

WŁAŚCIWOŚCI OKSYDOREDUKCYJNE ERODOWANYCH GLEB LESSOWYCH W DOLINIE CIEMIĘGI*

Piotr Gliński¹, Zofia Stępniewska²

¹Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska, Politechnika Lubelska
ul. Nadbystrzycka 40, 20-618 Lublin
e-mail: piotrg@fenix.pol.lublin.pl

²Katedra Biochemii i Chemii Środowiska KUL, al. Kraśnika 102, 20-950 Lublin

Streszczenie. W badaniach modelowych, przeprowadzonych w ustalonych temperaturach (5, 10 i 20°C), określono w warunkach zalania wodą, właściwości oksydoredukcyjne (Eh) 23 próbek, pobranych z warstw powierzchniowych i podpowierzchniowych erodowanych gleb lessowych małej zlewni rzeki Ciemięgi intensywnie użytkowanej rolniczo. Stwierdzono zróżnicowanie wartości Eh w zależności od miejsca położenia gleb w terenie, temperatury i czasu inkubacji próbek glebowych. Dokonano również oceny odporności oksydoredukcyjnej badanych gleb wyrażonej wskaźnikami t_{300} i t_{400} .

Słowa kluczowe: gleby lessowe, potencjał redoks, erozja

WSTĘP

Właściwości oksydoredukcyjne gleb są związane z ich aktywnością biologiczną, dostępnością węgla i tlenu cząsteczkowego oraz zawartością utlenionych form azotu, manganu, żelaza, siarki i fosforu [12]. Potencjał oksydoredukcyjny (Eh) jest miernikiem stanu termodynamicznego układu, natomiast miarą jego pojemności (buforowości) jest odporność oksydoredukcyjna.

Odporność oksydoredukcyjna jest definiowana jako czas (ilość dni), w którym potencjał redoks (Eh) gleby zalanej wodą w określonej temperaturze, obniża się do wartości 400 mV, odpowiadającej redukcji azotanów (wskaźnik t_{400}) lub 300 mV (wskaźnik t_{300}) odpowiadającej redukcji związków żelaza [1-3].

Cecha ta, regulująca trwałość form biogennych (azot, fosfor) oraz rozpuszczalność metali ciężkich, pozostaje w bezpośrednim związku ze zmianami

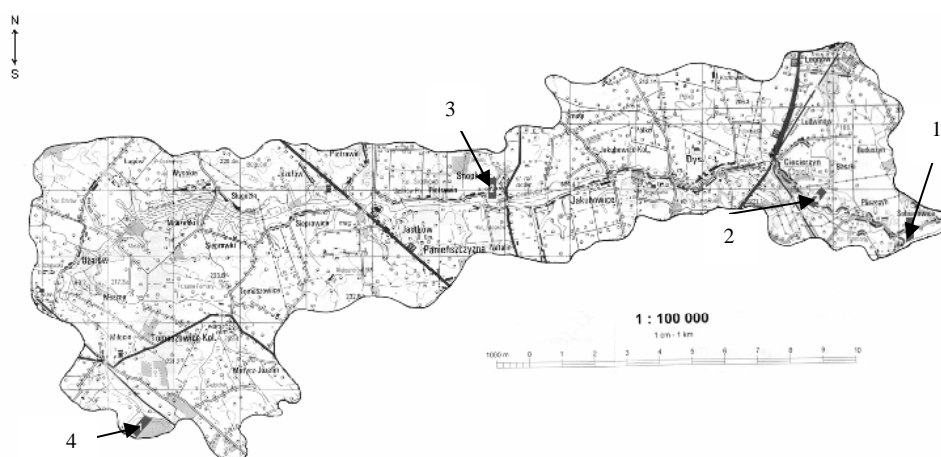
* Praca wykonana w ramach Projektu Badawczego nr 3P06 500 922 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych.

odczynu gleby [4,9]. Może też mieć zastosowanie w efektywniejszym wykorzystaniu nawozów mineralnych, przy planowaniu zabiegów melioracyjnych, a także w ochronie środowiska przyrodniczego w związku z ograniczeniem emisji gazów szklarniowych z gleb [4,8,9].

Celem pracy było określenie właściwości oksydoredukcyjnych oraz wskaźników odporności gleb na redukcję t_{400} i t_{300} w ustalonych warunkach wilgotności i temperatury, na przykładzie erodowanych gleb lessowych małej zlewni intensywnie użytkowanej rolniczo [5].

