

KRZYSZTOF KLIMONT

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

Ocena przydatności topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.) i kostrzewy trzcinowej (*Festuca arundinacea* Schreb.) do rekultywacji bezglebowego podłoża wapna poflotacyjnego użyźnionego osadem ścieków komunalnych

Suitability evaluation of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) and Tall fescue plants (*Festuca arundinacea* Schreb.) for the reclamation of soilless post-flotation lime ground fertilized by municipal sewage sludge

W latach 2009–2011, na terenach poeksploatacyjnych Kopalni Siarki „Jeziórko”, badano wpływ stosowania wzrastających 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 wszystkich poziomach wzbogacenia osadami ściekowymi wzrastał plon zielonej masy kostrzewy trzcinowej nawożonej wzrastającymi dawkami azotu. Pod wpływem średniej i najwyższej dawki azotu wzrastała istotnie obsada roślin kostrzewy trzcinowej w stosunku do wariantów kontrolnych, a liczba wykształconych pędów generatywnych i wysokość roślin pod wpływem każdej z nich i na wszystkich poziomach wzbogacenia podłoża osadem ściekowym. Wysokość roślin topinamburu wzrastała istotnie w zasadzie pod wpływem wszystkich trzech dawek azotu, na każdym z poziomów wzbogacenia osadem ściekowym w odniesieniu do wariantu kontrolnego. Zróżnicowane dawki azotu wpływały bardziej efektywnie na wartość cech badanych gatunków roślin, niż osady ściekowe. Warunki pogodowe w latach badań istotnie wpływały na wartość ocenianych cech, a głównym czynnikiem wpływającym na wzrost i rozwój testowanych gatunków jest ilość wody w wapiennym podłożu.

Słowa kluczowe: bezglebowe podłoże, kostrzewa trzcinowa, nawożenie azotowe, osady ściekowe, proces glebotwórczy, rekultywacja, topinambur

In the years 2009–2011, we examined the effect of application of increasing nitrogen doses on the growth and the development of Tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) plants growing on post-flotation lime ground enriched by three doses of municipal sewage sludge, i.e. 250, 500 and 750 m³·ha⁻¹ at the post-exploitation area of Jeziórko Sulphur Mine. The yield of green mass of Tall fescue fertilized by increasing doses of nitrogen grew at all levels of enrichment by municipal sewage sludge. Under the influence of medium and maximum nitrogen dose the stock of Tall fescue grew considerably in relation to control versions and the number of

developed generative shoots and also the height of plants increased under influence of each of them for all levels of ground enrichment by sewage sludge. The height of Jerusalem artichoke plants grew significantly in principle under the influence of all three nitrogen doses for every level of sewage sludge enrichment with reference to control version. Diverse nitrogen doses influenced more efficiently the values of investigated plant features than the applied sewage sludge. Weather conditions in the years of investigation affected considerably the value of estimated features and water quantity in post-flotation lime ground is the main factor exerting influence on the growth and the development of the tested species.

Key words: Jerusalem artichoke, nitrogen fertilization, reclamation, sewage sludge, soilless ground, soil forming process, Tall fescue

