ZESZYTY PROBLEMOWE POSTĘPÓW NAUK ROLNICZYCH, z. 456: 119-128

WPŁYW MIKRORELIEFU I WAPNOWANIA NA ODCZYN I MIKROSTRUKTURĘ GLEBY LEŚNEJ

Mieczysław Hajnos*, Zofia Sokołowska*, Manfred Renger**

*Instytut Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN w Lublinie
**Institute of Ecology, Department of Soil Science, Technical University in Berlin

WSTĘP

Kwaśne emisje były dotychczas uważane za główną przyczynę pogarszania się zdrowotności lasów, a nawet ich zamierania. Obecnie przeważa pogląd o kompleksowym oddziaływaniu różnych szkodliwych czynników, chociaż ujemny wpływ kwaśnych deszczów jest niezaprzeczalny [10].

Zakwaszenie gleb, w tym również gleb leśnych, powoduje szereg niekorzystnych zmian w ich właściwościach chemicznych i fizykochemicznych. Dotyczy to głównie wzrostu zawartości aktywnych form glinu, manganu i wodoru, dostępności metali ciężkich, deficytu jonów wapnia i magnezu oraz zmniejszania się kationowej pojemności sorpcyjnej.

Powszechnym sposobem niwelującym te niekorzystne zmiany jest wapnowanie. Natomiast materia organiczna odgrywa znaczną rolę w detoksykacji glinu oraz może przeciwdziałać uwstecznianiu się fosforanów w glebach kwaśnych. Wpływ materii organicznej jest szczególnie widoczny w glebach leśnych ubogich w koloidy glebowe. W tych glebach przejście materii organicznej z fazy stałej do roztworu glebowego jest pierwszym stopniem w redystrybucji w profilu glebowym wymywalnego węgla organicznego i związanych z nim składników pokarmowych. Czynniki kontrolujące rozpuszczalność materii organicznej, jak wilgotność [1], skład jonowy i kwasowość stosownych roztworów, czy ich moc jonowa [2, 14] mogą ulegać zmianie poprzez zmiany w biocenozie lasu. I tak, ostateczne stężenie materii organicznej w roztworze glebowym zależy od czynników i zjawisk naturalnych oraz praktycznych działań człowieka, np. wapnowania [12] czy nawożenia [9, 5]. Zmiana właściwości kwaśnych gleb leśnych poprzez wapnowanie jest przedmiotem wielu prac [11-17]. I chociaż wapnowanie gleb leśnych jest proponowane i stosowane w praktyce, to niektórzy autorzy donoszą o szkodliwym wpływie wapnowania: następuje obniżenie zawartości materii organicznej w glebie [6, 15]. Jednak inne właściwości kwaśnych gleb leśnych nie ulegają niekorzystnym zmianom pod wpływem wapnowania.

Celem niniejszej pracy było prześledzenie wpływu wapnowania i mikrorelieffu na odczyn i mikrostrukturę gleb leśnych.

METODY

Do badań wzięto glebę leśną (wg FAO – Cambic Arenosol), której wybrane właściwości przedstawiono w tabeli 1. Gleba pochodziła z 40-letniego lasu sosnowego, z lekko pofałdowanego terenu, charakteryzującego się obecnością górek i dolinek. Różnica poziomów pomiędzy górką i dolinką wynosiła ok. 30 cm, a rozstaw w poziomie ok. 120 cm. Taki mikrorelief został wytworzony sztucznie w czasie sadzenia lasu. Wapnowanie i nawożenie prowadzono w ilości 6,1 t/ha dolomitu oraz 145 kg/ha K_2SO_4. Próbki glebowe pobierano w 2 lata po wapnowaniu z każdych 10 cm warstw profilu kontrolnego i wapnowanego, zarówno dla górki jak i dolinki. Były one suszone powietrznie, a następnie przesiewane przez sito o średnicy oczek 2 mm. Próbki następnie analizowano określając ich powierzchnię właściwą (metodą adsorpcji pary wodnej), skład granulometryczny (metodą Atterberga), odczyn w $CaCl_2$, węgiel organiczny (metodą Tiurina) oraz stosunek kwasów huminowych do fulwowych (metodą Kononowej) – tabela 1.

