

MATEUSZ BĘDKOWSKI, MARCIN CZACHAROWSKI, JULITA OPANOWSKA,
SZYMON PATRO, EMIL URBAŃCZYK, KAMIL BIELAK

Wpływ metody sadzenia na wzrost i jakość hodowlaną jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w Bieszczadach

Effect of planting method on the growth and silvicultural quality of silver
fir (*Abies alba* Mill.) in the Bieszczady Mountains

ABSTRACT



Będkowski M., Czacharowski M., Opanowska J., Patro S., Urbańczyk E., Bielak K. 2021. Wpływ metody sadzenia na wzrost i jakość hodowlaną jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w Bieszczadach. Sylwan 165 (7): 542-553. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2021062>.

Successful tree regeneration is a key process in ensuring forest sustainability and one of the most crucial investments made in silviculture. In the case of silver fir stands, optimum growth performance and stand health are strictly linked to a diverse vertical structure. This structure is usually achieved by natural regeneration and more close-to-nature, complex silvicultural systems. However, there are also stands where silver fir is missing for various historical reasons, and its restoration by artificial regeneration is required. We present results of the application of two planting methods in the Bieszczady Mountains (SE Poland) to convert pure grey alder stands into silver fir dominated mixed stands. Since 2001 in the Cisna Forest District, where a traditional row planting method is often used, a novel, group planting method (which is similar to the oak cluster planting) has also been applied: i) to reduce damage caused by deer, ii) to facilitate weed control, and iii) to promote natural regeneration of additional tree species among groups. We established a grid of 18 sample plots (each plot consisting of 4 groups of 17 seedlings in each) in three circa 20 year-old silver fir stands, as well as 15 plots (15 rows of 16 seedlings in each) representing one traditional stand (row method) in close proximity. For each tree (silver fir or admixed species) we determined the diameter at breast height, the total height and crown base height. We also assessed the silvicultural quality based on the current health status (including fungi and deer damage), as well as crown shape in the vertical and horizontal profile. To quantify the differences in growth performance we used a linear mixed-effects model approach, available in the R Statistics package (nlme). We found that height and diameter growth were higher and more uniform for the row method, but there were no statistical differences in the height of living crown base or tree slenderness. The silvicultural quality was only slightly better when using the row method. The tree species diversity (the number of admixed tree species present and their abundance) was significantly higher in stands regenerated using the group planting method. Therefore, we conclude that the group planting method could be recommended for tree species conversion on eutrophic sites, because it is likely to decrease establishment costs and creates a more diverse tree species composition and vertical structure, although it may lead to slower growth rate of silver fir up to 20 years. Due to this response, we expect higher resilience of such forest stands to the future biotic and abiotic disturbances under observed environmental changes.

KEY WORDS

close-to-nature silviculture, growth performance, group planting, row planting, silver fir

ADDRESSES

Kamil Bielak – e-mail: kamil_bielak@sggw.edu.pl

Mateusz Będkowski, Marcin Czacharowski, Julita Opanowska, Szymon Patro, Emil Urbańczyk

Katedra Hodowli Lasu, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

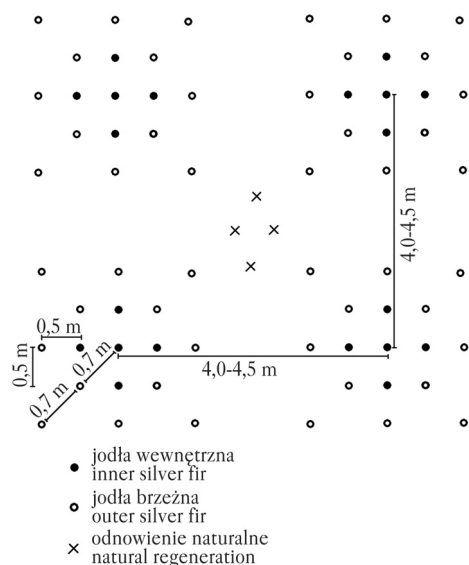
Wstęp

Uzyskanie udanego odnowienia drzewostanu należy do głównych i najdroższych zadań hodowlanych oraz stanowi kluczowy czynnik w zachowaniu trwałości lasu [Smith i in. 1997]. Jednym z najcenniejszych gatunków drzewiastych w Europie, a zarazem wymagającym dużej wiedzy i troski hodowlanej, jest jodła pospolita (*Abies alba* Mill.) [Krysztofik 1963; Fabijanowski, Jaworski 1996; Bernadzki 2008; Dobrowolska i in. 2017]. Istotną przeszkodą w wyprowadzeniu nowego pokolenia jodłowego jest to, że gatunek ten bardzo powoli rośnie w młodości [Kramer 1992; Jaworski 2011b], przez co narażony jest na niekorzystną i długotrwałą konkurencję ze strony bujnej roślinności runa, w tym w szczególności trzcinnika, paproci, jeżyny i maliny [Bernadzki 2008]. Dodatkowo jodła jest chętnie zgryzana przez zwierzyńcę [Szukiel 1976; Senn, Suter 2003; Dobrowolska 2013]. Z powyższych względów w Europie testowane są nowe rozwiązania, w tym sadzenie jodły w grupach (na placówkach) jako alternatywa dla klasycznego, rzędownego sposobu odnawiania tego gatunku [Hawrys i in. 2004; Florentini i in. 2015].

W Polsce pierwsze i dotychczas jedyne powierzchnie badawcze, które porównują dwie metody sadzenia jodły (w rzędach i grupach), założono w 1964 roku na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego Siemianice [Zabielski, Magnuski 1978]. Na bazie długoletnich obserwacji prowadzonych w ramach przebudowy negatywnych drzewostanów sosnowych powstała seria artykułów prezentująca wyniki dotyczące wzrostu jodły w rzędach i grupach [Jaszczak, Magnuski 2005, 2014; Jaszczak i in. 2008, 2013].

