

Zawartość wybranych makroskładników w glebie i roślinach energetycznych nawożonych osadami ściekowymi

W. MARTYN¹, T. WYŁUPEK², A. CZERWIŃSKI¹

¹*Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, ²Katedra Biologii Roślin
Wydział Nauk Rolniczych w Zamościu, Akademia Rolnicza w Lublinie*

Contents of some macroelements in soil and energy plants fertilized with sewage

Abstract. The experiment was started in 2005 on podsolic soils (IVb soil quality class) that are typical for the area adjacent to the Coal Mine 'Bogdanka'. The sewage had been taken from 'Łęczyńska Energetyka' sewage plant in KWK 'Bogdanka' mainly from miners' sauna and canteen, and used on experimental plots where energy plants were grown: grasses *Miscanthus sacchariflorus* and *Calamagrostis epigejos* and *Rosa multiflora* (for comparison). Contents of Ca, Mg, K, and Na were marked with commonly used methods in soil and biomass of specific plant species. Also, possibility of production of biomass used in the future as energy material was determined. The results of the two year experiment allowed to observe that irrigation of soil with sewage caused tremendous changes in its chemistry. It was also shown that the species revealed different intensity of biogenes absorption. *Calamagrostis epigejos* retained in its biomass large amounts of potassium, and little amounts of calcium. The basic element absorbed by *Miscanthus sacchariflorus* was calcium. *Rosa multiflora* accumulated in its biomass both calcium and potassium.

Key words: biomass, *Miscanthus sacchariflorus*, *Calamagrostis epigejos*, *Rosa multiflora*

1. Wstęp

W ostatnim czasie obserwuje się zainteresowanie alternatywnymi źródłami energii. W naszym kraju poważne znaczenie przypisuje się fitomasie. Wynika to z możliwości znacznej ilości jej pozyskiwania niemal na całym terytorium kraju i uważa się, że odgrywa ona rolę nie tylko jako źródło energii, ale jako znaczący czynnik gospodarczy i społeczny (JEŻOWSKI, 2003). Biomasa można wykorzystywać w sposób tradycyjny, tj. na drodze bezpośredniego spalania lub też na drodze przemian biotechnologicznych, których efektem jest produkcja metanu.

Rośliny szczególnie cenne do tego typu wykorzystania łączone są w nieformalną jeszcze grupę tzw. roślin energetycznych. Jest to grupa otwarta, do której próbuje się włączać nowe gatunki roślin zróżnicowane pod względem ich systematyki botanicznej,

dla których najistotniejszą wspólną cechą jest produkcja znacznej ilości biomasy w trakcie wieloletniego wykorzystania.

W grupie roślin energetycznych poważną rolę odgrywają trawy. Można wśród nich znaleźć zarówno gatunki traw autochtonicznych, jak też gatunki obce miejscowemu środowisku. Rola traw wśród roślin energetycznych jest niepodważalna chociażby ze względu na fakt, iż w naszym klimacie, łąki w których trawy stanowią najpoważniejszą grupę roślin uważane są powszechnie za formację roślinną produkującą największą ilość biomasy.

W obliczu znacznego ograniczenia rodzimej hodowli zwierząt gospodarskich możliwe jest przynajmniej w części, wykorzystanie suchej masy traw jako potencjalnego źródła energii. Istotnym jest, że dla celów energetycznych najbardziej cenne jest siano ubogiej wartości rolniczej (FILIPEK, 1973) pozbawione w wyniku wylugowania składników odżywczych istotnych z punktu żywienia zwierząt. Trawy należą również do pionierskich gatunków roślin wkraczających samoistnie lub dzięki człowiekowi na tereny przywracane przyrodniczemu wykorzystaniu. Tereny takie mogą mieć znaczenie w pozyskiwaniu suchej masy traw na cele energetyczne (KOŚCIK i wsp., 2005; KRZYSZKOWSKI, 1974; STRZELECKI i SOBCZAK, 1972; WĘGOREK, 2006).