Tabela 1. Charakterystyka fizykochemiczna leśnej gleby brunatnej
Table 1. Physicochemical parameters of Cambic Arenosol under Forest

Nazwa obiektu* Sample name*	Poziom genetyczny Horizon	Głębokość Depth [cm]	C org. [%]	pH ($CaCl_2$)	Wymienne zasady Total exangeable bases [meq 100g]	H + Al Wymienne Exchange-able acidity [meq 100 g]	C_F:C_h HA:FA	Pow. właś. Surface area [m^2 g]	Ił koloidalny Clay %	C:N
	Ah	0-10	6,97	3,05	1,73	3,15	0,77	43,1	5	26,6
		10 -20	2,88	3,54	1,00	2,04	1,40	13,1	3	27,5
K_G	AB	20-30	1,36	3,91	0,39	1,21	1,75	9,4	1	27,9
	Bw	30-40	0,63	4,21	0,30	0,83	2,38	7,2	2	27,0
		40-50	0,55	4,30	0,21	0,61	2,62	6,0	1	25,9
	Ah	0-10	3,30	3,16	1,56	2,47	1,07	40,7	4	30,5
		10-20	1,91	3,62	0,80	1,88	2,08	13,2	2	32,9
K_D	AB	20-30	1,28	3,83	0,35	0,95	3,03	8,6	2	31,1
	Bw	30-40	0,84	3,96	0,30	1,12	3,23	8,9	1	27,5
		40-50	0,52	4,00	0,22	0,67	3,52	6,2	1	29,2
	Ah	0-10	1,52	4,34	1,81	0,93	1,96	9,1	2	22,3
		10-20	0,74	4,18	1,00	0,82	3,12	8,2	2	21,7
Ca_G	AB	20-30	0,66	4,36	0,38	0,54	4,87	7,9	1	21,8
	Bw	30-40	0,56	4,53	0,38	0,65	5,26	7,2	1	20,0
		40-50	0,48	4,73	0,29	0,49	4,35	6,7	2	19,3
	Ah	0-10	3,94	3,47	2,17	1,54	1,10	45,3	4	28,9
		10-20	1,40	4,01	0,68	1,33	2,24	14,0	3	28,7
Ca_D	AB	20-30	0,97	4,27	0,32	0,81	3,35	10,7	1	25,7
	Bw	30-40	0,36	4,30	0,26	0,38	3,28	5,9	1	22,5
		40-50	0,28	4,45	0,25	0,39	4,65	4,4	1	17,0

K – kontrola (nie wapnowana),
control (no liming),
Ca – wapnowana,
liming,
G – górka,
ridge,
D – dolinka
furrow

Badania mikrostruktury prowadzono za pomocą porozymetru rtęciowego firmy „Carlo Erba" model 2000. Wyniki analiz przetwarzane były za pomocą programu Milestone 100, będącego w wyposażeniu porozymetru.

WYNIKI

Wapnowanie wpłynęło na zmianę właściwości fizykochemicznych badanych obiektów (tab. 1). Zmiana odczynu gleb po wapnowaniu jest faktem powszechnie znanym, uznanym i nie wymaga komentarza. Jak widać z tabeli 1, zmiana odczynu związana jest również z mikroreliefem. Obiekty kontrolne charakteryzowały się kwaśnym odczynem. Średnie pH w profilu obiektu *górka* wynosiło 3,80, a dla *dolinki* 3,71. Natomiast po wapnowaniu wynosiło odpowiednio 4,43 dla *górki* i 4,10 dla *dolinki*. Chociaż wapnowanie podwyższało odczyn gleby, pozostawała ona jednak nadal kwaśna.

