

Agnieszka Wysocka-Czubaszek¹

OCENA WŁAŚCIWOŚCI GLEB DELUWIALNYCH POŁOŻONYCH W DOLINIE NARWI

Streszczenie. Gleby deluwialne powstawały i kształtują się współcześnie w obniżeniach, a także w przykrawędziowej strefie dolin, głównie w wyniku erozji uprawowej i erozji wodnej. Celem badań było określenie właściwości fizyko-chemicznych, w tym zawartości łatwo rozpuszczalnych form azotu i fosforu w zależności od rodzaju uprawianych roślin, w powierzchniowej warstwie gleb uprawnych zlokalizowanych u podnóży zboczy doliny. Zawartość azotu azotanowego wiosną wynosiła od 2,59 do 33,35 mg·kg⁻¹, przy czym była ona wyższa w glebach pod roślinami okopowymi. Po zbiorach zawartość azotu azotanowego spadła do 2,56–8,45 mg·kg⁻¹. Zawartość azotu amonowego w badanych glebach wyniosła wiosną od 15,77 do 33,66 mg·kg⁻¹. Po zbiorach w glebach z trzech obiektów zawartość tej formy azotu spadła, w dwóch wzrosła a w pozostałych była podobna. Zawartość fosforu fosforanowego w powierzchniowej warstwie badanych gleb wynosiła wiosną od 2,82 do 6,43 mg·kg⁻¹. Stwierdzono, że zawartość tego pierwiastka w pięciu glebach zmniejszyła się po zbiorach w porównaniu z zawartością w okresie wiosennym, w jednej glebie zawartość P-PO₄³⁻ w obu terminach poboru próbek była podobna, natomiast w dwóch glebach zaobserwowano jego wzrost. Położenie gleb w przykrawędzowej strefie doliny powoduje, że są one narażone na zalewy wiosenne, zwłaszcza tam, gdzie rzeka podcina wysoczyznę, a przemywanie osadów deluwialnych wodami spływającymi po stoku powoduje przedostawanie się składników łatwo rozpuszczalnych do wód gruntowych, które mogą docierać do torfowisk położonych w dolinie a także do samej rzeki.

Słowa kluczowe: osady deluwialne, azot, fosfor, dolina Narwi.

WSTĘP

Gleby deluwialne powstawały i kształtują się współcześnie głównie w wyniku erozji uprawowej i erozji wodnej. Obecnie uważa się, że wzdłużstokowa uprawa roli, nawet na zboczach o niewielkim nachyleniu, sprzyja erozji uprawowej, która może mieć dominujące znaczenie w przemieszczaniu materiału glebowego na obszarach o łagodnym urzeźbieniu i przyczyniać się do powstawania gleb deluwialnych [Papiernik i in. 2007]. Gleby te powstają w obniżeniach, a także w przykrawędziowej strefie dolin rzecznych. Zazwyczaj charakteryzują się one lepszymi właściwościami chemicznymi i fizyko-chemicznymi niż gleby położone na wierzchołkach lub na stokach. W poziomach

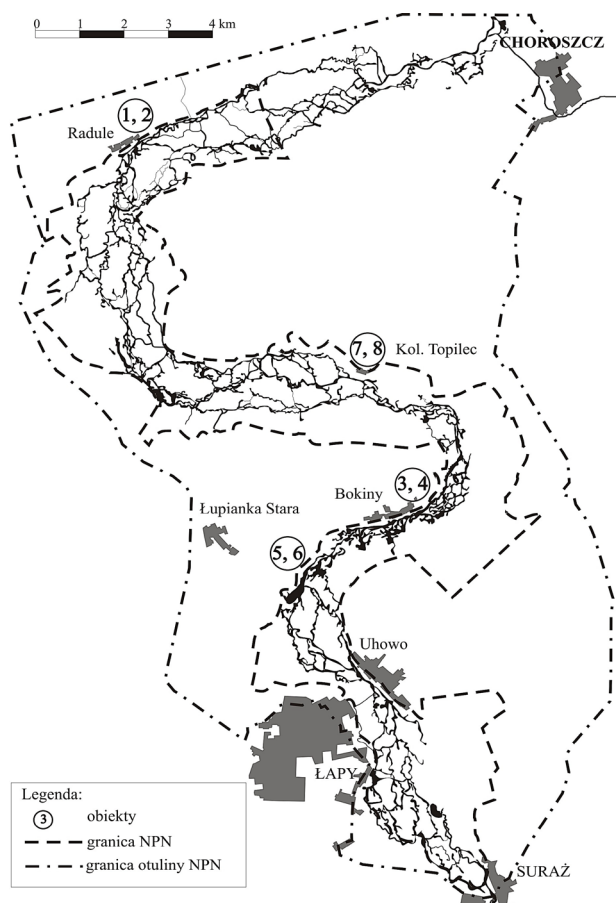
¹ Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok, e-mail: a.wysocka@pb.edu.pl

