

ADAM KACZOR

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA NIEKTÓRYCH WŁAŚCIWOŚCI GLEBY W OCENIE STOPNIA ZANIECZYSZCZENIA ŚRODOWISKA KWAŚNYMI OPADAMI CZ. II. STAN ZAKWASZENIA GLEBY

Katedra Chemii Rolnej Akademii Rolniczej w Lublinie

WSTĘP

Szkodliwe oddziaływanie zanieczyszczeń na organizmy roślinne wiąże się w dużym stopniu z występowaniem tzw. uszkodzeń pośrednich. Wynikają one z licznych niekorzystnych zmian wywoływanych w środowisku glebowym przez kwaśne deszcze. Nie ma żadnych wątpliwości, że dodatek mocnych kwasów zawartych w kwaśnych opadach przyspiesza proces zakwaszania gleb, jednakże w jakim stopniu tego jednoznacznie nie określono [Lefohn, Brocksen 1984; Muranyi, Redly 1987]. Analizowane zmiany w środowisku glebowym obejmują głównie podstawowe i wtórne wskaźniki zakwaszenia. Przeprowadzone badania z tego zakresu w większości dotyczą gleb lekkich i leśnych [Czertow, Mienszykow 1983; Dechnik, Gliński, Kaczor 1990; Kowalkowski, Ostrowska, Sytek 1984]. Celem prezentowanych badań było:

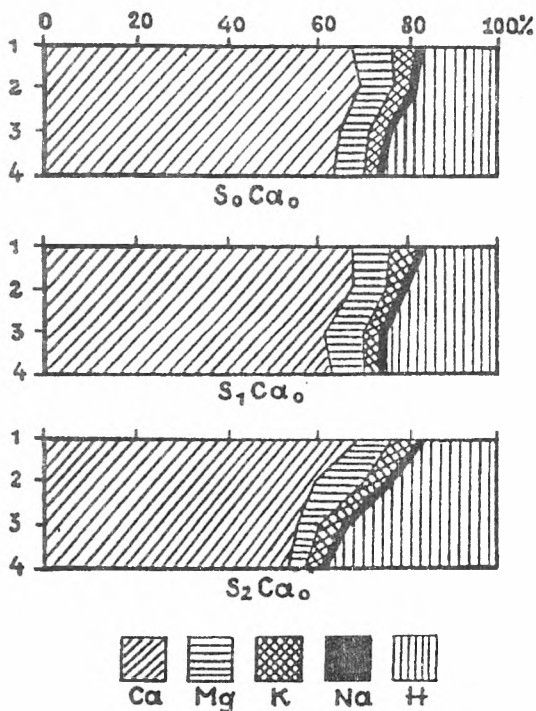
- prześledzenie zakresu wpływu na stan zakwaszenia gleby symulowanego kwaśnego deszczu w warunkach stosowania dolomitu i bez dolomitu,
- określenie możliwości wykorzystania zmian w wartościach wskaźników zakwaszenia gleby w ocenie zanieczyszczenia środowiska kwaśnymi opadami.

METODYKA BADAŃ

Podstawę badań stanowiły analizy chemiczne prób glebowych uzyskanych z trzyletniego, ściśłego doświadczenia polowego. Metodykę prowadzenia doświadczenia i pobierania próbek glebowych zamieszczono w pracy Kaczora [1994]. W próbach glebowych pobranych z warstwy 0–20 cm i 20–40 cm oznaczono metodami powszechnie stosowanymi w gleboznawstwie:

- pH w 1 mol KCl potencjometrycznie przy użyciu elektrody szklanej;
- kwasowość hydrolityczną metodą Kappena;
- kwasowość wymienną i glin ruchomy metodą Sokołowa w wyciągu 1 mol KCl;
- kationy wymienne przez ekstrakcję 1 mol $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ o pH 7 (zawartość jonów H^+ przyjęto jako kwasowość hydrolityczną).

Zależności między właściwościami podstawowych i wtórnych wskaźników zakwaszenia gleby a odczynem i ilością siarczanów w symulowanym opadzie oceniono metodą korelacji i regresji.



