

HENRYK ŻYBURA, MARTA ALEKSANDROWICZ-TRZCIŃSKA, STANISŁAW DROZDOWSKI, ZBIGNIEW WOŁCZYK

Wpływ sposobu postępowania z pozostałościami zrębowymi i przygotowania gleby na zrębie na wzrost sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w 6-letniej uprawie

Effects of logging slash management methods and soil preparation methods on the clear-cut on growth of 6-year-old Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stand

ABSTRACT

Żybura H., Aleksandrowicz-Trzcińska M., Drozdowski S., Wołczyk Z. 2016. Wpływ sposobu postępowania z pozostałościami zrębowymi i przygotowania gleby na zrębie na wzrost sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w 6-letniej uprawie. Sylwan 160 (4): 267-276.

Different methods of logging slash management (LSM) and methods of soil preparation (MSP) can create different conditions for the growth of forest trees. This occurs through variation in soil aeration, tree nutrition or microbial conditions. These factors are modified by climate, soil fertility, treats from insects or fungal pathogens and renewed species. The aim of this study was to compare effects of three LSM methods: 1) crushing and mixing with the soil by Mery Crusher, 2) chopping and leaving on the soil surface, and 3) removal from the clear-cut, and three MSP: 1) double-mouldboard forest plough LPz-75, 2) active plough U-162, and 3) forest mill FAO-FAR FV 4088 on biometric parameters, density and survival of six-years old Scots pine seedlings. Field research was conducted in Narol Forest District (south-eastern Poland). The soil in the study area was classified as brown podzolic, formed on loose sands with typical mor humus. The experiment was established by planting 10 000 one-year-old pine seedlings per hectare, after clear cut and followed by a two-factor block design consisting of nine variants distinguished on the basis of LSM and MSP randomly assigned to each of the three blocks. Tree height and root collar diameter were measured three times, at the end of 1st, 3rd and 6th growing season. The results showed no statistically significant differences in the size of the analyzed parameters of planted seedlings. Seedlings in the variant with site preparation by crusher and forest mill were slightly higher and thicker. This indicates the better trophic conditions in that variant. LSM did not affect either seedlings density or their survival. A slightly higher survival rate and tree density occurred in variants with crusher regardless of soil preparation method. It follows that, all presented experimental variants give similar results. Therefore, selection of the most appropriate methods of site and soil preparation should primarily respect ecological and economic indicators, and such local factors as microclimate, mainly precipitation, site fertility and threats from pests and fungal diseases.

KEY WORDS

logging slash, planting, Scots pine, soil preparation

ADDRESSES

Henryk Żybyra ⁽¹⁾ – e-mail: henryk_zybyra@sggw.pl

Marta Aleksandrowicz-Trzcińska ⁽²⁾ – e-mail: marta_aleksandrowicz_trzcinaska@sggw.pl

Stanisław Drozdowski ⁽¹⁾ – e-mail: stanislaw_drozdowski@sggw.pl

Zbigniew Wołczyk ⁽¹⁾ – e-mail: zwolczyk@o2.pl

⁽¹⁾ Katedra Hodowli Lasu, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

⁽²⁾ Katedra Ochrony Lasu i Ekologii, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

Wstęp

Jedną z podstawowych zasad trwałości lasu jest konieczność jego odnowienia po użytkowaniu. Dzisiaj, wobec dużych zagrożeń dla lasu zarówno ze strony czynników biotycznych, jak i abiotycznych, poszukuje się takich metod odnowienia, które zapewniają najlepsze warunki dla wzrostu i rozwoju młodego pokolenia. Właściwy dobór odpowiedniej metody przygotowania powierzchni i gleby ma duże znaczenie dla dalszego funkcjonowania ekosystemu leśnego, jak również zachowania różnorodności biologicznej na odnawianych powierzchniach [Jactel i in. 2009].

Odnowienie zrębu przy zastosowaniu środków technicznych na wyższym niż ręcznym poziomie wymaga odpowiedniego przygotowania jego powierzchni. Generalnie można wyróżnić pięć sposobów postępowania z pozostałościami zrębowymi: spalanie, mechaniczne usunięcie, pozostawienie na zrębie, rozdrobnienie i pozostawienie na powierzchni lub wymieszanie z glebą [Gornowicz 2004, 2005].