MATERIAŁ I METODY

Zlewnia Ciemięgi (rys. 1) jest położona na Płaskowyżu Nałęczowskim, stanowiącym region Wyżyny Lubelskiej. Rzeka Ciemięga jest lewobrzeżnym dopływem Bystrzycy. Jej źródła znajdują się w Motyczu (223 m n.p.m.), a ujście – w Pliszczynie (160 m n.p.m.). Zlewnia zajmuje powierzchnię 157 km², a jej długość wynosi 41 km. W 90% zlewnia jest pokryta lessem, z którego wykształciły się gleby płowe i brunatne, w różnym stopniu erodowane (tab. 1).



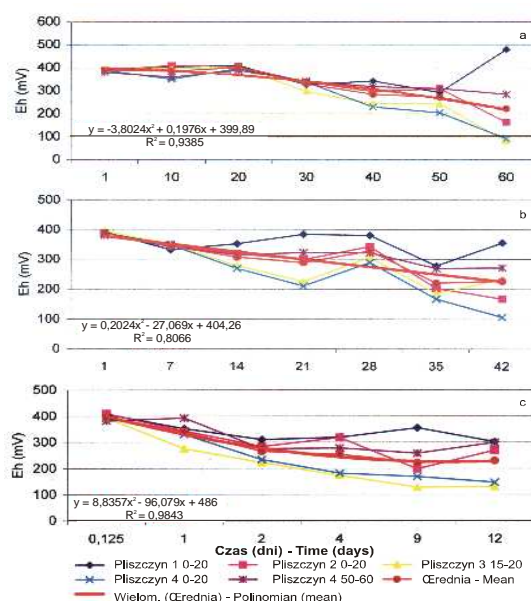
Rys. 1. Zlewnia Ciemięgi. Miejscowości: 1 – Pliszczyn, 2 – Baszki, 3 – Snopków, 4 – Motycz

Fig. 1. Ciemięga catchment. Locality: 1 – Pliszczyn, 2 – Baszki, 3 – Snopków, 4 – Motycz

Do badań pobrano w 2003 roku 23 próbki glebowe z 2 warstw (0-20 i 20-40 lub 20-60 cm) z 3-4 miejsc na erodowanych zboczach wzdłuż biegu rzeki (idąc od źródeł: Motycz, Snopków, Baszki, Pliszczyn). Oznaczone w tych próbkach właściwości pozwalają je zaliczyć do grupy granulometrycznej pyłu gliniastego. Zawartość materii organicznej (M.O.) wahała się w granicach 1,74-5,42% (średnio

dla gleb całej zlewni 2,86%). Znaczne różnice w zawartości materii organicznej wystąpiły wzdłuż zboczy erodowanych, wykazując najniższe wartości (2,15%) w środkowej części zboczy i największe w dolnej części zboczy (3,58%). Z materia organiczną związana jest całkowita powierzchnia właściwa, jako cecha charakteryzująca łącznie ilość i jakość organicznych i mineralnych koloidów glebowych. Największe wartości powierzchni właściwej ogólnej S_{H_2O} (55,69 i 70,95 $m^2 \cdot g^{-1}$) stwierdzono w próbkach nr 3.3 i 4.3 o najwyższej zawartości materii organicznej. Różnica w powierzchni właściwej zewnętrznej (S_{N_2}) była znacznie mniejsza (5,25-15,31 $m^2 \cdot g^{-1}$). Odczyn próbek glebowych był obojętny i zasadowy wahając się w granicach dwóch jednostek pH 6,4-8,4.

Oznaczenia wartości Eh wykonano poprzez inkubację, w ustalonych temperaturach (5, 10 i 20°C) gleb zalanych wodą w stosunku 1:2,5 (15 g gleby + 37,5 cm^3 wody) w zamkniętych naczyniach szklanych. Pomiar Eh w zawieszynie glebowej wykonywano po upływie 1, 3, 5, 12, 42 i 60 dni. Do pomiarów użyto wielofunkcyjnego miernika PIONer 65 firmy Radiometer Analytical AS o rozdzielczości 0,1 mV, dokładności $\pm 10^{12}$ Ohma oraz kombinowanej elektrody Pt MC 3187 tej samej firmy. Wielkości wskaźników t_{400} i t_{300} wyznaczono z zależności: Eh w funkcji czasu inkubacji [2,6,8].



