

ZMIANY W PLONOWANIU, ZAWARTOŚCI FOSFORU I SIARKI
W RUTWICY WSCHODNIEJ (*GALEGA ORIENTALIS* LAM.) I W GLEBIE
W WARUNKACH STOSOWANIA ¹⁵N

*Barbara Symanowicz, Stanisław Kalembasa, Dawid Jaremko,
Wojciech Skorupka*

Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Instytut Agronomii, Wydział Przyrodniczy,
Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny
ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce
e-mail: barbara.symanowicz@uph.edu.pl

Streszczenie. Trzyletnie doświadczenie polowe przeprowadzono na polu doświadczalnym należącym do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Azot ¹⁵N o wzbogaceniu 10,3 at % stosowano w formie ¹⁵(NH₄)₂SO₄ w ilości 1,66g na 1 m² wczesną wiosną. W każdym roku badań zbierano trzy pokosy rośliny testowej w fazie pąkowania. Zawartość fosforu i siarki w roślinie testowej i w glebie oznaczono metodą ICP-AES na spektrofotometrze emisyjnym z plazmą wzbudzaną indukcyjnie. Następnie obliczono pobranie fosforu i siarki z plonem rośliny testowej. W warunkach stosowania ¹⁵N wystąpiło zmniejszenie plonu, zawartości fosforu w biomacie kolejnych pokosów rutwicy wschodniej i w kolejnych latach badań oraz zmniejszenie pobrania fosforu i siarki z plonem. Zawartość siarki zwiększała w pierwszych kolejnych pokosach rutwicy. W kolejnych latach badań oznaczano w glebie mniejszą zawartość fosforu i siarki.

Słowa kluczowe: nawożenie ¹⁵N, rutwica wschodnia, plon, fosfor, siarka, pobranie P i S z plonem rutwicy, gleba

WSTĘP

Rutwica wschodnia jest rośliną wieloletnią, bobowatą o dużych zdolnościach i możliwościach biologicznej redukcji azotu cząsteczkowego, średnio 379,7 kg N·ha⁻¹ (Broos i in. 2005, Symanowicz i in. 2005, Trabelsi i in. 2009). Ta cecha wskazuje na wysoką opłacalność i możliwość jej uprawy na cele paszowe. Rutwicę można wykorzystywać jako paszę dla zwierząt i drobiu, w formie zielonki, siana, suszu, kiszonki i koncentratu białkowego (Jamroz i in. 2001,

Raig i in. 2001). Jest ona bogatym źródłem makro- i mikroelementów (Kalembasa i Symanowicz 2010, Symanowicz i in. 2004, Symanowicz i Kalembasa 2010, 2012) oraz dobrym przedplonem dla roślin następczych (Mazur i Mazur 2010). Przeprowadzone w środkowo-wschodniej Polsce wielokierunkowe badania dotyczące adaptacji rutwicy wschodniej wykazały, że rutwica może być uprawiana w warunkach klimatyczno-glebowych wschodniej Polski.

Spośród makroskładników fosfor i siarka odgrywa istotną rolę w żywieniu zwierząt, a optymalna ich zawartość w paszy decyduje o jej jakości. Fosfor i siarka są elementami strukturalnymi roślin, biorą udział w podziale komórek, fotosyntezie, oddychaniu, metabolizmie tłuszczowym i przemianach azotowych. Niedobór tych składników często obserwuje się u roślin bobowatych Grzegorzczuk i in. (2001), Jamroz i in. (2001). Duża zmienność w zawartości fosforu i siarki w czasie wzrostu i rozwoju roślin zmusza do monitorowania zawartości tych pierwiastków w roślinie i w glebie. Pasza dobrej jakości powinna zawierać 3 g·kg⁻¹s.m. fosforu i 3,2-3,4 g·kg⁻¹s.m. siarki (Hołubowicz-Kliza 2009). Niedostateczna zawartość fosforu w paszy może powodować zaburzenia w wapnieniu kości, zahamować wzrost, obniżyć płodność i mleczność krów (Hołubowicz-Kliza 2009). Przy nawożeniu azotowym należy monitorować stosunek azotu do siarki, który nie może być większy niż 12-15 : 1. Siarka pobrana przez system korzeniowy jest redukowana w liściach do cysteiny w wyniku 4-etapowych przemian biochemicznych (Scherer 2001). Przy dostatecznym zaopatrzeniu w siarkę pobrany jon SO₄²⁻ odkładany jest w wakuolach liści i uwalniany w warunkach przedłużonego niedoboru siarki (Blade-Kalff i in. 1998). Rośliny bobowate, w tym również rutwica wschodnia, mają duże wymagania w stosunku do siarki. Dobre zaopatrzenie w siarkę obniża poziom azotanów i amidów w roślinie, zaś niedobór siarki w paszy prowadzi do obniżenia syntezy białek.

