

JAN PALUSZEK

WPLYW EROZJI WODNEJ NA CHEMICZNE WŁAŚCIWOŚCI GLEB PŁOWYCH WYTWORZONYCH Z LESSU

INFLUENCE OF WATER EROSION ON CHEMICAL PROPERTIES OF LESSIVÉS SOILS DEVELOPED FROM LOESS

Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska
Akademia Rolnicza w Lublinie

Abstract: The objective of this study was to determine the effect of different erosion phase of soil and accumulation of water-land deposits on changes in content of macronutrients and trace elements in typical soils lessivés soils developed from loess. Soil cultivation down to the Ee, Bt and Cca horizons and their transformation into Ap horizons of eroded soils increased in them of organic C and total N content. In Ap horizons of eroded soils the content of available forms of K and P increased in comparison with subsoil. Moreover, total content of Mn, Zn and Pb increased, and quantity of Ni, Cd, Sr and Ba decreased in Ap horizons of eroded soils.

Słowa kluczowe: makropierwiastki, pierwiastki śladowe, gleby płowe, gleby zerodowane, gleba deluwialna.

Key words: macronutrients, trace elements, lessivés soils, eroded soils, deluvial soil.

WSTĘP

Przyspieszona erozja wodna powierzchniowa powoduje skrócenie lub nadbudowanie naturalnych profilów glebowych, zmiany w ich składzie granulometrycznym, zubożenie w związki próchniczne i składniki pokarmowe roślin [Gliński, Turski 1976; White i in. 1985; Licznar i in. 1991; Marcinek, Komisarek 2001, Smeck, Balduff 2002]. Poziomy Ap gleb zerodowanych, wytworzone z poziomu iluwialnego lub skały macierzystej, charakteryzują się gorszą agregacją i wodoodpornością agregatów, większym zagęszczeniem, mniejszą infiltracją i retencją wody użytecznej dla roślin, gorszymi właściwościami powietrznymi oraz mniejszą głębokością korzenia się roślin od gleb nierodowanych [Turski i in. 1987; Licznar i in. 1991; Paluszek 1994, 2001; Ebeid i in.

1995; Fullen, Brandsma 1995]. Procesy erozyjne powodują również wypłukiwanie nawozów mineralnych i środków ochrony roślin, niszczenie zasiewów oraz pogorszenie żyzności gleb i plonowania roślin.

Celem pracy była ocena wpływu różnego stopnia zerodowania gleb pływych typowych wytworzonych z lessu oraz akumulacji deluwiów na zmiany właściwości fizykochemicznych oraz zawartość niektórych makropierwiastków i pierwiastków śladowych.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na polu gospodarstwa doświadczalnego Elizówka na Wyżynie Lubelskiej, obejmującym wierzchowinę lessową oraz dolinę suchą o nachyleniu zboczy do 12% (rys. 1). Do badań wybrane zostały następujące gleby [Systematyka gleb Polski 1989]:

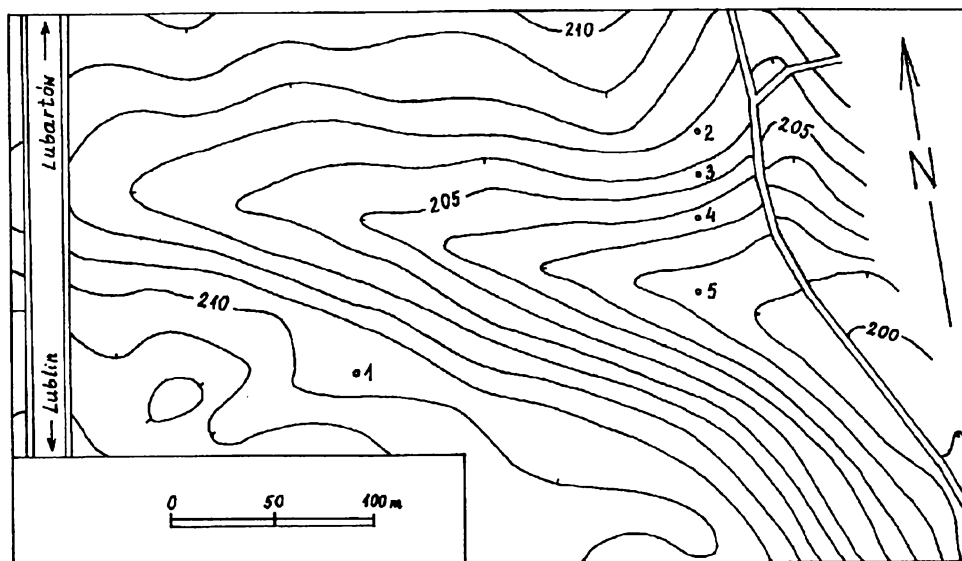
- 1 – płowa typowa nieerodowana, o profilu Ap-Eet-Bt1-Bt2-BC-Cca,
- 2 – płowa typowa słabo zerodowana, o profilu Ap-Bt1-Bt2-BC-Cca, w której poziom Ap wytworzył się z poziomu Eet i częściowo z Bt1,
- 3 – płowa typowa średnio zerodowana, o profilu Ap-Bt2-BC-Cca, w której poziom Ap wytworzył się głównie z poziomem Bt,
- 4 – pararendzina inicjalna (gleba całkowicie zerodowana) o profilu Apca-Cca, w której poziom Apca wytworzył się z lessu węglanowego,
- 5 – deluwialna właściwa o profilu Ap-C1-C2, w której poziom Ap wytworzył się ze współczesnych deluwiów lessowych.