Rys. 2. Dynamika zmian Eh w 5°C (a), 10°C (b) i 20°C (c) w glebach z Pliszczyna (istotna przy $p = 0,001$)
Fig. 2. Dynamics of Eh changes at 5°C (a), 10°C (b) and 20°C (c) in soils from Pliszczyna (significant at $p = 0.001$)

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki uzyskane w zbliżonych do siebie 7 i 10 dniu inkubacji, aby uzyskać porównywalne ich odniesienie w trzech analizowanych temperaturach (rys. 2).

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono w tabelach 2-7 oraz na rysunku 3.

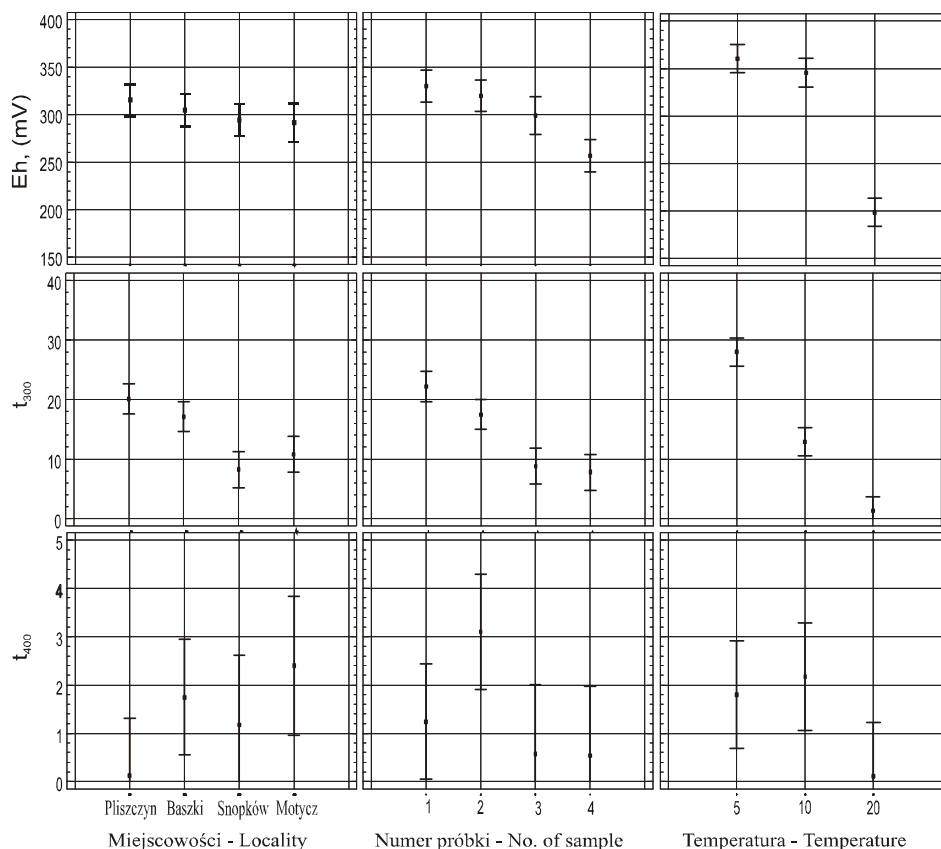
Stwierdzono istotny wpływ temperatury na wielkość Eh i wskaźniki odporności oksydoredukcyjnej t_{400} i t_{300} (rys. 3, tab. 3). Wraz ze wzrostem temperatury obniżała się wielkość Eh średnio od 361 mV w temperaturze 5°C, przez 346 mV w 10°C do 199 mV w 20°C (tab. 6). Wyjątek stanowią wyniki dotyczące próbek z Motycza, inkubowanych w temperaturze 10°C (tab. 2), przewyższające wielkości Eh w porównaniu do temperatury 5°C o 89 mV w próbce z górnej części zbocza i o 46 mV – w próbce z dolnej części zbocza.

