

CZESŁAW WOŁOSZYK, EDWARD KRZYWY, EWA KRZYWY-GAWROŃSKA,
ANNA IZEWSKA, RAFAŁ SZCZANOWICZ

OCENA PLONOTWÓRCZEGO DZIAŁANIA NA GLEBIE LEKKIEJ ODPADÓW I NAWOZÓW ORGANICZNYCH

EVALUATION OF THE PRODUCTIVITY OF WASTES AND ORGANIC FERTILIZERS ON A LIGHT SOIL

Zakład Rekultywacji i Chemii Środowiska,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Abstract: The influence of fertilization with a municipal sewage sludge without and with addition of wheat straw or cacao husk and GWDA type compost at a stable level of NPK on the yield of potato (direct influence) and winter wheat (sequential influence) was investigated in a field experiment conducted on light soil. Sewage sludge without and with addition of wheat straw and cacao husk and GWDA compost variably influenced the yields of fresh and dry matter of potato tubers (industrial variety Opus). The average increase of fresh matter potato tuber yield from objects with organic fertilization + NPK, compared to that with NPK fertilization, was 13.1%. The highest yields were harvested from sewage sludge + cacao husk object, and significantly lower from sewage sludge and GWDA compost objects. The dry matter content of potato tubers was not affected significantly by either the type of organic fertilizer or its rate. In the sequential influence, wastes and organic fertilizers similarly influenced the yield of winter wheat grain (cv. Kobra), and compared to NPK, increased it averagely by 14.2%. However, the yield of straw was most significantly influenced when sewage + straw was applied; the effects of application of only sewage or only the GWDA compost were lower. The higher rate of sewage without and with addition of wheat straw or cacao husks and GWDA composts, relative to the lower rate, significantly increased the yields of fresh and dry matter of potato tubers and grains of wheat, but did not differentiate the yield of straw. After conversion of the yields of potato tubers and grains of winter wheat into cereal units, their highest yields were obtained from the sewage sludge + cacao husk object (171.15 cereal units per ha); this value was significantly higher than that from the sewage sludge only (160.60 cereal units per ha) and the GWDA compost only (158.03 cereal units per ha), but did not differ significantly from that obtained from the sewage + straw object (165.11 cereal units per ha).

Słowa kluczowe: osad, słoma, łuska kakaowa, kompost, ziemniak, pszenica ozima.

Key words: sewage, straw, cacao husk, compost, potato, winter wheat.

WSTĘP

Spadek pogłowia zwierząt gospodarskich zmusza do poszukiwania substytutów nawozów naturalnych, którymi mogą być różne odpady (osady ściekowe) i nawozy organiczne (słoma, komposty) [Szulc i in. 2009]. Już wielokrotnie została potwierdzona wysoka wartość nawozowa osadów ściekowych i kompostów z ich udziałem [Baran i in.

1996; Czekala 2000]. Jednak produkcja kompostów wymaga dość znacznych nakładów finansowych, toteż powinno dążyć się do bezpośredniego stosowania osadów na polu np. na rozdrobnioną słomę [Wołoszyk i in. 2006], czy też z dodatkiem łuski kakaowej bądź innych biodegradowalnych odpadów.

