

WPŁYW INFEKCJI NASION RUTWICY WSCHODNIEJ (*Galega orientalis* Lam.) NA PLON SUCHEJ MASY I WARTOŚĆ ENERGETYCZNĄ

Stanisław Kalembasa, Barbara Symanowicz

Streszczenie. W latach 1995-1998 prowadzono badania polowe nad możliwością plonowania rutwicy wschodniej w warunkach środkowowschodniej części Polski w układzie doświadczalnym: bez infekcji bakteriami *Rhizobium galegae* oraz z jej uwzględnieniem. W ciągu roku wegetacyjnego zbierano dwa pokosy, a plon suchej masy (w t·ha⁻¹) w poszczególnych latach doświadczenia w obiekcie bez infekcji oraz z roślinami zainfekowanymi przedstawiał się odpowiednio: w 1995 – 1,9-3,4; 1996 – 4,8-15,4; 1997 – 6,4-10,2; 1998 – 8,3-11,8. Najwyższy plon suchej masy (15,4 t·ha⁻¹) uzyskano w drugim roku uprawy na obiektach z *Rhizobium galegae*. Biorąc pod uwagę plon suchej masy rutwicy wschodniej oraz jej wartość opałową, wynoszącą 17,8 MJ·kg⁻¹ powietrznie suchej masy, roślina ta może być wykorzystywana jako źródło energii.

Słowa kluczowe: rutwica wschodnia, *Rhizobium galegae*, plon, wartość energetyczna

WSTĘP

Rozwój industrializacji i urbanizacji państw spowodował gwałtowne zużycie dużych ilości energii i wzrost jej zapotrzebowania. Źródłem energii były i nadal w głównej mierze są paliwa kopalne. Zmniejszenie zasobów naturalnych paliw kopalnych, jak również ograniczenia emisji zanieczyszczeń powietrza, związane z ochroną środowiska, spowodowały konieczność poszukiwania innych źródeł energii, o mniejszej emisji zanieczyszczeń oraz możliwości wielokrotnego, cyklicznego wykorzystania produkcji materiałów energonośnych. Okazało się, że oprócz wykorzystania bezpośredniej energii słonecznej, energii wiatru czy wody, duże możliwości pozyskiwania energii tkwią w biomacie roślinnej uprawianej na gruntach ornych [Kalembasa i Symanowicz 2001]. Wśród wielu roślin energetycznych [Nalborczyk 1999] cennym surowcem do pozyskiwania energii może być rutwica wschodnia, dotychczas traktowana wyłącznie jako źródło paszy [Ignaczak 1999]. Roślina ta plonuje dobrze w zróżnicowanych warunkach siedliska [Varis 1986, Mõmmsalu 1993, Ignaczak 1997].

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe prowadzono w latach 1995-1998 w obiekcie szklarniowym Akademii Podlaskiej w Siedlcach na glebie kulturoziemnej – hortisolu, która zawierała: $11,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ węgla w związkach organicznych, $0,1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ azotu całkowitego; pH w 1 mol $\text{KCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ – 6,6.

Zasobność gleby w przyswajalne formy fosforu i potasu (obliczona według metody Egnera-Rhiema) była wysoka ($80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ P i $140 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ K), a magnezu – określona metodą Schachtschabela – średnia ($50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Mg).

Czynnikami doświadczenia założonego w układzie całkowicie losowym w pięciu powtórzeniach były:

- I – infekcja skaryfikowanych nasion rutwicy:
 - a) siew nasion bez szczepu *Rhizobium galegae*,
 - b) siew nasion zainfekowanych szczepem bakterii *Rhizobium galegae*;
- II – lata prowadzenia doświadczenia:
 - a) 1995,
 - b) 1996,
 - c) 1997,
 - d) 1998.

Siew nasion rutwicy wschodniej wykonano w maju 1995 roku w ilości $24 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ na głębokość 2-3 cm, w rzędy co 12-15 cm. W czasie wegetacji prowadzono zabiegi pielęgnacyjne związane z niszczeniem chwastów oraz utrzymywano optymalną wilgotność (deszczowanie).

Podczas zbioru zielonej masy rutwicy (jeden pokos w 1995 r., po dwa pokosy w latach 1996, 1997 i 1998) oznaczono plon suchej masy oraz wartość energetyczną, którą określono zgodnie z Polską Normą PN-81/G-04513, wyznaczając ciepło spalania w stanie analitycznym (Q^a_s).

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie wykorzystując analizę wariancji, a różnice graniczne oszacowano według testu Tukeya przy poziomie istotności $p = 0,05$.

Ze względu na wysoką zawartość azotu, fosforu i potasu w glebie przed założeniem doświadczenia nie stosowano dodatkowego nawożenia fosforowo-potasowego.