Prowadzenie wielokierunkowych badań nawozowych (w tym również z wykorzystaniem ¹⁵N do określenia ilości azotu biologicznie zredukowanego przez rutwicę wschodnią) było przyczynkiem do określenia zmian w plonowaniu, zawartości fosforu i siarki w biomase rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) i w glebie oraz pobraniu badanych składników z plonem biomasy rośliny testowej w warunkach nawożenia siarczanem amonu w formie ¹⁵(NH₄)₂SO₄.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe trzyletnie przeprowadzono na wieloletniej plantacji rutwicy wschodniej. Badania prowadzono na poletkach doświadczalnych Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach (52°17'N, 22°28'E). Gleba, na której uprawiano rutwicę, wytworzona była z piasku gliniastego (LS) i charakteryzowała się odczynem obojętnym (pH 6,9 w 1mol KCl·dm⁻³). Azot ¹⁵N o wzbo-

gaceniu 10,3 at % (at % ^{15}N wzbogacenia – atomowy procent wzbogacenia określiła wzbogacenie izotopem ^{15}N w stosunku do ilości azotu ^{15}N zawartego w powietrzu, która wynosi 0,3663 % ^{15}N) stosowano w formie $^{15}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ w ilości 1,66 g na m^2 wczesną wiosną). Nie stosowano nawożenia fosforowo-potasowego ze względu na wysoką zasobność gleby w przyswajalny fosfor i potas – 80 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{P}$ i 140 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{K}$).

W każdym roku badań zbierano trzy pokosy rośliny testowej w fazie pąkowania. Podczas zbioru kolejnych pokosów zielonej masy rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) pobierano próbki całych roślin rutwicy, które następnie wysuszono i rozdrobniono. Próbki gleby z poziomu próchnicznego pobierano po każdym pokosie, następnie suszono i przesiano przez sito o średnicy oczek 1 mm. Całkowitą zawartość fosforu i siarki w roślinie i w glebie oznaczono metodą ICP-AES na spektrometrze emisyjnym (firmy Perkin Elmer model Optima 3200 RL) z indukcyjnie wzbudzoną plazmą (Szczepaniak 2005). Roztwory analityczne, uzyskano po mineralizacji rośliny testowej oraz gleby w piecu muflowym, nastawionym na postępujące zwiększanie temperatury do 450°C, rozłożeniu węglanów i wydzieleniu krzemionki za pomocą rozcieńczonego HCl (1:1). Następnie po odparowaniu na łożni piaskowej uzyskane chlorki przeniesiono do kolb miarowych w 10% roztworze HCl.

Wyniki opracowano statystycznie wykorzystując dwuczynnikową analizę wariancji (ANOVA), a istotne różnice obliczono wykorzystując test Tukey'a przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. W celu określenia zależności pomiędzy plonem rutwicy wschodniej, zawartością P i S a pobraniem z plonem rośliny testowej analizowanych pierwiastków obliczono współczynniki korelacji prostej (pakiet STATISTICA PL 10.1; StatSoft).

WYNIKI I DYSKUSJA

Średni plon suchej masy rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) nawożonej $^{15}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ wynosił 8,77 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 1). Obliczenia statystyczne wykazały istotny wpływ pokosów i lat badań oraz ich współdziałania na plonowanie rośliny testowej. Istotnie największy średni i sumaryczny plon suchej masy rośliny testowej uzyskano dla I pokosu oraz w pierwszym roku badań. Plon rutwicy wschodniej zebranej z II i III pokosem był mniejszy (odpowiednio o 57 i 79%) w odniesieniu do I pokosu. Podobne zależności odnotowano w badaniach (Raig i in. 2001, Symanowicz i Kalembasa 2010). W kolejnych latach uprawy nastąpiło istotne obniżenie plonu suchej masy rutwicy.

