

## Wpływ więzby sadzenia na wzrost i przeżywalność sosny zwyczajnej w okresie około 40 lat od założenia uprawy w zróżnicowanych warunkach siedliskowych

The influence of plant spacing on growth and survival of Scots pine in various habitats during a 40 year period since stand establishment

Wojciech Gil

Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Hodowli Lasu i Genetyki Drzew Leśnych,  
Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn  
Tel +48 227150685; e-mail gilw@ibles.waw.pl

**Abstract.** The aim of this research was to characterise the influence of plant spacing on the survival and growth of pines in dry and fresh coniferous forest habitats after almost 40 years since stand establishment.

In this study, we compared seven types of spacing, including square, rectangular and triangular configurations, with initial densities ranging from 6944 units/ha to 15 625 units/ha. The research covered two sites where no tending interventions of selective character were performed throughout the growth period.

We found that habitat conditions had an influence on tree survival as well as growth in thickness and height in the pine forest stands. In the less fertile habitat, where competition between trees was less intense, about 1,5 to 2 times more trees survived than in the more fertile habitat. Pines growing in the fresh coniferous forest were taller and had substantially larger diameter breast heights (dbh) in comparison to pines of the dry coniferous forest. Additionally, habitat conditions had an influence on the spacing effect correctness of the analysed features. In the poorer habitat this influence was stronger, which showed in a greater differentiation of the analysed parameters as compared to the more fertile habitat. Average dbh values of all trees on the Płock surface increased with decreasing initial density and ranged from 8,24 cm in variant A (15 625 units/ha) to 9,79 cm in variant C (6944 units/ha). On the Łąck surface, trees growing at a lower density (variants C and E) were significantly thicker than trees growing at densities between 10 000 units/ha and 15 625 units/ha (spacing variants A, B, F, G). Furthermore, our results showed a significant influence of habitat conditions and plant spacing on the thickness of pines belonging to the 1st biosocial class.

Moreover, we found a positive influence of triangular-shaped spacing on the trees' thickness increment in the fresh coniferous forest, which confirms reports from other authors. Hence, we can deduce that triangular spacing enables trees to make better use of their surrounding space which positively impacts on their growth parameters.

Based on these results, we can conclude that, in pine forests, there is a significant influence of habitat conditions on tree survival and growth in thickness and height. This study also showed significant differences between the types of plant spacing and their effect on pine shafts in the II age class. However, a relationship between height growth rate and initial density was not observed. In both of the investigated habitats, the highest trees were observed at densities around 11 500 units/ha with triangular spacing enhancing this effect.

**Key words:** Scots pine, plant spacing, initial density, survival of trees, trees' growth, habitat conditions

## 1. Wstęp

Większość dotychczasowych polskich eksperymentów nad wpływem więzby sadzenia na wzrost i rozwój drzewostanów sosnowych dotyczy młodszych faz rozwojowych drzewostanów (Burzyński, Zajączkowski 1975; Ceitel 1989; Zajączkowski, Kopryk 1990), brakuje natomiast doniesień o różnicowaniu się parametrów biometrycznych sosen posadzonych w różnej więzbie, będących w starszym wieku. Głównym powodem jest brak odpowiedniego materiału empirycznego. W Zakładzie Hodowli Lasu IBL badania nad więzłą prowadzono od lat 60. ubiegłego wieku. W ich ramach założono stałe powierzchnie doświadczalne w układzie bloków losowych na różnych siedliskach, pozwalające porównywać przebieg rozwoju sosny i śledzić naturalne procesy różnicowania się struktury drzewostanu i kształtowania się cech biometrycznych drzew rosnących w różnym zagęszczeniu, w kolejnych latach wzrostu. Niektóre z nich istnieją do dziś, a ich wartość naukową podnosi fakt, że nie były na nich wykonywane zabiegi pielęgnacyjne o charakterze selekcyjnym, a ukształtowana obecnie struktura przestrzenna jest wynikiem naturalnych procesów różnicowania się drzew w drzewostanie.

Celem obecnych badań było określenie wpływu więzby sadzenia na różnicowanie się przeżywalności i parametrów wzrostowych drzew w okresie pierwszych ok. 40 lat życia niepielęgnowanego drzewostanu sosnowego rosnącego na siedliskach boru suchego i boru świeżego.

## 2. Metodyka i obiekty badań

Obiektem badań były dwie powierzchnie doświadczalne:

1. Powierzchnia w Nadleśnictwie Płock, Leśn. Sierpc, oddz. 117 i 122, założona w roku 1965, na siedlisku boru suchego. Gleba na powierzchni doświadczalnej była przygotowana pełną orką. Materiałem sadzeniowym była jednoroczna sosna zwyczajna. Ostatni pomiar, będący przedmiotem niniejszej analizy, wykonano w roku 2002, kiedy sosna osiągnęła wiek 38 lat. Wielkość jednej działki pomiarowej (powtórzenia) wynosiła 5 arów. W latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku w drzewostanie wykonano jedno cięcie sanitarne, usuwając drzewa zamierające i zamarłe.

2. Powierzchnia doświadczalna w Nadleśnictwie Łąck, Leśn. Korzeń, oddz. 290c, 290h, 286c. Powierzchnię założono w roku 1965 na siedlisku boru świeżego. Gleba na powierzchni doświadczalnej była przygotowana pełną orką. Materiałem sadzeniowym była jednoroczna sosna zwyczajna. Ostatni pomiar, którego wyniki są przedmiotem tej analizy, wykonano także w roku

2002, kiedy sosna osiągnęła wiek 38 lat. Wielkość jednej działki pomiarowej wynosiła 16 arów, przy czym pomiarami objęto tylko część powierzchni działki – 7 ar. Na powierzchni również wykonano w tym samym okresie cięcie sanitarne, usuwając drzewa zamierające i zamarłe.

