

ZBIGNIEW KACZMAREK*, JERZY MICHALIK **,
WALDEMAR SPYCHALSKI *

WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE
I ZAWARTOŚĆ ROZPUSZCZALNYCH W WODZIE
SKŁADNIKÓW W GLEBACH LEŚNYCH POŻARZYSKA
POTRZEBOWICE W ZALEŻNOŚCI OD SPOSOBU
REKULTYWACJI

SELECTED CHEMICAL PROPERTIES AND CONTENT
OF WATER SOLUBLE CONSTITUENTS OF FOREST SOILS
IN POTRZEBOWICE POST-FIRE AREA IN RELATION
TO THE METHOD OF RECLAMATION

*Katedra Gleboznawstwa Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego,

**Zakład Morfologii Zwierząt Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza
w Poznaniu

Abstract: The performed investigations included: determination of pH, organic carbon and nitrogen contents as well as concentrations of selected water soluble constituents in surface and sub-surface forest soil layers in the Potrzebowice post-fire area. The examined region is situated in the Notecka Primeval Forest (sandr plain). The post-fire area was subjected to 8-year long reclamation process, which employed three different soil preparation procedures: holes dug with a spade, complete tillage using a disk plough and plowing of furrows combined with their deepening as well as two planting procedures – scots pine and black alder. The obtained results were compared with appropriate values of individual properties for soils of natural sites, which were not disturbed by a fire. In the case of the post-fire area, significantly lower content values of all the examined water soluble constituents: organic carbon and crude nitrogen and higher pH values were found when compared with corresponding values observed in soils of natural forest sites. None of the applied soil preparation procedures was distinguished as the most advantageous. Black alder was found to have a positive influence on soil chemistry.

Słowa kluczowe: pożarzynisko, rekultywacja, nasadzenie, składniki wodorozpuszczalne.

Key words: post fire area, reclamation, plantings, water-soluble components.

WSTĘP

Pożary całkowite powodują gwałtowne, często nieodwracalne, zakłócenia funkcjonowania ekosystemów leśnych. Istotnym elementem degradowanego biotopu jest gleba. Wskutek spalania substancji organicznej dochodzi w niej do uwolnienia składników mineralnych w formie tlenków, co powoduje wzrost pH [Olejarski 1999]. Spada zawartość azotu [Bar i Vega 1983], zwiększa się tempo wymywania składników rozpuszczalnych [Levis 1994], zmieniają się wzajemne relacje ilościowe i jakościowe makro- i mikroelementów [Barros i in. 1982]. Oprócz zmian chemizmu gleby degradacja popożarowa negatywnie wpływa również na szereg innych cech gleby. Między innymi spada ich aktywność mikrobiologiczna [Januszek 1999], modyfikacji ulegają właściwości fizyczne (przepuszczalność wodna, retencja) [Austin, Basinger 1955; Tarrant 1956].

Fazą gleby, w której zachodzi większość reakcji chemicznych, jest roztwór glebowy. To on przede wszystkim odpowiada za rozmieszczenie składników rozpuszczalnych w wodzie w obrębie pedonu [Smal 1999]. W przypadku gleb zdegradowanych w wyniku pożaru, a następnie poddanych rekultuwacji, zawartość określonych jonów w fazie ciekłej gleby – w odniesieniu do stanu przed degradacją – może być cennym wskaźnikiem zaawansowania procesów rewitalizacji.

Niniejsza praca zawiera wyniki dotyczące zróżnicowania odczynu, zawartości C org. i azotu oraz stężenia i rozmieszczenia wybranych składników rozpuszczalnych w wodzie w powierzchniowych i podpowierzchniowych (0–30 cm) warstwach gleb rekultywowanych w różny sposób przez osiem lat po pożarze całkowitym lasu w porównaniu z podobnymi pod względem genety i uziarnienia glebami naturalnych siedlisk leśnych.

