

*Krzysztof Klimont, Zofia Bulińska-Radomska
Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie*

PRZYDATNOŚĆ WYBRANYCH GATUNKÓW ROŚLIN DO REKULTYWACJI PODŁOŻA WAPNA POFLOTACYJNEGO W RÓŻNYCH WARUNKACH AGROTECHNICZNYCH

Streszczenie

Określono wpływ stosowania zróżnicowanych dawek azotu na wzrost i rozwój kostrzewy trzcinowej i topinamburu, rosnących na podłożu wapna poflotacyjnego wzbogaconego trzema dawkami osadów ścieków komunalnych tj. 250, 500 i 750 m³/ha na terenach poeksploatacyjnych Kopalni Siarki „Jeziórko”. Plon zielonej masy kostrzewy trzcinowej wzrastał proporcjonalnie do rosnących dawek nawożenia azotowego użytego na wszystkich trzech kombinacjach wzbogacania podłoża osadami ściekowymi. Stwierdzono, że obsada i wysokość roślin kostrzewy trzcinowej w zasadzie wzrastały istotnie pod wpływem wszystkich trzech dawek azotu na każdym z poziomów wzbogacania podłoża osadami ściekowymi w stosunku do wariantu kontrolnego. Liczba pędów generatywnych wykształconych i niewykształconych wytworzonych przez rośliny kostrzewy trzcinowej rosnącej na bezglebowym podłożu wzbogaconym podwójną i potrójną dawką osadów ściekowych wzrastała istotnie pod wpływem wyższych dawek azotu w odniesieniu do wariantu kontrolnego. Wysokość roślin topinamburu była zróżnicowana i wahała się od 127,1 do 201,8 cm, a wszystkie dawki azotu powodowały przyrost wysokości roślin w stosunku do kontroli na każdym z trzech poziomów wzbogacania podłoża osadami ściekowymi. Zróżnicowane dawki osadów ściekowych oddziaływały mniej efektywnie niż nawożenie azotowe na wartość badanych cech.

Słowa kluczowe: tereny zdewastowane, rekultywacja, nawożenie azotowe, kostrzewa trzcinowa, topinambur

Wstęp

Tereny zdewastowane przez działalność gospodarczą człowieka zajmują coraz większą powierzchnię w Polsce. Grunty te wymagają koniecznie rekultywacji przez inicjacje procesów glebotwórczych w rekultywowanym podłożu a przede wszystkim odbudowania szaty roślinnej przez dobór właściwych gatunków roślin użytkowych na te tereny oraz odpowiednie zabiegi uprawo-

we, pielęgnacyjne i nawożenie [Góral 2001]. Eksploatacja złóż siarki w kopalniach okolic Tarnobrzegu spowodowała zdewastowanie dużych obszarów gruntów [Siuta 2001]. Większość gleb znajdujących się na terenie poeksploatacyjnym siarki w Kopalni „Jeziórko” uległa zakwaszeniu, a pH obniżyło się do ok. 4, a nawet poniżej tej wartości [Motowicka-Terelak, Dudka 1991], a silne zasarczenie terenu zniszczyło szatę roślinną i życie biologiczne w glebie.

Aby wprowadzić życie biologiczne do martwego podłoża wapna poflotacyjnego, jego rekultywację rozpoczęto przez wprowadzenie do niego osadów ze ścieków komunalnych [Siuta, Jońca 1997; Jońca 2000]. Wydaje się to być najbardziej racjonalna metoda, ponieważ umożliwia jednocześnie utylizację uciążliwych osadów ściekowych i odpadów przemysłowych. Doniesienia Klimonta i Górala [2001], Klimonta i in. [2002] oraz Klimonta [2004, 2007] wskazują na to, że topinambur i kostrzewa trzcinowa bardzo dobrze rozwijają się na bezglebowym podłożu wapna poflotacyjnego, wzbogaconego zróżnicowanymi dawkami ścieków komunalnych.

Celem prowadzonych badań było określenie wpływu stosowania zróżnicowanych dawek azotu na wzrost i rozwój kostrzewy trzcinowej i topinamburu, rosnących na bezglebowym podłożu wapna poflotacyjnego Kopalni Siarki „Jeziórko”, wzbogaconego trzema dawkami osadów ścieków komunalnych.

