

BOLESŁAW BIENIEK, JOANNA KARWOWSKA, ARKADIUSZ BIENIEK

## WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE EKSTENSYWNIIE UŻYTKOWANYCH GLEB MURSZOWYCH NA TORFOWISKU „SIÓDMAK”

### CHEMICAL PROPERTIES OF EXTENSIVELY UTILIZED MUCK SOILS IN THE „SIÓDMAK” PEATLAND

Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb,  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

*Abstract:* This study presents the effects of over 20 years of extensive turfing (fallowing) of peat-muck soils in the dehydrated Siódmak peat bog (547 ha). The variety of existing peats resulted in various humidity relations in the soils. This is reflected in the level of mucking processes, which in periodically wet soils is weak (MtI), in periodically drying up soils – medium (MtII), and in periodically dry soils – intense (MtIII). Peat-muck soils characterized by weak mucking processes were distinguished by a low rate of mineralization transformations and low reserves of mineral nitrogen, while in the case of soils undergoing intense mucking processes, this value was high. Regardless of humidity conditions, soils were characterized by a high content of assimilable phosphorus, and a very low content of potassium, magnesium, zinc and copper. As regards muck levels, there was observed a drop in pH and a loss of calcium, particularly of its exchangeable form. The existing profile of calcium indicated acidic degradation and decalcitation, which is more visible in more dehydrated soils, undergoing more intense mucking processes.

*Słowa kluczowe:* gleby torfowo-murszowe, ekstensywne łąki, właściwości chemiczne.

*Key words:* mucky peat soils, extensive meadows, chemical properties.

## WSTĘP

Degradacja gleb ma różną genezę i wiele form. W odniesieniu do odwodnionych gleb organicznych, problem ten wiąże się z procesem murszenia. Ten niezwykle dynamiczny proces kształtuje nie tylko retencję powietrzno-wodną gleb, ale także ich

właściwości biologiczne i chemiczne. Wynikają one z głębokości odwodnienia [Okruszko, Churska 1988; Gotkiewicz 1996; Piaścik, Bieniek 2001], sposobu użytkowania [Sapek, Gotkiewicz 1977; Okruszko i in. 1993; Bieniek i in. 2004] oraz wpływu terenów otaczających [Bieniek, Piaścik 2005].

Przyrodnicza koncepcja rolniczego użytkowania torfowisk przewiduje optymalne ich odwodnienie, utrzymanie zwartej runi łąkowej oraz racjonalne nawożenie [Okruszko 1988]. Przyjęte normy często jednak kolidują z możliwościami i potrzebami gospodarczymi. Wiele dawniej odwodnionych torfowisk (zwłaszcza tych po byłych gospodarstwach PGR) pozostawiono w odługu. Bez nawodnień, nawożenia i pielęgnacji ulegają one szeroko rozumianej degradacji. Obecnie w Polsce istnieje problem zagospodarowania „porzuconych łąk torfowych”.

Celem przeprowadzonych badań było określenie skutków chemicznych procesu murszenia, zachodzącego w glebach torfowych, w warunkach ekstensywnego ich użytkowania darniowego (odłogowania) i zróżnicowanego odwodnienia.

## MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono na torfowisku Siódmak (547 ha) położonym w zlewni rzeki Sawicy, na Pojezierzu Mazurskim. Obiekt ten jest płaską doliną wypełnioną torfami, na piaskach sandrowych lub złożach gytii. Rolnicze jego użytkowanie zostało zapoczątkowane w okresie międzywojennym, a w latach 1973–1982 wykonano melioracje, w celu uregulowania stosunków wodnych. Projekt odwodnienia przewidywał także nawodnienia podsiąkowe ze stałym zwierciadłem wody i odciekami gruntowym, przy wykorzystaniu zbiornika retencyjnego i stacji pomp. Obiekt odwodniono grawitacyjnie, a inwestycji nawadniających nie wykonano. Założone łąki przez okres ponad 20 lat sporadycznie koszono lub okresowo wypasano.

Na obiekcie Siódmak przeprowadzono szczegółowe badania. Wykonano mapę siedlisk glebowych [Bieniek i in. 2001], ustalono zmiany w morfologii i właściwościach fizycznych gleb [Bieniek i in. 2006], określono szatę roślinną i jej wartość [Grzegorzczak i in. 2000; Bieniek i in. 2004]. W pracach tych stosowano kryteria dla gleb organicznych [Okruszko 1988]. W niniejszej pracy przedstawiono właściwości chemiczne gleb, których analizę prowadzono na trzech typowych dla obiektu siedliskach różniących się warunkami wilgotnościowymi i stopniem zaawansowania procesu murszenia. Badano gleby:

- torfowo-murszowe słabo zmurszałe, głębokie (MtI ba) – okresowo podmokłe;
- torfowo-murszowe średnio zmurszałe, głębokie (MtII bb) – okresowo przesycające;
- torfowo-murszowe silnie zmurszałe, płytkie (MtIII c1) – okresowo za suche.