OBIEKT BADAŃ I METODYKA

Badania przeprowadzono na terenie Nadleśnictwa Potrzebowice (gmina Wielen) obejmującego swym obszarem środkowo-północną część Puszczy Nadnoteckiej (równina sandrowa). Badane pożarzysko powstało w 1992 roku w wyniku pożaru całkowitego 5500 ha drzewostanu sosnowego III klasy wieku, na siedlisku boru świeżego [Ceitel i in. 1997]. Próbkę do analiz pobrano z trzech powierzchni (I, II, III), będących częścią doświadczenia założonego w 1994 r. przez Katedrę Hodowli Lasu AR w Poznaniu, w Oddziale 114d. Dodatkową powierzchnię (S1), reprezentującą sukcesję naturalną, wyznaczono w oddziale 114. Jako materiał porównawczy wykorzystano próbki z kompleksu naturalnych gleb leśnych (L), nienaruszonego przez pożar, sąsiadującego bezpośrednio z pożarzyskiem. Badane gleby reprezentowały typy gleb rdzawych i bielcowych. Poziom zalegania wód gruntowych mieścił się w przedziale od 2,6 do 3,2 m p.p.t.

Na każdej z rekultywowanych powierzchni zastosowane zostały odmienne sposoby przygotowania gleby, odpowiednio: I – jamki wykopane łopata; II – pełna płytką orka pługiem talerzowym; III – wyoranie bruzd dwuodkładnicowym pługiem leśnym wraz z ich pogłębieniem. W obrębie każdej z powierzchni do badań przyjęto dwa warianty nasadzeń: sosną (Is, IIs, IIIs) oraz olszą szarą (Io, IIo, IIIo). Wymiary poszczególnych poletek wynosiły 20 x 25 m (500 m²). Na każdym z nich – w pięciu punktach – z poziomów powierzchniowych i podpowierzchniowych pobrano próbki gleby, w których oznaczono (w trzech powtórzeniach) wybrane właściwości fizyczne i chemiczne.

Analogicznie pobrano próbki z powierzchni kontrolnej. Zamieszczone wyniki są średnią geometryczną wartości uzyskanych dla poszczególnych właściwości na określonych płaszczyznach badawczych. W próbkach oznaczono: skład granulometryczny metodą Bouyoucosa w modyfikacji Prószyńskiego; odczyn metodą potencjometryczną; $N-NO_3$ kolorymetrycznie przy zastosowaniu siarczanu brucyny; $N-NH_4$ kolorymetrycznie z odczynnikami Neslera; K, Na, Ca metodą fotometrii płomieniowej (Flapho-4); Mg metodą spektrometrii absorpcji atomowej na aparacie Varian 220FS [Mocek i in. 2000]; węgiel organiczny i azot ogólny metodą analizy elementarnej na aparacie Vario Max. Składniki rozpuszczalne w wodzie oznaczono w ekstrakcie wodnym przy stosunku gleby do wody 1:1.

WYNIKI I DYSKUSJA

Skład granulometryczny wszystkich badanych gleb wykazywał uziarnienie kwalifikujące je (wg PTG) do podgrupy piasku luźnego (tab.1). Ilościowy udział poszczególnych frakcji w obrębie podgrupy był charakterystyczny dla gleb występujących na obszarze Puszczy Nadnoteckiej [Sienkiewicz 1992].

Odczyn kontrolnych gleb leśnych można uznać za typowy dla gleb rdzawych i bielcowych siedliska boru świeżego. Oznaczone w nich wartości pH były zbliżone do uzyskiwanych przez wielu autorów na podobnych stanowiskach [Czempiński i in. 1999, Konecka-Betej i in. 1999, Michalik 2001, Sienkiewicz 1979, 1992]. Stwierdzono wyraźny spadek zakwaszenia w glebach rekultywowanego pożarzyska w stosunku do gleb kontrolnych.