Próbki glebowe pobrano w czasie, gdy pole znajdowało się pod uprawą pszenicy ozimej. Poziom nawożenia mineralnego w czystym składniku na 1 ha wynosił: 60 kg N, 60 kg P₂O₅ i 60 kg K₂O w postaci fosforanu amonu, soli potasowej 60% oraz saletry amonowej.

Skład granulometryczny gleb oznaczono metodą areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, z rozdzielaniem frakcji piasku 0,1–1 mm na sicie o wymiarach oczek 0,1 mm. Zawartość C organicznego oznaczano metodą Tiurina w modyfikacji Simakowa, a zawartość CaCO₃ – metodą Scheiblera. Odczyn gleby w H₂O i w KCl o stężeniu 1 mol · dm⁻³ mierzono potencjometrycznie.

Kwasowość hydrolityczną (Hh) w mmol H⁺ · kg⁻¹ oznaczono metodą Kappena w roztworze 1 mol · dm⁻³ CH₃COONa. Kationy wymienne o charakterze zasadowym oznaczono metodą Pallmanna w wyciągu 1 mol · dm⁻³ NH₄Cl o pH 8,2. Zawartość kationów wymiennych Ca²⁺, K⁺ i Na⁺ oznaczono na fotometrze płomieniowym, natomiast zawartość kationów Mg²⁺ – metodą ASA. Obliczono sumę kationów zasadowych (S), całkowitą pojemność sorpcyjną względem kationów (T) i stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami (Vs).

Zawartość N ogółem oznaczono metodą Kjeldahla z wykorzystaniem pieca do mineralizacji Tecator i urządzenia do destylacji Kjeltetec. Zawartość N mineralnego analizowano w wyciągu 0,03 mol · dm⁻³ CH₃COOH. Zawartość N-NH₄⁺ oznaczono kolorymetrycznie metodą Nesslera, a zawartość N-NO₃ – kolorymetrycznie metodą brucynową.



RYSUNEK 1. Lokalizacja profili glebowych w rzeźbie terenu: 1–5 – numer profilu
 FIGURE 1. Location of soil profiles in relief: 1–5 – profile number

Wyciągi do oznaczania całkowitej zawartości pierwiastków wykonano w mieszaninie HClO_4 i HNO_3 . Zawartość ogólnych form Ca, K i Na oznaczono na fotometrze płomieniowym Flapho-4, a zawartość całkowitą P – kolorymetrycznie. Zawartość całkowitą Mg, B, Mn, Cu, Zn, Co, Cr, Ni, Pb, Cd, Sr i Ba oznaczono metodą ICP-AES. Zawartość przyswajalnego dla roślin potasu i fosforu (w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) oznaczono metodą Egnera-Riehma.

Obliczono współczynniki korelacji prostej (r) pomiędzy zawartością makropierwiastków i pierwiastków śladowych a niektórymi właściwościami gleb.

WYNIKI

W wyniku erozji wodnej i erozji uprawowej nastąpiło objęcie uprawą poziomów genetycznych Eet, Bt i Cca i przekształcenie ich w poziomy Ap gleb słabo, średnio i całkowicie zerodowanych. W porównaniu z glebą nieerodowaną (profil 1) poziomy Ap gleby słabo i średnio zerodowanej (profil 2 i 3) zawierały więcej frakcji $<0,02$ mm i ich koloidalnego $<0,002$ mm (15–17%), natomiast mniej frakcji pyłu (0,1–0,02 mm) (tab. 1). We wszystkich glebach zerodowanych zawartość węgla organicznego była mniejsza niż w glebie nieerodowanej. Gleba deluwialna (profil 5) charakteryzowała się składem granulometrycznym i zawartością C organicznego zbliżonymi do gleby nieerodowanej. Poziomy Ap badanych gleb charakteryzowały się odczynem kwaśnym lub słabo kwaśnym, z wyjątkiem gleby całkowicie zerodowanej (profil 4), w której stwierdzono odczyn obojętny.

