

Franciszek MACIAK

## Wpływ użytkowania łąkowego, polowego i leśnego gleb torfowych na stopień przeobrażenia w nich związków azotowych

### Abstract

The effect of grassland, arable and forest utilization on the transformation the nitrogen compounds in peat soils. The content of total nitrogen and amine-N, amide-N, hexozamine-N and nonhydrolyzable forms of nitrogen as well as aminoacids composition were studied in field experiments. The soil samples were taken from the horizons of three selected profiles, after 25 years under grassland or arable land utilization as well as one site had been forested for over 80 years. The field under grassland and arable land utilization were fertilized in every years with (NPK). The site covered by forest were not fertilized. Laboratory results of the research revealed differences in the organic form of nitrogen (amide-N, amine-N, hexozamine-N, nonhydrolyzable and aminoacids) compositions of the peat soils according to the systems of their utilization, decomposition degree and the depth of the soil layers. In soil hydrolizates from 12 to 18 aminoacids were confirmed.

*Key words: cropping systems, peat soils, forms of nitrogen, aminoacids.*

### Wstęp

Wszystkie rodzaje użytkowania rolniczego gleb torfowych prowadzą w zasadzie do rozkładu torfu, a także do wielu

zmian o charakterze fizyczno-chemicznym i biochemicznym. Nasilenie tych zmian zależy w dużym stopniu od rodzaju siedliska glebowego z którym wiążą się warunki powietrzne, wodne, cieplne i troficzne (Bremner 1957; Maciak, Sochtig 1976; Maciak i in. 1977; Maciak 1988). Czynniki te uwarunkowane są najczęściej działalnością gospodarczą człowieka, który wpływa pośrednio bądź bezpośrednio na przebieg procesów rozkładowych torfu. Poprzez zabiegi agrotechniczne kształtuje nowe cechy gleb torfowych, uwidaczniające się w ich zmianach ilościowych i jakościowych. Dotyczy to zwłaszcza zawartości w nich celulozy, hemicelulozy, kwasów huminowych, a przede wszystkim poszczególnych form azotu organicznego i mineralnego (Stefenson 1956; Maciak, Sochtig 1976; Maciak 1988).

Celem niniejszej pracy było porównanie zmian biochemicznych, jakie wystąpiły w glebach torfowych na skutek wieloletniego użytkowania łąkowego, polowego i leśnego. W badaniach określono zmiany we frakcjach azotu organicznego w utworach z różnych poziomów profilów gleb torfowych, a w szczególności

ści zawartości w nich poszczególnych aminokwasów.

## **Materiał i metody badań**

Materiał stanowiły próbki gleb torfowych z głębokości: 5–10 cm, 25–30 cm, 55–60 cm, 95–100 cm z poletek znajdujących się w ZD Biebrza. Tamtejsze gleby utworzone z torfowisk niskich były użytkowane (z nawożeniem NPK) jako łąki i pola przez 25 lat. W sąsiedztwie na takich samych glebach torfowych rósł około 80-letni las brzozy (z brzozą omszoną).

Użytkowanie rolnicze: łąka – typowa mieszanka traw (dla warunków torfowych), pole – (płodozmian) marchew, peluska, pszenica jara. Łakę i pole nawożono corocznie dawką NPK – 100 kg KO, 50 kg PO, 30 kg N.

Rodzaj i stopień rozkładu torfu świeżych próbek glebowych określono metodą mikroskopową, wartości pH (w H<sub>2</sub>O) mierzono potencjometrycznie. Do analiz chemicznych i biochemicznych użyto zmielonych i przesianych (średnica oczek 2 mm) suchych próbek glebowych.

Materię organiczną i zawartość popiołów w torfach określono przez spalanie próbek w temp. 550° C. Węgiel określono metodą suchego spalania, azot metodą mikro-Kjeldahla.

Frację kwasów huminowych określono wg Kononowej i Belchikowej, węglowodany (celulozę i hemicelulozę) wg Stefensona.

Hydrolizę powietrznie suchych próbek torfu przeprowadzono w 6M HCl w temp. 120°C w ciągu 18 godz. Skład frakcji azotu po(hydrolizie) oznaczono wg

Bremnera. Określono następujące formy azotu : N-ogól, N-heksozaminowy, N-amidowy, N-aminowy, N-huminowy nierozpuszczalny.