Analizy chemiczne wykonano metodami stosowanymi w glebach organicznych [Sapek, Sapek 1997]. Oznaczono odczyn – potencjometrycznie, azot ogólny – metodą Kjeldahla, węgiel organiczny – metodą ISO (standard 14235). Zawartość składników oznaczono w wyciągach glebowych metodami: płomieniowej absorpcji spektrometrii atomowej (Mg, Fe, Zn, Cu), emisyjnej spektrometrii płomieniowej (Ca, K, Na) i kolorymetrycznie (P), w tym:

- formy ogólne – po mineralizacji masy glebowej w mieszaninie kwasu nadchlorowego i azotowego;
- formy rozpuszczalne w  $0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ HCl}$ ; zwane zapasowymi niekrzemianowymi [Fotyma, Mercik 1995] i uznawanymi za przyswajalne dla roślin [Sapek, Sapek 1997];
- formy wymienne (Ca, Mg, K, Na) – po ekstrakcji roztworem  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  o stężeniu  $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

W charakterystycznych okresach sezonu wegetacyjnego w latach 2000–2004 określono tempo mineralizacji materii organicznej, przez oznaczenie azotu mineralnego ( $\text{N-NO}_3$  i  $\text{N-NH}_4$ ) po 14 dniowej inkubacji w temperaturze  $28^\circ\text{C}$ . W wyciągu  $1\% \text{ K}_2\text{SO}_4$  oznaczono  $\text{N-NO}_3$  metodą disulfofenolową, natomiast  $\text{N-NH}_4$  – z odczynnikiem Nesslera.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Na odwodnionym i ekstensywnie użytkowanym obiekcie łąkowym Siódmak występują torfy olesowe, szuwarowe i turzycowiskowe, o zróżnicowanym stopniu rozkładu ( $R_1$ – $R_3$ ), który kształtuje retencję wodną profilu glebowego. Dlatego przy zbliżonym poziomie zalegania wód gruntowych, stosunki wilgotnościowe gleb są zróżnicowane – od okresowo podmokłych, okresowo przesycających, do okresowo suchych. W skutek tego występuje różny stopień zaawansowania procesu murszenia, który jest podstawą wydzielenia gleb słabo zmurszałych (MtI ba) z murszem torfiastym oraz średnio zmurszałych (MtII bb) i silnie zmurszałych (MiIIIcI) z murszem właściwym [Bieniek i in. 2006]. W glebach słabo zmurszałych (MtI ba), okresowa podmokłość profilu ogranicza ich przemiany mikrobiologiczne. Wskazuje na to śladowa zawartość azotu azotanowego ( $\text{N-NO}_3$ ) w torfach ( $0,3$ – $0,7 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), a mała do średniej ( $5,9$ – $12,2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) w murszach torfiastych (tab. 1). Stosunek C:N w całym profilu ( $12,1$ – $16,0$ ) świadczy o tym, że materia organiczna jest mało podatna na przemiany. Z kolei, wąski stosunek  $\text{N-NO}_3$  do  $\text{N-NH}_4$  dowodzi, że istnieją tu czynniki ograniczające mineralizację materii organicznej, a z pewnością jest to wysoka wilgotność całego profilu glebowego. W glebach torfowo-murszowych średnio i silnie zmurszałych (MtII i MtIII), zapasy  $\text{N-NO}_3$  są 2–5-krotnie większe, a stosunek  $\text{N-NO}_3$ : $\text{N-NH}_4$  szerszy i to nie tylko w poziomach murszowych, ale także w torfach podpowierzchniowych. Panujące warunki wilgotnościowe w tych glebach sprzyjają zatem intensywnej mineralizacji materii organicznej, a uwalniany w profilach azot mineralny, w ilościach  $257$ – $494 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  może być wymywany do wód gruntowych.

Stosunki wilgotnościowe wpływają także na zawartość innych pierwiastków, ale oddziaływanie to jest jednak dwukierunkowe. Obniżanie poziomu wody gruntowej w profilu przesuwają strefę tlenowych wytrąceń związków zredukowanych rozpuszczonych w wodzie. Proces ten sprzyja gromadzeniu dużych ilości głównie żelaza i fosforu, często w postaci rudy darniowej [Czerwiński, Kaczorek 1996; Piaścik, Bieniek 2001]. Z drugiej strony w warunkach obniżającego się poziomu wody gruntowej nasilają się procesy mineralizacji materii organicznej i w efekcie torf przetwarzany jest do związków mineralnych. Wieloletnie badania Okruszki i in. [1993] dowodzą, że w odwodnionych, racjonalnie użytkowanych siedliskach łąkowych, w wyniku mineralizacji materii

TABELA 1. pH, węgiel organiczny oraz azot ogólny i mineralny – TABLE 1. pH, carbon, total and mineral nitrogen