Tabela 2. Właściwości oksydoredukcyjne (Eh) w warstwach powierzchniowych gleb. Dane z 7 i 10 dnia inkubacji 15 próbek glebowych w różnych temperaturach

Table 2. Redox properties (Eh) of soil surface layers. Data from the 7th and 10th days for 15 soil samples incubated at various temperatures

Miejscowość i nr próbki Locality and sample No.		Eh (mV)					
		5°C		10°C		20°C	
		\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}
Pl	1	406		332	244	354	
	2	409	390	348		198	212
	3	394		349		127	
	4	350		348		169	
Ba	1	373		362	342	267	
	2	411	374	373		187	198
	3	359		318		198	
	4	354		315		140	
Sn	1	366		327	334	209	
	2	360	340	350		236	209
	3	357		340		280	
	4	278		320		111	
Mo	1	344		433	372	188	
	2	380	334	357		231	172
	4	279		325		96	
Średnia – Mean				302			

Objaśnienia – Explanations: Pl – Pliszczyn, Ba – Baszki, Sn – Snopków, M – Motycz. 1-4 – miejsca pobrania próbek glebowych na zboczu idąc od górnej części ku podnóżu. Place of soil sampling on the slope going from its top to the foot-slope; (liczba dni – numer of days)



Rys. 3. Wartości średnie i odchylenia standardowe Eh, t_{300} oraz t_{400} przy $p = 0,05$, wyznaczone wg. lokalizacji w zlewni (Pliszczyn, Baszki, Snopków, Motycz), położenia na stoku (1, 2, 3, 4) oraz temperatury inkubacji (5, 10 i 20°C)

Fig. 3. Eh, t_{300} and t_{400} mean values as well as standard deviations at $p = 0.05$, determined according to catchment locality (Pliszczyn, Baszki, Snopków, Motycz), place on the slope (1, 2, 3, 4) and temperature of incubation (5, 10 i 20°C)

Rozpatrując położenie w profilu glebowym, istotnie niższe wartości Eh stwierdzono w warstwach wierzchnich gleb (średnio 302 mV) (tab. 2) niż w warstwach głębszych (średnio o 332 mV) (tab. 6). Różnice wystąpiły również w próbkach pochodzących z różnych miejsc na zboczu. Wartości Eh obniżały się idąc od góry zbocza ku dołowi w kolejności: 330, 320, 302 i 257 mV (tab. 7).

Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic Eh (tab. 7) w próbkach gleb pobranych wzdłuż zlewni, chociaż zaznaczyła się tendencja wzrostu wartości Eh, idąc od górnego biegu Ciemiegi (Motycz – Eh 293 mV) ku jej ujściu (Snopków – Eh 297 mV, Baszki – Eh 304 mV i Pliszczyn – Eh 315 mV).

Istotny wpływ na obniżanie się Eh wszystkich próbek i w trzech testowanych temperaturach miał czas inkubacji, co przykładowo przedstawiono na rysunku 2 w odniesieniu do miejscowości Pliszczyn. Wskaźniki odporności gleb na redukcję t_{400} i t_{300} (tab. 7) wahały się w dużych przedziałach, średnio od 29,46 dni w temperaturze 5°C do 2,8 dni w temperaturze 20°C dla t_{300} i od 2,28 dni w temperaturze 10°C do 0,17 dni w temperaturze 20°C dla t_{400} .

Wskaźniki te wykazały największe zróżnicowanie w zależności od temperatury i miejscowości pochodzenia próbek (rys. 3). W przypadku wskaźnika t_{400} najbardziej odporne na redukcję okazały się gleby z Motycza i Baszek, a najmniej odporne – gleby ze Snopkowa i Pliszczyna. W odniesieniu do wskaźnika t_{300} bardziej odporne na redukcję okazały się gleby z Pliszczyna i Baszek niż z Motycza i Snopkowa, wskazując na gleby z górnego biegu rzeki jako na bardziej wrażliwe na okresowe niedotlenienie.