Rys. 1. Procentowy udział zasadowych kationów wymiennych i wodoru w pojemności wymiennej (T_w) gleby z obiektów nie wapnowanych (warstwa 0–20 cm): 1 – gleba przed doświadczeniem, 2 – gleba po I roku doświadczenia, 3 – gleba po II roku doświadczenia, 4 – gleba po III roku doświadczenia

Fig. 1. Percentage of basic exchangeable cations and of hydrogen in the cation-exchange capacity (CEC) of soil from non limed objects (depth 0–20 cm): 1 – soil before experiment, 2 – soil after I year of experiment, 3 – soil after II year of experiment, 4 – soil after III year of experiment

WYNIKI BADAŃ

Przed rozpoczęciem badań w warstwie 0–20 cm średnia wartość sumy wymiennych kationów zasadowych wynosiła $8,52 \text{ mmol (+)} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ gleby (tab. 1). W obiektach kontrolnych (S_0Ca_0) oraz deszczowanych symulowanym opadem o pH 3,8 (S_1Ca_0) po trzech latach doświadczenia jej wartość uległa podobnemu obniżeniu do 7,44 i 7,62 $\text{mmol (+)} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ gleby. W obiektach nie wapnowanych i traktowanych deszczem o pH 3,2 po zakończeniu badań wartość sumy kationów zasadowych wynosiła 5,44 $\text{mmol (+)} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ gleby, co stanowi zmniejszenie ilości kationów o ponad 1/3 w stosunku do ilości stwierdzonych w próbach glebowych, pobranych przed doświadczeniem. Wiąże się to ze zmniejszeniem udziału wapnia z 68,1 do 53,1% i udziału jonu magnezowego z 8,2 do 3,6% w pojemności wymiennej gleby (rys. 1) w czasie prowadzonego doświadczenia. Jednocześnie udział jonu wodorowego, wynoszący w kompleksie sorpcyjnym gleby przed doświadczeniem ok. 17% ogółu jonów w pojemności sorpcyjnej, po całym cyklu badawczym wzrósł do ok. 40%. Wapnowanie dolomitem spowodowało w obiektach z serii S_0 znaczący wzrost sumy kationów wymiennych.

TABELA 1. Wpływ symulowanego kwaśnego opadu i wapnowania dolomitem na kształtowanie się w glebie sumy wymiennych kationów zasadowych (A) i kwasowości hydrolytycznej (B) [$\text{mmol (+)} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$]

Influence of simulated acid rain and liming with dolomite on formation of total exchange bases (A) and hydrolytic acidity (B) content in the soil [$\text{mmol (+)} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$]

Obiekt Treat ment	Głębokość – Depth											
	0–20 cm			20–40 cm								
	A			B								
1989	1990	1991	1989	1990	1991	A	B	1989	1990	1991		
$S_0Ca_0^*$	8,08	7,65	7,44	1,84	2,36	2,58	10,53	10,59	9,96	0,94	1,54	1,35
S_1Ca_0	7,81	7,91	7,62	2,10	2,61	2,61	10,90	10,42	9,88	1,01	1,88	1,54
S_2Ca_0	7,58	6,01	5,44	2,43	3,15	3,49	10,22	9,77	9,29	1,01	1,63	1,54
S_0Ca_1	9,11	9,88	9,45	1,39	2,48	2,23	10,25	11,02	10,45	0,93	1,31	1,43
S_1Ca_1	9,96	8,86	9,12	1,71	1,88	2,21	8,69	10,64	8,43	0,97	1,50	1,54
S_2Ca_1	7,96	10,71	8,93	1,80	2,10	2,25	10,64	13,21	9,00	0,98	1,43	1,40
S_0Ca_2	9,47	10,97	10,67	1,20	2,03	2,14	9,70	10,32	10,60	1,01	1,50	1,80
S_1Ca_2	10,74	11,17	10,37	1,30	1,80	1,98	10,24	11,39	9,11	1,01	1,44	1,35
S_2Ca_2	9,00	10,57	9,68	1,60	1,85	1,91	10,13	11,86	8,79	1,05	1,43	1,80
Przed doświadczeniem – Before experiment												
8,52			1,79			11,04			1,26			

* S_0 – deszcz o pH 7,1; S_1 – deszcz o pH 3,8; S_2 – deszcz o pH 3,2; Ca_0 – bez wapnowania; Ca_1 – 0,85 t CaO na 1 ha (wg 0,5 Hh); Ca_2 – 1,7 t CaO na 1 ha (wg 1,0 Hh).

S_0 – rainfall pH 7.1; S_1 – rainfall pH 3.8; S_2 – rainfall pH 3.2; Ca_0 – without dolomite; Ca_1 – 0.85 t CaO per ha in dolomite (acc. to 0.5 Hh); Ca_2 – 1.7 t CaO per ha in dolomite (acc. to 1.0 Hh).