Spalanie pozostałości zrębowych jest uważane za technologię nieprzyjazną środowisku leśnemu [Gornowicz 2005]. Powoduje wydzielanie do atmosfery dużych ilości tlenków węgla i azotu oraz wzrost temperatury gleby, nawet do 620°C, do głębokości 50 cm [Wojtkowiak i in. 2003a, b], co pociąga za sobą zamieranie edafonu glebowego. Efektem spalania gałęzi i igliwia jest również gwałtowny wzrost zawartości składników mineralnych w glebie i szybkie ich wymycie poza zasięg korzeni, a także wzrost kwasowości gleby, średnio o pH=0,4 [Gornowicz 2004, 2005]. Usunięcie pozostałości zrębowych prowadzi do kilkudziesięcioprocentowych ubytków pierwiastków biogennych, zmian właściwości fizyczno-mechanicznych gleby oraz pogorszenia jej struktury [Gornowicz 2004]. Pozostawienie gałęzi z igliwem w całości jest technologią przyjazną środowisku i najtańszą [Suwała 2005]. Wadą tej metody jest stwarzanie dużego zagrożenia ze strony owadów i chorób grzybowych oraz pożarów, szczególnie jeśli pozostałości są skupione w formie wałów lub stosów. Korzystniejsze jest rozrzucenie pozostałości równomiernie na powierzchni zrębu [Korczyński 2004; Kolk 2005]. Rozdrobnienie pozostałości zrębowych i pozostawienie ich na powierzchni lub wymieszanie z glebą to metody proekologiczne, lecz kosztowne [Sowa 2005].

W celu stworzenia optymalnych warunków do wzrostu sadzonek na zrębie zalecane jest mechaniczne przygotowanie gleby [Zasady... 2003; Löf i in. 2006]. Jest ono niezbędne dla ograniczenia konkurencji o światło, wodę i składniki pokarmowe sadzonek z roślinnością na zrębie [Nilsson, Örlander 1999; Prévosto, Ripert 2008]. Poprawia warunki wilgotnościowe i ciepłe gleby, jej strukturę i napowietrzanie, przyspiesza rozkład materii organicznej, zwiększając dostępność substancji mineralnych [Mallik, Hu 1997; Nilsson, Örlander 1999; Bedford, Sutton 2000; Smolander i in. 2000]. Niekorzystnym aspektem przygotowania gleby na zrębie może być spadek produktywności siedliska, nawet w krótkim okresie, spowodowany przyspieszeniem tempa dekompozycji i mineralizacji materii organicznej [Lundmark-Thelin, Johansson 1997;

Nordborg, Nilsson 2003], chociaż Örlander i in. [1996] uważają, że ryzyko wystąpienia takiego zjawiska nawet na ubogim siedlisku jest w długim okresie nieznaczne.

W polskim leśnictwie przez wiele lat do przygotowania gleby na zrębie stosowano pług dwuodkładnicowy LPz. Użycie tego narzędzia prowadzi do stosunkowo silnej ingerencji w środowisko glebowe, obejmującej całą powierzchnię zrębu. Od niedawna stosuje się również pługi aktywne jedno- lub dwutalerzowe oraz frez leśny. Ich zaletą jest znacznie mniejsza ingerencja w środowisko glebowe [Neugebauer 2008].

Dotychczasowe wyniki badań pokazały, że w długich przedziałach czasowych najslabszy wzrost drzew uzyskuje się w warunkach wyorania bruzd do gleby mineralnej, a najlepszy przez wymieszanie gleby mineralnej z warstwą organiczną [MacKenzie i in. 2005; Boateng i in. 2006]. W polskich warunkach uprawy powstałe z sadzenia i samosiewu na glebie przygotowanej frezem leśnym charakteryzowały się niskim zagęszczeniem i przeżywalnością, ale bardzo dobrym wzrostem w porównaniu z innymi metodami przygotowania gleby [Pigan 2009, 2010; Aleksandrowicz-Trzcńska i in. 2014].

Celem badań było porównanie trzech sposobów postępowania z pozostałościami zrębowymi (rozdrobienie kruszarką lub rębakiem, usunięcie poza granice zrębu) i trzech sposobów przygotowania gleby (pługiem LPz, pługiem aktywnym oraz frezem leśnym) na wzrost, przeżywalność i zagęszczenie drzew w 6-letniej uprawie sosnowej powstałej z sadzenia. Założono, że wyniki badań pozwolą na wskazanie optymalnych metod postępowania przy wykonywaniu prac na odnawianym zrębie, zarówno ze względów ekologicznych, jak i hodowlanych oraz gospodarczych.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono w Nadleśnictwie Narol (RDLP w Krośnie). Powierzchnię badawczą o wymiarach 40×135 m założono na zrębie zupełnym. Jej dłuższy bok był zorientowany w kierunku południowy wschód – północny zachód. Od strony południowo-zachodniej powierzchnia graniczy z 88-letnim drzewostanem sosnowym. Z trzech pozostałych stron znajduje się zręb zupełny, odnowiony sadzeniem jednoroczną sosną. Gleba w miejscu badań została sklasyfikowana jako rdzawa właściwa wytworzona z piasków luźnych z próchnicą mor typowy. Przed wycięciem drzewostan stanowiła 87-letnia sosna zwyczajna, rosnąca na siedlisku Bśw.