Poziom genet. Genetic horizon	Głębokość Depth [cm]	Utwór glebowy Soil formation	pH		C org. Org. C g · kg <sup>-1</sup>	N og. Total N	C:N	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub> + N-NH <sub>4</sub>		N-NO <sub>3</sub> N-NH <sub>4</sub>
			H <sub>2</sub> O	KCl						mg · dm <sup>-3</sup>		
Gleba torfowo-murszowa słabo zmurszała, głęboka (MtI ba) – okresowo podmokła Peat-muck soil weakly transformed, deep (MtI ba) – temporarily wet												
M1	0-14	mursz torfiasty; peaty muck	6,1	5,4	39,41	2,94	13,4	12,2	53,4	65,6	91,9	0,2
M2	14-24	mursz torfiasty; peaty muck	6,1	5,4	36,36	3,02	12,1	5,9	36,8	42,7	42,7	0,2
OtniszR2	24-50	torf szuwarowy R2; reed peat R2	6,4	5,6	45,36	3,24	14,0	0,7	26,1	26,8	69,7	0,1
OtniszR2	50-85	torf szuwarowy R2; reed peat R2	6,5	5,8	48,59	3,04	16,0	0,3	32,5	32,8	114,9	0,1
OtnituR1	85-120	torf turzycowiskowy R1; sedge-reed peat R1	6,4	5,7	41,48	2,81	14,8	0,4	32,9	33,3	116,6	0,1
Gleba torfowo-murszowa średnio zmurszała, głęboka (MtII bb) – okresowo przesychnająca Peat-muck soil medium transformed, deep (MtII bb) – temporarily drying												
M1	0-9	mursz właściwy; proper muck	5,3	4,6	32,92	2,66	12,4	27,9	19,9	47,8	43,0	1,4
M2	9-22	mursz właściwy; proper muck	5,5	4,7	30,77	2,53	12,2	21,5	25,3	46,8	60,9	0,8
M3	22-31	mursz właściwy; proper muck	5,6	4,9	34,58	2,39	14,5	25,3	44,2	69,5	62,6	0,6
OtniszR2	31-48	torf szuwarowy R2; reed peat R2	5,6	5,0	41,97	2,90	14,5	18,9	31,1	50,0	85,0	0,6
OtniszR2	48-120	torf szuwarowy R2; reed peat R2	6,1	5,5	43,96	2,23	19,8	1,2	32,5	33,7	242,6	0,1
Gleba torfowo-murszowa silnie zmurszała, płytka (MtIII c1) – okresowo za sucha Peat-muck soil strongly transformed, shallow (MtIII c1) – temporarily too dry												
M1	0-10	mursz właściwy; proper muck	5,8	5,0	31,62	2,61	12,1	20,6	16,5	37,1	37,1	1,2
M2	10-16	mursz właściwy; proper muck	6,0	5,2	32,33	2,50	13,0	24,5	18,3	42,8	25,7	1,3
M3	16-34	mursz właściwy; proper muck	6,3	5,5	32,67	2,41	13,5	20,3	18,1	38,4	69,1	1,1
OtnioIR3	34-50	torf olesowy; alder wood peat R3	6,0	5,2	38,06	2,58	14,7	21,5	33,2	54,7	87,5	0,6
OtnioIR3	50-62	torf olesowy; alder wood peat R3	5,9	5,2	36,87	2,41	15,3	10,8	20,5	31,3	37,6	0,5

organicznej uwalnia się rocznie [w  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ]: N – 674,1, P – 28,8, K – 24,2, Ca – 661,8, Mg – 29,4, Fe – 360, Mn – 10,3, Zn – 0,98 i Cu – 0,077. Są to ilości dodatnio bilansujące się ze składnikami wynoszonymi z plonem, z wyjątkiem potasu.

Na rozpatrywanym obiekcie Siódmak, w warunkach ponad 20-letniego ekstensywnego użytkowania, ukształtowały się w glebach swoiste zawartości składników. Ważne jest, że plony zielonej masy na tym obiekcie były wyjątkowo niskie, czyli wynoszenie składników z plonem było znikome, a nawożenia mineralnego nie stosowano [Grzegorzczuk i in. 2000; Bieniek i in. 2004]. Zawartość ogólnych form składników można uszeregować następująco:

- w poziomach murszowych:  $\text{Fe} > \text{Ca} > \text{P} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Na} > \text{Zn} > \text{Cu}$ ,
- w poziomach torfowych:  $\text{Ca} > \text{Fe} > \text{P} > \text{Mg} > \text{K} = \text{Na} > \text{Zn} > \text{Cu}$ .

Wapń w glebach murszowych doprowadzany jest z wód gruntowych i uwalnia się w procesie mineralizacji materii organicznej, jest jednak łatwo wypłukiwany [Piaścik 1977]. W glebach słabo zmurszałych (Mtl ba) okresowo podmokłych największe jego