Celem badań było określenie plonotwórczego działania (bezpośredniego i następczego) komunalnego osadu ściekowego bez dodatku i z dodatkiem słomy pszennej bądź łuski kakaowej oraz kompostu typu GWDA.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2007–2008 przeprowadzono doświadczenie polowe w Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Lipniku koło Stargardu Szczecińskiego z wykorzystaniem komunalnego osadu ściekowego, słomy pszennej, łuski kakaowej i kompostu typu GWDA. Gleba, na której było zlokalizowane doświadczenie, zaliczana jest do brunatno-rdzawych, niecałkowitych, wytworzonych z piasku gliniastego pylastego, średnio głęboko podścielonego gliną lekką (kompleks żytni dobry, klasa IVb). Przed założeniem doświadczenia odczyn gleby był lekko kwaśny (pH w 1 M KCl 5,7), zawartość węgla ogólnego wynosiła $6,44 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, azotu ogólnego $0,646 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, zawartość potasu i magnezu przyswajalnego była średnia, a fosforu wysoka. Schemat badań obejmował dwa czynniki: rodzaje odpadów i nawozów organicznych (I) oraz ich dawki (II). Z pierwszą dawką zastosowano $2,5 \text{ t s.m.} \cdot \text{ha}^{-1}$ komunalnego osadu ściekowego, $2,5 \text{ t s.m.} \cdot \text{ha}^{-1}$ osadu + $4,0 \text{ t s.m.} \cdot \text{ha}^{-1}$ słomy pszennej, $2,5 \text{ t s.m.} \cdot \text{ha}^{-1}$ osadu + $4,0 \text{ t s.m.} \cdot \text{ha}^{-1}$ łuski kakaowej i $2,5 \text{ t s.m.} \cdot \text{ha}^{-1}$ kompostu typu GWDA, a z drugą dawką dwukrotnie więcej osadu ściekowego i kompostu, zaś słomy i łuski tyle samo, co w wariantach z pierwszą dawką. Nawożenie organiczne w postaci: komunalnego osadu ściekowego, słomy pszennej, łuski kakaowej i kompostu typu GWDA zastosowano wiosną 2007 r. przed wykonaniem orki pod ziemniaki. Komunalny osad ściekowy i kompost typu GWDA pochodził z Miejskiej Oczyszczalni Ścieków w Stargardzie Szczecińskim. Osad spod prasy nie budził zastrzeżeń sanitarno-higienicznych i nie zawierał nadmiernych ilości metali ciężkich, określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 01.08.2002 r., w sprawie komunalnych osadów ściekowych [Dz. U. z 2002 r. nr 134 poz. 1140]. Również kompost typu GWDA, który produkowany jest z osadów ściekowych, słomy, trocin i odpadów zieleni miejskiej, spełniał normy określone w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z 18 czerwca 2008 roku [Dz. U. z 2008 r. nr 119 poz. 765]. Słoma z pszenicy ozimej pochodziła z RSD w Lipniku, a prażona łuska kakaowa ze Szczecińskich Zakładów Cukierniczych „Gryf”. Skład chemiczny nawozów organicznych przedstawiono w tabeli 1.

Objekty kontrolne stanowiły warianty bez nawożenia i z wyłączeniem nawożeniem mineralnym (60 kg N , $17,44 \text{ kg P}$ i $49,8 \text{ kg K}$ na ha). Taką samą dawkę NPK zastosowano na wszystkich obiektach nawożenia organicznego, w postaci Polifoski 6 (6-20-30) i saletry amonowej (34%N), wnosząc 40 kg N , $17,44 \text{ kg P}$ i $49,8 \text{ kg K}$ na ha przed sadzeniem ziemniaka. Drugą dawkę azotu ($20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) w postaci saletry amonowej zastosowano przed ostatnim redleniem. W pierwszym roku badań (2007), kiedy oceniano wpływ bezpośredni nawożenia organicznego, rośliną testową był ziemniak przemysłowy wysokoskrobiowy (odmiana Opus), który wysadzono 25.04., a zebrano 25.09.2007 r. W drugim roku (2008) badań (działanie następcze nawożenia organicznego) rośliną testową była pszenica ozima (odmiana Kobra), którą wysiano 5.10.2007 r., a zebrano 20.07.2008 r. Z wyjątkiem obiektu bez nawożenia przed siewem pszenicy zastosowano $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ Polifoski 6 (12 kg N , $17,44 \text{ kg P}$ i $49,8 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$). W czasie ruszenia wegetacji

TABELA 1. Skład chemiczny komunalnego osadu ściekowego, słomy pszennej, łuski kakaowej i kompostu typu GWDA [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.]TABLE 1. Chemical composition of sewage sludge, wheat straw, cacao husk, and the GWDA compost [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ D.M.]