A – suma kationów zasadowych – total exchangeable bases; B – kwasowość hydrolytyczna (Hh) – hydrolytic acidity (Hh).

TABELA 2. Wpływ symulowanego kwaśnego opadu i wapnowania dolomitem na kształtowanie się w glebie zawartości glinu ruchomego [$\text{mmol (+)} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$] i odczynu pH_{KCl}
 Influence of simulated acid rain and liming with dolomite on formation values of mobile aluminium content [$\text{mmol (+)} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$] and pH_{KCl} in the soil

Objekt Treat- ment	Głębokość – Depth 0–20 cm						20–40 cm					
	Al ruchomy mobile Al			pH w KCl			Al ruchomy mobile Al			pH w KCl		
	1989	1990	1991	1989	1990	1991	1989	1990	1991	1989	1990	1991
S ₀ Ca ₀	x	x	0,13	5,71	5,40	5,10	x	x	x	6,12	5,81	5,48
S ₁ Ca ₀	x	0,12	0,19	5,62	5,21	4,90	x	x	x	6,00	5,83	5,64
S ₂ Ca ₀	0,10	0,26	0,37	5,12	4,80	4,51	x	x	x	6,61	5,90	6,05
S ₀ Ca ₁	x	x	x	6,43	5,71	5,50	x	x	x	5,92	5,62	6,00
S ₁ Ca ₁	x	x	x	6,31	6,00	5,78	x	x	x	5,92	6,00	5,88
S ₂ Ca ₁	x	x	x	5,90	6,01	5,81	x	x	x	5,81	5,56	5,80
S ₀ Ca ₂	x	x	x	6,50	6,15	6,10	x	x	x	5,91	5,72	5,80
S ₁ Ca ₂	x	x	x	6,40	6,22	6,05	x	x	x	5,90	6,11	5,75
S ₂ Ca ₂	x	x	x	6,20	6,40	6,11	x	x	x	6,00	5,56	5,82
Przed doświadczeniem – Before experiment												
		x			5,70			x			5,90	

x – nie stwierdzono obecności Al ruchomego – There was not mobile Al.

* – Oznaczenia jak w tabeli 1 – Explanations as in Table 1.

W seriach S₁ i S₂ nie stwierdzono również w całym cyklu doświadczalnym spadku kationów zasadowych w porównaniu ze stanem wyjściowym. W warstwie 20–40 cm zróżnicowanie wartości sumy kationów zasadowych w wyniku oddziaływania czynników doświadczalnych było stosunkowo nieduże. Niewielki spadek zawartości jonów alkalicznych zaobserwowano w większości obiektów dopiero w trzecim roku badań.

Spadkowi sumy zasadowych kationów wymiennych towarzyszyło podwyższenie wartości kwasowości hydrolitycznej (Hh) – tabela 1. W obiektach kontrolnych stosunkowo znaczny wzrost Hh – wynikający z wpływu naturalnych opadów i nawożenia mineralnego – odnotowano głównie w drugim i trzecim roku doświadczenia. W warstwie 0–20 cm najwyższy, niemal dwukrotny wzrost kwasowości hydrolitycznej w odniesieniu do stanu przed doświadczeniem, wystąpił w obiektach nie wapnowanych, deszczowanych symulowanym opadem o pH 3,2. Wapnowanie gleby obydwoma dawkami dolomitu (Ca₁, Ca₂) w znacznym stopniu zahamowało wzrost wartości Hh. W próbach glebowych z warstwy 20–40 cm – podobnie jak w przypadku kationów wymiennych – czynniki doświadczalne wywarły mniejszy wpływ na kształtowanie się kwasowości hydrolitycznej w porównaniu z wierzchnią warstwą gleby (0–20 cm).

Obecność glinu ruchomego w całym cyklu badawczym stwierdzono tylko w próbach glebowych z warstwy 0–20 cm, w serii bez stosowania dolomitu (tab. 2). Czas wystąpienia i ilości oznaczonego glinu zależały od odczynu symulowanego opadu. W obiektach kontrolnych, deszczowanych opadem o pH 7,1, glin ruchomy pojawił się dopiero w ostatnim roku doświadczenia. W serii traktowanej symulo-

TABELA 3. Zależności między zawartością siarki [mg S · dm⁻³] w symulowanym kwaśnym opadzie – A i jego odczynem (pH) – B a wybranymi wskaźnikami glebowymi z obiektów nie wapnowanych (n = 18)
Relationships between sulphur content [mg S · dm⁻³] in the simulated acid rain – A and its reaction (pH) – B and some soil indicators from non limed objects (n = 18)

