

WPLYW NACISKU JEDNOSTKOWEGO WYWIERANEGO NA GLEBĘ
NA JAKOŚĆ ODNOWIENIA WYBRANYCH GATUNKÓW
DRZEW LEŚNYCH

Mariusz Kormanek¹, Jacek Banach²

¹Katedra Mechanizacji Prac Leśnych, Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Al. 29 listopada 46, 31-423 Kraków
e-mail: rilkorma@cyf-kr.edu.pl

²Katedra Genetyki, Nasiennictwa i Szkółkarstwa Leśnego Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Al. 29 listopada 46, 31-423 Kraków

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki analizy wpływu nacisku jednostkowego wywar- tego na glebę na wzrost i jakość sadzonek sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L., buka pospolitego *Fagus sylvatica* L. oraz dębu szypułkowego *Quercus robur* L., wyrosłych w warunkach powierzchni doświadczalnych założonych pod okapem drzewostanu. Określoną wartość nacisku jednostkowego uzyskano przy użyciu prototypu ciągnikowego urządzenia do wywierania kontrolowanego nacisku na glebę. Badania wykonano w kulisach szkółki leśnej „Kłaj” w Nadleśnictwie Niepołomice na dwóch powierzchniach doświadczalnych. Przygotowano łącznie sześć serii poletek, stosując nacisk jednostkowy o różnych wartościach (50, 100, 150, 200 oraz 250 kPa) oraz poletka kontrolne (bez nacisku), na które wysiano nasiona analizowanych gatunków. Po 7 miesiącach wyrosłe sadzonki wykopano i przewieziono do laboratorium, gdzie pomierzono średnicę w szyi korzeniowej, długość części nadziemnej i podziemnej oraz suchą masę poszczególnych części roślin. Uzyskane dane poddano analizie statystycznej przy użyciu programu Statistica. Wyniki wskazują, że wartość zastosowanego nacisku jednostkowego wywieranego na glebę wpływała na parametry sadzonek analizowanych gatunków. Dla dębu szypułkowego i sosny zwyczajnej większość parametrów sadzonek zmniejszała się ze wzrostem nacisku, dla buka pospolitego analizowane parametry zwiększały się, co sugeruje możliwość lepszego odnawiania się tego gatunku na bardziej zbitym podłożu. Sadzonki wyrosłe na poletkach kontrolnych z reguły cechowały się największymi wartościami średnimi cech, z wyjątkiem buka.

Słowa kluczowe: nacisk jednostkowy, parametry sadzonek, jakość, sosna, dąb, buk

WSTĘP

Zadaniem gospodarstwa leśnego jest zachowanie ciągłości stabilnych i zdrowych ekosystemów leśnych, które optymalnie spełniają produkcyjną i pozapro-

dukcyjną funkcję lasu (Raport o stanie lasów 2009). Podczas zabiegów pielęgnacyjnych we wszystkich stadiach rozwoju drzewostanów, jak i przy ich odnawianiu, zwiększa się zakres stosowania nowoczesnych technologii pozyskania surowca, wykorzystujących ruchome środki techniczne, w tym przede wszystkim ciągniki. W porównaniu z dotychczasowymi ręczno-mechanicznymi metodami, umożliwiają one znaczne zwiększenie wydajności i bezpieczeństwa pracy, zmniejszają również ryzyko utraty zdrowia. Niestety, maszyny te nie zawsze odpowiadają ekologicznym wymaganiom, oddziałując negatywnie przede wszystkim na podstawowy czynnik produkcyjny, jakim jest gleba leśna (Lukáč 1997, Porter i Porter 1998, Więsik 1996).

Do najczęściej wymienianych uszkodzeń podłoża leśnego spowodowanych przejazdem maszyn zalicza się:

