

Beata Łabaz*, Adam Bogacz*

ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH METALI CIĘŻKICH ORAZ ZASOBNOŚĆ GLEB POSTAWOWYCH WYSTĘPUJĄCYCH NA TERENIE OBNIŻENIA MILICKO-GŁOGOWSKIEGO

THE CONTENT OF SELECTED HEAVY METALS AND FERTILITY OF SOILS PREVIOUSLY USED AS A POUNDS IN THE MILICZ-GŁOGÓW DEPRESSION

Słowa kluczowe: właściwości fizykochemiczne, właściwości chemiczne, całkowita zawartość metali ciężkich.

Key words: physic-chemical properties, chemical properties, the concentration of total heavy metals.

The work describes the total concentration of Fe, Mn, Zn, Pb, Cu and plant-available forms of P, K and Mg in soils previously used as a pounds in the Milicz-Głogów Depression. According to WRB 2006 the studied soils represents Phaeozems (Arenic) and Mollic Gleysols (Arenic). In texture dominate sand and loam sand with decalcification feature. Reactions of the researched soils are in range from strong light acid up to alkaline. The content of available forms of P, K and Mg are very low to mean value. The content of heavy metals in the soil horizons is variable and depends on the soil texture and organic carbon content; it attains a level not exceeding the admissible concentrations according to soil quality standarts.

1. WPROWADZENIE

Charakterystyczną cechą środowiska przyrodniczego Obniżenia Milicko-Głogowskiego, ukształtowaną pod wpływem działalności człowieka, jest obecność licznych rozległych stawów hodowlanych, zakładanych na tym obszarze już od początku XIII wieku. Sprzyjały

* *Dr inż. Beata Łabaz, dr hab. inż. Adam Bogacz, prof. nadzw. – Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław; tel.: 71 320 19 02; e-mail: beata.labaz@up.wroc.pl*

temu małe spadki rzeki Baryczy i jej dopływów, płaski teren oraz obecność licznych wyrobisk po eksploatacji rudy darniowej. Rozbudowa obwałowań rzeki Baryczy na początku XIX wieku, jak również narastający deficyt wody oraz wzrost zapotrzebowania na gleby uprawne przyczyniły się do znacznego osuszenia terenu. Wiele wielkoobszarowych stawów zostało zlikwidowanych, a teren przekształcony w użytki leśne, łąki i grunty orne [Ranoszek 1999, Ranoszek, Ranoszek 2004].

Celem prowadzonych badań była charakterystyka gleb stanowiących w przeszłości dno rozległego stawu hodowlanego oraz próba odnalezienia śladów dawniej prowadzonej gospodarki stawowej na obszarze zagospodarowanym obecnie w kierunku rolniczym i leśnym.

2. MATERIAŁY I METODY

Badania prowadzono na terenie Obniżenia Milicko-Głogowskiego, na obszarze pomiędzy wsią Sanie, Borzęcin i Morzęcin, gdzie w XVII wieku założono staw rybny „Sanie” o powierzchni 400 ha. Po zlikwidowaniu stawu w XIX wieku teren ten zagospodarowany został w kierunku rolniczym i leśnym.

Po przestudiowaniu map glebowo-rolniczych w skali 1:25 000 i operatu glebowo-siedliskowego [1995] oraz przeprowadzeniu prac terenowych wyznaczono do badań sześć profilów glebowych czarnych ziem i gleb gruntowo-glejowych o składzie granulometrycznym piasków [PTG 2009] zlokalizowanych w miejscowościach Sanie (profil nr 1 i 2) oraz Morzęcin (profil nr 3, 4, 5 i 6). Analizowane profile glebowe oznaczone były na mapach jako czarne ziemie zdegradowane (profil nr 1 i 3) i murszaste (profil nr 5) oraz gleby gruntowo-glejowe (profil nr 2, 4 i 6) zagospodarowane jako: użytki zielone (profil nr 1 i 6), las mieszany z dominującym drzewostanem: dębem szypułkowym, klonem jaworem, olszą czarną (profil nr 2 i 5) [Operat glebowo-siedliskowy 1995] i grunty orne (profil nr 3 i 4 – pola uprawne kukurydzy). Zgodnie z klasyfikacją zasobów glebowych Świata [Word Soil... 2006] badane gleby można zaliczyć do jednostek Phaeozems (Arenic) i Mollic Gleysols (Arenic).

W profilach glebowych określono poziomy genetyczne, wyodrębniając próchnicę nadkładową w profilach gleb leśnych oraz poziomy mineralne. W pobranych próbkach glebowych z poziomów mineralnych oznaczono uziarnienie metodą areometryczną Bouyoucosa w modyfikacji Casagrande'a i Prószyńskiego oraz zawartość składników przyswajalnych K i P metodą Egnera-Riehma oraz Mg metodą Schachtschabela. We wszystkich próbkach oznaczono: pH w H_2O i 1 mol $KCl \cdot dm^{-1}$ metodą potencjometryczną, C-ogółem metodą oksydometryczną Tiurina, zawartość N-ogółem metodą Kjeldahla, zawartość $CaCO_3$ metodą Scheiblera oraz całkowitą zawartość metali: Fe, Mn, Zn, Pb i Cu rozpuszczonych w 70-proc. $HClO_4$ i oznaczonych metodą ASA. Wyniki badań opracowano statystycznie za pomocą współczynnika korelacji, na poziomie istotności $p=0,05$, posługując się programem sta-

tystycznym STATISTICA 9. Oceny stopnia zanieczyszczenia metalami dokonano zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi [Dz.U. z 2002 r. Nr 165, poz. 1359].

3. WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

W budowie morfologicznej analizowanych profilów glebowych wyróżniono powierzchniowe poziomy próchniczne A oznaczone jako poziomy A1 o miąższości 10–30 cm. Głębiej zalegające poziomy próchniczne z widocznym oglejeniem lub zmienioną barwą oznaczono jako poziomy A2 i A3. Dodatkowo w profilach gleb ornyczych wydzielono poziom An jako poziom namułowy wyraźnie odróżniony się ciemniejszą barwą i zwęższą strukturą od wyżej zalegających podpoziomów próchnicznych (tab. 1). Obecność poziomów namułu o miąższości około 10 cm i wysokiej zawartości węgla organicznego obserwowano również w profilach gleb stawowych badanych przez Giedrojcia [1990]. Poziomy próchniczne wraz z poziomami przejściowymi A/C sięgały do głębokości 60 cm (profil nr 4).

W większości analizowanych profilów glebowych zaznaczały się cechy oglejenia oraz ślady wytrąceń żelazistych w postaci plam, pieprzy i pionowych zacieków. Stopień oglejenia w poszczególnych profilach glebowych był zróżnicowany, uzależniony od intensywności zachodzących procesów redukcyjnych wywołanych działaniem stagnujących wód gruntowych zalegających na głębokości od 55 cm (profil nr 2) do 85 cm (profil nr 5). Poziom zalegania lustra wody gruntowej decydował o głębokości pobierania próbek glebowych do analiz laboratoryjnych.

W glebach piaszczystych skład granulometryczny, oprócz zawartości materii organicznej, silnie determinuje wiele właściwości fizycznych i fizykochemicznych [Drozd, Licznar 1996]. W częściach ziemistych badanych profilów glebowych największy udział stanowiła frakcja piasku (2–0,05 mm). Kształtowała się ona na poziomie od 79 do 98%. Zawartość frakcji pyłowej (0,05–0,002 mm) była znacznie mniejsza i nie przekraczała na ogół 17%. W próbkach stwierdzono bardzo niewielki udział frakcji ilastej (<0,002 mm) – w granicach od 1 do 13% (tab. 1). W badanych glebach dominował zatem skład granulometryczny piasków luźnych, piasków słabo gliniastych i piasków gliniastych [PTG 2009].

Badane gleby wytworzyły się w przeważającej większości z utworów bezwęglanowych, co uwarunkowane było zapewne ich piaszczystym składem granulometrycznym (tab. 2). Wartości pH w 1 mol KCl·dm⁻¹ w poziomach ściółek nadkładowych O_{1f} wynosiły 4,55 i 4,84, natomiast w poziomach mineralnych kształtowały się w przedziale 2,99–7,57. Oznaczone wartości pH wskazywały na kwaśny odczyn ściółek nadkładowych oraz na odczyn silnie kwaśny w kierunku do zasadowego w poziomach mineralnych. Zaobserwowana została również tendencja wzrostu wartości pH w głębiej zalegających poziomach genetycznych, co zostało potwierdzone statystycznie za pomocą współczynnika korelacji dla n=28 i p<0,05 (0,60*) (tab. 4). Wartości pH wykazywały również istotną dodatnią korelację z frakcją <0,002 mm (0,61*).