TABELA 2. Zawartość w glebach wapnia ogółem, rozpuszczalnego i wymiennego

TABLE 2. Total, soluble and exchangeable calcium content in soils

Poziom genet. Genetic horizon	Głębokość Depth [cm]	Ca ogólny Total Ca	Ca rozpuszczalny Ca soluble		Ca wymienny Ca exchangeable	
		$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	% Ca*	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	% Ca*
Gleba torfowo-murszowa słabo zmurszała, głęboka (Mtl ba) – okresowo podmokła Peat-muck soil weakly transformed, deep (Mtl ba) – temporarily wet						
M1	0–14	24,10	23 643	98,1	1 520	6,3
M2	14–24	23,64	22 080	93,4	1 594	6,7
OtniszR2	24–50	22,17	21 575	97,3	1 402	6,3
OtniszR2	50–85	17,89	17 329	96,9	930	5,2
OtnituR1	85–120	16,11	15 893	94,1	665	4,1
Gleba torfowo-murszowa średnio zmurszała, głęboka (MtlIi bb) – okresowo przesychnająca Peat-muck soil medium transformed, deep (MtlIi bb) – temporarily drying						
M1	0–9	17,24	16 400	95,1	1 086	6,3
M2	9–22	17,20	16 200	94,2	1 352	7,9
M3	22–31	24,38	22 251	91,3	1 541	6,3
OtniszR2	31–48	21,27	19 370	91,1	1 603	7,5
OtniszR2	48–120	20,16	19 521	96,8	1 545	7,7
Gleba torfowo-murszowa silnie zmurszała, płytka (MtlIiI c1) – okresowo za sucha Peat-muck soil strongly transformed, shallow (MtlIiI c1) – temporarily too dry						
M1	0–10	26,82	24 350	90,8	1 620	6,0
M2	10–16	38,55	28 350	73,5	1 919	5,0
M3	16–34	38,30	28 011	73,1	1 976	5,1
OtnioIR3	34–50	34,44	30 020	87,2	2 055	5,9
OtnioIR3	50–62	27,99	26 342	94,5	2 065	7,4

\*W stosunku do Ca ogółem; related to total Ca

ilości stwierdzono w powierzchniowych murszach torfiastych (tab. 2). W glebach średnio i silnie zmurszałych, duże ilości ogólnego wapnia stwierdzono w poddarniowych poziomach murszowych (M3), tj. w strefie górnej granicy podsiąku wód gruntowych. W warunkach głębszego odwodnienia następuje zatem ubytek wapnia z wierzchnich warstw na skutek jego wymywania, co w literaturze zwane jest dekalcytacją [Piaścik, Gotkiewicz 2004]. Większość wapnia występuje w związkach mineralnych w formach rozpuszczalnych i stanowi 73,1–98,1% wapnia ogólnego. Wapń wymienny, sorbowany jest przez kompleks sorpcyjny w stosunkowo dużych ilościach, podobnie w murszach oraz torfach i stanowi 4,1–7,9% wapnia ogólnego.

Magnezu w glebach było 50–100-krotnie mniej niż wapnia. Silnie przeobrażone mursze właściwe były znacznie zasobniejsze w magnez ogólny, zawierały go nawet 2-krotnie więcej w porównaniu z torfami, z których się wytworzyły (tab. 3). Prawie 1/3 magnezu ogólnego występuje w związkach mineralnych w formach rozpuszczalnych. W ocenie

TABELA 3. Zawartość w glebach magnezu ogółem, rozpuszczalnego i wymiennego  
TABLE 3. Total, soluble and exchangeable magnesium content in soil

Poziom genet. Genetic horizon	Głębokość Depth [cm]	Mg ogólny Total Mg	Mg rozpuszczalny Mg soluble		Mg wymienny Mg exchangeable	
		g · kg <sup>-1</sup>	mg · kg <sup>-1</sup>	% Mg*	mg · kg <sup>-1</sup>	% Mg*
Gleba torfowo-murszowa słabo zmurszała, głęboka (MtI ba) – okresowo podmokła Peat-muck soil weakly transformed, deep (MtI ba) – temporarily wet						
M1	0–14	0,29	112	38,6	11	3,8
M2	14–24	0,30	77	25,7	7	2,3
OtniszR2	24–50	0,27	131	48,5	14	5,2
OtniszR2	50–85	0,37	148	40,0	12	3,2
OtnituR1	85–120	0,34	129	37,9	13	3,8
Gleba torfowo-murszowa średnio zmurszała, głęboka (MtII bb) – okresowo przesuszająca Peat-muck soil medium transformed, deep (MtII bb) – temporarily drying						
M1	0–9	0,28	175	62,5	21	7,5
M2	9–22	0,19	32	16,8	5	2,6
M3	22–31	0,17	21	12,3	2	1,2
OtniszR2	31–48	0,13	22	16,9	2	1,5
OtniszR2	48–120	0,16	93	58,1	8	5,0
Gleba torfowo-murszowa silnie zmurszała, płytka (MtIII c1) – okresowo za sucha Peat-muck soil strongly transformed, shallow (MtIII c1) – temporarily too dry						
M1	0–10	0,69	150	21,7	34	4,9
M2	10–16	0,48	171	35,6	26	5,4
M3	16–34	0,33	105	31,8	11	3,3
OtnioIR3	34–50	0,13	50	38,5	5	3,8
OtnioIR3	50–62	0,35	89	25,4	8	2,3

\*W stosunku do Mg ogółem; related to total Mg

TABELA 4. Zawartość w glebach potasu ogółem, rozpuszczalnego i wymiennego  
 TABLE 4. Total, soluble and exchangeable potassium content in soil