WSTĘP

W Polsce występują znaczne powierzchnie gruntów zniekształconych przez przemysłową eksploatację kopalni, składowanie odpadów i erozję wodną, zdegradowanych chemicznie i zanieczyszczonych przez działalność przemysłową, rolniczą i komunalną (Żukowski, 2005). Kalinowska (1994) podaje, że strefy zdegradowane przekraczają 10% powierzchni Polski, a tylko same hałdy górnicze zajmują 0,3% kraju. Tereny te wymagają koniecznie rekultywacji, która właściwie przeprowadzona może być praktycznie jedynym sposobem odzyskania utraconych gruntów rolnych czy leśnych (Dulewski, Wtorek, 2000). Zabiegi rekultywacyjne stymulują procesy glebotwórcze w podłożu, zmierzają do odbudowy szaty roślinnej poprzez dobór odpowiednich gatunków roślin, właściwe zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne oraz nawożenie organiczne i mineralne (Góral, 2001). Eksploatacja siarki metodą podziemnego wytopu (otworowa) w kopalniach okolic Tarnobrzega przyczyniła się do dewastacji gruntów poprzez niszczenie budowy geologicznej, deformację terenu i bardzo intensywne zasiarczenie gruntu (Siuta, 2001). Do odkwaszania powierzchni, blokady większych skupisk siarki, wypełnienia niecek osiadania i przełomów, celem wyrównania terenu wykorzystano półpłynny odpad ze wzbogacania rudy siarkowej zwany wapnem lub szlamem poflotacyjnym. Jako że jest ono całkowicie pozbawione życia biologicznego, rozpoczęto jego rekultywację poprzez wprowadzenie do podłoża osadów ścieków komunalnych w celu zainicjowania procesów glebotwórczych (Siuta, Jońca 1997; Jońca, 2000; Martyn i in., 2001). Osady ściekowe mają bowiem bardzo dużą wartość glebotwórczą i nawozową, zawierają duże ilości wszystkich (oprócz potasu) składników pokarmowych niezbędnych roślinom, a ich właściwości fizyczne i chemiczne są bliskie próchnicy glebowej, która na glebach mineralnych decyduje o ich żyzności i urodzajności (Siuta, 2004). Badania Górala (1996, 1999) wykazały, że topinambur może być przydatny do rekultywacji biologicznej terenów pokopalnianych oraz osadników ścieków przemysłowych i komunalnych, natomiast badania Kołodziej i in. (2010) wskazują na korzystne oddziaływanie osadów ściekowych na wzrost i rozwój tego gatunku uprawianego na słabej glebie mineralnej. Prace Klimonta i Górala (2001), Klimonta (2007) oraz Klimonta i Bulińskiej-Radomskiej (2008, 2009) wyraźnie pokazują, że topinambur (słonecznik bulwiasty) i kostrzewa trzcinowa należą do gatunków najbardziej przydatnych do rekultywacji bezglebowego podłoża wapna poflotacyjnego użyźnionego osadem ściekowym.

Prezentowane badania miały na celu określenie wpływu stosowania trzech wzrastających dawek azotu na wzrost i rozwój kostrzewy trzcinowej i topinamburu uprawianych na bezglebowym podłożu wapna poflotacyjnego wzbogaconego zróżnicowanymi dawkami osadów ścieków komunalnych.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie prowadzono w latach 2009–2011 na terenie poeksploatacyjnym Kopalni Siarki „Jeziórko” obok Tarnobrzega, gdzie stosowano metodę podziemnego wytopu. Celem likwidacji zakwaszenia i wyrównania niecek osiadania terenu, obszary te pokryto wapnem poflotacyjnym o miąższości ok. 6 m. Przemieszczano je na pole poeksploatacyjne za pomocą hydrotransportu z pobliskiej Kopalni Siarki „Machów”, gdzie było ono odpadem poflotacyjnym w procesie uzdatniania rudy siarkowej wydobywanej metodą odkrywkową. Gołda (2007) kwalifikuje wapno poflotacyjne jako gliny średnie pylaste na granicy z glinami lekkimi pylastymi, o pH 7,3 i zawierającymi następujące frakcje: piasek (39%), pył (27%), części splawiane (34%) w tym ił koloidalny (7%). Wiosną 1995 roku wapno poflotacyjne użyżniono jednorazowo osadami ścieków komunalnych w dawkach: 250, 500 i 750 m³·ha⁻¹ i wymieszano dokładnie z podłożem broną talerzową na głębokość 25 cm (Jońca 2000). Na tak przygotowanym podłożu założono eksperyment jako dwa niezależne doświadczenia z topinamburem i kostrzewą trzcinową. Na pierwszym z nich o powierzchni 0,3 ha wysadzono bulwy topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.), na drugim o powierzchni 1,2 ha wysiano nasiona kostrzewy trzcinowej (*Festuca arundinacea* Schreb.). Powierzchnia każdej z trzech kombinacji nawożenia osadami ściekowymi w przypadku topinamburu wynosiła 0,1 ha, a kostrzewy trzcinowej 0,4 ha. Następnie każdą z trzech powierzchni wzbogacania dawkami osadów ściekowych, zarówno w przypadku topinamburu, jak i kostrzewy trzcinowej, podzielono na cztery równe poletka (topinambur po 0,025 ha i kostrzewa po 0,10 ha) i wnoszono na nie corocznie cztery wzrastające dawki azotu w postaci saletry amonowej: 0 (wariant kontrolny), 50, 100 i 150 kg·ha⁻¹. Azot wnoszono corocznie w dwóch równych dawkach, tj. wiosną w czasie ruszenia wegetacji i po pierwszym pokosie. Wiosną każdego roku wnoszono również na każde poletko nawożenie P i K odpowiednio 30 i 83 kg·ha⁻¹. Na powierzchni każdego wariantu nawożenia azotem kostrzewy trzcinowej corocznie wyznaczano losowo 10 poletek o powierzchni 1 m².

