

WŁODZIMIERZ BURACZYK, STANISŁAW DROZDOWSKI, HENRYK SZELIGOWSKI,
LESZEK GAWRON, MARIA KARPIUK

Wpływ skracania systemów korzeniowych dwuletnich sadzonek świerka pospolitego (*Picea abies* L. Karst.) na ich wzrost po posadzeniu

Influence of root system shortening of two-year-old seedlings of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) on their growth after planting

ABSTRACT

Buraczyk W., Drozdowski S., Szeligowski H., Gawron L., Karpiuk M. 2011. Wpływ skracania systemów korzeniowych dwuletnich sadzonek świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) na ich wzrost po posadzeniu. Sylwan 155 (7): 482-492.

The paper presents investigation on influence of root shortening on growth of 2-years-old Norway spruce seedlings after their development in the nursery. Measurements of basic morphological features reveal that strong length reduction increases regeneration of spruce root system. Together with that, slight decrease in height and diameter increment of the main shoot can be observed. Shortening of spruce roots improves significantly the balance between above- and belowground parts of the seedlings as well.

KEY WORDS

Norway spruce, root shortening, nursery, regeneration

ADDRESSES

Włodzimierz Buraczyk – e-mail: wburaczyk@wp.pl
Stanisław Drozdowski, Henryk Szeligowski, Leszek Gawron, Maria Karpiuk

Katedra Hodowli Lasu; Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego; ul. Nowoursynowska 159/34;
02-776 Warszawa

Wstęp

Celem produkcji szkółkarskiej jest hodowla najlepszych jakościowo sadzonek, które zapewnią wysoką udatność upraw leśnych. Przy prawidłowym rozwoju sadzonek ich część nadziemna nie powinna być nadmiernie wyrosnięta w stosunku do części podziemnej. Uważa się, że wartość użytkowa sadzonek jest tym większa, im większy jest stosunek masy systemu korzeniowego do masy części nadziemnej [Gunia, Sobczak 1980]. U większości sadzonek część systemu korzeniowego jest zredukowana w trakcie wyjmowania z gruntu. W hodowli wieloletek należy tak uformować system korzeniowy, żeby można było prawie w całości wyjąć go z ziemi [Niemcewicz 1955; Borisienko, Burowskaja 1979]. Dlatego taki system korzeniowy powinien być zwarty, z licznymi drobnymi korzeniami zaopatrzonymi w mikoryzy. Kształt systemu korzeniowego sadzonek drzew leśnych zależy od właściwości gatunku, wieku materiału sadzeniowego, sposobu jego formowania, a także od właściwości gleby, w jakiej rośnie [Parviainen 1982]. Sadzonki rosnące w glebach zasobnych w związki organiczne wytwarzają systemy korzeniowe bardziej skupione z licznymi drobnymi korzeniami. Na glebach ubogich korzenie są długie, mniej zwarte i pozbawione rozgałęzień w pobliżu szyjki korzeniowej. Kształt i wielkość systemu korzeniowego zależy również od wielkości dawki nawożenia mineralnego oraz w dużym stopniu

od pochodzenia nasion [Sobczak 1999]. Parviainen [1982] wskazuje także na możliwości deformacji korzeni po nieprawidłowo przeprowadzonych zabiegach podcinania i szkółkowania, co może prowadzić do zaburzeń wzrostu, a nawet do zamierania drzew. Z badań przeprowadzonych nad *Pinus radiata* wynika, że na regenerację skróconych korzeni duży wpływ ma temperatura gleby [Stupendick, Shepherd 1979]. Autorzy wykazali, że w niskiej temperaturze rozwijały się głównie korzenie grube, natomiast w wysokich korzenie cienkie.

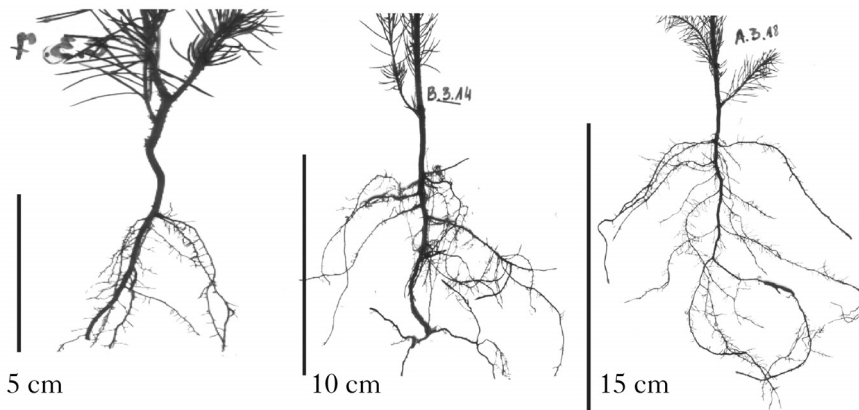
W hodowli wieloletniego materiału sadzeniowego stosuje się szkółkowanie oraz podcinanie korzeni. W wyniku stosowania tych zabiegów następuje zagęszczenie systemu korzeniowego oraz koncentracja głównej jego masy w okolicy szyi korzeniowej z jednoczesnym ograniczeniem wzrostu części nadziemnej [Kłóskowska 1995]. Czynności te wpływają na poprawę proporcji masy systemu korzeniowego do masy części nadziemnej [Kłóskowska 1996]. U świerka proporcja ta może mieć szczególne znaczenie ze względu na jego specyficzny płaski system korzeniowy. W dotychczasowych badaniach, szczególnie w warunkach przyrodniczych Polski, nie zwracano szczególnej uwagi na możliwości regeneracyjne skracanych systemów korzeniowych sadzonek drzew leśnych. Badania nad sosną wykazały, że skrócenie korzeni szkieletowych u jednorocznych sadzonek sosny do 5 cm spowodowało istotne zmniejszenie przeżywalności i osłabienie przyrostów na wysokość [Buraczyk, Kapuścińska 2010]. Ale już przy 10-centymetrowej długości korzeni szkieletowych, sadzonki po szkółkowaniu charakteryzowały się wysoką przeżywalnością i dobrymi przyrostami. Można jednak sądzić, że u innych gatunków, w tym też u świerka pospolitego, reakcje regeneracyjne systemów korzeniowych i rozwoju sadzonek po szkółkowaniu mogą przebiegać inaczej niż u sosny zwyczajnej.

