

Wpływ podłoża na wzrost jednoletnich i dwuletnich sadzonek jodły pospolitej i buka zwyczajnego produkowanych w kontenerach styropianowych

Substrate influences the height of one- and two-year-old seedlings of silver fir and European beech growing in polystyrene containers

Jacek Banach[✉], Kinga Skrzyszewska, Łukasz Świeboda

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Leśny, Katedra Genetyki, Nasiennictwa i Szkółkarstwa Leśnego, Al. 29 Listopada 46, 31–425 Kraków,

✉ Tel: +48 12 66251259, Fax +48 12 6625128; e-mail: rlbanach@cyf-kr.edu.pl

Abstract. The effectiveness of different peat-based substrates was compared for the propagation of two mountain tree species (silver fir and European beech). The experiment was set up in spring of 2006, and seedlings were grown in polystyrene multipots for 2 years. Four types of substrate were applied: (1) newly prepared 1:1 peat-sawdust mixture; (2) a peat-sawdust mixture which had already been used for five production periods; (3) a peat substrate produced in the ‘Nędza’ container nursery (Rudy Raciborskie Forest District), consisting of peat and perlite; (4) a peat substrate, as described for (3), with added mycorrhizal fungus *Hebeloma crustuliniforme*. After sowing, polystyrene multi-pots were placed in a transparent tent.

During the autumns of 2006 and 2007, for both species and each substrate type, 25 seedlings were randomly selected for measurement of their above-ground height, root length, root collar diameter, above- and below-ground fresh weight.

Growth of one-year old and two-year-old seedlings of both species differed depending on their substrate. The application of a mycorrhizal inoculum positively affected seedling establishment, since the best height growth and largest seedlings of both species were grown on substrate (4). The growth of one-year-old fir seedlings in the ‘old’ peat and sawdust mixture (2) was similar to those seedlings on the turf substrate (3). Root:shoot allocation differed among the substrates. In fir root:shoot allocation was approximately equivalent at 1:0.9, whereas for beech it was 1:2 in one-year-old seedlings and 1:1.5 in two-year-old seedlings.

Key words: substrate, peat, sawdust, seedling quality, container seedling, *Hebeloma crustuliniforme*

1. Wstęp i cel pracy

Wraz z rozwojem produkcji roślinnej w warunkach kontrolowanych wzrosło zapotrzebowanie na podłoża o ściśle określonych właściwościach, dostosowanych do potrzeb hodowlanych sadzonek. Nawet najbardziej żyzna gleba mineralna nie nadaje się jako podłoże szkółkarskie w przypadku uprawy pojemnikowej. Spowodowane jest to odmiennym układem czynników kształtujących

warunki wzrostu systemu korzeniowego sadzonki (Strojny 2003).

Początki hodowli sadzonek w pojemnikach sięgają XIX w. i dotyczą głównie produkcji w ogrodnictwie. Najpierw doniczki wypełniano glebą mineralną z dodatkiem kompostu, a następnie jako podłoża produkcyjnego zaczęto używać substratów, składających się z różnych komponentów, takich jak torf, ściółka, rozdrobniona kora i szyszki, a także trociny drzew iglastych.

Obecnie głównym składnikiem podłoża w kontenerowej produkcji szkółkarskiej jest torf wysoki (sfagnowy) oraz składniki poprawiające właściwości wodno-powietrzne, przede wszystkim perlit i wermikulit.

Podłoża szkółkarskie będące mieszanką różnych składników muszą charakteryzować się jednorodnością gotowego produktu. Dotyczy to również równomiernego rozprowadzenia nawozów. Wynikiem nieodpowiedniego wymieszania składników może być zróżnicowana jakość wyhodowanych sadzonek z tej samej partii nasion (Górka 2003).

Zainteresowanie kontenerową technologią produkcji sadzonek drzew leśnych wynika ze zwiększonej powierzchni odnowień i zalesień prowadzonych w trudnych warunkach glebowych i klimatycznych, np. uprawy popożarzystkowe, powierzchnie po klęskach ekologicznych, wyrobiska pokopalniane (Szabla, Pabian 2003; Khasa et al. 2005). Sadzonki z zakrytym systemem korzeniowym można sadzić przez cały sezon wegetacyjny. Wyniki doświadczeń skandynawskich wskazują na dobry efekt hodowlany kontenerowego materiału odnowieniowego świerka sadzonego nawet w czerwcu i lipcu (Helenius et al. 2002, 2005). W warunkach polskich Barzdajn (2010) otrzymał podobny rezultat w przypadku sosny zwyczajnej, dla której optymalny okazał się sierpniowy termin sadzenia.

Jednym z ośrodków, w którym prowadzone są badania nad zastosowaniem nowych rozwiązań w zakresie produkcji sadzonek w zakrytym systemem korzeniowym, jest Stacja Dydaktyczno-Badawcza Katedry Genetyki, Nasiennictwa i Szkółkarstwa Leśnego w Krynicy-Kopciowej (KGNiSzL, Wydział Leśny UR w Krakowie). Od lat siedemdziesiątych ubiegłego stulecia prowadzone są tam badania nad zastosowaniem różnych podłoży oraz pojemników do produkcji szkółkarskiej. Ich rezultatem było wprowadzenie do praktyki szkółkarskiej podłoża trocinowo-torfowego, stosowanego również w Lasach Państwowych do produkcji sadzonek w kontrolowanych warunkach zewnętrznych (Bałut et al. 1987, 1988).

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące porównania wpływu różnych podłoży na wzrost sadzonek dwóch głównych, górskich gatunków lasotwórczych, tj. jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) i buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.). Zastosowano podłoża trocinowo-torfowe w dwóch wariantach różniących się długością jego użytkowania oraz podłoża torfowe z domieszką perlitu, produkowane w szkółce „Nędza” w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie, czyste oraz wzbogacone preparatem mikoryzowym, zawierającym grzybnię *Hebeloma crustuliniforme*. W badaniach oceniono wpływ zastosowanego podłoża na parametry wzrostowe jednoletnich i dwuletnich sadzonek jodły i buka.

