

BOGDAN KLUCZYŃSKI

Tolerancja drzew i krzewów na działanie wysokich stężeń związków fluoru w warunkach Huty Aluminium „Konin”*

WSTĘP

Krające w przyrodzie związki fluoru pochodzą ze skorupy ziemskiej. W tak zwanym płaszczu Ziemi (16 km) jest około 0,03% F (Dzięciołowski 1978). W naturalnych warunkach jedynie minimalna część z tej ilości przenika do atmosfery w wyniku wybuchów wulkanicznych, procesów glebotwórczych, parowania wody itp. (Vostal 1971). Znaczne skażenie atmosfery tymi związkami, a pośrednio gleb i wód, powodują emisje z kilku gałęzi wytwórczości ze szczególnym uwzględnieniem hutnictwa aluminium (Vostal 1971, Bovay 1971, 1972a,b i 1973, De Cormis 1975, Taylor 1980).

Według przyjętych u nas norm dla obszarów chronionych (Głowiak i in. 1973) stężenie tego niebezpiecznego pierwiastka występującego pod postacią gazów (głównie HF, SiF₄, H₂SiF₆), pyłów i aerozoli (NaF, Na₃AlF₆+AlF₃) oraz związków organicznych (CF₄) nie powinno przekraczać 0,01 mg/F/m³ powietrza średnio w ciągu doby oraz 0,02 mg/cm³ — jednorazowo w ciągu 20 minut. W niektórych krajach, w tej liczbie w USA (Bovay 1971) i w ZSRR (Juda i Chróściciel 1974), dopuszczalne są jeszcze niższe średniodobowe stężenia (0,005 mg F/m³ powietrza). W praktyce stężenia związków fluoru w skażonym powietrzu bywają zróżnicowane: od ułamkowych części (Vostal 1971, Bovay 1973, De Cormis 1975), do kilkudziesięciu (De Cormis 1978) lub kilkuset (Szalonek 1968) mikrogramów, a nawet, jak podaje Dziubek (1973), do 9 mg fluoru w 1 m³ powietrza.

Ze względu na łańcuch pokarmowy oraz inne ważne funkcje przyrodnicze szczególnego znaczenia nabiera badanie wpływu tych związków na rośliny, dla których „próg” toksyczności ma bardzo niską war-

* Praca wykonana w latach 1970-1980 w ramach problemów węzłowych: 09. 2.1 — koordynowanego do 1975 r. przez Instytut Badawczy Leśnictwa, a następnie 10.2 — koordynowanego do 1980 r. przez Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrzu.

tość określaną przez Bovaya (1971, 1972a i 1973) na 0,0001 ppm (= =0,1 ppb) F lub HF, również przez Bovaya (1972a) na 0,005 ppm F, a przez Godzika i Piskornika (1969), Hindawiego (1970) oraz Bovaya (1972b) na 0,1 μg HF/ m^3 powietrza.

Na czoło badań praktycznych wysuwa się określenie stopnia tolerancji roślin drzewiastych niezbędnych do zagospodarowania stref ochronnych wokół fabryk. Temu celowi służą również niniejsze badania przeprowadzone na terenie Huty Aluminium „Konin” w Koninie-Malińcu. Obiekt ten, zbudowany na licencji francuskiej firmy „Pechiney”, uruchomiono w 1966 r. (Filas 1972). Otrzymywanie aluminium oparto na klasycznej już metodzie termoelektrolizy tlenku glinowego (Al_2O_3) rozpuszczonego w stopionym kryolicie (AlF_3-3NaF). Procesowi temu towarzyszy emisja wielu związków, zwłaszcza gazów, z których szczególnie szkodliwe są związki fluoru (emitowane głównie w postaci HF) oraz siarki (SO_2 , COS). Szkodliwy wpływ na rośliny wzmagają też emisje, głównie tlenków siarki, azotu i pyłów, z pobliskich Elektrowni Konin i Pątnów oraz z Brykietowni KWB „Konin” w Marantowie. Zakres wpływu poszczególnych składników emisji na rośliny jest jednak niemożliwy do określenia, wobec czego interpretację wyników ograniczono dla uproszczenia do dominującego na tym terenie toksykanta — związków fluoru.

CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

Na podstawie badań terenowych i laboratoryjnych* stwierdzono dużą przydatność interesujących nas gleb do uprawy drzew liściastych, w tym topoli, co znajduje odbicie w składzie gatunkowym doświadczeń (tab. 3).

W 1978 r. przeanalizowano jednorazowo 15 prób gleby na zawartość fluoru**. Substrat pobrano w każdym bloku doświadczalnym na głębokości 5, 10, 20, 30 i 50 cm, po czym skompletowano odpowiednie próbki zbiorcze po jednej dla doświadczeń nr 1-5 oraz dziesięć dla doświadczenia nr 6, w którym zastosowano 10 (kontrola + 9) kombinacji nawożenia mineralnego NPK (tab. 4).

Badanie wykazało, że skrajne zawartości fluoru wynoszą 66 - 134 ppm, p.s.m. (doświadczenie nr 6). Tego rzędu stężenia można uznać za niewysokie, szczególnie dzięki dużej podatności związków tego pierwiastka

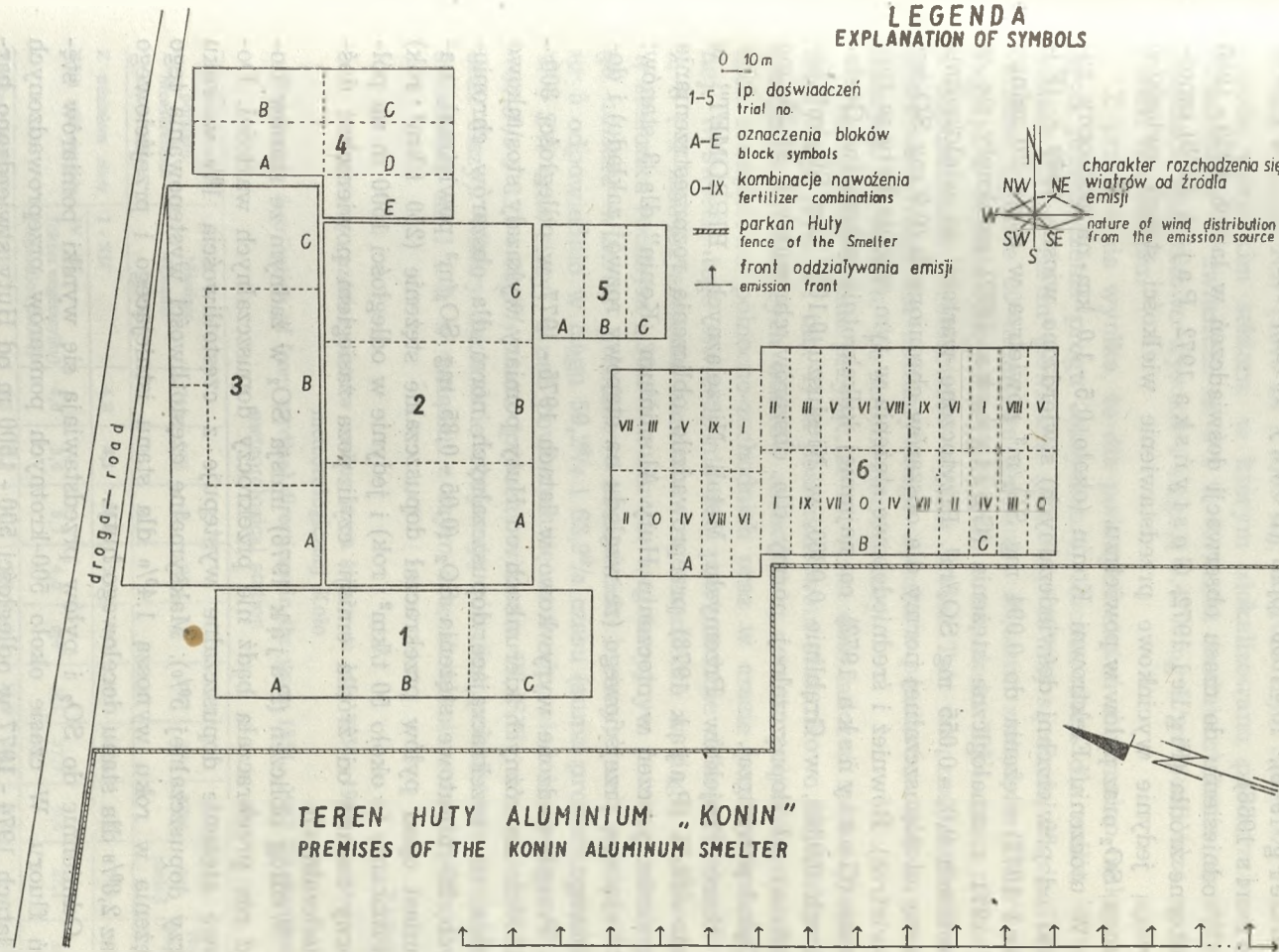
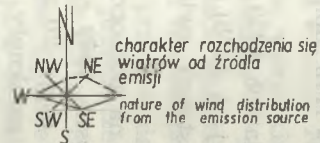
* Badania gleby z wyjątkiem zawartości w niej fluoru przeprowadzili i wyniki opracowali dr S. Wasilewski i mgr A. Wójcik z Instytutu Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrze — Stacji Badawczej w Koninie.