TABELA 1. Skład granulometryczny, zawartość C organicznego i CaCO_3 oraz odczyn gleb
 TABLE 1. Soil texture, organic C content, CaCO_3 content and pH of soils

Nr pro- filu Pro- file No	Poziom Horizon	Głębokość Depth [cm]	% frakcji o średnicy w mm % of fraction with diameter in mm				C org. Org. C [g · kg ⁻¹]	CaCO ₃ [g · kg ⁻¹]	pH	
			1-0,1	0,1-0,02	<0,02	<0,002			H ₂ O	KCl
1	Ap	5-15	0,7	60,3	39	9	9,24	0,0	5,9	5,2
	Eet	30-35	0,3	64,7	35	8	3,42	0,0	6,2	5,4
	Bt1	50-60	0,5	54,5	45	23	3,12	0,0	6,5	5,6
	Bt2	110-120	0,6	57,4	42	20	2,64	0,0	6,5	5,8
	BC	150-160	0,5	62,5	37	14	2,40	0,0	6,6	5,9
	Cca	175-185	0,8	62,2	37	12	1,68	135,8	7,6	7,3
2	Ap	5-15	0,5	58,5	41	15	8,40	0,0	5,8	5,1
	Bt1	30-40	0,4	52,6	47	24	2,88	0,0	6,5	5,5
	Bt2	50-60	0,7	56,3	43	21	2,40	0,0	6,4	5,6
	BC	80-90	0,5	61,5	38	15	1,92	0,0	6,7	6,1
	Cca	120-130	0,7	62,3	37	13	1,68	117,1	7,5	7,1
	3	Ap	5-15	0,8	54,2	45	17	7,02	0,0	6,4
Bt2		30-40	0,3	57,7	42	18	2,52	0,0	6,4	5,9
BC		60-70	0,6	63,4	36	13	2,16	0,0	6,7	6,3
Cca		100-110	1,0	64,0	35	11	1,92	120,9	7,5	7,2
4	Apca	5-15	1,1	62,9	36	11	7,32	62,5	7,4	7,1
	Cca	30-40	0,6	63,4	36	11	1,80	124,7	7,5	7,2
5	Ap	5-15	0,6	61,4	38	10	9,30	0,0	6,7	6,2
	C1	30-40	0,7	62,3	37	11	5,40	0,0	6,8	6,3

Objęcie uprawą poziomów Bt lub Cca zwiększyło wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami Ca^{2+} i Mg^{2+} , natomiast zmniejszyło kwasowość hydrolityczną i wysycenie kationami K^+ i Na^+ w glebie średnio i całkowicie zerodowanej (profil 3 i 4) w porównaniu z glebą nieerodowaną (profil 1). W rezultacie gleby zerodowane charakteryzowały się większą sumą kationów zasadowych, pojemnością sorpcyjną i większym stopniem wysycenia kationami zasadowymi (tab. 2). Również gleba deluwialna (profil 5) charakteryzowała się większą sumą kationów zasadowych, w tym Ca^{2+} i Mg^{2+} , większą pojemnością sorpcyjną i większym stopniem wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami w porównaniu z glebą płową nieerodowaną (profil 1).

Zawartość azotu ogólnego w poziomach Ap gleby słabo, średnio i całkowicie zerodowanej (profile 2–4) była większa niż w poziomach Eet, Bt i Cca, ale mniejsza niż w poziomie Ap gleby nieerodowanej (profil 1). W poziomach Ap gleb zerodowanych (profile 2–4) zmniejszyła się ilość ogólnych form Ca i Mg, zwiększyła się ilość ogólnego P, natomiast nie zmieniła się zawartość ogólnego K i Na w porównaniu z poziomami podpowierzchniowymi, z których powstały (tab. 3). Gleby zerodowane (profile 2–4) i gleba deluwialna (profil 5) zawierały w poziomie Ap więcej ogólnego Ca i Mg od gleby nieerodowanej (profil 1).

TABELA 2. Właściwości sorpcyjne gleb – TABLE 2. Sorptive properties of soils

Nr profilu Profile No	Poziom Horizon	Hh	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	T	Vs [%]
		[mmol(+) · kg ⁻¹]							
1	Ap	19,5	25,1	9,2	7,2	1,6	43,1	62,6	68,8
	Eet	12,0	47,9	11,1	2,5	2,9	64,4	76,4	84,3
	B1t	12,0	63,5	18,7	2,3	2,5	87,0	99,0	87,9
	B2t	9,0	51,6	15,1	2,0	1,8	70,5	79,5	88,7
	BC	9,0	42,4	12,2	1,9	1,6	78,1	67,1	86,6
	Cca	6,0	77,6	9,8	3,3	1,6	91,7	97,7	93,9
2	Ap	24,0	45,7	20,9	4,5	1,0	72,1	96,1	75,0
	B1t	13,5	67,7	22,4	1,9	1,9	93,9	107,4	87,4
	B2t	9,0	53,6	17,0	2,0	1,8	74,4	83,4	89,2
	BC	7,5	41,6	13,9	1,8	1,7	59,0	66,5	88,7
	Cca	4,5	87,6	8,8	2,7	1,6	100,7	105,2	95,7
	3	Ap	18,0	51,7	22,3	3,7	1,2	78,9	96,9
B2t		9,0	50,6	17,3	1,6	1,6	71,1	80,1	88,8
BC		7,5	50,1	14,2	2,3	1,7	68,3	75,8	90,1
Cca		4,5	73,6	9,5	3,4	1,7	88,2	92,7	95,1
4	Apca	6,0	133,1	11,4	6,9	2,4	153,8	159,8	96,2
	Cca	3,0	81,6	9,3	3,0	1,8	95,7	98,7	97,0
5	Ap	16,5	41,6	15,5	4,0	2,3	63,4	79,9	79,3
	C1	7,5	55,4	16,0	1,7	1,7	74,8	82,3	90,9

