

GABRIELA LORENC-PLUCIŃSKA and JAROSŁAW FIGAJ

Wpływ siarczynu na fotosyntezę i transport sacharozy w liściach topoli*

Lorenc-Plucińska, G., Figaj J. 1993. Effect of sulfite on photosynthesis and phloem loading in poplar leaves. *Arbor. Kórnickie* 38: 75–85.

Abstract. The effect of sulfite (0.1–10.0 mM) on $^{14}\text{CO}_2$ fixation in light and on the uptake in the dark of sucrose by leaf discs of different cultivars of *Populus deltoides* was studied. Both, *P. deltoides* and *P. 'Marilandica'* were characterized as more tolerant to SO_2 than *P. 'Virginie de Frignicourt'* and *P. 'Forndorf'*. It was found that CO_2 assimilation and sucrose transport (i.e. sucrose uptake) were at least two times higher in *P. 'Virginie de Frignicourt'* and *P. 'Forndorf'* than in *P. deltoides* and *P. 'Marilandica'*. Sulfite treatment of leaf discs of the four poplars caused a drop in photosynthesis and sucrose uptake. The inhibition of sucrose loading to phloem under the influence of sulfite was greater than the inhibition of photosynthesis. Changes in $^{14}\text{CO}_2$ assimilation and phloem loading were independent of the degree of poplar cultivar susceptibility to SO_2 .

Additional key words: CO_2 -fixation, sucrose uptake.

Address: Lorenc-Plucińska, G., Figaj J., Polish Academy of Sciences, Institute of Dendrology, 62-035 Kórnik, Poland.

Accepted for publication, March 1993.

WSTĘP

Dwutlenek siarki wnika do wnętrza liścia głównie przez szparki. Łatwo przenika przez błony komórkowe oraz dobrze rozpuszcza się w środowisku wodnym wnętrza roślin. Produktami jego hydratacji i dysocjacji są jony H^+ , HSO_3^- i SO_3^{2-} . Jony siarczynowe zaburzają transport produktów fotosyntezy z komórek mezofilowych do tkanek przewodzących przede wszystkim wskutek hamowania aktywności procesu załadunku cukru do floemu (Lorenc-Plucińska 1988). Obniżenie aktywności apoplastycznego załadunku floemu

* Praca wykonana w ramach działalności statutowej Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku.

zależy od gatunku roślin i ich zróżnicowanej wrażliwości na działanie dwutlenku siarki oraz od funkcji, jaką poszczególne organy asymilacyjne (dawcy/biorcy) pełnią w transporcie fotoasymilatów (Maurousset i in. 1992).

Całkowicie rozwinięte i o pełnym turgorze liście *Populus deltoides*, *P.* 'Marilandica', *P.* 'Virginie de Frignicourt' i *P.* 'Forndorf' charakteryzowały się identycznym mechanizmem załadunku sacharozy do floemu: aktywny transport sacharozy przez plazmalemę zachodził przy udziale nośnika białkowego i w kotransporcie z protonem (Lorenc-Plucińska i Bojarczuk 1993). Aktywność tego procesu była jednak kilkakrotnie niższa u *Populus deltoides* i *P.* 'Marilandica' w porównaniu do *P.* 'Virginie de Frignicourt' i *P.* 'Forndorf'. Oddziaływanie dwutlenku siarki na proces fotosyntezy i transport cukru nie został, jak dotąd, zbadany na tym materiale. Z obserwacji terenowych wiadomo jednak, że *Populus deltoides* i *P.* 'Marilandica' wykazuje mniejszą podatność na SO_2 aniżeli *P.* 'Virginie de Frignicourt' i *P.* 'Forndorf' (Rachwał i Kluczyński 1987).

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu różnych stężeń jonów siarczynowych na natężenie fotosyntezy i załadunku sacharozy do floemu oraz jego uzależnienie od początkowej aktywności badanych procesów u *P. deltoides* i jej wyżej wymienionych odmian.

W doświadczeniach z sosną zwyczajną obserwowano, że dwutlenek siarki powodował większą inhibicję fotosyntezy i dalekiego transportu asymilatów u osobników charakteryzujących się wyższym natężeniem tych procesów; osobniki te były również bardziej wrażliwe na działanie SO_2 (Lorenc-Plucińska 1982, 1984). Przypuszczano więc, że podobnie jak u sosny zwyczajnej, jony siarczynowe będą powodowały większe zmiany w natężeniu fotosyntezy i transportu cukru u *P.* 'Virginie de Frignicourt' i *P.* 'Forndorf', charakteryzujących się większą aktywnością tych procesów i podatnością na działanie SO_2 aniżeli u *P. deltoides* i *P.* 'Marilandica'. Wyniki niniejszych badań nie potwierdziły jednak tego przypuszczenia; hamowanie zarówno asymilacji CO_2 na świetle jak i transportu cukru w ciemności przez jony siarczynowe było u *P. deltoides* i jej odmian, podobne.

