

BARBARA SYMANOWICZ¹
STANISŁAW KALEMBASA¹
MATEUSZ NIEDBAŁA^{1, 2}

¹ Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny, Siedlce

^{1, 2} Studia doktoranckie, Wydział Przyrodniczy, Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny, Siedlce

Wpływ nawożenia azotowego rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) na plon biomasy oraz zawartość w niej fosforu i siarki

Effect of the nitrogen fertilization on eastern galega's (*Galega orientalis* Lam.) biomass, phosphorus and sulphur contents

W pracy przedstawiono zmiany w plonowaniu, zawartości oraz pobraniu fosforu i siarki przez rutwicę wschodnią. Doświadczenie polowe prowadzono na polu doświadczalnym należącym do Uniwersytetu Przyrodniczo — Humanistycznego w Siedlcach. W badaniach uwzględniono trzy obiekty ze zróżnicowanym nawożeniem azotowym (N₃₄, N₆₈, N₁₀₂). W każdym roku prowadzenia badań zbierano trzy pokosy rutwicy w fazie pąkowania. Całkowitą zawartość fosforu i siarki w roślinie i w glebie oznaczono na spektrofotometrze emisyjnym z plazmą wzbudzaną indukcyjnie (ICP-AES). Obliczono pobranie analizowanych pierwiastków z plonem suchej masy rośliny testowej. Azot zastosowany w kolejnych dawkach istotnie wpłynął na zmniejszenie plonu, zawartości i pobrania fosforu przez rutwicę wschodnią. Zastosowane nawożenie azotowe istotnie zróżnicowało zawartość siarki w suchej masie rutwicy wschodniej. Najwięcej siarki oznaczono w roślinie testowej nawożonej dawką N₁₀₂. Największe ilości siarki z plonem pobrała rutwica nawożona dawką N₃₄. W glebie pobranej z obiektu N₃₄ oznaczono najwięcej fosforu i siarki.

Słowa kluczowe: azot, plon, fosfor, siarka, rutwica wschodnia, pobranie, gleba

The article presents changes in yielding, in phosphorus and sulphur contents and uptake in eastern galega biomass and soil. Field test was carried out in the experimental field belonging to the University of Natural Sciences and Humanities in Siedlce. The tests included three objects with different nitrogen fertilization. During each year of the tests three cuts of the test plant in budding stage were harvested. The total P and S contents in the plant and soil was determined using inductively coupled plasma-atomic emission spectrometer (ICP — AES). The uptake of the elements with the crop of dry mass of the test plant was calculated. Nitrogen had significant influence on the decrease on the yield, phosphorus content and uptake in eastern galega biomass. The nitrogen fertilization significantly differentiated the content of sulphur in the dry matter of the eastern galega.

The biggest amount of sulphur was detected in a test plant fertilized with dose N₁₀₂. The highest uptake with crop was observed for eastern galega fertilized with N₃₄. The highest content of phosphorus and sulphur was found in soil taken from the N₃₄ object.

Key words: nitrogen, yield, phosphorus, sulphur, eastern galega, uptake, soil

WSTĘP

W ostatnich latach w Polsce obserwuje się coraz większe zainteresowanie nowymi gatunkami roślin uprawnych. Przeprowadzone na Podlasiu wielokierunkowe badania dotyczące adaptacji rutwicy wschodniej wskazują na możliwość jej uprawy. Jest to roślina wieloletnia, bobowata pochodząca z Kaukazu. Może być wykorzystywana jako pasza dla zwierząt, drobiu w formie zielonki, siana, suszu, kiszonki i koncentratu białkowego. Jest bogatym źródłem makro- i mikroelementów (Ignaczak, 1997; Kalembasa i Symanowicz, 2010; Raig i in., 2001; Symanowicz i Kalembasa, 2004, 2010, 2012). Może być również uprawiana na nasiona (Sowiński i Możdżeń, 2007). Rutwica wschodnia po wieloletniej uprawie może być dobrym przedplonem dla pszenicy ozimej (Ignaczak i Szczepanek, 2005). Wśród 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, przemianach azotowych, a ich niedobór często obserwuje się u roślin bobowatych (Grzegorzczak i in., 2001; Jamroz i in., 2001).

