

## Porównanie odnowień sosny zwyczajnej powstałych z siewu i sadzenia w różnych terminach

Comparing Scots pine regeneration established by sowing and planting at various times of year

Władysław Barzdajn<sup>1\*</sup>, Wojciech Kowalkowski<sup>1</sup>, Robert Tomczak<sup>2</sup>

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Leśny, Katedra Hodowli Lasu, ul Wojska Polskiego 71A, 60-625 Poznań, Polska;

<sup>2</sup>Nadleśnictwo Złotoryja, ul. Stanisława Staszica 18, 59-500 Złotoryja, Polska

\*Tel. +48 61 8487742, fax +48 61 8487734; e-mail: barzdajn@up.poznan.pl

**Abstract.** The aim of this study was to evaluate the practical feasibility of two forest regeneration methods using Scots pine *Pinus sylvestris* L. To this end, comparative experiments were established in the Złotoryja and Legnica Forest Districts. The site in Złotoryja had been clear cut, while the experimental plot in Legnica was established at a location damaged by wind in 2009 and cleared from wind throws and wind-broken trees before the experiment. Four different dates for sowing and two for planting were chosen in order to investigate the potential forest regeneration with respect to time. Both experiments were established according to the same design: a complete random block design with five replication blocks. To each plot we applied approximately 53 g (1.2 kg/ha) of seeds and planted 230 seedlings (10 200 seedlings/ha). In 2017, the height of the pine trees was recorded and their increment in height was measured in 2016 as well as 2017. A preliminary analysis of results was conducted using ANOVA for multiple experiments in order to identify significant differences and to then combine variables to form homogeneous groups to which the Duncan multiple range test could be applied. For growth traits, the ANOVA showed significant differences between experimental sites as well as a significant interaction of factors with the experimental site. In terms of planting, April was the most advantageous resulting in the greatest tree height in both forest districts, while in the Legnica Forest District the saplings planted in April also showed the greatest annual increments. Among the sowing dates, the most advantageous was the winter sowing, while the April sowing date produced the least desirable results. In conclusion, both sowing and planting are effective methods to establish pine cultures in coniferous forest.

Furthermore, both methods may be performed at the currently recommended spring date, but they may also be postponed to summer and winter dates provided favorable weather conditions prevail.

**Keywords:** methods of forest regeneration, pine growth, density

**Słowa kluczowe:** metody odnowienia lasu, wzrost sosny, zagęszczenie

### 1. Wstęp

Sztuczne odnowienie lasu odbywa się przez siew lub sadzenie. Każdy z tych sposobów ma swoje zalety, wady i zastosowanie. Ich porównywanie ma sens tylko w określonych warunkach przyrodniczych, ekonomicznych i technicznych. Tyszkiewicz i Obmiński (1963) oraz Puchniarski (2008) wymieniają szereg zalet odnowienia sztucznego, w tym siewu.

Historycznie najstarszą metodą odnowienia lasu było odnowienie samosiewem. Gdy ta forma odnowienia zawodziła, stosowano odnowienie sztuczne siewem, także siew szyszkami. Siewy i samosiewy uzupełniano sadzeniem. Odnowienie lasu poprzez sadzenie wykonywano najpierw siewkami wyjmowanymi z nalotów, a potem produkowanymi w szkółkach (Pfeil 1839; Burckhard 1870).

Zawodność odnowienia siewem sprawiła, że w przypadku sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L., za wskazaniem Pfeila (1839, 1843), rozpowszechniła się metoda sadzenia do przygotowanej gleby rocznych lub 2-letnich sadzonek wyprodukowanych w szkółce. Było to zapewne wymuszone stosowaniem dużych zrębów zupełnych, na których obsiew boczny był niedostateczny (Puchalski 1972).