Tabela 1. Skład granulometryczny gleb**Table 1.** Texture of soil

Nr profilu	Poziom genetyczny	Głębokość, cm	Części szkieletowe	Suma frakcji			Grupy granulometryczne wg Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego (2008)
			% zawartość frakcji o ϕ , mm				
			> 2,0	2,0 – 0,05	0,05 – 0,002	< 0,002	
Czarna ziemia zdegradowana							
1 Pole orne	A1	0-10	0	84	14	2	piasek gliniasty
	A2	10-30	0	86	12	2	piasek gliniasty
	An/C	30-44	0	82	14	4	piasek gliniasty
	C	>44	0	93	4	3	piasek luźny
Czarna ziemia zdegradowana							
2 Łąka	A1	0-10	0	90	9	1	piasek luźny
	A2	10-20	0	88	11	1	piasek słabogliniasty
	A2	20-34	0	89	9	2	piasek słabogliniasty
	A/Cgg	34-50	0	91	7	2	piasek luźny
	Cgg	>50	0	98	1	1	piasek luźny
Czarna ziemia murszasta							
3 Las mieszany	Olf	3-0	0	-	-	-	-
	A1	0-13	0	82	16	2	piasek gliniasty
	A2	13-25	0	83	16	1	piasek gliniasty
	A/C	25-38	0	89	7	4	piasek gliniasty
	Cgg II Cgg	38-78 >78	0 0	93 79	2 8	5 13	piasek gliniasty glina piaszczysta
Gleba gruntowo-glejowa							
4 Pole orne	A1	0-18	0	85	12	3	piasek gliniasty
	A2gg	18-34	0	84	13	3	piasek gliniasty
	A3/An	34-43	0	85	12	3	piasek gliniasty
	An	43-60	0	82	17	1	piasek gliniasty
	Cgg	>60	0	90	7	3	piasek gliniasty
Gleba gruntowo-glejowa							
5 Łąka	A1gg	0-10	0	85	14	1	piasek luźny
	A2gg	10-20	0	81	16	3	piasek luźny
	Agg/Gox	20-45	0	79	13	8	piasek słabogliniasty
	Goxr	45-70	0	91	3	6	piasek słabogliniasty
	Gr	>70	0	84	10	6	piasek słabogliniasty
Gleba gruntowo-glejowa							
6 Las mieszany	Olf	2-0	-	-	-	-	-
	A1	0-10	0	98	1	1	piasek luźny
	A2gg	10-25	0	90	9	1	piasek luźny
	Afegg	25-35	0	80	15	5	piasek gliniasty
	G	>35	0	92	5	3	piasek luźny

Tabela 2. Wybrane właściwości badanych gleb**Table 2.** Same properties of investigated soils

Nr profilu	Poziom genetyczny	Głębokość, cm	pH		CaCO ₃	C org TOC	N og	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
			H ₂ O	KCl							
Czarna ziemia zdegradowana											
1 Pole orne	A1	0-10	5,63	4,48	0	8,37	0,87	9,62	4,60	7,30	1,90
	A2	10-30	6,16	5,04	0	7,46	0,78	9,56	4,30	11,4	2,30
	An/C	30-44	5,57	4,49	0	8,38	0,65	12,9	1,40	8,70	2,60
	C	>44	6,20	6,20	0	2,93	n.o	n.o	1,30	13,2	2,30
Czarna ziemia zdegradowana											
2 Łąka	A1	0-10	4,26	3,37	0	40,5	2,85	14,2	11,8	17,0	7,70
	A2	10-20	5,46	4,30	0	5,77	0,68	8,49	3,90	2,50	1,20
	A2	20-34	5,09	4,06	0	5,46	0,55	9,92	2,10	1,90	1,10
	A/Cgg	34-50	6,15	5,35	0	2,90	0,33	8,78	0,50	1,40	0,70
	Cgg	>50	6,51	5,97	0	1,50	n.o	n.o	0,50	1,10	0,60
Czarna ziemia murszasta											
3 Las mieszany	Of	3-0	5,56	4,84	n.o	391	20,2	19,3	66,0	192	63,0
	A1	0-13	3,80	2,99	0	37,5	2,52	14,9	2,50	11,0	4,70
	A2	13-25	3,95	3,21	0	22,7	1,92	11,8	0,50	6,60	1,60
	A/C	25-38	4,86	3,93	0	5,38	0,57	9,44	0,60	2,80	1,50
	Cgg	38-78	6,59	5,64	0	1,16	n.o	n.o	0,40	2,20	2,80
	II Cgg	>78	8,69	7,57	1	1,30	n.o	n.o	0,70	3,50	3,90
Gleba gruntowo-glejowa											
4 Pole orne	A1	0-18	5,98	4,81	0	12,6	1,18	10,7	10,2	12,9	3,40
	A2gg	18-34	6,22	5,22	0	12,8	1,09	11,7	9,50	10,7	5,20
	A3/An	34-43	5,93	4,86	0	16,9	1,48	11,5	7,30	19,7	4,10
	An	43-60	5,79	4,64	0	39,4	2,90	13,6	2,10	17,9	6,30
	Cgg	>60	6,06	4,73	0	3,70	n.o	n.o	3,90	4,90	2,50
Gleba gruntowo-glejowa											
5 Łąka	A1gg	0-10	6,74	6,17	0	29,9	3,19	9,37	5,30	9,40	8,80
	A2gg	10-20	6,77	6,10	0	19,4	2,22	8,72	1,40	2,50	4,10
	Agg/Gox	20-45	6,92	6,29	0	4,12	0,57	7,23	2,80	1,70	2,90
	Goxr	45-70	7,31	6,41	0	0,89	n.o	n.o	2,30	1,50	2,20
	Gr	>70	7,54	6,30	0	0,50	n.o	n.o	1,50	2,40	2,10
Gleba gruntowo-glejowa											
6 Las mieszany	Of	2-0	5,16	4,55	n.o	337	10,0	33,6	35,5	110	25,0
	A1	0-10	4,10	3,29	0	54,3	4,28	12,7	8,10	14,3	6,90
	A2gg	10-25	4,19	3,59	0	23,2	1,74	13,3	5,70	8,10	1,50
	Afegg	25-35	4,68	4,01	0	11,4	1,12	10,2	1,50	6,80	2,50
	G	>35	5,51	4,64	0	1,54	n.o	n.o	1,00	3,20	1,40

Objaśnienia: n.o – nie oznaczano; Explanation: n.o. – not identify.