2. Materiał i metody

Doświadczenie założono w szkółce doświadczalnej Katedry GNiSzL, zlokalizowanej w Krynicy-Kopciowej. Badania rozpoczęto wiosną 2006 r. i kontynuowano do jesieni 2007 r. Do styropianowych kaset szkółkarskich wysiano stratyfikowane nasiona zebrane jesienią 2005 r., a pochodzące z wyłączonych drzewostanów nasiennych rosnących w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym (LZD) Krynica, leśnictwie Powroźnik, oddz. 114c (jodła) oraz w Nadleśnictwie Bielsko, leśnictwie Jaworze, oddz. 187a (buk). Obsiane kasety umieszczono w namiocie foliowym. Do hodowli kontenerowej sadzonek jodły i buka zastosowano cztery warianty podłoża produkcyjnego:

- TTf-0 – substrat trocinowo-torfowy, wymieszany w stosunku 1:1, nowo przygotowany,
- TTf-5 – substrat trocinowo-torfowy, wymieszany w stosunku 1:1, użytkowany przez pięć okresów produkcyjnych (dwa lata pod produkcję buka, trzy – jodły),
- Tf – podłoże o składzie torf + perlit, produkowane w szkółce „Nędza” w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie,
- Tf+Hc – podłoże o składzie torf + perlit (jak wyżej), wzbogacone biopreparatem z grzybem *Hebeloma crustuliniforme*.

Każdym wariantem podłoża napełniono osiemnaście kaset styropianowych, które losowo rozdzielono na trzy powtórzenia. Wszystkie podłoża startowo wzbogacono nawozem Azofoska w dawce $2 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$. W trakcie sezonu wegetacyjnego nie zastosowano dodatkowego nawożenia dolistnego.

Hodowla materiału sadzeniowego odbywała się w pojemnikach styropianowych, produkowanych przez firmę „Marbet” z Bielska-Białej. Zastosowano kasety szkółkarską o wymiarach $650 \times 315 \times 180 \text{ mm}$. W kasecie znajdowały się 53 stożkowe cele (doniczki), każda o pojemności 285 cm^3 . Pojedyncza doniczka wyposażona była w 4 podłużne pionowe wypusty (tzw. żebra), przeciwdziałające zawijaniu się korzeni po obwodzie ścianki. Kaseta wykonana była z polistyrenu spianego (styropianu), o gęstości $38 \text{ g} \times \text{dm}^{-3}$.

Zastosowano biopreparat mikoryzowy z żywą, wegetatywną grzybnią *Hebeloma crustuliniforme* – włośnianki rosistej, wyprodukowany w szkółce kontenerowej w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie. Szczepionkę mikoryzową zmieszano z podłożem w ilości 2,5% jego objętości (Kowalski 2008) tuż przed napełnieniem wielodoniczek i wysiewem nasion. Sadzonki w okresie wegetacji umieszczone były w namiocie foliowym przez okres ok. 10 tygodni, tj. do połowy lipca.

Jesienią 2006 i 2007 r. z każdego wariantu podłoża i powtórzenia oraz oddzielnie dla obydwu gatunków pobrano losowo po 25 sadzonek do analiz laboratoryjnych. Pomierzono wysokość części nadziemnej sadzonek oraz

długość systemu korzeniowego (z dokładnością do 1 mm), a także grubość w szyjce korzeniowej (z dokładnością do 0,01 mm). System korzeniowy sadzonek dokładnie oczyszczono pod bieżącą wodą z resztek substratu. Po upływie 24 godzin określono świeżą masę części nadziemnej i korzeni, a następnie, po miesiącu suszenia w temperaturze pokojowej (22–24°C), ich masę powietrznie suchą. Ważono pojedyncze sadzonki z dokładnością do 0,001 g, przy użyciu wagi elektronicznej. Ze względu na zbyt długi okres, który upłynął od pobrania materiału zrezygnowano z analizy świeżej masy dwuletnich sadzonek.

Dla każdego wariantu podłoża określono wartości średnie badanych cech sadzonek, tj. wysokości części nadziemnej (WCN), długości systemu korzeniowego (DSK), średnicy w szyi korzeniowej (GSK), masy części nadziemnej pojedynczej sadzonki (MCN), obejmującej pęd z aparatem asymilacyjnym, masy systemu korzeniowego (MSK) oraz masy całej sadzonki (MCS).

Ocenę przeprowadzono osobno dla każdego gatunku i wieku oraz rodzaju zastosowanego podłoża. Dane pomiarowe poddano dwuczynnikowej analizie wariancyjnej z interakcją oraz wyznaczono grupy jednorodne za pomocą testu NIR (najmniejszej istotnej różnicy). W tabelach wynikowych przy oznaczaniu grup jednorodnych zastosowano oznaczenia literowe, tzn. wartości średnie należące do danej grupy jednorodnej zostały oznaczone taką samą literą. Prace obliczeniowe wykonano w programie STATISTICA 9.0 zgodnie z procedurą „Ogólne modele liniowe”, przyjmując za poziom istotności wartość $p \leq 0,01$.

Na podstawie parametrów wzrostowych sadzonek (wysokość, grubość w szyi korzeniowej i długość korzeni szkieletowych) określono klasy jakości (I, II i pozaklasowe) materiału szkółkarskiego jodły i buka zgodnie z wymaganiami zawartymi w Polskiej Normie PN-R-67025. W przypadku gdy wartość przynajmniej jednej ocenianej cechy nie spełniała wymogów klasy I, wtedy sadzonkę kwalifikowano do klasy II lub pozaklasowych. Następnie obliczono udział procentowy sadzonek w klasach jakości. Norma nie przewiduje oceny jakościowej sortymentu Bk 2/0k, dlatego do celów porównawczych przyjęto powiększone o 20% wartości graniczne klas sortymentu Bk 2/0.

