

PIOTR SEWERNIAK, SŁAWOMIR S. GONET, MAŁGORZATA QUAIUM

Wpływ przygotowania gleby frezem leśnym na wzrost sadzonek sosny zwyczajnej w warunkach ubogich siedlisk Puszczy Bydgoskiej

Impact of soil preparation with rotary tiller on growth of Scots pine plants on poor sites of the Bydgoszcz Forest

ABSTRACT

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.

The study was conducted in the Bydgoszcz Forest (Cierpiszewo Forest District) in the area of the lowest precipitation in Poland. In 4 plots (3 of rotary tiller and 1 – the comparative one – of plough soil preparation) measurement of Scots pines (*Pinus sylvestris* L.) and dry biomass of ground vegetation as well as soil investigations were performed. The best height and radial increment of pines were stated in the comparative plot (the soil cultivated by a plough) in spite of the distinct lowest of all plots soil moisture and nutrient stocks occurring there. The differences in plant growth can be explained by much more effective reduction of competition of ground vegetation in young plantations by a mouldboard plough than by a tiller. The results can also be explained by occurrence of unfavourable water conditions in rows prepared by a tiller during dry periods. The soil material in the rows is enriched in organic matter that results in increasing water repellence when it is dried. Rotary tiller should be recommended for soil preparation in the study area but on condition of successful ground vegetation removal from young pine plantations in some first years after planting.

KEY WORDS

soil preparation, rotary tiller, Scots pine, the Bydgoszcz Forest

ADDRESSES

Piotr Sewerniak – e-mail: sewern@umk.pl

Sławomir S. Gonet

Małgorzata Quaium

Zakład Gleboznawstwa; UMK; ul. Gagarina 9; 87-100 Toruń

Wstęp

W licznych opracowaniach podkreślane są pozytywne aspekty wykorzystania mało inwazyjnych metod uprawy gleby w gospodarce leśnej [Sławaska 2002, 2005; Brzeziecki 2008; Piirainen i in. 2009; Skłodowski 2009]. Ma to odzwierciedlenie w Zasadach Hodowli Lasu [2003], w których zaleca się stosowanie sposobów przygotowania gleby, które przy jak najmniejszym naruszeniu profilu glebowego i procesów glebotwórczych zapewnią powodzenie odnowienia lasu. W efekcie do uprawy gleby na siedliskach świeżych coraz powszechniej wykorzystuje się w polskich lasach frez leśny, który w znacznie mniejszym stopniu przekształca morfologię gleb na powierzchni zrębu niż stosowany tradycyjnie pług LPZ [Sewerniak i in. 2011].

Zagadnienie wpływu przygotowania gleby na wzrost sosny było często poruszane w publikacjach naukowych [Mucha i in. 1976; Mäkitalo 1999; Andrzejczyk i in. 2003; Ceitel i in. 2003;

Andrzejczyk, Augustyniak 2007; Gornowicz i in. 2007]. W dotychczasowej bibliografii bardzo nieliczne są jednak prace dotyczące wzrostu sosny na uprawach z glebą przygotowaną frezem leśnym [Gorczyca, Iskra 2005; Marciniak 2007; Pigan 2009, 2010], co w dużym stopniu wynika z relatywnie krótkiego okresu stosowania tego urządzenia w polskich lasach.

Celem pracy jest określenie wpływu uprawy gleby frezem leśnym na wzrost sadzonek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w warunkach ubogich siedlisk Puszczy Bydgoskiej na tle wybranych uwarunkowań ekologicznych (właściwości gleby, biomasa roślin runa, rzeźba terenu). Ze względu na to, że wykorzystanie frezu stanowi alternatywę dla pługa LPZ, cel badań realizowano w nawiązaniu do tradycyjnego sposobu leśnej uprawy gleby.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono na terenie Nadleśnictwa Cierpiszewo (kraina III Wielkopolsko-Pomorska, dzielnica Kotliny Toruńsko-Płockiej) na 4 powierzchniach badawczych reprezentujących 2 dominujące na terenie Puszczy Bydgoskiej taksony glebowe oraz związane z nimi jednostki krajobrazowe: gleby rdzawe bielcowe (RDb) piaszczystych teras rzecznych oraz gleby bielcowe właściwe (Bw) pól wydmy. Badane gleby cechowały się uziarnieniem piasku luźnego oraz kwaśnym odczynem [Sewerniak i in. 2011]. Powierzchnie zlokalizowane na terasie rzecznej znajdowały się w leśnictwie Zielona, oddz. 40b. Stanowisko z glebą przygotowaną pługiem LPZ (obiekt LPZ) miało współrzędne 53°00'18" N, 18°24'01" E, a z przygotowaną frezem (FR) – 53°00'02" N, 18°24'08" E. Obiekty zlokalizowane po północnej (52°56'39" N, 18°31'43" E) i południowej (52°56'36" N, 18°31'44" E) stronie wydmy znajdowały się w leśnictwie Chorągiewka, oddz. 250d. W obu przypadkach glebę przygotowano frezem (odpowiednio FR-N i FR-S). Wszystkie powierzchnie badawcze zlokalizowano w uprawach sosnowych założonych na zrębach zupełnych (rębni Ib) na siedlisku boru świeżego. Na trzech analizowanych uprawach gleba została przygotowana za pomocą frezu leśnego z OTL w Jarocinie (warianty FR, FR-N i FR-S), a na powierzchni porównawczej – pługiem LPZ (wariant LPZ). Teren badań, ze średnioroczną ilością opadów atmosferycznych około 520 mm [Wójcik, Marciniak 2006], należy do najsuchszych obszarów w Polsce.

