

WŁADYSŁAW BARZDAJN, WOJCIECH KOWALKOWSKI

Wpływ pory sadzenia i technologii produkcji sadzonek na wzrost sosny zwyczajnej w doświadczeniu w Nadleśnictwie Oleśnica

Effect of planting time and seedling production technology on growth of Scots pine in the Oleśnica Forest District experiment

ABSTRACT

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.

The aim of the study was to compare growth and survival of plug and bare-root seedlings planted at different dates. The experiment was established in 2003 in the Oleśnica Forest District (south-western Poland). Seedlings were planted at four dates: the end of August, September and October 2003 and the beginning of April 2004. The two-factorial experiment comprised eight treatments. It was established in the randomized complete block design in five replications. In each plot a total of 390 seedlings were planted. The objects were measured in the years 2004-2008 and 2013. At first height of all trees was measured using a scaled rod. In 2013 diameter at breast height was measured on all trees and height was measured for some randomly selected individuals. The ANOVA was supplemented with Tukey's multiple comparison test. The height and diameter distributions in analysed variants were compared with Kolmogorov-Smirnov test. Treatments were found rather not to vary in terms of their survival rates (fig. 1). No variation was found for mean diameters at breast height (tab. 1). The difference between the treatment with the maximum (August planting, bare-root seedlings) and minimum (April planting, bare-root seedlings) tree height equaled 69 cm. No significant differences were recorded between mean heights of trees planted in August, September and October regarding the planting material type. Variation in basal area results both from survival rates and diameter at breast height. Only spring planting of bare-root seedlings was found significantly different from all other variants (tab. 1). Differences in height between the control and the mean for the experiment increased continuously (fig. 4). Scots pine seedlings may be successfully planted in late summer and autumn. Under relatively advantageous conditions, particularly moisture levels, 1 year old bare-root pine seedlings are not inferior to plug seedlings. Plug seedlings tolerate soil drought conditions better than bare-root seedlings. The effect of stress connected with drought after planting, measured by mean height, rather than disappearing, is continuously increasing with age.

KEY WORDS

Scots pine, seedling production technology, planting time

ADDRESSES

Władysław Barzdajn – e-mail: barzdajn@up.poznan.pl

Wojciech Kowalkowski – e-mail: wojkoyal@up.poznan.pl

Katedra Hodowli Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; ul. Wojska Polskiego 69, 60-625 Poznań

Wstęp

Przy odnowieniu lasu lub zalesianiu istotne są koszty doprowadzenia uprawy do fazy młodnika, długość okresu od założenia uprawy do otrzymania pierwszego plonu drewna oraz dalszy pomyślny wzrost drzew. Na elementy te mają wpływ koszty wyprodukowania materiału sadzeniowego i jego jakość, czyli technologia szkółkarska oraz zapewnienie sadzonkom możliwości pomyślnego wzrostu po posadzeniu. Obserwowane zmiany w szkółkarstwie, tj. rozszerzenie produkcji sadzonek z bryłką w szkółkach kontenerowych, znacznie kosztowniejszych od sadzonek z nagim korzeniem produkowanych w gruncie, wymagają szerszych i wieloaspektowych porównań z zastosowaniem tradycyjnej technologii. Wyniki jednego z nich przedstawia niniejsza praca.

Materiał i metody

Jednoroczne sadzonki sosny zwyczajnej do doświadczenia porównawczego wyprodukowano w 2003 roku, z tej samej partii nasion. Sadzonki z bryłką wyprodukowała szkółka Kostrzyca (Nadleśnictwo Śnieżka), a sadzonki z nagim korzeniem szkółka Nadleśnictwa Oleśnica. Sadzonki wysadzano na uprawie porównawczej sukcesywnie w czterech terminach: koniec sierpnia 2003 roku (S), koniec września 2003 roku (W), koniec października 2003 roku (P) i początek kwietnia 2004 roku (K). Sadzonkom z bryłką nadano symbol 1, sadzonkom z nagim korzeniem symbol 2. Doświadczenie obejmowało więc osiem obiektów i miało charakter dwuczynnikowy. Założono je w układzie bloków kompletnie zrandomizowanych, w pięciu blokach-powtórzeniach. Wielkość poletek wyniosła 390 m², wysadzono na nich po 390 sadzonek. Więcej szczegółów zawierają wcześniejsze prace, oceniające 2- i 5-letnią uprawę [Barzdajn 2006, 2010].