3. Wyniki

Wpływ podłoża na parametry sadzonek

W tabeli 1 zestawiono wyniki ocenianych cech wzrostowych i parametrów wagowych jednoletniego i dwuletniego materiału szkółkarskiego produkowanego w pojemnikach styropianowych.

Jodła (1/0k). Ocena cech wzrostowych jednoletniej jodły wykazała najwyższą wysokość części nadziemnej (WCN) równą 5,5 cm u sadzonek hodowanych na podłożu torfowym z mikoryzą. Pod względem długości systemu korzeniowego (DSK) oraz grubości w szyi korzeniowej (GSK) dominowały natomiast sadzonki z podłoża trocinowo-torfowego po 5 okresach użytkowych – Ttf-5, osiągając odpowiednio 18,4 cm oraz 1,77 mm. Jednoroczne sadzonki jodły hodowane na nowym podłożu torfowym Ttf-0 uzyskały najsłabsze wartości wszystkich ocenianych cech wzrostowych (tab. 1).

Pod względem parametrów wagowych wyróżniały się jodły hodowane na podłożu torfowym z dodatkiem grzyba *Hebeloma crustuliniforme*, uzyskując najwyższe wartości suchej masy dla części nadziemnej (0,252 g), systemu korzeniowego (0,252 g) oraz dla całej sadzonki (0,504 g). Najmniejszą masę miały jodły hodowane na nowym substracie trocinowo-torfowym (MCN=0,184 g, MSK=0,164 g, MCS=0,348 g). Taką samą tendencję stwierdzono dla świeżej masy. Największe wartości świeżej masy cech wzrostowych stwierdzono na podłożu Tf+Hc, natomiast najmniejsze na nowym trocinowo-torfowym. Wartości świeżej masy jednoletnich sadzonek jodły ze starego podłoża trocinowo-torfowego (Ttf-5) oraz podłoża torfowego (Tf) cechowały się porównywalnymi wartościami (tab. 1).

Jodła (2/0k). Dwulatka jodły z podłoża mikoryzowanego grzybem *H. crustuliniforme* utrzymała przewagę wartości cech wzrostowych nad parametrami sadzonek wyhodowanymi na pozostałych wariantach (WCN=13,4 cm i GSK=3,85 mm). Jedynie pod względem długości systemu korzeniowego (DSK) niewiele ustępowały sadzonom pochodzącym z podłoża torfowego (30,6 cm). Podobnie, jak w przypadku jednoletek, najniższe wartości cech osiągnęły sadzonki z nowego podłoża trocinowo-torfowego (WCN=9,7 cm, DSK=27,5 cm, GSK=3,13 mm) (tab. 1).

Najmniejszą średnią wartością suchej masy dwuletniej jodły charakteryzowały się sadzonki wzrastające na nowym podłożu trocinowo-torfowym (1,331 g). Wyraźnie najcięższe natomiast były sadzonki z torfu z dodatkiem grzyba mikoryzowego (2,351 g). Sucha masa dwuletnich kontenerowych sadzonek jodły z podłoża Ttf-5 była mniejsza niż z podłoża torfowego (Tf) (tab. 1).

Buk (1/0k). Najwyższą wartość cech wzrostowych (WCN i GSK) uzyskały sadzonki z podłoża torfowego wzbogaconego grzybem mikoryzowym (odpowiednio 19,2 cm i 5,5 mm), najmniejszą natomiast wyhodowane na nowym podłożu trocinowo-torfowym (16,4 cm i 4,54 mm). W ocenie długości systemu korzeniowego dominowały sadzonki z podłoża Ttf-0 (20,7 cm). Najkrótsze korzenie natomiast wykształciły buki produkowane na podłożu torfowym (18,0 cm).

Tabela 1. Wartości cech wzrostowych i parametry wagowe sadzonek jodły i buka produkowanych w kontenerach wraz z określeniem grup jednorodnych (test NIR, $p=0,05$)Table 1. Growth and weight parameters of fir and beech seedlings produced in foam container with identification of homogeneous groups (NIR test, $p=0,05$)

