

Ireneusz OLEJARSKI

Instytut Badawczy Leśnictwa
Zakład Siedliskoznawstwa
Sękocin-Las, 05-090 Raszyn
e-mail: I.Olejarski@ibles.waw.pl

WPŁYW ZABIEGÓW AGROTECHNICZNYCH NA NIEKTÓRE WŁAŚCIWOŚCI GLEB ORAZ STAN UPRAW SOSNOWYCH NA POŻARZYSKACH WIELKOBSZAROWYCH

THE INFLUENCE OF AGROTECHNICAL TREATMENTS SOME OF SOILS
PROPERTIES AND THE CONDITION OF SCOTS PINE FOREST REGENERATION
ON GREAT POST FIRE AREAS

***Abstract.** Soil conditions (soil chemistry, physical properties, soil microbiological activity) and state of Scots pine regeneration (content of nutrients in the needles, height increment) in different variants of soil preparation were investigated after great forest fires. Fire caused the reduction of carbon and nutrients in the soil and decrease microbiological activity. The biggest reduction of carbon and nutrients was observed in the method with ploughing, where the remnants of organic substance were removed from the surface. Methods where organic substance had been crushed and mixed with soil improved soil conditions. The improvement the soil conditions lead to increase of nutrients in the needles and to the significant height increment.*

***Key words:** forest fire, soil conditions, agrotechnical treatments, fertilization, nutrient status, height increment, Scots pine.*

1. WSTĘP

Pomimo ważnej roli pożarów w utrzymaniu różnorodności biologicznej oraz w kształtowaniu się składu i struktury gatunkowej w lasach (VIRO 1974), są one jednocześnie jednym z istotnych czynników powodujących ogromne straty w ekosystemach leśnych. Skutki pożarów w lasach zależą w głównej mierze od częstości ich występowania, tzn. od tego czy jest to zjawisko jednorazowe czy cykliczne (FALIŃSKI 1996). W Polsce pożary występują jednorazowo i prowadzą na ogół do znacznego zniszczenia ekosystemów leśnych. Powstają najczęściej przy udziale człowieka i zagrażają głównie monokulturom iglastym, rosnącym na glebach ukształtowanych z utworów piaszczystych (BIAŁY 1997). Stopień zmian w glebach jest istotnie związany z rodzajem pożaru. Pożar pokrywy gleby (przyziemny) powoduje chwilowe zaburzenie właściwości i funkcji gleb, przez co możliwa jest samoczynna regeneracja gleby. Pożary całkowite prowadzą natomiast do degradacji gleb, a przywrócenie ich dawnych właściwości nie jest możliwe bez ingerencji człowieka.

Konsekwencją pożaru jest przede wszystkim wyraźny spadek ilości substancji organicznej w glebie (BAR i VEGA 1983; WALENDZIK i SZOŁTYK 1983; FERNANDEZ i in. 1997). W wyniku spalenia znacznych ilości substancji organicznej nagromadzonej na dnie lasu następuje uwolnienie składników mineralnych w formie tlenków, co prowadzi do spadku kwasowości (wzrostu pH) górnych poziomów gleb (ALMENDROS i in. 1990; SAA i in. 1993; ULERY i in. 1993; PARVIAINEN 1996; FERNANDEZ i in. 1997). Wyniki dotyczące oceny zawartości kationów wymiennych i fosforu w glebie są mniej jednoznaczne. Na ogół jednak stwierdza się znaczący wzrost zawartości K, Mg, Ca i P tuż po pożarze, a następnie systematyczny ich spadek wraz z upływem czasu (BARROS i in. 1982; BAR i VEGA 1983). FRASZEWSKI (1994) w swoich badaniach stwierdził ostre niedobory magnezu w glebie po pożarze, a LEWIS (1974) zaobserwował, że wypalanie sprzyja rozpuszczalności pierwiastków, które stosunkowo szybko wymywane są poza profil glebowy.

Pożar prowadzi do wyraźnego spadku zawartości azotu w glebie (BAR i VEGA 1983; DYRNESS i in. 1989; PARVIAINEN 1996, FERNANDEZ i in. 1997), a także spadku stosunku C/N (BAR i VEGA 1983; ALMENDROS i in. 1990; FERNANDEZ i in. 1997).

Na temat wpływu pożaru na właściwości fizyczne gleby panują zróżnicowane poglądy. TARRANT (1956) podaje, że po pożarze wzrosła przepuszczalność wodna wierzchnich warstw gleby. AUSTIN i BAISINGER (1955) ocenili, że zdolność gleby do zatrzymywania wody zmniejszyła się o 34%, przy czym stan ten utrzymywał się na pożarzysku jeszcze po dwóch latach. GUNIAŻENKO (1958) stwierdził na pożarzyskach wzrost wilgotności gleb w poziomie 5–15 cm po pożarze średnim i

silnym oraz brak widocznych zmian po pożarze słabym. POZDNIAKOW (1953) donosi natomiast, że pożary przyziemne powodują poprawienie warunków wilgotnościowych. PIJAWCZENKO (1952) uznał, że główną przyczyną zabagniania pożarzysk jest naruszenie równowagi między dopływem wody a jej wyparowaniem przez szatę roślinną. WALENDZIK (1968) obserwował wzrost wilgotności w poziomie akumulacyjno-próchnicznym gleby kilkuletnich pożarzysk przeciętnie o 50% w stosunku do kontroli. FIRSOWA (1960) stwierdziła, że po pożarze wilgotność wierzchnich warstw gleby maleje, a głębszych zwiększa się. WALENDZIK i SZOŁTYK (1983) notowali po pożarze wzrost wilgotności aktualnej i połowej pojemności wodnej, odwrotnie niż PIETIKAINEN i FRITZE (1995), którzy stwierdzili spadek wartości tych parametrów.

Pożar lasu powoduje znaczną redukcję ilości drobnoustrojów zasiedlających gleby poprzez bezpośrednie oddziaływanie wysokiej temperatury (BOLLEN 1969; DUNN i in. 1985), przy całkowitym ich zniszczeniu w temp. 180 °C (SKUJINS 1967) oraz pośrednio, w wyniku indukowanej pożarem modyfikacji warunków glebowych. Dochodzi bowiem do zmiany struktury koloidów glebowych i tworzenia się "piromorficznego humusu", mającego inhibujący wpływ na rozwój drobnoustrojów (ALMENDROS i in. 1990). Na spadek biomasy drobnoustrojów oraz aktywności procesów mikrobiologicznych w glebach po pożarze wskazuje szereg autorów (DUNN i in. 1985; PIETIKAINEN i FRITZE 1993, 1995; BAATH i in. 1995; EIVAZI i BAYAN 1996). Rekolonizacja gleby następuje stopniowo z przeżywających pożar form przetrwałych drobnoustrojów (THEODOROU i BOWEN 1982) oraz napływu z przyległych terenów (JALALUDDIN 1969), a całkowite odtworzenie mikrobiocenozy, tj. osiągnięcie stanu wyjściowego (sprzed pożaru) jest procesem trwającym długo, bo od kilku do kilkunastu lat (BISSET i PARKINSON 1980; FRITZE i in. 1993).

W doniesieniach dotyczących sposobów leśnego zagospodarowania pożarzysk wskazuje się, że powinny być one dostosowane do warunków siedliskowych. HERNIK (1978) podaje, że na pożarzysku w Dolnej Saksonii główny nacisk w pracach położono na odpowiednie przygotowanie gleby. Na siedliskach żyzniejszych zastosowano pełne mechaniczne przygotowanie gleby, w celu polepszenia struktury gleby oraz wykorzystania próchnicy jako substancji odżywczej i strukturotwórczej, a także nawożenie mineralne w celu podniesienia żyzności gleb. Na słabszych siedliskach zastosowano orkę w pasy. DĄBROWSKI (1951) w swoich badaniach skupił się nad wypracowaniem praktycznych metod zagospodarowania pożarzysk na najuboższych siedliskach Polski zachodniej i północno-zachodniej. Z badań tych wynika, że na pożarzyskach odnawianych w pierwszym roku po pożarze najlepsze rezultaty dają siewy sosny, natomiast na pożarzyskach starszych - sadzenie, przy czym lepsze wyniki uzyskuje się na glebie przygotowanej niż na nieprzygotowanej. Do podobnych wniosków prowadzą wyniki badań WALENDZIKA (1962), które wskazują na najlepsze efekty odnowień

na glebie przygotowanej. Badania KARLIKOWSKIEGO i in. (1982) nad wpływem różnych sposobów przygotowania gleby na stan odnowień na pożarzysku wykazały, że najkorzystniejsze rezultaty uzyskuje się po przygotowaniu gleby metodą pełnej głębokiej orki oraz na wyoranych pasach, natomiast najmniej korzystne – na glebie nieprzygotowanej. FRASZEWSKI (1994) stwierdził, że wartości przyrostów sosny na wysokość są znacznie zróżnicowane w zależności od przygotowania gleby. Najmniejszymi przyrostami charakteryzowała się sosna na uprawie założonej bez przygotowania gleby, a największymi – w wariantach z bardzo intensywnym jej przygotowaniem.

W 1992 r. miały miejsce w Polsce wielkoobszarowe pożary. W Nadleśnictwie Rudy Raciborskie (woj. śląskie) spaleni uległo 9 tys. ha lasu, w Nadleśnictwie Potrzebowice (woj. wielkopolskie) – 6 tys. ha, a w nadleśnictwach Cierpiszewo (woj. kujawsko-pomorskie) i Szprotawa (woj. lubuskie) – po 3 tys. ha. Spowodowało to konieczność zastosowania w praktyce nowych sposobów przygotowania gleby na pożarzyskach, dotychczas nie sprawdzonych pod względem hodowlanym oraz oceny, które z nich przynoszą najlepsze efekty odnowieniowe.

Celem badań* było określenie wpływu różnych sposobów przygotowania gleb na właściwości fizykochemiczne gleby, jej aktywność mikrobiologiczną oraz na stan odnowień lasu na terenach pożarzysk wielkoobszarowych.

2. OBIEKT I METODYKA BADAŃ

2.1. Charakterystyka terenu badań

Badania prowadzono na dwóch wielkoobszarowych pożarzyskach w nadleśnictwach Cierpiszewo i Rudy Raciborskie.

Teren pożarzyska w Nadleśnictwie Cierpiszewo położony jest (według przyrodniczości regionalizacji kraju) w III Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej, 5 Dzielnicy Kotliny Toruńsko-Płockiej. Klimat tej Dzielnicy charakteryzuje średnia temperatura roczna 7,8 °C i suma rocznych opadów 507 mm. Na obszarze badań występuje siedlisko boru świeżego (97% całego pożarzyska z glebą typu bielcowego (podtyp gleby bielcowe właściwe).

Teren pożarzyska w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie znajduje się w V Krainie Śląskiej, Dzielnicy Kędzierzyńsko-Rybnickiej w Mezonegionie Lasów Raciborskich. Klimat tej Dzielnicy charakteryzuje średnia temperatura roczna 8,2 °C i suma rocznych opadów 663 mm. Poletka doświadczalne założono na siedlisku

* Badania wykonano w ramach tematu BLP-673 na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych

boru mieszanego świeżego (25% całego pożarzyska), z glebą typu rdzawego (podtypu bielcowo-rdzawego).

2.2 Opis wariantów doświadczenia

Badania prowadzono w latach 1993–97, na dwuarowych poletkach doświadczalnych (sumaryczna powierzchnia poletek badawczych wynosiła 1,26 ha), reprezentujących różne warianty przygotowania gleby.

Warianty przygotowania gleby były następujące:

a) Nadleśnictwo Cierpiszewo:

- Kontrola (drzewostan sosnowy II kl. wieku obok pożarzyska),
- Orka (wyoranie pasów pługiem dwuodkładnicowym i odnowienie sosną, powierzchnia oczyszczona z pozostałości organicznych),
- Walec (łamanie pozostałości organicznych walcem, wyoranie pasów pługiem dwuodkładnicowym i odnowienie sosną),
- Seppi (rozdrabnianie pozostałości pozrębowych rozdrabniaczem „Seppi” i mieszanie ich z glebą mineralną na głębokość 10 cm, wyoranie pasów pługiem dwuodkładnicowym i odnowienie sosną),
- Talerzówka (łamanie pozostałości organicznych walcem, orka pługiem talerzowym i odnowienie sosną).

b) Nadleśnictwo Rudy Raciborskie:

- Kontrola (drzewostan sosnowy II kl. wieku obok pożarzyska),
- Orka (j.w.),
- Seppi (j.w.),
- Rauba (rozdrabnianie pozostałości pozrębowych maszyną samojezdną „Rauba” oraz mieszanie ich z 20–30 cm warstwą mineralną gleby i odnowienie sosną),
- Rębarka (rozdrabnianie pozostałości organicznych rębarką „Bandit”, wyoranie pasów pługiem dwuodkładnicowym i odnowienie sosną),
- Talerzówka (j.w.).

