

**Barbara Symanowicz\*, Stanisław Kalembasa\***

**ZMIANY ZAWARTOŚCI NIKLU I CHROMU W BIOMASIE RUTWICY  
WSCHODNIEJ (*GALEGA ORIENTALIS* LAM.) W ZALEŻNOŚCI  
OD OKRESU TRWANIA UPRAWY I FAZY ROZWOJOWEJ**

**THE CHANGES IN NICKEL AND CHROMIUM CONTENT  
IN THE BIOMASS OF GOAT'S RUE (*GALEGA ORIENTALIS* LAM.)  
DEPENDING ON THE DURATION OF THE CULTIVATION  
AND DEVELOPMENT STAGE**

**Słowa kluczowe:** rutwica wschodnia (*Galega orientalis* Lam.), nikiel, chrom, rok uprawy, faza rozwojowa, biomasa, liście, łodygi.

**Key words:** goat's rue, nickel, chromium, year of cultivation, development stage, biomass, leaves, stems.

*The aim of this investigation was estimation of the year of cultivation and the growth phase. The presented results were obtained on the base of two field experiment carried out in the third and seventh year of cultivation. During the harvesting samples of the goat rue biomass were taken from the area of 1m<sup>2</sup> in the following growth phase: budding, begin of flowering, full flowering and of flowering and full ripeness. After that the samples were dried and crushed. Nickel and chromium were determined by ICP-EAS method in solution obtained after dry combination method of biomass. The content of nickel and chromium were significantly differentiated in the biomass of goat rue upon the influence of year cultivation and the growth phase. The mean content of nickel in the dry mass of goat rue biomass reached 2,18 mg · kg<sup>-1</sup> and chromium 0,66 mg · kg<sup>-1</sup>. The highest content of nickel and chromium were determined in the leaves in the third year of cultivation. Taking under consideration the growth phase of goat's rue it should be pointed out that at the full flowering phase the highest content of nickel was determined in biomass of goat rue where as the content of chromium was the highest in the biomass harvested at the full flowering phase.*

---

\* *Dr hab. inż. Barbara Symanowicz, prof. nadzw. UPH, prof. dr hab. Stanisław Kalembasa – Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Wydział Przyrodniczy, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce; tel.: 25 643 12 87; e-mail: kalembasa@uph.edu.pl*

## 1. WPROWADZENIE

Rutwica wschodnia (*Galega orientalis* Lam.) jest wieloletnią rośliną bobowatą [Sowiński, Możdżeń 2007] o dużych zdolnościach i możliwościach biologicznej redukcji azotu cząsteczkowego, średnio  $379,7 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  [Broos i in. 2005, Symanowicz i in. 2005, Trabelsi i in. 2009]. Ta cecha wskazuje na wysoką opłacalność i możliwość uprawy tej rośliny na cele paszowe. W rolnictwie może być ona wykorzystywana jako pasza dla zwierząt w formie zielonki, siana, suszu, kiszonki i koncentratu białkowego [Kalembasa i Symanowicz 2010, Sowiński, Szyszkowska 2002, Szyszkowska i in. 2004].

W roślinach przeznaczonych na paszę ważne jest monitorowanie zawartości mikroelementów i metali ciężkich, ponieważ ich niedobór lub nadmiar wpływa ujemnie na wzrost i rozwój roślin, a także na stan zdrowia zwierząt. W żywieniu zwierząt nikiel i chrom zaliczany jest do grupy mikroelementów [Jamroz i in. 2001, Kabata-Pendias i Pendias 2000] niezbędnych do funkcjonowania organizmów zwierzęcych.

Celem przedstawionych badań było prześledzenie zmian w zawartości niklu i chromu w biomacie rutwicy wschodniej w zależności od roku uprawy (trzeci i siódmy) i fazy rozwojowej (pąkowanie, początek kwitnienia, pełnia kwitnienia, koniec kwitnienia, dojrzałość pełna).

## 2. MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia polowe prowadzono na glebie wytworzonej z piasku słabogliniastego, zawierającej  $11,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  węgla w związkach organicznych,  $0,1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  azotu całkowitego, pH w  $1 \text{ mol KCl} \cdot \text{dm}^{-3}$  – 6,6. Zasobność gleby w przyswajalne formy fosforu i potasu oznaczoną metodą Egnera-Riehma określono jako wysoką ( $80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  P i  $140 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  K), a magnezu oznaczoną metodą Schachtschabela jako średnią ( $50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ). Ogólna zawartość Ni w glebie, na której uprawiano rutwicę trzeci rok, wynosiła  $5,15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , natomiast w siódmym roku uprawy –  $5,98 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Zawartość Cr w wierzchniej warstwie gleby wynosiła  $17,76 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pod rutwicą uprawianą w trzecim roku i  $8,47 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  – w siódmym roku uprawy. Ogólna zawartość niklu i chromu w wierzchniej warstwie gleby była niska i kształtowała się na poziomie zakresu zawartości w glebach „naturalnych” [Gorlach i Gambuś 2000].

Siew rutwicy wschodniej wykonywano w maju 1997 i 2001 r. na głębokość 2–3 cm w ilości  $24 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  w rzędy 12–15 cm. Skaryfikowane nasiona wysiano do gleby zainfekowanej szczepem bakterii *Rhizobium galegae*. W czasie wegetacji prowadzono zabiegi pielęgnacyjne związane z niszczeniem chwastów oraz utrzymywano optymalną wilgotność (deszczowanie). Podczas zbioru zielonej masy rutwicy w 2003 r. z obu pól (3 i 7 rok prowadzenia doświadczenia) pobierano próby z powierzchni  $1 \text{ m}^2$  w następujących fazach rozwojowych: pąkowanie, początek kwitnienia, pełnia kwitnienia, koniec kwitnienia i dojrzałość pełna. Pobrane próby wysuszono, w części oddzielono liście i łodygi, następnie zmielono. Po zakończeniu eksperymentu pobrano próby materiału glebowego, wysuszono i przesiano

przez sito o średnicy oczek 1 mm. Roztwór analityczny, uzyskano po mineralizacji biomasy trawy oraz gleby w piecu muflowym nastawionym na postępujące zwiększanie temperatury do 450°C. Po całkowitym utlenieniu organicznych związków w badanych próbach popiół zawarty w tyglu zalano 5 cm<sup>3</sup> HCl (1:1) w celu rozłożenia węglanów, wydzielenia krzemionki oraz uzyskania anionów kwasów nieorganicznych i chlorków badanych kationów. Nadmiar kwasu HCl odparowano na łaźni piaskowej do sucha. Zawartość tygla powtórnie zalano HCl (10%) i uzyskany roztwór przeniesiono do kolby miarowej o pojemności 100 cm<sup>3</sup> przez twardy sączek w celu oddzielenia krzemionki. Zawartość na sączku trzykrotnie przemyto rozcieńczonym HCl, a zawartość kolby uzupełniono do kreski, uzyskując roztwór analityczny do oznaczeń Ni i Cr metodą ICP – AES na spektrofotometrze emisyjnym z indukcyjnie wzbudzaną plazmą [Szczepaniak 2005], na aparacie Optima 3200 RL firmy Perkin Elmer.

Wyniki oznaczeń opracowano statystycznie, wykorzystując analizę wariancji, a istotne różnice obliczono, wykorzystując test Tukey'a przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

### 3. OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA

Dane atmosferyczne w okresie wegetacyjnym 2003 r. przedstawiono w tabeli 1. Warunki pogodowe w tym sezonie były wyjątkowo niesprzyjające dla upraw polowych. Na szczególną uwagę zasługuje bardzo mała ilość opadów. Była ona prawie 3-krotnie niższa od średniej z wielolecia. Mogło to mieć istotny wpływ na zmiany zawartości niklu i chromu w badanych fazach rozwojowych rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.), a także zmiany poziomu wyżej wymienionych pierwiastków w analizowanych częściach rośliny testowej.

**Tabela 1.** Opady atmosferyczne i temperatura powietrza w 2003 r. Dane z punktu pomiarowego w Siedlcach

**Table 1.** Rainfall and air temperature in 2003. Measurement point in Siedlce

Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Suma lub średnia
Miesięczna suma opadów					
37,2	26,6	26,1	4,7	24,3	118,9
Suma miesięczna wieloletnia opadów					
50,0	75,0	80,0	68,0	47,3	320,3
Średnia miesięczna temperatura					
15,6	18,4	20,0	18,4	13,5	18,5
Średnia wieloletnia temperatura					
12,6	16,6	17,7	26,9	12,7	17,3

Średnia zawartość niklu w suchej masie rutwicy wschodniej wynosiła 2,18 mg · kg<sup>-1</sup> (tab. 2) i była istotnie zróżnicowana pod wpływem badanych czynników oraz ich współdziałania. Istotnie największą zawartość niklu oznaczono w biomacie rośliny testowej w trzecim roku prowadzenia badań (średnio 2,37 mg · kg<sup>-1</sup> s.m.). Rozpatrując wpływ fazy rozwojowej na poziom Ni w suchej masie badanej rośliny, należy uznać, że w fazie pąkowania rutwica nagro-

madziła istotnie największe ilości niklu ( $2,61 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ). Obliczenia statystyczne wykazały istotne różnice w zawartości niklu w roślinie testowej zbieranej w kolejnych fazach rozwojowych (oprócz zależności pomiędzy fazą pąkowania i fazą pełnia kwitnienia). Najmniejszą zawartością niklu odznaczała się rutwica wschodnia (*Galega orientalis* Lam.) zbierana w fazie koniec kwitnienia ( $1,58 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ). Takie wyniki znalazły potwierdzenie w badaniach Kalembasy i Symanowicz [2006]. Badano w nich wpływ nawożenia odpadowymi węglami brunatnymi, osadami ściekowymi i ich mieszaninami na zawartość niklu w życicy wielokwiatowej. Również Kabata-Pendias i Pendias [2000] podają, że zawartość niklu zmienia się znacznie w okresie wegetacji, w różnym stopniu, w poszczególnych organach roślin i w roślinach motylkowatych (bobowatych) utrzymuje się na poziomie  $2,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$  Oznaczona zawartość niklu w poszczególnych fazach rozwojowych rośliny testowej była bardzo niska i mieściła się w zakresie liczb granicznych dopuszczalnej zawartości pierwiastków śladowych w paszy [Anke 1987, Underwood 1971, Gortlach 1991, Gortlach i Gambuś 2000].

**Tabela 2.** Zawartość niklu w biomase rutwicy wschodniej,  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

**Table 2.** The content of nickel in biomass of goat's rue,  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ d.m.}$

Kolejny rok badań (A)	Faza rozwojowa (B)					Średnia
	pąkowanie	początek kwitnienia	pełnia kwitnienia	koniec kwitnienia	dojrzałość pełna	
Trzeci	2,68	2,18	3,07	1,50	2,42	2,37
Siódmy	2,54	2,02	1,90	1,67	1,86	2,00
Średnia	2,61	2,10	2,48	1,58	2,14	2,18

**Objaśnienia:** NIR<sub>(0,05)</sub> dla: lat (A) – 0,09; fazy rozwojowej (B) – 0,21; interakcji AxB – 0,21; BxA – 0,30.

Badane czynniki istotnie różnicowały całkowitą zawartość niklu w liściach rutwicy wschodniej (tab. 3). Istotnie większą jego zawartość oznaczono w liściach pochodzących z roślin zebranych w trzecim roku prowadzenia badań ( $2,43 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ). Analizy chemiczne rośliny testowej w kolejnych fazach rozwojowych wykazały istotne zróżnicowanie zawartości niklu. Istotnie największe ilości niklu oznaczono w rutwicy zebranej w fazie pąkowania ( $3,12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ).

**Tabela 3.** Zawartość niklu w liściach rutwicy wschodniej,  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

**Table 3.** The content of nickel in leaves of goat's rue,  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ d.m.}$

Kolejny rok badań (A)	Faza rozwojowa (B)					Średnia
	pąkowanie	początek kwitnienia	pełnia kwitnienia	koniec kwitnienia	dojrzałość pełna	
Trzeci	2,36	2,36	3,47	1,56	2,42	2,43
Siódmy	3,88	1,68	1,62	1,18	1,45	1,96
Średnia	3,12	2,02	2,54	1,37	1,94	2,20

**Objaśnienia:** NIR<sub>(0,05)</sub> dla: lat (A) – 0,12; fazy rozwojowej (B) – 0,27; interakcji AxB – 0,27; BxA – 0,38.

Obliczenia statystyczne wykazały istotne różnice w zawartości niklu w łodygach (tab. 4). Średnia zawartość niklu w łodygach rośliny testowej wynosiła  $2,02 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$  Różnice w zawartości niklu w łodygach w trzecim i siódmym roku prowadzenia badań były wysoce istotne ( $1,85\text{-}2,19 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ). Rozpatrując kolejne fazy rozwojowe, należy stwierdzić istotne obniżenie zawartości niklu. Istotnie najwięcej Ni oznaczono w łodygach w fazie pąkowania ( $3,01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ), a najmniej w fazie pełni kwitnienia ( $1,49 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ).

**Tabela 4.** Zawartość niklu w łodygach rutwicy wschodniej,  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

**Table 4.** The content of nickel in stems of goat's rue,  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ d.m.}$

Kolejny rok badań (A)	Faza rozwojowa (B)					Średnia
	pąkowanie	początek kwitnienia	pełnia kwitnienia	koniec kwitnienia	dojrzałość pełna	
Trzeci	1,78	1,83	1,31	1,99	2,34	1,85
Siódmy	4,24	1,42	1,66	1,76	1,86	2,19
Średnia	3,01	1,62	1,49	1,88	2,10	2,02

**Objaśnienia:** NIR<sub>(0,05)</sub> dla: lat (A) – 0,12; fazy rozwojowej (B) – 0,28; interakcji AxB – 0,28; BxA – 0,39.

Średnia zawartość chromu w suchej masie rutwicy wschodniej wynosiła  $0,66 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (tab. 5) i była istotnie zróżnicowana pod wpływem badanych czynników oraz ich współdziałania. Istotnie największą zawartość chromu oznaczono w biomase rośliny testowej w trzecim roku prowadzenia badań ( $0,74 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ). Były to jednak ilości bardzo niskie, nieprzekraczające dopuszczalnych zawartości pierwiastków szkodliwych lub toksycznych w paszach [Anke 1987, Gorlach 1991, Jamroz, Buraczewski, Kamiński 2001, Spiak i in. 2004, Underwood 1971]. Rozpatrując wpływ fazy rozwojowej na poziom zawartości Cr w suchej masie badanej rośliny, stwierdzono, że w fazie dojrzałości pełnej rutwica nagromadziła istotnie największe ilości chromu ( $0,99 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ). Obliczenia statystyczne wykazały istotne różnice w zawartości chromu pomiędzy kolejnymi fazami rozwojowymi. Kabata-Pendias i Pendias [2000] podają, że zawartość chromu zmienia się w różnym stopniu w poszczególnych organach roślin, a niska zawartość w roślinie jest spowodowana silnym sorbowaniem tego pierwiastka przez materię organiczną w glebie.

**Tabela 5.** Zawartość chromu w biomase rutwicy wschodniej,  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

**Table 5.** The content of chromium in biomass of goat's rue,  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ d.m.}$

Kolejny rok badań (A)	Faza rozwojowa (B)					Średnia
	pąkowanie	początek kwitnienia	pełnia kwitnienia	koniec kwitnienia	dojrzałość pełna	
Trzeci	0,53	0,56	0,56	0,74	1,32	0,74
Siódmy	0,73	0,59	0,50	0,42	0,65	0,58
Średnia	0,63	0,57	0,53	0,58	0,99	0,66

**Objaśnienia:** NIR<sub>(0,05)</sub> dla: lat (A) – 0,05; fazy rozwojowej (B) – 0,12; interakcji AxB – 0,12; BxA – 0,18.

**Tabela 6.** Zawartość chromu w liściach rutwicy wschodniej, mg · kg<sup>-1</sup> s.m.**Table 6.** The content of chromium in leaves of goat's rue, mg · kg<sup>-1</sup> d.m.

Kolejny rok badań (A)	Faza rozwojowa (B)					Średnia
	pąkowanie	początek kwitnienia	pełnia kwitnienia	koniec kwitnienia	dojrzałość pełna	
Trzeci	0,71	0,68	0,69	0,69	1,62	0,88
Siódmy	0,92	0,64	0,49	0,76	0,90	0,74
Średnia	0,81	0,66	0,59	0,72	1,26	0,81

**Objaśnienia:** NIR<sub>(0,05)</sub> dla: lat (A) – 0,08; fazy rozwojowej (B) – 0,18; interakcji AxB – 0,18; BxA – 0,26.