Zmienne zależne Dependent variables	Głębokość – Depth				20–40 cm			
	0–20 cm				Zmienne niezależne			
	Independent variables				Independent variables			
	A		B		A		B	
	r _{xy}	b _{yx}	r _{xy}	b _{yx}	r _{xy}	b _{yx}	r _{xy}	b _{yx}
Suma kationów zasadowych – Total exchangeable bases [mmol (+) · 100 g ⁻¹]	-0,65**	-0,057	0,44	0,221	-0,51*	-0,025	0,35	0,096
Udział Mg w Tw – Share of Mg in CEC [%]	-0,05	-0,010	-0,05	-0,012	-0,65**	-0,081	0,45	0,321
Udział Ca w Tw – Share of Ca in CEC [%]	-0,80**	-0,421	0,63**	1,86	0,08	0,024	0,03	0,062
Udział Mg+Ca w Tw – Share of Mg+Ca in CEC [%]	-0,69**	-0,432	0,53**	1,87	-0,23	-0,056	0,27	0,381
Hh – Hydrolytic acidity [mmol (+) · 100 g ⁻¹]	0,66**	0,031	-0,53*	-0,151	0,15	0,005	-0,21	-0,039
Al ruchomy – Mobile Al [mmol (+) · 100 g ⁻¹]	0,69**	0,008	-0,58*	-0,040	0,000	0,000	0,00	0,000
(pH _{KCl})	-0,67**	-0,025	0,56*	0,119	0,52*	0,016	-0,38	-0,068

A – zawartość siarki w symulowanym opadzie – content of sulphur in the simulated rain, B – odczyn symulowanego opadu – pH of the simulated rain; poziom istotności – significance level: $\alpha = 0,05^*$, $\alpha = 0,01^{**}$.

wanym kwaśnym opadem o pH 3,8 Al ruchomy wystąpił w próbach glebowych pobranych po drugim i trzecim roku badań. Zastosowanie opadu o pH 3,2 spowodowało pojawienie się tego jonu już po pierwszym roku doświadczenia. Najwięcej Al ruchomego wystąpiło w tych obiektach po trzech latach deszczowania, mianowicie 0,37 mmol (+) · 100 g⁻¹ gleby (tab. 2).

Czynniki doświadczalne wywarły większy wpływ na zmiany odczynu w wierzchniej warstwie gleby (0–20 cm) – tabela 2. W obiektach kontrolnych w tej warstwie odczyn uległ obniżeniu po drugim roku badań, a w warstwie 20–40 cm dopiero po trzech latach w stosunku do stanu sprzed doświadczenia. Wartość pH w tych obiektach w poziomie 0–20 cm po całym cyklu doświadczalnym obniżyła się o 0,6 jednostki. Największe zmiany odczynu wystąpiły w serii bez dolomitu, przy stosowaniu deszczowania opadem o pH 3,2. W warstwie 0–20 cm, po trzech latach badań w tej serii wartość pH uległa zmniejszeniu aż o 1,2 jednostki w porównaniu z pH wyjściowym. Dolomitowanie wpływało na wzrost wartości pH we wszystkich obiektach. W efekcie gleba tych obiektów – podobnie jak przed rozpoczęciem badań – charakteryzowała się lekko kwaśnym odczynem.

Zależności istotne pomiędzy zawartością siarki w symulowanym opadzie i jego odczynem a podstawowymi i wtórnymi wskaźnikami zakwaszenia gleby wystą-

piły tylko w serii bez dolomitu (tab. 3). Dotyczyły one głównie powierzchniowej warstwy gleby (0–20 cm). Jednakże obliczone wartości współczynników korelacji i regresji były znacznie niższe w porównaniu z ich wartościami obliczonymi przy ocenie współzależności między analizowanymi cechami opadu i zawartością siarki w glebie [Kaczor 1994].