Wariant podłoża Substratum variant	Sortyment Assortment	Cechy wzrostowe Growth parameters			Parametry wagowe Weight parameters					
		WCN	DSK	GSK	powietrznie sucha masa air dry mass			świeża masa fresh mass		
					MCN	MSK	MCS	MCN	MSK	MCS
		cm	cm	mm	g	g	g	g	g	g
Jodla / Fir										
TTF-0	1/0k	4,8 ^a	17,7 ^a	1,45 ^a	0,184 ^a	0,164 ^a	0,348 ^a	0,192 ^a	0,172 ^a	0,364 ^a
TTF-5		5,2 ^b	18,4 ^a	1,77 ^b	0,247 ^b	0,239 ^b	0,486 ^b	0,261 ^b	0,258 ^b	0,519 ^b
Tf		5,4 ^{bc}	18,0 ^a	1,77 ^b	0,244 ^b	0,235 ^b	0,478 ^b	0,256 ^b	0,251 ^b	0,507 ^b
Tf+Hc		5,5 ^c	18,3 ^a	1,76 ^b	0,252 ^b	0,252 ^b	0,504 ^b	0,266 ^b	0,262 ^b	0,527 ^b
TTF-0	2/0k	9,7 ^a	27,5 ^a	3,13 ^a	0,701 ^a	0,630 ^a	1,331 ^a	nie mierzone / not measured		
TTF-5		11,8 ^b	30,3 ^b	3,52 ^b	0,994 ^b	0,886 ^b	1,889 ^b			
Tf		12,1 ^b	30,6 ^b	3,63 ^b	1,065 ^b	0,885 ^b	1,951 ^b			
Tf+Hc		13,4 ^c	29,5 ^{ab}	3,85 ^c	1,261 ^c	1,090 ^c	2,351 ^c			
Buk / Beech										
TTF-0	1/0k	16,4 ^a	20,7 ^a	4,54 ^a	0,712 ^a	2,126 ^a	2,838 ^a	1,028 ^a	2,997 ^a	4,025 ^a
TTF-5		17,5 ^b	18,6 ^b	5,06 ^b	0,950 ^b	1,847 ^b	2,797 ^a	1,427 ^b	2,680 ^a	4,107 ^a
Tf		18,4 ^c	18,0 ^b	5,37 ^c	1,140 ^c	2,151 ^a	3,291 ^b	1,719 ^c	3,394 ^b	5,173 ^b
Tf+Hc		19,2 ^d	18,1 ^b	5,55 ^c	1,215 ^c	2,317 ^a	3,531 ^b	1,860 ^d	3,650 ^b	5,510 ^b
TTF-0	2/0k	24,5 ^{ab}	22,3 ^a	5,35 ^a	2,670 ^a	4,320 ^a	6,990 ^a	nie mierzone / not measured		
TTF-5		23,1 ^a	22,1 ^a	5,98 ^b	2,771 ^a	4,214 ^a	6,985 ^a			
Tf		25,4 ^b	20,4 ^b	6,24 ^{bc}	3,269 ^a	4,402 ^a	7,671 ^a			
Tf+Hc		27,6 ^c	21,8 ^a	6,56 ^c	4,096 ^b	5,243 ^b	9,340 ^b			

Objaśnienia do symboli: WCN – wysokość części nadziemnej, DSK – długość systemu korzeniowego, GSK – średnica w szyi korzeniowej, MCN – masa części nadziemnej, MSK – masa systemu korzeniowego, MCS – masa całej sadzonki; warianty podłoża: TTF-0 – nowe podłoże trocinowo-torfowe; TTF-5 – pięcioletnie podłoże trocinowo-torfowe; Tf – torf z perlitem; Tf+Hc – torf z vermikulitem i *Hebeloma crustuliniforme*; a, b, c, d – grupy jednorodne

Explanation of symbols: WCN – height of the aboveground part, DSK – length of the root system, GSK – root collar diameter, MCN – weight of the aboveground part, MSK – weight of the root system, MCS – mass of the entire seedling; ground variants: TTF-0 – new sawdust-peat substrate, TTF-5 – five-year-old sawdust-peat substrate, Tf – peat with perlite, Tf+Hc – peat with vermiculite and *Hebeloma crustuliniforme*, a, b, c, d – homogeneous groups

Największą suchą i świeżą masą badanych cech charakteryzowały się sadzonki z podłoża z dodatkiem grzyba mikoryzowego. Z kolei najmniejszy ciężar części nadziemnej osiągnęły sadzonki z nowego substratu (TTF-0). Minimalną wartość masy systemu korzeniowego (SK) odnotowano dla sadzonek ze starego podłoża (sucha masa=1,847 g, świeża masa=2,680 g) (tab. 1).

Buk (2/0k). Sadzonki buka z produkcji kontenerowej, o wysokiej wartości WCN i GSK, wyhodowano na podłożu z grzybem mikoryzowym (odpowiednio 27,6 cm i 6,56 mm), natomiast najdłuższy system korzeniowy (DSK), równy 22,3 cm, wykształciły sadzonki na podłożu TTF-0 (tab. 1).

Wyniki otrzymane dla suchej masy ocenianych elementów budowy morfologicznej dwuletnich buków wykazały dominację sadzonek mikoryzowanych. Najmniejszą masę części nadziemnej miały sadzonki z podłoża TTF-0 (2,670 g), natomiast systemu korzeniowego z podłoża TTF-5 (4,214 g), czyli trocinowo-torfowego po pięcioletnim okresie jego użytkowania (tab. 1).

Jakość sadzonek

Najwyższą jakością charakteryzowały się jednoletnie i dwuletnie sadzonki jodły wzrastające na podłożu torfowym, mikoryzowane grzybem *H. crustuliniforme*,

dla których udział klasy I wyniósł odpowiednio 90,7 i 89,3%. Po drugim roku wzrostu zaledwie 38,7% sadzonek jodły z nowego podłoża trocinowo-torfowego zaliczało się do klasy I. Niezależnie od zastosowanego substratu stwierdzono niewielki udział (po 1,3%) sadzonek pozaklasowych (tab. 2).

Sadzonki kontenerowe buka (1/0k, 2/0k) charakteryzowały się słabszą jakością w porównaniu do jodły. Najlepsze pod względem analizowanych cech wzrostowych były sadzonki z podłoża torfowego z grzybem *H. crustuliniforme* (klasa I + II odpowiednio 9,3 i 20%). W obu grupach wiekowych najslabsze jakościowo okazały się sadzonki z wariantu TTF-5. Prawie wszystkie buki (97,3 i 94,7%) z tego podłoża były pozaklasowe (tab. 2). Należy jednak zaznaczyć, że na tak niski udział sadzonek klasy I i II znaczący wpływ miała długość systemu korzeniowego, który był ograniczany wysokością i objętością wielodoniczki styropianowej. Symulacja oceny jakościowej polegająca na odrzuceniu tego parametru wykazała, że udział sadzonek o dobrej jakości (klas I + II) znacznie się zwiększył, nawet do 70% w przypadku podłoża z grzybem mikoryzowym.

Proporcje między częścią nadziemną i podziemną

U jodły pospolitej stosunek długości części nadziemnej do długości systemu korzeniowego wynosił średnio

1:3,5 dla jednolatek oraz 1:2,5 dla dwulatek. Proporcja uwzględniająca suchą masę tych cech była zbliżona do jedności (średnio 1:0,95), bez względu na wiek sadzonek i zastosowany wariant podłoża produkcyjnego.

