

MAŁGORZATA DRĄG<sup>1</sup>, BOŻENA DĘBSKA<sup>1</sup>, ERIKA TOBIASOVA<sup>2</sup>

## WPŁYW RESZTEK POZBIOROWYCH ŻYTA I ZIEMNIAKA NA WŁAŚCIWOŚCI KWAŚÓW HUMINOWYCH GLEB RÓŻNYCH TYPÓW\*

### INFLUENCE OF RYE AND POTATO RESIDUES ON THE PROPERTIES OF HUMIC ACIDS IN DIFFERENT SOIL TYPES

<sup>1</sup>Katedra Chemii Środowiska, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy,

<sup>2</sup>Katedra Pedologii i Geologii, Uniwersytet Rolniczy w Nitrze, Słowacja

*Abstract:* The aim of the work was to define the influence of the potato and rye residues on the properties of humic acids in different types of soils. The research was based on a model incubation experiment. The study material is composed of post-harvest residues of potato and rye. The following types of soils were used as the soil substrate: *Haplic Luvisol*, *Chernozem*, *Haplic Arenosol* and *Haplic Gleysol*. The plant-soil mixtures were analyzed prior to the experiment and after 360 days of incubation. The results showed that elemental composition, hydrophilic and hydrophobic properties and polydispersity of humic acids were determined from the soil type and from the type of post-harvest residues introduced into soil.

*Słowa kluczowe:* kwasy huminowe, skład pierwiastkowy, właściwości hydrofilowo-hydrofobowe, polidyispersyjność.

*Key words:* humic acids, elemental composition, hydrophilic and hydrophobic properties, polydispersity.

## WSTĘP

Jednym z istotnych składników materii organicznej są resztki roślinne, czyli opad roślinny w glebach leśnych i resztki pozbiorowe w glebach uprawnych.

Należy podkreślić fakt, iż resztki roślinne dostarczają do gleby największą ilość węgla organicznego, zawierają bowiem związki (tj. hemicelulozy, celulozę i ligniny) stanowiące podstawowe źródło tego pierwiastka [Paul, Clark 2000]. Wprawdzie w produkcji rolniczej istotnym składnikiem ogólnego bilansu materii organicznej gleb jest nawożenie organiczne, głównie obornikiem, jednak stały dopływ resztek pozbiorowych ma niewątpliwie znaczenie dominujące. Wpływ poszczególnych resztek pozbiorowych na bilans materii organicznej nie jest jednakowy. Z zagadnieniem tym związane są nie tylko problemy ilości, ale przede wszystkim jakości (składu chemicznego) biomasy wprowadzanej do gleby [Aleksandrowa

\*Badania zostały wykonane w ramach projektu badawczego N N310 3281 33, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

1980; Gonet, Dębska 1999]. Ilość i jakość resztek pozbiorowych pozostawianych w glebie zależy od gatunku uprawianych roślin, a także od warunków klimatycznych, rzeźby terenu, typu gleby, zabiegów agrotechnicznych itp. [Jurcova 1990; Mazur 1992; Zaujec 2007].

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu rodzaju resztek pozbiorowych ziemniaka i żyta na właściwości kwasów huminowych gleb różnych typów.

## MATERIAŁ I METODY

Badania były prowadzone w modelowym doświadczeniu inkubacyjnym, w Katedrze Pedologii i Geologii Uniwersytetu Rolniczego w Nitrze (Słowacja). Materiał badawczy stanowiły resztki pozbiorowe ziemniaka (Zm) i żyta (Ż). Pobierano próbki gleb: płowej (Lo), czarnoziem (Hh), arenosolu (Re) i opadowo-glejowej (Ge), z warstwy ornej (0–30 cm). Resztki pozbiorowe z próbkami gleb mieszano w stosunku wagowym 1:10. Do badań wykorzystano próbki bezpośrednio po zmieszaniu materiału roślinnego z glebowym i po 360 dniach inkubacji. Inkubację prowadzono w wazonach plastikowych (po 3 wazonu dla każdego wariantu) w temperaturze 25°C, a wilgotność utrzymywano na poziomie 60% PPW.

Z próbek gleb bez dodatku resztek pozbiorowych oraz zmieszanych z resztkami pozbiorowymi przed i po 360 dniach inkubacji wyizolowano kwasy huminowe (KH) metodą Schnitzera. Charakterystyka wyseparowanych kwasów huminowych obejmowała analizy: składu pierwiastkowego (CHNO) – autoanalizatorem CHNS firmy Perkin-Elmer, właściwości hydrofilowo-hydrofobowych oraz rozdziału na frakcje wielko- i małowcząsteczkowe chromatografem HPLC series 200 firmy Perkin-Elmer. Wyniki opracowano statystycznie w układzie trójczynnikiem: I czynnik – typ gleby, II czynnik – rodzaj resztek pozbiorowych, III czynnik – czas inkubacji resztek pozbiorowych z materiałem glebowym.

