

ZASOBNOŚĆ W FOSFOR GLEB UŻYTKÓW ZIELONYCH DOLINY LIWCA NA WYSOCZYŹNIE SIEDLECKIEJ

Dorota KALEMBASA, Marcin BECHER

Akademia Podlaska w Siedlcach, Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolnej

Słowa kluczowe: dolina Liwca, gleby użytków zielonych, fosfor

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań zawartości fosforu ogólnego oraz oznaczonego w wyciągu glebowym, ekstrahowanym $0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ HCl (fosfor rozpuszczalny), w poziomach genetycznych 33 gleb (hydrogeniczných i napływowych) trwałych użytków zielonych, zlokalizowanych w dolinie rzeki Liwiec na Wysoczyźnie Siedleckiej. Stwierdzono zróżnicowanie fizykochemicznych i chemicznych właściwości poszczególnych typów i poziomów genetycznych badanych gleb, w tym zawartości fosforu ogólnego i rozpuszczalnego. Najbardziej zasobne w fosfor ogólny były poziomy genetyczne z morfologicznie wyróżnioną akumulacją żelaza. Ilość i udział rozpuszczalnych form fosforu zależały głównie od ogólnej zawartości fosforu w badanych glebach. Proces murszenia istotnie przyczynił się do zwiększenia zawartości fosforu ogólnego i rozpuszczalnego w masie gleby. Materiał glebowy z poziomów obejmujących rizosferę w większości przypadków zawierał dużo i bardzo dużo fosforu rozpuszczalnego.

WSTĘP

W glebach położonych w dolinach rzecznych następuje uwalnianie, wynoszenie z biomasą oraz wymywanie (rozpuszczalne fosforany) znacznych ilości fosforu do wód powierzchniowych. Niewłaściwe stosunki wodne oraz niewłaściwe użytkowanie tych gleb mogą wywołać niekorzystne procesy, w wyniku których może nastąpić fizyczna i chemiczna degradacja tych gleb. Fosfor jest składnikiem, decy-

dującym o żyzności ekosystemów. W glebach występuje on głównie w formach organicznych (fityna, kwasy nukleinowe, fosfolipidy) oraz w niewielkich ilościach w formach mineralnych (minerały, jony). W glebach organicznych fosfor w połączeniach organicznych może stanowić 50–90% jego całkowitej zawartości, przy czym w warunkach intensywnej mineralizacji ilość ta może się zmniejszać o 1–2% rocznie [OKRUSZKO, 1991; SAPEK, 2007; 2008]. Połączenia organiczne fosforu w resztkach roślinnych i zwierzęcych mogą ulegać szybkiej mineralizacji, a zawarte w próchnicy – wolniej. W glebach użytkowanych łąkowo 18–101 kg P·ha⁻¹ (ok. 14% P organicznego) występuje w żywej biomasy mikroorganizmów glebowych [SAPEK, 2002]. Pewna ilość fosforu w glebie jest związana z próchnicą, z której część jest bardzo odporna na mineralizację. Przeważająca część fosforu w glebie wiąże się z kationami metali 2- i 3-wartościowych (wapnia, magnezu, żelaza, glinu, manganu) w związku trudno rozpuszczalne (uwstecznianie fosforu). To łączenie się przebiega tym szybciej, im kwaśniejsza jest gleba. Fosfor przemieszcza się w glebach bardzo słabo. Wymywanie jest nieco większe m.in. w glebach zawierających duże ilości materii organicznej. Uwalnianie fosforu z połączeń organicznych oraz wiązanie przez materię organiczną (immobilizacja) zależy od stosunku C:P w resztkach roślinnych i glebie. Jeśli jest on szeroki (>300), to fosfor jest wiązany, jeśli węższy (150–200:1), to następuje jego uruchamianie. Im mniej fosforu jest w glebie, tym większe jest prawdopodobieństwo jego unieruchamiania w połączeniach organicznych.

