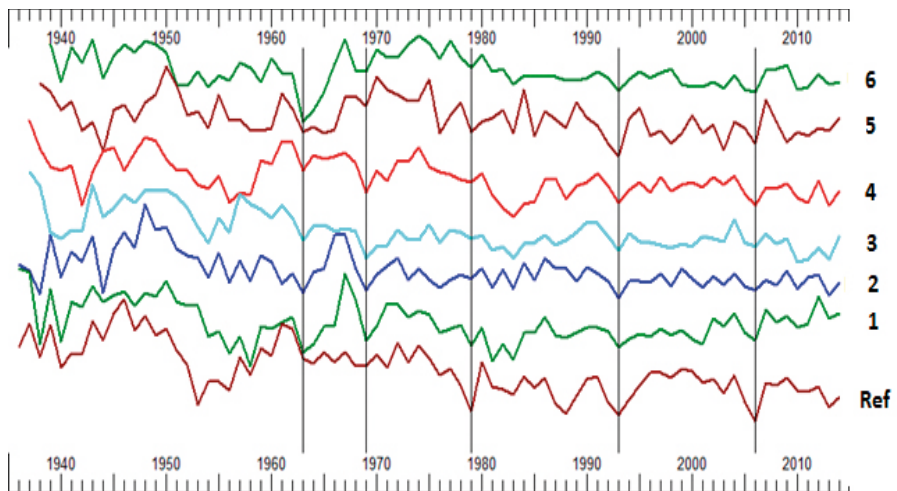
## Wyniki

Wartości EPS dla wszystkich chronologii wynosiły powyżej 0,88, co wskazuje, że liczba prób wykorzystana w budowaniu chronologii jest reprezentatywna dla drzew rosnących na badanych stanowiskach (tab. 2). Badane drzewostany charakteryzowały się podobną rytmiką zmian szerokości słoja rocznego (ryc. 2). Wskaźniki podobieństwa chronologii, zarówno ilościowe jak i jakościowe przyjmowały wysokie wartości (tab. 3). Badane drzewostany miały również silny wspólny sygnał środowiskowy, widoczny w synchronizacji występowania jednocześnie u większości drzew negatywnej reakcji przyrostowej (tzw. lata wskaźnikowe negatywne).

**Tab. 2.** Podstawowe statystyki dla stanowiskowych chronologii rzeczywistych

*Table 2. Basic statistic of raw site chronologies*

Powierzchnia	1	2	3	4	5	6	REF
Zasięg czasowy chronologii	1936-2014	1936-2014	1937-2014	1937-2014	1938-2014	1939-2014	1936-2014
Średni roczny przyrost [mm]	1,93	1,95	1,90	1,67	1,61	1,78	2,11
Odch. Stand.	0,643	0,630	0,645	0,509	0,473	0,443	0,906
Średnia wrażliwość	0,302	0,265	0,271	0,290	0,260	0,331	0,276
autokorelacja	0,583	0,683	0,548	0,678	0,548	0,677	0,764



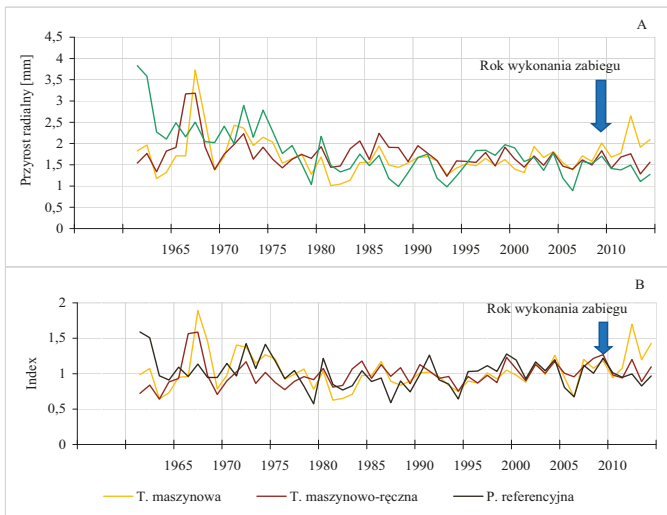
**Ryc. 2.** Zestawienie stanowiskowych chronologii rzeczywistych sosny dla Nadleśnictwa Lidzbark