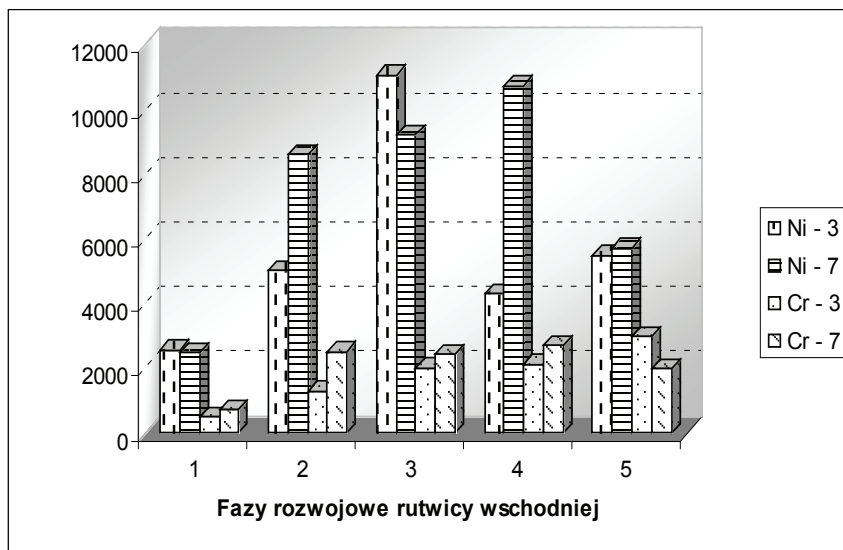
Badane czynniki istotnie różnicowały zawartość chromu w liściach rutwicy wschodniej (tab. 6). Istotnie większą zawartość chromu oznaczono w liściach pochodzących z roślin zebranych w trzecim roku prowadzenia badań (0,88 mg · kg<sup>-1</sup> s.m.). W suchej masie rutwicy wschodniej zebranej w fazie dojrzałości pełnej oznaczono istotnie większą zawartość chromu. Obliczenia statystyczne wykazały istotne różnice w zawartości chromu w łodygach (tab. 7). Średnia zawartość chromu w łodygach rośliny testowej wynosiła 0,48 mg · kg<sup>-1</sup> s.m. i była kilkakrotnie niższa od zawartości uzyskanych w innych badaniach [Symanowicz, Appel, Kalembasa 2004]. Różnice w ilości chromu w łodygach w trzecim i siódmym roku prowadzenia doświadczeń były istotne (0,57–0,40 mg · kg<sup>-1</sup> s.m.). Rozpatrując poszczególne fazy rozwojowe w odniesieniu do zawartości chromu w łodygach, stwierdzono takie same zależności, jak przy analizowaniu biomasy całej rośliny i liści. Istotnie największe ilości chromu oznaczono w łodygach w fazie dojrzałości pełnej (0,58 mg · kg<sup>-1</sup> s.m.).

**Tabela 7.** Zawartość chromu w łodygach rutwicy wschodniej, mg · kg<sup>-1</sup> s.m.**Table 7.** The content of chromium in stems of goat's rue, mg · kg<sup>-1</sup> d.m.

Kolejny rok badań (A)	Faza rozwojowa (B)					Średnia
	pąkowanie	początek kwitnienia	pełnia kwitnienia	koniec kwitnienia	dojrzałość pełna	
Trzeci	0,52	0,71	0,33	0,60	0,68	0,57
Siódmy	0,55	0,37	0,31	0,31	0,48	0,40
Średnia	0,53	0,54	0,32	0,45	0,58	0,48

**Objaśnienia:** NIR<sub>(0,05)</sub> dla: lat (A) – 0,05; fazy rozwojowej (B) – 0,11; interakcji AxB – 0,11; BxA – 0,16.

Średnie pobranie niklu i chromu z plonem suchej masy rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) było większe w siódmym roku uprawy (niklu o 28%, a chromu o 22% w odniesieniu do trzeciego roku uprawy). Rozpatrując pobranie analizowanych pierwiastków w poszczególnych fazach rozwojowych, wykazano największe pobranie niklu w fazie pełnia kwitnienia, a chromu – w fazie dojrzałości pełnej w trzecim roku uprawy rośliny testowej (rys.).



**Rys.** Pobranie niklu i chromu z plonem suchej masy rutwicy wschodniej,  $\text{mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ :  
 Ni-3 – pobranie niklu w trzecim roku uprawy, Ni-7 – pobranie niklu w siódmym roku uprawy,  
 Cr-3 – pobranie chromu w trzecim roku uprawy, Cr-7 – pobranie chromu w siódmym roku  
 uprawy. Fazy rozwojowe: 1 – pąkowanie, 2 – początek kwitnienia, 3 – pełnia kwitnienia,  
 4 – koniec kwitnienia, 5 – dojrzałość pełna

**Fig.** Uptake of nickel and chromium in the field of dry matter of goat's rue,  $\text{mg} \cdot \text{ha}^{-1}$

#### 4. WNIOSKI

1. Największą zawartość Ni i Cr oznaczono w liściach rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.). W łodygach oraz całej biomase rośliny zawartość niklu i chromu kształtowała się na zbliżonym poziomie.
2. Istotnie największe ilości badanych pierwiastków zawierała rutwica wschodnia w trzecim roku trwania plantacji.
3. Największą zawartość niklu stwierdzono w fazie pełni kwitnienia badanej rośliny a chromu w fazie dojrzałości pełnej.
4. Oznaczona zawartość Ni i Cr w biomase rutwicy wschodniej mieściła się poniżej zakresu liczb granicznych, określających dopuszczalne ilości tych pierwiastków w paszy.

