

Andrzej GREGORCZYK, Jacek WERESZCZAKA, Sławomir STANKOWSKI

WYKORZYSTANIE BIOMASY RDESTOWCA OSTROKOŃCZYSTEGO (*POLYGONUM CUSPIDATUM* SIEBOLD & ZUCC.) DO CELÓW ENERGETYCZNYCH

UTILISATION OF BIOMASS OF JAPANESE KNOTWEED (*POLYGONUM CUSPIDATUM* SIEBOLD & ZUCC.) FOR ENERGY PURPOSES

Katedra Agronomii, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Papieża Pawła VI nr 3, 71-459 Szczecin, e-mail: andrzej.gregorczyk@zut.edu.pl

Abstract. In the field experiment conducted in 2006–2008 years, the influence of harvest number (one or two) and levels of nitrogen initial fertilization: (25, 50, 75, 100 kg N · ha⁻¹) on dry matter, calorific value, and ash of the Japanese knotweed plants was estimated. The energetic effectiveness index was calculated, also. Application of initial nitrogen doses had no significant effect on final dry matter yields of plants. Planning multi-year utilization of knotweed as a renewable source of energy one harvest during autumn- winter time seemed to be best. High biomass yields of Japanese knotweed (mean 9.84 t · ha⁻¹) and great calorific value (16–17 MJ · kg⁻¹), indicate that is a possibility for utilization this plant as an energetic plant ($E_e = 8.27$).

Słowa kluczowe: biomasa, efektywność energetyczna, rdestowiec ostrokończysty, wartość opałowa.
Key words: biomass, calorific value, energetic effectiveness, Japanese knotweed.

WSTĘP

W Polsce udział odnawialnych źródeł energii sięga około 1,5% zużycia paliw kopalnych. Główne zasoby to hydroenergetyka oraz drewno opałowe wraz z odpadami organicznymi, a także energia wiatru, energia słoneczna czy energia geotermalna. Zasoby niekonwencjonalnych źródeł energii w kraju są bardzo duże, jednak istnieje wiele barier ograniczających ich wykorzystanie. Szacuje się, że do 2020 roku, przy odpowiednich warunkach oraz wsparciu ze strony państwa, udział energii odnawialnej kształtował się będzie w bilansie energetycznym kraju na poziomie około 15% (Szeptycki i Wójcicki 2003). W przyszłości energetyka odnawialna może stać się skutecznym uzupełnieniem systemów energetycznych, opierających się na paliwach kopalnych. Struktura zużycia paliw w Polsce jest bardzo specyficzna, ponieważ opiera się w 80% na spalaniu węgla kamiennego (Kalinowska 1994), z którego powstają duże ilości odpadów, gromadzonych na składowiskach. Największym potencjalnym źródłem energii odnawialnej w Polsce jest biomasa (Ciechanowicz 1994, Denisiuk 2006).

W Polsce największe znaczenie spośród roślin energetycznych ma wierzba wiciowa (Szczukowski i in. 2006, Piskier 2009). O przydatności roślin do intensywnej uprawy na cele energetyczne decyduje sprawność energetyczna uprawy, czyli stosunek energii zawartej w biomase do energii potrzebnej do jej wytworzenia. Pożądane cechy roślin energetycznych to przede wszystkim wysoka wydajność przy niskim poziomie energochłonności uprawy, niska zawartość zanieczyszczeń i składników odżywczych, odporność na szkodniki oraz małe zapotrzebowanie nawozowe.

Oprócz likwidacji lub zmniejszenia natężenia czynników degradujących środowisko, o skuteczności uprawy roślin energetycznych decyduje dobór odpowiednich gatunków. Majtkowski i inni (1996) twierdzą, że szczególnie przydatne do tych celów są gatunki wieloletnie. Według tych autorów pełnią one rolę roślin pionierskich, inicjują procesy glebotwórcze, ograniczają wypłukiwanie składników z gleby do wód gruntowych. Ponadto gatunki te umożliwiają późniejszą sukcesję drzew i krzewów.

Listę gatunków roślin uprawianych w tym celu można ewentualnie powiększyć o rdest ostrokończysty (Gregorczyk i in. 2009a, 2009b). Rdestowiec ostrokończysty (*Polygonum cuspidatum* Siebold & Zucc., *Reynoutria japonica* Houtt., *Fallopia japonica* (Houtt. Ronse Decr.) jest byliną bardzo ekspansywną, ciepłolubną, wytwarzającą pędy dorastające do 2,5–3 m wysokości. Posiada łodygi barwy szarej, często czerwono zabarwione, w górze rozgałęzione. Liście ma krótkoogonkowe, szeroko jajowate, osiągające nawet do 13 cm długości i do 10 cm szerokości i zawierające do 27% białka w suchej masie oraz 16% włókna. W samych łodygach znajduje się do 51% włókna. Rdest kwitnie od sierpnia do września, posiada kwiaty barwy białej. Jest gatunkiem sprowadzonym do Europy w 1825 roku z Azji jako roślina ozdobna (Smith i in. 2007).