Analiza korelacji wykazała istotną dodatnią zależność pomiędzy plonami suchej masy rutwicy zebranymi w kolejnych pokosach i plonami jakie uzyskano

w kolejnych latach badań ($r = 0,99$). Największe średnie ($5,33 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) oraz sumaryczne ($15,99 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) plony rośliny testowej zebrano z pierwszym pokosem i w pierwszym roku badań ($10,92 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Plony rutwicy zebranej w kolejnych pokosach i kolejnych latach badań były mniejsze w odniesieniu do pierwszego pokosu i pierwszego roku badań.

Zawartość fosforu oznaczona w roślinie testowej nawożonej $^{15}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ wynosiła średnio od 2,05 do 3,08 dla kolejnych pokosów i od 2,33 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$ do 2,61 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$ (tab. 2) w kolejnych latach badań. Istotnie największą zawartość fosforu oznaczono w rutwicy wschodniej zebranej w I pokosie ($3,08 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$) oraz w pierwszym roku prowadzenia badań ($3,46 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$).

Tabela 1. Plon suchej masy rutwicy wschodniej ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)
Table 1. The yield of dry matter of eastern galega (t ha^{-1})

Pokosy – Cuts	Lata badań – Research years			Średnia – Mean	Suma – sum
	1	2	3		
I	7,72	5,57	2,70	5,33	15,99
II	2,76	1,40	2,73	2,30	6,89
III	0,44	1,34	1,66	1,15	3,44
Suma – Sum	10,92	8,31	7,09	8,77	26,32

$\text{NIR}_{0,05} - \text{LSD}_{0,05}$ dla – for: pokosów – cuts 0,08; lat badań – research years 0,08; współdziałania: pokosy x lata badań – interaction : cuts x research years 0,14.

Tabela 2. Zawartość fosforu ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$) w rutwicy wschodniej
Table 2. The content of phosphorus ($\text{g kg}^{-1}\text{d.m.}$) in eastern galega

Pokosy – Cuts	Lata badań – Research years			Średnia – Mean
	1	2	3	
I	3,46	2,70	3,09	3,08
II	2,31	1,43	2,41	2,05
III	1,56	2,86	1,58	2,25
Średnia – Mean	2,44	2,33	2,61	2,46

$\text{NIR}_{0,05} - \text{LSD}_{0,05}$ dla – for: pokosów – cuts 0,08; lat badań – research years 0,08; współdziałania: pokosy x lata badań – interaction : cuts x research years 0,14.

Duża ilość opadów w okresie wegetacji w drugim roku badań (1 rok – 268,8 mm; 2 rok – 359,2 mm; 3 rok – 309,1 mm) wpłynęła na obniżenie pobrania fosforu przez rutwicę wschodnią. Uzyskane wyniki w pierwszym i drugim roku badań dla I pokosu rośliny testowej ukształtowały się na poziomie optymalnej zawartości

fosforu w paszy jako zielonce lub sianie z roślin bobowatych (Jamroz i in. 2001). Podobne wyniki uzyskano we wcześniejszych badaniach Kalembasy i Symanowicz (2008) oraz Symanowicz i Kalembasy (2004, 2010). Grzegorzczuk i in. (2001) wskazują, że w uprawie roślin w monokulturach mogą wystąpić niedobory fosforu w roślinach (zawartość poniżej $2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$).

Źródłem fosforu dla rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) w prowadzonych badaniach były rezerwy glebowe. Całkowita zawartość fosforu w glebie poziomu próchnicznego nawożonej $^{15}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ w kolejnych latach badań kształtowała się w przedziale $0,63\text{-}0,75 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab. 3) i była istotnie zróżnicowana badanymi czynnikami i ich współdziałaniem. Podobne wyniki przedstawili w pracy Koper i in. (2004), analizując glebę pobraną z rizosfery i międzyrzędzi pszenicy ozimej. Najwięcej fosforu oznaczono w glebie pobranej po zbiorze II pokosu. W kolejnych latach prowadzenia doświadczenia zawartość fosforu w glebie istotnie się zmniejszała w odniesieniu do pierwszego roku badań. Uzyskane wyniki potwierdzają wysoką zawartość i dodatni bilans fosforu w glebie. Dodatni bilans fosforu w glebach Polski potwierdzono w pracy Czuby (2001) oraz Kopińskiego i Tujaka (2010).