W ostatnim dziesięcioleciu prowadzone są w Europie intensywne badania nad wykorzystaniem trzciny chińskiej jako biopaliwa, gdyż charakteryzuje się ona dużą efektywnością energetyczną, a uprawa jej posiada walory ekologiczne. Do wytworzenia dużej biomasy roślina ta wymaga znacznych ilości składników pokarmowych, które można jej dostarczyć między innymi w postaci osadów i kompostów (KRZYWY i wsp., 2004). Ze względu na intensywne pobieranie z gleby metali ciężkich może być stosowana do rekultywacji terenów zanieczyszczonych lub użyźnianych osadem ściekowym (MAJKOWSKI i MAJKOWSKA, 2000). Niektórzy autorzy (KRZYWY i wsp., 2004; MALINOWSKA i wsp., 2006) uważają, iż *Miscanthus sacchariflorus* dobrze reaguje na nawożenie osadami ściekowymi, które z powodzeniem zastępują nawożenie mineralne. Nawożenie osadami ściekowymi to jedna ze skuteczniejszych metod utylizacji tego odpadowego materiału, zapewniająca bezpieczeństwo dla środowiska, a także ponowne wprowadzenie składników pokarmowych do obiegu.

Osady pościekowe pochodzące z komunalnych oczyszczalni ścieków mają bardzo dużą wartość glebotwórczą i nawozową. Zawierają one duże ilości wszystkich (oprócz potasu) składników pokarmowych niezbędnych dla roślin (SIUTA, 2003).

Mając na uwadze powyższe rozważania, interesującym wydała się próba oceny możliwości wykorzystania biomasy z dwóch zdecydowanie różniących się gatunków traw (gatunku obcego miejscowemu środowisku – *Miscanthus sacchariflorus* oraz pionierskiego gatunku *Calamagrostis epigejos*) na tle *Rosa multiflora* jako jednego z preferowanych gatunków roślin energetycznych z jednej strony traktowanych jako filtr biologiczny w oczyszczaniu ścieków z drugiej jako potencjalne źródła biomasy do spalania.

2. Materiał i metody

Doświadczenie założono na typowej dla północnej części Lubelszczyzny glebie bielecовой zaliczanej do klasy bonitacyjnej IVb. Poletka doświadczalne o powierzchni

12 m² (3m x 4m), zostały do głębokości 60 cm oddzielone od siebie przegrodami plastikowymi, uniemożliwiającymi przemieszczanie się zastosowanych w doświadczeniu nawodnień ściekami. Ścieki te pochodziły z oczyszczalni „Łęczyńskiej Energetyki” znajdującej się w KWK Bogdanka w pobliżu szybu wydobywczego w Nadrybiu. Ścieżki między poletkami z roślinami wyłożono płytami chodnikowymi. Doświadczenie posiada własną infrastrukturę do rozlewania ścieków składającą się ze zbiorników metalowych o pojemności 600, 800 i 900 l każdy oraz rur rozprzewadzających i rozlewających ścieki na każde poletko z osobną poprzez perforowane rury umieszczone na wysokości 50 cm. Każdorazowo zbiorniki napełniane były ściekami i rozlewane 1 raz w tygodniu z wyłączeniem okresów, gdy opady uniemożliwiały nawadnianie. Dawki nawodnienia wynosiły 10, 13 i 15 l ścieków na m².