Aminokwasy w próbkach glebowych określono metodą chromatografii cieczowej (Biatronik LC 600), po hydrolizie próbek 6 M HCl w ciągu 18 godz. w temp. 120° C.

## **Wyniki badań**

Analizowane gleby torfowe, obok zhumifikowanej materii organicznej, zawierają w znacznych ilościach szczątki roślin torfotwórczych, przy czym profile gleb spod łąki i pola bogate są w szczątki turzyc i trzciny, natomiast profil gleby spod lasu brzozy zawierał w swej masie głównie szczątki drewna.

Odczyn (pH) gleb wahał się od 4,5 do 5,4 (tab.1), stopień rozkładu torfu we wszystkich trzech profilach wynosił od 25 do 70%. Stopień rozkładu torfu zależał zarówno od głębokości profilu glebowego, jak i od rodzaju użytkowania gleby (tab.1). Najsilniej rozłożone są 2 pierwsze warstwy gleby torfowej użytkowanej pod łąką oraz silnie rozłożony jest cały profil gleby torfowej pod lasem. Stopień rozkładu torfu wynosi tam od 40 do 70%. Stopień rozkładu torfów w profilu gleby użytkowanej połowo wynosi od 30 do 60% i jest największy w warstwie spagowej (60%).

Długoletni okres użytkowania gleb torfowych spowodował zwiększenie w nich popiołu, a zmniejszenie materii organicznej. Dotyczy to zwłaszcza warstw

TABELA 1. Charakterystyka badanych gleb torfowych

Nr próbki	Warstwa (cm)	pH w H <sub>2</sub> O	Gatunek torfu	Stopień rozkładu (%)	Popielność organiczna	Materia huminowa	Węglowodany			
							celuloza	hemiceluloza suma		
(% s.m.)										
<b>Łąka (NPK)</b>										
1	5-10	4,8	murszowy	70	13,61	86,39	31,01	0,68	8,02	8,70
2	25-30	5,1	turzcowy	40	10,48	89,52	23,50	0,46	5,87	6,33
3	55-60	5,2	trzcín.-turz.	35	12,00	87,98	23,64	0,80	3,73	4,53
4	95-100	5,4	trzcínowy	25	12,83	87,17	16,70	1,57	4,39	5,96
<b>Pole (NPK)</b>										
1	5-10	4,8	murszowy	35	12,26	87,74	26,46	0,44	7,49	7,93
2	25-30	5,0	turzcowy	30	10,92	89,08	25,97	1,40	5,23	6,63
3	55-60	5,2	trzcín.-turz	40	11,91	88,09	31,68	0,24	4,34	4,58
4	95-100	4,9	olchowy	60	14,92	85,08	30,60	1,17	4,11	5,28
<b>Las (O)</b>										
1	5-10	4,5	murszowy	60	15,07	84,93	31,05	0,59	7,40	7,99
2	25-30	4,9	olchowy	40	9,04	90,96	22,69	1,61	6,53	8,14
3	55-60	5,2	olchowy	50	10,21	89,79	20,08	1,07	4,45	5,42
4	95-100	5,4	olchowy	60	19,85	80,15	30,00	0,55	3,66	4,21

wierzchnich gleb, a w szczególności gleby spod pokrywy leśnej.

Pod względem zawartości kwasów huminowych występują pewne różnice w trzech badanych profilach glebowych: gleby profilu leśnego są stosunkowo najbogatsze w kwasy huminowe, szczególnie w warstwie wierzchniej (murszowej) i w warstwie spągowej, gleby profilu łąkowego są również bogate w kwasy huminowe, lecz tylko w warstwie murszowej, gleby użytkowane polowo zawierają natomiast najwięcej kwasów huminowych w warstwach spągowych z profilu glebowego.

Pod względem zawartości celulozy i hemicelulozy nie ma większych różnic między badanymi profilami glebowymi. Najbogatsze w węglowodany są warstwy wierzchnie, szczególnie gleby łąkowe (5–10 cm), oraz warstwy podpowierzchniowe (25–30 cm) analizowanych gleb.

W trakcie przemian zachodzących w glebach torfowych występują znaczne straty zawartej w nich materii organicznej. Równolegle można zaobserwować także zwiększenie w nich ilości niektórych związków organicznych. Pod względem zawartości węgla analizowane gleby łąkowe, polowe i leśne nie różnią się w dużym stopniu między sobą (tab.2).

