

ZAWARTOŚĆ MAKRO- I MIKROELEMENTÓW W GLEBACH MURSZAŚTYCH W OBRĘBIE RÓWNINY ODRZAŃSKO-ZALEWOWEJ

Adam SAMMEL, Edward NIEDŹWIECKI

Akademia Rolnicza w Szczecinie, Katedra Gleboznawstwa

Słowa kluczowe: gleby hydrogeniczne, makro- i mikroelementy, materia organiczna

Streszczenie

Celem przeprowadzonych badań było określenie zawartości makro- i mikroelementów w glebach murszastych użytkowanych jako grunty orne. Profil gleb murszastych występujących w obrębie Równiny Odrzańsko-Zalewowej budują piaski luźne pochodzenia fluwioglacjalnego. O ich przydatności rolniczej decyduje poziom murszasty (Aip). Gleby te w poziomie powierzchniowym miały odczyn kwaśny bądź bardzo kwaśny, natomiast w skale macierzystej lekko kwaśny. Zasobność w przyswajalne formy fosforu, potasu i magnezu utrzymywała się w granicach od średniej do wysokiej. Oznaczona zawartość mikroelementów oscylowała wokół wartości uznawanych za naturalne dla gleb piaszczystych.

WSTĘP

Gleby murszaste stanowią stadium przejściowe między glebami organicznymi i mineralnymi. Ich areal stale się zwiększa na skutek zachodzących procesów naturalnych, jak również antropogenicznych. Zgodnie z obowiązującą systematyką gleb Polski [Systematyka..., 1989], opracowaną przez Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, zostały one zakwalifikowane do działu gleb hydrogenicznych, rzędu pobagiennych i typu murszowatych. Cechą charakterystyczną podtypu gleb murszastych jest to, że materia organiczna w poziomie powierzchniowym nie tworzy z jego mineralną częścią kompleksu mineralno-organicznego, lecz jest z nią luźno wymieszana, a zawartość materii organicznej mieści się w przedziale od 3 do 10%.

Adres do korespondencji: dr inż. A. Sammel, Akademia Rolnicza, Katedra Gleboznawstwa, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin; tel. +48 (91) 425-02-68, e-mail: asammel@agro.ar.szczecin.pl

Na Równinie Odrzańsko-Zalewowej gleby murszaste zajmują powierzchnię ponad 10 000 ha, głównie na jej II (6,5–8,0 m n.p.m.) oraz III (12–15 m n.p.m.) poziomie. Stosunkowo korzystne, w porównaniu z glebami lekkimi zaliczanymi do innych typów, właściwości wodno-powietrzne oraz znaczna zawartość materii organicznej sprzyjają rolniczemu wykorzystaniu tych gleb. Bezpośrednie sąsiedztwo aglomeracji szczecińskiej sprawia, że gleby te – m.in. ze względu na znaczną pulchność – są od wielu lat wykorzystywane do uprawy warzyw, głównie korzeniowych [NIEDŹWIECKI, 1987; SAMMEL i in., 2004]. Możliwość uzyskiwania dużych plonów uprawianych roślin jest wynikiem wypracowania odpowiednich metod uprawy tych gleb z wykorzystaniem deszczowania oraz dużych dawek nawozów mineralnych i organicznych (w tym również w formie dolistnej), a także odpowiednich środków ochrony roślin.

Wieloletnie tak intensywne użytkowanie gleb murszastych może doprowadzić do ich degradacji i nagromadzenia się pierwiastków śladowych. Zdaniem KABATY-PENDIAS i PENDIASA [1999] każde wprowadzenie do gleby nadmiernych ilości składników wywołuje długotrwałe, często nieodwracalne zmiany ich składu chemicznego, które w konsekwencji mają ujemny wpływ na żyzność gleby, jakość wód gruntowych i powierzchniowych oraz wartość odżywczą i paszową roślin.

W związku z powyższym celem niniejszej pracy było określenie zawartości makro- i mikroelementów w glebach murszastych użytkowanych ornie.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badaniami objęto gleby murszaste użytkowane ornie, występujące na terasach Równiny Odrzańsko-Zalewowej, gdzie w latach 2001–2003 wyznaczono i opisano łącznie 21 profili glebowych. Do analiz laboratoryjnych pobrano 104 próbki gleb, przy czym szczególny nacisk położono na określenie właściwości poziomu A_{ip}, pobierając w tym celu liczne próbki zbiorcze z warstwy 0–20 cm. W pobranym materiale oznaczono: skład granulometryczny; odczyn – metodą potencjometryczną (w celu obliczenia średniej arytmetycznej zmierzone wartości pH zamieniono na stężenie jonów wodorowych, a następnie uzyskane wyniki ponownie przeliczono na wartość pH); straty podczas wyżarzania w temperaturze 550°C – przyjęto je za zawartość materii organicznej; węgiel organiczny – metodą Tiurina; azot ogólny – metodą Kjeldahla; przyswajalne formy fosforu i potasu – metodą Egnera-Riehma; przyswajalny magnez – metodą Schachtschabla oraz formy ogólne (rozpuszczalne w mieszaninie stężonych kwasów HNO₃ i HClO₄ w stosunku 1 : 1) potasu, magnezu, wapnia, ołowiu, cynku, miedzi, niklu, manganu i żelaza – metodą spektrofotometrii absorpcji atomowej, natomiast fosfor – kolorymetrycznie.