Najmniej zawodne i najbardziej efektywne w ilości wysiewanych nasion jest odnowienie sosny przez sadzenie materiału sadzeniowego wyprodukowanego w szkółkach. Jednak odnowienie siewem jest tanie i można je szybko wykonać na dużych powierzchniach małym nakładem pracy. Dlatego metoda ta wciąż budzi zainteresowanie. Przegląd metod odnowienia siewem opublikowali Łukaszewicz i Gil (2007). Praktycy hodowli lasu konstruują nowe typy siewników

Wpłynęło: 20.05.2019 r., zrecenzowano: 21.08.2019 r., zaakceptowano: 17.09.2019 r.

i opracowują procedury zakładania upraw, którym nadaje się rangę nowych metod hodowlanych (Walachowski 1985; Niemiec 2003; Niemiec, Sobański 2007, 2009; Borysiewicz 2011). Inicjatywy te są bardzo cenne i przyczyniają się do znacznej poprawy jakości prac hodowlanych. Jednak badaniom praktyków zwykle brakuje metodycznych porównań pomiędzy różnymi technikami zakładania upraw.

Podjęto próbę określenia praktycznej przydatności oraz możliwości zastosowania sztucznego siewu i sadzenia jako sposobów odnowienia sosny zwyczajnej. Dodatkowo uwzględniono w badaniach różne terminy zakładania upraw. Przy gwałtownie zmieniających się i niestabilnych warunkach klimatycznych taka informacja nie tylko uzupełni braki teoretyczne w tym zakresie, ale także poszerzy możliwości działań uptylitarnych.

## 2. Metodyka

Doświadczenia porównawcze założono w Nadleśnictwie Złotoryja, w obrębie Chojnów, w leśnictwie Michałów, oddz. 7j oraz w Nadleśnictwie Legnica, obręb Prochowice, leśnictwo Mierzowice, oddz. 45c. W Złotoryi była to powierzchnia po planowym zrębie zupełnym. Siedlisko oznaczono jako bór świeży na glebie rdzawej bielcowanej wytworzonej z piasków luźnych. Bonitacja usuniętego drzewostanu wynosiła II,5. Powierzchnia zrębu sąsiadowała od strony zachodniej z dojrzałym drzewostanem sosnowym, otoczenie z innych stron stanowiły uprawy i młodniki. W Legnicy doświadczenie założono na powierzchni całkowicie odsłoniętej i uporządkowanej po wiatrowale i wiatrołomie z 2009 r. Siedlisko określono jako bór mieszany świeży z glebą brunatną bielcowaną.

Dobór obiektów doświadczalnych wynikał z potrzeby porównania nie tylko różnych sposobów odnowienia, ale także różnych jego terminów (tab.1). Stąd też w doświadczeniu są zarówno tradycyjne terminy siewu i sadzenia, jak i terminy potencjalnie możliwe, wymagające naukowej i praktycznej weryfikacji. W każdej lokalizacji do siewu i produkcji sadzonek w szkółce użyto nasion z jednej partii. Planowano siew w listopadzie, tzw. siew pod grudę. Nasiona miały przezimować i podjąć kiełkowanie jak najwcześniej na wiosnę. Niestety w przewidzianym terminie siewu gleba była już zamrznięta, zatem siew wykonano w czasie najbliższej przejściowej odwilży, tj. w styczniu 2011 r.

Oba doświadczenia założono wg tego samego układu: bloków losowanych kompletnych, z pięcioma blokami – powtórzeniami. Wielkość poletek wyniosła 225 m<sup>2</sup> a wymiary 15×15 m. Każde doświadczenie składa się z 30 poletek – jednostek eksperymentalnych (6 obiektów × 5 powtórzeń), a jego wielkość wynosi 0,675 ha. Na obu powierzchniach wyorano bruzdy pługiem dwuodkładnicowym w odstępnie co 1,5 m. Zużycie nasion na poletko wyniosło ok. 53 g (1,2 kg/ha). Siew na uprawach wykonywano ręcznym siewnikiem taczkowym. W pierwszych dwóch latach na powierzchni w Złotoryi usuwano naloty, aby nie zagęszczały siewów. Na powierzchni w Legnicy pojawianie się nalotów było niemożliwe.