Od 2001 roku na terenie Nadleśnictwa Cisna oraz 4 lata później w Nadleśnictwie Lutowska rozpoczęto testowanie przydatności metody grupowej przy przebudowie drzewostanów olszy szarej na drzewostany z dominacją jodły [Jaworski 2011a, b; Gil, Furs 2015]. Zakładano wówczas, że metoda grupowa w porównaniu z rzędowną pozwoli skutecznie osiągnąć dwa cele hodowlano-ochronne. Po pierwsze, przyczyni się ona do zmniejszenia narastającego poziomu szkód od zwierzyńcy płowej w uprawach i tym samym ograniczy stosowanie drogich i trudnych do kontrolowania ogrodzeń na dużych powierzchniach. Po drugie, zastosowanie metody grupowej poprawi skuteczność prac pielęgnacyjnych (w szczególności wykasanie konkurencyjnej roślinności) na silnie zachwaszczających się uprawach w typie siedliskowym lasu górskiego [Oprządek 2016]. Technika zakładania nowych upraw była wzorowana na metodzie sadzenia dębów na placówkach według Szymańskiego [1977, 1983]. Metodę tę dostosowano do warunków panujących w drzewostanach górskich, a w późniejszym czasie podlegała ona modyfikacjom. Zmiany polegały głównie na sukcesywnym zmniejszaniu zapotrzebowania na sadzonki, przy rezygnacji z wysadzania skrajnych drzewek w ramach placówki (17, 13 i obecnie 9 jodeł) oraz redukcji liczby samych grup z 620 do 400 na 1 ha (ryc. 1). Stosowana metoda nawiązuje także do sztucznego kształtowania rot świerkowych w wyższych położeniach górskich [Fabijanowski, Jaworski 1996; Schönenberger 2001; Małek i in. 2010].

Na terenie wspomnianych nadleśnictw założono metodą grupową ponad 600 ha upraw, a dotychczasowe wyniki zostały przedstawione jedynie w sposób opisowy na bazie obserwacji (bez pogłębionych badań) na łamach „Głosu Lasu” [Gil, Furs 2015] i „Lasu Polskiego” [Oprządek 2016, 2018].



Ryc. 1.

Schemat sadzenia jodły pospolitej na placówkach (w wariantcie z 17 sadzonkami) stosowany na terenie Nadleśnictwa Cisna

Planting scheme of silver fir (17 seedlings variant) in the group planting method used in the Cisna Forest District

Układ podstawowej powierzchni inwentaryzacyjnej: 4 grupy oraz odnowienie naturalne między placówkami (powierzchnia 6×6 lub 6,5×6,5 m). Podział na jodły wewnętrzne i brzeżne zaprezentowany według przyjętego schematu badań na etapie młodnika (wówczas 4 skrajne jodły w rogach placówek stanowiły wypadki)

Design of the basic inventory plot: 4 groups and natural regeneration between them (plot area 6×6 or 6.5×6.5 m). Inner and outer silver firs are presented according to the measurement protocol (4 outermost trees were not present in corners of each group at the time of survey)

Ze względu na skromną liczbę badań i literaturę z tego zakresu celem tej pracy jest porównanie wzrostu oraz jakości hodowlanej najstarszych, 20-letnich młodników jodłowych powstałych w wyniku zastosowania metody grupowej i rzędowej w Bieszczadach.

Materiał i metody

OBIEKT BADAŃ. Badania przeprowadzono na terenie Nadleśnictwa Cisna (Kraina Karpacka, VIII; Mezoregion Bieszczadów Wysokich, 18) we wrześniu 2018 roku w ramach obozu naukowego Sekcji Hodowli Lasu Koła Naukowego Leśników SGGW w Warszawie. Drzewostany objęte badaniami zostały zlokalizowane w czterech pobliskich (odległość <2 km) wydzieleniach drzewostanowych na terenie leśnictw Kalnica (33c) i Zawój (54c, 61b i 64j). Badane drzewostany rosną na żyznych glebach brunatnych w typie siedliskowym lasu górskiego. Powierzchnie badawcze usytuowano na zboczach górskich o wystawie zachodniej i nachyleniu terenu od 10 do 15°. Bezwzględna wysokość wahała się od 550 do 600 m n.p.m.

Obiektem badań były drzewostany jodłowe znajdujące się w fazie młodnika (około 20 lat), zakładane wiosną 2001 i 2002 roku przy użyciu 4-letnich sadzonek jodły pospolitej z odkrytym systemem korzeniowym. Drzewostan w wydzielaniu 64j powstał w wyniku zastosowania metody tradycyjnej, tj. sadzenia jodły w rzędach w więźbie kwadratowej 1,2×1,2 m (około 7 tys. szt./ha). W bliskim sąsiedztwie (do 10 km) nie znaleziono więcej porównywalnych powierzchni, które powstałyby w wyniku zastosowania rzędowej metody sadzenia. Pozostałe 3 młodniki reprezentowały metodę grupową, gdzie na placówkach rozmieszczonych w więźbie od 4 do 4,5 m wysadzano po 17 sadzonek (około 8,5 tys. szt./ha) (ryc. 1). W 2014 roku na wszystkich badanych powierzchniach wykonano zabieg pielęgnacyjny w postaci czyszczenia późnych.

PRACE TERENOWE. W młodnikach reprezentujących metodę grupową założono 18 podstawowych powierzchni inwentaryzacyjnych (6 pow./młodnik), które obejmowały 4 sąsiadujące ze sobą placówki oraz odnowienie naturalne między nimi (ryc. 1). Powierzchnie pomiarowe zostały rozmieszczone w regularnej siatce o boku 20 m. Podstawowe powierzchnie pomiarowe w młodniku tradycyjnym obejmowały 15 rzędów rozmieszczonych regularnie na całej powierzchni wydzielania. W każdym rzędzie inwentaryzowano 16 kolejnych miejsc sadzenia oraz inne gatunki

pochodzące z odnowienia naturalnego, obejmując odległość 1,2 m, tj. od mierzonego do kolejnego rzędu z lewej strony.