Zawartość C org w poziomach ściółki nadkładowej w profilach gleb leśnych była dość zbliżona i wynosiła 337 i 391 g·kg⁻¹, natomiast w mineralnych poziomach próchnicznych obserwowano wyraźne zróżnicowanie pod względem omawianego parametru (tab. 2). W poziomach próchnicznych A i przejściowych A/C wartości C org kształtowały się w przedziale 2,90–54,3 g · kg⁻¹ i wykazywały istotną ujemną korelację z frakcją koloidalną (-0,46*) oraz głębokością pobrania próbki (-0,55*). Zaobserwowany został wyraźny wzrost zawartości C org w podpoziomach An, szczególnie w profilu nr 4, co może

wskazywać na istnienie w przeszłości stawu hodowlanego. Podobne zróżnicowanie zawartości wykazywał również N og, który w poziomach ściółki przyjmował wartości 10,0 i 20,2 g · kg⁻¹, natomiast w poziomach próchnicznych A i przejściowych A/C kształtował się w granicach 0,33–4,28 g · kg⁻¹. Azot ogólny, podobnie jak C org, był ujemnie skorelowany z frakcją koloidalną (-0,47*) oraz głębokością pobrania próbki (-0,63*). Wartości stosunku C/N w poziomach próchnicznych A i przejściowych A/C wahały się w przedziale od 7,23 do 14,9 (tab. 4).

Tabela 3. Zawartość Fe oraz pierwiastków śladowych w badanych glebach

Table 3. Content of Fe and trace elements in examined soils

Nr profilu	Poziom genetyczny	Głębokość, cm	Fe	Mn	Zn	Pb	Cu
			g · kg ⁻¹	mg · kg ⁻¹			
Czarna ziemia zdegradowana							
1 Pole orne	A1	0-10	2,83	101	51,1	3,83	41,3
	A2	10-30	2,73	97,8	54,1	3,33	42,4
	An/C	30-44	2,11	39,2	3,75	2,00	2,05
	C	>44	1,99	29,9	1,58	1,17	1,23
Czarna ziemia zdegradowana							
2 Łąka	A1	0-10	1,97	93,6	10,6	5,83	4,39
	A2	10-20	1,86	99,8	22,0	5,83	17,5
	A2	20-34	1,87	76,6	30,5	2,66	24,0
	A/Cgg	34-50	1,62	42,8	66,0	1,00	57,7
	Cgg	>50	2,78	37,0	42,5	1,45	37,7
Czarna ziemia murszasta							
3 Las mieszany	Olf	3-0	1,02	1082	53,5	0,16	30,1
	A1	0-13	3,83	46,2	12,4	2,67	5,54
	A2	13-25	4,31	38,0	11,0	4,17	2,60
	A/C	25-38	3,40	56,3	10,9	3,16	2,18
	Cgg	38-78	3,19	79,6	8,63	1,16	1,46
	IlCgg	>78	14,0	245	12,2	2,67	5,98
Gleba gruntowo-glejowa							
4 Pole orne	A1	0-18	2,42	86,0	26,2	3,16	14,4
	A2gg	18-34	2,66	92,3	22,8	3,16	12,4
	A3/An	34-43	2,65	60,2	13,7	3,16	6,18
	An	43-60	4,07	42,2	9,73	4,00	10,5
	Cgg	>60	2,08	37,9	11,6	0,75	10,7
Gleba gruntowo-glejowa							
5 Łąka	A1gg	0-10	16,7	815	20,2	6,67	4,90
	A2gg	10-20	19,1	924	17,3	5,67	4,10
	Agg/Gox	20-45	30,7	930	10,2	4,00	2,59
	Goxr	45-70	7,63	114	3,65	2,00	1,40
	Gr	>70	3,86	61,5	7,23	1,50	2,18
Gleba gruntowo-glejowa							
6 Las mieszany	Olf	2-0	0,98	1338	40,8	1,16	7,75
	A1	0-10	4,86	67,1	34,1	4,83	34,4
	A2gg	10-25	38,2	45,4	37,1	3,83	33,6
	Afegg	25-35	43,7	358	40,0	1,67	30,5
	G	>35	38,4	161	50,8	1,67	45,6

Tabela 4. Współczynniki korelacji pomiędzy wybranymi właściwościami gleby**Table 4.** Coefficient of correlations between selected soil properties

Zmienna	pH KCl	C org TOC	N og Nt	K ₂ O	MgO	P ₂ O ₅
Frakcja 2,0-0,05 mm	-0,12	-0,01	-0,08	-0,08	-0,17	0,06
Frakcja 0,05-0,002 mm	-0,20	0,26	0,34	0,28	0,24	0,09
Frakcja <0,002 mm	0,61*	-0,46*	-0,47*	-0,37	-0,11	-0,29
Głębokość, cm	0,60*	-0,55*	-0,63*	-0,36	-0,32	-0,52*

Objaśnienia: * statystycznie istotne dla $p < 0,05$, $n=28$.