deluwialnych często zawartość węgla organicznego oraz ogólnych form składników pokarmowych jest większa, wzrasta również kationowa pojemność wymienna a odczyn jest mniej kwaśny [Bieniek 2001, Koćmit 1988, Sowiński i in. 2004]. Te cechy gleb deluwialnych stanowią o ich ważnej roli jako barier biogeochemicznych w krajobrazie rolniczym na obszarach młodoglacjalnych [Sowiński i in. 2004]. Jednakże Koćmit [1988] podkreśla, że zasobność materiału deluwialnego w składniki chemiczne podatne na migrację jest często jedynie zbliżona a niekiedy niższa w porównaniu do gleb położonych na zboczu, co można wiązać z przemywaniem osadów deluwialnych. Roy [2001] również wskazuje na migrację do wód powierzchniowych łatwo rozpuszczalnych form fosforu w wyniku podniesienia się wód gruntowych w okresie wiosennym i wymycia tego składnika ze wzbogaconych w niego gleb deluwialnych położonych u podnóży stoku. Położenie gleb w przykrawędziowej strefie doliny Narwi powoduje, że są one narażone na zmiany poziomu wód gruntowych, a tam, gdzie rzeka podcina wysoczyznę na zalewy wiosenne. W okresie 1951–2000 woda nie wystąpiła z koryta Narwi jedynie 5 razy, natomiast więcej niż przez 37 dni (średnia), woda wystąpiła w 24 latach, z czego w trzech latach zalewy trwały ponad 100 dni [Mioduszewski i in. 2004]. W związku z tym celem badań było określenie właściwości fizyko-chemicznych, w tym zawartości łatwo rozpuszczalnych form azotu i fosforu w zależności od rodzaju uprawianych roślin, w powierzchniowej warstwie gleb uprawnych zlokalizowanych u podnóży zboczy doliny.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w przykrawędziowej strefie doliny Narwi na terenie Narwiańskiego Parku Narodowego i jego otuliny. Do badań wytypowano 8 gleb, które zgodnie z Systematyką Gleb Polski [2011] zaliczono do gleb deluwialnych czarnoziemnych. Gleby te znajdują się w uprawie i są położone u podnóży zboczy doliny w okolicy wsi Radule (obiekt Radule 1 i Radule 2), wsi Bokiny (obiekt Bokiny 3 i Bokiny 4), wsi Łupianka Stara (obiekt Łupianka St. 5, Łupianka St. 6) oraz Kolonii Topilec (obiekt Kol. Topilec 7 i Kol. Topilec 8). Lokalizację badanych gleb przedstawia rysunek 1. Na 4 glebach uprawiane były zboża jare (obiekty 1, 3, 5 i 7), a na kolejnych 4 rośliny okopowe (obiekty 2, 4, 6, 8).

Z obiektów badawczych w postaci prostokąta o wymiarach 20 m na 14 m pobrano zbiorcze próbki glebowe z powierzchniowej warstwy gleb 0–5 cm. Próbkę do określenia zawartości biogenów pobrano dwukrotnie: w maju oraz po zbiorach zbóż jarych w sierpniu i po zbiorze roślin okopowych we wrześniu. Podstawowe właściwości fizyko-chemiczne (odczyn, kwasowość hydrolityczna, wymienne kationy zasadowe, zawartość azotu ogólnego i fosforu ogólnego oraz węgla organicznego) oraz skład granulometryczny badano w próbkach pobranych wiosną. Oznaczenia wykonano ogólnie przyjętymi metodami [Ostrowska i in. 1991].