W latach 2004–2008 mierzono wysokość wszystkich drzew przy pomocy wyskalowanej łąty. W 2013 roku pomiar wysokości łątą nie był już możliwy. Zmierzono pierśnice wszystkich drzew. Wysokość mierzono u części losowo wybranych drzew wysokościomierzem zaopatrzonym w dalmierz. Liczba zmierzonych wysokości wystarczała do sporządzenia krzywych wysokości każdego obiektu. Były nimi wykresy tzw. paraboli Näslunda o postaci:

$$h = \left(\frac{d_{1,3}}{a + b \cdot d_{1,3}} \right)^2 + 1,3$$

gdzie:

- h – wysokość [m],
- $d_{1,3}$ – pierśnica [cm],
- a i b – parametry.

Obliczenie dla każdego z ośmiu obiektów parametrów funkcji Näslunda pozwoliło na ustalenie wysokości każdego drzewa na podstawie jego pierśnicy. Z liczby pomiarów pierśnic ustalono przeżywalność na poletkach. Z wartości pierśnic obliczono poletkowe sumy powierzchni przekrojów pierśnicowych.

W obróbce statystycznej wykorzystano analizę wariancji według następującego modelu klasyfikacyjnego:

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

gdzie:

- y_{ijk} – wartość cechy na poletku ijk (i – indeks terminu sadzenia, j – indeks technologii produkcji, k – indeks bloku),
- μ – średnia arytmetyczna dla doświadczenia,
- α_i – efekt (różnica ze średnią arytmetyczną) terminów sadzenia,

- β_j – efekt technologii produkcji,
 γ_k – efekt bloku-powtórzenia,
 $(\alpha\beta)_{ij}$ – efekt interakcyjny,
 e_{ijk} – reszty.

Czynnikowy układ doświadczenia umożliwia analizę działania każdego czynnika i interakcji, co wynika z przytoczonego wyżej modelu. Można porównywać działanie wyłącznie pór sadzenia lub wyłącznie technologii produkcji. Możliwe jest to dzięki zastosowaniu podziału obiektowej sumy kwadratów na pojedyncze kontrasty i testowaniu ich istotności. Dla porównania elementarnych kombinacji doświadczalnych zastosowano test Tukeya. Porównano także struktury wysokościowe i grubościowe, wykorzystując nieparametryczny test jednorodności Kołmogorowa-Smirnowa. Informacje o średnich wysokościach z kilku lat posłużyły do porównania przebiegu wzrostu.

Wyniki

W zakresie przeżywalności otrzymano zróżnicowanie obiektów, lecz wpłynął na nie tylko jeden obiekt z bardzo złym wynikiem (44%) – sadzonki nagokorzeniowe posadzone w kwietniu (tab. 1). Pozostałe daty sadzenia i rodzaje sadzonek, w tym sadzonki z bryłką sadzone w kwietniu, miały bardzo dobrą przeżywalność, wynoszącą 82-92%.

Średnie wartości pierśnic nie wykazały zróżnicowania (tab. 1). Między maksymalną średnią pierśnicą (sadzenie sierpniowe, sadzonki z nagim korzeniem) a minimalną (sadzenie kwietniowe, sadzonki z bryłką) różnica średnich wyniosła 4,5 mm i nie przekroczyła przedziałów ufności. Gdyby nawet była istotna statystycznie, to gospodarczo i tak jest bez znaczenia.

Różnica pomiędzy obiektem z maksymalną wysokością (sadzenie sierpniowe, sadzonki z nagim korzeniem) a obiektem z minimalną wysokością (sadzenie kwietniowe, sadzonki z nagim korzeniem) wyniosła aż 69 cm (tab. 1). Na zróżnicowanie obiektów wpłynęły daty sadzenia, jak i interakcja daty sadzenia z technologią produkcji sadzonek (tab. 2). Dla technologii produkcji poziom istotności nieznacznie przekroczył próg $\alpha=0,05$. Porównując sadzonki z bryłką z sadzonkami nagokorzeniowymi w datach sadzenia, nie otrzymano istotnych różnic średnich wysokości przy sadzeniu sierpniowym, wrześniowym i październikowym. Różnice między typami sadzonek ujawniły się tylko przy sadzeniu kwietniowym i były na korzyść sadzonek z bryłką. Porównując daty sadzenia (bez uwzględnienia technologii produkcji sadzonek), otrzymano różnice wyłącznie pomiędzy terminami późnoletnimi i jesiennymi a terminem wiosennym, za co w całości odpowiada obiekt kontrolny, czyli sadzenie kwietniowe sadzonek nagokorzeniowych.

