

MARIUSZ KAPSA, MAGDALENA RANOCHA, WOJCIECH GRODZKI

## Reakcje wzrostowe potomstwa czterech pochodzeń sosny limby *Pinus cembra* L. na zróżnicowane warunki środowiskowe\*

Growth responses of the offspring from four provenances of *Pinus cembra* L. to different environmental conditions

### ABSTRACT

Kapsa M., Ranocha M., Grodzki W. 2021. Reakcje wzrostowe potomstwa czterech pochodzeń sosny limby *Pinus cembra* L. na zróżnicowane warunki środowiskowe. Sylwan 165 (3): 213-222. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2021009>.

In 2002 and 2004 two *ex situ* plantations of the Swiss stone pine *Pinus cembra* were established in higher (Międzyzylesie Forest District, the Sudeten; SW Poland) and lower (Krościenko Forest District, the Carpathians; S Poland) montane belt. The seedlings were obtained from the seeds collected from 45 maternal trees growing on 4 localities in the Tatra Mountains: 'Morskie Oko' (1437 m a.s.l.), 'Dubrawiska' (1582 m a.s.l.), 'Zameczki' (1324 m a.s.l.) and 'Tatry Bielskie' (1403 m a.s.l.). The aim of the study was to define the growth response of trees naturally distributed in external conditions next to the upper timberline to different environmental conditions in higher and lower montane belt. In 2018 the fraction of living trees in relation to the initial number of planted seedlings was assessed. We also measured diameter at breast height (DBH) and tree height and its increment in years 2015-2018 for 1445 and 1215 trees, respectively. The samples of needles (50 per tree, from the 4<sup>th</sup> whorl below the top) were collected from 417 trees (210 – Międzyzylesie and 207 – Krościenko) for the measurement of needle length and width and dry weight of 1000 pcs. The fraction of living trees was higher in higher (77.6%) than in lower (74.8%) montane belt. Average growth parameters (DBH and height) were higher on lower plot (53.4 mm and 290.0 cm, respectively) than on higher one (38.9 mm and 227.2 cm, respectively). On both plots, all analysed growth parameters were the highest for trees from 'Morskie Oko' provenance. Also the needles were longer on lower plot, and again the needle length was the highest on trees from 'Morskie Oko' on both plots. Similar diversity pattern was found for the dry mass of needles. The growth dynamics differed between plots, the most probably as the response to different meteorological conditions between the plots, especially water deficiency in the Sudeten, which started in 2015. The presented differences in the growth response of trees mainly reflect the intra-population diversity of *P. cembra*, but are also driven by the environmental factors that affect both tree growth (positively) and survival rate (negatively).

### KEY WORDS

Swiss stone pine, *ex situ*, biometric parameters, environmental response, mountains

\*Badania wykonano w ramach tematu 260503 sfinansowanego z Funduszu Badań Własnych Instytutu Badawczego Leśnictwa.

## ADDRESSES

Mariusz Kapsa – e-mail: M.Kapsa@ibles.waw.pl

Magdalena Ranocha, Wojciech Grodzki

Zakład Lasów Górskich, Instytut Badawczy Leśnictwa; ul. Fredry 39, 30-605 Kraków

## Wstęp

Sosna limba *Pinus cembra* L. jest endemitem europejskim. W warunkach naturalnych występuje w Polsce w strefie ochrony ścisłej Tatrzańskiego Parku Narodowego, na unikatowym dla polskich Karpat siedlisku przyrodniczym, jakim jest górski bór limbowo-świerkowy *Pino cembrae-Piceetum* (9420) [Zięba i in. 2018]. Informacje pochodzące z Tatr słowackich wskazują, że ryzyko wyginięcia tam limby jest najwyższe w całym zasięgu występowania gatunku [Vakula i in. 2009], jednakże po polskiej stronie Tatr skala zjawiska jest jak na razie znikoma [Grodzki i in. 2019b; Zięba i in. 2019].

Prace poświęcone temu gatunkowi spotyka się w polskiej literaturze od ponad 100 lat [Spausta 1896; Myczkowski 1971; Niemtur 2002; Niemtur i in. 2003; Zwijacz-Kozica, Żywiec 2007; Chmiel i in. 2008; Zwijacz-Kozica i in. 2010; Zięba i in. 2018, 2019; Grodzki i in. 2019b]. Heinze i Holzer [2013] zwracają uwagę na potrzebę ochrony zasobów genowych limby, m.in. poprzez zakładanie plantacji nasiennych. W latach 2002-2004 uprawy takie powstały w nadleśnictwach Krościenko i Międzyzlesie [Niemtur i in. 2003].

W Polsce sosna limba podlega częściowej ochronie gatunkowej na mocy rozporządzenia Ministra Środowiska z 9 października 2014 roku. Obecny stan jej populacji w naszym kraju jest stosunkowo stabilny [Zwijacz-Kozica, Żywiec 2007; Grodzki i in. 2019b], jednak istnieje potrzeba zachowania cennej puli genetycznej tego gatunku w obliczu zachodzących zmian klimatu [Wojnicka-Półtorak i in. 2015; Zięba i in. 2019]. Jest to możliwe w formie upraw *ex situ*, pozwalających na śledzenie parametrów wzrostu i rozwoju drzew w warunkach odmiennych od panujących w naturalnym obszarze występowania. Ulber i in. [2004] postulują prowadzenie ochrony *ex situ* dla zachowania zasobów genowych gatunku, jednak z zastrzeżeniem zakładania upraw zachowawczych w sąsiedztwie obszarów naturalnego występowania. W warunkach Tatrzańskiego Parku Narodowego nie jest to możliwe z uwagi na wymogi ochrony przyrody, natomiast realizacji tego postulatu mogą i powinny służyć obiekty doświadczalne, w których przeprowadzono doświadczenia.

