

KRZYSZTOF KLIMONT
ZOFIA BULIŃSKA-RADOMSKA

Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Przydatność wybranych gatunków roślin do rekultywacji glebotwórczego gruntu z wapna poflotacyjnego

Usefulness of some plants species to reclamation of soilless ground on post-flotation lime

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⁻¹ na terenach poeksploatacyjnych Kopalni Siarki „Jeziórko”. Plon zielonej masy i wysokość roślin kostrzewy trzcinowej wzrastały istotnie i proporcjonalnie do rosnących dawek nawożenia azotowego użytego na wszystkich trzech poziomach wzbogacania podłoża osadami ściekowymi w odniesieniu do wariantów kontrolnych. Stwierdzono, że obsada roślin i liczba wykształconych pędów generatywnych wytworzonych przez rośliny kostrzewy trzcinowej rosnącej na bezglebowym podłożu wzbogaconym każdym z trzech poziomów osadów ściekowych wzrastała istotnie pod wpływem średniej i najwyższej dawki azotu w odniesieniu do wariantu kontrolnego. Wysokość roślin topinamburu była zróżnicowana i zawierała się w przedziale od 100,9 do 181,0 cm., a wszystkie dawki azotu wpływały na przyrost wysokości roślin w porównaniu do wariantu kontrolnego na każdym z trzech poziomów wzbogacania podłoża osadami ściekowymi. Dawki osadów ściekowych wpływały mniej efektywnie na wartość badanych cech niż nawożenie azotowe.

Słowa kluczowe: bezglebowy grunt, kostrzewa trzcinowa, nawożenie azotowe, osady ściekowe, rekultywacja, rośliny do rekultywacji, topinambur

The effect of differentiated nitrogen doses on growth and development of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and the Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) was investigated. Plants were grown on the ground of post reclamation lime substrate enriched with various doses 250, 500 i 750 m³·ha⁻¹) of municipal sewage sludge, on post-mining terrain of „Jeziórko” Sulphur Mine. Green matter yield and height of the tall fescue's plants increased proportionally to increasing rate of nitrogen fertilization applied in all three combinations of substrate enrichment with the sewage sludge. It was stated that the plant density and number of developed generative shoots generated by reed fescue plants increased significantly under the influence of the lowest and the average nitrogen doses at each level of substance enrichment with the sewage sludge in relation to the control version. The height of Jerusalem artichoke plants was variable and ranged from 100,9 to 181,0 cm and all nitrogen doses stimulated height of plants with reference to the control plants on each three levels of ground enrichment

with savage sludge. Rates of applied savage sludge were less effective than the nitrogen fertilization as regard the values of the investigated plants traits.

Key words: Jerusalem artichoke, nitrogen, savage sludge, reclamation, soilless ground, tall fescue, revitalization plants for reclamation

WSTĘP

Grunty zdewastowane przez działalność rolniczą i przemysłową zajmują coraz większą powierzchnię w Polsce. Wymagają one koniecznie rekultywacji zarówno z gospodarczego, jak i społecznego punktu widzenia, gdyż prawidłowo przeprowadzona rekultywacja może być praktycznie jedyną możliwością odzyskania utraconych gruntów rolnych czy leśnych (Dulewski i Wtorek, 2000). Zabiegi rekultywacyjne inicjują procesy glebotwórcze w podłożu a przede wszystkim odbudowę szaty roślinnej poprzez dobór odpowiednich gatunków roślin użytkowych, oraz właściwe zabiegi uprawowe, pielęgnacyjne i nawożenie Góral (2001).

