

BEATA GRYGIERZEC*, JAROSŁAW MIKOŁAJCZYK**¹

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

**Zakład Łąkarstwa, Instytut Produkcji Roślinnej*

***Zakład Ekonomiki i Organizacji Rolnictwa, Instytut Ekonomiczno-Społeczny*

EKONOMICZNA EFEKTYWNOŚĆ NAWOŻENIA SIARKĄ ŻYCICY MIESZAŃCOWEJ UPRAWIANEJ W MONOKULTURZE I W MIESZANCE Z KONICZYNĄ BIAŁĄ PRZY DWÓCH POZIOMACH NAWOŻENIA AZOTEM

Nadesłany 22.04.2015 Zaakceptowany do druku 03.06.2015

1. Wstęp

W ostatnich latach, wskutek podjętych działań proekologicznych, a także zmiany asortymentu nawozów w wielu krajach stwierdzono niedobory siarki w produkcji roślinnej [Stern 2005, 163-175; Morris 2007, 12-16]. W Polsce niedobór siarki w agroekosystemach występuje zwłaszcza w produkcji roślinnej o intensywnym nawożeniu azotem. W tej sytuacji zachodzi obawa, że stosowane tradycyjnie nawożenie NPK nie jest zbilansowane, a deficyt siarki może ograniczać wykorzystanie przez rośliny pozostałych składników, w tym przede wszystkim azotu [Lośák i in. 2000, 481-487]. Przyswajanie azotu przez rośliny jest ściśle związane z ich zaopatrzeniem w siarkę, gdyż przy stosowaniu wysokich dawek tego składnika jego wykorzystanie z nawozów oraz efektywność rolnicza i fizjologiczna są znacznie większe w warunkach nawożenia siarką [Podleśna 2005, 161-174].

W handlu dostępne są liczne rodzaje nawozów zawierających siarkę. Jednak ich agronomiczne znaczenie powinno być potwierdzone dla poszczególnych gatunków roślin, bowiem siarka w różnych nawozach może być różnie przyswajana przez rośliny. W nawozach organicznych siarka jest labilna i może być łatwo ługowana.

¹ Wkład pracy: Beata Grygierzec – 50%, Jarosław Mikołajczyk – 50%.

Natomiast bardziej stabilne formy siarki są zmineralizowane. Dlatego też, według Eriksena i in. [2001, 283-289], odchody zwierząt jako źródło siarki dla roślin mają niewielką wartość i nie mogą być uważane w praktyce za źródło tego pierwiastka, nawet wówczas gdy zawierają go znaczne ilości. Zdaniem Eriksena i Mortensena [2002, 283-289] nawet długoterminowe stosowanie odchodów zwierzęcych nie ma istotnego wpływu na poziom dostępnych form siarki dla roślin o krótkim okresie wegetacji. Dlatego według Blake-Kalffa i in. [2003, 5-25] należy stosować nawożenie mineralne siarką, chociaż ono nie może stać się rutynowym zabiegiem agrotechnicznym, lecz musi być poprzedzone testami diagnostycznymi.

Obecnie badania dotyczące ograniczania i zapobiegania niedoborom siarki skupiają się na ogół na gatunkach o dużym zapotrzebowaniu na ten składnik. Najwięcej badań prowadzi się na rzepaku [Lošák i Richter 2003, 160-168]. Mniej badań przeprowadzono na zbożach [Zhao i in. 2006, 369-377], a nieliczne tylko opracowania dotyczą roślin z rodzin bobowate (Fabaceae) [Sator i in. 2002, 1-4] oraz wiechlinowate (Poaceae) [Richards 1990, 8-9].

Z punktu widzenia praktyki kluczowe pytanie odnoszące się do nawożenia siarkowego skupia się na opłacalności tego działania. Pojedynczy rolnik musi być przekonany, że korzyści wynikające z zastosowanego działania przewyższą nakłady z nim związane. Stąd też w opracowaniu podjęto próbę oceny efektywności nawożenia siarkowego.

2. Cel i założenia metodyczne pracy

Celem badań jest ocena efektywności ekonomicznej nawożenia siarką użytków zielonych. Badania polowe przeprowadzono w południowej Polsce w Gnatowicach (50°11'51,3600" N i 20°10'36,4440" E, 220 m n.p.m.) koło Krakowa. Doświadczenie realizowano w latach 2011-2013 w układzie split-plot (rozszczipionych poletek) w czterech powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 12 m² (3 m x 4 m). Badaniami objęto życie mieszańcową (odmianę tetraploidalną Gala) uprawianą w monokulturze oraz w mieszance z koniczyną białą (odmianą Romana) w zasiewie po 50%.

Obiekty doświadczalne założono na czarnoziemie zdegradowanym wytworzonym z lessu. Właściwości chemiczne tej gleby w warstwie do 0-20 cm przedstawiały się następująco: pH_{KCl}-6,5; przyswajalne P-62,5; K-136,7 i Mg-54,9 mg·kg⁻¹; N-ogólny1,8; węgiel organiczny 24,7 g·kg⁻¹gleby.

Życie mieszańcową oceniano na tle zróżnicowanego nawożenia azotem w dawkach 50 i 100 kg N·ha⁻¹, stosowanych dwukrotnie: wczesną wiosną i po pierwszym pokosie, każda dawka aplikowana była w równych częściach, w formie saletry amonowej 34%. W nawożeniu stosowano także fosfor w ilości 35 kg

P \cdot ha⁻¹ w formie superfosfatu potrójnego (46% P₂O₅), jednorazowo wiosną. Potas był stosowany w ilości 83 kg K \cdot ha⁻¹ w postaci soli potasowej wysokoprocentowej (60% K₂O), w dwóch równych dawkach wczesną wiosną i po pierwszym pokosie.

W doświadczeniu polowym stosowano także nawożenie dolistnie siarką, gdzie uwzględniono następujące czynniki:

- czynnik I – rodzaj nawozu: Arysta siarka (80% S) oraz Pro-siarka S 800 SC (80% S),
- czynnik II – dawki siarki: 5, 10 i 15 kg S \cdot ha⁻¹.