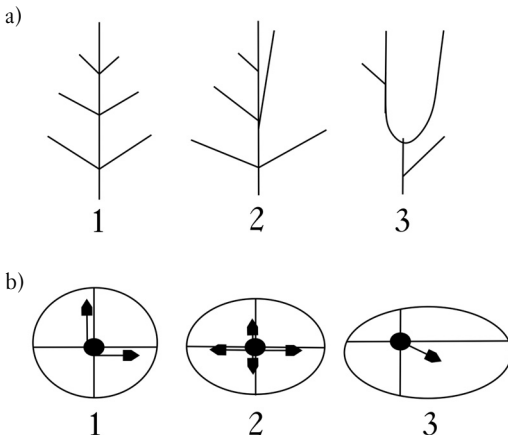
Na każdej powierzchni inwentaryzacyjnej zmierzono pierśnicę każdego drzewa, wysokość całkowitą i wysokość osadzenia żywej korony (na podstawie najniższej położonej żywej gałęzi). Na placówkach określano także położenie każdego drzewa względem jej środka. Jodły rosnące w środku grupy i otoczone przez inne osobniki stanowiły drzewa wewnętrzne. Natomiast jodły rosnące na obrzeżach grup (bez ograniczonej przestrzeni do wzrostu przynajmniej z jednej strony) stanowiły drzewa brzeżne (ryc. 1). Wysokość drzew do 6 m mierzono tyczką geodezyjną, natomiast wyższe ultradźwiękowym wysokościomierzem Vertex IV firmy Haglöf. Pierśnicę drzew mierzono suwmiarką mechaniczną.

Oszacowano również pokrój korony (ryc. 2) oraz stan zdrowotny drzew: 1 – drzewo w pełni zdrowe, bez żadnych oznak chorobowych; 2 – drzewo lekko osłabione, widoczne są uszkodzenia obniżające zdrowotność (od zwierzyny, owadów, grzybów), ale nie są to uszkodzenia na tyle istotne, żeby drzewo wydzieliło się w ciągu najbliższych 5 lat z drzewostanu, a z czasem istnieje możliwość jego regeneracji i awansu do klasy pierwszej; 3 – drzewo zamierające, bez szans na poprawę statusu zdrowotnego; 4 – drzewo martwe stojące.

W sumie zinwentaryzowano 765 jodeł, w tym 109 drzew reprezentowało metodę rzędową, natomiast 656 metodę grupową (199 drzew wewnętrznych i 457 drzew brzeżnych). Grubość i wysokość drzew pomierzono również w przypadku odnowienia naturalnego (154 drzewa).

PRACE KAMERALNE. Wyniki pomiarów i obliczeń (długość żywej korony, współczynnik smukłości) zaprezentowano w formie wykresów ramka-wąsy. Szacowane cechy zestawiono w syntetycznych tabelach w wartościach absolutnych (liczba drzew w przeliczeniu na 1 ha) i względnych (%).

Do zbadania wpływu metody sadzenia oraz położenia jodeł w ramach grupy na ich parametry biometryczne wykorzystano modele efektów mieszanych (linear mixed-effects models). Przeprowadzone analizy statystyczne umożliwiły estymowanie standardowego testowanego efektu stałego (fixed effect), jak i efektu losowego (random effect). Efekt stały stanowił element tradycyjnego modelu liniowego i tworzył część hipotez badawczych oceniających zależności pomiędzy zmienną zależną (np. wysokość jodeł) a zmienną niezależną (np. metoda sadzenia). Efekt losowy z kolei uwzględniał wpływ losowego wyboru podstawowych powierzchni badawczych (4 placówki lub rząd, w zależności od metody) w ramach poszczególnych młodników oraz efekt autokorelacji, wynikający z hierarchicznej struktury danych [Zuur i in. 2009].



Ryc. 2.

Klasyfikacja pokroju koron drzew w profilu (a) pionowym i (b) poziomym

Classifier of crown shape in the (a) vertical and (b) horizontal plane

a1 – korona o cienkich, drobnych gałęziach, ułożonych regularnie; a2 – korona nieregularna, gałęzie grube, długie i rozłożyste; a3 – brak głównego przewodnika, dwie lub więcej wyraźnie dominujące gałęzie, „dwójka” lub forma „krzaczasta”; b1 – korona równomierna z każdej strony; b2 – korona ściśnięta w jednej z dwóch płaszczyzn; b3 – korona nieregularna, ściśnięta w różnych płaszczyznach

a1 – regular crown with thin and fine branches; a2 – irregular crown with thick and long branches; a3 – lack of main shoot but with two or more dominating branches – ‘forks’ or ‘shrub’ forms; b1 – regular crown in all directions; b2 – crown suppressed in the one of two main directions; b3 – irregular crown, suppressed from different directions

W analizach zastosowano liniowy model mieszany o następującym równaniu:

$$Y_{ijk} = \beta_0 + \beta_1 + X_{ijk} + b_i + b_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

gdzie:

Y_{ijk} – zmienna zależna (objaśniana) w postaci badanego parametru (np. grubość, wysokość itp.) dla drzewa k w ramach wydzielenia i oraz podstawowej powierzchni inwentaryzacyjnej j (4 placówki lub rząd, w zależności od metody),

β_0 – estymowany wyraz wolny, który stanowi wartość referencyjną danego parametru (w przypadku analizy wpływu metody oraz położenia drzewa w ramach grupy określono odpowiednio jako metoda grupowa i jodły wewnętrzne),

β_1 – estymowany współczynnik kierunkowy równania (różnica względem wartości referencyjnej),

X_{ijk} – zmienna niezależna (objaśniająca) – dwa poziomy w zależności od objaśnianego wpływu: metody sadzenia (grupowa – 0; rzędowa – 1) lub położenia jodeł w grupie (wewnętrzne – 0; brzeżne – 1),

b_i – estymowany efekt losowy związany z wydzieleniem i , $b_i \sim N(0, \tau_1^2)$,

b_{ij} – estymowany efekt losowy związany z powierzchnią j w ramach wydzielenia i , $b_{ij} \sim N(0, \tau_2^2)$,

ε_{ijk} – reszty modelu (zakłócenia losowe), $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$.

Wszystkie obliczenia wykonano w programie statystycznym R 4.0.2 i pakiecie nlme [Pinheiro i in. 2021]. Pakiet ten wykorzystano również do sporządzenia krzywej wysokości za pomocą funkcji Näslunda.