W doświadczeniu z kostrzewą trzcinową oceniano: plon zielonej masy, obsadę roślin, liczbę pędów generatywnych (wykształconych i niewykształconych) oraz wysokość roślin. Wartość tych cech określano dwukrotnie przed pierwszym i drugim pokosem. W przypadku topinamburu, jesienią pod koniec wegetacji wykonywano losowo pomiary wysokości 10 roślin, z każdej kombinacji nawożenia azotem na tle każdego poziomu wzbogacania osadami ściekowymi.

Obliczeń statystycznych dokonano w oparciu o analizy wariancji dla dwóch niezależnych doświadczeń założonych w układzie split-plot, a szczegółowe porównanie średnich wykonano za pomocą testu Tukeya przy NIR α = 0,05.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przebieg warunków pogodowych w latach badań był zróżnicowany i istotnie wpływał na wartość ocenianych cech kostrzewy trzcinowej i topinamburu. Pierwszy rok badań (2009) był chłodny późną wiosną, upalny latem (szczególnie w połowie lipca, co nie sprzyjało wegetacji badanych gatunków roślin), bardzo obfity w opady jesienią, co umożliwiło dostateczne uwilgotnienie podłoża i stworzyło korzystne warunki do wzrostu i rozwoju roślin w roku następnym. Z kolei drugi 2010 rok charakteryzował się ciepłą, obfitą w opady wiosną oraz deszczowym i ciepłym latem, co sprzyjało wegetacji i bujności roślin. Najkorzystniejsze warunki do wegetacji roślin wystąpiły w ciepłym i obfitym w opady (szczególnie w okresie letnim) trzecim, tj. 2011 roku badań (tab. 1).

Tabela 1

Suma opadów miesięcznych oraz średnia miesięczna temperatura powietrza w latach 2009–2011
Monthly rainfall and mean temperature 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 amount of rainfall and average temperature		646,9	8,8	729,3	8,0	637,7	8,9

Wyniki trzyletnich obserwacji, wskazują, że każda z trzech dawek azotu istotnie wpływa na wzrost plonu zielonej masy kostrzewy trzcinowej na wszystkich trzech wariantach wzbogacenia wapna poflotacyjnego osadem ścieków komunalnych w porównaniu do wariantów kontrolnych (tab. 2).

Tabela 2

Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem oraz osadami ściekowymi na plon zielonej masy, obsadę, liczbę pędów generatywnych wykształconych i niewykształconych i wysokość roślin kostrzewy trzcinowej oraz wysokość roślin topinamburu — średnio (2009–2011)

The effect of differential fertilization with nitrogen and sewage sludge on the yield of green mass, plant density, number of generative shoots (developed and underdeveloped) and height of Tall fescue plants and plant height of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) — mean (2009–2011)