Materiał i metody

Doświadczenie prowadzono w latach 2002-2005 na terenie poeksploatacyjnym Kopalni Siarki „Jeziórko” koło Tarnobrzegu, pozyskiwanej metodą otworową. Tereny te zostały pokryte wapnem poflotacyjnym, będącym odpadem w procesie uzdatniania rudy siarkowej wydobywanej metodą odkrywkową w Kopalni Siarki „Machów” i przerzucane na pole poeksploatacyjne za pomocą hydrotransportu. Wapno poflotacyjne wg Gołdy [1993] to gliny pylaste zawierające następujące frakcje: piasek 35%, pył 29% i części spławialne 36%.

Bezglębowe grunty wapna poflotacyjnego wiosną 1995 r. nawieziono osadami ze ścieków komunalnych w trzech dawkach: 250, 500 i 750 m³/ha, następnie osad wymieszano z podłożem broną talerzową na głębokość 25 cm [Jońca 2000]. Na przygotowanym podłożu założono eksperyment jako dwa niezależne doświadczenia z topinamburem i kostrzewą. Na pierwszym wysadzono bulwy topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.) na powierzchni 0,3 ha, (każdy wariant nawiezienia osadami ścieków po 0,1 ha), a na drugim wysiano nasiona kostrzewy trzcinowej (*Festuca arundinacea* Schreb.) na powierzchni 1,2 ha (każdy wariant nawożenia osadami ściekowymi po 0,4 ha).

Każdą z trzech powierzchni (warianty wzbogacania dawkami osadów ściekowych), zarówno w przypadku topinamburu, jak i kostrzewy podzielono na cztery równe poletka (topinambur po 0,025 ha i kostrzewa po 0,1 ha) i wniesiono na nie kolejno cztery zróżnicowane dawki nawożenia azotowego w postaci saletry amonowej: 0 (wariant kontrolny bez nawożenia), 50, 100

i 150 kg/ha. Azot wnoszono corocznie w dwóch równych dawkach, tj. wiosną w okresie ruszenia wegetacji i po pierwszym pokosie. Również wiosną każdego roku stosowano na każde poletko nawożenie fosforem 30 kg/ha i potasem 83 kg/ha.

Na powierzchni każdego wariantu nawożenia azotem kostrzewy trzcinowej, corocznie wyznaczano losowo 10 poletek o powierzchni 1 m². W doświadczeniu z kostrzewą trzcinową badano: plon zielonej masy, obsadę roślin, wysokość roślin, liczbę pędów generatywnych – wykształconych i niewykształconych. Cechy te określano dwukrotnie przed pierwszym i drugim pokosem.

W przypadku topinamburu, pod koniec okresu wegetacji dokonywano losowo pomiaru wysokości 10 roślin, z każdej kombinacji nawożenia azotem na tle każdego poziomu wzbogacania osadami ściekowymi. Badano również warunki atmosferyczne, w tym sumę opadów miesięcy i średnia miesięczną temperaturę powietrza.

Obliczeń statystycznych dokonano w wyniku analizy wariancji dwu niezależnych doświadczeń założonych w układzie split-plot, a szczegółowego porównania średnich dokonano z pomocą testu Tukeya przy NIR_(α=0,05).

Wyniki i dyskusja

Przebieg warunków pogodowych (tab. 1) w latach badań istotnie wpływał na plon zielonej masy kostrzewy trzcinowej. Najbardziej korzystne dla plonowania tej rośliny były lata 2002 i 2003, o cieplej i przekropnej pogodzie w miesiącach wiosennych i letnich, natomiast w pozostałych latach plony były istotnie mniejsze ze względu na niższe temperatury i niedobory wody w podłożu (tab. 1 i 2). W latach 2002 i 2003 rośliny kostrzewy najęściej zadarniały bezglebowy grunt wapna poflotacyjnego, co skutkowało najwyższymi plonami zielonej masy w okresie badawczym, a najniższa obsada w latach 2004 i 2005 w porównaniu z poprzednimi latami bezpośrednio wpływała na obniżkę plonu zielonej masy kostrzewy (tab. 2).