Zestawiając uzyskane wyniki, wprowadzono dodatkowo podział gleb murszastych na trzy grupy ze względu na zawartość materii organicznej (MO), a mianowicie: 3,0–5,0; 5,1–8,0 oraz 8,1–10,0% MO. Umożliwiło to ukazanie wpływu tej zawartości na pozostałe omawiane cechy.

Wyniki przedstawiono w postaci średnich arytmetycznych z półprzedziałami ufności i współczynnika zmienności CV . W celu przedstawienia związków między wybranymi właściwościami badanych gleb obliczono współczynniki korelacji r i determinacji r^2 .

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Wyniki badań terenowych oraz analiz laboratoryjnych umożliwiły stwierdzenie, że profil gleb murszastych występujących w obrębie Równiny Odrzańsko-Zalewowej budują piaski luźne pochodzenia fluwioglacjalnego. Charakteryzują się one przeważnie dwudzielną budową. Wynika to z ich obecnego lub niedawnego wykorzystywania rolniczego. Miąższość poziomu powierzchniowego jest uwarunkowana głównie wykonywanymi zabiegami agrotechnicznymi. Świadczy o tym także zwykle ostre i równe przejście do głębiej położonych poziomów. Średnia miąższość poziomu murszastego wynosi 29 cm. W tym poziomie często występowały wstawki piasku pochodzącego ze skały macierzystej. Zwiększanie miąższości poziomu A_{ip} należy uznać (w aspekcie uprawnym) za zabieg korzystny jedynie w przypadku równoczesnego stosowania nawożenia organicznego, które umożliwi utrzymanie stosunkowo dużej zawartości materii organicznej.

Badane gleby murszaste należy zaliczyć do kategorii agronomicznej gleb bardzo lekkich. Ich cechą charakterystyczną jest niewielkie zróżnicowanie składu granulometrycznego oraz brak części szkieletowych (tab. 1). Powierzchniowy poziom orno-murszasty ma skład piasków słabogliniastych bądź gliniastych lekkich. We frakcji piasku dominuje piasek średni, natomiast we frakcji pyłu – pył gruby. Średnia zawartość części spławianych w poziomie A_{ip} wynosi 8,0%, z wyraźną dominacją łu koloidalnego. Skałą macierzystą omawianych gleb są przeważnie piaski luźne bądź słabogliniaste.

We wszystkich profilach glebowych widoczna jest prawidłowość polegająca na tym, iż w górnej części występuje mocniejszy skład granulometryczny w porównaniu z dolnymi partiami. Przyczyny takiego stanu należy upatrywać w zawartości materii organicznej, co potwierdzają badania przeprowadzone przez UGGLE i in. [1969] oraz ŁACHACZA [2001]. Badania te dowiodły, że poziom murszasty, po usunięciu próchnicy, zawierał jedynie o ok. 1% więcej części o średnicy poniżej 0,02 mm niż skała macierzysta. Uzyskane wyniki nie odbiegają od uzyskanych przez NIEDŹWIECKIEGO [1987], MIATKOWSKIEGO i CIEŚLIŃSKIEGO [1996], ŁACHACZA, KOWALCZYKA i GOSZCZYŃSKIEGO [1998] oraz RZĄSE, MOCKA i OW-CZARZAKA [1998].

Odczyn omawianych gleb murszastych gleb jest silnie zróżnicowany. Średnia wartość pH_{KCl} w poziomie murszastym wynosi 4,49 (tab. 2). Najniższe wartości odnotowano w poziomach o zawartości materii organicznej od 3,0 do 5,0%, gdzie średnia wartość $pH_{KCl} = 4,25$, natomiast w poziomach zawierających od 5,1 do

Tabela 1. Skład granulometryczny gleb murszastych występujących w obrębie Równiny Odrzańsko-Zalewowej**Table 1.** Texture of muckous soils within the Odra Floodplain