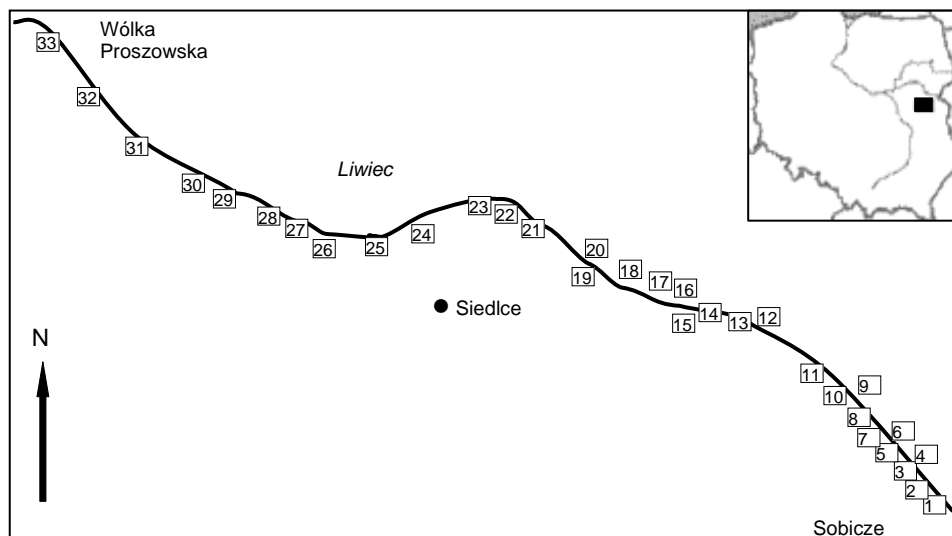
Gleby pobagiennie w dolinie rzeki Liwiec występują głównie na terenach powtopiskowych, na których warunki anaerobowe determinowały proces bagienny i sedimentację torfu (turzycowiskowego, trzcinowego i olesowego), a jednocześnie ciek miał sedimentacyjny wpływ [DEMBEK, PIÓRKOWSKI, RYCHARSKI, 2000; KALEMBASA i in., 2006]. Zmiana reżimu wodnego i użytkowanie rolnicze badanych gleb spowodowały przejście tych gleb w fazę decesji i najczęściej średnie (MtII) ich zmruszenie.

Celem pracy jest ocena zmian zawartości fosforu ogólnego oraz oznaczonego w wyciągu glebowym ekstrahowanym 0,5 mol·dm⁻³ HCl (fosfor rozpuszczalny), w profilach 33 gleb trwałych użytków zielonych, położonych w dolinie rzeki Liwiec na Wysoczyźnie Siedleckiej, na tle wybranych właściwości fizykochemicznych tych gleb.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania prowadzono na glebach trwałych użytków zielonych (użytkowanych kośnie) na pierwszym tarasie zalewowym rzeki Liwiec, na Wysoczyźnie Siedleckiej. Teren ten stanowi główny obszar mokradłowy (o charakterze soligenicznofluwogenicznym) Wysoczyzny Siedleckiej [DEMBEK, 2000]. W latach 2005–2008 (w miesiącach jesiennych po ostatnim zbiorze siana) wykonano 33 odkrywki gle-

bowe (19 gleb torfowo-murszowych, 8 gleb murszowatych, 6 mąd rzecznych), poczynszyszy od terenów przy źródle Liwca (miejscowość Sobicze N: 52°5'26", E: 22°38'49") do biegu środkowego doliny na granicy Wysoczyzny z Obniżeniem Węgrowskim (miejscowość Wólka Proszowska N: 52°16'20", E: 22°4'16") (rys. 1).



Rys. 1. Lokalizacja odkrywek glebowych w dolinie Liwca na Wysoczyźnie Siedleckiej (torfowo-murszowe: 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 25, 26; murszaste: 1, 3, 4, 15, 21, 24, 27, 28; mady: 23, 29, 30, 31, 32, 33)

Fig. 1. Location of soil pits in the Liwiec River valley on Siedlce Upland (peat-muck 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 25, 26; mucky 1, 3, 4, 15, 21, 24, 27, 28; alluvial soils 23, 29, 30, 31, 32, 33)

Odkrywki glebowe wykonywano do głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej (tj. 85–120 cm p.p.t.). Badaniami laboratoryjnymi objęto próbki gleb pobrane z morfologicznie wyróżnionych poziomów genetycznych (w sumie 171). Podstawowe właściwości gleb oznaczono metodami, stosowanymi w badaniach gleb organicznych [SAPEK, SAPEK, 1997]. Zawartość węgla ogólnego (C_{og}) i azotu ogólnego (N_{og}) oznaczono za pomocą autoanalyzera analizy elementarnej Series II 2400, firmy Perkin Elmer, z detektorem przewodności cieplnej (TCD) i acetanilidem jako materiałem wzorcowym. Zawartość ogólną fosforu (P_{og}) oraz Ca, Mg, Fe, Al i Mn oznaczono za pomocą spektrofotometru emisyjnego (ICP-AES), firmy Perkin Elmer (po mineralizacji w temp. 500°C i rozтворzeniu popiołu w 20-procentowym HCl). Formy rozpuszczalne fosforu (P_{roz}), używane do wyceny zawartości składników nawozowych i stanowiące podstawę ustalenia potrzeb nawożenia, wydzielono z poszczególnych poziomów badanych gleb w wyniku ekstrakcji 0,5 mol HCl·dm⁻³ [SAPEK, SAPEK, 1997].