Otworowa eksploatacja siarki w kopalniach okolic Tarnobrzega zdewastowała obszary gruntów, poprzez niszczenie struktury geologicznej, deformację terenu i bardzo silne zasyarczenie powierzchni (Siuta, 2001). Motowicka-Terelak i Dudka (1991) donoszą, że zdecydowana większość gleb znajdujących się na terenach poeksploatacyjnych siarki Kopalni „Jeziórko” uległa zakwaszeniu, a pH spadło nawet do 4, co skutkowało zniszczeniem roślinności i życia biologicznego w glebie. Do neutralizacji odczynu kwaśnego oraz blokady skupisk siarki, zapewnienia niecek osiadania i ukształtowania rzeźby terenu wykorzystywano odpad płynny ze wzbogacania rudy siarkowej zwany wapnem poflotacyjnym), będący martwym podłożem. Przywrócenie jego użyteczności rozpoczęto od wprowadzenia do martwego podłoża osadów ścieków komunalnych, inicjując w nim aktywność biologiczną i stwarzając warunki do życia i uprawy roślin (Siuta, Jońca, 1997; Siuta, 1998; Jońca, 2000; Warzybok, 2000; Dulewski, Wtorek, 2000). Jest to najbardziej racjonalna metoda, która jednocześnie rozwiązuje problem utylizacji odpadów bytowych i przemysłowych. Prace Klimonta i Górala (2001), Klimonta i wsp. (2002) i Klimonta (2004, 2007) oraz Klimonta i Bulińskiej-Radomskiej (2008) wykazują, że topinambur bulwa) i kostrzewa trzcinowa są bardzo przydatne do rekultywacji wapna poflotacyjnego wzbogaconego osadem ściekowym.

Celem prowadzonego doświadczenia było zbadanie wpływu zastosowania zróżnicowanych dawek azotu na wzrost i rozwój dwóch gatunków roślin: kostrzewy trzcinowej i topinamburu, uprawianych na podłożu wapna poflotacyjnego, które nawieziono trzema dawkami osadów ścieków komunalnych.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie prowadzono w latach 2006–2008 na terenie poeksploatacyjnym Kopalni Siarki „Jeziórko” niedaleko Tarnobrzega, pozyskiwanej metodą podziemnego wytopu. Obszary te celem likwidacji zasyarczenia i wyrównania zapadlisk terenu pokryto wapnem poflotacyjnym. Jest ono odpadem poflotacyjnym w procesie uzdatniania rudy siarkowej wydobywanej metodą odkrywkową w pobliskiej Kopalni Siarki „Machów”.

Przemieszczano je na pole poeksploatacyjne za pomocą hydrotransportu. Gołda (1993) określa wapno poflotacyjne jako gliny pylaste lekkie. Wiosną 1995 roku nawieziono go osadami ścieków komunalnych w dawkach: 250, 500 i 750 m³·ha⁻¹ i wymieszano z podłożem broną talerzową Jońca (2000). Na przygotowanym podłożu założono dwa niezależne doświadczenia. Na pierwszym o powierzchni 1,2 ha wysiano nasiona kostrzewy trzcinowej (*Festuca arundinacea* Schreb.), a na drugim o powierzchni 0,3 ha wysadzono bulwy topinamburu *Helianthus tuberosus* L.). Powierzchnia każdego z trzech wariantów nawożenia osadami ścieków w przypadku kostrzewy trzcinowej wynosiła 0,4 ha, a topinamburu 0,1 ha. Każdą z trzech powierzchni wzbogacania dawkami osadów ściekowych w przypadku obydwu gatunków podzielono na cztery równe poletka: kostrzewa po 0,1 ha i topinambur po 0,025 ha) i corocznie wnoszono na nie cztery zróżnicowane dawki azotu: 0 — wariant kontrolny, 50, 100 i 150 kg·ha⁻¹, na tle stałych dawek P₂O₅ i K₂O odpowiednio 30 i 83 kg·ha⁻¹. Na powierzchni każdego wariantu nawożenia azotem kostrzewy trzcinowej, corocznie wyznaczano 10 poletek o powierzchni 1 m².

W doświadczeniu z kostrzewą trzcinową oceniano 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. Obliczeń statystycznych dokonano metodą analizy wariancji dla dwu niezależnych doświadczeń w układzie split-plot, a porównań średnich dokonano za pomocą testu Tukeya przy NIR α = 0,05.