- ugniatanie i rozrywanie warstwy humusu, które powoduje zwiększenie jego gęstości, co z kolei skutkuje zmniejszeniem się przestworów glebowych i utrudnia przenikanie tlenu do gleby oraz usuwanie dwutlenku węgla, ograniczona jest także infiltracja i zatrzymywanie wody opadowej (Ozimek 1993, Conlin i Van den Driessche 1996, Dobrowolska i in. 1996, Laurow 1996),
- ugniatanie gleby, które powoduje płytkie korzenie się roślin oraz zmianę cech morfologicznych korzeni (Jakliński 1999),
- przerwanie warstwy organicznej i powstanie głębokich kolein, które jest widocznym wynikiem wielu przejazdów po tym samym śladzie (Walczyk i in. 2001),
- brak tlenu w glebie, który jest przyczyną zahamowania wzrostu roślin (Puchalski i Prusinkiewicz 1990),
- uszkodzenia mechaniczne korzeni stwarzające możliwość infekcji grzybów patogenicznych (Whalley i in. 1995),
- zachwianie żywotności mikroorganizmów glebowych (Marshall 2000),
- mniejszą żywotność roślin wzrastających w warunkach ugniecionej gleby, z płycej zalegającym systemem korzeniowym, rozwijającym się w kierunku bardziej nasyconych powietrzem wierzchnich warstw gleby, co również wpływa na stabilność roślin (Ozimek 1993),
- ubijanie gleby powodowane przez nadmierny nacisk opony występujący podczas wykonywania zrywki (zasięg oddziaływania nawet do 30 cm w głąb), regeneracja tak ubitej gleby zajmuje przyrodzie od 40 do 100 lat (Kamiński 1988).

Zdaniem wielu autorów szkody wyrządzone w lesie, zarówno przez maszyny do pozyskania drewna jak i środki zrywkowe, mogą znacznie wpływać na obniżenie jakości drewna, pogorszenie stanu sanitarnego lasu oraz zmianę właściwości gleb leśnych (Lukáč 1997, Porter 1998, Ulrich i in. 2003), większość uszko-

dzeń powstaje w bezpośrednim sąsiedztwie szlaków zrywkowych. Przyrost drzew do 15 m po obu stronach szlaku zrywkowego według Portera (1994) może ulec zmniejszeniu o 10-15%, zaś badania Beckera (za Ulrichem i in. 2003) wskazują, że straty produkcji mogą kształtować się na poziomie 17 i więcej procent.

Podstawowym zagadnieniem rozpatrywanym w kontekście interakcji pomiędzy układem jezdnym maszyn a podłożem, jest nacisk jednostkowy wywierany na glebę. Preferowane naciski jednostkowe maszyn poruszających się w lasach powinny wynosić zaledwie 30-40 kPa (Gil 1999), niestety, tylko nieliczne maszyny leśne spełniają to kryterium, dlatego też przyjmuje się za dopuszczalne naciski jednostkowe do 70 kPa w przypadku układu jezdno-gąsienicowego oraz do 150 kPa przy układzie jezdny kołowym. W praktyce maszyny, które obecnie pracują w lasach, wywierają na podłoże średni nacisk o wartości 50-150 kPa, niestety często, spotykane się również wartości do 250 kPa (Więsik 1996).

Celem badań było określenie wpływu wielkości nacisku jednostkowego wywarłego na podłoże leśne na parametry odnowienia wybranych gatunków lasotwórczych, powstałego w wyniku obsiewu wcześniej przygotowanych placówek badawczych.

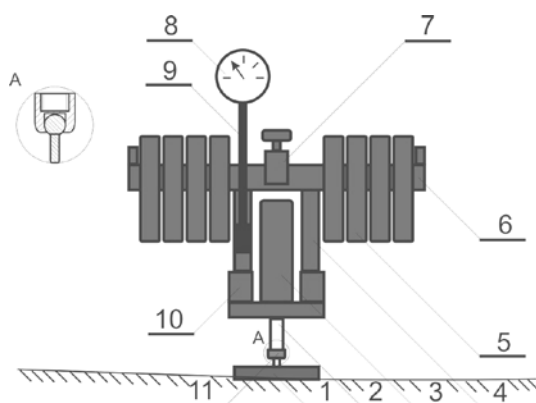
Jak dotąd brak jest w literaturze szczegółowych informacji dotyczących wpływu nacisku jednostkowego wywieranego przez układ jezdny pojazdów stosowanych przy pracach pozyskaniowych, a w szczególności jego wielkości, na wzrost i jakość odnowienia pojawiającego się później w takim drzewostanie.

MATERIAŁY I METODY

W badaniach założono wykonanie placówek, na których na podłoże wywierany był nacisk jednostkowy o wartościach 50; 100; 150; 200; 250 kPa oraz placówek kontrolnych bez stosowania nacisku (0 kPa). Do tego celu wykorzystano specjalnie skonstruowane ciągnikowe urządzenie do kontrolowanego wywierania nacisku jednostkowego (rys. 1).