Badane gleby, pod względem omówionych właściwości, są podobne do czarnych ziem wytworzonych z piasków Równiny Tarnobrzesckiej badanych przez Klimowicza [1980], gleb gruntowo-glejowych omawianych przez Giedrojcia i in. [1990, 1992], czarnych ziem i gleb gruntowo-glejowych w Puszczy Kampinoskiej analizowanych przez Konecką-Betley i in. [1996, 1999], czarnych ziem Pojezierza Poznańskiego badanych przez Marcinka i Komisarek [2004], gleb Obniżenia Milicko-Głogowskiego [Łabaz i in. 2010a], gleb Parku Krajobrazowego „Doliny Baryczy” [Bogacz i in. 2008, Łabaz i in. 2008, 2010b, 2011] oraz czarnych ziem okolic Milicza autorstwa Bogacza i in. [2010]. Zasobność w składniki pokarmowe to jeden z czynników determinujących żyzność gleb. Największy wpływ na ilość oraz rozmieszczenie składników pokarmowych w profilu glebowym wywiera skała macierzysta, skład granulometryczny oraz przebieg procesów glebotwórczych. Fosfor, potas i magnez, obok azotu, należą do makroelementów niezmiernie istotnych w prawidłowym odżywianiu roślin [Lityński, Jurkowska 1982]. W glebie, w wyniku procesu mineralizacji substancji organicznej, organiczne formy fosforu przechodzą w formę mineralną, przyswajalną dla roślin [Sapek 2006]. Powszechnie przyjmuje się, że fosfor nie jest wymywany z gleb do wód gruntowych w ilościach znaczących. Jest on silnie wiązany z cząsteczkami fazy stałej na skutek adsorpcji. Wyjątek stanowią niektóre gleby organiczne i gleby piaszczyste. Nie zawierają one tlenków żelaza i glinu odpowiedzialnych za sorpcję fosforu w glebach [Komisarek 1998].

Potas występuje w glebie głównie w formie wymiennej zaabsorbowanej na powierzchni koloidów glebowych lub w formie rozpuszczonej w roztworze glebowym. Magnez natomiast, występuje w glebach pod postacią różnych związków mineralnych i organicznych, również związanych wymiennie z kompleksem sorpcyjnym. W glebach ulega on łatwo przemieszczaniu i wymyciu. Wynika to zarówno ze znacznej jego rozpuszczalności, jak i małej średnicy cząstek o wysokiej hydratacji, co powoduje, że są one słabo związane z kompleksem sorpcyjnym gleb, szczególnie z jego częścią organiczną [Musierowicz, Kuźnicki 1960].

Zawartość przyswajalnych form fosforu, oznaczana w poziomach mineralnych, była dość zróżnicowana i zawierała się w granicach od 0,40 do 11,8 mg P₂O₅·kg⁻¹ (tab. 2). Prze-

prowadzona analiza statystyczna wykazała istotną ujemną korelację zawartości P_2O_5 z głębokością pobrania próbki glebowej (-0,52*) (tab. 4). Wskazuje to na kumulację fosforu w powierzchniowych poziomach genetycznych i niski stopień jego wymywania do głębszych warstw zarówno w profilach czarnych ziem, jak i gleb gruntowo-glejowych.

Przyswajalne formy potasu kształtowały się na poziomie od 1,10 do 19,7 mg $K_2O \cdot kg^{-1}$, natomiast ilość przyswajalnych form magnezu mieściła się w przedziale od 0,60 do 8,80 mg $MgO \cdot kg^{-1}$. Ocena zasobności dla gleb leśnych wykonana wg klasyfikacji Janiszewskiego i Kowalkowskiego wykazała, że badane gleby leśne są w przeważającej większości średnio zasobne w fosfor, potas i magnez. Wyjątek stanowi jedynie czarna ziemia murszasta (profil nr 3) niedostatecznie zasobna w P_2O_5 .

Oceny zasobności gleb ornych i łąkowych dokonano, posługując się zaleceniami nawozowymi [Zalecenia nawozowe 1985]. Czarne ziemie użytkowane jako grunty orne odznaczały się bardzo niską zasobnością w fosfor oraz niską zasobnością w potas i magnez, natomiast gleby gruntowo-glejowe – niską zasobnością w fosfor oraz średnią w pozostałe badane makroskładniki. Czarne ziemie łąkowe były nisko zasobne w fosfor i potas oraz średnio zasobne w magnez, natomiast gleby gruntowo-glejowe, tak samo użytkowane, charakteryzowała bardzo niska zasobność w fosfor i potas oraz wysoka w magnez.

Zbliżone do przedstawionych zawartości przyswajalnych form fosforu i potasu w poziomach mineralnych czarnych ziem piaszczystych występujących w różnych rejonach Polski uzyskali Klimowicz [1980], Giedrońc i in. [1990, 1992], Mazurek i Niemyska-Lukaszuk [2003] oraz Bogacz i in. [2008, 2010].