MATERIAŁ I METODY

Do badań wybrano 4 drzewa w wieku 25 lat z kolekcji topoli Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku: *Populus deltoides* i znanych odmian uprawowych mieszańców euroamerykańskich *P.* 'Marilandica', *P.* 'Virginie de Frignicourt' i *P.* 'Forndorf'.

Z międzyżyłowych przestrzeni blaszki liściowej wycinano przy pomocy korkoboru krążki o średnicy 8 mm. Przenoszono je do naczynka próżniowego, zawierającego mieszaninę składającą się z 250 mM mannitolu, 0.25 mM $MgCl_2$, 0.5 mM $CaCl_2$ i 25 mM MES, pH 5.0. Krążki infiltrowano pod próżnią aż do ich całkowitego zanurzenia. Następnie inkubowano je w 20°C przez 60 min w świeżej mieszaninie buforowej.

Transport sacharozy badano z zastosowaniem metod wcześniej opisanych (Lorenc-Plucińska i Bojarczuk 1993), z niewielkimi modyfikacjami. Krążki liściowe inkubowano w ciemności na wytrząsarce (80 wstrząsów/min) w mieszaninie zawierającej 0.25 mM $MgCl_2$, 0.5 mM $CaCl_2$, 250 mM mannitolu, 25 mM MES-NaOH (pH 6.0), bez lub z siarczynem, sacharozą z $U-^{14}C$ -sacharozą (specyficzna aktywność 19.8 GBq/mmol). Następnie płukano je świeżym, nieradioaktywnym roztworem buforowym bez siarczynu (3×2 min) i inkubowano przez 90 min w gorącej (70°C) mieszaninie 70% (v/v) kwasu nadchlorowego i 30% (v/v) H_2O_2 .

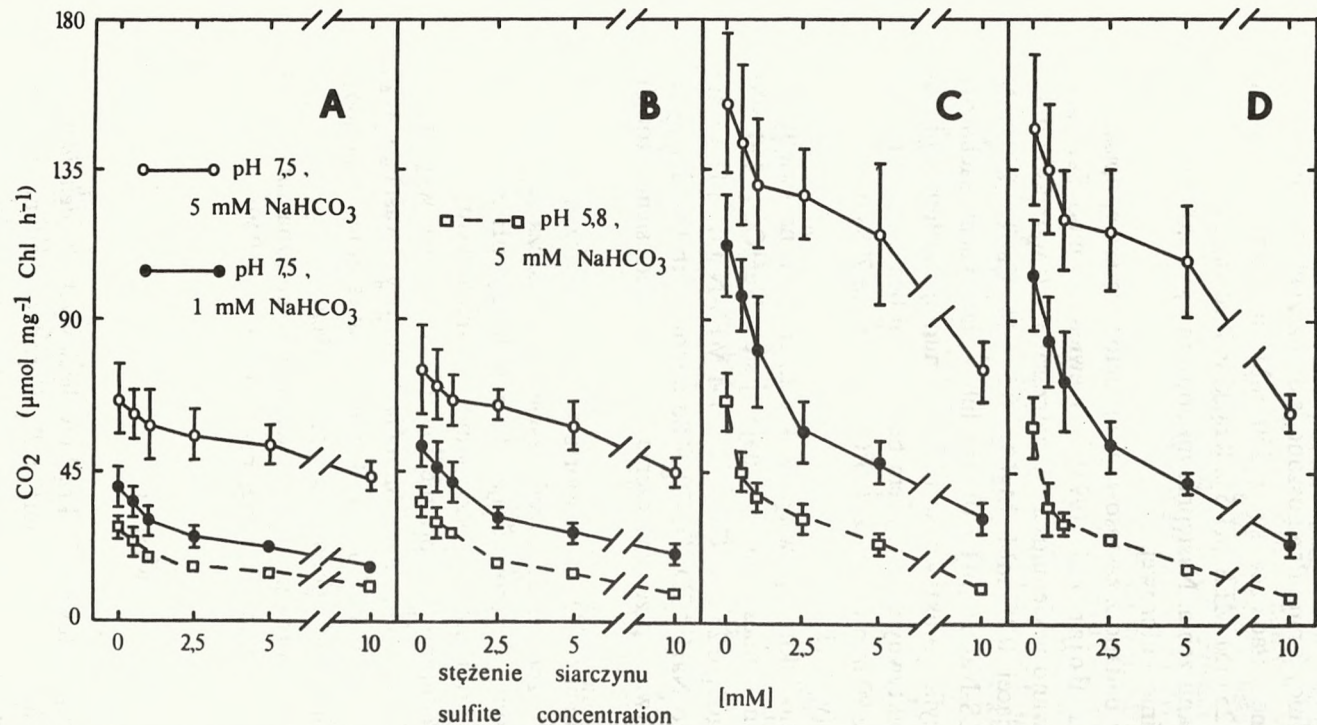
Fotosyntezę mierzono inkubując wstępnie krążki liściowe na świetle ($54 \mu E/cm^2 \cdot s$) przez 20 min w mieszaninie składającej się z $NaHCO_3$, 250 mM mannitolu, 0.25 mM $MgCl_2$, 0.25 mM $CaCl_2$, 25 mM MES-NaOH, pH 5.8 lub 7.5. Następnie dodawano $NaH^{14}CO_3$ (42-70 MBq/mmol) z lub bez siarczynu. Asymilację $^{14}CO_2$ przerywano przez wyłączenie światła i przeniesienie prób do 6 N kwasu octowego.