*Fig. 2. Raw chronologies for Scots pine for the Lidzbark Forest District*

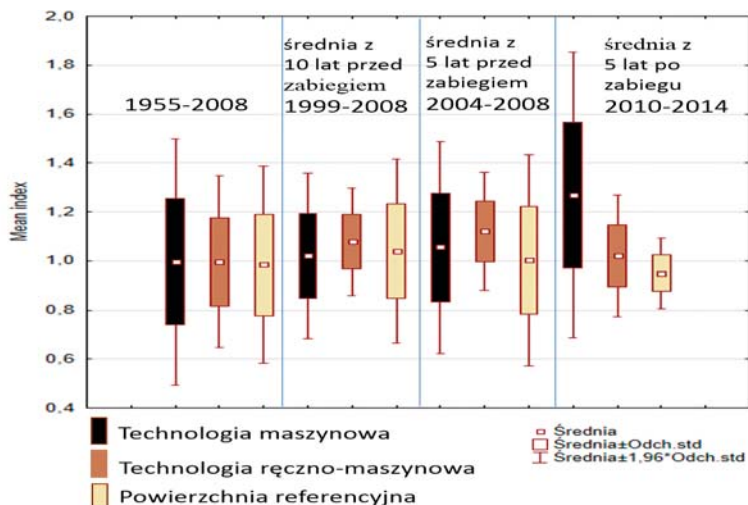
**Tab. 3.** Podobieństwo stanowiskowych chronologii rzeczywistych sosny z badanych drzewostanów  
*Table 3. Similarity of site raw chronologies from analysed stands*

		Współczynnik współbieżności GLK [%]						
Wartość t		1	2	3	4	5	6	REF
	1		83	74	73	70	71	77
	2	12,23		71	74	68	71	78
	3	12,85	10,79		72	67	70	75
	4	14,19	7,57	17,80		67	71	73
	5	5,48	4,71	4,75	5,13		67	70
	6	10,75	10,84	5,81	7,85	8,98		72
	REF	15,47	16,09	20,63	23,30	4,92	10,89	

Wpływ cięć pielęgnacyjnych na przyrost radialny badanych sosen był widoczny przede wszystkim w drzewostanach, w których wykonano zabieg w 2009 roku. Zwiększenie przyrostu było widoczne u części drzew w drugim, a u większości w trzecim roku po zabiegu (ryc. 3). Średni roczny przyrost grubości drzew w drzewostanie pielęgnowanym w technologii maszynowej był istotnie większy w porównaniu z pozostałymi powierzchniami (ryc. 3, 4). W latach 2010-2014 różnice między przyrostem grubości, zarówno średnim rocznym, jak i sumarycznym dla tego okresu między powierzchniami były istotne statystycznie.



**Ryc. 3.** Średni roczny przyrost radialny sosny w drzewostanach, w których wykonano cięcia w 2009 roku oraz w drzewostanie kontrolnym: A – wartości rzeczywiste, B – indeksy przyrostowe  
*Fig. 3. Mean annual radial increment of Scots pine in stands where the treatments were made in 2009 and in control stand: A - raw values; B - index values*



**Ryc. 4.** Średni roczny przyrost radialny sosny (wartości indeksowane) w wybranych wieloletniach w drzewostanach, w których wykonano zabieg w 2009 roku i w drzewostanie kontrolnym

A: średni roczny przyrost grubości w latach 1955-2014; B: średni roczny przyrost grubości z 10 lat przed zabiegiem (1999-2008); C: średni roczny przyrost grubości z 5 lat przed zabiegiem (2004-2008); D: średni roczny przyrost grubości z 5 lat po zabiegu.