W związku z brakiem infekcji nasion i gleby bakteriami *Rhizobium galegae*, które w największym stopniu decydują o procesie biologicznej redukcji N₂, przeprowadzono badania, których celem była ocena wpływu nawożenia azotowego na plonowanie, zawartość i pobranie fosforu i siarki przez rutwicę wschodnią (*Galega orientalis* Lam.) oraz zawartość analizowanych pierwiastków w glebie.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2005–2007 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. Azot stosowano w formie saletry amonowej w dawkach N₃₄, N₆₈, N₁₀₂. Nawożenie N₃₄, N₆₈, N₆₈ stosowano wczesną wiosną, a dawkę uzupełniającą 34 kg N·ha⁻¹ na trzecim obiekcie po I pokosie. W związku z wysoką zasobnością gleby w przyswajalny fosfor i potas (80 mg·kg⁻¹P i 140 mg·kg⁻¹K) nie stosowano nawożenia tymi składnikami.

Dane dotyczące opadów i temperatur powietrza w sezonach wegetacyjnych 2005–2007 podano w tabeli 1. Średnia miesięczna temperatura w kolejnych okresach wegetacyjnych kształtowała się na zbliżonym poziomie (15°C do 15,8°C) i była znacznie wyższa w stosunku do danych z wielolecia. Średnia suma opadów w okresie wegetacji była niższa w odniesieniu do sumy wieloletniej. Tylko w 2006 roku była nieznacznie

wyższa (o 15,5 mm). Wynikało to z dużej ilości opadów w sierpniu, przekraczających 3-krotnie średnią z wielolecia.

Tabela 1

Warunki meteorologiczne w okresie prowadzenia badań 2005–2007. Dane z punktu pomiarowego w Siedlcach
Meteorological conditions during the studies 2005–2007. Reported by the measurement centre in Siedlce

Lata Years	Miesiące Months						Średnia Mean
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Temperatura powietrza (°C) — Air temperature (°C)							
2005	8,6	13,0	15,9	20,2	17,5	15,0	15,0
2006	8,4	13,6	17,2	22,3	18,0	15,4	15,8
2007	8,3	14,5	18,2	18,5	18,6	13,1	15,2
Średnia — Mean 1981–1995	7,7	10,0	16,1	19,3	18,0	13,0	11,4
Miesięczne sumy opadów (mm) — Total monthly rainfall (mm)							
2005	12,3	64,7	44,4	86,5	45,4	15,8	268,8
2006	29,8	39,6	24,0	16,2	227,6	22,0	359,2
2007	21,2	59,1	59,9	70,2	31,1	67,6	309,1
Średnia — Mean 1981–1995	52,3	50,0	68,2	45,7	66,8	60,7	343,7

W każdym roku badań zbierano trzy pokosy rośliny testowej w fazie pąkowania. Podczas zbioru kolejnych pokosów rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) pobierano próbki całych roślin rutwicy, wysuszono i rozdrobniono. Próbki glebowe pobierano po III pokosie, następnie wysuszono i przesiano przez sito o średnicy oczek 2 mm. Całkowitą zawartość fosforu i siarki w roślinie i w glebie oznaczono metodą ICP-AES (Szczepaniak, 2005). Roztwory analityczne, uzyskano po mineralizacji biomasy rośliny testowej oraz gleby w piecu muflowym, nastawionym na postępujące zwiększanie temperatury do 450°C, rozłożeniu węglanów, wydzieleniu krzemionki i uzyskaniu chlorków badanych kationów za pomocą rozcieńczonego HCl (1:1). Po odparowaniu nadmiaru HCl, zawartość tygla przeniesiono ilościowo do kolby miarowej o pojemności 100 cm³.

Wyniki oznaczeń opracowano statystycznie wykorzystując analizę wariancji trzyczynnikowej (ANOVA), a istotne różnice obliczono wykorzystując test Tukeya przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. W celu określenia zależności pomiędzy zawartością P i S a pobraniem z plonem rośliny testowej obliczono współczynniki korelacji prostej (pakiet STATISTICA PL 10.1; StatSoft). Istotność stwierdzonych korelacji określono przez porównanie wartości empirycznych z wartościami krytycznymi r przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Plon suchej masy rutwicy wschodniej zebranej z trzech pokosów, w kolejnych latach badań i przy zróżnicowanym nawożeniu azotowym przedstawiono w tabeli 2.