WYNIKI I DYSKUSJA

Warunki pogodowe w latach badań istotnie wpływały na wartość ocenianych cech zarówno kostrzewy trzcinowej jak i topinamburu (tab. 1, 2). Najkorzystniejsze warunki dla rozwoju badanych gatunków roślin wystąpiły w ciepłym i obfitym w opady 2008 roku, mniej korzystne w 2007, a najmniej sprzyjające w chłodnym i skąym w opady 2006 roku (tab. 1, 2). Wszystkie trzy dawki nawożenia azotem wpływały istotnie na plon zielonej masy kostrzewy trzcinowej, na wszystkich trzech poziomach wzbogacania wapna poflotacyjnego osadami ścieków komunalnych (tab. 3). W przypadku poziomu 250 m³ osadów ściekowych na 1 ha wzrost plonu zielonej masy pod wpływem nawożenia trzema kolejnymi dawkami azotu wzrastał odpowiednio o: 15,1, 29,0 i 30,0% w stosunku do wariantu kontrolnego — 66,90 dt·ha⁻¹. Także na poziomie 500 m³ osadów ściekowych na 1 ha obserwowano wzrost plonu zielonki pod wpływem nawożenia trzema kolejnymi dawkami azotu o: 16,6, 32,3 i 43,6% w porównaniu do wariantu kontrolnego — 67,33 dt·ha⁻¹. Najwyższy plon zielonej masy kostrzewy zebrano z poletek założonych na podłożu wapna poflotacyjnego wzbogaconego dawką 750 m³ osadu ściekowego na 1 ha. Przyrost zielonej masy wskutek zastosowania kolejnych wzrastających dawek azotu wynosił: 14,6; 55,9 i 74,4% w porównaniu z wariantem kontrolnym — 70,53 dt·ha⁻¹.

Tabela 1

Suma opadów miesięcznych oraz średnia miesięczna temperatura powietrza w latach 2006–2008
Monthly rainfall and mean air temperature in the years 2006–2008

Miesiąc Month	Lata — Years					
	2006		2007		2008	
	suma opadów rainfall (mm)	temperatura temperature (°c)	suma opadów rainfall (mm)	temperatura temperature (°c)	suma opadów rainfall (mm)	temperatura temperature (°c)
Styczeń January	26,5	-7,8	48,0	2,7	29,4	0,4
Luty February	26,6	-3,5	22,1	-0,2	11,7	2,3
Marzec March	61,8	-0,4	26,5	6,8	45,8	3,8
Kwiecień April	44,3	9,5	19,6	9,6	59,0	9,4
Maj May	70,8	13,8	32,4	15,9	74,3	13,5
Czerwiec June	62,1	17,5	53,4	19,0	29,4	18,2
Lipiec July	15,1	22,3	103,8	19,4	99,4	18,8
Sierpień August	10,2	17,9	58,3	19,2	31,0	18,9
Wrzesień September	21,6	16,2	106,8	12,9	83,3	12,7
Październik October	19,7	10,6	31,3	8,1	36,8	9,8
Listopad November	41,3	5,3	20,6	1,0	19,2	5,0
Grudzień December	18,4	2,6	10,1	-1,3	37,1	0,9
RO	418,4	8,7	532,9	9,4	556,4	9,5

RO — Roczna suma opadów i średnia roczna temperatura powietrza; Annual of rainfall and average air temperature

Tabela 2

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

Lata Years	Kostrzewa trzcinowa (<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.)					Topinambur (<i>Helianthus tuberosus</i> L.)
	plon yield (dt·ha ⁻¹)	liczba roślin number of plants (szt/m ²)	liczba pędów generatywnych number of shoots		wysokość roślin height of plants (cm)	wysokość roślin height of plants (cm)
			wykształconych developed	niewykształconych underdeveloped		
2006	76,58	75,1	111,8	5,2	50,2	120,8
2007	84,62	79,5	130,4	7,0	61,2	140,2
2008	97,08	85,1	132,0	7,9	77,8	173,7
NIR ($\alpha=0,05$)	5,68	4,1	5,5	0,8	2,5	4,5
LSD ($\alpha=0,05$)						