Zawartość żelaza w poziomach organicznych była bardzo zbliżona i wynosiła 1,02 g kg^{-1} w czarnej ziemi oraz 0,98 g kg^{-1} w glebie gruntowo-glejowej. W poziomach mineralnych ilość Fe kształtowała się w granicach od 1,62 do 43,7 g kg^{-1} (tab. 3). Oznaczone ilości Fe zarówno w poziomach organicznych Olf, jak i poziomach mineralnych były zbliżone do uzyskanych przez Konecką-Betley i in. [1996, 1999] w czarnych ziemiach i glebach gruntowo-glejowych w Kampinoskim Parku Narodowym. Zawartość manganu w poziomach organicznych Olf oznaczona została na poziomie 1082 mg kg^{-1} w czarnej ziemi i 1338 mg kg^{-1} w glebie gruntowo-glejowej, natomiast w poziomach mineralnych mieściła się przedziale od 29,9 do 930 mg kg^{-1} (tab. 3). Oznaczone ilości Mn wykazywały istotną dodatnią korelację z frakcją koloidalną (0,52*), natomiast istotną ujemną korelację z frakcją piasku (-0,48*) (tab. 5). Zależność między zawartością manganu a składem granulometrycznym potwierdzają wcześniejsze badania prowadzone przez Staszewskiego i Kociałkowskiego [1974], Andruszczaka i Czubę [1984] oraz Kabatę-Pendias i in. [1993].

Zawartość cynku w poziomach organicznych wynosiła 53,5 mg kg^{-1} w czarnej ziemi i 40,8 mg kg^{-1} w glebie gruntowo-glejowej, natomiast w poziomach mineralnych wahała się w przedziale od 1,58 do 66,0 mg kg^{-1} (tab. 3). Oznaczone ilości Zn były bardzo zbliżone do danych prezentowanych przez Andruszczaka i Czubę [1984], którzy określili zawartość tego pierwiastka w czarnych ziemiach występujących na terenie Polski na poziomie

13–150 mg·kg⁻¹. Cynk wykazywał istotną dodatnią korelację z frakcją piasku (0,38*), natomiast istotną ujemną korelację z MgO (-0,39*) (tab. 5).

Tabela 5. Współczynniki korelacji pomiędzy wybranymi właściwościami gleby

Table 5. Coefficient of correlations between selected properties of soils

Zmienna	Głębokość	Fe	Mn	Zn	Pb	Cu
Frakcja 2,0-0,05 mm	0,03	-0,23	-0,48*	0,38*	-0,23	0,45*
Frakcja 0,05-0,002 mm	-0,34	0,12	0,23	-0,21	0,41*	-0,31
Frakcja <0,002 mm	0,58*	0,23	0,52*	-0,35	-0,31	-0,32
Głębokość, cm	-	-0,05	-0,02	-0,15	-0,66*	-0,02
pH KCl	0,60*	0,03	0,28	-0,12	-0,22	-0,13
C org	-0,55*	-0,03	-0,11	-0,17	0,61*	-0,14
N og	-0,63*	0,02	-0,02	-0,13	0,72*	-0,14
K ₂ O	-0,36	-0,21	-0,21	-0,26	0,31	-0,19
MgO	-0,32	-0,07	0,14	-0,39*	0,59*	-0,38*
P ₂ O ₅	-0,52*	-0,15	-0,08	-0,05	0,47*	-0,06

Objaśnienia: *statystycznie istotne dla $p < 0,05$, $n=28$.

Ilość ołowiu w poziomach organicznych kształtowała się na poziomie 0,16 mg·kg⁻¹ w czarnej ziemi i 1,16 mg·kg⁻¹ w glebie gruntowo-glejowej, natomiast w poziomach mineralnych w mieściła się w przedziale 0,75–6,67 mg·kg⁻¹ (tab. 3). Ołów wykazywał najwięcej istotnych korelacji z badanymi parametrami. Był dodatnio skorelowany z frakcją pyłu (0,41*), C org. (0,61*), N og (0,72*), MgO (0,59*) i P₂O₅ (0,47*), ujemnie natomiast – z głębokością pobrania próbki glebowej (-0,66*). Oznaczone zawartości Pb w poziomach organicznych badanych gleb były wyraźnie niższe w porównaniu z czarnymi ziemiami murszastymi i glebami gruntowo-glejowymi występującymi na terenie Puszczy Kampinoskiej [Konecka-Betley i in. 1996,1999], natomiast dość zbliżone w poziomach mineralnych. Również podobne ilości Pb w poziomach mineralnych gleb glejowych dna stawowego oznaczone zostały przez Giedrojcia i in. [1992].