W kwietniu 2005 roku na poletkach doświadczalnych w rozstawach typowych dla plantacji produkcyjnych wysadzono sadzonki *Miscanthus sacchariflorus*, *Calamagrostis epigejos* oraz *Rosa multiflora*. W doświadczeniu nie stosowano dodatkowego nawożenia. Ochronę roślin zminimalizowano do zwalczania pchełki na wszystkich roślinach oraz walkę z mączniakiem na róży środkami polecnymi w sprzedaży. W pierwszym roku prowadzono mechaniczną walkę z chwastami, szczególnie na poletkach z różą bezkolcową. Po zakończonym sezonie wegetacyjnym (2005 i 2006 roku) zebrano biomasę poszczególnych gatunków roślin i określono plon suchej masy. Powszechnie stosowanymi metodami, oznaczono w glebie i roślinach zawartość Ca, Mg K i Na. Przedstawione w niniejszej publikacji wyniki badań są średnimi z dwóch lat doświadczenia (2005 i 2006).

3. Wyniki

Nawadnianie gleby w sezonie wegetacyjnym wzrastającymi dawkami specyficznych ścieków pochodzących z kopalnianej łaźni spowodowało zmiany w składzie chemicznym gleb.

Wraz ze wzrostem dawki stosowanych ścieków w sposób proporcjonalny znacznie wzrastała zawartość wapnia w glebie (tab. 1). Na poletkach o najwyższej dawce ścieków zawartość tego pierwiastka w glebie (w stosunku do poletek nie nawadnianych) wzrosła o 76%. Analizując zawartość pozostałych pierwiastków, stwierdzono zdecydowanie niższy ich wzrost. Najwyższy udział w glebie Mg, K i Na stwierdzono przy drugiej dawce nawodnień rzędu 13 l m⁻². Wzrost zawartości tych pierwiastków był zróżnicowany i wynosił w zależności od pierwiastka odpowiednio: w przypadku sodu o 37% (0,118 g kg⁻¹), magnezu o 26% (1,54 g kg⁻¹), zaś w odniesieniu do potasu jedynie o 16% (1,70 g kg⁻¹). Najwyższa natomiast dawka ścieków spowodowała, poza wapniem, w glebach ograniczenie wzrostu zawartości badanych biogenów.

Badane gatunki roślin nieznacznie różniły się produkcją suchej masy z 1 m² poletka. Najwyższe średnie plony suchej masy uzyskano z róży bezkolcowej (1,1 kg m⁻²), natomiast w przypadku traw nieco wyższy plon stwierdzono na poletkach z trzcinnikiem piaskowym niż z miskantem cukrowym (tab. 2). Należy stwierdzić, iż mimo ewidentnego braku różnic w pozyskanej suchej masie badanych gatunków roślin z poszczególnych

Tabela 1. Zawartość wybranych biogenów (g kg^{-1}) w glebie w zależności od dawki ścieków zastosowanych w doświadczeniuTable 1. Contents of selected biogenes (g kg^{-1}) in soil depending on amount of sewage used in the experiment

Oznaczany składnik Marked element	Dawka ścieków (1 m^{-2}) – Amount of sewage (1 m^{-2})			
	0	10	13	15
Ca	0,68	0,94	1,16	1,20
Mg	1,22	1,38	1,54	1,43
K	1,45	1,52	1,70	1,61
Na	0,086	0,088	0,118	0,099

poletek, każdy z nich preferował inny poziom nawadniania ściekami. Maksymalny plon suchej masy *Miscanthus sacchariflorus* stwierdzono w przypadku nawadniania dawką rzędu 13 l m^{-2} . *Calamagrostis epigejos* najwyższe plony biomasy osiągnął przy nawadnianiu rzędu 15 l m^{-2} , zaś *Rosa multiflora* przy nawadnianiu 10 l m^{-2} .

Według WĘGORKA (2006) sucha masa nadziemnych części trzcinnika piaskowego na wydmach w strefie wylesionej przy Zakładach Azotowych „Puławy” wynosiła od nieco ponad 1 do $3,11 \text{ Mg ha}^{-1}$. STRZELECKI i SOBCZAK (1972) podają, iż ogólna masa trzcinnika w stanie świeżym może osiągać 40 Mg ha^{-1} .