Frakcje glebowe Soil particles	Średnica Diameter mm	Zawartość frakcji, % Percentage of particles			
		poziom murszasty mucous horizon		skała macierzysta parent material	
		średnia mean	zakres zmienności range	średnia mean	zakres zmienności range
Frakcja piasku Sand particles	1,0–0,5	7,4	4,0–36,0	5,9	0,0–39,0
	0,5–0,25	47,1	22,0–66,0	53,9	5,0–83,0
	0,25–0,1	24,6	5,0–44,0	29,6	4,0–73,0
	Σ 1,0–0,1	79,2	68,0–88,0	89,4	54,0–97,0
Frakcja pyłu Silt particles	0,1–0,05	8,8	3,0–18,0	4,6	0,0–33,0
	0,05–0,02	3,9	1,0–9,0	1,6	0,0–9,0
	Σ 0,1–0,02	12,7	5,0–22,0	6,2	0,0–38,0
Frakcja części spławialnych Clay particles	0,02–0,006	1,7	0,0–4,0	1,0	0,0–3,0
	0,006–0,002	1,9	1,0–3,0	1,1	0,0–3,0
	<0,002	4,4	3,0–6,0	2,1	0,0–9,0
	Σ <0,02	8,0	6,0–12,0	4,2	1,0–14,0

8,0% materii organicznej średnia wartość pH_{KCl} wynosiła 5,07, a w poziomach o największej zawartości materii organicznej – 4,55. Na podstawie średniej wartości pH oznaczonego w 1 mol $KCl \cdot dm^{-3}$ badane gleby można zaliczyć do kwaśnych [Zalecenia nawozowe..., 1990]. Jednakże rozpatrując uzyskane wyniki z uwzględnieniem podziału gleb murszastych w zależności od zawartości materii organicznej, gleby zawierające najmniej materii organicznej w poziomie powierzchniowym należy zaliczyć do bardzo kwaśnych. Poziom skały macierzystej ma większe pH_{KCl} niż utwory murszaste, mimo iż średnie wartości pH nie wskazują wyraźnie na zależność od zawartości materii organicznej. Analiza statystyczna wykazała taką zależność nawet na poziomie istotności 0,01, jednak wartość współczynników korelacji (pH_{KCl} , to $r = 0,35$, pH_{H_2O} , to $r = 0,37$) oraz determinacji jest mała (pH_{KCl} , to $r^2 = 0,12$, pH_{H_2O} , to $r^2 = 0,14$).

Stopniowe zmniejszanie się pH gleby w miarę zmniejszania się zawartości materii organicznej wskazuje na pogarszanie się ich właściwości chemicznych. Zjawisko to można tłumaczyć przemywnym typem gospodarki wodnej oraz ługowaniem kationów zasadowych, które gromadzą się w niższych poziomach profilu glebowego, a także stałym dostarczaniem kationu wodorowego w wyniku mineralizacji materii organicznej. Uzasadnia to również w pewnym stopniu większe pH w tych poziomach [KAZDA, 1995; ŁACHACZ, 1995].

Zawartość węgla organicznego jest zróżnicowana, co wynika ze zmiennej ilości materii organicznej, z którą jest on wysoce istotnie skorelowany ($r = 0,95$,

$r^2 = 0,90$). Średnia zawartość węgla organicznego w glebach murszastych Równiny Odrzańsko-Zalewowej wynosi $29,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Podobną zależność, jak w przypadku węgla organicznego, stwierdzono w odniesieniu do azotu, którego zawartość jest również skorelowana z zawartością materii organicznej ($r = 0,91$, $r^2 = 0,82$).

W badanych poziomach powierzchniowych obserwuje się ubytek węgla organicznego oraz akumulację azotu w materii organicznej w miarę zmniejszania się jej zawartości (tab. 2). Jak podają OKRUSZKO i KOZAKIEWICZ [1973], PIAŚCIK [1977] oraz SAPEK i SAPEK [1987], przyczyną tego jest zachodzący proces murszenia, w wyniku którego następuje gromadzenie azotu w związkach humusowych.

Przemiany materii organicznej w glebach pobagiennych, w tym również murszastych, następują z różną intensywnością, czego wyrazem jest również stosunek C : N [DROZD i in., 1987]. Wskaźnik ten informuje o kierunku przebiegu procesów biologicznych. Uważa się, że im mniejsza jest jego wartość, tym procesy te są intensywniejsze. Proces murszenia prowadzi do stopniowego zawężania się stosunku C : N. Najmniejsze wartości stosunku C : N występują w glebach murszastych zawierających najmniej materii organicznej (średnio 9,91), a największe (średnio 11,85) w glebach murszastych zawierających od 8,1 do 10,0% materii organicznej. Analizując wartości tego wskaźnika w poszczególnych próbkach, można stwierdzić, że w glebach murszastych o najmniejszej zawartości materii organicznej często wynosi on poniżej 10. Zdarza się tak, jak podaje ŁACHACZ [2001], gdy ubytek materii organicznej na skutek wzrostu intensywności procesu mineralizacji jest większy od dopływu świeżej masy organicznej. Przyjmuje się, że stosunek C : N poniżej 5 charakteryzuje „gleby wyczerpane”. Takiej wartości nie odnotowano jednak w glebach murszastych Równiny Odrzańsko-Zalewowej.