Celem prezentowanych badań było określenie zmienności wybranych parametrów morfologicznych sosny limby z czterech pochodzeń tatrzańskich, na uprawach założonych w warunkach regła górnego w masywie Śnieżnika oraz regła dolnego w Beskidzie Sądeckim.

## Materiał i metody

Badania prowadzono na dwóch powierzchniach doświadczalnych założonych przez posadzenie 3- i 4-letnich (2/2k, 1/3k) sadzonek limby pochodzących z nasion zebranych z czterech stanowisk tatrzańskich: „Morskie Oko” (1437 m n.p.m.), „Dubrawiska” (1582 m n.p.m.), „Zameczki” (1324 m n.p.m.) i „Tatry Bielskie” (1403 m n.p.m.). Stanowiska „Zameczki” w Dolinie Białego oraz „Tatry Bielskie” w masywie Murania na Słowacji cechuje podłoże wapienne, „Morskie Oko” – granitowe, a „Dubrawiska” na stokach Żółtej Turni – kwarcytowe. Jesienią 1999 roku zebrano szyszki z 45 drzew matecznych limby – 15 z „Morskiego Oka” oraz po 10 z pozostałych stanowisk. Nasiona po zbiorze i wyłuszczeniu wysiano w szkółce Nadleśnictwa Nawojowa, a jesienią 2002 roku z wyhodowanych trzyletnich sadzonek założono w masywie Śnieżnika w Nad-

leśnictwie Międzyzlesie (RDLP we Wrocławiu) powierzchnię doświadczalną, na której posadzono łącznie 3780 sadzonek w trzech blokach. Z pozostałego materiału założono wiosną 2004 roku drugą powierzchnię w Nadleśnictwie Krościenko (RDLP w Krakowie), na której w pięciu blokach posadzono łącznie ponad 7 tys. sadzonek [Niemtur 2002; Niemtur i in. 2003].

Badania zrealizowano na obu powierzchniach, różniących się charakterystyką warunków środowiskowych (tab. 1). Na każdej z nich dokonano oceny przeżywalności drzew, wyrażonej udziałem osobników żywych w ogólnej liczbie sadzonek posadzonych przy zakładaniu uprawy, a wyniki odniesiono do danych z lat 2009-2010 oraz 2014 [Kapsa 2015]. Pomierzono pierśnicę i wysokość drzew w 2018 roku, przyrost wysokości w latach 2015-2018 oraz średni przyrost czteroletni. Wysokość i przyrost wysokości drzew mierzono tyczką Nedo F880151 z dokładnością do 1 cm, a pomiar pierśnic wykonano średnicomierzem Haglöf z dokładnością do 1 mm. Ogółem pomierzono pierśnice 2477 drzew, z tego 1300 na powierzchni w Nadleśnictwie Międzyzlesie i 1177 w Nadleśnictwie Krościenko, natomiast pomiar wysokości wykonano na ogólnej liczbie 2660 drzewek, z czego na 1445 w Międzyzlesiu i 1215 w Krościenku. Różnica w wielkości próby pomiędzy pomiarem pierśnic i wysokości wynika z faktu, że nie wszystkie drzewka w 2019 roku osiągnęły wysokość pierśnicy.

Jesienią 2018 roku zebrano próbki igieł z czwartego okółka (długopędu wegetatywnego), licząc od wierzchołka, z kierunku zachodniego. Z każdego drzewa pobrano po 50 pojedynczych igieł ze środkowej części pędu. Materiał zebrano łącznie z 417 drzewek – 210 z powierzchni w Nadleśnictwie Międzyzlesie i 207 w Nadleśnictwie Krościenko. Zeskanowane igły pomierzono przy użyciu programu komputerowego WinSEEDLE (Regent Instruments Inc.), określając długość po krzywiźnie i szerokość igły. Następnie igły wysuszone w temperaturze około 55°C, po czym zważono je i obliczono suchą masę 1000 sztuk.

Wyniki poddano analizie statystycznej w celu określenia istotności różnic badanych parametrów między powierzchniami i pochodzeniami z zastosowaniem ANOVA (gdy spełnione były

**Tabela 1.**

Charakterystyka powierzchni w nadleśnictwach Międzyzlesie i Krościenko  
Basic characteristics of the plots in Międzyzlesie and Krościenko forest districts

	Międzyzlesie	Krościenko
Oddział, wydzielenie Forest compartment, subcomp.	211c	101j
Wysokość n.p.m. [m] Elevation a.s.l.	1150	850
Regiel Montane belt	górnym higher	dolnym lower
Wystawa stoku Slope exposure	W	NW
Typ siedliskowy lasu Forest site type	BWG	LGśw
Grunt Land type	leśnym forest	porolnym post-agricultural
Roczna suma opadów [mm] Annual precipitation	1641	604
Średnia roczna temperatura [°C] Mean annual temperature	2,5	6,8