** Zawartości fluoru w próbach glebowych i roślinnych przebadali mgr. B. Miciński z Instytutu Ochrony Roślin oraz dr A. Czekalski z Akademii Rolniczej w Poznaniu. Metodologię badań przedstawiono w ekspertyzie (Czekalski i Miciński 1978).

LEGENDA
EXPLANATION OF SYMBOLS

0 10 m

- 1-5 lp. doświadczeń
trial no.
- A-E oznaczenia bloków
block symbols
- 0-IX kombinacje nawożenia
fertilizer combinations
- parkan Huty
fence of the Smelter
- ↑ front oddziaływania emisji
emission front



TOLERANCJA DRZEW I KRZEWÓW NA DZIAŁANIE ZWIĄZKÓW FLUORU

Ryc. 1. Plan powierzchni doświadczalnych z drzewami i krzewami położonych koło Huty Aluminium „Konin”

Fig. 1. Plan of the experimental areas with trees and shrubs near the Konin Aluminum Smelter

na wymywanie i dlatego szczegółowa analiza wyników przy braku interpretacji jest zbędna. Niektóre źródła podają bardzo wysokie wartości stężeń fluoru w glebach naturalnych, na przykład: 98 - 296 ppm (Fellenberg 1948), 10 - 7000 ppm (Bovay 1972a), 141 - 1175 ppm (Decormis 1968).

W odniesieniu do czasu obserwacji doświadczeń w latach 1970 - 1980 dostępne źródła (Figiel 1972, Gostyńska 1972, Pająk 1978) umożliwiają jedynie wycinkowe przedstawienie wielkości stężeń związków fluoru, SO_2 oraz pyłów w powietrzu.

W otoczeniu Elektrowni Konin (około 0,5 - 1,0 km na północny zachód od powierzchni doświadczalnych) stwierdzono wiosną 1969 r. (Figiel 1972) stężenia do 0,094 mg SO_2/m^3 powietrza w ciągu 20 minut. W 1971 r. analogiczne stężenia (Gostyńska 1972) zamknęły się w granicach 0,01 - 0,055 mg SO_2/m^3 . Przytoczone wartości są wielokrotnie niższe od dopuszczalnej normy dla obszarów chronionych (0,9 mg SO_2/m^3 powietrza). Również i średniodobowe stężenia w tym rejonie były w tym czasie (Gostyńska 1972) co najmniej kilkakrotnie niższe (w Gosławicach 0,0365, w Grąblinie 0,0360, w Niesłuszu 0,1037 mg SO_2/m^3 powietrza) od dopuszczalnej normy dla obszarów chronionych (0,35 mg SO_2/m^3 powietrza).

Biuro Projektów Przemysłu Metali Nieżelaznych „BIPROMET” w Katowicach (Pająk 1978) przeprowadziło obliczenia rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w otoczeniu Huty Aluminium „Konin” dla 3 stanów: istniejącego, przejściowego (ze względu na etapowy rozwój zakładu) i docelowego.

Przeprowadzone wrywkowo w latach 1975 - 1977 w odległości 800 - 1500 m na różnych kierunkach od Huty pomiary wykazały stosunkowo niskie, nie przekraczające dopuszczalnych norm dla obszarów chronionych, 20-minutowe stężenia SO_2 (0,05 - 0,85 mg SO_2/m^3 powietrza), natomiast opad pyłów przekraczał dopuszczalne stężenie (250 t/ $\text{km}^2 \cdot \text{rok}$) nieznacznie (około 50 t/ $\text{km}^2 \cdot \text{rok}$) i jedynie w odległości 1500 m na północny zachód od źródła emisji, czyli poza zasięgiem powierzchni doświadczalnych.

Według obliczeń (Pająk 1978) emisja SO_2 w żadnym ze stanów dotąd nie przekraczała bądź nie przekroczy dopuszczalnych wartości. Dobowe stężenie dopuszczalne występuje z częstotliwością 1% w roku (przy dopuszczalnej 5%). Maksymalne częstotliwości występowania tego stężenia w roku wynoszą 1,4% dla stanu istniejącego i przejściowego oraz 2,8% dla stanu docelowego huty.

Odmienne do SO_2 i pyłów przedstawiają się wyniki pomiarów stężeń fluoru. W czasie około 500-krotnych pomiarów przeprowadzonych w latach 1974 - 1977 w odległości 500 - 1500 m od Huty stwierdzono bardzo wysokie, 20 minutowe stężenia tego gazu występującego głównie pod postacią fluorowodoru i fluorków (Pająk 1978): średnio 0,324 mg F/ m^3

powietrza, maksymalnie 1,7 mg F/m³ (ponad 50-krotne przekroczenia dopuszczalnej normy 0,03 mg F/m³ powietrza) i minimalnie — 0,006 mg F/m³. Maksymalne stężenia dotyczą punktów pomiarowych: N (855 m od źródła emisji), NW (1375 m i 1500 m), E (1625 m) i SE (1500 m), czyli przede wszystkim sektora, w którym zlokalizowano powierzchnie doświadczalne — zwłaszcza nr 5 i 6. Również średnie stężenia są w tych punktach stosunkowo wysokie i sięgają 0,470 mg F/m³ powietrza na kierunku wschodnim.

Z przeliczenia wynika, że dla podanych stężeń minimalno-maksymalnych przekroczenia progów toksyczności fluorowodoru dla roślin w wysokości 0,1 µg HF/m³ powietrza (Bovay 1972b) są około 60 do 17900-krotne. Ogólnie 20 minutowe graniczne stężenie związków fluoru występuje w rejonie Huty (Pająk 1978) przez około 70% czasu rocznego, a dopuszczalna częstotliwość wynosi 0,5%. Tak znaczna częstotliwość przekroczeń stężenia normalywnego wynika z pomiarów celowo prowadzonych „na smudze” po stronie nawietrznej.

Najogólniej można przyjąć, że na teren doświadczeń zanieczyszczenia napływają (ryc. 1 i tab. 1) za pośrednictwem stosunkowo najsilniejszych i najczęściej wiejących wiatrów zachodnich, a także południowo-zachodnich i częściowo północno-zachodnich oraz w czasie pogody bezwietrznej. W świetle tego stwierdzenia nad powierzchnie doświadczalne nr 1, 2, 3 i 4 zanieczyszczenia nioszone są zasadniczo w ciągu 37,9% czasu w stosunku rocznym i 36,2% w okresie wegetacyjnym (suma procentowego udziału wiatrów południowo-zachodnich i ciszy), nad powierzchnię nr 5 odpowiednio w ciągu 59,2% i 63,9% czasu (suma procentu wiatrów W i SW oraz ciszy), a nad powierzchnię nr 6 odpowiednio w ciągu 59,2 - 67,3% i 63,9 - 73,3% czasu (procent wiatrów W, SW i ewentualnie NW oraz ciszy). Wiatry zachodnie obejmują również południowe części doświadczeń nr 1 i 2, w związku z czym czas działania zanieczyszczeń na

Tabela 1

Procentowy rozdział wiatrów według stron świata za lata 1954 - 1963 dla stacji meteorologicznej Koło

Percentage distribution of from cardinal directions in the years 1954 - 1963 for the Koło meteorological station

Charakterystyka pomiaru Measurement characteristic	Miesiące Months	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Cisza Still period	Razem Together
Z udziałem ciszy With still periods	I - XII	4,0	4,1	12,1	5,8	6,7	10,9	21,3	8,1	27,0	100,0
	IV - IX (okres wegetacyjny) (vegetation period)	4,6	3,4	8,7	4,6	5,4	9,1	27,7	9,4	27,1	100,0
Z wyłączeniem ciszy Without still periods	I - XII	5,5	5,7	16,5	8,0	9,1	14,9	29,3	11,0	—	100,0
	IV - IX (okres wegetacyjny) (vegetation period)	6,3	4,7	12,0	6,4	7,4	12,5	37,9	12,8	—	100,0

tych powierzchni może się wydłużyć do 59,2% w stosunku rocznym i 63,9% w okresie wegetacyjnym.