Charakteryzowane gleby są zasobne w składniki przyswajalne. W celu określenia ich zasobności porównano uzyskane wyniki z liczbami granicznymi ustalonymi przez IUNG dla gleb lekkich [Zalecenia nawozowe..., 1990]. W wyniku tego porównania zaliczono je do gleb o wysokiej zawartości fosforu przyswajalnego dla roślin. Zawartość tego składnika jest znacznie zróżnicowana (od 14,1 do 188,3 mg $\text{P}\cdot\text{kg}^{-1}$) w poziomach powierzchniowych, o czym świadczy również wartość współczynnika zmienności. Wykazana zawartość tego składnika w poziomach powierzchniowych jest ponad 3-krotnie większa niż w skale macierzystej (tab. 2). Ogólna zawartość fosforu (rozpuszczalnego w mieszaninie stężonych kwasów HNO_3 i HClO_4) w poziomie murszastym wynosi $1,09 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. 3).

Zawartość przyswajalnego potasu w badanych glebach kształtuje się na poziomie uznawanym za średni dla gleb lekkich, przy czym jej zmienność jest duża, podobnie jak fosforu (tab. 2). Średnia zawartość przyswajalnego potasu w poziomie murszastym jest niespełna 4-krotnie większa niż w skale macierzystej. W wyniku analizy statystycznej wykazano istotną (na poziomie 0,01) korelację zawartości przyswajalnych form potasu i materii organicznej, jednakże wartości współczynników korelacji i determinacji są małe ($r = 0,33$, $r^2 = 0,11$). Na uwagę zasługuje zbliżona średnia ogólna zawartość potasu w całym profilu i znacznie większe

stężenie form przyswajalnych dla roślin w poziomach powierzchniowych (tab. 2, 3). Taki stan można uzasadnić stosowanym nawożeniem mineralnym, a także mineralizacją materii organicznej. Uzyskane wyniki nie odbiegają od przedstawionych przez NIEDŹWIECKIEGO [1987].

W omawianych glebach murszastych zawartość przyswajalnych dla roślin form magnezu mieści się w przedziale wysokiej zasobności w ten pierwiastek [Zalecenia nawozowe..., 1990]. Zakres zmienności zawartości tego składnika w poziomie murszastym (od 14,1 do 107,3 mg·kg⁻¹) jest mniejszy niż w przypadku fosforu i potasu (tab. 2). Ilość przyswajalnych form magnezu w skale macierzystej jest o ok. 3 razy mniejsza niż w poziomie murszastym. Odnotowana zawartość przyswajalnych form magnezu jest zbliżona do uzyskanych w tej samej glebie przez NIEDŹWIECKIEGO [1987] i ŁACHACZA [1998].

Ogólna zawartość wapnia w badanych glebach jest silnie skorelowana ($r = 0,80$) z zawartością materii organicznej. Najmniejszą jego ilość stwierdzono w glebie zawierającej od 3,0 do 5,0% materii organicznej, a największą – w zawierającej najwięcej materii organicznej. Skala macierzysta zawiera średnio 1,0 g Ca·kg⁻¹ gleby (tab. 3).

Zawartość mikroelementów w glebach jest zagadnieniem bardzo ważnym. Gleba jako główne ogniwo w przyrodniczym obiegu pierwiastków chemicznych jest jednocześnie podstawowym elementem w łańcuchu troficznym. Dlatego też zmiany w składzie chemicznym gleby, wpływając bezpośrednio na rośliny, pośrednio oddziałują na zwierzęta i człowieka. Czynniki decydującymi o naturalnym poziomie mikroelementów w glebie jest zasobność w nie skały macierzystej, a także skład granulometryczny oraz zachodzący proces glebotwórczy. W glebach hydrogenicznych największa ich zawartość występuje w poziomie akumulacyjnym. Jest to wynik intensywnie zachodzących procesów mineralizacji materii organicznej, jak również wpływu czynników antropogenicznych [CZARNOWSKA, 1996; OKRUSZKO, PIAŚCIK, 1990; TERELAK i in., 2000].