## WYNIKI I DYSKUSJA

W przeprowadzonym doświadczeniu kwasy huminowe wyseparowane z próbek gleb z dodatkiem resztek pozbiorowych przed inkubacją charakteryzowały się wyższą zawartością wodoru oraz niższą zawartością węgla (wyjątek KH czarnoziem i gleby glejowej zmieszanej z resztkami żyta) w porównaniu z KH z gleb bez dodatków (tab. 1 i 2). W świetle danych literaturowych [Aleksandrowa 1980; Gonet, Dębska 1999] otrzymane wyniki potwierdzają fakt, iż rozkład materiałów roślinnych związany jest ze zmianą składu chemicznego KH. „Młode” kwasy huminowe charakteryzują się wyższą zawartością wodoru i niższą węgla w porównaniu z dojrzałymi kwasami huminowymi. Zawartość azotu w cząsteczkach kwasów huminowych determinowana była w sposób jednoznaczny zawartością tego pierwiastka w resztkach pozbiorowych, co znajduje potwierdzenie w danych literaturowych [Aleksandrowa 1980; Dębska, Gonet 1995; Gonet, Dębska 1999]. Istotnie niższą zawartością azotu cechowały się KH gleb zmieszanych z resztkami pozbiorowymi żyta w porównaniu z KH z wariantów z ziemniakiem.

Proces humifikacji był związany ze wzrostem stopnia utlenienia substancji humusowych, co wiąże się na ogół z większą zawartością tlenu w cząsteczkach KH po 360 dniach inkubacji. Zmianom składu pierwiastkowego towarzyszą zmiany wartości stosunków atomowych poszczególnych pierwiastków. Ich wartości pozwalają w przybliżeniu określić strukturę cząsteczek kwasów huminowych przez ocenę stopnia kondensacji pierścieni

TABELA 1. Skład pierwiastkowy [% atomowe] kwasów huminowych  
TABLE 1. Elemental composition [in atomic %] of humic acids

Wariant Variant	C	H	N	O	H/C	N/C	O/C	O/H	$\omega$
Lo*	35,9	42,3	2,7	19,0	1,18	0,076	0,53	0,45	0,110
LoZm -0	31,8	48,4	3,0	16,8	1,52	0,094	0,53	0,35	-0,185
LoZm -360	35,2	43,2	3,0	18,6	1,23	0,084	0,53	0,43	0,083
LoŻ-0	34,8	45,9	1,8	17,4	1,32	0,053	0,50	0,38	-0,159
LoŻ-360	35,4	42,9	2,4	19,3	1,21	0,069	0,55	0,45	0,088
Hh*	33,4	45,0	3,7	17,9	1,35	0,111	0,54	0,40	0,060
HhZm -0	33,2	47,9	3,6	15,2	1,44	0,109	0,46	0,32	-0,196
HhZm -360	34,3	43,3	3,5	18,8	1,26	0,103	0,55	0,43	0,142
HhŻ-0	34,0	46,0	1,7	18,3	1,35	0,051	0,54	0,40	-0,119
HhŻ-360	34,6	43,5	2,5	19,4	1,26	0,071	0,56	0,45	0,080
Re*	37,3	42,8	2,8	17,0	1,15	0,075	0,46	0,40	-0,009
ReZm -0	32,0	47,6	2,7	17,7	1,49	0,084	0,55	0,37	-0,129
ReZm -360	35,5	42,4	3,0	19,1	1,20	0,085	0,54	0,45	0,137
ReŻ-0	33,2	46,4	1,7	18,7	1,40	0,050	0,56	0,40	-0,123
ReŻ-360	36,0	42,9	2,3	18,7	1,19	0,065	0,52	0,44	0,040
Ge*	34,4	45,7	3,4	16,5	1,33	0,100	0,48	0,36	-0,066
GeZm -0	32,3	47,4	3,1	17,2	1,47	0,095	0,53	0,36	-0,117
GeZm -360	35,0	43,5	3,1	18,4	1,24	0,089	0,53	0,42	0,077
GeŻ-0	35,2	44,5	2,3	17,9	1,27	0,066	0,51	0,40	-0,047
GeŻ-360	35,6	42,9	2,7	18,8	1,21	0,076	0,53	0,44	0,076