Badania laboratoryjne prowadzono w trzech powtórzeniach. Obliczono współczynniki korelacji między zawartością P_{og} , P_{roz} a wybranymi właściwościami gleb.

OMÓWIENIE I Dyskusja Wyników

W toku badań terenowych stwierdzono dużą zmienność glebową, będącą efektem różnych procesów glebotwórczych związanych głównie z ukształtowaniem terenu, wpływem wód gruntowych i oddziaływaniem akumulacyjnym rzeki (tab. 1, 2).

Gleby hydrogeniczne przeważały wśród badanych obiektów. Reprezentowały je pobagienne gleby torfowo-murszowe (głównie płytkie i średnio głębokie) oraz

Tabela 1. Wybrane właściwości badanych gleb

Table 1. Some properties of analysed soils

Poziom genetyczny Genetic horizon	Wartość Value	Popiół surowy Ash %	pH _{KCl}	Ca	Mg	Fe	Al	Mn	Frakcja <0,02 mm, % Fraction <0.02 mm, %
				g·kg ⁻¹					
Gleby torfowo-murszowe, liczba profili $n = 19$ Peat-muck soils, number of profiles $n = 19$									
M _t	min	20,2 ^a	4,74	14,3	0,32	7,97	2,00	0,058	n.o.
	max	30,3 ^b	6,42	40,6	0,94	20,8	5,76	1,21	
M _{t(ox)}	min	45,9	6,11	17,3	1,25	41,9	7,89	1,38	n.o.
	max	55,0	6,49	22,6	4,16	61,3	22,1	4,53	
O _{mi}	min	6,36	5,04	14,6	0,30	3,68	1,51	0,039	n.o.
	max	54,9	7,20	37,7	1,17	15,1	5,34	0,295	
O _{mi(ox)}	min	46,3	5,86	13,8	0,81	33,0	2,36	1,91	n.o.
	max	55,0	6,22	72,4	1,30	41,6	6,80	9,12	
D	min	n.o.	5,65	0,68	0,24	1,13	1,02	0,011	3
	max		8,07	17,8	5,21	10,7	10,6	0,813	42
Gleby murszowate, liczba profili $n = 8$ Mucky soils, number of profiles $n = 8$									
AOM, AM	min	29,0	5,59	5,47	0,49	4,90	1,91	0,045	n.o.
	max	88,0	7,25	35,3	1,70	24,4	11,7	1,12	
D, DG, C	min	n.o.	6,65	0,78	0,31	0,461	1,01	0,012	5
	max		8,14	327	9,40	13,1	6,03	0,394	38
Mady rzeczne, liczba profili $n = 6$ Alluvial soils, number of profiles $n = 6$									
A	min	n.o.	4,84	1,25	0,31	5,69	1,99	0,296	12
	max		6,66	9,73	1,17	22,4	6,99	3,74	33
C, C _(ox) , CG	min	n.o.	5,63	0,34	0,13	0,695	0,743	0,066	3
	max		6,91	5,36	0,79	19,1	3,12	1,64	23

Objaśnienia: n.o. – nie badano; M_t, M_{t(ox)}, O_{mi}, O_{mi(ox)}, D, AOM, AM, DG, C, A, C_(ox), CG – poziomy genetyczny gleb wg oznaczeń stosowanych w Systematyce... [1989].

Explanations: n.o. – not determined; M_t, M_{t(ox)}, O_{mi}, O_{mi(ox)}, D, AOM, AM, DG, C, A, C_(ox), CG – soil genetic horizons according to the terminology applied in Systematyka... [1989].

Tabela 2. Wybrane właściwości badanych gleb oraz zawartość fosforu ogólnego (P_{og}) i w wyciągu $0,5 \text{ mol HCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ (P_{roz}) (wartości średnie i zakres) w analizowanych glebach**Table 2.** Some properties of analysed soils and the content of total phosphorus (P_{og}) and phosphorus in $0.5 \text{ M HCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ soil extract (P_{roz}) (mean values and range)