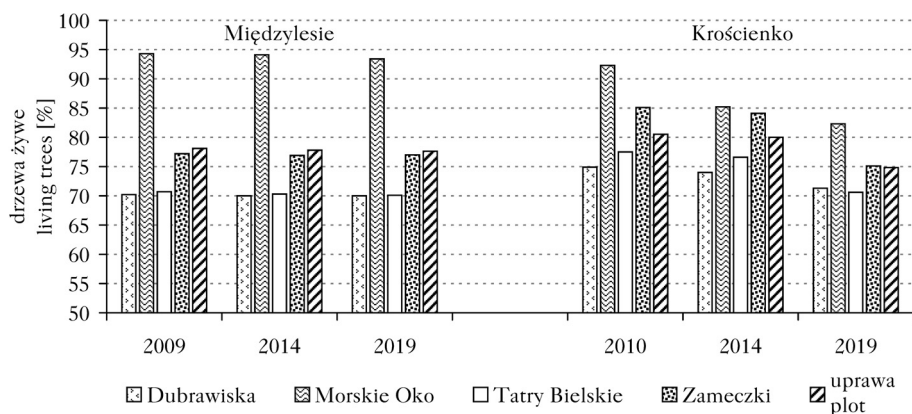
Temperatura i opady dla Nadleśnictwa Międzyzlesie za Tarką [1997], a dla Nadleśnictwa Krościenko za Twardym i Kopaczem [2012]  
BWG – high-montane coniferous forest; LGśw – montane fresh deciduous forest; temperature and precipitation for Międzyzlesie after Tarka [1997] and for Krościenko after Twardy and Kopacz [2012]

niezbędne warunki, co sprawdzono testem Levene'a i Browna-Forsythe'a) lub nieparametrycznego testu Kruskala-Wallisa. Obliczenia wykonano przy pomocy pakietów MsExcel oraz Statistica 13.3 (TIBCO Software Inc.).

## Wyniki

**PRZEŻYWALNOŚĆ.** Określona w 2018 roku przeżywalność ogółu osobników była większa na powierzchni w Nadleśnictwie Międzyzlesie (77,6%) niż Krościenko (74,8%). W stosunku do 2014 roku odsetek drzew zamarych uległ nieznacznemu wzrostowi na powierzchni w Nadleśnictwie Międzyzlesie (z 22,2 do 22,4%), podczas gdy w Nadleśnictwie Krościenko wzrost ten był znacznie większy (z 20,0 do 25,2%). Najwyższą przeżywalność na obu powierzchniach wykazało pochodzenie „Morskie Oko” (odpowiednio 93,4 i 82,3%), natomiast najniższą, na poziomie 70,0-71,3% – pochodzenia „Tatry Bielskie” i „Dubrawiska”, których przeżywalność była z kolei wyższa na powierzchni w Nadleśnictwie Krościenko (ryc. 1).

**PIERŚNICA I WYSOKOŚĆ.** Średnia pierśnica dla obu powierzchni łącznie wyniosła  $53,4 \pm 27,7$  mm. Na powierzchni w Nadleśnictwie Międzyzlesie wynosiła  $38,9 \pm 15,8$  mm, a Krościenko  $69,5 \pm 29,2$  mm, przy statystycznie istotnej różnicy między powierzchniami (tab. 2). Limby ze wszy-



Ryc. 1.

Przeżywalność (udział drzew żywych) *Pinus cembra* określona w latach 2009-2010, 2014 i 2019 na powierzchniach w nadleśnictwach Międzyzlesie i Krościenko

Survival rate (share of living trees) of *Pinus cembra* as assessed in 2009-2010, 2014 and 2019 on the plots in Międzyzlesie and Krościenko forest districts

Tabela 2.

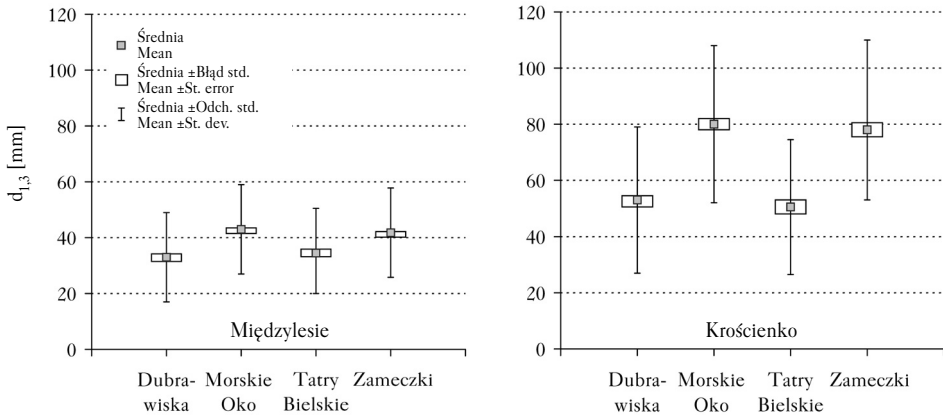
Ocena istotności różnic pierśnicy ( $d_{1,3}$ ), wysokości (h) i 4-letniego przyrostu wysokości (zh) między powierzchniami w nadleśnictwach Międzyzlesie i Krościenko w 2018 roku dla poszczególnych proveniencji (test Kruskala-Wallisa)

Significance assessment for the difference in breast height diameter ( $d_{1,3}$ ), height (h) and 4-year height increment (zh) between plots in Międzyzlesie and Krościenko forest district in 2018 for analysed provenances (Kruskal-Wallis test)