W glebach kontrolnych pH_{H_2O} było zdecydowanie najniższe (4,12 dla próbek pobranych z głębokości 0–10 cm i 4,98 – z głębokości 10–30 cm). We wszystkich glebach rekultywowanych – na porównywalnych głębokościach – wystąpił wzrost pH_{H_2O} do wartości mieszczących się w przedziałach, odpowiednio: dla epipedonów – od 4,87 (SIII, głęb. 0–10 cm) do 5,25 (SII, głęb. 0–10 cm) oraz dla poziomów położonych głębiej – od 5,07 (OI, 15–30 cm) do 5,25 (SI, 15–30 cm). Skrajnie niskie pH_{H_2O} ektopróchnicy nadkładowej – 3,67 (L, głęb. +5–0 cm) można porównywać z wartościami uzyskanymi na powierzchniach, na których warstwa powierzchniowa gleby została podczas zabiegów rekultywacyjnych naruszona w najmniejszym stopniu, w związku z czym w górnych partiach występującego tam poziomu Ah zaczęły się wykształcać zaczątki poziomu Olf. Proces ten stwierdzono w przypadku powierzchni I, a wartości pH_{H_2O} wynosiły tam odpowiednio: 4,83 (SI, głęb. 0–3 cm) i 4,85 (OI, głęb. 0–3 cm). Z podobnych przyczyn na powierzchni sukcesji naturalnej (S1) pH_{H_2O} na głębokości 0–10 cm miało wartość 4,65. Zależności takie stwierdził również Januszek [2001] podczas badań przeprowadzonych na pożarzysku Rudy Raciborskie oraz Olejarski [2003] na podobnym obiekcie w Nadleśnictwie Cierpiszewo. W badanych glebach, skrajnie ubogich w koloidy mineralne (tab. 2) czynnikiem decydującym o zdolnościach sorpcyjnych i buforowych jest substancja organiczna [Mocek i in. 2000]. Zubożenie w ten składnik – wskutek pożaru – musi więc powodować opisane powyżej zmiany.

Najwyższą zawartość węgla organicznego – na wszystkich badanych głębokościach – stwierdzono w glebach nienaruszonych przez pożar (L). Ektopróchnica leśna zawierała ponad 26% C org. (L, +5–0 cm). Była to wartość ponad ośmiokrotnie wyższa od maksymalnych zawartości węgla w glebach pożarzyska. Po upływie dziesięciu lat od degradacji zauważalny jest wyraźny proces odbudowy substancji organicznej w glebach

TABELA 1 Skład granulometryczny badanych gleb
TABLE 1 Texture of investigated soils

Plaszczyna Plots	Głębokość pobrania Sampling depth [cm]	Zawartość frakcji [%] o średnicy w mm – Fraction content [%] of diameter in cm								Grupa granul. (PTG) Textural group
		2,00-0,50	0,50-0,25	0,25-0,10	0,10-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	< 0,002	
L	+5-0	–	–	–	–	–	–	–	–	ektopróchnica piasek luźny piasek luźny
L	0-10	17,27	37,56	27,17	6	7	2	1	2	
L	10-30	24,22	41,13	23,65	4	2	3	1	1	
SI	0-3	3,35	35,10	46,55	7	3	3	0	2	piasek luźny piasek luźny piasek luźny
SI	3-15	3,62	40,15	43,23	7	2	1	0	3	
SI	15-30	2,75	27,32	55,93	10	1	1	0	2	
SII	0-10	3,70	36,50	47,80	6	1	2	1	2	piasek luźny piasek luźny
SII	10-30	3,27	35,42	51,31	6	1	1	1	1	
SIII	0-10	4,97	29,00	50,03	10	2	1	1	2	piasek luźny piasek luźny
SIII	10-30	1,85	19,67	67,48	8	0	1	0	2	
OI	0-3	3,70	54,18	28,12	6	3	1	1	3	piasek luźny piasek luźny piasek luźny
OI	3-15	3,37	57,51	28,17	5	2	1	0	3	
OI	15-30	2,92	53,36	28,72	8	4	1	0	2	
OII	0-10	3,57	36,67	46,76	7	2	1	1	2	piasek luźny piasek luźny
OII	10-30	2,60	31,95	48,45	11	2	1	1	2	
OIII	0-10	3,42	34,12	50,46	7	2	1	0	2	piasek luźny piasek luźny
OIII	10-30	2,17	28,50	56,33	9	0	1	1	2	
S1	0-10	4,40	46,25	32,35	8	5	1	1	2	piasek luźny piasek luźny
S1	10-30	1,90	46,35	37,75	8	3	1	0	2	