Obiekty, w których prowadzono badania, zlokalizowane są w prowincji Nizin Środkowopolskich. Okres wegetacyjny trwa 200–210 dni. Średnia roczna suma opadów atmosferycznych wynosi w granicach 450–700 mm, średnia temperatura roku wynosi 7–9°C.

W niniejszej pracy analizowano siedem wariantów więzby (A–G). Każdy wariant mierzony był w trzech powtórzeniach.

– więzby kwadratowe:

A – 0,8×0,8 m – zagęszczenie początkowe 15 625 szt./ha,

B – 1,0×1,0 m – 10 000 szt./ha,

C – 1,2×1,2 m – 6944 szt./ha;

– więzby trójkątne:

D – 1,0×1,0×1,0 m – 11 547 szt./ha,

E – 1,2×1,2×1,2 m – 8019 szt./ha;

– więzby prostokątne:

F – 0,55×1,2 m – 15 152 szt./ha,

G – 0,8×1,2 m – 10 417 szt./ha.

Na każdej działce wykonano:

– pomiar pierśnic ( $D_{1,3}$ ) [cm] i wysokości (H) [m] wszystkich drzew,

– klasyfikację biosocjalną drzew.

Pierśnice drzew mierzono średnicomierzem z dokładnością do 1 mm. Pomiary wykonywano w dwóch prostopadłych kierunkach (wzdłuż i w poprzek rzędu sadzenia). Pomiary wysokości drzew wykonano wysokościomierzem elektronicznym Vertex z dokładnością do 0,1 m.

Przeżywalność drzew wyrażono procentowym stosem drzew rosnących na powierzchni w roku pomiaru do liczby wyjściowej.

Pozycję biosocjalną określano według skali: 1 – drzewa panujące, 2 – drzewa współpanujące, 3 – drzewa opanowane, 4 – drzewa przygłuszone i zamierające.

Drzewa klasy 1 należy traktować jako drzewa 1 i 2 kl. wg klasyfikacji biologicznej Krafta, drzewa klasy 2 – jako drzewa 3 kl. Krafta, drzewa klasy 3 – jako drzewa 4 kl. Krafta, a drzewa klasy 4 – jako drzewa 5 kl. Krafta.

Zakres pomiarów na opisanych w artykule powierzchniach doświadczalnych był znacznie większy. W niniejszej publikacji przedstawiono wyniki dotyczące wpływu więzby sadzenia i żyzności siedliska na przeżywalność drzew, ich wzrost na grubość i wysokość.

Analizę statystyczną wyników pomiarów drzewostanu prowadzono dla całego drzewostanu i dla drzew z 1 klasy biosocjalnej. Miało to na celu ocenę możliwości selekcji po ok. 40 latach wzrostu drzewostanów założonych w różnej więzbie i na różnych siedliskach.

W zakresie statystyki opisowej wykorzystano średnią, odchylenie standardowe i współczynnik zmienności.

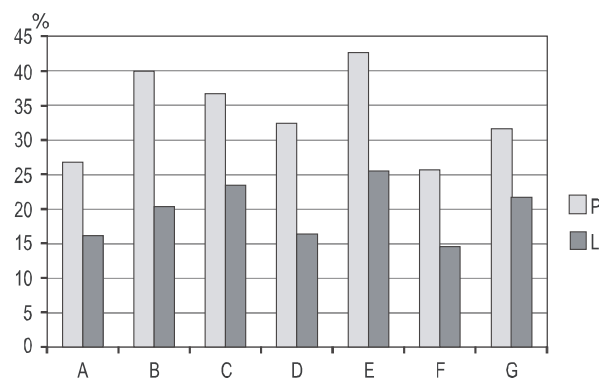
W celu określenia zależności pomiędzy cechami (stwierdzenia istotności różnic pomiędzy średnimi) wykorzystywano analizę wariancji wieloczynnikowej ANOVA przy poziomie istotności  $p=0,05$  oraz test wielokrotnego porównania (tzw. post-hoc) Tukeya. Do wykonania obliczeń użyto programu Statistica 10 (2011).

### 3. Wyniki badań

#### Zmiana liczby drzew w zależności od więzby początkowej

Przeżywalność drzew po 38 latach wzrostu w zależności od więzby początkowej na powierzchniach 1 (powierzchnia Płock) i 2 (powierzchnia Łąck) przedstawia rycina.

Najmniejszą przeżywalność drzew na powierzchni w



**Rycina 1. Przeżywalność drzew po 38 latach wzrostu w zależności od wariantu więzby na powierzchniach badawczych Płock (P) i Łąck (L).**

Figure 1. Survival of trees after 38 years of growth depending on spacing variant on experimental plots Płock (P) and Łąck (L): variants as in Table 1.

Płocku stwierdzono w najgęstszych wariantach więzby – F (25,8%) i A (26,8%), a największą w wariantcie E, odpowiadającym zagęszczeniu początkowemu 8019 szt./ha. Generalnie przeżywalność wzrastała wraz z rozluźnianiem więzby sadzenia, przy czym w najmniejszych z analizowanych zagęszczeń początkowych (warianty E i C) dał się zauważyć wpływ kształtu więzby na przeżywalność drzew – w więzbie trójkątnej przy zagęszczeniu początkowym 8019 szt./ha przeżyło nieco więcej drzew niż w przypadku więzby kwadratowej przy zagęszczeniu początkowym 6944 szt./ha. Podobny trend obserwowano na powierzchni w Łącku, gdzie najmniejszą przeżywalność po 38 latach odnoto-

wano w wariantcie F (15 152 szt./ha) – 14,7%, a największą w wariantcie E – 25,6%. Również i na tej powierzchni, w wariantcie luźnej więzbie trójkątnej (E), przeżyło nieco więcej drzew niż w wariantcie najluźniejszej więzby o kształcie kwadratowym – C.