Poziom genetyczny Genetic horizon	C_{og} $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	$C_{og} : N_{og}$	$C_{og} : P_{og}$	P_{og} $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	P_{roz} $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	Udział P_{roz} w P_{og} , % Contribution of P_{roz} to P_{og} , %
Gleby torfowo-murszowe, liczba profili $n = 19$				Peat-muck soils, number of profiles $n = 19$		
M_t	<u>315</u> 246–374	<u>10.9</u> 8,73–12,3	<u>258</u> 131–422	<u>1,36</u> 0,770–2,69	<u>0,364</u> 0,152–0,980	<u>26,2</u> 10,5–36,4
$M_{t(ox)}$	<u>156</u> 183–224	<u>11,3</u> 10,9–11,9	<u>40,7</u> 27,2–49,7	<u>4,69</u> 3,38–5,73	<u>2,27</u> 1,73–2,95	<u>48,6</u> 43,0–51,4
O_{mi}	<u>375</u> 206–463	<u>15,3</u> 12,8–20,2	<u>881</u> 335–1433	<u>0,493</u> 0,24–0,95	<u>0,114</u> 0,038–0,277	<u>21,2</u> 7,99–39,0
$O_{mi(ox)}$	<u>222</u> 186–261	<u>12,2</u> 10,8–13,5	<u>47,7</u> 40,2–57,0	<u>4,68</u> 4,44–5,08	<u>2,71</u> 1,81–3,93	<u>57,2</u> 40,7–77,4
D	<u>9,63</u> 1,60–17,1	<u>15,9</u> 2,16–33,0	<u>32,4</u> 11,7–52,1	<u>0,387</u> 0,080–1,46	<u>0,291</u> 0,074–1,03	<u>82,0</u> 70,7–92,9
Gleby murszowate, liczba profili $n = 8$				Mucky soils, number of profiles $n = 8$		
AOM, AM	<u>192</u> 54,3–305	<u>10,1</u> 5,36–13,3	<u>216</u> 112–356	<u>0,95</u> 0,240–2,13	<u>0,382</u> 0,084–0,97	<u>38,6</u> 31,2–45,6
D, DG, C	<u>10,7</u> 1,80–44,3	<u>13,5</u> 1,26–33,0	<u>55,3</u> 3,96–193	<u>0,231</u> 0,050–0,530	<u>0,185</u> 0,028–0,475	<u>76,8</u> 49,6–94,1
Mady rzeczne, liczba profili $n = 6$				Alluvial soils, number of profiles $n = 6$		
A	<u>35,1</u> 17,1–46,5	<u>12,1</u> 8,18–26,3	<u>16,8</u> 3,39–32,5	<u>3,36</u> 0,910–5,18	<u>1,88</u> 0,093–3,99	<u>55,9</u> 22,8–76,4
C, $C_{(ox)}$, CG	<u>5,14</u> 0,540–14,0	<u>10,1</u> 2,70–27,5	<u>10,9</u> 2,17–32,0	<u>1,06</u> 0,050–2,83	<u>0,802</u> 0,020–2,63	<u>65,2</u> 24,9–93,8

Objaśnienia: nad kreską podano wartości średnie, pod – zakres, pozostałe jak pod tabelą 1.

Explanations: above line – mean, under line – range, other as in Tab. 1.

gleby murszaste (głównie mineralno-murszowe i murszowate właściwe). Na badanym terenie stwierdzono także występowanie mąd rzecznych (właściwych i próchnicznych).

W badanych glebach torfowo-murszowych stwierdzono typowe dla nich właściwości z wyraźnie modyfikującym wpływem procesu murszenia (mniejsza zawartość C_{og} na skutek mineralizacji materii organicznej i mniejsza wartość C:N [KALEMBASA, BECHER, 2008; OKRUSZKO, 1993]. Zawartość popiołu surowego w poziomach organicznych i mineralno-organicznych badanych gleb wynosiła od 20,2% (w zmurszałym poziomie gleb torfowo-murszowych) do 88,8% (w wierzchnich poziomach gleb murszowatych) (tab. 1). Wartość pH zmieniała się od 4,74 (w powierzchniowym poziomie M_t) do 8,14 (w podścielających skałach mineral-

nych). Zawartość wybranych pierwiastków, które wchodzi w związki z fosforem, układała się w następujący szereg malejący: $Ca > Fe > Al > Mg > Mn$.