	$d_{1,3}$			h			zh		
	n	H	p	n	H	p	n	H	p
Dubrawiska	527	84,7	<0,001	579	44,8	<0,001	579	100,6	<0,001
Zameczki	450	154,5	<0,001	493	109,0	<0,001	493	97,1	<0,001
Morskie Oko	992	407,1	<0,001	1003	169,1	<0,001	1003	142,1	<0,001
Tatry Bielskie	508	52,8	<0,001	585	34,5	<0,001	585	95,1	<0,001

stkich pochodzeń osiągnęły większą średnią pierśnicę na powierzchni położonej w reglu dolnym, przy podobnym zróżnicowaniu między pochodzeniami (ryc. 2). Największą średnią wartość pierśnicy dla obu powierzchni łącznie stwierdzono dla pochodzeń „Morskie Oko” (65,6 ±27,5 mm) i „Zameczki” (54,9 ±27,7 mm), niższą dla pochodzenia „Tatry Bielskie” (41,2 ±21,7 mm), najniższą dla pochodzenia „Dubrawiska” (40,9 ±22,3 mm), a różnice pomiędzy nimi były statystycznie istotne ( $H=429,14$ ;  $p<0,001$ ).

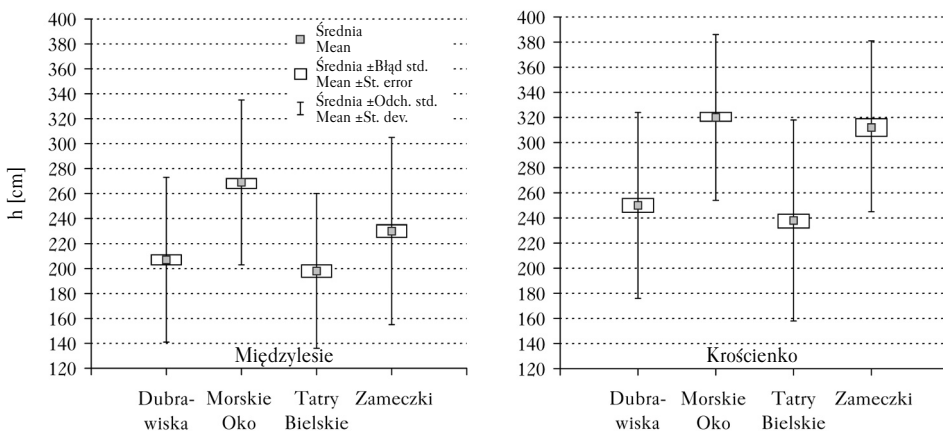
Średnia wysokość limb wyniosła 255,9 ±80,7 cm. W Nadleśnictwie Międzyzlesie osiągnęła ona 227,2 ±70,7 cm, a Krościenko 290,0 ±78,7 cm, przy statystycznie istotnej różnicy wszystkich pochodzeń między powierzchniami (tab. 2). Największą średnią wysokością na obu powierzchniach (ryc. 3) charakteryzowały się limby z pochodzeń „Morskie Oko” (298,9 ±66,1 cm) i „Zameczki” (257,3 ±82,9 cm), niższą dla pochodzenia „Dubrawiska” (222,6 ±71,4 cm), najniższą dla



Ryc. 2.

Średnia pierśnica poszczególnych pochodzeń na powierzchniach w nadleśnictwach Międzyzlesie i Krościenko w 2018 roku

Mean DBH for individual provenances on the plots in Międzyzlesie and Krościenko forest districts in 2018



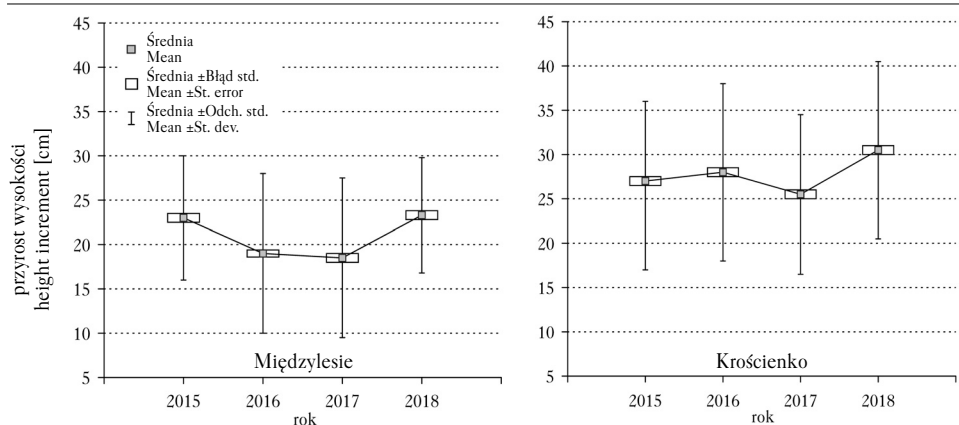
Ryc. 3.

Średnia wysokość poszczególnych pochodzeń na powierzchniach w nadleśnictwach Międzyzlesie i Krościenko w 2018 roku

Mean height for individual provenances on the plots in Międzyzlesie and Krościenko forest districts in 2018

pochodzenia „Tatry Bielskie” ( $213,9 \pm 72,6$  cm), a różnice pomiędzy nimi były statystycznie istotne ( $H=573,14$ ;  $p<0,001$ ).