Celem niniejszej pracy było zbadanie reakcji wzrostowych sadzonek świerka na skracanie korzeni szkieletowych.

Materiał i metody

Doświadczenie zostało przeprowadzone na terenie gruntowej szkółki leśnej Czechy Orłańskie w Nadleśnictwie Bielsk Podlaski. W kwietniu 2006 roku na kwaterze IVc zaszkołkowano dwuletnie sadzonki świerka (2/0), które były wyhodowane w tej samej szkółce (V kwatera) z jednoodrodnej partii nasion pochodzących z gospodarczego drzewostanu nasiennego z Nadleśnictwa Browek. W doświadczeniu wykorzystano 225 sadzonek, które zostały losowo podzielone na trzy grupy (warianty) po 75 sztuk. Warianty zróżnicowano pod względem długości korzeni szkieletowych skracając je do 5, 10 oraz 15 cm (ryc. 1). Sadzonki z każdego wariantu zostały losowo podzielone na trzy grupy (powtórzenia) po 25 sztuk każda. Wariant kontrolny stanowiły świerki o najdłuższych korzeniach szkieletowych (15 cm), które uzyskano przy mechanicznym wyorywaniu sadzonek z gruntu.

Przed szkółkowaniem wszystkie sadzonki zostały trwale oznakowane, a następnie pomierzono długości pędów, grubości szyi korzeniowej, zaś systemy korzeniowe poddano skanowaniu w warunkach laboratoryjnych w Katedrze Hodowli Lasu SGGW w Warszawie. Skanowanie wykonano w wodzie, co zabezpieczyło korzenie przed przesuszeniem i pozwoliło zaszkołkować sadzonki do gruntu w szkółce. Założono doświadczenie jednoczynnikowe w układzie bloków całkowicie losowych z 3 powtórzeniami. Szkółkowanie wykonano w więźbie 25×15 cm. Po szkółkowaniu niedobory wilgoci w glebie uzupełniano poprzez deszczowanie. Układ i lokalizacja powierzchni badawczej pozwoliły we wszystkich wariantach przeprowadzić jednakowe deszczowanie. Pozostałe zabiegi szkółkarskie (odchwaszczanie, spulchnianie gleby) były prowadzone w taki sam sposób jak na powierzchniach gospodarczych. Po szkółkowaniu powierzchnia badawcza nie była zasilana nawozami mineralnymi.



Ryc. 1.

Systemy korzeniowe dwuletnich sadzonek świerka pospolitego skrócone do 5, 10 i 15 cm
 2-years-old Norway spruce seedlings root systems shortened to 5, 10 and 15 cm

Trzyletnie sadzonki świerka (2/1) zostały wyjęte z gruntu na początku października 2006 roku, mimo że korzenie jeszcze nie zakończyły przyrostu. Jednakowy termin wyjęcia wszystkich sadzonek pozwolił porównywać systemy korzeniowe między wariantami doświadczenia. Po wyjęciu część nadziemna sadzonek została poddana pomiarom, zaś systemy korzeniowe powtórnie skanowano (ryc. 1) i przeanalizowano programem komputerowym WinRhizo V2003a. Szczegółową analizę sadzonek wykonano wykorzystując cechy morfologiczne, na które największy wpływ mogło mieć skracanie korzeni szkieletowych wykonane przed zabiegiem szkółkowania. Charakterystykę części nadziemnej przeprowadzono na podstawie wysokości i grubości pędu, zaś analizę systemu korzeniowego wykonano w oparciu o łączną długość wszystkich korzeni, liczbę wierzchołków i rozgałęzień. Pomiar sadzonek przed i po szkółkowaniu pozwolił obliczyć przyrosty pędów oraz określić zdolności regeneracyjne korzeni. Jednym z parametrów wykorzystywanym do oceny jakości sadzonek jest stosunek suchej masy pędu do korzenia. W pracy nie zastosowano tego wskaźnika ze względu na to, że sucha masa badanych świerków była odkładana przez trzy lata, co nie pozwala jednoznacznie określić wpływu szkółkowania na tę cechę.