Hh – kwasowość hydrolytyczna – hydrolytic acidity, S – suma kationów zasadowych – total exchangeable bases; T – pojemność sorpcyjna – cation exchange capacity, Vs – stopień wysycenia zasadami – base saturation

Zasobność w ogólne formy N i P wykazywała ścisłą dodatnią korelację z ilością C organicznego, a wartości współczynników korelacji były wysokie ($r=0,99$ i $r=0,91$) (tab. 4). Natomiast zawartość ogólnego K była ściśle dodatnio skorelowana z procentowym udziałem części spławialnych ($r=0,71$) i iłu koloidalnego ($r=0,52$).

Duża zawartość $N-NH_4^+$ w badanych glebach była spowodowana nawożeniem mineralnym. W poziomie Ap gleby słabo i średnio zerodowanej (profile 2–3) była większa niż w Ap gleby nieerodowanej (profil 1), a w pozostałych glebach mniejsza (tab. 3). Wykazywała ścisłą korelację z ilością węgla organicznego ($r=0,91$) (tab. 4). Zawartość $N-NO_3^-$ w poziomach Ap gleb zerodowanych (profile 2–4) zwiększyła się w porównaniu z poziomami podpowierzchniowymi i była większa niż w glebie nieerodowanej (profil 1).

Zasobność w fosfor łatwo dostępny dla roślin w poziomach Ap badanych gleb była niska, a w poziomach podpowierzchniowych bardzo niska (tab. 3). Objęcie uprawą poziomów Bt i Cca zwiększyło zawartość P łatwo dostępnego dla roślin dwu- lub trzykrotnie. Pod wpływem nawożenia mineralnego poziomy Ap gleby słabo i średnio zerodowanej (profile 2–3) oraz gleby deluwialnej (profil 5) wzbogaciły się w P przyswajalny i były tylko

TABELA 3. Zawartość makropierwiastków w glebach – TABLE 3. Macronutrient content in soils

Nr profilu Profile No	Poziom Horizon	Ogółem – Total [g · kg ⁻¹]						N mineralny Mineral N [mg · kg ⁻¹]		Przyswajalne Available [mg · kg ⁻¹]	
		N	P	K	Ca	Mg	Na	N-NH ₄	N-NO ₃	P	K
1	Ap	1,18	0,83	1,47	0,74	1,38	0,24	368,6	24,4	26,9	142,3
	Eet	0,53	0,72	1,59	1,24	2,26	0,26	28,8	27,7	15,6	42,4
	Bt1	0,48	0,57	1,51	1,50	2,53	0,27	25,4	36,0	13,4	53,0
	Bt2	0,44	0,59	1,56	1,33	2,86	0,28	20,1	28,9	14,9	40,6
	BC	0,33	0,45	1,50	1,31	2,36	0,27	12,7	25,0	11,1	32,6
	Cca	0,25	0,39	1,38	16,82	3,56	0,41	6,8	10,3	7,2	63,2
2	Ap	1,12	0,99	1,71	0,91	2,21	0,28	483,4	38,6	27,7	113,5
	Bt1	0,41	0,41	1,70	1,35	2,84	0,28	15,5	32,2	14,4	45,6
	Bt2	0,35	0,53	1,55	1,24	2,75	0,26	20,7	28,3	11,4	42,3
	BC	0,31	0,50	1,41	1,18	2,28	0,25	14,3	21,7	9,2	34,6
	Cca	0,24	0,36	1,31	13,30	3,92	0,40	8,1	11,1	5,2	67,4
3	Ap	1,00	0,74	1,69	1,48	2,37	0,26	371,6	36,0	24,4	106,9
	Bt2	0,42	0,43	1,47	1,23	2,29	0,25	21,4	28,9	13,9	35,2
	BC	0,25	0,47	1,36	1,27	2,44	0,28	18,9	23,7	10,4	37,2
	Cca	0,18	0,32	1,24	11,42	4,75	0,35	10,1	22,5	6,3	72,9
4	Apca	1,04	0,72	1,44	12,11	4,12	0,34	302,0	32,2	22,4	165,4
	Cca	0,27	0,31	1,35	14,74	4,54	0,45	9,6	12,9	6,8	76,6
5	Ap	1,20	0,96	1,40	1,29	1,87	0,23	275,2	27,0	29,2	101,2
	C1	0,90	0,76	1,42	2,45	2,16	0,27	7,4	72,0	21,6	45,2