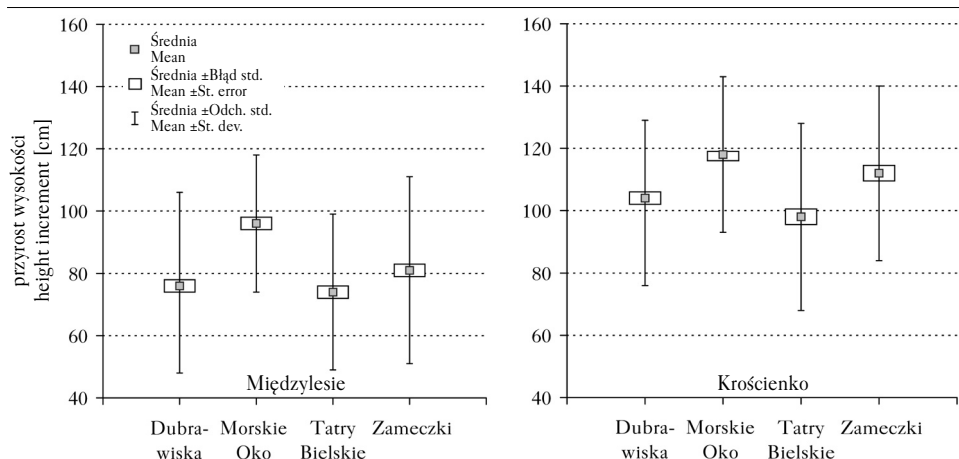
Dynamika przyrostu na obu powierzchniach w okresie czterolecia była różna (ryc. 4), przy czym na obu powierzchniach najwyższy średni roczny przyrost wysokości nastąpił w roku 2018:  $21,85 \pm 8,04$  cm w Nadleśnictwie Międzyzlesie i  $30,24 \pm 9,95$  cm w Nadleśnictwie Krościenko, a najniższy w roku 2017 – odpowiednio  $19,31 \pm 7,91$  cm i  $25,41 \pm 9,40$  cm. Średni przyrost na wysokość w ciągu czterech lat (2015-2018) na obu powierzchniach traktowanych łącznie wyniósł  $95,0 \pm 31,5$  cm. Najwyższy przyrost, znacznie przewyższający średnią wartość, zaobserwowano u drzewek z pochodzenia „Morskie Oko” ( $108,3 \pm 27,8$  cm), natomiast wartości niższe od średniej z całej populacji odnotowano u pozostałych pochodzeń: „Zameczki” ( $90,9 \pm 32,0$  cm), „Dubrawiska” ( $86,8 \pm 30,6$  cm) i „Tatry Bielskie” ( $83,9 \pm 29,8$  cm) (ryc. 5), przy statystycznie istotnych różnicach między pochodzeniami ( $H=279,04$ ;  $p<0,001$ ), a także między powierzchniami (tab. 2).



Ryc. 4.

Średni przyrost wysokości w poszczególnych latach na powierzchniach w nadleśnictwach Międzyzlesie i Krościenko

Mean height increment in individual years on the plots in Międzyzlesie and Krościenko forest districts



Ryc. 5.

Średni przyrost wysokości w okresie 2015-2018 na powierzchniach w nadleśnictwach Międzyzlesie i Krościenko

Mean height increment for 2015-2018 period on the plots Międzyzlesie and Krościenko forest districts

CECHY IGIEŁ. Średnia długość igieł z całej próby wyniosła  $81,5 \pm 16,0$  mm. Na powierzchni w Nadleśnictwie Międzyzlesie limby miały igły krótsze ( $71,2 \pm 10,6$  mm) niż w Nadleśnictwie Krościenko ( $92,1 \pm 13,4$  mm) (tab. 3), a różnica między powierzchniami była statystycznie istotna ( $F=15485,6$ ;  $p<0,01$ ). Zróżnicowanie długości igieł pomiędzy pochodzeniami było na obu powierzchniach podobne: najdłuższe igły zebrano z limb z pochodzenia „Morskie Oko” ( $87,1 \pm 16,6$  mm), a krótsze z pochodzeń „Zameczki” ( $80,5 \pm 13,1$  mm), „Dubrawiska” ( $78,6 \pm 16,7$  mm) i „Tatry Bielskie” ( $77,5 \pm 14,3$  mm), przy istotnych różnicach między pochodzeniami ( $F=468,5$ ;  $p<0,01$ ). Statystycznie istotne różnice stwierdzono także pomiędzy niemal wszystkimi pochodzeniami, oprócz par „Dubrawiska” – „Zameczki” w Nadleśnictwie Krościenko i „Morskie Oko” – „Zameczki” w Nadleśnictwie Międzyzlesie ( $p<0,01$ ).

Średnia szerokość igieł z całej próby wyniosła  $1,39 \pm 0,23$  mm. Na powierzchni w Nadleśnictwie Międzyzlesie limby miały igły węższe ( $1,32 \pm 0,22$  mm) niż w Nadleśnictwie Krościenko ( $1,46 \pm 0,22$  mm), a różnica między powierzchniami była statystycznie istotna ( $F=131,1$ ;  $p<0,01$ ). Zróżnicowanie szerokości igieł pomiędzy pochodzeniami na obu powierzchniach było odmienne: w Nadleśnictwie Międzyzlesie najszersze igły zebrano z limb z pochodzenia „Dubrawiska” ( $1,35 \pm 0,19$  mm), a w Nadleśnictwie Krościenko z pochodzenia „Morskie Oko” ( $1,48 \pm 0,21$  mm), przy istotnych różnicach między pochodzeniami ( $F=336,5$ ;  $p<0,01$ ). Statystycznie istotne różnice stwierdzono także pomiędzy niemal wszystkimi pochodzeniami, oprócz par: „Dubrawiska” – „Zameczki” w Nadleśnictwie Międzyzlesie oraz „Dubrawiska” – „Tatry Bielskie”, „Dubrawiska” – „Zameczki” i „Tatry Bielskie” – „Zameczki” w Nadleśnictwie Krościenko ( $p<0,01$ ).

Średnia masa 1000 igieł określona dla całej próby z obu powierzchni łącznie wyniosła  $16,43 \pm 5,74$  g, przy czym na powierzchni w Nadleśnictwie Międzyzlesie było to  $12,27 \pm 3,00$  g, w Nadleśnictwie Krościenko  $20,66 \pm 4,68$  g, a różnica między powierzchniami była statystycznie istotna ( $F=475,98$ ;  $p<0,01$ ). Zróżnicowanie średniej masy igieł pomiędzy pochodzeniami na powierzchniach było podobne (ryc. 6): na obu igły o największej masie zebrano z limb z pochodzenia „Morskie Oko” na powierzchni w Nadleśnictwie Krościenko ( $22,55 \pm 3,60$  g) i w Nadleśnictwie Międzyzlesie ( $13,31 \pm 2,95$  g), średnio  $18,45 \pm 5,68$  g, a najmniejszej – z pochodzenia „Tatry Bielskie” na powierzchni w Nadleśnictwie Krościenko ( $18,88 \pm 5,55$  g) i w Nadleśnictwie Między-

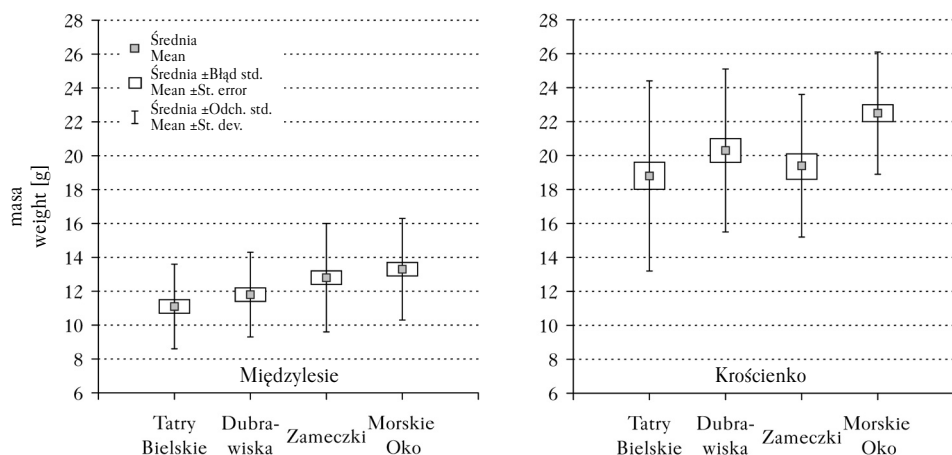
**Tabela 3.**

Średnia ( $\bar{x}$ ) długość (L [mm]) i szerokość (W [mm]) igieł oraz ocena istotności różnic (p) między powierzchniami w nadleśnictwach Międzyzlesie i Krościenko w 2019 roku

Mean ( $\bar{x}$ ) length (L [mm]) and width (W [mm]) of needles and the significance assessment for the difference between plots in Międzyzlesie and Krościenko forest district in 2019

		Międzyzlesie		Krościenko	
		$\bar{x}$	p	$\bar{x}$	p
L	Dubrawiska	66,51	<0,01	91,02	<0,01
	Zameczki	74,27	<0,01	92,06	<0,01
	Morskie Oko	73,77	<0,01	97,80	<0,01
	Tatry Bielskie	69,50	<0,01	85,71	<0,01
	Całość	71,17	<0,01	92,06	<0,01
	All				
W	Dubrawiska	1,35	<0,01	1,46	<0,01
	Zameczki	1,35	<0,01	1,46	<0,01
	Morskie Oko	1,29	<0,01	1,48	<0,01
	Tatry Bielskie	1,32	<0,01	1,46	<0,01
	Całość	1,32	<0,01	1,46	<0,01
	All				





Ryc. 6.

Sucha masa 1000 igieł z poszczególnych pochodzeń na powierzchniach w nadleśnictwach Międzyzlesie i Krościenko w 2019 roku

Dry weight of 1000 needles from individual provenances in Międzyzlesie and Krościenko forest districts in 2019

lesie ( $11,13 \pm 2,36$  g), średnio  $14,96 \pm 5,75$  g, przy istotnych różnicach między pochodzeniami ( $F=9,23$ ;  $p<0,001$ ). Statystycznie istotne różnice stwierdzono pomiędzy wszystkimi pochodzeniami w Nadleśnictwie Krościenko, a w Nadleśnictwie Międzyzlesie oprócz par: „Dubrawiska” – „Tatry Bielskie”, „Dubrawiska” – „Zameczki” i „Morskie Oko” – „Zameczki” w Nadleśnictwie Krościenko ( $p<0,01$ ).