Badane uprawy założone zostały w roku 2005 i 2006 z wykorzystaniem jednorocznych sadzonek sosny (1/0) w zagęszczeniu 9300 szt./ha (tab. 1). Na każdej powierzchni badawczej zmierzono wysokość sosen w kolejnych latach wzrostu (na podstawie okółków rocznych) oraz grubość pędu głównego na wysokości 5 cm nad powierzchnią gruntu. Pomiarów drzew dokonano dwukrotnie (jesienią 2007 i wczesną wiosną 2011 roku) na poletkach próbnym rozmieszczonych w siatce prostokątów. Pojedyncze poletko próbne stanowiły 2 sąsiednie rzędy sosny o długości

Tabela 1.

Charakterystyka powierzchni badawczych
Characteristics of the study plots

Obiekt	Rok założenia uprawy	Wiek sosny podczas pomiarów	Łączna długość rzędów, na których mierzono sosny [mb]	Liczba zmierzonych sosen [szt.]
LPZ	2006	3 i 6	240 (2007), 210 (2011)	305 (2007), 237 (2011)
FR	2006	3 i 6	240 (2007), 210 (2011)	291 (2007), 227 (2011)
FR-N	2005	4 i 7	135 (2007), 105 (2011)	130 (2007), 95 (2011)
FR-S	2005	4 i 7	135 (2007), 105 (2011)	155 (2007), 102 (2011)

LPZ – pług dwuodkładnicowy na terasie rzecznej, FR – frez na terasie rzecznej, FR-N – frez na północnym stoku wydmy, FR-S – frez na południowym stoku wydmy; w nawiasach rok pomiaru sosen
LPZ – double mouldboard plough on river terrace, FR – rotary tiller on river terrace, FR-N – rotary tiller on northern dune slope, FR-S – rotary tiller on southern dune slope; year of the measurement given in brackets

15 m (tab. 1). Udatność upraw określono na podstawie liczby wypadów notowanych podczas prac terenowych.

Na każdej powierzchni badawczej za pomocą wbijaka glebowego pobrano z rzędów (w 10 powtórzeniach) próbki gleby z głębokości 0-25 cm w celu oznaczenia gęstości objętościowej i zasobów próchnicy. Na powierzchniach w oddz. 40b (LPZ i FR) dodatkowo wzięto jedną próbkę łączoną z 10 powtórzeń w celu określenia zawartości i zasobów kationów kwasowych (H^+ + Al^{3+}) i zasadowych (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+). W trzech terminach (30.05.2007, 17.09.2007, 1.04.2008) pobrano z rzędów próbki w celu określenia wilgotności aktualnej gleby. Na wszystkich powierzchniach pobierane były one z głębokości 3-8 cm, a na powierzchniach LPZ i FR dodatkowo także z głębokości 20-25, 55-60 i 90-95 cm. Na każdej powierzchni badawczej określono też suchą biomasa roślin runa, wykonując w okresie letnim 20 rzutów okręgiem o powierzchni 0,1 m². Z powierzchni tych wycięto przy gruncie wszystkie rośliny runa, a następnie wysuszono je w temperaturze 65°C i zważono.

Analizy laboratoryjne wykonano z wykorzystaniem następujących metod: straty prażenia – metodą spalania w temperaturze 550°C, gęstość objętościowa i wilgotność aktualna – metodą suszarkowo-wagową, zawartość kationów kwasowych – metodą Kappena, zawartość kationów zasadowych po wyparciu kationów z próbki 1M roztworem CH_3COONH_4 : Na^+ i K^+ – metodą emisyjnej spektrometrii płomieniowej z dodatkiem cezu oraz Ca^{2+} i Mg^{2+} – metodą ASA z dodatkiem lantanu. Zasoby azotu obliczono, wykorzystując zawartości tego pierwiastka w poszczególnych poziomach genetycznych badanych gleb [Sewerniak i in. 2011].