Najuboższe w węgiel ogółem są warstwy wierzchnie gleb (5–10 cm), najbogatsze natomiast warstwy poddarniowe (z poziomu 25–30 cm). Azotu ogółem najwięcej zawierają warstwy wierzchnie wszystkich gleb. Stosunek C:N (zbliżony do 11) w wierzchnich warstwach gleb wskazuje na wysoki stopień zaawansowania procesów rozkładowych, jaki miał

miejsce we wszystkich trzech profilach glebowych różnie użytkowanych gleb.

Omawiane gleby różnią się między sobą pod względem zawartości azotu ogólnego oraz poszczególnych jego form. Różnicowania te zależą od rodzaju użytkowania gleby (łąkowego, polowego bądź leśnego). Nie są one też jednakowe w odniesieniu do poszczególnych warstw profilów gleb torfowych (rys.1). Azot heksozaminowy utrzymuje się np. w glebie użytkowanej łąkowo na niskim poziomie (2–3,5% N ogółem). Tej formy azotu jest prawie dwukrotnie więcej w glebie użytkowanej polowo bądź pod lasem niż w glebie pod łąką.

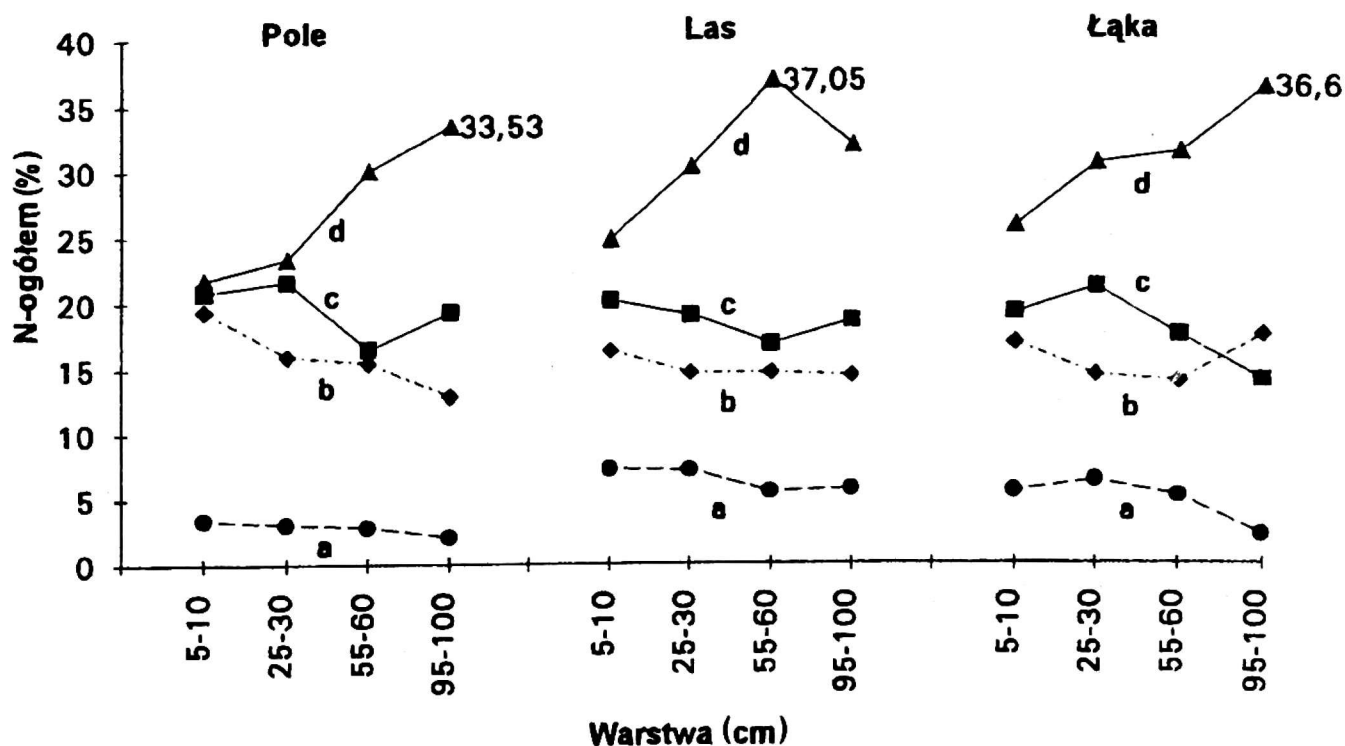
Azotu amidowego z kolei jest najwięcej w glebie torfowej użytkowanej pod łąką, ale dotyczy to tylko wierzchniej warstwy glebowej (5–10 cm). W głębszych warstwach profilu glebowego ilości N amidowego są podobne bądź mniejsze niż w profilach gleby użytkowanej polowo i pod lasem.