Wyszczególnienie Specification	Sucha masa D.M. [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Corg. Org. C	Zawartość ogólna – Total content				
			N	P	K	Ca	Mg
Osad ściekowy Sewage sludge	180	322	42,4	15,1	6,33	21,6	4,32
Słoma pszenna Wheat straw	850	412	7,12	1,20	14,0	1,76	0,72
Łuska kakaowa Cacao husk	900	419	31,0	4,25	29,3	3,56	4,10
Kompost GWDA Compost GWDA	320	312	26,5	12,8	6,45	14,2	3,24

zastosowano $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, a w fazie strzelania w żdźbło $40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ azotu w postaci saletry amonowej. Po zbiorze ziemniaka oznaczono wielkość plonu bulw i zawartość w nich suchej masy, a po zbiorze pszenicy ozimej wielkość plonu ziarna i słomy z czterech powtórzeń każdego obiektu nawozowego. W celu oceny efektów nawożenia organicznego w okresie dwóch lat, plon bulw ziemniaka (0,25) oraz ziarna (1,0) i słomy (0,1) pszenicy ozimej, przeliczono na jednostki zbożowe według przeliczników podanych w nawiasach.

Analizę wariancji wyników plonu ziemniaka i pszenicy oraz plonu jednostek zbożowych obu roślin wykonano w układzie dwuczynnikowym (bez uwzględnienia obiektów kontrolnych), według pakietu FR-ANALWAR. Porównanie wielokrotne średnich przeprowadzono za pomocą procedury Tukeya, przy $p = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Dawki odpadów i nawozów organicznych ustalono na podstawie zawartości suchej masy, wnosząc z I dawką $2,5 \text{ t}$, a z II dawką $5,0 \text{ t s.m.}\cdot\text{ha}^{-1}$ osadu ściekowego i kompostu GWDA. Natomiast dawka słomy i łuski kakaowej, przy obu dawkach osadu ściekowego, wynosiła $4,0 \text{ t s.m.}\cdot\text{ha}^{-1}$. Zastosowane w doświadczeniu odpady organiczne (komunalny osad ściekowy, łuska kakaowa) i nawozy organiczne (słoma pszenna, kompost GWDA) różniły się zawartością suchej masy i składem chemicznym (tab. 1), w wyniku czego do gleby wniesiono różne ilości azotu, fosforu, potasu, wapnia i magnezu. Najwięcej tych składników zastosowano na obiektach z osadem + łuska kakaowa, mniej z osadem + słoma, a najmniej z kompostem GWDA, z wyjątkiem potasu, którego wniesiono prawie tyle samo, jak na obiekcie z osadem.

W okresie wegetacyjnym 2007 r., na terenie RSD w Lipniku wystąpiły bardzo korzystne warunki meteorologiczne dla wzrostu i rozwoju ziemniaka, których odzwierciedleniem był bardzo duży plon bulw, nawet na obiekcie bez nawożenia ($37,64 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Średnia temperatura powietrza od maja do sierpnia wynosiła $17,5^\circ\text{C}$ i była o $1,8^\circ\text{C}$ wyższa od średniej z wielolecia, a suma opadów w tym okresie wyniosła $425,8 \text{ mm}$ i o $194,1 \text{ mm}$ przewyższała średnią wieloletnią. Średnia zwyżka plonu bulw ziemniaka z obiektów nawożenia organicznego + NPK w porównaniu z wyłącznym nawożeniem NPK wyniosła $13,1\%$. Największy średni plon bulw zebrano z obiektu osad + łuska kakaowa ($50,17 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), a istotnie mniejszy z obiektów: osad ściekowy i kompost GWDA. W porównaniu z największym plonem obniżki na tych obiektach wyniosły odpowiednio $5,68$ i $7,83\%$ i nie były adekwatne do o wiele

TABELA 2. Plon świeżej i suchej masy bulw ziemniaka [$t \cdot ha^{-1}$] oraz zawartość suchej masy [%] w bulwach ziemniakaTABLE 2. The yield of fresh and dry matter of potato tubers [$t \cdot ha^{-1}$] and the contents of dry matter [%] in potato tubers