Normalność rozkładu zmiennych badano, wykorzystując test W Shapiro-Wilka. Istotność różnic między średnimi z dwóch prób niezależnych określono, wykorzystując test t-Studenta w przypadku rozkładu normalnego zmiennych lub nieparametryczny test U Manna-Whitneya dla zmiennych o rozkładzie różnym od normalnego. Ze względu na niejednorodną wariancję lub brak normalnego rozkładu zmiennych dla określenia różnic między średnimi z kilku prób niezależnych zastosowano test ANOVA rang Kruskala-Wallisa z wykorzystaniem testu *post-hoc* porównań wielokrotnych. Obliczenia przeprowadzono, wykorzystując pakiet Statistica 9.0 (StatSoft, Inc.).

Wyniki

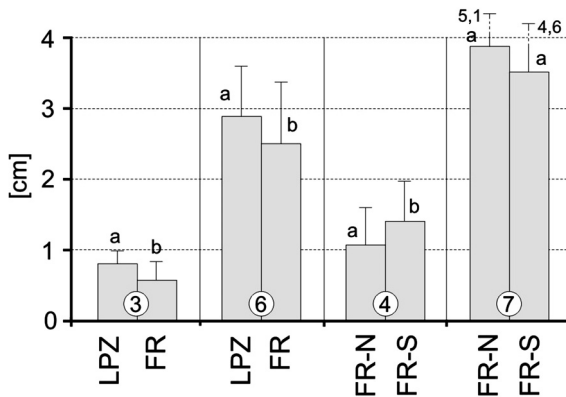
UDATNOŚĆ UPRAW. Udatność upraw położonych na piaskach terasowych była wysoka. W pierwszym terminie pomiaru (wiek sosny 3 lata) wynosiła ona 99% na stanowisku LPZ i 98% na stanowisku FR, a w drugim terminie (6 lat) – odpowiednio 89 i 87%. Wyraźnie niższą udatnością cechowały się uprawy wzrastające na piaskach wydmowych, przy czym kształtowała się ona różnie w zależności od ekspozycji stoku. Po 3 latach wzrostu sadzonek (sosna w wieku 4 lat) udatność na stoku południowym wynosiła 91%, a na północnym – 81%. W drugim terminie wykonywania pomiarów (sosna w wieku 7 lat) udatność wynosiła odpowiednio 82 i 72%.

CECHY BIOMETRYCZNE SOSNY. W obu terminach pomiaru na uprawach założonych na piaskach rzecznych grubość sosny była istotnie statystycznie większa ($p < 0,01$) na powierzchni przygotowanej pługiem LPZ niż za pomocą frezu ($0,78 \pm 0,19$ cm vs. $0,55 \pm 0,27$ cm w wieku 3 lat oraz $2,87 \pm 0,75$ cm vs. $2,50 \pm 0,87$ cm w wieku 6 lat; ryc. 1). Grubości drzew na obu badanych ekspozycjach wydmy kształtowały się przeciwnie w dwóch terminach przeprowadzenia pomiarów. W pierwszym terminie były one istotnie wyższe ($p < 0,01$) na stoku południowym ($1,36 \pm 0,58$ cm vs. $1,05 \pm 0,55$ cm). Po kolejnych trzech latach wzrostu stwierdzono różnicę odwrotną – grubsze były drzewka po stronie północnej ($3,53 \pm 1,09$ cm vs. $3,85 \pm 1,27$ cm, $p = 0,06$).

Na obiektach położonych na terasie rzecznej drzewka charakteryzowały się większą wysokością na powierzchni przygotowanej pługiem LPZ w porównaniu z poletkiem, na którym głębę przygotowano frezem. Wartości te wzrastały w okresie badań od 26,1 ± 7,5 cm (LPZ) i 19,1 ± 10,0 cm (FR) dla sosny w wieku 3 lat do, odpowiednio, 137,8 ± 26,5 cm i 102,1 ± 29,1 cm dla sosny sześciolatniej. Różnice te były istotne statystycznie dla każdego analizowanego wieku drzew (ryc. 2). W poszczególnych latach sosny na poletku LPZ cechowały się także istotnie statystycznie większym przyrostem wysokości niż na powierzchni FR (odpowiednio: 50,5 ± 11,7 cm vs. 34,6 ± 13,3 cm w wieku czterech lat, 40,1 ± 9,8 cm vs. 25,2 ± 10,1 cm w wieku pięciu lat i 47,3 ± 12,5 cm vs. 42,2 ± 11,9 cm w wieku sześciu lat). Wysokość sosen na obu stokach wydmy była w analogicznym wieku przeważnie wyraźnie niższa niż na obu powierzchniach położonych na terasie rzecznej (ryc. 2). Średnia wysokość w pierwszych latach wzrostu na uprawie była wyższa na stoku południowym. W dalszych latach wzrostu zaznaczyła się natomiast różnica przeciwna. Występujące różnice średniej wysokości sosen na stokach wydmy były jednak dla każdego badanego wieku nieistotne statystycznie przy p=0,05 (ryc. 2).

