

## Wpływ podcinania korzeni i nawożenia na cechy biometryczne dwuletnich sadzonek buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.)

Effects of root pruning and fertilization on biometric traits of 2-year-old seedlings of European beech (*Fagus sylvatica* L.)

Winicjusz Kasprzyk<sup>1</sup>, Szymon Jastrzębowski<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>PGL Lasy Państwowe, Nadleśnictwo Jawor, ul. Myśliborska 3, 59-400 Jawor;

<sup>2</sup>Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Hodowli Lasu i Genetyki Drzew Leśnych, Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

\*Tel. +48 22 7150474, e-mail: s.jastrzebowski@ibles.waw.pl

**Abstract.** The aim of this study was to examine the effects of pruning the root system and different doses of nitrogen fertilization on the height and root collar diameter of 2-year-old beech seedlings (*Fagus sylvatica* L.). This research was conducted in the forest nursery Muchów (Jawor Forest District, regional directorate of State Forests in Wrocław) and two different pruning treatments (no pruning and at 12 cm depth) and nitrogen fertilization doses (25 and 50 kg×ha<sup>-1</sup>) were applied. Results from an ANOVA showed statistically significant differences between the two pruning treatments ( $p=0.000$ ) as well as for the interaction of both treatment factors ( $p=0.019$ ). Root collar diameter correlated with seedling height, both of which were significantly different for the two pruning treatments ( $p=0.000$ ). No statistically significant impact by the nitrogen fertilization doses on seedling height could be observed ( $p=0.125$ ). To conclude, we found that it is reasonable to reduce the doses of nitrogen fertilization to half the recommended amount, 25 kg×ha<sup>-1</sup>, if the root system is not pruned during the second growth year. Seedlings that do receive pruning should be fertilized using the recommended nitrogen doses.

**Keywords:** root pruning, fertilization, European beech, forest nursery

### 1. Wstęp

Podstawowym celem produkcji szkółkarskiej jest dostarczenie na potrzeby odnowień, zalesień, poprawek i uzupełnień materiału sadzeniowego charakteryzującego się ściśle określonymi minimalnymi wartościami cech biometrycznych, przy czym podstawowe znaczenie mają wysokość i średnica w szyjce korzeniowej sadzonek stanowiących finalny efekt produkcji szkółkarskiej.

System korzeniowy pełni niezwykle istotną rolę w zapatrywaniu rośliny w substancje odżywcze oraz wodę (Atkinson, Wilson 1980). Wspiera także wymianę gazową oraz umożliwia rozmnażanie wegetatywne. Przeżycie i dalszy wzrost siewek w dużej mierze uzależnione są od właściwie uformowanego systemu korzeniowego (Buraczyk, Kapuścińska 2010). Powszechnie stosowaną praktyką szkółkarską w zakresie formowania systemu korzeniowego jest jego podcinanie, zarówno gatunków iglastych, jak i liściastych.

Do podstawowych zabiegów mających wpływ na parametry wzrostowe sadzonek oraz na ich udatność w uprawach leśnych

należy także zaliczyć odpowiednio zbilansowane nawożenie organiczne i mineralne (Walendzik, Szoltyk 1990). Trzeba zwrócić jednak uwagę, że zmodyfikowane prawo Liebiga uwzględnia dziś również niedobór lub nadmiar czynników innych niż nawożeniowe oraz wpływ wzajemnego oddziaływania czynników na siebie (Kozłowska 2007). W takim ujęciu również redukcja systemu korzeniowego, jaka ma miejsce podczas zabiegu formowania korzeni, jest istotnym czynnikiem mającym wpływ na podstawowe parametry materiału sadzeniowego, w szczególności na zahamowanie przyrostu na wysokość i grubość w szyjce korzeniowej przy jednoczesnej poprawie stosunku suchej masy systemu korzeniowego do masy części nadziemnej (Kłoskowska 1995; Sobczak et al. 1999). W wyniku podcinania usuwane są bardzo duże rezerwy węglowodanów i składników odżywczych, które normalnie zostałyby wykorzystane do regeneracji systemu korzeniowego i wzrostu rośliny po przesadzeniu na uprawę leśną (Canham et al. 1999; McArtney, Ferree 1999). Tym samym, po wykonaniu zabiegu należy dostarczyć sadzonkom duże ilości wody oraz nawozów, głównie azotowych w formie dolistnej lub doglebowej.

