

KRZYSZTOF KLIMONT¹
ZOFIA BULIŃSKA-RADOMSKA¹
JÓZEF GÓRKA²

¹ Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie

² Kopalnia Siarki „Jeziórko” S.A.

Ocena przydatności różnych form wierzby (*Salix* sp.) do rekultywacji terenów poeksploatacyjnych kopalni siarki

Usefulness evaluation of various species of willow (*Salix* sp.) for the reclamation of after- exploitation sulfur mine area

Badano przydatność wybranych gatunków i mieszańców wierzby do rekultywacji biologicznej terenów poeksploatacyjnych Kopalni Siarki „Jeziórko”, pokrytych wapnem poflotacyjnym i użyźnionych osadami ścieków komunalnych. Stwierdzono, że w stosunku do posadzonych, najwięcej przetrwało roślin wierzby wiciowej, wierzby IBL-3 i wierzby wawrzynkowej, mniej osobników wierzby trójpręcikowej, IBL-8 i wierzby Smitha, a najmniej wierzby IBL-7, wierzby sadłowickiej, wierzby Lipińskiego i wierzby ostroliśnej. Najbujniejszym wzrostem charakteryzowały się wierzby: wawrzynkowa, Lipińskiego, IBL-8 i trójpręcikowa. Oceniając przeżywalność i wzrost jako cechy określające przydatność do rekultywacji bezglebowego wapiennego podłoża, najbardziej wskazana na te tereny wydaje się wierzba wiciowa, następnie wierzba wawrzynkowa, wierzba trójpręcikowa i wierzba IBL-8. Wprowadzenie wierzby jako roślin rekultywacyjnych korzystnie wpłynęło na kształtowanie się chemicznych właściwości wapna poflotacyjnego.

Słowa kluczowe: wapno poflotacyjne, osady ściekowe, rekultywacja, wierzba, tereny poeksploatacyjne siarki, proces glebotwórczy

Usefulness of selected willow species and hybrids for biological reclamation of Sulfur Mine “Jeziórko” after-exploitation area, covered by post-flotation lime and enriched with sewage sediments was investigated. It was found that amongst planted species, the greatest number of *Salix viminalis* L., *Salix* x sp. (IBL-3) and *Salix daphnoides* Vill. plants, smaller numbers of *Salix amygdalina* L., *Salix* x *erdingerii* J.Kern. (IBL-8) and *Salix* x *smithiana* Willd. plants and the least number of *Salix* x sp. (IBL-7), *Salix* x *smythiana* var. *kubleri*, *Salix* x *erdingerii* J. Kern. and *Salix acutifolia* Willd. species survived. The most exuberant growth was shown by: *Salix daphnoides* Vill., *Salix* x *erdingerii* J.Kern., *Salix* x *erdingerii* J. Kern. (IBL-8) and *Salix amygdalina* L. Taking into account the ability to survive and the growth exuberance as the features determining the usefulness for the reclamation of

soilless limestone subsoil, *Salix viminalis* L., followed by *Salix daphnoides* Vill., *Salix amygdalina* L. and *Salix × erdingerii* J. Kern. (IBL-8) seem to be the most preferable for this area. Implementation of willow species as reclamation plants advantageously affected the formation of post- flotation lime chemical properties.

Key words: post -flotation lime, sewage sediments, reclamation, willow, sulfur after- exploitation area, soil formation

WSTĘP

W ostatnich latach odnotowano zmniejszanie się w Polsce powierzchni gruntów zdegradowanych i zdewastowanych przez przemysł i gospodarkę komunalną z 71,4 tys. ha w 2000 roku do 64,0 tys. ha w roku 2011 (Rocznik Statystyczny, 2012). Grunty te wymagają rekultywacji poprzez inicjację życia biologicznego w podłożu i odtworzenia szaty roślinnej poprzez dobór odpowiednich gatunków roślin użytkowych (Góral 2001). Muszą one spełniać właściwe kryteria umożliwiające ich wegetację na podłożach o zróżnicowanej zawartości składników pokarmowych i materii organicznej, wilgotności i odczynie, jak również obecności substancji szkodliwych. Do gruntów zdewastowanych należą tereny poeksploatacyjne Kopalni Siarki „Jeziórko”, gdzie siarkę wydobywano metodą otworową, a ich rekultywacja polegała na neutralizacji zakwaszenia i zapełnieniu zapadlisk terenu wapnem poflotacyjnym, a następnie użyczeniu osadami ścieków komunalnych i wprowadzeniu wybranych gatunków roślin (Siuta, Jońca, 1997; Warzybok, 2000; Siuta, 2001). Prace Klimonta (2004; 2007) pokazały, że do rekultywacji tych terenów przydatne okazały się m.in.: topinambur, kostrzewa trzcinowa, sylfia przerośnięta, wybrane gatunki roślin miododajnych, a także różne gatunki i mieszańce wierzby (*Salix* sp.) (Klimont i in., 2002; Klimont, 2007; Klimont, Bulińska-Radomska, 2010). Niektóre wierzby są jednocześnie znakomitym pożytkiem pszczelim (Jabłoński, 1994; 2000).