WŁAŚCIWOŚCI GLEBY. Wilgotność aktualna gleby na głębokości 3-8 cm we wszystkich terminach pomiaru układała się na badanych obiektach według następującego szeregu: FR-N>FR>FR-S>LPZ (tab. 2). Na tej głębokości wilgotność była zdecydowanie najniższa w rzędach wyoranych pługiem LPZ, gdzie wartość tego parametru była o około połowę niższa niż w porównywanym obiekcie z głębą przygotowaną frezem (FR).

Powierzchniowa warstwa gleby (0-25 cm) w rzędach obiektu LPZ, w porównaniu z pozostałymi poletkami badawczymi, cechowała się najwyższymi wartościami gęstości objętościowej



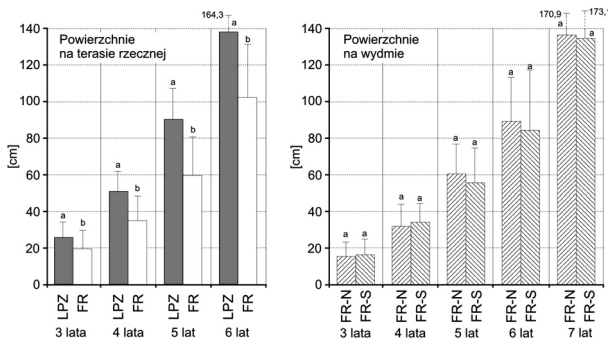
Ryc. 1.

Średnia grubość pędu sosen 5 cm nad gruntem w zależności od sposobu przygotowania gleby i wieku drzew (cyfry w kółkach)

Mean Scots pine diameter 5 cm above ground in relation to soil preparation method and trees age (numbers in circles)

Różne litery wskazują na istotność różnicy na poziomie p=0,05 w poszczególnych latach życia sosny; oznaczenia jak w tabeli 1

Different letters indicate a significant difference at p=0,05 for particular pine age; detotes as in the table 1



Ryc. 2.

Średnia wysokość sosny w kolejnych latach życia na uprawach

Mean pine height in successive years of life

Oznaczenia jak na rycinie 1 i w tabeli 1

Denotes as on figure 1 and in the table 1

($1,55 \pm 0,06 \text{ g/cm}^3$) oraz najmniejszymi zasobami próchnicy ($4,89 \pm 1,29 \text{ kg/m}^2$). Analiza statystyczna potwierdziła, że pod względem tych cech obiekt LPZ wyraźnie różnił się od powierzchni, na których glebę przygotowano frezem (ryc. 3).

Gleba w rzędach przygotowanych frezem i pługiem LPZ wyraźnie różni się w warstwie 0-25 cm pod względem cech kompleksu sorpcyjnego. W rzędach na powierzchni przygotowanej frezem stwierdzono znacznie wyższą wartość pojemności wymiany kationów (PWK) oraz zawartości poszczególnych kationów w porównaniu z obiektem LPZ (tab. 3). Udokumentowane różnice są na tyle wysokie, że mimo większej gęstości objętościowej w rzędach wyoranych pługiem (ryc. 3), zasoby wymiennego Ca^{2+} , Mg^{2+} i K^+ występujące w strefie korzenia się sadzonek są wyraźnie wyższe na obiekcie FR niż LPZ (tab. 3). Podobnie przedstawiają się zasoby azotu w rzędach obu obiektów obliczone dla głębokości 0-25 cm. W rzędzie na powierzchni przygotowanej frezem zasoby te wynosiły $0,19 \text{ kg/m}^2$, a w rzędach obiektu LPZ były one o ponad połowę mniejsze ($0,09 \text{ kg/m}^2$).

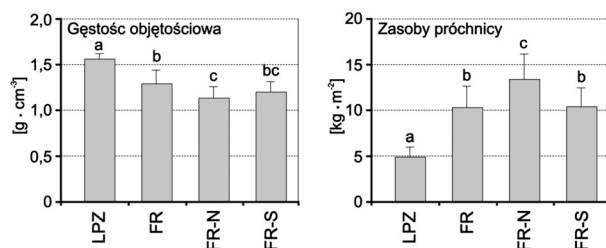
BIOMASA ROŚLIN RUNA. Najmniejsza sucha biomasa roślin runa ($20,0 \pm 38,9 \text{ g/m}^2$) występowała na południowym stoku wydmy (obiekt FR-S) oraz na powierzchni, na której glebę przygotowano pługiem LPZ ($27,8 \pm 52,3 \text{ g/m}^2$, ryc. 4). Na terasie rzecznej, na powierzchni przygotowanej frezem leśnym biomasa była średnio ponad pięciokrotnie wyższa ($153,4 \pm 100,7 \text{ g/m}^2$) w porównaniu z obiektem LPZ ($p < 0,01$). Najwyższą biomasę ($211,3 \pm 123,4 \text{ g/m}^2$) stwierdzono na północnym stoku wydmy (FR-N). Była ona zauważalnie, choć nieistotnie statystycznie wyższa niż

Tabela 2.