rekultywowanych oraz na powierzchni naturalnej sukcesji. Analizując zawartości C org. – na porównywalnych głębokościach – trudno było dostrzec wpływ sposobu przygotowania gleby na tę właściwość. Zauważalna była natomiast zależność zawartości węgla od zastosowanego nasadzenia. Michalik [2001] opisał korzystny wpływ nasadzeń olszą szarą na środowisko glebowe pożarzysk przez intensyfikację tempa akumulacji materii organicznej, na terenach rekultywowanych w różny sposób. Na obiekcie badań wpływ tego czynnika był wyraźny na powierzchni OII (tab. 2).

Opic sformułował dla gleb użytkowanych rolniczo zasadę wzrostu pH oraz spadku zawartości C org. w przypadku zastosowania metod uprawy: uproszczonej i zerowej w porównaniu z metodą tradycyjną. Gleby obiektu badań, na których warstwa powierzchniowa została naruszona w najmniejszym stopniu, to płaszczyny I oraz S1, a przekształcone mechanicznie najsilniej to: III (worywanie bruzd), a w szczególności II (uprawa broną talerzową). Przyjmując taki punkt odniesienia, zależności tej nie stwierdzono w badanych glebach leśnych.

Zawartości azotu ogólnego były mało zróżnicowane. We wszystkich glebach pożarzyska (z wyjątkiem płaszczyny SIII, głęb. 0–10 cm) pierwiastka tego było znacznie mniej niż w glebach kontrolnych, a jego zawartość spadała wraz ze wzrostem głębokości. Różnice w zawartości N og. zależnie od sposobów przygotowania gleby i zastosowanych nasadzeń były niewielkie. Czynniki te nie wpłynęły na tę właściwość gleby.

Konsekwencją opisanych zmian było zawężenie stosunku C:N w porównaniu z glebami siedlisk naturalnych.. Jedynym wyjątkiem były płaszczyny OIII i SIII, na których zawartości C i N były najbardziej zbliżone do stwierdzonych w nieprzekształconych glebach leśnych (L) (tab.2).

Stężenie $N-NH_4$ w roztworach wodnych gleb rekultywowanych wahało się od 3,61 mg/kg (OI, głęb. 15–30 cm) do 12,06 mg/kg (SI, głęb. 0–3 cm). Zawartości tego kationu na poszczególnych płaszczynach utrzymywały się na podobnym poziomie. Na uwagę zasługuje jego wysoka zawartość w warstwach powierzchniowych na płaszczynach: SI – 12,06 mg/kg (głęb. 0–3 cm), SIII – 11,30 mg/kg (głęb. 0–10 cm), OI – 10,12 mg/kg (głęb. 0–3 cm) oraz SI – 11,82 mg/kg (głęb. 0–10 cm). W tych przypadkach ograniczona do minimum ingerencja antropogeniczna powodowała prawdopodobnie najmniejszą dynamikę przemian materii organicznej oraz ograniczała procesy nityfikacji. Odwrotną sytuację zaobserwowano na stanowisku SII (6,89 mg/kg, głęb. 0–10 cm), gdzie zabieg pełnej uprawy (brona talerzowa) spowodował równomierne rozproszenie materii organicznej w obrębie epipedonu. Obserwacja ta nie potwierdziła się jednak w przypadku kombinacji OII. Zdecydowanie najwięcej amonu zakumulowane było w glebach kontrolnych (L). Na porównywalnych głębokościach były to stężenia około dwu-, trzy- lub czterokrotnie wyższe niż w glebach rekultywowanych (tab.2).