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.) Tall fescue				Topinambur Jerusalem artichoke (<i>Helianthus tuberosus</i> L.)	
		plon yield (dt·ha ⁻¹)	liczba roślin number of plants (szt./m ²)	liczba pędów generatywnych number of generative shoots		wysokość roślin height of plants (cm)	wysokość roślin height of plants (cm)
				wykształconych developed	niewykształconych underdeveloped		
250	0	76,5	73,4	114,1	5,6	67,8	140,5
	50	95,1	76,3	139,7	7,1	74,3	156,1
	100	98,0	82,1	137,0	7,8	80,6	180,1
	150	113,7	100,2	149,5	8,8	82,4	202,1
	\bar{x}	95,8	83,0	135,1	7,3	76,3	169,7
500	0	77,8	73,4	115,2	5,8	67,5	141,6
	50	96,7	81,7	141,8	6,9	78,9	166,0
	100	101,9	84,0	144,8	6,9	86,3	204,5
	150	120,5	98,9	151,1	8,1	91,1	226,8
	\bar{x}	99,2	84,5	138,7	6,9	81,0	184,7
750	0	77,2	75,0	116,3	5,8	71,3	142,2
	50	99,9	78,0	140,6	6,7	79,4	184,4
	100	119,8	89,2	151,9	7,2	87,3	249,4
	150	138,9	118,2	158,6	7,1	94,0	318,7
	\bar{x}	109,0	90,1	141,8	6,7	83,0	223,7
NIR($\alpha=0,05$); efekt N LSD($\alpha=0,05$); N effect		10,8	8,6	17,3	r.n; n.s.	6,1	30,2
NIR($\alpha=0,05$); efekt osadu ściekowego LSD($\alpha=0,05$); sewage sludge effect		10,2	6,8	r.n; n.s.	r.n; n.s.	5,5	24,8

r.n.; n.s.— Różnice nieistotne; Non significant differences

Rozpatrując wariant wzbogacenia dawką 250 m³ osadów ściekowych na 1 ha odnotowano wzrost plonu zielonej masy, pod wpływem nawożenia trzema kolejnymi dawkami azotu wzrastał odpowiednio o: 24,3, 28,1 i 48,6% w stosunku do wariantu kontrolnego — 76,5 dt·ha⁻¹. Również w przypadku poziomu 500 m³ osadów ściekowych na 1 ha odnotowano wzrost plonu zielonki po wniesieniu kolejnych trzech azotu o: 24,3, 31,0 i 54,9% (kontrola 77,8 dt·ha⁻¹). Z poletek założonych na podłożu wapna poflotacyjnego wzbogaconych dawką 750 m³ osadu ściekowego na 1 ha zebrano

najobfitszy plon zielonej masy kostrzewy. Wzrost jej plonu pod wpływem kolejnych dawek azotu wynosił: 29,4, 55,2 i 79,9% w porównaniu do kontroli 77,2 dt·ha⁻¹. Niezależnie od wysokości nawożenia azotowego plon zielonej masy, który otrzymano z wariantu wzbogaconego najwyższą dawką osadu ściekowego był istotnie wyższy w porównaniu do uzyskanych z wariantu nawiezonego dawką najniższą (tab. 2). Uzyskane wyniki potwierdzają wcześniejsze rezultaty prac autora (Klimont i in., 2002; Klimont i Bulińska-Radomska, 2008, 2009), które wyraźnie wskazują na pozytywną reakcję kostrzewy trzcinowej na wzrost dawek nawożenia azotem. Jest to gatunek wyróżniający się dużą plastycznością w stosunku do warunków środowiska, rozwijający się zarówno na mokrych łąkach, jak również na stanowiskach suchych o miernej żyzności gleb (Góral, 2001).

Obsada roślin kostrzewy trzcinowej istotnie wzrosła pod wpływem średniej i najwyższej dawki a wysokość roślin pod wpływem każdej dawki nawożenia azotem na wszystkich trzech poziomach użyźnienia wapiennego podłoża osadem ściekowym w porównaniu do wariantu kontrolnego (tab. 2). Kostrzewa trzcinowa jest gatunkiem o bardzo silnym systemie korzeniowym, który pozwala jej wykorzystywać wodę i składniki pokarmowe z głębokich poziomów gleby.