Przeprowadzone badania na obu pożarzyskach obejmowały: oznaczenia właściwości chemicznych, fizycznych oraz aktywności mikrobiologicznych gleb, analizy chemiczne igieł sosny na zawartość makroskładników oraz pomiary przyrostu sosny w uprawach. Zastosowano także nawożenie mineralne gleb i oceniono wpływ tego zabiegu na zaopatrzenie igieł w składniki pokarmowe oraz na przyrost wysokości sosny w uprawach.

2.3. Analizy chemiczne, fizyczne i mikrobiologiczne

Do oznaczeń właściwości chemicznych gleby pobrano z każdego poletka doświadczalnego po 3 próby mieszane (każda obejmująca materiał zebrany z 10–15 punktów) z 4 warstw mineralnych: 0–5 cm, 5–10 cm, 10–20 cm, 20–40 cm z rzędów i z międzyrzędów.

W międzyrzędach pobrano próby z nadkładu powstałego w wyniku wyorywania pasów (bruzd). Ogółem pobrano 700 prób glebowych i oznaczono (wg ogólnie przyjętych zasad) następujące charakterystyki glebowe:

- pH w H₂O i KCl metodą potencjometryczną,
- C organiczny (C_{org.}) za pomocą analizatora węgla SC132 Leco,
- N ogólny metodą Kjeldahla,
- P₂O₅ przyswajalny metodą Egnera-Riehma,
- kationy wymienne (Ca, K, Mg, Na) w wyciągu 1n octanu amonu metodą spektrofotometryczną,
- N mineralny: N-NO₃ i N-H₄ (N_{min.}) w 0,03 n kwasie octowym metodą destylacji,
- kwasowość hydrolityczną (Hh) metodą Kappena,
- sumę zasad (Sz = Ca+K+Mg+Na),
- pojemność sorpcyjną ogólną (Th = Sz+Hh),
- stopień wysycenia zasadami w stosunku do pojemności sorpcyjnej (Vh = (Sz:Th)100%).

W celu określenia właściwości fizycznych, pobrano z każdego poletka doświadczalnego po 9 prób glebowych z 4 warstw mineralnych: 0–5 cm, 5–10 cm, 10–20 cm, 20–40 cm z rzędów i z międzyrzędów. Ogółem pobrano 1200 próbek gleby w układzie nienaruszonym. W pobranych próbkach oznaczono:

- ciężar objętościowy w układzie naturalnym suchej masy gleby (g/cm³),
- wilgotność aktualną przez wysuszenie w temperaturze 105 °C do stałej wagi (g/100 cm³),
- kapilarną pojemność wodną przez podsiąkanie (g/100 cm³),
- połowę pojemność wodną laboratoryjnie przez zalewanie cylindereków (g/100 cm³),
- maksymalną pojemność wodną laboratoryjnie przez zalewanie cylindereków (g/100 cm).

Analizy mikrobiologiczne dotyczyły prób pobranych z rzędów i międzyrzędów górnej warstwy mineralnej gleb (0–5 cm). Po ich przesianiu (sito o średnicy oczek 1 mm) i dokładnym wymieszaniu, użyte do analiz próbki doprowadzono do 60% całkowitej pojemności wodnej, tj. optymalnej wilgotności dla badanych procesów, co ustalono przy wstępnym testowaniu. Uzyskane wyniki pomiarów, stanowiące średnie z rzędu i międzyrzędu, odnoszono do suchej masy gleby, którą oznaczano poprzez suszenie naważek gleby w temperaturze 105 °C do stałej wagi.

Pomiar intensywności oddychania gleb prowadzono metodą manometryczną na aparacie Warburga. Po 24 h inkubacji 5 g naważek gleby w temperaturze 22 °C, dokonywano 5 cegodzinnych odczytów ilości przyswajanego O₂ i uwolnionego CO₂.

Biomasę drobnoustrojów ($C_{\text{biom.}}$) oznaczano metodą indukowanej substratem respiracji (ANDERSON i DOMSCH 1978; BEARE i in. 1990). Po 24 h inkubacji 5 g naważek gleby w temp. 22 °C, dodawano glukozę w ilości dającej maksymalną intensywność respiracji, tj. 0,5% – co ustalono przy wstępnym testowaniu, po czym na aparacie Warburga prowadzono codzienne odczyty przyswajania O_2 i wydzielania się CO_2 , aż do rozpoczęcia logarytmicznej fazy wzrostu drobnoustrojów, przejawiającej się gwałtownym wzrostem intensywności procesu oddychania. Biomasę drobnoustrojów obliczono przyjmując, że 1 mg $C_{\text{biom.}}$ uwalnia 13 $\mu\text{g C-CO}_2/\text{h}$.

Korzystając z wyników pomiarów oddychania gleb i biomasy drobnoustrojów obliczono wartość ilorazu metabolicznego drobnoustrojów (qCO_2), odzwierciedlającego ilość uwalnianego CO_2 przez jednostkę biomasy w czasie ($qCO_2 = \mu\text{g C-CO}_2/\text{mg } C_{\text{biom.}} \cdot \text{h}$) (ANDERSON i DOMSCH 1986).

2.4. Analizy chemiczne igieł, przyrost sosny na wysokość

Do analiz chemicznych igieł pobrano w latach 1994–96 z każdego poletka doświadczalnego po trzy próby (każda obejmująca materiał zebrany z 5 do 10 drzewek).

Zawartość K, Ca, Mg w igłach oznaczono metodą absorpcji atomowej po uprzednim spaleniu w $HClO_4$, N metodą Kjeldahla, a P metodą wanadomolibdenową.

W celu określenia rocznych przyrostów i sumy rocznych przyrostów na wysokość sosny w latach 1994–97 dla różnych wariantów przygotowania gleby, pomierzono na każdym poletku doświadczalnym po 50 drzewek.

2.5. Nawożenie mineralne i wapnowanie gleb

W doświadczeniu z nawożeniem mineralnym gleb, zastosowano na obu pożarzyskach nawóz kompleksowy NPK w dawkach: 50 kg N/ha, 30 kg P/ha i 70 kg K/ha. Na pożarzysku w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie przeprowadzono ponadto wapnowanie w dawce 1000 kg/ha, w postaci wapna mieszanego (wapno dewońskie zmieszane z wapnem triasowym).

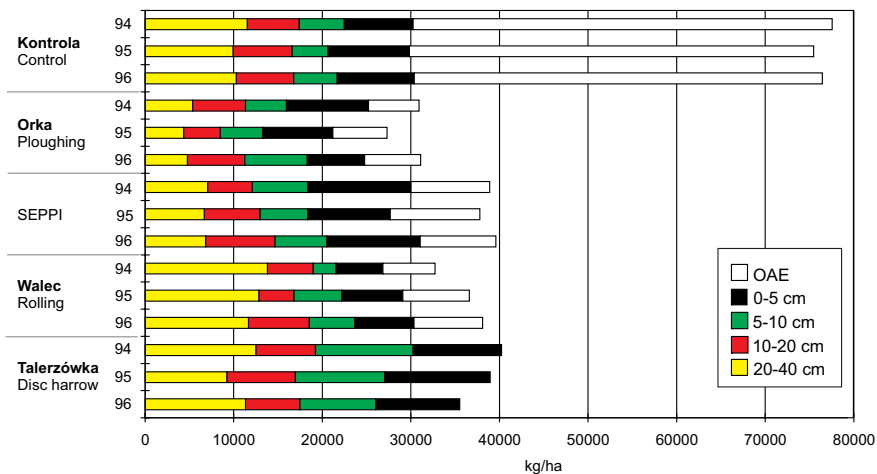
2.6. Analizy statystyczne

Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji wyników badań wg programu STATISTICA (1998). Ocenę istotności różnic przeprowadzono za pomocą testu najmniejszej istotnej różnicy (NIR). Do weryfikacji istotności różnic między wynikami badań przyjęto 95% granice ufności ($p = 0,05$).

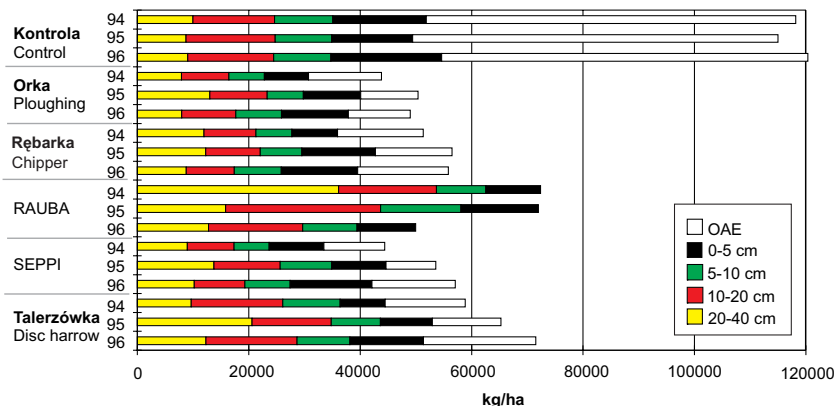
3. WYNIKI I DYSKUSJA

3.1. Właściwości fizykochemiczne gleb

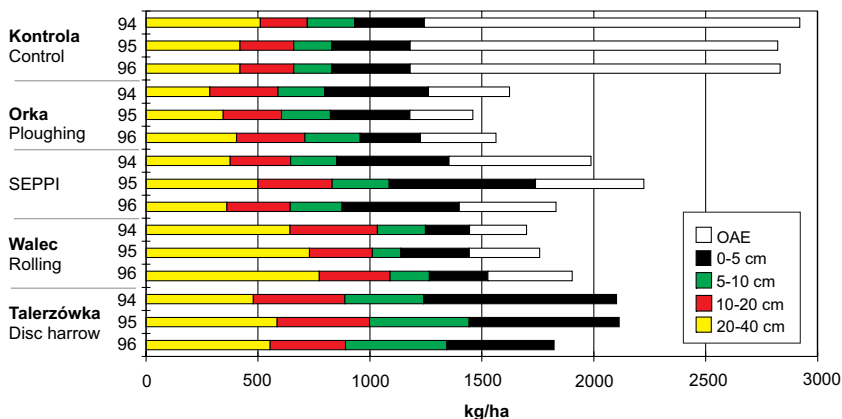
Przeprowadzone badania, dotyczące kształtowania się warunków glebowych będących następstwem pożaru oraz różnych sposobów przygotowania gleb pod uprawy, wykazały, że w wyniku pożaru nastąpiło zniszczenie poziomu organicznego gleb: w Nadleśnictwie Cierpiszewo zniszczenie objęło podpoziomy Ol, Ofh, a w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie – Ol, Of i Oh. Spaleniu uległa próchnica nadkładowa oraz częściowo próchnica wewnątrzglebowa. Ubytek węgla, a tym samym próchnicy, w poziomie organicznym na obu pożarzyskach wynosił ponad 90% (ryc. 1, 2). Bezpośrednio po pożarze powstał nowy układ poziomów genetycznych gleby, bez poziomu organicznego (lub z występującymi jego resztkami), a jego miejsce zajęła spopielena warstwa o miąższości kilku centymetrów zasobna w substraty odżywcze i leżące pod nią poziomy mineralne o zmienionych właściwościach chemicznych i fizycznych. Istotny wpływ na właściwości gleb miał także sposób ich przygotowania pod uprawy. Po tradycyjnej orce utworzyła się mozaika składająca się z pasów gleby mineralnej i naoranego nadkładu, w skład którego weszły resztki substancji organicznej pochodzącej z poziomu organicznego gleby oraz ze spalonego drzewostanu, zmieszane z poziomem mineralnym gleby (AE). Ukształtowała się w ten sposób warstwa, którą nazwano OAE. Po zastosowaniu pługów talerzowych oraz maszyn samojezdnych nastąpiło przemieszanie rozdrobnionych pozostałości organicznych z poziomami mineralnymi gleby. Wprowadzenie w ten sposób do gleby popiołu oraz pozostałej po pożarze substancji organicznej, stworzyło warunki do jej szybszej regeneracji.