W poszczególnych poziomach gleb torfowo-murszowych stwierdzono znaczną zmienność zawartości fosforu ogólnego i rozpuszczalnego. Największą odnotowano w poziomach organicznych z cechami morfologicznymi akumulacji żelaza ($M_{t(ox)}$, $O_{mi(ox)}$). W glebach kwaśnych fosfor występuje głównie w postaci fosforanów żelaza, glinu i manganu, a w zasadowych – fosforanów wapnia. Praktycznie tylko jony dysocjacji pierwszorzędowej H_3PO_4 występują w roztworze glebowym i są dostępne dla roślin [SAPEK, 2002]. URBANIAK i SAPEK [2004] podają, że w glebie torfowo-murszowej w ZDMUZ Biebrza całkowita zawartość fosforu zmniejszała się wraz z głębokością i zależała od stopnia zmurszenia (najwięcej w warstwie darniowej M_1), rodzaju torfu i stopnia jego rozkładu. Akumulację dużej ilości fosforu w poziomach wzbogaconych w Fe, tworzących się w warunkach oksydacyjno-redukcyjnych na styku górnej granicy poziomu wody gruntowej i strefy aeracji, stwierdzili CZERWIŃSKI i KWASOWSKI [2001] oraz KALEMBASA, BECHER i PAKUŁA [2001]. W pozostałych poziomach organicznych (bez morfologicznych oznak akumulacji Fe) większą zawartość P_{og} stwierdzono w poziomach objętych procesem murszenia, w których następuje wtórna akumulacja tego pierwiastka na skutek mineralizacji materii organicznej [BIENIEK, KARWOWSKA, BIENIEK, 2007]. W rezultacie w poziomach murszowych stwierdzono znacznie węższy w porównaniu z torfowymi stosunek $C_{og}:P_{og}$, co jest charakterystyczne dla gleb podlegających procesowi murszenia [KALEMBASA, BECHER, 2008; OKRUSZKO, 1993]. Zawartość fosforu rozpuszczalnego zmieniała się podobnie. Najwięcej tej formy fosforu w jego ogólnej zawartości stwierdzono w poziomach $M_{t(ox)}$ i $O_{mi(ox)}$, – odpowiednio 48,6 i 57,2%. W podłożach mineralnych (D) gleb torfowo-murszowych, w których było znacznie mniej P_{og} (średnio $0,387 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) w stosunku do utworów organicznych wyekstrahowano najwięcej fosforu rozpuszczalnego (70,7–92,9%).

Występowanie gleb murszastych w dolinie Liwca jest prawdopodobnie związane z ewolucją gleb organicznych, w której w konsekwencji procesu murszenia i mineralizacji materii organicznej dochodzi do spłykania (degradacji) gleb organicznych i występowania charakterystycznej sekwencji gleb [Systematyka..., 1989]: torfowo-murszowe → mineralno-murszowe → murszowate właściwe → murszaste.

Na podstawie analizy chemicznej stwierdzono zmienność właściwości poziomów organiczno-mineralnych (AOM, AM), w tym zawartości P_{og} ($0,240\text{--}2,13 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby) oraz P_{roz} ($0,084\text{--}0,97 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Niezależnie od znacznego zróżnicowania ilości P_{og} i P_{roz} , udział form rozpuszczalnych w ogólnej zawartości tego pierwiastka mieścił się w dość wąskim przedziale 31,2–45,6%. Mniejszą zawartość P_{og} ($0,05\text{--}0,53 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) oraz wyraźnie większy udział form rozpuszczalnych (średnio 76,8%) stwierdzono w poziomach zbudowanych z podścielającego te gleby mineralnego materiału glebowego.

Występowanie mad rzecznych, powstałych pod wpływem sedymentacyjnej działalności wody Liwca, jest charakterystyczne dla biegu rzeki poza terenami powypiskowymi, w miejscach przełomu przez moreny czołowe stadiału Warty, a także części Wysoczyzny Siedleckiej, sąsiadującej z Obniżeniem Węgrowskim. Stwierdzono duże zróżnicowanie budowy morfologicznej i właściwości badanych mad, co prawdopodobnie było związane z różnym nasileniem oddziaływania akumulacyjnego rzeki oraz intensywnego rozwoju roślinności łąkowej i akumulacji materii organicznej (w warunkach dużego uwilgotnienia). W badanych madach stwierdzono znaczną akumulację fosforu – zarówno w poziomach próchnicznych, jak i skałach macierzystych, zwłaszcza akumulujących żelazo ($C_{(ox)}$). Zanotowano znaczne zróżnicowanie zawartości fosforu rozpuszczalnego oraz jego udziału w P_{og} (22,8–76,4% w poziomach próchnicznych oraz 24,9–93,8% w skałach macierzystych).

Ze względu na średnią zawartość fosforu ogólnego wyróżnione poziomy genetyczne gleb badanego terenu można ułożyć w następujący szereg malejący: $M_{t(ox)}$, $O_{tini(ox)} > A > M_t > C$, $C_{(ox)}$ CG (mad) $> O_{tini} > AOM, AM > D, DG, C$.

Z materiału glebowego poszczególnych poziomów genetycznych do wyciągu ekstrahowanego $0,5 \text{ mol HCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ przechodziła różna część fosforu. Biorąc pod uwagę zwiększający się udział form rozpuszczalnych fosforu w ogólnej jego zawartości, badane poziomy genetyczne ułożono w następujący szereg: $O_{tini} > M_t > AOM, AM, M_{t(ox)} > A > O_{tini(ox)} > C, C_{(ox)}$ CG (mad) $> D, DG, C$.