Obiekty Objects	Plon świeżej masy Yield of fresh mass			Zawartość s.m. Content of d.m.			Plon s.m. Yield of d.m.		
	I d*	II d*	śred.	I d*	II d*	śred.	I d*	II d*	śred.
Osad ściekowy + NPK Sewage sludge + NPK	45,56	49,08	47,32	28,10	29,00	28,60	12,80	14,23	13,51
Osad + słoma + NPK Sludge + straw + NPK	47,24	49,52	48,38	28,00	28,80	28,40	13,23	14,26	13,74
Osad + łuska + NPK Sludge + cacao husk+ NPK	47,52	52,82	50,17	28,30	27,80	28,10	13,45	14,68	14,07
Kompost GWDA + NPK Compost GWDA+ NPK	44,64	47,84	46,24	28,80	27,90	28,40	12,86	13,35	13,11
Średnia – Mean	46,24	49,82	48,03	28,30	28,40	28,40	13,09	14,15	13,62
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} I czynnik – I factor	2,268			r.n – n.s.			0,763		
II czynnik – II factor	1,377			r.n – n.s.			0,554		
IxII	r.n – n.s.			r.n – n.s.			r.n – n.s.		
Kontrola – Control	37,64			28,40			10,69		
NPK	42,48			28,80			12,23		

*Id, IId – dawka – dose

większej masy makroskładników wniesionych z osadem + łuska kakaowa. W wyniku zastosowania większej dawki osadu bez i z dodatkiem słomy lub łuski kakaowej oraz kompostu GWDA, uzyskano około 8-procentowy wzrost plonu bulw.

Zawartość suchej masy w bulwach ziemniaka (tab. 2) nie była istotnie różnicowana ani przez formę nawożenia organicznego, ani przez wielkość jego dawki. Średnia jej zawartość na obiektach z poszczególnymi formami nawożenia organicznego + NPK wahała się od 28,10 do 28,60%, a w bulwach z obiektu z wyłącznym nawożeniem mineralnym wynosiła 28,80%. W związku z podobną zawartością suchej masy w bulwach ziemniaka istotne różnice w plonie suchej masy zebranych z poszczególnych obiektów nawożenia organicznego były wynikiem zróżnicowania plonu świeżej masy bulw (tab. 2). Podobnie jak w przypadku plonu świeżej masy bulw, największy plon suchej masy zebrano z obiektu osad + łuska kakaowa ($14,07 t \cdot ha^{-1}$), a istotnie mniejszy z obiektów osad ściekowy ($13,51 t \cdot ha^{-1}$) i kompost GWDA ($13,11 t \cdot ha^{-1}$).

W drugim roku badań, kiedy oceniano następcze działanie nawożenia organicznego, odnotowano układ warunków meteorologicznych niekorzystny dla wzrostu i rozwoju pszenicy ozimej, zwłaszcza w maju i czerwcu, kiedy suma opadów była o 68,2 mm niższa niż w wieloleciu, a temperatura powietrza – o $1,5^{\circ}C$.

Średni plon ziarna pszenicy na obiekcie bez nawożenia wyniósł $2,47 t \cdot ha^{-1}$, a z NPK – $3,45 t \cdot ha^{-1}$. Poszczególne formy nawozów organicznych podobnie kształtowały wielkość plonu ziarna, a w porównaniu z NPK zwiększyły go średnio o 14,2%. Większa dawka osadu i kompostu GWDA w porównaniu z mniejszą istotnie zróżnicowała plon, dając 6-procentową zwwyżkę (tab. 3). Na wielkość plonu słomy pszenicy najlepiej oddziaływał osad + słoma ($4,40 t \cdot ha^{-1}$), a istotnie słabiej sam osad ($4,02 t \cdot ha^{-1}$) i kompost GWDA ($4,03 t \cdot ha^{-1}$). Średnia zwyczajka plonu słomy pod wpływem nawożenia organicznego wyniosła 13,2% (tab. 3).