Natomiast zmiana odczynu w poszczególnych poziomach genetycznych była bardziej widoczna. Poziomy powierzchniowe wykazywały większą podatność na zmianę odczynu. Dla obiektu *górka* zmiana ta dla poziomów Ah i AB wynosiła około 1,3 jednostki pH, a dla obiektu *dolinka* około 0,4 jednostki pH. Natomiast w poziomach głębszych odczyn zmieniał się o około 0,4 jednostki pH dla obiektów *górka* i *dolinka*.

Wapnowanie wpływało także na strukturę badanych obiektów. Rysunki 1-4 przedstawiają krzywe kumulatywne, a rysunki 5-8 krzywe rozkładu rozmiarów porów uzyskane za pomocą porozymetrii rtęciowej dla badanych obiektów kontrolnych i wapnowanych, odpowiednio dla *górki* – rys. 1 i 3 oraz dla *dolinki* – rys. 2 i 4. Krzywe (średnie z trzech powtórzeń) przedstawiane są w postaci dV/dr w zależności od log r, gdzie V jest udziałem procentowym porów o danych rozmiarach w całkowitej objętości porów uzyskiwanej z pomiaru porozymetrycznego, a r jest promieniem równoważnym tych porów. Przedstawienie wyników w taki sposób pozwala na porównanie rozkładów dla próbek znacznie różniących się całkowitą objętością porów. Gęstości objętościowe próbek wyliczono na podstawie masy próbki i objętości nie zajętych przez rtęć na początku pomiarów porozymetrycznych. Całkowite objętości porów, ich średnie promienie i powierzchnię właściwą oraz gęstość objętościową i całkowitą porowatość próbek przedstawiono w tabeli 2.

Obiekty kontrolne nie wykazywały zdecydowanej różnicy w porowatości całkowitej dla poziomów powierzchniowych. Wynosiła ona dla *górki* i *dolinki* ok. 16-18%. Natomiast istniała zauważalna różnica w przypadku poziomów głębszych. I tak, dla obiektu *górka* porowatość całkowita była praktycznie stała i wynosiła 8%, a dla *dolinki* systematycznie malała, osiągając w poziomach 20-30 cm i 30-40 cm wartość ok. 8,5%. Generalnie dla obu obiektów była ona największa dla poziomów powierzchniowych, a najmniejsza dla poziomu 40-50 cm. Wapnowanie wpływało na wielkość porowatości całkowitej dla obu obiektów. Obniżanie się porowatości dla obiektu *dolinka* było stopniowe i bardziej widoczne niż dla obiektu *górka*, w którym porowatość w poziomach głębszych była praktycznie stała.

Porównując odpowiadające sobie obiekty: kontrolna *górka* – wapnowana *górka* oraz kontrolna *dolinka* – wapnowana *dolinka* można zauważyć niejednoznaczny wpływ wapnowania na porowatość tych obiektów. W przypadku *dolinki* mamy początkowo nieznaczny wzrost porowatości poziomów powierzchniowych, a następnie obniżanie się jej wraz z głębokością. Natomiast dla *górki* następuje obniżenie się porowatości w całym profilu glebowym.

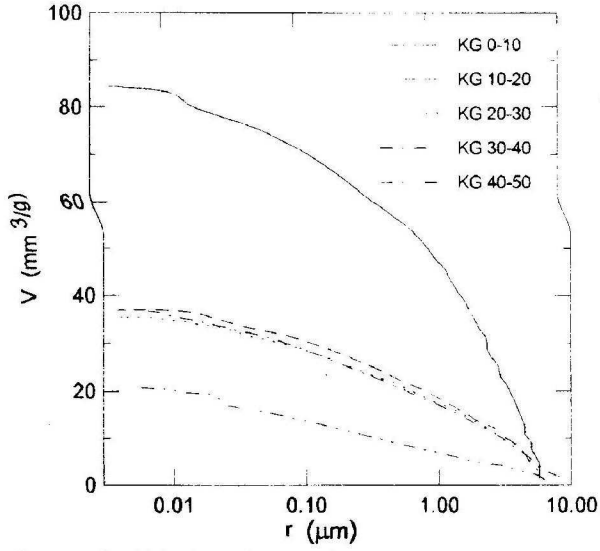
Podobne zależności obserwuje się analizując krzywe kumulatywne otrzymane dla badanych obiektów (rys. 1-4).