Rys. 1. Lokalizacja obiektów badawczych
Fig. 1. Location of sampling sites

WYNIKI I DYSKUSJA

Właściwości fizyko-chemiczne i zawartości ogólnych form azotu i fosforu oraz zawartość węgla organicznego przedstawiono w tabeli 1. Powierzchniowa warstwa większości badanych gleb ma uziarnienie piasków gliniastych. Gleby z obiektu Bokiny 4 charakteryzują się uziarnieniem piasku słabogliniastego, a gleby z obiektów Radule 1 i Bokiny 4 mają skład granulometryczny glin piaszczystych. Uziarnienie badanej warstwy gleb jest mało zróżnicowane, przeważa frakcja piasku (75–88%), przy niewielkim udziale frakcji pyłu (7–17%), natomiast il mieści się w przedziale 4–8% (tab. 1). Uziarnienie tych osadów jest pochodną uziarnienia gleb występujących na wierzchowinie i w górnej części zbocza [Bieniek 1997], zwłaszcza w przypadku, gdy głównym sposobem transportu materiału glebowego jest erozja uprawowa dominująca na obszarze o małych spadkach terenu [Papiernik i in. 2007].

Badane gleby wykazują w powierzchniowej warstwie niską oraz mało zróżnicowaną kationową pojemność wymienną ($40,9-75,8 \text{ mmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$). Najwyższą jej wartością ($63,1-75,8 \text{ mmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$) charakteryzują się deluwia wytworzone z glin piaszczystych i piasków gliniastych zasobne w materię organiczną. Podobną kationową pojemność wymienną wykazują gleby deluwialne o zbliżonym uziarnieniu, położone u podnóża zboczy na Pojezierzu Mazurskim [Bieniek 1997] oraz na Pojezierzu Zachodnim [Koćmit 1988].

Duże znaczenie dla kationowej pojemności wymiennej ma skład zasorbowanych kationów. Badane gleby charakteryzują się dość zróżnicowaną sumą kationów o charakterze zasadowym (S). Najwyższe jej wartości ($41,8-65,2 \text{ mmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$) stwierdzono w glebach o uziarnieniu glin piaszczystych i piasków gliniastych zasobnych w próchnicę. Kationy zasadowe w tych glebach stanowią $65,5-85,9\%$ pojemności kompleksu sorpcyjnego. W pozostałych glebach wartość S zmniejsza się do $10,6-28,2 \text{ mmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$, co stanowi $24,2-52,1\%$ pojemności kompleksu sorpcyjnego. Podobne wyniki uzyskał Bieniek [1997].

We wszystkich badanych glebach w składzie kationów dominuje wapń. Stanowi on od $18,1$ do $73,7\%$ pojemności kompleksu sorpcyjnego, a jego zawartość wynosi $7,9-55,9 \text{ mmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$. Udział wymiennego magnezu, potasu i sodu w kompleksie sorpcyjnym badanych gleb nie jest duży. Najzasobniejsze w wapń i magnez są gleby wytworzone z glin piaszczystych i piasku gliniastego i zasobniejsze w materię organiczną. W pozostałych glebach zawartość wymiennego wapnia i magnezu jest $2-3$ krotnie niższa. W dolinie Narwi zasobność gleb w wymienne wapnia i magnezu jest związana ze składem granulometrycznym osadów, a zawartość wymiennych form potasu i sodu jest podobna we wszystkich osadach niezależnie od ich uziarnienia. Natomiast w osadach deluwialnych Pojezierza Mazurskiego stwierdzono wzrost zasobności zarówno w wymienny wapń, magnez jak i sód w glebach o drobniejszym uziarnieniu [Bieniek 1997].