Wilgotność aktualna gleby [% wag.] w zależności od sposobu przygotowania gleby
Actual soil moisture [weight %] in relation to soil preparation method

Głębokość [cm]	30.05.2007	17.09.2007	01.04.2008
LPZ			
3-8	6,3	7,1	6,0
20-25	5,0	6,8	7,8
55-60	3,1	5,7	n.o.
90-95	2,5	3,2	n.o.
FR			
3-8	10,3	15,5	12,7
20-25	4,1	5,9	5,6
55-60	2,4	5,1	n.o.
90-95	2,5	4,1	n.o.
FR-N			
3-8	15,5	25,7	27,3
FR-S			
3-8	8,4	13,0	12,5

Oznaczenia jak w tabeli 1; denotes as in the table 1



Ryc. 3.

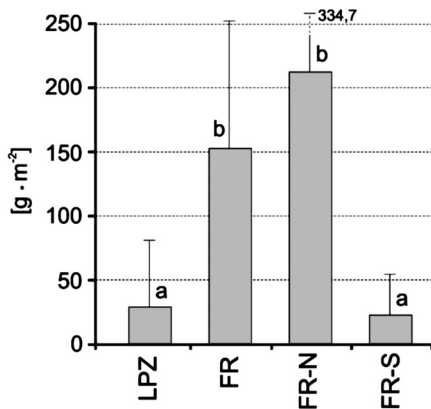
Gęstość objętościowa oraz zasoby próchnicy powierzchniowej (0-25 cm) warstwy gleby w rzędach
Bulk density and organic matter stocks in the surface (0-25 cm) soil layer in rows

Oznaczenia jak na rycinie 1 i w tabeli 1
Denotes as on figure 1 and in the table 1

Tabela 3.

Cechy kompleksu sorpcyjnego gleby oraz zasoby kationów w rzędach na powierzchni LPZ i FR
 Properties of the soil absorbing complex and the cation stocks in rows of the plot LPZ and FR

Obiekt	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	H ⁺ +Al ³⁺	PWK	V [%]
Zawartości kationów wymiennych [cmol(+)/kg]								
LPZ	0,097	0,014	0,022	0,004	0,14	2,68	2,82	5,0
FR	0,402	0,065	0,053	0,005	0,53	5,94	6,47	8,2
Zasoby kationów [cmol(+)/1000 cm ² gleby do głębokości 25 cm]								
LPZ	3,76	0,54	0,85	0,155	5,43	104	109	–
FR	12,96	2,10	1,71	0,160	17,1	192	209	–



Ryc. 4.

Sucha biomasa roślin runa na badanych powierzchniach

Dry biomass of the ground vegetation

Oznaczenia jak na rycinie 1 i w tabeli 1

Denotes as on figure 1 and in the table 1

na powierzchni przygotowanej frezem na terasie rzecznej oraz około dziesięciokrotnie wyższa niż na obiekcie LPZ i FR-S (ryc. 4). Zdecydowaną większość biomasy runa na wszystkich badanych powierzchniach stanowił śmiełek pocięty (*Deschampsia flexuosa* L.)

Dyskusja

Przygotowanie gleby frezem leśnym wiąże się z homogenizacją na pasach powierzchniowych, zasobnych w materię organiczną poziomów gleby, które podczas orki pługiem LPZ odkładane są na międzyrzędy. Wyjaśnia to średnio ponad dwukrotnie wyższe zasoby próchnicy w rzędach przygotowanych frezem w porównaniu z orką pługiem LPZ (ryc. 3). Odmierna wielkość zasobów próchnicy powoduje występowanie wszystkich innych stwierdzonych różnic we właściwościach gleby obiektu LPZ w porównaniu z pozostałymi badanymi powierzchniami. W ubogich, autogenicznych glebach o uziarnieniu piasku luźnego, próchnica, poprzez retencję wody opadowej, kształtuje warunki wilgotnościowe gleby. Ponadto decyduje o wielu właściwościach chemicznych takich gleb [Prusinkiewicz 1961], co dotyczy także zawartości składników pokarmowych. Wyższe zasoby próchnicy tłumaczą zatem większą wilgotność na głębokości 3-8 cm (tab. 2) oraz większe zasoby kationów w rzędach przygotowanych frezem niż pługiem (tab. 3).

