

Wojciech Gil¹

Wpływ więźby sadzenia na wybrane cechy składu chemicznego wierzchniej warstwy gleby w 30-letnim drzewostanie sosnowym

The effect of planting density on chemical properties of the top soil layer in a 30-year-old pine stand

Abstract. The purpose of this study was to establish the relationship between the initial density of trees and selected elements of chemical composition of the top soil layer in a 30-year-old pine stand.

The studies were conducted on the permanent study plot located in the territory of the Parciaki Forest District, Bramura Forest Subdistrict, compartment 149. The experiment was carried out in three variants (in three replications): A – 15,625 trees/ha (spacing 0.8×0.8 m), B – 10,000 trees/ha (spacing 1×1 m), C – 6,945 trees/ha (spacing 1.2×1.2 m). 41 soil samples were collected from each plot according to the set plan. The analysis comprised soil pH, total carbon and sulphur content, concentrations of nitrate, potash, magnesium and phosphorus ions. The initial density was confirmed to have had a significant impact on the chemical composition of the top soil layer. At a lower tree density, the concentrations of nitrate, sulphur, nitrogen and general carbon ions in the soil were higher and the pH value – lower. The content of the analysed elements in the mineral layer of forest soil in the fresh coniferous forest habitat varied even on relatively small study plots. The largest differences (variation coefficients over 100%) were in the case of nitrate ions and the smallest – in the case of pH.

Key words: initial density, spacing, Scots pine, soil chemical properties, variability of forest soil.

1. Wstęp i cel badań

Wybór więźby sadzenia drzew na uprawie jest jedną z najważniejszych decyzji hodowlanych. Czynniki te decydują o tempie wzrostu drzew na grubość i wysokość, o różnicowaniu się ich pozycji biosocjalnych i tempie wydzielania, ma też poważny wpływ na proces zwierania się koron drzew, intensywność oczyszczania się pni oraz na grubość gałęzi, które determinują jakość hodowlaną drewna (Evert 1971, Ceitel 1995, Gil 2006). Analizując wyniki wielu badań można stwierdzić, że wybór optymalnej – z punktu widzenia leśnictwa – więźby sadzenia jest uzależniony od celu hodowlanego i wiąże się z pewnym kompromisem pomiędzy: jakością drewna, zasobnością drzewostanu, jego stabilnością, minimalizacją kosztów hodowli oraz wrażliwością na zagrożenia drzewostanu czynnikami biotycznymi i abio-

tycznymi. Więźba sadzenia ma również, poza oczywistymi przesłankami gospodarczymi, także znaczenie ekologiczne – wpływa na mikroklimat wnętrza lasu (Ceitel 1985), bilans wodny (Chroust 1994) i rozwój dolnych warstw roślinności leśnej (Pearson et al. 1995).

Stosunkowo mało poznany jest wpływ zagęszczenia drzew na właściwości gleb leśnych, chociaż fakt oddziaływania roślinności na właściwości podłoża jest analizowany w wielu opracowaniach (Zinke 1962, Boettcher, Kalisz 1990, Boerner, Koslowsky 1989). Zawartość oraz rozmieszczenie poszczególnych pierwiastków, związków chemicznych w glebie zależy głównie od jej pochodzenia, ukształtowania powierzchni, wieku oraz przebiegu procesów glebotwórczych kształtowanych przez m.in. klimat, wodę i organizmy żywe (Uggla et al. 1979, Oliver et al. 1996, Fitter et al. 2002). Wśród tych ostatnich, w przypadku drzewostanu

¹ Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Hodowli Lasu, Sękocin Stary ul. Braci Leśnej 3, 05–090 Raszyn;
Fax +48 022 7150300; e-mail: W.Gil@ibles.waw.pl

największą rolę w procesach glebotwórczych odgrywają drzewa.