Tabela 2. Plon suchej masy analizowanych roślin (z 1 m^2 poletka w kg) w poszczególnych wariantach doświadczeniaTable 2. Crop of dry mass of the investigated plants (from 1 m^2 of the plot in kg) in different variants of the experiment

Gatunek Species	Dawka ścieków (1 m^{-2}) – Amount of sewage (1 m^{-2})			Średnia Mean
	10	13	15	
<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	0,6	1,1	0,9	0,9
<i>Calamagrostis epigejos</i>	1,0	0,9	1,2	1,0
<i>Rosa multiflora</i>	1,3	0,9	1,0	1,1
Średnia - Mean	1,0	1,0	1,0	X

Na podstawie uzyskanych (tab. 1) wyników można stwierdzić, iż udział wapnia w oczyszczonych mechanicznie ściekach był wysoki i rzutował na wzrost jego zawartości w glebie. Badane gatunki roślin miały więc dogodnie możliwości pobierania wapnia w znacznych ilościach.

W suchej masie róży bezkolcowej stwierdzono przeciętną obecność wapnia wynoszącą ponad 8 g kg^{-1} . Zdecydowanie mniej tego pierwiastka zauważono w suchej masie badanych traw. Niewielkie (wręcz śladowe) ilości wapnia pobrał z podłoża trzcinnik piaskowy (tab. 3). Natomiast w suchej masie miskanta cukrowego ilość wapnia stanowiła ok. 50% ilości zawartej w suchej masie róży. Należy również podkreślić, iż pobieranie wapnia przez analizowane gatunki roślin wskazuje na proporcjonalną zależność jego obecności w biomacie od wielkości dawki nawadniania.

Tabela 3. Zawartość Ca (g kg^{-1} s.m.) w roślinach
Table 3. Contents of Ca (g kg^{-1} DM) in plants

Gatunek Species	Dawka ścieków (l m^{-2}) – Amount of sewage (l m^{-2})			Średnia Mean
	10	13	15	
<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	3,47	6,14	5,05	4,89
<i>Calamagrostis epigejos</i>	0,49	0,34	0,70	0,51
<i>Rosa multiflora</i>	9,70	5,94	9,17	8,27
Średnia - Mean	4,55	4,14	4,97	X

Zdolność pobierania przez rośliny magnezu przedstawia tabela 4. Poziom dostarczonego z nawadnianiem, a jednocześnie pobranego przez rośliny magnezu był w stosunku do wapnia zdecydowanie niższy. Różnice w średnich ilościach magnezu w biomase poszczególnych gatunków roślin były niewielkie. Najwyższą zawartość magnezu stwierdzono w suchym materiale roślinnym róży bezkolcowej. Natomiast zdolności pobierania magnezu przez obie trawy tj. miskanta cukrowego i trzcinnika piaskowego można uznać za zbliżone. Zauważono, iż zwiększanie ilości magnezu w glebie wraz ze wzrostem nawadniania nie było jednoznaczne (tab. 1) stąd też i nie jednoznaczny był jego udział w masie roślinnej z poletek o zmiennej ilości ścieków. Nie mniej jednak zaznaczają się różnice między poletkami o najniższych i najwyższych dawkach zastosowanych ścieków.

Tabela 4. Zawartość Mg (g kg^{-1} s.m.) w roślinach
Table 4. Contents of Mg (g kg^{-1} DM) in plants

Gatunek Species	Dawka ścieków (l m^{-2}) – Amount of sewage (l m^{-2})			Średnia Mean
	10	13	15	
<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	0,72	1,29	0,99	1,00
<i>Calamagrostis epigejos</i>	1,25	1,03	1,48	1,25
<i>Rosa multiflora</i>	1,90	1,37	1,63	1,63
Średnia - Mean	1,29	1,23	1,37	X