W dotychczasowych pracach sygnalizuje się korzystniejsze cechy przyrostowe sadzonek sosny na powierzchniach, na których glebę przygotowano frezem w porównaniu z uprawą gleby pługiem LPZ [Gorzycza, Iskra 2005; Marciniak 2007]. Najlepszy wzrost siewek sosny na pasach wykonanych frezarką, porównując trzy sposoby uprawy gleby na siedliskach wilgotnych, wykazała także Piğan [2010]. W tym świetle, a także w kontekście udokumentowanych na badanych powierzchniach potencjalnie korzystniejszych warunków glebowych (troficznych i wilgotno-

ściowych) w rzędach przygotowanych frezem, może zaskakiwać fakt, że spośród analizowanych obiektów największą dynamiką wzrostu cechowały się sadzonki na uprawie z glebą przygotowaną pługiem LPZ (ryc. 1 i 2).

Uzyskane wyniki przynajmniej częściowo można tłumaczyć znacznie mniejszą presją runa na sadzonki na obiekcie LPZ niż FR (ryc. 4). Interpretacja taka ma potwierdzenie w różnicach wzrostu sadzonek sosny na wydmy (obiekty FR-N i FR-S). Na stoku południowym, cechującym się niewielką biomasa runa, sosny były w wieku czterech lat istotnie grubsze (ryc. 1) oraz wyższe (ryc. 2) niż na silnie zarośniętym przez śmiełek pogięty stoku północnym (ryc. 4). Z zarastaniem sadzonek przez runo należy także wiązać wyraźne różnice w udatności upraw na obu stokach, co ma potwierdzenie w wynikach Pigan [2009]. Z kolei korzystniejsze cechy przyrostowe sosny na stoku północnym niż południowym w kolejnych latach uprawy (ryc. 1 i 2) można wiązać z wykorzystaniem przez drzewka lepszych warunków wilgotnościowych gleby (tab. 2) po zmniejszeniu znaczenia konkurencyjności runa dla starszych drzewek. Obserwacje terenowe dają podstawę do twierdzenia, że zależność wielkości biomasy runa na uprawach od ekspozycji stoku wydmy (ryc. 4) ma na terenie badań charakter regularny, co ma potwierdzenie w badaniach Jankowskiego [2010]. Zależność ta widoczna jest nawet przy niewielkich deniwelacjach terenu i ma wyraźny wpływ na udatność upraw oraz cechy przyrostowe sadzonek sosny na stokach wydmy o różnej wystawie.

Słabszy wzrost sosny na obiekcie FR niż LPZ może być także spowodowany przyczynami *stricto* glebowymi. W literaturze podkreśla się ujemną zależność między trofizmem gleby a masą i stopniem rozwoju systemu korzeniowego sosny [Dzięciołowski 1963]. W efekcie występowania większych zasobów składników pokarmowych w zasięgu korzeni sadzonek (tab. 3), sosny w pierwszych latach życia na glebie przygotowanej frezem cechują się relatywnie słabo rozwiniętym systemem korzeniowym [Gorczyca, Iskra 2005]. Rozwój głównej masy korzeni w zasobnej w próchnicę i składniki pokarmowe zhomogenizowanej frezem części gleby w rzędach niesie jednak za sobą większe ryzyko niedoborów wody w okresach susz niż w przypadku gleby przygotowanej pługiem LPZ. Jak wykazały badania Prusinkiewicza [1979], zwilżalność wysuszonych próbek glebowych jest ujemnie zależna od zawartości próchnicy. Utrudniona zwilżalność uniemożliwia natomiast uzupełnianie zapasów wody glebowej, co wywiera niekorzystny wpływ na wzrost sosny [Prusinkiewicz i in. 1981].

Wydaje się zatem, że podczas nawet niewielkich opadów występujących w czasie wiosenno-lletnich susz, młode sosny mogą znacznie efektywniej wykorzystywać wodę opadową na uprawach, na których glebę przygotowano pługiem LPZ niż frezem. Czynniki ten ma dla wzrostu drzew szczególnie duże znaczenie w rejonach o niewielkich opadach atmosferycznych, co może wyjaśniać, że na terenach o wyższej ilości opadów sadzonki sosny na powierzchniach przygotowanych frezem, w porównaniu z pługiem LPZ, cechują się większą dynamiką wzrostu [Gorczyca, Iskra 2005; Marciniak 2007].

Z innych potencjalnych glebowych przyczyn relatywnie słabego wzrostu sosny na powierzchni FR wymienić można silne, wynikające z ciemnej barwy, nagrzewanie się powierzchniowej warstwy gleby w rzędach i spowodowane tym większe dobowe wartości amplitudy temperatury w strefie ukorzenienia sadzonek oraz nadmierne zmniejszenie, na skutek przemieszania poziomu organicznego z mineralną częścią gleby, gęstości objętościowej gleby w strefie korzenienia się sadzonek.

