

Włodzimierz Buraczyk^{1*}, Henryk Szeligowski¹

Wpływ wilgotności i gatunku gleby na wzrost sadzonek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z zakrytym systemem korzeniowym

The impact of soil's textural group and moisture on the growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings with containerized root system

Abstract. The experiment was conducted under conditions of foil tent in the Forest Experimental Station in Rogów. During the study, the one-year old, not subjected to controlled mycorrhization Scots pine seedlings with containerized root system were used. The seedlings were produced in container nursery from the Jabłonna Forest District and grew by 5 months in loose sand and silt with humidity of 40, 55 and 70% of full ground water capacity.

The studies have shown that significantly greater increase of, both overground parts and root systems, had seedlings growing on the coherent ground than on the non-coherent one. Higher humidity on the non-coherent ground has slowed the growth of overground part and accelerated the development of a root system, while on the coherent ground the reverse correlation was noticed. Research showed that the pine seedlings produced in a container nursery tolerate well tested moisture levels of sandy soil, while the coherent soils moisture at 70% proved to be too high for the proper development, particularly the root systems.

Key words: Scots pine, root system, root-ball plant

1. Wstęp

Szkołki kontenerowe zapoczątkowały zupełnie nowy okres w szkółkarstwie leśnym. Nowoczesna i zautomatyzowana technologia produkcji zapewnia optymalne warunki wzrostu i rozwoju sadzonek drzew leśnych. Okres intensywnej produkcji trwa zazwyczaj jeden sezon wegetacyjny, po którym sadzonki są wykorzystywane do zakładania upraw leśnych, zalesiania gruntów porolnych i gleb zdegradowanych (Szabla et Pabian 2003). W dotychczasowej praktyce leśnej, szczególnie w centralnej Polsce, nie był stosowany podobny materiał sadzeniowy, co wymusza potrzebę zbadania wzrostu takich sadzonek w różnych warunkach glebowych. W tym celu w 2002 roku założono 6 stałych powierzchni badawczych na gruntach porolnych, leśnych oraz na zwałowisku zewnętrznym kopalni węgla brunatnego w Bełchatowie. Jednocześnie w Katedrze Hodowli Lasu SGGW, w warunkach kontrolowanych, przeprowadzono badania, których celem było określenie wzrostu sa-

dzzonek z bryłką w różnych warunkach glebowych i wilgotnościowych. W dotychczasowej polskiej literaturze nie było informacji na ten temat ze względu na wcześniejszy brak materiału sadzeniowego z bryłką produkowanego w szkołkach kontenerowych oraz brak prostych, ale dokładnych metod badań systemów korzeniowych (Bohm 1985). Dopiero zastosowanie w badaniach programu komputerowego WinRhizo dało szerokie możliwości szczegółowych pomiarów systemów korzeniowych sadzonek.

2. Metodyka

Doświadczenie przeprowadzono w warunkach namiotu foliowego na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Rogowie. Do badań wykorzystano jednoroczne sadzonki sosny zwyczajnej z zakrytym systemem korzeniowym, wyprodukowane w szkółce kontenerowej w Nadleśnictwie Jabłonna. Sadzonki nie były poddane

¹ Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Leśny, Katedra Hodowli Lasu, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, ✉ Fax +48 225938008; e-mail: wburaczyk@wp.pl

Tabela 1. Wyniki analiz chemicznych i granulometrycznych piasku luźnego i pyłu zwykłego wykorzystanych w doświadczeniu

Table 1. The results of chemical and grain size analyses of loose sandy soil and silt used in the experiment

Właściwości gleby Features of the soil	Gatunek gleby Textural group of soil	pH w KC pH in KC	Próchnica Humus %	N _{og} %	Zawartość (mg/100 g gleby) Content (mg/100 g of soil)			
					N _{min.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Luźna Non-coherent	Piasek luźny Loose sand	5,4	0,63	0,01	1,92	2,4	1,5	6,80
Spoista Coherent	Pył zwykły Silt	5,78	2,58	0,08	17,56	11,3	6	18,41

Gatunek gleby Textural group of soil	Procentowa zawartość frakcji mechanicznych o średnicy w mm The percentage content of mechanical fraction with diameter in mm							
	0,10÷0,05	0,05÷0,02	0,02÷0,006	0,006÷0,002	<0,002	1,0÷0,1	0,1÷0,02	<0,02
Piasek luźny Loose sand	21	1	2	1	1	74	22	4
Pył zwykły Silt	10	35	8	6	5	36	45	19