Krzywe rozkładu wielkości porów (rys. 5-8) wykazują największe zmiany dla poziomów powierzchniowych badanych obiektów, a wapnowanie powoduje zmiany praktycznie tylko w poziomie 0-10 cm.

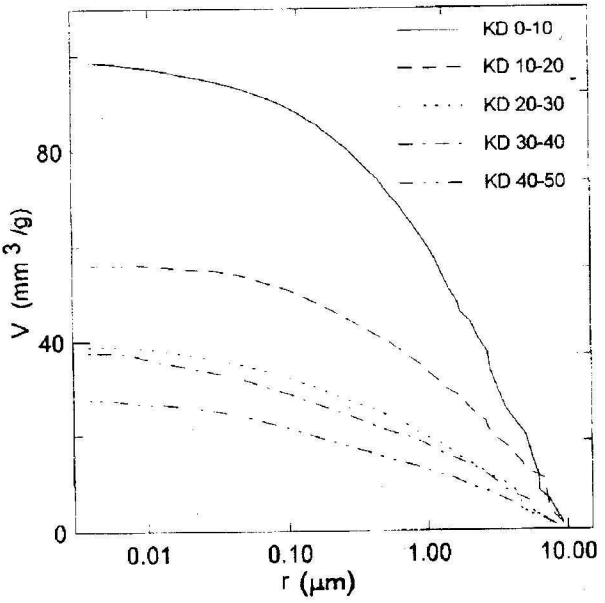
Zróżnicowanie krzywych rozkładu dla *górki*, zarówno kontrolnej, jak i wapnowanej są bardziej widoczne (rys. 5 i 7). I tak, dla wapnowanej *górki* (rys. 7) występują przeważnie pory małe (jeden ostry pik), a niższe poziomy są podobne pod względem wielkości promienia porów. Dla *dolinki* (rys. 6 i 8) krzywe rozkładu wielkości porów są podobne, chociaż bardziej zróżnicowane z głębokością, zarówno dla obiektu kontrolnego jak i wapnowanego. Szerokie piki świadczą o występowaniu porów o różnych promieniach.

Analizując właściwości fizykochemiczne (tab. 1) i strukturalne (tab. 2) badanych obiektów kontrolnych i wapnowanych, można zauważyć związek pomiędzy zawartością węgla organicznego a objętością porów i całkowitą porowatością dla tych obiektów w profilu glebowym. W obu obiektach występuje obniżanie się wielkości tych parametrów wraz z głębokością. Dla obiektów wapnowanych obniżenie to jest bardziej wyraźne niż dla obiektów kontrolnych. Wielkość tych zmian w przypadku obiektu *dolinka* jest wyraźna i systematyczna, szczególnie dla poziomów głębszych 30-40 cm i 40-50 cm. Natomiast dla obiektu *górka* zmiany te są niejednoznaczne.

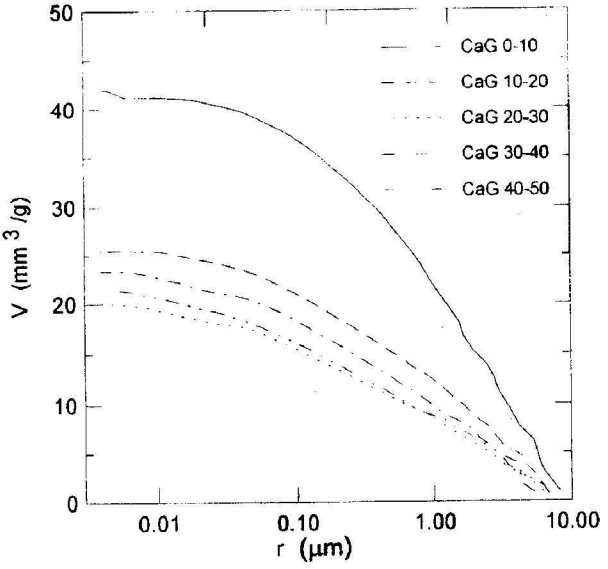
Podobny związek daje się zauważyć dla wielkości stosunku kwasów fulwowych do kwasów humusowych i gęstości objętościowej próbek glebowych (tab. 1 i 2). W tym przypadku obserwowno wzrost gęstości próbek ze wzrostem stosunku Cf:Ch. W obiektach wapnowanych stosunek ten był wyższy niż w kontrolnych. Porównując obiekty: *górka* kontrolna – *górka* wapnowana oraz *dolinka* kontrola – *dolinka* wapnowana bardziej wyraźny był wzrost stosunku Cf:Ch dla obiektu *górka*.



