

Barbara Symanowicz, Stanisław Kalembasa

POBIERANIE KADMU I OŁOWIU PRZEZ BIOMASĘ RUTWICY WSCHODNIEJ (*Galega orientalis* Lam.) W ZALEŻNOŚCI OD OKRESU TRWANIA UPRAWY I FAZY ROZWOJOWEJ

Streszczenie. Kadm i ołów należą do metali ciężkich najbardziej szkodliwych dla roślin i zwierząt. Celem przeprowadzonych badań było prześledzenie zmian w zawartości kadmu i ołowiu w biomase rutwicy wschodniej w zależności od roku uprawy i fazy rozwojowej. Wyniki badań uzyskano na podstawie dwóch doświadczeń polowych prowadzonych trzeci i siódmy rok. Podczas zbioru pobrano próby z 1 m² w następujących fazach rozwojowych: pąkowanie, początek kwitnienia, pełnia kwitnienia, koniec kwitnienia i dojrzałość pełna. Następnie próby te wysuszone i rozdrobniono. Kadm i ołów oznaczono metodą ICP-AES, po mineralizacji „na sucho”. Obliczenia statystyczne wykazały istotne zróżnicowanie w zawartości kadmu i ołowiu w biomase rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) w zależności od roku uprawy i fazy rozwojowej. Średnia zawartość kadmu w suchej masie rośliny testowej wynosiła 0,44 mg · kg⁻¹ a ołowiu 5,26 mg · kg⁻¹. Największe ilości kadmu i ołowiu oznaczono w liściach rośliny testowej (Cd w siódmym, a Pb w trzecim roku uprawy). Rozpatrując poszczególne fazy rozwojowe rutwicy wschodniej należy stwierdzić, że największej kadmu i ołowiu oznaczono w fazie pełnia kwitnienia.

Słowa kluczowe: rutwica wschodnia (*Galega orientalis* Lam.), kadm, ołów, rok uprawy, faza rozwojowa, biomasa, liście, łodyga.

WSTĘP

Rutwica wschodnia (*Galega orientalis* Lam.) jest wieloletnią rośliną bobowatą [Sowiński, Możdżeń 2007] o dużych zdolnościach i możliwościach biologicznej redukcji azotu cząsteczkowego, średnio 379,7 kg N · ha⁻¹ [11]. Ta cecha wskazuje na wysoką opłacalność i możliwość uprawy tej rośliny na cele paszowe. W rolnictwie może być wykorzystywana jako pasza dla zwierząt w formie zielonki, siana, suszu, kiszonki i koncentratu białkowego [6, 9, 12]. Obecność w glebie kadmu i ołowiu ogranicza proces biologicznej redukcji poprzez zmniejszenie ilości bakterii z grupy *Rhizobium* [2, 14]. W roślinach przeznaczonych na paszę ważne jest monitorowanie zawartości metali ciężkich, ponieważ ich nadmiar wpływa ujemnie na wzrost i rozwój roślin, a także stan zdrowia zwierząt. Spośród metali ciężkich to kadm i ołów należą do pierwiastków najbardziej toksycznych dla roślin i zwierząt [4, 5, 7]. Tujaka i Terelak [15] wykazali wysoce istotny wpływ gatunku i organu rośliny na pobieranie Cd i Pb oraz ich zawartość w roślinie.

Barbara SYMANOWICZ, Stanisław KALEMBASA – Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, Wydział Przyrodniczy, Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, 08-110 Siedlce, ul. B. Prusa 14, e-mail: bsymanowicz@uph.edu.pl, kalembasa@uph.edu.pl

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

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia polowe prowadzono na glebie wytworzonej z piasku słabogliniastego, 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 $1 \text{ mol KCl} \cdot \text{dm}^{-3} - 6,6$. 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 oznaczona metodą Schachtschabela jako średnią ($50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Ogólna zawartość Cd w glebie, na której uprawiano rutwicę trzeci rok wynosiła $0,87 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, natomiast w siódmym roku uprawy $0,97 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Zawartość ołowiu w wierzchniej warstwie gleby wynosiła $43,73 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ pod rutwicą uprawianą w trzecim roku i $48,75 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ w siódmym roku uprawy. Siew rutwicy wschodniej wykonywano w maju 1997 i 2001 roku na głębokość 2-3cm 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 roku z obu pól (3 i 7 rok prowadzenia doświadczenia) pobierano próby z powierzchni 1 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. W tak przygotowanym materiale kadm i ołów ogółem oznaczono po mineralizacji na „sucho” metodą ICP-AES [13]. Wyniki oznaczeń opracowano statystycznie wykorzystując analizę wariancji, a istotne różnice obliczono wykorzystując test Tukey’a przy poziomie istotności $p=0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Dane atmosferyczne w okresie wegetacyjnym 2003 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 około 3 – krotnie niższa od średniej z wielolecia. Miało to istotny wpływ na zmiany zawartości kadmu i ołowiu w badanych fazach rozwojowych rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.), a także zmiany poziomu wyżej wymienionych pierwiastków w analizowanych częściach rośliny testowej.