Analizy wykonano w Stacji Chemiczno-Rolniczej w Wesolej k/Warszawy

The analyses were done in the Chemical and Agricultural Station in Wesola, near to Warsaw

sterowanej mikoryzacji. Badania przeprowadzono w 10-litrowych wazonach z wykorzystaniem gleby luźnej (piasek luźny) pobranej z siedliska boru świeżego oraz spoistej (pył zwykły) pobranej z warstwy ornej gleby porolnej (tab. 1). Analiza składu chemicznego tych gleb wykazała bardzo niską zawartość podstawowych składników pokarmowych w piasku oraz bardzo wysoki poziom w glebie porolnej.

Po określeniu pojemności wodnej piasek i pył wykorzystano jako podłoże w wazonach, w których posadzono po 3 sadzonki z bryłką. W ramach każdego podłoża zastosowano następujące 3 warianty wilgotnościowe: 40%, 55% oraz 70% pełnej pojemności wodnej, po 6 wazonów w każdym wariantcie. Odpowiednią wilgotność podłoża utrzymywano metodą wagową, poprzez uzupełnianie wody w wazonach do wagi określonej dla poszczególnych poziomów wilgotności. Ważenie i ewentualne uzupełnianie ubytku wilgotności wykonywano dwukrotnie w ciągu dnia, co gwarantowało wahania wilgotności nie większe niż 2% przyjętych wartości progowych.

Doświadczenie założono w połowie maja. Sadzonki wyjęto z podłoża po pięciu miesiącach, kiedy pędy zakończyły przyrost na wysokość i zaczęły drewnieć. Przed założeniem doświadczenia pomierzono wysokość jednorocznych sadzonek, natomiast po pięciu miesiącach wykonano pomiary całkowitej wysokości, bezwzględnej oraz procentowego przyrostu wysokości, grubości w szyi korzeniowej, liczby i łącznej długości pędów bocznych, długości i suchej masy igieł, suchej masy pędów oraz pomiary korzeni, które wykształciły

się w podłożu. Świeżo wykształcone korzenie, po wypłukaniu ich z podłoża, oddzielono (odcięto) od bryłki, a następnie poddano szczegółowym pomiarom przy pomocy programu komputerowego WinRhizo. W ten sposób uzyskano bardzo obszerną charakterystykę korzeni, które przyrosły w okresie trwania doświadczenia. W szczegółowej analizie wykorzystano tylko najważniejsze cechy morfologiczne korzeni: łączną długość korzeni, ich grubość i objętość oraz liczbę wierzchołków i rozgałęzień.

Analizy oparto na średnich arytmetycznych badanych cech, natomiast do porównania różnic między średnimi zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (poziom istotności *P*) oraz test Duncana. Wyniki testu pozwoliły wyróżnić grupy jednorodne, które przedstawiono w formie poziomych kresek łączących średnie, między którymi nie ma różnic istotnych statystycznie. Przeprowadzono także analizę regresji określającej zależność między wysokością jednorocznych sadzonek wykorzystanych w doświadczeniu a cechami morfologicznymi, jakie uzyskały sadzonki po 5 miesiącach wzrostu w wazonach.

3. Wyniki

Analiza wariancji wykazała, że sadzonki wykorzystane w poszczególnych wariantach doświadczenia nie różniły się statystycznie pod względem wysokości, o czym świadczy obliczony poziom istotności *P* większy

Tabela 2. Wyniki analizy wariancji określające istotność różnic między cechami sadzonek ukształtowanymi pod wpływem gatunku gleby oraz mikoryzacji sadzonek

Table 2. The results of the variance analysis determining the significance of the differences between seedlings traits shaped under the influence of soil's textural group and seedlings mycorrhization