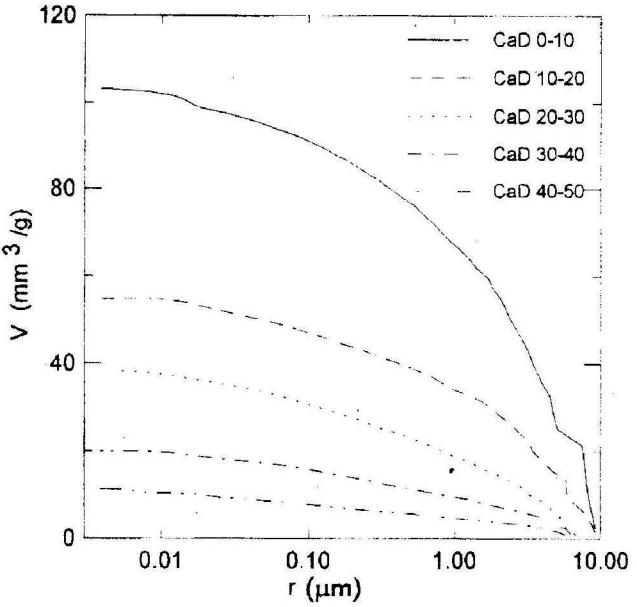
Rys. 1. Krzywe kumulatywne dla obiektu kontrolnego *górka*
Fig. 1. Cumulative curves for control *ridge*



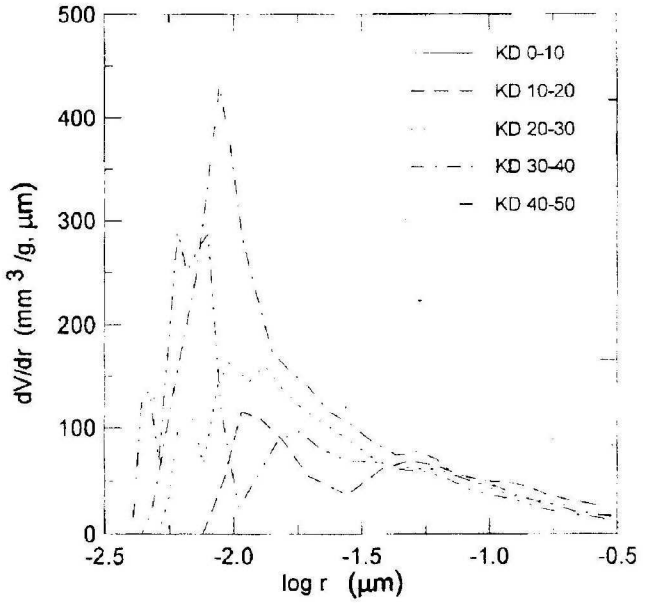
Rys. 2. Krzywe kumulatywne dla obiektu wapnowanego *górka*
Fig. 2. Cumulative curves for liming *ridge*