Po 38 latach na uboższym siedlisku przeżywało ok. 1,5 do 2 razy więcej drzew niż na siedlisku żyzniejszym. Ponieważ na obu powierzchniach wykonano jedno cięcie sanitarne, osiągnięty rezultat był efektem wolniejszego wzrostu drzew na siedlisku boru suchego i mniejszego tempa procesów konkurencyjnych, a co za tym idzie – wydzielenia się drzew.

#### Wpływ więzby początkowej na pierśnicę drzew

Średnią pierśnicę drzew w wariantach więzby, obliczoną na podstawie wszystkich drzew i na podstawie drzew reprezentujących 1 klasę biosocjalną, przedstawiają tabele 1 (Płock) i 2 (Łąck). W tabelach zawarto również informacje o rzeczywistej liczbie drzew, odchyleniu standardowym i współczynniku zmienności mierzonych parametrów.

Badania wykazały istotny wpływ warunków siedliskowych i więzby sadzenia na kształtowanie się grubości sosen po 38 latach wzrostu ( $p=0,00002$ ). Wieloczynnikowa analiza wariancji wykonana dla średniej pierśnicy wszystkich drzew w poszczególnych wariantach wyróżniła sześć grup jednorodnych, przy czym drzewa rosące na siedlisku boru suchego (Płock), miały, jak można było oczekiwać, istotnie mniejszą pierśnicę niż drzewa rosące na siedlisku boru świeżego (Łąck).

Średnia wartość pierśnicy wszystkich drzew na powierzchni w Płocku zwiększała się wraz ze wzrostem powierzchni życiowej drzew (zmniejszaniem zagęszczenia początkowego) i wynosiła od 8,24 cm w wariantcie A (15 625 szt./ha) do 9,79 cm w wariantcie C (6944 szt./ha). Grubość drzew posadzonych w więzbie najluźniejszej – wariant C o zagęszczeniu początkowym 6944 szt./ha i wariant E o zagęszczeniu 8019 szt./ha, była istotnie większa od grubości drzew w pozostałych wariantach więzby (ryc. 2).

Podobną tendencję obserwowano na powierzchni badawczej w Łącku. Średnia wartość pierśnicy wszystkich drzew wynosiła od 11,37 cm w wariantcie F (15 125 szt./ha) do 12,76 cm w wariantcie D (11 547 szt./ha). Drzewa rosące w zagęszczeniu małym (warianty C i E) były istotnie grubsze od drzew rosących w zagęszczeniu od 10000 szt./ha do 15625 szt./ha (warianty więzby A, B, F, G), z wyjątkiem wariantu więzby trójkątnej D, który tworzył grupę jednorodną razem z wariantami C i E (ryc. 2).

Na obu powierzchniach wpływ więzby na grubość drzew kształtował się w zbliżony sposób, poza przypadkiem więzby trójkątnej D (11 547 szt./ha). W tym

**Tabela 1. Charakterystyka drzew (wszystkich oraz z 1 klasy biosocjalnej) w zależności od więzby początkowej na powierzchni w Plocku**

Table 1. Trees characteristics (all and from 1st biosocial class) depending on initial spacing on Plock plot

Cecha Features		Wariant / Variants*						
		A	B	C	D	E	F	G
		<b>wszystkie drzewa / all trees</b>						
<b>Liczba drzew (na 1 ha)</b> Trees per 1 ha		4114	4001	2546	3763	3406	3915	3294
<b>Pierśnica</b> DBH D <sub>1.3</sub>	średnia / average [cm]	8,24	8,66	9,79	8,58	9,36	8,31	8,59
	odch. stand. / std. dev. [cm]	2,39	2,60	2,76	2,61	2,82	2,62	2,81
	wsp. zmien. / variability [%]	28,97	30,02	28,19	30,42	30,13	31,53	32,64
<b>Wysokość</b> Height H	średnia [m]	9,48	9,47	9,53	9,75	9,93	9,34	9,47
	odch. stand. / std. dev. [cm]	1,58	1,73	1,81	2,11	1,50	1,85	4,06
	wsp. zmien. / variability [%]	16,67	18,27	18,99	21,64	15,11	19,81	42,78
		<b>1 klasa biosocjalna / 1st biosocial class</b>						
<b>Liczba drzew (na 1 ha)</b> Trees per 1 ha		1892	1931	1343	1832	1673	1607	1435
<b>Pierśnica</b> DBH D <sub>1.3</sub>	średnia / average [cm]	9,98	10,52	11,41	10,48	11,22	10,53	10,77
	odch. stand. / std. dev. [cm]	1,99	2,19	2,44	2,11	2,48	2,27	2,36
	wsp. zmienności [%]	19,94	20,82	21,38	20,13	22,10	21,56	21,91
<b>Wysokość</b> Height H	średnia / average [cm]	10,46	10,53	10,42	11,14	10,93	10,76	10,76
	odch. stand. / std. dev. [cm]	1,16	1,36	1,56	1,48	1,05	1,28	1,40
	wsp. zmien. / variability [%]	11,09	12,92	14,97	13,29	9,61	11,90	13,01

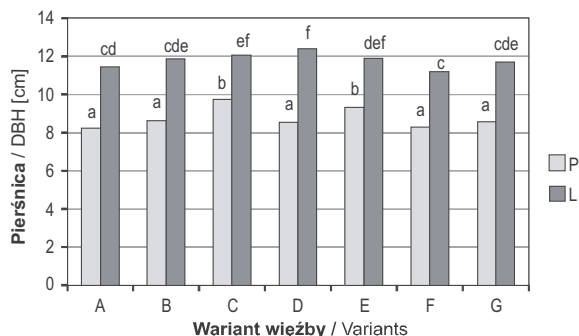
\* Initial spacing: square : A – 0,8×0,8 m (15 625 trees ha<sup>-1</sup>), B – 1,0×1,0 m (10 000 trees ha<sup>-1</sup>), C – 1,2×1,2 m (6944 trees ha<sup>-1</sup>); triangular : D – 1,0×1,0×1,0 m (11 547 trees ha<sup>-1</sup>), E – 1,2×1,2×1,2 m (8019 trees ha<sup>-1</sup>); rectangular : F – 0,55×1,2 m (15 152 trees ha<sup>-1</sup>), G – 0,8×1,2 m (10 417 trees ha<sup>-1</sup>).

