

PIOTR KAROLEWSKI

## Ocena wrażliwości jedenastu gatunków z rodzaju *Pinus* na działanie SO<sub>2</sub>, HF, NO<sub>2</sub> i O<sub>3</sub> w kontrolowanych warunkach

### Abstract

Karolewski P. 1992. The estimation of sensitivity of eleven species from the genus of *Pinus* to the action of SO<sub>2</sub>, HF, NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> under controlled conditions. *Arbor. Krónickie*, 37: 75-81.

Among the studied 11 species of pine, three: *Pinus leucodermis*, *P. nigra* and *P. koraiensis*, were shown to be significantly less sensitive to the action of sulphur dioxide, hydrogen fluoride, nitrogen dioxide and ozone than: *P. peuce*, *P. cembra*, *P. sylvestris*, *P. rigida*, *P. armandii*, *P. banksiana*, *P. ponderosa*, and *P. strobus*. The mean percentage of visibly injured needle surface (necroses) was taken as the measure of the sensitivity of individual species of pine to these gases. The estimation was conducted after exposition to the action of these gases of one-year-old shoots, cut from several ten-year-old trees growing in the Arboretum in Kórnik. A statistically significant correlation was demonstrated between sensitivity to SO<sub>2</sub> and HF and also between NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub>.

*Additional key words:* air pollution, toxic gases, pine.

*Address:* P. Karolewski, Institute of Dendrology, 62-035 Kórnik, Poland.

### WSTĘP

Przeprowadzone badania są próbą oceny stopnia wrażliwości różnych gatunków sosen na działanie toksycznych gazów. Wyniki tego typu prac są niejednokrotnie zestawiane i analizowane w przeglądowych publikacjach. Mają one jednak tę wadę, że czynione w nich porównania wyników uzyskanych przez różnych autorów są jedynie opisowe i nie poparte statystycznymi wycenieniami. Ponadto, niewiele oryginalnych badań uwzględnia wpływ kilku różnych gazów: Białobok (1979) – SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> i HF; Suchara (1980) – SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> i PAN (azotan nadtlenu acetylu), F<sub>2</sub> i HF, Cl<sub>2</sub> i NCl oraz NH<sub>3</sub>; Białobok i in., (1984) – SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, związki fluoru i mieszaniny różnych gazów. Natomiast większość prac, ujmująca wrażliwość kilku gatunków sosen, dotyczy wpływu jednego typu (np. utleniacze – O<sub>3</sub>, PAN i jego homologi) lub nawet określonego gazu. Utrudnia to możliwość porównania stopnia wrażliwości badanych sosen na działanie różnych gazów, ze względu na stosowanie przez autorów niejednakowych kryteriów ocen (procentowych lub dowolnie przyję-

tych skal widocznych objawów uszkodzeń igieł, wskaźników przyrostowych lub fizjologiczno-biochemicznych itp.) oraz różnych warunków przeprowadzonych badań selekcyjnych. W tym też kontekście, jeszcze mniej przydatne są bardziej szczegółowe badania zmienności wrażliwości, dotyczące tylko jednego, wybranego gatunku sosny.

W przypadku selekcji roślin długowiecznych, z myślą o wykorzystaniu wyników badań w praktyce, należy wziąć pod uwagę możliwości zmiany rodzaju imitowanych zanieczyszczeń – likwidacji jednych, a powstawania innych zakładów, potencjalnych emitorów toksycznych gazów. Dlatego też w prezentowanych tutaj badaniach stopnia wrażliwości 11 gatunków sosen, uwzględniono wpływ różnych gazów z zachowaniem porównywalnych warunków ekspozycji i oceny stopnia wrażliwości roślin.

#### MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto 11 gatunków z rodzaju *Pinus*: *P. Armandii* Franch., *P. banksiana* Lamb., *P. cembra* L., *P. koraiensis* Sieb. et. Zucc., *P. leucodermis* Ant., *P. nigra* Arnold., *P. peuce* Giseb., *P. ponderosa* Dougl., *P. rigida* Mill., *P. strobus* L. oraz *P. sylvestris* L.

Doświadczenia wykonano na jednorocznych pędach, odciętych z kilkudziesięcioletnich sosen rosnących na terenie Arboretum Kórnickiego (Zieliński, 1974). W miarę możliwości każdy z gatunków reprezentowany był przez 3 drzewa, poza *P. rigida* i *P. banksiana* (po 2). Wszystkie doświadczenia wykonano we wrześniu: SO<sub>2</sub> – 1987, HF – 1988, NO<sub>2</sub> – 1989, O<sub>3</sub> – 1990 r. Z każdego drzewa pobierano po 4 pędy i bezpośrednio po odcięciu poddano działaniu gazu. Pędy, umieszczone odciętymi końcami w naczyniach z wodą, ekspozowano na działanie danego gazu w stężeniu i przez określony czas, co podano w tabeli 1. Wykorzystano to tego celu komory i urządzenia dozująco-analizujące opisane przez Białoboka i wsp. (1978, 1980). Podczas ekspozycji temperaturę powietrza utrzymywano w granicach 20–25°C, wilgotność względną 60–70%, a powietrze z gazem w ciągu godziny wymieniano ok. 15 razy. Stosowano oświetlenie naturalne z doświetlaniem sztucznym za pomocą lamp żarowo-rtęciowych na poziomie 40–80 W m<sup>-2</sup>.

Podstawę selekcji stanowiła ocena widocznych uszkodzeń powierzchni igieł (nekroz) wyrażona w procentach, którą przeprowadzono po 24 godzinach od momentu ukończenia ekspozowania pędów na działanie gazu. Uzyskane średnie wartości uszkodzeń, obliczone dla poszczególnych gatunków (po 12 pędów – powtórzeń), zweryfikowano statystycznie przeprowadzając analizę wariancji i test Duncana. W celu porównania zróżnicowania w stopniu wrażliwości badanych gatunków sosen na działanie różnych gazów obliczono współczynniki korelacji.

## WYNIKI I DYSKUSJA

W wyniku przeprowadzonej selekcji stwierdzono istotne zróżnicowanie badanych gatunków sosen w stopniu ich wrażliwości na działanie wszystkich stosowanych w tych badaniach gazów (tabela 1). Jednocześnie, zastosowanie testu Duncana pozwoliło na wyodrębnienie grup, od najbardziej tolerancyjnych (oznaczonych przy wartościach liczbowych literą a) do najwrażliwszych (d, e, f)).

W eksperymencie z wpływem SO<sub>2</sub> aż 7 spośród 11 badanych gatunków zaliczonych zostało do mało wrażliwych na ten gaz. W grupie tej znalazła się również sosna zwyczajna, zaliczana przez większość badaczy do bardzo wrażliwych na działanie dwutlenku siarki (Enderlein i Vogl, 1966; Ranft i Dässler, 1970; Biggs i Davis, 1981). Z drugiej strony wiadomo, że gatunek ten charakteryzuje się bardzo szeroką skalą reakcji na działanie toksycznych gazów. Wykazano to w doświadczeniach z różnymi populacjami (Oleksyn i in., 1988) oraz klonami sosny zwyczajnej (Białobok i in., 1980). Zmienność międzypopulacyjna odgrywa bardzo istotną rolę w badaniach selekcyjnych. Jednym z przykładów na poparcie tej tezy mogą być badania Oleksyna i wsp. (1987) z sosną czarną dziesięciu różnych pochodzeń z europejskiej części zasięgu tego gatunku. Wzięta dla porównania przez autorów jedna z polskich populacji sosny zwyczajnej znalazła się pośrodku zakresu charakteryzującego wrażliwość badanych proveniencji sosny czarnej, uznanej przez wielu badaczy za znacznie bardziej tolerancyjną na SO<sub>2</sub> od sosny zwyczajnej (Enderlein i Vogl, 1966; Smith i Davis, 1978; Biggs i Davis, 1981).

W warunkach przeprowadzonego doświadczenia największą wrażliwość na działanie dwutlenku siarki wykazały natomiast *P. strobus*, *P. ponderosa*, i *P. banksiana* (tabela 1). Pierwszy z tych gatunków oceniony został także jako wrażliwy na SO<sub>2</sub> przez Enderleina i Vogla (1966), a drugi przez Ranfta i Dässlera (1970).