*Fig. 4. Mean annual radial increment of Scots pine (index values) in selected periods in stands where the treatments were made in 2009 and in the control stand*

*A- mean annual tree-ring growth in 1955-2014; B mean annual tree-ring growth in 19199-2008 (10 years before thinning); C: mean annual tree-ring growth in 2004-2008 (5 years before thinning); D: mean annual tree-ring growth in 20010-2014 (5 years after thinning)*

Na powierzchni o większym nasileniu trzebieży (pielęgnowanej w technologii maszynowej) przyrost grubości sosny w tym okresie był większy o prawie 20% w stosunku do powierzchni pielęgnowanej w technologii ręczno-maszynowej i o prawie 40% w stosunku do przyrostu w drzewostanie kontrolnym (ryc. 4). Na powierzchniach, na których zabieg wykonano w 2010 i 2011 roku, pozytywna reakcja przyrostowa po przerzedzeniu drzewostanu wystąpiła tylko u części drzew i była znacznie mniejsza. Zwiększenie przyrostu wystąpiło dopiero w czwartym roku po zabiegu (w roku 2014). U części drzew utrzymała się reakcja negatywna. Taka odpowiedź na przerzedzenie było prawdopodobnie spowodowana niekorzystnymi dla wzrostu sosny warunkami pogodowymi, po wykonaniu zabiegu.

## Dyskusja

Wykonywane w drzewostanach zabiegi pielęgnacyjne w sposób istotny wpływają na ich strukturę i parametry. Zwiększenie przyrostu średniej pierśnicy sosny jako efekt przerzedzenia drzewostanu było przedstawiane zarówno w pracach dotyczących Polski (m.in. Puchalski 1970, Pirogowicz 1983, Bernadzi i in. 1999, Zachara 2000), Skandynawii (Pukkala i in. 1998, 2002, Peltola i in. 2002, Mäkinen H, Isomäki A, 2004a b, Peltola i in. 2007), w Niemczech (Pretzsch i in. 2015), jak i w regionie śródziemnomorskim (Montero i in. 2001, Primicia i in.

2016). Stosunkowo niewiele prac dotyczy zmian przyrostu rocznego sosny w zależności od rodzaju i intensywności trzebieży oraz przebiegu tych zmian w czasie.

W niniejszym badaniu stwierdzono, że drzewa zareagowały na zwiększoną przestrzeń wzrostu, przy czym reakcja ta była implikowana intensywnością zabiegu i wystąpieniem czynnika stresogennego. Po przerzedzeniu w 2009 roku drzewa zareagowały istotnie zwiększoną reakcją przyrostową w trzecim roku po zabiegu. W przypadku drzew rosnących na powierzchniach, na których zabieg wykonano rok później (2010), pozytywna reakcja przyrostowa wystąpiła w czwartym roku po zabiegu tylko u części drzew i była nieznaczna. Przyczynę tego upatrujemy w stresogennych warunkach klimatycznych, które wystąpiły w latach 2011-2013 roku. Pospieszynska i in (2010), Bijak (2013) i Wilczyński (2013) dowodzą, że głównym czynnikiem wpływającym na szerokość przyrostu rocznego sosny jest temperatura miesięcy zimowych i przedwiośnia. Zarówno w 2011, jak i w 2012 roku luty był bardzo mroźny (odpowiednio  $-5,4^{\circ}\text{C}$  i  $-7,1^{\circ}\text{C}$  przy średniej wieloletniej  $-1,2^{\circ}\text{C}$ ). W 2013 marzec był ekstremalnie chłodny (ze średnią temperaturą miesięczną  $-3,3^{\circ}\text{C}$ , przy średniej wieloletniej  $0,1^{\circ}\text{C}$ ), a ponadto w okresie wegetacyjnym suma opadów była zmniejszona o 20% w stosunku do wielolecia. Takie warunki pogodowe były czynnikiem stresogennym dla sosny i skutkowały zmniejszeniem aktywności kambialnej i tym samym wytworzeniem węższego słoja. Jeżeli drzewo doświadcza stresu po przerzedzeniu drzewostanu, z powodu nagłego pogorszenia warunków, to efekt przerzedzenia może być mniejszy lub nawet ujemny. Całkowita reakcja przyrostowa po przerzedzeniu jest bowiem sumą pozytywnych efektów (zwiększona przestrzeń wzrostu) i skutków negatywnych (stresu). Drzewa, które rosną w drzewostanach sąsiednich (zabiegi były wcześniej) mogą mieć w tym samym roku reakcję pozytywną. Podobne spostrzeżenia poczynili Pukkala in. (2002).