Ryc. 1. Zawartość węgla w glebie w Nadleśnictwie Cierpiszewo w 2, 3 i 4 lata po pożarze
 Fig. 1. Carbon content in soil in Cierpiszewo Forest District in 2, 3 and 4 years after forest fire

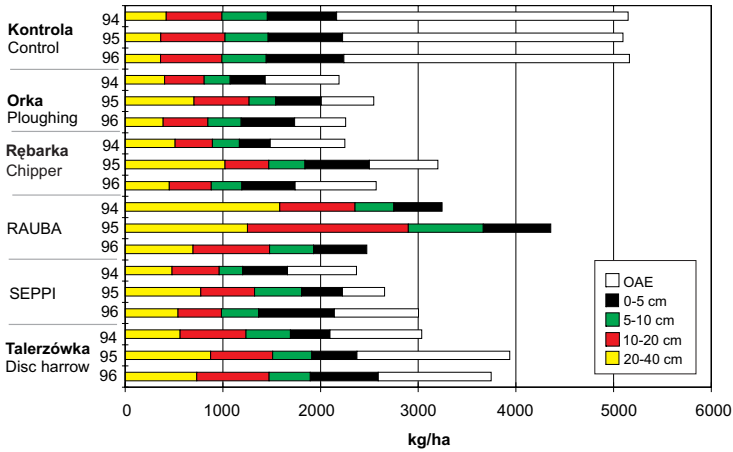


Ryc. 2. Zawartość węgla w glebie w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie w 2, 3 i 4 lata po pożarze
Fig. 2. Carbon content in soil in Rudy Raciborskie Forest District in 2, 3 and 4 years after forest fire

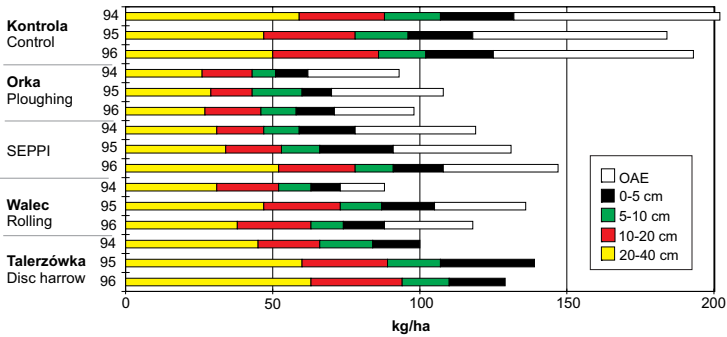


Ryc. 3. Zawartość azotu w glebie w Nadleśnictwie Cierpiszewo w 2, 3 i 4 lata po pożarze
Fig. 3. Nitrogen content in soil in Cierpiszewo Forest District in 2, 3 and 4 years after forest fire

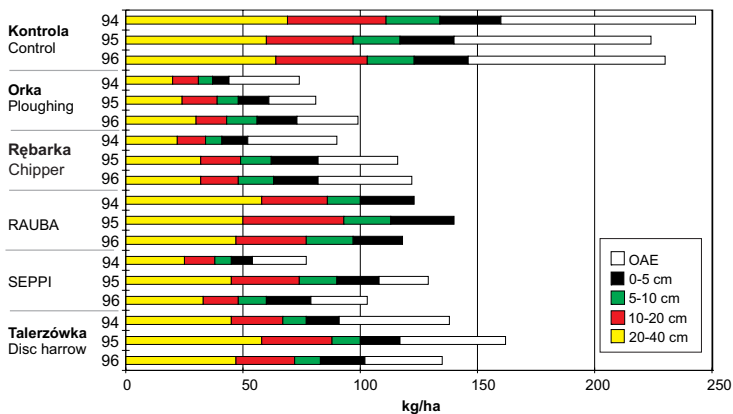
Wcześniejsze doniesienia dotyczące dynamiki zmian zawartości składników pokarmowych po pożarze (LEWIS 1974; BARROS i in. 1982; KUTIEL i SHAVIV 1992) wskazują, że są one przemieszczane z wierzchniej spopielonej warstwy do głębszych poziomów gleby, przenoszone w wyniku erozji na przyległe tereny oraz pobierane przez rośliny – co powoduje, że ich początkowy nadmiar zmienia się w niedobór. Przeprowadzone badania na pożarzyskach w nadleśnictwach Cierpiszewo i Rudy Raciborskie wykazały ubytek całkowitej zawartości (w kg/ha) węgla, azotu, potasu, wapnia w analizowanych warstwach gleb (resztki poziomu organicznego i warstwy mineralne 0–40 cm). W porównaniu z poletkami kontrolnymi, na pożarzyskach notowano ubytek węgla organicznego od około 40% do 68% (ryc. 1, 2), azotu od 21% do prawie 60% (ryc. 3, 4) i potasu od 24 do 64% (ryc. 5, 6).



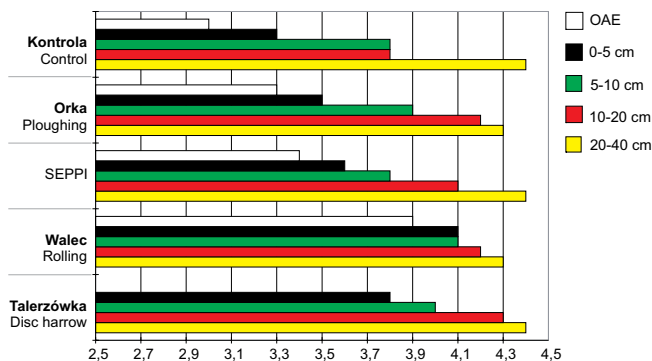
Ryc. 4. Zawartość azotu w glebie w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie w 2, 3 i 4 lata po pożarze
Fig. 4. Nitrogen content in soil in Rudy Raciborskie Forest District in 2, 3 and 4 years after forest fire



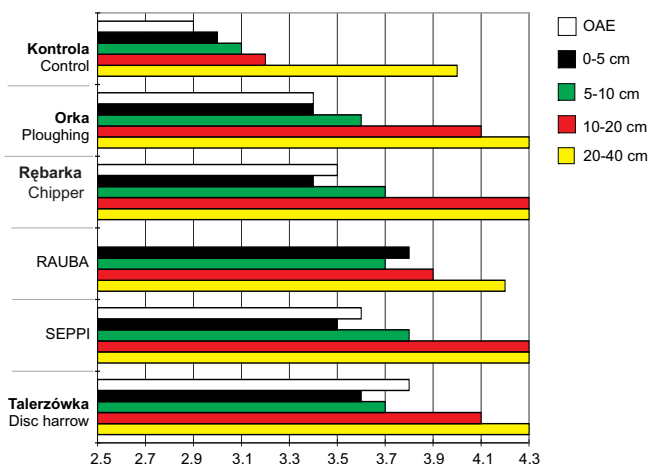
Ryc. 5. Zawartość potasu w glebie w Nadleśnictwie Cierpiszewo w 2, 3 i 4 lata po pożarze
Fig. 5. Potassium content in soil in Cierpiszewo Forest District in 2, 3 and 4 years after forest fire



Ryc. 6. Zawartość potasu w glebie w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie w 2, 3 i 4 lata po pożarze
Fig. 6. Potassium content in soil in Rudy Raciborskie Forest District in 2, 3 and 4 years after forest fire



Ryc. 7. Średnie pH gleby w Nadleśnictwie Cierpiszewo w 4 roku po pożarze
 Fig. 7. Average pH of soil in Cierpiszewo Forest District in 4th year after forest soil



Ryc. 8. Średnie pH gleby w nadleśnictwie Rudy Raciborskie w 4 roku po pożarze
 Fig. 8. Average pH of soil in Rudy Raciborskie Forest District in 4th year after forest soil

Pożar spowodował odkwaszenie gleby sięgające w Nadleśnictwie Cierpiszewo 20 cm (ryc. 7), a w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie – 40 cm (ryc. 8). W ciągu całego okresu badań (2–4 lat po pożarze), w zależności od sposobu przygotowania gleby pod uprawy, pH w warstwie OAE było podwyższone. W Nadleśnictwie Cierpiszewo było ono podwyższone od 0,3 do 1,4 jednostki w porównaniu z poletkami kontrolnymi, a w warstwach mineralnych od 0,2 do 0,9 w warstwie 0–5 cm, od 0,1 do 0,5 w warstwie 5–10 cm oraz od 0,1 do 0,4 w warstwie 10–20 cm. W Nadleśnictwie Rudy Raciborskie odpowiednie wartości wynosiły: od 0,6 do 0,9 w poziomie OAE, od 0,3 do 0,8 w warstwie 0–5 cm, od 0,4 do 0,8 w warstwie 5–10 cm i od 0,7 do 1,3 w warstwie 10–20 cm, natomiast w warstwie 20–40 cm od 0,2 do 0,4.

Na skutek pożaru, wraz z degradacją poziomów organicznych gleb, nastąpiło zniszczenie organicznej frakcji kompleksu sorpcyjnego, a w konsekwencji spadek ogólnej pojemności sorpcyjnej (Th) w nadkładzie OAE (tab. 1, 2). Była ona niższa – w porównaniu do warunków kontrolnych – od 83 do 91%. Niższa, bo od 53 do 78%, była także suma zasad (Sz), a wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi (Vh) było wyższe w wariantach, w których resztki organiczne były mieszane z glebą mineralną. Warianty te charakteryzowały się na ogół wyższą, w porównaniu z kontrolą, sumą zasad i stopniem wysycenia kompleksu sorpcyjnego w warstwach mineralnych gleb. Na obu pożarzyskach najkorzystniejszy wpływ na właściwości kompleksu sorpcyjnego miał wariant Talerzówka, natomiast wariant Orka, gdzie pozostała po pożarze masa organiczna jest usuwana z powierzchni gleby, charakteryzował się na ogół najniższymi wartościami Sz i Vh.

Charakter zmian właściwości fizycznych gleb na obydwu pożarzyskach był zbliżony (tab. 3, 4). W wariantach, w których substancja organiczna była mieszana z glebą, tj. Talerzówka w Nadleśnictwie Cierpiszewo oraz Talerzówka i Rauba w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie, nastąpiła w porównaniu do warunków kontrolnych poprawa właściwości wodnych w warstwach mineralnych gleb, tzn. zwiększyła się ich zdolność do wiązania wody. Przejawem tego był wzrost wilgotności aktualnej gleby od 32% do 75%, kapilarnej pojemności wodnej od 5 do 12%, połowej pojemności wodnej od 10% do 23% (z wyjątkiem warstwy 10–20cm) oraz maksymalnej pojemności wodnej od 6% do 11% (w warstwach poniżej 5 cm) w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie, natomiast w Nadleśnictwie Cierpiszewo wilgotność aktualna wzrosła od 14 do 20%, kapilarna pojemność wodna od 7 do 17%, połowa pojemność wodna od 5 do 9% (z wyjątkiem warstwy 5–10 cm), a maksymalna pojemność wodna o 3%.

W wariacie Orka, gdzie substancja organiczna była usuwana, wartości powyższych parametrów były niższe niż w warunkach kontrolnych i pozostałych wariantach.

3.2. Aktywność mikrobiologiczna gleb

Sposób przygotowania gleby pod uprawy ma istotny wpływ na ilość wprowadzanej substancji organicznej oraz na temperaturę, wilgotność i napowietrzanie gleb, zasobność w przyswajalne składniki odżywcze i w rezultacie na aktywność drobnoustrojów (JENKINSON i RAYNER 1977; ENTRY i in. 1986; DORAN 1987). Aktywność mikrobiologiczna gleb uważana jest za dobry wskaźnik kondycji gleb (POWLSON i in. 1987; WARDLE 1992), a jej pomiary dają możliwość określenia tempa regeneracji gleb zniszczonych przez pożar oraz oceny wpływu stosowania różnych zabiegów agrotechnicznych na kształtowanie się warunków glebowych (ADAMS i LAUGHLIN 1981; LYNCH i PANTING 1980, 1982; DICK i TABATABAI 1992).