nieznacznie mniej zasobne od gleby nieerodowanej (profil 1). Ilość przyswajalnego P była najmniejsza w glebie całkowicie zerodowanej, zwłaszcza w poziomie Cca. Wykazywała ścisłą korelację z zawartością węgla organicznego ($r = 0,96$) (tab. 4).

Zasobność w potas łatwo dostępny dla roślin w poziomach Ap badanych gleb oceniono jako średnią, w poziomie Cca jako niską, a w poziomach Eet, Bt, BC i C1 jako bardzo niską. W wyniku nawożenia mineralnego poziomy Ap gleb zerodowanych uzyskały dwu- lub trzykrotnie większą zawartość K przyswajalnego dla roślin w porównaniu z poziomami podpowierzchniowymi (tab. 3). Gleba całkowicie zerodowana (profil 4) zawierała więcej K łatwo dostępnego dla roślin niż gleba nieerodowana (profil 1), natomiast gleba słabo i średnio zerodowana (profile 2–3) oraz deluwialna (profil 5) – mniej. Ilość przyswajalnego potasu była dodatnio skorelowana z zawartością C org. ($r = 0,79$) i pojemnością sorpcyjną gleby ($r = 0,52$) (tab. 4).

Zasobność w ogólne formy pierwiastków śladowych była w badanych glebach niska i nie wykazywała zanieczyszczenia antropogenicznego. Zawartość większości mikroelementów była największa w poziomach Bt i zmniejszała się w głąb profilu. Najbardziej zasobna w pierwiastki śladowe była gleba średnio zerodowana (profil 3), a najmniej gleba całkowicie zerodowana (profil 4). Gleba deluwialna (profil 5) w

TABELA 4. Współczynniki korelacji prostej pomiędzy zawartością makropierwiastków a niektórymi właściwościami gleb (n = 19)

TABLE 4. Correlation coefficients between macronutrient content and some properties of soils (n = 19)

Zmienna – Variable	<0,02 mm	<0,002 mm	C org. organic C	pH _{KCl}	Hh	T
N ogólny – total N	0,12	-0,26	0,99**	-0,38	0,73**	0,14
P ogólny – total P	0,10	-0,23	0,91**	-0,53*	0,78**	-0,04
K ogólny – total K	0,71**	0,52*	0,33	-0,79**	0,71**	0,01
Ca ogólny – total Ca	-0,48*	-0,36	-0,30	0,90**	-0,62**	0,55*
Mg ogólny – total Mg	-0,33	-0,10	-0,47	0,81**	-0,70**	0,61**
Na ogólny – total Na	-0,40	-0,25	-0,42	0,81**	-0,61**	0,49*
N-NH ₄	0,15	-0,21	0,91**	0,33	0,78**	0,21
N-NO ₃	0,25	0,13	0,39	-0,38	0,30	0,01
P przyswajalny – Available P	0,23	-0,15	0,96**	-0,51*	0,80**	0,04
K przyswajalny – Available K	-0,10	-0,39	0,79**	0,10	0,40	0,52*

Hh – kwasowość hydrolytyczna – hydrolytic acidity, T – pojemność sorpcyjna – cation exchange capacity, * – poziom istotności $\alpha = 0,05$ – significant level $\alpha = 0,05$; ** – poziom istotności $\alpha = 0,01$ – significant level $\alpha = 0,01$

porównaniu z glebą płąwą nieerodowaną (profil 1) charakteryzowała się większą zawartością Cr, Pb, Cd, Sr i Ba, mniejszą ilością B, Mn i Cu oraz zbliżoną ilością Co, Ni i Sr (tab. 5).

Analiza statystyczna wykazała dodatnią korelację pomiędzy ogólną zasobnością gleb w B, Cu, Zn, Co, Cr, Ni, Cd, Pb i Ba a zawartością części spławialnych i iltu koloidalnego. Najwyższe wartości współczynników korelacji wystąpiły pomiędzy ilością frakcji spławialnych a zawartością miedzi ($r = 0,82$), niklu ($r = 0,74$) i chromu ($r = 0,74$) (tab. 4). Ilość manganu ściśle dodatnio korelowała z zawartością węgla organicznego ($r = 0,70$). Natomiast zasobność w stront dodatnio korelowała z wartością pH_{KCl} ($r = 0,90$).

DYSKUSJA

Przeprowadzone badania wykazały zróżnicowanie pod wpływem erozji wodnej i erozji uprawowej właściwości fizykochemicznych oraz zawartości makropierwiastków i pierwiastków śladowych w glebach topogenicznych.

