

GRZEGORZ NOWAK, JERZY CZAPLA

**Badania nad pobieraniem i przemieszczaniem siarki znakowanej izotopem  $^{35}\text{S}$  w siewkach sosny pospolitej (*Pinus silvestris*)**

Исследование поглощения  
и перемещения серы меченой изотопом  $^{35}\text{S}$  сеянцами сосны обыкновенной  
(*Pinus silvestris*)

Investigations on absorption and translocation of sulphur marked with isotope  $^{35}\text{S}$  in seedlings of Scotch pine (*Pinus silvestris*)

Zdolność do pobierania składników pokarmowych przez różne gatunki drzew leśnych, za pośrednictwem igieł jest mało znana. Przeprowadzono niewiele badań nad pozakorzeniowym odżywianiem fosforem, azotem i siarką.

Achromiejko (1) w badaniach nad doszpilkowym dokarmianiem sosny i świerka stwierdził przemieszczanie siarki i fosforu do systemów korzeniowych oraz do sąsiednich siewek. Przemieszczanie substancji promieniotwórczych z jednych siewek do drugich przebiega nie przez zróżnione korzenie, ale na drodze wydzielania przez system korzeniowy. Radioaktywny roztwór szybko przechodzi przez wszystkie części rośliny, zarówno w kierunku pionowym, a także w poprzek pnia. Stwierdził, że tylko młode korzenie nie okryte korkiem są fizjologicznie aktywne i absorbują większe ilości składników pokarmowych.

Zentgraf i Barner (12), oraz Tarabrin (10) w pracach z zastosowaniem izotopu  $^{23}\text{P}$  udowodnili, że korzenie drzew współżyjące z grzybem pobierają fosfor szybciej i w większej ilości.

Większość wykonanych prac z zakresu nawożenia siarką i jej fizjologicznej roli dotyczy roślin uprawnych. Freny i wsp. (4) oraz Grzesiuk (5) w badaniach swych wskazują na dużą reakcję roślin na nawożenie tym składnikiem.

Thomas i wsp. (11) oraz Biddulph i wsp. (3) stwierdzili, że część siarki w roślinie jest ruchliwa i może przemieszczać się w miarę potrzeby z jednego organu do drugiego.

Badania przeprowadzone przez Kotera i Panaka (6), Olse-  
na (8) na roślinach uprawnych, wykazały że mogą one pobierać siarkę zarówno z gleby jak i bezpośrednio z powietrza za pomocą aparatu liściowego.

Na podstawie uzyskanych wyników, przez niektórych autorów, można wysuwać przypuszczenie, że podobnie będą zachowywały się rośliny drzewiaste.

Biorąc pod uwagę małą zdolność sorpcyjną lekkich gleb leśnych (7) charakteryzujących się niskimi właściwościami kumulacyjnymi, nawożenie siarką tych gleb nabiera szczególnego znaczenia.

Celem niniejszej pracy było zbadanie możliwości pobierania siarki przez igły sosny i jej przemieszczanie do innych organów. Z uwagi na wzrastającą rolę nawożenia lasów przy użyciu lotnictwa, badania w tym zakresie wydają się celowe.

Do doświadczenia użyto 2-letnie siewki sosny pospolitej (*Pinus silvestris*) po zakończonym okresie wegetacji. Rośliny po przeniesieniu z lasu do laboratorium hodowano w ciągu jednego tygodnia na pożywkach wodnych Priansznikowa rozcieńczonych wodą destylowaną w stosunku 1:4. Stosowano sztuczne oświetlenie za pomocą lamp rtęciowych przez 8 godzin dziennie. Natężenie światła na wysokości sosen wynosiło 60 lx.

Na 3 dni przed rozpoczęciem doświadczenia rośliny przeniesiono do litrowych słoików z bezsiarczanową pożywką według Hoaglanda i Arnona, rozcieńczoną wodą destylowaną w stosunku 1:2. Doświadczenie założono w dwóch seriach: dokorzeniowej i doszpilkowej oraz w trzech kombinacjach po 3 rośliny w każdej (rys. 1). Pobieranie i przemieszczanie siarki badano po 1, 3, 6, 24 i 48 godzinach zaaplikowania izotopu.



Ryc. 1. Sosny przygotowane do doświadczenia

W serii doszpilkowej zastosowano znakowany roztwór  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  o stężeniu 0,25 M i aktywności właściwej 1 mC/1 ml. Roztwór o objętości 20 mm<sup>3</sup> наносzono kropelkami za pomocą pipety mikrometrycznej na każdą z pięciu dolnych szpilek. Ogółem wniesiono na jedną sosnę w serii doszpilkowej 100 mm<sup>3</sup> roztworu.

W serii dokorzeniowej siarkę wprowadzono do słoja w ilości 16 mg S/l o aktywności właściwej  $9,2 \mu\text{C}/\text{l mg}$ .

Po zakończeniu doświadczenia systemy korzeniowe sosen z serii dokorzeniowej starannie przemywano wodą bieżącą. Z każdej kombinacji po jednej roślinie przeznaczono do badań autoradiograficznych, a pozostałe do radiometrycznych. Z sosen użytych do badań radiometrycznych usuwano szpilki, na które naniesiono izotop. Wszystkie rośliny suszono w temperaturze  $70^{\circ}\text{C}$ . Do uzyskania autoradiogramów zastosowano bezekranową kliszę R e n t g e n a.

Wysuszone rośliny, przeznaczone do pomiarów radiometrycznych rozdzielono na: szpilki, łodygi i korzenie. Materiał roślinny mineralizowano za pomocą kwasu azotowego i 30% nadtlenku wodoru. Aktywność mierzono po odparowaniu kwasu i perhydrolu za pomocą okienkowego licznika GM typu AOH — 42/O.

Dla oznaczenia intensywności wydzielania siarki przez system korzeniowy z roślin, odparowano do sucha 500 ml pożywki z serii doszpilekowej, a następnie rozpuszczono w małej ilości wody i przeniesiono do misek pomiarowych. Aby uniknąć błędu wynikającego z aktywności samej pożywki, odparowano 500 ml roztworu i oznaczono jego aktywność. Wyniki wyrażono w impulsach na minutę z uwzględnieniem poprawki na tło.

Wstępne badania wykazały, że intensywny proces pobieranie siarki zachodzi dopiero po 6 godzinach od chwili wprowadzenia izotopu na szpilki lub do pożywki. Dlatego w pracy tej jako najkrótszy czas odżywiania przyjęto 6 godzin.



Rys. 2. Autoradiogramy ilustrujące rozmieszczenie  $^{35}\text{S}$  w systemie korzeniowym sosen  
A —  $^{35}\text{S}$  zastosowana dokorzeniowo, czas ekspozycji 48 godzin  
B —  $^{35}\text{S}$  zastosowana doszpilekowo, czas ekspozycji 48 godzin

Autoradiogramy systemów korzeniowych sosen przy dokorzeniowym (A) i doszpilekowym (B) zastosowaniu znakowanej siarki przedstawiono na ryc. 2. Sądząc po zaciernieniu kliszy R e n t g e n a w obu przypadkach największe ilości izotopu zostały zaabsorbowane przez wierzchołkowe strefy korzeni. Na współzależność taką wskazują badania A c h r o m i e j k i (1) i B a r r i e r a (2). Duże ilości siarki zostały zlokalizowane w miejscach współzycia korzenia z grzybem. T a r a-

brin (10) podobne zjawisko stwierdził podczas pobierania i przemieszczania fosforu  $^{32}\text{P}$  w siewkach sosny pospolitej.

Stwierdzono różnice w rozmieszczeniu izotopu w obrębie systemów korzeniowych w zależności od sposobu żywienia. W serii dokorzeniowej rozmieszczenie siarki jest względnie równomierne. Przypuszcza się, że powodem takiego zlokalizowania mogła być fizyko-chemiczna absorpcja siarki. Najwięcej siarki znaleziono w miejscach mykorizy. Można sądzić, że przy tym sposobie i czasie (48 godzin) odżywiania w pierwszej kolejności zostały zaspokojone potrzeby grzyba na ten składnik. Świadczy to o dużym stopniu współżycia sosny z grzybem, jak również o nieco innych procesach zachodzących podczas przewodzenia siarki w roślinach żywionych dokorzeniowo i doszpilkowo.

Tabela 1

**Przemieszczanie siarki znakowanej izotopem  $^{35}\text{S}$  w sosnach w zależności od sposobu zastosowania w imp. (min.) 1 gram suchej masy**

Organ rośliny	$^{35}\text{S}$ zastosowana					
	dokorzeniowo			doszpilkowo		
	godzin					
	6	24	48	6	24	48
Szpilki	353	560	3230	1680	4403	6303
Łodygi	90	600	861	5063	6813	7896
Korzenie	1130	2527	2866	790	9967	12460

O odmienności procesów przewodzenia świadczą wyniki pomiarów radiometrycznych zamieszczone w tabeli 1. Sosny z serii dokorzeniowej po 6 godzinach od zastosowania izotopu zatrzymały siarkę w następujących proporcjach: najwięcej stwierdzono w korzeniach, 3-krotnie mniej w szpilkach, 13-krotnie mniej w łodygach. Po takim samym czasie (6 godzin) ilość siarki zaabsorbowana przez korzenie z serii doszpilkowej była 2-krotnie mniejsza od siarki pobranej przez szpilki i 6-krotnie mniejsza od ilości S zatrzymanej przez łodygi. W dalszych okresach badania przemieszczania siarki przy jej dokorzeniowym zastosowaniu zauważono, że największe tempo gromadzenia siarki wykazały szpilki, następnie łodygi i w końcu korzenie. W efekcie tego po 48 godzinach odżywiania najwięcej siarki zatrzymały szpilki, nieco mniej korzenie, a najmniej łodygi.

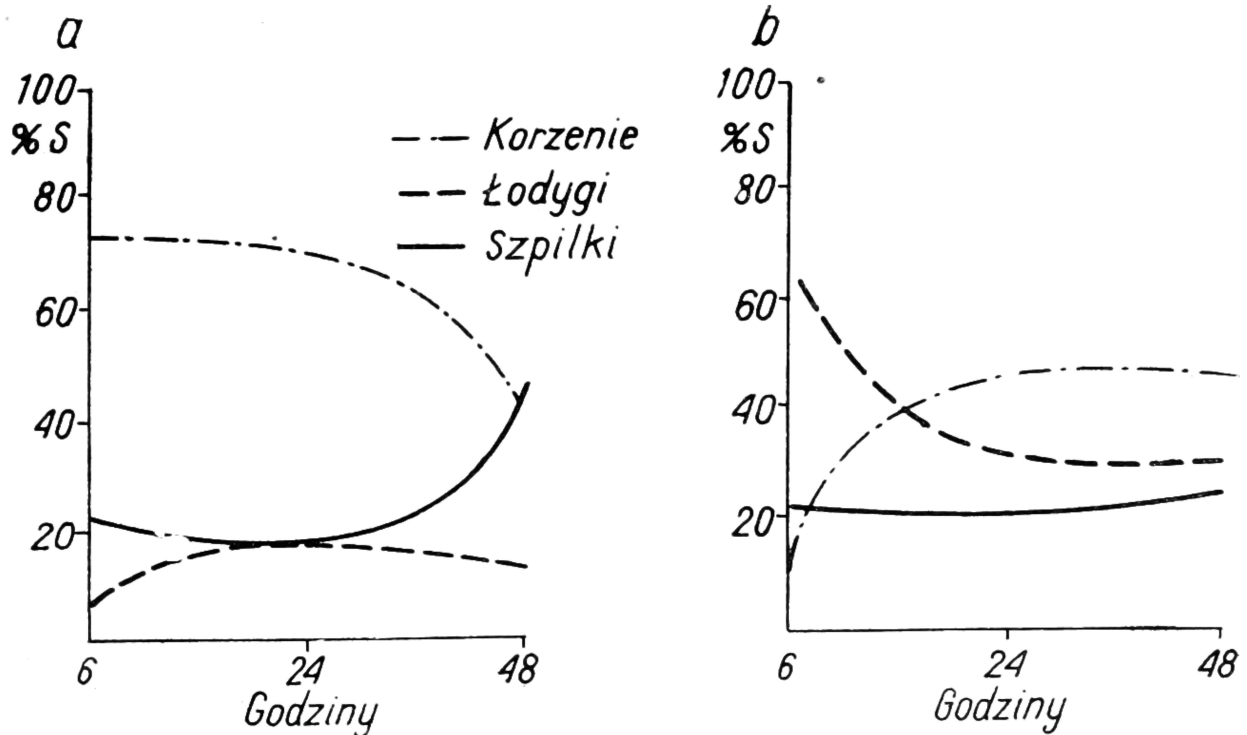
Przy doszpilkowym dokarmianiu sosen tempo akumulacji siarki było największe w korzeniach, a najmniejsze w łodygach. Po 48 godzinach najwięcej siarki stwierdzono w korzeniach, 1,5-krotnie mniej w łodygach, 2-krotnie mniej w szpilkach.

Dynamikę przemieszczania siarki w zależności od czasu odżywiania w poszczególnych częściach roślin przedstawiono na ryc. 3. Przy dokorzeniowym zastosowaniu (ryc. 3 A) procentowy udział siarki w korzeniach szybko maleje w miarę upływu czasu od chwili podania izotopu  $^{35}\text{S}$ . W pozostałych zaś organach wzrasta, szczególnie w szpilkach. Przy doszpilkowym (ryc. 3 B) systemie żywienia siewek procesy translokacji siarki przedstawiają się inaczej. Zawartość siarki w szpilkach w ciągu 48 godzin nie ulega zmianie. W łodygach daje się zauważyć początkowo

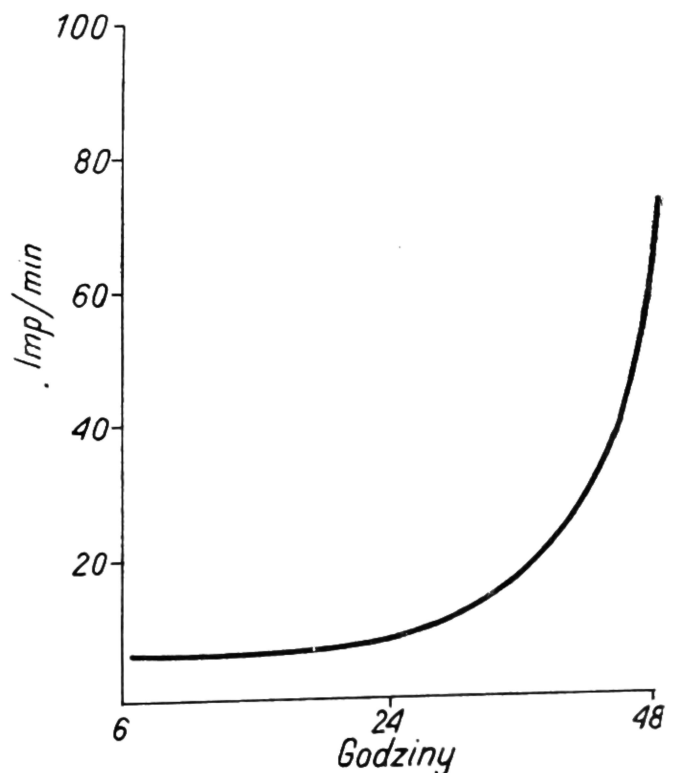


bardzo gwałtowny spadek trwający do 24 godzin. Natomiast zawartość siarki w korzeniach wzrasta do 24 godzin, a następnie utrzymuje się na stałym poziomie. Przebieg krzywych obrazujących dynamikę przemieszczania siarki w korzeniach i łodygach jest symetrycznie odwrotny. Świadczy to o przemieszczaniu izotopu ze szpilek przez łodygi do korzeni. Podobne wyniki na fasoli i rzepaku uzyskali P a n a k i S z a f r a n e k (9).

W doświadczeniu z doszpilkowym zastosowaniem siarki stwierdzono możliwość wydzielania izotopu przez system korzeniowy do pożywki



Rys. 3. Krzywe ilustrujące względne procentowe przemieszczanie  $^{35}\text{S}$  w poszczególnych organach sosen przy doszpilkowym (a) i dokorzeniowym (b) odżywianiu siarką



Rys. 4. Krzywa wydzielania izotopu  $^{35}\text{S}$  do pożywki przez korzenie sosen przy doszpilkowym zastosowaniu siarki

(ryc. 4). Ilość izotopu wydzielona do pożywki w ciągu 24 godzin była niewielka, dopiero po upływie tego czasu nastąpił gwałtowny wzrost. Zjawisko to wiąże się z pobieraniem tego składnika przez korzenie (ryc. 3 b). Badania Achromiejki (1), Panaka i Szafranka (9) potwierdzają taką prawidłowość.

#### WNIOSKI

1. Stwierdzono możliwość pobierania siarki przez szpilki sosny pospolitej (*Pinus silvestris*) i przemieszczanie jej do pozostałych organów.
2. Przy dokorzeniowym odżywianiu siarka została zaabsorbowana głównie przez szpilki i korzenie, natomiast przy doszpilkowym zastosowaniu przez korzenie i łodygi.
3. Przy obu sposobach żywienia największe ilości siarki w obrębie korzeni zostały zatrzymane w miejscach mykoryzy jak również w rosnących częściach systemu korzeniowego.
4. Część siarki pobranej przez szpilki została wydzielona do pożywki.

#### LITERATURA

1. Achromiejko A. J. — Fizjologiczeskoje obosnowanije powyszenija produktywnosti lesow. „Les. Choz.”, 1958, nr 5, t. 10—16.
2. Barrier G. E., Loomis W. E. — Absorption and tranlocation of 2,4 — Dichlorophenoxyacetic acid and P-32 laves. „Plant Physiol”. 1957, z. 32, s. 225—231.
3. Biddulph O., Cory R., Biddulph S. — The absorption and tranlocation of sulphur by Red Kidney bean. „Plant Physiol”. 1956, z. 31, s. 28—33.
4. Franey J. R., Barrow N. J., Spencer K. — A review of certain aspects of sulphur as a soil constitutent and plant nutrient. „Plant and Soil” 1962, z. 17, s. 295—305.
5. Grzesiuk W. — Badania nad wpływem nawożenia siarką na plony i skład chemiczny rzepaku jarego. „Zesz. Nauk. WSR w Olsztynie”, 1965, z. 20, s. 343—355.
6. Koter M., Panak H. — Badania nad pobieraniem  $SO_2$  z atmosfery i opadów przez rośliny uprawne przy zastosowaniu izotopu S-35. RNT, 1966 90-A, s. 499—509.
7. Koter M., Panak H., Nowak G. — Sorpcja różnych form siarki znakowanej izotopem S-35 przez gleby lekkie. (w druku).
8. Olsen R. A. — Absorption of sulphur dioxide from the atmosphere by cotton plant. „Soil Sci”, 1957, z. 84, s. 107—111.
9. Panak H., Szafranek R. Cz. — Przemieszczanie siarki znakowanej izotopem S-35 przy dolistnym i dokorzeniowym jej zastosowaniu. „Acta Agrobotanica”, z. 20, s. 143—152.
10. Tarabrin A. D. — Pogłoszczenie fosfora P-32 mikrozynymi i bezmikro-riznymi dubkami w zəwisimosti od priedwaritielnogo fosfornogo pitanija. „Lesnoj Żurn.”, 1961, nr 1, s. 37—39.
11. Thomas M. D., Hendricks R. H., Hill G. R. — A study of the sulphur metabolism of wheat, barley and corn using radioactive sulphur. „Plant Physiol.”, 1944, z. 19, s. 227—244.
12. Zentgraf E., Barner J. — Die Aufnahme radioactiven Phosphates durch die Wurzel der Tanne. „Allg. F. J. Ztg.”, 1955, z. 126, s. 23—24.

Z Instytutu Chemizacji Rolnictwa  
Wydziału Rolniczego Wyższej Szkoły  
Rolniczej w Olsztynie

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 7 marca 1971 r.

Авторами исследовалось использование и перемещение серы 2-летними сеянцами сосны обыкновенной (*Pinus silvestris*) при дохвойном и докорневом ее применении. Продолжительность питания: 6—48 часов. Установлено возможность поглощения серы хвоей и перемещения ее до других органов. Принятая таким путем сера в очень большом проценте накапливалась в корневых системах, в особенности в зоне роста а также сожительства с грибом. Часть исследуемого элемента была выделена до питательной среды. При докорневом питании сеянцев больше всего серы отложилось в хвое, а при дохвойном — в корнях.

#### Summary

The authors examined the absorption and translocation of sulphur, applied to needles and roots, by 2-year-old pine seedlings (*Pinus silvestris*). They stated the possibility of absorption by needles of sulphur and its translocation to other organs. A great share of sulphur taken in this way was accumulated in the root system, especially in its growing part and in that being in symbiosis with the fungus. A part of examined element was diffused into the medium. At application of sulphur to roots of seedlings, it was mostly accumulated in the needles and at application to needles — in roots.