Analizując uzyskane ilości mikroelementów rozpuszczalnych w mieszaninie stężonych kwasów HNO₃ i HClO₄ w omawianych glebach, można stwierdzić, że ich zawartość mieści się w granicach średniej naturalnej zasobności ustalonej przez KABATĘ-PENDIAS i PENDIASA [1999] dla gleb lekkich. Dlatego też gleby te należy traktować jako niezanieczyszczone. Spełniają one także surowe normy odnoszące się do gleb wykorzystywanych w rolnictwie ekologicznym [Rozporządzenie MRiRW..., 2002].

Zawartość badanych mikroskładników jest większa w poziomach powierzchniowych niż w skale macierzystej (tab. 4). Można to tłumaczyć wpływem działalności człowieka, lecz przede wszystkim zawartością materii organicznej. Jednak tylko żelazo i mangan były z nią istotnie skorelowane.

Ołowiu w poziomie A_{ip} analizowanych gleb jest ponad 3,5-krotnie więcej niż w skale macierzystej. Podobną zawartość tego pierwiastka w glebach zaliczanych do tego podtypu stwierdzili MIKICIUK i BANASZEK [2001]. Z analiz statystycznych

wynika, że zawartość ołowiu jest dodatnio skorelowana z zawartością magnezu ($r = 0,33$), cynku ($r = 0,54$) oraz miedzi ($r = 0,58$). Przyjmuje się, że ołów jest mało ruchliwy i silnie wiązany przez większość komponentów glebowych, zwłaszcza przez konkrety manganowo-żelaziste.

Zawartość cynku w poziomie murszastym wynosi średnio $22,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m., natomiast w skale macierzystej – $6,06 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Jak podaje CZARNOWSKA [1996], średnia naturalna zawartość cynku w skałach macierzystych gleb mieści się w granicach od $5,0$ do $59,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, co znajduje również potwierdzenie w przeprowadzonych badaniach. Z analiz statystycznych wynika, że – oprócz wspomnianej istotnej korelacji zawartości cynku z zawartością ołowiu – istnieje również współzależność zawartości cynku z zawartością fosforu, magnezu, miedzi i manganu.

Badane gleby charakteryzują się naturalną zawartością miedzi. Ilość tego pierwiastka jest bardzo zmienna, o czym świadczą duże wartości współczynnika zmienności. Stwierdzona ilość miedzi w poziomach powierzchniowych jest mniejsza niż uzyskana przez TERELAKA i in. [2000] średnia dla województwa zachodniopomorskiego ($\bar{x} = 9,2 \text{ mg Cu}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.). Zawartość miedzi w skale macierzystej gleb jest niespełna 4-krotnie mniejsza niż w poziomach powierzchniowych (tab. 4).

Zawartość niklu w omawianych glebach jest najmniejsza ze wszystkich oznaczanych mikroelementów, znacznie mniejsza też od średniej naturalnej zawartości tego mikroelementu podawanej przez KABATĘ-PENDIAS i PENDIASA [1999] oraz TERELAKA i in. [2000] dla gleb lekkich.

Mangan jest pierwiastkiem śladowym, którego zawartość w omawianych glebach jest największa spośród oznaczanych mikroelementów (pomijając Fe). Ilość manganu jest istotnie skorelowana z zawartością materii organicznej ($r = 0,41$). Uzyskane wyniki są nieco niższe od tych, które podają MIKICIUK i BANASZEK [2001].

Zawartość żelaza jest ściśle skorelowana z ilością materii organicznej ($r = 0,50$). Uzyskane wyniki są zbliżone do przedstawianych przez NIEDŹWIECKIEGO [1987], NIEDŹWIECKIEGO i in. [1995] oraz PIAŚCIKA i in. [1997]. Żelazo i mangan to pierwiastki stosunkowo łatwo przechodzące z jednego stopnia utlenienia na drugi. Reakcja tych pierwiastków na zawartość tlenu w pewnym stopniu ułatwia ocenę stosunków wodno-powietrznych w glebie. Znaczna zawartość żelaza w glebach murszastych jest konsekwencją jego gromadzenia w procesie murszenia. W profilach widoczne są liczne wytrącenia związków żelaza, świadczące o zmiennych warunkach oksydacyjno-redukcyjnych w czasie sezonu wegetacyjnego. Potwierdzają to badania OKRUSZKI i PIAŚCIKA [1990], zdaniem których podsiąk kapilarny wody z głębszych warstw profilu powoduje akumulację tego pierwiastka w warstwie powierzchniowej i jego wytrącanie się na skutek utlenienia. Prowadzi to w konsekwencji do stopniowego zwiększania się ogólnej ilości żelaza w warstwie korzeniowej.

WNIOSKI

1. Gleby murszaste występujące w obrębie Równiny Odrzańsko-Zalewowej użytkowane jako grunty orne zawierają różną ilość materii organicznej, a tym samym mają znacznie zróżnicowane właściwości chemiczne.