Przeprowadzone badania wykazały, że biomasa analizowanych gatunków roślin zawierała zróżnicowane ilości potasu (tab. 5). Stwierdzono jednocześnie w tym względzie brak zależności od wielkości zastosowanych dawek ścieków. Zdecydowanie więcej potasu z gleby przyswoiła róża bezkolcowa. Ilość tego pierwiastka sięgała w biomase z tej rośliny blisko $8,0 \text{ g kg}^{-1}$ s.m. Znaczne ilości potasu stwierdzono w suchej masie trzcinnika piaskowego. Najmniejszą ilością potasu charakteryzowała się biomasa miskanta cukrowego. Potwierdzają to wyniki badań innych naukowców (KALEMBASA i wsp., 2005; MALINOWSKA i wsp., 2006; ROSZEWSKI, 1996), którzy stwierdzają również niskie zawartości potasu w biomase trawy z rodzaju *Miscanthus*.

Tabela 5. Zawartość K (g kg^{-1} s.m.) w roślinach
 Table 5. Contents of K (g kg^{-1} DM) in plants

Gatunek Species	Dawka ścieków (1 m^{-2}) – Amount of sewage (1 m^{-2})			Średnia Mean
	10	13	15	
<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	1,18	3,24	1,57	1,99
<i>Calamagrostis epigejos</i>	6,00	3,64	7,50	5,71
<i>Rosa multiflora</i>	9,55	6,43	7,75	7,91
Średnia - Mean	5,58	4,44	5,61	X

Całkowita zawartość Na w analizowanym materiale roślinnym była zbliżona w przypadku *Calamagrostis epigejos* oraz *Rosa multiflora* i wynosiła odpowiednio: 0,048 i 0,049 g kg^{-1} – (tab. 6.) Najniższą zawartością sodu w suchej masie odznaczał się *Miscanthus sacchariflorus* (0,037 g kg^{-1}).

Tab. 6. Zawartość Na (g kg^{-1} s.m.) w roślinach
 Table 6. Contents of Na (g kg^{-1} DM) in plants

Gatunek Species	Dawka ścieków (1 m^{-2}) – Amount of sewage (1 m^{-2})			Średnia Mean
	10	13	15	
<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	0,025	0,051	0,034	0,037
<i>Calamagrostis epigejos</i>	0,043	0,036	0,066	0,048
<i>Rosa multiflora</i>	0,055	0,041	0,050	0,049
Średnia - Mean	0,041	0,043	0,050	X

4. Dyskusja

Zdolność do tworzenia znacznej ilości biomasy należy do podstawowych wymagań stawianym roślinom należącym do tzw. grupy roślin energetycznych (JEŻOWSKI, 2003; KARSZNICKA i wsp., 2005; KOŚCIK i wsp., 2005; MALINOWSKA i wsp., 2006). W przypadku natomiast roślin wykorzystywanych w oczyszczalniach biologicznych potencjał wytwarzania biomasy jest naturalnym efektem wyboru do takich zadań roślin zdolnych do pobierania znacznych ilości składników pokarmowych.

Jeszcze do niedawna uważano, że każdy rodzaj biomasy może być użyty do pozyskiwania energii szczególnie w wyniku jej spalania. Stąd też można było zakładać wykorzystanie do tego celu roślin uprawianych w oczyszczalniach ścieków.

Wieloletnie nawodnienia ściekami komunalnymi powodują wyraźne wzbogacenie gleb w makroelementy (SZERSZEŃ i wsp., 1996). Składniki pokarmowe oraz woda zawarta w ściekach przyczyniają się do wzrostu produktywności gleb (WŁODEK i wsp., 2005). Niniejsze wyniki potwierdziły to, że stosowanie zalewania lub też nawet nawadniania gleb ściekami powoduje zmiany w ich chemizmie. Najczęściej przejawia się to znacznym nagromadzeniem biogenów w środowisku glebowym. Przy specyficznym rodzaju ścieków, które wykorzystano w badaniach, okazało się, że głównie wskutek

wysokiego odczynu (pH 8,2) w oczyszczonych wstępnie ściekach dominował wapń. Zdecydowanie mniej w ściekach znalazło się magnezu. Ze względu na znaczne wykozystywanie mydła i jego obecność w ściekach, stwierdzono stosunkowo duże ilości potasu oraz również podwyższone ilości sodu.