Różna technologia wykonywania cieć pielęgnacyjnych skutkowała różną intensywnością przerzedzenia. Nasilenie trzebieży, liczone na podstawie ilości usuniętych i pozostających w drzewostanach drzew, w przypadku technologii maszynowej wynosiło 28,5%, w technologii ręczno-maszynowej było mniejsze i wynosiło 17,4%. Większe nasilenie trzebieży powodowało większy przyrost grubości drzew, widoczny zwłaszcza w przypadku zabiegu wykonanego w 2009 roku (ryc. 4). Reakcja przyrostowa na powierzchniach poddanych pielęgnacji w latach późniejszych była dwukierunkowa. Wpływ intensywności zabiegu był mniej czytelny. Należy jednak podkreślić, że w każdym przypadku zmniejszonego wskutek zjawisk pogodowych przyrostu radialnego, reakcja przyrostowa na powierzchniach poddanych pielęgnacji była wyższa niż na powierzchni referencyjnej (bez zabiegu). Jest to widoczna zwłaszcza przy porównywaniu sumarycznego przyrostu rocznego za okres 2011-2014 i 2012-2014. Uzyskana w niniejszej pracy odpowiedź drzewostanu na przerzedzenie może być potraktowana jako tzw. wczesna odpowiedź (ang. early thinning response). Dalszych badań wymaga prześledzenie efektu przerzedzenia w kolejnych pięcioletnich okresach, a zwłaszcza oddziaływania intensywności zabiegu zarówno na efekt przyrostowy, jak i ekologiczne konsekwencje pielęgnowania drzewostanów metodą maszynową.

Wyniki naszych badań traktujemy jako wstępne, wymagające rozszerzenia zarówno pod względem czynników różnicujących drzewostany jak i zasięgu przestrzennego. W kontekście zmian klimatu, a zwłaszcza za wzrostu częstości i intensywności zdarzeń ekstremalnych (susza, huragany) badania odpowiedzi drzew na zabiegi pielęgnacyjne w różnych warunkach terenowych są bardzo istotne.



## Wnioski

- Zabiegi hodowane prowadzone w 80-letnich drzewostanach sosnowych rosnących na terenie Nadleśnictwa Lidzbark wpływały na wzrost średniego przyrostu rocznego badanych drzew. Wielkość reakcji przyrostowej była implikowana intensywnością zabiegu i ewentualnym wystąpieniem czynnika stresogennego.
- Zabiegi pielęgnacyjne w technologii maszynowej, ze względu na większe przerzedzenie i tym samym zwiększoną przestrzeń wzrostu, skutkowały większym przyrostem grubości u pozostawionych drzew niż w przypadku technologii ręczno-maszynowej.
- Wystąpienie czynnika stresogennego w roku trzebieży lub w następnych dwóch latach powodowało zmniejszenie reakcji przyrostowej sosny, przy czym w drzewostanach poddanych pielęgnacji reakcja przyrostowa była w większości przypadków wyższa niż drzewostanie, w którym nie wykonywano zabiegów.
- Wzrost częstości i intensywności ekstremalnych zjawisk pogodowych może powodować częstsze występowanie stresu u drzew i tym samym zakłócać przewidywany efekt hodowlany.