Zaprojektowane urządzenie składa się z ramy głównej (10), zakładanej na standardowy dolny hak transportowy, będący na wyposażeniu każdego ciągnika uniwersalnego. Połączenie pomiędzy ramą urządzenia oraz hakiem wykonywane jest za pomocą sworzni przetkniętych przez otwory w haku i ramie urządzenia, co umożliwia łatwe i szybkie łączenie obu elementów. Do ramy głównej przymocowany jest pionowo korpus siłownika hydraulicznego (3), zaś nad ramą główną zamocowana jest rama zawieszenia obciążników (4 i 6), na której montowane są obciążniki (5). Są to standardowe obciążniki, które zwykle służą do dociskania przodu ciągnika. Do tłoczyska siłownika (2) przymocowany jest stempel zagęszczający (1) przy użyciu przegubu kulowego (11, rozwinięcie A na rysunku 1). Z boku na ramie obciążników (4) umieszczony jest wysięgnik, na którym zamocowany jest manometr pomiarowy wskazujący ciśnienie w układzie hydraulicznym urządzenia badawczego, połączone-

go z układem hydrauliki zewnętrznej ciągnika za pośrednictwem szybkozłącz. Opracowany układ składa się z siłownika hydraulicznego (3), manometru pomiarowego (8), przy pomocy którego kontrolowane jest ciśnienie oraz zaworu jego regulacji (7), pozwalającego ustawiać wartość ciśnienia, a tym samym siłę wywieraną na stempel (1) przez tłoczysko siłownika hydraulicznego (3). Na rysunku 2 przedstawiono widok na urządzenie do statycznego zagęszczania gleby zamontowane na ciągniku rolniczym MF-235.



Rys. 1. Ciągnikowe urządzenie do kontrolowanego wywierania nacisku na glebę (widok z przodu): 1 – stempel, 2 – tłoczysko siłownika hydraulicznego, 3 – korpus siłownika hydraulicznego, 4 i 6 – rama obciążników, 5 – dodatkowe obciążniki, 7 – zawór regulacji ciśnienia oleju, 8 – manometr, 9 – wysięgnik manometru, 10 – rama główna, 11 – przegub połączeniowy

Fig. 1. Tractor device for controlled exerting of pressure on the soil (view from the front): 1 – stamp, 2 – rod of hydraulic cylinder, 3 – casing of hydraulic cylinder, 4 and 6 – frame of weights, 5 – additional weights, 7 – valve of control of oil pressure, 8 – manometer, 9 – arm of manometer, 10 – main frame, 11 – linking joint



Rys. 2. Ciągnikowe urządzenia do kontrolowanego wywierania nacisku na glebę
Fig. 2. Tractor devices for controlled exerting of pressure on the soil

Wartości nacisku jednostkowego zostały dobrane tak, aby odpowiadały rzeczywistym naciskom jednostkowym wywieranym przez elementy układów jezdnych maszyn pracujących w lesie. Czas wywierania nacisku wynosił dwie sekundy, co odpowiadało czasowi trwania nacisku wywieranego przez dwa elementy robocze układu jezdnego pojazdu, który przejeżdża po powierzchni leśnej z prędkością roboczą około $2,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (pojazd czterokołowy, o kołach jadących jedno po drugim, przy długości powierzchni styku pojedynczego koła z podłożem równym 0,7 m).