Każda z trzech dawek nawożenia azotem skutkowała istotnym wzrostem plonu zielonej masy kostrzewy trzcinowej, na wszystkich trzech poziomach wzbogacania bezglebowego podłoża wapna poflotacyjnego osadami ścieków komunalnych w porównaniu z wariantami kontrolnymi (tab. 3). W przypadku poziomu 250 m³ osadów ściekowych na ha zastosowanych na wapno poflotacyjne plon zielonej masy wzrastał odpowiednio o: 19,6, 53,25 i 66,47% w stosunku do wariantu kontrolnego – 82,11 dt/ha.

Również na poziomie 500 m³ osadów ściekowych na ha wzrost plonu zielonki pod wpływem nawożenia trzema kolejnymi dawkami azotu wzrastał odpowiednio o: 24,6, 52,2 i 69,9% w stosunku do wariantu kontrolnego 84,47 dt/ha. Najwyższy plon zielonej masy kostrzewy zebrano z poletek

założonych na wapnie poflotacyjnym, które wzbogacono dawką 750 m³ osadu ściekowego na ha. Przyrost zielonej masy na skutek zastosowania kolejnych wzrastających dawek azotu wynosił: 37,9, 64,4 i 83,7% w porównaniu z wariantem kontrolnym – 93,3 dt/ha.

Tabela 1. Suma opadów miesięcznych oraz średnia miesięczna temperatura powietrza w okresie wegetacji kostrzewy trzcinowej i topinamburu

Table 1. Monthly rainfall and monthly mean air temperature in the period of vegetation of reed festcue and Jerusalem artichoke plants

Miesiąc	Lata							
	2002		2003		2004		2005	
	Suma opadów mm	Temp. °C	Suma opadów mm	Temp. °C	Suma opadów mm	Temp. °C	Suma opadów mm	Temp. °C
Styczeń	13,2	-1,4	17,3	-3,5	27,6	-5,1	35,5	-0,2
Luty	26,0	3,5	10,2	-5,4	44,0	-0,5	19,9	-3,6
Marzec	20,2	5,1	9,1	2,2	27,2	3,4	20,5	0,3
Kwiecień	35,1	8,8	33,3	7,5	35,5	9,0	17,3	9,4
Maj	45,8	17,1	77,7	16,3	52,3	12,3	51,2	14,0
Czerwiec	76,7	17,4	46,4	18,0	60,8	16,3	32,6	16,4
Lipiec	82,9	21,1	60,8	19,9	90,2	18,3	61,1	20,5
Sierpień	35,9	20,2	15,7	19,5	55,9	18,5	37,6	17,8
Wrzesień	18,1	13,1	42,5	14,1	10,5	13,5	15,6	26,0
Październik	85,4	7,3	41,6	5,5	39,3	10,1	8,7	9,3
Listopad	18,3	5,0	18,6	5,1	48,8	3,7	25,5	2,8
Grudzień	9,9	-6,1	15,7	0,5	17,0	1,1	51,9	-0,6
Średnie roczne temperatury, °C	-	9,3	-	8,3	-	8,4	-	9,4
Roczna suma opadów, mm	467,5	-	388,9	-	509,1	-	388,5	-

Niezależnie od dawek nawożenia azotowego, plon zielonej masy kostrzewy trzcinowej zebrany z wariantu wzbogaconego najwyższą dawką osadu ściekowego był istotnie wyższy niż zebrany z wariantów wzbogaconych średnią i najniższą dawką osadu (tab. 3). Uzyskane rezultaty potwierdzają wcześniejsze wyniki autora [2004], wskazujące na pozytywną reakcję tego gatunku na wzrastające dawki osadów ściekowych, a Góral [2001] uznał go za gatunek wyróżniający się wśród traw dużą plastycznością w stosunku do warunków środowiska.