Powierzchniowa warstwa badanych gleb charakteryzuje się znacznym zróżnicowaniem kwasowości hydrolitycznej ($10,7-37,5 \text{ mmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$). Badane gleby odznaczają się zróżnicowanym pH (w KCl), które ma wartości w granicach $4,02-6,72$ (tab. 1). Gleby o grubszym uziarnieniu są bardziej kwaśne. Uzyskane wartości pH są podobne do tych, które oznaczono w glebach na Pojezierzu Mazurskim [Bieniek 1997]. Wzrost zakwaszenia gleb deluwialnych zaobserwował Bieniek [2001]. Duże ilości wody, przy przedłużających się stanach pełnego nasycenia materiału glebowego mogą powodować znaczne wymycie z nich kationów, zwłaszcza z gleb piaszczystych.

Zawartość azotu ogólnego i węgla organicznego w badanych glebach jest zróżnicowana i wynosi odpowiednio $0,59-0,94 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ i $5,09-10,83 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Na zróżnicowanie N_{og} i C_{org} w glebach deluwialnych Pojezierza Mazurskiego wskazują Sowiński i Lemkowska [2010]. Zawartość fosforu ogólnego wynosząca $0,28-0,66 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ jest podobna lub nieznacznie niższa od zawartości tego pierwiastka w powierzchniowej warstwie gleb Pojezierza Mazurskiego [Bieniek 1997, Sowiński i Lemkowska 2010]. Zawartości azotu i fosforu ogólnego są nieco zróżnicowane w obrębie gleb z poszcze-

Tabela 1. Skład granulometryczny i wybrane właściwości powierzchniowej warstwy badanych gleb
Table 1. Texture and selected properties of surface layer of investigated soils

Obiekt Sampling site	Procentowa zawartość frakcji o średnicy [mm]: Percentage of fraction in diameter [mm]:			Uziarnienie Texture wg PTG 2008	pH 1M KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H _h	S TEB	T CEC	V _s BS %	N _{og} N _{tot}	P _{og} P _{tot}	C _{org} TOC	C/N
	Piasek Sand 1-0,05	Pył Silt 0,05- 0,002	Il Clay <0,002														
Radule 1*	77	15	8	gp	4,97	36,5	3,5	2,4	0,4	22,5	42,8	65,3	65,5	0,94	0,66	5,34	6
Radule 2	79	14	7	pg	4,70	22,5	3,5	2,1	0,2	25,9	28,2	54,0	52,1	0,65	0,36	5,32	8
Bokiny 3	77	17	6	pg	5,60	36,3	3,3	1,9	0,3	21,4	41,8	63,1	66,1	0,92	0,49	9,92	11
Bokiny 4	75	17	8	gp	6,72	55,9	7,1	1,9	0,3	10,7	65,2	75,8	85,9	0,92	0,38	10,83	12
Łupianka St. 5	85	17	4	pg	4,32	9,0	1,3	1,1	0,2	29,3	11,6	40,9	28,4	0,90	0,54	4,17	5
Łupianka St. 6	86	8	6	pg	4,28	12,2	1,3	2,8	0,4	28,7	16,7	45,4	36,8	0,59	0,28	5,34	9
Kol. Topilec 7	88	7	5	ps	4,02	7,9	1,2	1,2	0,3	33,0	10,6	43,6	24,2	0,76	0,37	5,09	7
Kol. Topilec 8	84	10	6	pg	4,18	9,6	2,6	2,9	0,3	37,5	15,4	52,9	29,1	0,91	0,48	6,80	7

* 1, 3, 5, 7 – uprawa zbóż jarych; 2, 4, 6, 8 – uprawa roślin okopowych.

gólnych obiektów, co należy wiązać z dość podobnym uziarnieniem gleb, i podobnym typologicznym wykształceniem gleb na zboczach i wierzchowinach, skąd materiał jest ściągany w trakcie prac polowych prowadzonych zgodnie ze spadkiem. Różnice w zasobności w węgiel organiczny również nie są duże. Największą zasobnością w materię organiczną charakteryzuje się gleba z obiektu Bokiny 4 i Bokiny 3, co może być spowodowane nieco większymi dawkami nawozów organicznych na tych sąsiadujących ze sobą polach.