Doświadczenie zostało zlokalizowane na terenie szkółki leśnej „Kłaj” (Nadleśnictwo Niepołomice), a do badań wybrano dwie kulisy charakteryzujące się płaską powierzchnią. Jako stempel zastosowano płaską, kwadratową płytę drewnianą o wymiarach $25 \times 25 \text{ cm}$. Przed wykonaniem nacisków wstępnie przygotowano powierzchnię, usuwając krzewy oraz zalegającą ściolę i gałęzie. Na każdej z kulis wykonano 3 powtórzenia po 5 odcisków o różnych wariantach nacisku jednostkowego, oddzielnie dla każdego badanego gatunku. Dodatkowo na każdym ze stanowisk przygotowano po 3 serie poletek kontrolnych (bez wykonywania nacisku). Łącznie przygotowano 90 placówek (z zastosowaniem nacisku) oraz 18 poletek kontrolnych (bez nacisku). Po przygotowaniu poletek wysiano nasiona (4 kwietnia 2010 r.), które przykrywano substratem torfowym, stosując jego grubość odpowiadającą wielkości wysiewanych nasion. Na każdej placówce wysiano jednakową liczbę nasion w ramach poszczególnego gatunku, tj. 150 dla sosny, 100 dla buka oraz 50 dla dębu. W trakcie całego cyklu wegetacyjnego kontrolowano wzrost sadzonek i w miarę potrzeby dokonywano niezbędnych zabiegów pielęgnacyjnych, tj. podlewania, okrywania siatką cieniującą, pielenia. Po upływie sześciu miesięcy (8 października) rośliny wykopano, pobierając je wraz z bryłką korzeniową i przewieziono do laboratorium. Bryłkę ziemi rozmiękczano w wodzie, a następnie pozyskiwano pojedyncze sadzonki dokładnie oczyszczając systemy korzeniowe. Po osuszeniu pomierzono długość części nadziemnej i podziemnej oraz średnicę w szyi korzeniowej każdej sadzonki wszystkich analizowanych gatunków. Następnie sadzonki suszono w temperaturze 70°C przez 48 godzin i po tym czasie zważono suchą masę części nadziemnej i podziemnej oraz suchą masę aparatu asymilacyjnego, również oddzielnie dla każdej sadzonki. Uzyskane dane pomiarowe poddano analizom statystycznym przy użyciu programu Statistica. Obliczono wartości średnie analizowanych cech, sporządzono wykresy zmian w zależności od wartości nacisku, obliczono korelacje oraz jakość wyhodowanych sadzonek. Do oceny jakości zastosowano metodę opracowaną przez Schmidt-Vogta (Tyszkiewicz 1968), bazującą na liniowej zależności średnicy w szyi korzeniowej i wysokości sadzonek, która wyraża się wzorem empirycznym (1) następującej postaci:

$$\text{obliczona średnica w szyi korzeniowej (mm)} = \text{długość pędu (cm)} \cdot R + Z \quad (1)$$

gdzie: R jest czynnikiem redukcyjnym, który jest uzależniony od gatunku, Z jest natomiast tzw. „zwyżką”, która określa o ile wyżej ponad linią obrazującą zależność funkcyjną między obydwoma parametrami, znajduje się wartość dla danego gatunku. W przypadku tej metody potrzebna jest znajomość długości części nadziemnej oraz grubości w szyi korzeniowej, które to cechy zostały określone w niniejszych badaniach. Porównując obliczoną średnicę z grubością pomierzoną, każda sadzonka została określona, jako klasowa lub pozaklasowa.

WYNIKI I DYSKUSJA

W tabeli 1 przedstawiono liczebność sadzonek wyhodowanych po 6 miesiącach od wysiewu. Wschody były bardzo zróżnicowane w zależności od gatunku, a największą ich liczbę wykazała sosna zwyczajna 19,7%, następnie buk pospolity 15,1% oraz dąb szypułkowy 6,9%. Na stosunkowo niskie wartości wschodów miały wpływ szczególnie niesprzyjające warunki abiotyczne (opady), które wystąpiły w okresie późnej wiosny 2010 r. Pomimo tego, iż powierzchnie doświadczalne zlokalizowano na niewielkich podwyższeniach terenu, tu także wystąpiło znaczne zawilgocenie podłoża. Innym negatywnym czynnikiem było pojawienie się chomika europejskiego, który wskutek żerowania uszkodził dużą część sadzonek dębu szypułkowego (około 30%) oraz mączniaka prawdziwego dębu, występującego na wszystkich sadzonkach tego gatunku.

W tabelach 2 i 3 podano średnie wartości parametrów wzrostowych i wagowych, uzyskane dla sadzonek trzech analizowanych gatunków, wzrastających na podłożu, na które wywierano różny nacisk. Dla dębu i sosny najwyższe parametry uzyskano dla poletek kontrolnych (bez nacisku), najniższe natomiast przy największym nacisku (250 kPa). W odróżnieniu od nich buk uzyskał najwyższe parametry wzrostowe i wagowe na poletkach z maksymalnym naciskiem jednostkowym, natomiast najmniejsze na poletkach kontrolnych. Dla dębu i sosny wraz ze wzrostem nacisku malały wartości cech uzyskiwane przez hodowane sadzonki. Z kolei dla buka sytuacja była odwrotna, wraz ze wzrostem nacisku zwiększały się parametry wzrostowe i wagowe sadzonek. Sugeruje to, że buk powinien lepiej się odnawiać na bardziej zbitych glebach. Niezależnie o rodzaju cech, tj. wagowych lub wzrostowych, rozkład średnich wartości w zależności od stopnia nacisku jednostkowego okazał się być bardzo zbieżnym. Na rysunkach 3-5 przedstawiono przykładowe zmiany suchej masy sadzonki w zależności od wielkości nacisku jednostkowego.