Siarka w postaci nawozu płynnego Pro-siarka S 800 SC stosowana była jednorazowo przed ruszeniem wegetacji w trzech dawkach. Również siarka w formie nawozu Arysta siarka zastosowana była w trzech dawkach. Przy czym opryski roślin roztworami nawozu Arysta siarka wykonywano w następujących fazach wegetacji roślin, oznaczonych za pomocą kodów obowiązującej w UE skali BBCH [Adamczewski i Matysiak 2002, 134]:

- 5 kg S \cdot ha⁻¹ – dawka jednorazowa w fazie późnego krzewienia (BBCH: 26-29),
- 10 i 15 kg S \cdot ha⁻¹ – dawki dzielone na dwie równe części stosowane w następujących terminach: w fazie krzewienia (BBCH: 22-23) (5 i 7,5 kg S \cdot ha⁻¹) oraz na początku fazy strzelania w źdźbło (BBCH: 31-33) (5 i 7,5 kg S \cdot ha⁻¹).

W latach użytkowania prowadzono obserwacje polowe, w których wyceniano udział koniczyny białej przed zbiorem pierwszego pokosu metodą botaniczno-wagową Steblera–Schrötera.

Rośliny koszone 3-krotnie w sezonie wegetacyjnym. Zebraną biomasę zważono, następnie wysuszono 1 kg próbki w temperaturze 105°C do stałej wagi, w celu określenia zawartości suchej masy – metodą wagową. Uzyskane wyniki zawartości suchej masy przeliczono na powierzchnię 1 ha i przeanalizowano statystycznie za pomocą analizy wariancji, używając programu STATISTICA. Najmniej istotne różnice (NIR) dla parametrów nawożenia zostały zweryfikowane testem Tukeya przy poziomie istotności $\alpha=0,05$.

Ocena efektywności nawożenia siarką wymagała ustalenia wartościowego przyrostu produkcji oraz kosztów zastosowania nawożenia. Wartość produkowanej suchej masy określono wykorzystując ceny siana z traw oraz roślin motylkowych. Małopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego nie publikuje na swej stronie internetowej kalkulacji, a pozyskane z Małopolskiego ODR materiały informują jedynie o koszcie jednostkowym produkcji siana, bez podania jego ceny rynkowej. Stąd w opracowaniu przyjęto ceny pasz publikowane w kalkulacjach przez inne ośrodki (Dolnośląski Ośrodek Doradztwa Rolniczego, Warmińsko-Mazurski Ośrodek Doradztwa Rolniczego, Wielkopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego). Wykorzystano uśrednioną cenę wynoszącą w przypadku siana łąkowego 300 zł \cdot t⁻¹, a w przypadku

siana z koniczyny 450 zł·t⁻¹. Dla celów rachunku efektywności uwzględniono 14% zawartość wody w sianie. Wartość produkcji przeliczono z uwzględnieniem zawartości wody oraz składu botanicznego produkcji.

Ceny nawozu pozyskano od przedstawicieli handlowych drogą telefoniczną. Są to ceny detaliczne i wynoszą: preparat Arysta siarka 7,00 zł·kg⁻¹, preparat Pro-siarka 7,14 zł·kg⁻¹. Zbliżone ceny nawozów skutkują także zbliżonymi wartościami czystego składnika: w preparacie Arysta siarka 8,75 zł·kg⁻¹ S, w preparacie Pro-siarka 8,93 zł·kg⁻¹ S.

Wartości kosztów zastosowania nawożenia oraz zbioru dodatkowej produkcji mają charakter szacunkowy i przyjęto je za wycenę pracy sprzętu własnego wg szacunków Warmińsko-Mazurskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego. Koszty publikowane przez Warmińsko-Mazurski ODR były najbardziej zbliżone do kosztów zamieszczonych w niepublikowanych kalkulacjach Małopolskiego ODR. Koszt oprysku (zabiegu) przyjęto na poziomie 58,24 zł·h⁻¹, natomiast koszty związane ze zbiorem dodatkowej produkcji (prasowanie, załadunek, transport i rozładunek) przyjęto na poziomie 57,57 zł·t⁻¹ suchej masy. Koszty zastosowanego nawożenia obliczono z uwzględnieniem zaleceń producentów. Ze względu na wyższe rozcieńczenie preparatu Pro-siarka, są one wyższe po zastosowaniu tego nawozu (niezbędna większa liczba przejazdów, jeśli przyjmie się, że gospodarstwa rolnicze dysponują niewielkimi opryskiwaczami).

Do obliczenia efektywności ekonomicznej posłużono się metodyką proponowaną przez Manteuffela [1979, 137]:

$$\text{Efektywność} = \text{efekt} / \text{nakład}$$

Za efekt przyjęto wartość wzrostu produkcji. Za nakład przyjęto wzrost kosztów nawożenia siarką oraz kosztów związanych ze zbiorem dodatkowej produkcji. Zarówno wzrost efektów, jak i nakładów obliczano odejmując od analizowanego poziomu produkcji jej poziom bez nawożenia siarką.

Ze względu na różne reakcje produkcji na poziom nawożenia siarką określono także krańcową (przyrostową) efektywność nawożenia [Adamowski 1977, 70]:

$$\text{Efektywność krańcowa} = \Delta \text{efekt} / \Delta \text{nakład}$$

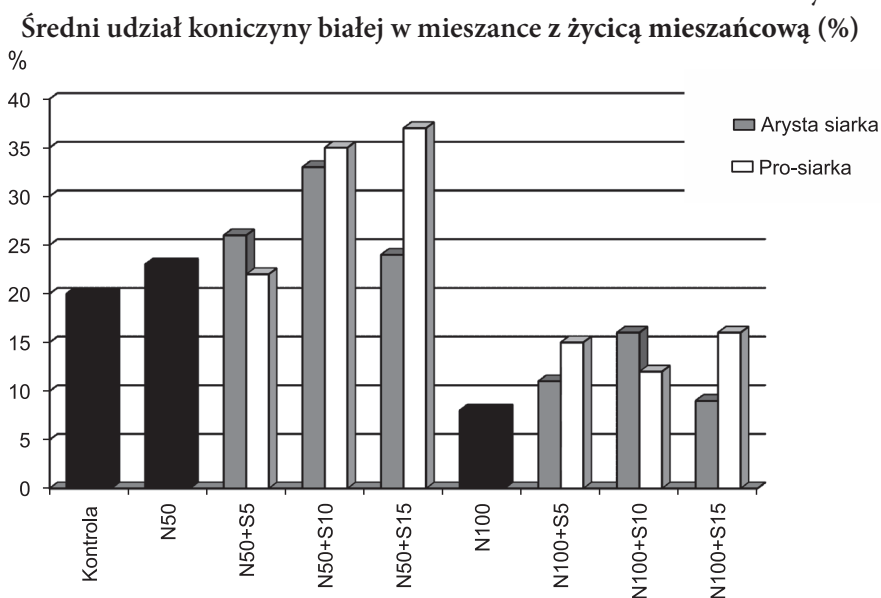
Efektywność krańcową obliczono odejmując od wartości analizowanego poziomu produkcji i nakładów, wartości dla niższego poziomu nawożenia.

3. Wyniki badań

Średni udział koniczyny białej w obiekcie kontrolnym bez nawożenia wynosił 20%, natomiast w obiektach z wyłącznym nawożeniem azotowym kształtował się na poziomie 23 i 8% (rysunek 1). Pod wpływem nawożenia 50 kg N·ha⁻¹ oraz S w for-

mie nawozu Arysta siarka średnia ilość koniczyny białej wahała się od 24 do 33%. Największy udział tej rośliny stwierdzono po zastosowaniu siarki w dawce 10 kg S·ha⁻¹. Z kolei pod wpływem niższego nawożenia azotem połączonego z nawozem Pro-siarka średnia ilość koniczyny białej w obiektach wahała się od 22 do 37%. Przy czym najwięcej koniczyny oznaczono w obiektach, gdzie stosowano 15 kg S·ha⁻¹ w połączeniu z 50 kg N·ha⁻¹. Po zastosowaniu azotu w dawce 100 kg N·ha⁻¹ i nawożenia siarką w formie Arysta siarka udział koniczyny białej kształtował się od 9 do 16%, a po zastosowaniu nawozu Pro-siarka, wahał się od 12 do 16%.

Rysunek 1



Źródło: Opracowanie własne.

Płonowanie życicy mieszańcowej uprawianej w monokulturze, jak i w mieszance z koniczyną białą w obiektach nawożonych wyłącznie azotem niezależnie od zastosowanej dawki było zróżnicowane (tabela 1). Zastosowane nawożenie azotowe w dawce 100 kg N·ha⁻¹ istotnie zwiększyło plonowanie życicy mieszańcowej w odniesieniu do nawożenia 50 kg N·ha⁻¹.

Po zastosowaniu łącznie azotu i siarki, zarówno w postaci nawozów Arysta siarka, jak i Pro-siarka stwierdzono wyraźny synergizm pomiędzy azotem i siarką, co znalazło odzwierciedlenie w plonowaniu roślin. Dodatni wpływ siarki na ilość suchej masy roślin wykazali również Zhao i in. [1999, 189-194] oraz Salvagiotti i Miralles [2008, 282-290].

Średni wzrost sumarycznych plonów suchej masy życicy mieszańcowej po zastosowaniu Arysta siarka i 50 kg N·ha⁻¹ w porównaniu do nawożenia 50 kg

$\text{N}\cdot\text{ha}^{-1}$, wahał się od 2,17 do 2,98 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$, z kolei po zastosowaniu nawozu Pro-siarka zawierał się w przedziale 2,85-4,01 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Dla porównania średni wzrost plonowania mieszanki życicy mieszańcowej i koniczyny białej po zastosowaniu Arysta siarka i 50 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ w odniesieniu do nawożenia 50 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, wynosił 1,89-3,15 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$, natomiast po zastosowaniu nawozu Pro-siarka wahał się od 3,05 t do 4,25 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Tabela 1

Średnie plony suchej masy, uzyskane w badanym okresie przy różnych poziomach nawożenia azotem oraz azotem i siarką – zaaplikowaną w formie dwóch różnych nawozów siarkowych

Poziom nawożenia w czystym składniku ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Siarka w formie nawozu:	Plon ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$):	
		życica mieszańcowa	mieszanka
N_{50}	–	6,79	7,85
N_{100}		13,1	13,0
$\text{N}_{50}+\text{S}_5$	Arysta siarka	9,36	9,74
$\text{N}_{50}+\text{S}_{10}$		9,77	11,0
$\text{N}_{50}+\text{S}_{15}$		8,96	10,1
$\text{N}_{100}+\text{S}_5$		14,6	15,4
$\text{N}_{100}+\text{S}_{10}$		15,1	16,1
$\text{N}_{100}+\text{S}_{15}$		14,0	15,8
$\text{N}_{50}+\text{S}_5$	Pro-siarka	10,0	10,9
$\text{N}_{50}+\text{S}_{10}$		9,64	11,1
$\text{N}_{50}+\text{S}_{15}$		10,8	12,1
$\text{N}_{100}+\text{S}_5$		14,6	15,4
$\text{N}_{100}+\text{S}_{10}$		14,9	16,3
$\text{N}_{100}+\text{S}_{15}$		15,3	16,5
$\text{NIR}_{1=0,05} - \text{LSD}_{1=0,05}$		1,91	1,61
Kontrola		3,02	3,39

Źródło: Opracowanie własne.