MATERIAŁ I METODY

Badania z gatunkami i mieszańcami wierzby (*Salix* sp.) prowadzono na terenie poeksploatacyjnym Kopalni Siarki „Jeziórko”, gdzie siarkę pozyskiwano metodą podziemnego wytopu (otworową). Celem likwidacji zakwaszenia i wyrównania niecek osiadania gruntu obszary te pokryto wapnem poflotacyjnym o miąższości od 1 do 6m. Przemieszczano je na tereny poeksploatacyjne za pomocą hydrotransportu z pobliskiej odkrywkowej Kopalni Siarki „Machów”, gdzie było ono odpadem w procesie otrzymywania siarki z rudy siarkowej. Według danych literaturowych (Gołda, 2007) wapno poflotacyjne określa się jako gliny średnie pylaste na granicy z glinami lekkimi pylastymi, o pH 7,3 i zawierające piasek 39%, pył (27%) części spławiane (34%), w tym ił koloidalny (7%).

Wiosną 2001 roku wapno poflotacyjne nawieziono dawką $500 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ osadów ścieków komunalnych i dokładnie wymieszano z podłożem ciężką broną talerzową na głębokość ok. 25cm. Następnie zastosowano nawożenie mineralne w ilości $70 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, $75 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$ i $100 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$ i wnoszono je corocznie wiosną. Na przygotowanym podłożu

założono doświadczenie metodą bloków losowanych w czterech powtórzeniach. Pojedynczy obiekt (powtórzenie) stanowił rząd nasadzeń wierzby. W pierwszej dekadzie kwietnia wysadzono ręcznie zrzesy 11 gatunków i mieszańców wierzby (*Salix* sp.) w rozstawie 120 × 100 cm, liczba roślin w rzędzie wynosiła 16 a długość rzędu 17m. Charakterystykę form wierzby zastosowanych w niniejszych badaniach podaje Jabłoński (2000) w opisach roślin zielnych i drzewiastych do uprawy pożytków pszczelich. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki 3-letnich badań za lata 2009–2011, w których oceniano procentowy udział przyjętych roślin w stosunku do posadzonych — procent przyjęć, wysokość roślin a także ich glebotwórcze oddziaływanie wraz z osadami ściekowymi na bezglebowe wapienne podłoże poprzez określenie zawartości substancji organicznej i składników pokarmowych: P₂O₅, K₂O i Mg oraz wartości pH w warstwie organiczno-próchnicznej gleby (OA). Wariant kontrolny stanowiło wapno bez użyczenia osadem ściekowym, nieporośnięte żadną roślinnością. Obliczeń statystycznych dokonano metodą analizy wariancji poprzez syntezę wyników z lat badań, a różnice między średnimi oceniano testem Tukeya przy NIR α = 0,05.

WYNIKI I DYSKUSJA

Warunki pogodowe w latach badań były zróżnicowane (tab. 1). Pierwszy rok (2009) z chłodną i późną wiosną oraz upalnym latem nie sprzyjał wegetacji, ale obfite opady jesienią umożliwiły dostateczne uwilgotnienie podłoża.