Tabela 3. Zawartość fosforu całkowitego ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) w glebie
Table 3. The content of phosphorus ($\text{g} \text{ kg}^{-1} \text{ d.m.}$) in soil

Pokosy – Cuts	Lata badań – Research years			Średnia – Mean
	1	2	3	
I	0,76	0,61	0,53	0,64
II	0,75	0,70	0,66	0,70
III	0,73	0,65	0,70	0,69
Średnia– Mean	0,75	0,65	0,63	0,68

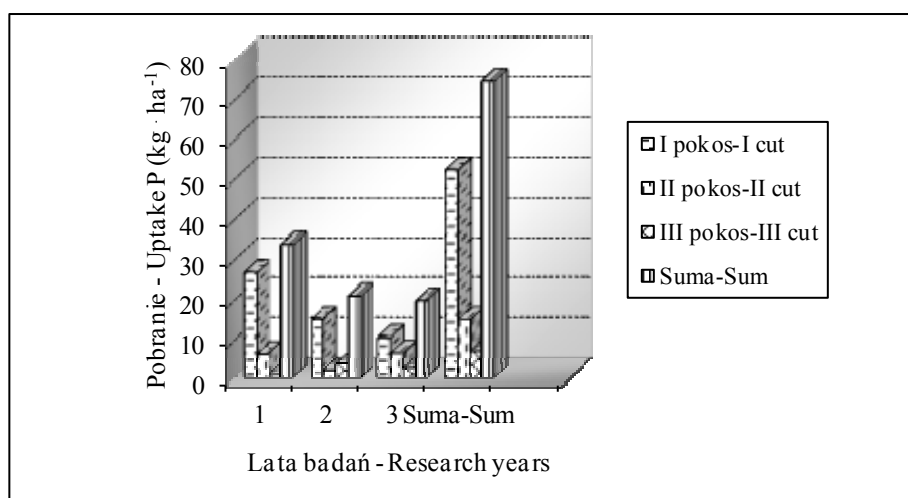
$\text{NIR}_{0,05} - \text{LSD}_{0,05}$ dla – for: pokosów – cuts 0,05; lat badań – research years 0,05; współdziałania: pokosy x lata badań – interaction : cuts x research years 0,08.

W trzecim roku badań odnotowano 19% spadek zawartości fosforu w stosunku do roku pierwszego. Systematyczne zmniejszanie zawartości fosforu w glebie w kolejnych latach badań związane było z wynoszeniem tego składnika z plonem rośliny testowej. Analiza statystyczna wykazała istotną zależność pomiędzy plonem rutwicy wschodniej w kolejnych latach badań a zawartością fosforu w glebie ($r = 0,99$). Obliczone współczynniki korelacji wskazują na istotną dodatnią zależność między zawartością fosforu w glebie a pobraniem fosforu ($r = 0,99$) oraz ujemną zależność pomiędzy zawartością fosforu w glebie pobranej po zbiorze kolejnych pokosów a zawartością P w glebie oznaczoną w kolejnych latach pro-

wadzenia doświadczenia ($r = -0,95$). Obliczone współczynniki korelacji wykazały istotną ujemną zależność między zawartością fosforu w rutwicy nawożonej $^{15}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ a zawartością fosforu w glebie.

Największe sumaryczne pobranie fosforu z plonem rutwicy wschodniej uprawianej na glebie obojętnej o wysokiej zasobności w przyswajalny fosfor obliczono dla pierwszych pokosów zebranych w kolejnych latach badań oraz dla sumy pokosów w pierwszym roku prowadzenia doświadczenia (rys. 1). Obliczone średnie pobranie fosforu (z trzech lat badań) z plonem rośliny testowej, wynoszące $24,79 \text{ kg P ha}^{-1}$, jest dobrym wskaźnikiem intensywności produkcji roślinnej.

