

# WPLYW WIELOLETNIEGO STOSOWANIA ŚCIEKÓW KOMUNALNYCH NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI GLEB PÓL IRYGACYJNYCH

**Michał LICZNAR, Jerzy DROZD, Stanisława E. LICZNAR,  
Jerzy WEBER, Jakub BEKIER, Rafał TYSZKA,  
Karolina WALENCZAK, Jarosław SZADORSKI, Ewa PORA**

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska

*Słowa kluczowe: irygacja, ścieki miejskie, właściwości gleb*

## Streszczenie

W pracy analizowano wpływ czasu i częstości nawadniania gleb ściekami miejskimi na ich wybrane właściwości fizyczne, fizykochemiczne i chemiczne, ze szczególnym uwzględnieniem ilościowych i jakościowych zmian związków próchnicznych. Obiektem badań były gleby pól irygacyjnych wielkiej aglomeracji miejskiej.

Przeprowadzone badania wykazały, że irygacja gleb ściekami miejskimi przyczyniła się do zwiększenia zawartości materii organicznej oraz składników biogennych. Zaobserwowano także wyraźną kumulację związków lipidowych i zwiększenie udziału kwasów huminowych w glebach nawadnianych najczęściej. Stwierdzono również, że częsta irygacja ściekami miejskimi gleb lekkich może przyczynić się do degradacji środowiska.

## WSTĘP

Szybko rozwijające się aglomeracje miejskie i postęp cywilizacyjny przyczyniają się do powstawania ogromnych ilości ścieków komunalnych, stanowiących poważne zagrożenie środowiska [Ochrona środowiska, 2008]. Wśród różnorodnych metod ich utylizacji, na szczególną uwagę zasługuje ich rolnicze wykorzystania

nie do nawadniania i użyźniania gleb. Warunkowane jest to znaczną zasobnością w substancję organiczną i składniki mineralne oraz dużą wartością nawozową [BOĆKO, 1965; 1980; CZYŻYK, 1994; SINGH, AGRAWAL, 2008; WANG i in., 2008].

Dotychczasowe badania [BOĆKO, 1980; CHAKRABARTI, 1995; CZYŻYK, 1994; KONECKA-BETLEY i in., 1980; SCHNAAK i in., 1997; UZIAK i in., 1980; YADAV i in., 2002] potwierdzają, że długotrwałe stosowanie dużych dawek ścieków nie pozostaje bez wpływu na środowisko. Nawadnianie gleb łąkowych ściekami powoduje znaczne zmiany ich składu i właściwości, co jest najbardziej widoczne na glebach lekkich. Najczęściej towarzyszy temu zwiększenie zawartości materii organicznej i azotu oraz niektórych makro- i mikroskładników, szczególnie P, Mg, Zn i Cu. Jednocześnie wielu autorów [CHAKRABARTI, 1995; GLIŃSKI, STĘPNIEWSKI, 1984; SCHNAAK i in., 1997; STĘPNIEWSKI, STĘPNIEWSKA, 2009] wskazuje na możliwość inhibitowania procesów biologiczno-chemicznych w glebach zbyt intensywnie obciążanych ściekami. W tych warunkach potencjał redoks oraz aktywność biologiczna wyraźnie się zmniejszają, co istotnie wpływa na dostępność i rozpuszczalność składników.

Zmiany w glebach irygowanych, powodowane oddziaływaniem ścieków, są bardzo dynamiczne i stanowią interesujący przedmiot badań [BOĆKO, 1965; 1980; CZYŻYK, 1994; KONECKA-BETLEY i in., 1980; PALUCH, 1984; POLAK, BARTOSZEK, SUŁKOWSKI, 2009; UZIAK i in., 1980], jednak w literaturze niewiele uwagi poświęca się procesom transformacji materii organicznej oraz kumulacji różnie dostępnych form makro- i mikroskładników.

Celem badań było poznanie wpływu określonej częstości nawadniania gleb ściekami na ich właściwości, ze szczególnym uwzględnieniem ilościowych i jakościowych zmian związków próchnicznych.