W badaniach asymilacji $^{14}CO_2$ i transportu sacharozy siarczyny przygotowano każdorazowo bezpośrednio przed użyciem, rozpuszczając Na_2SO_3 w mieszaninie inkubacyjnej i doprowadzając do określonego pH za pomocą HCL. Radioaktywność prób zliczano przy pomocy licznika scyntylicyjnego. W obliczeniach uwzględniono tło promieniowania i stopień wygaszania mieszaniny dla każdej próby oddzielnie. Stężenia sacharozy, kwaśnego węgla sodu, siarczynu i innych dodatkowych składników mieszaniny inkubacyjnej oraz czas trwania inkubacji podano w opisach rycin.

Zawartość chlorofilu w izolowanych krążkach liściowych oznaczano spektrofotometrycznie według metody opisanej przez Arnona (1949).

WYNIKI

Natężenie fotosyntezy izolowanych krążków liściowych *P. deltoides*, *P. 'Marilandica'*, *P. 'Virginie de Frignicourt'* i *P. 'Forndorf'* badano poprzez pomiar ilości pochłoniętego $^{14}CO_2$ na świetle. Zależało ono zarówno od pH środowiska inkubacyjnego jak i od zastosowanego stężenia kwaśnego węgla



Ryc. 1. Wpływ siarczynu na natężenie asymilacji CO₂ izolowanych krążków liściowych *Populus deltoides* (A), *P. 'Marilandica'* (B), *P. 'Virginie de Frignicourt'* (C), i *P. 'Forndorf'* (D). Czas inkubacji krążków liściowych z siarczynem: 15-20 min. Siarczyn dodawano do mieszaniny inkubacyjnej (0.25 mM MgCl₂, 0.25 mM CaCl₂, 250 mM mannitolu, 25 mM MES-NaOH pH 5.8 lub 7.5) razem z NaH¹⁴CO₃ (1.0 i 5.0 mM) na świetle (54 µE/cm² · s). Każdy punkt jest średnią ± SD z 6 eksperymentów, powtarzanych czterokrotnie. Pionowe kreski (±SD) nie są zaznaczone, jeżeli były mniejsze niż zastosowane symbole.

Fig. 1. Effect of sulfite on ¹⁴CO₂ fixation of leaf discs isolated from source leaves of *Populus deltoides* (A), *P. 'Marilandica'* (B), *P. 'Virginie de Frignicourt'* (C), and *P. 'Forndorf'* (D). Incubation time of leaf discs with sulfite: 15-20 min. Sulfite was added to the incubation medium (0.25 mM MgCl₂, 0.25 mM CaCl₂, 250 mM mannitol, 25 mM MES-NaOH pH 5.8 or 7.5) simultaneously with 1.0 or 5.0 mM NaH¹⁴CO₃ in light (54 µE/cm² · s). The values are means ± SD of 6 experiments replicated 4 times. The bars are omitted where their lengths are smaller than the symbols shown.