Plon suchej masy rutwicy wschodniej ($t \cdot ha^{-1}$) nawożonej azotem
The yield of dry matter of eastern galega ($t \cdot ha^{-1}$) fertilized with nitrogen

Pokosy- Cuts (A)	Dawki N- N doses (C)	Lata badań Research years (B)			Średnia Mean	Suma Sum
		2005	2006	2007		
I	34	5,85	3,72	2,80	4,12	12,37
	68	4,62	3,58	1,84	3,35	10,04
	102	4,39	3,50	1,62	3,20	9,61
II	34	1,52	1,26	2,38	1,72	5,16
	68	1,27	0,81	1,97	1,35	4,05
	102	1,20	0,64	1,56	1,13	3,40
III	34	0,37	1,83	1,46	1,22	3,66
	68	0,37	1,16	0,90	0,81	2,43
	102	0,27	1,08	0,69	0,68	2,04
Suma Sum	34	7,74	6,81	6,64	7,06	21,19
	68	6,26	5,55	4,71	5,51	16,52
	102	5,85	5,22	3,87	4,85	14,55

NIR_{0,05} — LSD_{0,05}: pokosy — cuts (A) — 0,47; lata badań — research years (B) — 0,47; dawki N — N doses (C) — 0,47; współdziałanie — interaction (A×B) — 0,99; (C×A) — 0,99; (C×B) — 0,99

Obliczenia statystyczne wykazały istotne zmniejszanie plonu suchej masy rutwicy zebranej w kolejnych pokosach, latach badań i pod wpływem wzrastających dawek azotu mineralnego. Na podstawie obserwacji własnych stwierdzono, że na poletkach nawożonych 68 i 102 kg azotu na hektar w formie saletry amonowej wystąpiło, zanikanie brodawek na korzeniach rutwicy wschodniej, a tym samym zmniejszone było wiązanie N₂. Uzyskane wyniki wykazały zbędność nawożenia rutwicy dawką powyżej 34 kg N·ha⁻¹. Potwierdzają ten fakt badania innych autorów, według których rośliny bobowate powinno się nawozić azotem mineralnym w dawce 20–30 kg N·ha⁻¹ (Kalembasa, 1995; Raig i in., 2001), pod warunkiem, że nasiona lub glebę zainfekuje się odpowiednim szczepem bakterii posiadających zdolność wiązania azotu atmosferycznego.

Zawartość fosforu w rutwicy nawożonej azotem przedstawiono w tabeli 3. Badane czynniki (pokosy, lata badań, dawki azotu) istotnie różnicowały zawartość fosforu w analizowanej roślinie. Zawartość fosforu w rutwicy wschodniej zebranej w II pokosie była mniejsza o 36,3%, a w III pokosie o 26,8%, w odniesieniu do zawartości oznaczonej w roślinie testowej z I pokosu. W kolejnych latach badań odnotowano istotne zwiększanie zawartości fosforu w roślinie testowej. Wzrastające dawki azotu w formie saletry amonowej wpłynęły na zmniejszenie zawartości fosforu w suchej masie rutwicy (o 1,9% i o 5,3%) w odniesieniu do zawartości oznaczonej w roślinie testowej nawożonej dawką N₃₄. Podobne tendencje zmian zawartości fosforu przedstawiono w pracy Ignaczaka (1997). Średnia zawartość siarki w suchej masie rutwicy wschodniej nawożonej azotem 1,70 g·kg⁻¹s.m. (tab. 4). W suchej masie rutwicy II i III pokosu rutwicy oznaczono większe ilości siarki w porównaniu z I pokosem. Było to związane z koncentracją tego składnika w małym plonie. W drugim roku badań zawartość siarki w roślinie testowej zmniejszyła się o 36,9%, a w trzecim o 24,8% w odniesieniu do pierwszego roku badań. Obliczenia statystyczne wykazały istotne różnice pomiędzy zawartością siarki w rutwicy nawożonej dawką 68 kg N·ha⁻¹ i 102 kg N·ha⁻¹.