Doświadczenie składało się z 9 wariantów wyodrębnionych ze względu na sposób postępowania z pozostałościami zrębowymi (rozdrobienie kruszarką lub rębakiem, usunięcie poza granice zrębu) oraz sposób przygotowania gleby: pługiem leśnym dwuodkładnicowym LPz 75, frezem leśnym FAO-FAR FV 4088 i pługiem aktywnym jednotalerzowym U-162. Założono je w układzie trzech bloków losowanych. Z powodu przestrzennych różnic w uwarunkowaniach środowiskowych wynikających z położenia ściany drzewostanu (konkurencja korzeniowa drzew, mikroklimat) każdy z trzech bloków był położony równolegle do ściany drzewostanu. W każdym bloku wydzielono po 9 działek o wymiarach 4,5×15 m. Pierwszy z wariantów postępowania z pozostałościami zrębowymi polegał na zastosowaniu kruszarki Mery Crusher MJ 1.8. Urządzeniem roboczym jest walec z bijakami o średnicy 46 cm i długości 200 cm. Pozostałości zrębowe w postaci drobnych gałęzi i igliwia zostały rozdrobnione i zmieszane z runem, warstwą próchnicy i glebą mineralną. Rozdrobnione zostały również małe pniaki i korzenie znajdujące się na powierzchni lub tuż pod nią. Grubość warstwy spulchnionej gleby wynosiła około 15 cm. Drugi sposób przygotowania powierzchni polegał na rozdrobnieniu pozostałości rębakiem. Zrębkowaniu podlegały pozostałości o średnicy w grubszym końcu do 24 cm. Zrębki zostały rozsypane równomiernie na całej powierzchni. Trzeci wariant polegał na wyniesieniu pozostałości poza granice zrębu. Jednoroczne sadzonki sosny zostały posadzone w więźbie 0,7×1,5 m (na każdej działce wyznaczono

66 miejsc sadzenia w 3 rzędach). Pomiary wykonano trzykrotnie: po 1., 3. i 6. sezonie wzrostu. Każdorazowo mierzono wysokość i średnicę w szyjce korzeniowej wszystkich sadzonek na powierzchni.

Przed przystąpieniem do analiz statystycznych policzono średnie wartości analizowanych cech dla każdego wariantu w bloku i sprawdzono zgodność rozkładu tych cech z rozkładem normalnym, stosując test W Shapiro-Wilka, oraz porównano jednorodność wariancji testem Levene'a. W przypadku wysokości, grubości w szyjce korzeniowej i zagęszczenia sosen, które spełniły powyższe założenia, wykonano dwuczynnikową analizę wariancji oraz test *post-hoc* HSD Tukeya ($\alpha=0,05$). Do obliczeń zastosowano ogólny model liniowy (GLM) z pakietu Statistica (StatSoft, Inc.):

$$Y_{ijm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_m + (\beta\gamma)_{jm} + \varepsilon_{ijm}$$

gdzie:

μ – średnia ogólna,

α_i – wpływ bloku ($i=1-3$),

β_j – wpływ sposobu przygotowania powierzchni ($j=1-3$),

γ_m – wpływ sposobu przygotowania gleby ($m=1-3$),

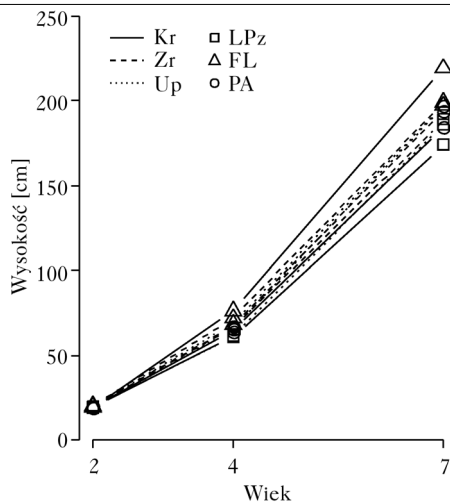
ε_{ijm} – składnik losowy.

W przypadku przeżywalności sosen, wyrażonej w procentach, użyto nieparametrycznego testu Kruskala-Wallisa ($\alpha=0,05$).

Wyniki

Wysokość sadzonek sosny nie różniła się istotnie statystycznie w zależności od sposobu postępowania z pozostałościami zrębowymi i przygotowania gleby (tab.). Nieco lepiej przyrastały na wysokość drzewka z wariantu z rozdrobnieniem pozostałości kruszarką i przygotowaniem gleby frezem, które w wieku 7 lat osiągnęły średnią wysokość 219 cm (ryc. 1).

Grubość w szyi korzeniowej sadzonek kształtowała się podobnie jak ich wysokość. Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w wielkości tej cechy w zależności od sposobu postępowania z pozostałościami zrębowymi i przygotowania gleby (tab.). Nieznacznie grubsze w szyi korzeniowej były sosny rosnące na powierzchni przygotowanej kruszarką i frezem. W wieku 7 lat osiągnęły one średnią grubość 48,6 mm (ryc. 2).