Średnia zawartość kadmu w suchej masie rutwicy wschodniej wynosiła $0,44 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab. 2) i była istotnie różnicowana pod wpływem badanych czynników oraz ich współdziałania. Istotnie największą zawartość kadmu oznaczono w biomacie rośliny testowej w trzecim roku prowadzenia badań (średnio $0,46 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.). Rozpatrując wpływ fazy rozwojowej na poziom Cd w suchej masie badanej rośliny, należy uznać, że w fazie pełnia kwitnienia rutwica

nagromadziła istotnie największe ilości kadmu ($0,63 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.). Obliczenia statystyczne wykazały istotne różnice w zawartości kadmu w roślinie testowej zbieranej w kolejnych fazach rozwojowych (oprócz zależności pomiędzy fazą koniec kwitnienia i dojrzałość pełna).

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

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

Maj May	Czerwiec June	Lipiec July	Sierpień August	Wrzesień September	Suma lub średnia Sum or mean
Miesięczna suma opadów; Monthly rainfall (mm)					
37,2	26,6	26,1	4,7	24,3	118,9
Suma miesięczna wieloletnia opadów; Multiyear monthly rainfall (mm)					
50,0	75,0	80,0	68,0	47,3	320,3
Średnia miesięczna temperatura; Monthly temperature mean (°C)					
15,6	18,4	20,0	18,4	13,5	18,5
Średnia wieloletnia temperatura; Multiyear temperature mean (°C)					
12,6	16,6	17,7	26,9	12,7	17,3

Tabela 2. Zmiany zawartości kadmu (w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w biomacie rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.)

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

Kolejny rok badań (A); Year of cultivation (A)	Faza rozwojowa (B); Development stage(B)					Średnia Mean
	Pąkowa- nie Budding	Początek kwitnienia Begin of flowering	Pełnia kwitnienia Full flowering	Koniec kwitnienia End of flowering	Dojrzałość pełna Full ripeness	
Trzeci; Third	0,52	0,47	0,78	0,24	0,31	0,46
Siódmy; Seventh	0,55	0,41	0,48	0,34	0,29	0,41
Średnia; Mean	0,54	0,44	0,63	0,29	0,30	0,44

NIR_(0,05) dla; LSD_{0,05} for: lat; years (A) – 0,03; fazy rozwojowej; development stage (B) – 0,07; interakcji; interaction (AxB) – 0,07; interakcji; interaction (BxA) – 0,10

Najmniejszą zawartością kadmu charakteryzowała się rutwica wschodnia (*Galega orientalis* Lam.) zbierana w fazie koniec kwitnienia i w fazie dojrzałości pełnej ($0,29-0,30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.). Takie wyniki znalazły potwierdzenie w badaniach [10], w których badano wpływ sposobu szczepienia nasion rutwicy wschodniej bakteriami *Rhizobium galegae* i sinic *Nostoc* na zawartość mikroelementów. Również [5] podają, że zawartość kadmu zmienia się znacznie w okresie wegetacji, w różnym stopniu w poszczególnych organach roślin i w przypadku roślin motylkowatych (bobowatych), wrażliwych na nadmiar kadmu, objawy fitotoksyczności występują przy koncentracji powyżej $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Oznaczona zawartość kadmu w poszczególnych fazach rozwojowych mieściła się w zakresie liczb granicznych dopuszczalnej zawartości pierwiastków śladowych w paszy [1, 16], a według Gorlacha [4] zawartość Cd powyżej $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. uważana jest za nadmierną. Badane czynniki istotnie różnicowały całkowitą zawartość kadmu