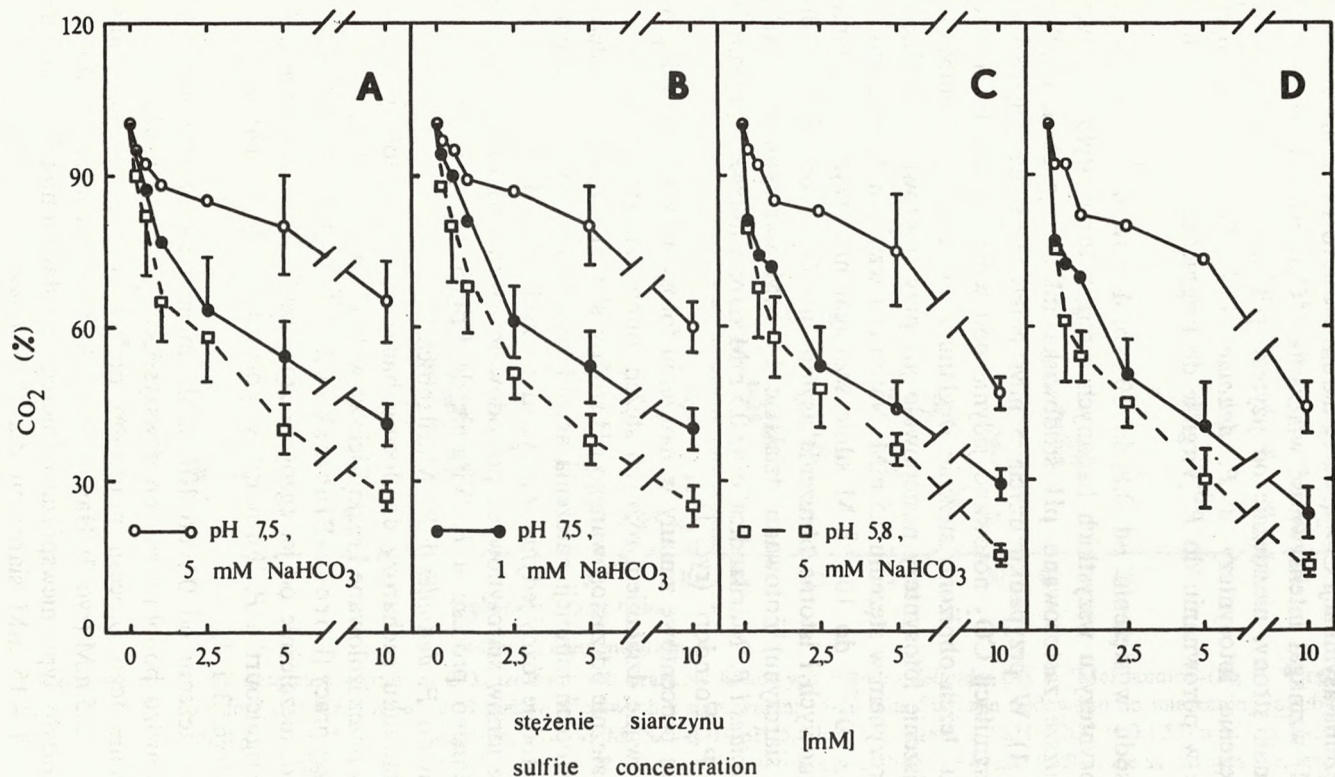
sodu (ryc. 1). Wzrost stężenia protonów ($10^{-7.5}$ i $10^{-5.8}$ M) powodował obniżenie natężenia asymilacji CO_2 (ryc. 1), natomiast wzrost stężenia węglanu (1.0 i 5.0 mM) wzmagał intensywność włączania $^{14}\text{CO}_2$ na świetle (ryc. 1). Z drugiej jednak strony, niezależnie od użytego pH medium oraz stężenia węglanu, natężenie fotosyntezy u *P. deltooides* i *P. 'Marilandica'* było istotnie niższe w porównaniu do *P. 'Virginie de Frignicourt'* i *P. 'Forndorf'* (ryc. 1).

Siarczyn sodu w stężeniu od 0.1 do 10.0 mM powodował obniżenie natężenia fotosyntezy u wszystkich badanych czterech topól. Było ono tym większe im niższe zastosowano pH środowiska inkubacyjnego i stężenie węglanu (ryc. 1). W przypadku użycia 5 mM NaHCO_3 i pH 7.5, istotne hamowanie asymilacji CO_2 notowano jedynie pod wpływem działania 10.0 mM siarczynu. Jeżeli obniżono stężenie węglanu z 5.0 mM do 1.0 mM, to istotne zmniejszenie fotosyntezy następowało już przy traktowaniu krążków liściowych siarczynem w stężeniu 2.5 mM. Natomiast wzrost natężenia jonów wodorowych z $10^{-7.5}$ do $10^{-5.8}$ M silnie wzmagał niekorzystne działanie jonów siarczynowych i istotne obniżenie asymilacji CO_2 w porównaniu do kontroli (bez siarczynu) notowano działając 1.0 mM siarczynu na krążki liściowe *P. deltooides* i *P. 'Marilandica'* oraz 0.5 mM siarczynu na *P. 'Virginie de Frignicourt'* i *P. 'Forndorf'* (ryc. 1).

Porównując procentowe zmiany w natężeniu fotosyntezy krążków liściowych spowodowane działaniem różnych stężeń jonów siarczynowych stwierdzono, że niezależnie od zastosowanego pH środowiska inkubacyjnego i stężenia węglanu, stopień inhibicji natężenia asymilacji CO_2 pomiędzy badanymi topolami był istotnie różny jedynie w przypadku użycia 10 mM siarczynu (ryc. 2). To stężenie jonów siarczynowych powodowało istotnie większe obniżenie natężenia badanego procesu u *P. 'Virginie de Frignicourt'* i *P. 'Forndorf'* w porównaniu do *P. deltooides* i *P. 'Marilandica'*.