Ryc. 1.

Średnia wysokość [cm] sadzonek sosny zwyczajnej w uprawie w zależności od sposobu postępowania z pozostałościami zrębowymi i sposobu przygotowania gleby

Mean height [cm] of Scots pine seedlings in relation to methods of logging slash management and soil preparation

Kr – kruszarka, Zr – zrębki, Up – powierzchnia uprzątnięta, LPz – pług LPz, FL – frez, PA – pług aktywny

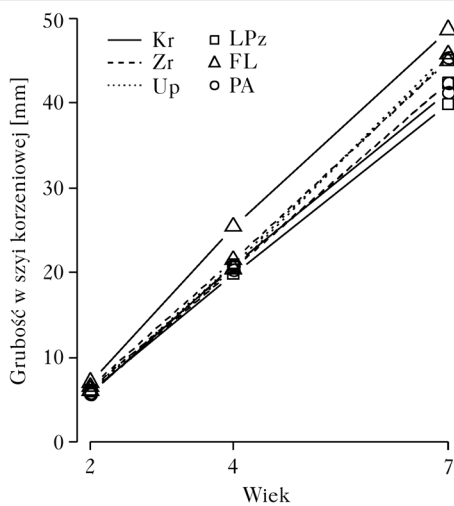
Kr – slash crushing and mixing with the soil, Zr – slash chopping and leaving on the soil surface, Up – slash removal, LPz – double-mouldboard forest plough, FL – forest mill, PA – active plough

Przeżywalność sosny po 6 latach wzrostu w uprawie, we wszystkich wariantach, była wysoka, zawierała się w przedziale od 89,4% (kruszaraka, frez) do 81,2% (powierzchnia uprzątnięta, LPz) i nie różniła się istotnie pomiędzy wariantami ($H=6,1467$, $p=0,0463$ sosna 2-letnia; $H=7,3286$, $p=0,5016$ sosna 4-letnia; $H=5,0363$, $p=0,7537$ sosna 7-letnia). Po 6 latach wzrostu w uprawie najwyższą przeżywalnością charakteryzowały się drzewka rosnące na powierzchni przygotowanej kruszarką, bez względu na sposób przygotowania gleby (ryc. 3).

Zagęszczenie sosen kształtowało się podobnie jak przeżywalność. Nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie w wielkości tej cechy w zależności od sposobu postępowania z pozostałościami zrębowymi i przygotowania gleby. Po 6 latach wzrostu w uprawie nieznacznie wyższym zagęszczeniem charakteryzowały się drzewka rosnące na powierzchni przygotowanej kruszarką, bez względu na sposób przygotowania gleby (tab., ryc. 4).

Dyskusja

Sposób postępowania z pozostałościami zrębowymi (zrębkowanie i pozostawienie na powierzchni, rozdrobnienie kruszarką i wymieszanie z glebą lub usunięcie z powierzchni), jak również

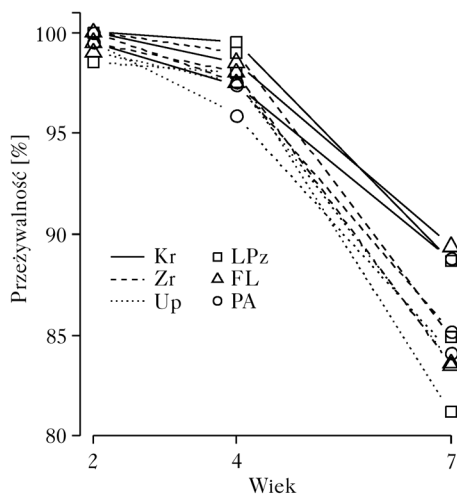


Ryc. 2.

Średnia grubość w szyjce korzeniowej [mm] sadzonek sosny w uprawie w zależności od sposobu postępowania z pozostałościami zrębowymi i sposobu przygotowania gleby

Mean root collar diameter [mm] of Scots pine seedlings in relation to methods of logging slash management and soil preparation

oznaczenia jak na rycinie 1, denotes as in figure 1



Ryc. 3.

Średnia przeżywalność [%] sadzonek sosny uprawie w zależności od sposobu postępowania z pozostałościami zrębowymi i sposobu przygotowania gleby

Mean survival [%] of Scots pine seedlings in relation to methods of logging slash management and soil preparation

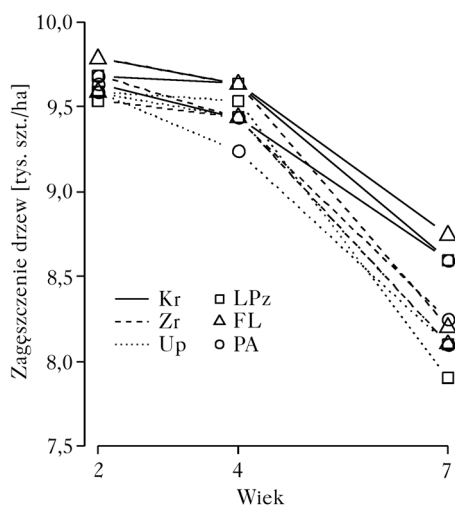
oznaczenia jak na rycinie 1, denotes as in figure 1

Tabela.