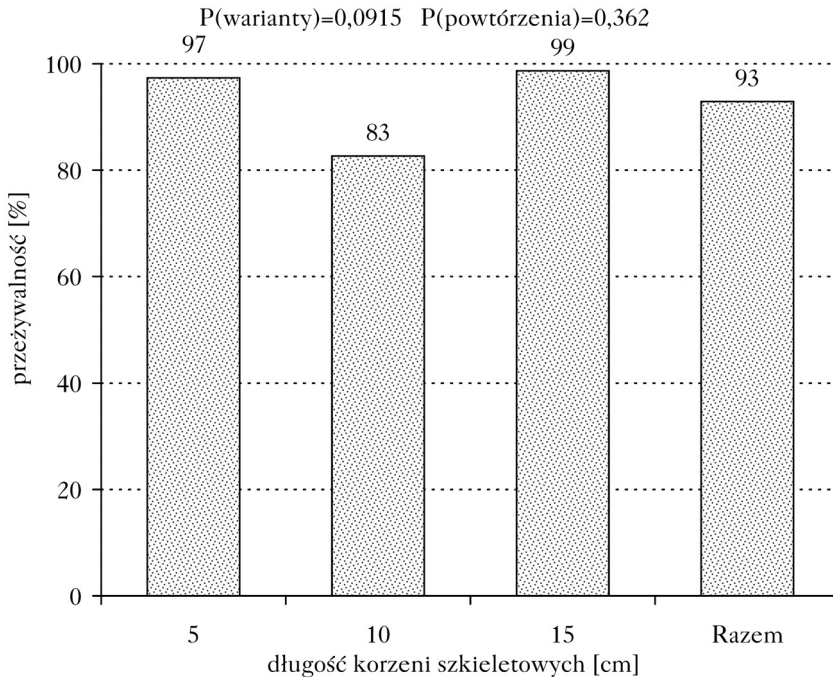
Przystępując do analiz statystycznych wykonano transformację danych wyrażonych w procentach według metody Bliss ($\arcsin\sqrt{p}$), a następnie sprawdzono rozkład normalny spostrzeżeń w poszczególnych wariantach doświadczenia testem W Shapiro-Wilka i jednorodność wariancji testem Barletta. W przypadku obu testów uzyskano prawdopodobieństwa dla obliczonych statystyk (W , χ^2) wyższe od założonego poziomu istotności ($\alpha=0,05$), co oznacza brak istotnych odstępstw rozkładów analizowanych spostrzeżeń od rozkładu normalnego, jak również istotnych różnic jednorodności wariancji. Poziom istotności obliczony dla statystyk W i χ^2 w przypadku wysokości i przyrostu wysokości pędu, grubości i przyrostu grubości oraz długości korzeni uzyskał bardzo wysokie wartości (powyżej 0,5), zaś dla liczby wierzchołków oraz rozgałęzień były to wartości kształtujące się od 0,06 do 0,29. W związku z powyższym, do oceny zmienności badanych cech oraz określenia statystycznej istotności efektów skracania korzeni szkieletowych u dwuletnich sadzonek świerka zastosowano jednoczynnikowy model analizy wariancji. Istotność różnic na poziomie $\alpha=0,05$ oceniano przez zastosowanie testu rozstępu Duncana. Analizy statystyczne wykonano przy pomocy programu statystycznego Statgraphics Plus 4.1.

Wyniki

Po szkółkowaniu największą przeżywalnością (99%) charakteryzowały się sadzonki świerka, którym korzenie szkieletowe skrócono do 15 cm (ryc. 2). Redukcja długości korzeni szkieletowych do 5 cm spowodowała zmniejszenie przeżywalności tylko o 2%, zaś skrócenie do 10 cm zmniejszyło przeżywalność o 16%. Przeżywalności obliczone dla poszczególnych wariantów nie różniły się istotnie między sobą ($P > 0,05$).

Średnia wysokość dwuletних sadzonek świerka użytych w doświadczeniu przed szkółkowaniem wynosiła 16,1 cm (ryc. 3). Analiza wariancji wykazała, że średnia wysokość dwuletних świerków z poszczególnych wariantów, jak też i powtórzeń, nie różniła się istotnie między sobą ($P > 0,05$). Po pierwszym sezonie wegetacyjnym po szkółkowaniu średnia wysokość trzyletnich sadzonek świerka w całym doświadczeniu osiągnęła 21,5 cm, także przy nieistotnych różnicach między wariantami.

Bezwzględny roczny przyrost wysokości po szkółkowaniu kształtował się od 4,3 cm w wariantcie o 10-centymetrowych korzeniach szkieletowych do 6,6 cm u świerków, którym korzenie szkieletowe skrócono do 15 cm (ryc. 4). Różnice te również nie były istotne statystycznie ($P = 0,083$). Najmniejszym względnym przyrostem wysokości charakteryzowały się świerki, którym korzenie szkieletowe skrócono do 5 cm, zaś największym – te po skróceniu do 15 cm (ryc. 4). Różnice między procentowymi przyrostami były istotne statystycznie ($P < 0,05$). Przyrosty wysokości świerków, którym skrócono korzenie szkieletowe do 5 i 10 cm, były istotnie mniejsze od przyrostów, jakie uzyskiwały sadzonki o 15-centymetrowych korzeniach szkieletowych.