Z kolei średni wzrost sumarycznych plonów suchej masy życicy mieszańcowej po zastosowaniu zarówno Arysta siarka, jak i Pro-siarka w połączeniu z 100 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ i w odniesieniu do nawożenia azotem w dawce 100 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, zawierał się w przedziale od 0,90 do 2,20 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Dla mieszanki odnotowano również wzrost plonowania na poziomie 2,40-3,50 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ s.m. pod wpływem nawożenia azotem w dawce 100 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ połączonego z nawożeniem siarką w obu formach, w odniesieniu do nawożenia azotem w analogicznej dawce (100 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Nawożenie siarką badanych roślin powodowało wzrost ich plonowania (tabela 2). Produktywność nawożenia oceniana jest z uwzględnieniem różnicy w plonowaniu z zastosowaniem oraz bez zastosowania nawożenia. Efektywność rolni-

cza natomiast określa najczęściej wzrost produkcji (plonowania) w stosunku do zastosowanej zwiększonej porcji nawożenia.

Tabela 2

Efektywność rolnicza uzyskana w badanym okresie przy różnych poziomach nawożenia azotem oraz azotem i siarką – zaaplikowaną w formie dwóch różnych nawozów siarkowych

Poziom nawożenia w czystym składniku (kg·ha ⁻¹)	Siarka w formie nawozu:	Żyłca mieszańcowa			Mieszanka		
		Przyrost plonu (t·ha ⁻¹) w stosunku do nawożenia:					
		N ₀	N ₅₀	N ₁₀₀	N ₀	N ₅₀	N ₁₀₀
N ₅₀	-	3,77	X	X	4,88	X	X
N ₁₀₀		10,03	6,26	X	10,82	5,94	X
N ₅₀ +S ₅	Arysta siarka	6,34	2,57	X	6,72	1,84	X
N ₅₀ +S ₁₀		6,75	2,98	X	7,49	2,61	X
N ₅₀ +S ₁₅		5,94	2,17	X	7,15	2,27	X
N ₁₀₀ +S ₅		11,57	7,80	1,54	11,72	6,84	0,90
N ₁₀₀ +S ₁₀		12,05	8,28	2,02	12,32	7,44	1,50
N ₁₀₀ +S ₁₅		11,00	7,23	0,97	12,16	7,28	1,34
N ₅₀ +S ₅		Pro-siarka	7,01	3,24	X	6,78	1,90
N ₅₀ +S ₁₀	6,62		2,85	X	8,00	3,12	X
N ₅₀ +S ₁₅	7,73		3,96	X	8,46	3,58	X
N ₁₀₀ +S ₅	11,60		7,83	1,57	11,81	6,93	0,99
N ₁₀₀ +S ₁₀	11,84		8,07	1,81	12,03	7,15	1,21
N ₁₀₀ +S ₁₅	12,27		8,50	2,24	12,61	7,73	1,79

Źródło: Opracowanie własne.

Wzrost produkcji widoczny jest już w przypadku zastosowania w nawożeniu większych ilości azotu. Stąd z punktu widzenia oceny wpływu wyłącznie nawożenia siarką na wzrost plonów, konieczne jest porównanie ich poziomu do plonowania przy uwzględnieniu nawożenia azotowego, które ma decydujący wpływ na tę wartość. Większa reakcja plonowania roślin na nawożenie miała miejsce przy niższym poziomie nawożenia azotem (50 kg N·ha⁻¹). Nawożenia siarką niezależnie od zastosowanej dawki w połączeniu z nawożeniem azotem w dawce 50 kg na 1 ha skutkowało wyraźnym wzrostem plonu roślin. W uprawie żyłcy mieszańcowej odnotowano większy wzrost plonowania. Należy jednak zauważyć, że wyjściowy poziom plonów (bez nawożenia siarką) był w jej wypadku zdecydowanie niższy. Skala wzrostu plonów okazała się być uzależniona także od zastosowanego nawozu. Najwyższe plonowanie roślin uzyskano w obydwu uprawach przy nawożeniu siarką na poziomie 10 kg S na 1 ha (w przypadku preparatu Arysta siarka) oraz na poziomie 15 kg S na 1 ha (w przypadku preparatu Pro-siarka).

Dla rolnika zdecydowanie istotniejsza od efektywności rolniczej (agronomicznej) jest efektywność ekonomiczna. W przypadku jej wyliczenia brane są pod uwagę wartości użytych środków produkcji oraz uzyskanych efektów. Stąd dla jej oceny niezbędne jest wycenienie uzyskiwanych wzrostów produkcji oraz użytych do ich osiągnięcia zasobów. Zestawienie wartościowego wzrostu produkcji zamieszczono w tabeli 3. W przypadku stosowania mieszanki trawy z koniczyną wzrost wielkości produkcji był przeważnie mniejszy niż w przypadku traw w siewie czystym, jednak domieszka koniczyny skutkowałą zacieraniem się różnic w przypadku analizy wzrostu wartości produkcji (wyższa cena rynkowa siana z koniczyny niż z traw).

Tabela 3

Efektywność ekonomiczna uzyskana w badanym okresie przy różnych poziomach nawożenia azotem oraz azotem i siarką - zaaplikowaną w formie dwóch różnych nawozów siarkowych

Poziom nawożenia w czystym składniku (kg·ha ⁻¹)	Siarka w formie nawozu:	Żylica mieszańcowa			Mieszanka		
		Przyrost wartości plonu (zł·ha ⁻¹) w stosunku do:					
		N ₀	N ₅₀	N ₁₀₀	N ₀	N ₅₀	N ₁₀₀
N ₅₀	-	1346	X	X	1964	X	X
N ₁₀₀		3582	2236	X	3936	1971	X
N ₅₀ +S ₅	Arysta siarka	2264	918	X	2754	790	X
N ₅₀ +S ₁₀		2411	1064	X	3207	1243	X
N ₅₀ +S ₁₅		2121	775	X	2888	924	X
N ₁₀₀ +S ₅		4132	2786	550	4353	2389	418
N ₁₀₀ +S ₁₀		4304	2957	721	4724	2760	789
N ₁₀₀ +S ₁₅		3929	2582	346	4462	2498	526
N ₅₀ +S ₅	Pro-siarka	2504	1157	X	2702	738	X
N ₅₀ +S ₁₀		2364	1018	X	3461	1497	X
N ₅₀ +S ₁₅		2761	1414	X	3698	1734	X
N ₁₀₀ +S ₅		4143	2796	561	4499	2535	564
N ₁₀₀ +S ₁₀		4229	2882	646	4499	2535	563
N ₁₀₀ +S ₁₅		4382	3036	800	4836	2872	901

Źródło: Opracowanie własne.