\*Objaśnienia – explanation: Lo – gleby płowe – *Haplic Luvisols*, Hh – czarnoziem – Chernozem; Re – arenosol – *Haplic Arenosols*, Ge – gleba opadowo-glejowa – *Haplic Gleysol*; Zm – resztki ziemniaka – potato residues; Ż – resztki żyta – rye residues, 0 – bez inkubacji – without incubation, 360 – po 360 dniach inkubacji – after 360 days of incubation, dla gleb bez dodatków podano wartości średnie dla KH wyizolowanych przed inkubacją i po 360 dniach inkubacji – for soils without residues was given averages values for HA isolated before and after 360 days of incubation

aromatycznych (stosunek H/C) oraz stopnia dojrzałości (O/C, O/H,  $\omega$ ). Wprowadzenie resztek pozbiorowych do gleb spowodowało wzrost wartości stosunku H/C – najwyższy w przypadku resztek pozbiorowych ziemniaka. Wyniki analizy statystycznej wykazały, że dla KH gleb z resztkami pozbiorowymi po inkubacji nastąpił wyraźny spadek wartości H/C (tab. 2), co może wskazywać na wyższy stopień kondensacji pierścieni aromatycznych [Rosell i in. 1989]. Wartości stosunku O/H w cząsteczkach kwasów huminowych wyseparowanych po 360 dniach inkubacji z próbek gleb zmieszanych z resztkami roślinnymi były istotnie wyższe w porównaniu z wartościami tego stosunku otrzymanymi dla KH z gleb zmieszanych z resztkami roślinnymi przed inkubacją, co świadczy o większym stopniu humifikacji cząsteczek kwasów huminowych [Gomah i in. 1978; Dębska 2004; Gonet i Dębska 1999].

Wraz ze wzrostem stopnia humifikacji materiałów roślinnych obserwuje się wzrost wartości stosunku HIL/ $\Sigma$ HOB, co związane jest ze wzrostem udziału frakcji hydrofilowych w cząsteczkach KH i spadkiem frakcji hydrofobowych [Dębska i in. 2007; Dębska, Gonet 2007]. Wprowadzenie resztek pozbiorowych do gleby skutkowało spadkiem udziału frakcji hydrofilowych. W procesie rozkładu resztek pozbiorowych nastąpił istotny wzrost udziału tej frakcji KH. Średnio najwyższym udziałem frakcji HIL zarówno przed, jak i po zakończeniu

TABELA 2. Wyniki analizy wariancji dla składu pierwiastkowego [% atomowe]  
 TABLE 2. Variation analysis of elemental composition [in atomic %] of humic acids

Wariant – Variant	C	H	N	O	H/C	N/C	O/C	O/H	$\omega$
I czynnik – gleba – I factor – soil									
Lo	34,6	44,5	2,6	18,2	1,27	0,075	0,53	0,42	0,008
Hh	33,9	45,1	3,0	17,9	1,33	0,093	0,53	0,40	0,00
Re	34,8	44,4	2,5	18,2	1,26	0,072	0,53	0,41	-0,016
Ge	34,5	44,8	2,9	17,8	1,31	0,088	0,51	0,39	-0,024
NIR-LSD	1,11	0,71	0,19	ni-ns*	0,054	0,006	ni-ns	0,016	ni-ns
II czynnik – rodzaj resztek pozbiorowych – II factor – kind of post-harvest residues									
"0"	35,3	44,0	3,1	17,6	1,25	0,091	0,50	0,40	0,024
Zm	33,7	45,5	3,1	17,7	1,36	0,093	0,53	0,39	-0,024
Ż	34,9	44,4	2,2	18,6	1,28	0,063	0,53	0,42	-0,021
NIR-LSD	0,85	0,54	0,15	0,78	0,041	0,004	ni-ns	0,013	0,041
III czynnik – czas – III factor – time									
0 dni - days	34,0	45,8	2,7	17,5	1,35	0,080	0,51	0,382	-0,082
360 dni -days	35,2	43,4	2,9	18,5	1,23	0,084	0,53	0,428	0,068
NIR-LSD	0,56	0,35	0,10	0,51	0,027	0,003	ni-ns	0,008	0,027

\*ni-ns – różnica nieistotna – non-significant difference; objaśnienia jak w tab. 1 – explanation as in Table 1

TABELA 3. Udział [%] frakcji hydrofilowych HIL i hydrofobowych HOB oraz frakcji wielko- i małowcząsteczkowych w cząsteczkach kwasów huminowych