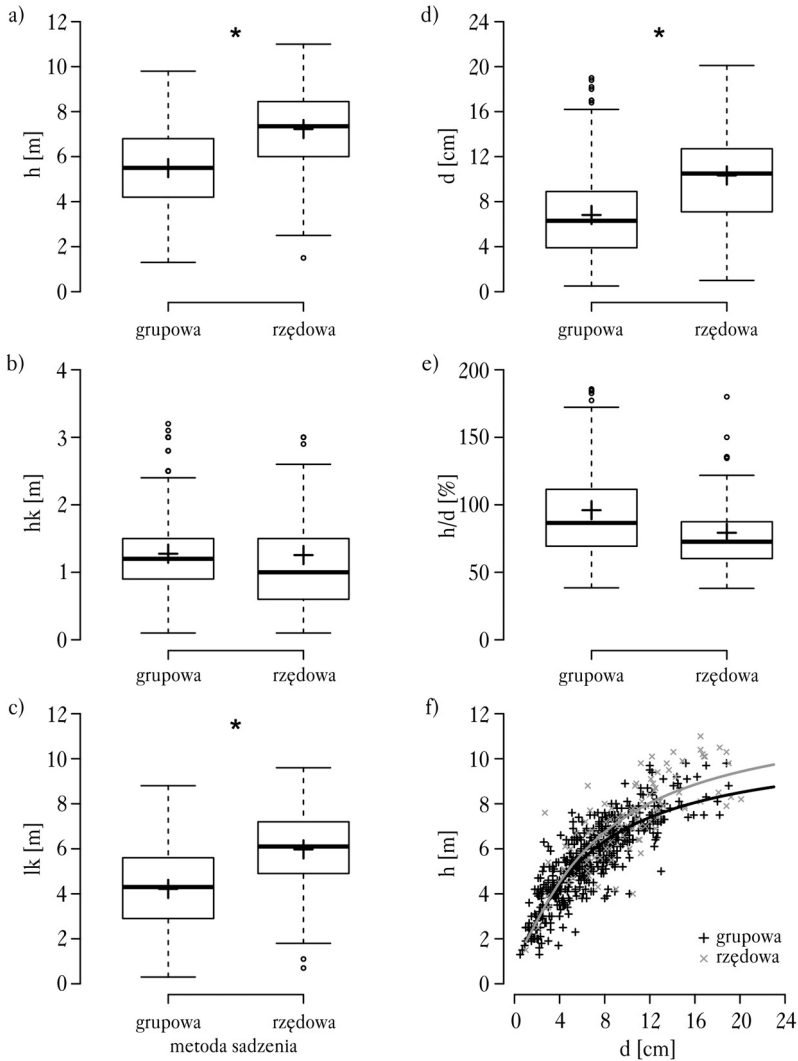
Wyniki

Średnia wysokość jodeł w tradycyjnej metodzie rzędowej wynosiła 7,21 m i była większa o około 25% (1,72 m) w porównaniu ze średnią wysokością jodeł rosnących na placówkach (ryc. 3a, tab. 1). Zróżnicowanie wysokościowe jodeł wyrażone współczynnikiem zmienności było większe o 6,6% w metodzie grupowej. Współczynnik zmienności wysokości w metodzie rzędowej wynosił 25,7%. Średnia różnica między maksymalną i minimalną wysokością jodeł w ramach poszczególnych placówek i rzędów była podobna i wynosiła około 4 m. Średnia wysokość osadzenia żywych koron w obydwu wariantach była porównywalna (1,3 m). Dzięki temu jodły rosnące w rzędach charakteryzowały się nieco dłuższymi koronami (ryc. 3b-c, tab. 1).

Średnia pierśnica jodeł w metodzie tradycyjnej wyniosła 10,33 cm i była większa o około 30% (3,51 cm) w porównaniu z jodłami rosnącymi na placówkach (ryc. 3d). Zróżnicowanie grubości drzew było mniejsze o 12,3% w metodzie rzędowej, gdzie wynosiło 41,4%. Nieco bardziej wysmukłone drzewa występowały w metodzie grupowej (ryc. 3e). Tylko w przypadku wysokości nasady żywej korony i współczynnika smukłości otrzymane różnice nie były istotne statystycznie, a estymowane efekty losowe przyjmowały stosunkowo duże wartości w porównaniu z efektami stałymi (tab. 1). Średnie wysokości cienkich drzew (do 6 cm) były podobne (ryc. 3f). Różnice w średnich wysokościach powiększały się wyraźnie na korzyść metody rzędowej u coraz grubszych drzew, wynosząc nieco ponad 1 m przy pierśnicy dochodzącej do 20 cm.

Położenie drzew w ramach grupy odgrywało również istotną rolę (tab. 1). Jodły wewnętrzne były wyższe i nieco grubsze (różnica istotna na poziomie $p < 0,1$) niż jodły rosnące na obrzeżach, dzięki czemu grupy przybierały korzystną strukturę zróżnicowanych stożków. Drzewa wewnętrzne miały wyżej osadzoną koronę, natomiast długość korony była podobna. Położenie drzew na placówce nie miało wpływu na stabilność drzew wyrażoną współczynnikiem smukłości (tab. 1).

Średnie zagęszczenie wszystkich żywych jodeł było wyższe (o około 700 szt./ha) w przypadku metody grupowej i wynosiło ono nieco ponad 3700 szt./ha (tab. 2). Również udział drzew martwych był wyższy (sześciokrotnie) w przypadku tej metody. Udział jodeł charakteryzujących się najlepszą zdrowotnością w wariancie tradycyjnym wynosił 55%, z kolei w metodzie grupowej 38%. Różnice te zacierały się jednak przy wyrażeniu ich w wartościach absolutnych (tab. 2). Drzewa lekko osłabione stanowiły około 30% w każdej z metod sadzenia. Drzewa rosnące wew-



Ryc. 3.

Parametry biometryczne drzew w zależności od metody sadzenia: a) wysokość drzew, b) wysokość osadzenia żywej korony, c) długość korony, d) pierśnica drzew, e) współczynnik smukłości oraz f) zależność wysokości od pierśnicy wyrównana funkcją Näsunda

Tree parameters for each planting method: a) tree height, b) height of the living crown base, c) length of the living crown, d) diameter at the breast height, e) tree slenderness coefficient and f) relationship between height and dbh (Näsund height-diameter curves)

gwiazdka – różnica między metodami istotna przy $p < 0,05$ (tab. 1); grupowa – groups, rzędowa – rows; asterisk – significant difference between analysed methods at $p < 0,05$ (tab. 1)

Tabela 1.