Wpłynęło: 9.05.2016 r., zrecenzowano: 23.06.2016 r., zaakceptowano: 4.07.2016 r.

Proces ten ma również na celu ukształtowanie zwartej i niepodatnego na uszkodzenia w procesie wyorywania systemu korzeniowego (Białobok et al. 1990).

## 2. Materiał i metodyka badań

Badania przeprowadzono na dwuletnich sadzonkach buka zwyczajnego w szkółce leśnej Muchów (Leśnictwo Muchów, Nadleśnictwo Jawor). Nasiona wysiano ręcznie 9 maja 2013 r. na powierzchni 8 ar w ilości  $4,4 \text{ kg} \times \text{ar}^{-1}$ . Zastosowano wariant technologii siewu TL-5 (ZHL 2003).

W drugim roku życia sadzonek wyznaczono na czteroarowym fragmencie powierzchni objętej siewem dwadzieścia cztery odcinki o długości dziesięciu metrów każdy i losowo przypisano im cztery warianty postępowania hodowlanego tj.

- podcinanie systemów korzeniowych oraz dostarczenie azotu w ilości  $25 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$
- podcinanie systemów korzeniowych oraz dostarczenie azotu w ilości  $2 \times 25 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$
- brak podcinania systemów korzeniowych oraz dostarczenie azotu w ilości  $25 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$
- brak podcinania systemów korzeniowych oraz dostarczenie azotu w ilości  $2 \times 25 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$

W czasie trwania eksperymentu szkółka leśna posiadała aktualne „Zalecenia gleboznawczo-nawożeniowe” opracowane w marcu 2014 roku. Zalecenia dla fragmentu objętego doświadczeniem ograniczały się do zastosowania pogłównego nawożenia azotem w dwóch dawkach tj.  $2 \times 25 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ . Ze względu na konieczność przeznaczenia materiału sadzeniowego pochodzącego z doświadczenia na potrzeby odnowień i zalesień nie przewidziano wariantu bez nawożenia.

Dla każdego z wariantów zastosowano sześć powtórzeń, zachowując głębokość cięcia poziomego na wysokości około 12 cm poniżej powierzchni gleby. Zabieg podcinania korzeni wykonano w lutym 2014 roku podcinaczem klamrowym typu BRS firmy Egedal umożliwiającym wykonywanie wyłącznie cięcia poziomego.

Pierwszy zabieg nawożenia azotowego przeprowadzono 12 maja 2014 r. w ilości  $25 \text{ kg N} \times \text{ha}^{-1}$  zastosowano saletrę amonową dla wszystkich wariantów doświadczenia. Drugi

zabieg nawożenia azotowego przeprowadzono 20 czerwca 2014 r. w ilości  $25 \text{ kg N} \times \text{ha}^{-1}$  tylko dla wariantów przeznaczonych do pełnego nawożenia celem uzupełnienia ilości zastosowanego nawozu do  $50 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ . Jako nawóz w drugim terminie zastosowano mocznik. Wszystkie nawozy azotowe stosowano doglebowo.

W listopadzie 2014 r. sadzonki zostały wyorane wyorywaczem aktywnym firmy Egedal typu SR2 i losowo pobrano z każdego z poletek elementarnych od ośmiu do piętnastu sztuk celem określenia wysokości i średnicy w szyjce korzeniowej.

Uzyskane wyniki uśredniono w ramach poszczególnych powtórzeń i każdej kombinacji zabiegów hodowlanych.