Uzyskane w badaniach własnych wyniki, dotyczące średniego pobrania fosforu przez rutwicę wschodnią ($24,79 \text{ kg P ha}^{-1}$) są 2-krotnie wyższe od przedstawionych w pracy Goska (2001) dla środkowo-wschodniego makroregionu agroeconomicznego. Obliczone współczynniki korelacji prostej wykazały istotną zależność pomiędzy plonem rutwicy w kolejnych pokosach a pobraniem fosforu z plonem kolejnych pokosów ($r = 0,99$) oraz plonem uzyskanym w poszczególnych latach i pobraniem z plonem w kolejnych latach badań ($r = 0,97$).



Rys. 1. Pobranie fosforu (kg ha^{-1}) z plonem rutwicy wschodniej

Fig. 1. Uptake of phosphorus (kg ha^{-1}) in the yield of eastern galega

Zawartość siarki w suchej masie rutwicy wschodniej nawożonej ^{15}N wynosiła od 1,04 do 1,88 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 4) i kształtowała się na niskim poziomie (Jamroz i in. 2001).

W suchej masie II pokosu rutwicy nawożonej $^{15}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ oznaczono istotnie większe ilości siarki w porównaniu z I pokosem, co było związane z koncentracją

tego składnika w mniejszym plonie II pokosu. Plon II pokosu był ponad 2-krotnie mniejszy w odniesieniu do I pokosu w pierwszym i drugim roku badań. Wzrastająca zawartość siarki w roślinie testowej w kolejnych latach badań wynikała z wprowadzenia do gleby azotu ^{15}N w formie $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Była to jednak niewystarczająca ilość dla utrzymania prawidłowego stosunku N : S w paszy. Duża zawartość azotu w rutwicy wschodniej, średnio $37,4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$ (Kalembasa i Symanowicz 2010), wpłynęła na rozszerzenie stosunku N : S do poziomu 26 : 1.

Tabela 4. Zawartość siarki ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$) w rutwicy wschodniej

Table 4. The content of sulphur ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{d.m.}$) in eastern galega

Pokosy – Cuts	Lata badań – Research years			Średnia – Mean
	1	2	3	
I	0,96	0,80	1,35	1,04
II	1,37	2,22	2,05	1,88
III	1,25	1,17	0,85	1,23
Średnia – Mean	1,19	1,40	1,42	1,38

$\text{NIR}_{0,05} - \text{LSD}_{0,05}$ dla – for: pokosów – cuts 0,11; lat badań – research years 0,11; współdziałania: pokosy x lata badań – interaction : cuts x research years 0,19.

Tabela 5. Zawartość siarki całkowitej ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$) w glebie

Table 5. The content of sulphur ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{d.m.}$) in soil

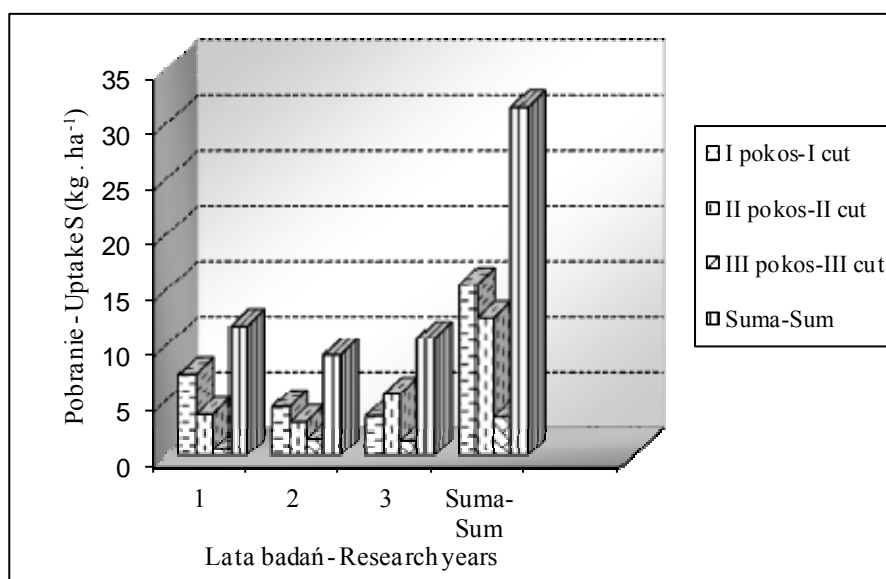
Pokosy – Cuts	Lata badań – Research years			Średnia – Mean
	1	2	3	
I	0,35	0,31	0,30	0,32
II	0,37	0,30	0,29	0,32
III	0,38	0,29	0,32	0,33
Średnia – Mean	0,37	0,30	0,30	0,32