Wpływ metody sadzenia (grupowa *vs.* rzędowa) oraz położenia drzew w grupie (wewnątrz *vs.* na obrzeżu) na parametry biometryczne jodeł (h – wysokość, hk – wysokość osadzenia żywej korony, lk – długość żywej korony, d – pierśnica, h/d – smukłość)

Effects of planting method (group *vs.* row) and trees location in the group (inner *vs.* outer) on biometric parameters of silver fir (h – height, hk – height of the living crown base, lk – length of the living crown, d – diameter at breast height, h/d – slenderness)

	Efekty stałe Fixed effects				p-value	Efekty losowe Random effects		
	β_0	SE	β_1	SE		τ_1	τ_2	σ
Metoda Method	Grupowa Group		Rzędowa Row					
h [m]	5,495	0,135	1,717	0,274	0,025	0,142	0,292	1,765
hk [m]	1,266	0,090	-0,008	0,145	0,959	0,001	0,362	0,606
lk [m]	4,225	0,104	1,730	0,214	0,015	0,001	0,277	1,733
d [cm]	6,816	0,174	3,509	0,409	0,013	0,001	0,001	3,778
h/d [%]	95,438	4,208	-16,275	8,515	0,196	6,261	5,325	37,323
Położenie Location	Wewnętrzne Inner		Brzeżne Outer					
h [m]	5,758	0,222	-0,397	0,191	0,038	0,266	0,188	1,751
hk [m]	1,448	0,119	-0,267	0,065	0,001	0,172	0,173	0,567
lk [m]	4,304	0,163	-0,116	0,184	0,529	0,001	0,253	1,736
d [cm]	7,320	0,313	-0,713	0,370	0,055	0,001	0,116	3,648
h/d [%]	93,802	4,914	2,400	4,248	0,572	5,666	6,093	38,493

β_0 , β_1 – estymowane parametry równania; SE – błąd standardowy; τ_1 , τ_2 – odchylenie standardowe efektów losowych b_i oraz b_{ij} ; σ – odchylenie standardowe reszt modelu (zakłóceń losowych)

β_0 , β_1 – estimated fixed effect parameters; SE – standard error; τ_1 , τ_2 – standard deviation of random effects b_i and b_{ij} ; σ – standard deviation of residuals

nątrz grup charakteryzowały się nieco większą zdrowotnością w porównaniu z jodłami rosnącymi na obrzeżach grup (44 do 35%).

Badane drzewa nie różniły się pod względem pokroju koron w profilu pionowym (tab. 2). We wszystkich przypadkach około 70% stanowiły jodły z jednym wyraźnym przewodnikiem i regularnymi koronami.

Drzew o równomiernie rozbudowanych koronach z każdej strony (pokrój koron w profilu poziomym) było więcej o 10% w metodzie rzędowej (tab. 2). Różnice te zacierają się jednak w wartościach absolutnych (po około 1400 szt./ha). Jodły rosnące na placówkach charakteryzowały się bardziej nieregularnymi i mimośrodowymi koronami (klasa 3). W ramach samych grup drzewa brzeżne miały nieco bardziej regularne korony w porównaniu z jodłami wewnętrznymi.

W badanych młodnikach średnie zagęszczenie gatunków domieszkowych było prawie pięciokrotnie wyższe w przypadku metody grupowej (576 szt./ha), gdzie w składzie dominowały 3 gatunki: świerk (32%), olsza szara (27%) i jawor (25%). Brzoza (8%) i grab (5%) występowały miejscowo, natomiast jarząb i buk tylko sporadycznie (po 1%). W metodzie rzędowej (116 szt./ha) dominowała olsza szara (50%) oraz buk i czereśnia (po 25%).

Dyskusja

Uzyskane w niniejszej pracy wyniki dotyczące lepszego wzrostu jodły pospolitej w metodzie rzędowej są zgodne z rezultatami badań, które otrzymano na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego Siemianice [Jaszczak, Magnuski 2005, 2014; Jaszczak i in. 2008, 2013]. Jodły rosnące w rzędach były średnio wyższe i grubsze w porównaniu z jodłami rosnącymi w grupach.

Tabela 2.

Stan zdrowotny drzew oraz pokrój koron w profilu pionowym i poziomym w zależności od metody sadzenia i położenia jodeł w grupie

Health status and crown shape in the vertical and horizontal profile depending on the planting method and the location of tree in the group

	Zdrowe		Lekko osłabione		Zamierające		Martwe		Razem	
	Healthy		Slightly weakened		Dying		Dead		In total	
	N/ha	%	N/ha	%	N/ha	%	N/ha	%	N/ha	%
Stan zdrowotny Health condition										
Grupowa Group	1524	38	1275	31	912	22	369	9	4080	100
Wewnętrzna Inner	526	44	343	28	184	15	157	13	1210	100
Brzeźna Outer	998	35	932	33	729	25	211	7	2870	100
Rzędowa Row	1678	55	1013	33	318	10	58	2	3067	100
Pokrój koron* Crown shape – vertical										
Grupowa Group	2573	69	879	24	259	7	–	–	3711	100
Wewnętrzna Inner	751	71	222	21	79	8	–	–	1052	100
Brzeźna Outer	1823	69	657	25	179	7	–	–	2659	100
Rzędowa Row	2025	67	810	27	174	6	–	–	3009	100
Pokrój koron* Crown shape – horizontal										
Grupowa Group	1403	38	1327	36	981	26	–	–	3711	100
Wewnętrzna Inner	371	35	279	27	402	38	–	–	1052	100
Brzeźna Outer	1032	39	1048	39	579	22	–	–	2659	100
Rzędowa Row	1447	48	1128	38	434	14	–	–	3009	100

* jak na rycinie 2; as in figure 2

Według Zabielskiego i Magnuskiego [1978] lepszy wzrost jodły w metodzie rzędowej uwidacznia się od momentu dojścia uprawy do zwarcia. Ma to głównie związek z coraz mocniej nasilającą się konkurencją o zasoby (światło, woda, substancje odżywcze) w przypadku jodeł rosnących w stosunkowo gęstej więźbie (0,5×0,5 m) na placówkach (ryc. 1). Jodły w metodzie rzędowej dysponowały od początku swojego istnienia większą przestrzenią życiową (1,2×1,2 m). Potwierdzeniem powyższych obserwacji są wyniki dotyczące sześciokrotnie niższej śmiertelności jodeł (zagęszczenie drzew martwych) w młodniku tradycyjnym. Zgodnie z wynikami Jaszczaka i in. [2013] nieco lepszy wzrost jodeł na grubość (średnio o około 2 cm) w metodzie rzędowej był widoczny jeszcze w wieku 50 lat. Należy jednak podkreślić, że wspomniani autorzy badali drzewostany, w których nie prowadzono żadnych zabiegów pielęgnacyjnych.