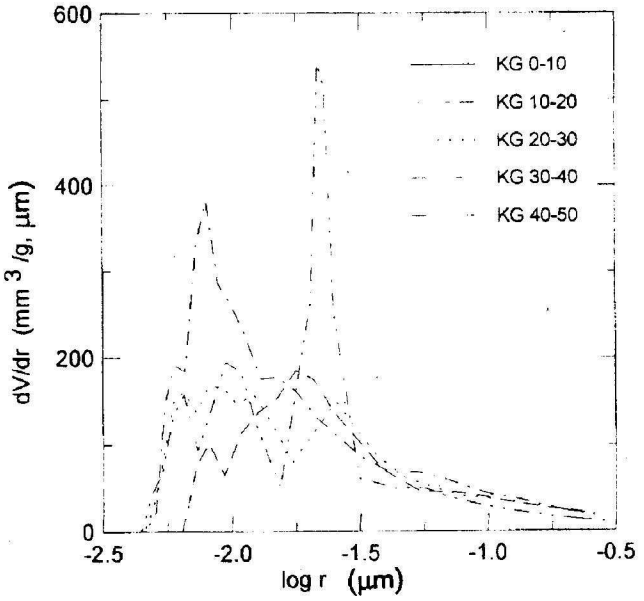
Rys. 3. Krzywe kumulatywne dla obiektu kontrolnego *dolinka*
Fig. 3. Cumulative curves for control *furrow*



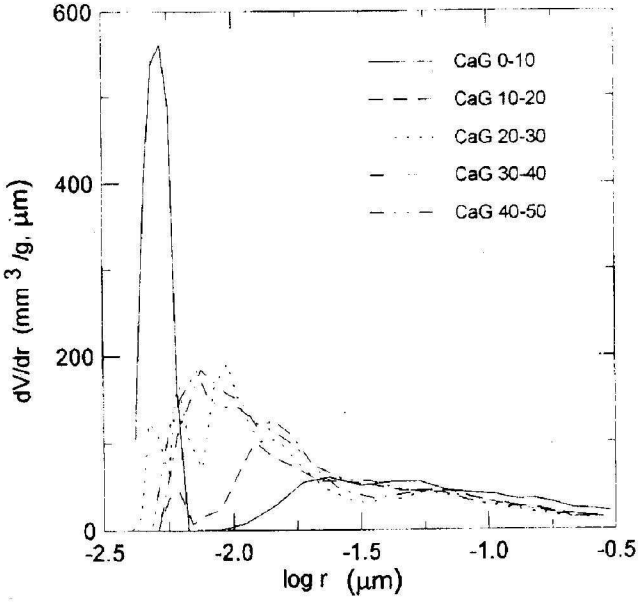
Rys. 4. Krzywe kumulatywne dla obiektu wapnowanego *dolinka*
Fig. 4. Cumulative curves for liming *furrow*



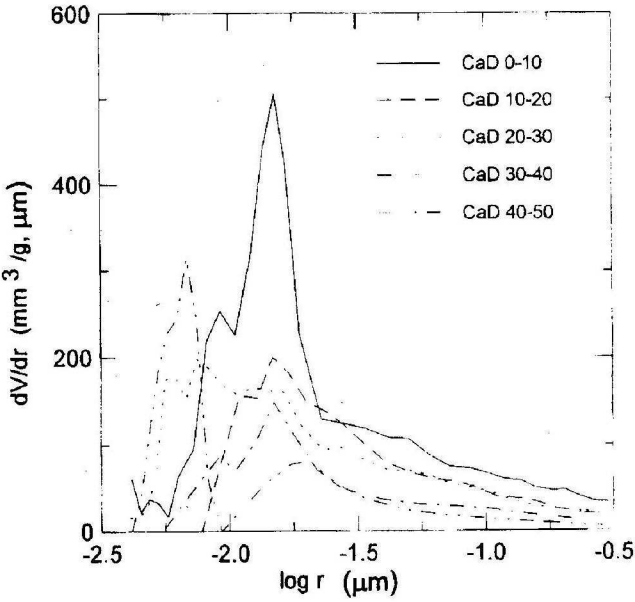
Rys. 5. Krzywe rozkładu wielkości porów dla obiektu kontrolnego *górka*
Fig. 5. Pore size distribution for control *ridge*



Rys. 6. Krzywe rozkładu wielkości porów dla obiektu wapnowanego *górka*
Fig. 6. Pore size distribution for liming *ridge*