Zakład Hodowli Lasu Instytutu Badawczego Leśnictwa dysponuje stałymi powierzchniami doświadczalnymi założonymi w celu określenia długotrwałego wpływu zagęszczenia początkowego sosny zwyczajnej na wymienione na wstępie parametry drzew i drzewostanów. Niebadanym dotąd aspektem jest ocena ewentualnego wpływu więźby sadzenia na właściwości chemiczne wierzchnich warstw gleb.

Celem badań było określenie związku pomiędzy zagęszczeniem początkowym drzew a wielkością wybranych cech składu chemicznego wierzchniej warstwy gleby w 30-letnim drzewostanie sosnowym oraz ocena stopnia zróżnicowania wybranych elementów wierzchniej warstwy gleby leśnej.

2. Obiekt badań i metodyka

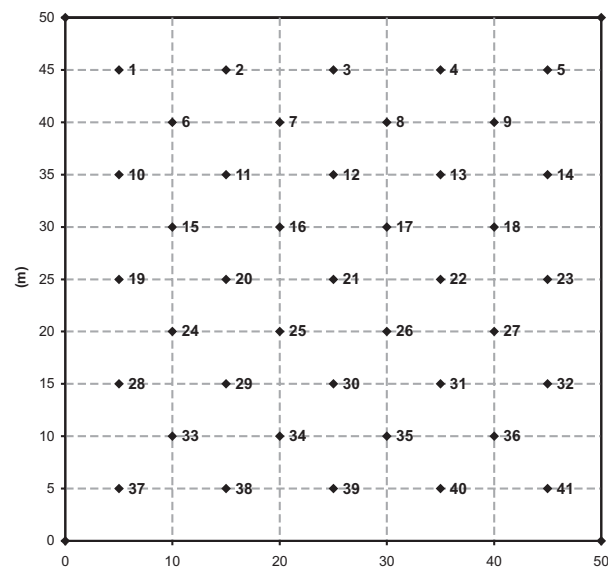
Badania prowadzono na stałej więźbowej powierzchni badawczej, na terenie Nadleśnictwa Parciaki, leśnictwa Bramura, oddział 149. Powierzchnia, w układzie kwadratu łacińskiego, została założona w kwietniu 1965 r., na siedlisku boru świeżego, na gruncie porolnym. Glebę przygotowano orką pełną. Sadzono jednoroczne sadzonki sosny. Wielkość jednej działki wynosi 0,25 hektara (50×50 m). Doświadczenie przeprowadzono w trzech wariantach więźby (w trzech powtórzeniach):

A – 15625 szt./ha, więźba 0,8×0,8 m,

B – 10000 szt./ha, więźba 1×1 m,

C – 6945 szt./ha, więźba 1,2×1,2 m.

Badanie wpływu zagęszczenia początkowego na określone czynniki glebowe jest możliwe m.in. dzięki



temu, że na powierzchni – od chwili jej założenia do roku pomiaru (1994) nie prowadzono cięć pielęgnacyjnych. Analizy glebowe wykonano w 1994 r. Drzewostan osiągnął wówczas wiek 30 lat.

Próbki glebowe pobierane były z wierzchniej warstwy gleby, z poziomu organiczno-mineralnego (gł. 10–20 cm) oznaczanego symbolem A (Klasyfikacja gleb leśnych Polski 2000). Na każdej działce zebrano 41 próbek glebowych według schematu zamieszczonego na rycinie 1. W określonej lokalizacji próbki odślaniano ściółkę na kwadracie o pow. 0,25 m² (50×50 cm) i pobierano glebę z pięciu miejsc – środka i naroży kwadratu. Pobraną glebę mieszano, tak więc każdy kwadrat reprezentowany był przez jedną próbkę zbiorczą. Na potrzeby analizy będącej przedmiotem niniejszej pracy wyniki dla każdej działki uśredniano.

Analiza gleby objęła następujące elementy:

– zawartość ogólnych form węgla i siarki (C, S) (metodą spalania na sucho, na analizatorze Leco) oraz azotu (N) (metodą Kjeldahla),

– zawartość jonów azotanowych N-NO₃ (mikrometodą wg Bremnera w wyciągu kwasu octowego o stężeniu 0,03 mol/dm³ – w tzw. wyciągu Spurwaya),

– zawartość łatwo rozpuszczalnych składników pokarmowych – wapnia, potasu, magnezu (metodą płomieniową w wyciągu Spurwaya),

– fosforu (metodą molibdenową w wyciągu Spurwaya),

– odczyn pH w KCl (metodą potencjometryczną w roztworze KCl o stężeniu 1 mol/dm³ przy stosunku ilości gleby mineralnej do roztworu 1 : 2,5).

Wszystkie analizy wykonywane były na frakcji mechanicznej o średnicy cząstek 1 mm.

Analizy wykonano w Zakładzie Gleboznawstwa i Nawożenia IBL w Sękocinie Starym.

Różnice pomiędzy uśrednionymi wartościami badanych cech gleby analizowano wykorzystując program Statistica 5.1 i dostępne w nim procedury analizy wariancji. Do porównań *a posteriori* wykorzystano test Tukey’*a* ($\alpha=0,05$).

Rycina 1. Lokalizacja miejsc pobierania próbek glebowych na działkach badawczych o wymiarach 50×50 m.

Nadl. Parciaki

Figure 1. Location of sample collection spots on study plots 50×50 m. Parciaki Forest District

3. Wyniki badań i dyskusja

Wyniki analiz glebowych wierzchniej warstwy gleby przedstawia tabela 1. Zawiera ona również informację o początkowej liczbie drzew na działkach i liczebności drzew w roku pomiaru.

Na powierzchni doświadczalnej w Nadleśnictwie Parciaki średnie wartości pH gleby mierzone w KCl wynosiły od 3,81 na działce 8 do 4,13 na działce 3. Według skali odczynu gleb leśnych (Klasyfikacja gleb leśnych Polski 2000) jest to odczyn silnie kwaśny.

Wartość pH okazała się najmniej zmienną cechą wśród badanych właściwości gleby na badanym obszarze – współczynnik zmienności (oznaczony w tabeli symbolem CV , stosunek odchylenia standardowego do średniej, wyrażony w %) wahał się, w zależności od działki, od 1,6 do 6,1%, przy czym na sześciu działkach nie przekraczał poziomu 2%.

Średnia zawartość ogólnej formy węgla (C) w próbkach glebowych wyniosła od 0,80% na działce nr 1 do 1,54% na działce nr 8. Współczynniki zmienności zawartości węgla kształtowały się na poziomie od 16,9

Tabela 1. Wyniki analizy chemicznej gleby mineralnej na działkach reprezentujących trzy warianty zagęszczenia początkowego: A – 15 625 szt./ha, B – 10 000 szt./ha i C – 6 945 szt./ha. Nadl. Parciaki, rok założenia powierzchni 1965, rok pomiaru: 1994.

Table 1. Results of chemical analyses of mineral soil on the study plots representing three initial density variants: A – 15 625 trees/ha, B – 10 000 trees/ha and C – 6 945 trees/ha. Parciaki Forest District, year of plot establishment: 1965, year of measurement: 1994.

| Działka Plot | | Liczba drzew Number of trees | | pH | | | C [%] | | | N [%] | | |
|-----------------|--------------------|---------------------------------|-------------------|-----------|----------|--------|-----------|----------|--------|-----------|----------|--------|
| Nr no. | wariant Variant | w 1965 in 1965 | w 1994 in 1994 | \bar{x} | σ | CV [%] | \bar{x} | σ | CV [%] | \bar{x} | σ | CV [%] |
| 1 | A | 15625 | 1122 | 3,97 | 0,07 | 1,8 | 0,80 | 0,16 | 20,1 | 0,04 | 0,01 | 21,3 |
| 2 | A | 15625 | 1297 | 3,91 | 0,1 | 2,7 | 1,27 | 0,32 | 25 | 0,06 | 0,01 | 22,1 |
| 3 | A | 15625 | 1288 | 4,13 | 0,07 | 1,7 | 0,96 | 0,16 | 16,9 | 0,05 | 0,01 | 16,3 |
| 4 | B | 10000 | 831 | 4,05 | 0,25 | 6,1 | 0,97 | 0,23 | 23,7 | 0,06 | 0,01 | 22,7 |
| 5 | B | 10000 | 1048 | 4,12 | 0,06 | 1,6 | 1,06 | 0,27 | 25,5 | 0,05 | 0,01 | 21,4 |
| 6 | B | 10000 | 1096 | 4,04 | 0,06 | 1,6 | 0,92 | 0,2 | 21,3 | 0,05 | 0,01 | 20,5 |
| 7 | C | 6940 | 810 | 4,01 | 0,07 | 1,7 | 0,86 | 0,16 | 18,6 | 0,05 | 0,01 | 17,2 |
| 8 | C | 6940 | 815 | 3,81 | 0,07 | 1,8 | 1,54 | 0,3 | 19,4 | 0,08 | 0,02 | 20,6 |
| 9 | C | 6940 | 879 | 3,85 | 0,12 | 3,2 | 0,92 | 0,17 | 18,5 | 0,05 | 0,01 | 18 |

| Działka Plot | | C/N | | | P ₂ O ₅ [mg/100 g] | | | K [mg/100 g] | | | Ca [mg/100 g] | | |
|-----------------|--------------------|-----------|----------|--------|--|----------|--------|--------------|----------|--------|---------------|----------|--------|
| Nr no. | wariant variant | \bar{x} | σ | CV [%] | \bar{x} | σ | CV [%] | \bar{x} | σ | CV [%] | \bar{x} | σ | CV [%] |
| 1 | A | 18,4 | 3 | 16,3 | 0,54 | 0,11 | 20,3 | 1,3 | 0,31 | 23,9 | 20,86 | 3,91 | 18,7 |
| 2 | A | 21,25 | 2,99 | 14,1 | 0,71 | 0,29 | 40,8 | 2,35 | 0,28 | 11,9 | 32,72 | 2,58 | 7,9 |
| 3 | A | 20,89 | 1,98 | 9,5 | 2,75 | 1,79 | 65,4 | 2,34 | 1,16 | 49,5 | 16,73 | 4,93 | 29,5 |
| 4 | B | 16,99 | 1,71 | 10,1 | 0,78 | 0,28 | 35,2 | 1,74 | 0,56 | 32,1 | 22,26 | 12,43 | 55,8 |
| 5 | B | 22,13 | 3,94 | 17,8 | 3,23 | 4,42 | 137,1 | 1,6 | 0,59 | 36,7 | 16,68 | 7,29 | 43,7 |
| 6 | B | 19,41 | 2,37 | 12,2 | 1,32 | 0,37 | 28,2 | 2,28 | 0,13 | 5,9 | 18,59 | 2,44 | 13,1 |
| 7 | C | 16,95 | 1,6 | 9,4 | 0,6 | 0,12 | 20,8 | 1,99 | 0,42 | 21,3 | 19,44 | 4,01 | 20,6 |
| 8 | C | 19,26 | 2,03 | 10,5 | 1,8 | 0,64 | 35,8 | 2,93 | 0,55 | 18,7 | 26,77 | 2,56 | 9,6 |
| 9 | C | 20,23 | 1,71 | 8,4 | 1,64 | 0,34 | 20,9 | 2,4 | 0,27 | 11,5 | 23,41 | 3,14 | 13,4 |

| Działka Plot | | Mg [mg/100 g] | | | S [%] | | | N-NO ₃ [mg/100 g] | | |
|-----------------|--------------------|---------------|----------|--------|-----------|----------|--------|------------------------------|----------|--------|
| Nr no. | wariant variant | \bar{x} | σ | CV [%] | \bar{x} | σ | CV [%] | \bar{x} | σ | CV [%] |
| 1 | A | 3,44 | 0,69 | 20,1 | 0,005 | 0,002 | 32,5 | 0,4 | 0,65 | 162,3 |
| 2 | A | 6,87 | 0,54 | 7,9 | 0,001 | 0,002 | 180,3 | 0,28 | 0,86 | 312 |
| 3 | A | 2,84 | 0,75 | 26,3 | 0,006 | 0,007 | 127,6 | 0,19 | 0,18 | 91,3 |
| 4 | B | 3,29 | 1,07 | 32,4 | 0,003 | 0,001 | 43,8 | 0,75 | 0,23 | 31,2 |
| 5 | B | 2,77 | 0,28 | 10 | 0,004 | 0,002 | 35 | 0,08 | 0,18 | 216,6 |
| 6 | B | 3,09 | 0,58 | 18,7 | 0,008 | 0,004 | 51,6 | 0,22 | 0,27 | 120,5 |
| 7 | C | 3,44 | 0,56 | 16,3 | 0,004 | 0,001 | 32,5 | 0,88 | 1,16 | 131,7 |
| 8 | C | 4,87 | 0,31 | 6,4 | 0,01 | 0,008 | 75,4 | 0,85 | 0,38 | 44,2 |
| 9 | C | 4,06 | 0,58 | 14,3 | 0,004 | 0,001 | 28,9 | 0,06 | 0,08 | 135,2 |

\bar{x} wartość średnia
mean
 σ odchylenie standardowe
standard deviation
CV współczynnik zmienności
coefficient of variation

do 25,5%. Średnia zawartość ogólnej formy azotu w próbkach wyniosła, w zależności od działki, od 0,04% na działce nr 1 do 0,08% na działce nr 8. Wartość współczynnika zmienności zawartości ogólnego azotu była zbliżona do wartości współczynnika zmienności zawartości węgla ogólnego. Stosunek zawartości ogólnych form węgla do azotu (C/N) wahał się, w zależności od działki, od 16,95 na działce nr 7 do 22,13 na działce nr 5. Stosunek C/N jest wskaźnikiem szybkości mineralizacji substancji organicznej i możliwości wiązania azotu uwalnianego w wyniku tego procesu (Dobrzański et Zawadzki 1995). Stosunek C/N stwierdzony w wierzchniej warstwie gleby wskazuje na dość duże tempo mineralizacji substancji organicznej.

Średnia zawartość łatwo rozpuszczalnej formy fosforu (P_2O_5) wyrażona w mg/100 g gleby wyniosła od 0,54 na działce nr 1 do 3,23 na działce nr 5.

Średnia zawartość łatwo rozpuszczalnej formy potasu (K) wyrażona w mg/100 g gleby wynosiła od 1,3 na działce nr 1 do 2,93 na działce nr 8. Współczynnik zmienności zawartości potasu w glebie był zróżnicowany od 5,9 do 49,5%.

Średnia zawartość wapnia (Ca) wyrażona w mg/100 g gleby wahała się od 16,68 na działce nr 5 do 32,72 na działce nr 2.

Najmniejszą średnią zawartość łatwo rozpuszczalnej formy magnezu (Mg), wyrażoną w mg/100 g gleby, stwierdzono na działce nr 5 (2,77), a największą – na działce nr 2 (6,87). Najmniejsze zróżnicowanie zawartości magnezu było na działce nr 8 (CV = 6,4%), a największe – na działce nr 4 (32,4%).

Średnia zawartość ogólnej formy siarki (S) wyrażona w procentach wyniosła od 0,001 na działce nr 7 do 0,01 na działce nr 8. Największa odnotowana zmienność zawartości tej cechy wystąpiła na działce nr 2 (180,3%).

Średnia zawartość jonów azotanowych (NO_3^-), wyrażona w mg na 100 g gleby, była zróżnicowana w zależności od działki i wynosiła od 0,06 na działce nr 9 do 0,88 na działce nr 7.