w liściach rutwicy wschodniej (tab. 3). Istotnie większą jego zawartość oznaczono w liściach pochodzących z roślin zebranych w siódmym roku prowadzenia badań średnio ($0,62 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$). Analizy chemiczne rośliny testowej w kolejnych fazach rozwojowych wykazały istotną zniżkę zawartości kadmu z wyjątkiem prób pobranych w fazie koniec kwitnienia i dojrzałości pełnej. Analizując liście rośliny testowej we wszystkich fazach rozwojowych, istotnie największe ilości kadmu oznaczono w rutwicy zebranej pod koniec fazy kwitnienia ($0,71 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$). Obliczenia statystyczne wykazały istotne różnice w zawartości kadmu w łodygach (tab. 4). Średnia zawartość kadmu w łodygach rośliny testowej wynosiła $0,42 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ Należy przypuszczać, że akumulacja kadmu w łodygach mogła być związana z niedoborami opadów w okresie wegetacji. Różnice w zawartości kadmu w łodygach w trzecim i siódmym roku prowadzenia doświadczeń były wysoce istotne ($0,47\text{-}0,37 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$). Rozpatrując kolejne fazy rozwojowe, należy stwierdzić istotne obniżanie zawartości kadmu. Istotnie najwięcej Cd oznaczono w łodygach w fazie pąkowania ($0,53 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), a najmniej w fazie dojrzałości pełnej ($0,35 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$).

Tabela 3. Zmiany zawartości kadmu (w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) w liściach rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.)

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

Kolejny rok badań (A); Year of cultivation (A)	Faza rozwojowa (B); Development stage(B)					Średnia Mean
	Pąkowanie Budding	Początek kwitnienia Begin of flowering	Pełnia kwitnienia Full flowering	Koniec kwitnienia End of flowering	Dojrzałość pełna Full ripeness	
Trzeci; Third	0,51	0,46	0,35	0,57	0,26	0,43
Siódmy; Seventh	0,80	0,38	0,29	0,85	0,77	0,62
Średnia; Mean	0,65	0,42	0,32	0,71	0,51	0,52

NIR_(0,05) dla; LSD_{0,05} for: lat; years (A) – 0,05; fazy rozwojowej; development stage (B) – 0,12; interakcji; interaction (AxB) – 0,12; interakcji; interaction (BxA) – 0,17

Tabela 4. Zmiany zawartości kadmu (w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) w łodygach rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.)

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

Kolejny rok badań (A); Year of cultivation (A)	Faza rozwojowa (B); Development stage(B)					Średnia Mean
	Pąkowanie Budding	Początek kwitnienia Begin of flowering	Pełnia kwitnienia Full flowering	Koniec kwitnienia End of flowering	Dojrzałość pełna Full ripeness	
Trzeci; Third	0,49	0,51	0,52	0,43	0,38	0,47
Siódmy; Seventh	0,56	0,30	0,32	0,33	0,32	0,37
Średnia; Mean	0,53	0,40	0,42	0,38	0,35	0,42

NIR_(0,05) dla; LSD_{0,05} for: lat; years (A) – 0,04; fazy rozwojowej; development stage (B) – 0,09; interakcji; interaction (AxB) – 0,09; interakcji; interaction (BxA) – 0,13

Średnia zawartość ołowiu w suchej masie rutwicy wschodniej wynosiła 5,26 mg · kg⁻¹ i była istotnie zróżnicowana pod wpływem badanych czynników oraz ich współdziałania (tab. 5). Istotnie największą zawartość ołowiu oznaczono w biomase rośliny testowej w trzecim roku prowadzenia badań średnio (9,26 mg · kg⁻¹ s.m.). Były to jednak ilości nie przekraczające dopuszczalnych zawartości pierwiastków szkodliwych lub toksycznych w paszach [1, 3, 4, 16]. Rozpatrując wpływ fazy rozwojowej na poziom zawartości Pb w suchej masie badanej rośliny, stwierdzono, że w fazie pełnia kwitnienia rutwica nagromadziła istotnie największe ilości ołowiu (6,92 mg · kg⁻¹). Obliczenia statystyczne wykazały istotne różnice w zawartości ołowiu pomiędzy kolejnymi fazami rozwojowymi. Kabata-Pendias i Pendias [5] podają, że zawartość ołowiu zmienia się w różnym stopniu w poszczególnych organach roślin, a słabe działanie barier biologicznych rośliny lub ich brak, może doprowadzić do nie kontrolowanego nagromadzenia tego pierwiastka w roślinie.