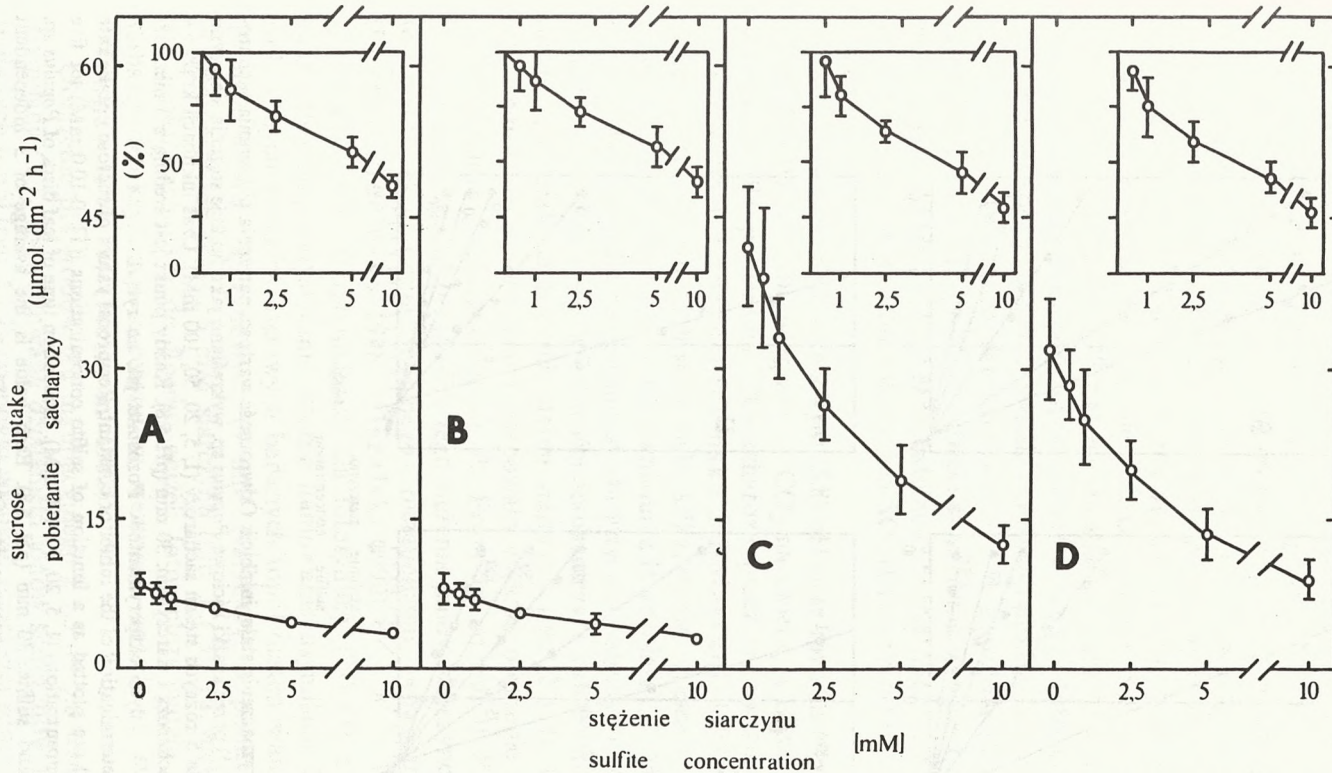
Proces załadunku sacharozy do floemu badano mierząc ilość pobranej ^{14}C -sacharozy przez izolowane krążki liściowe wybranych topól. Podobnie jak we wcześniejszej pracy (Lorenc-Plucińska i Bojarczuk 1993), pobieranie sacharozy było, niezależnie od jej egzogennej stężenia istotnie wyższe u *P. 'Virginie de Frignicourt'* i *P. 'Forndorf'* w porównaniu do *P. deltooides* i *P. 'Marilandica'* (ryc. 3 i 4).

Siarczyn w stężeniu od 0.1 do 10.0 mM zmieniał natężenie pobierania sacharozy w bardzo podobny sposób u wszystkich badanych topól (ryc. 3). Istotne obniżenie tego procesu notowano pod wpływem stężenia jonów siarczynowych ≥ 2.5 mM (ryc. 3). Hamowanie załadunku sacharozy do floemu przez siarczyn było typu niewspółzawodniczego ze stałą inhibicji K_i równą 6.41, 6.00, 4.32 i 4.15 mM siarczynu dla *P. deltooides*, *P. 'Marilandica'*, *P. 'Virginie de Frignicourt'* i *P. 'Forndorf'*, odpowiednio (ryc. 4).