## Dyskusja

Wyniki z powierzchni doświadczalnych w nadleśnictwach Międzyzlesie i Krościenko wskazują na wyraźne zróżnicowanie populacji limby przejawiające się w reakcji na warunki siedliskowe. Najwyższą przeżywalność stwierdzono dla drzew z pochodzenia „Morskie Oko”, a najniższą z pochodzenia „Dubrawiska”, niezależnie od wzrostu w warunkach regla dolnego lub górnego. Z drugiej jednak strony drzewka ze wszystkich czterech pochodzeń wykazywały większą śmiertelność w warunkach regla dolnego, gdzie są silnie infekowane przez patogeny korzeni – *Armillaria* sp. i/lub *Heterobasidion* sp. – czemu sprzyja żyźniejsze siedlisko i porolny charakter gruntu, na którym założono uprawę. Sierota [1987] uważa, że zmiany, które zaszły w glebach długotrwale użytkowanych rolniczo, wpływają na zwiększenie aktywności patogenicznej i zmniejszenie odporności wprowadzanych drzew.

W 2018 roku średnia pierśnica, wysokość i przyrost wysokości limb osiągały wyższe wartości na powierzchni w Nadleśnictwie Krościenko, założonej na żyźniejszym siedlisku i w łagodniejszych warunkach klimatycznych. Niewątpliwie sprzyja to szybszemu budowaniu biomasy drzew, wyrażającemu się w przyroście na wysokość i grubość. Pod tym względem na obu powierzchniach doświadczalnych nadal zaznaczają się dwie grupy pochodzeń: pierwszą stanowią pochodzenia „Morskie Oko” i „Zameczki”, drugą – pochodzenia „Dubrawiska” i „Tatry Bielskie”. Podział ten nie jest zgodny z kryteriami edaficznymi, jakimi kierowano się przy wyborze drzew matecznych, co wskazuje na genetyczne podobieństwo między pochodzeniami [Wojnicka-Półtorak i in. 2015].

Interesująco przedstawia się natomiast dynamika przyrostu wysokości drzew, odmienna na obu powierzchniach. Wydaje się, że zaznaczający się w latach 2016-2017 spadek przyrostu na



powierzchni w Nadleśnictwie Międzyzlesie może być związany z reakcją drzew na suszę zapoczątkowaną w 2015 roku, która znacznie silniej zaznaczyła się na obszarze Polski południowo-zachodniej niż w środkowej części Karpat [Grodzki i in. 2019a]. Natomiast w Nadleśnictwie Krościenko, gdzie od 2011 roku obserwowany był spadek średniego przyrostu rocznego wysokości [Kapsa 2015], w ostatnim czteroleciu ma on wyraźną tendencję wzrostową.

Za cechy różnicujące populacje sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. uważane są m.in. długość i szerokość igieł [Pawlaczyk i in. 2010] – parametry, których wysokie wartości korelują z innymi cechami wzrostowymi badanych limb: przyrostem wysokości oraz pierśnicą. Podobnie jak u sosny zwyczajnej [Bobowicz i in. 2007], jest to prawdopodobnie związane głównie z parametrami genetycznymi, ale także warunkami siedliskowymi wpływającymi na tempo wzrostu drzew.

Wyniki badań przeprowadzonych na powierzchniach 20 lat po ich założeniu wskazują na istotne wewnątrzgatunkowe zróżnicowanie badanych populacji, a jednocześnie ich różną reakcję na warunki środowiskowe, co w warunkach regla dolnego, na gruncie porolnym, przejawia się szybszym tempem wzrostu, ale też wyższą śmiertelnością drzew. Ma to związek z zasobniejszym siedliskiem i łagodniejszym klimatem, które nie są zgodne z wymaganiami gatunku. Limby rosnące na uprawie założonej w reglu górnym charakteryzują się wolniejszym przyrostem wysokości i pierśnic oraz mniejszą śmiertelnością. Celem zakładania upraw zachowawczych *ex situ* jest ochrona puli genowej, w związku z tym kluczowym parametrem, który należy brać pod uwagę przy ich zakładaniu, jest przede wszystkim przeżywalność, a dynamika wzrostu odgrywa rolę drugorzędną. Na podstawie przeprowadzonych badań można przyjąć, że odpowiednie jest zakładanie upraw w warunkach zbliżonych do tych, w których limba występuje naturalnie. Bardzo pożądana byłaby kontynuacja badań, zwłaszcza przepływu genów pomiędzy drzewostanem rodzicielskim a populacją potomną – w celu określenia jej puli genowej.

## Wnioski

- ✦ Dotychczasowe wyniki badań nad wzrostem i rozwojem sosny limby z czterech stanowisk tatrzańskich wskazują na wysoką wewnątrzgatunkową zmienność tego gatunku.
- ✦ Stwierdzona zróżnicowana reakcja drzew z czterech pochodzeń tatrzańskich na warunki środowiskowe przejawia się w szybszym tempie ich wzrostu, przy wyższej i nasilającej się z czasem śmiertelności w warunkach zasobniejszego siedliska i łagodniejszego klimatu regla dolnego. Wynika to ze specyficznych wymagań limby, zajmującej w warunkach naturalnych ekstremalne stanowiska wyższych położeń Tatr.
- ✦ Przeanalizowane populacje tatrzańskie wymagają ochrony ze względu na ich cenny wkład w całkowitą różnorodność genetyczną gatunku. Podstawową strategią ochrony sosny limby w świetle prognozowanych zmian klimatu powinno być zachowanie *ex situ* istniejących upraw w nadleśnictwach Międzyzlesie i Krościenko.

## Podziękowania

Autorzy dziękują dr. inż. Sławomirowi Ambrozemu oraz mgr inż. Monice Tomczyk-Kida za pomoc w realizacji pomiarów terenowych.