Tabela 1.

Charakterystyka badanego młodnika w 2013 roku
 Characteristic of the analysed stand in 2013

	Przeżywalność Survival rate [%]	Pierśnica DBH [cm]	Wysokość Height [m]	Powierzchnia przekroju Basal area [m ² /ha]
S1	88,97a	5,92a	5,00ab	26,37a
S2	81,74a	6,08a	5,11a	25,75a
W1	87,23a	5,94a	5,03ab	25,98a
W2	89,74a	5,76a	5,05ab	25,13a
P1	91,54a	5,70a	4,86b	25,00a
P2	81,90a	5,80a	4,96ab	23,53a
K1	91,28a	5,63a	4,94ab	24,45a
K2	44,31b	5,73a	4,42c	12,90b

Obiekty oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie; kody obiektów jak na rycinie 1
 Objects denoted with the same letters do not differ significantly; object codes as in figure 1

Określenie miąższości drzewostanu wymaga ścinania drzew próbnych w celu wyznaczenia liczby kształtu. Aby uniknąć cięć na względnie małych poletkach, miąższość drzewostanu zastąpiono sumą powierzchni przekrojów pierśnicowych, czyli cechą bardzo silnie skorelowaną z miąższością. Zmienność tej cechy wynika z przeżywalności, jak i z wielkości pierśnic. Pod tym względem otrzymano tylko jeden obiekt istotnie i bardzo znacznie różny od pozostałych – sadzenie wiosenne sadzonek nagorcorzeniowych. Pozostałe obiekty stanowią grupę jednorodną (tab. 1). Odpowiada więc on zarówno za istotne zróżnicowanie dat sadzenia, jak i technologii produkcji sadzonek (tab. 2).

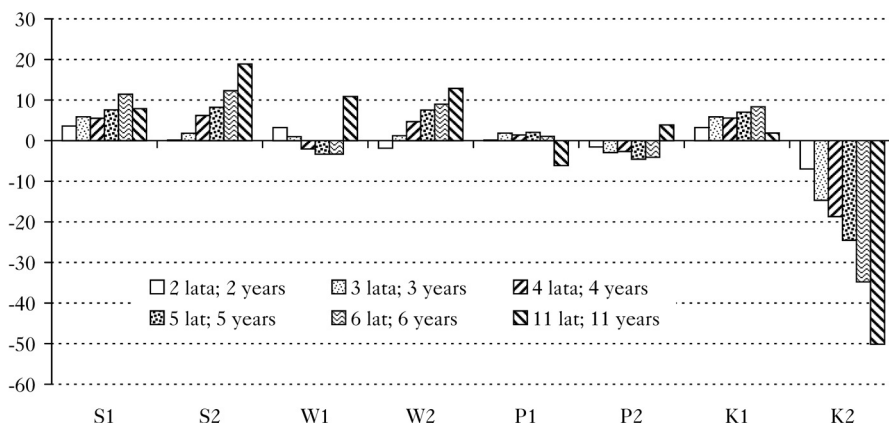
W pomiarach wykonanych w latach 2004-2008 mierzono wyłącznie wysokość, więc porównania z całego okresu badań mogą dotyczyć tylko wysokości i przeżywalności (ryc. 1). Najbardziej istotne jest ciągle, nadal trwające pogłębianie się różnic wysokości pomiędzy obiektem kontrolnym a średnią dla doświadczenia. W obiekcie kontrolnym sadzonki od początku były najniższe. Różnice ze średnią doświadczalną wciąż pogłębiają się i w 2013 roku osiągnęły ponad 50 cm. W pozostałych obiektach różnice utrzymują się, zanikają lub rosną, lecz dzieje się to w zakresie od

Tabela 2.

Poziomy istotności różnic między obiektami, datami sadzenia, technologią produkcji sadzonek i interakcji pomiędzy tymi czynnikami w 2013 roku

Significance levels for differences between treatments, dates of planting, different seedling types and interactions between these factors in the year 2013

	Przeżywalność Survival rate	Pierśnica DBH	Wysokość Height	Powierzchnia przekroju Basal area
Obiekty Objects	0,0000	0,0725	0,0000	0,0000
Data sadzenia Date of planting	0,0003	0,0034	0,0000	0,0000
Technologia Technology	0,0000	0,5627	0,0518	0,0006
Interakcja Interaction	0,0000	0,4344	0,0000	0,0005



Ryc. 1.