Tabela 1

Suma opadów miesięcznych oraz średnia miesięczna temperatura powietrza w latach 2009–2011
Monthly rainfalls and mean temperatures in years 2009–2011

Miesiąc Month	Lata — Years					
	2009		2010		2011	
	suma opadów rainfall (mm)	temperatura temperature (°C)	suma opadów rainfall (mm)	temperatura temperature (°C)	suma opadów rainfall (mm)	temperatura temperature (°C)
Styczeń — January	18,9	-2,8	23,8	-7,6	25,6	-1,0
Luty — February	18,4	-0,8	29,2	-1,8	14,2	-3,6
Marzec — March	66,4	2,2	16,6	3,6	10,1	3,4
Kwiecień — April	7,6	11,6	34,1	9,4	49,9	10,8
Maj — May	72,6	13,7	168,4	14,0	30,7	14,3
Czerwiec — June	89,2	16,4	44,8	17,8	55,5	18,5
Lipiec — July	71,7	20,0	125,7	21,2	382,9	18,1
Sierpień — August	57,8	18,7	106,1	19,5	17,8	19,0
Wrzesień — September	44,7	15,5	88,9	12,3	5,9	15,5
Październik — October	101,2	7,3	9,2	5,6	23,8	8,0
Listopad — November	48,7	5,4	48,2	6,5	0,0	2,4
Grudzień — December	49,7	-1,1	34,3	-4,7	21,3	1,8
Roczna suma opadów i średnia roczna temperatura powietrza Annual sum of rainfall and average temperature	646,9	8,8	729,3	8,0	637,7	8,9

Drugi rok (2010) charakteryzował się ciepłą i bogatą w opady wiosną i latem, co sprzyjało bujnemu rozwojowi testowanych roślin. Trzeci rok badań (2011) z ciepłym i obfitym w opady latem był najkorzystniejszy dla vegetacji roślin.

Trzyletnie badania różnych form wierzby (*Salix* sp.) zastosowanych do rekultywacji terenów poeksploatacyjnych siarki pokrytych wapnem poflotacyjnym i wzbogaconych osadem ścieków komunalnych wykazują, że wśród testowanych form wierzby najwięcej przetrwało w stosunku do liczby posadzonych osobników roślin wierzby wiciowej (84,2%), wierzby IBL-3 (62,2%) i wierzby wawrzynkowej (52,9%) (tab. 2).

Tabela 2

Przydatność różnych gatunków i form wierzby (*Salix* sp.) do rekultywacji obszarów poeksploatacyjnych siarki wzbogaconych osadami ścieków komunalnych w dawce $500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (2009–2011)
Usability of various willow (*Salix* sp.) forms for reclamation of sulphur postexploitation terrains enriched with municipal sewage sludge at dose of $500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (2009–2011)

Gatunek Species	Cechy — Traits					
	2009		2010		2011	
	przyjęcie roślin the plants taking roots (%)	wysokość roślin plant height (cm)	przyjęcie roślin the plants taking roots (%)	wysokość roślin plant height (cm)	przyjęcie roślin the plants taking roots (%)	wysokość roślin plant height (cm)
IBL-7 (<i>Salix</i> × sp.)	23,8	289,5	23,8	327,2	23,8	365,5
Wierzba trójpręcikowa (<i>Salix amygdalina</i> L.)	49,3	372,2	46,2	393,8	44,4	437,7
Wierzba wawrzynkowa (<i>Salix daphnoides</i> Vill.)	52,9	392,3	52,9	428,6	52,9	473,4
IBL-3 (<i>Salix</i> × sp.)	62,2	196,3	62,2	232,2	62,2	278,3
Wierzba sadłowicka (<i>Salix</i> × <i>smythiana</i> var. <i>kübleri</i>)	21,1	250,0	21,1	268,3	21,1	292,7
Wierzba Smitha (<i>Salix</i> × <i>smithiana</i> Willd.)	44,1	255,3	42,2	275,5	40,9	298,3
IBL-8 (<i>Salix</i> × <i>erdingeri</i> J.Kern.)	42,3	399,2	42,3	432,2	42,3	466,8
Wierzba laurowa (<i>Salix pentandra</i> L.)	33,3	283,2	33,3	310,3	33,3	341,5
Wierzba Lipińskiego (<i>Salix</i> × <i>erdingeri</i> J. Kern.)	18,9	386,2	18,9	420,1	18,9	468,3
Wierzba wiciowa (<i>Salix viminalis</i> L.)	84,2	278,8	84,2	328,2	84,2	394,4
Wierzba ostrolistna (<i>Salix acutifolia</i> Willd.)	13,3	212,5	13,3	242,3	13,3	272,5
NIR _{0,05}	10,5	35,5	10,5	35,5	10,5	35,5
LSD _{0,05}						
Średnio Mean	-	301,4	-	332,6	-	371,8

NIR_{0,05} dla porównania w wierszach dla wysokości roślin = 15,5
 LSD_{0,05} for data in lines for height of plants = 15.5