Na poletku posadzono 230 szt. sadzonek (ok. 10 200 szt./ha), które przeżyły jeden, pełny lub niepełny, sezon wegetacyjny (1/0).

W 2017 roku po zakończeniu przyrostu pomierzono wysokość wszystkich drzewek oraz przyrosty wysokości za 2016 i 2017 rok. Przy pomiarze drzewka kwalifikowano (według obowiązujących zasad przeprowadzania zabiegów pielęgnacyjnych) do pozostawienia po przypadającym na 2017 rok czyszczeniu późnym. Z liczby drzew kwalifikowanych do pozostawienia obliczono zagęszczenie (liczba drzew na ha).

Wyniki opracowano, stosując analizę wariancji dla doświadczenia wielokrotnego, wg następującego modelu stałego:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ij}$$

gdzie:

$y_{ij}$  – średnie obiektowe w doświadczeniach,

$\mu$  – średnia ogólna,

$\alpha_i$  – efekty obiektowe,

$\beta_j$  – efekty doświadczeń,

$(\alpha\beta)_{ij}$  – efekt interakcyjny,

$e_{ij}$  – reszty (błędy).

Jeśli otrzymano istotny efekt interakcyjny, co oznacza że efekty obiektowe są inne w każdym doświadczeniu, wykonywano analizy wariancji dla każdego z doświadczeń oddzielnie, wg modelu:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij}$$

gdzie:

$y_{ij}$  – średnia poletkowa,

$\mu$  – średnia dla doświadczenia,

$\alpha_i$  – efekty obiektowe,

$\beta_j$  – efekty blokowe,

$e_{ij}$  – reszty (błędy).

W przypadku otrzymania istotnego zróżnicowania obiektów łączono je w grupy jednorodne przy zastosowaniu wielokrotnego testu rozstępu Duncana.

**Tabela 1. Sposoby odnowienia i daty jego wykonania**

Table 1. Forest regeneration methods and execution dates

Sposób odnowienia i planowana data wykonania Forest regeneration method and planned execution date	Rzeczywista data wykonania Actual execution date
Siew / Sowing VI 2010	28 czerwca / June 2010
Siew / Sowing VIII 2010	26 sierpnia / August 2010
Sadzenie / Planting VIII 2010	26 sierpnia / August 2010
Siew / Sowing XI 2010	18 stycznia / January 2011
Siew / Sowing IV 2011	31 marca / March 2011
Sadzenie / Planting IV 2011	31 marca / March 2011

### 3. Wyniki

Dla badanych cech analiza wariancji wykazała istnienie istotnych różnic między obiektami oraz istotnej interakcji obiektów z powierzchnią. Oznacza to konieczność analizowania wyników każdego doświadczenia oddzielnie.

Zrobiono tak dla wszystkich cech, pomimo że dla zagęszczenia drzewek nie wykazano istnienia różnic między doświadczeniami ( $p=0,059$ ), ani istnienia interakcji 'obiekty  $\times$  doświadczenia' ( $p=0,243$ ). Średnie obiektowe dla czterech analizowanych cech i obu doświadczeń zestawiono w tabeli 2.

**Tabela 2. Wyniki pomiarów młodników doświadczalnych w nadleśnictwach Złotoryja i Legnica otrzymane w 2017 roku**  
Table 2. Results of measurements for experimental sapling stands in the Złotoryja and Legnica Forest Districts recorded in 2017