Efekty wysokościowe [cm] poszczególnych obiektów w latach badań

Height effects [cm] of individual treatments in the years of the study

terminy sadzenia: S – sierpień, W – wrzesień, P – październik, K – kwiecień; 1 – z bryłką 2 – z nagim korzeniem
planting in: S – August, W – September, P – October, K – April; 1 – plugs, 2 – bare-root seedlings

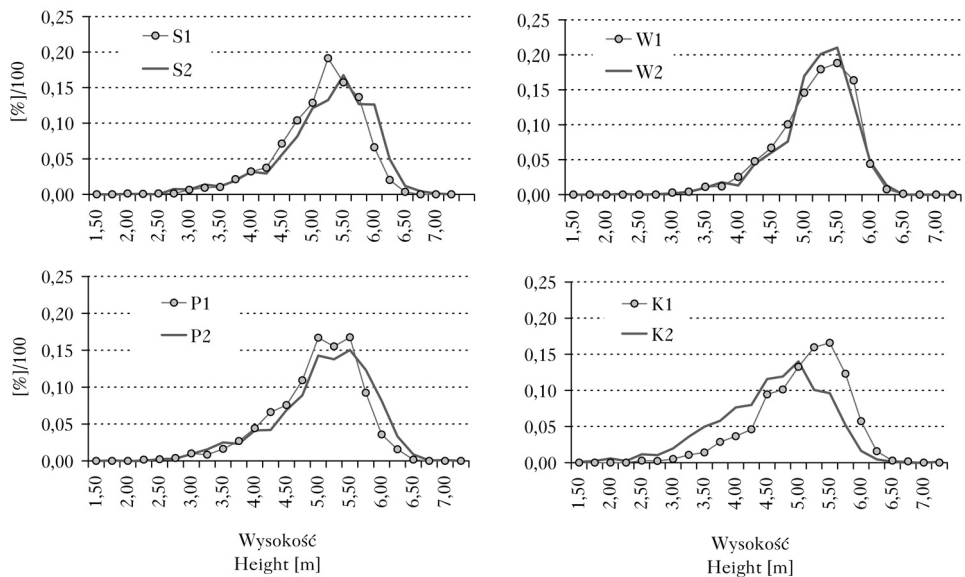
–6,13 do 18,88 cm. Obiektami, które konsekwentnie poprawiają swój wzrost, są drzewa wyrosłe z sadzonek z nagim korzeniem sadzonych w sierpniu (S2) i we wrześniu (W2).

Uzupełniające porównania pomiędzy sadzonkami różnych typów przedstawiają struktury pierśnicowe i wysokościowe. Przy sierpniowym terminie sadzenia otrzymano w 10-letnim młodniku korzystniejsze struktury wysokościowe i pierśnicowe u sadzonek z nagim korzeniem (ryc. 2 i 3). W wypadku sadzenia wrześniowego nie otrzymano zróżnicowania struktur wysokościowych, ale struktura pierśnicowa u drzew posadzonych z bryłką była korzystniejsza niż u drzew wyrosłych z sadzonek nagokorzeniowych (ryc. 2 i 3). U drzew sadzonych w październiku korzystniejsze struktury wykazały drzewa z sadzonek z nagim korzeniem (ryc. 2 i 3). We wszystkich przypadkach zaobserwowane różnice rozkładów, choć wykazane przez test statystyczny, były niewielkie i bez znaczenia praktycznego. W wypadku tradycyjnego terminu sadzenia w kwietniu rozkład wysokości był zdecydowanie korzystniejszy u drzew posadzonych z bryłką (ryc. 2), natomiast rozkład pierśnic był nieco korzystniejszy u drzew posadzonych z nagim korzeniem (ryc. 3).

Krzywe wzrostu wysokości do wieku 10 lat dla sadzenia w sierpniu, wrześniu i październiku są w zasadzie jednakowe dla drzewek wyrosłych z sadzonek z bryłką i z nagim korzeniem (ryc. 4). Jedynie w sadzeniu kwietniowym krzywa wzrostu dla sadzonek z bryłką przebiega powyżej krzywej wzrostu dla sadzonek z nagim korzeniem. Otrzymano więc wynik identyczny jak w wypadku efektów głównych dla wysokości (ryc. 1).