Polepszenie właściwości sorpcyjnych w glebach zerodowanych w postaci zwiększenia sumy kationów zasadowych, pojemności sorpcyjnej i stopnia wysycenia kationami zasadowymi w porównaniu z glebą nieerodowaną wynika z większej zawartości iltu koloidalnego. W wyniku erozji różnicują się również proporcje kationów w obsadzie kompleksu sorpcyjnego, które są bardziej korzystne w glebach zerodowanych. Podobne wyniki uzyskali w swoich badaniach Thomas i in. [1989]; Licznar i in. [1991, 1998], Jones i in. 1994; Ebeid i in. [1995] oraz Dechnik i Filipek [1996].

TABELA 5. Ogólna zawartość pierwiastków śladowych w glebach
 TABLE 5. Total content of trace element in soils

Nr profilu Profile No	Poziom Horizon	B	Mn	Cu	Zn	Co	Cr	Ni	Pb	Cd	Sr	Ba
		[mg · kg ⁻¹]										
1	Ap	7,0	381	11,0	33,3	3,2	7,7	11,7	11,5	0,52	22,6	434
	Eet	9,4	335	9,3	32,6	4,2	7,8	16,4	10,7	0,90	24,0	496
	Bt1	9,6	296	10,9	34,7	4,6	9,2	17,2	12,5	0,96	27,8	545
	Bt2	7,4	239	10,1	30,1	3,7	7,6	16,4	10,0	0,94	27,4	524
	BC	6,5	235	8,6	26,5	3,3	6,6	13,0	8,7	0,83	31,8	407
	Cca	4,9	222	6,2	19,0	2,8	4,5	9,7	6,6	0,66	60,6	321
2	Ap	8,2	294	11,2	35,8	3,7	8,5	14,6	14,5	0,89	22,8	478
	Bt1	8,4	296	12,4	29,1	4,9	9,4	19,4	14,0	1,08	28,9	544
	Bt2	8,2	262	9,9	28,7	3,9	8,4	16,9	11,3	1,06	27,0	519
	BC	6,9	241	8,1	25,7	3,4	6,3	15,0	9,6	0,81	31,2	439
	Cca	5,2	220	7,6	19,5	2,5	4,6	9,8	8,5	0,68	59,7	337
	3	Ap	8,2	281	11,0	36,2	4,1	8,5	14,9	12,3	0,67	24,1
Bt2		10,8	240	11,1	30,2	4,4	8,5	18,0	10,6	0,95	25,0	551
BC		7,5	236	8,8	23,9	3,6	5,8	13,8	8,5	0,77	33,6	409
Cca		4,1	219	6,9	20,4	2,7	4,9	9,4	7,0	0,62	57,5	315
4	Apc	6,5	259	8,2	29,0	3,0	6,5	10,9	8,3	0,57	48,1	321
	Cca	4,4	216	7,5	18,5	2,3	4,2	9,9	7,5	0,64	61,7	317
5	Ap	2,4	350	9,3	35,2	3,5	8,6	11,9	14,1	0,71	23,0	473
	C1	5,3	391	8,4	31,4	4,0	7,5	13,6	13,4	0,94	24,5	520

Zawartość makropierwiastków i pierwiastków śladowych w glebie zależy przede wszystkim od składu chemicznego skały macierzystej i procesów glebowo-typologicznych [Terelak i in. 1995, Kabata-Pendias, Pendias 1999]. W warunkach skały lessowej i dominującego procesu płowienia działanie erozji wpływa decydująco na zróżnicowanie zawartości poszczególnych pierwiastków w glebach. Zmiany zachodzą albo w wyniku wynoszenia pierwiastków z erodowaną masą glebową w postaci zawiesiny mikroagregatów i cząstek elementarnych, albo w wyniku rozpuszczania i wypłukiwania selektywnego w postaci roztworów. Wypłukiwanie selektywne obejmuje rozpuszczalne i przyswajalne dla roślin formy pierwiastków, powodując zubożenie gleb w składniki pokarmowe [Gliński, Turski 1976; White i in. 1985; Roy 2001]. Odślonięcie przez procesy erozji głębszych poziomów i podpoziomów genetycznych Eet, B1t, B2t, BC i Cca oraz przekształcenie ich w poziomy Ap zmienia zawartość poszczególnych pierwiastków. Jeśli pierwiastki znajdują się w większej ilości w głębszych poziomach i skale macierzystej, to wzbogacają poziomy Ap gleb zerodowanych, jeśli w mniejszej – zubożają je [Gliński, Turski 1976, Borowiec, Magierski 1988, Chudecka 2001; Licznar, Licznar 2001].