Obiekt Object	Wiek drzewek w 2017 [lata] Age of trees in 2017 [years]	Wysokość w 2017 r. Height in 2017 [cm]	Przyrost wysokości w 2016 r. Height increment in 2016 [cm]	Przyrost wysokości w 2017 r. Height increment in 2017 [cm]	Zagęszczenie na ha Density per ha
<b>Powierzchnia w Nadleśnictwie Złotoryja</b> Experimental site in the Złotoryja Forest District					
<b>Siew w czerwcu 2010</b> Sowing in June 2010	8	239,04 b	42,95 a	55,06 ab	4524 bc
<b>Siew w sierpniu 2010</b> Sowing in August 2010	8	221,83 c	41,81 a	53,60 b	3884 c
<b>Sadzenie w sierpniu 2010</b> Planting in August 2010	8	242,51 b	41,72 a	57,16 ab	4738 b
<b>Siew zimowy 2010</b> Sowing in winter 2010	7	201,77 d	29,49 b	44,25 d	5636 a
<b>Sadzenie w kwietniu 2011</b> Planting in April 2011	8	260,75 a	42,90 a	57,44 a	4818 ab
<b>Siew w kwietniu 2011</b> Sowing in April 2011	7	222,88 c	37,18 a	48,05 c	5253 ab
<b>Średnia dla Złotoryji</b> Mean in Złotoryja	-	230,69	38,92	52,22	4809
<b>Powierzchnia w Nadleśnictwie Legnica</b> Experimental site in the Legnica Forest District					
<b>Siew w czerwcu 2010</b> Sowing in June 2010	8	238,16 d	41,05 c	45,58 e	5013 b
<b>Siew w sierpniu 2010</b> Sowing in August 2010	8	236,98 d	42,19 c	46,88 d	4027 c
<b>Sadzenie w sierpniu 2010</b> Planting in August 2010	8	292,38 b	49,62 b	54,76 b	5093 b
<b>Siew zimowy 2010</b> Sowing in winter 2010	7	250,83 c	41,50 c	47,75 c	5440 ab
<b>Sadzenie w kwietniu 2011</b> Planting in April 2011	8	301,54 a	52,23 a	60,17 a	5716 a
<b>Siew w kwietniu 2011</b> Sowing in April 2011	7	224,64 e	38,92 d	43,93 f	5173 ab
<b>Średnia dla Legnicy</b> Mean in Legnica	-	258,93	44,45	50,13	5077

Litery a–f umieszczone obok wartości cech informują o istnieniu istotnych różnic pomiędzy obiektami. Obecność tej samej litery przy dwóch porównywanych średnich informuje o braku istotnej różnicy i zaliczeniu obu średnich do tej samej grupy, ale tylko w rozpatrywanym doświadczeniu.

W Nadleśnictwie Złotoryja największą wysokość osiągnął młodnik z sadzenia kwietniowego w 2011 r. Przyrosty wysokości za lata 2016 i 2017 także należały w tym obiekcie do najwyższych. Na drugim miejscu znalazł się młodnik powstały z sadzenia sierpniowego w poprzednim roku. Przyrosty wysokości w tym obiekcie należą do tej samej grupy co przyrosty w młodniku z sadzenia kwietniowego. Młodnik powstały z siewu czerwcowego w 2010 roku wykazał wzrost bardzo zbliżony do wzrostu młodnika z sadzenia sierpniowego w 2010 roku. Najniższą wysokość i najniższe przyrosty wykazał w Złotoryi młodnik powstały z siewu zimowego. Były one istotnie mniejsze od cech wzrostowych młodnika powstałego z siewu kwietniowego, czyli wykonanego w tradycyjnym terminie. Różne terminy siewu i sadzenia wygenerowały różnice wiekowe pomiędzy drzewkami z siewu zimowego i wiosennego a pozostałymi obiektami, wynoszące 1 rok. Różnica wysokości pomiędzy młodnikiem z sadzenia w kwietniu a młodnikiem z siewu zimowego wynosząca 59 cm może wynikać jedynie z różnicy wieku, gdyż ośmioletnie obiekty wykazywały w wieku 7 lat przyrosty wysokości wynoszące 42–43 cm, a młodnik z siewu zimowego przyrósł w wieku 7 lat (w następnym roku) ponad 44 cm.