Poziom genet. Genetic horizon	Głębokość Depth [cm]	K ogólny Total K	K rozpuszczalny K soluble		K wymienny K exchangeable	
		g · kg <sup>-1</sup>	mg · kg <sup>-1</sup>	% K*	mg · kg <sup>-1</sup>	% K*
Gleba torfowo-murszowa słabo zmurszała, głęboka (Mtl ba) – okresowo podmokła Peat-muck soil weakly transformed, deep (Mtl ba) – temporarily wet						
M1	0–14	0,17	65	38,2	16	9,4
M2	14–24	0,27	111	41,1	26	9,6
OtniszR2	24–50	0,06	24	40,0	6	10,0
OtniszR2	50–85	0,05	19	38,0	8	16,0
OtnituR1	85–120	0,06	21	35,0	4	6,7
Gleba torfowo-murszowa średnio zmurszała, głęboka (MtII bb) – okresowo przesuszająca Peat-muck soil medium transformed, deep (MtII bb) – temporarily drying						
M1	0–9	0,75	135	18,0	28	3,7
M2	9–22	0,52	151	29,0	23	4,4
M3	22–31	0,37	57	15,4	16	4,3
OtniszR2	31–48	0,27	53	19,6	16	5,9
OtniszR2	48–120	0,06	16	26,7	5	8,3
Gleba torfowo-murszowa silnie zmurszała, płytka (MtIII c1) – okresowo za sucha Peat-muck soil strongly transformed, shallow (MtIII c1) – temporarily too dry						
M1	0–10	1,07	205	19,1	34	3,2
M2	10–16	0,83	154	18,5	23	2,8
M3	16–34	0,70	75	10,7	22	3,1
OtnioIR3	34–50	0,17	49	28,8	15	8,8
OtnioIR3	50–62	0,17	24	14,1	19	11,2

\*W stosunku do K ogółem; related to total K

według liczb granicznych są to zawartości magnezu bardzo niskie, świadczące o dużych potrzebach nawozowych rozpatrywanych gleb. Magnez wymienny stanowi 1,2–7,5% magnezu ogólnego i najczęściej tej formy Mg zawierają silnie przeobrażone mursze właściwe.

Potas uważany jest za pierwiastek deficytowy w glebach organicznych. W torfach występuje w niewielkich ilościach, a uwalniany w procesie mineralizacji nie tworzy trwałych powiązań i jest łatwo wypłukiwany. Ponadto, pobierany jest przez rośliny w dużych ilościach „na zapas”, co określane jest mianem „luksusowego” pobierania [Okruszko 1991]. Analizowane gleby wyróżniały się ogólnie niską zawartością potasu ogólnego (0,05–1,07 g·kg<sup>-1</sup>), którego 14,1–41,1% występowało w formie rozpuszczalnej, zaś 3,1–16,0% – w formie wymiennej (tab. 4). W ocenie zasobności są to bardzo niskie ilości potasu przyswajalnego dla roślin, wręcz wskazujące na ubóstwo w ten składnik [Sapek, Sapek 1997]. Wyraźnie zasobniejsze w potas są poziomye murszowe niż torfowe, a wśród nich silniej przeobrażone mursze właściwe i torfy bardziej rozłożone.

TABELA 5. Zawartość w glebach sodu ogółem, rozpuszczalnego i wymiennego  
TABLE 5. Total, soluble and exchangeable sodium content in soil

Poziom genet. Genetic horizon	Głębokość Depth [cm]	Na ogólny Total Na	Na rozpuszczalny Na soluble		Na wymienny Na exchangeable	
		g · kg <sup>-1</sup>	mg · kg <sup>-1</sup>	% Na*	mg · kg <sup>-1</sup>	% Na*
Gleba torfowo-murszowa słabo zmurszała, głęboka (MtlI ba) – okresowo podmokła Peat-muck soil weakly transformed, deep (MtlI ba) – temporarily wet						
M1	0–14	0,10	64	62,1	61	59,2
M2	14–24	0,11	33	53,3	33	30,8
OtmiszR2	24050	0,08	58	75,3	56	72,7
OtmiszR2	50–85	0,08	66	81,4	38	46,9
OtmisuR1	85–120	0,09	58	60,4	32	33,3
Gleba torfowo-murszowa średnio zmurszała, głęboka (MtlII bb) – okresowo przesuszająca Peat-muck soil medium transformed, deep (MtlII bb) – temporarily drying						
M1	0–9	0,08	62	76,5	42	51,8
M2	9–22	0,09	65	70,6	47	51,1
M3	22–31	0,09	84	89,3	55	58,5
OtmiszR2	31–48	0,09	64	66,7	45	46,9
OtmiszR2	48–120	0,08	58	69,0	43	51,2
Gleba torfowo-murszowa silnie zmurszała, płytka (MtlIII c1) – okresowo za sucha Peat-muck soil strongly transformed, shallow (MtlIII c1) – temporarily too dry						
M1	0–10	0,15	74	50,0	58	39,1
M2	10–16	0,12	73	59,8	65	53,3
M3	16–34	0,13	73	54,9	50	37,6
OtmioIR3	34–50	0,12	98	80,3	69	56,5
OtmioIR3	50–62	0,10	82	79,6	57	55,3

\*W stosunku do Na ogółem; related to total Na

Istnieją poglądy, że zbiorowiska zielne mają zdolność uzupełniania deficytu potasu sodem [Okruszko 1991]. W analizowanych glebach zarówno w murszach, jak i torfach ilości sodu ogólnego oraz jego form są porównywalne do potasu (tab. 5). Zawartość ogólnego sodu zamyka się w przedziale 0,08–0,15 g·kg<sup>-1</sup>. Około 1/2 do 3/4 jego zawartości występuje jako związki mineralne w formie rozpuszczalnej, a prawie 50% jest zasorbowane przez kompleks sorpcyjny w formie wymiennej.