DYSKUSJA

Analizowana gleba przed rozpoczęciem badań wskazywała korzystne stosunki między ilością jonów o charakterze kwaśnym i zasadowym. Po trzech latach badań w obiektach kontrolnych uległy zmianie podstawowe wskaźniki zakwaszenia. W wierzchniej warstwie gleby (0–20 cm) odnotowano wzrost kwasowości hydrolytycznej o $0,79 \text{ mmol (+)} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, spadek ilości wymiennych kationów zasadowych o $0,64 \text{ mmol (+)} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ oraz obniżenie pH o 0,6 jednostki w stosunku do wartości oznaczonych przed doświadczeniem. Uzyskane dane potwierdzają, iż proces zakwaszania gleb w warunkach klimatycznych Polski ma charakter naturalny i może wynikać z zakwaszającego oddziaływania niektórych nawozów mineralnych, głównie azotowych [Gliński 1987; Siuta 1990]. W przeprowadzonych badaniach – ze względu na krótki, trzyletni okres trwania doświadczeń – stwierdzone zmiany wynikały głównie z oddziaływania nawozów mineralnych.

Symulowany kwaśny opad o pH 3,8 w bardzo niewielkim stopniu wpłynął na zmiany w analizowanych wskaźnikach zakwaszenia w porównaniu z wartościami tych wskaźników, oznaczonych na obiektach kontrolnych po zakończeniu doświadczenia. Znikomy wpływ kwaśnego deszczu o pH 3,8 na pogorszenie właściwości gleby można tłumaczyć tym, że znaczna część niezbyt dużego ładunku zanieczyszczeń wniesionego z tym opadem została pobrana bezpośrednio przez rośliny [Goździk, Poborski, Szdzuj 1985]. Ilości jonów zakwaszających, które dostały się w ciągu 3 lat bezpośrednio do gleby, nie przekraczały jej pojemności buforowej i w efekcie nie spowodowały widocznych zmian odczynu.

Niekorzystne zmiany wartości wskaźników zakwaszenia nasiliły się znacznie w glebie z obiektów, na których stosowano kwaśny opad o pH 3,2. Należy podkreślić, że zmiany te dotyczyły przede wszystkim wierzchniej warstwy (0–20 cm), co jest charakterystyczne dla gleb zwięzlejszych [Gorlach, Curyło 1990; Holowaychuk, Fessenden 1987; Tabatabai 1985]. Uwzględniając zmiany w analizowanych właściwościach gleby po trzech latach stosowania symulowanych kwaśnych opadów o pH 3,2, można szacunkowo ocenić, że udział tych opadów w zakwaszeniu gleby z omawianych obiektów wynosi co najmniej 50%.

Wapnowanie obydwoma dawkami dolomitu zapobiegało w zasadzie negatywnemu wpływowi na glebę symulowanego, kwaśnego opadu. Gleba bowiem po trzech latach stosowania takiego opadu utrzymała w wierzchniej warstwie wyjściowy, lekko kwaśny odczyn.

W warunkach doświadczenia istotne korelacje między analizowanymi cechami opadu a podstawowymi i wtórnymi wskaźnikami zakwaszenia gleby wystąpiły tylko w obiektach nie wapnowanych i w zasadzie objęły jedynie powierzchniową warstwę. Można więc przyjąć, że na glebach w miarę systematycznie wapnowanych zmiany w wartościach wskaźników zakwaszenia nie odzwierciedlają wielkości ładunku zanieczyszczeń, dostających się do środowiska. W serii doświadczalnej bez dolomitu współczynniki korelacji, choć istotne, były znacznie niższe ($r_{xy} = \pm 0,44-0,80$) niż w przypadku S-SO₄ i S og. w glebie [Kaczor 1994]. Wyniki badań świadczą, że podstawowe i wtórne wskaźniki zakwaszenia gleb mogą być pomocne w ocenie skali skażenia środowiska kwaśnymi opadami. Jednakże przy ich wykorzystaniu trzeba mieć na uwadze, że tempo i zakres zmian w ich wartościach są uzależnione od właściwości samej gleby i sposobu jej użytkowania. Zachodzące zmiany należy analizować w obrębie gleb o zbliżonych właściwościach buforowych. Wysokich zależności korelacyjnych – zwłaszcza w przypadku wskaźników wtórnych – należy jednakże oczekiwać na glebach lżejszych przy dużej dozie zanieczyszczeń oddziałujących przez długi okres [Czertow, Mienszykow 1983; Motowicka-Terelak 1989].

WNIOSKI

1. Stosowanie symulowanego kwaśnego opadu wywołało wiele negatywnych zmian w glebie. Zmiany te wystąpiły przede wszystkim w obiektach deszczowanych opadem o pH 3,2 w powierzchniowej warstwie gleby i dotyczyły: obniżenia procentowego udziału wapnia i magnezu w kompleksie sorpcyjnym przy jednoczesnym wzroście zawartości jonu wodorowego, kwasowości hydrolitycznej i obniżeniu pH.