WYNIKI

Dane dotyczące opadów i temperatury powietrza w sezonie wegetacyjnym w latach prowadzenia doświadczenia podano w tabeli 1.

Warunki termiczno-opadowe były wyraźnie zmienne i różniły się od średnich wieloletnich. Szczególnie zróżnicowane były dane dotyczące rozkładu opadów w poszczególnych latach, a także miesiącach okresu wegetacyjnego. Odbiegały one znacznie od sum miesięcznych, wieloletnich i miały zdecydowanie niekorzystny wpływ na kiełkowanie nasion rutwicy w latach 1994/1995. Również niskie temperatury w maju 1994 i 1995 roku ($10,0$ - $12,3^\circ\text{C}$) opóźniły kiełkowanie nasion.

Plon suchej masy rutwicy wschodniej był istotnie zróżnicowany w zależności od badanych czynników (tab. 2). Blisko dwukrotne zwiększenie plonu suchej masy (średnie z lat prowadzenia doświadczenia) stwierdzono pod wpływem infekcji rutwicy przez

Rhizobium galega, również w poszczególnych latach badań infekcja wpłynęła istotnie na przyrost plonu suchej masy.

Tabela 1. Opady atmosferyczne i temperatura powietrza w latach 1995-1998; dane z punktu pomiarowego w Siedlcach

Table 1. Rainfall and air temperature over 1995-1998 recorded by the Siedlce record-taking station

Rok – Year	Miesiąc – Month					Suma lub średnia Sum or mean
	Maj May	Czerwiec June	Lipiec July	Sierpień August	Wrzesień September	
Miesięczna suma opadów – Monthly rainfall, mm						
1995	23,0	101,0	48,8	52,7	112,0	337,5
1996	98,0	65,5	49,7	55,9	91,0	360,1
1997	50,0	32,0	182,0	33,0	24,0	321,0
1998	63,0	109,0	40,5	100,0	35,9	348,4
Suma miesięczna wieloletnia Multi-year monthly rainfall	50,0	68,2	45,7	66,8	60,7	291,4
Średnia miesięczna temperatura – Mean monthly temperature, °C						
1995	12,3	17,1	19,4	17,7	13,2	15,9
1996	15,4	16,2	20,3	18,3	10,1	16,0
1997	13,5	16,5	17,6	18,1	12,8	15,7
1998	14,0	17,3	17,4	16,0	12,9	15,5
Średnia wieloletnia Multi-year mean	10,0	16,1	19,3	18,0	13,0	15,3

Interesująco kształtował się plon suchej masy rutwicy w poszczególnych pokosach i latach. Na obiektach bez infekcji *Rhizobium galegae* plon ten ulegał zwiększeniu w miarę przedłużenia uprawy, a udział poszczególnych pokosów w plonie całkowitym był bardzo zbliżony i w I pokosie stanowił 51,8%. W serii z infekcją *Rhizobium* plon był zróżnicowany w poszczególnych latach bez wyraźnej tendencji jego zwiększenia, a plon pokosu stanowił 56,7% plonu całkowitego.

Rutwica wschodnia jako roślina wieloletnia może być uprawiana od 8 do 15 lat. W ciągu sezonu wegetacyjnego produkuje dużą ilość zielonej masy, przy czym zbiór I pokosu przypada na wyjątkowo korzystne warunki termiczne (czerwiec). Zbiór II pokosu dokonuje się we wrześniu, gdy istnieje możliwość uzyskania rutwicy o wysokiej zawartości suchej masy.

System korzeniowy rutwicy gromadzi główną część korzeni w wierzchniej warstwie gleby i do obfitej produkcji suchej masy roślina ta wymaga dużej ilości wody i składników pokarmowych zawartych w glebie lub dostarczonych w formie nawozów. W plonie 10 ton suchej masy rutwicy wschodniej zawarte są następujące ilości składników pokarmowych roślin (w kg): N – 270, P – 30, K – 120, Ca – 230 i Mg – 30. Z powyższych danych wynika, że rutwica wymaga gleb o odczynie lekko kwaśnym zbliżonym do obojętnego.

Duże zapotrzebowanie na azot może być w znacznym stopniu pokryte z procesu biologicznej redukcji azotu cząsteczkowego, bowiem rutwica jest rośliną motylkową.

Jej nasiona mają bardzo twardą okrywę, która utrudnia kiełkowanie, co znacznie przedłuża okres wschodów i powoduje ich nierównomierność. Rutwica wysiewana wiosną wymaga dużej ilości wody do pełnych wschodów, po których wykazuje bardzo wolny przyrost masy i z tych powodów gleba w uprawach polowych winna być bardzo dobrze przygotowana pod względem agrotechnicznym.