Tabela 1. Liczba sadzonek analizowanych gatunków uzyskanych na obydwu stanowiskach doświadczalnych**Table 1.** Number of seedlings of analysed species obtained on both experimental positions

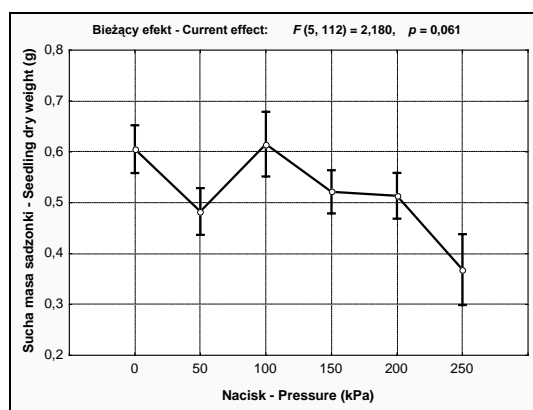
Nacisk jednostkowy Unit pressure (kPa)	Sosna zwyczajna Scotch pine		Buk pospolity European beech		Dąb szypułkowy Pedunculate oak	
	szt. – pieces	%	szt. – pieces	%	szt. – pieces	%
0	130	14,4	50	8,3	24	8,0
50	80	8,8	81	13,5	22	7,3
100	78	8,6	50	8,3	11	3,6
150	117	13,0	58	9,6	26	8,7
200	81	9,0	113	18,8	23	7,7
250	135	15,0	55	9,2	18	6,0
Suma (szt.) – Sum (pieces)	621	19,7	454	15,1	124	6,9

Tabela 2. Średnie wartości parametrów wzrostowych cech analizowanych sadzonek**Table 2.** Average values of growth parameters of analysed seedlings

Gatunek Species	Nacisk jednostkowy Unit pressure (kPa)	Parametr wzrostowy – Growth parameters			
		długość sadzonki length of seedling (cm)	długość systemu korzeniowego length of root system (cm)	wysokość części nadziemnej height of above ground part (cm)	grubość w szyjce korzeniowej diameter in root neck (mm)
Dąb szypułkowy Pedunculate oak	0	34,2	18,1	16,1	4,0
	50	27,9	13,4	14,5	4,1
	100	27,5	13,3	14,2	3,6
	150	28,7	15,6	13,1	3,7
	200	28,3	14,1	14,2	3,8
	250	26,0	13,0	13,0	4,7
Buk pospolity European beech	0	28,9	16,0	12,9	2,6
	50	30,0	15,1	14,9	2,6
	100	28,0	15,1	12,9	2,8
	150	29,9	16,1	13,8	2,8
	200	30,5	16,6	13,9	2,7
	250	29,4	15,5	13,9	2,6
Sosna zwyczajna Scotch pine	0	11,3	5,3	6,2	0,4
	50	10,6	4,6	6,0	0,4
	100	10,1	4,9	5,2	0,4
	150	10,4	5,2	5,2	0,4
	200	10,6	4,2	6,4	0,3
	250	11,4	4,6	6,8	0,4

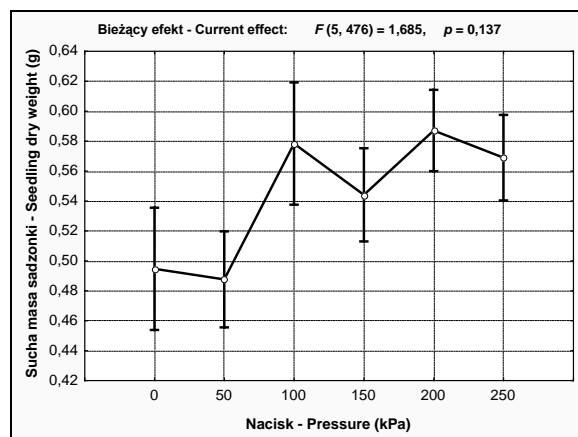
Tabela 3. Średnie wartości suchej masy analizowanych sadzonek
Table 3. Average values of dry matter of analysed seedlings