Niezależnie od poziomu nawożenia azotowego plon zielonej masy uzyskany z wariantu wzbogaconego najwyższą dawką osadu ściekowego był istotnie wyższy w odniesieniu do uzyskanych z wariantów nawiezionych dawką średnią i najniższą (tab. 3). Otrzymane wyniki korespondują z wcześniejszymi rezultatami autora Klimont (2004), Klimont, Bulińska-Radomska (2008), pokazujące pozytywną reakcję kostrzewy trzcinowej na wzrastające dawki osadów ściekowych. Góral (2001) uznał go za gatunek wyróżniający się wśród traw dużą plastycznością w stosunku do warunków środowiska.

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 2006–2008)
The effect of nitrogen on the yield of green mass, plant density, number of generative shoots (developed and underdeveloped) and height of plants of Reed fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and plant height of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) — mean 2006–2008

Dawka osadów ściekowych Dose of sewage sludge (m ³ ·ha ⁻¹)	Dawka azotu Dose of nitrogen (kg·ha ⁻¹)	Kostrzewa trzcinowa (<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.)					Topinambur (<i>Helianthus tuberosus</i> L.)	
		cechy — traits						
		plon yield (dt·ha ⁻¹)	liczba roślin number of plants per area (szt./m ²)	liczba pędów generatywnych number of generative shoots (szt./m ²)		wysokość roślin height of plants (cm)	wysokość roślin height of plants (cm)	
wykształconych developed	niewykształconych underdeveloped							
250	0	66,90	66,9	108,2	5,7	51,5	100,9	
	50	77,03	72,1	117,9	7,0	56,8	115,9	
	100	86,30	76,0	125,3	7,1	60,5	129,3	
	150	87,00	85,7	128,1	6,4	64,2	146,8	
\bar{x}		79,31	75,2	119,8	6,5	58,3	123,2	
500	0	67,33	68,2	111,7	6,7	54,3	123,4	
	50	78,50	73,6	118,6	5,1	61,7	147,4	
	100	89,07	76,3	125,0	5,8	68,5	160,3	
	150	96,67	87,6	136,3	8,0	69,6	174,0	
\bar{x}		82,89	76,4	122,9	6,4	63,5	151,3	
750	0	70,53	75,3	114,6	6,4	57,9	137,0	
	50	80,83	77,4	123,1	7,3	65,3	152,9	
	100	109,93	98,4	139,8	7,5	71,4	170,1	
	150	123,00	101,3	148,4	7,6	75,1	181,0	
\bar{x}		96,07	88,1	131,5	7,2	67,4	160,2	
NIR ($\alpha=0,05$); efekt N LSD ($\alpha=0,05$); N effect		8,55	8,4	13,1	r.n.; n.s.	4,8	24,4	
NIR ($\alpha=0,05$); efekt osadu ściekowego LSD ($\alpha=0,05$); savage sludge effect		5,73	5,8	11,2	r.n.; n.s.	3,8	22,2	

r.n ; n.s. — Różnice nieistotne; No significant differences

Obsada roślin kostrzewy trzcinowej ulegała istotnemu zwiększeniu pod wpływem średniej i najwyższej a wysokość roślin pod wpływem każdej dawki nawożenia azotem na wszystkich trzech poziomach wzbogacania wapiennego gruntu osadem ściekowym w porównaniu z wariantem kontrolnym (tab. 3). Bardzo silny system korzeniowy tego