Zawartość fosforu rozpuszczalnego może stanowić podstawę wyceny zasobności w ten pierwiastek gleb pod użytkami zielonymi [SAPEK, SAPEK, 1997]. W wierzchnich poziomach badanych gleb organicznych zawartość tej formy fosforu kształtowała się od bardzo małej do bardzo dużej, średnia zawartość była duża. W poziomach murszowych i torfowych, w których następowała akumulacja żelaza, stwierdzono bardzo dużą zawartość fosforu rozpuszczalnego, a w poziomach organicznych poza rizosferą (O_{tini}) – małą i bardzo małą. W wierzchnich poziomach gleb murszowatych i mad rzecznych, zawierających ponad 80% części mineralnych (AOM, AM i A), zanotowano bardzo dużą (średnio) zawartość fosforu rozpuszczalnego.

Analiza statystyczna wykazała wiele istotnych korelacji między zawartością fosforu ogólnego oraz zawartością i udziałem fosforu rozpuszczalnego w ogólnej zawartości tego pierwiastka a wybranymi właściwościami gleb (tab. 3, 4, 5).

W poziomach organicznych gleb torfowo-murszowych stwierdzono istotnie więcej P_{og} i P_{roz} , a także większy udział P_{roz} w P_{og} wraz ze zmniejszaniem się zawartości węgla (pośrednio ubytku materii organicznej) i stosunku $C_{og}:P_{og}$ oraz zwiększaniem się zawartości popiołu surowego. Sugerować to może znaczący wpływ procesu murszenia na akumulację fosforu ogólnego i jego form rozpuszczalnych w $0,5 \text{ mol HCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ w glebie. We wszystkich badanych poziomach genetycznych silne dodatnie związki korelacyjne zanotowano między zawartością fosforu i żelaza oraz zawartością fosforu i manganu (z wyjątkiem mad). Związki kore-

Tabela 3. Współczynniki korelacji między zawartością fosforu ogólnego (P_{og}), fosforu w wyciągu 0,5 mol HCl·dm⁻³ (P_{roz}) i wybranymi właściwościami badanych gleb torfowo-murszowych

Table 3. The coefficients of correlation between the content of total phosphorus (P_{og}), phosphorus in 0.5 M HCl·dm⁻³ soil extract (P_{roz}) and selected properties of analysed peat-muck soils

Parametr Parameter	$M_t, M_{t(ox)}, n = 34$		$O_{tni}, O_{tni(ox)}, n = 42$		D, $n = 19$	
	P_{og}	P_{roz}	P_{og}	P_{roz}	P_{og}	P_{roz}
P_{roz}	0,89*	–	0,96*	–	0,99*	–
C_{og}	-0,69*	-0,71*	-0,65*	-0,65*	0,66*	0,68*
$C_{og} \cdot P_{og}$	-0,88*	-0,83*	-0,79*	-0,73*	-0,46*	-0,45*
$C_{og} \cdot N_{og}$	0,24	0,37*	-0,30*	-0,26	0,42	0,40
pH _{KCl}	0,51*	0,44*	0,22	0,21	-0,12	-0,11
Ca	-0,05	0,26	0,07	0,03	0,09	0,12
Mg	0,56*	0,48*	0,52*	0,38*	-0,07	-0,08
Fe	0,89*	0,82*	0,93*	0,89*	0,72*	0,70*
Al	0,43*	0,32	0,53*	0,45*	-0,22	-0,23
Mn	0,84*	0,71*	0,72*	0,85*	0,97*	0,97*
Popiół surowy	0,84*	0,89*	0,76*	0,73*	n.o.	n.o.
Ash						

Objaśnienia: n – liczba poziomów genetycznych, * – istotne, gdy $\alpha = 0,05$, pozostałe jak pod tabelą 1.

Explanations: n – number of genetic horizons, * – significance at $\alpha = 0,05$, other as in Tab. 1.