Tabela 3

Zawartość fosforu ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{s.m.}$) w biomacie rutwicy wschodniej nawożonej azotem
The content of phosphorus ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{d.m.}$) in biomass of eastern galega fertilized with nitrogen

Pokosy Cuts (A)	Dawki N N doses (C)	Lata badań Research years (B)			Średnia Mean
		2005	2006	2007	
I	34	3,44	3,24	3,43	3,37
	68	3,07	3,37	3,36	3,27
	102	3,11	2,83	3,42	3,12
Średnia — Mean		3,21	3,15	3,40	3,25
II	34	2,25	1,66	2,55	2,16
	68	2,08	1,59	2,42	2,03
	102	2,12	1,64	2,31	2,02
Średnia — Mean		2,15	1,63	2,43	2,07
III	34	1,83	3,00	2,25	2,36
	68	1,84	2,91	2,63	2,46
	102	1,52	2,77	2,68	2,32
Średnia — Mean		1,73	2,89	2,52	2,38
Średnia Mean	34	2,51	2,63	2,75	2,63
	68	2,33	2,62	2,80	2,58
	102	2,25	2,41	2,80	2,49
Średnia — Mean		2,36	2,56	2,78	2,57

NIR_{0,05} — LSD_{0,05}: pokosy — cuts (A) — 0,05; lata badań — research years (B) — 0,05; dawki N — N doses (C) — 0,05; współdziałanie — interaction (A×B) — 0,09; (C×A) — 0,09; (C×B) — 0,09

Tabela 4

Zawartość siarki ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{s.m.}$) w biomacie rutwicy wschodniej nawożonej azotem
The content of sulphur ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{d.m.}$) in biomass of eastern galega fertilized with nitrogen

Pokosy Cuts (A)	Dawki N N doses (C)	Lata badań Research years (B)			Średnia Mean
		2005	2006	2007	
I	34	1,55	0,86	1,64	1,35
	68	1,49	0,97	1,19	1,22
	102	1,51	0,96	1,45	1,31
Średnia — Mean		1,52	0,93	1,43	1,29
II	34	2,46	2,20	1,56	2,07
	68	2,57	2,09	1,35	2,00
	102	2,91	2,07	1,38	2,12
Średnia — Mean		2,65	2,12	1,43	2,07
III	34	2,32	1,04	1,65	1,67
	68	2,19	0,88	2,17	1,75
	102	2,29	1,06	2,14	1,83
Średnia — Mean		2,27	0,99	1,99	1,75
Średnia Mean	34	2,11	2,37	1,62	1,70
	68	2,08	2,31	1,57	1,66
	102	2,23	1,36	1,66	1,75
Średnia — Mean		2,14	1,35	1,61	1,70

NIR_{0,05} — LSD_{0,05}: pokosy — cuts (A) — 0,07; lata badań — research years (B) — 0,07; dawki N — N doses (C) — 0,07; współdziałanie — interaction (A×B) — 0,13; (C×A) — 0,13; (C×B) — n.i. — not significant

Największe sumaryczne pobranie fosforu z plonem rutwicy odnotowano dla I pokosu i w pierwszym roku prowadzenia doświadczenia (tab. 5). Zastosowanie zwiększonych

dawek azotu mineralnego ($68 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $102 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) powodowało systematyczne zmniejszanie pobrania fosforu przez roślinę testową (średnio o 24,3% i 33,9%).

Tabela 5

Pobranie fosforu ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) z plonem suchej masy rutwicy wschodniej nawożonej azotem
Uptake of phosphorus ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) with dry matter yield of eastern galega fertilized with nitrogen

Pokosy Cuts (A)	Dawki N N doses (C)	Lata badań Research years (B)			Suma Sum
		2005	2006	2007	
I	34	20,12	12,05	9,60	41,77
	68	14,18	12,06	6,18	32,42
	102	13,65	9,90	5,54	29,09
II	34	3,42	2,09	6,07	11,58
	68	2,64	1,29	4,77	8,70
	102	2,54	1,05	3,60	7,19
III	34	0,68	5,49	3,28	9,45
	68	0,68	3,37	2,37	6,42
	102	0,41	2,99	1,85	5,25
Suma Sum	34	24,22	19,63	18,95	62,80
	68	17,50	16,72	13,32	47,54
	102	16,60	13,94	10,99	41,53

Ilość siarki pobranej z plonem rutwicy wschodniej była zróżnicowana w kolejnych pokosach, latach badań i po zastosowaniu trzech dawek nawozów azotowych (tab. 6).