Stężenie $N-NO_3$ w roztworach gleb pożarzyska było zdecydowanie wyższe w przypadku wszystkich kombinacji z nasadzeniem olszą niż sosną (z wyjątkiem kombinacji SII, głęb. 10–30 cm). Tłumaczyć to można zdolnościami wiązania azotu azotanowego przez system korzeniowy tego drzewa. Najwyższą zawartość azotanów (11,98 mg/kg) oznaczono w ektopróchnicy leśnej (L, głęb. +5–0 cm). Była to wartość co najmniej siedmiokrotnie wyższa od wszystkich wyników uzyskanych w glebach rekultywowanych. Najniższe stężenia $N-NO_3$ stwierdzono na płaszczynach SIII i S1 – 0,02 mg/kg (głęb. 10–30 cm) oraz SI (głęb. 15–30 cm) i OII (głęb. 10–30 cm) – 0,04 mg/kg (tab. 2).

TABELA 2 Wybrane właściwości chemiczne i zawartość rozpuszczalnych w wodzie jonów w glebach pożaryska kontrolnych glebach leśnych

TABLE 2 Some chemical properties and content of water-soluble ions in post fire and control forest soils

Plaszczyczna Plots	Głębokość pobrania Sampling depth (cm)	pH		Corg. Org. C [%]	N og Total N [%]	C:N	Zawartość – Content [mg/kg]					
		H ₂ O	1M KCl				Na	K	Ca	Mg	N-NH ₄	N-NO ₃
L	+5–0	3,67	2,88	26,74	0,864	30,9	3,68	22,10	3,36	2,88	28,16	11,98
L	0–10	4,12	3,39	3,78	0,126	30,0	4,05	15,39	2,82	1,59	21,20	1,34
L	10–30	4,98	4,39	0,91	0,025	36,6	0,80	1,16	0,85	0,59	5,92	0,24
SI	0–3	4,83	3,78	2,57	0,102	25,3	0,70	2,36	0,55	0,73	12,06	0,52
SI	3–15	5,03	4,31	0,70	0,024	29,5	0,99	1,90	0,86	0,71	8,92	0,38
SI	15–30	5,25	5,04	0,24	0,017	14,5	0,57	0,34	1,49	0,20	5,85	0,04
SII	0–10	5,25	4,45	0,75	0,023	32,6	0,67	0,87	0,31	0,46	6,89	0,45
SII	10–30	5,17	4,85	0,42	0,015	28,0	0,60	0,29	0,34	0,19	4,50	1,61
SIII	0–10	4,87	3,82	2,39	0,150	16,0	1,06	1,25	1,23	0,69	11,30	0,59
SIII	10–30	5,08	4,93	0,31	0,018	17,2	0,61	0,44	1,17	0,19	4,50	0,02
OI	0–3	4,85	3,79	1,94	0,079	24,7	0,86	3,09	1,52	0,80	10,12	0,86
OI	3–15	5,23	4,66	0,76	0,025	30,4	0,76	1,71	1,96	0,41	5,62	1,07
OI	15–30	5,07	4,89	0,22	0,011	20,0	0,87	0,54	0,23	0,36	3,61	0,76
OII	0–10	5,16	4,21	1,18	0,055	21,5	1,02	1,76	0,36	0,57	7,62	0,59
OII	10–30	5,13	4,91	0,36	0,019	18,9	0,46	0,65	0,54	0,21	4,20	0,04
OIII	0–10	5,02	3,91	3,07	0,108	28,5	0,71	1,93	1,30	0,51	9,44	2,30
OIII	10–30	5,22	4,55	1,05	0,023	45,7	0,48	0,52	0,40	0,46	7,88	0,38
S1	0–10	4,65	3,86	1,97	0,068	29,0	0,95	2,32	0,63	0,92	11,82	0,93
S1	10–30	5,14	4,92	0,62	0,028	22,1	0,57	0,37	0,77	0,21	4,61	0,02

Stężenia rozpuszczalnych form: Ca, Mg, Na i K na wszystkich rekultywowanych płaszczyznach oraz na powierzchni sukcesyjnej były niższe w porównaniu z glebami kontrolnymi (L). Najwyraźniej uwidoczniło się to w przypadku potasu. Zawartość tego składnika w glebach nienaruszonych przez pożar wynosiła: 15,39 mg/kg (głęb. 0–10 cm) i 11,16 mg/kg (głęb. 10–30 cm) oraz 22,10 mg/kg w ektopróchnicy (głęb. +5–0 cm). W glebach pożarzyska wartości takie wynosiły przykładowo: od 0,34 do 2,36 mg/kg (SI) lub od 0,54 do 3,09 mg/kg (OIII).