Krysztofik [1963] prezentuje pogląd, że młode pokolenie jodły jest zdolne wyrastać w pełnym świetle i bez osłony drzewostanu, wykazując często w tych warunkach większy dynamizm rozwojowy niż w cieniu. Powyższe obserwacje zachęcały w przeszłości, ale również i obecnie, do odnawiania jodły na powierzchniach otwartych lub też znacznego skracania okresu odnowienia. Takie postępowanie hodowlane, według autorów niniejszej pracy oraz innych badaczy [Schütz 2002; Bernadzki 2008; Jaworski 2011a; Drozdowski i in. 2014; Dobrowolska i in. 2017], jest sprzeczne z wymaganiami biologicznymi i ekologicznymi tego gatunku. Jako argument w tym zakresie można przytoczyć wyniki badań, według których szybki i wyrównany wzrost jodły w młodym wieku (w szczególności na otwartych powierzchniach w zwarcu poziomym) wywiera negatywny wpływ na stan zdrowotny drzew dojrzewających i dojrzałych [Meyer 1957; Leibundgut 1974; Bernadzki 2008; Jaworski 2011a, b]. Wydaje się, że szybszy, a w szczególności bardziej wyrównany wzrost tradycyjnych młodników jodłowych niekoniecznie jest cechą pożądaną, jeśli celem długoterminowym jest uzyskanie zróżnicowanych pod względem budowy pionowej drzewostanów jodłowych. Inne badania pokazują, że jodła jako gatunek cieniulubny (skiofil) jest w stanie przez bardzo długi okres życia utrzymywać zdolność do wzrostu, przez co może nadrobić straty we wzroście w starszym wieku [Kramer 1992; Schütz 2002; Bernadzki 2008]. Zgodnie z prawem Backmanna jodły wzrastające wolniej w młodości osiągają później kulminację przyrostu na wysokość, a spadek krzywej przyrostu po kulminacji jest znacznie łagodniejszy niż u osobników charakteryzujących się szybszym wzrostem młodocianym [Assmann 1968; Pretzsch 2021].

W kontekście kształtowania jodłowych drzewostanów mieszanych dużą zaletą metody grupowej jest większa możliwość wykorzystywania, w stosunku do metody rządowej, pojawiającego się odnowienia naturalnego innych gatunków. Ma to fundamentalne znaczenie w późniejszym różnicowaniu struktury drzewostanów jodłowych [Bernadzki 2008; Jaworski 2011a; Drozdowski i in. 2014]. Dzięki osłonie, która może być kształtowana przez szybciej rosnące gatunki, takie jak jawor, osika i brzoza, istnieje możliwość różnicowania struktury: w pierwszym etapie w ramach grup, a w późniejszym również wśród pozostałych osobników w ramach poszczególnych grup (ostatecznie po 1-2 jodły z grupy). Bez osłony górnej różnicowanie budowy pionowej jest praktycznie niemożliwe, bowiem jodły rosnące w pełnym świetle wyrównują strukturę wysokościową i skracają korony, tworząc zwarty jednopiętrowy drzewostan. Z kolei jednopiętrowe jedliny wykazują objawy osłabienia żywotności (skracanie i przerzedzanie koron, występowanie wtórnej korony), starzeją się i obumierają szybciej, często już nawet w wieku 60-80 lat [Jaworski 2011a]. Jednym z podstawowych sposobów zapobiegania temu procesowi jest przemiana jednopiętrowych i w zasadzie jednowiekowych jedlin na różnowiekowe (kilkugeneracyjne) i wielopiętrowe za pomocą trzebieży przerębowej i wykorzystania osłony górnej innych gatunków [Leibundgut 1974; Schütz 2002; Drozdowski i in. 2014].

Zgodnie z wynikami Zabielskiego i Magnuskiego [1978] wzrost i przyrost na wysokość jodeł rosnących w grupach był większy w stosunku do rzędów jedynie do wieku 5 lat. Powyższe wyniki są zgodne z obserwacjami terenowymi autorów niniejszej pracy, jak również pracowników nadleśnictw Cisna i Lutowiska [Gil, Furs 2015; Oprządek 2016, 2018]. Także wyniki Małka i in. [2010] potwierdzają lepszy wzrost upraw świerkowych w wysokich położeniach górskich powstałych w wyniku zastosowania metody grupowej w porównaniu z metodą klasyczną. Okres pierwszych 5 lat jest szczególnie ważny, bowiem wówczas posadzone drzewa są narażone na silną konkurencję bujnej roślinności zielnej i szkody od zwierzyny [Dobrowolska 2013]. Początkowy szybszy wzrost jodeł rosnących w grupach pozwala im wcześniej wydostać się ze strefy konkurencji z roślinnością runa oraz zmniejsza prawdopodobieństwo uszkodzeń od zwierzyny [Szukiel

1976]. Według Oprządk [2018] powyższy efekt ma bezpośrednie odzwierciedlenie w mniejszych kosztach, które ponoszone są na pielęgnację gleby, wykaszanie chwastów i zabezpieczanie przed zgryzaniem. W metodzie grupowej wykonywanie samych zabiegów pielęgnacyjnych jest mniej pracochłonne, ponieważ na powierzchni między grupami nie wykonuje się żadnych zabiegów lub ogranicza się je do minimum na etapie uprawy. W zależności od wariantu (przyjmując za powierzchnię jednej grupy 4 m²; ryc. 1) udział powierzchni wyłączanej z zabiegu stanowi od 75 do 84%, przy więźbie placówek odpowiednio 4×4 m i 5×5 m [Gil, Furs 2015].

Uzyskane wyniki wskazują, że jodły w obu przypadkach są stabilne mechanicznie (różnice nieistotne statystycznie), bowiem współczynnik smukłości nie przekraczał średnio progu 100% [Burschel, Huss 1997]. Na powyższy wynik wpłynęły wykonane w 2014 roku czyszczenia późne. W ramach tego zabiegu pielęgnacyjnego usuwano głównie drzewa ze środkowej warstwy wysokościowej i wewnętrzne, co w konsekwencji poskutkowało większą przestrzenią życiową dla pozostałych drzew rosnących wewnątrz grup. W tym miejscu należy podkreślić, że obecne zagęszczenie badanych młodników było tylko nieznacznie większe w przypadku metody grupowej (o około 700 szt./ha).