Produktywność roślin energetycznych można szacować m.in. ilością biomasy (suchej masy) wyrażoną w kilogramach lub tonach z powierzchni 1 ha uprawy. JEŻOWSKI (2003) twierdzi, że największym producentem biomasy jest trawa chińska należąca do tzw. traw olbrzymich z rodzaju *Miscanthus* osiągająca plon rzędu 30 Mg ha⁻¹, KRZYSZKOWSKI (1974) twierdzi, iż świeża masa trzcinnika na 1 ha może wynosić do 30 t, zaś STRZELECKI i SOBCZAK (1972) uważają, iż na trzcinnicyku zaoranym ciężkim pługiem leśnym, już po czterech latach, sucha masa części nadziemnych wynosiła 3,6 Mg ha⁻¹.

W warunkach prowadzonego doświadczenia analizowane gatunki traw, a więc miskant cukrowy oraz trzcinnik piaskowy wykazywały zbliżone możliwości wytwarzania biomasy wynoszące średnio od 0,9 do 1,0 kg s.m. m⁻². Ilość ta tylko nieznacznie była niższa od uzyskanej biomasy z róży bezkolcowej. Charakterystycznym przy tym było to, iż oba gatunki traw wykazywały bardzo zbliżone możliwości pobierania składników pokarmowych z gleby. Obie trawy w doświadczeniu zawierały po ok. 8,0 g kg⁻¹ analizowanych pierwiastków. Nie były to ilości imponujące, gdyż róża bezkolcowa w takich samych warunkach doświadczalnych zawierała ponad 17 g kg⁻¹ tych samych biogenów. Można uznać, iż w przypadku wykorzystania jej jako filtr biologiczny jest ona w stanie pobrać i zatrzymać znacznie więcej zanieczyszczeń mineralnych niż obie analizowane trawy.

Calamagrostis epigejos w swojej biomase zatrzymywał znaczne ilości potasu. Przy przewadze wapnia w glebie, trzcinnik zaakumulował znacznie więcej magnezu (16%) niż wapnia (6%). Wyniki niniejszych badań potwierdzają doniesienia z literatury, iż trzcinnik ma duże zdolności pobierania i zatrzymywania potasu.

Na terenie Wielkopolski (KRYSZAK i wsp., 2006) *Calamagrostis epigejos* opanowuje siedliska od przesycających (F = 3,6) do wilgotnych (F = 6,9), o odczynie gleb od silnie kwaśnego (R = 2,3) do zbliżonego do obojętnego (R = 5,5) oraz od niskiej (N = 2,6) do umiarkowanie bogatej (N = 5,5) zawartości gleby w azot. Ponadto gleby zbiorowisk, w których notowano ten gatunek, wykazywały bardzo niską zawartość fosforu (od 6,6 do 15,2 g kg⁻¹ s.m. gleby) oraz wysoką, a nawet bardzo wysoką zawartość potasu (od 70,5 do 142,7 g kg⁻¹ s.m. gleby).

Zupełnie inne zależności w strukturze zatrzymywania badanych pierwiastków stwierdzono w biomase *Rosa multiflora*. Róża obok znacznych możliwości zatrzymywania składników pokarmowych okazała się rośliną bardziej uniwersalną. Pobierała ona równomiernie z podłoża zarówno wapń jak i potas. Natomiast zdolności magazynowania magnezu były niewielkie. Zdecydowanie najmniej w róży stwierdzono sodu.