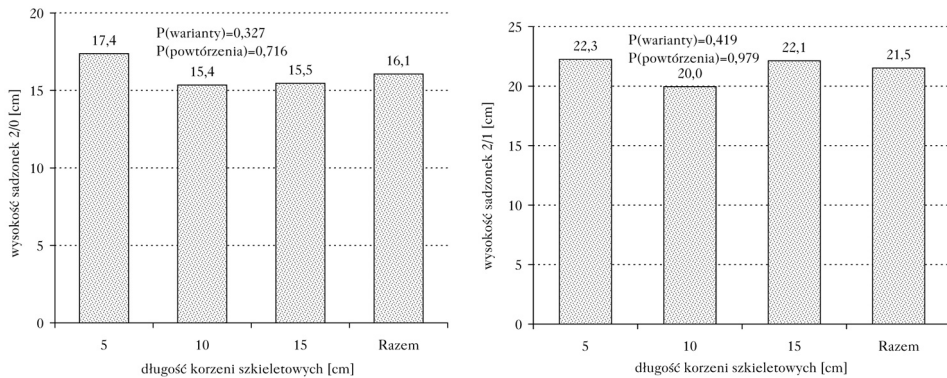


Ryc. 2.

Przeżywalność trzyletnich sadzonek świerka po szkółkowaniu

Survival of 3-years-old spruce seedlings after the nursery

P – obliczony poziom istotności, grupy jednorodne statystycznie; p-value, homogenous groups

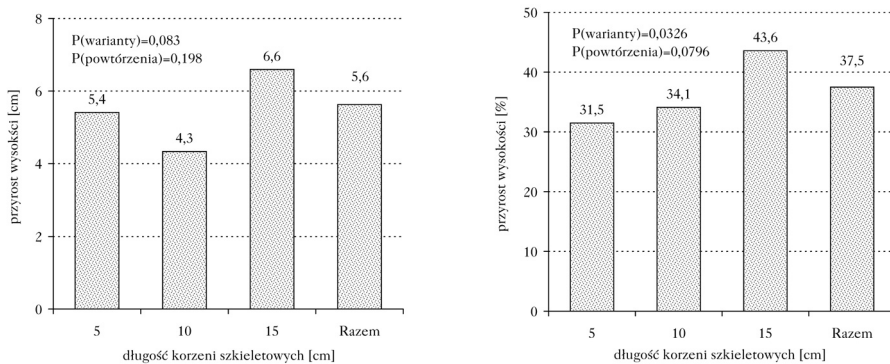


Ryc. 3.

Wysokość sadzonek świerka przed szkółkowaniem (lewo) oraz po szkółkowaniu (prawo) w klasach długości korzeni szkieletowych

Height of spruce seedlings before (left) and after (right) nursery in relation to root system length

Oznaczenia jak na rycinie 2; denotes as on figure 2



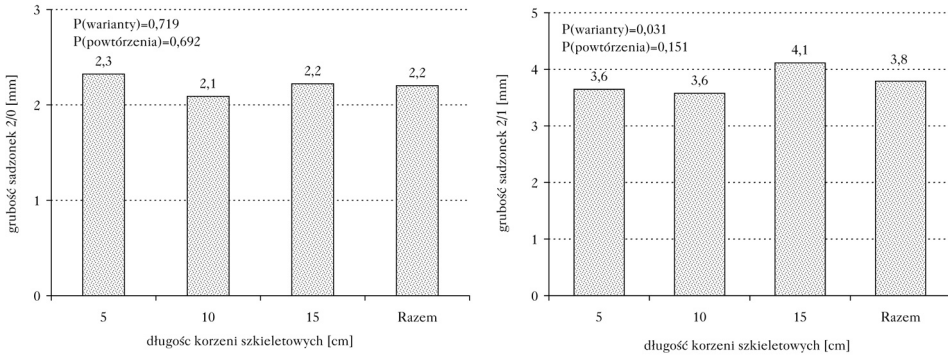
Ryc. 4.

Bezwzględny (lewo) oraz względny (prawo) przyrost wysokości sadzonek świerka po szkółkowaniu w klasach długości korzeni szkieletowych

Absolute (left) and relative height increment of spruce seedlings after the nursery in relation to root system length

Oznaczenia jak na rycinie 2; denotes as on figure 2

Przed szkółkowaniem grubość sadzonek w szyi korzeniowej w przyjętych wariantach skracania korzeni szkieletowych wynosiła 2,1-2,3 mm (ryc. 5). Wartości te nie różniły się istotnie między sobą ($P=0,719$). Po szkółkowaniu grubość świerków uległa zróżnicowaniu i wynosiła od 3,6 mm do 4,1 mm, przy przyrostach bezwzględnych wynoszących 1,3-1,9 mm (ryc. 6). W wyniku przeprowadzonej analizy wariancji odrzucono hipotezę zerową mówiącą o tym, że po szkółkowaniu zarówno średnia grubość, jak i przyrost grubości w szyjce korzeniowej w poszczególnych wariantach nie różniły się między sobą ($P<0,05$). Test Duncana pozwolił wyróżnić dwie grupy jednorodne. Do grupy o mniejszych przyrostach grubości w szyi korzeniowej zaliczają się sadzonki o 5- i 10-centymetrowych korzeniach szkieletowych, zaś do drugiej, o istotnie większych przyrostach – sadzonki, którym przed szkółkowaniem zredukowano korzenie szkieletowe do 15 cm (ryc. 5 i 6). Po szkółkowaniu u sadzonek o 5-centymetrowych korzeniach szkieletowych