**Tabela 2. Charakterystyka drzew (wszystkich oraz z 1 klasy biosocjalnej) w zależności od więzby początkowej na powierzchni w Łącku**

Table 2. Characteristic of trees (all and from 1st biosocial class) depending on initial spacing on Łąck surface

Cecha Features		Wariant / Variants*						
		A	B	C	D	E	F	G
		<b>wszystkie drzewa / all trees</b>						
<b>Liczba drzew (na 1 ha)</b> Trees per 1 ha		2508	2050	1642	1896	2050	2225	2271
<b>Pierśnica</b> DBH D <sub>1.3</sub>	średnia / average [cm]	11,56	11,80	12,47	12,76	12,21	11,37	11,85
	odch. stand. / std. dev. [cm]	2,44	2,77	2,9	2,65	2,52	2,6	2,79
	wsp. zmien. / variability [%]	21,29	23,26	23,89	21,29	21,16	23,07	23,68
<b>Wysokość</b> Height H	średnia / average [cm]	13,13	13,45	13,70	14,00	13,35	13,18	13,76
	odch. stand. / std. dev. [cm]	1,30	1,31	1,17	1,14	1,13	1,26	1,21
	wsp. zmien. / variability [%]	9,90	9,73	8,54	8,14	8,46	9,56	8,79
		<b>1 klasa biosocjalna / 1st biosocial class</b>						
<b>Liczba drzew (na 1 ha)</b> Trees per 1 ha		1825	1500	1158	1417	1571	1529	1679
<b>Pierśnica</b> DBH D <sub>1.3</sub>	średnia / average [cm]	12,43	12,71	13,54	13,67	12,84	12,44	12,97
	odch. stand. / std. dev. [cm]	2,17	2,53	2,51	2,38	2,32	2,24	2,37
	wsp. zmien. / variability [%]	17,60	19,70	18,83	17,88	18,33	18,01	18,47
<b>Wysokość</b> Height H	średnia / average [cm]	13,61	13,80	14,15	14,36	13,59	13,69	14,25
	odch. stand. / std. dev. [cm]	1,09	1,16	0,89	0,97	1,03	0,94	0,82
	wsp. zmien. / variability [%]	8,01	8,41	6,29	6,75	7,58	6,87	5,75

\* As in Table 1



**Rycina 2. Pierśnica sosen w wariantach więźby i w zróżnicowanych warunkach siedliskowych (P – Płock, bór suchy, L – Łąck, bór świeży). Średnie wartości cechy oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy  $p=0,05$ .**  
Figure 2. DBH of pines in spacing variants and in varied habitat conditions (P – Płock, dry coniferous forest, L – Łąck, fresh coniferous forest). Average values of feature marked with the same letter do not differ significantly with  $p=0.05$ . Variants as in Table 1.

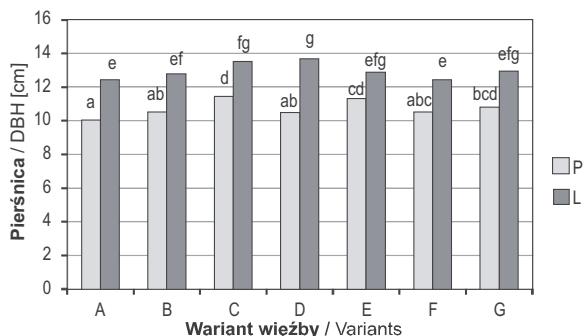
wariacie na siedlisku żyzniejszym drzewa były grubsze, niż w pozostałych wariantach, natomiast na borze suchym średnia pierśnica była mniejsza niż pierśnica drzew rosnących w najmniejszym zagęszczeniu początkowym.

Współczynnik zmienności pierśnic wszystkich drzew na powierzchni w Płocku kształtował się w granicach 28,19% (C) – 32,64% (G) (tab. 1). W Łącku, gdzie przeżywalność drzew była mniejsza niż na powierzchni w Płocku, zmienność analizowanej cechy była wyraźnie mniejsza. Współczynnik zmienności pierśnic w przypadku wszystkich drzew kształtował się w granicach 21,16% (E) – 23,89% (C) (tab. 2).

### Wpływ więźby początkowej na pierśnicę drzew z 1 klasy biosocjalnej

Badania wykazały istotny wpływ warunków siedliskowych i więźby sadzenia na kształtowanie się grubości sosen należących do 1 klasy biosocjalnej ( $p=0,00005$ ). Analiza wariancji wykonana dla średniej pierśnicy wszystkich drzew na powierzchniach wyróżniła siedem grup jednorodnych. Drzewa rosnące na siedlisku boru suchego (Płock), zarówno wszystkie, jak i z 1 klasy biosocjalnej, miały istotnie mniejszą pierśnicę w porównaniu z sosnami rosnącymi na siedlisku boru świeżego (ryc. 3).