W Nadleśnictwie Legnica największą wysokość i największe przyrosty roczne wykazał młodnik z sadzenia kwietniowego i pod względem cech wzrostowych grupowanie obiektów wg testu Duncana nie łączy go z żadnymi innymi obiektami. Największy przyrost uzyskany w 2017 roku sugeruje, że w kolejnych latach różnice mogą się pogłębiać. Drugim z kolei obiektem pod względem wzrostu i przyrostów jest młodnik z sadzenia sierpniowego.

Spośród terminów siewu najkorzystniejszy okazał się siew zimowy, a najmniej korzystny był siew w kwietniu. Drzewka z siewu zimowego były wyższe od drzewek z siewu czerwcowego i sierpniowego, pomimo tego że były młodsze od nich o jeden sezon wegetacyjny. Po porównaniu terminów siewu otrzymano więc w Legnicy wynik odwrotny od wyniku w Złotoryi. Różnice w wysokości drzewek z tradycyjnego kwietniowego terminu siewu z drzewkami z siewu czerwcowego i sierpniowego można wytłumaczyć różnicami wieku.

#### 4. Dyskusja

Odnowienie lasu jest koniecznością w każdym gospodarstwie leśnym i dlatego jego sposoby były rozpatrywane od początków istnienia nowoczesnego leśnictwa, czyli od XVIII wieku. Decyzję o odnowieniu należy podejmować wg Puchalskiego (1972), opierając się na trzech zasadach: 1) wszystkie biologiczno-ekologiczne możliwości odnowienia naturalnego należy wykorzystywać zgodnie z celem odnowienia, 2) należy zrezygnować z odnowienia naturalnego, gdy gleba nie wykazuje sprawności i gdy jakość odnawia-

nego drzewostanu bądź jego otoczenia jest niedostateczna albo gdy są one niewłaściwej proveniencji, 3) przy rezygnacji z odnowienia naturalnego, odnowienie sztuczne należy wykonać niezwłocznie, aby zapobiec degradacji siedliska i stratom na przyroście. Według Jabłońskiego (2015) bieżący roczny przyrost miąższości w polskich lasach wynosi średnio 9,1 m<sup>3</sup>/ha i jego wartość rynkowa stanowi stratę finansową za każdy rok opóźnienia odnowienia.

W literaturze przedmiotu brakuje prac traktujących o porównaniach wzrostu odnowień sosnowych założonych siewem i sadzeniem, wykonanych na podstawie metodycznie założonych eksperymentów. Jest to jeszcze jedna luka w wiedzy. Istniejąca literatura dotyczy odległych regionów geograficznych. Mäkitalo (1999) w eksperymencie przeprowadzonym w północnej Finlandii porównując metody przygotowania gleby i metody zakładania upraw stwierdził w 16-letnim młodniku przewagę wysokościową drzewek rozmnażanych z sadzonek z nagim korzeniem (295 cm) nad drzewkami z sadzonek kontenerowych (261 cm) i drzewkami z siewu na uprawie (186 cm). Wynik ten nie jest zgodny z potocznym przekonaniem o wyższej jakości sadzonek z bryłką. W Nadleśnictwie Oleśnica porównywano wzrost sosen z sadzonek nagokorzeniowych i z sadzonek z bryłką sadzonych w terminach późnoletnich, jesiennych i wiosennych, wykazując, że drzewostany wyrosłe z sadzonek kontenerowych nie mają żadnej przewagi wzrostowej nad drzewostanami z sadzonek nagokorzeniowych, jeśli sadzenie wykonano w okresie sierpień – październik (Barzdajn 2010; Barzdajn, Kowalkowski 2016). W środkowej części europejskiej Rosji, w lasach Moskiewskiego Instytutu Techniczno-Leśnego Merzlenko i Muhamedšin (1987) przeprowadzili porównawczą analizę wzrostu dwóch drzewostanów sosny zwyczajnej w wieku 110 lat założonych w 1874 r. siewem i sadzeniem. W związku z brakiem powtórzeń wyniki nie są pełnowartościowe, jednakże wskazują na intensywniejszy przyrost drzewostanu powstałego z sadzenia aż do wieku 110 lat. Przyrost bieżący drzewostanu powstałego z siewu był po tym okresie wyższy niż drzewostanu z sadzenia. Różnice te autorzy tłumaczą wyłącznie większym zagęszczeniem odnowień powstałych z siewu i wpływem konkurencji między drzewami. W Polsce wykonano szereg porównań upraw i młodników powstałych z siewu i sadzenia, jednak na podstawie obserwacji obiektów gospodarczych, założonych bez celu badawczego. Wyniki takich porównań, w których nie można obliczyć błędu eksperymentalnego (wpływu niekontrolowanych czynników), są niemiarodajne. W badaniach Hawrysia i in. (2004) na pożarysku z 1992 r. w nadleśnictwie Rudy Raciborskie odnowienia sosny wykonane sadzeniem rosły lepiej od odnowień samosiewnych, a w Nadleśnictwie Potrzebowice rosły lepiej od odnowień wykonanych siewem. Obserwacje Okonia (2016) z lasów Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Radomiu (nadleśnictwa: Grójec, Koźnice, Barycz, Włoszczowa, Ruda Maleniecka, Zwoleń i Stąporków) dały wynik podobny – odnowienia wykonane sadzeniem rosły szybciej od odnowień siewem, przynajmniej do wieku młodnika. Wyniki naszego eksperymentu wyraźnie wskazują na