W warunkach naturalnych zastosowany jako roślina rekultywacyjna wykorzystuje bardzo dobrze wniesione składniki pokarmowe w postaci w postaci nawozów naturalnych i osadów ściekowych (Góral, Sybilska, 2000; Góral, 2001). Liczba pędów generatywnych wykształconych przez rośliny kostrzewy trzcinowej zależała tylko od dawek azotu zastosowanych do jej nawożenia, a nie od ilości osadów ściekowych wnoszonych do podłoża. Natomiast liczba pędów generatywnych niewykształconych nie zmieniała się istotnie pod wpływem tych czynników (tab. 2). Wszystkie dawki azotu istotnie wpływały na wzrost liczby pędów generatywnych roślin kostrzewy na każdym z trzech poziomów wzbogacenia podłoża osadem ściekowym (tab. 2). Należy zaznaczyć, że kostrzewa trzcinowa jest gatunkiem o wyraźnej dominacji pędów generatywnych nad wegetatywnymi (Sawicki, Jagiełło, 1997). Niezależnie od lat badań najwyższe i średnie dawki azotu na każdym poziomie wzbogacenia podłoża osadami ścieków komunalnych istotnie wpływały na wzrost obsady roślin, a wysokie warianty nawożenia azotowego na liczbę wykształconych pędów i wysokość roślin, co skutkowało istotnym przyrostem zielonej masy. Osady ściekowe wnoszone do wapna poflotacyjnego w trzech zróżnicowanych dawkach oddziaływały mniej wyraźnie niż nawożenie azotowe na wartość badanych cech w porównaniu do wyników wcześniejszych obserwacji (Klimont i Bulińska-Radomska, 2008, 2009). Efekty oddziaływania zastosowanych przed kilkunastoma laty osadów ściekowych na wzrost i rozwój porastającej je roślinności stają się z roku na rok coraz mniej widoczne, chociaż aplikując osady do podłoża, wniesiono ogromne ilości materii organicznej i składników pokarmowych.

Wprowadzając do podłoża dawkę 250 m³·ha⁻¹ osadu ściekowego wniesiono około 25 dt N, 5,3 dt P, 3,4 dt Ca i 0,75 dt Mg oraz prawie 53 dt substancji organicznej (Klimont i in., 2002). Dwukrotna i trzykrotna dawka osadu ściekowego zwielokrotniła przedstawione ilości materii organicznej i składników pokarmowych wnoszonych do podłoża. Inne wyniki autora (Klimont i in., 2002; Klimont, 2007; Klimont, Bulińska-Radomska 2008,

2009) i Martyna i in. (2001) oraz Siuta (2004) wskazują, że wapno poflotacyjne zastosowane do rekultywacji technicznej terenów poeksploatacyjnych siarki, a następnie użyźnione osadem ściekowym tworzy wraz z porastającą roślinnością (rekultywacja biologiczna) sprzyjające warunki do inicjacji procesów glebotwórczych, zmierzających do tworzenia substancji organicznej, wzrasta także zawartość przyswajalnych form P, K i Mg w podłożu. Kostrzewa trzcinowa jest gatunkiem przydatnym do rekultywacji gruntów bezglebowych ze względu na duże zdolności przystosowawcze do środowiska, bardzo silny system korzeniowy, małe wymagania pokarmowe oraz odporność na suszę i twarde, nieprzyjazne podłoże. Cechy te sprawiają, że zdolna jest do tworzenia trwałej runi bez wyraźnych objawów degradacji, na skłonny do zasychania i tworzenia twardej popękanej skorupy (szczególnie podczas letnich upałów) terenie poeksploatacyjnym Kopalni Siarki „Jeziorko” pokrytym wapnem poflotacyjnym (Klimont, Bulińska-Radomska, 2008, 2009). Zastosowana w doświadczeniu kostrzewa trzcinowa odmiana Rahela wyróżniała się najlepszą zdolnością do zadarniania powierzchni spośród innych form tego gatunku, co jest bardzo ważną cechą przy doborze roślin przydatnych do rekultywacji (Kochanowska-Bukowska, Łyszczarz, 1997).