Tabela 1

Table 1

Charakterystyka kompleksu sorpcyjnego gleb na pożarzysku w Nadleśnictwie Cierpiszewo 4 lata po pożarze

Characteristic of absorbing complex on area burned in Cierpiszewo Forest District in 4 years after forest fire

Wariant Variant	Sz	Hh	Th	Vh
	me/100g			%
w Ofh lub OAE in Ofh or OAE				
Kontrola Control	9,14 a	71,8 a	80,94 a	11,3 d
Orka Ploughiong	2,00 d	10,4 b	12,40 c	16,1 c
SEPPI	4,28 b	9,6 c	13,88 b	22,7 b
Walec Rolling	2,67 c	7,4 d	10,07 d	26,5 a
w warstwie 0–5 cm in 0–5 cm layer				
Kontrola Control	1,30 c	5,3 b	6,60 c	19,7 d
Orka Ploughiong	2,22 b	6,8 a	9,02 a	24,6 c
SEPPI	2,50 a	6,3 a	8,80 b	28,4 b
Walec Rolling	2,11 b	3,6 c	5,71 d	37,0 a
Talerzówka Disc harrow	2,13 b	3,7 c	5,83 d	36,5 a
w warstwie 5–10 cm in 5–10 cm layer				
Kontrola Control	1,43 b	3,2 d	4,63 e	30,9 d
Orka Ploughiong	1,99 a	6,3 a	8,29 a	24,0 e
SEPPI	2,06 a	4,0 b	6,06 b	34,0 c
Walec Rolling	2,00 a	3,6 c	5,60 c	35,7 b
Talerzówka Disc harrow	1,96 a	3,0 d	4,96 d	39,5 a
w warstwie 10–20 cm in 10–20 cm layer				
Kontrola Control	1,25 c	1,6 e	2,85 e	43,9 a
Orka Ploughiong	1,84 b	4,4 a	6,24 a	29,5 d
SEPPI	1,92 b	3,2 c	5,12 c	37,5 b
Walec Rolling	1,95 b	4,0 b	5,95 b	32,8 c
Talerzówka Disc harrow	2,12 a	2,7 d	4,82 d	44,0 a
W warstwie 20–40 cm in 20–40 cm layer				
Kontrola Control	1,23 c	1,8 e	3,03 e	40,5 b
Orka Ploughiong	0,92 d	2,6 c	3,52 d	26,1 d
SEPPI	1,94 a	2,8 b	4,74 b	40,9 b
Walec Rolling	1,74 b	3,6 a	5,34 a	32,6 c
Talerzówka Disc harrow	1,96 a	2,0 d	3,96 c	49,5 a

Sz – suma zasad, Hh – kwasowość hydrolityczna, Th – ogólna pojemność sorbcyjna, Vh – wysycenie kompleksu sorbcyjnego kationami zasadowymi. Kolejne wartości średnich w poszczególnych warstwach gleby, w kolumnach z oznacznikiem mającym tę samą literę nie są istotnie różne przy p 0,05 (test NIR)

Sz – sum of bases, Hh – hydrolytic acidity, Th – exchange capacity, Vh – saturation of absorbing complex with exchangeable cations. Consecutive average values with the same letter in column are not significantly different for p<0.05 (NIR test)

Tabela 2

Table 2

Charakterystyka kompleksu sorpcyjnego gleb na pożarzysku w Nadesnictwie Rudy Raciborskie cztery lata po pożarze

Characteristic of absorbing complex on area burned in Rudy Raciborskie Forest District in 4 years after forest fire

Wariant Variant	Sz	Hh	Th	Vh
	me/100g			%
w Of lub OAE in Ofh or OAE				
Kontrola Control	8,11 a	86,0 a	94,11a	8,6 e
Orka Ploughiong	2,53 d	7,7 c	10,23 c	24,7 d
Rębarka Chipper	3,37 b	8,6 b	11,97 b	28,2 b
SEPPI	2,61 d	6,8 d	9,41 d	27,7 c
Talerzówka Disc harrow	2,76 c	5,8 e	8,56 e	32,2 a
w warstwie 0–5 cm in 0–5 cm layer				
Kontrola Control	1,54 c	9,2 a	10,74 a	14,3 f
Orka Ploughiong	2,19 b	7,0 d	9,19 b	23,8 c
Rębarka Chipper	2,43 a	6,6 e	9,03 b	26,9 b
RAUBA	1,57 c	7,8 b	9,37 b	16,8 e
SEPPI	2,11 b	7,3 c	9,41 b	22,4 d
Talerzówka Disc harrow	2,49 a	6,2 f	8,69 b	28,7 a
w warstwie 5–10 cm in 5–10 cm layer				
Kontrola Control	1,43 e	8,5 a	9,93 a	14,4 f
Orka Ploughiong	1,63 d	7,5 b	9,13 b	17,9 e
Rębarka Chipper	1,94 b	6,3 e	8,24 d	23,5 b
RAUBA	1,66 d	7,1 c	8,76 c	19,0 d
SEPPI	1,73 c	6,6 d	8,33 d	20,8 c
Talerzówka Disc harrow	2,22 a	6,6 d	8,82 c	25,2 a
w warstwie 10–20 cm in 10–20 cm layer				
Kontrola Control	1,42 c	7,4 a	8,82 a	16,1 d
Orka Ploughiong	0,83 e	4,3 e	5,13 e	16,2 d
Rębarka Chipper	0,99 d	4,5 d	5,49 d	18,0 c
RAUBA	1,54 b	6,4 b	7,94 b	19,4 b
SEPPI	0,81 e	4,2 e	5,01 f	16,2 d
Talerzówka Disc harrow	1,79 a	4,7 c	6,49 c	27,6 a
w warstwie 20–40 cm in 20–40 cm layer				
Kontrola Control	1,21 b	2,5 d	3,71 c	32,7 a
Orka Ploughiong	0,73 e	2,5 d	3,23 e	22,6 e
Rębarka Chipper	0,76 e	2,4 d	3,16 d	24,1 d
RAUBA	1,06 c	3,3b	4,36 b	24,3 c
SEPPI	0,82 d	2,9 c	3,72 c	22,0 f
Talerzówka Disc harrow	1,43 a	3,7 a	5,13 a	27,9 b

Oznaczenia jak w tabeli 1

Designation as in the table 1

Tabela 3
Table 3

Właściwości fizyczne gleb w Nadleśnictwie Cierpiszewo w 4 lata po pożarze
Physical properties of soils in Cierpiszewo Forest District in years after forest fire

Wariant Variant	Wilgotność aktualna Moisture	Kapilarna pojemność wodna Capillary water capacity	Polowa pojemność wodna Field capacity	Maksymalna pojemność wodna Maximum water- holding capacity
	g/100cm ³			
w warstwie 0–5 cm in 0–5 cm layer				
Kontrola Control	8,97 b	27,20 e	8,99 b	48,65 b
Orka Ploughiong	8,15 d	28,39 d	7,40 e	45,36 e
SEPPi	8,78 c	31,48 c	8,03 d	47,61 c
Walec Rolling	8,82 c	32,26 a	8,52 c	47,12 d
Talerzówka Disc harrow	10,44 a	31,71 b	9,50 a	49,88 a
w warstwie 5–10 cm in 5–10 cm layer				
Kontrola Control	8,43 c	30,32 b	8,94 a	47,55 b
Orka Ploughiong	7,45 e	29,48 c	6,28 d	45,71 d
SEPPi	8,72 b	30,28 b	7,50 c	46,21 c
Walec Rolling	8,23 d	30,34 b	8,39 b	45,81 d
Talerzówka Disc harrow	10,16 a	32,57 a	8,90 a	48,26 a
w warstwie 10–20 cm in 10–20 cm layer				
Kontrola Control	8,49 c	30,81 d	8,53 b	46,90 b
Orka Ploughiong	8,19 e	28,95 e	6,95 e	45,17 d
SEPPi	8,35 d	31,07 c	7,33 d	45,64 c
Walec Rolling	8,84 b	32,00 b	7,48 c	46,84 b
Talerzówka Disc harrow	10,21 a	33,11 a	9,29 a	48,15 a
w warstwie 20–40 cm in 20–40 cm layer				
Kontrola Control	7,39 d	31,88 c	7,97 b	45,85 b
Orka Ploughiong	7,13 e	30,48 d	7,22 d	45,25 d
SEPPi	8,17 b	32,19 b	7,87 b	44,41 e
Walec Rolling	7,78 c	31,77 c	7,46 c	45,55 c
Talerzówka Disc harrow	8,42 a	34,88 a	8,37 a	47,17 a

Kolejne wartości średnich w poszczególnych warstwach gleby, w kolumnach z oznacznikiem mającym tę samą literę nie są istotnie różne przy $p < 0,05$ (test NIR)

Consecutive average values with the same letter in column are not significantly different for $p < 0.05$ (NIR test)

Wpływ różnych sposobów przygotowania gleby pod uprawy na pożarzyskach w nadleśnictwach Cierpiszewo i Rudy Raciborskie na aktywność mikrobiologiczną gleb (tab. 5, 6) określono na podstawie pomiarów oddychania gleb ($\mu\text{l CO}_2/\text{g gleby/h}$) oraz biomasy drobnoustrojów ($C_{\text{biom.}}/\text{g gleby}$). Wartości tych parametrów są ściśle związane z zawartością substancji organicznej w glebie

Tabela 4

Table 4

Właściwości fizyczne gleb w Nadleśnictwo Rudy Raciborskie w 4 lata po pożarze

Physical properties of soils in Rudy Raciborskie Forest District in years after forest fire

Wariant Variant	Wilgotność aktualna Moisture	Kapilarna pojem- ność wodna Capillary water capacity	Polowa pojem- ność wodna Field capacity	Maksymalna pojemność wodna Maximum water- holding capacity
	g/100cm ³	g/100cm ³	g/100cm ³	g/100cm ³
w warstwie 0–5cm in 0–5 cm layer				
Kontrola Control	8,60 e	31,12 e	13,85 d	50,70 a
Orka Ploughing	8,51 f	30,09 f	11,01 f	47,12 e
Rębarka Chipper	9,46 d	32,42 d	13,70 e	48,48 c
RAUBA	15,02 a	33,62 b	15,38 a	50,75 a
SEPPi	10,64 c	32,84 c	14,02 c	47,99 d
Talerzówka Disc harrow	12,52 b	34,18 a	15,22 b	50,12 b
w warstwie 5–10cm in 5–10 cm layer				
Kontrola Control	8,77 e	31,89 e	13,79 c	47,62 d
Orka Ploughing	7,99 f	31,20 f	11,96 e	46,89 f
Rębarka Chipper	9,37 d	32,14 d	14,07 b	47,39 e
RAUBA	13,42 a	35,67 a	15,21 a	50,95 a
SEPPi	9,69 c	33,07 c	13,53 d	48,96 c
Talerzówka Disc harrow	12,88 b	35,15 b	15,21 a	50,65 b
w warstwie 10–20cm in 10–20 cm layer				
Kontrola Control	8,33 e	31,67 e	13,63 b	45,40 e
Orka Ploughing	7,80 f	31,19 f	10,61 e	46,86 d
Rębarka Chipper	9,37 c	32,34 d	12,46 c	46,89 d
RAUBA	11,69 a	34,33 b	14,22 a	50,16 b
SEPPi	9,11 d	33,05 c	12,27 d	47,35 c
Talerzówka Disc harrow	10,98 b	34,75 a	13,73 b	50,25 a
w warstwie 20–40cm in 20–40 cm layer				
Kontrola Control	7,72 e	32,10 f	9,65 e	43,70 e
Orka Ploughing	7,18 f	32,73 e	8,62 f	44,70 d
Rębarka Chipper	8,24 d	33,10 d	10,10 c	45,68 c
RAUBA	10,66 a	35,60 a	11,88 a	47,82 a
SEPPi	9,00 c	33,35 c	9,82 d	46,11 b
Talerzówka Disc harrow	10,43 b	33,87 b	11,00 b	46,35 b

Kolejne wartości średnich w poszczególnych warstwach gleby, w kolumnach z oznacznikiem mającym tę samą literę nie są istotnie różne przy $p < 0,05$ (test NIR)

Consecutive average values with the same letter in column are not significantly different for $p < 0.05$ (NIR test)

Tabela 5
Table 5

Aktywność mikrobiologiczna gleb na pożarzystku w Nadleśnictwie Cierpiszewo

Microbiological activity of soils on area burned in Cierpiszewo Forest District

Wariant Variant [zawart. (%) C _{org.} - $\bar{x}(s)$]	Rok	Oddychanie gleb Soil respiration ($\mu\text{lCO}_2/\text{g}$ gleby · h)	Mineralizacja C C mineralization ($\mu\text{lCO}_2/\text{g}$ C _{org.} · h)	Biomasa drobnoustrojów Biomass of microorganisms (mgC _{biom.} /g gleby)	% C _{biom.} w C _{org.}	qC2 (μg C-CO ₂ mg C _{biom.} · h)
Orka Ploughing [1,45 (0,70)]	1994	0,23	10,10	0,029	0,128	4,23
	1995	0,30	23,96	0,043	0,340	3,78
	1996	0,14	16,13	0,019	0,209	4,14
	$\bar{x}(s)$	0,22 (0,08)a	16,73 (6,95)a	0,030 (0,012)a	0,226 (0,107)a	4,05 (0,24)a
SEPII [1,94 (0,92)]	1994	0,16	13,53	0,036	0,307	2,36
	1995	0,29	20,42	0,059	0,411	2,66
	1996	0,51	16,77	0,112	0,372	2,42
	$\bar{x}(s)$	0,32 (0,18)a	16,91 (3,45)a	0,060 (0,039)a	0,363 (0,053)ab	2,48 (0,16)b
Talerzówka Disc harrow [2,32 (2,12)]	1994	0,18	23,05	0,029	0,366	3,37
	1995	1,40	29,54	0,225	0,475	3,33
	1996	0,57	39,10	0,094	0,648	3,24
	$\bar{x}(s)$	0,72 (0,62)a	30,56 (8,07)a	0,116 (0,100)a	0,496 (0,142)bc	3,31 (0,07)c
Walec Rolling 0,65 (0,43)]	1994	0,13	36,39	0,019	0,532	3,67
	1995	0,22	58,44	0,031	0,816	3,84
	1996	0,56	45,95	0,080	0,658	3,74
	$\bar{x}(s)$	0,30 (0,23)a	46,93 (11,06)b	0,043 (0,032)a	0,669 (0,142)cd	3,75 (0,09)a
Kontrola Control [0,93 (0,12)]	1994	0,22	25,06	0,034	0,412	3,26
	1995	0,25	29,73	0,045	0,529	3,01
	1996	0,34	31,82	0,064	0,595	2,87
	$\bar{x}(s)$	0,27 (0,06)a	28,87 (3,46)a	0,048 (0,015)a	0,512 (0,093)bcd	3,05 (0,20)c