Tabela 3. Różnice istotne przy $p = 0,05$

Table 3. Differences significant at $p = 0.05$

Wskaźnik Indicator	Miejscowość Localities	Nr próbek na zboczu Sample No. on slope	Temperatury Temperatures
Eh	Brak – lack	1 – 4	5-20°C
		2 – 4	10-20°C
		3 – 4	
t_{300}	Pl – Sn	1 – 3	5-10°C
	Pl – Mo	1 – 4	5-20°C
	Ba – Sn	2 – 3	10-20°C
	Ba – Mo	2 – 4	
	Pl – Ba	2 – 1	5-20°C
t_{400}	Pl – Mo	2 – 3	10-20°C
	Sn – Mo	2 – 4	

Wartości wskaźników odporności (tab. 7) obniżały się w próbkach gleb idąc od górnej do dolnej części zboczy (za wyjątkiem t_{400} w środkowej części zbocza w Baszkach) i były wyższe w próbkach gleb pochodzących z warstw głębszych w porównaniu do warstw wierzchnich gleb (tab. 2-5), co wskazuje na szczególną wrażliwość poziomów próchnicznych.

Podsumowując należy stwierdzić, że zastosowana metoda oceny właściwości oksydoredukcyjnych gleb i ich odporności oksydoredukcyjnej, oparta na ustalonych warunkach wilgotności i temperatury, pozwala uzyskiwać porównywalne wartości Eh oraz wskaźników t_{300} i t_{400} , odnosząc je do rzeczywistych warunków

występujących w terenie. Wskaźniki te zostały uznane za względnie stabilne charakterystyki gleb, w określonych warunkach temperatury i uwilgotnienia [2], dając podstawy do tworzenia ich przestrzennej prezentacji w postaci map [10].

Tabela 4. Właściwości oksydoredukcyjne (t_{300}) w warstwach powierzchniowych gleb. Dane z 7 i 10 dnia inkubacji 15 próbek glebowych w różnych temperaturach

Table 4. Redox properties (t_{300}) of soil surface layers. Data from the 7th and 10th days for 15 soil samples incubated at various temperatures

Miejscowość i nr próbki Locality and sample No.		t_{300} (liczba dni – number of days)					
		5°C		10°C		20°C	
		x	\bar{x}	x	\bar{x}	x	\bar{x}
Pl	1	48,0		33,5		12,0	
	2	38,5	37,4	21,0	21,9	1,5	3,8
	3	29,5		11,0		0,5	
	4	33,5		11,0		1,25	
Ba	1	49,5				34,0	
Ba	2	35,0	31,2	19,0	17,2	3,0	2,9
	3	21,0		8,0		1,75	
	4	19,5		8,0		1,25	
Sn	1	24,0		9,5		1,75	
	2	29,0	20,3	10,5	9,3	1,0	1,2
	3	8,0		8,0		1,0	
	4	–		–		–	
Mo	1	31,5				13,0	
Mo	2	37,0	25,7	11,5	9,2	3,0	2,9
	4	8,5		3,0		1,75	
Średnia – Mean		15,5					

Objaśnienia – Explanations: Pl – Pliszczyn, Ba – Baszki, Sn – Snopków, M – Motycz. 1.1-1.4 – miejsca pobrania próbek glebowych na zboczu idąc od górnej części ku podnóżu. Place of soil sampling on the slope going from its top to the foothill, (liczba dni – numer of days).

Uzyskane wyniki wskazują, że gleby wytworzone z tak jednorodnego materiału macierzystego jakim jest skała lessowa, różnicują się pod względem właściwości oksydoredukcyjnych, mających istotny wpływ na procesy chemiczne zachodzące w glebach i na ich skutki w środowisku. Główną rolę w tym zróżnicowaniu odgrywają procesy erozyjne i rolnicza działalność człowieka [7,13,14].

Znajomość właściwości oksydoredukcyjnych gleb, szczególnie na terenach małych zlewni, intensywnie użytkowanych rolniczo, może być przydatna do

przewidywania procesów uruchamiania i przemieszczania związków biogenych azotu i fosforu oraz metali ciężkich pod wpływem krótko- i długotrwałych zmian klimatycznych, jakimi są przewlekłe opady czy wahania temperatury.