Rys. 7. Krzywe rozkładu wielkości porów dla obiektu kontrolnego *dolinka*
Fig. 7. Pore size distribution for control *furrow*



Rys. 8. Krzywe rozkładu wielkości porów dla obiektu wapnowanego *dolinka*
Fig. 8. Pore size distribution for liming *furrow*

Tabela 2. Parametry struktury badanych obiektów otrzymane z danych porozymetrycznych przy założeniu cylindrycznego modelu porów
Table 2. Structural properties of investigated soils obtained from mercury porosimetry data cylindrical pore model

Nazwa obiektu* Sample name	Głębokość Depth [cm]	Całk. obj.porów Total pore volume [mm³/g]	Powierz. właść. Surface area [m²/g]	Gęstość objęt. Bulk density [g/cm³]	Średni prom. por. Average pore radius [µm]	Porowatość całk. Total porosity [%]
K_G	0-10	84,51	1,46	1,889	3,80	15,97
	10-20	37,09	0,64	2,260	3,45	8,38
	20-30	35,47	0,73	2,308	3,45	8,19
	30-40	36,90	0,97	2,270	3,79	8,38
	40-50	20,81	0,74	2,374	3,47	4,94
K_D	0-10	98,59	1,18	1,804	4,458	17,79
	10-20	56,10	0,48	2,079	3,626	11,66
	20-30	38,84	0,67	2,255	3,617	8,76
	30-40	37,52	0,61	2,259	3,723	8,48
	40-50	27,50	0,70	2,382	3,794	6,55
Ca_G	0-10	42,0	0,67	2,170	3,628	9,12
	10-20	25,44	0,38	2,391	3,626	6,08
	20-30	20,03	0,53	2,408	3,386	5,80
	30-40	23,36	0,56	2,413	3,045	5,64
	40-50	21,34	0,58	2,400	3,615	5,12
Ca_D	0-10	103,21	1,39	1,786	4,276	18,44
	10-20	54,71	0,66	2,157	3,452	11,80
	20-30	38,25	0,80	2,280	3,456	8,72
	30-40	19,97	0,40	2,394	3,793	4,78
	40-50	11,25	0,46	2,493	3,792	2,81

*Jak w tabeli 1 – like in table 1.

Wiadomo, że stosunek C ogólnego do N ogólnego ma duże znaczenie dla przebiegu procesów immobilizacji – mineralizacji w glebie. Dla badanych obiektów wapnowanie generalnie zmniejszło ten stosunek. W porównaniu z kontrolą zmniejszenie stosunku C:N było bardziej widoczne dla obiektu *dolinka*. Związek pomiędzy mikroreliefem i wapnowaniem kwaśnych gleb leśnych a zmianami jakościowymi i ilościowymi materii organicznej potwierdzają badania innych autorów [16, 17].

WNIOSKI

Otrzymane wyniki wskazują na istnienie wyraźnej zależności pomiędzy wapnowaniem, mikroreliefem a odczynem i strukturą. Największy wpływ ma jednak materia organiczna. Stwierdzone zmiany można wyjaśnić zachowaniem się materii organicznej – jej zmianami jakościowymi i ilościowymi pod wpływem jonów wapniowych, wymywaniem jej łatwo rozpuszczalnych frakcji w głąb profilu i ponownym rozmieszczeniem przestrzennym w profilu zarówno samej materii organicznej, jak i jonów z nią związanych.