Gatunek Species	Nacisk jednostkowy Unit pressure (kPa)	Sucha masa – Dry matter		
		cała sadzonka whole seedling (g)	system korzeniowy root system (g)	część nadziemna above-ground part (g)
Dąb szypułkowy Pedunculate oak	0	0,606	0,379	0,227
	50	0,483	0,306	0,177
	100	0,615	0,385	0,230
	150	0,522	0,330	0,192
	200	0,514	0,311	0,203
	250	0,369	0,223	0,146
Buk pospolity European beech	0	0,495	0,201	0,294
	50	0,488	0,203	0,285
	100	0,579	0,231	0,348
	150	0,544	0,211	0,333
	200	0,588	0,249	0,339
	250	0,569	0,227	0,342
Sosna zwyczajna Scotch pine	0	0,055	0,018	0,037
	50	0,050	0,006	0,044
	100	0,044	0,007	0,037
	150	0,045	0,008	0,037
	200	0,049	0,014	0,035
	250	0,048	0,008	0,040



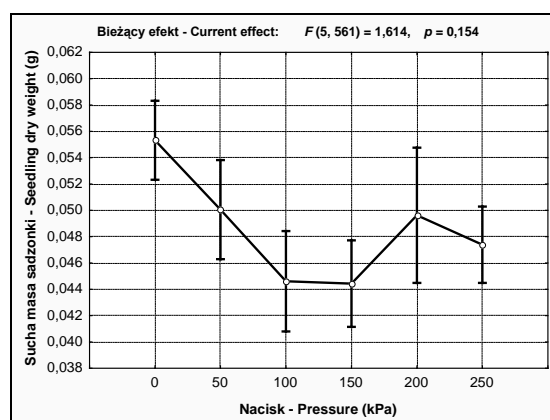
Rys. 3. Zmiana suchej masy sadzonki dębu szypułkowego w zależności od nacisku jednostkowego (pionowe słupki oznaczają +/- błąd standardowy)

Fig. 3. Change in dry matter of pedunculate oak seedling, depending on the pressure unit (vertical bars represent +/- standard error)



Rys. 4. Zmiana suchej masy sadzonki buka zwyczajnego w zależności od nacisku jednostkowego (pionowe słupki oznaczają +/- błąd standardowy)

Fig. 4. Change in dry matter of European beech seedling, depending on the pressure unit (vertical bars represent +/- standard error)



Rys. 5. Zmiana suchej masy sadzonki sosny zwyczajnej w zależności od nacisku jednostkowego (pionowe słupki oznaczają +/- błąd standardowy)

Fig. 5. Change in dry matter of Scotch pine seedling, depending on the pressure unit (vertical bars represent +/- standard error)

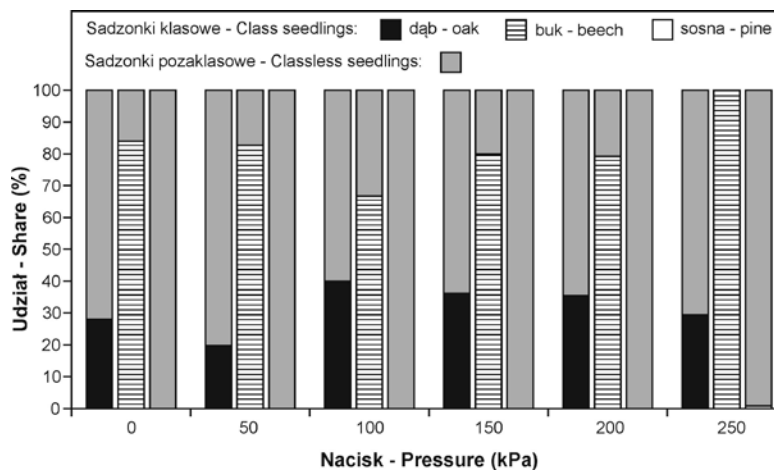
Dla każdego analizowanego gatunku wykonano analizę korelacji między wartością nacisku jednostkowego a wartościami poszczególnych parametrów wzrostowych i wagowych sadzonek (tab. 4).

Uzyskane wartości wskaźników korelacji były na ogół niskie i istotne tylko w przypadku niektórych analizowanych cech buka i sosny.