Tabela 5. Właściwości oksydoredukcyjne (t_{400}) w warstwach powierzchniowych gleb. Dane z 7 i 10 dnia inkubacji 15 próbek glebowych w różnych temperaturach

Table 5. Redox properties (t_{400}) of soil surface layers. Data from the 7th and 10th days for 15 soil samples incubated at various temperatures

Miejscowość i nr próbki Locality and sample No.		t_{400} (liczba dni – number of days)					
		5°C		10°C		20°C	
		x	\bar{x}	x	\bar{x}	x	\bar{x}
Pl	1.1	0,125		0,1		0,125	
	1.2	0,125	0,12	0,1	0,1	0,25	0,14
	1.3	0,125		0,1		0,1	
	1.4	0,1		0,1		0,1	
Ba	2.1	0,1		0,1		0,1	
	2.2	15,0	3,83	3,5	1,17	0,5	0,24
	2.3	0,125		1,0		0,25	
	2.4	0,1		0,1		0,1	
Sn	3.1	0,5		1,0		0,125	
	3.2	0,5	0,37	10,5	3,9	0,125	0,12
	3.3	0,1		0,1		0,1	
	3.4	–		–		–	
Mo	4.1	4,0		8,5		0,1	
	4.2	4,0	3	2,5	4,8	0,12	0,16
	4.4	1,0		3,5		0,25	
Średnia – Mean		1,25					

Objaśnienia – Explanations: Pl – Pliszczyn, Ba – Baszki, Sn – Snopków, M – Motycz. 1-4 – miejsca pobrania próbek glebowych na zboczu idąc od górnej części ku podnóżu. Place of soil sampling on the slope going from its top to the foothill, (liczba dni – numer of days).

Tabela 6. Wskaźniki oksydoredukcyjne 10 próbek glebowych z warstw podpowierzchniowych gleb (wszystkie dane z 7 i 10 dnia inkubacji próbek glebowych ze wszystkich 9 miejsc i 3 temperatur)

Table 6. Redox indicators of 10 soil samples from subsurface soil layers. (Data concern the sum of all values from the 7th and 10th days of incubation in 3 temperatures for soil samples coming from all 9 places)

Eh (mV)		t_{300} (liczba dni – number of days)		t_{400} (liczba dni – number of days)	
x	\bar{x}	x	\bar{x}	x	\bar{x}
359		53,5		0,1	
378		31,0		0,1	
410		1,5		0,1	
366		60,0		0,1	
367		30,0		0,1	
369		2,0		0,5	
357		34,5		12,5	
423		20,0		4,0	
375		6,0		0,5	
342		34,0		0,1	
354		13,0		0,1	
375		3,0		0,25	
320		29,5		0,1	
332	332	11,0	22,2	0,1	1,8
340		1,25		0,1	
346		30,0		0,1	
434		10,7		0,1	
325		0,75		0,1	
258		37,0		0,1	
308		14,0		0,1	
216		2,5		0,1	
265		60,0		1,0	
309		60,0		10,0	
280		6,0		17,0	
287		38,5		0,1	
220		9,5		1,0	
255		1,0		0,125	

Tabela 7. Wartości średnie Eh, t_{300} i t_{400} wszystkich próbek z warstw powierzchniowych gleb
Table 7. Mean values of Eh, t_{300} and t_{400} for all soil samples from surface soil layers

Eh (mV)					
Pl	315	1.	330	T ₅	361
Ba	304	2.	320	T ₁₀	346
Sn	297	3.	302	T ₂₀	199
Mo	293	4.	257		
t_{300} (liczba dni – number of days)					
Pl	20,1	1.	22,19	T ₅	29,46
Ba	17,1	2.	17,61	T ₁₀	14,57
Sn	10,5	3.	11,68	T ₂₀	2,80
Mo	12,6	4.	9,75		
t_{400} (liczba dni – number of days)					
Pl	1,21	1.	1,24	T ₅	1,98
Ba	1,75	2.	3,40	T ₁₀	2,28
Sn	1,45	3.	0,72	T ₂₀	0,17
Mo	2,66	4.	0,59		

WNIOSKI

Uzyskane wyniki z inkubacji (7 i 10 dniowych) próbek z wierzchnich warstw gleb lessowych, prowadzonych w temperaturach: 5, 10 i 20°C, pozwoliły sformułować następujące wnioski:

1. Wskaźniki t_{300} i t_{400} okazały się wystarczająco czułe do oceny właściwości oksydoredukcyjnych erodowanych gleb lessowych.
2. Zróżnicowanie badanych właściwości oksydoredukcyjnych gleb małej zlewni Ciemięgi było zależne od miejsca pobrania próbek z profilu glebowego, wzdłuż erodowanych zboczy i zlewni. Istotny wpływ na te właściwości miała również temperatura i czas inkubacji próbek glebowych.
3. Wskaźniki odporności badanych gleb na redukcję wynosiły średnio dla t_{300} od 29 do 3 dni, a dla t_{400} od 2,28 do 0,17 dni.