## Literatura

- Assman E. 1970. The principles of Forest Yield Study. Oxford: Pergamon Press.
- Bernadzki E., Ilmurzyński E., Szymański S. 1999. Trzebieże. Poradnik leśniczego. PWRiL, Warszawa.
- Bijak Sz. 2013. Sygnał klimatyczny w przyroście radialnym wybranych gatunków iglastych drzew w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym Rogów. Leśne Prace Badawcze 74 (2): 101-110.
- Bijak Sz., Mądrzak P. 2016. Reakcja przyrostowa drzewostanów bukowych w Nadleśnictwie Cewice na zabiegi hodowlane. SiM CEPL, Rogów, 48 (3): 166-172.
- Mäkinen H., Isomäki A. 2004a. Thinning intensity and growth of Scots pine stands in Finland. For Ecol Manage 201: 311-325.
- Mäkinen H., Isomäki A. 2004b. Thinning intensity and long-term changes in increment and stem form of Scots pine trees. For Ecol Manage 203: 21-3
- Montero G., Cañellas I., Ortega C., del Río M. 2001. Results from a thinning regime experiment in a Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) natural regeneration stand in the Sistema Ibérico mountain range (Spain). For Ecol Manage 145: 151-161.
- Moreno-Fernández D., Sánchez-González M., Álvarez-González J.G., Hevia A., Majada J.P., Cañellas I., Gea-Izquierdo G. 2014. Response to the interaction of thinning and pruning of pine species in Mediterranean mountains. Eur J Forest Res 133: 833-843.
- Nilsson U., Agestam E., Ekö P.-M., Elfving B., Fahlvik N., Johansson U., Karlsson K., Lundmark T., Wallentin C. 2010. Thinning of Scots pine and Norway spruce monocultures in Sweden - Effects of different thinning programmes on stand level gross- and net stem volume production. Studia Forestalia Suecica 219.
- Peltola H., Miina J., Rouvinen I., Kellomaki S., 2002. Effect of early thinning on the diameter growth distribution along the stem of Scots pine. Silva Fenn 36: 813-825.
- Peltola H., Kilpelainen A., Sauvala K., Raisanen T., Ikonen V.P. 2007. Effects of early thinning regime and tree status on the radial growth and wood density of Scots pine. Silva Fenn 41: 489.
- Pirogowicz T. 1983. Wpływ trzebieży na produktywność i strukturę drzewostanów sosnowych na przykładzie stałych powierzchni doświadczalnych w nadleśnictwach Ruciane, Krutyni i Ryjewo. Prace Inst. Bad. Leś., 621: 1-3
- Pospieszynska A., Koprowski M., Zielski A., Przybylak R. 2009. Climate reaction of old stands *Pinus sylvestris* L. in Gołębki Forest inspectorate (Poland). Trace 2009: Tree rings in archaeology,

climatology and ecology.

- Pretzsch H., del Río M., Ammer C., Avdagic A., Barbeito I., Bielak K., Brazaitis G., Coll L., Dirnberger G., Drössler L. 2015. Growth and yield of mixed versus pure stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) analysed along a productivity gradient through Europe. *Eur J For Res* 134: 927- 947.
- Primicia I., Artázcoz R., Imbert B., Puertas F., Traver M.C., Castillo F.J. 2016. Influence of thinning intensity and canopy type on Scots pine stand and growth dynamics in a mixed managed forest. *Forest Syst* 25 (2): e057.
- Puchalski T. 1970. Wybrane zagadnienia z hodowli lasu. Ekologia, pielęgnowanie i odnawianie lasu oraz selekcja drzew. Poznań WSR.
- Pukkala T., Miina J., Kellomäki S. 1998. Response to different thinning intensities in young *Pinus sylvestris*. *Scan J For Res* 13: 141-150.
- Pukkala T., Miina J., Palahi M. 2002. Thinning response and thinning bias in a young Scots pine stand. *Silva Fenica* 36 (4): 827-840.
- Rehfeldt G.E., Tchebakova N.M., Parfenova Y.I., Wykoff W.R., Kuzmina N.A., Milyutin L.I. 2002. Intraspecific responses to climate in *Pinus sylvestris*. *Glob Chang Biol* 8: 912-929.
- Wilczyński S. 2013. Przyczyny krótkookresowych reakcji przyrostowych sosen z różnych siedlisk. *Sylwan* 157 (9): 662-670.
- Zachara T. 2000. Wpływ trzebieży selekcyjnej na strukturę biosocjalną drzewostanu sosnowego w II klasie wieku. *Prace IBL.A*, 3: 35-61.
- Zeide B. 2001. Thinning and growth: a full turnaround. *J For* 99: 20-25.

**Longina Chojnacka-Oźga<sup>1\*</sup>, Tadeusz Iskra<sup>2</sup>, Wojciech Oźga<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> SGGW w Warszawie, Katedra Hodowli Lasu

<sup>2</sup> Nadleśnictwo Lidzbark

\* longina\_chojnacka\_ozga@sggw.pl