Znacznie większe zróżnicowanie we wrażliwości badanych gatunków uzyskano pod wpływem oddziaływania HF (tabela 1). W tym przypadku w grupie najmniej wrażliwych (a) znalazło się 5 gatunków: *P. cembra*, *P. leucodermis*, *P. nigra*, *P. rigida* i *P. koraiensis*, charakteryzujących się niedużymi (poniżej 10%), średnimi wartościami uszkodzeń. Najbardziej wrażliwe okazały się: *P. armandii* – ponad 40%, oraz *P. strbus* i *P. banksiana* – powyżej 20%.

Uzyskane w tych badaniach uszeregowanie sosen pod względem wrażliwości na działanie fluorowodoru stosunkowo dobrze pokrywa się z wynikami ocen tolerancji tychże gatunków drzew na zanieczyszczenia atmosfery fluorami, przeprowadzonymi przez 7 różnych autorów lub ich zespoły, a zestawionymi przez Horntvedta i Robaka (1975).

Tabela 1

Wrażliwość 11 gatunków z rodzaju *Pinus* na działanie dwutlenku siarki, fluorowodoru, dwutlenku azotu i ozonu, wyrażona procentową wartością uszkodzenia powierzchni igieł, w porównaniu z oceną innych autorów przypisujących gatunkom wrażliwość w klasie: I-bardzo odporne, II-odporne, III-względnie odporne, IV- mało odporne i V-nieodporne, wg Antipova (1979)

Sensitivity of 11 species from the genus *Pinus* to the action of sulphur dioxide, hydrogen fluoride, nitrogen dioxide and ozone, expressed as average percentage of injured surface of needles under these gases, compared with the number of estimates by author, who attributed the sensitivity of the species to class: I-very resistant, II-resistant, III-relatively resistant, IV-less resistant and V-nonresistant, after Antipov (1979)

Gatunek Species	Sekcja* Section	Uszkodzenie igieł (%)		Needle injury (%)		Ilość autorów przypisujących gatunkom wrażliwość w klasie*** Number of authors locating the species in sensitivity class				
		SO <sub>2</sub>	HF	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	I	II	III	IV	V
		2 ppm, 30h (6h/d)	0,1 ppm, 30h (6h/d)	2 ppm, 60h (6h/d)	0,5 ppm, 60h (6h/d)					
<i>P. leucodermis</i> Ant.	Eupitys	0,0±0,0a**	2,2±1,3a	0,0±0,0a	0,0±0,0a					
<i>P. peuce</i> Griseb	Strobis	0,7±0,9a	13,1±11,4 bcd	9,2±4,7 e	6,1±4,2 b		6	5	6	1
<i>P. cembra</i> L.	Cembra	0,8±0,8 ab	0,3±0,3 a	1,2±2,2 bc	8,3±3,3 bc	1	5	5	1	2
<i>P. sylvestris</i> L.	Eupitys	0,8±1,4 ab	14,6±3,6 cde	7,1±3,1 d	11,7±4,4 cd	36	8	4	18	28
<i>P. rigida</i> Mill.	Taeda	1,2±2,0 ab	3,2±3,3 ab	2,1±1,9 c	0,0±0,0 a					
<i>P. nigra</i>	Eupitys	1,3±2,3 ab	2,8±3,2 a	0,0±0,0 a	0,0±0,0 a	6	23	12	4	2
<i>P. koraiensis</i> Sieb.et.Zucc.	Cembra	1,7±3,0 ab	8,0±7,5 abc	0,0±0,0 a	0,0±0,0 a		2	2	1	
<i>P. armandii</i> Franch.	Cembra	10,3±17,0 bc	40,4±23,8 f	1,7±1,9 c	0,6±1,0 a					
<i>P. banksiana</i> Lamb.	Banksia	15,8±12,2 cd	21,7±3,1 de	0,4±0,7 ab	0,0±0,0 a			1	3	1
<i>P. ponderosa</i> Dougl.	Pseudostrobus	22,5±3,3 d	25,0±12,0 ef	18,7±5,4 f	16,1±9,2 d		2	1	3	3
<i>P. strobus</i> L.	Strobis	38,7±25,5 e	22,9±12,6 de	2,5±2,5 c	6,1±5,1 b		5	12	14	10

\* Pilger (1926, za Mirov 1967)

\*\* test Duncana ( $\alpha=0,05$ )