Najwyższa koncentracja zanieczyszczeń utrzymuje się tym bliżej źródła emisji, im jest ono niższe, a wiatr silniejszy. Huta Aluminium „Komin” emituje toksykanty przez dwa niskie kominy o wysokości 32 m oraz przez dachowe urządzenia wentylacyjno-myjące (Filas 1972).

METODYKA BADAŃ

W latach 1970 - 1978 założono 6 powierzchni doświadczalnych z drzewami i krzewami, które granicząc ze sobą zajęły obszar 5,4 ha w odległości około 200 - 400 m na NE i E od źródła emisji (ryc. 1). Warunki i charakterystyczne cechy doświadczeń przedstawia tabela 2, a ich skład gatunkowy — tabela 3. W doświadczeniach zastosowano łącznie drzewa i krzewy 21 różnych gatunków bądź odmian (doświadczenie nr 1), oprócz tego 30 odmian topoli (doświadczenie nr 2, 3, 5 i 6) i 25 klonów wierzby (doświadczenie nr 4)*.

W czasie najbliższego przedwiośnia po posadzeniu przycięto krótko wszystkie pędy niektórych drzew i krzewów (tab. 3), a topole podkrzesano pozostawiając jedynie pęd główny.

Na zakończenie cyklu badań założono najbardziej wysunięte na wschód doświadczenie nr 6 (ryc. 1), w którym zastosowano 9 odmian topoli wykazujących we wcześniejszych doświadczeniach nr 2, 3 i 5 stosunkowo wysoką odporność oraz 10 (kontrola + 9) kombinacji corocznego nawożenia mineralnego CaNPK stosowanych łącznie lub oddzielnie (tab. 4). Pozostałe powierzchnie doświadczalne nr 1 - 5 starano się nawozić również wiosną każdego roku, używając do tego celu 1000 kg CaO/ha (w postaci węgla wapnia), 100 kg N/ha (saletra amonowa), 75 kg P₂O₅/ha (superfosfat granulowany) i 150 kg K₂O/ha (sól potasowa). Wszystkie powierzchnie były 1 - 2 razy w roku mechanicznie odchwaszczane (na krzyż).

W kolejnych latach, poczynwszy od momentu założenia poszczególnych powierzchni doświadczalnych do 1980 r. (3 - 9 lat), prowadzono systematyczne obserwacje roślin pod względem liczby ubytków (wypadów), ogólnej żywotności, powierzchni uszkodzeń liści i przyrostów wysokości. Ogólną żywotność roślin oraz powierzchnię uszkodzeń liści oceniano w końcu sierpnia lub w pierwszej połowie września według własnej skali wzrokowej. Systematyczny pomiar przyrostu wysokości drzew i krzewów

* Były to wierzby dynamicznie rosnące, rozmnożone głównie z materiałów otrzymanych z Instytutu Badawczego Leśnictwa oraz byłej Katedry Szczegółowej Hodowli Lasu AR w Poznaniu. Trudne do ścisłego oznaczenia odmiany zakodowano cyfrą rzymską.

Tabela 2

Bliższa charakterystyka doświadczeń założonych w sąsiedztwie Huty Aluminium „Konin”
Detailed characteristic of the experiments established near the Konin Aluminum Smelter

Cecha doświadczenia Character of experiment	Oznaczenie (lp.) powierzchni doświadczalnej Designation (no.) of experimental area					
	1	2	3	4	5	6
Termin założenia doświadczenia (miesiąc/rok) Date of experiment establishment	XI/1970	XI/1970	XI/1971	IV/1976	IV/1977	IV/1978
Położenie doświadczenia względem źródła emisji Location of experiment relative to emission source	E→NE	NE	NE	NE	E	E
Zastosowana metoda doświadczalna Experimental method used	bloki kompletnie zrandomizowane completely randomized blocks					„split-plot”
Kształt doświadczenia Shape of the experiment	prostokątny rectangular					
Powierzchnia (m ²) Area in m ²	6588	12 432	11 480	5220	2300	15 948
Wieżba sadzenia (m) Spacing of plants in m	2 × 2	4 × 4	4 × 4	2 × 2	2 × 2	3 × 3
Liczba bloków No. of blocks	3	3	3	5	3	3
Liczba kombinacji nawożenia No. of fertilizer combinations	1	1	1	1	1	kontrola +9 control +9
Liczba gatunków (odmian, klonów) drzew i krzewów No. of species (varieties, clones) of woody plants	21	20	20	25	11	9
Wiek sadzonek (lata) Initial plant age (years)	1 - 2	1	1	1	2	2
Ogólna liczba roślin (szt.) Total plant no.	1175	720	600	1250	477	1680
Liczba roślin jednego gatunku (szt.) No. of plants in species	75	36	30	50	24 - 72 (w zależności od odmiany) (depending on variety)	90 - 300 (w zależności od odmiany) (depending on variety)
Liczba roślin jednego gatunku w bloku (szt.) No. of plants in one block	25	12	10	10	8 - 24 (w zależności od odmiany) (depending on variety)	30 - 100 (w zależności od odmiany) (depending on variety)
Liczba roślin jednego gatunku w każdej kombinacji nawożenia (szt.) No. of plants of one species in each fertilizer combination	75	36	30	50	8 - 64 (w zależności od odmiany) (depending on variety)	3 - 10 (w zależności od odmiany) (depending on variety)

(zwłaszcza topoli) był praktycznie niemożliwy ze względu na zasychanie szczytowych części pędów, w związku z czym tworzyły się deformacje strzał i częstokroć formy krzaczaste. Rolę pędu głównego przejmowały pędy boczne. Dlatego też w doświadczeniach nr 1 - 5 pomierzono przyrost wysokości jednorazowo za cały okres obserwacji. W doświadczeniu nr 6,

Tabela 3

Systematyczny wykaz drzew i krzewów biorących udział w doświadczeniach przy
Hucie Aluminium „Konin”

Systematic list of trees and shrubs taking part in the experiment near the Konin Aluminum
Smelter

Lp. No.	Gatunek (odmiana, klon) Species (variety, clone)	Lp. powierzchni doświadczalnej							
		No. of trial							
		1	2	3	4	5	6		
I	2	3	4	5	6	7	8		
1	<i>Pinus nigra</i> L.	*							
2	<i>Populus alba</i> L.	*							
3	<i>P. balsamifera</i> L.			*					
4	<i>P. × berolinensis</i> Dipp.							*	
5	<i>P. × berolinensis</i> Dipp. (3397)		*						
6	<i>P. × berolinensis</i> Dipp. (9999)		*						
7	<i>P. × canadensis</i> 'Bietigham'		*	*					
8	<i>P. × canadensis</i> 'Dolomiten'					*			
9	<i>P. × canadensis</i> 'Dorskamp'					*			
10	<i>P. × canadensis</i> 'Forndorf'		*						
11	<i>P. × canadensis</i> 'Gerlica'		*						
12	<i>P. × canadensis</i> 'Heidemij'			*					
13	<i>P. × canadensis</i> 'I-105'					*			
14	<i>P. × canadensis</i> 'I-214'		*	*		*			
15	<i>P. × canadensis</i> 'I-262'		*	*		*			
16	<i>P. × canadensis</i> 'I-274'		*	*		*			
17	<i>P. × canadensis</i> 'I-488'					*			
18	<i>P. × canadensis</i> 'Löns'		*						
19	<i>P. × canadensis</i> 'Marilandica'		*						
20	<i>P. × canadensis</i> 'Regenere de Suisse'			*					
21	<i>P. × canadensis</i> 'Virginiana de Frignicourt'		*						
22	<i>P. canadensis</i>			*				*	
23	<i>P. × canescens</i> Sm.			*					
24	<i>P. deltooides × nigra</i>		*					*	
25	<i>P. deltooides × nigra</i> (130)					*			
26	<i>P. deltooides × nigra</i> (146)					*			
27	<i>P. deltooides × nigra</i> (148)					*			
28	<i>P. deltooides × nigra</i> (150)					*			
29	<i>P. deltooides × nigra</i> (11884)			*					
30	<i>P. deltooides × nigra</i> (11885)			*					
31	<i>P. deltooides × nigra</i> (11886)			*					
32	<i>P. deltooides × nigra</i> (11887)			*					
33	<i>P. 'Hybrida 275'</i>		*	*		*		*	
34	<i>P. 'Kórnik 5'</i>		*					*	
35	<i>P. 'Kórnik 4I'</i>		*						
36	<i>P. nigra</i>			*					
37	<i>P. nigra</i> 'Jalta'			*					
38	<i>P. 'Oxford'</i>		*					*	
39	<i>P. × petrowskyana</i> Schneid.		*					*	
40	<i>P. simonii</i> Carr.		*	*				*	
41	<i>P. tacamahaca</i> Mill.			*				*	
42	<i>P. tacamahaca × trichocarpa</i>			*				*	
43	<i>P. tremula</i> L.	*		*					
44	<i>Salix alba</i> 'sanguinea'					(*)			
45	<i>S. caprea</i>	*							
46	<i>S. cinerea</i>	*							
47	<i>S. fragilis</i> 'Bronisław'		*			(*)			
48	<i>S. fragilis</i> 'Krobielewko'		*			(*)			
49	<i>S. fragilis</i> 'Tryńcza I'					(*)			
50	<i>S. 'W-416'</i>					(*)			
51	<i>S. 'Zwierzyniec 4'</i>					(*)			
52	<i>S. 'I'</i>					(*)			
53	<i>S. 'II'</i>					(*)			

c.d. tabeli 3.