gatunku pozwala bardzo dobrze wykorzystywać składniki pokarmowe wniesione w postaci nawozów azotowych czy też osadów ściekowych (Góral, Sybilska, 2000; Góral, 2001). Liczba pędów generatywnych wykształconych, które wytworzyły rośliny kostrzewy trzcinowej zależała od ilości osadów ściekowych wnoszonych do podłoża oraz dawki azotu zastosowanej do nawożenia kostrzewy, natomiast liczba pędów generatywnych niewykształconych nie ulegała istotnym zmianom pod wpływem tych czynników (tab. 3). Niezależnie od poziomu nawożenia azotem, najwyższa dawka osadu ściekowego wniesiona do podłoża skutkowała wzrostem liczby pędów generatywnych w stosunku do najmniejszej dawki osadu, a średnie i najwyższe dawki azotu istotnie wpływały na zwiększenie wartości tej cechy na każdym z trzech poziomów wzbogacania podłoża osadami ściekowymi (tab. 3). Niezależnie od lat badań najwyższe i średnie dawki azotu na każdym z wariantów wzbogacania podłoża osadami ścieków wpływały na istotny wzrost obsady i liczby wykształconych pędów generatywnych a wszystkie poziomy nawożenia azotem na wysokość roślin kostrzewy, co istotnie wpływało na przyrost plonu zielonej masy. Osady ściekowe aplikowane w trzech zróżnicowanych dawkach do wapna poflotacyjnego oddziaływały mniej efektywnie na wartość badanych cech niż nawożenie azotowe. Należy przypuszczać, że wynika to z faktu, iż zastosowano je na kilka lat przed okresem, z którego pochodzą prezentowane wyniki i efekt ich oddziaływania staje się z roku na rok coraz mniej widoczny, pomimo że wraz z osadami wprowadzono do podłoża ogromne ilości materii organicznej i składników pokarmowych.

Aplikując dawkę $250 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ wniesiono około 25 dt azotu, 5 dt fosforu, około 3 dt wapnia i 0,75 dt magnezu oraz prawie 530 dt substancji organicznej Klimont i in., 2002). Podwójna i potrójna dawka osadu ściekowego z wielokrotniła ilość składników pokarmowych i materii organicznej wnoszonej do podłoża. Inne badania autora (Klimont i Góral, 2001; Klimont i in., 2002; Klimont, 2004, 2007; Klimont, Bulińska-Radomska, 2008) wskazują, że wapno poflotacyjne zastosowane do rekultywacji terenów poeksploatacyjnych siarki, wzbogacone osadem ściekowym wraz z porastającą roślinnością tworzy sprzyjające warunki do inicjacji procesów glebotwórczych, w wyniku których tworzy się substancja organiczna, wzrasta również zawartość przyswajalnych P, K, Mg w podłożu wraz ze wzrostem wysokości dawki osadu. Wyniki Górala (2001), Klimonta (2004) oraz Klimonta i Bulińskiej-Radomskiej (2008) wskazują, że kostrzewa trzcinowa jest gatunkiem polecanym do rekultywacji gruntów bezglebowych ze względu na duże zdolności przystosowawcze do warunków środowiska, bardzo silny system korzeniowy, małe wymagania pokarmowe i trwałość w runi, a właśnie takie trudne warunki panują na terenie poeksploatacyjnym Kopalni Siarki „Jeziorko”, szczególnie w okresie letniej suszy. Również Góral i Sybilska (2000) polecają ten gatunek jako przydatny do rekultywacji biologicznej terenów zdewastowanych.

Średnia i najwyższa dawka azotu powodowała istotny przyrost wysokości roślin topinamburu w stosunku do kontroli na wszystkich trzech poziomach wzbogacania podłoża osadami ściekowymi (tab. 3). Wysokość roślin była zróżnicowana i wahała się od 100,9 do 181,0 cm i rosła wraz ze wzrostem ilości osadu wzbogacającego podłoże i wysokością dawek azotu. Jest to zgodne z doniesieniami Górala (1996) stwierdzającymi, że topinambur wykazuje duże zapotrzebowanie na azot. Niezależnie od dawek azotu, średni i najwyższy

wariant wzbogacenia osadem ściekowym istotnie wpływał na wysokość roślin topinamburu (tab. 3). Wcześniejsze badania (Klimont, Góral 2001; Klimont i in., 2002; Klimont, Bulińska-Radomska, 2008) wskazują, że topinambur (bulwa) ze względu na zapas wody i cukrów w bulwach bardzo dobrze rośnie na podłożu wapna poflotacyjnego i pozytywnie reaguje przyrostem wysokości na wzrastające dawki osadów ściekowych.