2. Odczyn gleb murszastych jest zróżnicowany głównie w zależności od zawartości materii organicznej; w poziomie powierzchniowym jest on kwaśny bądź bardzo kwaśny, natomiast skały macierzystej – słabo kwaśny. Zasobność omawianych gleb w przyswajalne formy składników pokarmowych jest wysoka w przypadku fosforu i magnezu oraz średnia w przypadku potasu.

3. Zawartość mikroelementów w glebach murszastych Równiny Odrzańsko-Zalewowej mieści się w przedziale wartości uznawanych za naturalne dla gleb lekkich, co predestynuje je między innymi do wykorzystywania w rolnictwie ekologicznym.

LITERATURA

- CZARNOWSKA K., 1996. Ogólna zawartość metali ciężkich w skałach macierzystych jako tło geochemiczne gleb. *Rocz. Gleb.* t. 47 suppl. s. 43–50.
- DROZD J., KOWALIŃSKI S., LICZMAR M., LICZMAR S., 1987. Mikromorfologiczna interpretacja procesów fizykochemicznych w glebach pobagiennych. *Rocz. Gleb.* t. 3 nr 3 s. 121–137.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 21 marca 2002 r. w sprawie dopuszczalnych stężeń metali ciężkich zanieczyszczających glebę. *Dz. U.* 2002 nr 37 poz. 34.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wyd. 2. Warszawa: Wydaw. Nauk. PWN ss. 398.
- KAZDA M., 1995. Changes in alder fens following a decrease in the ground water table: results of geographical information system application. *J. Appl. Ecol.* 32 s. 100–110.
- ŁACHACZ A., 1995. Właściwości sorpcyjne gleb pobagiennych wykształconych na piaszczystym podłożu. W: *Torfoznawstwo w badaniach naukowych i praktyce. Sesja naukowa z okazji jubileuszu 45-lecia działalności naukowej i 70. rocznicy urodzin prof. dr. hab. Henryka Okruszko*. Mater. Semin. nr 34. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 163–167.
- ŁACHACZ A., 1998. Gleby pobagienne użytkowane łąkowo na Sandrze Piskim. Cz. 2. Właściwości chemiczne i trofizm gleb. *Zesz. Nauk. ART Olszt. Rol.* nr 65 s. 42–59.
- ŁACHACZ A., 2001. Geneza i właściwości płytkich gleb organogenicznych na Sandrze Mazursko-Kurpiowskim. Olsztyn: Wydaw. UWM ss. 118.
- ŁACHACZ A., KOWALCZYK J., GOSZCZYŃSKI J., 1998. Gleby pobagienne użytkowane łąkowo na Sandrze Piskim. Cz. 1. Morfologia, systematyka i właściwości fizyczno-wodne. *Zesz. Nauk. ART Olszt. Rol.* nr 65 s. 21–39.
- MIATKOWSKI Z., CIEŚLIŃSKI Z., 1996. Zmiany właściwości fizyczno-wodnych płytkiej gleby torfowo-murszowej pod wpływem orki agromelioracyjnej. *Wiad. IMUZ* t. 18 z. 4 s. 149–162.
- MIKICIUK G., BANASZEK I., 2001. Zawartość metali ciężkich oraz siarki w glebach i roślinach na terenie Stacji Doświadczalnej w Dołujach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 476 s. 219–227.
- NIEDŹWIECKI E., 1987. Właściwości fizyczne i chemiczne piaszczystych gleb murszowatych w obrębie Doliny Dolnej Odry i Równiny Goleniowskiej. *Rocz. Gleb.* t. 38 nr 2 s. 185–193.
- NIEDŹWIECKI E., PROTASOWICKI M., WOJCIESZCZUK T., 1995. Źródła zanieczyszczeń metalami ciężkimi i ich oddziaływanie na gleby użytków rolnych i leśnych Pomorza Szczecińskiego. W:

- Waste management and treatment strategies and methods. Intern. Symp. Międzyzdroje. Warszawa: SITPCHEM. s. 208–217.
- OKRUSZKO H., KOZAKIEWICZ A., 1973. Humifikacja i mineralizacja jako elementy składowe procesu murszenia gleb torfowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 146 s. 63–76.
- OKRUSZKO H., PIAŚCIK H., 1990. Charakterystyka gleb hydrogenicznych. Zesz. Nauk ART Olszt. ss. 291.
- PIAŚCIK H., 1977. Przeobrażenia gleb torfowo-murszowych Pojezierza Mazurskiego ze szczególnym uwzględnieniem zmian w zawartości wapnia, żelaza i glinu. Zesz. Nauk. ART Olszt. Rol. 23 s. 3–60.
- PIAŚCIK H., GOTKIEWICZ J., SMOLUCHA J., 1997. Gleby hydrogeniczne Kotliny Kurpiowskiej oraz ich właściwości. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 435 s. 27–48.
- RZAŚA S., MOCEK A., OW CZARZAK W., 1998. Odwodnieniowa degradacja produktywności piaszczystych gleb murszowatych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 455 s. 210–221.
- SAMMEL A., NIEDŹWIECKI E., RAWICKI D., 2004. Wartość produkcyjna gleb murszastych V klasy bonitacyjnej gruntów ornych. Acta Agrophys. (108) Rozpr. monogr. (5) s. 107–115.
- SAPEK B., SAPEK A., 1987. Changes in the properties of humus substances and the sorption complex in reclaimed peat soils. Intern. Peat J. 2 s. 99–117.
- Systematyka gleb Polski, 1989. Rocz. Gleb. t. 40 ss. 151.
- TERELAK H., MOTOWICKA-TERELAK M., STUCZYŃSKI T., PIETRUCH Cz., 2000. Pierwiastki śladowe (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) w glebach użytków rolnych. Warszawa: PIOŚ, Puławy: IUNG ss. 35.
- UGGLA H., MIROWSKI Z., PIAŚCIK H., RYTELEWSKI J., 1969. Próchniczno-glejowe gleby bielcowe terasów sandrowych. Zesz. Nauk. WSR Olszt. 25 s. 671–694.
- Zalecenia nawozowe, 1990. Cz. 1. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Puławy: IUNG ss. 26.

Adam SAMMEL, Edward NIEDŹWIECKI

THE CONTENT OF MACRO- AND MICROELEMENTS IN MUCKOUS SOILS WITHIN THE Odra FLOODPLAIN

Key words: hydrogenic soil, macro- and microelements, organic matter

S u m m a r y

The aim of the studies was to determine the content of macro- and microelements of muckous soils used as arable land. The profile of muckous soils within the Odra Floodplain is made up of loose sands. Their agricultural use depends on the properties of muckous horizons (Aip). The reaction of this soil ranged from strongly acid or acid in muckous horizons to slightly acid in the parent material. The availability of phosphorus, potassium and magnesium was medium to high. The content of microelements varied within the values known as natural for sandy soils.

Recenzenci:

prof. dr hab. Jan Łabętowicz

prof. dr hab. Andrzej Sapek

Praca wpłynęła do Redakcji 04.10.2005 r.

Tabela 2. Odczyn oraz zawartość materii organicznej węgla, azotu i przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu w glebach murszastych w obrębie Równiny Odrzańsko-Zalewowej

Table 2. pH and the content of organic matter, organic carbon, nitrogen and available forms phosphorus, potassium and magnesium in muckous soils within the Odra Floodplain

Poziom w profilu gleby Horizon in soil profile	Parametr Parameter	Wartość pH pH value		Materia organiczna Organic matter %	C _{org.} g·kg ⁻¹	N _{og.} N _{tot.} g·kg ⁻¹	C : N	Przyswajalne formy Available forms		
		KCl	H ₂ O					P	K	Mg
Murszasty Mucous horizon	$\bar{x} \pm t_{0,05} s \bar{x}$ CV	4,49	5,38	5,98±0,49	29,1±2,7	2,70±0,2	10,54	83,1±8,21	87,4±9,37	66,8±5,40
				34,7	39,2	34,1		41,7	45,2	34,1
		Zawierający 3,0–5,0% materii organicznej			Containing 3.0–5.0% organic matter; n = 32					
	$\bar{x} \pm t_{0,05} s \bar{x}$ CV	4,25	5,17	4,17±0,21	19,9±1,3	2,0±0,14	9,91	83,1±12,05	71,1±13,51	55,1±7,84
				14,1	18,5	19,5		40,2	52,7	39,4
		Zawierający 5,1–8,0% materii organicznej			Containing 5.1–8.0% organic matter; n = 24					
	$\bar{x} \pm t_{0,05} s \bar{x}$ CV	5,07	5,82	6,34±0,27	29,5±1,5	2,8±0,16	10,57	80,2±11,20	98,9±13,24	80,6±8,87
				10,2	12,1	13,6		33,1	31,7	26,1
		Zawierający 8,1–10% materii organicznej			Containing 8.1–10% organic matter; n = 15					
	$\bar{x} \pm t_{0,05} s \bar{x}$ CV	4,55	5,48	9,30±0,44	48,1±2,8	4,1±0,43	11,85	87,8±26,8	103,6±24,6	69,6±7,60
				8,5	10,5	18,7		55,1	42,9	19,7
Skala macierzysta Parent material	$\bar{x} \pm t_{0,05} s \bar{x}$ CV	5,71	6,49	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	25,3±5,54	22,9±3,68	18,1±3,32
								61,1	45,3	51,8

Objaśnienia: n – liczba próbek, CV – współczynnik zmienności, n.o. – nie oznaczono.