PIŚMIENNICTWO

1. **Gliński J., Stępniewska Z.:** Wskaźnik odporności gleb na redukcję. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln., 315, 81-94, 1986.
2. **Gliński J., Stępniewska Z.:** An evaluation of soil resistance to reduction processes. Pol. J. Soil Sci., 19, 15-19, 1986.
3. **Gliński J., Stępniewski W., Stępniewska Z., Ostrowski J., Włodarczyk T., Brzezińska M.:** Agrokologiczne aspekty warunków tlenowych gleb ornyc. Acta Agrophysica, 32, 2000.

4. **Gliński P.:** Określenie warunków uruchamiania metali ciężkich i stabilności azotanów w lessowych glebach erodowanych. Projekt KBN nr 06S00922, 2002-2003. Raport.
5. **Gliński P., Dębicki R.:** Degradacja gleb lessowych na przykładzie zlewni Ciemięgi. *Acta Agrophysica* 23, 1999.
6. **Gliński P., Stepniewska Z.:** Redox relations in loess soil on eroded hill slope. W: *Soil-Plant-Atmosphere Aeration and Environmental Problems*. (Gliński J., Józefaciuk G., Stahr K. eds., 103-135, IA PAN-Hohenheim Univ., Lublin-Stuttgart, 2004.
7. **Klimowicz Z., Uziak S.:** The effect of multi-year agricultural utilization of the Lublin Upland silos developed from less and less-like formations and from limestone on changes in their properties and on their evolution. *LTN*, Lublin, 1993.
8. **Stepniewska Z.:** Właściwości oksydoredukcyjne gleb mineralnych Polski. *Problemy Agrofizyki*, 56, 1988.
9. **Stepniewska Z., Gliński P., Gliński J.:** Solubility of cadmium in eroded loess soils. W: *Plant Growth in Relation to Soil Physical Conditions* (Lipiec J., Walczak R., Józefaciuk G. eds), 103-135, IA PAN, Lublin, 2004.
10. **Stepniewska Z., Stepniewski W., Gliński J., Ostrowski J.:** Atlas oksydoredukcyjnych właściwości gleb omych Polski. IA PAN Lublin – IMUZ Falenty, 1996.
11. **Stigliani W.M.:** Chemical time bomb: definition, concept, and examples. Executive Rep., 16. IIASA A-2361 Laxenburg, Austria, 1991.
12. **Tiedje J.M., Sextone A.J., Parkin T.B., Revsbech N.P., Shelton D.R.:** Anaerobic processes in soil. *Plant Soil*, 76, 197-212, 1984.
13. **Turski R.:** Substancja organiczna gleb terenów erodowanych. *Roczn. Gleboz.*, XXII, 1, 19-57, 1971.
14. **Ziemiński S., Repelewska-Pękalowa J.:** The intensity of erosion in Poland and the criterion of determination of erosion regions. *Assessment of Erosion*. M. DeBoodt, D. Gabriels eds. J. Wiley and Sons Chichester, New York-Brisbane-Toronto, 97-106, 1980.

OXYDOREDUCTION PROPERTIES OF ERODED LOESS SOILS IN CIEMIĘGA CATCHMENT

Piotr Gliński¹, Zofia Stepniewska²

¹Institute of Environmental Protection Engineering, Technical University of Lublin
ul. Nadbystrzycka 40, 20-618 Lublin
e-mail: piotrg@fenix.pol.lublin.pl

²Faculty of Biochemistry and Environmental Chemistry, Catholic University of Lublin
Al. Kraśnicka 102, 20-950 Lublin

Abstract. In model experiment the redox potential (Eh) and redox resistance of 23 samples from eroded loess soils in a small catchment of the Ciemięga river were examined. The experiment was carried out in fixed conditions of soil samples flooded with water and incubated at 5, 10 and 20°C for 60 days. During this time measurements of Eh were made and indicators of soil redox resistance t_{300} and t_{400} were calculated. The results obtained show a significant differentiation or tendencies in the examined values which depended on the localization of soil sampling within the catchment and on the temperature and time of soil incubation. Indicators of soil redox conditions appeared to be sensitive enough to show their differentiation in such homogenous soils like those formed from loess deposits.

Key words: loess soils, redox potential, erosion