Cechy morfologiczne sadzonek Seedling morphological traits	Poziom <i>P</i> określający istotność różnic między: The level of <i>P</i> defining the significance of the differences between:				
	gatunkiem gleby textural group of soil	wilgotnością moisture		wazonami large pots	powtórzeniami (sadzonkami) repetitions (seedlings)
		piasek sand	pył silt		
H 1/0 Height 1/0	0,3486	0,0702	0,7811	0,1398	0,9040
H 1/1 Height 1/1	0,0355	0,0156	0,7259	0,3070	0,5555
Przyrost H 1/1 Height increase 1/1	0,0272	0,1431	0,6999	0,3305	0,5395
Grubość 1/1 Thickness 1/1	0,0000	0,2513	0,0032	0,5734	0,8495
Liczba pędów bocznych Number of the offshoots	0,0216	0,3340	0,8678	0,4844	0,2540
Długość pędów bocznych length of the offshoots	0,3203	0,6765	0,6745	0,4342	0,3569
Długość igiel Length of the needles	0,0000	0,8939	0,0014	0,0068	0,7673
Sucha masa pędu Dry mass of the shoot	0,0000	0,0815	0,0646	0,4811	0,9981
Sucha masa igiel Dry mass of the needles	0,0000	0,2863	0,3726	0,1572	0,9814
Sucha masa korzeni 1/1 Dry mass of the roots 1/1	0,0000	0,8975	0,0000	0,4465	0,8828
Długość korzeni 1/1 Length of the roots	0,0000	0,7924	0,0000	0,5613	0,9509
Grubość korzeni 1/1 Thickness of the roots	0,4131	0,1365	0,0000	0,7120	0,2621
Objętość korzeni 1/1 Volume of the roots 1/1	0,0000	0,7374	0,0000	0,5629	0,7996
Liczba wierzchołków korzeni The number of roots' tops	0,0227	0,5474	0,0000	0,1898	0,9639
Liczba rozgałęzień korzeni Number of roots' branching	0,0000	0,5540	0,0000	0,2100	0,9119

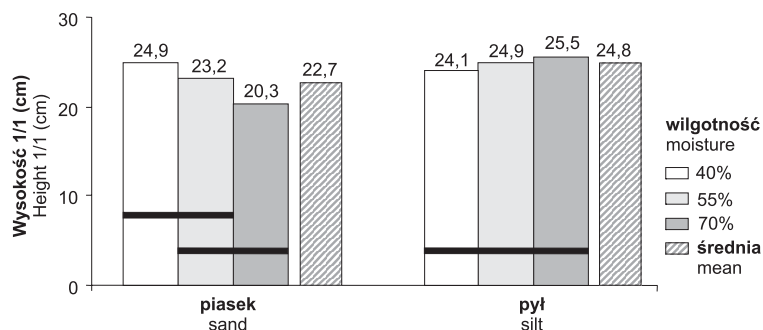
P* < 0,05 – różnice istotne statystycznieP* < 0.05 – the differences statistically significant

od wartości progowej 0,05 (tab. 2). Po 5 miesiącach wzrostu w piasku sadzonki uzyskały wysokość 22,7 cm, natomiast na podłożu spoistym wysokość wyniosła 24,8 (ryc. 1). Pod względem średniej wysokości istotne statystycznie różnice stwierdzono tylko między wariantami w wazonach, gdzie jako podłoże był użyty piasek.

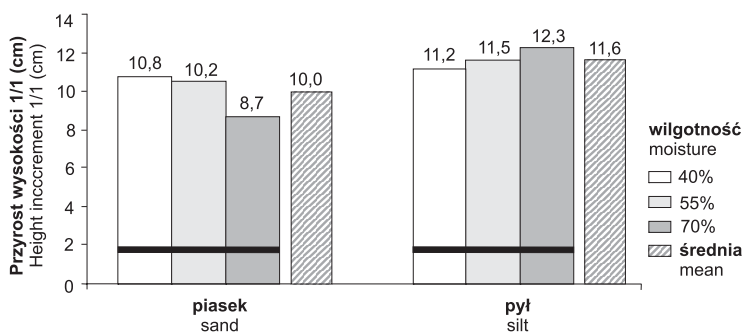
Bezwzględny przyrost wysokości sadzonek rosnących w piasku wyniósł 10 cm, natomiast na podłożu spoistym 11,6 cm (ryc. 2). W przypadku obu gleb ich wilgotność nie miała statystycznie istotnego wpływu na przyrost wysokości sadzonek ($P_{\text{piasek}} = 0,1431$ oraz $P_{\text{pył}} = 0,6999$) (tab. 2). W glebie piaszczystej wzrost wilgotności spowodował zmniejszanie się przyrostu sadzonek, natomiast w glebie pylastej zachodziła odwrotna zależność.