#### PIŚMIENICTWO

- ANKE M. 1987. Kolloquien des Instituts für Pflanzenernährung. Jena. 2: 110–111.  
 BROOS K., BEYENS H., SMOLDERS E. 2005. Survival of rhizobia in soil is sensitive to elevated zinc in the absence of the host plant. *Soil Biology & Biochemistry* 37: 573–579.

- JAMROZ D., BURACZEWSKI S., KAMIŃSKI J. 2001. Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo. Cz. 1 Fizjologiczne i biochemiczne podstawy żywienia zwierząt. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa. ss. 437.
- GORLACH E. 1991. Zawartość pierwiastków śladowych w roślinach pastewnych jako miernik ich wartości. Zesz. Nauk. AR w Krakowie. 34 (262): 13–22.
- GORLACH E., GAMBUŚ F. 2000. Potencjalnie toksyczne pierwiastki śladowe w glebach (nadmiar, szkodliwość i przeciwdziałanie). Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 472: 275–296.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 2000. Trace elements in soils and plants. (3 rd Ed.) CRC Press: 413 ss.
- KALEMBASA S., SYMANOWICZ B. 2006. The influence of fertilization with brown coals, waste activated sludges and their mixtures on the content of chromium and nickel in soil materials and Italian ryegrass. Arch. Environ. Protect. 32(4): 79–86.
- KALEMBASA S., SYMANOWICZ B. 2010. Quantitative abilities of biological nitrogen reduction for *Rhizobium galegae* cultures by goat's rue. Ecolog. Chem. Engin. A.17(7): 757–764.
- SOWIŃSKI J., MOŹDŹEŃ E. 2007. Ocena przydatności różnych metod ugorowania rutwicą wschodnią (*Galega orientalis* Lam.) w warunkach Sudetów w zależności od trwałości plantacji. Probl. Zagosp Ziem Górskich 54: 139–148.
- SOWIŃSKI J., SZYSZKOWSKA A. 2002. The effect of harvesting methods on the quantity and quality of fodder galega (*Galega orientalis* Lam.) forage. Reu Technical. 66: 110–112.
- SPIAK Z., ROMANOWSKA M., RADOŁA J. 2004. Trace metals content in plants from ecological and conventional cultivation systems. Chemistry for Agriculture 5: 181–186.
- SYMANOWICZ B., APPEL Th., KALEMBASA S. 2004. „Goat's rue” (*Galega orientalis* Lam.) a plant with multi-directional possibilities of use for agriculture. Part III. The influence of the infection of *Galega orientalis* seeds on the content of trace elements Polish J. Soil Sci. XXXVII (1): 11–20.
- SYMANOWICZ B., PALA J., KALEMBASA S. 2005. Wpływ procesu biologicznej redukcji N<sub>2</sub> na pobranie azotu przez rutwicę wschodnią (*Galega orientalis* Lam.), Acta Sci. Pol. Agricultura 4(2): 93–99.
- SZYSZKOWSKA A., BODARSKI R., SOWIŃSKI J., KRZYWICKI S. 2004. Zmiany składu chemicznego i aminokwasowego rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) oraz efektywny rozkład białka i suchej masy tej paszy w zwaczu w sezonie wegetacyjnym. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Zootech. LII (505): 249–254.
- SZCZEPANIK W. 2005. Metody instrumentalne w analizie chemicznej. PWN. Warszawa: 165–168.
- TRABELSI D., PINI F., AOUANI M. E., BAZZICALUPO M., MENGONI A. 2009. Development of real-time PCR assay for detection and quantification of *Sinorhizobium meliloti* in soil and plant tissue. Letters in Applied Microbiology 48: 355–361.
- Żywnienie mineralne zwierząt. UNDERWOOD 1971. PWRiL, Warszawa. ss. 282.