Tabela 2. Wartość oznaczonych cech kostrzewy trzcinowej (*Festuca arundinacea* Schreb.) i topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.) w zależności od roku zbioru a niezależnie od dawek azotu i poziomu wzbogacenia osadem ściekowym
 Table 2. Characteristic traits of the tall fescue (*Festuca arundinacea*) and Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) as affected by the year of harvest, independently on nitrogen doses and applied sewage sludge levels

Lata	<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.				<i>Helianthus tuberosus</i> L.	
	Plon dt/ha	Liczba roślin szt/m ²	Liczba pędów generatywnych		Wysokość roślin cm	Wysokość roślin cm
			wykształ- conych	niewykształ- conych		
2002	132,85	92,5	138,9	4,1	56,2	142,1
2003	134,33	93,2	160,6	4,7	62,8	180,8
2004	122,10	91,1	149,8	4,2	61,5	187,5
2005	94,52	77,1	138,4	3,5	52,7	147,9
NIR($\alpha=0,05$)	6,04	4,9	6,1	0,6	2,1	3,8

Obsada roślin kostrzewy trzcinowej istotnie zwiększała się pod wpływem każdej dawki nawożenia azotem na poziomie 250 m³ osadów ściekowych na ha, po wniesieniu 150 kgN/ha na poziomie 500 m³/ha oraz 100 i 150 kgN/ha na poziomie 750 m³ osadów ściekowych na ha (tab. 3).

Wysokość roślin badanego gatunku istotnie wzrastała pod wpływem każdej dawki nawożenia azotowego na każdym z trzech poziomów wzbogacania podłoża osadami ścieków komunalnych w porównaniu z wariantem kontrolnym (tab. 3). Zgodne jest to z biologią tego gatunku, który charakteryzuje się bardzo silnym systemem korzeniowym pozwalającym bardzo dobrze wykorzystywać wodę i składniki pokarmowe wniesione w postaci nawozów azotowych i osadu ściekowego [Góral, Rola 2001; Góral 2001].

Liczba pędów generatywnych wykształconych i niewykształconych, które wytworzyły rośliny kostrzewy trzcinowej zależała od ilości osadów ściekowych wnoszonych do podłoża oraz dawki azotu zastosowanej do nawożenia kostrzewy (tab. 3). Na podłożu wzbogaconym podwójną dawką osadu ściekowego odnotowano istotny wzrost liczby pędów wykształconych po wniesieniu dawki 100 i 150 kgN/ha, a także istotny wzrost liczby pędów niewykształconych po zastosowaniu dawki 150 kgN/ha w odniesieniu do wariantów kontrolnych. W przypadku roślin rosnących na podłożu, które wzbogacono trzykrotną (najwyższą) dawką osadów ściekowych, dawka 150 kgN/ha istotnie zwiększała liczbę pędów wykształconych, a dawka 100 kgN/ha liczbę pędów niewykształconych w odniesieniu do wariantów kontrolnych.

Tabela 3. Wpływ nawożenia azotem na plon zielonej masy, obsadę, liczbę pędów generatywnych wykształconych i niewykształconych i wysokość roślin kostrzewy trzcinowej (*Festuca arundinacea* Schreb.) oraz wysokość roślin topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.) (średnio 2002–2005)

Table 3. The effect of nitrogen on the yield of green mass plant density number of generative shoots (developed and underdeveloped) and height of plants Reed fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and height of plants Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) (mean 2002-2005)

Dawka osadów ściekowych m ³ /ha	Dawka azotu kg/ha	Gatunki roślin					
		Kostrzewa trzcinowa (<i>Festuca arundinacea</i> Schreb)					Topinambur (<i>Helianthus tuberosus</i> L.)
		Cechy					
		Plon dt/ha	Liczba roślin szt/m ²	Liczba pędów generatywnych		Wysokość roślin cm	Wysokość roślin cm
wykształconych	niewykształconych						
250	0	82,11	62,9	149,7	3,7	45,8	139,9
	50	98,19	79,6	144,3	4,2	55,9	154,8
	100	125,84	86,7	138,8	3,7	62,2	175,2
	150	136,69	97,1	129,4	2,8	65,0	187,9
	– X	110,71	81,6	140,5	3,6	57,2	164,4
500	0	84,47	82,4	38,8	4,1	48,8	127,1
	50	105,25	85,2	119,3	2,9	56,3	145,1
	100	128,56	91,5	177,4	3,9	63,1	176,8
	150	143,59	93,2	196,3	6,9	66,5	184,2
	– X	115,47	88,1	157,9	4,4	58,7	158,3
750	0	93,30	87,8	126,4	3,1	48,5	147,5
	50	128,73	94,2	132,8	4,6	56,5	156,9
	100	153,32	97,8	145,7	5,3	64,9	177,6
	150	171,39	103,1	164,5	4,2	67,4	201,8
	– X	136,68	95,7	142,3	4,3	59,3	170,95
NIR(α=0,05) efekt N		9,83	9,8	22,1	1,8	4,1	24,3
NIR(α=0,05); efekt osadu ściekowego		7,86	7,9	17,3	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnice nieistotne