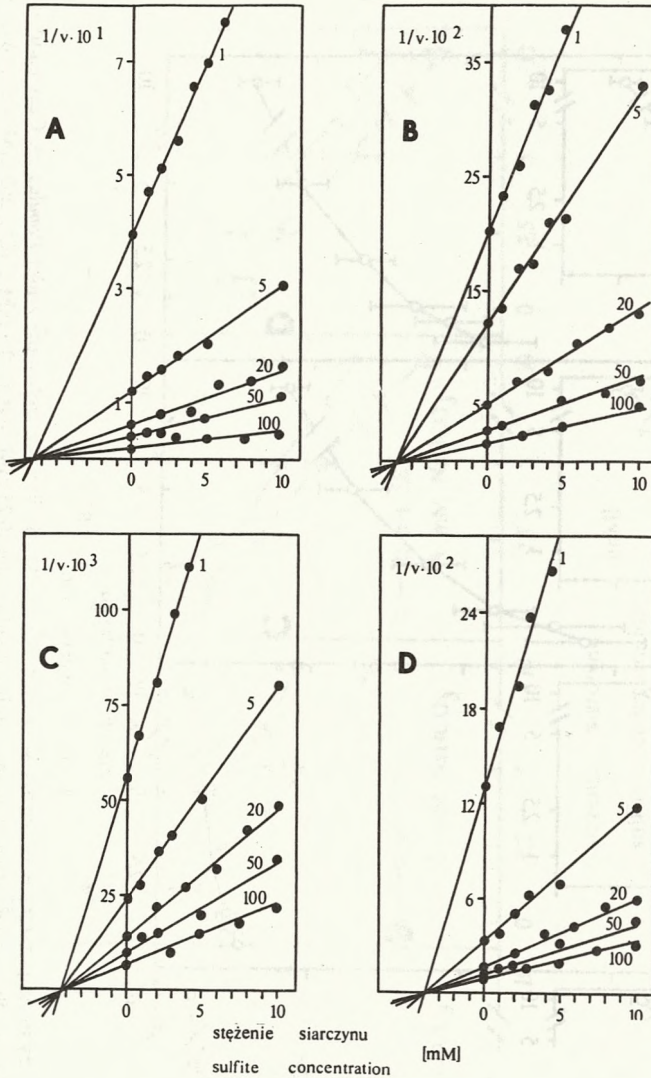
Ryc. 2. Zmiany w natężeniu asymilacji CO_2 krążków liściowych *Populus* sp. pod wpływem działania różnych stężeń siarczynu. CO_2 (%) – jako 100% przyjęto intensywność asymilacji CO_2 w kontroli (bez siarczynu). Obliczenia wykonano dla danych z ryc. 1.

Fig. 2. Effect of sulfite treatment on the degree of $^{14}\text{CO}_2$ fixation in light. CO_2 (%) – the rate of the processes in the control without sulfite is taken as 100%. Data were used from the experiments shown in Fig. 1.



Ryc. 3. Wpływ różnych stężeń siarczynu na pobieranie sacharozy w ciemności przez krążki liściowe izolowane z liści *Populus* sp. Czas inkubacji krążków liściowych z siarczynem: 15 min. Siarczynu dodawano do mieszaniny inkubacyjnej (0.25 mM MgCl_2 , 0.5 mM CaCl_2 , 250 mM mannitolu, 25 mM MES-NaOH, pH 6.0) razem z 5 mM ^{14}C -sacharozy. (%) – procent kontroli (bez siarczynu). Wyniki są średnimi \pm SD z 5 eksperymentów powtarzanych trzykrotnie. Pozostałe: jak na ryc. 1.

Fig. 3. Effect of various sulfite concentrations on sucrose uptake in darkness by leaf discs isolated from source leaves of *Populus* sp. Incubation time of the leaf discs with sulfite: 15 min. Sulfite was added to the incubation medium (0.25 mM MgCl_2 , 0.5 mM CaCl_2 , 250 mM mannitol, 25 mM MES-NaOH, pH 6.0) simultaneously with 5 mM of ^{14}C -sucrose. % – percent of control (without sulfite). The results are averages \pm SD of 5 experiments each replicated 3-times. Others: see Fig. 1.



Ryc. 4. Graficzne wyznaczenie stałej inhibicji. Odwrotność wartości natężenia pobierania sacharozy (v : $\mu\text{mol dm}^{-2}\text{h}^{-1}$) przez krążki liściowe *Populus* sp. wykreślano jako funkcję stężenia siarczynu ($[I]$: 0-10.0 mM) dla 5 różnych stężeń sacharozy (1, 5, 20, 50, 100 mM). Czas inkubacji krążków liściowych z ^{14}C -sacharozą i siarczynem: 30 min (pH 5.8). Każdy punkt jest średnią z 3 niezależnych eksperymentów. Pozostałe: jak na ryc. 1.

Fig. 4. Graphical determination of the inhibitor constant. Reciprocal values of sucrose uptake rate (v : $\mu\text{mol dm}^{-2}\text{h}^{-1}$) are plotted as a function of sulfite concentrations ($[I]$: 0-10.0 mM) for five different sucrose concentrations (1, 5, 20, 50, 100 mM). Incubation time of leaf discs of *Populus* sp. with ^{14}C -sucrose and sulfite: 30 min (pH 5.8). Each value is the average of 3 independent experiments. Others: see Fig. 1.

DYSKUSJA

Fotosynteza zaliczana jest do najbardziej wrażliwych procesów metabolicznych na działanie dwutlenku siarki (Hällgren 1984). Konsekwencją różnorodnych zaburzeń poszczególnych etapów procesu fotosyntezy pod wpływem SO_2 i jonów siarczynowych (Miszalski 1990) jest to, że w zależności od gatunków i konkretnych warunków eksperymentalnych obserwuje się zarówno stymulację jak i obniżanie natężenia asymilacji CO_2 (Lorenc-Plucińska 1988). W literaturze spotyka się jednak również doniesienia o mniejszej wrażliwości fotosyntezy na działanie dwutlenku siarki i siarczynu w porównaniu z procesami transportu fotoasymilatów (Noyes 1980, Gould i in. 1988, Lorenc-Plucińska 1988). Światło bowiem indukuje fotoredukcyjny i fotooksydacyjny mechanizm detoksyfikacji SO_2 i siarczynu (Ghisi i in. 1990, Dittrich i in. 1992). Poza tym, dzięki szczególnie wysokiemu pH na świetle, chloroplasty posiadają największą zdolność neutralizacji protonów powstających w wyniku uwodnienia i dysocjacji SO_2 (Pfanzen i Heber 1986, Thomas i Runge 1992).