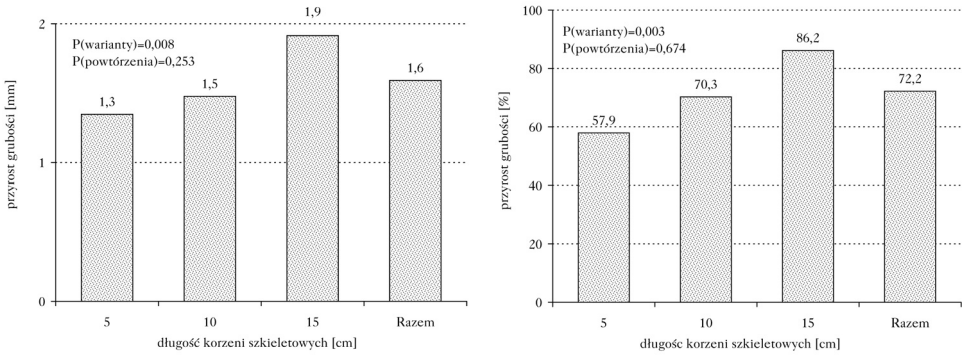


Ryc. 5.

Grubość sadzonek świerka przed szkółkowaniem (lewo) oraz po szkółkowaniu (pravo) w klasach długości korzeni szkieletowych

Diameter of spruce seedlings before (left) and after (right) nursery in relation to root system length

Oznaczenia jak na rycinie 2; denotes as on figure 2



Ryc. 6.

Bezwzględny (lewo) oraz względny (pravo) przyrost grubości sadzonek świerka po szkółkowaniu w klasach długości korzeni szkieletowych

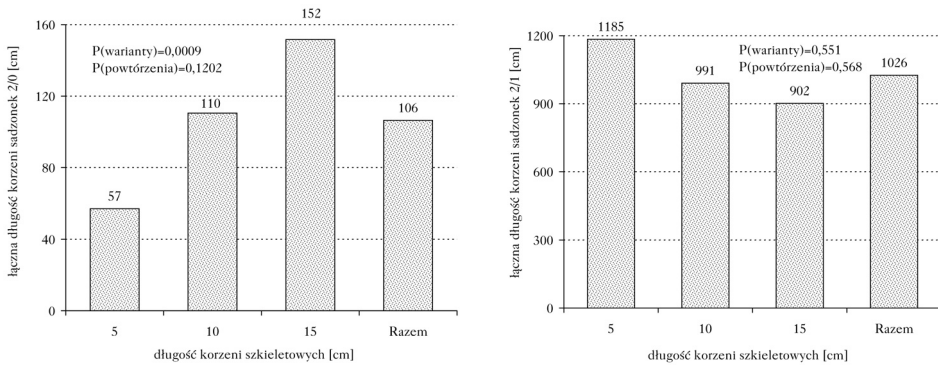
Absolute (left) and relative (right) diameter increment of spruce seedlings after the nursery in relation to root system length

Oznaczenia jak na rycinie 2; denotes as on figure 2

względny przyrost grubości wyniósł 57,9%, u świerków o 10-centymetrowych korzeniach szkieletowych – 70,3%. W przypadku sadzonek o najdłuższych korzeniach szkieletowych przyrost grubości uzyskała 86,2% (ryc. 6).

Skrócenie korzeni szkieletowych przed szkółkowaniem spowodowało bardzo istotne zmiany wielkości systemów korzeniowych. Łączna długość korzeni u sadzonek o 5-centymetrowych korzeniach szkieletowych przed szkółkowaniem wynosiła 57 cm (ryc. 7). Była to wartość trzykrotnie mniejsza niż łączna długość korzeni u sadzonek o korzeniach 15-centymetrowych. Zabieg skracania korzeni szkieletowych przed szkółkowaniem spowodował istotne statystycznie zróżnicowanie łącznej długości systemów korzeniowych (P=0,0009). Po szkółkowaniu największą łączną długość (1185 cm) miały korzenie sadzonek, którym przed szkółkowaniem skrócono korzenie szkieletowe do 5 cm. Sadzonki z przyciętymi korzeniami szkieletowymi do 10 cm, rok po szkółkowaniu uzyskały łączną długość korzeni wynoszącą 991 cm, natomiast

