

Żuławy Wiślane są specyficznym regionem o powierzchni 174,2 tys. ha, położonym w delcie Wisły. Gleby tego regionu, znane pod nazwą mad żuławskich, uważane są za jedne z najżyźniejszych i najbardziej urodzajnych w Polsce. Wytworzyły się one z aluwialnych utworów holocenijskich, a na ich rozwój miały wpływ hydrotechniczne zabiegi ze strony człowieka. W rezultacie tych zabiegów wierzchnie warstwy tworzących się gleb były bardziej napowietrzane, co istotnie wpłynęło na morfologię i właściwości gleb oraz kierunek i tempo przebiegu procesów glebotwórczych [Witek 1965; Zimont 1971]. Pod wpływem procesu darniowego osady aluwialne zostały wzbogacone w materię organiczną i przekształcały się w żyzne gleby aluwialne. Warunki siedliskowe gleb delty wiślanej zostały scharakteryzowane przez Piaścika i in. [2000], a właściwości powietrzno-wodne i retencyjne mad przedstawiono w pracy Piaścika i in. [1998]. Aby w pełni wykorzystać potencjalne możliwości produkcyjne mad żuławskich, niezbędne jest rozpoznanie ich zasobności w składniki pokarmowe dla roślin.

Celem niniejszej pracy było określenie całkowitej zawartości fosforu, potasu, wapnia, magnezu, żelaza, glinu i sodu oraz ocena zasobności mad żuławskich w przyswajalne formy fosforu, potasu i magnezu.

METODY

W największych konturach gleb aluwialnych Żuław Wiślanych, wydzielonych na mapach glebowo-rolniczych w skali 1:5 000, w latach 1996–1999 wykonano 43 profile glebowe reprezentowane przez mady właściwe, próchniczne i brunatne. Wytypowane odkrywki glebowe pod względem uziarnienia kwalifikowały się do mad bardzo ciężkich, wytworzonych z iłu, iłu pylastego i gliny ciężkiej (27 profili glebowych), mad ciężkich wytworzonych z pyłu ilastego i gliny średniej (11 profili) oraz mad średnich wytworzonych z pyłu gliniastego i gliny lekkiej (5 profili). Z poszczególnych genetycznych poziomów glebowych i warstw mad pobrano próbki glebowe, w których oznaczono: skład granulometryczny metodą Bouyoucosa-Cassagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego; odczyn w H₂O i 1 mol KCl – potencjometrycznie; zawartość C-organicznego metodą Tiurina; zawartość przyswajalnego P, K – metodą Egnera-Riehma, natomiast Mg metodą Schachtschabela. Całkowitą zawartość makroelementów, po uprzednim spaleniu na mokro w mieszaninie kwasu azotowego i nadchlorowego w stosunku 3:1, oznaczono następującymi metodami: Ca, Mg, Fe, Al – metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej na fotometrze Pye Unicam SP-2900 [Whiteside 1976]; K i Na – metodą fotometrii płomieniowej przy użyciu aparatu

Flapho 4; P – kolorymetrycznie na spektrofotometrze Spekol z zastosowaniem molibdenianu amonowego i odczynnika hydrochinowego.

Wyniki badań zestawiono w tabelach, uwzględniając kategorie agronomiczne gleb [Zalecenia nawozowe. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. IUNG, Puławy 1990]. Wyliczono wartości średnie oraz podano zakres zawartości składników w poziomach próchnicznych – Ap (0–25 cm), poziomach podpróchnicznych (25–50 cm) i warstwie 50–100 cm. Wyniki badań opracowano statystycznie.

WYNIKI

Całkowitą zawartość makroelementów w poziomach próchnicznych (Ap) mad żuławskich można uszeregować następująco: Fe > Al > Ca > Mg > K > P > Na (tab. 1). Największą zawartość tych pierwiastków stwierdzono w madach bardzo ciężkich. Poziomy próchniczne mad Żuław Wiślanych wyróżniały się większą

Tabela 1. Zawartość ogólnych form makroskładników w madach Żuław Wiślanych
Tabele 1. Content of total forms of macroelements in alluvial soils of the Vistula delta