Metoda klasyczna okazała się nieco lepsza pod względem zdrowotności, jak i pokroju koron. Podobne wyniki otrzymali Zabielski i Magnuski [1978]. Różnice uzyskane w ramach niniejszej pracy zacierają się jednak w wartościach bezwzględnych. Każdy z badanych młodników charakteryzował się bardzo dobrą jakością hodowlaną. W ostatnich latach na terenie Nadleśnictwa Cisna nasiliły się szkody w uprawach i młodnikach, które powodowane są przez raka jodły oraz ssaki roślinożerne, głównie jelenie i sarny [Plan... 2016]. W tym kontekście badane jodły rosnące wewnątrz grup charakteryzowały się lepszą zdrowotnością w porównaniu do brzeżnych (w mniejszym stopniu występował rak jodły oraz uszkodzenia od zwierzyny). Otrzymane wyniki mogą świadczyć o tym, że zwierzyna miała utrudniony dostęp do drzew rosnących wewnątrz grup. Należy jednak pamiętać, że w przypadku nadmiernej presji zwierzyny żadna z metod sadzenia nie jest w stanie ochronić jodły przed zgryzaniem i spalowaniem [Gil, Furs 2015]. Obserwacje te potwierdzają także badania nad wpływem presji jeleniowatych na uprawy jodłowe powstałe w wyniku zastosowania metody grupowej we Włoszech (Florencja) [Florentini i in. 2015].

Podsumowując, można stwierdzić, że metoda grupowa, pomimo nieco gorszego, ale za to bardziej zróżnicowanego wzrostu jodeł do wieku 20 lat, jest dobrą alternatywą dla klasycznej metody rządowej. W tym względzie, z punktu widzenia ekonomii i ekologii, autorzy niniejszej pracy polecają w szczególności wariant z 400 (350) placówkami/ha oraz 9 sadzonkami w ramach jednej grupy (od około 3200 do 3600 jodeł/ha). Na powierzchni między placówkami należy wykorzystywać odnowienie naturalne gatunków domieszkowych. Gatunki te powinny pełnić rolę domieszki czasowej (brzoza, osika, olsza) lub trwałej (jawor, buk i świerk). Nie ma również żadnych przeciwwskazań, żeby w przypadku skrajnie zachwaszczających się powierzchni (i w związku z tym z brakiem zadowalającego odnowienia z samosiewu) wspomagać ten proces, stosując odnowienie sztuczne (np. gatunki odporne na presję zwierzyny, jak brzoza i osika). Można z całą pewnością stwierdzić, że grupowa metoda odnawiania jodły bardzo dobrze wpisuje się w koncepcję półnaturalnej hodowli lasu i wychodzi naprzeciw wymaganiom ekologicznym tego gatunku. Drzewostany powstałe w wyniku stosowania metody grupowej na terenie Bieszczad (ponad 600 ha) niewątpliwie zasługują na dalsze pogłębione badania i analizy, w szczególności z zakresu optymalizacji cięć pielęgnacyjnych oraz wykorzystywania gatunków domieszkowych w kształtowaniu zróżnicowanych strukturalnie stabilnych dolnoregłowych, mieszanych drzewostanów jodłowych.

Wnioski

- ✚ Metoda sadzenia ma istotny wpływ na wzrost 20-letnich młodników jodłowych i niewielki na ich jakość hodowlaną wyrażoną kondycją zdrowotną oraz pokrojem koron.
- ✚ Metoda sadzenia w rzędach (metoda tradycyjna) stwarza bardziej wyrównane i przeciętnie lepsze warunki do wzrostu na grubość i wysokość jodły w stosunku do metody grupowej.
- ✚ Metoda grupowa kształtuje bardziej zróżnicowane warunki do wzrostu w ramach placówek (korzystna struktura stożków). Dzięki temu stanowi ona bardzo dobrą alternatywę dla metody rządowej, w szczególności kiedy celem długoterminowym jest uzyskanie pożądanej, z punktu widzenia wymagań ekologicznych jodły, zróżnicowanej budowy pionowej przyszłych drzewostanów.
- ✚ Sadzenie jodły na placówkach jest godne polecenia przy przebudowie rozległych drzewostanów olszy szarej w warunkach żyznych siedlisk górskich i dużej presji zwierzyny płowej. Metoda grupowa znacznie ułatwia pielęgnację w młodości, a także, dzięki szerszej możliwości wykorzystania odnowień naturalnych, pozwala na uzyskanie bardziej zróżnicowanych drzewostanów mieszanych, charakteryzujących się większą odpornością na czynniki biotyczne i abiotyczne.
- ✚ Drzewostany powstałe w wyniku stosowania metody grupowej zasługują na dalsze pogłębione badania i analizy z zakresu optymalizacji cięć pielęgnacyjnych oraz wykorzystania gatunków domieszkowych w kształtowaniu zróżnicowanych strukturalnie, stabilnych mieszanych drzewostanów jodłowych na terenie Bieszczad.

Podziękowania

Autorzy pracy dziękują pracownikom Nadleśnictw Cisna oraz Lutowiska za okazane wsparcie podczas prowadzonych badań. Szczególne podziękowania składamy Panu Władysławowi Chmurskiemu oraz Panu Witoldowi Oprządkowi. Autorzy pracy dziękują także innym członkom Sekcji Hodowli Lasu, Koła Naukowego Leśników, którzy brali czynny udział w pracach terenowych (Patrycja Kazik, Bartłomiej Miginko, Szymon Ostachowski, Katarzyna Piekarczyk, Grzegorz Starachowski, Jarosław Suliga i Przemysław Szablowski) podczas obozu naukowego „Cisna 2018”. Część prac kameralnych została zrealizowana w ramach projektu H2020 CARE4C, który jest dodatkowo wspierany przez MNiSW w ramach projektu międzynarodowego współfinansowanego.