TABLE 3. Share [%] of hydrophilic and hydrophobic fractions and high- and low-molecular fractions of humic acids

Wariant Variant	HIL	HOB-1	HOB-2	$\Sigma$ HOB	HIL/ $\Sigma$ HOB	$S_1$	$S_{1/2}$
Lo*	31,9	53,7	14,4	68,1	0,470	10,0	0,111
LoZm -0	26,3	54,0	19,7	73,7	0,357	15,4	0,182
LoZm -360	34,3	50,0	15,7	65,7	0,523	12,2	0,139
LoŻ-0	19,5	54,7	25,9	80,6	0,242	22,5	0,290
LoŻ-360	28,5	57,6	13,9	71,5	0,399	9,2	0,101
Hh*	36,4	50,5	13,5	63,6	0,570	20,4	0,260
HhZm -0	31,5	49,6	18,9	68,5	0,460	26,1	0,353
HhZm -360	33,5	51,5	15,1	66,6	0,503	12,5	0,143
HhŻ-0	22,4	56,1	21,5	77,6	0,289	16,8	0,202
HhŻ-360	27,2	54,3	15,5	69,8	0,390	10,8	0,114
Re*	34,1	53,9	12,0	65,9	0,520	22,4	0,289
ReZm -0	30,1	48,2	21,7	69,9	0,431	18,2	0,222
ReZm -360	35,2	53,1	11,7	64,8	0,542	17,4	0,211
ReŻ-0	20,3	56,2	23,5	79,7	0,255	26,1	0,353
ReŻ-360	27,0	54,5	18,5	73,0	0,370	9,5	0,105
Ge*	35,3	49,3	15,4	64,7	0,550	6,4	0,070
GeZm -0	33,7	47,6	18,7	66,3	0,508	22,4	0,289
GeZm -360	36,4	50,3	13,3	63,6	0,573	8,9	0,098
GeŻ-0	30,0	47,6	20,1	67,7	0,443	16,4	0,196
GeŻ-360	31,8	53,0	15,2	68,2	0,466	6,7	0,072

\*Objaśnienia jak w tab. 1 – explanation as in Table 1

TABELA 4. Wyniki analizy wariancji dla udziału [%] frakcji hydrofilowych i hydrofobowych oraz frakcji wielko- i małowcząsteczkowych w kwasach huminowych  
 TABLE 4. Variation analysis for the share [%] of hydrophilic and hydrophobic fractions and high- and low-molecular fractions of humic acids

Wariant Variant	HIL	HOB-1	HOB-2	ΣHOB	HIL/ΣHOB	S <sub>1</sub>	S <sub>1/2</sub>
I czynnik – gleba – I factor – soil							
Lo	28,7	54,0	17,3	71,3	0,410	13,2	0,156
Hh	31,2	51,9	16,3	68,3	0,464	17,8	0,222
Re	30,1	53,3	16,6	69,9	0,440	19,3	0,245
Ge	33,8	49,5	16,3	65,9	0,515	11,2	0,133
NIR-LSD	2,79	ni-ns*	ni-ns	2,92	0,051	7,96	ni-ns
II czynnik – rodzaj resztek pozbiorowych – II factor – kind of post-harvest residues							
"0"	34,4	51,7	13,8	65,6	0,528	14,8	0,183
Zm	32,6	50,5	16,9	67,4	0,487	16,6	0,205
Ż	25,8	54,2	19,3	73,5	0,357	14,8	0,179
NIR-LSD	2,14	3,57	3,11	3,50	0,039	ni-ns	ni-ns
III czynnik – czas – III factor – time							
0 dni - days	29,2	51,7	18,8	70,5	0,425	18,6	0,235
360 dni -days	32,7	52,6	14,5	67,1	0,490	12,2	0,143
NIR-LSD	1,39	ni-ns	2,03	1,51	0,026	3,98	0,061

objaśnienia jak w tab. 1 – explanation as in Table 1

inkubacji charakteryzowały się KH z gleby glejowej (tab. 3). Natomiast wśród resztek pozbiorowych, to resztki pozbiorowe ziemniaka okazały się materiałem organicznym sprzyjającym tworzeniu się struktur zawierających układy o właściwościach hydrofilowych (tab. 4).