Niezależnie od lat badań, wzrastające dawki azotu na każdym z wariantów wzbogacania podłoża osadami ścieków komunalnych w większości przypadków istotnie wpływały na wzrost obsady i we wszystkich przypadkach istotnie na wysokość roślin kostrzewy trzcinowej, co skutkowało istotnym wzrostem plonu zielonej masy.

Osady ściekowe wniesione w zróżnicowanych dawkach do wapna poflotacyjnego oddziaływały mniej efektywnie na badane cechy niż nawożenie azotowe. Należy sądzić, iż dzieje się to dlatego, że zastosowano je na kilka lat przed okresem badawczym, z którego pochodzą niniejsze wyniki i efekt ich oddziaływania staje się z roku na rok coraz mniej efektywny pomimo, że wraz z osadami wprowadzono do gruntu pokaźne ilości składników pokarmowych i materii organicznej.

Stosując dawkę 250 m³/ha wniesiono około 2,5 t azotu, 0,5 t fosforu, około 0,3 t wapnia i 75 kg magnezu oraz prawie 53 t substancji organicznej. Podwójna i potrójna dawka osadu ściekowego zwielokrotnia ilości składników pokarmowych i materii organicznej wnoszonej do podłoża.

Wcześniejsze badania autora [Klimont, Góral 2001; Klimont i in. 2002] wykazały, że wapno poflotacyjne użyte do rekultywacji terenów poeksploatacyjnych siarki wzbogacone osadami ściekowymi razem z porastającą roślinnością stworzy odpowiednie warunki do inicjacji procesów glebotwórczych, a zawartość substancji organicznej i przyswajalnych P, K, Mg rośnie w wierzchniej warstwie podłoża wapiennego wraz ze wzrostem dawki osadu.

Doniesienia Klimonta [2004] oraz Górala [2001] mówią, że kostrzewa trzcinowa jest gatunkiem polecanym do rekultywacji gruntów bezglebowych ze względu na dużą plastyczność w stosunku do warunków środowiska, bardzo silny system korzeniowy i małe wymagania pokarmowe, a takie właśnie trudne warunki panują na terenie poeksploatacyjnym Kopalni Siarki w „Jeziórku” wydobywanej metodą otworową. Również inni autorzy [Góral, Sybiliska 2000] informują, że kostrzewa trzcinowa z powodzeniem może być wykorzystana do rekultywacji terenów bezglebowych i zdewastowanych.

Rośliny topinamburu reagowały istotnie zwiększeniem wysokości tylko na wyższe dawki azotu tj. 100 i 150 kgN/ha w stosunku do wariantu kontrolnego na wszystkich trzech poziomach wzbogacania bezglebowego podłoża osadami ściekowymi (tab. 3). Potwierdzają to doniesienia Górala [1996] stwierdzające, że topinambur wykazuje znaczne zapotrzebowanie na azot. Wysokość roślin była zróżnicowana i wahała się od 127,1 cm do 201,8 cm i w zasadzie rosła wraz ze wzrostem ilości osadu wzbogacającego podłoże i wysokością dawek azotu.

Wyniki innych badań [Klimont, Góral 2001; Klimont i in. 2002; Klimont 2004] wskazują, że topinambur (słonecznik bulwiasty) ze względu na zapas wody i asymilatów w bulwach bardzo dobrze rośnie na podłożu wapna poflotacyjnego i korzystnie reaguje przyrostem wysokości na wzrastające dawki osadów ściekowych, a niniejsze badania wykazały, że wzrastające dawki azotu również korzystnie oddziałują na wysokość roślin tego gatunku.