Odwrotną tendencję stwierdzono w przypadku buka, dla którego przeciętna wysokość sadzonki była porównywalna z długością systemu korzeniowego i wynosiła 1:1,1 dla jednolatek oraz 1:0,9 dla dwulatek. Z kolei analiza suchej masy wykazała średnio prawie dwukrotnie większe lokowanie biomasy w systemie korzeniowym jednoletniego buka. Jedynie w przypadku nowego podłoża trocinowo-torfowego (TTF-0) względna proporcja wyniosła 1:3. Takiej dużej różnicy nie stwierdzono dla dwuletnich sadzonek. Względna proporcja masy części nadziemnej sadzonki do masy systemu korzeniowego była zbliżona dla wszystkich wariantów podłoża i kształtowała się przeciętnie na poziomie 1:1,5 (ryc. 1).

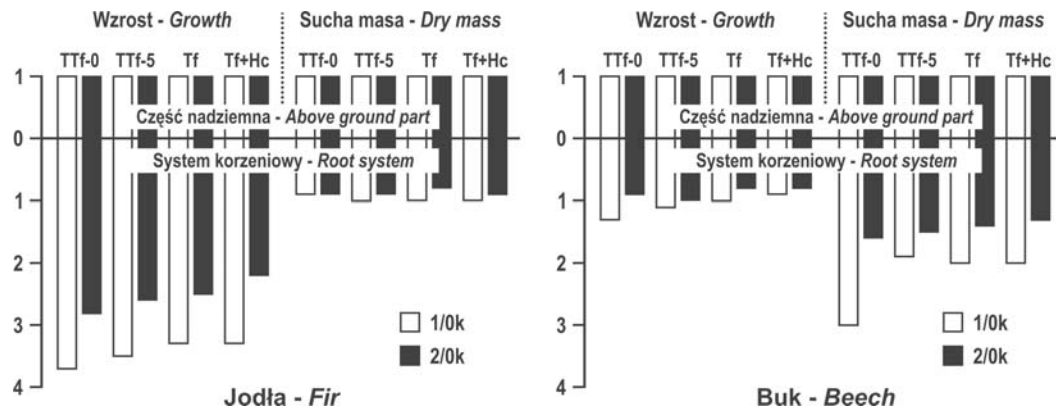
4. Dyskusja

Produkcja kontenerowa sadzonek jest nowym wyzwaniem dla gospodarki leśnej. Prac badawczych oraz publikacji w literaturze fachowej jest mało i odnoszą się głównie do sosny (Khasa et al. 2005; Dominguez-Lerena 2006; Öner, Eren 2007; Barzdajn 2010; Pinto et al. 2011) oraz świerka (Helenius et al. 2002, 2005). Nieliczne są

Tabela 2. Procentowy udział klas jakości sadzonek jodły i buka produkowanych na różnych podłożach w kontenerach styropianowych (objaśnienia symboli – zobacz tabela 1)

Table 2. Percentage of quality classes of fir and beech seedlings, produced on different substrates in styrofoam containers (explanation of symbols – see table 1)

Jakość Quality	Symbol produkcyjny sadzonki Seedling production symbol							
	1/0k				2/0k			
	wariant podłoża / substratum variant							
	TTF-0	TTF-5	Tf	Tf+Hc	TTF-0	TTF-5	Tf	Tf+Hc
Jodla / Fir								
Klasa pierwsza First class	85,4	85,3	82,7	90,7	38,7	77,4	73,4	89,3
Klasa druga Second class	13,3	14,7	17,3	9,3	61,3	21,3	25,3	10,7
Pozaklasowe Classless	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	1,3	0,0
Buk / Beech								
Klasa pierwsza First class	1,3	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	2,7
Klasa druga Second class	8,0	2,7	10,7	8,0	9,3	5,3	6,7	17,3
Pozaklasowe Classless	90,7	97,3	89,3	90,7	90,7	94,7	93,3	80,0



Rycina 1. Względna proporcja długości i suchej masy części nadziemnej do systemu korzeniowego sadzonek jodły i buka produkowanych w kontenerach styropianowych (objaśnienia symboli – zobacz tabela 1)

Figure 1. The relative proportion of length and dry mass of the aboveground part to the root system of fir and beech seedlings produced in foam containers (explanation of symbols – see table 1)

informacje omawiające produkcję sadzonek kontenerowych jodły. Gatunek ten na skalę gospodarczą zaczęto hodować w 2002 r. w szkółce kontenerowej „Kolonja” w Nadleśnictwie Oleszyce (Szabla, Pabian 2003). Zastosowano trzyletni cykl produkcyjny, obejmujący dwa lata hodowli sadzonek w szkółce gruntowej oraz trzeci rok obejmujący okres po przeszkólkowaniu do pojemników styropianowych o objętości cel 300 cm³. Podobne kasety szkółkarskie zostały użyte w przeprowadzonym doświadczeniu. Jodły nie szkółkowano, tylko kasety obsiano nasionami wprowadzonymi ręcznie do cel wielodoniczki. Hodowla kontenerowa buka dla potrzeb gospodarki leśnej przebiega natomiast wyłącznie w cyklu jednorocznym i prowadzona jest w pojemnikach o objętości cel 250–300 cm³. Dotychczasowe doświadczenia wskazują na konieczność wysiewu podkiełkowanych orzeszków, tuż pod powierzchnią substratu i przetrzymywanie skiełkowanych siewek przez 5 do 8 tygodni w namiocie foliowym w kontrolowanych warunkach, a po ustąpieniu ryzyka przymrozków przeniesieniu kasety na powierzchnię otwartą (Szabla, Pabian 2003).