 $\bar{x}(s)$ – średnia z lat 1994–1996 (odchylenie standardowe) average value of the years 1994–1996 (standard deviation)Kolejne wartości średnich w kolumnach z oznacznikiem mającym tę samą literę nie są istotnie różne przy $p < 0,05$ (test NIR)Consecutive average values with the same letter in column are not significantly different for $p < 0,05$ (NIR test)

Tabela 6
Table 6

Aktywność mikrobiologiczna gleb na pożarzysku w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie

Microbiological activity of soils on area burned in Rudy Raciborskie Forest District

Variant	Rok	Oddychanie gleb ($\mu\text{ICO}_2/\text{g gleby}\cdot\text{h}$)	Mineralizacja C ($\mu\text{ICO}_2/\text{g C}_{\text{org}}\cdot\text{h}$)	Biomasa drobnoustrojów Biomass of microorganisms ($\text{mgC}_{\text{biom}}/\text{g gleby}$)	% C_{biom} w C_{org}	qC2 ($\mu\text{g C}\cdot\text{CO}_2$ mg $\text{C}_{\text{biom}}\cdot\text{h}$)
Orka Ploughing [1,66 (0,50)]	1994	0,45	22,61	0,073	0,370	3,29
	1995	0,53	31,67	0,072	0,428	3,97
	1996	0,32	25,97	0,045	0,366	3,81
	$\bar{x}(s)$	0,43 (0,11)a	26,75 (4,58)a	0,063 (0,016)a	0,388 (0,035)a	3,69 (0,36)a
SEPPI [1,54 (0,48)]	1994	0,49	30,72	0,083	0,519	3,17
	1995	0,39	31,58	0,073	0,592	2,86
	1996	0,51	26,07	0,087	0,447	3,13
	$\bar{x}(s)$	0,46 (0,06)a	29,46 (2,96)a	0,081 (0,007)a	0,519 (0,073)a	3,05 (0,17)b
Talerzówka Disc harrow [1,19 (0,37)]	1994	0,38	38,41	0,070	0,708	2,91
	1995	0,30	29,30	0,059	0,578	2,72
	1996	0,59	37,53	0,107	0,681	2,96
	$\bar{x}(s)$	0,42 (0,15)a	35,08 (5,02)a	0,079 (0,025)a	0,656 (0,069)b	2,86 (0,13)b
RAUBA [1,72 (0,54)]	1994	0,40	28,68	0,084	0,604	2,55
	1995	0,44	28,87	0,071	0,468	3,32
	1996	0,40	21,47	0,069	0,370	3,11
	$\bar{x}(s)$	0,41 (0,02)a	26,34 (4,22)a	0,075 (0,008)a	0,481 (0,118)a	2,99 (0,40)b
Rębarka Chipper [1,38 (0,40)]	1994	0,37	31,58	0,077	0,458	3,70
	1995	0,36	28,84	0,051	0,409	3,78
	1996	0,37	21,65	0,054	0,316	3,67
	$\bar{x}(s)$	0,37 (0,01)a	27,36 (5,13)ba	0,061 (0,014)a	0,394 (0,072)a	3,72 (0,06)a
Kontrola Control [2,92 (0,96)]	1994	0,36	26,22	0,132	0,482	2,92
	1995	0,62	29,65	0,120	0,575	2,76
	1996	0,91	24,06	0,161	0,427	3,02
	$\bar{x}(s)$	0,75 (0,15)ab	26,64 (2,82)a	0,138 (0,021)b	0,495 (0,075)a	2,90 (0,13)b

 $\bar{x}(s)$ – średnia z lat 1994–1996 (odchylenie standardowe) average value of the years 1994–1996 (standard deviation)Kolejne wartości średnich w kolumnach z oznacznikiem mającym tę samą literę nie są istotnie różne przy $p < 0,05$ (test NIR)Consecutive average values with the same letter in column are not significantly different for $p < 0,05$ (NIR test)

(SCHNURER i in. 1985, ANDERSON i DOMSCH 1986, MC GILL i in. 1986, WHEATLEY i in. 1990, CHANG i in. 1995), co potwierdzają uzyskane wyniki badań. Wskazują na to stwierdzone istotne korelacje pomiędzy zawartością węgla organicznego w glebie, a przebiegiem procesu oddychania gleb ($r = 0,809$, $p < 0,005$) i biomasą drobnoustrojów ($r = 0,820$, $p < 0,005$). Powyższe parametry mikrobiologiczne, ze względu na znaczne zróżnicowanie pod względem zawartości C_{org} prób pobieranych w kolejnych latach z badanych upraw, uważać można za mało przydatne do analiz porównawczych. Były one natomiast niezbędne do oznaczeń ilorazu metabolicznego drobnoustrojów (qCO_2) i procentowego udziału $C_{biom.}$ w $C_{org.}$, które wydają się być bardziej miarodajnymi wskaźnikami aktywności mikrobiologicznej gleb badanych pożarzysk. Stwierdzone wartości procentowego udziału $C_{biom.}$ w $C_{org.}$ zarówno na pożarzyskach, jak i na poletkach kontrolnych mieszczą się w zakresie wartości, jakie podaje literatura dla różnych gleb, tj. od 0,27% do ponad 7% (ANDERSON i DOMSCH 1989), lecz są znacznie niższe od notowanych w glebach lasów iglastych, tj. około 1,2% (MARTIKAINEN i PALOJARVI 1990; FRITZE i in. 1993).

Z kolei stwierdzone wartości qCO_2 w badanych uprawach były wyraźnie wyższe od tych, jakie notuje się w poziomach mineralnych gleb leśnych, gdzie na ogół wynoszą poniżej $2 \mu g C-CO_2/mg C_{biom.} \cdot h$ (NOHRSTEDT i in. 1989; SRIVASTAVA i SINGH 1989; PRIHA i SMOLANDER 1994; SMOLANDER i in. 1994). Iloraz metaboliczny odzwierciedla stan fizjologiczny drobnoustrojów, a ściślej – specyficzne tempo respiracji biomasy. W warunkach niekorzystnych wartość qCO_2 rośnie, wzrasta bowiem zapotrzebowanie energetyczne drobnoustrojów na utrzymanie i biosyntezę (KILLHAM 1985; CHANDER i BROOKES 1991). Wartość qCO_2 związana jest także z sukcesją drobnoustrojów glebowych i spada w kolejnych etapach tego procesu, co łączy się z tworzeniem się zespołów drobnoustrojów charakteryzujących się coraz ekonomiczniejszym metabolizmem, tj. zmniejszonym zapotrzebowaniem energetycznym (INSAM i DOMSCH 1988; INSAM i HASELWANDTER 1989).

Na podstawie przeprowadzonych badań mikrobiologicznych można stwierdzić, że z zastosowanych sposobów przygotowania gleb pod uprawę, wyraźnie korzystniej na rozwój drobnoustrojów wpłynęły te, w wyniku których nastąpił zwiększony dopływ masy organicznej do gleby. Dotyczy to zwłaszcza wariantów Seppi, Talerzówka oraz dodatkowo w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie – Rauba. Po tych zabiegach procentowy udział biomasy drobnoustrojów w ogólnej zawartości substancji organicznej oraz qCO_2 był zbliżony dla badanych wariantów, a w niektórych przypadkach bardziej korzystny niż na poletkach kontrolnych. W odróżnieniu od powyższych, wariant Orka charakteryzował się istotnie niższą biomasą drobnoustrojów oraz wyższą wartością qCO_2 , co świadczy o tym, że zastosowanie tego zabiegu stworzyło wyraźnie gorsze warunki dla rozwoju zasiedlających gleby drobnoustrojów oraz że ich sukcesja przebiega tam wolniej.

3.3. Zawartość makroskładników w igłach sosny

Sposób przygotowania gleby miał istotny wpływ na zawartość składników pokarmowych w igłach sosny. Wyraźnie wyższą ich zawartość notowano w wariantach, w których substancja organiczna była rozdrobniona i wprowadzona do gleby (tab. 7, 8).

W Nadleśnictwie Cierpiszewo zawartość azotu w drugim roku po pożarze wahała się od 2,33% w wariantcie Orka do 2,54% w wariantcie Talerzówka i była wyższa niż na powierzchni kontrolnej, gdzie wynosiła 1,55%. W kolejnych latach zawartość tego pierwiastka w igłach obniżała się i wynosiła w czwartym roku po pożarze od 1,60 do 1,65%, mieszcząc się w optymalnym zakresie dla jednorocznych igieł sosny, tj. 1,3–1,7% (WALENDZIK 1990; FOBER 1993). Zawartość fosforu w igłach w dwa lata po pożarze była istotnie wyższa niż w kontroli (0,14%) i wahała się od 0,19 do 0,22%, a więc w optymalnym zakresie, który wynosi 0,10–0,30% (WALENDZIK 1990; FOBER 1993). W cztery lata po pożarze notowano

Tabela 7

Table 7

Zawartość procentowa składników pokarmowych w igłach sosny na pożarzysku w Nadleśnictwie Cierpiszewo

Percentage content of nutrients in needles of Scots pine on area burned in Cierpiszewo Forest District

Wariant Variant	N	P	K	Ca	Mg	
w 1994 r.		in 1994				
Kontrola Control	1,55 c	0,14 c	0,51 b	0,13 c	0,06 c	
Orka Ploughing	2,33 b	0,20 ab	0,65 a	0,23 b	0,07 c	
SEPPI	2,51 a	0,22 a	0,68 a	0,25 b	0,09 b	
Walec Rolling	2,52 a	0,19 b	0,67 a	0,25 b	0,10 b	
Talerzówka Disc harrow	2,54 a	0,21 ab	0,66 a	0,42 a	0,13 a	
w 1995 r.		in 1995				
Kontrola Control	1,45 c	0,15 b	0,60 b	0,20 b	0,08 a	
Orka Ploughing	1,85 b	0,18 a	0,60 b	0,12 c	0,04 d	
SEPPI	1,95 a	0,18 a	0,62 b	0,20 b	0,05 cd	
Walec Rolling	1,97 a	0,18 a	0,47 c	0,25 a	0,06 bc	
Talerzówka Disc harrow	1,94 a	0,18 a	0,69 a	0,25 a	0,07 ab	
w 1996 r.		in 1996				
Kontrola Control	1,32 b	0,13 b	0,58 a	0,40 b	0,10 a	
Orka Ploughing	1,60 a	0,17 a	0,55 a	0,18 e	0,08 bc	
SEPPI	1,65 a	0,18 a	0,59 a	0,28 d	0,10 a	
Walec Rolling	1,62 a	0,17 a	0,57 a	0,37 c	0,07 c	
Talerzówka Disc harrow	1,65 a	0,17 a	0,59 a	0,43 a	0,09 ab	

Kolejne wartości średnich w kolumnach z oznacznikiem mającym tę samą literę nie są istotnie różne przy $p < 0,05$ (test NIR)

Consecutive average values with the same letter in column are not significantly different for $p < 0.05$ (NIR test)

spadek zaopatrzenia igieł w fosfor do 0,17%. Zawartość potasu w igłach w drugim roku po pożarze wahała się od 0,65 (Orka) do 0,68% (Seppi) i była istotnie wyższa niż w warunkach kontrolnych (0,58%). W następnych latach nastąpił jej spadek do poziomu 0,55% w wariacie Orka oraz 0,57–0,59% w pozostałych wariantach. Wartości te mieszczą się w optymalnym zakresie dla potasu w jednorocznych igłach sosny, tj. 0,30–0,90% (WALENDZIK 1990; FOBER 1993).