Średni procentowy przyrost wysokości sadzonek na podłożu luźnym wyniósł 79,6%, natomiast na spoistym 88,2% (ryc. 3). Największy przyrost wysokości na podłożu piaszczystym był przy wilgotności 55%, na pylastym zaś przy wilgotności 70%.

Na podłożu spoistym igły miały średnią długość 6,8 cm, natomiast na luźnym 4,8 cm (ryc. 4). Różnice między tymi średnimi są istotne statystycznie, o czym świadczy obliczony poziom istotności $P = 0,000$ (tab. 2). W wazonach z piaskiem wilgotność nie miała istotnego wpływu na długość igiel ($P = 0,8939$), natomiast w wazonach z podłożem spoistym wilgotność miała bardzo istotny wpływ na badaną cechę ($P = 0,0014$). Na podłożu spoistym przy wilgotności 40% i 55% igły miały długość po około 7,5 cm, natomiast podwyższenie

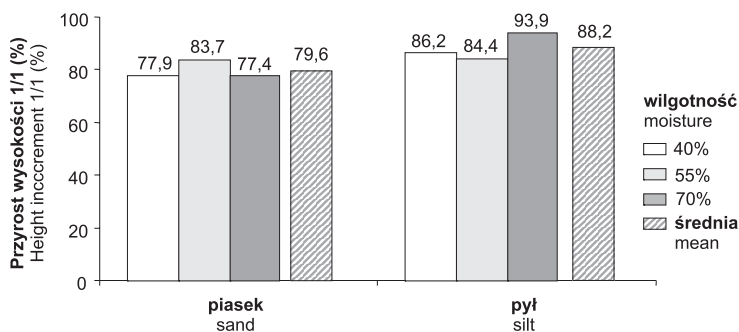


Rycina 1. Wysokość dwuletnich sadzonek sosny wyprodukowanych z bryłką (czarną linią zaznaczono grupy jednorodne)
 Picture 1. The height of two-years old pine root-ball seedlings (the homogeneous groups are market with black line)



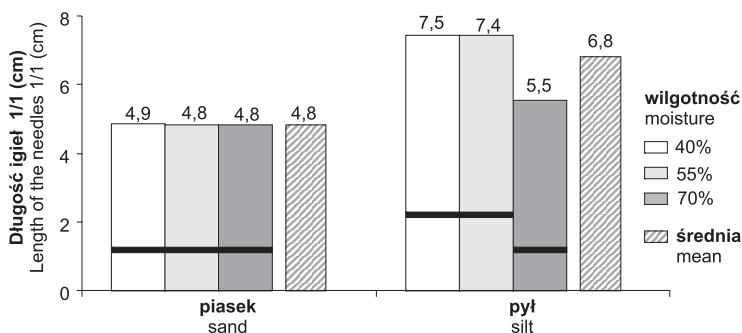
Rycina 2. Bezwzględny przyrost wysokości w drugim roku sadzonek sosny wyprodukowanych z bryłką (czarną linią zaznaczono grupy jednorodne)

Picture 2. The absolute height increment of pine root-ball seedlings in the second year (the homogeneous groups are market with



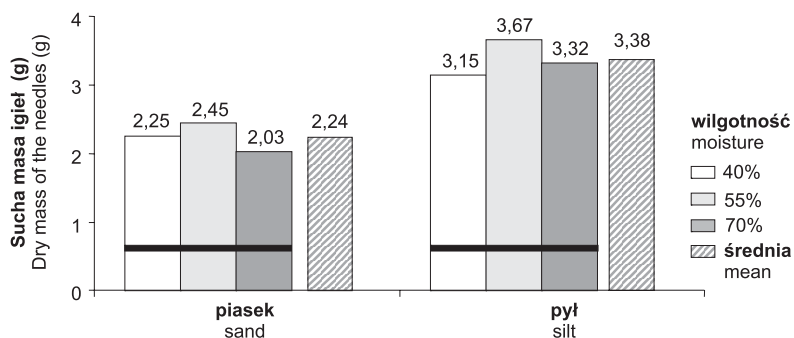
Rycina 3. Procentowy przyrost wysokości w drugim roku sadzonek sosny wyprodukowanych z bryłką