Podsumowanie

W niekorzystnych dla gospodarki leśnej warunkach wilgotnościowych Puszczy Bydgoskiej bardzo ważnym ekologicznym czynnikiem determinującym dynamikę wzrostu sadzonek sosny na

ubogich siedliskach autogenicznych są warunki wodne występujące w strefie ukorzenia sadzonek. Przygotowanie gleby frezem przez większą część roku wiąże się z sorbowaniem większej ilości wody opadowej w rzędach niż w przypadku orki pługiem LPZ. Na obszarach o najmniejszych ilościach opadów atmosferycznych w skali Polski wysoka zawartość próchnicy w rzędach zhomogenizowanych frezem może jednak paradoksalnie przyczynić się, poprzez zwiększenie hydrofobowości materiału, do zwiększenia stresu wodnego sadzonek w suchych okresach wiosenno-letnich.

Na terenie badań ważnym czynnikiem wyraźnie zmniejszającym dynamikę wzrostu sosny na uprawach jest ich zarastanie nawet przez relatywnie niskie trawy (głównie śmiełek pogięty). Prawdopodobnie wynika to przede wszystkim z konkurencji traw w stosunku do wody w okresach wiosenno-letnich susz. Na wydmach Puszczy Bydgoskiej odmienna wilgotność stoków warunkuje znacznie silniejsze zarastanie upraw przez runo na stokach północnych niż południowych.

Przygotowanie gleby frezem powinno być w dalszym ciągu stosowane na terenie Puszczy Bydgoskiej, jednak jego integralnym elementem powinna być eliminacja negatywnego wpływu runa na sadzonki w okresie kilku lat od założenia uprawy. Dotyczy to także upraw zarastanych przez śmiełka pogiętego. Przedstawione w pracy glebowe przyczyny słabszego wzrostu sadzonek w rzędach przygotowanych frezem niż pługiem LPZ należy poddać weryfikacji w dalszych badaniach.

Literatura

- Andrzejczyk T., Augustyniak G. 2007. Wpływ przygotowania gleby na wzrost sosny zwyczajnej w pierwszych latach uprawy. Sylwan 151 (8): 3-8.
- Andrzejczyk T., Drozdowski S., Szeligowski H. 2003. Wpływ przygotowania gleby na zagęszczenie, wzrost i jakość samosiewów sosny w warunkach podokapowych. Sylwan 147 (3): 19-27.
- Brzeziński B. 2008. Działania dodatkowe zwiększające pochłanianie CO₂ w ekosystemach leśnych. Biblioteczka leśniczego 272. Wyd. Świat, Warszawa.
- Ceitel J., Barzdajn W., Zientarski J. 2003. Wpływ przygotowania gleby po pożarze lasu na przeżywalność i wzrost wybranych gatunków drzew. Sylwan 147 (6): 3-13.
- Dzięciołowski W. 1963. Warunki rozwojowe drzewostanów sosnowych na niektórych glebach bielocowych. Pozn. Tow. Przyj. Nauk, Pr. Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśn. 15 (1): 3-68.
- Gorzycza J., Iskra T. 2005. Frez czy plug? Las Polski 20: 24-25.
- Gornowicz R., Pilarek Z., Gałązka S. 2007. 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. 6 (3): 25-31.
- Jankowski M. 2010. Some aspects of site conditions of heathlands in the Toruń Basin. Ecological Questions 12: 145-151.
- Mäkitalo K. 1999. Effect of Site Preparation and Reforestation Method on Survival and Height Growth of Scots Pine. Scand. J. For. Res. 14: 512-525.
- Marciniak P. 2007. Pozostałości zrębowe i przygotowanie gleby a uprawa sosnowa. Las Polski 1: 20-21.
- Mucha W., Sienkiewicz A., Szymańska M. 1976. Wpływ zabiegów agromelioracyjnych na wzrost uprawy sosnowej *Pinus sylvestris* L. w Nadleśnictwie Boruszynek. Roczn. Glebozn. 27 (3): 53-71.
- Piğan I. 2009. Wpływ sposobu przygotowania gleby na stan upraw sosnowych w warunkach siedlisk wilgotnych. Sylwan 153 (11): 745-757.
- Piğan I. 2010. Odnowienie naturalne sosny (*Pinus sylvestris* L.) na siedliskach wilgotnych przy zastosowaniu różnych metod przygotowania gleby. Sylwan 154 (8): 524-534.
- Piirainen S., Finér L., Mannerkoski H., Starr M. 2009. Leaching of cations and sulphate after mechanical site preparation at a boreal forest clear-cut area. Geoderma 149: 386-392.
- Prusinkiewicz Z. 1961. Zagadnienia leśno-gleboznawcze na obszarze wydm nadmorskich bramy Świny. Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią 7: 25-127.
- Prusinkiewicz Z. 1979. Wpływ próchnicy na zwilżalność gleb w świetle analizy izoterm adsorpcji pary wodnej. Materiały z sympozjum pt. „Fizyko-chemiczne właściwości gleb różnych ekosystemów”, Sękocin 28-29.11.1978, PTG. 225-232.
- Prusinkiewicz Z., Bednarek R., Degórski M. 1981. The water regime of sandy soils in a dry pine forest (*Cladonia-Pinetum*) in the northern part of the glacial outwash plains of the Brda and Wda rivers. Ekologia Polska 29 (2): 283-309.