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono na terenie pól irygacyjnych wielkiej aglomeracji miejskiej. Do badań wytypowano cztery obiekty, reprezentujące dwie kategorie użytkowe gleb: pole uprawne (jako obiekt kontrolny) i użytki zielone, na których – według informacji uzyskanych od użytkownika – częstość irygacji i obciążenie roczne ściekami były w ostatnich latach zróżnicowane (tab. 1).

Z wytypowanych obiektów jesienią 2008 r. z głębokości 5–10 cm pobrano próbki gleb w pięciu powtórzeniach. W zebranych materiale oznaczono:

- skład granulometryczny metodą areometryczno-sitową Cassagrande'a, w modyfikacji Prószyńskiego (tab. 2);
- właściwości fizykochemiczne: pH – w wodzie i  $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  KCl, kwasowość hydrolityczną  $Hh$  – metodą Kappena, kationy wymienne – w  $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$   $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  o pH 7, w tym Ca, K i Na na fotometrze płomieniowym oraz Mg na AAS; na podstawie uzyskanych wyników obliczono sumę kationów o charak-

**Tabela 1.** Zestawienie obiektów badań**Table 1.** Specification of the study objects

Obiekt Object	Kategoria użytkowania Soil utilisation	Częstość nawadniania (irygacji) Frequency of irrigation
A	pole orne arable land	nie nawadniane not irrigated
B	użytek zielony grassland	nie nawadniany od 20 lat not irrigated since 20 years
C	użytek zielony grassland	nawadniany aktualnie w ostatnich latach 4–6 razy w roku, ok. 900 mm·rok <sup>-1</sup> irrigated 4–6 times a year, about 900 mm·year <sup>-1</sup> in the last years
D	użytek zielony grassland	nawadniany aktualnie w ostatnich latach 24–30 razy w roku, ok. 4500 mm·rok <sup>-1</sup> irrigated 24–30 times a year, about 4500 mm·year <sup>-1</sup> in the last years

**Tabela 2.** Skład granulometryczny badanych gleb**Table 2.** Soil texture of studied soils

Obiekt Object	Udział frakcji o średnicy cząstek (mm), % Percentage share of fraction with particle size of (mm)						
	>1,0	1,0–0,1	0,1–0,05	0,05–0,02	0,02–0,006	0,006–0,002	<0,002
A	4,4	65,1	4,7	4,6	7,8	5,4	12,4
B	1,4	34,3	12,7	17,0	13,4	7,6	15,0
C	3,0	42,0	12,8	17,8	10,6	6,8	10,0
D	2,6	85,8	6,4	3,4	1,8	1,6	1,0

terze zasadowym  $S$ , pojemność sorpcyjną  $T$  i stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym  $V$ ;

- właściwości chemiczne: całkowitą zawartość węgla w materii organicznej oraz siarki ogółem – na aparacie CS-MAT, azot ogółem – metodą Kjeldahla na aparacie BÜCHI,  $S-SO_4^{-2}$  – metodą BARDSLEYA i LANCASTERA, przyswajalne formy P i K metodą Egnera-Rhiema;
- całkowitą zawartość wybranych metali ciężkich: Zn, Cu, Pb, Ni, Fe i Mn po mineralizacji w wodzie królewskiej metodą AAS;
- skład frakcyjny związków próchnicznych – metodą Tiurina.

Wyniki niektórych analiz opracowano statystycznie, weryfikując je na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  testem  $t$ -Studenta.

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Przeprowadzone badania wykazały, że skład ścieków miejskich [CZYŻYK, 1994; PALUCH, 1984] wpływa na właściwości fizykochemiczne, chemiczne oraz skład jakościowy związków próchnicznych. Wartości pH w KCl świadczą o kwa-

śnym odczynie gleby na obiekcie B, nienawadnianym od 20 lat oraz kwaśnym i lekko kwaśnym – na obiektach C i D, irygowanych aktualnie z różną częstością (tab. 3).