Celem pracy była ocena wykorzystania rdestu ostrokończystego jako rośliny energetycznej, w warunkach zróżnicowanej agrotechniki.

MATERIAŁ I METODY

W 2004 roku w Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Lipniku, koło Stargardu Szczecińskiego, na glebie brunatnej, lekkiej założono doświadczenie poletkowe. Dwuczynnikowe doświadczenie założono metodą kompletnej randomizacji, w trzech powtórzeniach. Rośliny rosły w kręgach betonowych, a powierzchnia pojedynczego poletka wynosiła 0,8 m². Badanymi czynnikami były: czynnik I – liczba pokosów: jeden pokos (w listopadzie); dwa pokosy (w sierpniu i listopadzie); czynnik II – jednorazowe, na początku eksperymentu, nawożenie azotem – w dawkach: 25, 50, 75, 100 kg N · ha⁻¹. Eksperyment trwał w latach 2006–2008. Powietrznie suchą biomasę określono metodą wagową po wysuszeniu roślin w temperaturze 60°C. Zawartość popiołu oznaczono metodą wagową przez wyprażenie w piecu muflowym w temperaturze 550°C, natomiast ciepło spalania wraz z wyliczeniem

wartości opałowej wg normy PN-81/G-04513. Dla poszczególnych obiektów doświadczenia obliczono wskaźnik efektywności energetycznej (E_e) uprawy rdestu jako iloraz energii zawartej w plonie biomasy do energii skumulowanej (związanej z agrotechniką) – Anuszewski i in. (1979). Opracowanie syntezy wyników badań dla plonu biomasy, zawartości azotu, zawartości popiołu i wartości opałowej oparto na analizie wariancji doświadczeń wielokrotnych powielanych w latach. Zastosowano adekwatny dla krótkiego cyklu badań model „łączonych nieścistości”, w którym czynniki są stałe, a lata są traktowane jako czynnik częściowo losowy. Jednorodność wariancji weryfikowano testem Levena i stwierdzono stałość wariancji w latach. Istotność różnic między średnimi testowano wg procedury Tukeya na poziomie istotności 0,05. Ze względu na brak interakcji z latami, w opracowaniu przedstawiono wartości średnie z całego cyklu eksperymentu.

WYNIKI I DYSKUSJA

W 2006 i 2007 roku wariant z dwukrotnym zbiorem roślin pozwalał na zbiór większego plonu powietrznie suchej masy rdestu (różnice statystycznie istotne) niż zbiór jednorazowy. Natomiast w 2008 roku znacznie większy plon suchej masy uzyskano z obiektów koszonych jednorazowo w terminie jesiennym. Może to świadczyć o wyczerpaniu potencjału plonotwórczego rdestu w miarę wzrostu liczby pokosów. Zastosowane dawki jednokrotnego nawożenia azotem nie miały statystycznie istotnego wpływu na końcowe plony suchej masy rdestowca ostrokończystego (tab. 1).

Tabela 1. Sucha masa ogółem ($t \cdot ha^{-1}$) rdestowca ostrokończystego w zależności od liczby pokosów (P) i wariantu nawożenia azotowego (N) – średnia z lat 2006–2008

Table 1. Total dry matter ($t \cdot ha^{-1}$) of Japanese knotweed depending on the harvest number (P) and the fertilization variant (N) – mean from 2006–2008 years

Liczba pokosów Number of harvest	Wariant nawozowy – Fertilization variant ($kg N \cdot ha^{-1}$)				Średnia Mean
	25	50	75	100	
Jeden One	10,45	10,23	9,17	11,01	10,22
Dwa Two	9,67	9,08	10,20	8,97	9,48
Średnia Mean	10,06	9,65	9,68	9,99	9,84

NIR_{0,05} dla: P – r.n., N – r.n., P(N) – r.n., N(P) – r.n.

LSD_{0,05} for: P – n.s., N – n.s., P(N) n.s., N(P) – n.s.

Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w wartościach opałowych biomasy rdestu w zależności od liczby pokosów i wariantu nawozowego (tab. 2). Podobne tendencje występowały także w poszczególnych latach doświadczenia.

Tabela 2. Wartość opałowa ($\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) rdestowca ostrokończystego w zależności od liczby pokosów (P) i wariantu nawożenia azotowego (N) – średnia z lat 2006–2008

Table 2. Calorific value ($\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) of Japanese knotweed depending on the harvest number (P) and the fertilization variant (N) – mean from 2006–2008 years

Liczba pokosów Number of harvest	Wariant nawozowy – Fertilization variant ($\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$)				Średnia Mean
	25	50	75	100	
Jeden One	16,84	16,99	16,96	16,93	16,93
Dwa Two	16,24	15,63	15,91	16,41	16,05
Średnia Mean	16,54	16,31	16,43	16,67	16,49

$\text{NIR}_{0,05}$ dla: P – r.n., N – r.n., P(N) – r.n., N(P) – r.n.