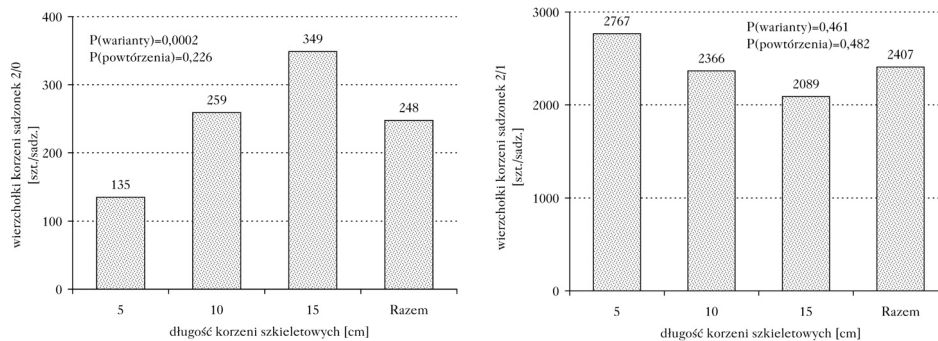
zredukowane do 15 cm – 902 cm (ryc. 7). Analiza wariancji nie wykazała istotnych statystycznie różnic między tymi wartościami ($P=0,551$). Podobne zależności stwierdzono także w przypadku liczby wierzchołków i rozgałęzień. Sadzonki świerka bezpośrednio po skróceniu korzeni szkieletowych do 5 cm miały średnio po 135 wierzchołków (ryc. 8) oraz po 185 rozgałęzień (ryc. 9). Skrócenie korzeni szkieletowych do 10 cm spowodowało, że w systemie korzeniowym było 259 wierzchołków oraz 349 rozgałęzień, zaś przy długości korzeni szkieletowych wynoszącej 15 cm było po 349 i 491 sztuk wierzchołków i rozgałęzień. Po jednym sezonie wegetacyjnym od momentu szkółkowania, średnia liczba wierzchołków wyniosła 2407 sztuk (ryc. 8), natomiast rozgałęzień korzeni było 6206 szt./sadz. (ryc. 9). W przypadku obu cech największe wartości stwierdzono u sadzonek, którym przed szkółkowaniem skrócono korzenie szkieletowe do 5 cm, zaś najmniejsze wartości odnotowano u sadzonek o 15-centymetrowych korzeniach szkieletowych. Analiza wariancji wykazała jednak brak istotnych różnic między średnimi tych cech ($P>0,05$).



Ryc. 7.

Łączna długość korzeni sadzonek świerka przed (lewo) oraz po (pravo) szkółkowaniu w klasach długości korzeni szkieletowych

Total length of spruce seedlings roots before (left) and after (right) nursery in relation to root system length
Oznaczenia jak na rycinie 2; denotes as on figure 2

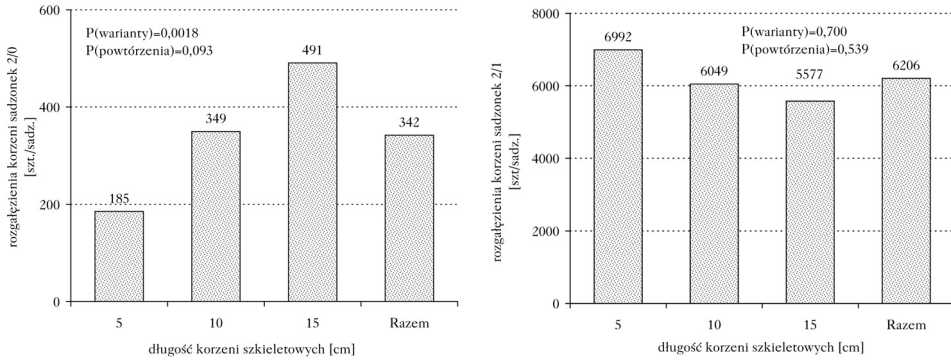


Ryc. 8.

Liczba wierzchołków korzeni sadzonek świerka przed (lewo) oraz po (pravo) szkółkowaniu w klasach długości korzeni szkieletowych

Number of tips of spruce seedlings roots before (left) and after (right) nursery in relation to root system length

Oznaczenia jak na rycinie 2; denotes as on figure 2



Ryc. 9.

Liczba rozgałęzień korzeni sadzonek świerka przed (lewo) oraz po (prawo) szkółkowaniu w klasach długości korzeni szkieletowych

Number of nodes of spruce seedlings roots before (left) and after (right) nursery in relation to root system length

Oznaczenia jak na rycinie 2; denotes as on figure 2

Dyskusja

Najlepszym materiałem sadzeniowym do zakładania upraw leśnych są sadzonki o mocno rozbudowanych systemach korzeniowych, z dużą liczbą korzeni drobnych, które w największym stopniu są odpowiedzialne za rozwój sadzonek po szkółkowaniu w szkółce lub po posadzeniu w uprawach leśnych. Silne zagęszczenie systemu korzeniowego spowodowane dużym udziałem korzeni drobnych wpływa też korzystnie na proporcję części nadziemnej do podziemnej sadzonek [Kłoskowska 1996].

Skrócenie systemu korzeniowego powoduje zmniejszenie przepływu składników pokarmowych i wody do części nadziemnej, co ogranicza wzrost pędu. Lepszą jakość systemu korzeniowego wieloletek łatwiej można uzyskać poprzez prawidłowe podcinanie korzeni niż przez szkółkowanie [Sobczak 1992]. Szkółkowanie pozwala dobrać odpowiednią więźbę dla potrzeb sadzonek, lecz w trakcie tego zabiegu korzenie mogą ulegać deformacji. Szczególnie długie korzenie szkieletowe podczas sadzenia są zaginane (podwijane) i spłaszczane. Natomiast zabieg podcinania powoduje tylko skracanie korzeni do określonej długości, a brak przesadzania zapobiega powstawaniu deformacji systemów korzeniowych.