Wpływ sposobu postępowania z pozostałościami zrębowymi (P) i przygotowania gleby (G) na wysokość (H), grubość w szyi korzeniowej (D0) i zagęszczenie (Zag) sadzonek sosny zwyczajnej po 1., 3. i 6. sezonie wzrostu

Effect of logging slash management (P) and soil preparation methods (G) on height (H), root collar diameter (D0) and density (Zag) of Scots pine seedlings after first, third and sixth growing season

		1		3		6	
		F	p	F	p	F	p
H	Blok	0,20	0,820	0,38	0,684	0,55	0,591
	P	0,95	0,409	0,25	0,780	>0,01	0,995
	G	0,63	0,545	2,36	0,126	0,98	0,396
	P×G	0,14	0,963	0,27	0,890	0,32	0,855
D0	Blok	2,96	0,080	0,17	0,840	1,97	0,171
	P	0,25	0,778	0,26	0,773	0,24	0,784
	G	3,28	0,063	0,58	0,568	0,72	0,501
	P×G	0,54	0,702	0,49	0,740	0,27	0,891
Zag	Blok	0,08	0,914	0,04	0,953	0,43	0,654
	P	1,16	0,336	0,90	0,423	1,61	0,229
	G	1,16	0,336	1,47	0,257	0,09	0,908
	P×G	0,58	0,678	0,33	0,851	0,02	0,999



Ryc. 4.

Średnie zagęszczenie [szt./ha] sadzonek sosny w uprawie w zależności od sposobu postępowania z pozostałościami zrębowymi i sposobu przygotowania gleby

Average density [seedlings/ha] of Scots pine seedlings in relation to methods of logging slash management and soil preparation

oznaczenia jak na rycinie 1, denotes as in figure 1

sposób przygotowania gleby (pługiem LPz, frezem leśnym lub pługiem aktywnym) nie miały wpływu na podstawowe parametry: wysokość i grubość szyi korzeniowej drzew oraz zagęszczenie i przeżywalność sosny w uprawie założonej z sadzenia w pierwszych 6 latach hodowli. Wyniki te różnią się od uzyskanych przez Gornowicza i in. [2007a, b]. Autorzy ci obserwowali niższą przeżywalność i słabszy wzrost na wysokość drzew w 5-letniej uprawie sosnowej po usunięciu lub spalaniu pozostałości zrębowych w porównaniu z ich pozostawieniem, niezależnie od sposobu ich traktowania – pozostawienia w całości lub rozdrobnienia. W badaniach tych sosna istotnie lepiej przyrastała w wyniku przygotowania gleby pługiem LPz.

Różne sposoby przygotowania powierzchni zrębu i gleby mogą różnokierunkowo wpływać na wzrost i przeżywalność sadzonek poprzez kształtowanie stosunków wodno-powietrznych, troficznych [Gornowicz 2005; Sewerniak i in. 2012] i mikrobiologicznych gleby [Kwaśna i in. 2015] w zależności od żyzności siedliska, warunków pogodowych (opady i temperatura, szczególnie

w pierwszym roku po założeniu uprawy), zagrożenia ze strony owadów i patogenów grzybowych oraz odnawianego gatunku.

Usunięcie pozostałości zrębowych jest uważane za technologię nieprzyjazną środowisku, pozabawiającą glebę na 1 ha: 109 kg azotu, 18 kg fosforu, 40 kg potasu, 57 kg wapnia i 7 kg magnezu [Gornowicz 2005]. Niniejsze badania nie wykazały słabszego wzrostu i niższej przeżywalności sosny w wariantach z usunięciem pozostałości zrębowych (bez względu na sposób przygotowania gleby) w okresie 6 lat od założenia uprawy. Podobne wyniki w 4-letniej uprawie *Pinus concorta* uzyskał Landhäusser [2009]. Autor ten uważa, że główną przyczyną dobrego wzrostu sosny po usunięciu pozostałości zrębowych był wzrost temperatury gleby uzyskany zarówno na powierzchniach bez przygotowania gleby, jak i z różnym przygotowaniem. Z kolei doświadczenie z *Pinus pinaster* przeprowadzone w cieplejszym klimacie (w Portugalii) pokazało lepszy wzrost korzeni w wariantach z rozrzuconiem pozostałości zrębowych na powierzchni gleby, co było efektem redukcji ewaporacji wody z gleby [Gómez-Rey i in. 2008]. W cytowanych badaniach silniejszy wpływ na wzrost różnych gatunków sosen miały warunki ekologiczne (klimatyczne) niż troficzność siedliska.