**Tabela 3.** Niektóre właściwości fizykochemiczne badanych gleb

**Table 3.** Some physicochemical properties of studied soils

Objekt Object	pH		<i>Hh</i>	<i>S</i> <i>BEC</i>	<i>T</i> <i>CEC</i>	<i>V</i> <i>BS</i> %	Przewodność elektryczna Electrical conductivity mS·cm <sup>-1</sup>
	H <sub>2</sub> O	KCl					
A	7,15–7,25	6,21–6,40	1,76	11,96	13,72	87,1	0,097
B	5,64–6,34	4,60–5,43	5,94	15,03	20,97	71,6	0,095
C	6,14–6,53	5,10–5,61	4,54	20,26	24,80	81,6	0,157
D	6,31–6,60	5,50–5,63	4,25	13,76	18,01	76,3	0,161

Objaśnienia: *Hh* – kwasowość hydrolityczna, *S* – suma kationów zasadowych; *T* – pojemność sorpcyjna; *V* – stopień wysycenia kompleksu kationami zasadowymi.

Explanations: *Hh* – hydrolytical acidity, *BEC* – basic exchangeable cations; *CEC* – cation exchangeable capacity; *BS* – base saturation.

Również wartości pH w wodzie obiektów B, C i D były mniejsze niż w glebie uprawnej nienawadnianej ściekami (obiekt A) i jednocześnie zbliżone do pH ścieków [CZYŻYK, 1994; PALUCH, 1984; PALUCH, MAŁECKI, WARDECKA, 2006]. Na obiekcie B, nienawadnianym od 20 lat, wartości pH były najmniejsze. Wynika z tego, że pH gleb irygowanych zależy od właściwości ścieków, a wstrzymanie nawadniania powoduje zakwaszenie gleb.

Konsekwencją irygacji jest wyraźny wzrost kwasowości hydrolitycznej oraz sumy kationów o charakterze zasadowym (tab. 3). Zwraca uwagę znaczny udział kationów o charakterze zasadowym na obiekcie D, mimo że jest to gleba zawierająca znikomą ilość frakcji ilastej (tab. 2). Gleby trwałych użytków zielonych, nawadniane wodami ściekowymi aktualnie oraz w przeszłości, różnią się też od gleby uprawnej większą pojemnością sorpcyjną. W utworach gliniastych obiektów B i C wynosiła ona odpowiednio 20,97 i 24,80 cmol (+)·kg<sup>-1</sup>.

Wśród kationów wymiennych (tab. 4) dominuje Ca, stanowiący 64,0% w glebie uprawnej i 46,1% w glebie obiektu, nienawadnianego ściekami od 20 lat. Stwierdzono, że udział Ca w glebach obiektów nawadnianych ściekami jest mniejszy. Potwierdza to wyniki uzyskane przez UZIĄKA i in. [1980] – nawadnianie ściekami przyczyniało się do zmniejszania zawartości CaCO<sub>3</sub>, sumy kationów o charakterze zasadowym i wymiennego Ca w kompleksie sorpcyjnym.

W obsadzie kationowej kompleksu sorpcyjnego zwraca uwagę mały udział sodu wymiennego (tab. 4). Wynosi on od 1,5% na obiekcie B do 3,9% na obiekcie D. Tak mały udział tego kationu, mimo że istotnie większy na obiektach aktualnie nawadnianych, świadczy o tym, że gleby irygowane ściekami nie ulegają zasoleniu.

**Tabela 4.** Wsytycenie kompleksu sorpcyjnego kationami, %**Table 4.** Saturation of the sorption complex by cations, %

Objekt	Object	H	Ca	Mg	K	Na
A		12,8	64,1	10,0	10,3	2,1
B		28,5	46,1	15,6	8,3	1,5
C		18,5	61,0	11,8	5,6	3,1
D		23,7	52,3	13,9	6,2	3,9
NIR <sub>0,05</sub>	LSD <sub>0,05</sub>	7,0	7,2	2,2	3,4	0,9

Przejawem tego były też małe wartości przewodności elektrycznej (tab. 3). Wyniki te są zgodne z wynikami badań BOĆKI [1965; 1980], CZYŻYKA [1994], PALUCHA [1984], PALUCHA, MAŁECKIEGO i WARDECKIEJ [2006] oraz UZIĄKA [1980], wskazującymi, że nawadnianie ściekami w warunkach Polski nie powoduje zasolenia gleb.

W glebach irygowanych stwierdzono zawężenie stosunku Ca:Mg, co może ujemnie wpływać na równowagę jonową w roślinach [PANAK, PROCYK, WOJNOWSKA, 1986].

Irygacja ściekami wpłynęła istotnie na zmiany składu chemicznego masy glebowej (tab. 5, 6). Częstość irygacji sprzyjała kumulacji materii organicznej i azotu, a duże dawki ścieków – niektórych metali ciężkich oraz form przyswajalnych P i K.

**Tabela 5.** Niektóre właściwości chemiczne badanych gleb**Table 5.** Some chemical properties of studied soils

Objekt Object	C <sub>org c</sub> C <sub>org t</sub>		N <sub>og</sub> N <sub>tot</sub>	C : N	S <sub>og</sub> S <sub>tot</sub>	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Formy przyswajalne Available forms	
	g·kg <sup>-1</sup>						P	K
			mg·kg <sup>-1</sup>					
A	18,08	1,09	16,7	0,554	7,2	256	210	
B	34,38	2,40	14,4	0,636	13,6	229	437	
C	37,84	3,06	12,4	0,550	20,4	240	144	
D	59,99	4,16	14,4	0,574	22,9	423	142	
NIR <sub>0,05</sub>	LSD <sub>0,05</sub>	16,74	1,15	1,4	0,120	6,2	122	180

Objaśnienia: C<sub>org c</sub> – całkowita zawartość węgla w materii organicznej zhumifikowanej i niezhumifikowanej.

Explanations: C<sub>org t</sub> – total carbon content in humic and non-humic soil organic matter.

Intensywne nawadnianie ściekami na obiekcie D przyczyniło się do kumulacji Zn i Pb (tab. 6) powyżej zawartości dopuszczalnych [Rozporządzenie MŚ..., 2002]. W składzie masy glebowej badanych obiektów zwracają uwagę całkowite zawartości Fe i Mn w glebach obiektów C i D, nawadnianych aktualnie ściekami z różną częstością. Na obiekcie D, nawadnianym 24 razy w roku, stwierdzono wyraźnie

**Tabela 6.** Całkowita zawartość metali ciężkich, mg·kg<sup>-1</sup>**Table 6.** Total contents of heavy metals, mg·kg<sup>-1</sup>

Obiekt	Object	Zn	Cu	Pb	Ni	Fe	Mn
A		160	36	77	13	15 532	374
B		399	65	60	25	22 287	354
C		181	27	12	20	27 180	478
D		688	90	212	19	10 002	186
NIR <sub>0,05</sub>	LSD <sub>0,05</sub>	316	81	114	7	12 331	199

mniejsze zawartości omawianych metali. Jest to niewątpliwie rezultatem odmiennego potencjału oksydoredukcyjnego gleb analizowanych obiektów.

W świetle danych GLIŃSKIEGO i STĘPNIIEWSKIEGO [1984] oraz STĘPNIIEWSKIEGO i STĘPNIIEWSKIEJ [2009], zmniejszenie potencjału redoks glebach zalewanych prowadzi do zwiększenia rozpuszczalności Fe i Mn, które mogą być łatwo wymywane. Znajduje to również potwierdzenie we wcześniejszych pracach BOĆKI [1980].

Wśród oznaczonych właściwości chemicznych zwraca uwagę mała zawartość S ogółem i form S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, duże zawartości materii organicznej i azotu oraz skład frakcyjny związków próchnicznych. Wyniki badań potwierdzają istotny wpływ ścieków miejskich na humifikację materii organicznej i zawartość azotu w glebach trwałych użytków zielonych (tab. 5). Potwierdzają one jednocześnie, że ilość materii organicznej i azotu warunkowana jest częstością irygacji.