Lp. No.	Gatunek (odmiana, kłón) Species (variety, clone)	Lp. powierzchni doświadczalnej No. of trial					
		1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7	8
54	S. 'III'					(*)	
55	S. 'IV'					(*)	
56	S. 'V'					(*)	
57	S. 'VI'					(*)	
58	S. 'VII'					(*)	
59	S. 'VIII'					(*)	
60	S. 'IX'					(*)	
61	S. 'X'					(*)	
62	S. 'XI'					(*)	
63	S. 'XII'					(*)	
64	S. 'XIII'					(*)	
65	S. 'XIV'					(*)	
66	S. 'XV'					(*)	
67	S. 'XVI'					(*)	
68	S. 'XVII'					(*)	
69	S. 'XVIII'					(*)	
70	S. 'XIX'					(*)	
71	<i>Alnus incana</i> Moench	*					
72	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	(*)					
73	<i>Spiraea menziesii</i> Hook	(*)					
74	<i>S. salicifolia</i> L.	(*)					
75	<i>Physocarpus opulifolius</i> Maxim.	(*)					
76	<i>P. intermedius</i> Schneid.	(*)					
77	<i>Cotoneaster dielsiana</i> Pritz.	*					
78	<i>Rosa rugosa</i> Thurb.	(*)					
79	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	*					
80	<i>Acer negundo</i> L.	*					
81	<i>Tamarix tetrandra</i> Pall.	(*)					
82	<i>T. gallica</i> L.	(*)					
83	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	(*)					
84	<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	*					
85	<i>Sambucus nigra</i> L.	(*)					
86	<i>Symphoricarpos albus</i> Blake	(*)					

Liczy w nawiasach oznaczają lp. rośliny w księdze inwentarzowej Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku

Figures in brackets indicate the inventory np. in the Institute of Dendrology in Kórnik

Nawiasem opatrzone te gatunki drzew i krzewów, które krótko przycięto przed pierwszym okresem wegetacji

In brackets are those species of trees and shrubs which have been trimmed short before the first vegetative season

ze względu na badanie wpływu różnych kombinacji nawożenia na topole, pomierzono przyrost rokrocznie przez 3 lata, przy czym dotyczył on najczęściej pędu bocznego w roli przewodnika.

Zastosowana skala żywotności ma 3 następujące stopnie:

3 = żywotność dobra: dynamiczny wzrost, roślina obficie ulistniona, liście jędrne;

2 = żywotność średnia: wzrost mniej dynamiczny, ulistnienie niezbyt obfite, jędrność (turgor) liści słaba;

1 = żywotność nieodpowiednia: skarłały wzrost, skąpe i więdnące ulistnienie.

Stopień, a następnie procent powierzchni uszkodzenia liści określono za pomocą skali 5-stopniowej:

A = brak uszkodzeń na liściach;

B = wszystkie lub większość uszkodzonych liści można zaliczyć do klasy słabo uszkodzonych (uszkodzenie obejmuje do 10% powierzchni liścia);

C = wszystkie lub większość uszkodzonych liści można zaliczyć do klasy średnio uszkodzonych (uszkodzenie obejmuje 11 - 50% powierzchni liścia);

D = wszystkie lub większość uszkodzonych liści można zaliczyć do klasy silnie uszkodzonych (uszkodzenie obejmuje powyżej 50% powierzchni liścia);

E = wszystkie liście są porażone całkowicie lub opadły przedwcześnie z powodu toksycznych wpływów środowiska.

Oprócz klasy uszkodzeń ustalano szacunkowo procent liści uszkodzonych w stosunku do ogólnej liczby liści na roślinie w chwili obserwacji celem wyliczenia powierzchni uszkodzeń liści (K l u c z y ń s k i 1975).

W drugiej połowie września 3 kolejnych lat 1978, 1979 i 1980 pobrano do analiz na zawartość fluoru liście z badanych drzew i krzewów. Z powodu dużej liczby gatunków i odmian zbiór liści ograniczono do prób najbardziej reprezentatywnych (rośliny o najlepszych, najgorszych lub wyjątkowo przeciętnych wartościach cech). Liście zbierano w blokach w określonej dla każdego gatunku lub odmiany liczbie, celem skompletowania prób o niezbędnej masie, z 4 stron (N, E, S, W) środkowej, zewnętrznej części koron lub, jeśli było ich niewiele, wszystkie z całych drzew. W ten sposób skompletowano i zbadano 305 prób: 132 próby w 1978 r., 67 w 1979 r. i 106 — w 1980 r.

Średnie wartości cech roślin w blokach za kolejne lata obserwacji poddano analizie statystycznej za pomocą testu *F* Fishera oraz testu Tukeya z uwzględnieniem $NIR_{0,05}$ (S n e d e c o r 1956, E l a n d t 1964, O k t a b a 1966). Przy porównywaniu procentu wypadów posłużono się testem *U* (O k t a b a 1966). Statystyka *U* posiada w przybliżeniu rozkład

Tabela 4

Charakterystyka zastosowanych w doświadczeniu nr 6 kombinacji nawożenia mineralnego Ca NPK*

Characteristic of the fertiliser (CaNPK) treatments used in trial no. 6

Oznaczenie kombinacji nawożenia Symbol of fertilizer variant	Składniki Components	Zawartość czystego składnika w postaci CaO, N, P ₂ O ₅ i K ₂ O w nawozie (kg/ha) Content of pure components in the form of CaO, N, P ₂ O ₅ and K ₂ O in the fertilizer (kg/ha)							Łączna dawka NPK (kg/ha) Joint NPK dose (kg/ha)
		Ca	N ₍₁₎	N ₍₂₎	P ₍₁₎	P ₍₂₎	K ₍₁₎	K ₍₂₎	
0	kontrola — unfertilized control	0	0	0	0	0	0	0	0
I	Ca	2000							
II	N ₍₁₎		50						
III	P ₍₁₎				100				
IV	K ₍₁₎						100		
V	N ₍₁₎ P ₍₁₎ K ₍₁₎		50		100		100		250
VI	N ₍₂₎ P ₍₁₎ K ₍₁₎			100	100		100		300
VII	N ₍₁₎ P ₍₂₎ K ₍₁₎		50			150	100		300
VIII	N ₍₂₎ P ₍₁₎ K ₍₂₎		50		100			150	300
IX	Ca/N ₍₁₎ P ₍₁₎ K ₍₁₎	2000	50		100		100		250

* Zastosowano (1) i (2) wariant dawek NPK. Składniki wysiewano pod postacią: węgla wapnia (około 48% CaO), saletry amonowej (około 33% N), superfosfatu granulowanego (około 19% P₂O₅) oraz soli potasowej (około 57% K₂O).

NPK variants (1) and (2) have been used. The components were sown as calcium carbonate (about 48% CaO) ammonium salt peter (about 33% N), granulated superphosphate (about 19% P₂O₅) and potassium salt (about 57% K₂O).

normalny Gaussa, dlatego liczebności roślin nie mogą być zbyt małe (n_1 i $n_2 > 30$). Niektóre warianty doświadczenia nr 5 i 6 (z nawożeniami) nie spełniły w pełni tego warunku (9 - 30 roślin). Wyniki testu U i Tukeya przedstawiono za pomocą liter po wyłonieniu grup wewnątrznie jednorodnych przy $\alpha = 0,05$.