Tabela 2. Plon suchej masy rutwicy wschodniej w latach prowadzenia doświadczenia i pokosach, t·ha⁻¹

Table 2. Goats rue dry-matter yield over the experiment years and cuts, t·ha⁻¹

Czynnik doświadczenia Experimental factor	Pokos – Cut	Rok – Year				Suma – Sum
		1995	1996	1997	1998	
Bez infekcji Without infection	I		2,2	3,4	4,5	–
	II	1,9	2,6	3,0	3,8	–
Suma – Sum		1,9	4,8	6,4	8,3	21,4
Z infekcją <i>Rhizobium</i> With <i>Rhizobium</i> infection	I		7,9	5,7	7,6	–
	II	3,4	7,5	4,5	4,2	–
Suma – Sum		3,4	15,4	10,2	11,8	40,8
Średnia dla lat – Mean for years		2,65	10,1	8,3	10,05	31,1
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} dla – for:						
infekcji – infection (A)		0,08				
lat – years (B)		0,15				
interakcji – interaction						
A x B		0,16				
B x A		0,22				

Wartość energetyczna 1 kg suchej masy rutwicy, określona według PN-81/G-04513, wyznaczająca ciepło spalania w stanie analitycznym, wynosiła 17,8 MJ.

Porównanie plonu rutwicy z jej wartością energetyczną w poszczególnych latach wskazuje, że w plonie powietrznie suchej masy zawarte były znaczne ilości energii (tab. 3).

Tabela 3. Ilość energii (GJ) zawarta w suchej masie rutwicy z powierzchni 1 ha

Table 3. Amount of energy (GJ) in the goats rue dry matter per 1 ha

Czynnik doświadczenia Experimental factor	Rok – Year				Suma – Sum
	1995	1996	1997	1998	
Bez infekcji Without infection	33,2	84,0	112,0	145,3	374,5
Z infekcją <i>Rhizobium</i> With <i>Rhizobium</i> infection	59,5	269,5	178,5	206,5	714,0

Ilość uzyskanej energii z 1 ha była wprost proporcjonalna do wysokości plonu suchej masy rutwicy (tab. 3). Sumaryczna ilość energii (w GJ·ha⁻¹) uzyskana po czterech latach prowadzenia doświadczenia była około 1,9 razy wyższa z obiektów, na których wysiewane nasiona były zainfekowane bakteriami *Rhizobium galegae*. Zależność ta kształtowała się na poziomie (1,79 – 3,21 – 1,59 – 1,42). Wartość 3,21:1 uzyskana w 1996 roku była efektem otrzymania bardzo wysokich plonów suchej masy rutwicy na obiektach, gdzie nasiona były infekowane *Rhizobium*.

Sumaryczna ilość energii zawarta w plonie rutwicy – w przeliczeniu na tony węgla kamiennego o wartości energetycznej $25 \text{ MJ} \cdot \text{t}^{-1}$ – wynosiła 15,0 i 28,6 ton.

DYSKUSJA

Uzyskane wyniki badań wskazują na duże zdolności adaptacyjne rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) do warunków Podlasia. Są one potwierdzeniem badań Ignaczaka i Wojciechowskiej [1992], pod warunkiem, że kiełkujące nasiona rutwicy mają dostateczną dużą ilość wody. Średnie plony suchej masy rutwicy, kształtujące się na poziomie $8,3\text{-}10,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (wyłączając pierwszy rok prowadzenia doświadczenia), były porównywalne z wynikami uzyskanymi przez Ignaczaka [1997, 1999], Sienkiewicza i innych [1999] oraz Raiga i Nymmsalu [1988]. Jednym z podstawowych warunków niezbędnych do uzyskania równomiernych i prawidłowych wschodów rutwicy, a tym samym wysokich plonów, była skaryfikacja nasion w przeprowadzonym doświadczeniu. Konieczność tego zabiegu potwierdzają w swoich badaniach Tworkowski i in. [1999].

Duże zainteresowanie alternatywnymi źródłami energii i ich poszukiwanie zarówno w świecie, jak i w Polsce skłoniły autorów do podjęcia badań nad rutwicą wschodnią. Kowalik i Wichowski [2003] wykazali, że najważniejszą zaletą biomasy i innych źródeł energii odnawialnej jest to, że nie powodują one tak dużej emisji SO_2 i NO_x , jak ma to miejsce przy spalaniu węgla kamiennego i ciężkiego oleju opałowego. Uzyskana w badaniach wartość energetyczna 1 kg suchej masy rutwicy, wynosząca 17,8 MJ, jest porównywalna z danymi dotyczącymi drewna topolowego ($18,7 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$), trzciny *Miscanthus* ($18,0 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$), słomy ($16,2 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$), kory ($19,5 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) oraz węgla brunatnego ($20,0 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) [Kalembasa i in. 2003]. Podobne wielkości wartości energetycznej podają w swojej pracy Kowalik i Wichowski [1998], wynoszą one: dla słomy pszennej – $17,3 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$, jęczmiennej – $16,1 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ i kukurydzianej – $16,8 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. Zarówno przedstawione wyniki badań własnych, jak i cytowane są znacznie niższe od wartości energetycznej węgla kamiennego – $32 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ i gazu ziemnego – $48 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ (dane Instytutu Technologii Aarhus [1992]).