\*\*\* Antipov (1979)

Działanie dwutlenku azotu w stężeniu 2 ppm przez 40 godzin nie przyczyniło się do powstania dużych uszkodzeń na igłach. Najwrażliwszym gatunkiem okazała się *P. ponderosa* (ok. 20%), a średnio wrażliwymi *P. sylvestris* i *P. peuce*, których uszkodzenia nie przekroczyły 10%. Pozostałe 8 gatunków przejawiało niewielkie uszkodzenia do 2,5%. Spowodowane to zostało bardzo małą toksycznością dwutlenku azotu dla roślin w porównaniu z innymi gazami, nawet przy stosunkowo wysokim stężeniu i długim okresie działania tego gazu (MacLean 1977).

W przypadku ozonu stwierdzono brak uszkodzeń igieł u 5 gatunków sosen. W pozostałych przypadkach obserwowano tylko nieznaczne ślady oddziaływania gazu z wyjątkiem *P. ponderosa* i *P. sylvestris*, u których uszkodzenia objęły ponad 10% powierzchni igieł. Przeprowadzenie doświadczenia na odciętych pędach nie pozwalało jednak na stosowanie jeszcze dłuższego czasu ich ekspozycji na O<sub>3</sub> niż 60 godzin, a zastosowane stężenie gazu 0,5 ppm już i tak znacznie przekracza wartości spotykane w skażonym środowisku.

Na uwagę zasługuje fakt, że spośród badanych gatunków sosen 3 wyróżniają się podwyższoną tolerancją na działanie wszystkich, stosowanych w tych badaniach gazów, tzn. w każdym z doświadczeń znalazły się w grupie gatunków o najmniejszym stopniu uszkodzenia igieł (a). Są to: *Pinus leucodermis*, *P. nigra* i *P. koraiensis*. Poza ostatnim z wymienionych, jeszcze zbyt krótko obserwowanym, są to gatunki dobrze aklimatyzujące się w naszych warunkach (Zieliński 1974). Na podobną reakcję tych samych gatunków sosen, poddanych działaniu różnych gazów, wskazują też wartości niektórych współczynników korelacji zamieszczonych w tabeli 2. Stwierdzono to w przypadku gazów utleniających: O<sub>3</sub> i NO<sub>2</sub> oraz typowo kwasotwórczych: SO<sub>2</sub> i HF.

Tabela 2.

Tabela współczynników korelacji pomiędzy średnimi, procentowymi wartościami uszkodzeń igieł przez SO<sub>2</sub>, HF, NO<sub>2</sub> i O<sub>3</sub>, obliczonymi dla 11 gatunków z rodzaju *Pinus*

Matrix of correlation coefficients between average percent of needle injury under SO<sub>2</sub>, HF, NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub>, for 11 species from the genus *Pinus*

	SO <sub>2</sub>	HF	NO <sub>2</sub>
HF	0,60*		
NO <sub>2</sub>	0,26	0,32	
O <sub>3</sub>	0,29	0,19	0,84**

\*\* -  $\alpha = 0,01$

\* -  $\alpha = 0,05$

Opisane powyżej rezultaty wskazują, że niektóre gatunki sosen mogą być wykorzystywane do nasadzeń w terenach skażonych przez różne gazy. Należy jednak pamiętać, iż w przypadku emisji złożonych jednoczesny wpływ dwóch

lub kilku różnych gazów może znacznie modyfikować reakcję roślin. Ponadto, jak powszechnie wiadomo, nawet najbardziej tolerancyjne gatunki z rodzaju *Pinus* znacznie ustępują gatunkom liściastych pod względem wytrzymałości na działanie gazowych zanieczyszczeń powietrza. Dlatego też możliwości wykorzystywania sosen w terenach będących pod wpływem działania emisji przemysłowych są bardzo ograniczone i mogą być realizowane jedynie w znacznym oddaleniu od źródeł skażenia lub przy niewielkiej ich aktywności.