W dalszym etapie prac kameralnych uzyskane dane poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem modelu dwuczynnikowej analizy wariancji z interakcją (Dobek, Szwaczkowski 2003).

$$y_{ijk} = \mu + P_i + N_j + PN_{ij} + e_{ijk}$$

gdzie:

$y_{ijk}$  – wysokość/średnica w szyi korzeniowej dla  $i$ -tego poziomu podcinania korzeni i  $j$ -tej dawki azotu,

$\mu$  – średnia ogólna,

$P_i$  – efekt  $i$ -tego poziomu podcinania korzeni,

$N_j$  – efekt  $j$ -tego poziomu dawki azotu,

$PN_{ij}$  – efekt interakcji  $i$ -tego poziomu podcinania korzeni i  $j$ -tego poziomu dawki azotu,

$e_{ijk}$  – błąd losowy.

Grupy jednorodne średnich wyznaczono za pomocą HSD Tukeya. Obliczenia wykonano w programie Statistica 6.0 (Statsoft 2006).

## 3. Wyniki

Wyniki przeprowadzonej analizy wariancji (tab. 1) wykazały istotne statystyczne różnice w wysokości sadzonek w zależności od tego, czy poddano je zabiegowi formowania korzeni ( $p=0,000$ ). Również istotny wynik uzyskano dla efektu interakcji działania obu czynników ( $p=0,019$ ) (ryc. 1). Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu dawki zastosowanego azotu na wysokość materiału sadzeniowego ( $p=0,125$ ).

**Tabela 1. Analiza wariancji wysokości sadzonek**

Table 1. Analysis of variance for seedlings height

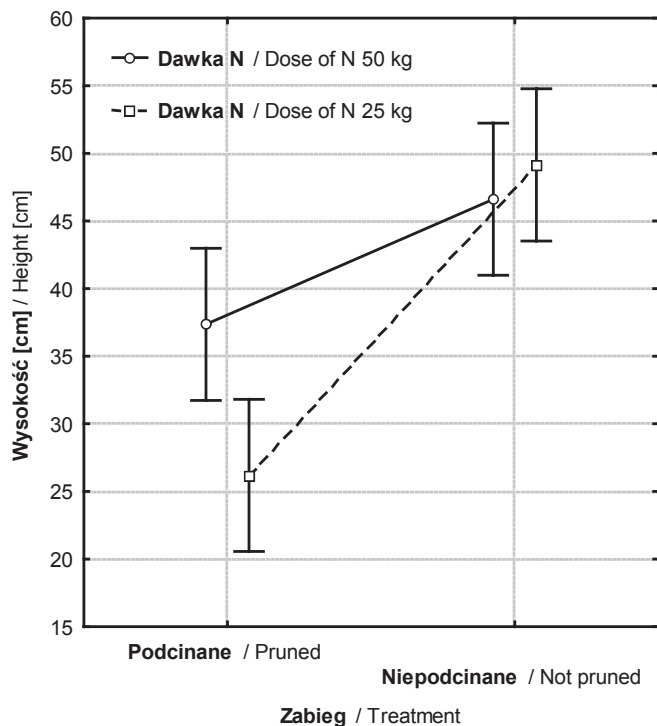
	Suma kwadratów Sum of squares	Stopnie swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat Mean square	F	p
<b>Zabieg formowania</b>					
Treatment	1556,23	1	1556,23	35,65	<0,001
<b>Dawka N/ha</b>					
Dose ( $\text{N} \times \text{ha}^{-1}$ )	111,72	1	111,72	2,56	0,125
<b>Formowanie x Dawka N</b>					
Treatment x Dose (N)	281,95	1	281,95	6,46	0,019
<b>Błąd</b>					
Error	872,99	20	43,65		

Analiza wariancji przeprowadzona dla średnicy w szyjce korzeniowej (tab. 2) wykazała istotne statystyczne różnice w grubości sadzonek w zależności od tego, czy poddano je zabiegowi formowania korzeni ( $p=0,000$ ). Również istotne statystycznie wyniki uzyskano dla zastosowanej dawki nawożenia azotowego ( $p=0,034$ ) oraz dla efektu interakcji działania obu czynników ( $p=0,005$ ) (ryc. 2).