TABELA 6. Współczynniki (r) korelacji pomiędzy ogólną zawartością pierwiastków śladowych a niektórymi właściwościami gleb (n = 19)

TABLE 6. Correlation coefficients (r) between total content of trace element and some properties of soils (n = 19)

Zmienna Variable	<0,02 mm	<0,002 mm	C org. organic C	pH _{KCl}	Hh	T
B	0,57*	-0,56*	-0,11	-0,66**	0,30	-0,08
Mn	0,12	-0,21	0,70**	-0,54*	0,60**	-0,22
Cu	0,82**	0,59*	0,39	-0,86**	0,74**	-0,12
Zn	0,52*	0,22	0,71**	-0,79**	0,82**	-0,11
Co	0,72**	0,63**	0,10	-0,74**	0,46	-0,15
Cr	0,74**	0,53*	0,46	-0,84**	0,71**	-0,12
Ni	0,74**	0,74**	-0,09	-0,76**	0,35	-0,21
Pb	0,61**	0,34	0,60**	-0,74**	0,78**	-0,14
Cd	0,57*	0,71**	-0,31	-0,56*	0,11	-0,21
Sr	-0,50*	0,30	-0,47	0,90**	-0,71**	0,46
Ba	0,71**	0,60**	0,16	-0,81**	0,51*	-0,35

Hh – kwasowość hydrolityczna – hydrolytic acidity, T – pojemność sorpcyjna – cation exchange capacity, * – poziom istotności $\alpha = 0,05$ – significant level $\alpha = 0,05$; ** – poziom istotności $\alpha = 0,01$ – significant level $\alpha = 0,01$

Uzyskane wyniki wykazały, że badane gleby charakteryzowały się niską zawartością pierwiastków śladowych, zbliżoną do tła geochemicznego, jakim jest skała lessowa [Kabata-Pendias i in. 1995, Terelak i in. 1995, Kabata-Pendias, Pendias 1999]. Nie stwierdzono zwiększonej akumulacji w badanych glebach metali ciężkich: Mn, Cu, Zn, Pb, Cr, Co, Cd i Ni w wyniku przemysłowych i komunikacyjnych emisji. Zbliżoną zawartość pierwiastków śladowych w erodowanych czarnoziemach wytworzonych z lessu uzyskali Borowiec i Magierski [1988].

Badania potwierdziły, że gleba deluwialna charakteryzuje się bardziej korzystnymi właściwościami sorpcyjnymi oraz większą zawartością makro- i mikroelementów niż gleba niepodlegająca erozji. Wzbogacenie gleb deluwialnych zarówno w formy ogólne pierwiastków głównych i śladowych, jak też w formy rozpuszczalne stwierdziło wcześniej wielu autorów [Sharpley 1985; Borowiec, Magierski 1988; Ebeid i in. 1995; Chudecka 2001].

WNIOSKI

1. Przekształcenie poziomów genetycznych Eet, Bt i Cca w poziomy Ap gleby słabo, średnio i całkowicie zerodowanej zwiększyło w nich zawartość C organicznego i N ogólnego oraz wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami Ca^{2+} , Mg^{2+} i K^+ .
2. Poziomy Ap gleb zerodowanych zawierały więcej ogólnych i łatwo przyswajalnych form P i K oraz mineralnych form N niż poziomy podpowierzchniowe, natomiast mniej ogólnych form Ca i Mg.
3. Ogólna zawartość Cu, Zn i Cr w poziomach Ap gleb zerodowanych zwiększyła się w porównaniu z poziomami podpowierzchniowymi, ilość B, Ni i Sr uległa zmniejszeniu, natomiast ilość Mn, Co, Pb, Cd i Ba zmieniła się nieznacznie.

4. Gleba deluwialna charakteryzowała się większym wysyceniem kationami Ca^{2+} i Mg^{2+} , większą zawartością całkowitą P, Ca, Mg, Cr, Pb, Cd, Sr i Ba, natomiast mniejszą zawartością N-NH_4^+ , K łatwo dostępnego oraz ogólnego B, Mn i Cu niż gleba płowa nieerodowana.
5. Stwierdzono dodatnią korelację pomiędzy zasobnością w ogólne formy K, B, Cu, Zn, Co, Cr, Ni, Cd, Pb i Ba a procentowym udziałem części spławialnych i ich koloidalnego. Ponadto zawartość ogólnego N, P, Mn, Zn i Pb oraz przyswajalnych form P i K ściśle dodatnio korelowała z ilością węgla organicznego.