Mniej przetrwało roślin wierzby trójpręcikowej, IBL-8 i wierzby Smitha, bo odpowiednio 44,4, 42,3 i 40,9%, a najmniej wierzby IBL-7, wierzby sadłowickiej,

wierzby Lipińskiego i wierzby ostrolistnej, których rośnie odpowiednio tylko: 23,8, 21,1, 18,9 i 13,3%. Największą wysokość osiągnęły: wierzba wawrzynkowa (473,4 cm), wierzba Lipińskiego (468,3 cm), wierzba IBL-8 (466,8 cm) i wierzba trójpręcikowa (437,7 cm), ale przeżywalność wierzby Lipińskiego na tym bezglebowym podłożu jest niska. Oceniając przeżywalność i wysokość pędów jako cechy wskazujące na przydatność testowanych form wierzby do rekultywacji biologicznej, najbardziej przydatna okazała się wierzba wiciowa, a następnie wierzba wawrzynkowa, wierzba trójpręcikowa i IBL-8. Warunki pogodowe wpływały na wartość ocenianych cech wierzby (tab. 1, 2).

Wyniki badań wskazują, że wierzba ostrolistna jest mało przydatna do rekultywacji złoża wapna poflotacyjnego ze względu na niski procent przyjęć i słabą bujność wyrażającą się niskim przyrostem wysokości. Rezultaty wcześniejszych badań autora wykazały, że na podłożu wapna poflotacyjnego użyźnionego osadem i rozdrobnioną słomą dobrze rozwija się wierzba wiciowa (*Salix viminalis* L.) (Klimont i in., 2002). Inne badania (Klimont, 2007; Klimont, Bulińska-Radomska, 2010) pokazują wyraźne różnice w procencie przyjęć i wysokości gatunków i mieszańców wierzby wykorzystanych do celów rekultywacyjnych, oraz wskazują na wpływ zmiennych warunków pogodowych w latach badań (szczególnie dotyczy to ilości i rozkładu opadów). Szczukowski i Tworowski (2000) zamieranie i wypadanie roślin wierzby uprawianej na glebie organicznej wyjaśniają samoregulacją ładu oraz wzrastającym zachwaszczeniem plantacji. Z kolei Szewczuk i in. (1999) przedstawia wpływ grubości wysadzanych sztolbrów i dawek rozcieńczonych ścieków komunalnych na wielkość plonów pędów. W innych opracowaniach (Szczukowski i in., 1998; Siciński, 2009) stwierdzają, iż wierzba może być z powodzeniem zastosowana do rekultywacji biologicznej terenów zdewastowanych działalnością przemysłową i komunalną ze względu na wyjątkową plastyczność genetyczną i ekologiczną. Majtkowski i in. (2010) oraz Kuś i in. (2008) podają, że jednym z najważniejszych czynników wpływających na wzrost i rozwój wierzby, a także wysokość, liczbę i plon pędów jest zawartość wody w podłożu, podobnie jak w niniejszych badaniach, gdzie woda jest czynnikiem warunkującym przeżycie roślin rosnących na wapiennym podłożu. Wyniki innych badań wskazują, że wierzby pobierają z podłoża pokaźne ilości metali ciężkich, spełniając tym samym rolę filtra ekologicznego (Perttu, 1993; Baran i in., 2001), zaś Szczukowski i Tworowski (1999) informują, że wiklina ma zdolność zatrzymywania i utylizacji zanieczyszczeń występujących w ściekach bytowych.

Wykorzystanie mieszańców i gatunków wierzby (*Salix* sp.) do biologicznej rekultywacji wapna poflotacyjnego pokrywającego tereny poeksploatacyjne siarki wraz z osadami ścieków komunalnych wpłynęło pozytywnie na właściwości chemiczne podłoża, zwiększając istotnie zawartość substancji organicznej w poziomie organiczno-próchnicznym do 88,7 g·kg⁻¹ (kontrola 6,6 g·kg⁻¹). Wytworzona substancja organiczna umożliwiła magazynowanie składników pokarmowych i wody. Zawartość P₂O₅ wzrosła do 306,0, K₂O do 230,0 i Mg do 47,3 mg·kg⁻¹, podczas gdy w wariacie kontrolnym wynosiła odpowiednio: 29,0, 20,7 i 11,7 mg·kg⁻¹ (tab. 3). Podobny pozytywny wpływ na zmianę składu chemicznego podłoża odnotowano w przypadku zastosowania do

rekultywacji roślin miododajnych (Klimont, 2007) i jarych roślin oleistych (Klimont i in., 2012).