Współczynnik zmienności zawartości jonów azotanowych na działkach wahał się od 31,2 do 312%, przy czym na sześciu działkach CV przekraczał wartość 100%. Badana cecha była więc najbardziej zmienną wśród badanych czynników.

Wyniki te na ogół dobrze korespondują z wynikami innych prac prowadzonych w drzewostanach sosnowych rosnących na ubogich, piaszczystych glebach leśnych (Hough 1982, Lister et al. 2000). Järvinen i in. (1993) badali przestrzenne zróżnicowanie fizycznych i chemicznych właściwości gleby leśnej w drzewostanie sosnowym we wschodniej Finlandii. Analizowano skład mechaniczny gleby mineralnej pobranej z głębokości 10–15 cm. Na obszarze 1 ha elementy (skład mechaniczny, zawartość potasu, magnezu, wapnia, żelaza,

materii organicznej oraz pH i wilgotność podłoża) cechowały się znacznym zróżnicowaniem. Udział piasku drobnego zmieniał się w badanym obiekcie od 7 do 46%, frakcji drobnej w zakresie od 4 do 13%, a różnice w zawartości składników mineralnych sięgały 300%! Lechowicz i Bell (1991) badali zmienność pH i zawartości jonów potasu (K^+) i jonów azotanowych (NO_3^-) w wierzchniej warstwie gleby pod drzewostanem z panującym klonem i bukiem. Wszystkie czynniki zmieniały się istotnie na niewielkich powierzchniach, przy czym wartość pH gleby charakteryzowała się mniejszą zmiennością niż zawartość K^+ i NO_3^- (różnice odpowiednio 2- i 2,5-krotne na transekcie 50-metrowym). Prawidłowość tę potwierdzają również badania Palmera (1990), który stwierdził znaczne zróżnicowanie w glebie leśnej, nawet na powierzchni kilku metrów kwadratowych, takich czynników, jak: wartość pH, zawartość kwasów humusowych oraz ilość fosforu, potasu, wapnia, magnezu, manganu i miedzi.

Porównanie uśrednionych wartości badanych cech gleby (tab. 2) wykazało, że na działkach z mniejszym zagęszczeniem początkowym (wariant C – 6945 szt./ha) w wierzchniej warstwie gleby zgromadzonych było więcej jonów azotanowych, siarki, azotu i węgla ogólnego oraz potasu niż na działkach z większym zagęszczeniem początkowym. Na działkach o najmniejszym zagęszczeniu początkowym stwierdzono najniższą wartość pH. Zawartość wapnia i magnezu była z kolei najniższa na działkach reprezentujących pośrednie zagęszczenie – 10 000 szt./ha.

W literaturze znajdują się doniesienia, że większe zagęszczenie drzew jest jednoznaczne z intensywniejszym poborem składników pokarmowych z podłoża. Z badań Dicusa i Deana (1998) prowadzonych w drzewostanach *Pinus taeda* rosnących w różnych zagęszczeniach wynika, że wzrost zagęszczenia powoduje większe zapotrzebowanie na azot ze środowiska glebowego. Wyniki badań Barrona-Gafforda i in. (2003) w czteroletnich uprawach sosnowych (*Pinus taeda* i *P. elliotii*) również wskazują, że wzrost zagęszczenia drzewostanu wiąże się ze wzrostem biomasy i zwiększoną zawartością składników pokarmowych w igłach i drobnych korzeniach, a więc z rosnącym na nie zapotrzebowaniem. Zagęszczenie ma ponadto wpływ na rozmieszczenie listowia w obrębie korony (Long, Smith 1990), a co za tym idzie – na produktywność drzewostanu i pobór składników z podłoża.

Pomimo wykazanych w badaniach różnic pomiędzy średnimi wartościami badanych parametrów glebowych trudno jest formułować jednoznaczne wnioski dotyczące wpływu zagęszczenia początkowego na właściwości chemiczne gleb, z uwagi na bardzo dużą zmienność badanych cech na poszczególnych działkach.