Róża bezkolcowa ma niewielkie wymagania, jest wytrzymała i znosi skrajną suszę. Może rosnąć zarówno na nadmorskiej piaszczystej glebie, jak i na przydrożnych skar-pach, a także na piaskach i ubogich piaszczystych glebach klasy piątej i szóstej. Gatunek ten w 2005 roku został włączony w system dopłat bezpośrednich dla rolnictwa, co jest dodatkowym plusem przemawiającym za jej uprawą (KOŚCIK i wsp., 2005).

5. Wnioski

- Analizowane w doświadczeniu gatunki roślin wykazywały niezależnie od stosowanej dawki ścieków niewielkie różnice w plonowaniu. Największym plonem biomasy odznaczała się *Rosa multiflora* (1,1 kg m⁻²). Trawy (*Miscanthus sacchariflorus* i *Calamagrostis epigejos*) wykazywały zbliżone możliwości wytwarzania biomasy.
- Nawadnianie gleb ściekami powodowało zmiany w chemizmie biomasy. Wraz ze wzrostem dawki stosowanych ścieków w sposób proporcjonalny zwiększała się zawartość wapnia. W przypadku pozostałych pierwiastków stwierdzono zdecydowanie mniejsze ich kumulowanie.
- Analizowane gatunki różniły się intensywnością pobierania biogenów. *Calamagrostis epigejos* gromadził znaczne ilości potasu, zaś bardzo małe ilości wapnia, *Miscanthus sacchariflorus* pobierał najwięcej wapnia a najmniej potasu. Natomiast *Rosa multiflora*, pobierała równomiernie zarówno wapń jak i potas, natomiast jej zdolności magazynowania magnezu były niewielkie.

Literatura

- FILIPEK J., 1973. Projekt klasyfikacji roślin łąkowych i pastwiskowych na podstawie liczby wartości użytkowej. Postępy Nauk Rolniczych, 4, 59-68.
- JEŻOWSKI S., 2003. Rośliny energetyczne – produktywność oraz aspekt ekonomiczny, środowiskowy i socjalny ich wykorzystania jako biopaliwa. Postępy Nauk Rolniczych, 3, 61-72.
- KARSZNICKA A.M., GRZESIK M., MIKA B., 2005. Uprawa traw na biomasę – możliwości i ograniczenia. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 504, 631-637.
- KALEMBASA D., MALINOWSKA E., JAREMKO D., JEŻOWSKI S., 2005. Zawartość potasu w różnych klonach trawy *Miscanthus* w zależności od nawożenia mineralnego. Nawozy i Nawożenie, 3, 359-364.
- KOŚCIK B., GŁOWACKA A., KOWALCZYK-JUŚKO A., WYŁUPEK T., 2005. Szacowanie potencjału biomasy na cele energetyczne do bezpośredniego spalania – problemy metodologiczne. Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, Roczniki Naukowe, VII, 7, 160-165.
- KRYSZAK A., KRYSZAK J., GRYNIA M., 2006. Występowanie *Calamagrostis epigejos* w zbiorowiskach trawiastych Wielkopolski. Łąkarstwo w Polsce, 9, 113-120.
- KRZYSZKOWSKI J., 1974. Melioracje agrotechniczne w leśnictwie. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- KRZYWY E., IŻEWSKA A., WOŁOSZYK Cz., 2004. Pobranie i wykorzystanie mikroelementów w okresie dwóch lat przez trzcinę chińską (*Miscanthus sacchariflorus*) z osadu ściekowego oraz kompostów wyprodukowanych z osadu ściekowego. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 502, 877-885.
- MAJTKOWSKI W., MAJTKOWSKA G., 2000. Ocena możliwości wykorzystania w Polsce gatunków traw alternatywnych zgromadzonych w kolekcji ogrodu botanicznego IHAR w Bydgoszczy. Biuletyn IHAR, 234, 77-88.