Tabela 4. Korelacje pomiędzy wartością nacisku jednostkowego a mierzonymi parametrami sadzonek
Table 4. Correlations between the value of the unit pressure and measured parameters of seedlings

Gatunek Species	Liczebność próby Number of test	Długość systemu korzenio- wego Length of root system	Długość części nadziemnej Length of above- ground part	Grubość w szyjce korzeniowej Diameter in root neck	Sucha masa systemu korzeniowego Dry matter of root system	Sucha masa części nadziemnej Dry matter of above- ground part
Buk pospolity European beech	360	0,157*	–	–	0,124*	0,151*
Dąb szypułkowy Pedunculate oak	106	–	–	–	–	–
Sosna zwyczajna Scotch pine	583	–0,113*	0,129*	–0,125*	–0,224*	–

* współczynniki korelacji istotne przy $p < 0,05$; correlation coefficient significant at $p < 0.05$



Rys. 6. Udział sadzonek klasowych i pozaklasowych ocenionych metodą Schmidt-Vogta
Fig. 6. The share of class and classless seedlings assessed by Schmidt-Vogt method

Jakość jednoletnich sadzonek poszczególnych gatunków oceniona metodą Schmidt-Vogta okazała się bardzo zróżnicowana. Prawie wszystkie sadzonki sosny zostały zaklasyfikowane jako materiał pozaklasowy. W przypadku buka

stwierdzono przeciętnie około 30% sadzonek klasowych, natomiast dla dębu najwięcej, bo około 80% (rys. 6). Na stosunkowo niski udział sadzonek klasowych dla buka oraz ich brak w przypadku sosny mogły mieć wpływ warunki produkcji (mniej światła wskutek ocienienia drzewostanu), które są zdecydowanie inne niż na kwaterze produkcyjnej w szkółce, a dla takich warunków konstruowane są normy oceny jakości materiału szkółkarskiego.

WNIOSKI

1. Przygotowana aparatura badawcza oraz zaprezentowana metodyka badań okazała się przydatna do określania wpływu zagęszczenia gleby na wzrost sadzonek wybranych gatunków drzew leśnych.

2. Uzyskane wyniki wskazują na to, że nacisk jednostkowy wywierany na glebę wpływał na parametry wzrostu sadzonek analizowanych gatunków. Dla dębu szypułkowego i sosny zwyczajnej większość parametrów zmniejszała się wraz ze wzrostem nacisku, natomiast dla buka pospolitego analizowane parametry zwiększały się, co sugeruje możliwość lepszego odnawiania się tego gatunku na bardziej zbitym podłożu. Z kolei sadzonki wyrosłe na poletkach kontrolnych (tj. bez zastosowania nacisku) z reguły cechowały się największymi wartościami średnimi parametrów wzrostu, z wyjątkiem buka, dla którego największe sadzonki uzyskano przy najwyższym nacisku.

3. Dla części cech analiza wariancji wykazała statystycznie istotne różnice między średnimi wartościami określonymi dla poszczególnych wariantów nacisku. U buka dotyczyło to długości części nadziemnej, u dębu długości sadzonki i systemu korzeniowego oraz grubości w szyi korzeniowej, zaś w przypadku sosny wszystkich analizowanych parametrów, z wyjątkiem suchej masy części nadziemnej. Jednakże na istotność uzyskanego zróżnicowania zazwyczaj wpływał wariant kontrolny, który wyraźnie odróżniał się od wariantów z naciskiem.

4. Współczynniki korelacji między wielkością analizowanych cech pojedynczych sadzonek a wielkością nacisku jednostkowego były niskie, ale istotne dla buka w przypadku długości i suchej masy systemu korzeniowego i suchej masy części nadziemnej, zaś w przypadku sosny wszystkich cech, z wyjątkiem suchej masy części nadziemnej.

5. Udział sadzonek o właściwej proporcji wysokości do grubości w szyjce korzeniowej był zróżnicowany i uzależniony od gatunku. Najwięcej sadzonek dobrej jakości stwierdzono dla dębu, nieco mniej dla buka, a bardzo mało w przypadku sosny. Na uzyskany wynik mogły mieć wpływ warunki panujące na poletkach doświadczalnych, tj. większe ocienienie w porównaniu do kwatery szkółkarskiej.

6. Ze względu na duże szkody powstałe w trakcie prowadzenia badań, spowodowane czynnikami abiotycznymi (silne opady) i biotycznymi (choroby grzybowe, obecność grzyzonia), wskazane byłoby ich powtórzenie.