W zdecydowanej większości próbek pobranych z gleb rekultywowanych obniżyła się również zawartość Ca. Spadek zawartości tego kationu był jednak relatywnie najmniejszy, a w jednym przypadku zanotowano wzrost jego stężenia (SI, głęb. 15–30 cm). Olejarski [2003] w glebach o podobnym uziarnieniu i genezie – rekultywowanych w niemal identyczny sposób – opisuje wzrost zawartości wapnia we wszystkich badanych glebach. W przypadku obiektu badań obserwacja ta nie potwierdziła się.

Podsumowując można stwierdzić, że zawartości rozpuszczalnych w wodzie jonów były na badanym obiekcie najwyższe w glebach kontrolnych (L), nienaruszonych przez pożar. W glebach pożarzyska nastąpił spadek ich zawartości. Jony Ca, K i NO_3 występowały w nich – w większości przypadków – w najwyższych stężeniach pod nasadzeniami olszą. Zawartości Mg były nieznacznie wyższe pod nasadzeniami sosną. Jony K i NH_4 osiągały swoje minimum w kombinacji SII, a NO_3 w OII (pełna uprawa mechaniczna). Na tle pozostałych wyników nie pozwala to jednak na stwierdzenie, że najkorzystniejszy mógłby być ten sposób przygotowania gleby, który w najmniejszym stopniu narusza jej wierzchnią warstwę. Stężenia sodu były zróżnicowane i nie można było zauważyć wpływu na nie żadnego z rozpatrywanych czynników. Opisane zależności pomiędzy kombinacjami uprawowymi były w większości subtelne i mało regularne. Bardziej czytelne związki stwierdzono w przypadku zastosowania odmiennych nasadzeń.

Teren, który zajmuje opisane doświadczenie, nie był w przeszłości poddany szczegółowym badaniom gleboznawczym. Dlatego w pracy brak jest wyjściowych danych właściwości gleb, tzn. oznaczonych przed założeniem doświadczenia. Wyniki takie nie istnieją. Pozwoliłyby one na precyzyjniejsze określenie wpływu samej rekultywacji na zmiany właściwości gleb. Przedstawione wyniki umożliwiają jedynie analizę obecnego stanu gleb zdegradowanych przez pożar po ich przygotowaniu i zalesieniu w porównaniu z naturalną glebą leśną. Nie można było na ich podstawie ocenić, jaki był rzeczywisty wpływ rekultywacji, ponieważ nie wiadomo, jaki był stan gleb bezpośrednio przed zadrzewieniem. Bez kontrolnych danych wyjściowych nie była również możliwa ocena oddzielnego oddziaływania wpływu samego pożaru, zastosowanych sposobów przygotowania gleby i późniejszego wpływu drzewostanów. Wszelkie więc porównania z „kontrolą” (L) należy traktować jako odniesienie się do warunków, do których hipotetycznie dąży rekultywowana biocenoza.

WNIOSKI

1. W glebach zdegradowanych przez pożar, po ośmiu latach ich leśnej rekultywacji, stwierdzono mniejszą zawartość węgla organicznego i azotu ogólnego, węższy stosunek C:N oraz wyższe zawartości pH w porównaniu z naturalnymi glebami leśnymi.

2. Stwierdzono w nich niższe zawartości składników rozpuszczalnych w wodzie niż w glebach nieprzekształconych przez pożar. Największe różnice wystąpiły w przy-padku potasu, najmniejsze – wapnia.
3. Z punktu widzenia naprawy chemizmu rekultywowanej gleby popożarowej, nie można wyróżnić najbardziej korzystnego sposobu jej przygotowania spośród trzech zasto-sowanych w doświadczeniu.
4. Na terenach wielkoobszarowych pożarzysk leśnych poddawanych rekultywacji celo-wym wydaje się stosowanie nasadzeń olszą szarą jako przedplonem.