Zawartość miedzi w poziomach organicznych oznaczona została na poziomie 30,1 mg·kg⁻¹ w czarnej ziemi i 7,75 mg·kg⁻¹ w glebie gruntowo-glejowej. W poziomach mineralnych mieściła się w przedziale od 1,23 do 57,7 mg·kg⁻¹ (tab. 3). Miedź istotnie dodatnio korelowała z frakcją piasku (0,45*), natomiast istotnie ujemnie – z MgO (-0,38*). Uzyskane zawartości miedzi są zbliżone do notowanych w czarnych ziemiach Polski, prezentowanych przez Andruszczaka i Czubę [1984] oraz Kabatę-Pendias [1981], natomiast wyższe w porównaniu z wynikami dla czarnych ziem murszastych i gleb gruntowo-glejowych prezentowanych przez Konecką-Betley i in. [1996,1999] oraz gleb glejowych dna stawowego badanych przez Giedrojcia i in. [1992].

Zawartość oznaczonych metali ciężkich układa się najczęściej w następującym szeregu: Fe > Mn > Zn > Cu > Pb i jest zbliżona do danych prezentowanych przez Kabatę-Pendias [1981], Czarnowską i Gworek [1987], Gworek i Jeske [1996], Łabaz i in. [2011]. Oceniając jednak stopień zanieczyszczenia badanych gleb metalami ciężkimi, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 2 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi [Dz.U. Nr 165, poz. 1359], należy stwierdzić, że w poziomach mineralnych nie występują przekroczenia dopuszczalnych zawartości Zn, Pb oraz Cu. Ponieważ standardy jakości gleby i ziemi nie odnoszą się bezpośrednio do ściółek, trudno jest więc jednoznacznie ocenić zawartość w nich badanych metali ciężkich.

Konecka-Betley i in. [1999] proponują, na podstawie przeprowadzonych badań, wstępne graniczne zawartości, po przekroczeniu których można mówić o ich zanieczyszczeniu, a mianowicie: Fe – 3%, Zn – 75 mg·kg⁻¹, Pb – 40 mg·kg⁻¹, Cu – 30 mg·kg⁻¹. Porównując uzyskane zawartości pierwiastków śladowych w poziomach organicznych z proponowanymi wstępnymi normami, należy stwierdzić, że tylko w jednym wypadku można mówić o minimalnym ich przekroczeniu – dla Cu w ektopróchnicy czarnej ziemi murszastej, w pozostałych – nie nastąpiło przekroczenie bezpiecznych dla środowiska zawartości.

4. WNIOSKI

1. Badane gleby, stanowiące w przeszłości dno hodowlanego stawu rybnego, charakteryzują: bardzo lekki i lekki skład granulometryczny oraz bardzo niska i niska zasobność w fosfor, niska i średnia zasobność w potas oraz średnia zasobność w magnez.
2. Oznaczone zawartości mikroskładników glebowych warunkowane są głównie składem granulometrycznym, a w przypadku zawartości Pb – również zawartością C org i N og.
3. Ocena stopnia zanieczyszczenia poziomów organicznych i mineralnych nie wskazuje na przekroczenie dopuszczalnych zawartości Fe, Mn, Zn, Pb i Cu w badanych glebach.
4. Zmiany zagospodarowania badanego obszaru w kierunku rolniczym i leśnym, dokonane w XIX wieku, widoczne są w profilach gleb gruntów ornych w postaci poziomu namułu o podwyższonej zawartości C org.

Praca wykonana została w ramach Projektu Badawczego nr N N310 090336.

PIŚMIENNICTWO I AKTY PRAWNE

- ANDRUSZCZAK E., CZUBA R. 1984. Wstępna charakterystyka całkowitej zawartości makro- i mikroelementów w glebach Polski. Roczn. Glebozn. 35(2): 61–78.
- BOGACZ A., ŁABAZ B., DĄBROWSKI P. 2008. Wybrane właściwości fizyczne i fizykochemiczne czarnych ziem w Parku Krajobrazowym „Dolina Baryczy”. Roczn. Glebozn. 59(1):43–51.