Tabela 2. Wyniki analizy wariancji i testu istotności różnic (test HSD Tukeya) dla badanych czynników glebowych w poszczególnych wariantach zagęszczenia początkowego: A – 15 625 szt./ha, B – 10 000 szt./ha i C – 6 945 szt./ha. Nadl. Parciaki

Table 2. Results of the analysis of variance and difference significance test (Tukey's HSD test) for tested soil elements in individual initial density variants: A – 15 625 trees/ha, B – 10 000 trees/ha and C – 6 945 trees/ha. Parciaki Forest District

| Zmienna Variable | Wariant Variant | Średnia Mean | <i>F</i> | <i>p</i> | Grupy jednorodne Homogenous groups $\alpha = ,05000$ | |
|---|--------------------|-----------------|----------|----------|--|------|
| pH | C | 3,889431 | 56,2 | 0,0000 | **** | |
| | A | 4,005691 | | | **** | |
| | B | 4,069919 | | | | **** |
| C [%] | B | 0,984472 | 5,027 | 0,0070 | **** | |
| | A | 1,010984 | | | **** | |
| | C | 1,103927 | | | | **** |
| N [%] | A | 0,0501 | 12,5 | 0,0000 | **** | |
| | B | 0,0510 | | | **** | |
| | C | 0,0588 | | | | **** |
| C/N | C | 18,8151 | 6,56 | 0,0016 | **** | |
| | B | 19,5097 | | | **** | **** |
| | A | 20,1788 | | | | **** |
| P ₂ O ₅ [mg/100 g] | A | 1,3322 | 2,3288 | 0,0986 | **** | |
| | C | 1,3448 | | | **** | |
| | B | 1,7769 | | | **** | |
| K [mg/100 g] | B | 1,8748 | 23,668 | 0,0000 | **** | |
| | A | 2,0000 | | | **** | |
| | C | 2,4415 | | | | **** |
| Ca [mg/100 g] | B | 19,1762 | 13,534 | 0,0000 | **** | **** |
| | C | 23,2071 | | | **** | |
| | A | 23,4363 | | | **** | |
| Mg [mg/100 g] | B | 3,0532 | 38,605 | 0,0000 | **** | **** |
| | C | 4,1241 | | | **** | |
| | A | 4,3837 | | | **** | |
| S [%] | A | 0,0040 | 7,057 | 0,0009 | **** | |
| | B | 0,0050 | | | **** | **** |
| | C | 0,0062 | | | | **** |
| N-NO ₃ [mg/100 g] | A | 0,2897 | 8,4042 | 0,0003 | **** | |
| | B | 0,3516 | | | **** | |
| | C | 0,5977 | | | | **** |

4. Podsumowanie

W przypadku sosny zwyczajnej w wieku około 30 lat, rosnącej na siedlisku boru świeżego, zagęszczenie początkowe w badanym zakresie, tj. od 6945 do 15 625 szt./ha, może wywierać istotny wpływ na niektóre właściwości chemiczne wierzchnich warstw gleby. Przy mniejszym zagęszczeniu drzew, w glebie stwierdzono więcej jonów azotanowych, siarki, azotu i węgla ogólnego oraz potasu oraz niższe wartości pH. Jednocześnie zawartość poszczególnych badanych elementów mineralnej warstwy gleby leśnej na siedlisku boru świeżego jest bardzo zróżnicowana nawet na stosunkowo niewielkich powierzchniach działek. Największe różnice (współczynniki zmienności powyżej 100%) wystąpiły w przypadku zawartości jonów azotanowych, najmniejsze – w przypadku odczynu pH. Trudno jest

również jednoznacznie wnioskować o wpływie zagęszczenia na wartości czynników glebowych.