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono istotny statystycznie wpływ wariantu podłoża na jakość sadzonek jodły i buka. Sadzonki jodły produkowane na starszym, pięcioletnim, niemikoryzowanym podłożu trocinowo-torfowym wykazywały dobre walory hodowlane. Najmniej korzystne dla jodły w dwuletnim cyklu produkcyjnym było nowe podłoże trocinowo-torfowe, natomiast niezależnie od gatunku i wieku materiał sadzeniowy wyprodukowany na podłożu torfowym z dodatkiem grzyba *Hebeloma crustuliniforme* odznaczał się najlepszą jakością hodowlaną.

Uzyskane wyniki potwierdziły wcześniejsze badania Bałuta i inni (1987, 1988) oraz Sabora (1999), którzy stwierdzili, że dla hodowli buka najodpowiedniejszy jest nowo przygotowany substrat trocinowo-torfowy, który

charakteryzuje się korzystnymi warunkami powietrznymi. Według tych autorów strukturalne podłoże ma zasadnicze znaczenie dla dobrego wzrostu sadzonek tego gatunku. Z kolei takie podłoże jest nieodpowiednie do produkcji jodły. Znacznie lepsze wyniki jakościowe osiąga się przy hodowli jodły na podłożu użytym przez kilka lat, charakteryzującym się bardziej zwięzłą strukturą oraz obecnością naturalnych mikoryz. Stępniewska (2004) stwierdziła, że wiek podłoża produkcyjnego wpływa na powstawanie mikoryz u jodły, a sadzonki lepiej zaopatrzone w mikoryzy można uzyskać na starszych podłożach trocinowo-torfowych, wcześniej wykorzystywanych do produkcji materiału sadzeniowego. Równocześnie zauważyła, że sadzonki z mikoryzą miały tendencję do gorszych parametrów hodowlanych, w odróżnieniu do przedstawianych badań, w których sadzonki jodły pochodzące z podłoża z grzybem mikoryzowym były najlepsze pod względem każdej analizowanej cechy. U dwuletniego materiału sadzeniowego różnica ta była jeszcze większa, a wartości średnie tworzyły najczęściej samodzielną grupę jednorodną. Wpływ mikoryzowania sadzonek sosny zwyczajnej wzrastającej na różnych podłożach analizowali także Buraczyk i inni (2012), wykazując interakcję między gatunkiem gleby i stosowaniem mikoryzacji, która istotnie wpływała na parametry wzrostowe produkowanych sadzonek.

Ważnym elementem w produkcji kontenerowej jest ocena jakości materiału sadzeniowego, wykonywana na podstawie wielkości cech biometrycznych, zgodnie z zasadami zawartymi w Polskiej Normie PN-R-67025. Aleksandrowicz-Trzczińska (2003) zaproponowała poszerzenie klasyfikacji jakościowej sadzonek o stopień występowania mikoryz na korzeniach oraz określenie ich żywotności na podstawie pomiaru oporu elektrycznego tkanek przykambialnych pędu. Autorka wykazała,

że ocena jakości materiału sadzeniowego wykonywana równocześnie trzema metodami, pełniej charakteryzuje kondycję sadzonek oraz ich przydatność hodowlaną. Według Mikułowskiego i Kłoskowskiej (1999) jakość sadzonek produkowanych w kontenerach w dużym stopniu uzależniona jest od terminu siewu. Wczesnowiosenny termin siewu wydłużający okres wegetacji powoduje zwiększenie rozmiarów sadzonek, jednak równocześnie wzrasta procent deformacji systemów korzeniowych. Ten element nie był przedmiotem szczegółowych analiz w przedstawianych badaniach. Jedyne w przypadku niewielkiej liczby sadzonek buka zauważono „fajkowate” wygięcie w szyi korzeniowej.

Dobra jakość jodły wykazana w prezentowanych badaniach wskazuje na możliwość hodowli lepszego materiału sadzeniowego metodą kontenerową w porównaniu z hodowlą tradycyjną. Potwierdzają to badania przeprowadzone przez Öner'a i Eren (2007), w których wykazali lepsze parametry materiału szkółkarskiego *P. sylvestris* i *P. nigra* hodowanego z zakrytym systemem korzeniowym w porównaniu do sadzonek z odkrytym systemem korzeniowym. Podobną zależność zaobserwowali Thiffault i inni (2003) przy hodowli kontenerowej świerka. Sformułowali także tezę, że w pierwszym roku po wysadzeniu szok poprzęsadeniowy wywołany niedoborem wody jest mniejszy u sadzonek z nagim systemem korzeniowym. Sadzonki te charakteryzują się większym potencjałem wodnym korzeni, ale już po trzech latach po posadzeniu na uprawie sadzonki z produkcji kontenerowej wykazywały lepszy wzrost w porównaniu do sadzonek gruntowych. Wpływ rodzaju technologii szkółkarskiej na wzrost jodły przedstawiają także badania Barzdajna i Kuczowskiego (2010). Według tych autorów sadzonki produkowane z bryłką, nawet po kilku latach wzrostu na uprawie, nie wykazywały przewagi jakościowej nad sadzonkami z nagim korzeniem. Odmienne wyniki uzyskał Alm (1983), który zaobserwował większy stres u sadzonek ze szkółki otwartej. Szok sadzeniowy objawiał się redukcją systemu korzeniowego i większym stopniem jego uszkodzenia niż u sadzonek kontenerowych. W aspekcie adaptacji sadzonek na uprawie Haase i Rose (1993) analizując system korzeniowy u *Pseudotsuga menziesii*, wykazali, że sadzonki o większej objętości korzeni lepiej adaptowały się na uprawie oraz lepiej znosiły skutki szoku poprzęsadeniowego.