Średnia pierśnica drzew w 1 klasie biosocjalnej na powierzchni Płock była, w zależności od wariantu więźby, o ok. 17–27% wyższa niż średnia wszystkich drzew w drzewostanie. Najmniejszą pierśnicę w tej klasie drzew, podobnie jak w przypadku wszystkich drzew, stwierdzono w wariantach A (9,98 cm), największą – w



**Rycina 3. Pierśnica sosen z 1 klasy biosocjalnej w wariantach więźby i w zróżnicowanych warunkach siedliskowych (P – Płock, bór suchy, L – Łąck, bór świeży). Średnie wartości cechy oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy  $p=0,05$ .**

Figure 3. DBH of pines from 1st biosocial class in spacing variants and in varied habitat conditions (P–Płock, dry coniferous forest, L–Łąck, fresh coniferous forest). Average values of feature marked with the same letter don't differ significantly with  $p=0.05$ . Variants as in Table 1.

wariacie C (11,41 cm). W wariantach najluźniejszej więźby – C i E, drzewa z 1 klasy biosocjalnej, podobnie jak wszystkie drzewa, miały pierśnicę istotnie większą od drzew z większości pozostałych wariantów (oprócz wariantu G, 10417 szt./ha).

Na powierzchni Łąck średnia pierśnica drzew w 1 klasie biosocjalnej była o 5–9% większa niż średnia pierśnica wszystkich drzew w drzewostanie. Najmniejszą pierśnicę stwierdzono w wariantach A (12,43 cm), a największą – w wariantach C i D (13,54 i 13,67 cm). Wartości te były istotnie wyższe od wartości pierśnic drzew rosnących w wariantach A, F, B, natomiast nie różniły się istotnie od wartości średnich pierśnic drzew 1 klasy biosocjalnej w wariantach więźby E i G (por. ryc. 5).

W wariantach D (więźba trójkątna) pierśnica drzew zarówno panujących, jak i wszystkich, należała do największych na żyzniejszym siedlisku, podczas gdy na siedlisku ubogim – do przeciętnych.

Współczynnik zmienności pierśnic drzew należących do 1 klasy biosocjalnej na powierzchni Płock wahał się od 19,94% (A) do 22,10% (E), czyli zróżnicowanie drzew potencjalnie dorodnych pod względem pierśnicy było mniejsze niż zróżnicowanie wszystkich drzew. Na powierzchni w Łącku wartość współczynnika zmienności pierśnic tej grupy drzew była nieznacznie niższa niż w Płocku i wahała się od 17,60% (A) do 19,70% (B), a zróżnicowanie drzew potencjalnie dorodnych pod względem pierśnicy było również mniejsze niż zróżnicowanie wszystkich drzew.



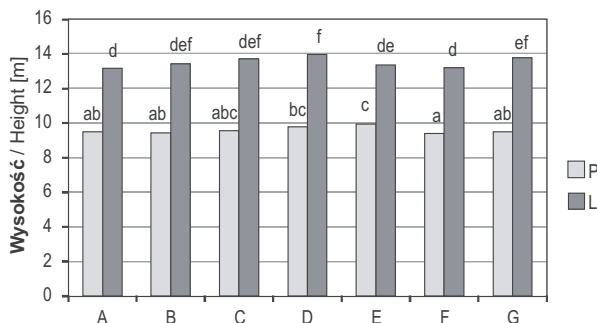
### Wpływ więzby początkowej na wysokość drzew

Warunki siedliskowe i więzba sadzenia miały istotny wpływ na kształtowanie się wysokości sosen ( $p=0,00005$ ). Analiza wariancji wykonana dla średniej wysokości wszystkich drzew na powierzchniach wyróżniła sześć grup jednorodnych. Drzewa rosnące na siedlisku boru suchego (Płock) miały, niezależnie od przynależności do grupy, istotnie mniejszą wysokość niż sosny rosnące na siedlisku boru świeżego (ryc. 4).

Średnia wysokość wszystkich drzew na powierzchni Płock wynosiła od 9,34 m w wariancie F (15152 szt./ha) do 9,93 m w wariancie E (8019 szt./ha). Wpływ zagęszczenia początkowego na wysokość był nieistotny, natomiast ważnym czynnikiem okazał się kształt więzby, zwłaszcza w wariancie E, gdzie drzewa rosnące w zagęszczeniu 8019 szt./ha były istotnie wyższe od drzew rosnących w więzbach: A, B, F, G (ryc. 4).

Średnia wysokość wszystkich drzew na powierzchni Łąck kształtowała się w zbliżony sposób jak na powierzchni Płock i wynosiła od 13,13 m w najgęstszym wariancie A (15625 szt./ha) do 14,00 m w wariancie D (11547 szt./ha). Drzewa posadzone w wariancie D i w wariancie G były istotnie wyższe od drzew rosnących w więzbach najgęstszych – A i F, nie różniły się natomiast istotnie wysokością od drzew z wariantów C i B.

Współczynnik zmienności wysokości wszystkich drzew na powierzchni Płock był w większości przypadków mniejszy od współczynnika zmienności pierściny drzew i wynosił od 15,11% (E) do 42,78% (G). Zaskakujący w tym wypadku jest duży współczynnik zmienności wysokości drzew w wariancie G (10 417 szt./ha). Jest on ponad 2 razy większy niż w wariancie B o podobnym zagęszczeniu początkowym, co wskazuje



Rycina 4. Wysokość sosen w wariantach więzby i w zróżnicowanych warunkach siedliskowych (P – Płock, bór suchy, L – Łąck, bór świeży). Średnie wartości cechy oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy  $p=0,05$ .

Figure 4. Height of pines in spacing variants and in varied habitat conditions (P – Płock, dry coniferous forest, L – Łąck, fresh coniferous forest). Average values of feature marked with the same letter do not differ significantly with  $p=0.05$ . Variants as in Table 1.