Pozostawienie gałęzi z igliwem jest przede wszystkim zabiegiem przeciwdziałającym ubożeniu gleby w składniki pokarmowe [Gornowicz 2005]. Jego celem jest stworzenie lepszych warunków troficznych dla wzrostu młodego pokolenia. Uzyskany efekt może być jednak zależny od odnawianego gatunku. Dla sosny, mającej dużą tolerancję na troficzność siedliska, sposób postępowania z pozostałościami zrębowymi może nie mieć istotnego wpływu na wzrost. Potwierdzają to wyniki uzyskane w niniejszym doświadczeniu. Można przypuszczać, że istotne różnice w tempie wzrostu będą obserwowane w doświadczeniach z gatunkami o większych wymaganiach siedliskowych.

Korzystnym aspektem usunięcia pozostałości zrębowych jest zmniejszenie zagrożenia ze strony owadów – szeliniaka sosnowca, gatunków kambio- i ksylofagicznych oraz grzybów patogennych, takich jak *Gremmeniella abietina* i *Cenangium ferruginosum* [Kolk 2005]. Również Kwaśna i in. [2015] wykazali, że usuwanie pozostałości zrębowych jest korzystne z punktu widzenia mikrobiologii gleby, gdyż skutkuje wzrostem liczebności grzybów antagonistycznych w stosunku do patogenów korzeniowych (*Armillaria* i *Heterobasidion*). Wymienieni autorzy obserwowali m.in. wzrost liczebności populacji grzybów z rodzaju *Trichoderma*, będący efektem braku konkurencji ze strony grzybów należących do typu *Basidiomycota*, które licznie występują na drewnie. Grzyby z rodzaju *Trichoderma* znajdują szerokie zastosowanie w biologicznej metodzie ochrony roślin, działając na zasadzie konkurencji, antybiozy i pasożytnictwa [Harman 2011].

Sposób postępowania z pozostałościami zrębowymi i sposób przygotowania gleby istotnie wpływają na warunki troficzne, w jakich będą rosły sadzonki. Wymieszanie z glebą rozdrobnionych kruszarką pozostałości zrębowych przyspiesza proces mineralizacji, co powoduje większą dostępność składników pokarmowych w strefie korzenia się sadzonek w porównaniu z wariantami z równomiernie rozłożonymi na powierzchni gleby pozostałościami rozdrobnionymi rębakiem. Najniższa zawartość składników pokarmowych w glebie miała miejsce w wariantach z usuniętymi pozostałościami zrębowymi [Gornowicz 2004, 2005]. Odstonięcie gleby mineralnej przez wyoranie bruzd pługiem LPz powoduje, że zawartość azotu i kationów: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ i Na^+ w strefie korzenia się siewek jest dwu- lub nawet trzykrotnie mniejsza niż na pasach wykonanych frezem [Sewerniak i in. 2012]. Można przypuszczać, że zawartość składników mineralnych w glebie na dnie bruzd wyoranych pługiem aktywnym, gdzie niewielka ilość próchnicy została wymieszana z glebą mineralną, będzie pośrednia. Mimo dużego zróżnicowania warunków troficznych w poszczególnych wariantach doświadczenia sosny nie różniły się istotnie parametrami

biometrycznymi. Nieco szybciej przrastały sadzonki przy przygotowaniu powierzchni kruszarką i gleby frezem, co potwierdza występowanie lepszych warunków troficznych w tym wariancie. Jednak na żyznych siedliskach takie postępowanie może mieć niekorzystne konsekwencje. Badania Majdi i in. [2008] wykazały, że wysoka zawartość azotu w wyniku mineralizacji pozostałości zrębowych spowodowała redukcję biomasy korzeni oraz zmniejszenie produkcji grzybni grzybów mykoryzowych w drzewostanie świerkowym. Innym zagrożeniem, jakie niesie przygotowanie powierzchni kruszarką i gleby frezem, jest ryzyko wystąpienia niedoborów wody, nie tylko w okresie suszy. Istnieje bowiem ujemna zależność zwilżalności wysuszonych próbek glebowych od zawartości próchnicy [Sewerniak i in. 2012].

Wyniki badań opisanych w niniejszym artykule, pokazujące brak różnic we wzroście i przeżywalności sosny w zależności od sposobu przygotowania powierzchni i gleby, wskazują, że w terenach o dużym zagrożeniu ze strony owadów i grzybów patogenicznych, a także na siedliskach żyznych usunięcie pozostałości zrębowych może okazać się zabiegiem korzystnym [Kolk 2005; Majdi i in. 2008; Kwaśna i in. 2015]. Z kolei na obszarach, gdzie ilość opadów jest niewielka, przygotowanie powierzchni zrębu kruszarką i gleby frezem może wiązać się z niską przeżywalnością i zagęszczeniem oraz słabym wzrostem sadzonek, co jest powodowane ich niewystarczającym zaopatrzeniem w wodę [Pigan 2009; Buraczyk i in. 2012; Sewerniak i in. 2012].