Tabela 3

Wpływ osadów ściekowych i różnych form wierzby (*Salix* sp.) na zawartość przyswajalnego P, K, Mg i materii organicznej w podłożu wapna poflotacyjnego (2009–2011)
Influence of sewage sludge and various willow species (*Salix* sp.) for the content of available P, K, Mg and organic substance on the subsoil of post-flotation lime (2009–2011)

Gatunek rośliny Plant group	Dawka osadów ściekowych Dose of sludge (m ³ ·ha ⁻¹)	Warstwa gleby Level of soil	pH w 1n KCl — in 1n KCl				P ₂ O ₅ (mg·kg ⁻¹ gleby — of soil)				Substancja organiczna Organic substance (g·kg ⁻¹ gleby — of soil)			
			2009	2010	2011	śr. mean	2009	2010	2011	śr. mean	2009	2010	2011	śr. mean
Kontrola Control	0	OA	7,60	7,60	7,40	7,53	33,0	28,0	26,0	29,0	7,7	5,5	6,7	6,6
Wierzby Willows	500	OA	7,31	7,10	7,20	7,20	290,0	298,0	330,0	306,0	90,5	88,8	86,9	88,7
	NIR α = 0,05 LSD α = 0,05		r.n. n.s.	r.n. n.s.	r.n. n.s.	r.n. n.s.	25,42	25,42	25,42	22,23	10,32	10,32	10,32	10,32

Gatunek rośliny Plants group	Dawka osadów ściekowych Dose of sludge (m ³ ·ha ⁻¹)	Warstwa gleby Level of soil	K ₂ O (mg·kg ⁻¹ gleby — of soil)				Mg (mg·kg ⁻¹ gleby — of soil)				Substancja organiczna Organic substance (g·kg ⁻¹ gleby — of soil)			
			2009	2010	2011	śr. mean	2009	2010	2011	śr. mean	2009	2010	2011	śr. mean
Kontrola Control	0	OA	22,0	18,0	25,0	20,7	12,0	12,0	11,0	11,7	7,7	5,5	6,7	6,6
Wierzby Willows	500	OA	290,0	212,0	189,0	230,0	52,0	48,0	42,0	47,3	90,5	88,8	86,9	88,7
	NIR α = 0,05 LSD α = 0,05		27,32	27,32	27,32	23,33	6,42	6,42	6,42	6,42	10,32	10,32	10,32	10,32

r.n. — Różnica nieistotna

n.s. — Non-significant differences

WNIOSKI

- Wybrane gatunki i mieszańce wierzby (*Salix* sp.) okazały się bardzo przydatne i mogą być wykorzystane do rekultywacji terenów poeksploatacyjnych siarki pokrytych wapnem poflotacyjnym i wzbogaconych osadem ścieków komunalnych.
- Wystąpiły wyraźne różnice w udatności nasadzeń (procent przyjętych roślin) oraz wysokości roślin, które decydują o przydatności do rekultywacji biologicznej tych terenów.
- Najbardziej przydatne do uprawy na wapnie poflotacyjnym okazała się wierzba wiciowa, a także wierzba wawrzynkowa, wierzba trójpręcikowa i wierzba IBL-8 ze względu na trwałość i bujny wzrost, a wierzba ostrolistna z powodu niskiego procentu przyjęć i słabej bujności okazała się najmniej przydatna.

4. Zastosowanie różnych form wierzby (*Salix* sp.) do rekultywacji biologicznej wapna poflotacyjnego użyźnionego osadem ścieków komunalnych wpłynęło korzystnie na właściwości chemiczne podłoża poprzez zwiększenie zawartości substancji organicznej i składników pokarmowych niezbędnych w życiu roślin oraz obniżenie odczynu w kierunku obojętnego.

LITERATURA

- Baran S., Wójcikowska-Kapusta A., Jaworska B. 2001. Przydatność wikliny do sanitacji gleb zanieczyszczonych miedzią i ołowiem. Zesz. Prob. Post. Nauk. Rol. 477: 187 — 193.
- Gołda T. 2007. Wykorzystanie szlamów poflotacyjnych rudy siarkowej do rekultywacji terenów poeksploatacyjnych w górnictwie otworkowym siarki. Inżynieria Ekologiczna 19, PTIE Warszawa: 79 — 88.
- Góral S. 2001. Roślinność zielna w ochronie i rekultywacji gruntów. Inżynieria Ekologiczna 3, PTIE Bydgoszcz, 161 — 178.
- Jabłoński B. 1994. Ogródek pszczelarski. Oddz. Pszczelnictwa ISiK Puławy: 5 — 53.
- Jabłoński B. 2000. Krótka charakterystyka roślin wybranych do uprawy pożytków pszczelich. W: O potrzebie i możliwościach poprawy pożytków pszczelich. Oddz. Pszczelnictwa ISiK Puławy: 24 — 71.
- Jońca M. 2000. Zastosowanie osadów ściekowych w rekultywacji Kopalni Siarki „Jeziórko”. Inżynieria Ekologiczna 1. PTIE Baranów Sandomierski: 27 — 30.
- Klimont K. 2004. Przydatność wybranych gatunków roślin użytkowych do rekultywacji terenów zdewastowanych. Zesz. Prob. Post. Nauk. Rol. 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: 27 — 36.
- Klimont K., Bulińska-Radomska Z. 2010. Ocena przydatności wybranych gatunków roślin miododajnych oraz różnych form *Salix* spp. do rekultywacji terenów zdewastowanych przez przemysł siarkowy. Zesz. Prob. Post. Nauk. Rol. 555: 517 — 528.
- Klimont K., Bulińska-Radomska Z., Woś H. 2012. Możliwość wykorzystania jarych roślin oleistych w procesie rekultywacji terenów kopalnianych. Problemy Inżynierii Rolniczej 2: 63 — 73.
- Klimont K., Góral S., Jońca M. 2002. Rekultywacyjna efektywność osadów ściekowych na podłożu wapna poflotacyjnego. Biul. IHAR 223/224: 415 — 425.
- Kuś I., Faber A., Stasiak M., Kawalec A. 2008. Plonowanie wybranych gatunków roślin uprawnych na cele energetyczne na różnych glebach. Problemy Inżynierii Rolniczej 1(59): 79 — 86.
- Majtkowski W., Majtkowska G., Tomaszewski B. 2010. Dynamika wzrostu roślin energetycznych oraz potencjał biomasy. W: Modelowanie energetycznego wykorzystania biomasy. Wydawnictwo ITP Falenty — Warszawa: 114 — 126.
- Perttu K. L. 1993. Biomass production and nutrient removal from municipal wastes using willow vegetation filters. Journal of Sustainable Forestry Nr 1 (3): 57 — 70.
- Rocznik Statystyczny. 2012. Rolnictwo (http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/rs_rocznik_rolnictwa_2012.pdf): 94.
- Siciński I. T. 2009. Zachwaszczenie plantacji wierzby wiciowej (*Salix viminalis* L.) w rejonie Łodzi. Pamiętnik Puławski 150: 247 — 254.
- Siuta J. 2001. Rekultywacja gruntów w górnictwie siarkowym. Inżynieria Ekologiczna 3. PTIE Bydgoszcz: 192 — 198.
- Siuta J., Jońca M. 1997. Rekultywacyjne działanie osadu ściekowego na wapnie poflotacyjnym w Kopalni Siarki „Jeziórko”. Mat. Konf. „Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych”. IOŚ Puławy — Lublin — Jeziórko, 26–28 V 1997: 39 — 48.
- Szczukowski S., Tworkowski J. 1999. Gospodarcze i przyrodnicze zastosowanie krzewiastych wierzb (*Salix* sp.). Zesz. Prob. Post. Nauk. Rol. 468: 69 — 77.
- Szczukowski S., Tworkowski J. 2000. Produktivność wierzb krzewiastych (*Salix* sp.) na glebie organicznej. Inżynieria Ekologiczna 1, Baranów Sandomierski: 138 — 144.

- Szczukowski S., Tworkowski J., Wiwart M., Przyborowski J. 1998. Wiklina (*Salix* sp.). Uprawa i możliwości wykorzystania. Wyd. ART, Olsztyn: 60 ss.
- Szewczuk Cz., Sugier D. 1999. Wpływ grubości wysadzanych sztoprów wierzby wiciowej (*Salix viminalis* L.) na przebieg wzrostu i ocenę plonowania w warunkach stosowania zróżnicowanych dawek ścieków komunalnych. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 468: 465 — 471.
- Warzybok W. 2000. Rekultywacja terenów górniczych Kopalni Siarki „Jeziórko”. Inżynieria Ekologiczna 1. PTIE Baranów Sandomierski: 23 — 26.