$\text{NIR}_{0,05} - \text{LSD}_{0,05}$ dla – for: pokosów – cuts n.i.; lat badań – research years 0,01; współdziałania: pokosy x lata badań – interaction : cuts x research years 0,02.

Zawartość siarki, którą oznaczono w poziomie próchnicznym przy nawożeniu $^{15}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, mieściła się w przedziale od 0,30 do 0,37 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$ i kształtowała się na niskim poziomie (tab. 5). Największe ilości tego pierwiastka oznaczono po zbiorze III pokosu rutwicy wschodniej (0,33 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$) oraz w pierwszym roku badań (0,37 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$). Analiza wariancji wykazała istotne zmniejszenie zawartości siarki w glebie w drugim roku prowadzenia badań. Gleby orne Wysoczyzny

Siedleckiej analizowane w badaniach Pakuły i Kalembasy (2012) charakteryzowały się mniejszą ogólną zawartością siarki (0,076-0,106 g·kg⁻¹s.m.).

Czynniki badawcze różnicowały pobranie siarki z plonem rutwicy wschodniej nawożonej ¹⁵N (rys. 2). Największe pobranie siarki obliczono dla I pokosu i w pierwszym roku badań. Pobranie siarki z plonem suchej masy rutwicy wschodniej było skorelowane z zawartością analizowanego pierwiastka oraz uzyskanym plonem ($r = 0,86$).



Rys. 2. Pobranie siarki (kg ha⁻¹) z plonem rutwicy wschodniej

Fig. 2. Uptake of sulphur (kg ha⁻¹) in the yield of eastern galega

WNIOSKI

1. W warunkach stosowania azotu ¹⁵(NH₄)₂SO₄ obserwowano spadek plonu kolejnych pokosów rutwicy wschodniej i plonu w kolejnych latach prowadzenia doświadczenia oraz zmniejszenie pobrania fosforu i siarki.
2. Zawartość fosforu w kolejnych pokosach rośliny testowej zmniejszała się, a siarki zwiększała w odniesieniu do pierwszego pokosu.
3. W kolejnych latach badań zawartość fosforu i siarki w glebie ulegała zmniejszeniu.
4. Istnieje konieczność dodatkowego nawożenia siarką rutwicy wschodniej w warunkach zwiększonej biologicznej redukcji azotu cząsteczkowego.