- Sewerniak P., Gonet S. S., Quaium M., Słomiński W. 2011. Przygotowanie gleby do odnowienia drzewostanu jako czynnik kształtujący pokrywę glebową na przykładzie Leśnictwa Zielona w Kotlinie Toruńskiej W: Jankowski M. [red.]. Wybrane problemy genezy, systematyki, użytkowania i ochrony gleb regionu kujawsko-pomorskiego. Polskie Towarzystwo Substancji Humusowych – Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, Wrocław-Warszawa. 135-147.
- Skłodowski J. 2009. Dyfuzja glebowego CO₂ i dekompozycja materii organicznej na zrębach z różnym sposobem przygotowania gleby. *Sylwan* 153 (12): 805-813.
- Sławska M. 2002. Wpływ sposobu przygotowania gleby na zgrupowania skoczogonków (*Collembola*, *Apterygota*) boru sosnowego. *Sylwan* 146 (11): 63-72.
- Sławska M. 2005. Propozycja metody waloryzacji ekosystemów leśnych wykorzystującej epigeiczno-glebowe zgrupowania skoczogonków (*Collembola*, *Hexapoda*). Wyd. SGGW, Warszawa.
- Wójcik G., Marciniak K. 2006. Klimat. W: Andrzejewski L., Weckwerth P., Burak Sz. [red.]. Toruń i jego okolice. Monografia przyrodnicza. Wyd. UMK, Toruń. 99-128.
- Zasady Hodowli Lasu. 2003. ORWLP Bedoń.

SUMMARY

Impact of soil preparation with rotary tiller on growth of Scots pine plants on poor sites of the Bydgoszcz Forest

The aim of the research was to analyze the effect of soil preparation with a rotary tiller on the growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings in poor sites conditions of the Bydgoszcz Forest taking into account soil properties, dry biomass of ground vegetation and relief. The study was realized in 4 plots located in the Cierpiszewo Forest District: 3 of rotary tiller (FR) and 1 (the comparative one) of a mouldboard plough (LPZ) soil preparation. Research plots represented two dominant soil types and associated landscape units in the Bydgoszcz Forest: 1) the rusty podzolic soils of sandy river terraces and 2) typical podzols of dune fields. The research included measurements of the height and diameter of young pines, evaluation of performance of seedlings in plantations and dry biomass of ground vegetation and determination of soil properties (moisture, bulk density, properties of the soil absorbing complex and the stocks of organic matter and nutrients). The research was conducted in the area of the lowest precipitation (about 520 mm/year) in Poland.

The moisture content in the topsoil (3-8 cm) of rows prepared with a rotary tiller was found to be about twice higher than in the furrows prepared with a plough, that was stated for all 3 soil moisture measurements (tab. 2). The stocks of organic matter and of nutrients (Ca, Mg, K, N) in the rows homogenized with a tiller were also significantly higher compared to the traditional method of soil preparation (fig. 3 and tab. 3). However, despite the potentially distinctly less favourable soil conditions (moisture and trophic), the growth parameters of pines on the plot LPZ was the best of all analyzed plantations. This was mainly due to a clearly lower competition between the ground vegetation and young pines on this plot compared to the plots where soil was prepared with a tiller (fig. 4). The explanation of different pine growth in plantations can also be sought in soil conditions. The high content of organic matter in the rows homogenized with a tiller may paradoxically result in the increased water stress in seedlings during spring-summer drought periods because in such periods more organic matter content entails more water repellence of a soil material. As a result of low organic matter content in furrows prepared by mouldboard plough and with that less water repellence of soil material, seedlings in the LPZ plot can use even small amounts of rainfall during drought periods more effectively than in the plantations prepared with a tiller. This factor may be especially important for the growth of seedlings just in areas characterized by low precipitation.

The difference in the soil moisture on the dune slopes in the Bydgoszcz Forest (tab. 2) results in much stronger overgrowth of the plantations with the ground vegetation on northern (FR-N) than on southern (FR-S) slope (fig. 4), and consequently in less performance of seedlings in plantation on the northern exposure. The adverse competition effect of the vegetation on pine growth reflects in worse growth parameters characterized pines located on northern slope in comparison to the southern, however it concerns some first years after planting only (fig. 1 and 2).

Rotary tiller should be recommended for soil preparation in the study area however on condition of successful ground vegetation elimination from young plantations in some first years after planting of pines. This also applies to the plantations overgrown with *Deschampsia flexuosa* L.