Tabela 5. Zmiany zawartości ołowiu (w mg · kg⁻¹ s.m.) w biomase rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.)

Table 5. The content of lead (in mg · kg⁻¹ d.m.) in biomass of goat's rue

Kolejny rok badań (A); Year of cultivation (A)	Faza rozwojowa (B); Development stage(B)					Średnia Mean
	Pąkowa- nie Budding	Początek kwitnienia Begin of flowering	Pełnia kwitnienia Full flowering	Koniec kwitnienia End of flowering	Dojrzałość pełna Full ripeness	
Trzeci; Third	11,80	12,53	12,57	3,92	5,48	9,26
Siódmy; Seventh	0,91	0,92	1,28	1,67	1,51	1,26
Średnia; Mean	6,36	6,72	6,92	2,80	3,49	5,26

NIR_(0,05) dla; LSD_{0,05} for: lat; years (A) – 0,14; fazy rozwojowej; development stage (B) – 0,31; interakcji; interaction (AxB) – 0,30; interakcji; interaction (BxA) – 0,44

Badane czynniki istotnie różnicowały zawartość ołowiu w liściach rutwicy wschodniej (tab. 6). Istotnie większą zawartość ołowiu w porównaniu do siódmego roku prowadzenia doświadczenia oznaczono w liściach pochodzących z roślin zebranych w trzecim roku prowadzenia badań (9,50 mg · kg⁻¹ s.m.). W suchej masie rutwicy wschodniej zebranej w fazie pąkowania, początek kwitnienia i pełnia kwitnienia oznaczono istotnie większą zawartość Pb. Obliczenia statystyczne wykazały istotne różnice w zawartości ołowiu w łodygach (tab. 7). Średnia zawartość ołowiu w łodygach rośliny testowej wynosiła 5,27 mg · kg⁻¹ s.m. i była wyższa od zawartości uzyskanych w innych badaniach [10]. Różnice w ilości ołowiu w łodygach w trzecim i siódmym roku prowadzenia doświadczeń były wysoce istotne (8,68-1,86 mg · kg⁻¹ s.m.). Rozpatrując poszczególne fazy rozwojowe w odniesieniu do zawartości ołowiu w łodygach stwierdzono takie same zależności jak w przypadku analizowania biomasy całej rośliny i liści. Istotnie największe ilości Pb oznaczono w łodygach w fazie początek kwitnienia (6,64 mg · kg⁻¹ s.m.), a w kolejnych fazach rozwojowych nastąpił istotny spadek zawartości tego pierwiastka.

Tabela 6. Zmiany zawartości ołowiu (w mg · kg⁻¹ s.m.) w liściach rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.)

Table 6. The content of lead (in mg · kg⁻¹ d.m.) in leaves of goat's rue

Kolejny rok badań (A); Year of cultivation (A)	Faza rozwojowa (B); Development stage(B)					Średnia Mean
	Pąkowa- nie Budding	Początek kwitnienia Begin of flowering	Pełnia kwitnienia Full flowering	Koniec kwitnienia End of flowering	Dojrzałość pełna Full ripeness	
Trzeci; Third	12,38	13,81	12,13	3,42	5,75	9,50
Siódmy; Seventh	1,29	0,97	1,60	0,90	1,28	1,21
Średnia; Mean	6,83	7,39	6,87	2,16	3,51	5,35

NIR_(0,05) dla; LSD_{0,05} for: lat; years (A) – 0,29; fazy rozwojowej; development stage (B) – 0,65; interakcji; interaction (AxB) – 0,64; interakcji; interaction (BxA) – 0,92

Tabela 7. Zmiany zawartości ołowiu (w mg · kg⁻¹ s.m.) w łodygach rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.)