Począwszy od 8 (doświadczenie nr 2) i 7 (doświadczenie nr 3) roku obserwacji poszerzono na przeciąg 3 lat badanie topoli o następujące cechy biologiczne — mierzone albo szacowane według kilkustopniowej skali*:

1) tworzenie przewodnika (3=przewodnik wyraźny, 2=słabo zaznaczony, 1==brak);

2) występowanie pędów świętojańskich (3=brak, 2=sporadyczne, 1=liczne);

3) „miotłastość” — tworzenie nienaturalnie dużej liczby pędów powodujących zagęszczenie korony (3=korona naturalna, 2=korona nieznacznie zagęszczona, 1==korona silnie zagęszczona);

4) stopień uszkodzenia pędów (3=brak uszkodzeń, 2=uszkodzenia krótkich, wierzchołkowych odcinków do 30% liczby pędów, 1=uszkodzenia na ponad 30% liczby pędów);

5) stopień uszkodzenia liści (3=brak uszkodzeń lub uszkodzone są pojedyncze liście na powierzchni nie przekraczającej 10%, 2=uszkodzona jest większość liści na powierzchni do 20% lub nieliczne liście na powierzchni do 40%, 1=większość istniejących liści ma ponad 20-procentową powierzchnię uszkodzeń);

6) ogólna biomasa (skala 5 - 1);

7) wysokość drzewa;

8) szerokość korony.

Obserwacji dokonano w latach 1978 - 1980 w miesiącu wrześniu. Ponieważ wyżej wymienione cechy nr 1, 2, 3, 6, 7, 8 nie podlegały uchwytym zmianom w czasie przestano na jednorazowej (w 1978 r.) ich obserwacji. W ciągu 3 lat obserwowano jedynie stopień uszkodzenia pędów (cecha 4) i liści (cecha 5), przy czym w odniesieniu do stopnia uszkodzenia liści w obliczeniach uwzględniono jedynie pełne wyniki oceny za 1979 r. Wyniki obserwacji (oprócz cech 1, 2 i 3) poddano analizie wariancji (test F Fishera) i testowi indywidualnemu różnic Duncana.

WYNIKI I DYSKUSJA

Test F Fishera wykazał (tab. 5), że pod względem 4 systematycznie badanych cech drzewa i krzewy zastosowanych w doświadczeniach gatunków (odmian) różniły się wysoce istotnie z wyjątkiem procentu powierzchni uszkodzeń liści w doświadczeniu nr 5. Ogólnie stwierdzono też brak korelacji między wartościami tych cech, tak w kolejnych latach, jak i w ocenie łącznej (tab. 6 - 11).

* Badania te przeprowadzili według własnej metodyki i wyniki opracowali doc. dr hab. Z. Stecki i mgr. J. Figaj z Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku.

Tabela 5

Wartości testu F w zależności od zmiennych w doświadczeniach nr 1 - 6 oraz analizowanych cech biologicznych drzew i krzewów
 Value of the test depending on the experimental variants in trials 1 - 6 and the analysed biological traits of trees and shrubs

Lp. powierzchni doświadczałnej Trial No.	Lata obserwacji Year of observation	Stopnie swobody Degrees of freedom	Wielkość i stopień istotności F (poziom istotności 0,05* i 0,01*) Magnitude and degree of significance of F (significance levels 0.05* and 0.01*)		
			Stopień żywotności roślin Plant viability	Procent powierzchni uszkodzeń liści Percentage injury to leaf surfaces	Przyrost wysokości Growth increment
BLOKI (B) - BLOCKS (B)					
1	1971 - 1979	2	3,643*	0,160	1,648
2	1971 - 1979	2	8,389**	10,472**	17,137**
3	1972 - 1979	2	5,451**	0,261	17,663**
4	1976 - 1979	4	3,274*	14,625**	6,785**
5	1977 - 1979	2	0,054	0,766	0,040
6	1978 - 1980	2	11,539**	1,045	0,874
GATUNKI (G) - SPECIES (G)					
1	1971 - 1979	12	36,781**	33,890**	24,552**
2	1971 - 1979	19 (18) ¹	59,345**	77,239**	6,956**
3	1972 - 1979	18	22,640**	14,618**	20,043**
4	1976 - 1979	24	10,374**	10,298**	2,364**
5	1977 - 1979	10	6,119**	1,121	2,869*
6	1978 - 1980	7	14,643**	26,372**	5,278**
NAWOŻENIA (N) - FERTILISATIONS (N)					
6	1978 - 1980	9	1,251	1,776	1,962
GATUNKI × NAWOŻENIA (G × N) - SPECIES × FERTILISATIONS (G × N)					
6	1978 - 1980	63	0,254	1,099	0,999

¹ Dla stopnia żywotności i procentu powierzchni uszkodzeń liści.

¹ Degree of viability and percentage injury to leaf area.

Szczególnie zaskakującym jest brak istotnych różnic (tab. 5) pomiędzy zastosowanymi w doświadczeniu nr 6 dziesięcioma (w tym kontrola) kombinacjami nawożenia (tab. 4), stwierdzony na podstawie trzyletniego (1978 - 1980) badania cech biologicznych topoli. Stwierdzono również brak istotnych interakcji $G \times N$ (gatunki \times nawożenia), co wyklucza selektywne działanie tych nawożeń na poszczególne odmiany topoli.

Na podstawie wyników z poszerzonych w latach 1978 - 1980 badań na powierzchniach doświadczalnych nr 2 i 3 test F Fishera wykazał ogólnie wysoce istotne (0,01**) różnice pomiędzy topolami i wierzbami pod względem stopnia uszkodzenia pędów, osiągniętej biomasy, wysokości drzew i szerokości ich koron.

Analiza wyników testu D oraz bezwzględnych wartości cech wskazuje na dodatnie skorelowanie biomasy, wysokości drzew i szerokości ich koron. Z wymienionymi cechami nie jest skorelowany stopień uszkodzenia pędów. Na przykład wyróżniająca się w obu doświadczeniach pod wzglę-

dem wzrostu i produkcji biomasy *P. 'Hybrida 275'* miała przez 3 kolejne lata silnie uszkodzone pędy.

Na podstawie wyników testu *D* można mówić o lepszym wzroście topoli balsamicznych od topoli czarnych. Szczególnie dobrze rosną znane mieszańce: *P. 'Hybrida 275'*, *P. × berolinensis*, *P. × petrowskyana* oraz *P. 'Kórnik 5'*.

Systematyczne badanie 4 cech (procent wypadów, stopień żywotności, procent powierzchni uszkodzeń liści i przyrost wysokości) posłużyło do sklasyfikowania drzew i krzewów pod względem stopnia przydatności do zagospodarowania nawet najbardziej zagrożonych stref przy Hucie Aluminium „Konin”. Z powodu specyficznych reakcji roślin (w tym wysoka akumulacja fluoru oraz charakter uszkodzeń liści i pędów) w

Tabela 6

Klasyfikacja zastosowanych w doświadczeniu nr 1 drzew i krzewów według ich malejącej odporności na zanieczyszczenia powietrza związkami fluoru w rejonie Huty Aluminium „Konin” z podaniem wartości badanych cech i wyników testów istotności

Ranking of trees and shrubs used in trial no. 1 according to a declining resistance to air pollution with fluor compounds from the region of the Konin Aluminum Smelter giving values of studied traits and results of significance tests