Literatura

- Assmann E. 1968. Nauka o produktywności lasu. PWRiL, Warszawa.
- Bernadzki E. 2008. Jodła pospolita. Ekologia – zagrożenia – hodowla. PWRiL, Warszawa.
- Burschel P., Huss J. 1997. Grundriss des Waldbaus. Berlin, Parey Buchverlag.
- Dobrowolska D. 2013. Wzrost i przeżywalność jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w zależności od gatunku osłaniającego na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego. Sylwan 157 (3): 197-203. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2012112>.
- Dobrowolska D., Boncina A., Klumpp R. 2017. Ecology and silviculture of silver fir (*Abies alba* Mill.): a review. Journal of Forest Research 22: 1-10.
- Drozdowski S., Bielak K., Buraczyk W., Gawron L., Jaros R., Żybura H. 2014. Planowanie hodowlane w drzewostanach jodłowych o złożonej strukturze z wykorzystaniem metody BDq w Nadleśnictwie Zagnańsk. Sylwan 158 (9): 651-660. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2013141>.
- Fabijanowski J., Jaworski A. 1996. Kierunki postępowania hodowlanego w lasach karpackich wobec zmieniających się warunków środowiskowych. Sylwan 140 (4): 5-28.
- Florentini S., Degl Innocenti N., Bartolozzi L., Galipo G., Travaglini D., Nocentini S. 2015. Deer impact on silver fir artificial regeneration. First results of a cluster planting trial. Italian Journal of Forest Mountain Environment 70 (2): 83-98.

- Gil W., Furs K. 2015. Jodły na placówkach. *Głos Lasu* 1: 16-18.
- Hawrys Z., Kwapis Z., Matuszczyk I., Olszowska G. 2004. Ocena rozwoju wybranych pochodzeń jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w uprawach na terenie Sudetów Zachodnich. *Leś. Pr. Bad.* 4: 137-159.
- Jaszczak R., Magnuski K. 2005. Wyniki przebudowy drzewostanów w Nadleśnictwie Doświadczalnym Siemianiec. *Sylwan* 149 (10): 20-27. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2005071>.
- Jaszczak R., Magnuski K. 2014. Retrospekcja sześćdziesięcioletnich doświadczeń naukowych Katedry Urządzania Lasu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu w zakresie przebudowy drzewostanów. *Studia i Materiały CELP* 16 (39): 23-30.
- Jaszczak R., Magnuski K., Małys L. 2008. Wzrost jodły (*Abies alba* Mill.) rosnącej w rzędach i grupach po całkowitym uprzątnięciu przebudowywanego negatywnego drzewostanu sosnowego (*Pinus sylvestris* L.). *Sylwan* 152 (12): 3-8. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2008032>.
- Jaszczak R., Małys L., Turski M., Nicałek M. 2013. Wzrost jodły rosnącej w rzędach i grupach w 10 lat po uprzątnięciu osłaniającego ją przebudowywanego negatywnego starodrzewu sosnowego. *Sylwan* 157 (7): 533-538. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2012143>.
- Jaworski A. 2011a. Hodowla lasu. Tom I. Sposoby zagospodarowania, odnawiania lasu, przebudowa i przemiana drzewostanów. PWRiL, Warszawa
- Jaworski A. 2011b. Hodowla lasu. Tom III. Charakterystyka hodowlana drzew i krzewów leśnych. PWRiL, Warszawa.
- Kramer W. 1992. Die Weißtanne (*Abies Alba* Mill.) in Ost- und Südosteuropa: Eine Zustandsbeschreibung. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart – Jena – New York.
- Kryzstofik E. 1963. Refleksja na temat jodły pospolitej (*Abies Alba* Mill.). *Sylwan* 107 (4): 47-54.
- Leibundgut H. 1974. Zum Problem der Tannensterbens. *Schweiz. Z. Forstwes.* 125 (7): 476-484.
- Małek S., Barszcz J., Buława K., Kożuch E., Amarowicz M. 2010. Ocena doświadczalnych upraw świerkowych zakładanych sposobem rot na powierzchniach po rozpadzie drzewostanów w Beskidzie Śląskim. *Sylwan* 154 (6): 388-396. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2009237>.
- Meyer H. 1957. Beitrag zur Frage der Rückgangigkeitserscheinungen der Weisstanne (*Abies alba* Mill.) am Nordrand ihres Naturareals. *Arch. Forstwes.* 10: 719-787.
- Oprządek W. 2016. Bieszczadzkie placówki. *Las Polski* 12: 28-30.
- Oprządek W. 2018. Pielęgnowanie odnowień grupowych jodły. *Las Polski* 1: 20-23.
- Plan Urządzenia Lasu Nadleśnictwa Cisna wg stanu na dzień 1 stycznia 2016 r. sporządzony na lata 2016-2025. 2016. Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Krośnie.
- Pretzsch H. 2021. Trees grow modulated by the ecological memory of their past growth. Consequences for monitoring, modelling, and silvicultural treatment. *Forest Ecology and Management* 487: 118982. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.118982>.
- Schönenberger W. 2001. Cluster afforestation for creating diverse mountain forest structures – a review. *Forest Ecology and Management* 145: 121-128.
- Schütz J.-Ph. 2002. Silvicultural tools to develop irregular and diverse forest structures. *Forestry* 75 (4): 329-337.
- Senn J., Suter W. 2003. Ungulate browning on silver fir (*Abies alba* Mill.) in the Swiss Alps: beliefs in search of supporting data. *Forest Ecology and Management* 181: 151-164.
- Smith D. M., Larson B. C., Kelty M. J., Ashton P. N. S. 1997. The practice of silviculture. New York, John Wiley & Sons, Inc.
- Szukiel E. 1976. Zastosowanie repelentów do ochrony sadzonek świerka, jodły, jedlicy i niektórych gatunków liściastych preferowanych przez *Cervidae* i *Leporidae*. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa* 516.
- Szymański S. 1977. Zastosowanie gniazdowej metody uprawy dębu (wg Ogijewskiego) na bogatych siedliskach. *Sylwan* 121 (9): 43-54.
- Szymański S. 1983. Wyniki 30-letnich doświadczeń oraz instrukcja stosowania gniazdowej uprawy dębu. *Sylwan* 127 (9/10): 109-114.
- Zabielski B., Magnuski K. 1978. Wzrost jodły w rzędach i na placówkach w przebudowanym drzewostanie sosnowym. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu* 54: 143-148.
- Zuur A. F., Ieno E. N., Walker N. J., Saveliev A. A., Smith G. M. 2009. *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. Springer.