$\text{LSD}_{0,05}$ for: P – n.s., N – n.s., P(N) – n.s., N(P) – n.s.

Znacznie większą zawartością popiołu powstałego ze spalania biomasy rdestu charakteryzowały się rośliny koszone dwukrotnie (tab. 3). Średnio spalanie roślin z obiektów N50 i N75 powodowało uzyskanie większej zawartości popiołu niż spalanie rdestu z obiektu nawożonego dawką $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Tabela 3. Zawartość popiołu (%) ze spalania rdestowca ostrokończystego w zależności od liczby pokosów (P) i wariantu nawożenia azotowego (N) – średnia z lat 2006–2008

Table 3. Ash content (%) of Japanese knotweed depending on the harvest number (P) and the fertilization variant (N) – mean from 2006–2008 years

Liczba pokosów Number of harvest	Wariant nawozowy – Fertilization variant ($\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$)				Średnia Mean
	25	50	75	100	
Jeden	3,92	3,52	3,87	3,54	3,17
Dwa	5,87	8,13	6,91	5,31	6,55
Średnia Mean	4,89	5,83	5,39	4,42	5,13

$\text{NIR}_{0,05}$ dla: P – 0,75, N – 1,33, P(N) – 0,71, N(P) – 1,89.

$\text{LSD}_{0,05}$ for: P – 0,75, N – 1,33, P(N) – 0,71, N(P) – 1,89.

Uzyskane wyniki efektywności energetycznej uprawy zestawiono w tabeli 4. Największą efektywność energetyczną uprawy rdestu ($E_e = 9,93$) stwierdzono na obiekcie zbieranym dwukrotnie, przy nawożeniu startowym 25 kg N na hektar.

Niezależnie od nawożenia azotowego, większą efektywność energetyczną produkcji biomasy uzyskano na obiektach zbieranych dwukrotnie ($E_e = 8,65$), a nieznacznie mniejszą na obiektach zbieranych jednorazowo ($E_e = 7,89$). Niezależnie od liczby pokosów,

efektywność energetyczna uprawy biomasy malała wraz ze wzrostem nawożenia azotowego. Największą efektywność stwierdzono na obiekcie nawożonym azotem w dawce startowej równej 25 kg N na hektar i wyniosła ona $E_e = 9,55$.

Tabela 4. Efektywność energetyczna (E_e) rdestowca ostrokończystego w zależności od liczby pokosów (P) i wariantu nawożenia azotowego – średnia z lat 2006–2008

Table 4. Energetic effectiveness (E_e) of Japanese knotweed depending on the harvest number (P) and the fertilization variant (N) – mean from 2006–2008 years

Liczba pokosów Number of harvest	Wariant nawozowy Fertilization variant (kg N · ha ⁻¹)	Energia – Energy (GJ · ha ⁻¹)				E_e
		nawożenia fertilization	zbioru harvest	skumulowana accumulated	plonu yield	
Jeden One	25	1,925	3,200	19,190	176,00	9,17
	50	3,850	3,200	21,115	173,78	8,23
	75	5,775	3,200	23,040	154,39	6,70
	100	7,700	3,200	24,965	186,15	7,45
Dwa Two	25	1,925	6,400	22,390	222,30	9,93
	50	3,850	6,400	24,315	210,18	8,64
	75	5,775	6,400	26,240	233,50	8,90
	100	7,700	6,400	28,165	201,23	7,14

Na podstawie zebranych plonów powietrznie suchej masy – w trzyletnich badaniach polowych – można stwierdzić, że w początkowych latach uprawy rdestu większy plon biomasy można uzyskać, stosując dwa pokosy w sezonie wegetacyjnym. W ostatnim roku doświadczenia polowego uzyskano odmienne wyniki: większe plony – niezależnie od nawożenia startowego – uzyskano na obiektach zbieranych jednorazowo, co świadczyć może o ujemnej reakcji rdestu na wielokrotny zbiór biomasy w czasie jednego okresu wegetacji.