Dyskusja

Wyniki doświadczenia otrzymane w 2013 roku nie różnią się od ocen wykonanych w latach 2006 i 2009. Późnoletnie i jesienne sadzenie jednolatek sosnowych jest dziś częściej akceptowane niż w niedawnej nawet przeszłości. Jeszcze Sokołowski [1921], Ring [1954] oraz Włoczewski i Ilmurzyński [1957] uznawali, że sosnę należy sadzić jedynie wiosną. W opisywanym doświadczeniu

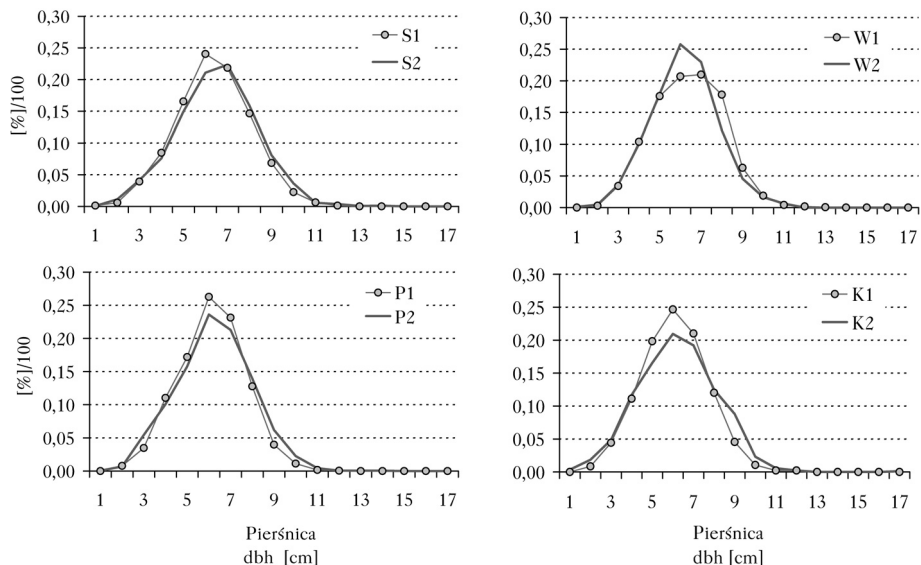


Ryc. 2.

Struktura wysokości drzew w poszczególnych obiektach

Tree height structure in analysed objects

objaśnienia jak na rycinie 1, λ Kolmogorowa-Smirnowa nieistotna tylko dla sadzenia wrześniowego denotes as in figure 1, Kolmogorov-Smirnov λ insignificant only for September planting

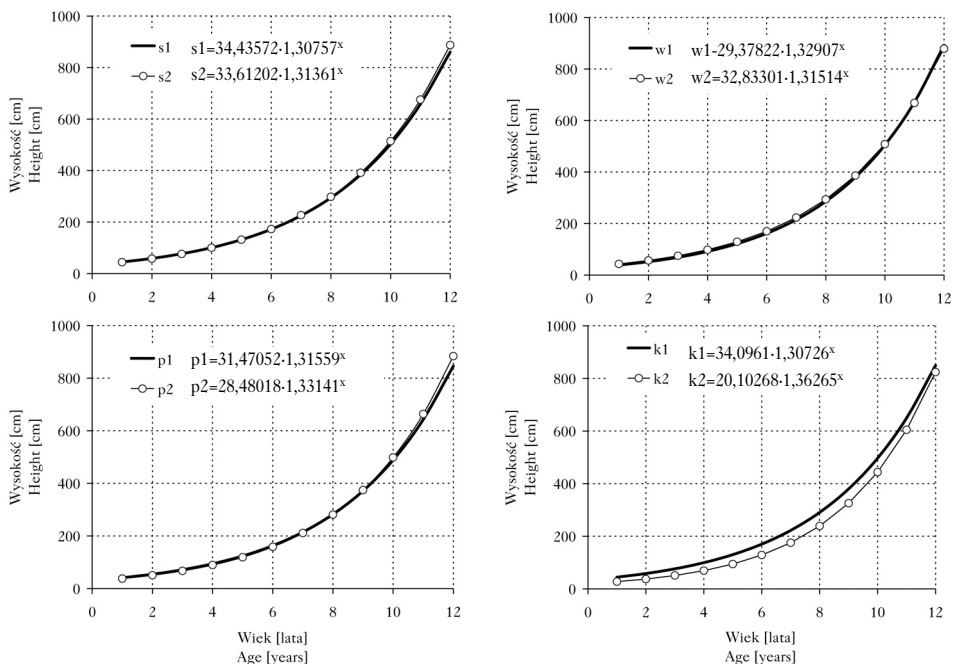


Ryc. 3.