Azotu aminowego (rys. 1) jest najwięcej w pierwszych dwóch warstwach gleby łąkowej (5–10 cm i 25–30 cm), mniej natomiast w pozostałych warstwach (55–60 cm i 95–100 cm). Głębsze warstwy gleb użytkowanych polowo bądź pod pokrywą leśną charakteryzują się także mniejszymi zawartościami azotu aminowego od warstw powierzchniowych.

Azot huminowy nierozpuszczalny (nie ulegający kwaśnej hydrolizie w 6M HCl) znajduje się w glebach w znacznych ilościach. Duża ilość tej formy azotu w glebie świadczy o mniejszej podatności na mineralizację związków azotowych. Jak wynika z przedstawionych danych

TABELA 2. Zawartość węgla i azotu badanej gleby torfowej

Nr próbki	Warstwa (cm)	Ogółem		C:N	Stosunek N nie ulegający hydrolizie do N hydrolizującego	Stosunek N-NO <sub>3</sub> do N-NH <sub>4</sub>
		C	N			
		(% s.m.)				
<b>Łąka (NPK)</b>						
1	5-10	45,80	4,15	11,04	0,28	4,34
2	25-30	49,23	3,80	12,95	0,31	2,69
3	55-60	46,31	3,54	13,06	0,44	7,19
4	95-100	44,69	2,82	19,39	0,52	8,61
NIR <sub>0,05</sub>		r.n.	0,28	-	0,06	-
<b>Pole (NPK)</b>						
1	5-10	46,08	4,11	11,21	0,33	2,10
2	25-30	50,63	3,47	14,57	0,44	4,47
3	55-60	49,46	2,86	17,29	0,61	-
4	95-100	49,36	3,65	12,69	0,44	2,22
NIR <sub>0,05</sub>		r.n.	0,47	-	0,15	-
<b>Las (0)</b>						
1	5-10	43,43	3,79	11,46	0,35	2,23
2	25-30	48,27	3,46	13,93	0,44	1,20
3	55-60	46,79	3,04	15,38	0,46	3,64
4	95-100	46,63	3,17	14,72	0,58	9,06



RYSUNEK. Formy azotu organicznego w glebie torfowej przy różnych sposobach użytkowania: a – N heksozaminowy, b – N amidowy, c – N aminowy, d – N huminowy nierozpuszczalny

(rys.1), zawartość azotu huminowego nierozpuszczalnego jest wyraźnie większa w glebie użytkowanej polowo i pod lasem niż w glebie użytkowanej łąkowo. Dotyczy to również tej frakcji azotu przy porównaniu poszczególnych poziomów danego profilu z tym samym poziomem gleby łąkowej.

Występowanie poszczególnych aminokwasów w hydrolizatach torfów pochodzących z różnych głębokości profili gleb torfowych przedstawiono w tabeli 3 i 4. Z uzyskanych danych (% wartości molowych) wynika, że analizowane gleby zawierały od 12 do 18 aminokwasów.

Najpełniejszym składem od 16 do 18 aminokwasów charakteryzowały się próby gleb spod uprawy łąkowej, w ilościach od 14 do 18 aminokwasów znajdowano w próbach gleby spod uprawy polowej, w ilościach od 12 do 15 aminokwasów znajdowano w próbach gleby spod użytkowania leśnego. W próbach torfów spod uprawy łąkowej na głębokości od 25 do 30 cm stwierdzono nieobecność cystyny, natomiast w próbie gleby z głębokości od 55 do 60 cm nieobecność cystyny i histydyny.

W próbach torfów spod uprawy polowej na głębokości profilu glebowego od 5 do 10 cm stwierdzono brak kwasu gama-aminomasłowego (Bts), na głębokości profilu glebowego od 25 do 30 cm brak cystyny, na głębokości profilu glebowego od 55 do 60 cm brak cystyny i histydyny, a na głębokości profilu glebowego od 95 do 100 cm brak cystyny, metioniny, kwasu gama-aminomasłowego i histydyny.

W próbach gleb spod użytkowania leśnego najczęściej stwierdzano brak cystyny, izoleucyny, kwasu gama-aminomasłowego oraz licyny, histydyny i argininy. Spośród wykazanych aminokwasów najczęściej w glebie torfowej występowały: kwas asparginowy, glicyna, alanina i walina. Występują one w ilościach często ponad 10% wartości molowej wszystkich aminokwasów.

W mniejszych ilościach (przeważnie mniej niż 1%) znajdowano aminokwasy: histydynę, cystynę, metioninę, tyrozynę oraz kwas gama-aminomasłowy. Pozostałe aminokwasy w formie kwasu glutaminowego, leucyny, izoleucytyny, proliny, theroniny, seryny, lizyny, phenyloalaniny i histydyny wahają się w hydrolizatach gleb torfowych od ok. 3 do 9%. Wartości poszczególnych aminokwasów (% molowych) dla tych samych poziomów profilów glebowych (łąka, pole, las) nie różnią się w dużym stopniu między sobą. Jednak można zauważyć różnicę w zawartościach aminokwasów między glebą łąkową i polową a glebą leśną. Najwyższe np. ilości seryny, glicyny, alaniny i leucyny wystąpiły w glebie pod lasem, natomiast niektóre aminokwasy, takie jak izoleucyna, cystyna i histydyna są nieobecne w glebie leśnej.

Niezależnie od ogólnych tendencji występowania poszczególnych aminokwasów w glebie łąkowej, polowej i leśnej ujawniają się również różnice przy ocenie występowania w glebie torfowej grupowego składu aminokwasów (tab. 4). Największe ilości np. zasadowych aminokwasów (lizyny, histydyny i argininy) wystąpiły w warstwie wierzchniej gleby użytkowanej polowo. Zasadowe

TABELA 3. Występowanie poszczególnych aminokwasów w torfach (w % wartości molowych)

Amino- kwasy	Łąka - profil (NPK)					Pole - profil (NPK)					Las - profil (0)						
	5-10	25-30	55-60	95-100	warstwa (cm)	5-10	25-30	55-60	95-100	5-10	25-30	55-60	95-100	5-10	25-30	55-60	95-100
Asp*	16,0	15,7	16,8	15,4		9,9	14,4	16,9	17,0	18,0	17,9	10,4	18,7	18,0	17,9	10,4	18,7
Thr	5,4	6,1	5,8	5,0		4,7	5,8	4,8	5,1	4,9	5,2	3,1	5,0	4,9	5,2	3,1	5,0
Ser	4,3	5,4	5,0	3,8		5,8	7,7	7,4	7,2	7,7	7,6	4,4	7,6	7,7	7,6	4,4	7,6
Glu	8,4	9,1	10,2	8,1		7,3	8,9	9,2	8,7	8,5	8,5	5,0	9,4	8,5	8,5	5,0	9,4
Pro	5,6	4,4	4,6	5,2		8,6	9,7	5,9	6,4	5,5	7,6	4,8	0,0	5,5	7,6	4,8	0,0
Gly	12,4	13,1	14,7	11,8		14,1	12,0	16,1	15,6	17,4	18,4	11,1	24,1	17,4	18,4	11,1	24,1
Ala	11,6	11,6	11,9	11,3		11,6	9,9	12,3	13,3	13,5	15,6	8,7	16,2	13,5	15,6	8,7	16,2
Cys	0,9	0,0	0,0	1,1		0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Val	10,9	9,3	9,5	12,6		9,0	0,3	9,0	9,2	8,5	6,3	4,9	8,1	8,5	6,3	4,9	8,1
Met	1,2	0,2	0,0	1,1		0,7	0,5	0,1	0,0	0,1	0,3	0,0	0,2	0,1	0,3	0,0	0,2
Ile	4,7	4,4	3,8	5,6		3,5	3,3	3,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Leu	6,0	6,7	6,7	7,3		7,0	6,8	6,2	5,8	7,4	6,4	3,5	3,6	7,4	6,4	3,5	3,6
Tyr	1,0	0,9	0,5	1,2		1,0	0,8	0,4	0,5	0,5	0,5	0,2	0,7	0,5	0,5	0,2	0,7
Phe	3,5	3,9	3,2	3,9		3,7	3,1	2,5	2,6	2,0	2,0	1,2	2,1	2,0	2,0	1,2	2,1
Bts	0,6	0,2	0,4	0,4		0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	42,6	0,0	0,0	0,0	42,6	0,0
Lys	4,7	3,9	4,2	3,6		5,5	4,0	2,9	2,8	2,8	1,9	0,0	2,8	2,8	1,9	0,0	2,8
His	1,6	0,5	0,0	0,6		0,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Arg	2,3	3,4	2,5	1,9		5,7	2,9	3,1	2,9	2,8	1,4	0,0	1,3	2,8	1,4	0,0	1,3