- MALINOWSKA E., KALEMBASA D., JEŻOWSKI S., 2006. Wpływ dawek azotu na plon i zawartość makroelementów w trawie *Miscanthus sacchariflorus* uprawianej w doświadczeniu wazonowym. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 512, 403-409.
- SIUTA J. 2003. Uwarunkowania i sposoby przyrodniczego użytkowania osadów ściekowych. *Inżynieria Ekologiczna*, 9, 7-42.
- STRZELECKI W. SOBCZAK R., 1972. Zalesianie nieużytków i gruntów trudnych do odnowienia. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- ROSZEWSKI R., 1996. Miskant olbrzymi – *Miscanthus sinensis giganteus*. Nowe rośliny uprawne na cele spożywcze, przemysłowe i jako odnawialne źródło energii. Wydawnictwo SGGW Warszawa, 123-135.
- SZERSZEŃ L., CHODAK T., KABAŁA C. LEWANDOWSKA M., 1996. Właściwości gleb nawadnianych ściekami miejskimi we Wrocławiu Osobowicach. *Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu*, 293, 1, 115-124.
- WĘGOREK T., 2006. Trzcinnik piaskowy na wydmach w strefie wylesionej przy Zakładach Azotowych „Puławy”. *Roczniki AR w Poznaniu*, CCCLXXV, 227-233.
- WŁODEK S., BISKUPSKI A., PABIN J., 2005. Wykorzystanie odłogów do produkcji biomasy i oczyszczania ścieków. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 506, 515-521.

Contents of some macroelements in soil and energy plants fertilized with sewage

W. MARTYN¹, T. WYŁUPEK², A. CZERWIŃSKI¹

¹Department of Protection and Shaping of Environment, ²Department of Plant Biology
Faculty of Agricultural Sciences in Zamość, Agricultural University of Lublin

Summary

The experiment was carried out in the northern part of Lublin region on podsolic soils (IVb soil quality class). In the year 2005 cuttings of three energy plants: *Miscanthus sacchariflora*, *Calamagrostis epigejos*, and *Rosa multiflora* were planted in experimental plots that covered a surface of 12 m². The plots were separated by plastic partitions at the depth of 60 cm. Each plant was bedded out in 4 plots: without irrigation, and with increasing dosages of sewage (10, 13, and 15 l of sewage on m²). The sewage was taken from 'Łęczyńska Energetyka' in KWK Bogdanka, mainly from miners' sauna and canteen. The sewage was poured out once a week. After the vegetation season had finished in the years 2005 and 2006, soil and plant samples were collected from the investigated plots. Contents of Ca, Mg, K, and Na in dry plant mass and soil were marked with commonly used methods. Moreover, the amount of biomass (dry mass) from ha was determined for each species of plant.

The results revealed that the highest amount of biomass was obtained from *Rosa multiflora* (1.1 kg m⁻² DM). Grasses (*Miscanthus sacchariflorus* and *Calamagrostis epigejos*) had similar abilities to produce biomass ranging from 0.9 to 1.0 kg m⁻² DM. *Calamagrostis epigejos* retained in its biomass significant amounts of potassium, and very small amounts of calcium. The main element absorbed by *Miscanthus sacchariflorus* was calcium, whereas this species of grass accumulated the smallest amounts of potassium in its biomass.

Different relations in the structure of retaining elements was observed in the biomass of *Rosa multiflora*. This plant absorbed equal amounts of calcium and potassium from soil, but its storage capabilities of magnesium were small.

The results reveal that irrigation of soils with sewage causes changes in their chemistry. An increase in the dose of sewage causes a proportional increase in the contents of calcium. Much lower increase in contents of the remaining elements was observed. The highest contents of Mg, K, and Na in soil were observed at the dose of 13 l m⁻².

Recenzent – Reviewer: *Stefan Grzegorzcyk*

Adres do korespondencji – Address for correspondence:

Prof. dr hab. Waldemar Martyn

Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska

Akademia Rolnicza w Lublinie, Wydział Nauk Rolniczych w Zamościu

22-400 Zamość, ul. Szczębrzeska 102

e-mail: waldemar@op.pl