Wszystkie dawki azotu wpływały istotnie na przyrost wysokości roślin topinamburu na podłożu wzbogaconym najwyższą dawką osadów, natomiast dawki średnia i najwyższa oddziaływały podobnie na wartość tej cechy roślin rosnących na podłożu użyźnionym dawką najniższą i średnią (tab. 2). Wysokość roślin była różnicowana i wahała się od 140,5 do 318,7 cm i wzrastała wraz ze zwiększaniem ilości osadu wzbogacającego podłoże i wysokością dawek azotu. Uzyskane rezultaty korespondują z doniesieniami Górala (1996, 1999) stwierdzającymi, że topinambur jest gatunkiem wykazującym duże zapotrzebowanie na azot. Z kolei Kołodziej i in. (2010) informuje, że na glebie mineralnej największą biomasę części nadziemnych i bulw uzyskano z obiektów nawożonych dawkami $150 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ osadu, zaś ze wzrostem nawożenia notowano stały spadek plonów topinamburu. Niezależnie od dawek azotu, rośliny topinamburu rosnące na podłożu wzbogaconym najwyższą dawką ($750 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) osadu ściekowego były istotnie wyższe od tych porastających podłoże użyźnione dawką najniższą ($250 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$; tab. 2). Wcześniejsze badania (Klimont i in., 2002; Klimont, Bulińska-Radomska 2008, 2009) wskazują, że topinambur 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.

Najwyższe plony zielonej masy, najwyższą obsadę roślin i liczbę wykształconych pędów generatywnych kostrzewy trzcinowej oraz wysokość roślin topinamburu odnotowano w ciepłym i obfitym w opady (szczególnie w okresie letnim) 2011 roku. Nieco mniej korzystne warunki do wegetacji roślin odnotowano w 2010 roku, a zdecydowanie najgorsze w 2009 roku ze względu na chłodną wiosnę, upalne lato i niedostatek oraz niekorzystny rozkład opadów w całym okresie wegetacji (tab. 3). Może to świadczyć o tym, że ilość wody w podłożu wapna poflotacyjnego stanowi główny czynnik wpływający na wzrost i rozwój oraz plon uprawianych na nim gatunków roślin.

Tabela 3

Zróźnicowanie plonu zielonej masy, obsady, liczby pędów generatywnych wykształconych i niewykształconych oraz wysokości roślin kostrzewy trzcinowej i wysokości roślin topinamburu w zależności od roku zbioru (2009–2011)

Differences in yield of green mass, plant density, number of generative shoots (developed and undeveloped) and height of plants of Tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and plant height of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) depending on year of harvest (2009–2011)

Lata Years	Kostrzewa trzcinowa (<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.) Tall fescue					Topinambur Jerusalem artichoke (<i>Helianthus tuberosus</i> L.)
	plon yield (dt·ha ⁻¹)	liczba roślin number of plants (no./m ²)	liczba pędów generatywnych number of shoots		wysokość roślin height of plants (cm)	wysokość roślin height of plants (cm)
			wykształconych developed	niewykształconych undeveloped		
2009	95,3	81,6	135,8	7,5	79,1	168,1
2010	103,8	87,6	139,2	6,5	79,6	194,0
2011	104,9	88,4	140,6	6,9	81,6	216,0
NIR($\alpha = 0,05$)	8,2	5,8	3,2	r.n; n.s.	r.n; n.s.	21,1
LSD($\alpha = 0,05$)						