Table 7. The content of lead (in mg · kg⁻¹ d.m.) in stems of goat's rue

Kolejny rok badań (A); Year of cultivation (A)	Faza rozwojowa (B);					Średnia Mean
	Pąkowa- nie Budding	Początek kwitnienia Begin of flowering	Pełnia kwitnienia Full flowering	Koniec kwitnienia End of flowering	Dojrzałość pełna Full ripeness	
Trzeci; Third	11,63	12,19	11,83	3,04	4,68	8,68
Siódmy; Seventh	0,44	1,10	0,86	3,31	3,61	1,86
Średnia; Mean	6,03	6,64	6,35	3,17	4,15	5,27

NIR_(0,05) dla; LSD_{0,05} for: lat; years (A) – 0,41; fazy rozwojowej; development stage (B) – 0,93; interakcji; interaction (AxB) – 0,91; interakcji; interaction (BxA) – 1,31

WNIOSKI

1. Największe ilości badanych pierwiastków toksycznych zawierała rutwica wschodnia w trzecim roku trwania plantacji, mieściły się w optymalnym zakresie liczb granicznych określających dopuszczalne ilości pierwiastków toksycznych w paszy.
2. Największą zawartość Cd i Pb (odpowiednio: 0,52 i 5,35 mg · kg⁻¹ s.m.) oznaczono w liściach rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.). W łodygach oraz całej biomase rośliny zawartość kadmu i ołowiu kształtowała się na zbliżonym poziomie (średnio: 0,43 i 5,26 mg · kg⁻¹ s.m.).
3. W całej biomase rutwica wschodnia największą zawartość kadmu i ołowiu gromadzi w fazie pełni kwitnienia. Liście i łodygi najbogatsze w kadm są w fazie pąkowania, a w ołów w fazie początek kwitnienia.

PIŚMIENNICTWO

1. Anke M. 1987. Kolloquien des Instituts für Pflanzenernährung. Jena, 2: 110-111.
2. 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.
3. Jamroz D., Buraczewski S., Kamiński J. 2001. Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo. Cz. 1. Fizjologiczne i biochemiczne podstawy żywienia zwierząt. Wyd. Nauk. PWN. W-wa. ss. 437.
4. Gorlach E. 1991. Zawartość pierwiastków śladowych w roślinach pastewnych jako miernik ich wartości. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 34 (262): 13-22.
5. Kabata-Pendias A., Pendias H. 2000. Trace elements in soils and plants. (3 rd Ed.) CRC Press: 413 ss.
6. 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.
7. Madej M., Siuta J., Wasiak G. 2010. Zieleń Warszawy źródłem surowca do produkcji kompostu. Cz. III. Doświadczalne kompostowanie masy roślinnej oraz jakość kompostu. *Inż. Ekol.*, 23: 37-49.
8. Sowiński J., Możdżeń 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.
9. 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.
10. 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.
11. Symanowicz B., Pala J., Kalembasa S. 2005. Wpływ procesu biologicznej redukcji N₂ na pobranie azotu przez rutwicę wschodnią (*Galega orientalis* Lam.), *Acta Sci. Pol. Agricultura*, 4(2): 93-99.
12. Szyszkowska A., Bodarski R., Sowiński J., Krzywiecki S. 2004. Zmiany składu chemicznego i aminokwasowego rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) oraz efektywny rozkład białka i suchej masy tej paszy w żwaczu w sezonie wegetacyjnym. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Zootech.*, LII (505): 249-254.
13. Szczepaniak W. 2005. Metody instrumentalne w analizie chemicznej. PWN, W-wa: 165-168.
14. 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.
15. Tujaka A., Terelak H. 2005. Wpływ rekultera na skład chemiczny, plonowanie i przydatność rolniczą roślin uprawianych na glebach zanieczyszczonych Cd, Pb i Zn. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 506: 497-505.
16. Underwood E. 1971. Żywnienie mineralne zwierząt. PWRi L., W-wa. 282 ss.

THE CADMIUM AND LEAD OF UPTAKE BY BIOMASS OF GOAT'S RUE (*Galega orientalis* Lam.) INDEPENDENT ON THE YEAR OF CULTIVATION AND THE DEVELOPMENT STAGE

Abstract. The cadmium and lead belong to the heavy metals harmful to most for plants and animals. 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^2 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. Cadmium and lead were determined by ICP-EAS method in solution obtained after dry combination method of biomass. The content of cadmium and lead were significantly differentiated in the biomass of goat rue upon the influence of year cultivation and the growth phase. The mean content of cadmium in the dry mass of goat rue biomass reached $0,44\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ and lead $5,26\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. The highest content of cadmium and lead were determined in the leaves in the third year of cultivation.

Taking under consideration the growth phase of goat rue it should be pointed out that at the full flowering phase the highest content of cadmium was determined in biomass of goat rue where as the content of lead was the highest in the biomass harvested at the full flowering phase.

Keywords: Goat's rue, cadmium, lead, year of cultivation, development stage, biomass, leaves, stems.