Związkom żelaza w glebach organicznych poświęcono stosunkowo dużo miejsca w literaturze, mimo że pierwiastek ten zajmuje jedno z ostatnich miejsc w obiegu biologicznym [Piaścik 1977; Czerwiński, Kaczorek 1996]. Zwrócono uwagę, że pierwiastek ten pochodzi z mineralizacji torfu i w dużych ilościach jest także wytrącany z wód gruntowych. W strefie murszenia, dzięki okresowo panującym warunkom aerobowym, związki Fe<sup>+2</sup> dostarczane przez wody ulegają oksydacji do Fe<sup>+3</sup> i wytrącają się najczęściej w formie wodorotlenków. Wraz ze wzrostem ilości tlenu rozpuszczalność



TABELA 6. Zawartość w glebach fosforu oraz żelaza ogółem i rozpuszczalnego  
 TABLE 6. Total and soluble iron and phosphorus content in soil

Poziom genet. Genetic horizon	Głębokość [cm]	P og. Total P	P rozpuszczalny P soluble		Fe og. Total Fe	Fe rozpuszczalne Fe soluble	
		g · kg <sup>-1</sup>	mg · kg <sup>-1</sup>	% P*	Mg · kg <sup>-1</sup>	% Fe*	
Gleba torfowo-murszowa słabo zmurszała, głęboka (MtI ba) – okresowo podmokła Peat-muck soil weakly transformed, deep (MtI ba) – temporarily wet							
M1	0–14	1,92	372	19,4	22 610	11 045	48,8
M2	14–24	2,58	352	13,6	33 080	15 103	45,6
OtniszR2	24–50	0,43	176	40,9	10 750	5 340	49,7
OtniszR2	50–85	0,40	88	22,0	9 940	4 500	45,3
OtnituR1	85–120	0,43	88	20,5	9 960	7 467	74,9
Gleba torfowo-murszowa średnio zmurszała, głęboka (MtII bb) – okresowo przesychnająca Peat-muck soil medium transformed, deep (MtII bb) – temporarily drying							
M1	0–9	4,38	445	10,1	94 260	28 303	30,0
M2	9–22	5,49	581	10,6	39 918	34 020	85,2
M3	22–31	5,36	536	10,0	21 130	16 523	78,2
OtniszR2	31–48	2,12	403	19,0	16 000	13 723	85,7
OtniszR2	48–120	0,51	228	44,7	12 830	8 185	63,8
Gleba torfowo-murszowa silnie zmurszała, płytka (MtIII c1) – okresowo za sucha Peat-muck soil strongly transformed, shallow (MtIII c1) – temporarily too dry							
M1	0–10	2,84	366	12,9	26 680	6 780	25,4
M2	10–16	2,50	276	11,0	27 170	5 973	21,9
M3	16–34	2,42	312	12,9	29 500	5 538	18,8
OtniolR3	34–50	0,78	312	40,0	11 300	6 118	54,1
OtniolR3	50–62	0,74	312	42,1	6 850	4 776	69,7

\*W stosunku do P lub Fe ogółem; related to total P and Fe

wodorotlenków spada, a w miarę jego zmniejszania wytrącają się wodorotlenki żelaza w pierwszej kolejności. Szybkość tych reakcji jest tym większa, im mniejsza jest kwasowość gleby. Stąd w płytce odwodnionych glebach murszowych o podsiąkowym typie gospodarki wodnej związki żelaza wędrują od dołu ku górze, a przeciwnie w głąb profilu glebowego w głęboko odwodnionych glebach murszowych, przy przemysłowym typie gospodarki wodnej [Piaścik, Bieniek 2001]. W glebach analizowanego obiektu Siódmak, żelaza jest wyjątkowo dużo, a zwłaszcza w murszach właściwych średnio zmurszałych gleb torfowo-murszowych (tab. 6). Widocznie istniejące w tych profilach stosunki wilgotnościowe określone jako okresowo przesychnające bardziej sprzyjają oksydacji związków żelaza, a w mniejszym stopniu redukcji. Nie bez znaczenia jest także ich kwaśny odczyn (tab. 1). Ogólnego żelaza w torfach jest 2–3-krotnie mniej, z wyraźną tendencją zmniejszania się jego zawartości w głąb profilu. Prawie 2/3 żelaza ogólnego w torfach, a tylko 1/3 w murszach występuje w formie związków rozpusz-

TABELA 7. Zawartość w glebach cynku oraz miedzi, formy ogólne i rozpuszczalne  
TABLE 7. Total and soluble zinc and copper content in soils