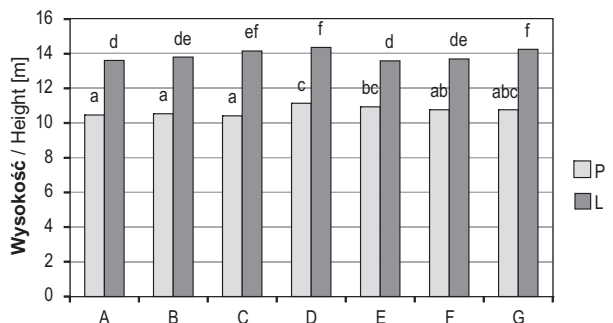
na większy udział niskich drzew dolnych warstw biosocjalnych w wariancie G. Na powierzchni w Łącku współczynnik zmienności wysokości wynosił od 8,14% (D) do 9,9% (A) i był zdecydowanie mniejszy niż na powierzchni Płock zlokalizowanej na uboższym siedlisku.

### Wpływ więzby początkowej na wysokość drzew z 1 klasy biosocjalnej

Wieżba sadzenia, podobnie jak warunki siedliskowe, miała istotny wpływ na kształtowanie się wysokości sosen zarówno w przypadku wszystkich drzew, jak i w przypadku należących do 1 klasy biosocjalnej ( $p=0,00000$ ). Analiza wariancji wykonana dla średniej wysokości drzew tej klasy na obu powierzchniach wyróżniła sześć grup jednorodnych, przy czym drzewa panujące rosnące na siedlisku boru suchego (Płock), miały istotnie mniejszą wysokość niż sosny panujące rosnące na siedlisku boru świeżego (ryc. 5).

Na powierzchni Płock średnia wysokość drzew należących do 1 klasy biosocjalnej była wyższa od wartości średniej wysokości dla wszystkich drzew o 9–15%. Najmniejszą średnią wysokość miały drzewa dominujące w wariancie C (10,42 m), a największą – w wariancie D (11,40 m). Wpływ więzby na wysokość drzew był podobny zarówno w przypadku 1 klasy biosocjalnej, jak i wszystkich drzew. Drzewa 1 klasy biosocjalnej posadzone w trójkątnej więzbie (D, E) były istotnie wyższe od drzew z wariantów A, B, C, F (ryc. 5).

Średnia wysokość drzew należących do 1 klasy biosocjalnej na powierzchni Łąck również była wyrównana i wyższa od średniej wysokości wszystkich drzew



Rycina 5. Wysokość sosen z 1 klasy biosocjalnej w wariantach więzby i w zróżnicowanych warunkach siedliskowych (P – Płock, bór suchy, L – Łąck, bór świeży). Średnie wartości cechy oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy  $p=0,05$ .

Figure 5. Height of pines from the 1st biosocial class in spacing variants and in varied habitat conditions (P – Płock, dry coniferous forest, L – Łąck, fresh coniferous forest). Average values of feature marked with the same letter do not differ significantly with  $p=0.05$ . Variants as in Table 1.

jedynie o 2–4%. Największą średnią miały drzewa z wariantu D (14,36 m), a najmniejszą – z wariantu E (13,59 m). Średnia wysokość drzew z pierwszej klasy biosocjalnej w poszczególnych wariantach była istotnie różna ( $p=0,00000$ ). Analiza wariancji podzieliła drzewa tej klasy na dwie grupy jednorodne. Drzewa z wariantów G i D były istotnie wyższe od drzew z pozostałych wariantów więźby, poza wariantem C (ryc. 5).

Współczynnik zmienności badanej cechy na powierzchni Płock wynosił od 9,61% (E) do 14,97% (C), natomiast na powierzchni Łąck wartości te wahały się od 5,75% (G) do 8,41% (B) (tab. 2).

#### 4. Dyskusja wyników

W badaniach wykazano wpływ zagęszczenia początkowego i siedliska na przeżywalność drzew. Po 38 latach wzrostu więcej drzew przeżywało w więźbach szerszych (w mniejszym zagęszczeniu początkowym) i na siedlisku uboższym, gdzie tempo wzrostu drzew, a więc i ich wydzielania się z drzewostanu było mniejsze. Mniejsza przeżywalność miała z kolei wpływ na mniejsze zróżnicowanie rozmiarów drzew na siedlisku żyzniejszym.

Podobne wyniki dotyczące wpływu więźby sadzenia i żyzności siedliska na proces wydzielania otrzymali również Kramer (1988), Rjabokin' (1991), Spellmann i Nagel (1992), Zajączkowski i Kopyrk (1990). Liczne wypadki w gęstszych więźbach są głównym argumentem zwolenników luźnych więźb, uważających, że nie ma potrzeby ponosić nakładów na kosztowny materiał sadzeniowy (Kramer 1988). Analizowanie jednak samej przeżywalności, w oderwaniu od pozostałych cech charakteryzujących wzrost i jakość drzewostanu, nie służy poprawności wnioskowania.

Więźba sadzenia i typ siedliska wywierały wpływ na grubość zarówno wszystkich drzew w drzewostanie, jak i drzew z I klasy biosocjalnej. Drzewa na żyzniejszym siedlisku były istotnie grubsze od drzew na siedlisku uboższym. Po 38 latach wzrostu pierśnica wszystkich drzew była istotnie większa w wariantach z mniejszym zagęszczeniem początkowym (6944 szt./ha i 8019 szt./ha), niezależnie od warunków siedliskowych. Podobną tendencję obserwowano w przypadku drzew z I klasy biosocjalnej, przy czym na siedlisku uboższym różnica pomiędzy pierśnicą drzew panujących a pierśnicą wszystkich drzew była zdecydowanie większa niż na siedlisku żyzniejszym. Wpływ na to miała mniejsza przeżywalność drzew na siedlisku żyzniejszym.