Gatunek (odmiana) Species (variety)	Wartości cech za lata 1971 - 1979 z podaniem grup jednorodnych według testu U (% wypadów) i Tukeya Values of traits for the years 1971 - 1979 indicating groups not differentiated significantly according to test U (% mortality) and Tukey's test			
	Łączny procent wypadów Joint percentage mortality	Średni stopień żywotności (skala 3 - 1) Mean degree of viability (scale 3 - 1)	Średni procent powierzchni uszkodzeń liści Mean percentage of leaf area injured	Całkowity przyrost wysokości Total height increment
Drzewa i krzewy odporne (+) – Resistant trees and shrubs (+)				
<i>Populus alba</i>	48,0 a	1,71 bc	27,9 de	194,7 b
<i>Ulmus laevis</i>	43,3 a	1,50 cd	26,9 cde	182,5 b
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	72,0 b	2,11 a	15,9 abc	214,3 ab
<i>Salix cinerea</i>	96,0 ef	1,99 ab	12,9 ab	153,5 b
<i>S. caprea</i>	96,0 ef	2,02 ab	22,9 bcd	277,5 a
<i>Rosa rugosa</i>	54,7 a	2,16 a	35,2 ef	71,3 c
<i>Tamarix tetrandra</i>	86,7 cde	1,84 abc	20,1 bcd	155,0 b
<i>Cotoneaster dielsiana</i>	94,7 ef	1,57 c	6,2 a	70,0 c
Drzewa i krzewy średnio odporne (±) – Medium resistant trees and shrubs (±)				
<i>Tamarix gallica</i>	89,3 cdef	–	–	173,0 b
<i>Physocarpus intermedius</i>	90,7 cdef	1,12 e	26,4 cde	67,5 c
<i>Spiraea menziesii</i>	82,7 bc	1,03 e	37,6 efg	68,5 c
<i>Populus tremula</i>	84,0 bcd	1,12 de	49,4 g	64,0 c
<i>Physocarpus opulifolius</i>	93,3 cdef	1,05 e	70,5 g	–
Drzewa i krzewy wrażliwe (–) – Susceptible trees and shrubs				
<i>Spiraea salicifolia</i>	100,0 g	1,01 e	42,7 g	30,0 c
<i>Sambucus nigra</i>	100,0 g	–	–	–
<i>Hippophae rhamnoides</i>	100,0 g	–	–	–
<i>Alnus incana</i>	100,0 g	–	–	–
<i>Robinia pseudoacacia</i>	100,0 g	–	–	–
<i>Acer negundo</i>	100,0 g	–	–	–
<i>Symphoricarpos albus</i>	100,0 g	–	–	–
<i>Pinus nigra</i>	100,0 g	–	–	–

Tabela 7

Klasyfikacja zastosowanych w doświadczeniu nr 2 topoli i wierzb według ich malejącej odporności na zanieczyszczenia powietrza związkami fluoru w rejonie Huty Aluminium „Konin” z podaniem wartości badanych cech i wyników testów istotności

Ranking of poplars and willows used in trial no. 2 according to a declining resistance to air pollution with fluor compounds in the vicinity of the Konin Aluminum Smelter, giving values of the studied traits and results of significance tests

Gatunek (odmiana) Species (variety)	Wartości cech za lata 1971 - 1979 z podaniem grup jednorodnych według testu U (% wypadów) i Tukeya Values of traits for the years 1971 - 1979 indicating groups not differentiated significantly according to test U (% mortality) and Tukey's test			
	Łączny procent wypadów Joint percentage mortality	Średni stopień żywotności (skala 3 - 1) Mean degree of viability (scale 3 - 1)	Średni procent uszkodzenia liści Mean percentage of leaf area injured	Całkowity przyrost wysokości Total height increment
Topole i wierzby odporne (+) – Resistant poplars and willows (+)				
<i>Populus 'Hybrida 275'</i>	11,1 bcd	2,12 cd	14,0 a	381,7 abc
<i>P. x berolinensis (3397)</i>	0,0 a	2,27 bc	50,1 g	471,7 a
<i>P. x petrowskyana</i>	2,8 ab	2,58 ab	46,4 efg	410,0 ab
<i>P. x berolinensis (9999)</i>	5,6 abc	2,67 a	34,2 c	404,3 ab
<i>P. 'Kórnik 5'</i>	16,7 cdef	1,83 de	15,9 ab	275,7 abcde
<i>P. x canadensis 'Gelrica'</i>	5,6 abc	1,51 ef	39,5 cde	305,0 abcd
<i>Salix fragilis 'Bronisław'</i>	13,9 bcde	2,08 cd	34,4 cd	204,7 bcde
<i>S. fragilis 'Krobielewka'</i>	27,8 defg	2,06 cd	21,2 b	253,7 abcde
Topole średnio odporne (±) – Medium resistant poplars (±)				
<i>P. 'Kórnik 41'</i>	2,8 ab	1,41 fg	44,1 efg	217,0 bcde
<i>P. x canadensis 'Marilandica'</i>	5,6 abc	1,27 fgh	48,8 g	200,0 bcde
<i>P. x canadensis 'Löns'</i>	27,8 defg	1,17 fgh	44,3 efg	231,0 bcde
<i>P. x canadensis 'I-274'</i>	30,6 efg	1,24 fgh	32,9 c	213,3 bcde
<i>P. 'Oxford'</i>	25,0 defg	1,28 fgh	41,4 def	159,3 de
Topole wrażliwe (-) – Susceptible poplars (-)				
<i>P. x canadensis 'Forndorf'</i>	30,6 efg	1,02 h	45,2 efg	87,0 de
<i>P. deltoides x nigra</i>	33,3 efg	1,06 gh	47,2 fg	71,0 e
<i>P. x canadensis 'Virginiana de Frignicourt'</i>	36,1 fgh	—	—	172,0 cde
<i>P. x canadensis 'I-214'</i>	44,4 ghi	1,30 fgh	36,4 cd	192,7 bcde
<i>P. simonii</i>	41,7 hgi	1,13 gh	34,2 c	229,7 bcde
<i>P. x canadensis 'Bietigham'</i>	55,6 hi	1,13 gh	58,9 h	214,0 bcde
<i>P. x canadensis 'I-262'</i>	61,1 i	1,04 gh	36,4 cd	114,0 de

warunkach dużego skażenia terenu można przyjąć uproszczenie, że stopniowi ich przydatności odpowiada stopień tolerancji na działanie związków fluoru.

Klasyfikację drzew i krzewów z podziałem na 3 klasy odporności (odporne, średnio odporne i wrażliwe) oparto na wynikach testów U lub Tukeya dla sumarycznych za cały okres obserwacji lub średnich wartości cech. W oparciu o te wyniki określono jakość każdej z obserwowanych cech roślin w poszczególnych doświadczeniach według trzystopniowej skali. W doświadczeniach zastosowano ujednolicone wartości specjalnych współczynników liczbowych (wag) dla poszczególnych cech. Jako łączną wartość wag dla roślin o najlepszych wartościach cech przyjęto 100 (100%, punktów itp.), z czego dla procentu wypadów przewidziano 40,

Tabela 8

Klasyfikacja zastosowanych w doświadczeniu nr 3 topoli według ich malejącej odporności na zanieczyszczenia powietrza związkami fluoru w rejonie Huty Aluminium „Konin” z podaniem wartości badanych cech i wyników testów istotności

Ranking of poplars used in trial no. 3 according to a declining resistance to air pollution with fluor in the vicinity of the Konin Aluminum Smelter, giving values of the studied traits and results of significance tests

Gatunek (odmiana) Species (variety)	Wartości cech za lata 1972 - 1979 z podaniem grup jednorodnych według testu U (% wypadów) i Tukeya Values of traits for the years 1972 - 1979 indicating groups not differentiated significantly according to test U (% mortality) and Tukey's test			
	Łączny procent wypadów Joint percentage mortality	Średni stopień żywotności (skala 3 - 1) Mean degree of viability (scale 3 - 1)	Średni procent uszkodzenia liści Mean percentage of leaf area injured	Całkowity przyrost wysokości Total height increment
Topole odporne (+) - Resistant poplars (+)				
<i>Populus 'Hybrida 275'</i>	6,7 abc	2,06 ab	16,6 a	356,3 ab
<i>P. candicans</i>	33,3 ab	2,58 a	21,0 ab	385,7 a
<i>P. balsamifera</i>	0,0 a	1,96 b	58,7 h	387,7 a
<i>P. tacamahaca</i>	3,3 ab	1,84 bc	51,4 fgh	359,0 ab
<i>P. tacamahaca</i> × <i>trichocarpa</i>	3,3 ab	1,63 bcd	42,8 cdefgh	213,0 cd
<i>P. × canadensis 'J-274'</i>	10,0 abcd	1,13 de	28,6 abcd	253,3 bcd
<i>P. deltoides</i> × <i>nigra</i> (11885)	23,3 cdef	1,81 bc	33,0 abcde	301,0 abc
Topole średnio odporne (±) - Medium resistant poplars (±)				
<i>P. × canescens</i>	16,7 bcde	1,21 de	18,2 a	228,0 cd
<i>P. × canadensis 'Heidemij'</i>	10,0 abcd	1,04 e	49,9 efgh	217,7 cd
<i>P. deltoides</i> × <i>nigra</i> (11887)	13,3 bcde	1,42 cde	26,5 abc	202,3 cde
<i>P. alba</i>	20,0 cde	1,23 de	37,4 bcdefg	249,0 bcd
<i>P. simonii</i>	30,0 defg	1,04 e	28,8 abcd	168,3 de
<i>P. nigra</i>	33,3 efg	1,00 e	37,0 bcdefg	160,7 de
<i>P. × canadensis 'Bietigham'</i>	13,3 bcde	1,06 e	58,7 h	182,7 cde
<i>P. deltoides</i> × <i>nigra</i> (11886)	33,3 efg	1,02 e	33,5 abcdef	90,0 ef
<i>P. × canadensis 'J-214'</i>	63,3 h	1,10 de	31,0 abcd	161,0 de
Topole wrażliwe (-) - Susceptible poplars (-)				
<i>P. deltoides</i> × <i>nigra</i> (11884)	20,0 cde	1,00 e	53,3 gh	19,0 f
<i>P. × canadensis 'Regenere de Suisse'</i>	46,7 fgh	1,02 e	40,7 cdefgh	149,0 de
<i>P. tremula</i>	53,3 gh	1,06 e	46,1 defgh	176,7 de
<i>P. nigra 'Jalta'</i>	96,7 i	-	-	-