LITERATURA

1. Bartlett R., James B. 1980. Studying dried, stored soil samples – some pitfalls. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44, 721-724.
2. Evans A. Jr., Zelazny L.W., Zipper C.E., 1988. Solution parameters influencing dissolved organic carbon levels in three forest soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52, 1789-1792.
3. Gensior A. 1995. Humus-, Nährstoff- und Schadstoffdynamik einer Rostbraunerde unter dem Einfluß einer Kalkung/Düngung. *Bodenökologie und Bodengenese*, 17, 1-178. Tech. Universität, Berlin.
4. Gensior A., Wilczynski W.A., Renger M. 1991. Potentielle Protonenpufferung und Desorptionsverhalten von Kationen einer Rostbraunerde unter Kiefernforst nach einer Kalkung. *Mittlgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* 66, 307-310.
5. Homann P.S., Grigal D.F. 1992. Molecular weight distribution of soluble organics from laboratory manipulated surface soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56, 1305-1310.
6. Marschner B. 1990. Elementumsätze in einem Kiefernforstökosystem auf Rostbraunerde unter dem Einfluß einer Kalkung/Düngung. *Berichte des Forschngszentrums Waldökosysteme Reihe A*, 60, 10-18.
7. Marschner B., Stahr K., Renger M. 1989. Potential Hazards of lime application in a damaged pine forest ecosystem in Belin (West). *Water, Air and Soil Polution*, 48, 45-57.
8. Marschner B., Wilczynski W.A., Renger M., Stahr K. 1989. Veränderung von Humuszusammensetzung und Bodenchemischen Eigenschaften einer Rostbraunerde nach einer Kalkungsmaßnahme. *Mittlgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, 59, 417-422.
9. Otchere-Boateng J., Ballard T.M., 1978. Urea fertilizer effects on dissolved nutrient concentrations in some forest soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42, 503-508.
10. Pokojska U. 1997. *Zakwaszenie gleb leśnych – stan wiedzy i perspektywy badań*. Proc. II Inter. Sci. Symp. Lublin, 23-24 września, 37-44.
11. Popovič B. 1986. *Effects of artifical acidification and liming on the forest soil in a percolations experiment*. Trans. XIII Kongr. Inter. Soc. Soil Sci. Hamburg 13-20 August, vol.II., 429-430.
12. Simard R.K., Evans L.J., Bates T.E. 1988. The effects of addition of $CaCO_3$ and P on the soil solution chemistry of a Podzolic soil. *Can. J. Soil Sci.*, 68, 41-52.
13. Sokołowska Z., Józefaciuk G., Sokołowski S., Renger M., Wilczynski W.A. 1993. Water vapour adsorption as related to liming of acidic sandy forest soil. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 156, 495-499
14. Vance G.F., David M.B., 1989. Effect of acid treatment on dissolved organic carbon retention by spodic horizon. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53, 1242-1247.
15. Wenzel B., Ulrich B. 1988. Kompensationskalkung – Risiken und ihre Minimierung. *Forst und Holz.*, 1, 12-16.

16. Wilczynski W.A., Renger M., Józefaciuk G., Hajnos M. 1993. Negative Charge - pH dependence of organic matter of forest soil under influence of liming as determined from titration curves. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 156, 267-271.
17. Wilczynski W.A., Renger M., Józefaciuk G., Hajnos M., Sokołowska Z. 1993. Surface area and CEC as related to quantitative and qualitative changes of forest soil organic matter after liming. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 156, 235-238.

INFLUENCE OF MICRORELIEF AND LIMING ON THE SOIL REACTION AND THE MICROSTRUCTURE OF FOREST SOIL

Mieczysław Hajnos*, Zofia Sokołowska*, Manfred Renger**

*Institut of Agrophysics, Polish Academy of Science, Lublin, Poland
**Institute of Ecology, Department Soil Science, Technical University in Berlin

Summary

Influence of microrelief and liming on the soil reaction and the microstructure of acid sandy forest soil were investigated. Sampling site was a 40 year old pine plantation on a Cambic Arenosol. The site was characterized by ridge – furrow microrelief. The microstructure of soil samples, taken from two profiles was determined on the base of the mercury intrusion porosimetry measurements. Total porosite, pore volume, bulk density and pore size distribution curves were obtained. Generally, a decrease of the microstuctural parameters after liming were observed, especially in the ridge samples. Dependence between organic carbon, fulvic to humic acids ratio and total porosity, pore volume, bulk density for lime sample was noted. Solubilization of organic matter, their redistribution within soil profile by leaching and their quantity and quality are the base for explaining the influence of liming on the microstructure of forest soil.

dr Mieczysław Hajnos
Instytut Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN
ul. Doświadczalna 4
20-290 Lublin 27, skr. poczt. 201