PIŚMIENNICTWO

- Blade-Kalff M. M. A., Harrison K.R., Hawkesford M.J., Zhao F.J., McGrath S.P., 1998. Distribution of sulphur within oilseed rape leaves in response to sulphur deficiency during vegetative growth. *Plant Physiol.*, 118, 1337-1344.
- Brooks K., Beyens H., Smolders E., 2005. Survival of rhizobia in soil is sensitive to elevated zinc in the absence of the host plant. *Soil Biol. and Biochem.*, 37, 573-579.
- Czuba R., 2001. Fosfor we współczesnych krajowych systemach nawożenia. *Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Chemia*, 888, 80-85.
- Gosek S., 2001. Regionalne zróżnicowanie bilansu i zawartości przyswajalnego fosforu w glebach Polski. *Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Chemia*, 888, 210-214.
- Grzegorzczak S., Bernatowicz T., Alberski J., 2001. Zawartość fosforu w wybranych gatunkach roślin motylkowatych. *Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Chemia* 888, 210-214.
- Hołubowicz-Kliza G., 2009. Nieinfekcyjne czynniki chorobotwórcze. *Wyd. IUNG-PIB Puławy*, 158, 20-38.
- Jamroz D., Buraczewski S., Kamiński J., 2001. Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo. Cz. 1 Fizjologiczne i biochemiczne podstawy żywienia zwierząt. *Wyd. Nauk. PWN. W-wa*.
- Kalembasa S., Symanowicz B., 2008. Zmiany zawartości fosforu całkowitego w glebie i rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) pod wpływem nawożenia mineralnego NPKCa. *Prace Nauk. Uniw. Ekonom. we Wrocławiu, Chemia*, nr 4 (1204), 115-121.
- Kalembasa S., Symanowicz B., 2010. Quantitative abilities of biological nitrogen reduction for *Rhizobium galegae* cultures by goat's rue. *Ecol. Chem. and Engin.*, A. 17(7), 757-764.
- Koper J., Lemanowicz J., Igras J., 2004. Wpływ nawożenia obornikiem i azotem mineralnym na zawartość wybranych form fosforu oraz aktywność fosfatazową. *Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Chemia*, 1017, 41-51.
- Kopiński J., Tujaka A., 2010. Bilans azotu, fosforu i potasu w rolnictwie polskim w latach 2005-2009. *Nawozy i Nawożenie*, 41, 120-132.
- Mazur T., Mazur Z., 2010. Współczesne problemy zrównoważonego nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 556, 873-878.
- Pakuła K., Kalembasa D., 2012. Makroelementy w glebach ornych Wysoczyzny Siedleckiej. *Acta Agrophysica*, 19(4), 803-814.
- Raig H., Nõmmsalu H., Meripõld H., Metliskaja J., 2001. Fodder *Galega*. *Mon. ERIA Saku*.
- Scherer H.W., 2001. Sulphur in crop production invited paper. *European J. of Agron.*, 14, 81-111.
- Symanowicz B., Appel Th., Kalembasa S., 2004. „Goat's rue” (*Galega orientalis* Lam.) – a plant with many agricultural uses. Part II. The influence of inoculation on the seed of *Galega orientalis* vis-à-vis the content of their macroelements and mutual ratios., *Polish J. Soil Sci.*, XXXVII(1), 11-20.
- Symanowicz B., Kalembasa S., 2010. Wpływ nawożenia fosforowo-potasowego na plon i zawartość makroelementów w biomacie rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.). *Fragm. Agron.*, 27(1), 177-185.
- Symanowicz B., Kalembasa S., 2012. Effect of iron, molybdenum and cobalt on the amount of nitrogen biologically reduced by *Rhizobium galegae*. *Ecol. Chem. Eng.*, A, 19(11), 1311-1320.
- Symanowicz B., Pała J., Kalembasa S., 2005. Wpływ procesu biologicznej redukcji N₂ na pobranie azotu przez rutwicę wschodnią (*Galega orientalis* Lam.), *Acta Sci. Pol. Agricult.*, 4(2), 93-99.
- Szczepaniak 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. *Let., in App., Microbiol.*, 48, 355-361.

EFFECT OF ^{15}N FERTILISATION ON THE YIELDING AND PHOSPHORUS
AND SULPHUR CONTENTS IN EASTERN GALEGA
(*GALEGA ORIENTALIS* LAM.) AND SOIL

*Barbara Symanowicz, Stanisław Kalembasa, Dawid Jaremko,
Wojciech Skorupka*

Department of Soil Science and Agricultural Chemistry
University of Natural Sciences and Humanities in Siedlce
ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce
e-mail: barbara.symanowicz@uph.edu.pl

Abstract. A three-year field experiment was conducted in the experimental site belonging to the Siedlce University of Natural Sciences and Humanities. Nitrogen ^{15}N at 10.3% enrichment was applied in the form of $^{15}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ at the amount of 1.66 g per 1 m² in early spring. In each year of the study three cuts of the test plant were harvested at the stage of budding. The total content of P and S in the plant and soil was determined by emission spectrophotometry with inductively coupled plasma (ICP – AES). The uptake of phosphorus and sulphur with the yield of the test plant was then calculated. Under the conditions of ^{15}N application there was a reduction in the yield and in phosphorus content in the biomass of successive cuts of eastern galega and in the subsequent years of the study, and a reduction of phosphorus and sulphur uptake with the yield. The sulphur content increased in the consecutive cuts with respect to the first cut. In the subsequent years of the study decreased levels of phosphorus and sulphur were assayed in the soil.

Keywords: fertilisation ^{15}N , eastern galega, yield, phosphorus, sulphur, uptake of P and S in the galega yield, soil