We wszystkich wariantach stwierdzono także istotnie wyższą zawartość wapnia w igłach w drugim roku po pożarze, w porównaniu do warunków kontrolnych. W kolejnych latach istotny spadek zawartości tego pierwiastka notowano jedynie w wariacie Orka. W czwartym roku po pożarze najwyższą zawartością wapnia (0,43%), istotnie wyższą niż w kontroli i pozostałych wariantach, charakteryzował się wariant Talerzówka. Optymalny zakres zawartości wapnia w jednorocznych igłach sosny waha się od 0,15 do 0,70% (WALENDZIK 1990; FOBER 1993). W przeciwieństwie do wyżej opisanych pierwiastków, zawartość magnezu

Tabela 8

Table 8

Zawartość procentowa składników pokarmowych w igłach sosny na pożarzysku w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie

Percentage content of nutrients in needles of Scots pine on area burned in Rudy Raciborskie Forest District

Wariant Variant	N	P	K	Ca	Mg	
		w 1994 r. in 1994				
Kontrola Control	2,02 c	0,18 b	0,77 a	0,20 b	0,10 a	
Orka Ploughing	2,29 b	0,22 a	0,70 b	0,20 b	0,10 a	
Rębarka Chipper	2,33 b	0,23 a	0,77 a	0,22 b	0,11 a	
SEMPI	2,49 a	0,23 a	0,75 a	0,28 a	0,10 a	
Talerzówka Disc harrow	2,53 a	0,25 a	0,78 a	0,30 a	0,11 a	
		w 1995 r. in 1995				
Kontrola Control	1,87 e	0,16 c	0,71 b	0,22 d	0,09 bc	
Orka Ploughing	2,05 d	0,21 a	0,72 b	0,25 c	0,10 ab	
Rębarka Chipper	2,10 c	0,18 bc	0,76 a	0,23 cd	0,11 a	
SEMPI	2,26 a	0,20 ab	0,72 b	0,31 b	0,08 c	
Talerzówka Disc harrow	2,20 b	0,20 ab	0,77 a	0,34 a	0,09 bc	
		w 1996 r. in 1996				
Kontrola Control	1,65 c	0,18 bc	0,63 a	0,34 b	0,09 a	
Orka Ploughing	1,80 b	0,20 ab	0,47 d	0,30 c	0,09 a	
Rębarka Chipper	1,83 b	0,21 a	0,50 c	0,36 b	0,09 a	
SEMPI	2,05 a	0,21 a	0,49 cd	0,36 b	0,08 a	
Talerzówka Disc harrow	2,02 a	0,16 c	0,60 b	0,49 a	0,09 a	

Kolejne wartości średnich w poszczególnych warstwach gleby, w kolumnach z oznacznikiem mającym tę samą literę nie są istotnie różne przy $p < 0,05$ (test NIR)

Consecutive average values with the same letter in column are not significantly different for $p < 0.05$ (NIR test)

w igłach sosny była niska, szczególnie w trzecim roku po pożarze kiedy to wynosiła 0,04% w wariacie Orka, 0,05% w wariacie Seppi i 0,07% w wariacie Talerzówka, a więc na ogół poniżej optymalnego zakresu tego pierwiastka, wynoszącego 0,07–0,16% (WALENDZIK 1990; FOBER 1993). W następnym roku obserwowano wzrost zaopatrzenia igieł w magnez do 0,07% w wariacie Walec i do 0,10% w wariacie Seppi.

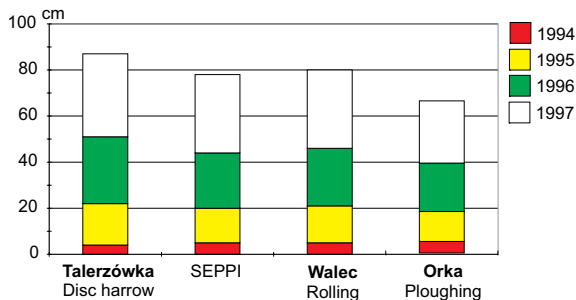
W Nadleśnictwie Rudy Raciborskie zawartość azotu w igłach była we wszystkich wariantach istotnie wyższa niż w kontroli, przy czym w kolejnych latach następował jej spadek do 1,80% w wariacie Orka i do 2,05% w wariacie Seppi. Ten ostatni wraz z wariantem Talerzówka charakteryzowały się istotnie wyższymi koncentracjami azotu w igłach niż pozostałe warianty oraz powierzchnie kontrolne. Z wyjątkiem wariantu Talerzówka w czwartym roku po pożarze, zawartość fosforu w igłach na pożarzysku była w całym okresie badań istotnie wyższa niż w kontroli i wahała się w granicach 0,18–0,53%. Zawartość potasu, która była najniższa w wariacie Orka, a najwyższa w wariacie Talerzówka, w większości przypadków zmniejszała się w kolejnych latach do poziomu 0,47% w wariacie Orka i 0,60% w wariacie Talerzówka, a w kontroli wynosiła 0,63%. Z kolei zawartość wapnia w igłach wzrastała w kolejnych latach obserwacji i kształtowała się w czwartym roku po pożarze w granicach od 0,30% w wariacie Orka do 0,49% w wariacie Talerzówka, przy 0,34% w warunkach kontrolnych. We wszystkich wariantach oraz w kontroli notowano podobną zawartość magnezu w igłach, tj. 0,05–0,11%, która nieznacznie zmniejszała się w kolejnych latach badań. Zawartość tego pierwiastka w igłach w wariacie Orka była istotnie niższa, a w wariacie Talerzówka istotnie wyższa niż w pozostałych.

3.4. Przyrosty roczne sosny na wysokość

Sposób przygotowania gleby wpływa na zróżnicowanie przyrostów rocznych sosny na wysokość. Największe przyrosty roczne na wysokość osiąga sosna na uprawie założonej po bardzo intensywnym przygotowaniu gleby, a najmniejsze na nieprzygotowanej glebie (FRASZEWSKI 1994).

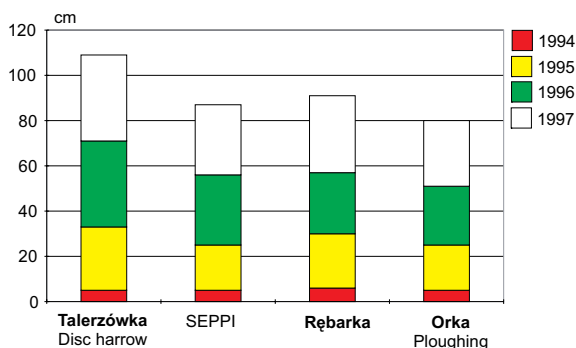
Wyniki przeprowadzonych pomiarów przyrostów rocznych sosny na wysokość na pożarzysku w Nadleśnictwie Cierpiszewo przedstawiono na rycinie 9. W 1995 r. przyrost w wariacie Orka wynosił 13 cm i był istotnie niższy od wariantów Walec i Talerzówka, gdzie wynosił odpowiednio 16 i 18 cm. W latach 1996 i 1997 największy przyrost notowano w wariacie Talerzówka, odpowiednio 29 i 36 cm; był on istotnie wyższy aniżeli w pozostałych wariantach. Suma przyrostów na wysokość, obejmująca czteroletni okres pomiarów pokazuje, że najlepiej przyrastają uprawy sosnowe w wariacie Talerzówka – 88 cm, a więc o 33% więcej niż w wariacie Orka, charakteryzującym się najsłabszym przyrostem.

Przyrosty roczne sosny na wysokość na pożarzysku w Nadleśnictwie Rudy Ra-



Ryc. 9. Suma przyrostów wysokości sosny na pożarzysku w Nadleśnictwie Cierpiszewo w latach 1994–1997

Fig. 9. Sum of height increment of Scots pine on area burned in Cierpiszewo Forest District in 1994–1997



Ryc. 10. Suma przyrostów wysokości sosny w latach 1994–1997 na pożarzysku w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie

Fig. 10. Sum of height increment of Scots pine on area burned in Rudy Raciborskie Forest District in 1994–1997

stwierdzono w wariacie Talerzówka (istotnie wyższe niż w pozostałych wariantach). Suma przyrostów na wysokość (za okres 1994–1997) wskazuje, że najlepiej przyrastały uprawy w wariacie Talerzówka – 109 cm, tj. o 36% więcej niż w wariacie Orka, gdzie notowano najniższy przyrost.

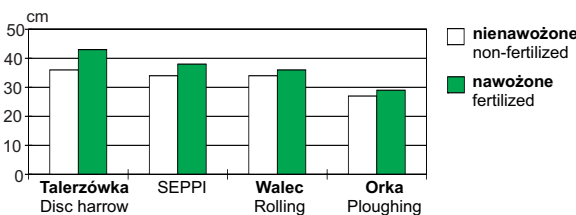
Przeprowadzone pomiary wskazują na wyraźny związek pomiędzy przyrostem sosny a sposobem przygotowania gleby pod uprawy. W wariantach, w których substancja organiczna jest rozdrobniona i wprowadzona do gleby, następuje znaczna poprawa warunków glebowych, przejawiająca się niższym ubytkiem węgla oraz składników pokarmowych, większą wilgotnością oraz aktywnością drobnoustrojów glebowych, na co wskazują wcześniej omówione wyniki badań. Dotyczy to zwłaszcza powszechnie stosowanego na obu pożarzyskach wariantu Talerzówka. Znalazło to odzwierciedlenie w wyższej zawartości składników pokarmowych w igłach oraz w większych przyrostach rocznych sosny na wysokość. Z kolei wariant Orka, wykazujący wyraźnie gorsze warunki glebowe, charakteryzował się najniższym zaopatrzeniem igieł w składniki pokarmowe oraz najniższym przyrostem sadzonek.

3.5. Wpływ nawożenia mineralnego na uprawy

Efekt przeprowadzonych zabiegów nawożeniowych oceniono na podstawie wyników oznaczeń zawartości składników pokarmowych w igłach (tab. 9, 10) oraz pomiarów przyrostu sosny na wysokość (ryc. 11, 12).

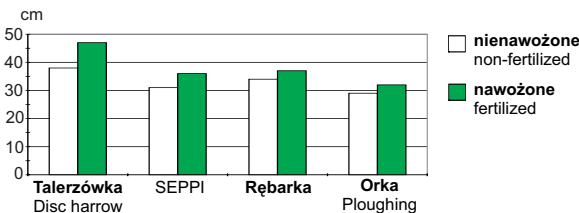
Na pożarzysku w Nadleśnictwie Cierpiszewo, gdzie zawartość azotu w igłach sosny wahała się od 1,60% w wariancie Orka do 1,65% w wariantach Talerzówka i Seppi, nawożenie spowodowało istotny wzrost ilości tego pierwiastka do 1,66% w wariancie Orka, do 1,72% w wariantach Talerzówka i do 1,74% w wariancie Walec. Podobnie istotny wzrost zawartości po tym zabiegu, z wyjątkiem wariantu Walec, notowano w przypadku potasu, bo z 0,55% w wariancie Orka i 0,59% w pozostałych wariantach, do 0,60% w wariancie Orka i 0,71% w wariancie Talerzówka. Wpływ nawożenia mineralnego na zawartość wapnia w igłach sosny był zróżnicowany; przejawiał się jej wzrostem w wariancie Orka i spadkiem w wariantach Walec i Talerzówka. Nawożenie nie spowodowało natomiast istotnych zmian w zawartości magnezu i fosforu. Po przeprowadzonym zabiegu istotnie wzrósł przyrost roczny sosny na wysokość, od 2 cm w wariancie Orka do 7 cm w wariancie Talerzówka.