War- stwa Layer cm)	pH		C-org.	P	K	Ca	Mg	Fe	Al	Na
	H ₂ O	KCl	g kg ⁻¹							
Mady bardzo ciężkie Very heavy alluvial soils										
0-25	6,1-7,8	5,1-6,9	<u>32,5*</u> 12,5-81,8	<u>1,1</u> 0,5-1,7	<u>2,8</u> 1,8-3,8	<u>8,5</u> 4,2-18,0	<u>5,3</u> 4,3-6,9	<u>28,3</u> 19,2-49,9	<u>26,0</u> 17,4-36,8	<u>0,2</u> 0,1-0,3
25-50	6,0-8,3	5,1-7,1	<u>21,5</u> 5,5-79,0	<u>0,9</u> 0,2-1,8	<u>2,9</u> 1,0-4,2	<u>8,4</u> 3,6-19,4	<u>5,6</u> 2,0-8,0	<u>30,9</u> 9,5-56,1	<u>28,6</u> 8,0-42,9	<u>0,3</u> 0,1-0,7
50-100	6,7-8,1	5,4-7,1	<u>13,6</u> 7,2-36,0	<u>0,7</u> 0,3-1,3	<u>3,2</u> 0,8-4,8	<u>8,2</u> 4,7-12,2	<u>6,3</u> 1,9-9,7	<u>27,5</u> 9,3-36,6	<u>30,1</u> 6,6-41,1	<u>0,2</u> 0,1-0,5
Mady ciężkie Heavy alluvial solis										
0-25	6,0-7,4	5,3-6,6	<u>18,9</u> 10,7-32,3	<u>1,0</u> 0,7-1,4	<u>2,3</u> 1,8-2,7	<u>4,7</u> 3,4-7,6	<u>3,9</u> 3,6-4,0	<u>19,2</u> 17,0-22,7	<u>17,2</u> 12,7-20,5	<u>0,1</u> 0,1-0,1
25-50	6,2-7,8	5,5-6,9	<u>12,2</u> 8,6-14,6	<u>0,8</u> 0,5-1,3	<u>2,0</u> 1,6-2,8	<u>4,5</u> 3,2-7,1	<u>4,1</u> 3,5-4,6	<u>19,7</u> 18,4-21,9	<u>18,0</u> 12,8-24,6	<u>0,1</u> 0,1-0,2
50-100	7,1-7,7	6,2-6,9	<u>8,1</u> 5,0-12,9	<u>0,8</u> 0,4-1,2	<u>2,3</u> 1,5-3,0	<u>4,7</u> 3,2-7,8	<u>5,1</u> 3,9-6,6	<u>24,1</u> 16,1-35,4	<u>21,7</u> 17,6-34,9	<u>0,2</u> 0,1-0,3
Mady średnie Medium alluvial soils										
0-25	6,1-8,1	4,9-6,8	<u>17,8</u> 13,1-31,6	<u>0,8</u> 0,5-1,1	<u>1,6</u> 1,5-1,7	<u>8,3</u> 2,6-23,7	<u>2,9</u> 1,7-3,9	<u>13,7</u> 12,2-15,3	<u>12,0</u> 10,5-13,2	<u>0,1</u> 0,1-0,2
25-50	6,6-8,3	5,7-7,0	<u>4,0</u> 1,6-7,4	<u>0,3</u> 0,3-0,4	<u>0,9</u> 0,4-1,5	<u>3,2</u> 1,0-5,5	<u>2,1</u> 0,5-4,2	<u>9,5</u> 2,3-14,1	<u>7,9</u> 2,2-14,1	<u>0,1</u> 0,1-0,1
50-100	7,2-8,0	6,4-6,9	<u>4,4</u> 1,0-7,7	<u>0,7</u> 0,2-1,2	<u>1,6</u> 0,7-2,4	<u>3,4</u> 1,6-5,1	<u>2,7</u> 1,6-3,9	<u>11,8</u> 8,9-14,7	<u>9,4</u> 7,2-11,6	<u>0,1</u> 0,1-0,1

* \bar{x} Wartość średnia Mean
min-max Zakres Range

Tabela 2. Współczynnik korelacji między zawartością makroelementów, a niektórymi właściwościami mad oraz między pierwiastkami
 Table 2. Correlation coefficients for the correlation between the content of macroelements and some properties of alluvial soils and between chemical elements

Wyszczególnienie Specification		P	K	Ca	Mg	Fe	Al	Na
Zawartość frakcji o σ Content of fractions of σ mm	0,1-0,02	-0,286**	-0,648**	-0,507**	-0,698**	-0,647**	-0,774**	-0,390**
	< 0,02	0,328**	0,779**	0,461**	0,877**	0,748**	0,881**	0,470**
	< 0,002	0,232*	0,677**	0,404**	0,809**	0,692**	0,886**	0,458**
	C-org.	0,409**	0,356**	0,598**	0,291**	0,404**	0,441**	0,381**
P	1,000							
K	0,482**	1,000						
Ca	0,192	0,412**	1,000					
Mg	0,268*	0,791**	0,555**	1,000				
Fe	0,504**	0,636**	0,497**	0,790**	1,000			
Al	0,399**	0,830**	0,491**	0,847**	0,802**	1,000		
Na	0,078	0,485**	0,474**	0,520**	0,458**	0,603**	1,000	