W produkcji szkółkarskiej istotne jest utrzymanie proporcjonalnej budowy sadzonek, należy również zwrócić uwagę na ich masę. Według Janssena i innych (1990) wzrost i sucha masa sadzonek hodowanych w warunkach kontrolowanych wykazują ścisły związek z wysokością i masą drzew w wieku 20–30 lat.

W prezentowanej pracy największą masę systemu korzeniowego wykształciły sadzonki jodły i buka wy-

produkowane na substracie z dodatkiem grzyba mikoryzowego *H. crustuliniforme*. Nie uwzględniając natomiast wpływu biopreparatu mikoryzowego, największą masą korzeni charakteryzowały się jodły hodowane na pięcioletnim substracie trocinowo-torfowym, w przypadku sadzonek buka na nowym podłożu trocinowo-torfowym oraz na czystym torfowym.

Zaobserwowano również charakterystyczny układ proporcji suchej masy pędu z aparatem asymilacyjnym do masy systemu korzeniowego u sadzonek obydwu gatunków. U jednoletek i dwuletek jodły proporcja suchej masy części nadziemnej do masy części podziemnej dla każdego wariantu podłoża była podobna i wynosiła w przybliżeniu 1:0,9. Dla buka proporcje te były bardziej zróżnicowane. U sadzonek jednoletnich wynosiły 1:2, z wyjątkiem nowego podłoża trocinowo-torfowego (1:3), natomiast dla dwuletnich sadzonek proporcja zmniejszyła się do 1:1,5 w wariantach podłoża trocinowo-torfowych oraz 1:1,3 dla torfowych.

W produkcji kontenerowej ważny jest również dobór odpowiedniego pojemnika dla hodowanego gatunku i asortymentu. W kontenerach styropianowych produkuje się głównie gatunki liściaste, a z iglastych jodłę i świerk (Szabla, Pabian 2003). Istotnym atutem stosowania pojemników styropianowych, szczególnie w terenach górskich, jest lepsza izolacja termiczna w porównaniu do klasycznych cienkościennych pojemników z tworzywa (Banach, Sabor 1997; Banach 1999). Zagadnienia te były analizowane przez Pinto i innych (2011), którzy wykazali, że rodzaj zastosowanego pojemnika istotnie wpływał na przeżywalność i wzrost sadzonek *Pinus ponderosa* na uprawach o różnych warunkach troficznych i wilgotnościowych. Badania Dominguez-Lereny i innych (2006) wskazują również na dodatnią korelację między wielkością pojemnika a wysokością oraz biomasa liści i korzeni sadzonek *Pinus pinea*. Jako optymalne dla wzrostu tego gatunku autorzy uznali pojemniki o pojemności 300–400 cm³. Według Moorhead'a (1981) wysokość sadzonek wzrasta wraz ze zwiększaniem się rozmiaru doniczki, natomiast nie zmienia się średnica pędu i biomasa korzeni. Z przedstawionych badań wynika, że objętość cel w pojemnikach styropianowych typu Robin zapewnia odpowiedni wzrost jodły. Sadzonki kontenerowe uzyskiwały prawidłowe parametry jakościowe i ponad 70% z nich zaliczało się do klasy I. W przypadku buka natomiast stwierdzono słabszą jakość dwuletnich sadzonek kontenerowych, co może wynikać z niedostosowanego systemu nawadniania stosowanego w szkółce (brak rampy deszczującej) oraz małej objętości bryłki.

Większość przytoczonych badań oraz uzyskane wyniki prezentowane w pracy sugerują celowość produkcji sadzonek metodą kontenerową. Zaletą tej technologii są zadawalające parametry wzrostowe hodowane-

go materiału sadzeniowego, a także wysoka udatność upraw w trudnych warunkach odnowieniowych, co wiąże się z niższymi kosztami poniesionymi na późniejsze poprawki oraz pielęgnację upraw (Szabla 2004, 2009).

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań jedno- i dwuletniego materiału sadzeniowego jodły i buka, produkowanych na różnych wariantach podłoża, można sformułować następujące wnioski:

1. Stwierdzono istotny wpływ podłoża na wartości cech wzrostowych oraz analizowane parametry jednoletnich i dwuletnich sadzonek jodły i buka.

2. W produkcji kontenerowej niezależnie od gatunku i wieku najlepszą jakością hodowlaną cechował się materiał sadzeniowy wyprodukowany na podłożu torfowym z dodatkiem grzyba mikoryzowego *Hebeloma crustuliniforme*. W przypadku jodły porównywalną jakością cechowały się sadzonki produkowane na starszym, niemikoryzowanym pięcioletnim podłożu trocinowo-torfowym.

3. Stwierdzono występowanie określonych proporcji w rozmieszczeniu biomasy sadzonek jodły i buka. U jednolatek i dwulatek jodły proporcja suchej masy części nadziemnej do masy części podziemnej dla każdego wariantu podłoża była podobna i w przybliżeniu wynosiła 1:0,9. Dla buka proporcje te kształtowały się przeciętnie na poziomie 1:2 dla jednolatek oraz 1:1,5 dla dwulatek.

Podziękowania

Badania zrealizowane w ramach tematu nr DS-3405/KGNiSzL zostały sfinansowane z dotacji na naukę przyznanej przez MNiSW.