#### STRESZCZENIE

Spośród 11 badanych gatunków sosen trzy: *Pinus leucodermis*, *P. nigra* i *P. koraiensis*, wykazywały istotnie mniejszą wrażliwość na działanie dwutlenku siarki, fluorowodoru, dwutlenku azotu i ozonu niż: *P. peuce*, *P. cembra*, *P. sylvestris*, *P. rigida*, *P. armandii*, *P. banksiana*, *P. ponderosa* i *P. strobus*. Za miarę wrażliwości poszczególnych gatunków sosen przyjęto średnią procentową wartość widocznych uszkodzeń (nekroz) powierzchni igieł przez te gazy. Ocenę przeprowadzono po ekspozycji na działanie gazów jednorocznych pędów, odciętych z kilkunastoletnich drzew rosnących w Arboretum Kórnickim. Stwierdzono statystycznie istotną korelację pomiędzy uszkodzeniami spowodowanymi przez:  $\text{SO}_2$  i HF oraz pomiędzy  $\text{NO}_2$  i  $\text{O}_3$ .

#### LITERATURA

- Antipov V.G., 1979. Ustojčivost' drevesnych rastenij kpromyšlennym gazam. Nauka i Technika, Minsk, 216 pp.
- Białobok S., 1979. Identification of resistant or tolerant strains and artificial selection or production of such strains in order to protect vegetation from air pollution. Symposium on the Effects of Air-borne Pollution on Vegetation, Warsaw, 20–24 August 1979: 1–16.
- Białobok S., Karolewski P., Oleksyn J., 1980. Sensitivity of Scots pine needles from mother trees and their progenies to the action of  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$ , a mixture of these gases,  $\text{NO}_2$  and HF. *Arbor. Kórnickie*, 25: 289–303.
- Białobok S., Karolewski P., Rachwał L., 1978. Charakterystyka urządzeń służących do badania wpływu szkodliwych gazów na rośliny. *Arbor. Kórnickie*, 23: 239–249.
- Białobok S., Oleksyn J., Rachwał L., 1984. Selection of trees and shrubs for forest restructuring in industrial regions. In: *Forest ecosystems in industrial regions*. Eds. W. Grodziński, J. Weiner, P.F. Maycock, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: 239–245.
- Biggs A.R., Davis D.D., 1981. Foliar response of ten tree species exposed to  $\text{SO}_2$  air pollution. Progress Report 375, October 1981, the Pennsylvania State University College of Agriculture, Agricultural Experiment Station University Park, Pennsylvania, 4 pp.
- Enderlein H., Vogl M., 1966. Experimentelle Untersuchungen über die  $\text{SO}_2$ -Empfindlichkeit der Nadeln verschiedener Koniferen. *Arch. Forst.*, 15 (11–12): 1207–1224.
- Hornstvedt R., Robak H., 1975. Relation susceptibility of eleven conifer species to fluoride air pollution. *Meddelelser fra Norsk institut for skogforskning* 32. 5: 185–206.

- MacLean D.C., 1977. Effects of nitrogen oxides on vegetation. In: Nitrogen oxides. Ed. T. Crocker, National Academy of Sciences, Washington D.C.: 147–158.
- Mirov N.T., 1967. Genus pine. The Ronald Press Company, New York.
- Oleksyn J., Karolewski P., Rachwał L., 1988. Susceptibility of European *Pinus sylvestris* L. populations to SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>+NO<sub>2</sub> and HF under laboratory and field conditions. Acta Soc. Bot. Pol., 57 (1): 107–115.
- Oleksyn J., Oleksynowa K., Kozłowska E., Rachwał L., 1987. Mineral content and the sensitivity of black pine (*Pinus nigra*) of various provenances to industrial air pollution. For. Ecol. Manage., 21: 237–247.
- Ranft H., Dässler H.-G., 1970. Rauchhärte test an Gehölzen im SO<sub>2</sub>-Kabinenversuch. Flora, 159: 573–588.
- Smith H.J., Davis D.D., 1978. Susceptibility of conifer cotyledons and primary needles to acute doses of SO<sub>2</sub>. Hort Sci., 13 (6): 703–704.
- Suchara J., 1980. Literární sadovnický pouzitelnych druhu drevin z hlediska jejich vhodnosti pro uzemi se znečištěným ovzduším. VIII Sympózium o zeleni, Flóra Bratislava '80, duben 1980, Bratislava: 3–33.
- Zieliński J., 1974. Sosny w Arboretum Kórnickim. Arbor. Kórnickie, 19: 81–103.

Przyjęto do druku w listopadzie 1991