Obserwowana zmienność wysokości oraz średnic w szyjkach korzeniowych sadzonek była analizowana tylko dla dwóch poziomów każdego z czynników głównych, w dalszej

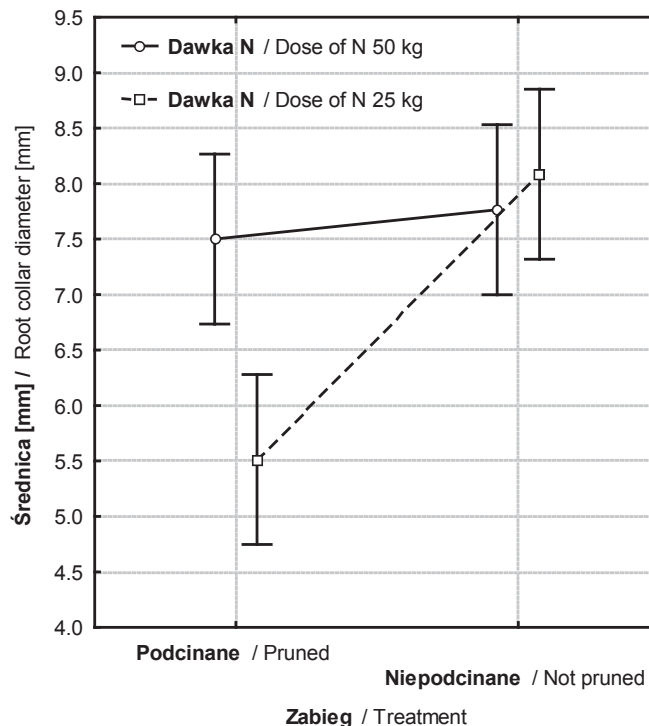
analizie statystycznej skupiono się na ocenie efektów łącznego działania obu czynników dzieląc kombinacje poszczególnych poziomów czynników na grupy jednorodne w teście Tukeya (tab. 3).

Podział kombinacji wariantów na grupy jednorodne dla wysokości (tab. 3) wskazuje na wyraźnie niższe parametry sadzonek podcinanych przy jednoczesnym zastosowaniu dawki azotu obniżonej do  $25 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ . Najwyższe pochodziły z grupy niepodcinanych niezależnie od dawki zastosowanego nawożenia azotowego. W przypadku średnicy w szyjce



Rycina 1. Średnie wysokości sadzonek dla badanych wariantów hodowlanych; P – sadzonki z podcinanym systemem korzeniowym, N – sadzonki bez podcinanego systemu korzeniowego

Figure 1. Average height of seedlings for different silvicultural treatments; P – seedlings with pruning root system, N – seedlings without pruning root system



Rycina 2. Średnie grubości w szyi korzeniowej dla badanych wariantów hodowlanych; P – sadzonki z podcinanym systemem korzeniowym, N – sadzonki bez podcinanego systemu korzeniowego

Figure 2. Average of root collar diameter for different treatments; P – seedlings with pruning root system, N – seedlings without pruning root system

Tabela 2. Analiza wariancji średnicy w szyjce korzeniowej

Table 2. Analysis of variance of root collar diameter

	Suma kwadratów Sum of squares	Stopnie swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat Mean of square	F	p
<b>Zabieg formowania</b> Treatment	12,07	1	12,07	14,904	0,000975
<b>Dawka N/ha</b> Dose ( $\text{N} \times \text{ha}^{-1}$ )	4,167	1	4,167	5,145	0,034544
<b>Formowanie x Dawka N</b> Treatment x Dose (N)	7,981	1	7,981	9,855	0,005164
<b>Błąd</b> Error	16,197	20	0,81		

**Tabela 3. Grupy jednorodnych średnich wysokości i średnic w szyi korzeniowej dla badanych wariantów. Średnie z tą samą literą nie różnią się istotnie ( $p \leq 0,05$ ); P – sadzonki z podcinanym systemem korzeniowym, N – sadzonki bez podcinanego systemu korzeniowego**  
 Table 3. The homogeneous groups of mean height and diameter in root collar. Means with the same letter are not significantly different at  $p \leq 0,05$ ; P – seedlings with pruning root system, N – seedlings without pruning root system