Poziom genet. Genetic horizon	Głębokość Depth [cm]	Zn og. Total Zn	Zn rozpuszczalny Zn soluble		Cu og. Total Cu	Cu rozpuszczalny Cu soluble	
		mg · kg <sup>-1</sup>		% Zn*	mg · kg <sup>-1</sup>		% Cu*
Gleba torfowo-murszowa słabo zmurszała, głęboka (MtlI ba) – okresowo podmokła Peat-muck soil, weakly transformed, deep (MtlI ba) – temporarily wet							
M1	0–14	11,8	5,6	47,5	5,5	0,6	10,9
M2	14–24	23,1	11,7	50,6	7,1	0,6	8,4
OtniszR2	24–50	6,0	1,5	25,0	7,9	0,1	1,3
OtniszR2	50–85	4,0	2,4	60,0	5,1	0,1	2,0
OtnituR1	85–120	9,1	3,3	36,3	3,3	0,1	3,0
Gleba torfowo-murszowa średnio zmurszała, głęboka (MtlII bb) – okresowo przesuszająca Peat-muck soil medium transformed, deep (MtlII bb) – temporarily drying							
M1	0–9	37,3	13,3	35,6	7,5	1,2	16,0
M2	9–22	24,7	7,8	31,6	5,9	0,6	10,2
M3	22–31	14,6	5,0	34,2	5,9	0,4	6,8
OtniszR2	31–48	6,7	2,9	43,3	3,7	0,2	5,4
OtniszR2	48–120	14,3	2,2	15,4	3,5	0,2	5,7
Gleba torfowo-murszowa silnie zmurszała, płytka (MtlIII c1) – okresowo za sucha Peat-muck soil strongly transformed, shallow (MtlIII c1) – temporarily too dry							
M1	0–10	61,0	16,8	27,5	14,9	2,6	17,4
M2	10–16	62,8	16,3	26,0	13,1	1,7	13,0
M3	16–34	35,9	9,0	25,1	12,5	1,3	10,4
OtnioIR3	34–50	12,9	4,4	34,1	10,1	0,6	5,9
OtnioIR3	50–62	11,8	4,5	38,1	9,8	1,2	12,2

\*W stosunku do Zn lub Cu ogółem ; related to total Zn and Cu

czalnych. Stosunkowo mała rozpuszczalność związków żelaza w poziomach murszowych obniża ich zdolności sorpcyjne wobec fosforu i może on występować w formie dostępnej dla roślin.

Zawartość fosforu ogólnego w poziomach powierzchniowych gleb murszowych zawiera się w granicach 900–1800 kg·ha<sup>-1</sup>, co stanowi około połowę ilości, która znajduje się w glebach mineralnych. Większość fosforu związana jest w substancji organicznej gleby, a w procesie jej mineralizacji uruchamiane są formy dostępne dla roślin. Znane są przy tym torfowiska, w których wytrącają się znaczne ilości związków fosforowo-żelazowych z przepływających wód gruntowych i rzecznych, a najbardziej znaną ich formą jest wiwianit [Okruszko, Churska 1988; Okruszko 1991]. W analizowanych glebach obiektu Siódmak, zawartość ogólnego fosforu występuje w granicach 0,40–5,49 g·kg<sup>-1</sup> i jest 3–5-krotnie większa w murszach niż w torfach (tab. 6). Zasobniejsze w ogólny fosfor są przy tym bardziej przeobrażone mursze

właściwe w porównaniu z murszami torfiastymi, a podobne zależności występują w torfach różniących się stopniem rozkładu. Fosfor w formie rozpuszczalnej w murszach stanowi 10,0–19,4% fosforu ogólnego, a w torfach jest go więcej, bo dochodzi do 44,7%. W ocenie zasobności [Sapek, Sapek 1997] w badanych murszach torfiastych i właściwych występuje wysoka zawartość rozpuszczalnego fosforu przyswajalnego dla roślin. Przypuszczalnie wynika to z dużego udziału żelaza skompleksowanego ze związkami humusowymi, co obniża jego zdolności sorpcyjne wobec fosforu. Dlatego w poziomach murszowych fosfor może występować w formie dostępnej dla roślin, nawet w warunkach wieloletniego ekstensywnego użytkowania torfowisk.

Gleby organiczne, a szczególnie torfy silnie zhumifikowane mają dużą zdolność wiązania mikroelementów (zwłaszcza miedzi), co prowadzi do ich deficytu dla roślin, mimo znacznej zawartości w glebie. Uważa się, że nawożenie mikroelementami jest zasadne przy intensywnym użytkowaniu gleb torfowych, ale np. przy zawartości ponad 20 mg Cu · kg<sup>-1</sup> niedobory tego składnika nie występują [Okruszko 1991]. Rozpatrywane gleby obiektu Siódmak zawierają niewielkie ilości ogólnego cynku i miedzi odpowiednio 4,0–62,8 i 3,3–12,5 mg · kg<sup>-1</sup> i mniej ich jest w torfach niż w murszach (tab. 7). Mursze właściwe są zasobniejsze w Zn i Cu od murszy torfiastych. W formie rozpuszczalnej występuje prawie 1/2 ogólnego cynku, a miedzi tylko 1,3–12,2% w torfach i 8,4–17,4% w murszach. W ocenie zasobności [Sapek, Sapek 1997] rozpatrywanych murszy torfiastych i właściwych zawartość przyswajalnego dla roślin cynku jest niska, a miedzi bardzo niska, wskazująca na skrajne ubóstwo gleb w ten mikroelement.