Tabela 6

Pobranie siarki ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) z plonem suchej masy rutwicy wschodniej nawożonej azotem
Uptake of sulphur ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) with dry matter yield eastern galega fertilized with nitrogen

Pokosy Cuts (A)	Dawki N N doses (C)	Lata badań Research years (B)			Suma Sum
		2005	2006	2007	
I	34	9,07	3,20	4,59	16,86
	68	6,88	3,47	2,19	12,54
	102	6,63	3,36	2,35	12,34
II	34	3,74	2,77	3,71	10,22
	68	3,26	1,69	2,66	7,61
	102	3,49	1,32	2,15	6,96
III	34	0,86	1,90	2,41	5,17
	68	0,81	1,02	1,95	3,78
	102	0,62	1,14	1,48	3,24
Suma Sum	34	13,67	7,87	10,71	32,25
	68	10,95	6,18	6,79	23,92
	102	10,74	5,82	5,98	22,54

Najwięcej siarki pobrała rutwica zebrana w I pokosie i w pierwszym roku badań. W przeprowadzonych badaniach wykazano duży wpływ wzrastających dawek azotu na pobranie siarki przez rutwicę. Po zastosowaniu $68 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ pobranie siarki z plonem rutwicy zmniejszyło się o 34,8%, a pod wpływem dawki $102 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ o 43,1% w stosunku do pobrania uzyskanego po zastosowaniu $34 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Pobranie siarki z plonem suchej masy rutwicy wschodniej było skorelowane z zawartością analizowanego

pierwiastka ($r = 0,96$) oraz z uzyskanym plonem ($r = 0,99$). Pobranie siarki z plonem rośliny testowej nawożonej azotem było dodatnio skorelowane z pobraniem fosforu ($r = 0,99$).

Całkowita zawartość fosforu oznaczona w glebie pobranej z poziomu próchnicznego była wysoka (tab. 7). Na taką samą zawartość fosforu w glebie i dodatni bilans fosforu wskazują badania Czuby (2000) oraz Kopińskiego i Tujaka (2010). Mniejsze ilości fosforu w glebie pobranej z rizosfery i międzyrzędzi oznaczyli Koper i in. (2004). W glebie pobranej z obiektów nawożonych kolejnymi wzrastającymi dawkami azotu oznaczono istotnie mniejsze ilości fosforu całkowitego. W kolejnych latach badań zawartość fosforu w glebie istotnie się zmniejszała w odniesieniu do pierwszego roku badań. W glebie pobranej po zakończeniu trzeciego roku badań odnotowano 11% spadek zawartości fosforu w stosunku do pierwszego roku badań.

Tabela 7

Zawartość fosforu całkowitego ($\text{g kg}^{-1}\text{s.m.}$) w glebie nawożonej azotem
The total phosphorus content ($\text{g kg}^{-1}\text{d.m.}$) in the soil fertilized with nitrogen

Dawki Dose $N_{\text{min.}}$ (A)	Lata badań Research years (B)			Średnia Mean
	2005	2006	2007	
34	1,18	1,10	1,04	1,11
68	1,14	0,97	1,04	1,05
102	1,01	1,00	0,92	0,98
Średnia Mean	1,11	1,02	1,00	1,04

$NIR_{0,05}$ — $LSD_{0,05}$: dawki $N_{\text{min.}}$ — dose (A) — 0,05; lata badań — research years (B) — 0,05; współdziałanie — interaction (A×B) — 0,08

Tabela 8

Zawartość siarki całkowitej ($\text{g kg}^{-1}\text{s.m.}$) w glebie nawożonej azotem
The total sulphur content ($\text{g kg}^{-1}\text{d.m.}$) in the soil fertilized with nitrogen