Zawartość azotu azotanowego wiosną wynosiła od 2,59 do 33,35 mg·kg⁻¹ (tab. 2), przy czym była ona wyższa w glebach pod roślinami okopowymi (obiekty 2, 4 i 8). Wyjątek stanowiły gleby z okolic Łupianki Starej, gdzie gleba pod roślinami okopowymi (obiekt 6) była mniej zasobna w tę formę azotu niż gleba pod zbożami jarymi (obiekt 5). Większa zawartość azotu azotanowego w glebach pod roślinami okopowymi może wynikać z zastosowania pod nie obornika. Stosowane zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne w roślinach okopowych przyczyniają się do przewietrzania gleby a tym samym zwiększonej nityfikacji jonów amonowych. W przypadku gleby z obiektu Łupianka Stara 6 na dość niską zawartość azotu azotanowego mogło mieć wpływ wprowadzenie nawozu fosforowego, gdyż zastosowany w nieprawidłowej tj. zbyt dużej dawce może przyczynić się do zmniejszenia formy azotanowej azotu w glebie [Bednarek i Tkaczyk 2003].

Po zbiorach roślin zawartość azotu azotanowego spadła w glebach większości obiektów i wahała się w granicach 2,56–8,45 mg·kg⁻¹. Zmniejszenie zawartości azotu azotanowego w powierzchniowej warstwie gleb w okresie jesiennym stwierdził również Sapek [1996]. Spadek ilości azotu azotanowego w glebie po zbiorach roślin należy wiązać z jego pobraniem przez rośliny, a także częściowym wymyciem w głąb profilu. Według Sapka [1996] 60% nie wykorzystanego azotu ulega rozproszeniu w atmosferze, natomiast 30% przedostaje się do wód podziemnych i powierzchniowych wskutek wymycia, spływu powierzchniowego, spływu podpowierzchniowego oraz erozji wietrznej i wodnej. Większość badań potwierdza, że największe straty azotu azotanowego z gleby następują poprzez jego wymycie [Oenema i Roest 1998]. Wyjątkiem była gleba z obiektu Radule 1, w której zasobność gleby w N-NO₃⁻ wzrosła po zbiorze z 2,59 mg·kg⁻¹ do 9,73 mg·kg⁻¹.

Zawartość azotu amonowego w badanych glebach wyniosła wiosną od 15,77 do 33,66 mg·kg⁻¹. Po zbiorach roślin w glebach z trzech obiektów zawartość tej formy azotu spadła: dwukrotnie w glebach z obiektów Bokiny 3 i Bokiny 4 oraz o 10 mg w glebie z obiektu Kol. Topilec 7. Z kolei w glebach z obiektów Radule 1 i Kol. Topilec 8 zawartość N-NH₄⁺ po zbiorach znacznie wzrosła z 17,85 mg·kg⁻¹ do 23,25 mg·kg⁻¹ w przypadku obiektu Radule 1 i z 20,63 mg·kg⁻¹ do 33,47 mg·kg⁻¹ w przypadku gleby z obiektu Kol. Topilec 8. W pozostałych punktach zasobność gleb w N-NH₄⁺ nie uległa większym zmianom (tab. 2). Zawartość azotu amonowego w powierzchniowej warstwie gleb waha się w ciągu roku w zależności od warunków atmosferycznych, intensywności pobierania przez rośliny oraz wielkości stosowanych dawek nawozów. Większa zawartość N-NH₄⁺ w glebie obiektu Radule 1 po zbiorze plonów może być

Tabela 2. Zawartość wybranych form azotu i fosforu w powierzchniowej warstwie badanych gleb**Table 2.** Content of selected forms of nitrogen and phosphorus in surface layer of studied soils

Obiekt Sampling site	N-NO ₃ ⁻		N-NH ₄ ⁺		P-PO ₄ ³⁻		P _P przyswajalny available	
	mg·kg ⁻¹							
Pobór Sampling time	1*	2	1	2	1	2	1	2
Radule 1**	2,59	9,73	17,85	23,25	2,84	3,20	24,02	16,38
Radule 2	14,30	6,61	18,80	16,05	2,82	0,91	12,01	9,83
Bokiny 3	3,47	2,66	15,77	6,83	6,15	3,91	30,57	24,02
Bokiny 4	12,33	4,54	24,03	7,35	6,43	8,77	69,87	40,39
Łupianka St. 5	9,36	4,97	25,69	23,97	5,71	2,92	18,56	16,38
Łupianka St. 6	6,13	2,56	33,66	28,03	5,65	9,54	29,48	26,20
Kol. Topilec 7	10,53	3,99	32,35	22,39	4,59	2,48	30,57	24,02
Kol. Topilec 8	33,35	8,45	20,63	33,47	4,59	2,31	28,38	30,57

* 1 – pobór wiosną; 2 – pobór po zbiorach.

** 1, 3, 5, 7 – uprawa zbóż jarych; 2, 4, 6, 8 – uprawa roślin okopowych.

związana z mineralizacją resztek poźniwnych, czego dowodem może być wzrost zawartości azotu azotanowego. Z kolei wyższa zawartość azotu amonowego może być związana z większą mineralizacją w okresie od marca do czerwca [Bielek 1998] oraz z zastosowaniem nawozów [Sapek 1996].

Zawartość fosforu fosforanowego w powierzchniowej warstwie badanych gleb wynosiła wiosną od 2,82 do 6,43 mg·kg⁻¹. Stwierdzono, że zawartość tego składnika w 5 glebach zmniejszyła się po zbiorach w porównaniu z zawartością w okresie wiosennym, a w glebie z obiektu Radule 1 zawartość P-PO₄³⁻ w obu terminach poboru próbek była podobna, natomiast w 2 glebach (z obiektów Bokiny 4 i Łupianka St. 6) zaobserwowano jego wzrost (tab. 2). Gleby deluwialne przemywane alkalicznymi wodami erozyjnymi charakteryzują się podwyższonym pH, które umożliwia swobodną wymianę jonów wodoru na pochodzące z roztworu glebowego kationy o charakterze zasadowym. Następuje wówczas przechwytywanie składników pokarmowych, m.in. fosforu przemieszczanych z wodami erozyjnymi [Bieniek 1997]. Zróżnicowanie zasobności w powierzchniowej warstwie badanych gleb w przyswajalną formę fosforu było dość duże. Wiosną zawartość P_{przyswajalnego} wyniosła 12,01-69,87 mg·kg⁻¹ (tab. 2). Najbardziej zasobna była gleba z obiektu Bokiny 4, która charakteryzowała się najwyższym pH. Gleby o niższym pH były dwukrotnie mniej zasobne w tę formę fosforu. Odczyn kwaśny stwarza w glebach mineralnych warunki sprzyjające silnemu wiązaniu fosforu, natomiast odczyn słabo kwaśny i obojętny powoduje dużą przyswajalność fosforu dla roślin. Brogowski i Kwasowski [2009] stwierdzili największe wiązanie fosforu przy pH 4,4-4,5, a najmniejsze przy pH wynoszącym od 7,5 do 7,8. W większości

badanych gleb nastąpił nieznaczny spadek zawartości tej formy fosforu po sprzęcie plonów z pól.

Wielu autorów podkreśla fakt, że gleby deluwialne obniżen śródmorenowych stanowią swoistą barierę biogeochemiczną, na co wskazuje ich większa zasobność w makroskładniki w porównaniu z glebami terenów otaczających [Bieniek 1997, Sowiński i in. 2004]. Osady deluwialne wykazują dużą zawartość materii organicznej oraz pojemny kompleks sorpcyjny, dlatego wychwytyują biogeny z wód spływających po zboczu [Bieniek 1997]. Gleby te wytworzyły się przy współdziałaniu dwóch procesów: erozji wodnej powierzchniowej i erozji uprawowej, o czym świadczy większa zawartość frakcji pyłu. Osady deluwialne w dolinie Narwi miały nieco inną genezę. Najprawdopodobniej główną przyczyną ich powstania jest mechaniczne ściąganie materiału glebowego w czasie prac polowych prowadzonych wzdłuż zboczy, do czego zmuszają wąskie pola wytyczone zgodnie ze spadkiem.

Na przewagę erozji uprawowej nad erozją wodną na łagodnych zboczach wskazują prace m in. Goversa i in. [1996], Heckratha i in. [2005] oraz Li i in. [2008]. Zgromadzony w dolnej części zbocza materiał jest więc podobny, zwłaszcza pod względem chemicznym do gleb położonych wyżej na zboczu. Położenie gleb w przykrawędzowej strefie doliny powoduje, że są one narażone na zalewy wiosenne, zwłaszcza tam, gdzie rzeka podcina wysoczyznę np. w okolicy Bokin lub Łupianki Starej. Gleby te w czasie wysokich stanów wód mogą ulegać podtopieniu a po opadach, może tam stagnować woda, co potwierdzają obserwacje terenowe. Większa wilgotność gleb, która zarówno sezonowo jak i epizodycznie przekracza pojemność polową wodną sprzyja powstawaniu spływu powierzchniowego nasyconego i eksfiltracji spływu śródpokrywowego oraz intensywnemu ługowaniu [Stach 1998]. Przemycanie osadów deluwialnych powoduje przedostawanie się składników łatwo rozpuszczalnych do wód gruntowych, które mogą docierać do torfowisk położonych w dolinie, a także do samej rzeki. Mogą one zasilać wody Narwi w łatwo rozpuszczalne formy azotu i fosforu oraz innych składników.

WNIOSKI

1. Badane gleby wykazują w powierzchniowej warstwie niską oraz mało zróżnicowaną kationową pojemność wymienną. Pod względem ilościowym kationy wymienne można uporządkować następująco $Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^{+} > Na^{+}$.
2. Powierzchniowa warstwa osadów deluwialnych w dolinie Narwi charakteryzuje się zbliżoną zawartością azotu i fosforu ogólnego, co należy wiązać z dość podobnym uziarnieniem gleb i podobnym typologicznym wykształceniem gleb na zboczach i wierzchowinach, skąd materiał jest ściągany w trakcie prac polowych prowadzonych zgodnie ze spadkiem.

3. Powierzchniowa warstwa osadów deluwialnych w dolinie Narwi charakteryzuje się zróżnicowaną zawartością mineralnych form azotu, łatwo rozpuszczalnego fosforu oraz fosforu przyswajalnego zarówno w przestrzeni jak i w czasie.
4. Położenie gleb w przykrawędziowej strefie doliny powoduje, że są one narażone na zalewy wiosenne, zwłaszcza tam, gdzie rzeka podcina wysoczyznę, a przemywanie osadów deluwialnych wodami spływającymi po stoku powoduje przedostawanie się składników łatwo rozpuszczalnych do wód gruntowych, które mogą docierać do torfowisk położonych w dolinie i wód powierzchniowych.