PIŚMIENNICTWO

- Conlin T.S.S., van den Driesche R., 1996. Soil compaction studies, FRDA. BC Canada, 1-14.
- Dobrowolska D., Farfał D., Józefaciukowa W. 1996. Wpływ wybranych metod i środków pozyskania drewna na uszkodzenia korzeni sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, 819-824, Seria A, 37-45. Warszawa.
- Gil W., 1999. Zrywka drewna ciągnikami forwarde w ujęciu kodeksu praktyk pozyskaniowych. Polskie Towarzystwo Leśne, Sylwan, Warszawa., 7, 69-43.
- Jakliński L., 1999. Modele oddziaływanie koła pneumatycznego na glebę. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- Kamiński E., 1988. Użytkowanie lasu ochrona środowiska naturalnego. Polskie Towarzystwo Leśne, Warszawa, Sylwan, Nr 10, 36-42.
- Laurow Z., 1996. Szlaki technologiczne w procesie pozyskania drewna. Część II. Szlak a środowisko. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej, 6, 23-25. SIMP Warszawa
- Lukáč T., 1997. Lesné dopravníctvo. Technická univerzita vo Zvolene, s. 227.
- Marshall V.G. 2000. Impacts of forest harvesting on biological processes in northern forest soils. Forest Ecology and Management, Elsevier, 133, 43-60.
- Ozimek G., 1993. Przyrodnicze aspekty stosowania szerokich opon w maszynach leśnych. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej, 5, 20-22. SIMP Warszawa
- Porter B., 1994. Wpływ sposobów zrywki na uszkodzenia gleb i drzew pozostających. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej, SIMP Warszawa, 11, 20-22.
- Porter B., 1998. Ekologiczne aspekty prac zrywkowych. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej, SIMP Warszawa 7, 17-19.
- Porter B., Porter K., 1998. Wpływ sposobu pozyskania i zrywki na środowisko leśne. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej, 6, 20-22. SIMP Warszawa
- Puchalski T., Prusinkiewicz Z., 1990. Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego. PWiRL Warszawa.
- Raport o stanie lasów. 2009. <http://www.lasypanstwowe.gov.pl/>
- Tyszkiewicz S., 1968. Nowy sposób oceny sadzonek leśnych. Polskie Towarzystwo Leśne, Sylwan, Warszawa, 112 (3), 35-39.
- Ulrich R., Neruda J., Valenta J., 2003. Wpływ układów jezdnych wybranych maszyn na glebę. Inżynieria Rolnicza, 11 (53), 229-235.
- Walczyk J., Kormanek M., Walczykova M., 2001. Analiza pracy ciągnika Timberjack 240B i jego wpływu na glebę na zrębie. PAU Kraków, Prace Komisji Nauk Rolniczych, Nr 3.
- Whalley W., Dumitru E., Dexter A. R., 1995. Biological effects of soil compaction. Soil and Tillage Research, Elsevier, 35, 53-68.
- Więsik J., 1996. Możliwości doboru maszyn przyjaznych dla środowiska leśnego. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej, SIMP Warszawa, 1, 13-15.

INFLUENCE OF UNIT PRESSURE EXERTED ON SOIL ON QUALITY
OF RENEWAL OF CHOSEN SPECIES OF TREES*Mariusz Kormanek¹, Jacek Banach²*

¹Department of Forest Works Mechanisation, Agricultural University in Krakow
Al. 29 listopada 46, 31-423 Kraków
e-mail: rkorma@cyf-kr.edu.pl

²Department of Genetics, Seed Management and Forest Nursery, Agricultural University in Krakow
Al. 29 listopada 46, 31-423 Kraków

Abstract. The work presents the results of research relating to the influence of the unit pressure exerted on the soil, on growth and quality of seedlings of Scotch pine *Pinus sylvestris*, L. European beech *Fagus sylvatica* L. and pedunculate oak *Quercus robur* L. grown in experimental conditions of the forest stand. The unit pressure in the experiment was applied with the use of a prototype tractor device for controlled exerting of pressure on the soil. Investigations were executed in the "Kłaj" forest nursery, Niepołomice Forest District. The series of plots of the ground was prepared on two experimental surfaces for every species, applying the unit pressures of various values (50, 100, 150, 200 and 250 kPa) and control plots of the ground (without the pressure). Seeds of three analysed species were sowed on plots of the ground. Grown seedlings were dug up after 7 months and transported to the laboratory, where the parameters of plants were measured, such as diameter in the root neck, the length of the aboveground and underground part, dry matter weight. Measured values were than analysed in the Statistica program. Results show that the value of the applied unit pressure exerted on the soil influenced the parameters of seedlings of analysed species. The values of a majority of the parameters of seedlings diminished with the growth of pressure for pedunculate oak and Scotch pine, while for European beech the analysed parameters increased, which suggests the possibility that this species prefers more compact soil during renewing. Grown seedlings on control plots were characterised with largest average values of the parameters tested, with the exception of the European beech.

Keywords: unit pressure, parameters of seedlings, quality, pine, oak, beech