Picture 3. The percentage increase of height of pine root-ball seedlings in the second year



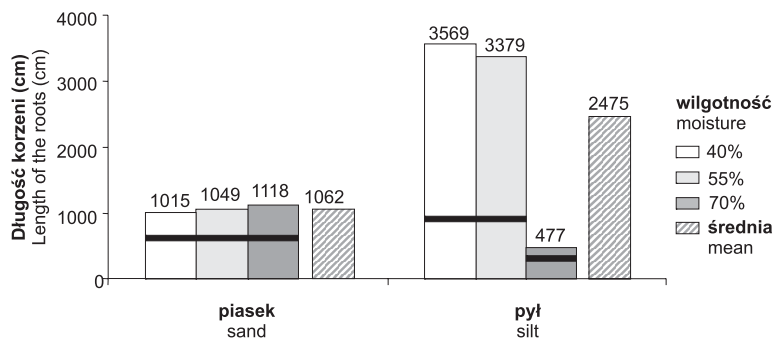
Rycina 4. Długość igieł dwuletnich sadzonek sosny wyprodukowanych z bryłką (czarną linią zaznaczono grupy jednorodne)

Picture 4. The length of needles of two-years old pine root-ball seedlings (the homogeneous groups are market with



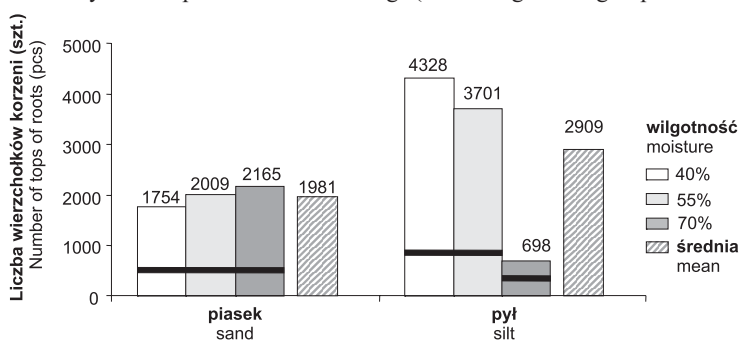
Rycina 5. Sucha masa igieł dwuletnich sadzonek sosny wyprodukowanych z bryłką (czarną linią zaznaczono grupy jednorodnie)

Picture 5. The dry mass of needles of two-years old pine root-ball seedlings (the homogeneous groups are market with black line)



Rycina 6. Długość korzeni dwuletnich sadzonek sosny wyprodukowanych z bryłką (czarną linią zaznaczono grupy jednorodnie)

Picture 6. The roots' length of two-years old pine root-ball seedlings (the homogeneous groups are market with black line)



Rycina 7. Liczba wierzchołków korzeni dwuletnich sadzonek sosny wyprodukowanych z bryłką (czarną linią zaznaczono grupy jednorodnie)

Picture 7. The number of roots' tops of two-years old pine root-ball seedlings (the homogeneous groups are market with black line)

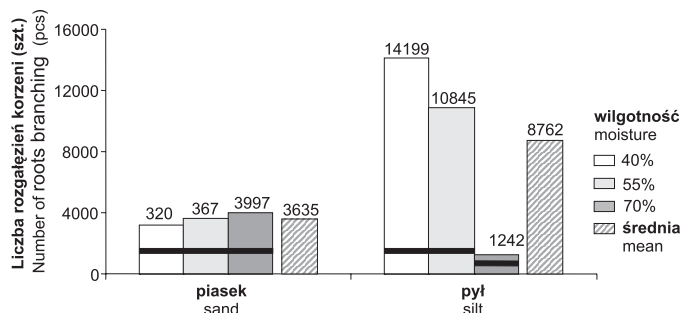
wilgotności do 70% spowodowało skrócenie igieł do 5,5 cm (ryc. 4).

Na suchą masę igieł istotny statystycznie wpływ miało podłoże, natomiast wilgotność w obrębie badanych podłoży nie miała istotnego wpływu (ryc. 5). Świadczy o tym poziom istotności P , który dla podłoży uzyskał wartość 0,000, natomiast dla wilgotności P było większe niż 0,05 ($P_{\text{piasek}} = 0,2863$ oraz $P_{\text{pył}} = 0,3726$) (tab. 2).