TABELA 3. Plon ziarna i słomy pszenicy ozimej [t·ha⁻¹]TABLE 3. Yield of grain and straw wheat [t·ha⁻¹]

Obiekty – Objects	Ziarno – Grain			Słoma – Straw		
	Id*	IId*	Śred.**	Id*	IId*	Śred.**
Osad ściekowy + NPK Sewage sludge + NPK	3,72	3,94	3,83	4,00	4,03	4,02
Osad + słoma + NPK Sludge + straw + NPK	3,84	4,11	3,97	4,30	4,50	4,40
Osad + łuska + NPK Sludge + cacao husk + NPK	4,05	4,22	4,14	4,20	4,43	4,32
Kompost GWDA + NPK Compost GWDA + NPK	3,69	3,99	3,84	4,03	4,03	4,03
Średnia – Mean	3,83	4,06	3,94	4,13	4,25	4,19
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}						
I czynnik – I factor	r.n. – n.s.			0,342		
II czynnik – II factor	0,213			r.n. – n.s.		
IxII	r.n. – n.s.			r.n. – n.s.		
Kontrola – Control	2,47			2,57		
NPK	3,45			3,70		

*Id, IId – dawka – dose; ** średnia – mean

W celu oceny efektów nawożenia organicznego w okresie dwóch lat, plon bulw ziemniaka (0,25) oraz ziarna (1,0) i słomy (0,1) pszenicy ozimej przeliczono na jednostki zbożowe. W stosunku do obiektu NPK (144,40 j.zb·ha⁻¹) nawożenie organiczne zwiększyło plon j. zb. średnio o 13,4%. Największy plon jednostek zbożowych uzyskano na obiekcie osad + łuska kakaowa (171,15 j. zb·ha⁻¹) i był on istotnie większy od plonu z obiektów z samym osadem (160,60 j. zb·ha⁻¹) i kompostem GWDA (158,03 j. zb·ha⁻¹), a nie różnił się istotnie od plonu j. zb. z obiektu osad + słoma (165,11 j. zb·ha⁻¹). Różnica w wielkości plonu j. zb. między dawkami nawozów organicznych była istotna i wyniosła ponad 7% na korzyść drugiej dawki (tab. 4).

Efekty plonotwórczego działania (bezpośredniego i następczego) zastosowanego w doświadczeniu komunalnego osadu ściekowego bez dodatku i z dodatkiem słomy pszennej bądź łuski kakaowej oraz kompostu typu GWDA znajdują potwierdzenie w badaniach

TABELA 4. Suma plonu bulw ziemniaka oraz ziarna i słomy pszenicy ozimej wyrażona

w jednostkach zbożowych [j.zb·ha⁻¹]

TABLE 4. The sum of the yields of potato tubers and grain and straw of winter wheat expressed in cereal units per ha

Obiekty – Objects	Id*	IId*	Śred.**
Osad ściekowy + NPK Sewage sludge + NPK	155,1	166,1	160,6
Osad + słoma + NPK Sludge + straw + NPK	160,8	169,4	165,1
Osad + łuska + NPK Sludge + cacao husk + NPK	163,6	178,7	171,2
Kompost GWDA + NPK Compost GWDA + NPK	152,6	163,5	158,0
Średnia – Mean	158,0	169,4	163,7
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}			
I czynnik – I factor	8,10		
II czynnik – II factor	2,21		
IxII	r.n. – n.s.		
Kontrola – Control	121,4		
NPK	144,4		

*Id, IId – dawka – dose; ** średnia – mean

krajowych [Krzywy, Iżewska 2007; Maćkowiak 2000; Wieczorek, Gambuś 2009; Wołoszyk i in. 2006] i zagranicznych [Antolin i in. 2005; De Brouwere, Smolders 2006; Torri, Lavado 2009].