Zabieg Treatment	Dawka Dose [N×ha <sup>-1</sup> ]	Wysokość Height [cm]	Zmienność Variability [%]	Średnica w szyi korzeniowej Root collar diameter [mm]	Zmienność Variability [%]
P	25 kg	26,2 a	13,54	5,51 a	14,79
P	50 kg	37,3 b	21,36	7,50 b	13,42
N	50 kg	46,6 bc	12,91	7,77 b	11,64
N	25 kg	49,1 c	18,37	8,09 b	9,93

korzeniowej również kombinacja podcinania i dawki azotu w ilości 25 kg×ha<sup>-1</sup> powodowała wyraźne obniżenie tego parametru (tab. 3). Zastosowanie dawki 50 kg×ha<sup>-1</sup> przy jednoczesnym podcinaniu korzeni nie wpływało w istotny sposób na grubość w szyi korzeniowej w porównaniu do sadzonek u których nie podcinano korzeni niezależnie od podanej dawki azotu (50 lub 25 kg×ha<sup>-1</sup>). Najwyższą zmiennością wysokości charakteryzowała się grupa sadzonek podcinanych z zastosowaną ilością azotu rzędu 50 kg×ha<sup>-1</sup>, najniższą zmienność tej cechy obserwowano u sadzonek niepodcinanych z dawką azotu 50 kg×ha<sup>-1</sup>. W przypadku grubości w szyjce korzeniowej najwyższą zmiennością wykazała się partia sadzonek podcinanych potraktowanych obniżoną dawką azotu, natomiast najniższą zmienność wykazała grupa sadzonek niepodcinanych również potraktowana dawką 25 kg×ha<sup>-1</sup> (tab. 3).

#### 4. Podsumowanie i dyskusja

Zagadnienie wpływu podcinania korzeni na cechy biometryczne sadzonek drzew leśnych z uwzględnieniem dawek nawożenia nie było do tej pory szerzej opisywane. Dostępna literatura dotyczy gatunków drzew owocowych lub systemów agroleśnych z uwzględnieniem konkurencji drzewo – zboża (Atkinson, Wilson 1980; Peter, Lehmann 2000).

Brak wpływu zróżnicowania dawki azotu na badane cechy biometryczne w grupie sadzonek niepodcinanych wskazuje, że w przypadku rezygnacji z zabiegu formowania korzeni istnieje możliwość obniżenia na etapie produkcji szkółkarskiej stosowanych dawek azotu do 25 kg×ha<sup>-1</sup> w drugim roku życia. Sadzonki podcinane, z racji konieczności odbudowania utraconej części systemu korzeniowego, należy nawozić zalecanymi dawkami azotu, na co wskazuje statystycznie istotny efekt interakcji pomiędzy zabiegiem formowania a dawką azotu w grupie sadzonek podcinanych dla obu badanych cech. Badania przeprowadzone przez Andersen (2001) dotyczące wpływu podcinania na przeżywalność i wzrost sadzonek buka w warunkach silnej konkurencji wskazują, że u buków w których zastosowano silne skrócenie systemu korzeniowego (do 7 cm) śmiertelność sadzonek sięgnęła 99% niezależnie od warunków wzrostu. Zmniejszeniu uległa także sucha masa pędu i korzeni.

Podobne wyniki Andersen i inni (2000) otrzymali w przypadku sadzonek dębu szypułkowego. Podcinanie silnie redukowało wzrost oraz alokację suchej masy pędu i korzeni. Zastosowany zabieg bardziej wpływał na całkowitą suchą masę pędu niż korzenia. W warunkach konkurencji roślin zielnych stwierdzono, że stosunek części nadziemnej do podziemnej zmienia się na korzyść systemu korzeniowego. W badaniach Buraczyka i innych (2011) skrócenie korzeni szkieletowych u dwuletnich sadzonek świerka pospolitego przeznaczonych do szkółkowania spowodowało istotną i proporcjonalną do wielkości skrócenia (5, 10 i 15 cm) redukcję łącznej długości korzeni oraz liczby wierzchołków. Autorzy podają też jako zalecenia dla praktyki, stosowanie dwuletnich sadzonek o korzeniach szkieletowych skróconych do 10 cm, gdyż mocniejsza redukcja systemu korzeniowego może prowadzić do zmniejszenia przeżywalności zwłaszcza w okresach suszy.