Analiza wariancji wykazała, że na cechy morfologiczne systemów korzeniowych (łączna długość korzeni, sucha masa, objętość, liczba wierzchołków i rozgałęzień) istotny wpływ miało podłoże oraz, ale tylko w

podłożu spoistym – wilgotność (tab. 2). W podłożu piaszczystym sadzonki wykształciły korzenie o łącznej średniej długości 1062 cm, natomiast w spoistym o długości 2475 cm (ryc. 6). Średnia liczba wierzchołków korzeni w podłożu piaszczystym wyniosła 1981, a w pylastym 2909 (ryc. 7), natomiast średnia liczba rozgałęzień wyniosła odpowiednio w piasku 3635 i w pyłe 8762 (ryc. 8).

W podłożu piaszczystym zastosowany poziom wilgotności nie miał istotnego statystycznie wpływu na wielkość systemów korzeniowych. Stwierdzono jednak tendencję wzrostu badanych parametrów korzeni wraz ze wzrostem wilgotności piasku.



Rycina 8. Liczba rozgałęzień korzeni dwuletnich sadzonek sosny wyprodukowanych z bryłką (czarną linią zaznaczono grupy jednorodne)

Picture 8. The number of root's branching of two-years old pine root-ball seedlings (the homogeneous groups are market with black line)

Tabela 3. Wyniki analizy regresji określające zależność między wysokością sadzonek użytych w doświadczeniu a ich późniejszymi cechami przyrostowymi

Table 3 Results of regression analysis determining the correlation between height of seedlings used in the experiment and their subsequent increasing features

Zmienne Variables		Współczynnik korelacji r obliczony dla: Correlation coefficient r calculated for:					
		piasek sand			pył silt		
Y		40%	55%	70%	40%	55%	70%
		H 1/0	H 1/1 Height 1/1	0,101	0,778**	0,774**	0,904**
Przyrost H 1/1 Height increase 1/1	-0,247		0,559*	0,288	0,720**	0,685*	-0,006
Grubość 1/1 Thickness 1/1	-0,235		0,259	0,414	0,787**	0,736**	0,204
Liczba pędów bocznych Number of the offshoots	0,686*		0,099	-0,259	0,464	0,335	-0,547
Długość pędów bocznych Length of the offshoots	0,567*		0,319	-0,398	0,524	0,495	-0,349
Długość igieł Length of the needles	-0,266		0,239	0,647*	-0,063	0,438	-0,187
Sucha masa pędu Dry mass of the shoot	0,461		0,678*	0,464	0,731**	0,852**	0,438
Sucha masa igieł Dry mass of the needles	-0,233		0,631*	0,431	0,582*	0,665*	-0,184
Sucha masa korzeni 1/1 Dry mass of the roots 1/1	-0,375		0,454	0,449	0,801**	0,568	-0,013
Długość korzeni 1/1 Length of the roots	-0,042		0,421	0,430	0,513	0,569	0,007
Grubość korzeni 1/1 Thickness of the roots	0,137		0,135	0,376	0,209	0,172	0,098
Objętość korzeni 1/1 Volume of the roots 1/1	-0,008		0,487	0,486	0,689*	0,671*	0,017
Liczba wierzchołków korzeni The number of roots' tops	0,061		0,399	0,413	0,377	0,553	0,025
Liczba rozgałęzień korzeni Number of roots' branching	0,126		0,426	0,441	0,542	0,487	-0,087

**zależność istotna statystycznie na poziomie $\alpha = 0,01$ / correlation statistically significant at $\alpha = 0.01$

* zależność istotna statystycznie na poziomie $\alpha = 0,05$ / correlation statistically significant at $\alpha = 0.05$

Wielkość systemu korzeniowego wykształconego w podłożu spoistym była odwrotnie proporcjonalna do wilgotności. Najbardziej rozbudowany system korzeniowy miały sadzonki rosnące w wilgotności 40%. Przy wilgotności 55% korzenie były nieco mniejsze niż przy wilgotności 40%, ale różnice między nimi nie były istotne statystycznie. Test Duncana jednoznacznie wykazał, że przy wilgotności pyłu wynoszącej 70% sadzonki wykształcają istotnie mniejszy system korzeniowy (ryc. 6, 7, 8).