WNIOSKI

1. Plon zielonej masy wzrastał pod wpływem rosnącej dawki nawożenia azotowego na wszystkich trzech poziomach wzbogacania wapna poflotacyjnego osadami ściekowymi w stosunku do wariantu kontrolnego.
2. Obsada roślin kostrzewy trzcinowej oraz liczba pędów generatywnych wykształconych wytworzonych przez ten gatunek ulegała istotnemu zwiększeniu pod wpływem średniej i najwyższej, a wysokość pod wpływem każdej dawki nawożenia azotem na wszystkich trzech poziomach wzbogacania wapna poflotacyjnego osadem ściekowym w stosunku do wariantu kontrolnego.
3. Wysokość roślin topinamburu była zróżnicowana i wahała się od 100,9 do 181,0 cm. Średnie i najwyższe dawki istotnie wpływały na przyrost wysokości roślin w stosunku do kontroli na wszystkich wariantach wzbogacania gruntu wapiennego osadami ściekowymi.
4. Niezależnie od poziomu nawożenia azotem wprowadzenie do podłoża najwyższej dawki osadu ściekowego istotnie wpłynęło na obsadę roślin, plon zielonej masy i liczbę pędów generatywnych wykształconych, wytworzonych przez rośliny kostrzewy trzcinowej w stosunku do najniższej dawki osadu, a w przypadku wysokości roślin kostrzewy i topinamburu taki sam efekt spowodowało wzbogacenie podłoża najwyższą i średnią dawką osadu.
5. Zróżnicowane dawki azotu okazały się bardziej efektywne niż aplikowane osady ściekowe na wartość badanych cech obydwu gatunków roślin.

LITERATURA

- Dulewski I., Wtorek L. 2000. Problemy przywracania wartości użytkowych gruntom zdewastowanym działalnością górniczą. Ochrona i rekultywacja gruntów. Inżynieria Ekologiczna 1, PTIE Baranów Sandomierski: 14 — 22.
- Gołda T. 1993. Przemiany siarki elementarnej zawartej w szlamie poflotacyjnym pod wpływem rekultywacyjnych zabiegów uprawowych. Zesz. Nauk. 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: 76 — 86.
- Góral S. 2001. Roślinność zielna w ochronie i rekultywacji gruntów. Inżynieria. Ekologiczna 3, PTIE, Bydgoszcz: 161 — 178.
- Góral S., Sybilska A. 2000. Przydatność polskich odmian hodowlanych (*Festuca arundinacea* Schreb.) do rekultywacji gruntów zdewastowanych. Łąkarstwo w Polsce 3, Poznań: 199 — 204.
- Jońca M. 2000. Zastosowanie osadów ściekowych w rekultywacji gruntów Kopalni Siarki „Jeziórko”. Inżynieria Ekologiczna 1, PTIE, Baranów Sandomierski: 27 — 30.

- Klimont K., Bulińska-Radomska Z. 2008. Przydatność wybranych gatunków roślin do rekultywacji podłoża wapna poflotacyjnego w różnych warunkach agrotechnicznych. *Problemy Inżynierii Rolniczej* 159): 99 — 108.
- Klimont K., Góral S. 2001. Glebotwórcze działanie traw i topinamburu na gruncie wapna poflotacyjnego. *Inżynieria Ekologiczna* 3, PTIE, Bydgoszcz: 198 — 201.
- Klimont K., Góral S., Jońca M. 2002) Rekultywacyjna efektywność osadów ściekowych na podłożu wapna poflotacyjnego. *Biul. IHAR* 223/224: 415 — 425.
- 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 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 ss.
- Siuta J. 1998. Materiały stosowane w rekultywacji gruntów w: *Rekultywacja gruntów*. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa: 169 — 180.
- 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” IOS, Puławy-Lublin-Jeziórko*, 26-28 V 1997: 39 — 48.
- Warzybok W. 2000) Rekultywacja terenów górniczych Kopalni Siarki „Jeziórko”. *Inżynieria Ekologiczna* 1, PTIE Baranów Sandomierz: 23 — 26.