\*Objaśnienia: Asp – kwas asparginowy, Thr – treonina, Ser – seryna, Glu – kwas glutaminowy, Pro – prolina, Gly – glicyna, Ala – alanina, Cys – cystyna, Val – walina, Met – metionina, Ile – izoleucyna, Leu – leucyna, Tyr – tyrozyna, Phe – fenylalanina, Bts – kwas gama-aminomasłowy, Lys – lizyna, His – histydyna, Arg – arginina

TABELA 4. Grupowy skład poszczególnych aminokwasów w torfach (% wartości molowych)

Wartość (cm)	Grupowy skład aminokwasów			
	kwaśne (Asp, Glu, Bts)	obojętne	zasadowe (Arg, His, Lys)	cykliczne (Tyr, Pro)
<b>Łąka – profil (NPK)</b>				
5–10	25,0	60,9	8,6	6,6
25–30	25,0	60,7	7,8	5,3
55–60	27,4	60,6	6,7	5,1
95–100	23,9	63,5	6,1	6,4
<b>Pole – profil (NPK)</b>				
5–10	17,2	61,0	11,9	9,6
25–30	23,6	49,4	7,1	10,5
55–60	26,1	61,4	6,0	6,3
95–100	25,7	61,5	5,7	6,9
<b>Las - profil (0)</b>				
5–10	26,5	61,5	5,6	6,0
25–30	26,4	61,8	3,3	8,1
55–60	58,0	36,9	0,0	5,0
95–100	28,1	66,9	4,1	0,7

aminokwasy występowały też w większych ilościach w wierzchniej warstwie gleby łąkowej i leśnej, ulegając stopniowemu zmniejszeniu wraz ze wzrostem głębokości profilu glebowego. Z kolei wierzchnie warstwy gleby spod użytkowania polowego charakteryzowały się zmniejszoną ilością grupy aminokwasów kwaśnych (tab. 4), a zwiększoną ilością aminokwasów cyklicznych. Nadmiernie wysoką ilość aminokwasów kwaśnych (kwas asparginowy, kwas glutaminowy, kwas gama-aminomasłowy) zawierały także niektóre warstwy (55–60 cm) gleby leśnej. W warstwie tej stwierdzono ponadto wyraźne zmniejszenie aminokwasów obojętnych.

## Wnioski

1. Analizowane gleby torfowe spod wieloletniego użytkowania łąkowego,

polowego i leśnego zawierały od 43,4 do 50,6% węgla ogólnego oraz od 2,8 do 4,1% azotu ogólnego. Warstwy wierzchnie gleb torfowych były bogatsze w azot ogólny od warstw głębszych. Stosunek C:N badanych gleb wahał się od 1:11 do 1:19.

2. Wyniki badań wykazały ilościowe różnice w zawartościach poszczególnych frakcji azotu organicznego: N amidowego, N aminowego, N heksozaminowego, N huminowego nierozpuszczalnego i w składzie aminokwasów w glebach torfowych. Różnice te wystąpiły w zależności od sposobu ich użytkowania oraz od głębokości profilu gleby torfowej. Większe zmiany wystąpiły przy użytkowaniu polowym i leśnym niż przy użytkowaniu łąkowym.