Zastanawiający jest przypadek wariantu D – więźba trójkątna, 11547 szt./ha, w którym na siedlisku żyzniejszym pierśnica drzew – wszystkich i panujących miała największą wartość, podczas gdy na siedlisku

uboższym pierśnica nie odbiegała od przeciętnej dla całego drzewostanu. Na wynik ten miała wpływ zapewne dość niska przeżywalność drzew w tym typie więźby na siedlisku boru świeżego. Należy jednak zauważyć, że drzewa rosnące w innym wariantcie więźby trójkątnej – E, o mniejszym zagęszczeniu, na obu powierzchniach (Płock i Łąck) również należały do najgrubszych. Być może, na siedlisku żyzniejszym negatywny efekt dużego zagęszczenia drzew jest nieco niwelowany poprzez pozytywne cechy kształtu więźby. Byłoby to zgodne ze stwierdzeniem Assmanna (1968), że przy więźbie trójkątnej drzewa lepiej wykorzystują przestrzeń, co korzystnie odbija się na ich wzroście. Zależność taką obserwowano w niniejszych badaniach także pod względem wpływu kształtu więźby na wysokość drzew. Również Šutov (1984) uważa za najlepszą pod względem hodowlanym więźbę trójkątną, ale więźba ta powoduje znaczne utrudnienia w mechanizacji prac.

Hamilton i Christie (1971) w najmłodszych fazach rozwojowych (uprawa, młodnik) sosny zwyczajnej stwierdzili wzrost tempa przyrostu pierśnicy wszystkich drzew i drzew panujących (w mniejszym stopniu) wraz ze zmniejszeniem zagęszczenia początkowego. Silną wprost proporcjonalną zależność pierśnicy sosen w młodym wieku (11 lat) od więźby sadzenia potwierdził w swoich badaniach Ceitel (1989). Wyniki niniejszej pracy potwierdzają także wyniki badań innych autorów (Kramer 1988; Dittmar 1992; Kenk 1998; Lockow 1998; Buzjkin, Pšeničnikova 1999; Huss 1999 a, b;).

Z prezentowanych badań wynika, że na siedliskach ubogich po ok. 40 latach wzrostu pierśnica drzew rosnących w różnym zagęszczeniu wciąż się różni, jest większa w przypadku drzew rosnących w luźniejszej więźbie. Różnica między średnią pierśnicą drzew sadzonych w różnej więźbie powstaje we wczesnych etapach rozwoju drzewostanu i utrzymuje się w następnych latach. Jest to prawidłowość charakterystyczna dla gatunków iglastych (Braathe 1952; Sjolte-Jorgensen 1967; Zajączkowski, Kopyrk 1981).

Po 38 latach wzrostu drzewa rosnące na siedlisku boru świeżego były istotnie wyższe (wszystkie i panujące) od drzew rosnących na borze suchym. Zagęszczenie początkowe miało mniejszy wpływ na wysokość niż na pierśnicę drzew. Co prawda na siedlisku żyzniejszym najniższe drzewa obserwowano w wariantach o większym zagęszczeniu początkowym – powyżej 15 tysięcy sztuk na 1 ha, ale zależności te nie były istotne. Z kolei najwyższe drzewa – zarówno wszystkie, jak i I klasy biosocjalnej, były w wariantach o zagęszczeniu 10,5–11,5 tys. szt./ha.

W przypadku słabszego siedliska obserwowano pozytywny wpływ kształtu więźby trójkątnej (warianty D, E) na wysokość drzew wszystkich i należących do I

klasy biosocjalnej. Drzewa tej grupy posadzone w zagęszczeniu 11 547 sz./ha (wariant D) były, podobnie jak na siedlisku boru świeżego, najwyższe.

W wielu innych badaniach w drzewostanach iglastych średnia wysokość drzewostanu wzrastała wraz ze zmniejszeniem gęstości sadzenia (Evert 1971; Kramer 1988; Ceitel 1989; Moberg 1999). Badania Elfvinga (1975) w niepielęgnowanych 22-letnich drzewostanach sosnowych w Szwecji potwierdzają ten wniosek w odniesieniu do średniej wysokości drzewostanu, ale nie w odniesieniu do drzew dominujących: średnia wysokość stu najgrubszych drzew wzrastała wraz ze zwiększeniem początkowej gęstości.

## 5. Wnioski

Na podstawie wyników badań można sformułować następujące wnioski:

1. Warunki siedliskowe mają wpływ na przeżywalność drzew w drzewostanach sosnowych oraz na ich wzrost na grubość i wysokość. Na mniej żyznym siedlisku występuje mniejsza konkurencja między drzewami, zwłaszcza w młodszym wieku, co skutkuje większą przeżywalnością drzew. Na siedlisku boru świeżego sosny mają natomiast istotnie większą pierśnicę i wysokość niż na siedlisku boru suchego. Jednocześnie warunki siedliskowe warunkują siłę oddziaływania więzby na analizowane cechy. Na siedlisku uboższym oddziaływanie to jest silniejsze, co wyrażone jest większym zróżnicowaniem analizowanych parametrów, niż na siedlisku żyzniejszym.

2. Badania wykazały istotny wpływ więzby sadzenia na pierśnicę strzał sosen w pod koniec II klasy wieku. Pierśnica drzew wzrastała wraz z rozluźnieniem więzby sadzenia. Zależność ta dotyczyła zarówno wszystkich drzew, jak i drzew z I klasy biosocjalnej. Stwierdzono także pozytywny wpływ trójkątnego kształtu więzby na tę cechę, ale tylko na siedlisku boru świeżego.

3. Nie stwierdzono wzrostu wysokości drzew wraz ze zmniejszeniem zagęszczenia początkowego. Na obu rozpatrywanych siedliskach najwyższe były drzewa posadzone w zagęszczeniu ok. 11,5 tysiąca drzew na 1 ha. Trójkątny kształt więzby sadzenia miał również korzystny wpływ na tę cechę.

## Podziękowania

Badania zostały wykonane w ramach projektu sfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki (N N309 110 840), w latach 2011–2013.