Struktura pierśnic drzew w poszczególnych obiektach

Tree breast height diameter structure in analysed objects

objaśnienia jak na rycinie 1, λ Kolmogorowa-Smirnowa istotna dla wszystkich przypadków
 denotes as in figure 1, Kolmogorov-Smirnov λ significant for all cases



Ryc. 4.

Krzywe wzrostu drzew w analizowanych obiektach

Growth curves for trees in analysed objects

objaśnienia jak na rycinie 1, denotes as in figure 1

nagokorzeniowe sadzonki posadzone przed zimą (od sierpnia do października) dały wynik w zasadzie taki sam jak sadzonki z bryłką i znacznie lepszy od sadzonek posadzonych w kwietniu. Nie jest to ostateczny dowód na wyższość sadzenia sosny przed zimą nad sadzeniem wiosennym. Na wynik ten wpłynęła głęboka susza wiosenna tuż po posadzeniu w kwietniu, którą bez szkody zniosły drzewka z nagim korzeniem posadzone jesienią i drzewka posadzone z bryłką (niezależnie od terminu sadzenia). Zachęca on jednak do dalszych prób, gdyż sadzenie jesienne rozwiązuje wiele problemów szkółkarstwa i zakładania upraw.

Wynik porównania sadzonek z bryłką z sadzonkami nagokorzeniowymi wykonanego w 2013 roku także jest zgodny z wcześniej wykonanymi ocenami. Uprawy i młodniki z sadzenia w sierpniu, wrześniu i październiku 2003 roku sadzonek z bryłką i z nagim korzeniem rozwijały się bardzo podobnie, więc wykazanie różnic między dwoma typami sadzonek jest trudne, a jeśli nawet udaje się, to stwierdzone różnice nie mają znaczenia praktycznego. Jak już wspomniano, krzywe wzrostu są prawie identyczne (ryc. 4). Inaczej stało się przy sadzeniu w tradycyjnym terminie kwietniowym, w którym jedynie sadzonki z bryłką dały uprawę i młodnik normalnie rozwijający się, natomiast sadzonki z nagim korzeniem zawiadły. Ten efekt może być przypadkowy, wynikający z głębokiej suszy glebowej i atmosferycznej, która nastąpiła po posadzeniu [Barzdajn 2006]. Takie trudne warunki lepiej zniosły sadzonki z bryłką, a spośród sadzonek posadzonych z nagim korzeniem przepadła ponad połowa. Zahamowanie wzrostu dotyczy jedynie wysokości. Łatwo można to uzasadnić nadzwyczaj niskim zagęszczeniem drzew młodnika z sadzenia w kwietniu sadzonek z nagim korzeniem. Obserwowane później różnice między obiektami w znacznym stopniu wynikały z tej niezadowalającej udatności. Potwierdza to przekonanie wielu autorów, że sadzonki z bryłką lepiej znoszą trudne warunki wzrostu po posadzeniu niż sadzonki nagokorzeniowe [Lipták 1970; Alm 1983; Kerr 1994; Banach 1999; Szabla 2004].

Sadzonkom z bryłką przypisywane są rozmaite zalety, z których najbardziej istotne to duża udatność uprawy w trudnych warunkach ekologicznych, nieznaczny w porównaniu z sadzonkami nagokorzeniowymi szok przesadzeniowy [Skoupý 1965; Alm 1983], skrócone cykle produkcyjne, całkowita niezależność produkcji szkółkarskiej od warunków glebowych i w znacznej części od warunków klimatycznych. Technologia ta pomaga także przezwyciężyć skutki różnic w trwaniu sezonu wegetacyjnego między szkółką a uprawą (co jest szczególnie ważne w górach) oraz pozwala na sadzenie w dłuższym okresie. Samo sadzenie jest też bardziej wydajne, a zakładanie upraw nie wymaga przygotowania gleby ani nawet uprzątnięcia zrębów.