Na pożarzysku w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie na nie nawożonych poletkach doświadczalnych zawartość azotu w igłach sosny wahała się od 1,80% (w wariancie Orka) do 2,05% (w wariancie Seppi), a po zastosowaniu zabiegów nawożenia i wapnowania istotnie wzrosła (z wyjątkiem wariantu Rębarka) i wynosiła od 2,00% w wariancie Orka do 2,09% w wariancie Talerzówka. Wzrosła również zawartość potasu w igłach po w/w zabiegach, z 0,47% w wariancie Orka i 0,60% w pozostałych, do 0,82% w wariancie Walec i 0,97% w wariancie Talerzówka. Nie stwierdzono istotnych zmian w zawartości fosforu i magnezu w igłach po zastosowaniu nawożenia i wapnowania gleby, natomiast zawartość wapnia zmniejszyła się. Trudno na podstawie przeprowadzonych badań wytłumaczyć przyczynę tego zjawiska. Można jedynie przypuszczać, że wzmożone pobieranie N



Ryc. 11. Wpływ nawożenia NPK na przyrost wysokości sosny na pożarzysku w Nadleśnictwie Cierpiszewo

Fig. 11. Influence of NPK fertilization on height increment of Scots pine on area burned in Cierpiszewo Forest District



Ryc. 12. Wpływ nawożenia NPK wraz z wapnowaniem na przyrost wysokości sosny na pożarzysku w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie

Fig. 12. Influence of NPK fertilization and limed on height increment of Scots pine on area burned in Rudy Raciborskie Forest District

Tabela 9

Table 9

Wpływ nawożenia NPK na zawartość składników pokarmowych w igłach sosny na pożarzysku w Nadleśnictwie Cierpiszewo (a – nienawożone, b – nawożone) wyrażony w procentach

Influence of NPK fertilization on nutrients content in needles of Scots pine on area burned in Cierpiszewo Forest District (a – unfertilized, b – fertilized) in percentage

Wariant Variant	N		P		K		Ca		Mg	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Orka Ploughiong	1,60 c	1,66 b	0,17 b	0,18 ab	0,55 e	0,60 cd	0,18 e	0,27 d	0,08 bc	0,08 bc
SEMPI	1,65 b	1,72 a	0,18 a	0,19 a	0,59cd	0,65 b	0,28 d	0,29 cd	0,10 a	0,10 a
Walec Rolling	1,62 bc	1,74 a	0,17 b	0,19 a	0,59cd	0,58 d	0,37 b	0,30 cd	0,07 cd	0,06 d
Talerzówka Disc harrow	1,65 b	1,72 a	0,17 b	0,18 ab	0,59cd	0,71 a	0,43 a	0,34 bc	0,09 b	0,10 a
Kontrola Control	1,32 d	1,71 a	0,13 c	0,19 a	0,58 d	0,61 c	0,20 e	0,34bc	0,08 bc	0,10 a

Kolejne wartości średnich w poszczególnych warstwach gleby, w kolumnach z oznacznikiem mającym tę samą literę nie są istotnie różne przy $p < 0,05$ (test NIR)

Consecutive average values with the same letter in column are not significantly different for $p < 0.05$ (NIR test)

Tabela 10

Table 10

Wpływ nawożenia NPK wraz z wapnowaniem na zawartość składników pokarmowych w igłach sosny (w %) na pożarzysku w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie (a – nienawożone, b – nawożone i wapnowane)

Influence of NPK fertilization on nutrients content in needles of Scots pine on area burned in Rudy Raciborskie Forest District (a – unfertilized, b – fertilized and limed) in percentage

Wariant Variant	N		P		K		Ca		Mg	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Orka Ploughiong	1,80 e	2,05 b	0,20 bc	0,23 a	0,47 f	0,82 c	0,43 b	0,23 f	0,09 c	0,10 b
Rębarka Chipper	1,83 e	2,00 c	0,21 b	0,18 d	0,50 f	0,82 c	0,36 cd	0,17 g	0,09 c	0,10 b
SEMPI	2,05 b	2,04 b	0,21 b	0,21 b	0,49 f	0,86 b	0,36 cd	0,34 d	0,08 d	0,10 b
Talerzówka Disc harrow	2,02 bc	2,09 a	0,16 e	0,16 e	0,60 e	0,97 a	0,49 a	0,30 e	0,09 c	0,11 a
Kontrola Control	1,65 f	1,93 d	0,18 d	0,19 cd	0,63 e	0,75 d	0,34 d	0,38 c	0,09 c	0,10 b

Kolejne wartości średnich w poszczególnych warstwach gleby, w kolumnach z oznacznikiem mającym tę samą literę nie są istotnie różne przy $p < 0,05$ (test NIR)

Consecutive average values with the same letter in column are not significantly different for $p < 0.05$ (NIR test)

i K, na co wskazuje wyraźny wzrost zawartości tych pierwiastków po przeprowadzonych zabiegach nawożeniowych, zahamował pobieranie Ca przez roślinę. Pomimo tego, zawartość wapnia pozostawała w optymalnym zakresie dla jednorocznych igieł sosny, tj. 0,15–0,70% (WALENDZIK 1990; FOBER 1993). Po

nawożeniu przyrost roczny na wysokość sosny na pożarzysku istotnie wzrósł: od 3 cm w wariacie Orka, do 9 cm w wariacie Talerzówka.

Omówiony wcześniej znaczny ubytek wszystkich, z wyjątkiem Ca, makroelementów z górnych poziomów gleb już w pierwszych latach po pożarze, pomimo ogromnego ich dopływu jaki ma miejsce tuż po nim (VIRO 1974; MACADAM 1987; KUTIEL i SHAVIV 1992), świadczy o szybkim wyczerpywaniu się składników pokarmowych, w wyniku zarówno wzmożonego ich wymywania w głąb profilu glebowego jak i pobierania przez rośliny. Wskazuje to na konieczność, możliwie jak najszybszego, zagospodarowania pożarzysk, z zastosowaniem odpowiednich sposobów przygotowania gleby pod uprawy. Korzystne, a w niektórych przypadkach niezbędne, jest także wzbogacenie gleb w składniki pokarmowe poprzez stosowanie nawożenia mineralnego. Potwierdzają to wyniki przeprowadzonego doświadczenia, które dało pozytywny efekt w postaci zarówno wzrostu zawartości N, P, K, a w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie także Mg w aparacie asymilacyjnym, jak i większych przyrostów sosny na wysokość.

4. PODSUMOWANIE WYNIKÓW I WNIOSKI

1. Pożar spowodował prawie całkowite zniszczenie poziomu organicznego gleb, z ubytkiem węgla organicznego przekraczającym 90% oraz wyraźne zmiany właściwości chemicznych gleb w strefie ukorzenia drzew (0–40 cm), gdzie w porównaniu do warunków kontrolnych nastąpiło: odkwaszenie gleby z równoczesnym wzrostem zawartości wapnia, spadek wartości stosunku C:N oraz zmniejszenie się zawartości węgla, azotu, potasu, magnezu i fosforu. Powyższe zmiany nie wykazują większego zróżnicowania w całym okresie prowadzenia badań, tj. w dwa, trzy i cztery lata po pożarze.

2. W kształtowaniu się właściwości chemicznych gleb na pożarzyskach istotne znaczenie ma sposób przygotowania gleb pod odnowienia. Zabiegiem korzystnym jest rozdrobnienie i wymieszanie pozostałej na pożarzysku materii organicznej z glebą, natomiast jej usuwanie prowadzi do zubożenia gleb w składniki pokarmowe.

3. Sposób przygotowania gleby na pożarzysku ma istotny wpływ na kształtowanie się właściwości fizycznych gleb. W wariantach, w których miesza się rozdrobnioną substancję organiczną z glebą w porównaniu do wariantu w którym usuwa się resztki organiczne na wały i tworzy się pomiędzy nimi pasy pozbawione substancji organicznych następuje poprawa właściwości wodnych gleb, tj. zwiększa się wilgotność aktualna, kapilarna pojemność wodna, połowa pojemność wodna oraz maksymalna pojemność wodna, natomiast usuwanie substancji organicznej powoduje spadek wartości tych parametrów.

4. Sposoby przygotowania gleby pod uprawy, prowadzące do kształtowania się korzystnych właściwości fizykochemicznych gleb, sprzyjają lepszemu rozwojowi

zasiedlających je drobnoustrojów. Przejawia się to wzrostem procentowego udziału biomasy drobnoustrojów w ogólnej zawartości substancji organicznej w glebie oraz niższą wartością ilorazu metabolicznego drobnoustrojów (qCO_2). Świadczy to o szybszej sukcesji drobnoustrojów, a tym samym szybszej regeneracji gleb.

5. Najkorzystniejsze warunki glebowe dla rozwoju upraw na pożarzysku powstają po uprzednim przygotowaniu gleby poprzez rozdrobnienie pozostałości organicznych przy użyciu walca zgniatającego i wymieszaniu ich z glebą za pomocą pługa talerzowego (wariant Talerzówka). Po tym zabiegu stwierdza się największe przyrosty sosny na wysokość oraz najwyższą zasobność w składniki pokarmowe aparatu asymilacyjnego drzew. Usuwanie resztek organicznych na tzw. wały i tworzenie pomiędzy nimi pasów pozbawionych substancji organicznych (wariant Orka) stwarza najgorsze, z badanych wariantów przygotowania gleby, warunki do odnowień.

6. Celowe jest preferowanie płaskiej uprawy gleby na pożarzyskach. Z badanych sposobów przygotowania gleby najlepsze rezultaty daje wariant Talerzówka. Dobre wyniki daje także stosowanie glebogryzarki samojezdnej „Rauba”, która rozdrabnia pozostałości organiczne i miesza z 20-30 cm warstwą gleby. Uprawa gleby przez wyoranie pasów, po uprzednim rozdrobnieniu równomiernie rozłożonych pozostałości organicznych na całej powierzchni, szczególnie na ubogich siedliskach, a następnie mieszanie ich z wierzchnią warstwą gleby za pomocą rozdrabniacza „Seppi”, przynosi również dobre wyniki. Gorsze efekty daje natomiast rozdrabnianie pozostałości organicznych na zrębki za pomocą rębarek z równomiernym rozsypywaniem ich po powierzchni i uprawą gleby przez wyorywanie pasów.

7. Pozytywne efekty doświadczeń nawożeniowych na pożarzyskach, wyrażające się intensywniejszym przyrostem sosny oraz zwiększoną zasobnością igieł w składniki pokarmowe wskazują, że zabiegi te powinny być stosowane w celu rewitalizacji gleb zdegradowanych przez pożar, szczególnie na ubogich siedliskach.

Praca została złożona 30.07.2002 r. i przyjęta przez Komitet Redakcyjny 25.02.2003 r.

THE INFLUENCE OF AGROTECHNICAL TREATMENTS SOME OF SOILS PROPERTIES AND THE CONDITION OF SCOTS PINE FOREST REGENERATION ON GREAT POST FIRE AREAS

Summary

The research was aimed at defining the influence of different methods of soil preparation have on chemical, physical and biological properties of soil and Scots pine regeneration on area burned.

The research was conducted in two forest districts (Cierpiszewo and Rudy Raciborskie).

It involved:

– chemical analysis of the soil with regard to measurement of pH, content of C, N, P and exchangeable cations, cation exchange capacity and its base of saturation,

- physical analysis of the soil (bulk density, level of base saturation, moisture, water capacity),
- microbiological analysis regarding determination of biomass and metabolic activity of microorganisms and intensity of soil respiration,
- chemical analysis of the content of nutrients in needles,
- measurement of height increment of Scots pine.

Mineral fertilization was also carried out, and then its influence on increase of content of nutrients and height increment was assessed.

Conclusions drawn from studies can be summarized as follows:

– Fire caused total destruction of organic layer of soil with the reduction of carbon by over 90% as well as distinct changes in chemical properties of soil in the root sphere where, as compared to control conditions, following phenomena were observed: the deacidification of the soil with simultaneous increase of the content of calcium, decrease of the carbon to nitrogen ratio and content of carbon, nitrogen, potassium, magnesium and phosphorus.

– Crushing and mixing of remaining organic substance left on area burned result in favourable influence towards the regeneration of soil conditions, whereas removing it leads to impoverishment of nutrients in the soil.

– The way of soil preparation on area burned has crucial effect on formation of physical properties of soils. In cases, where the organic remnants are crushed and mixed with soil, we can observe the improvement of water properties in soil, that is the increase of moisture, capillary water capacity, field capacity as well as maximum water capacity. However, organic substance removal causes decrease in value of above mentioned parameters.

– The ways of preparing of soils for cultivation, eventually creating favourable physico-chemical properties of the soils, are conducive to better development of microorganisms inhabiting them. It manifests itself by increase of biomass of microorganisms and their proportional participation in overall contents of organic substance in the soil and by lower value of microorganisms metabolic quotient (qCO_2) attesting to quicker succession of microorganisms, resulting in faster regeneration of the soil.

– The most favourable soil conditions for the development of pine stand on post fire areas are created by prior soil preparation using crushing roller to crumble organic remnants and then mix them with soil by means of disc plough. The evidence of this is the biggest height increment of pine and the abundance of nutrients in assimilation apparatus.

Removing of organic substance and piling it into banks leaving between them strips deprived of organic substance creates the worst, among examined variants of soil preparation, conditions for restitution.

– It seems purposeful that shallow soil cultivation on post fire area is a preferential treatment. Among the ways of soil preparation variant “Talerzówka” brings best results. Good results have also been achieved by applying self-propelled soil miller “Rauba” which crushes organic remnants and mixes them with 20–30 cm layer of soil. Another good method is the cultivation of soil by ploughing strips following the crushing of organic remnants evenly spread over the whole surface, particularly on the poor sites and then mixing them with the upper layer of soil by means of the crusher “Seppi”. Worse effects have been observed after crushing organic remnants into chips with chippers, scattering them evenly on the surface and cultivating soil by ploughing strips.