Przeprowadzone badania jednoznacznie wykazały bardzo pozytywny wpływ silnego (do 5 cm) skracania korzeni szkieletowych u dwuletnich sadzonek świerka na ich cechy po pierwszym roku wzrostu w warunkach gruntowej szkółki leśnej. Okazało się, że skrócenie korzeni szkieletowych podczas szkółkowania ograniczyło przyrost części nadziemnej, ale zintensyfikowało regenerację systemów korzeniowych. Zarówno przyrost wysokości, jak i grubości okazał się wprost proporcjonalny do wielkości redukcji korzeni szkieletowych przed szkółkowaniem. Najmniejsze procentowe przyrosty wysokości i grubości uzyskały świerki, którym przed szkółkowaniem skrócono korzenie szkieletowe do 5 cm. Tak silna redukcja systemu korzeniowego nie zmniejszyła jednak przeżywalności sadzonek oraz wpłynęła stymulująco na rozwój systemów korzeniowych. Wyniki wskazują również na korzystne zmiany proporcji części nadziemnej do podziemnej sadzonek po zabiegu skracania korzeni szkieletowych przed szkółkowaniem. Świadczy o tym mniejszy przyrost wysokości i mocniej rozbudowany system korzeniowy u sadzonek, którym korzenie szkieletowe skrócono do 5 cm w porównaniu ze świerkami o 10- i 15-centymetrowych korzeniach.

Wynikiem redukcji systemów korzeniowych przed szkółkowaniem w szkółce lub sadzeniem w uprawie może być osłabienie sadzonek i tym samym obniżenie ich przeżywalności i przyrostu. W analizowanym doświadczeniu stwierdzono jedynie zmniejszony przyrost części nadziemnej. Na wysoką przeżywalność sadzonek mógł pozytywnie wpływać zabieg deszczowania w okresach niedoboru opadów. Można sądzić, że w uprawach leśnych, szczególnie przy niekorzystnych warunkach wilgotnościowych i braku możliwości deszczowania, redukcja korzeni do poziomu 5 cm może zmniejszyć przeżywalność drzewek. Dlatego przy sadzeniu dwuletnich sadzonek świerka w uprawach leśnych można zalecać skracanie korzeni szkieletowych do 10 cm, zaś w warunkach gruntowych szkółek leśnych posiadających deszczownię do 5 cm. Krótkie korzenie szkieletowe ułatwiają sadzenie i tym samym znacząco ograniczają powstawanie deformacji systemów korzeniowych, co jest bardzo istotne przy zakładaniu upraw leśnych.

W praktyce leśnej zabieg skracania korzeni jest przeprowadzany w warunkach terenowych, dlatego istnieje pewne ryzyko infekcji patogenów. W przeprowadzonym doświadczeniu uzyskana wysoka przeżywalność sadzonek po szkółkowaniu może sugerować, że zabieg redukcji korzeni nie obniżył stanu zdrowotnego sadzonek.

Powstawanie nowych korzeni ma bezpośredni związek z procesem gojenia (kallusowania) ran powstałych w miejscach redukcji korzeni szkieletowych. Skracanie korzeni szkieletowych do 5 cm, w porównaniu z redukcją do 10 i 15 cm, spowodowało uszkodzenie znacznie grubszych korzeni, które intensywnie kallusując zablizniały rany i tym samym mogły inicjować silniejszą regenerację nowych korzeni.

Proces rozwoju nowych korzeni po silnym skróceniu korzeni szkieletowych może być także spowodowany działaniem hormonów wzrostowych, takich jak auksyny, cytokininy i gibereliny. Auksyny jako typowe hormony stymulujące wzrost i rozwój pędów oraz korzeni są wytwarzane głównie w stożkach wzrostu pędów oraz w młodych liściach, a następnie transportowane do korzeni. Natomiast cytokininy powstają głównie w korzeniach i poza licznymi funkcjami fizjologicznymi w roślinie hamują tworzenie i wzrost korzeni [Borkowska 1997]. Silna redukcja korzeni przed szkółkowaniem mogła więc zakłócić relacje ilościowe między endogennymi hormonami w badanych sadzonkach świerka [Czerwiński 1976; Šebánek i in. 1991]. Skrócenie korzeni szkieletowych, czyli redukcja miejsc syntezy cytokinin, mogła zwiększyć udział auksyn i tym samym intensywnie stymulować rozwój nowych korzeni po szkółkowaniu.

Najsilniejsza regeneracja korzeni u świerka zachodzi w temperaturach około 20°C [Stupendick, Shepherd 1979], co wskazuje, że w szkółkach gruntowych zabieg podcinania korzeni i szkółkowania korzystniej jest wykonywać w okresie letnim niż wiosennym.

Możliwości dalszego wzrostu świerków powinny być wypadkową wielu czynników oraz indywidualnych (genetycznych) właściwości sadzonek, z których najważniejsze to cechy morfologiczne i fizjologiczne sadzonek, technologia produkcji, zabiegi kształtujące jakość oraz warunki glebowo klimatyczne. W doświadczeniu wszystkie te czynniki w odniesieniu do wariantów były jednorodne, poza różnicującym sadzonki skróceniem systemów korzeniowych. Przeprowadzona analiza wariancji wykazała brak istotnych różnic między średnimi wszystkich badanych cech obliczonych dla powtórzeń. Potwierdza to prawidłowy dobór materiału sadzeniowego oraz warunków glebowych na powierzchni badawczej.