Rozdrobienie pozostałości zrębowych i wymieszanie ich z glebą jest metodą kosztowną w porównaniu z pozostałymi metodami [Suwała 2005]. W badaniach Sancheza i in. [2009] nie wykazano wzrostu zawartości węgla i zasobów składników mineralnych w glebie w wyniku takiego postępowania z pozostałościami. Nie uzyskano również lepszego wzrostu *Pinus taeda*, stąd autorzy nie znajdują uzasadnienia dla ponoszenia kosztów takiego zabiegu. W doświadczeniu opisanym w niniejszym opracowaniu sosny z wariantów z przygotowaniem gleby kruszarką charakteryzowały się tylko nieznacznie lepszymi parametrami biometrycznymi i przeżywalnością (różnice nie były istotne statystycznie).

Podsumowanie

Sposób postępowania z pozostałościami zrębowymi (zrębkowanie i pozostawienie na powierzchni, rozdrobienie kruszarką i wymieszanie z glebą lub usunięcie z powierzchni) oraz sposób przygotowania gleby (pługiem LPz, frezem leśnym oraz pługiem aktywnym) nie miały wpływu na podstawowe parametry: wysokość i grubość szyi korzeniowej drzew oraz zagęszczenie i przeżywalność sosny w uprawie założonej z sadzenia na ubogim siedlisku (Bśw) w pierwszych latach hodowli. Stąd przy doborze najbardziej odpowiedniej metody przygotowania powierzchni zrębu i gleby należy kierować się przede wszystkim wskazaniem ekologicznymi i ekonomicznymi, a także takimi czynnikami lokalnymi jak warunki mikroklimatyczne, szczególnie ilość opadów, żyzność siedliska oraz stopień zagrożenia ze strony szkodników owadzych i chorób grzybowych.

Literatura

- Aleksandrowicz-Trzecińska M., Drozdowski S., Brzeziecki B., Rutkowska P., Jabłońska B. 2014. Effect of different methods of site preparation on natural regeneration of *Pinus sylvestris* in Eastern Poland. *Dendrobiology* 71: 73-81.
- Bedford L., Sutton R. F. 2000. Site preparation for establishing lodgepole pine in the sub-boreal spruce zone of interior British Columbia: the Bednesti trial, 10-year results. *For. Ecol. Manage.* 126: 227-238.
- Boateng J. O., Heineman J. L., McClarnon J., Bedford L. 2006. Twenty year responses of white spruce to mechanical site preparation and early chemical release in the boreal region of northeastern British Columbia. *Can. J. For. Res.* 36: 2386-2399.
- Buraczyk W., Szeligowski H., Aleksandrowicz-Trzecińska M., Drozdowski S., Jakubowski P. 2012. Wzrost mikoryzowanych i niemikoryzowanych sadzonek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w warunkach zróżnicowanej wilgotności i żyzności podłoża. *Sylwan* 156 (2): 100-111.