Porównując zawartości materii organicznej i N ogółem w badanych glebach, można wnioskować, że zaniechanie nawadniania ściekami spowoduje wzmogłą mineralizację i straty azotu, przyczyniając się do zmiany troficzności środowiska.

Istotny wpływ nawodnień ściekami na procesy transformacji materii organicznej potwierdzają dane w tabelach 7. i 8. Najmniejszy udział w składzie frakcyjnym mają połączenia niskocząsteczkowe (frakcja Ia), nazywane frakcją fulwową. Ich zawartość nie przekracza 4% węgla ogółem, ale jest istotnie zróżnicowana – najmniejsza na obiekcie D.

W składzie frakcyjnym związków próchnicznych zwraca uwagę większy udział frakcji bitumin (C<sub>BIT</sub>) w glebach aktualnie nawadnianych ściekami. Wśród nich szczególnie dużą zawartość stwierdzono na obiekcie D, nawadnianym 24 razy w roku. Na duży udział bitumin w glebach irygowanych wpływa duża zawartość związków lipidowych w ściekach [SCHNAAK i in., 1997]. Mimo że mogą one ulegać transformacji w swoiste związki próchniczne, duża częstość nawodnień inhibuje procesy ich humifikacji [BEKIER, DROZD, WALENCZAK, 2009].

Wśród ekstrahowanych związków próchnicznych największy był udział połączeń wolnych oraz związanych z Ca i niekrzemianowymi formami R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (frakcja I) – tabela 7. W analizowanej frakcji udział kwasów huminowych zwiększa się wraz z częstością nawadniania (tab. 8). Konsekwencją tego jest duża i istotnie największa

**Tabela 7.** Skład frakcyjny związków próchnicznych, %  $C_{org}$ <sup>1)</sup>**Table 7.** Fractional composition of humus compounds, % of  $C_{org}$ <sup>1)</sup>

Obiekt Object	$C_{org}$ g·kg <sup>-1</sup>	$C_{BIT}$	Węgiel wydzielony Extracted carbon				$C_{niehyd}$ $C_{nonhyd}$
			0,05 mol·dm <sup>-3</sup> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.05 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		0,1 mol NaOH ·dm <sup>-3</sup> 0.1 M NaOH		
			frakcja Ia fraction Ia	frakcja I fraction I	frakcja II fraction II	frakcja III fraction III	
A	10,62	5,3	3,8	45,3	7,0	24,2	38,5
B	24,00	5,0	3,4	37,9	4,3	28,0	49,4
C	23,93	10,8	3,6	48,2	6,7	36,9	30,6
D	40,78	17,2	2,4	38,0	5,1	26,4	37,2
NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>	9,46	2,3	0,8	5,1	1,5	5,5	6,5

<sup>1)</sup>  $C_{org}$  określony po usunięciu substancji organicznej niezhumifikowanej.

Objaśnienia:  $C_{BIT}$  – frakcja bitumin,  $C_{niehyd}$  – węgiel niehydrolizujący

<sup>1)</sup>  $C_{org}$  determined after removing of non-humificated soil organic matter.

Explanations:  $C_{BIT}$  – bitumen fraction,  $C_{nonhyd}$  – non hydrolyzed carbon

**Tabela 8.** Zawartość kwasów huminowych i fulwowych, %  $C_{org}$ <sup>1)</sup>**Table 8.** The content of humic and fulvic acids, %  $C_{org}$ <sup>1)</sup>

Obiekt Object	Węgiel wydzielony 0,1 mol·dm <sup>-3</sup> NaOH Carbon extracted with 0.1 M NaOH						Ckh związane z Ca Cha bounded with Ca
	frakcja I fraction I			frakcja II fraction II			
	Ckh Cha	Ckf Cfa	Ckh:Ckf Cha:Cfa	Ckh Cha	Ckf Cfa	Ckh:Ckf Cha:Cfa	
A	19,9	25,4	0,79	3,7	3,3	1,13	7,0
B	19,3	18,6	1,04	2,6	1,7	1,54	4,1
C	20,8	27,5	0,76	3,0	3,7	0,83	3,3
D	24,9	13,2	1,91	3,7	1,4	2,83	9,6
NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>	3,2	3,7	0,31	0,6	0,9	0,8	2,7

<sup>1)</sup>  $C_{org}$  określony po usunięciu substancji organicznej niezhumifikowanej.