Wprowadzenie resztek pozbiorowych do gleb spowodowało wzrost udziału frakcji wielkocząsteczkowej w kwasach huminowych (frakcja S<sub>1</sub>) Jednak udział tej frakcji KH zmniejszył się w czasie inkubacji (tab. 3 i 4). Według Aleksandrowej [1980] kwasy huminowe w bardzo wczesnym etapie procesu humifikacji materiałów roślinnych, charakteryzują się większą masą cząsteczkową, natomiast w trakcie procesu humifikacji następuje jej zmniejszenie. Otrzymane wyniki badań mogą więc sugerować, że w miarę postępu procesu humifikacji następuje zmniejszenie średniej masy cząsteczkowej kwasów huminowych.

## WNIOSKI

1. Proces rozkładu resztek pozbiorowych żyta i ziemniaka w glebach związany był na ogół ze spadkiem zawartości wodoru, wzrostem zawartości węgla i tlenu w cząsteczkach KH oraz wzrostem zawartości azotu w KH gleb wariantów z żytem.
2. Wprowadzenie resztek pozbiorowych do gleb zmieniło właściwości hydrofilowo-hydrofobowe a także polidispersyjność cząsteczek KH. W procesie humifikacji resztek roślinnych nastąpił wzrost udziału frakcji hydrofilowych i wartości stosunku HIL/ΣHOB oraz spadek udziału frakcji wielkocząsteczkowej i wartości parametru S<sub>1/2</sub>.
3. Intensywność zmian poszczególnych parametrów kwasów huminowych warunkowana była z jednej strony typem gleby, z drugiej – rodzajem wprowadzonych do gleb resztek pozbiorowych, a w konsekwencji ich składem chemicznym.

## LITERATURA

- ALEKSANDROWA L.N. 1980: *Organiczeskoje wieszczestwa poczwy i procesy jeich tranformacji*. Nauka, Leningrad.
- DĘBSKA B., GONET S.S. 1995: Post-harvest residues as the factor determining the properties of humus. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **421b**: 23–29.
- DĘBSKA B. 2004: Właściwości substancji humusowych gleby nawożonej gnojowicą. *Rozprawy nr 110, ATR Bydgoszcz*: 112 ss.
- DĘBSKA B., DRĄG M., BANACH-SZOTT M. 2007: Molecular size distribution and hydrophilic and hydrophobic properties of humic acids isolated from forest soil. *Soil & Water Res.* **2**, 2: 45–53.
- DĘBSKA B., GONET I. 2007: Udział frakcji hydrofilowych i hydrofobowych w kwasach huminowych powstałych podczas rozkładu resztek pozbiorowych. *Pol. J. Soil Sci.* **40/1**: 57–65.
- GOMAH A.M., EL-HALAFawi M.H., EL-ESSAWI T.M. 1978: Some chemical characteristics of humic acids isolated from different sources. *Alex. J. Agric. Res.* **26**, 3: 747–754.
- GONET S. S., DĘBSKA B. 1999: Properties of humic acids produced during decomposition of plant residues in soil. *Rostlinna Výroba* **45**, 10: 455–460.
- GONET S.S., DĘBSKA B., ZAUJEC A., BANACH-SZOTT M., SZOMBATHOVA N. 2007: Wpływ gatunku drzew i warunków glebowo-klimatycznych na właściwości próchnicy gleb leśnych. W: *Rola materii organicznej w środowisku*. S.S. Gonet, M. Markiewicz (red.), PTSH: 61–98.
- JURCOVA D. 1990: *Korenove, a pozberove zvyšky astlin ako sucast bilancie podnej organickej hmoty. Humusove latky - aktivni slozka systemu puda - rostlina*. Praha: 36–41.
- MAZUR T. 1992: *Znaczenie resztek poźniwnych w bilansie substancji organicznej gleb. Nawozy organiczne*. PAN, AR Szczecin. **2**: 4–11.
- PAUL E. A., CLARK F. E. 2000: *Soil microbiology and biochemistry*. UMCS Lublin.
- ROSELL R.A., ANDURIULO A.E., SCHNITZER M., CRESPO M.B., MIGLIERINA A.M. 1989: Humic acids properties of and agriudoll soil under two tillage systems. *Sci. Total Environ.* **81/82**: 391–400.
- ZAUJEC A. 2007: Funkcje materii organicznej w obiegu związków węgla i żywności gleb. W: *Rola materii organicznej w środowisku*. Gonet S.S. i Markiewicz M. (red.). PTSH: 31–46.

*Dr inż. Małgorzata Drag*  
*Katedra Chemii Środowiska, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy*  
*ul. Bernardyńska 6, 85-325 Bydgoszcz*  
*e-mail: mdrag@utp.edu.pl*