Dawki Dose $N_{\text{min.}}$ (A)	Lata badań Research years (B)			Średnia Mean
	2005	2006	2007	
34	0,58	0,51	0,70	0,60
68	0,50	0,46	0,71	0,56
102	0,53	0,49	0,40	0,47
Średnia Mean	0,54	0,49	0,60	0,54

$NIR_{0,05}$ — $LSD_{0,05}$: dawki $N_{\text{min.}}$ — dose (A) — n.i- not significant; lata badań — research years (B) — 0,05; współdziałanie — interaction (A×B) — n.i- not significant

Systematyczne zmniejszanie zawartości fosforu w glebie w kolejnych latach badań było związane było z wynoszeniem tego składnika z plonem rośliny testowej. Obliczone współczynniki korelacji wskazują na istotną dodatnią zależność między zawartością fosforu w glebie a plonem suchej masy rutwicy wschodniej ($r = 0,96$) oraz pobraniem fosforu ($r = 0,96$).

Średnia zawartość siarki, którą oznaczono poziomie próchnicznym nawożonym saletrą amonową wynosiła $0,54 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ i kształtowała się na niskim poziomie (tab. 8). Zawartość siarki w glebie zmieniała się istotnie w kolejnych latach prowadzenia badań. Obliczone współczynniki korelacji wykazały istotną ujemną zależność ($r = -0,99$) pomiędzy zawartością siarki oznaczoną w glebie nawożonej zróżnicowanymi dawkami azotu a zawartością siarki w roślinie.

WNIOSKI

1. Plon rutwicy wschodniej oraz pobranie fosforu i siarki zmniejszało się w kolejnych pokosach, latach badań i pod wpływem zwiększających dawek azotu.
2. Zawartość fosforu w kolejnych pokosach rośliny testowej zmniejszała się pod wpływem dawek azotu, natomiast siarki zwiększała się.
3. Nawożenie azotem w trzecim roku prowadzenia doświadczenia wpłynęło na zwiększenie całkowitej zawartości siarki w glebie.

LITERATURA

- Czuba R. 2001. Fosfor we współczesnych krajowych systemach nawożenia. Prace Nauk. Akadem. Ekonom. we Wrocławiu, Chemia 888: 144 — 150.
- Grzegorzczak S., Bernatowicz T., Alberski J. 2001. Zawartość fosforu w wybranych gatunkach roślin motylkowatych. Prace Nauk. Akadem. Ekonom. we Wrocławiu, Chemia 888: 210 — 214.
- 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. Postępów Nauk Rol. 468: 145 — 157.
- Ignaczak S., Szczepanek M. 2005. Wartość przedplonowi rutwicy wschodniej dla pszenicy ozimej. Zesz. Probl. Postępów Nauk Rol. 507: 245 — 251.
- Jamroz D., Buraczewski S., Kamiński J. 2001. Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo. Cz. 1 Fizjologiczne i biochemiczne podstawy żywienia zwierząt. Wyd. Nauk. PWN. Warszawa: 437 ss.
- Kalembasa S. 1995. Zastosowanie izotopów ^{15}N i ^{13}N w badaniach gleboznawczych i chemiczno-rolniczych. WNT, Warszawa: 252 s.
- 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 Nauk. Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Chemia 1017: 4 1 — 51.
- Kopiński J., Tujaka A. 2010. Bilans azotu, fosforu i potasu w rolnictwie polskim w latach 2005–2009. Nawozy i Nawożenie, 41: 120 — 132.
- Raig H., Nõmmsalu H., Meripõld H., Metliskaja J. 2001. Fodder Galega. Mon. ERIA Saku: 141.
- Sowiński J., Mozdzeń E. 2007. Wpływ terminu zbioru rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) na plon oraz wpływ metody skaryfikacji na jakość nasion. Biul. IHAR 246: 179 — 190.
- 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.
- Szczepaniak W. 2005. Metody instrumentalne w analizie chemicznej. PWN Warszawa; 165 — 168.
- Żarczyński P., Sienkiewicz P., Krzebietke S. 2008. Accumulation of macroelements in plants on newly established fallows. J. Elementol. 13 (3): 455 — 461.