Dane tabeli 3 wskazują na znaczący wzrost wartości wytwarzanej produkcji. Wyższe wartości przyrostów odnotowano w przypadku obydwu preparatów przy nawożeniu azotem na poziomie 50 kg·ha⁻¹. Zapewne związane jest to z samymi możliwościami plonowania badanych roślin, które przy wyższym poziomie nawożenia azotem zbliżają się do górnej granicy możliwości produkcyjnych. Istotne natomiast z praktycznego punktu widzenia jest uzyskiwanie przeciętnie wyższych

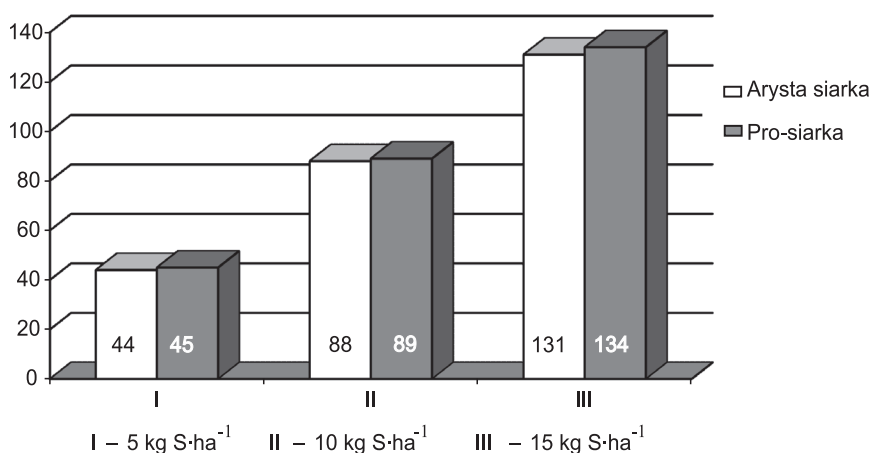
wzrostów plonów przy zastosowaniu preparatu Pro-siarka niż Arysta siarka. Także zastosowane dawki nawożenia skutkowały zróżnicowanymi efektami produkcyjnymi. W przypadku preparatu Arysta siarka najwyższe wartości przyrostu produkcji uzyskiwano przy dawce 10 kg S·ha⁻¹ (przy obydwu analizowanych poziomach nawożenia azotem). Preparat Pro-siarka natomiast umożliwiał uzyskiwanie wyższych wartości przyrostu produkcji przy dawce 15 kg S·ha⁻¹.

Ocena efektywności ekonomicznej wymaga uwzględniania w rachunku kosztów nawozów i ich zastosowania, a także kosztów związanych ze zbiorem dodatkowego plonu. Spośród wyżej wymienionych kosztów jedynie koszt nawozu jest kosztem łatwym do określenia. Pozostałe koszty (opryski, prasowanie siana, załadunek i transport, a następnie rozładunek) to koszty w praktyce bardzo zróżnicowane pomiędzy gospodarstwami, stąd także trudne do oszacowania.

Koszty zastosowanych w badaniach nawozów były do siebie bardzo zbliżone. Wynika to przede wszystkim z podobnej ceny nawozów (1 kg S z nawozu Arysta siarka - 8,75 zł; 1 kg S z nawozu Pro-siarka 8,93 zł). Koszty nawozów siarkowych przedstawiono na rysunku 2.

Rysunek 2

Koszty nawozów siarkowych dla zróżnicowanych poziomów nawożenia siarką (w zł·ha⁻¹)



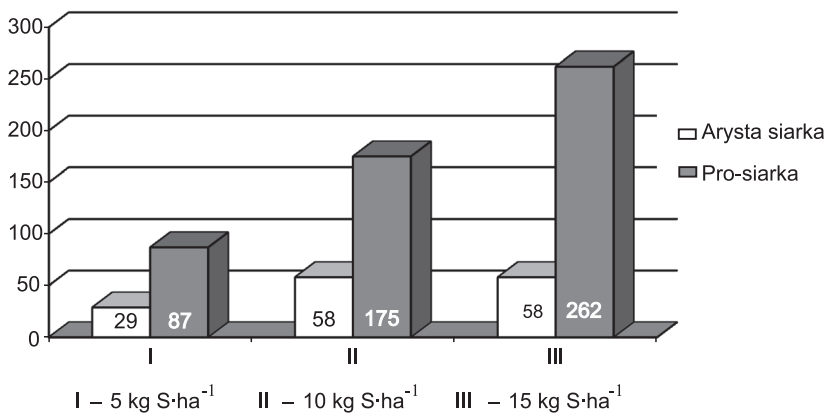
Źródło: Opracowanie własne.

Szacunkowe koszty zastosowania nawożenia wykazują zróżnicowanie wynikające z wymogów producentów nawozów odnośnie ich zastosowania (rysunek 3). Przy nawożeniu preparatem Arysta siarka producent zaleca rozcieńczenie 6-8 kg nawozu 300 l wody. Jednocześnie wyższe poziomy nawożenia (10 i 15 kg S·ha⁻¹) stosuje się w dwóch dawkach. Stąd nawożenie na poziomie 5 kg S·ha⁻¹ można

wykonać jednym przejazdem opryskiwacza. Wyższe nawożenie wraz z koniecznością rozłożenia nawożenia na dwa terminy realizowane są przy dwukrotnie wyższym koszcie zabiegów. Producent preparatu Pro-siarka zaleca zdecydowanie wyższe rozcieńczenie nawozu podczas jego stosowania na użytkach zielonych (20 l nawozu powinno się rozcieńczać 3000-4000 l wody). Jednocześnie zalecane jest jednorazowe zastosowanie nawożenia. Przy typowym opryskiwaczu będącym w posiadaniu gospodarstw rolniczych konieczne jest więc wielokrotne jego napełnianie. Wiąże się to z koniecznością dojazdów do pól oraz zdecydowanie wyższym nakładem czasu pracy. Stąd też koszty zastosowania nawozu Pro-siarka są wyższe niż Arysta siarka.