r.n.; n.s.— Różnice nieistotne; Non significant differences

WNIOSKI

1. Na wszystkich poziomach wzbogacenia podłoża osadami ściekowymi wzrastał plon zielonej masy kostrzewy trzcinowej nawożonej wzrastającymi dawkami azotu.
2. Pod wpływem średniej i najwyższej dawki azotu wzrosła istotnie obsada roślin kostrzewy trzcinowej, a liczba wykształconych pędów generatywnych i wysokość roślin pod wpływem każdej dawki nawożenia azotem na wszystkich trzech poziomach wzbogacenia wapna osadem ściekowym w stosunku do wariantu kontrolnego.
3. Średnie i najwyższe dawki azotu istotnie wpływały na przyrost wysokości roślin topinamburu na najniższym i średnim poziomie wzbogacenia gruntu wapiennego osadem ściekowym, natomiast wszystkie dawki tego składnika stymulowały wysokość tego gatunku na wszystkich wariantach użyźniania osadem.
4. Niezależnie od poziomu nawożenia azotem, wzbogacenie podłoża najwyższą dawką osadów ściekowych istotnie wpłynęło na plon zielonki, obsadę i wysokość roślin kostrzewy trzcinowej oraz wysokość roślin topinamburu w odniesieniu do najniższej dawki osadu.
5. Warunki pogodowe wpływały istotnie na wartość ocenianych cech obydwu gatunków roślin, a głównym czynnikiem wpływającym na ich wzrost i rozwój była ilość wody w wapiennym podłożu.

LITERATURA

- Dulewski I., Wtorek L. 2000. Problemy przywracania wartości użytkowych gruntom zdewastowanym działalnością górnictwem. Inżynieria Ekologiczna 1, PTIE Baranów Sandomierski: 14 — 22.
- Gołda T. 2007. Wykorzystanie szlamów poflotacyjnych rudy siarkowej do rekultywacji terenów poeksploatacyjnych w górnictwie otworowym siarki. Inżynieria Ekologiczna 19, PTIE, Warszawa: 79 — 88.
- 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. 1999. Słonecznik bulwiasty — topinambur, uprawa i użytkowanie. IHAR Radzików: 22 ss.
- 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 Kopalni Siarki „Jeziórko”. Inżynieria Ekologiczna 1, PTIE Baranów Sandomierski: 27 — 30.
- Kalinowska A. 1994. Ekologia — wybór przyszłości. Editions „Spotkania”, Warszawa: 375 ss.
- 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. 2008. Przydatność wybranych gatunków roślin do rekultywacji podłoża wapna poflotacyjnego w różnych warunkach agrotechnicznych. Problemy Inżynierii Rolniczej 1: 99 — 108.
- Klimont K., Bulińska-Radomska Z. 2009. Przydatność wybranych gatunków roślin do rekultywacji glebotwórczego gruntu z wapna poflotacyjnego. Biul. IHAR 252: 293 — 300.
- 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.
- Kochanowska-Bukowska Z., Łyszczarz R. 1997. Ocena gospodarcza odmian i rodów *Festuca arundinacea* Schreb., *Festuca rubra* L. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 451: 197 — 204.
- Kołodziej B., Wiśniewski J., Bielińska E. 2010. Wpływ stosowania osadu ściekowego w uprawie topinamburu na cele energetyczne. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 556: 407 — 413.
- Martyn W., Buczek Z., Jońca M., Sowińska J. 2001. Zastosowanie osadów ściekowych w rekultywacji terenów pogórnictwa w Kopalni Siarki „Jeziórko”. Inżynieria Ekologiczna 3, PTIE: 99 — 105.
- Sawicki B., Jagiełło J. 1997. Charakterystyka plonowania ekotypów *Dactylis glomerata* L., *Festuca arundinacea* Schreb., *Poa pratensis* L. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 451: 241 — 246.
- Siuta J. 2001. Rekultywacja gruntów w górnictwie siarkowym. Inżynieria Ekologiczna 3, PTIE Bydgoszcz: 192 — 198.
- Siuta J. 2004. Uwarunkowania i sposoby przyrodniczego użytkowania osadów ściekowych. Inżynieria Ekologiczna 9, PTIE Warszawa: 7 — 42.
- 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.
- Żukowski B. 2005. Stan rozpoznania potrzeb rekultywacji gruntów w Polsce. Inżynieria Ekologiczna 10, PTIE Warszawa: 7 — 16.