LITERATURA

- BOROWIEC J., MAGIERSKI J. 1988: Distribution of trace elements in eroded chernozems of the Lublin Upland as an index of anthropogenic degradation of the soil environment. *Pol. J. Soil Sci.* **21**, 2: 89–99.
- CHUDECKA J. 2001: Zawartość Cu, Zn, Pb i Mn w erodowanych glebach strefy czołowo-morenowej Pomorza Zachodniego. *Folia Univ. Agric. Stetin. 217 Agricultura* **87**: 21–25.
- DECHNIK I., FILIPEK T. 1996: Dynamika wysycenia kationami gleb ukształtowanych przez erozję wodną. *Rocz. Glebozn.* **47**, 3/4: 47–52.
- EBEID M.M., LAL R., HALL G.F., MILLER E. 1995: Erosion effects on soil properties and soybean yield of a Miamian soil in Western Ohio in a season with below normal rainfall. *Soil Technol.* **8**: 97–108.
- FULLEN M.A., BRANDSMA R.T. 1995: Property changes by erosion of loamy sand soils in east Shropshire – UK. *Soil Technol.* **8**: 1–15.
- GLIŃSKI J., TURSKI R. 1976: Rozwój procesów erozji gleb w zależności od sposobów zagospodarowania oraz uprawy mechanicznej i ich wpływ na kształtowanie pokrywy glebowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* **177**: 47–71.
- JONES A.J., OZTAS T., MIELKE L.N. 1994: Soil chemical properties of an eroded hillslope. W: Proc. 13th Intern. Conf. ISTRO, Aalborg, Denmark 1: 371–376.
- KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK T., MALISZEWSKA-KORDYBACH B., FILIPIAK K., KRAKOWIAK A., PIETRUCH C. 1995: Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb – metale ciężkie, siarka i WWA. *Bibl. Monit. Środ.*, Warszawa: 34 ss.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999: Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa: 398 ss.
- LICZNAR M., DROZD J., LICZNAR S.E. 1991: Rola procesów erozji w kształtowaniu żyzności i urodzajności gleb topogenicznych na obszarze występowania gleb płowych. W: Mazur Z., Pałys S., Grodzieński W. (red.). Erozja gleb i jej zapobieganie. Wyd. AR, Lublin: 7–19.
- LICZNAR M., LICZNAR S.E., ZAWERBNY T. 1998: Wpływ erozji na niektóre właściwości fizykochemiczne gleb lessowych Dolnego Śląska. *Bibl. Fragm. Agron.* **4A/98**: 29–39.
- LICZNAR M., LICZNAR S.E. 2001: Waloryzacja właściwości poziomów orno-próchnicznych gleb ukształtowanych w rzeźbie zboczy obszarów lessowych. *Folia Univ. Agric. Stetin. 217 Agricultura* **87**: 129–133.
- MARCINEK J., KOMISAREK J. 2001: Przekształcenia pokrywy glebowej na skutek przyspieszonej erozji wodnej falistych i pagórkowatych terenów Niziny Wielkopolski. *Folia Univ. Agric. Stetinensis 217, Agricultura* **87**: 135–146.
- PALUSZEK J. 1994: Wpływ erozji wodnej na strukturę i wodoodporność agregatów gleb płowych wytworzonych z lessu. *Rocz. Glebozn.* **45**, 3/4: 21–31.
- PALUSZEK J. 2001: Właściwości wodno-powietrzne erodowanych gleb płowych wytworzonych z lessu. *Acta Agrophysica* **56**: 233–245.

- ROY M. 2001: Zasoby fosforu i jego podatność na migrację w erodowanych glebach obszaru moreny czołowej na Pomorzu Zachodnim. *Folia Univ. Agric. Stetin. 217 Agricultura* **87**: 205–208.
- SHARPLEY A.N. 1985: The selective erosion of plant nutrients in runoff. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **49**: 1527–1534.
- SMECK N.E., BALDUFF D. 2002: Contrasting approaches for the classification of eroded soils in the USA. Pap. 17th World Congr. Soil Sci., 14–21 August 2002, Bangkok, CD, 616: 1–10.
- SYSTEMATYKA GLEB POLSKI. 1989: *Rocz. Glebozn.* **40**, 3/4: 150 ss.
- TERELAK H., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK T., STUCZYŃSKI T., BUDZYŃSKA K. 1995: Zawartość metali ciężkich i siarki w glebach użytków rolnych Polski oraz ich zanieczyszczenie tymi składnikami. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* **418**: 45–59.
- THOMAS P.J., SIMPSON T.W., BAKER J.C. 1989: Erosion effect on productivity of Cecil soils in the Virginia Piedmont. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **53**: 928–933.
- TURSKI R., PALUSZEK J., SŁOWIŃSKA-JURKIEWICZ A. 1987: Wpływ erozji na fizyczne właściwości gleb wytworzonych z lessu. *Rocz. Glebozn.* **38**, 1: 37–49.
- WHITE A.W., BRUCE R.R., THOMAS A.W., LANGDALE G.W., PERKINS H.F. 1985: Characterizing productivity of eroded soils in the Southern Piedmont. W: Proc. Nat. Symp. Erosion and soil productivity. ASAE Pub. 8–85, 83–95.

dr hab. Jan Paluszek

Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska AR

ul. S. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin

E-mail: paluszek@agros.ar.lublin.pl