Reakcja roślin rdestu na zastosowane poziomy nawożenia azotowego świadczy o ich małych wymaganiach glebowych i nawozowych. Bilans energetyczny uprawy rdestowca ostrokończystego i uzyskany średni wskaźnik efektywności energetycznej (8,27), w porównaniu z rzepakiem ozimym (3,53), pszenicą ozimą (3,56), jęczmieniem jarym (3,50) czy burakiem cukrowym (3,56) jest – średnio – dwukrotnie większy (Budzyński i Bielski 2004). Otrzymane wyniki potwierdzają doniesienia innych autorów (Majtkowski i in. 1996), opisujących wysoką efektywność roślin rdestu w uprawach energetycznych oraz jego wykorzystanie do celów rekultywacyjnych ze względu na małe wymagania, nawet w skrajnie trudnych warunkach siedliskowych. Należy jednak uwzględnić, że rdestowiec zaliczany jest w Europie do groźnych gatunków inwazyjnych (Horska-Schwarz i Spałek. 2010, Sheppard i in. 2006). W przypadku uprawy rdestowca ostrokończystego na gruntach rekultywowanych, można rekomendować tę roślinę jako pionierską. Niezależnie od liczby pokosów, minimalne nakłady związane z nawożeniem azotowym, przy zalecanej obsadzie 12,5 tys. roślin na jeden hektar, pozwalają osiągnąć największą efektywność uprawy i całkowite pokrycie powierzchni rekultywowanych gruntów.

WNIOSKI

1. Zastosowane dawki jednorazowego nawożenia azotem nie miały istotnego wpływu na końcowe plony suchej masy rdestowca ostrokończego.
2. Mając na uwadze wieloletnie użytkowanie plantacji rdestowca, jako odnawialnego źródła energii, zalecać można jednorazowy zbiór w okresie jesienno-zimowym.
3. Duże plony biomasy rdestowca ostrokończego i jego znaczna wartość opałowa pozwalają stwierdzić, że istnieje możliwość wykorzystania go jako rośliny energetycznej.

PIŚMIENNICTWO

- Anuszewski R., Pawlak J., Wójcicki Z.** 1979. Energochłonność produkcji rolniczej. Metodyka badań energochłonności produkcji surowców żywnościowych. IBMER Warszawa.
- Budziński W., Bielski S.** 2004. Surowce energetyczne pochodzenia roślinnego. Cz. II. Biomasa jako paliwo stałe. Acta Sci. Pol. Agricultura 3 (2), 15–26.
- Denisiuk W.** 2006. Produkcja roślinna jako źródło surowców energetycznych. Inż. Rol. 5, 123–131.
- Gregorczyk A., Fiejtek A., Wereszczaka J.** 2009a. Kinetics of growth of Japanese knotweed (*Polygonum cuspidatum* Siebold & Zucc.). Coll. Biom. 39, 127–135.
- Gregorczyk A., Wereszczaka J., Szczukowski S.** 2009b. Wpływ zabiegów agrotechnicznych na wzrost, plon i wartość opałową rdestu ostrokończego (*Polygonum cuspidatum* Siebold & Zucc.). Mater. konferencji naukowej nt. Rośliny energetyczne i alternatywne. Mrzeżyno 29 czerwca –1 lipca 2009. Wydaw. Katedra Agronomii ZUT w Szczecinie, Szczecin, 36–38.
- Ciechanowicz W.** 1994. Potencjalne możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii w rolnictwie. IBS, PAN. Olsztyn
- Horska-Schwarz S., Spałek K.** 2010. The evolution of the Oder Valley in terms of fluvial processes and anthropogenic changes. The Problems of Landscape Ecology vol. XXVIII: 229–240.
- Kalinowska A.** 1994. Ekologia – wybór przyszłości. Warszawa, Editions „Spotkania”
- Majtkowski W., Podyma W., Góral S.** 1996. Gatunki roślin do rekultywacji terenów zdegradowanych przez przemysł i gospodarkę komunalną. Nowe rośliny uprawne na cele spożywcze, przemysłowe i jako odnawialne źródła energii. Wydaw. SGGW Warszawa, 136–148.
- Piskier T.** 2009. Efektywność energetyczna uprawy wierzby w różnych warunkach glebowych. Inż. Rol. 2, 215–220.
- Polska norma PN-81/G-04513.**
- Sheppard A.W., Shaw R.H., Sforza R.** 2006. Top 20 environmental weeds for classical biological control in Europe: a review of opportunities, regulations and other barriers to adoption. Weed Res. 46, 93–117.
- Smith J.M.D., Ward J.P., Child L.E., Owen M.R.** 2007. A simulation model of rhizome networks for *Fallopia japonica* (Japanese knotweed) in the United Kingdom. Ecological modelling 200, 421–432.
- Szczukowski S., Kościak B., Kowalczyk-Juśko A., Tworowski J.** 2006. Uprawa i wykorzystanie roślin alternatywnych na cele energetyczne. Fragm. Agron. (XXIII), 3 (91), 300–315.
- Szeptycki A., Wójcicki Z.,** 2003. Postęp technologiczny i nakłady energetyczne w rolnictwie do 2020. Wydaw. PTiR Kraków, 1–96.