- Gornowicz R. 2004. Wpływ wybranych sposobów utylizacji pozostałości zrębowych na środowisko i chemizm gleby. Postępy Techniki w Leśnictwie 87: 31-37.
- Gornowicz R. 2005. Technologie utylizacji pozostałości zrębowych na terenach nizinnych. Postępy Techniki w Leśnictwie 92: 7-12.
- Gornowicz R., Pilarek Z., Gałązka S. 2007a. Height changes of a five-year old pine plantation depending on the method of management of cutting residues and way of soil preparation. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 6 (3): 25-31.
- Gornowicz R., Pilarek Z., Gałązka S. 2007b. Survivability of Scots pine during the period of 5 years from the cultivation establishment in relation to the way of the preparation of the clear-cut surface for regeneration. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 6 (3): 33-39.
- Gómez-Rey M. X., Madeira M., Vasconcelos E. 2008. Effects of organic residue management and legume cover on growth of pine seedlings, nutrient leaching and soil properties. Ann. For. Sci. 65: 807-817.
- Harman G. E. 2011. Multifunctional fungal plant symbionts: new tools to enhance plant growth and productivity. New Phytol. 189: 647-649.
- Jactel H., Nicoll B. C., Branco M., Gonzalez-Olaberria J. R., Grodzki W., Långström B., Moreira F., Netherer S., Orazio C., Piou D., Santos H., Schelhaas M. J., Tojic K., Vodde F. 2009. The influences of forest stand management on biotic and abiotic risks of damage. Ann. For. Sci. 66: 701-718.
- Kolk A. 2005. Ocena wybranych sposobów utylizacji pozostałości zrębowych pod względem ochrony lasu. Postępy Techniki w Leśnictwie 92: 25-28.
- Korczyński I. 2004. Ocena sposobów utylizacji drewna gorszej jakości z punktu widzenia ochrony lasu. Postępy Techniki w Leśnictwie 87: 38-43.
- Kwasna H., Łakomy P., Gornowicz R., Mikiciński A., Behnke-Borowczyk J., Gałązka S. 2015. Struktura zbiorowisk grzybów i bakterii w glebie 1-roczej uprawy i 10-letniego młodnika w zależności od sposobu przygotowania gleby. Sylwan 159 (1): 71-81.
- Landhäuser S. M. 2009. Impact of slash removal, drag scarification, and mounding on lodgepole pine cone distribution and seedling regeneration after cut-to-length harvesting on high elevation sites. For. Ecol. Manage. 258:43-49.
- Lundmark-Thelin A., Johansson M. B. 1997. Influence of mechanical site preparation on decomposition and nutrient dynamics of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) needle litter and slash needles. For. Ecol. Manage. 97: 265-275.
- Löf M., Rydberg D., Bolte A. 2006. Mounding site preparation for forest restoration: Survival and short term growth response in *Quercus robur* L. seedlings. For. Ecol. Manage. 232:19-25.
- MacKenzie M. D., Schmidt M. G., Bedford L. 2005. Soil microclimate and nitrogen availability 10 years after mechanical site preparation in northern British Columbia. Can. J. For. Res. 35: 1854-1866.
- Majdi H., Truus L., Johansson U., Nylund J.-E., Wallander H. 2008. Effects of slash retention and wood ash addition on fine root biomass and production and fungal mycelium in Norway spruce stand in SW Sweden. For. Ecol. Manage. 255: 2109-2117.
- Mallik A. U., Hu D. 1997. Soil respiration following site preparation in boreal mixedwood forest. For. Ecol. Manage. 97: 265-275.
- Marciniak P. 2007. Pozostałości zrębowe i przygotowanie gleby a uprawa sosnowa. Las Polski 1: 20-21.
- Neugebauer Z. 2008. Poradnik dla operatorów maszyn leśnych agregowanych na ciągnikach. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Warszawa – Bedoń.
- Nilsson U., Örlander G. 1999. Vegetation management on grass-dominated clearcuts planted with Norway spruce in southern Sweden. Can. J. For. Res. 29: 1015-1026.
- Nordborg F., Nilsson U. 2003. Growth, damage and net nitrogen uptake in *Picea abies* (L.) Karst. seedlings, effects of site preparation and fertilization. Ann. For. Sci. 60: 657-666.
- Örlander G., Egnell G., Albrektson A. 1996. Long-term effects of site preparation on growth in Scots pine. For. Ecol. Manage. 86: 27-37.
- Piigan I. 2009. Wpływ sposobu przygotowania gleby na stan upraw sosnowych w warunkach siedlisk wilgotnych. Sylwan 153 (11): 745-757.
- Piigan I. 2010. Odnowienie naturalne sosny (*Pinus sylvestris* L.) na siedliskach wilgotnych przy zastosowaniu różnych metod przygotowania gleby. Sylwan 154 (8): 524-534.
- Prévosto B., Ripert C. 2008. Regeneration of *Pinus halepensis* stand after partial cutting in southern France: impacts of different ground vegetation, soil and logging slash treatments. For. Ecol. Manage. 256: 2058-2064.
- Sanchez F. G., Carter E. A., Leggett Z. H. 2009. Loblolly pine growth and soil nutrient stocks eight years after forest slash incorporation. For. Ecol. Manage. 257: 1413-1419.
- Sewerniak P., Gonet S. S., Quaium M. 2012. Wpływ przygotowania gleby frezem leśnym na wzrost sadzonek sosny zwyczajnej w warunkach ubogich siedlisk Puszczy Bydgoskiej. Sylwan 156 (11): 871-880.
- Smolander A., Paavolainen L., Mälkönen E. 2000. C and N transformations in forest soil after mounding for regeneration. For. Ecol. Manage. 134: 17-28.
- Sowa J. M. 2005. Utylizacja pozostałości zrębowych w górach. Postępy Techniki w Leśnictwie 92: 14-19.

- Suwała M. 2005.** Syntetyczna ocena porównawcza wybranych sposobów utylizacji pozostałości zrębowych. Postępy Techniki w Leśnictwie 92: 33-36.
- Wojtkowiak R., Nowiński M., Tomczak R. J. 2003a.** Spalanie pozostałości zrębowych a nagrzewanie się gleby. Sylwan 147 (6): 22-27.
- Wojtkowiak R., Nowiński M., Tomczak R. J. 2003b.** Spalanie pozostałości zrębowych a emisja lotnych produktów. Sylwan 147 (8): 55-60.
- Zasady Hodowli Lasu. 2003.** DGLP, Ośrodek Rozwojowo-Wdrożeniowy Lasów Państwowych w Bedoniu.