W alkalicznym (7.5) i kwaśnym (5.8) pH oraz różnym stężeniu CO_2 (1.0 i 5.0 mM NaHCO_3) dla włączania $^{14}\text{CO}_2$ na świetle, a także w optymalnych warunkach dla pobierania ^{14}C -sacharozy przez izolowane krążki liściowe badanych topól (Lorenc-Plucińska i Bojarczuk 1993), natężenie fotosyntezy i transportu sacharozy było kilkakrotnie wyższe u *P. 'Virginie de Frignicourt'* i *P. 'Forndorf'* w porównaniu z *P. deltoides* i *P. 'Marilandica'* (ryc. 1 i 3). Nie stwierdzono natomiast statystycznie istotnych różnic pomiędzy badanymi topolami we wrażliwości fotosyntezy i załadunku sacharozy do floemu na działanie różnych stężeń siarczynu (ryc. 2 i 4). Wprawdzie pod wpływem 10 mM siarczynu następowało większe obniżenie asymilacji CO_2 u *P. 'Virginie de Frignicourt'* i *P. 'Forndorf'* aniżeli u *P. deltoides* i *P. 'Marilandica'*, lecz w przypadku tego stężenia jonów siarczynowych mógł być to efekt uszkodzenia ogólnego metabolizmu wewnątrzkomórkowego (Lorenc-Plucińska 1988, Miszalski 1990).

W zakresie pH optymalnych dla fotosyntezy (7.0–8.0) i dla transportu cukru (5.5–6.0), statystycznie istotne hamowanie asymilacji CO_2 na świetle izolowanych krążków liściowych badanych topól następowało pod wpływem 10 mM jonów siarczynowych (5 mM NaHCO_3), a pobieranie sacharozy w ciemności już przy 2.5 mM siarczynu (ryc. 1 i 3). Ta większa wrażliwość załadunku sacharozy do floemu aniżeli fotosyntezy mogła być rezultatem słabszej detoksyfikacji siarczynu w ciemności aniżeli na świetle (Olszyk i Tingey 1984, Dittrich i in. 1992).

Obniżenie pH środowiska inkubacyjnego z 7.5 do 5.8 wzmagало inhibicję asymilacji CO_2 spowodowaną działaniem jonów siarczynowych u wszystkich badanych topól (ryc. 1 i 2), co mogło wynikać z większej zdolności przenikania

siarczynu do wnętrza komórek i szybszego tempa utleniania siarczynu w kwaśnym pH (Pfanż i in. 1987a i b, Laisk i in. 1988).

Również obniżenie stężenia węglanu z 5.0 do 1.0 mM w środowisku inkubacyjnym prowadziło do większego hamowania asymilacji CO₂ przez jony siarczynowe (ryc. 1 i 2). Przyczyną tej zwiększonej wrażliwości krążków liściowych topól na działanie jonów siarczynowych w obniżonym stężeniu CO₂ mogła być słabsza aktywacja reakcji fotochemicznych i karboksylacji (Parry i Gutteridge 1984, Miszalski 1990).

Podsumowując wyniki tej pracy należy stwierdzić, że *P. deltoides* i *P. 'Marilandica'* uważane za mniej wrażliwe na dwutlenek siarki, w porównaniu z *P. 'Virginie de Frignicourt'* i *P. 'Forndorf'* (Rachwał i Kluczyński 1987) nie różniły się zaburzeniami w aktywności fotosyntezy i transportu sacharozy pod wpływem działania różnych stężeń siarczynu.

PODZIĘKOWANIE

Dziękujemy Paniom K. Gąsienicy i A. Niemir za pomoc w przeprowadzonych doświadczeniach.