a dla stopnia żywotności, procentu powierzchni uszkodzeń liści i przyrostu wysokości po 20. Rośliny z drugiej grupy (średnie wartości cech) otrzymały wagi o połowę niższe (łącznie 50%), a roślinom z grupy trzeciej jako bezwartościowym (wrażliwym) wag nie nadawano. Ze względu na relatywnie złe wyniki uprawy topoli w doświadczeniach nr 5 i 6 utworzono dwie klasy odporności: średnio odporne i wrażliwe. Wyniki klasyfikacji roślin przedstawiają tabele 6 - 11, a ogólny wygląd doświadczeń oraz niektórych drzew i krzewów — ryciny 2 - 7.

Wykryto duże podobieństwo stopnia odporności topoli tych samych odmian z doświadczeń nr 2, 3, 5 i 6 (tab. 7, 8, 10 i 11) oraz występujących jednocześnie w zadrzewieniu Huty (Kluczyński 1975). Do najodporniejszych należą: *P. 'Hybrida 275'*, *P. candicans*, *P. 'Kórnik 5'*,

Tabela 9

Klasyfikacja zastosowanych w doświadczeniu nr 4 wierzby według ich malejącej odporności na zanieczyszczenia powietrza związkami fluoru w rejonie Huty Aluminium „Konin” z podaniem wartości badanych cech i wyników testów istotności

Ranking of willows in trial no. 4 according to a declining resistance to air pollution with fluor compounds in the vicinity of the Konin Aluminum Smelter, giving values of the studied traits and results of significance tests

Gatunek (odmiana) Species (variety)	Wartości cech za lata 1976 - 1979 z podaniem grup jednorodnych według testu U (% wypadków) i Tukeya Values of traits for the years 1976 - 1979 indicating groups not differentiated significantly according to test U (% mortality) and Tukey's test			
	Łączny procent wypadków Joint percentage mortality	Średni stopień żywności (skala 3 - 1) Mean degree of viability (scale 3 - 1)	Średni procent powierzchni uszkodzenia liści Mean percentage of leaf area injured	Całkowity przyrost wysokości Total height increment
Wierzby odporne (+) - Resistant willows (+)				
<i>Salix</i> 'Zwierzyniec' 4	20,0 ab	1,28 defg	15,2 ab	89,8 ab
<i>S.</i> 'XV'	12,0 a	1,29 defg	17,4 abc	74,0 ab
<i>S.</i> 'XVII'	34,0 bcdef	1,58 bcdef	12,9 a	79,2 ab
<i>S.</i> 'VII'	20,0 ab	1,06 fg	16,9 abd	74,4 ab
<i>S.</i> 'IV'	40,0 cdefg	1,34 cdefg	14,4 ab	75,2 ab
<i>S.</i> 'XVIII'	48,0 efghi	2,23 a	21,9 abcd	85,8 ab
<i>S.</i> 'X'	46,0 efghi	1,71 abcd	21,1 abcd	85,6 ab
Wierzby średnio odporne (±) - Medium resistant willows (±)				
<i>S.</i> 'XIV'	26,0 abcd	1,41 cdefg	17,5 abc	94,4 a
<i>S.</i> 'XIX'	26,0 abcd	1,33 cdefg	20,1 abc	75,0 ab
<i>S. alba</i> 'sanguinea'	30,0 bcde	1,16 defg	15,5 ab	62,8 ab
<i>S.</i> 'VIII'	44,0 defgh	1,24 defg	18,1 abc	74,6 ab
<i>S.</i> 'XIII'	64,0 ijk	1,64 bcde	14,8 ab	76,4 ab
<i>S.</i> 'XVI'	24,0 abc	2,04 ab	34,0 fg	63,0 ab
<i>S.</i> 'XII'	32,0 bcde	1,28 defg	18,1 abc	64,4 ab
<i>S.</i> 'II'	38,0 cdefg	1,88 abc	36,8 g	58,2 ab
<i>S.</i> 'VI'	30,0 bcde	1,05 fg	23,0 abcde	63,0 ab
<i>S.</i> 'XI'	40,0 cdefg	1,08 fg	25,3 bcdef	56,2 ab
<i>S.</i> 'I'	52,0 fghij	1,26 defg	23,2 abcdef	82,3 ab
Wierzby wrażliwe (-) - Susceptible willows (-)				
<i>S. fragilis</i> 'Krobielewko'	56,0 ghijk	1,22 defg	22,7 abcde	70,8 ab
<i>S.</i> 'V'	60,0 hijk	1,07 fg	21,0 abcd	71,8 ab
<i>S.</i> 'W-416'	66,0 jk	1,08fgf	25,0 bcdef	73,2 ab
<i>S. fragilis</i> 'Bronisław'	32,0 bcde	1,00 g	32,9 efg	52,4 ab
<i>S. fragilis</i> 'Tryncza I'	52,0 fghij	1,38 efg	23,5 abcdef	50,4 b
<i>S.</i> 'III'	56,0 ehijk	1,13 efg	27,7 cdefg	73,6 ab
<i>S.</i> 'IX'	74,0 k	1,00 g	31,5 defg	53,8 ab

P. tacamahaca, *P. tacamahaca* × *trichocarpa*. Do odmian wrażliwych, występujących w dwu lub większej liczbie doświadczeń, należy przede wszystkim *P. deltoides* × *nigra*. Na podstawie całokształtu badań można mówić o wyraźnie większej odporności topoli balsamicznych od topoli z sekcji czarnych. Częściowo porównywalne są również wyniki oceny stanu zdrowotnego drzew i krzewów z terenu Huty (Kluczyński 1975) z wynikami obserwacji doświadczeń nr 1 (tab. 6) i nr 4 (Tab. 9). W ten sposób potwierdzono wysoką odporność wielu odmian wierzby

Tabela 10

Klasyfikacja zastosowanych w doświadczeniu nr 5 topoli według ich malejącej odporności na zanieczyszczenia powietrza związkami fluoru w rejonie Huty Aluminium "Konin" z podaniem wartości badanych cech i wyników testów istotności

Ranking of poplars used in trial no. 5 according to a declining resistance to air pollution with fluor in the vicinity of the Konin Aluminum Smelter, giving values of the studied traits and results of significance tests

Gatunek (odmiana) Species (variety)	Wartości cech za lata 1977 - 1979 z podaniem grup jednorodnych według testu Tukeya Values of traits for the years 1977 - 1979 indicating groups not differentiated significantly by the Tukey's test			
	Łączny procent wypadów Joint percentage mortality	Średni stopień żywotności (skala 3 - 1) Mean degree of viability (scale 3 - 1)	Średni procent powierzchni uszkodzeń liści Mean percentage of leaf area injured	Całkowity przyrost wysokości Total height increment
Topole średnio odporne (±) - Medium resistant poplars (±)				
<i>Populus 'Hybrida 275'</i>	37,5	1,44 ab	39,6 a	98,0 a
<i>P. × canadensis 'I-105'</i>	17,9	1,51 ab	47,2 a	53,7 ab
<i>P. × canadensis 'Dorskamp'</i>	43,8	1,42 ab	35,0 a	87,0 ab
<i>P. × canadensis 'Dolomiten' (227)</i>	37,5	1,83 a	35,0 a	55,0 ab
<i>P. × canadensis 'I-262'</i>	39,1	1,09 b	40,7 a	60,3 ab
Topole wrażliwe (-) - Susceptible poplars (-)				
<i>P. deltoides × nigra (148)</i>	53,3	1,37 ab	37,1 a	65,0 ab
<i>P. deltoides × nigra (150)</i>	54,7	1,22 b	39,3 a	59,0 ab
<i>P. × canadensis 'I-214'</i>	56,3	1,00 b	34,6 a	67,7 ab
<i>P. × canadensis 'I-488'</i>	69,6	1,23 b	37,8 a	54,0 ab
<i>P. deltoides × nigra (130)</i>	82,5	1,00 b	44,4 a	51,0 b
<i>P. deltoides × nigra (146)</i>	67,5	1,02 b	51,4 a	50,0 b

(w tym *Salix caprea* i *S. cinerea*), tamaryszka (*Tamarix gallica*) oraz niektórych innych drzew i krzewów (*Rosa rugosa*). Wykryto również i sprzeczne oceny odporności; w badaniach doświadczalnych przepadły drzewa, które w warunkach mniejszych skażeń na terenie Huty wykazały odporność stosunkowo wysoką (*Robinia pseudoacacia*) lub średnią (*Acer negundo*). Potwierdza to względny charakter ocen tego typu.