– The positive effects of experiments with fertilization of the areas burned, such as more intensive pine increment and increased abundance of nutrients in needles, indicate that these measures should be applied, particularly on the poor sites, with the view of revitalizing soil degraded by fire.

PIŚMIENNICTWO

- ADAMS T., LAUGHLIN R. J. 1981: The effects of agronomy on the carbon and nitrogen contained in the soil biomass. *J. Agric. Sci.*, 97: 319-327.
- ALMENDROS G., GONZALES-VILA F. J., MARTIN F. 1990: Fire induced transformation of soil organic matter from an oak forest on experimental approach to the effects of the fire on humic substances. *Soil Sci*, 3: 158-168.
- ANDERSON J. P. E., DOMSCH K. H. 1978: A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. *Soil. Biol. Biochem.*, 10: 215-221.
- ANDERSON T. H., DOMSCH K. H. 1986: Carbon assimilation and microbial activity in soil. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 149: 457-486.
- ANDERSON T. H., DOMSCH K. H. 1989: Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil. Biol. Biochem.*, 21: 471-479.
- AUSTIN B. C., BAISINGER D. H. 1955: Some effects of burning on forest soil of western Oregon and Washington. *J. For.*, 4: 275-280.
- BAATH E., FROSTEGARD A., PENNANEN T., FRITZE H. 1995: Microbial community structure and pH response in relation to soil organic matter quality in wood-ash fertilized, clear-cut or burned coniferous soils. *Soil Biol. Biochem.*, 27: 229-240.
- BAR S., VEGA J. A. 1983: Effects of wildfires on forest soil in the northwest of Spain. *Freiburger Waldchutz-Abhandlungen*, 4: 181-195.
- BARROS N. F. DE., PEREIRA A. R., BORBA A. M. DE. 1982: Liberation of mineral nutrients by burning. *Revista Arvore*, 6: 84-89.
- BEARE M. H., NEELY C. L., COLEMAN D. C., HARGOVE W. L. 1990: A substrate-induced respiration (SIR) method for measurement of fungal and bacterial biomass on plant residues. *Soil. Biol. Biochem.*, 22: 585-594.
- BIAŁY K. 1997: Problem zniekształcenia i degradacji gleb na przykładzie ekosystemów leśnych w Drawieńskim Parku Narodowym. *Idee Ekol.*, t.11, 5: 25-42.
- BISSET J., PARKINSON D. 1980: Long-term effects of fire on the composition and activity of the soil microflora of a subalpine, coniferous forest. *Can. J. Bot.*, 58: 1704-1721.
- BOLLEN G. J. 1969: The selective effect of heat treatment on the microflora of greenhouse soil. *Netherl. J. Plant Pathol.*, 75: 157-163.
- CHANDER K., BROOKS P.C. 1991: Microbial biomass dynamics during the decomposition of glucose and maize in metal-contaminated and non-contaminated soils. *Soil Biol. Biochem.*, 23: 917-925.
- CHANG S. X., PRESTON C. M., WEETMAN G. F. 1995: Soil microbial biomass and microbial and mineralizable N in clear-cut chronosequence on northern Vancouver Island, British Columbia. *Can. J. For. Res.*, 25: 1595-1607.
- DĄBROWSKI T. 1951: Doświadczenia w dziedzinie zalesiania pożarzysk. *Las Pol.*, 8: 6-8.
- DICK R. P., TABATABAI M. A. 1992: Potential uses of soil enzymes. [W:] *Soil microbial ecology: application in agricultural and environmental management* (ed. F. B. Metting). New York, 95-127.
- DORAN J. W. 1987: Microbial biomass and mineralisable nitrogen distributions in no-tillage and plowed soils. *Biol. Fertil. Soils*, 5: 68-75.
- DUNN P. H., BARRO S. C., POTH M. 1985: Soil moisture affects survival of microorganisms in heated chaparral soil. *Soil Biol. Biochem.*, 17: 143-148.
- DYRNESS C. T., VAN CLEVE K., LEVISON J. 1989: The effects of wildfire on soil chemistry in four forest types interior Alaska. *Can. J. For. Res.*, 11: 1389-1396.
- EIVAZI F., BAYAN M. R. 1996: Effects of long-term prescribed burning on the activity of select soil enzymes in an oak-hickory forest. *Can. J. For. Res.*, 26: 1799-1804.
- ENTRY J. A., STARK N. M., LOEWENSTEIN H. 1986: Effects of timber harvesting on microbial biomass fluxes in a northern Rocky Mountain forest soil. *Can. J. For. Res.*, 16: 1076-1081.

- FALIŃSKI J. B. 1996: Przeżywalność pionierskich gatunków drzewiastych po pożarze na torfowiskach. *Seminarium Geobotaniczne*, 4 BNP, 111-122.
- FERNANDEZ I., CABANEIRO A., CARBALLAS T. 1997: Organic matter changes immediately after a wildfire in an Atlantic forest soil and comparison with laboratory soil heating. *Soil Biol. Biochem.*, 1: 1-11.
- FIRSOVA V. P. 1960: Ob izmieniienii fizyko-chimičeskich svoistv niekotorych poczv. *Les. ž.*, 1: 13-20.
- FOBER H. 1993: Żywienie mineralne. [W:] *Biologia sosny zwyczajnej* (wyd. S. Białobok, A. Boratyński, W. Bugała). Instytut Dendrologii PAN, Poznań-Kórnik, 182-193.
- FRASZEWSKI D. 1994: Rozwój sosny zwyczajnej na słabszych siedliskach borowych zdegradowanych pożarzyskami. *Sylvan*, 6: 95-100.
- FRITZE H., PENNANEN T., PIETIKAINEN J. 1993: Recovery of soil microbial biomass and activity from prescribed burning. *Can. J. For. Res.*, 23: 1286-1290.
- GUNIAŻENKO J. V. 1958: Povyšenje produktivnosti sosnovych žerdniakov povreždiennych niżowymi pożarami. *Les. Choz.*, 6: 12-15.
- HERNIK I. 1978: Zagospodarowanie terenów pohuraganowych i popożarowych w RFN i Holandii. *Las Pol.*, 22: 15-17.
- INSAM H., DOMSCH K. H. 1988: Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. *Microb. Ecol.*, 15: 177-188.
- INSAM H., HASELWANDTER K. 1989: Metabolic quotient of the microflora in relation to plant succession. *Oecologia*, 79: 174-179.
- JALALUDDIN M. 1969: Micro-organic colonization of forest soil after burning. *Plant a. Soil*, 30: 150-152.
- JENKINSON D. S., RAYNER J. H. 1977: The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted classical experiments. *Soil Sci.*, 123: 298-305.
- KARLIKOWSKI T. 1982: Badanie ujemnych skutków pożaru na środowisko leśne oraz ustalenie zasad zagospodarowania terenów objętych pożarami. *Spraw. Nauk. Inst. Bad. Leś.*, Warszawa, 1-87.
- KILLHAM K. 1985: A physiological determination of the impact of environmental stress on the activity of microbial biomass. *Environ. Pollut.*, 38: 283-294.
- KUTIEL P., SHAVIV A. 1992: Effect of soil type, plant composition and leaching on soil nutrients following a simulated forest fire. *For. Ecol. Manage.*, 53: 329-343.
- LEWIS W. M. jr. 1974: Effects fire on nutrient movement in a South Carolina pine forest. *Ecology*, 5: 1120-1127.
- LYNCH J. M., PANTING L. M. 1980: Cultivation and the soil biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 12: 29-33.
- LYNCH J. M., PANTING L. M. 1982: Effects of season, cultivation and nitrogen fertilizer on the size of the microbial biomass. *J. Sci. Food Agric.*, 33: 249-252.
- MACADAM A. M. 1987: Effects of broadcast slash burning on fuels and soil chemical properties in Sub-boreal Spruce Zone of central British Columbia. *Can. J. For. Res.*, 17: 1577-1584.
- MARTIKAINEN P., PALOJARVI A. 1990: Evaluation of the fumigation extraction method for the determination of microbial biomass C and N in a range of forest soils. *Soil Biol. Biochem.*, 22: 797-802.
- MC GIL W. B., CANNON K. R., ROBERTSON J. A., COOK F. D. 1986: Dynamics of soil microbial biomass and water soluble organic C in Breton L after 50 years of cropping to two rotations. *Can. J. Soil Sci.*, 66: 1-19.
- NOHRSDTEDT H. O., ARNEBRANT K., BAATH E., SODERSTROM B. 1989: Changes in carbon content, respiration rate, ATP content and microbial biomass in nitrogen-fertilized pine forest soils in Central Sweden. *Can. J. For. Res.*, 19: 323-328.
- PARVIAINEN J. 1996: Impact of fire on finish forests in the past and today. *Silva Fennica*, 30: 353-359.
- PIETIKAINEN J. FRITZE H. 1993: Microbial biomass and activity in the humus layer following burning: short-term effects of two different fires. *Can. J. For. Res.*, 23: 1275-1285.

- PIETIKAINEN J., FRITZE H. 1995: Clearcutting and prescribed burning in coniferous forest: comparison of effect of soil fungal and total microbial biomass, respiration activity and nitrification. *Soil Biol. Biochem.*, 27: 101-109.
- PIJAVCZENKO N. I. 1952: Příčiny zabločivanja lesnych gariej. *Les. Choz.*, 12: 39-40.
- POWLSON D. S., BROOKES P. C., JENKINSON D. S. 1987: Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biol. Biochem.*, 19: 159-164.
- POZDNIAKOV L. K. 1953: Vlijanie bieglych nižovyh požarov na režim vlažnosti i tiempieratury počvy. *Les. Choz.*, 4: 62-64.
- PRIHA O., SMOLANDER A. 1994: Fumigation extraction and substrate-induced respiration derived microbial C, and respiration rate in limed soil of Scots pine sapling stands. *Biol. Fertil. Soils*, 17: 301-308.
- SAA A., TRASAR-CEPEDA M. C., GIL-SOTRES F., CARBALLAS T. 1993: Changes in soil phosphorus and acid phosphatase activity immediately following forest fires. *Soil Biol. Biochem.*, 9: 1223-1230.
- SCHNURER J., CLARHOLM M., ROSSWALL T. 1985: Microbial biomass and activity in an agricultural soil with different organic matter content. *Soil Biol. Biochem.*, 17: 611-618.
- SKUJINS J. J. 1967: Enzymes in soil. [W:] *Soil biochemistry*, A. D. Mc Laren and G. H. Peterson, eds., Dekker, New York, vol. 1, 371-414.
- SMOLANDER A., KURKA A., KITUNEN V., MALKONEN E. 1994: Microbial biomass C and N, and respiratory activity in soil of repeatedly limed and N- and P-fertilised spruce stands. *Soil Biol. Biochem.*, 26: 957-962.
- SRIVASTAVA S. C., SINGH J. S. 1989: Effects of cultivation on microbial carbon and nitrogen in a dry tropical forest soil. *Biol. Fertil. Soils*, 8: 343-348.
- TARRANT R. F. 1956: Changes in some physical properties after a prescribed burn in young ponderosa pine. *J. For.*, 7: 439-445.
- THEODOROU V., BUWEN G. D. 1982: Effects of bushfire on the microbiology of South Australian low open (dry sclerophyll) forest soil. *Aust. For. Res.* 12: 317-327.
- ULERY A. L., GRAHAM R. C., AMRHEIN C. 1993: Wood-ash composition and soil pH following intense burning. *Soil Sci.*, 5: 358-364.
- VIRO P. J. 1974: Effects of forest fire on soil. [W:] *Fire and ecosystems*, (eds. T. T. Kozłowski and C. E. Ahlgren), Academic Press, New York, 7-45.
- WALENDZIK R. J. 1962: Zalesianie pożarzysk. *Rocz. Glebozn., dodatek do t. 10*, 731-732.
- WALENDZIK R. J. 1968: Zagadnienia wpływu pożaru na siedlisko leśne i odnawianie lasu na pożarzyskach. *Zbiór referatów z ogólnokrajowej narady naukowo-technicznej na temat ochrony przeciwpożarowej lasu*. Zielona Góra, 174-201.
- WALENDZIK R. J. 1990: Wytyczne nawożenia lasu. *IBL, Warszawa*, 1-32.
- WALENDZIK R. J., SZOŁTYK G. 1983: Wpływ pożaru dna lasu na niektóre chemiczne i fizyczne właściwości gleb borów suchych. *Prace Inst. Bad. Leś.*, 599, 91-110.
- WARDLE D. A. 1992: A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soils. *Biol. Rev.*, 67: 321-358.
- WHEATLEY R., RITZ K., GRIFFITHS B. 1990: Microbial biomass and mineral N transformations in soil planted with barley, ryegrass, pea or turnip. *Plant a. Soil*, 127: 157-167.