Wnioski

1. Plon zielonej masy kostrzewy wzrastał proporcjonalnie do rosnących dawek nawożenia użytego na wszystkich trzech kombinacjach wzbogacania podłoża osadami ściekowymi.
2. Obsada i wysokość roślin kostrzewy trzcinowej w zasadzie wzrastała istotnie pod wpływem wszystkich trzech dawek azotu na każdym z wariantów wzbogacania osadami ściekowymi w stosunku do wariantu kontrolnego.
3. Liczba pędów generatywnych wykształconych i niewykształconych, wytworzonych przez rośliny kostrzewy trzcinowej rosnącej na podłożu wzbogaconym podwójną i potrójną dawką osadów ściekowych, wzrastała istotnie pod wpływem wyższych dawek nawożenia azotem w odniesieniu do wariantu kontrolnego.
4. Wysokość roślin topinamburu była zróżnicowana i wahała się od 127,1 cm do 201,8 cm. Wyższe dawki azotu powodowały istotny przyrost wysokości roślin w stosunku do kontroli na każdym z trzech poziomów wzbogacania podłoża osadami ściekowymi.
5. Wzbogacenie podłoża najwyższą dawką osadu ściekowego wpłynęło istotnie na wzrost obsady roślin i plon zielonej masy kostrzewy trzcinowej w stosunku do dawki najniższej wzbogacenia osadem, niezależnie od poziomu nawiezienia azotem
6. Zróżnicowane dawki osadów ściekowych oddziaływały mniej efektywnie niż narażone azotowe na wartość badanych cech.

Bibliografia

- Gołda T. 1993. Przemiany siarki elementarnej zawartej w szlamie poflotacyjnym pod wpływem rekultywacyjnych zabiegów uprawowych. Zeszyty Naukowe AGH Nr 1496, Sozologia i Socjotechnika, z. 137: 67-75
- Góral S. 1996. Topinambur – słonecznik bulwiasty (*Helianthus tuberosus* L.) W: Nowe rośliny uprawne na cele spożywcze i przemysłowe jako odnawialne źródło energii. SGGW, Warszawa, ss. 76-86
- Góral S. 2001. Roślinność zielna w ochronie i rekultywacji gruntów. Inżynieria Ekologiczna 3: 161-178, PTIE, Bydgoszcz
- Góral S., Rola S. 2001. Trawy na popiołach elektrociepłowni nawożonych osadami ściekowymi. Inżynieria Ekologiczna 3: 146-150, PTIE, Bydgoszcz
- Góral S., Sybilska A. 2000. Przydatność polskich odmian hodowlanych (*Festuca arundinacea* Schreb.) do rekultywacji gruntów zdewastowanych. Łąkarstwo w Polsce 3: 199-204, Poznań

Jońca M. 2000. Zastosowanie osadów ściekowych w rekultywacji gruntów Kopalni Siarki „Jeziórko”. *Inżynieria Ekologiczna* 1: 27-30, PTIE, Baranów Sandomierski

Klimont K., Góral S. 2001. Glebotwórcze działanie traw i topinamburu na gruncie wapna poflotacyjnego. *Inżynieria Ekologiczna* 3: 198-201, PTIE, Bydgoszcz

Klimont K., Góral S., Jońca M. 2002. Rekultywacyjna efektywność osadów ściekowych na podłożu wapna poflotacyjnego. *Biuletyn IHAR* 223/224: 415-425

Klimont K. 2004. Przydatność wybranych gatunków roślin użytkowych do rekultywacji terenów zdewastowanych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 497: 673-684

Klimont K. 2007. Ocena przydatności wybranych gatunków roślin użytkowych do rekultywacji terenów zdewastowanych przez przemysł i gospodarkę komunalną. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 2(56): 27-36

Motowicka-Terelak T., Dudka S. 1991. Degradacja chemiczna gleb zanieczyszczonych siarką i jej wpływ na rośliny pastewne. *IUNG Puławy R* (224): 95, PTIE, Bydgoszcz, ss. 192-198

Siuta J., Jońca M. 1997. Rekultywacyjne działanie osadu ściekowego na wapnie poflotacyjnym w Kopalni Siarki „Jeziórko”. *Materiały konferencyjne nt. Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych*. IOŚ, Puławy-Lublin-Jeziórko, 1997: 39-48

Siuta J. 2001. Rekultywacja gruntów w górnictwie siarkowym. *Inżynieria Ekologiczna*, 3