bardziej intensywny wzrost upraw powstałych z sadzenia niż z siewu i są w całkowitej zgodności z danymi literaturowymi. Różnice we wzroście utrzymały się do wieku młodnika i nie wykazują tendencji do zanikania. Wynika z tego, że spodziewane straty we wzroście związane z tzw. szokiem przesadzeniowym nie są uzasadnione.

Dotychczas daty siewu nasion sosny na uprawach nie podejmowano w badaniach. Jedynie w Finlandii w doświadczeniu Chantal i in. (2003) jednym z czynników był termin siewu (wiosenny i letni). Siew letni nie sprzyjał dobremu przeziębieniu siewek sosny i na skutek uszkodzeń mrozowych korzeni w następnym sezonie wegetacyjnym zanotowano zwiększoną śmiertelność.

Niezależnie od daty i od sposobu zakładania upraw doświadczalnych we wszystkich obiektach młodniki wykazały pełną przydatność do dalszej hodowli. Jest to tym bardziej cenne, że zastosowano w doświadczeniach niekonwencjonalne terminy siewu i sadzenia. Nawet siew zimowy nasion sosny, nigdzie do tej pory niestosowany, wykazał swoją przydatność w warunkach, w jakich założono oba doświadczenia. Z praktycznego punktu widzenia pozwala to na zakładanie upraw sosnowych w znacznie dłuższym czasie, co jest ważne w sytuacjach, gdy prace odnowieniowe są rozległe i muszą być wykonane szybko.

## 5. Wnioski

1. Obie metody zakładania upraw sosnowych na siedliskach borowych, siewem i sadzeniem, mogą być skuteczne i pełnowartościowe.

2. Zarówno siew, jak i sadzenie mogą być wykonywane w dotychczas akceptowanym terminie wiosennym, jak i rozciągnięte na lato i na zimę, w przypadku wystąpienia korzystnych warunków atmosferycznych.

3. Lepszy wzrost upraw i młodników powstałych z sadzenia w porównaniu z odnowieniami z siewu na uprawie wymaga głębszego wyjaśnienia.

## Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

## Źródła finansowania badań

Badania sfinansowano ze źródeł własnych Katedry Hodowli lasu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

## Literatura

- Barzdajn W. 2010. Wzrost uprawy sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) założonej przy użyciu sadzonek z bryłką i z nagim korzeniem w różnych terminach sadzenia. *Sylwan* 154(5): 312–322. DOI 10.26202/sylwan.2009059.
- Barzdajn W., Kowalkowski W. 2016. Wpływ pory sadzenia i technologii produkcji sadzonek na wzrost sosny zwyczajnej

- w doświadczeniu w Nadleśnictwie Oleśnica. *Sylwan* 160(2): 127–134. DOI 10.26202/sylwan.2015065.
- Borysiewicz J. 2011. Sosna – odnowienie siewem w praktyce. *Biblioteczka Leśniczego* 332: 1–14.
- Burckhardt H. 1870. Säen und Pflanzen nach forstlicher Praxis. *Handbuch der Holzeziehung*. Carl Rümpler, Hannover, 527 s.
- Chantal M., Leinonen K., Ilvesniemi H., Westman C.J. 2003. Combined effects of site preparation, soil properties, and sowing date on the establishment of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* from seeds. *Canadian Journal of Forest Research* 33(5): 931–945.
- Hawryś Z., Zwoliński J., Kwapis Z., Małecka M. 2004. Rozwój sosny zwyczajnej na terenie pożarysk leśnych z 1992 r. w nadleśnictwach Rudy Raciborskie i Potrzebowice. *Leśne Prace Badawcze* 2: 7–20.
- Jabłoński M. 2015. Zasobność i przyrost drzewostanów na podstawie wyników wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu (WISL), w: Wawrzoniak J. Stan zdrowotny lasów Polski w 2014 roku. Synteza opracowania pt. „Stan uszkodzenia lasów w Polsce w 2014 roku na podstawie badań monitoringowych”, Sękocin Stary, Instytut Badawczy Leśnictwa, 59–61.
- Łukaszewicz J., Gil W. 2007. Historia i terażniejszość zalesiania i odnawiania lasu siewem. *Sylwan* 151(3): 11–22. DOI 10.26202/sylwan.2006013.
- Mäkitalo K. 1999. Effect of Site Preparation and Reforestation Method on Survival and Height Growth of Scots Pine. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14(6): 512–525.
- Merzlenko M. D., Muhamedšin R. K. 1987. Sravnitelnyj analiz drevostoev sosny, sozdannyh posevom i posadkoj v sosniakach-černičnikah svežih. *Lesnoj Žurnal* 6: 21–26.
- Niemiec P. 2003. Metoda Sobańskiego. *Las Polski* 19: 19–21.
- Niemiec P., Sobański S. 2007. Zachęcające efekty metody Sobańskiego. *Las Polski* 13–14: 20–22.
- Niemiec P., Sobański S. 2009. Ekonomiczne aspekty metody Sobańskiego. *Las Polski* 7: 14–15.
- Okoń S. 2016. Wpływ sposobu odnowienia na wzrost i jakość hodowlaną upraw sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na przykładzie wybranych obiektów Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Radomiu. SGGW, Warszawa, diss.
- Pfeil W. 1839. Das forstliche Verhalten der deutschen Waldbäume und ihre Erziehung. Verlag von Veit u. Comb, Berlin, 410 s.
- Pfeil W. 1843. Die Forstwirtschaft nach rein praktischer Ansicht. Ein Handbuch für Privatforstbesitzer, Verwalter und insbesondere für Forstlehrlinge. 3. Aufl. Baumgartner's Buchhandlung, Leipzig, 364 s.
- Puchalski T. 1972. Rębnie w gospodarstwie leśnym. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 258 s.
- Puchniarski T. 2008. Sosna zwyczajna hodowla i ochrona. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 276 s. ISBN 9788309990062.
- Tyszkiewicz S., Obmiński Z. 1963. Hodowla i uprawa lasu. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 812 s.
- Walachowski K. 1985. Odnowienie pożarysk siewem sosny zwyczajnej. *Las Polski* 22: 14–15.

## Wkład autorów

W.B. – koncepcja, założenia metodyczne, opracowania statystyczne, przygotowanie tekstu; W.K. – założenie doświadczeń, organizacja pomiarów, przygotowanie literatury; R.T. – wykonanie pomiarów, zestawienie wyników.