LITERATURA

- Bednarek W., Tkaczyk P. 2003. Wpływ wapnowania, nawożenia azotem i fosforem na kształtowanie się ilości azotu mineralnego w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 493: 311–317.
- Bielek P. 1998. Nitrate in nature: product of soil cover. *Environmental Pollution*, 102 (S1): 527–530.
- Bieniek B. 1997. Właściwości i rozwój gleb deluwialnych Pojezierza Mazurskiego. *Acta Acad. Agricult. Tech. Ols. Agricultura*, 64 suppl., Olsztyn.
- Bieniek B. 2001. Właściwości sorpcyjne erodowanych gleb gliniastych w krajobrazie moreny pagórkowatej. *Folia Univ. Agric. Stetin*. 217, *Agricultura*, 87: 9–13.
- Brogowski Z., Kwasowski W. 2009. Sorpcja fosforanów przez część mineralną i organiczną gleby. *Rocz. Glebozn.*, LX (1): 12–21.
- Govers G., Quine T.A., Desmet P.J.J., Walling D.E. 1996. The relative contribution of soil tillage and overland flow erosion to soil redistribution on agricultural land. *Earth Surf. Process. Landforms*, 2: 929–946.
- Heckrath G., Djurhuus J., Quine T.A., Van Oost K., Govers G., Zhang Y. 2005. Tillage Erosion and Its Effect on Soil Properties and Crop Yield in Denmark. *J. Environ. Qual.*, 34: 312–324.
- Koćmit A. 1988. Wpływ przyrodniczo-agrotechnicznych czynników na rozwój erozji wodnej w obrębie gleb uprawnych Pomorza Zachodniego. *Rozprawy 113. AR w Szczecinie*.
- Li S., Lobb D.A., Lindstrom M.J., Farenhorst A. 2008. Patterns of water and tillage erosion on topographically complex landscapes in the North American Great Plains. *Journal of Soil and Water Conservation*, 63(1): 37–46.
- Mioduszewski W., Kowalewski Z., Szymczak T., Okruszko T., Biesiada M., Bielonko K., Piękarski K. 2004. Wody powierzchniowe. w: Banaszuk H. (red.) *Narwiański Park Narodowy. Monografia przyrodnicza. Wyd. Ekonomia i Środowisko*, Białystok: 83–113.
- Oenema O., Roest C.W.J. 1998. Nitrogen and phosphorus losses from agriculture into surface waters; the effects of policies and measures in the Netherlands. *Wat. Sci Tech.*, 37 (2): 19–30.
- Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z. 1991. *Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin*. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Papiernik S.K., Lindstrom M.J., Schumacher T.E., Schumacher J.A., Malo D.D., Lobb D.A. 2007. Characterization of soil profiles in a landscape affected by long-term tillage. *Soil & Tillage Research*, 93: 335–345.
- Roy M. 2001. Zasoby fosforu i jego podatność na migrację w erodowanych glebach obszaru moreny czołowej na Pomorzu Zachodnim. *Folia Univ. Agric. Stetin* 217, *Agricultura*, 87: 205–208.

- Sapek A. 1996. Zagrożenie zanieczyszczenia wód azotem w wyniku działalności rolniczej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 440: 309–329.
- Sowiński P., Lemkowska B. 2010. Makroskładniki w glebach obniżeń pojeziornych na Pojezierzu Olsztyńskim. Roczn. Glebozn., LXI(2): 87–94.
- Sowiński P., Smólczyński S., Orzechowski M. 2004. Gleby obniżeń śródmorenowych jako bariery biogeochemiczne w krajobrazie rolniczym Pojezierza Mazurskiego. Roczn. Glebozn., LV(2): 365–372.
- Stach A. 1998. Zmienność przestrzenna właściwości warstwy ornej na niejednorodnym litologicznie stoku morenowym. Bibl. Fragm. Agron., 4A/98: 123–142.
- Systematyka Gleb Polski. 2011. Roczn. Glebozn., LXII (3).

Artykuł powstał w wyniku realizacji pracy statutowej WBiŚ/S/1/11.

ASSESSMENT OF DELUVIAL SOILS IN THE NAREW RIVER VALLEY

Summary. Deluvial soils were developed and are developing now on valley margins and hollows as an effect of water and tillage erosion. The determination of physico-chemical properties, especially easily soluble nutrients in surficial layer of cultivated deluvial soils located on the toeslope of the valley in relation to cultivated plants was the aim of the study. The study was conducted on the deluvial soils located in the Narew River valley. The content of N-NO_3^- in spring amounted to $2.59\text{--}33.35 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ and was higher in soil with potatoes as main crop. After harvest the content of N-NO_3^- decreased to $2.56\text{--}8.45 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. The content of N-NH_4^+ was equal to $15.77\text{--}33.66 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ in spring. After harvest the content of N-NH_4^+ decreased in three soils, but increased in 3 soils and was similar in 3 deposits. The content of P-PO_4^{3-} amounted to $2.82\text{--}6.43 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ in spring and decreased in five soils, while in one sampling site increased. The location on the valley margin makes the soils very vulnerable to leaching and flooding. The nutrients may be easily washed out from deposits by the spring flooding or can be leached to the shallow groundwater and transported to the mire in the valley or to the surface water.

Key words: deluvial deposits, nitrogen, phosphorus, Narew River valley.