## WNIOSKI

1. Na odwodnionym i ekstensywnie użytkowanym obiekcie łąkowym Siódmak występują torfy olesowe, szuwarowe i turzycowiskowe o zróżnicowanym stopniu rozkładu. Przy zbliżonym poziomie zalegania wód gruntowych, stosunki wilgotnościowe tych gleb są odmienne, co wpływa na charakter wytworzonego murszu (torfiasty, właściwy) i stopień zaawansowania procesu murszenia – od słabego do silnego (MtI–MtIII).
2. Stosunki wilgotnościowe w glebach wpływają na mineralizację materii organicznej, której wskaźnikiem jest azot. Ilości azotu mineralnego w glebach słabo zmurszałych, podmokłych są niskie, a w silnie zmurszałych okresowo za suchych – duże.
3. W poziomach gleb murszowych stwierdzono obniżenie pH oraz ubytek ilości wapnia, a zwłaszcza jego formy wymiennej. Dekalcytacja jest bardziej zaawansowana w glebach głębiej odwodnionych i silniej zmurszałych.
4. Ponad 20-letnie ekstensywne użytkowanie łąkowe znacząco wpłynęło na wyczerpanie składników pokarmowych. Niezależnie od panujących warunków wilgotnościowych i stanu zaawansowania procesu murszenia, stwierdzono w tych glebach bardzo niską zawartość przyswajalnego potasu, magnezu, cynku i miedzi.

## LITERATURA

- BIENIEK B., HELIŃSKA A., BIENIEK A., KARWOWSKA J. 2001: Gleby siedlisk hydrogenicznych obiektu Siódmak i ich podatność na procesy degradacyjne. *Mat. Konf. „Kształtowanie środowiska – uwarunkowania przyrodnicze, techniczne i społeczno-ekonomiczne”*. 26–28 czerwiec, UWM Olsztyn: 50–51.
- BIENIEK B., GRABOWSKI K., BIENIEK A. 2004: Mikroelementy w runi zdegradowanych łąk na glebach torfowo-murszowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **502**: 475–481.
- BIENIEK B., PIAŚCIK H. 2005: Różnicowanie się składu chemicznego gleb murszowych na tle warunków geomorfologicznych Pojezierza Mazurskiego. *J. Elementol.* **10**(3): 461–468.
- BIENIEK B., KARWOWSKA J., BIENIEK A. 2006: Morfologia i właściwości fizyczno-wodne odwodnionych i ekstensywnie użytkowanych gleb murszowych na torfowisku „Siódmak”. *Rocz. Glebozn.* **57**(1/2): 59–66.
- CZERWIŃSKI C., KACZOREK D. 1996: Właściwości i typologia gleb wytworzonych z rudy darniowej. *Rocz. Glebozn.* **47** Supl.: 97–101.
- FOTYMA M., MERCIK S. 1995: *Chemia rolna*. PWN, Warszawa: 356 ss.
- GOTKIEWICZ J. 1996: Uwalnianie i przemiany azotu mineralnego w glebach hydrogenicznych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* **440**: 121–129.
- GRZEGORCZYK S., GRABOWSKI K., BIENIEK B. 2000: Zbiorowiska roślinne na zdegradowanych glebach murszowych obiektu Siódmak. *Biul. Nauk. UWM Olszt.* **9**: 171–179.
- OKRUSZKO H. 1988: Zasady podziału gleb hydrogenicznych na rodzaje oraz łączenie rodzajów w kompleksy. *Rocz. Glebozn.* **39**(1): 127–152.
- OKRUSZKO H., CHURSKA C. 1988: Różnicowanie się zasobności gleb łąkowych i siana w składniki mineralne na tle zawartości glebowej substancji organicznej. *Rocz. Nauk Rol.* **F-80**(2/4): 335–353.
- OKRUSZKO H. 1991: Wyniki wieloletniego doświadczenia dotyczącego wpływu użytkowania na glebę torfową. *Wiad. IMUZ* **16**(3): 87–107.
- OKRUSZKO H., GOTKIEWICZ J., SZUNIEWICZ J. 1993: Zmiany zawartości mineralnych składników gleby torfowej pod wpływem wieloletniego użytkowania łąkowego. *Wiad. IMUZ* **17**(3): 139–150.
- PIAŚCIK H. 1977: Przeobrażanie gleb torfowo-murszowych Pojezierza Mazurskiego ze szczególnym uwzględnieniem zmian w zawartości wapnia, żelaza i glinu. *Zesz. Nauk ART Olsztyn, Rolnictwo* **23**: 3–59.
- PIAŚCIK H., BIENIEK B. 2001: Zmiany w zawartości form żelaza powodowane procesem murszenia w warunkach zróżnicowanego odwodnienia. *Rocz. Glebozn.* **52** Supl.: 119–125.
- PIAŚCIK H., GOTKIEWICZ J. 2004: Przeobrażenia odwodnionych gleb torfowych jako przyczyna ich degradacji. *Rocz. Glebozn.* **55**(2): 331–338.
- SAPEK A., GOTKIEWICZ J. 1977: Rozmieszczenie składników mineralnych w profilach gleby torfowej z obiektu Kuwasy różnie użytkowanej i nawożonej. *Rocz. Nauk Rol.* **F-79**(3): 113–132.
- SAPEK A., SAPEK B. 1997: Metody analizy chemicznej gleb organicznych. *Mat. Instr. IMUZ Falenty* **115**: 81 ss.

Prof. dr hab. Bolesław Bieniek  
Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb UWM  
10-727 Olsztyn, Plac Łódzki 3  
e-mail: boleslaw.bieniek@uwm.edu.pl