

**Anna Podleśna**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

## POTRZEBY NAWOŻENIA SIARKĄ – STAN OBECNY I PERSPEKTYWY\*

**Słowa kluczowe:** deficyt siarki, regulacje prawne, zawartość siarki w glebach Polski, bilans siarki dla roślin uprawnych

### Wstęp

Siarka należy do pierwiastków szeroko rozpowszechnionych w przyrodzie i jest składnikiem niezbędnym do życia (6). Niezbędność siarki wynika z faktu, że w swoich licznych funkcjach fizjologicznych nie może być zastąpiona przez żaden inny pierwiastek. Obecnie znana jest ważna rola siarki w procesach życiowych wszystkich organizmów żywych. W uprawie roślin siarka spełnia różne, istotne funkcje związane z ich wzrostem i rozwojem. Składnik ten bierze udział w tworzeniu plonu i jego jakości poprzez trzy różne oddziaływania (7, 8):

1. zabezpiecza wartość żywieniową;
2. poprawia efektywność wykorzystania innych niezbędnych składników pokarmowych roślin, tj. makroelementów (N, P) oraz mikroelementów (Zn, Fe, Cu, Mn i B);
3. poprawia jakość produktów roślinnych przez wzrost zawartości białka i oleju w nasionach, jakości zbóż dla młynów i piekarnictwa, żywieniowej wartości oraz przydatności do sprzedaży warzyw i owoców, jakości tytoniu i żywieniowej wartości roślin pastewnych.

### Ogólnoswiatowy deficyt siarki i jego przyczyny

W ciągu kilku ostatnich dekad w większości obszarów rolniczych świata rozpowszechnił się deficyt siarki, stając się czynnikiem ograniczającym wysokość plonów i efektywność stosowanych nawozów (2). Spośród wielu czynników dotyczących zarządzania tym

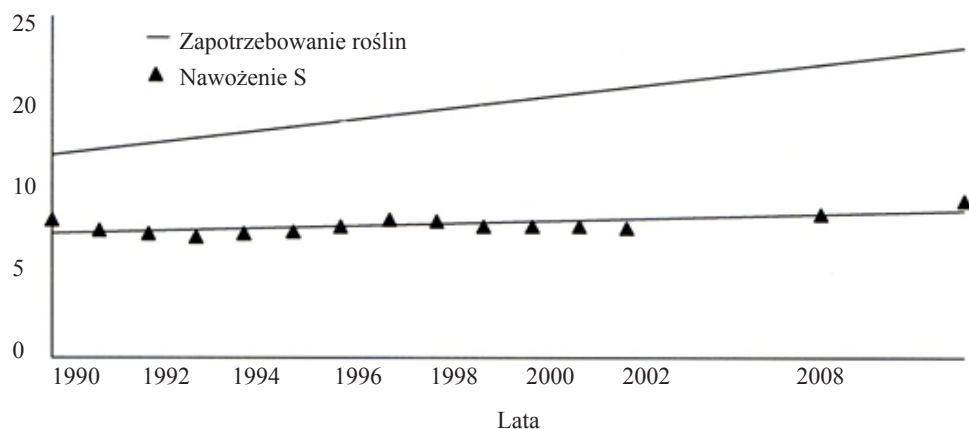
\*Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB

składnikiem pokarmowym w produkcji rolniczej, głównymi powodami wzrastającego deficytu siarki są:

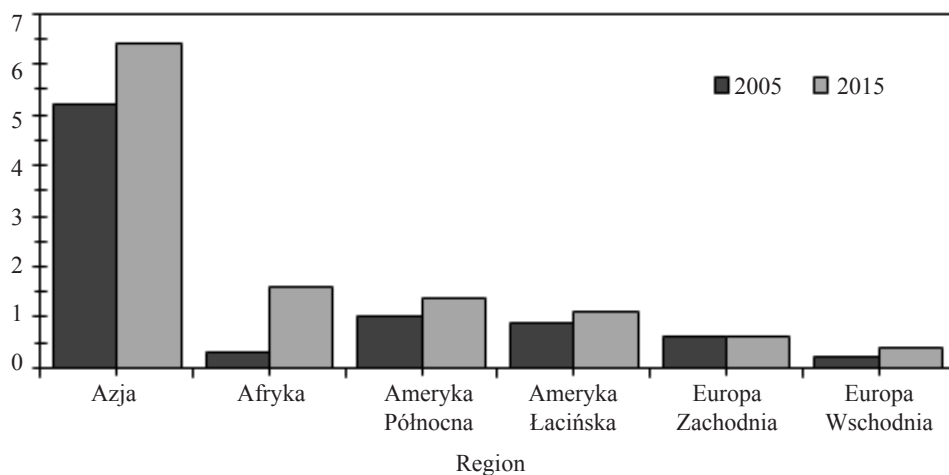
- większy wyciąg S z gleby w efekcie wzrostu produkcji rolniczej, który jest wynikiem lepszego wykorzystania nawozów, intensyfikacji systemów uprawy, stosowania wysoko plonujących odmian i nawadniania upraw;
- mniejszy dodatek S do gleby spowodowany wzrastającymi proporcjami wysoko skoncentrowanych nawozów bezsiarkowych, obniżeniem stosowania tradycyjnego obornika i mineralnych nawozów siarkowych oraz pestycydów zawierających siarkę;
- redukcja emisji dwutlenku siarki ( $\text{SO}_2$ ) obniżająca depozycję atmosferyczną S, jedno z ważnych źródeł siarki dla gleb rolniczych usytuowanych wokół obszarów przemysłowych.

### Prognozy dotyczące deficytu siarki i zapotrzebowania na nawozy siarkowe w skali globalnej

Według szacunków Instytutu Siarkowego (TSI) dokonanych w roku 2007, a opartych na zapotrzebowaniu roślin uprawnych, efektywności nawozów i aktualnych nakładów, globalny deficyt siarki wynosił około 9,6 miliona ton rocznie (rys. 1) (2). Wraz ze wzrostem produkcji żywności rośnie zapotrzebowanie na siarkę. Nawet jeśli założy się, że dawki S będą wolniej wzrastały, to i tak szacunek wskazuje, że łączny deficyt siarki dla wszystkich regionów świata, wzrośnie w roku 2015 do 11,9 miliona ton (rys. 2). Największe zapotrzebowanie na nawozy siarkowe w skali naszego globu wykazują kraje azjatyckie (głównie Chiny i Indie), jednakże wzrastający niedobór siarki będzie występował we wszystkich regionach świata, w tym także w krajach Europy Wschodniej.



Rys. 1. Kształtowanie się zapotrzebowania roślin na siarkę i jej deficytu w skali świata (Mt)  
Źródło: Fan i Messick, 2007 (2).



Rys. 2. Regionalny deficyt siarki w latach 2005 i 2015 (Mt)

Źródło: Fan i Messick, 2007 (2)..

### Regulacje prawne dotyczące ochrony powietrza przed zanieczyszczeniami

Polskę, jako kraj należący do Unii Europejskiej obowiązuje dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2001/81/WE z dnia 23 października 2001 r. w sprawie krajowych pułapów emisji niektórych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego (Raport 2007). Traktat o przystąpieniu Rzeczypospolitej Polskiej do Unii Europejskiej w odniesieniu do ww. dyrektywy zawiera zobowiązania Polski dotyczące emisji  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$  i LZO na poziomie wymagań Protokołu z Göteborga, tj. Protokołu w sprawie zwalczania zakwaszenia, eutrofizacji i ozonu przyziemnego, tzw. Konwencji Genewskiej. Celem ww. dyrektywy jest ograniczenie emisji tych substancji do poziomu zalecanego przez WHO. Wdrażanie Dyrektywy 2001/81/WE w Polsce jest nierozdzielnie związane z wdrażaniem niektórych komplementarnych dyrektyw horyzontalnych i innych dyrektyw poświęconych ochronie powietrza przed zanieczyszczeniami, w tym także:

- Dyrektywy 2001/80/WE poświęconej ograniczaniu emisji z dużych źródeł spalania (LCP), Ramowej Dyrektywy (96/62/WE) w sprawie ograniczania emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza z dużych obiektów energetycznego spalania;
- Dyrektywy 2004/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 21 kwietnia 2004 r. w sprawie jakości powietrza atmosferycznego i w sprawie czystego powietrza dla Europy,
- Dyrektywy 99/32/WE w sprawie zawartości siarki w paliwach płynnych.

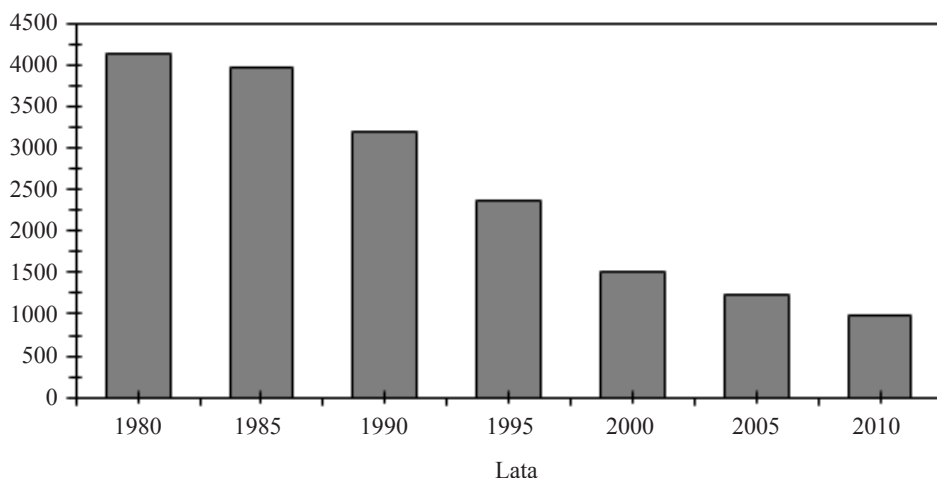
Podstawowym dokumentem unijnym określającym wymagania dotyczące oceny i zarządzania jakością powietrza jest Dyrektywa 96/62/WE, określana jako dyrektywa ramowa. Dyrektywa ta wraz z dyrektywami pochodnymi tworzy system zmierzający do utrzymania jakości powietrza w rejonach, gdzie jest ono dobre oraz poprawy

w rejonach pozostałych. Na system ten składa się szereg elementów obejmujących kryteria jakości powietrza, monitorowanie i prowadzenie oceny jakości powietrza oraz tworzenie planów i programów naprawczych dla obszarów, na których jakość powietrza nie odpowiada przyjętym kryteriom.

W przyjętej przez Radę Ministrów RP w dniu 4 stycznia 2005 r. „Polityce energetycznej Polski do 2025 roku” zwiększenie efektywności energetycznej jest jednym z kluczowych elementów zrównoważonej polityki energetycznej kraju. Potrzeba sprostania bezpieczeństwu ekologicznemu wymaga jednak uwzględnienia m.in. zmiany nośników energii, stosowania czystych technologii węglowych, jak też wprowadzenia mechanizmów umożliwiających ograniczanie emisji zanieczyszczeń do powietrza (tj. handlu emisjami).

### Poziom emisji dwutlenku siarki w Polsce

Podjęte w Polsce działania proekologiczne spowodowały wyraźne zmniejszenie ilości dwutlenku siarki ( $\text{SO}_2$ ) emitowanego do atmosfery w ciągu ostatnich 30 lat (rys. 3).



Rys. 3. Dynamika emisji dwutlenku siarki do atmosfery

Źródło: Rocznik Statystyczny RP, zmodyfikowane.

Opracowane analizy wskazują, że większość redukcji emisji została spowodowana ograniczeniem działalności przemysłu ciężkiego pod koniec lat 80. i we wczesnych latach 90. (9). Największy ilościowy spadek emisji wystąpił w energetyce zawodowej i procesach spalania w przemyśle ze względu na zmniejszenie ilości zużytych paliw, szczególnie węgla kamiennego i koks. Duży procentowo spadek emisji w transporcie wynika z dalszego znacznego zmniejszenia ilości siarki w paliwach ciekłych.

Przystawione dane mają bezpośredni związek z wynikami pomiaru wielkości opadu siarki uzyskanymi przez Instytut Badań Leśnictwa (11). Dane te wskazują, że suma opadu mokrego i suchego, średnio dla obszaru Polski, zawiera się w przedziale od 2,0 do 12,7 kg S·ha<sup>-1</sup>. Wykonane obliczenia wykazały, że w ciągu lat 2000-2003 opad siarki w wybranych punktach pomiarowych zmniejszył się o ponad połowę, a ilość siarki w opadzie mokrym i suchym uległa jeszcze większej redukcji w niektórych rejonach kraju. Jednak w dalszym ciągu największy opad siarki odnotowywany jest na Śląsku, a najmniejszy w województwach wschodnich, co świadczy o niezwykle dużym zróżnicowaniu wielkości emisji siarki do atmosfery na obszarze naszego kraju.

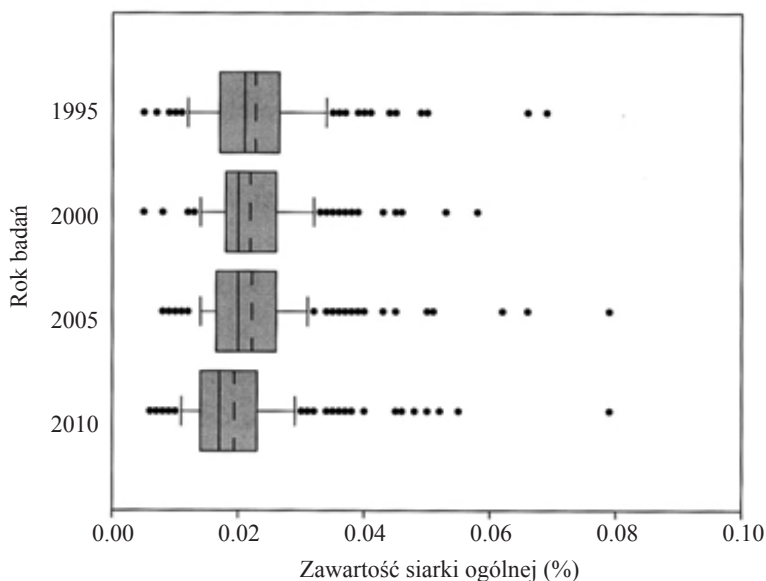
### **Zasobność gleb Polski w siarkę**

Jak podają *M o t o w i c k a - T e r e l a k* i *T e r e l a k* (6) ponad 60 % powierzchni gruntów ornych w Polsce zajmują gleby lekkie, które jako utwory gruboziarniste są z natury uboższe w składniki pokarmowe, a więc i w siarkę, niż gleby wytworzone z glin, pyłów i ilów.

### **Zawartość siarki ogólnej**

Na podstawie danych zgromadzonych w latach 1995-2010 w ramach „Monitoringu chemizmu gleb ornych Polski” przeprowadzono ocenę zmian i identyfikację potencjalnych zagrożeń dla wielofunkcyjności gleb użytkowanych rolniczo (10). W ramach tego monitoringu w 5-letnich odstępach czasowych pobierane są próbki glebowe z 216 stałych punktów pomiarowo-kontrolnych, zlokalizowanych na gruntach ornych charakterystycznych dla pokrywy glebowej kraju. Czwarta tura monitoringu przypadła na lata 2010-2012. Do oceny poziomu zawartości siarki w glebach zastosowano kryteria IUNG oparte o ilość siarki siarczanowej (4). Na podstawie tych kryteriów wyróżnia się 4 stopnie zawartości siarki w glebach: niską (I), średnią (II), wysoką (III) i podwyższoną wskutek antropopresji (IV). Pierwsze 3 stopnie przyjmuje się jako naturalne poziomy zawartości siarki w glebach, natomiast stopień IV oznacza zagrożenie dla ekosystemu nadmiarem siarki w glebie spowodowanym działalnością człowieka.

Prowadzone badania wykazały, że w warunkach glebowo-klimatycznych Polski zawartość siarki ogólnej waha się zazwyczaj w szerokim zakresie, tj. od kilku do kilkuset mg 100 g<sup>-1</sup> gleby, i zależy od zawartości materii organicznej, składu granulometrycznego gleb oraz poziomu emisji przemysłowych. W roku 2010 zawartość siarki ogólnej mieściła się w zakresie 0,01-0,08%, przy czym ponad 90% próbek zawierało siarkę na poziomie niższym niż 0,03% (rys. 4). Przeciętna zawartość tej formy siarki utrzymywała się w kolejnych okresach badan monitoringowych na poziomie 0,020-0,022%.



Rys. 4. Rozkład zawartości siarki ogólnej w kolejnych latach: linia przerywana – średnia, linia ciągła – mediana, prostokąt – dolny i górny kwartył, linie pionowe na zewnątrz prostokątów – 10 i 90 percentyl, kropki – wartości odstające (poniżej 10 i powyżej 90 percentyla)

Źródło: Siebielec i in., 2012 (10).

### Zawartość siarki siarczanowej

Najaktywniejszą formą siarki glebowej jest siarka siarczanowa. Ponadto siarczany ze względu na swą rozpuszczalność, są bezpośrednim źródłem siarki dla roślin (6). Występowanie siarki siarczanowej w glebach Polski zawiera się w przedziale od ilości śladowych do kilku czy kilkunastu (w utworach organicznych)  $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  gleby. Do najuboższych z natury utworów pod względem zawartości siarczanów należą gleby piaszkowe i gliniaste lekkie natomiast najzasobniejsze w siarkę siarczanową są gleby wytworzone z glin ciężkich. Do gleb średnio zasobnych w tę formę siarki należą utwory lessowe, mady i rędziny.

Udział tej formy siarki w stosunku do S ogólnej waha się od 6 do około 14% i nieznacznie zmienia się wraz z głębokością profilu glebowego. Do czynników naturalnych, które decydują o ilości łatwo rozpuszczalnych siarczanów w profilu glebowym, należy materia organiczna w przypadku gleb lekkich i organicznych oraz obecność minerałów siarkowych lub absorbujących jony  $\text{SO}_4^{-2}$  (tj. uwodnione tlenki Fe, Al i kaolinit) w glebach związlejszych.

W połowie lat 90. zawartość siarki siarczanowej w próbkach warstwy orno-próchnicznej w Polsce wahała się od 0,01 do 50,00  $\text{mg}/100 \text{ g}$  gleby (6). Tak szeroki zakres wahań wskazywał, że w naszym kraju występowały gleby zarówno bardzo ubogie w siarkę dostępną dla roślin, jak i silnie zasieczone, z zawartością

S-SO<sub>4</sub> dziesięciokrotnie przekraczającą górną granicę tła naturalnego (4). Natomiast przeciętna zawartość S-SO<sub>4</sub> w glebach użytków rolnych kształtowała się na poziomie zasobności średniej i wynosiła 1,82 mg/100 g gleby. Mimo wpływu antropopresji około 75% gleb w Polsce znajdowało się w klasie zawartości naturalnej, co wskazywało niską zasobność w siarkę przyswajalną.

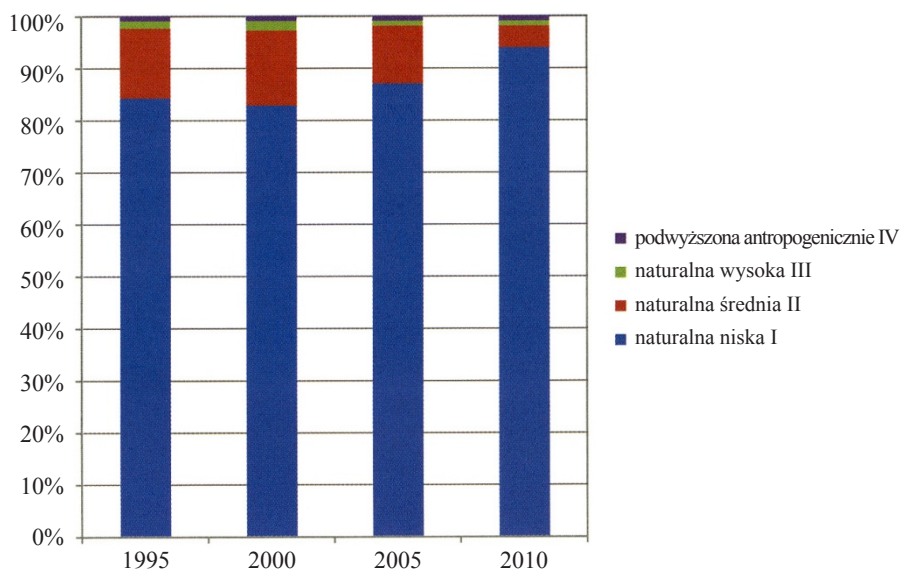
Jednakże aktualne badania profili glebowych wykazały, że średnia zawartość siarki siarczanowej oraz jej wartość środkowa zmniejszyły się nieco w ostatnim okresie (10). Zwężeniu uległ też jej rozkład zawartości (rys. 5).



Rys. 5. Rozkład zawartości siarki siarczanowej w kolejnych latach: linia przerywana – średnia, linia ciągła – mediana, prostokąt – dolny i górny kwartyl, linie pionowe na zewnątrz prostokątów – 10 i 90 percentyl, kropki – wartości odstające (poniżej 10 i powyżej 90 percentyla)

Źródło: Siebielec i in., 2012 (10).

W 90% próbek zawartość siarki przyswajalnej nie przekraczała 1,65 mg S·100g<sup>-1</sup>. W roku 2010 aż 203 profile (tj. 94% zbioru) zostało zakwalifikowanych do niskiej zawartości siarki siarczanowej, co wiąże się z możliwością wystąpienia deficytów siarki w tych glebach (rys. 6). Tylko w dwu profilach zmierzono zawartości klasyfikowane jako podwyższone antropogenicznie (IV stopień) co wskazuje, że obecnie w Polsce nie występuje problem nadmiaru siarki w glebach. Natomiast udział gleb o niskiej zasobności w siarkę zwiększył się w porównaniu do poprzednich okresów badawczych. Może to zatem skutkować deficytami siarki dla wrażliwych gatunków roślin uprawnych.



Rysunek 6. Udział profili w poszczególnych stopniach zawartości siarki przyswajalnej ( $S-SO_4$ ) dla roślin

Źródło: Siebielec i in., 2012 (10).

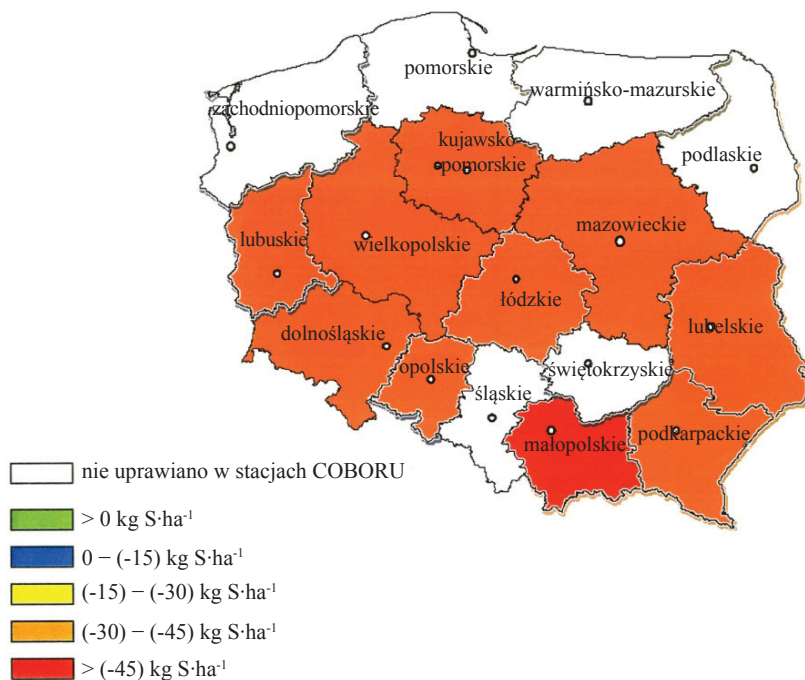
### Bilans siarki w warunkach Polski

Na podstawie wyników badań prowadzonych w Stacjach Doświadczalnych IUNG w latach 1996-1999, sporządzono bilans siarki w polach czterech roślin: rzepaku, pszenicy ozimej, kukurydzy i pszenicy jarej (1). Bilans sporządzony był metodą na powierzchni pola z uwzględnieniem dopływu siarki w nawozach (po stronie przychodów) i odpływu składnika z plonami roślin (po stronie rozchodów). W obiektach nie nawożonych siarką stwierdzono jej deficyt dochodzący do  $40 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Największy niedobór wstąpił w uprawie kukurydzy i rzepaku ze względu na największe pobranie siarki przez te rośliny. Natomiast w obiektach nawożonych siarką różnica bilansowa tego pierwiastka była dodatnia a jej wielkość zależała od dawki siarki zastosowanej w nawozie. Istotny wpływ na różnicę bilansową siarki miało nawożenie azotem, ponieważ składnik ten zwiększał pobranie siarki przez rośliny. W miarę stosowania wzrastających dawek nawozów azotowych stwierdzono zmniejszanie się różnicy bilansowej siarki aż do wystąpienia jej deficytu. W przypadku kukurydzy deficyt siarki wystąpił we wszystkich obiektach nawożenia azotem, a w przypadku innych roślin niedobór S miał miejsce w obiektach, w których zastosowano duże dawki azotu.

Natomiast na podstawie wyników badań dotyczących opadu siarki, uzyskanych z Instytutu Badań Leśnictwa oraz plonów głównych roślin uprawnych uzyskanych z Centralnego Ośrodka Badania Odmian i Roślin Uprawnych (COBORU), dokonano obliczenia uproszczonego bilansu siarki dla warunków Polski w odniesieniu do lat

2000-2003 (11). Bilans uzyskany dla wybranych grup roślin uprawnych jednoznacznie wskazuje, że w omawianym okresie występowały w Polsce obszary niedoborowe względem zaopatrzenia roślin w ten składnik.

Spśród roślin zbożowych najsilniej na niedobór siarki w środowisku zareagowała kukurydza, w przypadku której średni bilans tego składnika wyniósł  $-39 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$  (rys. 7).

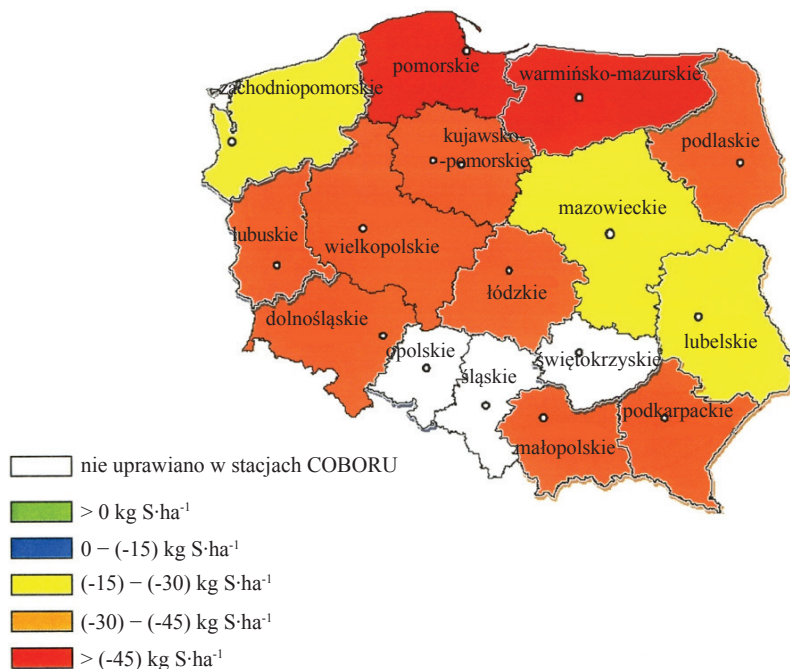


Rysunek 7. Bilans siarki dla kukurydzy

Źródło: Szulc, 2008 (11)

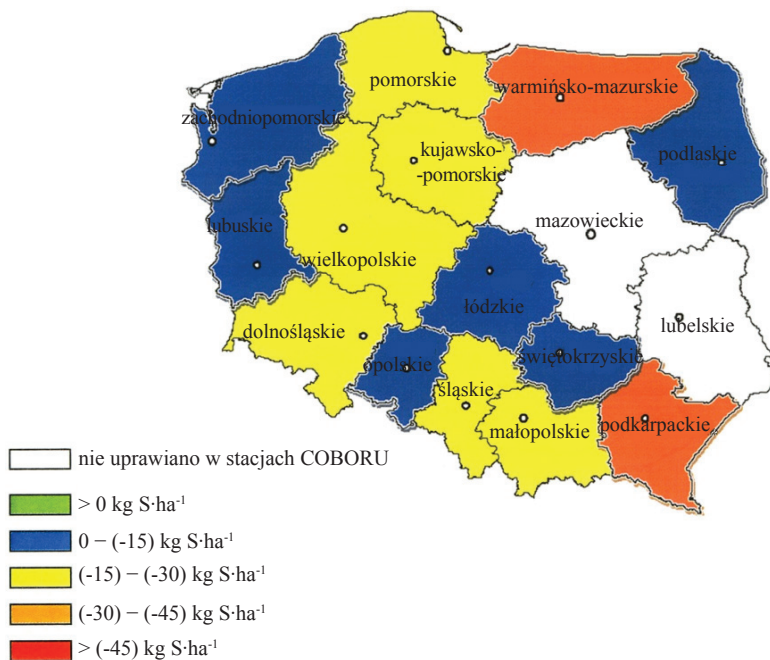
W przypadku pozostałych roślin zbożowych bilans siarki był również ujemny i wahał się w granicach między  $-7$  a  $-13 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Pod względem, średniego dla obszaru Polski, ujemnego bilansu siarki badane rośliny zbożowe można uszeregować w następującej kolejności: kukurydza na ziarno ( $-39,1 \text{ kg S}$ ) > żyto ( $-13,5 \text{ kg S}$ ) > pszenżyto ( $-13,1 \text{ kg S}$ ) > pszenica ozima ( $-11,5 \text{ kg S}$ ) > jęczmień jary ( $-8,5 \text{ kg S}$ ) > owoes ( $-7,3 \text{ kg S}$ ). Autor opracowania zwraca uwagę na bardzo duże zróżnicowanie regionalne pod względem ujemnego bilansu siarki dla każdej badanej rośliny zbożowej.

Bilans siarki w przypadku roślin okopowych był ujemny i wynosił średnio, dla obszaru Polski  $-43,6 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$  dla buraka cukrowego i  $-56,6 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$  dla ziemniaka późnego. Wczesność ziemniaków wpływała na wielkość ujemnego bilansu siarki ponieważ odmiany późne dają wyższy plon, a odmiany wczesne – niższy. Tak duży ujemny bilans siarki dla ziemniaka wynikał z bardzo wysokich plonów uzyskiwanych w SD COBORU ( $35-65 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) (rys. 8).



Rysunek 8. Bilans siarki dla ziemniaka wczesnego

Źródło: Szulc, 2008 (11).

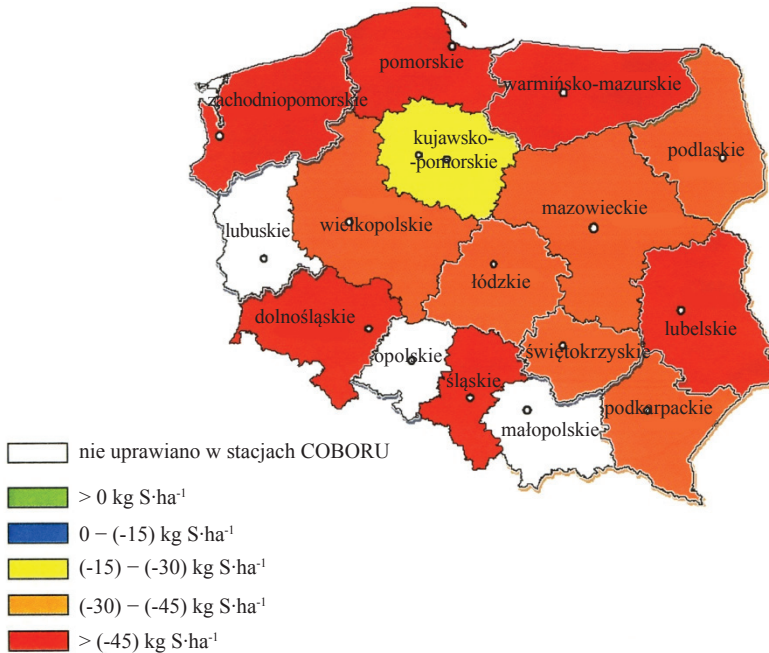


Rysunek 9. Bilans siarki dla rzepaku ozimego

Źródło: Szulc, 2008 (11).

W przypadku rzepaku ozimego bilans siarki był ujemny i wynosił średnio dla obszaru Polski  $-49,4 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$  (rys. 9). Największe ujemne saldo siarki stwierdzono w województwach warmińsko-mazurskim i podkarpackim chociaż w pozostałych w województwach objętych badaniami bilans tego składnika też był ujemny.

Wielkość bilansu siarki dla roślin motylkowatych (bobowatych) była zróżnicowana w zależności od gatunku rośliny. W uprawie łubinu żółtego średni dla obszaru kraju, bilans siarki wynosił  $-4,8 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$ , natomiast w województwach wielkopolskim i podkarpackim stwierdzono dodatni bilans tego składnika. Z kolei średni bilans siarki dla koniczyny czerwonej wynosił  $-45,5 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$  (rys. 10).



Rysunek 10. Bilans siarki dla koniczyny czerwonej

Źródło: Szulc, 2008 (11).

Zdaniem Szulca (11) przeprowadzony bilans siarki na dużej liczbie doświadczeń polowych wskazuje, że w intensywnej uprawie głównych roślin uprawnych w Polsce należy liczyć się z niedoborami tego pierwiastka, co może być istotnym czynnikiem ograniczającym plony. Zwłaszcza, że bilans siarki obliczony dla dużej grupy roślin przybierał wysokie wartości ujemne. Jako przyczynę tego stanu przyjęto: 1) wielkość plonów badanych roślin (przewyższającą średnie plony w kraju), 2) niską emisję tego pierwiastka do atmosfery oraz 3) nawożenie stosowane w SD COBORU, w którym preferowano nawozy mineralne nie zawierające siarki o wysokiej koncentracji składnika pokarmowego. W związku z tym należy przyjąć iż w przeciętnych warunkach produkcyjnych wystąpią mniejsze niedobory siarki.

Przedstawione wyliczenia bilansowe przeprowadzone w warunkach Polski w okresie, kiedy dopływ siarki z atmosfery uległ znacznej redukcji wskazują, że istnieje realne zagrożenie wystąpieniem deficytu tego składnika w uprawach rolniczych. Spostrzeżenie to odnosi się głównie do roślin wymagających dużych ilości siarki ze względu na wysoki plon biomasy (kukurydza) lub specyficzne właściwości nasion tych roślin (produkcja tłuszczu i białka w nasionach rzepaku).

### Zużycie nawozów mineralnych

W Polsce na przestrzeni lat 2001-2011 istotnie zwiększyło się zużycie nawozów mineralnych NPK. Wzrost ten wynosił średnio w ciągu roku 3,81 kg na 1 ha UR (3) (tab. 1). Wyraźnemu zmniejszeniu uległo natomiast zużycie nawozów wapniowych.

Tabela 1

Zużycie nawozów mineralnych i wapniowych w Polsce (kg·ha<sup>-1</sup> UR)

Lata	Nawozy				
	Mineralne lub chemiczne NPK	Azotowe N	Fosforowe P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Potasowe K <sub>2</sub> O	Wapniowe CaO
2001/02	93,2	51,0	18,9	23,3	94,1
2005/06	123,3	62,5	27,7	33,1	54,8
2010/11	126,4	70,7	26,4	29,5	36,8

Źródło: Jarecki i Bobrecka-Jamro, 2013 (zmodyfikowane) (3).

Zgodnie z przewidywaniami EFMA (European Fertilizer Manufactures Association) w najbliższych latach nastąpi istotny wzrost zapotrzebowania na żywność co spowoduje wzrost zużycia nawozów mineralnych (5) (tab. 2). Widoczny trend wzrostowy w tym zakresie jest prognozowany także dla Polski. Wzrost zużycia nawozów NPK spowoduje z jednej strony potrzebę zwiększonej aplikacji siarki dla właściwego, zbilansowanego zaopatrzenia uprawianych roślin we wszystkie niezbędne składniki pokarmowe, zaś z drugiej strony w części tych nawozów będzie również wniesiona pewna pula siarki ponieważ jest ona składnikiem nawozów stosowanych jako źródło azotu (siarczan amonu, RSMS), fosforu (superfosfat) i potasu (siarczan potasu).

Tabela 2

Prognoza konsumpcji nawozów (w tys. ton)

Konsumpcja nawozów	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	2014/2015	2019/2020	2014/2015	2019/2020	2014/2015	2019/2020
EU 27	10635	10787	2561	2746	3028	3206
Polska	1171	1235	459	509	569	616

Źródło: PIPC za Lubiewa–Wieleżyński i Majchrzak, 2010 (zmodyfikowane) (5).

## Podsumowanie

Z przedstawionych powyżej danych wynika jednoznacznie, że deficyt siarki w glebach uprawnych ma zasięg światowy. Wynika on głównie z globalnych zabiegów o ochronę atmosfery i całego środowiska przed nadmiarem gazowych związków siarki uwalnianych w procesach przemysłowych, spalania kopaliny w celu ogrzania mieszkań oraz w wyniku stosowania słabych gatunkowo płynnych paliw. Przedsięwzięcia te są wspierane przez liczne akty prawne uchwalane w Europie i na świecie, które zobowiązują poszczególne kraje, w tym także Polskę, do ograniczania emisji  $\text{SO}_2$  do założonego poziomu. To powoduje, że obserwuje się stały trend spadkowy zawartości siarki ogólnej i siarki siarczanowej w glebach uprawnych naszego kraju. W konsekwencji w glebach niektórych rejonów kraju pojawia się deficyt siarki a badania potwierdzają także ujemny bilans siarki w głównych roślinach uprawnych. Taka sytuacja powoduje konieczność zwracania uwagi na siarkę jako niezbędny składnik pokarmowy dla roślin a w dalszej kolejności dla ludzi i zwierząt. Stosowanie nawozów naturalnych oraz mineralnych zawierających siarkę jest obecnie, i będzie w przyszłości, jedyną drogą uzupełniania jej zawartości w glebie i roślinach.

## Literatura

1. B o r e c z e k B.: Bilans siarki w zmianowaniu czteropolowym. Nawozy i Nawożenie - Fertilizers and Fertilization, 2000, **4(5)**: 173-184.
2. F a n M. X., M e s s i c k D. L.: Correcting sulphur deficiency for higher productivity and fertilizer efficiency. Materiały Konf. IFA Crossroads Asia-Pacific 2007, Bali, Indonesia, 17-19 December 2007: 1-9.
3. J a r e c k i W., B o b r e c k a - J a m r o D.: Zużycie środków produkcji rolniczej w Polsce w kontekście retardacji przemian rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Inżynieria Rolnicza, 2013, **34**: 121-128.
4. K a b a t a - P e n d i a s A., M o t o w i c k a - T e r e l a k T., P i o t r o w s k a M., T e r e l a k H. W i t e k T.: Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa. Seria P (53), IUNG Puławy, 1993: 15-18.
5. L u b i e w a - W i e l e ż y Ń s k i W., M a j c h r z a k J.: Prognoza rozwoju przemysłu chemicznego w Europie ze szczególnym uwzględnieniem przemysłu nieorganicznego i nawozowego. Materiały: Innowacyjna Gospodarka – Narodowa Strategia Rozwoju, Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego, Warszawa 2010: 1-28.
6. M o t o w i c k a - T e r e l a k T., T e r e l a k H.: Siarka w glebach Polski – stan i zagrożenie. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 1998: 1-105.
7. P o d l e ś n a A.: Wpływ nawożenia siarką na zawartość i pobieranie składników pokarmowych przez rzepak ozimy. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, 2004, **XXV**: 627-636.
8. P o d l e ś n a A., C a c a k - P i e t r z a k G.: Kształtowanie plonu oraz parametrów przemiałowych i wypiekowych pszenicy jarej poprzez nawożenie azotem i siarką. Pamiętnik Puławski, 2006, **142**: 381-392.
9. Raport z wdrażania w Polsce Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2001/81/WE z dnia 23 października 2001 w sprawie krajowych pułapów emisji niektórych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego. Rzeczpospolita Polska, Warszawa, 2007: 1-15.

10. Siebielec G., Smreczak B., Klimkowicz-Pawlas A., Maliszewska-Kordybach B., Terelak H., Koza P., Łysiak M., Gałązka R., Pecio M., Suszek B., Miturski T., Hryńczuk B.: Monitoring chemizmu gleb ornych w Polsce w latach 2010-2012. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 2012: 54-56.
11. Szulc W.: Potrzeby nawożenia roślin uprawnych siarką oraz metody ich wyznaczenia. Rozprawy Naukowe i Monografie, nr 332, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2008: 1-98.

---

Adres do korespondencji:

*dr Anna Podleśna*  
*Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Czartoryskich 8*  
*24-100 Puławy*  
*Tel: 81 886 34 21 w. 251*  
*e-mail: ap@iung.pulawy.pl*