## Literatura

- Bobowicz M. A., Pawlaczyk E. M., Kaczmarek Z., Korezyk A. F. 2007. Odziedziczalność cech morfologicznych i anatomicznych igieł półrodzeństwa drzew doborowych sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). Leś. Pr. Bad. 3: 69-80.
- Chmiel J., Milewski T., Polok K. 2008. Ochrona naturalnej puli genowej rodzimej limby *Pinus cembra* L. z Tatr w świetle badań molekularnych. Roczniki Bieszczadzkie 16: 215-232.

- Grodzki W., Góral J., Mazur A., Nowik K., Rogowski G., Skąlecka K. 2019a. Dynamika zamierania drzewostanów na terenie Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych we Wrocławiu. Konferencja „Aktualne problemy ochrony lasu”. Ameliówka, 15-17 października 2019 r. <https://www.ibles.pl/web/konfochr/published/2019>. Data dostępu: 8.12.2020.
- Grodzki W., Zięba A., Zwijacz-Kozica T. 2019b. Zamieranie limby w Tatrach – ocena skali zjawiska i roli owadów kambiofagicznych. *Sylvan* 163 (10): 795-801. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2019060>.
- Heinze B., Holzer K. 2013. A review of research on *Pinus cembra* in Austria, with special reference to the conservation of genetic resources. 5<sup>th</sup> Symposium for Research in Protected Areas. 10-12 June 2013, Mittersill. 278-283.
- Kapsa M. 2015. Ocena zróżnicowania wewnątrzgatunkowego sosny limby (*Pinus cembra* L.) z czterech tatrzańskich proveniencji na podstawie cech potomstwa. Sprawozdanie końcowe z realizacji projektu 240509. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary.
- Myszkowski S. 1971. Rozmieszczenie. W: Białobok S. [red.]. *Limba Pinus cembra* L. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa – Poznań. 23-49.
- Niemtur S. 2002. Badania nad sosną limbą (*Pinus cembra* L.) z czterech stanowisk tatrzańskich. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 86: 65-80.
- Niemtur S., Karaś M., Petryk S. 2003. Sosna limba (*Pinus cembra* L.) z czterech stanowisk tatrzańskich w doświadczeniu proveniencyjnym. *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich* 46: 63-76.
- Oberhuber W. 2004. Influence of climate on radial growth of *Pinus cembra* within the alpine timberline ecotone. *Tree Physiology* 24: 291-301.
- Pawlaczyk E. M., Bobowicz M. A., Korezyk A. F. 2010. Zmienność trzech naturalnych populacji *Pinus sylvestris* L. z różnych siedlisk Puszczy Białowieskiej oszacowana cechami igieł. *Leś. Pr. Bad.* 71 (1): 83-92. DOI: 10.2478/v10111-010-0006-1.
- Sierota Z. 1987. Czynniki sprzyjające występowaniu huby korzeni w drzewostanach sosnowych na gruntach porolnych. *Sylvan* 131 (11-12): 69-82.
- Spausta W. 1896. *Limba*. *Sylvan* 40: 71-85.
- Tarka R. 1997. Zasilanie wód podziemnych w górskich masywach krystalicznych na przykładzie Masywu Śnieżnika w Sudetach. *Prace Geologiczno-Mineralogiczne* 56: 1-66.
- Twardy S., Kopacz M. 2012. Dynamika relacji opad – odpływ w potokach Biała Woda I Czarna Woda w roku hydrologicznym 2010. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie* 12 (3): 197-210.
- Ulber M., Gugerli F., Bozic G. 2004. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use. Swiss stone pine (*Pinus cembra*). International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy.
- Vakula J., Gubka A., Galko J., Kunca A., Nikolov C. 2009. Lykožrút smrekový (*Ips typographus* L.) najobávnejší škodlivý činiteľ súčasnosti. Národné lesnícke centrum Zvolen.
- Wojnicka-Półtorak A., Celiński K., Chudzińska E., Prus-Głowacki W., Niemtur S. 2015. Genetic Resources of *Pinus cembra* L. Marginal Populations from the Tatra Mountains: Implications for Conservation. *Biochem Genet* 53: 49-61. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10528-015-9670-4>.
- Zięba A., Różański W., Bukowski M., Ciesielska B., Szwagrzyk J. 2019. Distribution and habitat conditions of *Pinus cembra* forests in the Tatra Mountains. *Dendrobiology* 81: 86-96. DOI: 10.12657/denbio.081.010.
- Zięba A., Różański W., Szwagrzyk J. 2018. Syntaxonomy of relic Swiss stone pine (*Pinus cembra*) forests in the Tatra Mountains. *Tuexenia* 38: 155-176. DOI: 10.14471/2018.38.004.
- Zoller H. 1991. *Pinus*. W: Conert H. J., Hamann U., Schultze-Motel W., Wagenitz G. [red.]. *Gustav Hegi-Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. Blackwell, Berlin. 77-83.
- Zwijacz-Kozica T., Żywiec M. 2007. Fifty-year changes in a strictly protected stone pine population in the Tatra National Park. *Nature Conservation* 64: 73-82.
- Zwijacz-Kozica T., Żywiec M., Zwijacz-Kozica M. 2010. Występowanie limby i modrzewia europejskiego w Dolinie Suchej Wody na tle warunków środowiska. *Nauka a zarządzanie obszarem Tatr i ich otoczeniem*. Tom II. 25-30.