Explanations: n – the number of samples, CV – variability coefficient, n.o. – not determined.

Tabela 3. Ogólna zawartość makroelementów w glebach murszastych w obrębie Równiny Odrzańsko-Zalewowej

Table 3. Total content of macroelements in muckous soils within the Odra Floodplain

Poziom w profilu gleby Horizon in soil profile	Parametr Parameter	Ogólna zawartość, g·kg ⁻¹ s.m. Total content, g·kg ⁻¹ DM				
		P	K	Mg	Ca	Na
Murszasty Mucous horizon		Ogółem Total; <i>n</i> = 71				
	$\bar{x} \pm t_{0,05} s\bar{x}$	1,09±0,17	0,53±0,041	0,41±0,023	2,83±0,306	0,051±0,003
	<i>CV</i>	67,8	32,7	24,1	45,6	21,8
		Zawierający 3,0–5,0% materii organicznej Containing 3.0–5.0% organic matter; <i>n</i> = 32				
	$\bar{x} \pm t_{0,05} s\bar{x}$	0,98±0,24	0,55±0,075	0,40±0,046	1,90±0,247	0,048±0,004
	<i>CV</i>	67,3	38,0	32,4	36,1	23,5
		Zawierający 5,1–8,0% materii organicznej Containing 5.1–8.0% organic matter; <i>n</i> = 24				
	$\bar{x} \pm t_{0,05} s\bar{x}$	1,35±0,40	0,53±0,065	0,43±0,032	3,21±0,345	0,051±0,004
	<i>CV</i>	69,9	29,5	17,3	25,4	20,2
		Zawierający 8,1–10,0% materii organicznej Containing 8.1–10.0% organic matter; <i>n</i> = 15				
	$\bar{x} \pm t_{0,05} s\bar{x}$	0,89±0,18	0,52±0,074	0,41±0,026	4,22±0,761	0,056±0,006
	<i>CV</i>	35,4	25,4	11,23	32,6	18,0
Skala macierzysta Parent material	$\bar{x} \pm t_{0,05} s\bar{x}$	0,20±0,043	0,46±0,065	0,34±0,041	1,00±0,153	0,041±0,004
	<i>CV</i>	60,6	39,2	35,2	43,2	27,6
	<i>n</i> = 33					

Objaśnienia, jak pod tabelą 2.

Explanations as in Tab. 2.

Tabela 4. Ogólna zawartość mikroelementów w glebach murszastych w obrębie Równiny Odrzańsko-Zalewowej

Table 4. Total content of microelements in muckous soils within the Odra Floodplain

Poziom w profilu gleby Horizon in soil profile	Parametr Parameter	Ogólna zawartość, mg·kg ⁻¹ s.m. Total content, mg·kg ⁻¹ DM					
		Pb	Zn	Cu	Ni	Mn	Fe
Murszasty Mucous horizon		Ogółem Total; n = 71					
	$\bar{x} \pm t_{0,05} s\bar{x}$	14,7±0,81	22,3±1,72	4,91±0,37	2,26±0,23	131,0±6,79	4718±425
	CV	23,3	32,5	32,0	42,8	21,9	38,1
		Zawierający 3,0–5,0% materii organicznej Containing 3.0–5.0% organic matter; n = 32					
	$\bar{x} \pm t_{0,05} s\bar{x}$	14,8±1,59	21,9±2,96	4,77±0,71	2,32±0,41	117,7±9,74	3970±369
	CV	29,9	37,4	41,3	48,9	22,9	25,8
		Zawierający 5,1–8,0% materii organicznej Containing 5.1–8.0% organic matter; n = 24					
	$\bar{x} \pm t_{0,05} s\bar{x}$	14,2±0,83	25,0±2,39	4,94±0,55	2,28±0,37	141,6±10,47	4730±703
	CV	13,9	22,6	26,1	38,0	17,5	35,2
		Zawierający 8,1–10,0% materii organicznej Containing 8.1–10.0% organic matter; n = 15					
	$\bar{x} \pm t_{0,05} s\bar{x}$	15,5±1,60	18,9±3,33	5,14±0,52	2,08±0,41	142,4±15,2	6297±1277
	CV	18,5	31,8	18,1	35,4	19,3	36,6
Skala macierzysta Parent material n = 33	$\bar{x} \pm t_{0,05} s\bar{x}$	4,12±0,727	6,06±1,16	1,35±0,25	1,43±0,35	26,7±5,40	1711±306
	CV	49,9	54,3	52,6	69,4	57,1	50,5

Objaśnienia, jak pod tabelą 2.

Explanations as in Tab. 2.