Rysunek 3

Szacunkowe koszty zastosowania nawozów siarkowych dla zróżnicowanych poziomów nawożenia siarką (w zł·ha⁻¹)



Źródło: Opracowanie własne.

Koszty związane ze zbiorem dodatkowo wytworzonej produkcji mogą budzić pewne kontrowersje. Należy zdawać sobie sprawę, że w niektórych gospodarstwach posiadających wydajne maszyny i duże środki transportu, wytworzenie dodatkowej produkcji może nie generować dodatkowych kosztów. Dla celów analiz modelowych oszacowanie takich kosztów jest jednak niezbędne, dlatego też zostały one włączone do niniejszego rachunku. Zestawienie sumaryczne wartości wzrostu kosztów związanych ze zbiorem dodatkowego plonu zamieszczono w tabeli 4.

Brak rzeczywistych kosztów związanych z nawożeniem oraz zbiorem dodatkowego plonu utrudniają przeprowadzenie pełnego rachunku ekonomicznego. Szacunkowe dane dotyczące wzrostu kosztów dają podstawę do oszacowania efektywności ekonomicznej. Wyniki zestawiono w tabeli 6. Wartości wyraźnie wskazują na opłacalność podjęcia nawożenia siarką. Najwyższe wartości przy-

rostów produkcji uzyskano przy najniższym poziomie nawożenia ($5 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$) w przypadku obydwu preparatów.

Tabela 4

Przyrost kosztów zbioru dodatkowego plonu (w $\text{zł}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Poziom nawożenia w czystym składniku ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Siarka w formie nawozu:	Żylica mieszana			Mieszanka		
		Przyrost kosztów w stosunku do:					
		N_0	N_{50}	N_{100}	N_0	N_{50}	N_{100}
N_{50}	-	217	X	X	281	X	X
N_{100}		577	360	X	623	342	X
$N_{50}+S_5$	Arysta siarka	365	148	X	387	106	X
$N_{50}+S_{10}$		389	172	X	431	150	X
$N_{50}+S_{15}$		342	125	X	412	131	X
$N_{100}+S_5$		666	449	89	675	394	52
$N_{100}+S_{10}$		694	477	116	709	428	86
$N_{100}+S_{15}$		633	416	56	700	419	77
$N_{50}+S_5$	Pro-siarka	404	187	X	390	109	X
$N_{50}+S_{10}$		381	164	X	461	180	X
$N_{50}+S_{15}$		445	228	X	487	206	X
$N_{100}+S_5$		668	451	90	680	399	57
$N_{100}+S_{10}$		682	465	104	693	412	70
$N_{100}+S_{15}$		706	489	129	726	445	103

Źródło: Opracowanie własne.

W tabeli 5 zestawiono łączne koszty związane z nawożeniem siarką oraz zbiorem dodatkowej produkcji z 1 ha. Jak można zauważyć wzrost nawożenia pociąga za sobą wzrost ogólnych kosztów związanych z wyprodukowaniem i sprzętem dodatkowego plonu. W największym zakresie koszty wzrastają przy stosowaniu najwyższych dawek nawożenia (azotowego i siarkowego).

Zwiększanie poziomu nawożenia ponad $5 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$ przyczynia się do dalszego opłacalnego ekonomicznie wzrostu produkcji (i tym samym jej wartości), jednak wzrost ten jest już w większości przypadków mniejszy niż przy zastosowaniu pierwszej (najniższej) dawki. Wyniki w tym zakresie są oczywistym efektem działania prawa malejącej produktywności krańcowej [Adamowski 1977, 34]. Uzyskane wyniki dają pełne podstawy do stwierdzenia, że z ekonomicznego punktu widzenia nawożenie siarką jest w pełni opłacalne. Efektywność nawożenia mierzona stosunkiem przyrostu wartości produkcji do kosztów nawożenia jest dla wszystkich analizowanych poziomów nawożenia siarką powyżej wartości 1. Oznacza to, że efekty w każdym przypadku przekraczają związane z ich uzyskaniem koszty.

Tabela 5

Przyrost łącznych kosztów nawożenia oraz zbioru dodatkowego plonu
(w zł·ha⁻¹)

Poziom nawożenia w czystym składniku (kg·ha ⁻¹)	Siarka w formie nawozu:	Żyćca mieszańcowa			Mieszanka		
		Przyrost kosztów w stosunku do:					
		N ₀	N ₅₀	N ₁₀₀	N ₀	N ₅₀	N ₁₀₀
N ₅₀	-	217			281		
N ₁₀₀		577	360		623	342	
N ₅₀ +S ₅	Arysta siarka	438	221	X	460	179	X
N ₅₀ +S ₁₀		534	317	X	577	296	X
N ₅₀ +S ₁₅		590	373	X	659	378	X
N ₁₀₀ +S ₅		797	580	220	748	467	125
N ₁₀₀ +S ₁₀		839	622	262	855	574	232
N ₁₀₀ +S ₁₅		881	664	304	948	667	325
N ₅₀ +S ₅	Pro-siarka	536	319	X	522	241	X
N ₅₀ +S ₁₀		645	428	X	725	444	X
N ₅₀ +S ₁₅		841	624	X	883	602	X
N ₁₀₀ +S ₅		800	583	222	812	531	189
N ₁₀₀ +S ₁₀		946	729	368	957	676	334
N ₁₀₀ +S ₁₅		1102	885	525	1122	841	499

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 6

Efektywność nawożenia siarką

Poziom nawożenia w czystym składniku (kg·ha ⁻¹)	Siarka w formie nawozu:	Żyćca mieszańcowa			Mieszanka		
		Stosunek wartości efektów nawożenia do kosztów:					
		N ₀	N ₅₀	N ₁₀₀	N ₀	N ₅₀	N ₁₀₀
N ₅₀ +S ₅	Arysta siarka	5,2	4,2	X	6,0	4,4	X
N ₅₀ +S ₁₀		4,5	3,4	X	5,6	4,2	X
N ₅₀ +S ₁₅		3,6	2,1	X	4,4	2,4	X
N ₁₀₀ +S ₅		5,2	4,8	2,5	5,8	5,1	3,4
N ₁₀₀ +S ₁₀		5,1	4,8	2,8	5,5	4,8	3,4
N ₁₀₀ +S ₁₅		4,5	3,9	1,1	4,7	3,7	1,6
N ₅₀ +S ₅	Pro-siarka	4,7	3,6	X	5,2	3,1	X
N ₅₀ +S ₁₀		3,7	2,4	X	4,8	3,4	X
N ₅₀ +S ₁₅		3,3	2,3	X	4,2	2,9	X
N ₁₀₀ +S ₅		5,2	4,8	2,5	5,5	4,8	3,0
N ₁₀₀ +S ₁₀		4,5	4,0	1,8	4,7	3,8	1,7
N ₁₀₀ +S ₁₅		4,0	3,4	1,5	4,3	3,4	1,8

Źródło: Opracowanie własne.

Zestawienie tabeli 7 wskazuje jednak, że nie każde zwiększanie nawożenia skutkuje takimi samymi efektami. Wskazuje na nieco wyższą efektywność krańcową nawożenia preparatem Arysta siarka przy niższych poziomach nawożenia siarką (dawki 5 i 10 kg S·ha⁻¹) oraz wyższą efektywność preparatu Pro-siarka przy poziomie nawożenia 15 kg S·ha⁻¹. Z zestawienia wynika, że zwiększanie nawożenia preparatem Arysta siarka ponad 10 kg S·ha⁻¹ jest nieopłacalne.

Tabela 7

Krańcowa efektywność nawożenia siarką

Poziom nawożenia w czystym składniku (kg·ha ⁻¹)	Siarka w formie nawozu:	Życica mieszańcowa	Mieszanaka
		Przyrost plonu w stosunku do:	
$N_{50}+S_5 / N_{50}$	Arysta siarka	4,2	4,4
$N_{50}+S_{10} / N_{50}+S_5$		1,5	3,9
$N_{50}+S_{15} / N_{50}+S_{10}$		-5,2	-3,9
$N_{100}+S_5 / N_{100}$		2,5	3,4
$N_{100}+S_{10} / N_{100}+S_5$		4,1	3,5
$N_{100}+S_{15} / N_{100}+S_{10}$		-9,0	-2,8
$N_{50}+S_5 / N_{50}$	Pro-siarka	3,6	3,1
$N_{50}+S_{10} / N_{50}+S_5$		-1,3	3,8
$N_{50}+S_{15} / N_{50}+S_{10}$		2,0	1,5
$N_{100}+S_5 / N_{100}$		2,5	3,0
$N_{100}+S_{10} / N_{100}+S_5$		0,0	0,6
$N_{100}+S_{15} / N_{100}+S_{10}$		2,2	0,9

Źródło: Opracowanie własne.

4. Wnioski

1. Nawożenie siarką plantacji traw i mieszanek trawiasto-motylikowatych jest przedsięwzięciem opłacalnym. Analizy uzyskanych wzrostów plonów oraz ich wartości, a także oszacowanie kosztów zastosowania nawożenia i zbioru dodatkowej produkcji dowodzą, że przy każdym z badanych poziomów nawożenia efekty przewyższają koszty.
2. Należy stwierdzić, że połączenie nawożenia siarką z intensyfikacją nawożenia azotem może prowadzić do znacznego wzrostu plonów (co ma duże znaczenie w przypadku gospodarstw borykających się z niedoborem ziemi).
3. W obiektach nawożonych siarką i azotem następował również wzrost udziału koniczyny w mieszance, w stosunku do obiektów kontrolnych oraz nawożonych azotem (następuje więc także wzrost jakości plonu).

4. Efekty stosowania przyjętych do badań nawozów siarkowych były różne pomimo takich samych parametrów. Różnic w plonowaniu przy różnych poziomach nawożenia należy raczej doszukiwać się w zaleceniach producentów dotyczących stosowania preparatów, niż w nich samych.
5. Nawóz Arysta siarka najkorzystniejsze efekty produkcyjno-ekonomiczne wywoływał po zastosowaniu dawki $10 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$. Zwiększenie nawożenia do $15 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$ skutkowało zmniejszeniem plonowania roślin niezależnie od poziomu nawożenia azotowego. Można więc przyjąć, że w zgodzie z zaleceniami producenta dotyczącymi stosowania, optymalną ekonomicznie dawką na przemienne użytki zielone była ilość $10 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$ niezależnie od wysokości nawożenia azotowego.
6. Nawóz Pro-siarka w ilości $15 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$ wywoływał najwyższe efekty w obiektach obsiewanych wyłącznie trawą. W przypadku mieszanki trawy z koniczyną najwyższe plony stwierdzono także przy nawożeniu $15 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$ w połączeniu z nawożeniem azotem w ilości $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Wzrost nawożenia azotowego do $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ powodował jednak zmniejszanie efektywności nawożenia siarką.