Wnioski

✦ Skrócenie korzeni szkieletowych u dwuletnich sadzonek świerka przeznaczonych do szkółkowania do 5, 10 i 15 cm spowodowało istotną i proporcjonalną do wielkości skrócenia redukcję łącznej długości korzeni oraz liczby wierzchołków i rozgałęzień.

- ✦ Zredukowanie korzeni szkieletowych do długości 5 cm nie miało istotnego (w porównaniu do korzeni 10 i 15 cm) wpływu na przeżywalność szkółkowanych sadzonek świerka w warunkach szkółki gruntowej.
- ✦ Po pierwszym sezonie wegetacyjnym najsilniejszą regeneracją korzeni charakteryzowały się sadzonki, którym przed sadzeniem (szkółkowaniem) skrócono korzenie szkieletowe do 5 cm. Miały one największą łączną długość korzeni oraz liczbę wierzchołków i rozgałęzień, w porównaniu z sadzonkami z pozostałych wariantów (skrócenie do 10 i 15 cm), przy najmniejszych przyrostach wysokości i grubości pędów. Uzyskany efekt wpłynął na poprawę (zwiększenie) proporcji części podziemnej do nadziemnej sadzonek.
- ✦ Przy wiosennym szkółkowaniu dwuletnich sadzonek świerka w warunkach leśnych szkółek gruntowych posiadających deszczownie można zalecić skracanie korzeni szkieletowych do 5 cm. Tak silne skrócenie ułatwia sadzenie, ogranicza powstawanie deformacji korzeni oraz stymuluje do rozwoju system korzeniowy po szkółkowaniu.
- ✦ Do zakładania upraw leśnych można zalecić dwuletnie sadzonki świerka o korzeniach szkieletowych skróconych do 10 cm. Brak możliwości deszczowania w uprawach, szczególnie w okresach suszy, może zmniejszyć przeżywalność świerków o 5-centymetrowych korzeniach szkieletowych, zaś dłuższe korzenie (15 cm) mogą ulegać deformacjom podczas sadzenia.

Literatura

- Borisenko N. P., Burowskaja E. V. 1979. Formirowanije kornevych sistem sejancev sosny. Les. Choz. 11: 34-35.
- Borkowska B. 1997. Regulatory wzrostu i rozwoju roślin. Tom 1: Właściwości i działanie. PWN, Warszawa.
- Buraczyk W., Kapuścińska M. 2010. Effects of pruning of vertical roots on growth of one-year Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the first year after transplanting. Folia Forestalia Polonica, ser. A Forestry 52 (1): 26-32.
- Czerwiński W. 1976. Fizjologia roślin. PWN, Warszawa.
- Gorzelać A. 1991. Produkcja sadzonek w środowisku kontrolowanym. Poradnik leśniczego. Wyd. Świat, Warszawa.
- Gunia S., Sobczak R. 1980. Metody intensywnej produkcji sadzonek drzew leśnych. PWRiL, Warszawa.
- Kays J. S., Canham C. D. 1991. Effects of time and frequency of cutting on hardwood root reserves and sprout growth. Forest Science 37: 524-539.
- Kłoskowska A. 1995. Wpływ podcinania systemów korzeniowych na wzrost jedno- i dwuletnich siewek dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w szkółce leśnej. Pr. IBL, ser. A 801/808: 59-76.
- Kłoskowska A. 1996. Formowanie systemów korzeniowych sadzonek drzew leśnych. Biblioteczka leśniczego. Wydawnictwo Świat.
- Niemcewicz A. 1995. Podcinanie korzeni sadzonek. Głos Lasu 7: 8-10.
- Parviainen J. 1982. Die Wurzelentwicklung von Forstpflanzen im Pflanzgarten und am Pflanzort. AFJZ 9/10: 166-170.
- Šebánek J., Králík J., Klíčová Š., Vítková H., Psota V., Netočný T. 1991. Morphological atavisms and rhizogenesis in woody species. Lesnictví 289-294.
- Stupendick J. T., Shepherd K. R. 1979. Root regeneration of root-pruned *P. radiata* seedlings. II. Effects of air and soil temperature. Australian Forestry 42 (3): 142-149.

SUMMARY

Influence of root system shortening of two-year-old seedlings of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) on their growth after planting

Presented study investigated the influence of shortening on growth of root systems of 2-years-old Norway spruce seedlings after development in nursery in Czechy Orlańskie, Bielsk Podlaski Forest District (eastern Poland).

In April 2006 2-years-old spruce seedlings with their root system previously shortened to the length of 5, 10 and 15 cm were planted in the nursery. Before planting, all seedlings were

measured and their roots were scanned and analysed with WinRhizo V2003a software. Scanning were performed in water so that seedlings could be planted without risk of roots being dried out. In autumn 2006 seedlings were dig out and re-measured. Shoots and roots increments as well as roots regeneration ability were calculated and assessed.

During the first vegetation season after the development in nursery, the greatest regeneration was observed in case of root systems shortened to 5 cm. These seedlings had the longest roots that characterised with the highest number of tips and nodes. Strong reduction of roots before planting in the nursery caused slight decrease in increment of aboveground part of the seedlings. The highest correlation between total length of roots before planting and other features after the development in the nursery was found for spruces with roots shortened to 5 cm.