Tabela 4. Współczynniki korelacji między zawartością fosforu ogólnego (P_{og}), fosforu w wyciągu 0,5 mol HCl·dm⁻³ (P_{roz}) i wybranymi właściwościami badanych gleb murszastych

Table 4. Coefficients of correlation between the content of total phosphorus (P_{og}), phosphorus in 0.5 M HCl·dm⁻³ soil extract (P_{roz}) and selected properties of analysed mucky soils

Parametr Parameter	AOM, AM, $n = 16$		D, DG, C, $n = 24$	
	P_{og}	P_{roz}	P_{og}	P_{roz}
P_{roz}	0,98*	–	0,98*	–
C_{og}	0,55*	0,45	-0,02	-0,22
$C_{og} \cdot P_{og}$	-0,29	-0,37	-0,27	-0,46*
$C_{og} \cdot N_{og}$	0,43	0,51*	-0,13	-0,14
pH _{KCl}	-0,23	-0,10	0,22	0,34
Ca	0,01	0,00	-0,12	-0,11
Mg	-0,27	-0,28	0,20	0,21
Fe	0,91*	0,85*	0,72*	0,73*
Al	-0,24	-0,26	0,42*	0,35
Mn	0,94*	0,94*	0,88*	0,92*
Popiół surowy Ash	-0,62*	-0,52*	n.o.	n.o.
Fracja <0,02 mm	n.o.	n.o.	0,40*	0,48*
Fraction <0.02 mm				

Objaśnienia: jak pod tabelami 1 i 3.

Explanations: as in Tab. 1 and 3.

Tabela 5. Współczynniki korelacji między zawartością fosforu ogólnego (P_{og}), fosforu w wyciągu 0,5 mol HCl·dm⁻³ (P_{roz}) i wybranymi właściwościami badanych mad rzecznych

Table 5. Coefficients of correlation between the content of total phosphorus (P_{og}), phosphorus in 0.5 M HCl·dm⁻³ soil extract (P_{roz}) and selected properties of analysed alluvial soils

Parametr Parametr	A, n = 10		C, C _(ox) , CG, n = 26	
	P _{og}	P _{roz}	P _{og}	P _{roz}
P _{roz}	0,95*	–	0,99*	–
C _{og}	0,33	0,19	0,80*	0,75*
C _{og} :P _{og}	-0,73*	-0,61	-0,45*	-0,44*
C _{og} :N _{og}	0,69*	0,72*	0,34	0,25
pH _{KCl}	0,04	0,23	-0,04	-0,04
Ca	0,81*	0,76*	0,97*	0,94*
Mg	-0,11	-0,13	0,82*	0,79*
Fe	0,87*	0,75*	0,95*	0,91*
Al	-0,21	-0,35	0,75*	0,71*
Mn	0,05	0,05	0,38*	0,29
Frakcja <0,02 mm	0,40	0,28	0,86*	0,83*
Fraction <0.02 mm				

Objaśnienia: jak pod tabelami 1 i 3.

Explanations: as below Tab. 1 and 3.

lacyjne między zawartością fosforu a zawartością glinu, wapnia i magnezu okazały się znacznie słabsze. Świadczyć to może o decydującym wpływie związków żelaza i manganu oraz mniejszym glinu, wapnia i magnezu na akumulację fosforu w postaci trudno rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych fosforanów. Wartość pH istotnie dodatnio korelowała z zawartością P_{og} i P_{roz} tylko w poziomach murszowych gleb torfowo-murszowych, a zawartość frakcji granulometrycznej <0,02 mm – w poziomach mineralnych gleb murszastych i skał macierzystych mad rzecznych.

WNIOSKI

1. W 33 glebach pobagiennych (organicznych i mineralno-organicznych) oraz napływowych (mineralnych), położonych w dolinie rzeki Liwiec na Wysoczyźnie Siedleckiej, stwierdzono zróżnicowaną zawartość fosforu ogólnego i rozpuszczalnego w 0,5 mol·dm⁻³, w poszczególnych typach i poziomach genetycznych tych gleb. Największą zawartością fosforu wyróżniały się poziomy wzbogacone w Fe, Al i Mn w glebach torfowo-murszowych ($M_{I(ox)}$ i $O_{I(ox)}$) oraz poziomy próchniczne mad rzecznych.

2. Proces murszenia, zwłaszcza w glebach torfowo-murszowych, wpłynął na zwiększenie zawartości fosforu ogólnego i rozpuszczalnego, które zostały zgromadzone głównie w poziomach podpowierzchniowych. W badanych glebach najsil-

niejszą dodatnią korelację stwierdzono między zawartością fosforu i żelaza oraz fosforu i manganu (z wyjątkiem mad).

3. Zawartość fosforu rozpuszczalnego wskazuje, że wierzchnie poziomy analizowanych gleb, obejmujące rizosferę, można zaliczyć do przedziału o wysokiej i bardzo wysokiej zasobności w fosfor.