LITERATURA

- Barron-Gafford G. A., Will R. E., Burkes E. C., Shiver B., Teskey R. O. 2003: Nutrient Concentrations and Contents, and their Relation to Stem Growth, of Intensively Managed *Pinus taeda* and *Pinus elliottii* Stands of Different Planting Densities. *Forest Science*, 49 (2), 291–300.
- Boerner R. F., Koslowsky S. D. 1989: Microsite variation in soil chemistry and nitrogen mineralization in a beech-maple forest. *Soil Biology and Biochem.*, 6 (21): 795–801.
- Boettcher S. E., Kalisz P. J. 1990: Single tree influence on soil properties in the mountains of eastern Kentucky. *Ecology*, 71 (4): 1365–1372.

- Ceitel J. 1985: Zmiany mikroklimatu przygrunтовой warstwy powietrza oraz morfologii drzew ze wzrostem upraw sownych założonych w różnych więźbach początkowych. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu*, 160: 13–30.
- Ceitel J. 1995: Współczesne poglądy na więźbę sadzenia upraw leśnych w niektórych krajach Europy. *Przegląd Leśniczy*, 4: 10–13.
- Chroust L. 1994: Vliv hustoty a výchovných sečí na intercepci kapalných srážek v borových porostech. *Lesnictví*, 40 (10): 409–416.
- Dicus, C. A., T. J. Dean. 1998. Stand density effects on biomass allocation patterns and subsequent soil nitrogen demand. [w:] Proceedings of the Ninth Biennial Southern Silvicultural Research Conference (ed. T. A. Waldrop). February 25–27, 1997, Clemson: USDA, Forest Service, Southern Research Station. 564–568.
- Dobrzański B., Zawadzki S. (red.). 1995: Gleboznawstwo. PWRiL, Warszawa, 1–562.
- Evert F. 1971: Spacing studies – a review. Forest Management Institute, Ottawa, Ontario, 1–95.
- Fitter A. H., Hay R. K. M. 2002: Environmental Physiology of Plants. Academic Press, 1–367.
- Gil W. 2006: Effect of planting density on growth and quality parameters of trees and stands in age class II in fresh coniferous forest site. *Folia Forestalia Polonica, Ser. A – Forestry*, 48: 89–105.
- Hough W. A. 1982: Phytomass and nutrients in the understory and forest floor of slash/longleaf pine stands. *Forest Science*, 28: 359–372.
- Jarvinen E., Hokkanen T.J., Kuuluvainen T. 1993: Spatial heterogeneity and relationships of mineral soil properties in a boreal *Pinus sylvestris* stand. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 8: 435–445.
- Klasyfikacja gleb leśnych Polski, 2000. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Warszawa, 1–128.
- Lechowicz M. J., Bell G. 1991: The ecology and genetics of fitness in forest plants. II. Microspatial heterogeneity of the edaphic environment. *Journal of Ecology*, 79: 687–696.
- Lister A. J., Mou P. P., Jones R. H., Mitchell R. J. 2000: Spatial patterns of soil and vegetation in a 40-years-old slash pine (*Pinus elliotii*) forest in the Coastal Plain of South Carolina, USA, *Canadian Journal of Forest Research*, 30: 145–155.
- Long J. N., Smith F. W. 1990: Determinants of stemwood production in *Pinus contorta* var. *latifolia* forests: the influence of site quality and stand structure. *Journal of Applied Ecology*, 27: 847–856.
- Oliver C. D., Larson B. C. 1996: Forest stand dynamics. New York, Brisbane, John Wiley & Sons, Inc., 1–520.
- Palmer M. W. 1990: Spatial scale and patterns of species – environment relationships in hardwood forest of the North Carolina Piedmont. *Coenoses*, 5: 79–87.
- Pearson H.A., Wolters G.L., Thill R.E., Martin A., Jr, Clark B.V., Jr. 1995: Plant Response to Soils, Site Preparation, and Initial Pine Planting Density. *Journal of Range Management*, 48: 511–516.
- Uggla H., Uggla Z. 1979: Gleboznawstwo leśne. Warszawa, PWRiL, 1–528.
- Zinke P.J. 1962: The pattern of influence of individual forest trees on soil properties. *Ecology*, 43 (1): 130–133.