- BOGACZ A., ŁABAZ B., WŁODARCZYK E. 2010. Wpływ sposobu użytkowania na właściwości fizyczne i fizykochemiczne czarnych ziem okolic Milicza. *Rocz. Glebozn.* 61(1): 13–18.
- CZARNOWSKA K., GWOREK B. 1987. Metale ciężkie w niektórych glebach środkowej i północnej Polski. *Rocz. Glebozn.* 38(3): 41–57.
- DROZD J., LICZJAR M. 1996. Wpływ stosunków wodnych na urodzajność czarnych ziem. *Rocz. Glebozn.* 47(3/4): 9–12.
- GIEDROJĆ B., BOGDA A., KASZUBKIEWICZ J. 1990. Ukształtowanie i geneza pokrywy glebowej niektórych stawów rybnych w rejonie Milicza. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu. Melioracja* 34(189): 69–76.
- GIEDROJĆ B., KASZUBKIEWICZ J., BOGDA A. 1992. Określenie właściwości fizycznych i chemicznych gleby dna stawowego w różnych kategoriach stawów. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu. Melioracja* 40(211):117–131.
- GWOREK B., JESKE K. 1996. Pierwiastki śladowe i żelazo w glebach uprawnych wytworzonych z utworów glacialnych. *Rocz. Glebozn.* 47, supl.: 51–63.
- JANISZEWSKI B., KOWALKOWSKI A. W: KOCJAN H. 2000. *Prace przygotowawcze do odnowień i zalesień, sposoby, technika sadzenia i pielęgnacji upraw.* Wyd. AR, Poznań: 100.
- KABATA-PENDIAS A. 1981. Zawartość metali ciężkich w glebach uprawnych Polski. *Pam. Puławski* 74: 101–111.
- KABATA-PENDIAS A., MOTOWICKA-TERELAK T., PIOTROWSKA M., TERELAK H., WITTEK T. 1993. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. *Ramowe wytyczne dla rolnictwa, IUNG, P* (53): 20.
- KLIMOWICZ Z. 1980. Czarne ziemie Równiny Tarnobrzeskiej na tle zmian stosunków wodnych tego obszaru. *Rocz. Glebozn.* 31(1): 163–207.
- KOMISAREK J., 1998: Sorpcja fosforu w strefie nienasyconej gleb płowych i czarnych ziem a zawartość tego pierwiastka w wodach gruntowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 460: 315–329.
- KONECKA-BETLEY, CZĘPIŃSKA-KAMIŃSKA D., JANOWSKA E. 1996. Czarne Ziemie W Staroaluwialnym Krajobrazie Puszczy Kampinoskiej. *Rocz. Glebozn.* 47(3): 145–158.
- KONECKA-BETLEY K., CZĘPIŃSKA-KAMIŃSKA D., JANKOWSKA E. 1999. Przemiany pokrywy glebowej w Kampinoskim Parku Narodowym. *Rocz. Glebozn.* 50(4): 5–29.
- LITYŃSKI T., JURKOWSKA H., 1982: *Żyzność gleby i odżywianie się roślin.* PWN, Warszawa: 642.
- ŁABAZ B., BOGACZ A., CYBULA M. 2008. Właściwości substancji humusowych czarnych ziem w Parku Krajobrazowym „Dolina Baryczy”. *Rocz. Glebozn.* 59(3/4): 175–184.
- ŁABAZ B., BOGACZ A., ŻYMEŁKA R. 2010a. Substancje humusowe i właściwości czarnych ziem występujących w Obniżeniu Milicko-Głogowskim. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie* 10, 4 (32): 113–128.

- ŁABAZ B., BOGACZ A., MARCZAK M. 2010b. Próchnica gleb leśnych występujących na terenie parku krajobrazowego „Dolina Baryczy”. Zesz. Nauk. UP we Wrocławiu. Rolnictwo 97, 578: 59–73.
- ŁABAZ B., BOGACZ A., GLINA B. 2011. Zawartość przyswajalnych form potasu i fosforu oraz wybranych metali ciężkich w czarnych ziemiach leśnych i glebach glejowych parku krajobrazowego „Dolina Baryczy”. Rocz. Glebozn. 62, 1:104–110.
- MARCINEK J., KOMISAREK J. 2004. Antropogeniczne przekształcenia gleb Pojezierza Poznańskiego na skutek intensywnego użytkowania rolniczego. Wyd. AR, Poznań, 118 ss.
- MAZUREK R., NIEMYSKA-ŁUKASZCZUK J. 2003. Zawartość i skład frakcyjny próchnicy różnie użytkowanych czarnych ziem Płaskowyżu Proszowickiego i Wyżyny Miechowskiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 493: 659–666.
- MUSIEROWICZ A., KUŹNICKI F. 1960. Magnez w glebach Niziny Mazowiecko-Podlaskiej i Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej. Rocz. Nauk Rol. 82-A2: 251–302.
- Operat glebowo-siedliskowy. 1995: Operat glebowo-siedliskowy Nadleśnictwa Żmigród na stan 1 stycznia 1995 roku.** Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych.
- PTG (2008), 2009: Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych. Rocz. Glebozn. 60, 2: 5–16.
- RANOSZEK E. 1999. Historia i problemy ochrony przyrody na stawach milickich. Przegląd Przyrodniczy, 10, 34:173–182.
- RANOSZEK E., RANOSZEK W., 2004: Park Krajobrazowy Dolina Baryczy, Przewodnik przyrodniczy, Wyd. Gottwald, 192 ss.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. W sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi** (Dz.U. z 2002 r. Nr 165, poz. 1359: 10560–10562).
- SAPEK B. 2006. Azot, fosfor i potas w glebie oraz plonowanie trwałego użytku zielonego na długoletnich doświadczeniach łąkowych. Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie, 6, Zesz. Spec. 17: 5–14.
- STASZEWSKI T., KOCIAŁKOWSKI Z. 1974. Badania nad zawartością Mn, Zn, Cu i B w czarnych ziemiach Zastoiska Szamotulskiego. Rocz. Glebozn. 25, 2: 101–113.
- WORD REFERENCE BASE FOR SOIL RESOURCES. 2006. Food and Agriculture Organization of the United Nations. World Soil Resources Reports 103. Rome. 132 ss.
- Zalecenia nawozowe. Część I.** 1985. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Wyd. IUNG, P (44): 26.