<sup>1)</sup>  $C_{org}$  determined after removing of non-humic soil organic matter.

Objaśnienia: Ckh – węgiel kwasów huminowych, Ckf – węgiel kwasów fulwowych.

Explanations: Cha – carbon of humic acids, Cfa – carbon of fulvic acids.

szą wartość stosunku Ckh:Ckf na obiekcie D. Podobne kierunki przemian notowali DROZD i LICZNAR [2002] w badaniach humifikacji w warunkach dużego uwilgotnienia odpadów komunalnych (ok. 0,6 kg H<sub>2</sub>O·kg<sup>-1</sup>).

Związki próchniczne trwale związane z krzemianowymi formami R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (frakcja II), stanowiły 4,3–7,0% węgla ogółem (tab. 7). Udział Ckh w tej frakcji wzrastał istotnie z częstością irygacji, podobnie jak we frakcji I. Efektem tego również była największa wartość stosunku Ckh:Ckf na obiekcie D.

Udział kwasów huminowych związanych z Ca w składzie związków próchnicznych gleb irygowanych był duży (tab. 8). Największą ich zawartość stwierdzono na obiekcie D, najczęściej nawadnianym ściekami.

Reasumując wyniki badań, należy stwierdzić, że częste nawadnianie gleb ściekami miejskimi prowadzi do zmian wielu ich parametrów chemicznych i fizykochemicznych, których zakres powinien być systematycznie monitorowany.

## WNIOSKI

1. Irygacja gleb ściekami miejskimi przyczyniła się do zwiększenia zawartości materii organicznej oraz składników biogennych.

2. W glebach często irygowanych ściekami miejskimi następowała wyraźna kumulacja związków lipidowych oraz zwiększał się udział kwasów huminowych.

3. Częsta irygacja ściekami miejskimi, zwłaszcza gleb lekkich, może przyczynić się do degradacji środowiska w wyniku kumulacji P i N oraz niektórych metali ciężkich, takich jak Zn i Pb.

## LITERATURA

- BEKIER J., DROZD J., WALENCZAK K., 2009. Transformacja wybranych substancji hydrofobowych podczas kompostowania odpadów komunalnych. *Roczniki Gleboznawcze* 60 nr 3 s. 5–11.
- BOĆKO J., 1965. Gleba jako środowisko oczyszczania ścieków. *Roczniki Gleboznawcze* 15 nr 2 s. 496–548.
- BOĆKO J., 1980. Usprawnianie gleb lekkich nawadnianych ściekami w wyniku gromadzenia substancji organicznej. *Roczniki Gleboznawcze* 31 nr 3/4 s. 149–154.
- CHAKRABARTI C., 1995. Residual effects of long-term land application of domestic wastewater. *Environment International* vol. 21 nr 3 s. 333–339.
- CZYŻYK F., 1994. Wpływ wieloletnich nawodnień ściekami na glebę, wody gruntowe i rośliny. Rozpr. Habil. Falenty: Wydaw. IMUZ ss. 76.
- DROZD J., LICZNAR M., 2002. Wpływ uwilgotnienia kompostowanych odpadów komunalnych na transformację materii organicznej i skład elementarny kwasów huminowych. *Acta Agrophysica* 70 s. 117–126.
- GLIŃSKI J., STĘPNIEWSKI W., 1984. Procesy biologiczne i chemiczne w glebie uzależnione od stanu natlenienia. *Problemy Agrofizyki* 44 ss. 58.
- Ochrona środowiska – informacje i opracowania statystyczne, 2008 Warszawa: GUS ss. 556.
- KONECKA-BETLEY K., BIAŁKIEWICZ F., CZĘPIŃSKA-KAMIŃSKA D., JANOWSKA E., 1980. Wpływ nawodnienia ściekami komunalnymi na zmiany właściwości gleb piaszczystych w doświadczeniach leśnych. *Roczniki Gleboznawcze* 31 nr 2 s. 151–173.
- PALUCH J., 1984. Oczyszczanie ścieków miejskich w środowisku glebowym. Zeszyty. Naukowe AR Wrocław nr 41 Rozprawy ss. 149.
- PALUCH J., MAŁECKI Z., WARDECKA L., 2006. Badania roztworu glebowego. Zeszyty Naukowe AR Wrocław nr 541 Monografie 51 ss. 149.