Podstawowe wady sadzonek z bryłką są dwojakiej natury. Pierwsza to możliwość trwałych zniekształceń systemów korzeniowych. Może to być przyczyną powstawania niestabilnych upraw, młodników, a nawet starszych drzewostanów. Zniekształcenia te są ograniczane przez technologię produkcji i przez konstrukcję pojemników szkółkarskich, lecz nie ma pewności, czy te działania w pełni eliminują to groźne zjawisko. Druga z wad to wysokie koszty produkcji, o rząd wielkości wyższe niż przy produkcji sadzonek z nagim korzeniem. Postęp w produkcji sadzonek z bryłką powinien iść w wielu kierunkach, ale najważniejsze z nich to zmniejszenie kosztów oraz całkowite i pewne wyeliminowanie zjawiska deformacji korzeni.

Nowym aspektem doświadczenia, który zaobserwowano w 2013 roku, a którego nie można było w pełni uwzględnić w wynikach z poprzednich lat, jest długość okresu utrzymywania się początkowych różnic we wzroście. Wynikły one prawdopodobnie z wrażliwości sadzonek nagokorzeniowych na suszę po posadzeniu [Barzdajn 2006]. Początkowe różnice nie zmniejszają się, lecz stale rosną. Prawdopodobnie zbliżony jest wpływ wszystkich stresorów. Dla praktyki oznacza to, że uprawy leśne powinny być zakładane niezwykle starannie, bez jakichkolwiek błędów i zaniedbań, przy zastosowaniu w pełni żywotnego i zdrowego materiału sadzeniowego, gdyż nie można liczyć na to, że wpływ stresorów kiedykolwiek ustanie.

Wnioski

- ✦ Sadzonki sosny zwyczajnej mogą być z powodzeniem sadzone w terminach późnoletnich i jesiennych.
- ✦ We względnie korzystnych warunkach, zwłaszcza wilgotnościowych, roczne sadzonki sosny z nagim korzeniem nie są gorszym materiałem sadzeniowym od sadzonek z bryłką.
- ✦ Wpływ stresu związanego z suszą po posadzeniu, mierzonego średnią wysokością, nie tylko nie zanika z wiekiem, lecz stale rośnie.

Literatura

- Alm A. A. 1983. Black and white spruce planting in Minnesota: container vs. bareroot and fall vs. spring planting. *Forest Chronicle* 59: 189-191.
- Banach J. 1999. Zastosowanie metod produkcji materiału szkółkarskiego z zakrytym systemem korzeniowym w warunkach górskich. *Sylvan* 143 (1): 61-75.
- Barzdajn W. 2006. Wpływ technologii produkcji i pory sadzenia jednolatek sosnowych (*Pinus sylvestris* L.) na udatność i początkowy wzrost uprawy. *Sylvan* 150 (8): 38-51.
- Barzdajn W. 2010. Wzrost uprawy sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) założonej przy użyciu sadzonek z bryłką i z nagim korzeniem w różnych terminach sadzenia. *Sylvan* 154 (5): 312-322.
- Kerr G. 1994. A Comparison of Cell Grown and Bare-rooted Oak and beech Seedlings One Season after Outplanting. *Forestry* 67 (4): 297-311.
- Lipták J. 1970. Používanie korenáčových sadenic pri zalesňovaní spustnutých pôd. V jubilejná vedecká konferencia VULH vo Zvolene. 219-225.
- Ring K. 1954. Zalesienia w karpackich terenach górskich. PWRiL, Warszawa.
- Skoupý J. 1965. Pěstování baličkováných sazenic v rašelinoocelulózových kelimcích (Jiffy Pots). *Sborník Vědeckého Lesnického Ústavu Vysoké Školy Zemědělské v Praze* 8: 291- 322.
- Sokołowski S. 1921. Hodowla lasu. Księgarnia Polska Bernarda Połonieckiego, Lwów i Warszawa.
- Szabla K. 2004. Ekonomiczne uwarunkowania produkcji sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w szkółkach kontenerowych. Materiały seminarium szkółkarskiego „Możności použítí sadebního materiálu z intenzívních školkařských technologií pro obnovu lesa”, Opočno. 3-4.
- Włoczewski T., Ilmurzyński E. 1957. Hodowla lasu. PWRiL, Warszawa.