## Literatura

- Assmann E. 1968. Nauka o produktywności lasu. Warszawa, PWRiL: 1–627.
- Braathe P. 1952. The effect of different spacing upon stand development and yield in forests of Norway spruce. *Meddelelser fra det norske Skogforøksvesen*, 11: 425–469.
- Burzyński G., Zajączkowski J. 1975. Badanie wpływu różnej więzby sadzenia sosny na jej wzrost i rozwój oraz ustalenie więzby gospodarczo uzasadnionej. Dokumentacja IBL, Warszawa.
- Buzykin A. I., Pšeničnikova L. S. 1999. Vlijanje gustoty na morfostrukturu i produktivnost' kul'tur sosny. *Lesovedenie* 3: 38–43.
- Ceitel J. 1989. Badania nad więzłą upraw leśnych i upraw plantacyjnych. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu*, 204 (25): 89–94.
- Ceitel J. 1995. Współczesne poglądy na więzłą sadzenia upraw leśnych w niektórych krajach Europy. *Przegląd Leśniczy* 4: 10–13.
- Dittmar O. 1992. Die langfristige Kiefern-Verbandsweite-Versuchsreihe Serno 133. 100 Jahre IUFRO. Beitrage zur 100 jaehrigen Wiederkehr der Gruendung der IUFRO in Eberswalde. Langfristige waldbaulich-ertragskundliche Versuchsflaechen. *Der Wald Berlin* 42(8): 304–305.
- Elfving B. 1975. Volume and structure in unthinned stands of Scots pine. Royal College of Forestry. Stockholm. *Research Notes*, 35: 1–125.
- Evert F. 1971. Spacing studies – a review. Forest management Institute, Ottawa, Ontario: 1–95.
- Gil W. 1999. Wpływ zagęszczenia na jakość i stabilność drzewostanów sosnowych I i II klasy wieku. w: Stan i perspektywy badań z zakresu hodowli lasu. Warszawa, Instytut Badawczy Leśnictwa: 247–255. ISBN 83-87647-07-1.
- Hamilton G.J., Christie J.M. 1971. Forest Management Tables (Metric). Forestry Commission Booklet No. 34. HMSO, London.
- Huss J. 1999a. Auswirkungen unterschiedlicher Ausgangspflanzdichten und frühzeitiger Pflegeeingriffe bei jungen Kiefern. *Forst und Holz*, 54, 11: 335–340.
- Huss J. 1999b. Auswirkungen unterschiedlicher Ausgangspflanzdichten und frühzeitiger Pflegeeingriffe bei jungen Kiefern. Teil II: Auswirkungen frühzeitiger Pflegeeingriffe in einem Kiefernjungbestand. *Forst und Holz*, 54, 12: 364–368.
- Kramer H. 1988. Waldwachstumslehre. Ökologische und anthropogene Einflüsse auf das Wachstum des Waldes, seine Massen- und Wertleistung und die Bestandesicherheit. Hamburg und Berlin, Verlag Paul Parey: 1–374. ISBN 9783490056160.
- Lockow K.-W. 1998. Langfristige Versuchsflächen Eberswalde. Der Kieferndurchforstungsversuch Chorin 97 – Ziel und Ergebnisse für die Praxis. *Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie*, 32 (1): 15–23.
- Melzer E. W., Brunn Er., Brunn Eg., Netzker W. 1992. Pflanzverband und Kulturqualität bei Kiefer (*Pinus sylvestris* L.). *Forstarchiv* 63: 136–142.
- Moberg L. 1999. Variation in Knot Size of *Pinus sylvestris* in Two Initial Trials. *Silva Fennica*, 33(2): 131–144.



- Mráček Z. 1969. Influence of spacing on the quality of Scots pine stands. *Communicationes Instituti Forestalis Čechosloveniae* (Praha), 6: 99–109.
- Rjabokin' O. P. 1991. Pidsumky rostu 45-ričnych sosnjakiv z riznym rozmiščennjam posadočnych misc'. *Lisivnyctvo i Ahrolisomelioracija*, 2: 53–56.
- Sannikov J. G., Barancev A. S. 1989. O zakonornostjach rosta čistych sosnovych molodniakov različnoj gustoty. *Lesnoe Chozajstvo*, 9: 27–29.
- Schmaltz J., Fröhlich A., Gebhardt M. 1997. Die Qualitätswentwicklung in jungen Traubeneichenbeständen im Hessischen Spessart. *Forstarchiv*, 68: 3–10.
- Sjolte-Jørgensen J. 1967. The influence of spacing on the growth and development of coniferous plantations. *International Review of Forestry Research*, 2: 43–94.
- Spellmann H., Nagel J. 1992. 2. Auswertung des Nelder-Pflanzverbandsversuches mit Kiefer im Forstamt Walsrode. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 11/12: 221–229.
- StatSoft Inc. 2011. STATISTICA. Data analysis software system, version 10. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com) [12.019.2013].
- Zajączkowski J., Kopryk W. 1981. Badania nad wpływem więźby sadzenia na wzrost i rozwój drzewostanów sosnowych. Dokumentacja IBL. Warszawa.
- Zajączkowski J., Kopryk W. 1990. Określenie więźby początkowej oraz nasilenia i intensywności cięć pielęgnacyjnych w drzewostanach sosnowych, zwiększających ich stabilność i produktywność. Dokumentacja IBL. Warszawa.
- Zajączkowski J., Zachara T., Gil W., Kopryk W., Woźniak R. 1996. Wpływ sposobu, nasilenia i intensywności trzebieży na stabilność i produktywność drzewostanów sosnowych II i III klasy wieku. Dokumentacja IBL, Warszawa.
- Zasady hodowli lasu. 2012. Warszawa, CILP: 1–72. ISBN 978-83-61633-65-5.