*Poziom istotności 0,05 Level of significance 0.05

**Poziom istotności 0,01 Level of significance 0.01

zasobnością w ogólny fosfor i wapń niż poziomy głębsze. Zróznicowanie profilowe ogólnego wapnia w madach bardzo ciężkich i ciężkich było niewielkie. Natomiast w poziomach Ap mad średnich zawartość tego makroskładnika była 2,5-krotnie wyższa niż w poziomach głębszych. Zawartość całkowitego potasu, magnezu i glinu w madach bardzo ciężkich i ciężkich najwyższa była w warstwie 50–100 cm. Natomiast w madach średnich największą kumulację tych pierwiastków stwierdzono w poziomach próchnicznych (Ap). Mady żuławskie wykazały wyższą zawartość ogólnego fosforu i magnezu, a niższą potasu w porównaniu z glebami pochodzenia niealuwialnego [Andruszczak, Czuba 1984; Dudka 1992] oraz glebami aluwialnymi rzeki Pasłęki [Rytelewski 1969]. Największą koncentrację ogólnego żelaza stwierdzono w poziomach podpróchnicznych mad bardzo ciężkich i ciężkich, co należy wiązać ze zmiennymi warunkami tlenowymi i dużą intensywnością procesów oksydoredukcyjnych. Mady bardzo ciężkie i ciężkie zawierały około dwukrotnie więcej ogólnego żelaza w porównaniu z glebami pochodzenia pozadolinowego środkowej i północnej Polski [Czarnowska, Gworek 1987]. Gleby aluwialne doliny środkowej Odry wykazywały zbliżoną zawartość ogólnego żelaza [Laskowski 1986]. Ilość całkowitego sodu nie odbiegała od zawartość w pozostałych glebach kraju, a jego rozmieszczenie profilowe było nieregularne. Wyliczone współczynniki korelacji wykazały istotną zależność między ilością frakcji części spławialnych (< 0,02), frakcji iłu koloidalnego (< 0,002) i węgla organicznego a całkowitą zawartością badanych makroelementów (tab. 2).

Tabela 3. Zawartość form przyswajalnych w poziomach próchnicznych (Ap) mad żuławskich
 Tabele 3. Content of available forms in humus horizon (Ap) of alluvial soils of the Vistula delta

Gleby Soils	P	K	Mg
	mg kg ⁻¹		
Mady bardzo ciężkie Very heavy alluvial soils	<u>56,4 (s)*</u> 3,5-176,0	<u>121,3 (n)</u> 58,1-356,2	<u>191,2 (bw)</u> 105,0-440,0
Mady ciężkie Heavy alluvial soils	<u>85,8 (w)</u> 49,7-151,4	<u>162,4 (s)</u> 86,3-209,2	<u>165,8 (bw)</u> 90,0-246,0
Mady średnie Medium alluvial soils	<u>59,1 (s)</u> 29,5-103,4	<u>110,4 (s)</u> 70,6-177,6	<u>121,5 (bw)</u> 60,0-225,0

\bar{x} – Wartość średnia Mean

min-max – Zakres Range

*Ocena zasobności form przyswajalnych P, K i Mg Evaluation of available forms of macroelements P, K, Mg; n – zasobność niska low abundance; s – zasobność średnia medium abundance; w – zasobność wysoka high abundance; bw – zasobność bardzo wysoka very high abundance

Tabela 4. Współczynniki korelacji między zawartością składników przyswajalnych, a zawartością próchnicy, frakcji pyłu, części splawialnych i ilu koloidalnego w poziomach próchnicznych (Ap) mad żuławskich

Tabele 4. Correlation coefficients between available forms of components and organic C content, silt fraction, floating fraction and clay fraction in humus horizon (Ap) of alluvial soils of the Vistula delta

Wyszczególnienie Specification	C-org.	Zawartość frakcji o ϕ w mm Content of fraction ϕ mm		
		0,1-0,02	<0,02	<0,002
Mady bardzo ciężkie Very heavy alluvial soils, n=27				
P	-0,343	0,352	-0,399*	-0,222
K	-0,394*	0,094	-0,092	0,181
Mg	0,154	-0,124	0,115	0,001
Mady ciężkie Heavy alluvial soils, n=11				
P	-0,157	0,001	0,034	0,154
K	-0,455	-0,030	-0,093	-0,544
Mg	0,605*	-0,170	0,257	0,536
Mady średnie Medium alluvial soils, n=5				
P	0,931*	-0,798	-0,466	0,717
K	0,904*	-0,666	-0,553	0,320
Mg	-0,352	0,547	0,536	-0,640

*Istotność 0,05 Significance 0.05

**Istotność 0,01 Significance 0.01

Według liczb granicznych zasobność mad w przyswajalny magnez była bardzo wysoka (tab. 3). Zawartość przyswajalnego magnezu w madach ciężkich była istotnie skorelowana z ilością C-organicznego (tab. 4). Najwyższą zawartość przyswajalnego fosforu (zasobność wysoka) i potasu (zasobność średnia)

stwierdzono w madach ciężkich. W madach średnich ilość przyswajalnego potasu i fosforu kwalifikowała się do średniej zasobności. Mady bardzo ciężkie wykazywały średnią zasobność w przyswajalny fosfor, a niską w potas. W madach średnich zawartość przyswajalnego fosforu i potasu była istotnie dodatnio skorelowana z ilością węgla organicznego (tab. 4). Zbliżoną zawartość przyswajalnego potasu, a niższą fosforu w swoich badaniach nad madami żuławskimi uzyskali Zimont [1971] oraz Nowak i Nipanicz [1967]. W madach żuławskich udział przyswajalnego fosforu, potasu i magnezu w stosunku do całkowitej zawartości tych pierwiastków nie przekraczał 10%. W madach bardzo ciężkich średni udział przyswajalnego potasu w stosunku do ilości całkowitej był niski i kształtował się na poziomie 4,3%, a fosforu 5,1%. Ilości te były około 1,5-krotnie niższe niż w madach ciężkich i średnich.

WNIOSKI

1. Najwyższą zawartość makroskładników stwierdzono w madach bardzo ciężkich, a ich szereg ilościowy w badanych madach przedstawia się następująco: $Fe > Al > Ca > Mg > K > P > Na$.

2. Całkowita zawartość badanych makroskładników wykazywała dodatnią korelację z ilością frakcji części spławialnych, łu koloidalnego i węgla organicznego.

3. Stwierdzono bardzo wysoką zasobność mad żuławskich w przyswajalny magnez. Zawartość przyswajalnego fosforu w madach ciężkich kwalifikowała się do wysokiej, a w madach bardzo ciężkich i średnich do zasobności średniej. Zasobność mad bardzo ciężkich w przyswajalny potas była niska, a pozostałych mad średnia.

4. Udział form przyswajalnych fosforu, potasu i magnezu w stosunku do ich zawartości całkowitej nie przekraczał 10%. W madach bardzo ciężkich przyswajalność tych składników była 1,5-krotnie mniejsza niż w madach ciężkich i średnich.

PIŚMIENICTWO

- Andruszczak E., Czuba R. 1984. Wstępna charakterystyka całkowitej zawartości makro- i mikro-pierwiastków w glebach Polski. *Rocz. Gleb.* 35, 2, 61–78.
- Dudka S. 1992. Ocena całkowitej zawartości pierwiastków głównych i śladowych w powierzchniowej warstwie gleb Polski. *IUNG, Puławy*, 5–48.
- Czarnowska K., Gworek B. 1987. Metale ciężkie w niektórych glebach środkowej i północnej Polski. *Rocz. Gleb.* 38, 3, 41–57.

- Laskowski S. 1986. Powstawanie i rozwój oraz właściwości gleb aluwialnych doliny środkowej Odry. Zesz. Nauk., AR Wrocław, Rozprawy 56.
- Nowak J., Nipanicz A. 1967. Ocena i zasobność gleb Żuław Wiślanych. Roczn. Gleb. 18, 1, 247–265.
- Piaścik H., Orzechowski M., Smółczyński S. 1998. Air, water and retaining properties of alluvial soils in delta landscape. Polish J. Soil Sci. 31, 2, 9–14.
- Piaścik H., Orzechowski M., Smółczyński S. 2000. Siedliska glebowe delty wiślanej. Roczn. AR w Poznaniu 317, Rolnictwo 56, 115–124.
- Rytelewski J. 1969. Właściwości fizyczne i chemiczne mad przy ujściu rzeki Pasłęki. Zesz. Nauk. WSR w Olsztynie 25, 3, 653–670.
- Witek T. 1965. Gleby Żuław Wiślanych. Pam. Puł. 18, 157–266.
- Whiteside P.J. 1976. Pye Unicam, Atomic Absorption Date Book. Secoend Edition. Cambridge, England.
- Zalecenia nawozowe. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. IUNG. Puławy, 1990.
- Zimont H. 1971. Rola substancji organicznej w kształtowaniu zyzności mad żuławskich. WSR Szczecin, Rozprawy 22.