Literatura

- Aleksandrowicz-Trzcńska M. 2003. Ocena jakości hodowlanej dwuletnich sadzonek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) poddanych sterowanej mikoryzacji. *Sylwan*, 147(2): 49–57.
- Alm A.A. 1983. Black and white spruce planting in Minnesota: container vs. bareroot and fall vs spring planting. *Forest Chronicle*, 59: 189–191.
- Bałut S., Kulej M., Sabor J., Sobolewska K. 1987. Wpływ podłoża trocinowo-torfowych oraz rodzaju nawożenia na wzrost i jakość materiału sadzeniowego w namiotach foliowych. *Informator Regionalny Zakładu Upowszechniania Postępu AR w Krakowie*, 263: 3–34.
- Bałut S., Kulej M., Sabor J., Sobolewska K., Wojtas R. 1988. Wpływ czasookresu użytkowania podłoża trocinowo-torfowych na ich bilans nawożeniowy oraz wzrost i jakość sadzonek produkowanych w kontrolowanych warunkach zewnętrznych. *Informator Regionalny Zakładu Upowszechniania Postępu AR w Krakowie*, 271: 121–130.
- Banach J. 1999. Zastosowanie metod produkcji materiału szkółkarskiego z zakrytym systemem korzeniowym w warunkach górskich. *Sylwan*, 143(1): 61–75.
- Banach J., Sabor J. 1997. Nowe technologie produkcji sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym. Biblioteczka Leśniczego, 82. Warszawa, Wydawnictwo Świat.
- 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.
- Barzdajn W., Kuczkowski K. 2010. Wzrost sztucznych odnowień jodły pospolitej (*Abies alba* Mili.) w różnych warunkach drzewostanowych i siedliskowych w Nadleśnictwie Szklarska Poręba. *Opera Corcontica*, 47 (Suppl. 1): 189–202.
- Buraczyk W., Szeligowski H., Drozdowski S., Aleksandrowicz-Trzcńska M. 2012. Wpływ wilgotności i gatunku gleby na wzrost mikoryzowanych sadzonek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). *Leśne Prace Badawcze*, 73(1): 57–64.
- Dominguez-Lerena S., Herrero Sierra N., Carrasco Manzano I., Ocaña Bueno L., Peñuelas Rubira J.L., Mexal J.G. 2006. Container characteristics influence *Pinus pinea* seedling development in the nursery and field. *Forest Ecology and Management*, 221: 63–71.
- Górka W. 2003. Mieszanie i przechowywanie podłoża. *Szkołkarstwo*, 4: 72–73.
- Haase D.L., Rose R. 1993. Soil moisture stress induces transplant shock in stored and unstored 2+0 Douglas-fir seedlings of varying root volume. *Forest Science*, 39: 275–294.
- Helenius, P., Luoranen, J., Rikala, R., Leinonen, K. 2002. Effect of drought on growth and mortality of actively growing Norway spruce container seedlings planted in summer. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17: 218–224.
- Helenius, P., Luoranen, J., Rikala, R. 2005. Effect of pre-planting drought on survival, growth and xylem water potential of actively growing *Picea abies* container seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20: 103–109.
- Janssen A., Dromling I., Eriksson G., Norell L., Stener L-G. 1990. Retrospective early tests for growth in *Pinus sylvestris*. *Forest Tree Improvement*, 24: 115–122.
- Khasa D.P., Fung M., Logan B. 2005. Early growth response of container-grown selected woody boreal seedlings in amended composite tailings and tailings sand. *Bioresource Technology*, 96: 857–864.
- Kowalski S. 2008. Instrukcja użytkowania polskiego biopreparatu z grzybem mikoryzowym *H. crustuliniforme* wytwarzanego w laboratorium szczepionek mikoryzowych w LBG Kostrzyca. <http://www.lbg.jgora.pl/zespoły/ZB/instrukcja.htm> [15.03.2012].

- Mikułowski M., Kłoskowska A. 1999. Przyczynek do oceny wydajności siewu w szkółkach kontenerowych w aspekcie jakości sadzonek. *Sylwan*, 143(11): 57–67.
- Moorhead, D.J. 1981. Container size and growth media influence early growth and survival of southern oaks in Mississippi, w: P.S. Johnson i H.E. Garrett "Workshop on seedling physiology and growth problems in oak planting". University of Missouri, Columbia, 6–7 listopada 1979 r., s. 20.
- Öner N., Eren F. 2007. The comparisons between root collar diameter and height growth of black pine (*Pinus nigra* Arnold.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings in Bolu Forest Nursery. *Journal of Applied Biological Sciences*, 2(1): 7–12.
- Pinto J.R., Marshall J.D., Dumroese R.K., Davis A.S., Cobos D.R. 2011. Establishment and growth of container seedlings for reforestation: A function of stocktype and edaphic conditions. *Forest Ecology and Management*, 261: 1876–1884.
- Sabor J. 1999. Możliwości zastosowania substratów trocinowo-torfowych do produkcji sadzonek w namiotach foliowych. *Sylwan*, 143(1): 99–112.
- Stępniewska H. 2004. Mikoryzy siewek jodły (*Abies alba* Mill.) hodowanych na substracie trocinowo-torfowym w szkółce Feleczyn w Nadleśnictwie Nawojowa. *Sylwan*, 148(6): 10–17.
- Strojny Z. 2003. Podłoże w pojemnikowej produkcji szkółkarskiej. *Szkółkarstwo*, 4. <http://www.szkolkarstwo.pl/article.php?id=296&rok=2003&numer=04> [10.08.2012]
- Szabla K. 2004. Ekonomiczne uwarunkowania produkcji sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w szkółkach kontenerowych, w: Materiały seminarium szkółkarskiego „Możności użycia sudebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa”, Opočno, 3–4 czerwca 2004 r., s. 74–79.
- Szabla K. 2009. Hodowlane i ekonomiczne aspekty produkcji materiału sadzeniowego z zakrytym systemem korzeniowym poddanego zabiegowi sterowanej mikoryzacji. *Sylwan*, 153(4): 253–259.
- Szabla K., Pabian R., 2003. Szkółkarstwo kontenerowe. Nowe technologie i techniki w szkółkarstwie leśnym. Warszawa, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych.
- Thiffault N., Jobidon R., Munson A.D. 2003. Performance and physiology of large containerized and bare-root spruce seedlings in relation to scarification and competition in Québec (Canada). *Annals of Forest Science*, 60(7): 645–655.