LITERATURA

- AUSTIN B.C., BASINGER D.H. 1955: Some effects of burning on forest soil of western Oregon and Washington. *J. For.* **4**: 275–280.
- BAR S., VEGA J.A. 1983: Effects of wild-fires on forest soil in the northwest of Spain. *Freiburger Waldschutz-Abhandlungen* **4**: 181–195.
- BARROS N.F., PREIRA A.R., BARBA A.M.DE. 1982: Liberation of mineral nutrients by burn-ing. *Revista Arvore* **6**: 84–89.
- CEITEL J., SZYMAŃSKI S., BARZDAJN W., ZIENTARSKI J. 1997: Badanie różnych sposo-bów wprowadzania lasu na obszary drzewostanów zniszczonych przez pożar w Nadleśnictwie Potrzebowie. Sprawozdanie końcowe z tematu koordynowanego przez IBL w Warszawie (BLP-669). Katedra Hodowli Lasu AR w Poznaniu: 1–119.
- CZĘPIŃSKA-KAMIŃSKA D., RUTKOWSKI A., ZAKRZEWSKI S. 1999: Sezonowe zmiany zawartości mineralnych związków azotu w glebach leśnych. *Rocz. Glebozn.* **50**: 47–56.
- JANUSZEK K., LASOTA J., GRUBA R., DOMICZ D. 1999: Aktywność enzymatyczna wybranych gleb leśnych Polski południowej po przejściu pożarów. *Acta Agr. Silv. ser. Silv.* **39**: 47–61.
- KONECKA-BETLEY K., CZEMPIŃSKA-KAMIŃSKA D., JANOWSKA E. 1999: Przemiany pokrywy glebowej w Kampinoskim Parku Narodowym. *Rocz. Glebozn.* **50**: 5–29.
- LEVIS W.M. jr. 1974: Effects fire on nutrient movement in a South Carolina pine forest. *Ecology* **5**: 1120–1127.
- MICHALIK J. 2001: Sukcesja roztoczy z rzędu *Gamasida* na terenie pożarzyska w Puszczy Nadnoteckiej. Praca doktorska wykonana w Zakładzie Morfologii Zwierząt Instytutu Biolo-gii Środowiskowej UAM w Poznaniu: 191 ss.
- MOCEK A., DRZYMAŁA S., MASZNER P. 2000: Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. Wyd. AR Poznań: 416 ss.
- OLEJARSKI J. 2003: Wpływ zabiegów agrotechnicznych na niektóre właściwości gleb oraz stan upraw sosnowych na pożarzyskach wielkoobszarowych. *Pr. Bad. Leś. A*, **2**(954): 47–77.
- OPIC J. 1996: Siew bezpośredni a właściwości chemiczne i aktywność biologiczna gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **6**/96.
- SIENKIEWICZ A. 1979: Wpływ różnych zabiegów agrotechnicznych na kształtowanie się che-micznych właściwości gleb leśnych Puszczy Noteckiej. *PTPN, Poznań* **48**: 133–149.
- SIENKIEWICZ A., 1992: Aktualny stan i możliwości rekultywacji siedlisk leśnych Puszczy Noteckiej. Puszcza Notecka, historia, stan obecny, perspektywy. 16–17.X.1992, Poznań-Smolarnia: 57–64.
- SMAL H. 1999: Właściwości chemiczne roztworów glebowych gleb lekkich i ich zmiany pod wpływem zakwaszenia. *Rozpr. Nauk. AR w Lublinie* (230): 108 ss.
- TARRANT R.F. 1956: Changes in some physical properties after a prescribed burn in young pon-derosa pine. *J. For.* **4**: 439–445.

dr Zbigniew Kaczmarek

Katedra Gleboznawstwa AR, im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

ul. Mazowiecka 42, 60-623 Poznań

e-mail: kazbig42@au.poznan.pl