WNIOSKI

1. W warunkach środkowowschodniej Polski wskazany jest równoczesny wysiew nasion rutwicy wschodniej z bakterią *Rhizobium galegae*.
2. Rutwica wschodnia stanowi źródło znaczącej ilości suchej masy, która może być wykorzystywana do celów energetycznych.

PIŚMIENICTWO

- Ignaczak S., 1997. Porównanie tradycyjnego i ekstensywnego systemu użytkowania rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.). Biul. Oceny Odmian 29, 143-148.
- Ignaczak S., 1999. Wartość zielonki z rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) jako surowca dla różnych form paszy. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 468, 145-157.
- Ignaczak S., Wojciechowska W., 1992. Rutwica wschodnia (*Galega orientalis* Lam.) nowa roślina motylkowa pastewna. Post Nauk Roln. 4, 21-32.

- Kalembasa S., Symanowicz B., 2001. Możliwości wykorzystania rutwicy wschodniej *Galega orientalis* Lam. do celów energetycznych. Mat. International Workshop Bioenergy for Rural Area Development, Warsaw.
- Kalembasa S., Symanowicz B., Kalembasa D., Malinowska E., 2003. Możliwości pozyskiwania i przeróbki biomasy z roślin szybko rosnących (energetycznych). Politech. Częstochowska, Konferencje 49, 358-366.
- Kowalik P., Wichowski K., 1998. Polskie przykłady wykorzystania słomy i drewna do celów grzewczych w skali osiedla wiejskiego. Informacja INSTAL 2, 23-32
- Kowalik P., Wichowski K., 2003. Przykłady wykorzystania biomasy do produkcji ciepła. Politech. Częstochowska, Konferencje 49, cz. 2, 345-357.
- Mõmmasalu W., 1993. The biochemical composition of goat's rue (*Galega orientalis* Lam.) variety 'Gale' depending on the developmental stage and the time of autumn cut. Abstract of Ph. D. thesis, Tartu, 27-52.
- Nalborczyk E., 1999. Rośliny alternatywne rolnictwa XXI wieku i perspektywy ich wykorzystania. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 468, 17-30.
- Varis E., 1986. Goat's rue (*Galega orientalis* Lam.) a potential pasture legume for temperate conditions. J. Agric. Sci. Finland 58, 83-101.
- Polska Norma PN-81/G-04513 – Wyznaczanie ciepła spalania w stanie analitycznym (Q^a_s). Polski Komitet Normalizacji i Miar.
- Raig H.A., Nymmsalu H.K., 1988. Kozłjatnik vostochnyj cennaja bobovaja kultura: osobenosti agrotechniki. Kormovyje Kultury 5, 35-37.
- Sienkiewicz S., Wojnowska T., Pilejczyk D., 1999. Plonowanie rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) oraz zawartość związków organicznych w zależności od zróżnicowanego nawożenia fosforowo-potasowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 468, 223-232.
- Straw for Energy Production. Technology-Environment-Economy, 1992. The centre of biomass Technology, Danish Technological Institute, Aarhus, Denmark, 46.
- Tworkowski J., Szczukowski S., Jakubik P., 1999. Skaryfikacja a wartość siewna nasion rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.). Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 468, 233- 240.

EFFECT OF THE INFECTION OF THE GOATS RUE (*Galega orientalis* Lam.) SEEDS ON THE DRY MATTER YIELD AND ENERGY VALUE

Abstract. Over 1995-1998 field experiments were carried out in the central-eastern Poland to define a Goat's rue (*Galega orientalis* Lam.) yielding potential with and without *Rhizobium* infection. Over a single vegetation year two cuts were harvested and the dry matter yields ($t \cdot ha^{-1}$) in respective experimental years from the non-infected and infected objects were as follows: in 1995 – 1.9-3.4; 1996 – 4.8-15.4; 1997 – 6.4-10.2; 1998 – 8.3- 11.8. The highest dry matter yield of $15.4 t \cdot ha^{-1}$ was recorded in the second *Galega* cultivation year with the *Rhizobium* infection. Considering the Goat's rue dry matter yield and its calorific value of $17.8 MJ \cdot kg^{-1}$ of air-dried matter, the plant can constitute a source of energy.

Key words: Goat's rue, *Rhizobium galegae*, yield, calorific value

Stanisław Kalembasa, Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej Akademii Podlaskiej w Siedlcach, ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce, e-mail: kalembasa@ap.siedlce.pl

Barbara Symanowicz, Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej Akademii Podlaskiej w Siedlcach, ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce