

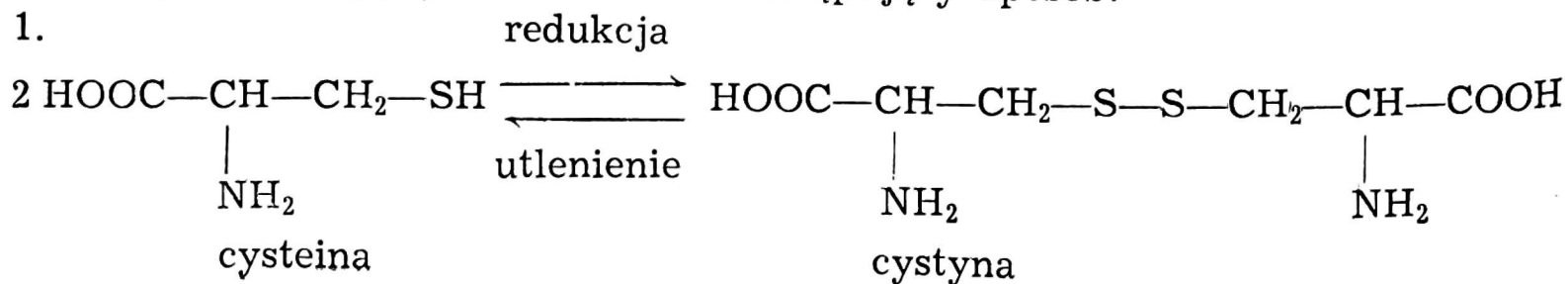
ANNA NOWOTNY-MIECZYŃSKA  
Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa — Puławy  
Pracownia Fizjologii Żywienia Roślin

## ROLA SIARKI W FOTOSYNTYZIE

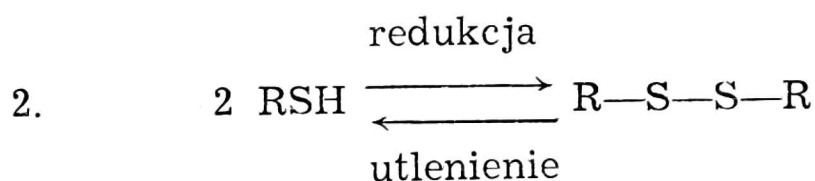
Chloroplasty, a więc te organelle komórki, w których zlokalizowany jest aparat fotosyntezy, są szczególnie bogate w substancje białkowe. Przyjmuje się, że około 50% białka cytoplazmy znajduje się w chloroplastach. Występują one nie tylko w bezbarwnej stromie ale i w barwnych granach. Pigmenty chloroplastów znajdują się bowiem w kompleksie z białkami (patrz: praca „fosfor” rys. 2 B). W białkach chloroplastów dominującą pozycję zajmują aminokwasy siarkowe, a więc cystyna, cysteina i metionina; znajduje się też trójpeptyd: glutation, którego cząsteczka składa się z glicyny, kwasu glutaminowego i cysteiny. Na ogół zawartość siarki w chloroplastach wynosi około 70% siarki cytoplazmy. Wskazywałoby to na pośrednią lub bezpośrednią rolę siarki w procesie fotosyntezy.

Z obserwacji roślin, które cierpią na brak lub niedobór siarki w środowisku odżywczym, wynika również, że siarka jest elementem niezbędnym dla prawidłowego funkcjonowania mechanizmu fotosyntezy. Przy braku lub niedoborze siarki liście roślin są jasno zielone lub żółto-zielone, zwężone, skrócone i bardzo drobne; system korzeniowy zmniejszony. Zmiana zabarwienia liści charakterystyczna dla niedoboru siarki wskazuje na zmniejszoną produkcję chlorofilu, która może się obniżyć nawet do 40% tego barwnika w stosunku do liści zdrowych, tj. normalnie zaopatrzonych w siarkę. Ergle (1953) wykazał, że w takich warunkach aparat fotosyntetyczny jest silnie osłabiony, ilość chloroplastów w komórce znacznie zmniejszona, a przy skrajnym deficycie tego składnika pokarmowego zachodzi rozpad chloroplastów.

Siarka aminokwasów-S występuje bądź w grupie sulfhydrylowej: SH, jak np. w cysteinie, bądź w formie dwusulfidowej: —S—S—, jak w cystynie. Duże znaczenie w metabolizmie roślin mają obydwie wyżej wymienione aminokwasy-S, ponieważ stanowią ważny system oksydoredukcyjny; działa on w następujący sposób:



Reakcję tę można schematycznie przedstawić w następujący sposób:



Podobnie działa i glutation, który stanowi szeroko rozpowszechniony system redoks. Tak więc właściwość grup sulfhydrylowych polegałaby na łatwym oddawaniu wodoru, a potem równie łatwym ich przyjmowaniu w stanie utlenienia.

Są przypuszczenia, że grupa dwusulfidowa odgrywa rolę w procesie fotosyntezy ze względu na jej obecność w kwasie lipoinowym. Według hipotezy Calvina i Bahltropa (1952) produkt fotolitycznego rozpadu wody, tj. wodór, pobierany jest i dalej przekazywany przez siarkę związaną dwusulfidowo w kwasie lipoinowym, którego postać chemiczna jest następująca:  $\text{HOOC—(CH}_2\text{)}_4\text{—CH—CH}_2\text{—CH}_2$  (stan utlenienia).



Jego działanie w przyjmowaniu i oddawaniu wodoru odpowiadałoby powyżej podanemu schematowi 2. Hipoteza ta wymaga jednak sprawdzenia.

Badania z ostatnich lat wskazują jednak na inną rolę siarki w procesie fotosyntezy. Jak już podawano w pracy o roli fosforu w mechanizmie fotosyntezy (str. 3), duże znaczenie w procesie cyklicznej i niecyklicznej fotofosforylacji posiada ferredoksyna. Ostatnio Bachanan i współpr. (1963) analizując ten związek stwierdzili, że obok żelaza związanego z białkiem, znajduje się w jej cząsteczce także i tzw. „labilny siarczek”. Badacz stwierdził, że podczas oddzielania żelaza od cząsteczki ferredoksyny zachodzi równocześnie odszczepienie się siarki, która w kwaśnym środowisku wydziela się w formie siarkowodoru. Próby wymiany siarki ferredoksyny z siarką izotopową  $\text{S}^{35}$  (wprowadzonej w postaci siarczków) spełzły na niczym. Wyszło stąd wniosek, że siarka ferredoksyny występuje w niej w postaci organicznego połączenia, a nie jonowo związanego nieorganicznego związku. Te obserwacje wskazywałyby, że żelazo ferredoksyny związane jest z grupami tiolowymi cysteiny. Dalsze badania wykazały, że obecność w ferredoksynie żelaza i siarki warunkuje wartość jej potencjału oksydo-redukcyjnego. Wynika z tego, że zarówno składnik żelazowy jak i siarkowy byłyby zatrudnione w węzłowej reakcji fotosyntezy, tj. w redukcji kwasu fosfoglicerynowego do fosfotriozy (patrz „Rola fosforu w fotosyntezie”, str. 3).

Na podstawie wyników dotychczasowych badań nie można jeszcze wyciągnąć wniosków o roli siarki ferredoksyny w mechanizmie foto-

syntezy, wszystko jednak wskazuje, że siarka jest w tym mechanizmie zatrudniona. Dalsze badania wykażą na czym jej rola polega.

Na koniec należy podkreślić, że siarka chloroplastów posiada duże znaczenie jako materiał budulcowy zrębu białkowego; jest ona przez to odpowiedzialna za stabilność struktury białkowej a tym samym i za stabilność chloroplastów.

#### LITERATURA

1. Bachanan B. B., Lovenberg W. i Rabinowitz J. C. 1963. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 49, 345 (cyt. według: Toczko K. Postępy Biochemii, X. 3. 1964).
2. Calvin M., Barltrop J. A. 1952: J. Amer. Soc. 74, 6153.
3. Ergle D. R. 1953: Bot. Gaz. 114, 417.