Analiza wariancji wykazała też brak istotnych różnic między powtórzeniami (tab. 2), co świadczy o tym, że różnice między cechami sadzonek są spowodowane badanymi czynnikami (podłoże i wilgotność), a nie wynikają ze zmienności sadzonek lub zróżnicowania warunków wzrostu w poszczególnych wazonach.

Prostoliniowa analiza regresji wykazała, że początkowa wysokość sadzonek użytych w doświadczeniu nie miała dużego wpływu na ich dalszy wzrost. Wysokość miała istotny wpływ jedynie na przyrost wysokości sadzonek rosnących w piasku o wilgotności 55% oraz na podłożu spoistym o wilgotności 40 i 55% (tab. 3). Wraz ze wzrostem wysokości sadzonek użytych w doświadczeniu stwierdzono też istotny wzrost ich grubości, ale tylko na podłożu spoistym o wilgotności 40 i 55%.

Początkowa wysokość sadzonek nie miała też dużego wpływu na wielkość kształtujących się systemów korzeniowych. Jedynie na podłożu spoistym o wilgotności 40% stwierdzono bardzo istotną statystycznie zależność między wysokością początkową sadzonek a suchą masą korzeni, które przyrosły w czasie trwania doświadczenia ($r = 0,801$) (tab. 3).

Przeprowadzona analiza regresji wykazała brak istotnej zależności między wysokością początkową sadzonek a późniejszym ich wzrostem na podłożu spoistym o wilgotności 70%.

4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania jednoznacznie pokazały, że na wzrost sadzonek z bryłką w początkowym okresie po ich wysadzeniu duży wpływ ma rodzaj zastosowanego podłoża. Istotnie większy przyrost odłożyły sadzonki na podłożu spoistym (pył zwykły) niż na luźnym. Może to wynikać ze zdecydowanie większej zawartości

w nim składników pokarmowych, które odgrywają bardzo dużą rolę w kształtowaniu jakości materiału sadzeniowego produkowanego w szkółkach leśnych (Sobczak 1992). Piasek luźny jako podłoże, poza niską zawartością składników odżywczych, charakteryzuje się też innymi właściwościami fizycznymi, takimi jak np. porowatość i pojemność wodna. Pod względem kwasowości zastosowane podłoża nie różnią się znacząco (tab. 1), ale pył zwykły charakteryzuje się innym podsiąkaniem i sorpcją chemiczną (Uggla H. et Uggla Z. 1979).

Odmienne właściwości podłoża mogły być przyczyną innych reakcji przyrostowych sadzonek na wilgotność podłoża. W badaniach stwierdzono, że wzrost wilgotności luźnego podłoża powodował zmniejszanie przyrostu części nadziemnej sadzonek oraz zwiększanie przyrostu systemów korzeniowych. Odwrotne zależności zaobserwowano na podłożu spoistym, gdzie wzrost wilgotności zwiększył przyrost pędów oraz istotnie zmniejszył przyrost systemów korzeniowych.

Można przyjąć, że sadzonki sosny wyprodukowane w szkółce kontenerowej dobrze znoszą testowane poziomy wilgotnościowe gleb piaszczystych. Natomiast wilgotność gleb spoistych na poziomie 70% okazała się zbyt wysoka do prawidłowego wzrostu i rozwoju, szczególnie systemów korzeniowych sadzonek sosny. Może to wynikać z lepszego przystosowania się sosny do gleb piaszczystych niż do spoistych (Przybylski 1993), przy czym większe znaczenie mają fizyczne niż chemiczne właściwości gleby (Jaworski 1995).

Literatura

- Bohm W. 1985. Metody badania systemów korzeniowych. PWRiL, Warszawa
- Jaworski A. 1995. Charakterystyka hodowlana drzew leśnych. Wydawnictwo Gutenberg, Kraków.
- Przybylski T. 1993. Autekologia i synekologia. [w:] Biologia sosny zwyczajnej. Red. S. Białobok, A. Boratyński, W. Bugała. Sorus, Poznań-Kórnik: 255-281.
- Sobczak R. 1992. Szkółkarstwo leśne. Wydawnictwo Świat. Warszawa.
- Szabla K., Pabian R. 2003. Szkółkarstwo kontenerowe. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.
- Uggla H., Uggla Z. 1979. Gleboznawstwo leśne. PWRiL, Warszawa.