Uzyskane wyniki wyraźnie wskazują na silny wpływ wykonanego zabiegu podcinania przy jednoczesnym zastosowaniu dawki azotu w ilości 25 kg×ha<sup>-1</sup> na zmniejszenie wysokości oraz średnicy w szyjce korzeniowej, co w określonych przypadkach, takich jak powierzchnie upraw o pokrywie skłonnej do silnego zachwaszczania lub gleby silnie przepuszczalne, powinno skłaniać do stosowania sadzonek o dość długich korzeniach i znacznej wysokości części nadziemnej (Wesoły et al. 2009), a więc wykorzystanie sadzonek niepodcinanych bez względu na zastosowaną dawkę azotu, lub ewentualnie podcinanych, lecz nawożonych pełną dawką azotu. Wpływ konkurencji pomiędzy sadzonkami drzew leśnych a chwastami powinien być szczególnie uwzględniany w przypadku zalesień gruntów trudnych. Korzenie buka zwyczajnego są bardziej wrażliwe na wysychanie niż korzenie dębu szypułkowego (McKay et al. 1999).

Interesujące badania nad wpływem podcinania korzeni na jakość sadzonek modrzewia japońskiego wykonali także Morrissey i O'Reilly (2002). Zabieg przeprowadzono w czerwcu, lipcu, sierpniu i październiku wraz z dodatkowym nawożeniem. Oceniano wpływ podcinania korzeni na wzrost, pędzenie wiosenne, rozwój pąków, a także morfologię po zakończeniu sezonu wegetacyjnego oraz potencjał wzrostowy korzeni. Wczesne wykonanie zabiegu (w czerwcu) powo-



dowało zwiększenie przyrostu na wysokość w stosunku do zabiegu wykonanego w lipcu i w sierpniu. Podcinanie w październiku nie miało żadnego wpływu na tempo wzrostu. Według tych autorów wczesne podcinanie korzeni powodowało zwiększenie średnicy w szyi korzeniowej oraz suchej masy korzenia. Zwiększeniu uległ także potencjał wzrostowy korzeni (dwu, trzykrotnie w stosunku do wariantu kontrolnego).

Przedstawiona analiza badań nie odpowiada na istotne pytanie, co do wpływu zastosowanych na etapie produkcji szkółkarskiej wariantów postępowania hodowlanego na dalszy wzrost i przeżywalność sadzonek w warunkach uprawy leśnej. Wstępne wyniki zastosowania zaproponowanych kombinacji w warunkach sztucznie odnowionej uprawy leśnej nie wykazują, po jednym roku trwania doświadczenia, zróżnicowania pod względem wielkości przyrostu na wysokość, choć wyraźnie zaznaczyła się niższa przeżywalność sadzonek niepodcinanych potraktowanych obniżoną do  $25 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$  dawką azotu (dane niepublikowane). Buraczyk i Kapuścińska (2010) badając wpływ różnej głębokości podcinania korzeni na wzrost sadzonek sosny zwyczajnej po szkółkowaniu, stwierdzili natomiast, że największą przeżywalnością charakteryzowały się sadzonki z najmniej podciętym systemem korzeniowym. Według tych autorów podcinanie korzeni ma większy wpływ na średnicę w szyi korzeniowej niż na wysokość sadzonek w pierwszym sezonie wegetacyjnym po szkółkowaniu. Pojawiające się wątpliwości dotyczące zasadności zabiegu formowania systemów korzeniowych w kontekście m.in. ewentualnej podatności sadzonek na infekcje grzybowe (Tkaczyk et al. 2014) powinny skutkować prowadzeniem wieloetapowych doświadczeń obejmujących nie tylko ocenę efektów końcowych produkcji w szkółkach leśnych, lecz przede wszystkim wpływ zastosowanych metod produkcji na wzrost, rozwój, zdrowotność oraz na zdolności adaptacyjne materiału sadzeniowego w zróżnicowanych warunkach upraw leśnych (Wesoły et al. 2009).

## Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów interesów.

## Źródło finansowania

Badania sfinansowano ze środków własnych Autorów.

## Literatura

- Andersen L., Rasmussen H.N., Brander P.E. 2000. Regrowth and dry matter allocation in *Quercus robur* (L.) seedlings root pruned prior to transplanting. *New Forests* 19: 205–213. DOI 10.1023/A:1006610805249.
- Andersen L. 2001. Survival and growth of *Fagus sylvatica* seedlings root-pruned prior to transplanting under competitive conditions. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16: 318–323. DOI 10.1080/713785155.
- Atkinson, D., Wilson, S.A. 1980. The growth and distribution of fruit tree roots: some consequences for nutrient uptake, in: Atkinson D., Jackson J. E., Sharples R.O. Waller W.M. (eds.) *Mineral Nutrition of Fruit Trees*. Butterworths, London, 137–150.
- Białobok S. 1990. Buk zwyczajny. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Poznań, 477–478.
- Buraczyk W., Kapuścińska M. 2010. Effects of pruning of vertical roots on growth of one-year Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings in the first year after transplanting. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry* 52(1): 26–32.
- Buraczyk W., Drozdowski S., Szeligowski H., Gawron L., Karpiuk M. 2011. Wpływ skracania systemów korzeniowych dwuletnich sadzonek świerka pospolitego (*Picea abies* L. Karst.) na ich wzrost po posadzeniu. *Sylwan* 155(7): 482 – 492.
- Canham C.D., Kobe R.K., Latty E.F., Chazdon R.L. 1999. Interspecific and intraspecific variation in tree seedling survival: effects of allocation to roots versus carbohydrate resources. *Oecologia* 121: 1–11.
- Dobek A., Szwaczkowski T. 2007. *Statystyka matematyczna dla biologów*, Poznań, Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, 211 s.
- Kłóskowska A. 1995. Wpływ podcinania systemów korzeniowych na wzrost jedno- i dwuletnich siewek dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w szkółce leśnej. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa. Seria A.*: 73–75.
- Kozłowska M. 2007. *Fizjologia roślin. Od teorii do nauk stosowanych*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 208–210.
- Morrissey N., O'Reilly C. 2002. Effect of root wrenching in the nursery on the quality of Japanese larch transplants. *Irish Forestry* 59 (1-2): 2–17.
- McArtney S.J., Ferree D.C. 1999. Shading effects on dry matter partitioning, remobilization of stored reserves and early season vegetative development of grapevines in the year after treatment. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 124: 591–597.
- McKay H.M., Jinks R.L., McEvoy C. 1999. The effect of desiccation and rough-handling on the survival and early growth of ash, beech, birch and oak seedlings. *Annals of Forest Science* 56: 391–402.
- Sobczak R. (red.), 1999. *Szkółkarstwo leśne, ozdobne i zadrzewieniowe*. Oficyna Edytorska „Wydawnictwo Świat”. Warszawa. 13: 88–90.
- StatSoft 2006. *Elektroniczny Podręcznik Statystyki PL*, Kraków, WEB: <http://www.statsoft.pl/textbook/stathome.html>. [17.05.2016].
- Szołtyk G., Walendzik J. R. 1990. *Wytyczne organicznego i mineralnego nawożenia szkółek leśnych*. Instytut Badawczy Leśnictwa. Warszawa, 1–4.
- Tkaczyk M., Nowakowska J.A., Oszako T. 2014. Nawozy fosforowe jako stymulatory wzrostu roślin w szkółkach leśnych. *Sylwan* 158(1): 3–9.
- Wesoły W., Hauke M. 2009. *Szkółkarstwo leśne od A do Z*. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 321–323.
- Zasady Hodowli Lasu 2003. *Ośrodek Rozwojowo-Wdrożeniowy Lasów Państwowych w Bedoniu*. Andrespol, 62–64.

## Wkład autorów

W.K. – koncepcja badań, analizy statystyczne, ryciny, dyskusja, napisanie pracy; S.J. – koncepcja artykułu, dyskusja, korekta, napisanie pracy.