WNIOSKI

1. Komunalny osad ściekowy bez dodatku i z dodatkiem słomy pszennej bądź łuski kakaowej oraz kompostu GWDA różnie kształtowały wielkość plonu świeżej i suchej masy bulw ziemniaka przemysłowego odmiany Opus. Największe plony zebrano z obiektu osad + łuska kakaowa, a istotnie mniejsze z obiektów osad ściekowy i kompost GWDA.
2. Zawartość suchej masy w bulwach ziemniaka nie była istotnie różnicowana ani przez rodzaj nawozu organicznego, ani przez wielkość jego dawki.
3. Analizowane odpady i nawozy organiczne, w działaniu następczym, podobnie kształtowały wielkość plonu ziarna pszenicy ozimej (odm. Kobra), a w porównaniu z NPK zwiększyły go średnio o 14,2%. Natomiast na plon słomy najlepiej oddziaływał osad + słoma, a słabiej – sam osad i kompost GWDA.
4. Większa dawka osadu bez dodatku i z dodatkiem słomy pszennej bądź łuski kakaowej oraz kompostu GWDA istotnie zwiększyła plon świeżej i suchej masy bulw ziemniaka i ziarna pszenicy, a nie różnicowała plonu słomy.
5. Największy plon jednostek zbożowych uzyskano na obiekcie osad + łuska kakaowa (171,15 j. zb.·ha⁻¹) i był on istotnie większy od plonu z obiektów z samym osadem (160,60 j. zb.·ha⁻¹) i kompostem GWDA (158,03 j. zb.·ha⁻¹), a nie różnił się istotnie od plonu j. zb. z obiektu osad + słoma (165,11 j. zb.·ha⁻¹).

LITERATURA

- ANTOLIN M. C., PASCUAL I., GARCIA C., POLO A., SANCHEZ-DIAZ M. 2005: Growth, yield and solute content of barley in soils treated with sewage sludge under semiarid Mediterranean conditions. *Field Crops Research* **94**: 224–237.
- BARAN S., FLIS-BUJAK M., TURSKI R., ŻUKOWSKA G. 1996: Zmiany właściwości fizykochemicznych gleby lekkiej użyźnianej osadem ściekowym. *Rocz. Glebozn.* **47**, 3/4: 123–130.
- CZEKAŁA J. 2000: Wartość próchnicotwórcza i działanie nawozowe osadu ściekowego. *Folia Univ. Agric. Sietin. Agricultura* **211**, 84: 75–80.
- DE BROUWERE K., SMOLDERS E. 2006: Yield response of crops amended with sewage sludge in the field is more affected by sludge properties than by final soil metal concentration. *European J. Soil Science* **57**: 558–567.
- KRZYWY E., IŻEWSKA A. 2007: Impact of manure and organic fertilizers on the quantity and content yield of heavy metals in spring rape. *Pol. J. Chemical Technology* **9**, 3: 60–63.
- MAĆKOWIAK C. 2000: Skład chemiczny i wartość nawozowa kompostów produkowanych na bazie osadów ściekowych według technologii spółki wodno-ściekowej GWDA Piła-Leszaków. W: Charakterystyka i zagospodarowanie osadów ściekowych. Mat. konf., Gdańsk 10–13 września 2000. Bydg. Tow. Nauk., *Prace Wyzd. Nauk Techn.*, ser. A **31**: 74–81.
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych. *Dz. U.* nr **134**, poz. 1140.
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ROLNICTWA I ROZWOJU WSI z dnia 18 czerwca 2008 roku w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu. *Dz. U.* nr **119**, poz. 765.
- SZULC W., RUTKOWSKA B., ŁABĘTOWICZ J. 2009: Wartość nawozowa odpadów organicznych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* **535**: 415–421.
- WIECZOREK J., GAMBUŚ F. 2009: Porównanie działania obornika i komunalnych osadów ściekowych na plonowanie i skład chemiczny słonecznika w doświadczeniu lizymetrycznym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* **537**: 359–368.

- WOŁOSZYK C., KRZYWY E., IŻEWSKA A., KRZYWY-GAWROŃSKA E., BALCER K. 2006: Wpływ bezpośredni i następczy komunalnego osadu ściekowego i słomy pszennej na wielkość plonu oraz zawartość makroskładników w roślinach testowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* **512**: 647–659.
- TORRI S., LAVADO R. 2009: Plant absorption of trace elements in sludge amended soils and correlation with soil chemical speciation. *J. Hazardous Materials* **166**, 2–3: 1459–1465.

*Dr hab. Czesław Wołoszyk, prof. nadzw.
Zakład Rekultywacji i Chemii Środowiska,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. J. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin
e-mail: czeslaw.woloszyk@zut.edu.pl*