- PANAK H., PROCYK Z., WOJNOWSKA T., 1986. Wpływ rozszerzających się stosunków Ca : Mg : K : Na w glebie na równowagę jonową w roślinach. W: Równowaga jonowa w glebach i roślinach w warunkach intensywnego nawożenia. Cz. 2. Puławy: IUNG s. 82–86.
- POLAK J., BARTOSZEK M., SUŁKOWSKI W.W., 2009. Comparison of some spectroscopic and physico – chemical properties of humic acids extracted from sewage sludge and bottom sediments. *Journal of Molecular Structure* 924–926 s. 309–312.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Dz. U. 2002 nr 53 poz. 1358, 1359.
- SCHNAAK W., KÜCHLER TH., KUJAWA M., HENSCHEL K.-P., SÜSSENBACH D., DONAU R., 1997. Organic contaminants in sewage sludge and their ecotoxicological significance in the agricultural utilization of sewage sludge. *Chemosphere* vol. 35 nr 1/2 s. 5–11.
- SINGH R. P., AGRAWAL M., 2008. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste Management* 28 s. 347–358.
- STĘPNIĘWSKI W., STĘPNIĘWSKA Z., 2009. Selected oxygen-dependent process-Response to soil management and tillage. *Soil Tillage Resources* 102 s. 193–200.
- UZIĄK S., KLIMOWICZ Z., LEWANDOWSKA E., MELKE J., STEINBRICH K., 1980. Dynamika niektórych właściwości gleb łąkowych nawadnianych ściekami miejskimi. *Roczniki Gleboznawcze* 31 nr 1 s. 1–26.
- WANG X., CHEN T., GE Y., JIA Y., 2008. Studies on land application of sewage sludge and its limiting factors. *Journal of Hazardous Materials* 160 s. 554–558.
- YADAV R. K., GOYAL B., SHARMA R.K., DUBEY S.K., MINHAS P.S., 2002. Post-irrigation impact of domestic sewage effluent on composition of soils, crops and ground water – a case study. *Environment International* 28 s. 481–486.

*Michał LICZNAR, Jerzy DROZD, Stanisława E. LICZNAR, Jerzy WEBER, Jakub BEKIER,  
Rafał TYSZKA, Karolina WALENCZAK, Jarosław SZADORSKI*

## **THE INFLUENCE OF LONG-TERM APPLICATION OF MUNICIPAL SEWAGE ON SELECTED PROPERTIES OF SOILS FROM IRRIGATION FIELDS**

*Key words: municipal sewage, irrigation, soil properties*

### **S u m m a r y**

The aim of this study was to analyze how variations in time and frequency of soil irrigation with municipal sewage affect some physical, physicochemical and chemical properties of the irrigated soil, including quantitative and qualitative changes of humic substances. Soils from irrigation fields of a large city agglomeration were selected for this study.

Results showed increased concentration of organic matter and nutrients in irrigated soils. The accumulation of lipid substances and humic acids were observed in most frequently irrigated soils. It was found that frequent irrigation of light soils with municipal sewage might lead to environmental degradation.

---

Recenzenci:

*prof. dr hab. Franciszek Czyżyk*

*prof. dr hab. Janusz Ostrowski*

Praca wpłynęła do Redakcji 30.09.2009 r.