2. Porównując zmiany w analizowanych właściwościach gleby z obiektów deszczowanych przez trzy lata kwaśnym opadem o pH 3,2 ze zmianami tych właściwości w glebie z obiektów kontrolnych, można ocenić, że udział tego opadu w zakwaszeniu gleby wynosi co najmniej 50%.

3. Wyniki badań wskazują, że zmiany w wartościach wskaźników zakwaszenia gleb mogą być pomocne przy ocenie skali zanieczyszczenia środowiska kwaśnymi opadami. Zróznicowana reakcja gleb na zakwaszenie, wynikająca z ich właściwości buforowych i wpływu innych czynników na ten proces, nakazuje jednakże dużą ostrożność przy interpretacji wyników.

LITERATURA

- CZERTOW O.G., MIENSZYKOW G.P., 1983: Izmienienie lesnych poczw pod wozdiejstwijem kislych osadkow. *Izw. Ak. Nauk SSSR, s. bioł.* 6: 906–913.
DECHNIK I., GLIŃSKI J., KACZOR A., 1990: Rozpoznanie wpływu kwaśnych deszczy na glebę i roślinę. *Problemy Agrofizyki* 60: 1–66.

- GLIŃSKI J., 1987: Problems of soil degradation in Poland. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 344: 7–15.
- GODZIK S., POBORSKI P., SZDZUJ J., 1985: Usuwanie zanieczyszczeń powietrza przez rośliny. *Wiad. Bot.* 29, 3: 213–228.
- GORLACH E., CURYŁO T., 1990: Reakcja runi łąkowej na wapnowanie w warunkach wieloletniego zróżnicowanego nawożenia mineralnego. *Rocz. Glebozn.* 41, 1/2: 161–177.
- HOLOWAYCHUK N., FESSENDEN R.J., 1987: Soil sensitivity to acid deposition. *Earth Sc., Report 87-1*, 1-38, Alberta, Canada.
- KACZOR A., 1994: Możliwości wykorzystania niektórych właściwości gleby w ocenie stopnia zanieczyszczenia środowiska kwaśnymi opadami. Cz. I. Siarka w glebie. *Rocz. Glebozn.* 45, 3/4: 43–50.
- KOWALKOWSKI A., OSTROWSKA A., SYTEK J., 1984: Zmiany w środowisku glebowym i składzie chemicznym igliwia borów sosnowych w zasięgu emisji elektrowni Koźlenice. Kom. Nauk. PTG, Warszawa.
- LEFOHN A.S., BROCKSEN R.W., 1984: Acid rain effects research – a status report. *J. Air Poll. Contr. Assoc.* 34, 10: 1005–1013.
- MOTOWICKA-TERELAK T., 1989: Badania modelowe nad mechanizmem i skutkami degradacji gleb zanieczyszczonych związkami siarki. Cz. I. Zmiany właściwości chemicznych gleby gliniastej w warunkach systematycznego zasiarczenia. *Pam. Puł.* 94: 11–28.
- MURANYI A., REDLY M., 1987: The susceptibility of Hungarian soils to acidification. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 344: 111–121.
- SIUTA J., 1990: Struktura przestrzenna degradacji i odnowa biologicznie czynnej powierzchni ziemi w Polsce. IOŚ, Warszawa.
- TABATABAI M.A., 1985: Effect on acid rain of soils. *Environ. Contr.* 15: 65–110.

ADAM KACZOR

POSSIBILITIES OF USING SOME PROPERTIES OF SOIL
IN THE EVALUATION OF THE DEGREE
OF ENVIRONMENT POLLUTION WITH ACID RAINFALLS
Part II. THE DEGREE OF SOIL ACIDIFICATION

Department of Agricultural Chemistry, Agricultural University of Lublin

Summary

In the strict three-year field experiment the range of the effect of simulated acid rainfall with pH 3.8 and 3.2 on the degree of the acidification (exchangeable cations, Hh, mobile Al, pH_{KCl}) in brown soil formed from loess was investigated. The changes in the analysed soil properties (0–20 cm layer) after three years of acid rainfall (pH 3.2) application indicate that its share in soil acidification amounted at least to 50%. The primary and secondary indexes of soil acidification may be helpful at the evaluation of range of environment pollution with acid rainfalls.

Praca wpłynęła do redakcji w październiku 1993 r.

Dr hab. Adam Kaczor
Katedra Chemii Rolnej Akademii Rolniczej w Lublinie
20-033 Lublin, Akademicka 15