3. W hydrolizatach gleb torfowych stwierdzono od 12 do 18 aminokwasów. Gleby spod uprawy łąkowej zawierały



16–18 aminokwasów, gleby spod uprawy polowej 14–18 aminokwasów, gleby spod użytkowania leśnego od 12 do 15 aminokwasów. W większości hydrolizaty gleb z warstw wierzchnich profilów zawierały więcej aminokwasów niż próby z warstw głębszych. Największe różnice dotyczyły występowania bądź braku w danej próbie glebowej takich aminokwasów, jak: cystyna, metionina, kwas gamma-aminomasłowy, histydyna, licyna i izoleucyna. Wystąpiły również zauważalne różnice ilościowe w grupowym składzie aminokwasów (kwaśnych, zasadowych, obojętnych) w zależności od sposobów użytkowania i głębokości profilu glebowego.

4. W zależności od wielkości występowania (% wartości molowej) aminokwasy w analizowanych torfach można uszeregować następująco : Asp > Gly > Ala > Val > Glu > Leu > Thr > Pro > Ile > Lys > Ser > Phe > Arg. Pozostałych aminokwasów : His, Met, Tyr, Cys, Bts często nie znajdowano w analizowanych próbkach glebowych bądź występowały w bardzo małych ilościach.

## Literatura

- BREMNER J.M. 1952: *The nature of soil nitrogen complexes*. J. Sci. Food Agr.V.11; 497–500.
- BREMNER J.M. 1955: *Studies on soil-humic acids*. I. *The chemical nature of humic nitrogen*. J. Agr. Sci. 46; 247–256.
- BREMNER J.M. 1957: *Studies on soil-humic acids*. II. *Observation on the estimation of free amino groups. Reaction of humic lignine preparations with nitrous acid*. J. Agr. Sci. 48; 351–359.
- BREMNER J.M. 1965: *Methods of soil analysis*. Part . 2. *Chemical and microbiological properties*. American Soc.of Agr.Inc.Mad.Wisc. USA; 1149–1238.
- KAINISTO S. 1976: *Aspects of nitrogen mobilization in peat*. Proc.of the 5th Inter. Peat Congress V. II.; 295–305.
- MACIAK F. 1963: *Studies on nitrogen forms in peat*. Part I. *Nitrogen balance in peat-forming vegetation and in peat*. Roczn.Nauk Rol. A, 87; 563–594.
- MACIAK F. 1966: *Relationship between total and amine nitrogen content and the composition of amino acids in peat-forming plants and in peats*. Ekologia Polska. A, 14; 193–202.
- MACIAK F. 1972: *Effect of fertilization and tillage on content of organic forms of nitrogen in peat soil and its humus fractions*. Proc.of the 4th Inter.Peat Congress V.IV.; 105–120, Otaniemi, Finland.
- MACIAK F. 1988: *Rozkład gleby torfowej użytkowanej pod łąką i lasem*. Roczn. Glebozn. 39; 171–185.
- MACIAK F. 1994: *Effect of various methods of agricultural utilization on the organic nitrogen fractions in peat soils*. Ann. Warsaw Agricult. Univ. SGGW 27; 29–39.
- MACIAK F., SOCHTIG H. 1976: *Effect of the degree of decomposition on the changes in the nitrogen fractions and phenols in low peat*. Proc. of the 5th Inter. Peat Congress V.II; 306–319.
- MACIAK F., SOCHTIG H. 1986: *Relationships between the transformations of organic components to carbon dioxide evolutions and nitrogen mineralization in peat soils*. Roczn. Glebozn. 37; 171–185.
- MACIAK F., SOCHTIG H., FLAIG W. 1977: *The composition and content of amino acids in peat-forming plants and in peat's*. Proc.of a Symp.on Soil Org. Matter Studies. IAEA FAO Vol.II.; 343–357, Vienna.
- PERSONS J.W., FINSLEY J. 1975: *Soil components V. 1. Nitrogenous substances*. Ch.3 ; 263–304, (ed.) J.E. Gieseking, Springer Verlag, New York.
- ROSELL R.A., SALFELD J.CHR., SOCHTIG H. 1978: *Organic components in Argentine soils*. I. *Nitrogen distribution in soils and their humic acids*. Agrochimica 22, (2); 98–105.
- SOCHTIG H., MACIAK F. 1971: *Bindung des Stickstoffs und Vorkommen phenolischer Verbindungen in Torf*. Telma 1; 49–61.
- STEFENSON F. J. 1956: *Effect of some plant rotation on the amino acid composition of the soil*. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 20; 204–209

**Adres autora**

F. Maciak

Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego  
SGGW, 02-787 Warszawa ul. Nowoursynowska 166