LITERATURA

- BIENIEK B., KARWOWSKA J., BIENIEK A., 2007. Właściwości chemiczne ekstensywnie użytkowanych gleb murszowych na torfowisku „Siódmiak”. *Roczniki Gleboznawcze* t. 58 z. 1/2 s. 12–23.
- CZERWIŃSKI Z., KWASOWSKI W., 2001. Niektóre właściwości gleb żelazowych w rejonie łomżyńskim. *Roczniki Gleboznawcze* t. 52 supl. s. 41–48.
- DEMBEK W., 2000. Wybrane aspekty zróżnicowania torfowisk w młodo- i staroglacjalnych krajobrazach Polski Wschodniej. Falenty: Wydaw. IMUZ ss. 175.
- DEMBEK W., PIÓRKOWSKI H., RYCHARSKI M., 2000. Mokradła na tle regionalizacji fizycznogeograficznej Polski. *Biblioteczka Wiadomości IMUZ* 97 ss. 135.
- FOTYMA M., FOTYMA E., 2004. Podstawy zróżnicowanego nawożenia fosforem i potasem. W: Diagnostyka gleb i roślin w rolnictwie zrównoważonym. Pr. zbior. Red. S. Kalembasa. Siedlce: Wydaw. AP s. 49–58.
- KALEMBASA D., BECHER M., 2008. Węgiel i azot we frakcjach materii organicznej warstw murszowych i torfowych w dolinie górnego Liwca. *Roczniki Gleboznawcze* t. 59 z. 2 s. 98–103.
- KALEMBASA D., BECHER M., PAKUŁA K., 2001. Gleby z poziomami żelazistymi w dolinie rzeki Liwiec. *Roczniki Gleboznawcze* t. 52 supl. s. 71–78.
- KALEMBASA D., BECHER M., PAKUŁA K., JAREMKO D., 2006. Wybrane właściwości fizykochemiczne i chemiczne gleb torfowo-murszowych w dolinie rzeki Liwiec na Wysoczyźnie Siedleckiej. W: Właściwości fizyczne i chemiczne gleb organicznych. Pr. zbior. Red. T. Brandyk, L. Szajdak, J. Szatyłowicz. Warszawa: Wydaw. SGGW s. 25–32.
- OKRUSZKO H., 1991. Zasady nawożenia gleb torfowych. W: Gospodarowanie na glebach torfowych w świetle 40-letniej działalności Zakładu Doświadczalnego Biebrza. *Biblioteczka Wiadomości IMUZ* nr 77 s. 87–103.
- OKRUSZKO H., 1993. Transformation of fen-peat soils under the impact of drailing. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* z. 406 s. 3–73.
- SAPEK A., 2002. Rozpraszanie fosforu do środowiska – mechanizmy i skutki. *Zeszyty Edukacyjne* 7. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 9-24.
- SAPEK A., 2007. Przyczyny zwiększania się zasobów fosforu w glebach polskich. *Roczniki Gleboznawcze* t. 58 nr 3/4 s. 110–118.
- SAPEK A., 2008. Nawożenie fosforem a jego skutki w środowisku. Artykuł dyskusyjny. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie* t. 8 z. 2b (24) s. 127–137.
- SAPEK A., SAPEK B., 1997. Metody analizy chemicznej gleb organicznych. *Materiały Instruktażowe* 115. Falenty: Wydaw. IMUZ ss. 80.
- Systematyka gleb Polski. 1989. *Roczniki Gleboznawcze* t. 40 z. 3/4 ss. 150.
- URBANIAK M., SAPEK B., 2004. Zmiany we frakcjach fosforu w glebie torfowo-murszowej w zależności od poziomu wody gruntowej. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie* t. 4 z. 2a (11) s. 493–502.

Dorota KALEMBASA, Marcin BECHER

**THE CONTENT OF PHOSPHORUS IN GRASSLAND SOILS
OF THE LIWIEC RIVER VALLEY ON SIEDLCE UPLAND**

Key words: grassland soils, Liwiec River valley, phosphorus

S u m m a r y

The paper presents results of studies on the content of total phosphorus and phosphorus determined in the $0.5 \text{ M} \cdot \text{dm}^{-3}$ HCl soil extract (soluble phosphorus) from the genetic horizons of 33 soils (Histosols and Luvisols) of permanent grasslands located in the Liwiec River valley (Siedlce Upland). Physico-chemical and chemical properties, including total and soluble phosphorus content, differed between individual types and genetic horizons of examined soils. The genetic horizons with morphologically distinguished iron accumulation were richest in total phosphorus. The amount and contribution of soluble phosphorus forms depended mainly on the total phosphorus content in analysed soils. The mucking process significantly increased total and soluble phosphorus content in the soil mass. Soil material from the rhizosphere usually contained large or very large quantities of soluble phosphorus.

Recenzenci:

prof. dr hab. Janusz Gotkiewicz

prof. dr hab. Andrzej Sapek

Praca wpłynęła do Redakcji 27.07.2009 r.