LITERATURA

1. Adamczewski K., Matysiak K. (2002): Klucz do określania faz rozwojowych roślin jedno- i dwuliściennych w skali BBCH. IOR. Główny Inspektorat Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa, 134.
2. Adamowski A. (1977): Podstawy ekonomiki i organizacji przedsiębiorstw rolniczych. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 70.
3. Blake-Kalff M., Zhao F.J., Mc Grath S.P. (2003): Sulphur deficiency diagnosis using plant tissue analysis. *Fertilizers Fertilization* 5(3), 5-25.
4. Eriksen J., Mortensen J.V. (2002): Effects of timing of sulphur application on yield, S-uptake and quality of barley. *Plant Soil* 242, 283-289.
5. Eriksen J., Nielsen M., Mortensen J., Schjorring J. (2001): Redistribution of sulphur during generative growth of barley plants with different sulphur and nitrogen status. *Plant Soil* 230, 239-246.
6. Lośák T., Hřivna L., Richter R. (2000): Effect of increasing doses of nitrogen and sulphur on yields, quality and chemical composition of winter rape. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 472, 481-487.
7. Lośák T., Richter R. (2003): The influence of nitrogen and sulphur on the yield and oils content of winter rape. *Fertilizers Fertilization* 4, 160-168.
8. Manteuffel R. (1979): Ekonomika i organizacja gospodarstwa rolniczego. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 137.
9. Morris R.J. (2007): Sulphur in Agriculture. Global overview., *Fertiliz Fokus* 1/2, 12-16.
10. Podleśna A. (2005): Sulfur fertilization as a factor effected on crops metabolism and quality of agricultural products. *Pamiętnik Puławski* 139, 161-174.

11. Richards I.R. (1990): Sulphur as a crop nutrient in the United Kingdom. *Sulph. Agric.* 14, 8-9.
12. Salvagiotti F., Miralles D.J. (2008): Radiation interception, biomass production and grain yield as affected by the interaction of nitrogen and sulfur fertilization in wheat. *European Journal of Agronomy* 28(3), 282-290.
13. Sator Ch., Rogasik J., Schnug E. (2002): Influence of sulfur nutrition on yield and dietary quality of lupin seeds. *Proc 10th Int Lupin Conf Laugarvatn Iceland*, 1-4.
14. Stern D. (2005): Global sulphur emissions from 1850 to 2000. *Chemosphere* 58, 163-175.
15. Zhao F.J., Wood A.P., McGrath S.P., 1999: Sulphur nutrition of spring peas. *Annals of Applied Biology* 56, 189-194.
16. Zhao F.J., Fortune S., Barbosa V.L., McGrath S.P., Stobart R., Bilsborrow P.E., Booth E.J., Brown A., Robson P. (2006): Effects of sulphur on yield and malting quality of barley. *Journal of Cereal Science* 43, 369-377.

BEATA GRYGIERZEC, JAROSŁAW MIKOŁAJCZYK

EKONOMICZNA EFEKTYWNOŚĆ NAWOŻENIA SIARKĄ ŻYCICY MIESZAŃCOWEJ UPRAWIANEJ W MONOKULTURZE I W MIESZANCE Z KONICZYNĄ BIAŁĄ PRZY DWÓCH POZIOMACH NAWOŻENIA AZOTEM

Słowa kluczowe: *efektywność ekonomiczna, nawożenie, siarka, azot, trawa, mieszanka trawiasto-motylkowa*

STRESZCZENIE

Praca poświęcona jest efektywności ekonomicznej nawożenia siarkowego na plonowanie życicy mieszańcowej uprawianej w monokulturze i mieszance z koniczyną białą. Zastosowano dwa poziomy nawożenia azotem w dawkach 50 i 100 kg N·ha⁻¹ i dwa nawozy siarkowe Arysta siarka i Pro-siarka w dawkach 5, 10, 15 kg S·ha⁻¹.

Badania wykazały, iż nawożenie siarką było opłacalne i ekonomicznie efektywne. Stwierdzono, że połączenie nawożenia siarką z nawożeniem azotem może prowadzić do znacznego wzrostu plonów. Efekty stosowania przyjętych do badań nawozów siarkowych były różne pomimo takich samych parametrów. Nawóz Arysta siarka najkorzystniejsze efekty produkcyjno-ekonomiczne wywoływał po zastosowaniu dawki 10 kg S·ha⁻¹, bez względu na poziom nawożenia azotem. Z kolei nawóz Pro-siarka w dawce 15 kg S·ha⁻¹ wywoływał najwyższe efekty w roślinności trawiastej. W przypadku mieszanki trawy z koniczyną najwyższe plony stwierdzono także przy nawożeniu 15 kg S·ha⁻¹, w połączeniu z nawożeniem azotem ilości 50 kg N·ha⁻¹. Wzrost nawożenia azotowego do 100 kg powo-
dował jednak zmniejszanie efektywności nawożenia siarką.

BEATA GRYGIERZEC, JAROSŁAW MIKOŁAJCZYK

ECONOMIC EFFICIENCY OF FERTILIZING RYEGRASSES WITH SULPHUR
CULTIVATED IN MONOCULTURE AND IN A MIXTURE WITH WHITE CLOVER WITH
TWO-LEVEL NITROGEN FERTILIZATION

Keywords: *economic efficiency, fertilization, sulphur, nitrogen, grass, mixture of grass
and papilionaceous plants*

SUMMARY

The paper discusses the economic efficiency of sulphur fertilization on the yield of ryegrasses cultivated in monoculture and in a mixture with white clover. Two levels of nitrogen fertilization were used in doses of 50 and 100 kg N·ha⁻¹ and two sulphur fertilizers, *Arysta siarka* and *Pro-siarka* in doses of 5, 10, 15 kg S·ha⁻¹.

The research shows that sulphur fertilization was profitable and economically effective. It was found that the combination of sulphur fertilization with nitrogen fertilization may result in significant yield increase. The effects of sulphur fertilizers adopted for research differed despite the same parameters. *Arysta siarka* fertilizer produced the most effective production and economic results if the 10 kg S·ha⁻¹ dosage was used regardless of the nitrogen fertilization level whereas *Pro-siarka* fertilizer (15 kg S·ha⁻¹ dosage) produced the highest yield in regard of grass plants. In the case of the mixture of grass and white clover, the highest yield was produced also in regard of the 15 kg S·ha⁻¹ dosage in combination with the nitrogen fertilization of 50 kg N·ha⁻¹. The increase of nitrogen fertilization up to 100 kg, however, led to the decline in the effectiveness of sulphur fertilization.

e-mail: rrgolab@cyf-kr.edu.pl
e-mail: rrjmikol@cyf-kr.edu.pl