LITERATURA

- Arnon D.J., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Phenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.*, 24: 1-15.
- Dittrich A.P.M., Pfanż H., Heber U., 1992. Oxidation and reduction of sulfite by chloroplasts and formation of sulfite addition compounds. *Pl. Physiol.*, 98: 738-744.
- Ghisi R., Dittrich A.P.M., Heber U., 1990. Oxidation versus reductive detoxification of SO₂ by chloroplasts. *Pl. Physiol.*, 92: 846-849.
- Gould R.P., Minchin P.E.H., Young P.C., 1988. The effects of sulfur dioxide on phloem transport in two cereals. *J. Exp. Bot.*, 39: 997-1007.
- Hällgren J.E., 1984. Photosynthetic gas exchange in leaves as affected by air pollutants. W: Koziół M.J., Watley F.R. (red.) *Gaseous air pollutants and plant metabolism*. Butterworths, London; 147-159.
- Laisk A., Pfanż H., Heber U., 1988. Sulfur-dioxide fluxes into different cellular compartments of leaves photosynthesizing in a polluted atmosphere. *Planta*, 173: 241-252.
- Lorenc-Plucińska G., 1982. Effect of sulphur dioxide on CO₂ exchange in SO₂-tolerant and SO₂ susceptible Scots pine seedlings. *Photosynthetica*, 16: 140-144.
- Lorenc-Plucińska G., 1984. The uptake and translocation of ¹⁴C in Scots pine seedlings of differing susceptibility to sulphur dioxide. *Eur. J. For. Path.*, 14: 310-318.
- Lorenc-Plucińska G., 1988. Badania wpływu dwutlenku siarki i siarczynu na transport asymilatów u roślin wyższych. PWR i L, Oddz. w Poznaniu, 1-111.
- Lorenc-Plucińska G., Bojarczuk T., 1993. Some characteristics of the sugar uptake system of poplar leaves. *Trees*, 6: - w druku.
- Maurousset L., Raymond P., Gaudillere M., Bonnemain J.L., 1992. Mechanism of the inhibition of phloem loading by sodium sulfite: effect of the pollutant on respiration, photosynthesis and energy charge in the leaf tissues. *Physiol. Plant.*, 84: 101-105.

- Miszalski Z., 1990. Fizjologiczne podstawy zróżnicowanej wrażliwości roślin na SO₂. Rozprawa habilitacyjna. Zeszyty Badań Regionu Tarnobrzeskiego, 2, Kraków-Tarnobrzeg, 1-101.
- Noyes R.D., 1980. The comparative effects of sulfur dioxide on photosynthesis and translocation in bean. *Plant Physiol.*, 16: 73-79.
- Olszyk D.M., Tingey T.D., 1984. Phytotoxicity of air pollutants. Evidence for the photodetoxification of SO₂ but not O₃. *Plant Physiol.*, 74: 999-1005.
- Parry M.A., Gutteridge S., 1984. The effect of SO₃²⁻ and SO₄²⁻ ions on the reaction of ribulose biphosphate carboxylase. *J. Exp. Bot.* 35: 157-168.
- Pfanz H., Heber U., 1986. Buffer capacities of leaves, leaf cells, and leaf cell organelles in relation to fluxes of potentially acidic gases. *Plant Physiol.*, 81: 597-602.
- Pfanz H., Martinoia E., Lange O.-L., Heber U., 1987a. Mesophyll resistances to SO₂ fluxes into leaves. *Plant Physiol.*, 85: 922-927.
- Pfanz H., Martinoia E., Lange O.-L., Heber U., 1987b. Flux of SO₂ into leaf cells and cellular acidification by SO₂. *Plant Physiol.*, 85: 928-933.
- Rachwał L., Kluczyński B., 1987. Porównanie stopnia tolerancji drzew i krzewów na działanie wysokich stężeń związków siarki i związków fluoru w warunkach terenowych. Materiały z II Krajowego Sympozjum „Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenie przemysłowe”, Red. R. Siwecki, Wyd. UAM, 250-256.
- Thomas F.M., Runge M., 1992. Proton neutralization in the leaves of English oak (*Quercus robur* L.) exposed to sulphur dioxide. *J. Exp. Bot.*, 43: 803-809.

STRESZCZENIE

Badano wpływ różnych stężeń jonów siarczynowych na natężenie fotosyntezy i transport sacharozy. Materiał eksperymentalny stanowiły izolowane krążki liściowe czterech różnych topól klasyfikowanych jako tolerancyjne (*P. deltoides* i *P. 'Marilandica'*) oraz bardziej podatne (*P. 'Virginie de Frignicourt'* i *P. 'Forndorf'*) na działanie dwutlenku siarki.

Natężenie asymilacji ¹⁴CO₂ na świetle i pobierania w ciemności egzogenicznie podawanej ¹⁴C-sacharozy przez nietraktowane siarczynem krążki liściowe *P. 'Virginie de Frignicourt'* i *P. 'Forndorf'* było istotnie wyższe w porównaniu z *P. deltoides* i *P. 'Marilandica'*. Nie stwierdzono natomiast różnic pomiędzy badanymi topolami w zaburzeniach powyższych procesów pod wpływem działania jonów siarczynowych w stężeniu 0.1-10.0 mM.

U wszystkich badanych topól, siarczyn w stężeniach ≥ 2.5 mM istotnie hamował proces załadunku sacharozy do floemu.

Hamowanie natężenia fotosyntezy przez jony siarczynowe wzrastało wraz z obniżeniem pH środowiska inkubacyjnego i stężenia CO₂. W warunkach optymalnych dla pomiaru fotosyntezy i pobierania sacharozy, stopień inhibicji natężenia asymilacji CO₂ przez jony siarczynowe był niższy niż procesu załadunku sacharozy do floemu u wszystkich badanych topól.