Na powierzchniach doświadczalnych, a zwłaszcza w doświadczeniu nr 1, zaobserwowano interesujący proces wymierania roślin. Niektóre z nich, w tym *Pinus nigra*, *Robinia pseudoacacia* i *Symphoricarpos albus*, wyginęły w pierwszym roku lub najpóźniej w ciągu 2 - 3 lat życia. Inne, jak *Ulmus laevis*, *Tamarix tetrandra* i *Spiraea salicifolia*, wykazywały z początku dobrą udatność a dopiero po 4 - 5 latach nasilił się proces ich wymierania, który trwał do końca dziewięcioletniego okresu obserwacji. Temu zjawisku podlegały również topole, choć w znacznie mniejszym stopniu. Powyższe fakty oraz wyniki obserwacji innych cech biologicznych u topoli świadczą o potrzebie prowadzenia tego rodzaju badań przez wiele lat.

Uszkodzenia liści objawiały się najczęściej czarną (zwłaszcza u topoli i wierzby) lub brunatną (u pozostałych drzew i krzewów) nekrozą wierz-

Tabela 11

Klasyfikacja zastosowanych w doświadczeniu nr 6 topoli według ich malejącej odporności na zanieczyszczenia powietrza związkami fluoru w rejonie Huty Aluminium „Konin” z podaniem wartości badanych cech i wyników testów istotności

Ranking of poplars used trial no. 6 according to a declining resistance to air pollution with fluor in the vicinity of the Konin Aluminum Smelter, giving values of the studied traits and results of significance tests

Gatunek (odmiana) Species (variety)	Wartości cech za lata 1978 - 1980 z podaniem grup jednorodnych według testu Tukeya Values of traits for the years 1978 - 1980 indicating groups not differentiated significantly by the Tukey's test			
	Łączny procent wypadów Joint percentage mortality	Średni stopień żywotności (skala 3 - 1) Mean degree of viability (scale 3 - 1)	Średni procent powierzchni uszkodzeń liści Mean percentage of leaf area injured	Całkowity przyrost wysokości Total height increment
Topole średnio odporne (±) — Medium resistant poplars (±)				
<i>Populus 'Hybrida 275'</i>	29,2	1,19 bc	37,0	115,5 a
<i>P. candicans</i>	46,7	1,38 a	38,2	99,0 abc
<i>P. 'Körnük 5'</i>	48,3	1,20 b	40,9	105,0 ab
<i>P. × petrowskyana</i>	47,1	1,18 bc	49,4	95,6 abc
<i>P. tacamahaca</i>	36,7	1,15 bc	59,7	105,8 ab
<i>P. tacamahaca × trichocarpa</i>	50,4	1,19 bc	61,2	94,0 bc
Topole wrażliwe (—) — Susceptible poplars (—)				
<i>P. × berolinensis</i>	69,3	1,08 cd	58,5	90,6 c
<i>P. 'Oxford'</i>	85,3	1,03 d	53,7	79,0 c
<i>P. deltoides × nigra</i>	94,4	—	—	—

chołkową, a następnie brzezną liści. Czarne nekrozy pojawiały się najczęściej już wczesną wiosną i dowodzą działania wysokich stężeń przy zwiększonej w tym okresie wrażliwości liści. Podobne przebarwienia i nekrozy liści opisuje De Cormis (1972). Miciński i inni (1971) podają, że wywołane przez fluor plamy nekrotyczne są jasnobrązowe lub brązowe, często z żółtą lub czerwono-brązową obwódką. Można przypuszczać, że takie objawy są wynikiem działania niższych stężeń fluoru. Nieco odmiennie od obserwacji własnych są też informacje mówiące o międzyżyłkowych lub brzeźnych nekrozach liści u roślin dwuliściennych (cyt. za Kluczyńskim 1975 i 1976). Specyficzne objawy uszkodzeń wielu gatunków roślin, a zwłaszcza drzew, przez związki fluoru są dość dobrze poznane i przez wielu autorów opisane (cyt. za Kluczyńskim 1976).

Porównanie wielkości uszkodzenia pędów topoli poszczególnych odmian na powierzchniach doświadczalnych nr 2 i 3 wskazuje na zróżnicowane ich nasilenie w kolejnych latach obserwacji 1978, 1979, 1980. Stwierdzenie to dotyczy w szczególności: *Populus × canadensis* 'Forn-dorf', *P. × canadensis* 'I-262' i *P. × canadensis* 'Gelrica' w doświadczeniu nr 2 oraz *P. tacamahaca × trichocarpa*, *P. deltoides × nigra* (nr inw. 11887), *P. deltoides × nigra* (nr 11886), *P. × canadensis* 'I-274', *P. × canadensis* 'Heidemij' oraz *P. tremula* w doświadczeniu nr 3, przy



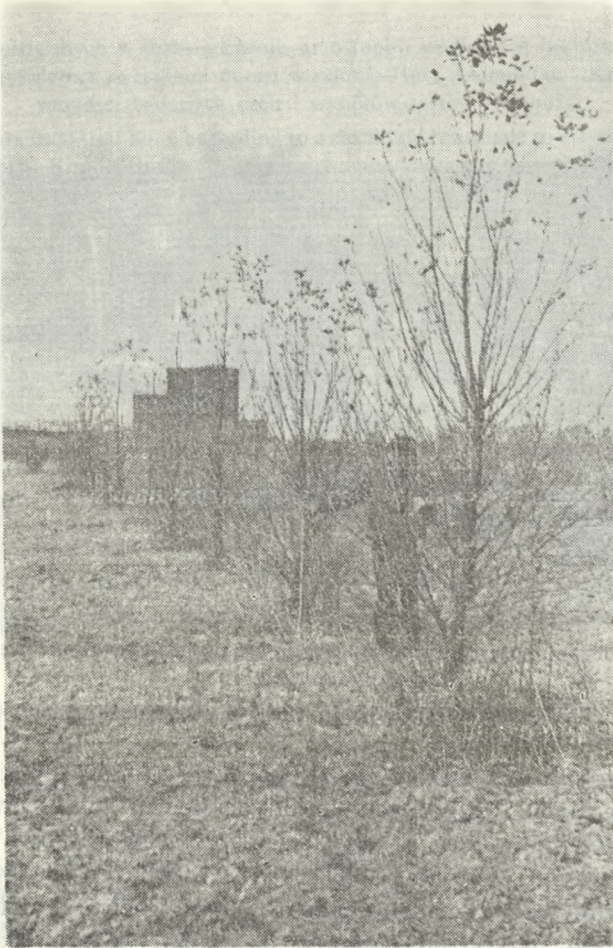
Ryc. 2. Doświadczenie nr 1. *Tamarix tetrandra* w siódmym okresie wegetacji (27 września 1977 r.)

Fig. 2. Trial no. 1. *Tamarix tetrandra* in the 7th vegetative season (27. Sept. 1977)

czym silne uszkodzenia pędów poszczególnych odmian topoli występowały w różnych latach. Uszkodzenia młodych pędów topoli przejawiały się głównie w szernieniu oraz skręceniu (forma „pastorałkowa”).

Analiza pełnych wyników obserwacji uszkodzeń pędów i liści za 1979 r. wykazała brak korelacji wartości tych cech u niektórych topoli. I tak niewielkie uszkodzenie pędów a wysoki stopień porażenia liści cechowało w doświadczeniu nr 2 *P. × berolinensis* (nr inw. 3397), *P. × petrowskyana*, *P. × canadensis* 'Bietigham' i *P. × canadensis* 'I-262', a w doświadczeniu nr 3 *P. tacamahaca*, *P. balsamifera*, *P. tacamahaca* × *× trichocarpa*, *P. × canadensis* 'Heidemij', *P. × canadensis* × *Bietigham*', *P. × canadensis* 'Regenere de Suisse', *P. deltoides nigra* (nr inw. 11886). Wyjątkiem był mieszaniec *P. × canescens* z silnie uszkodzonymi pędami przy stosunkowo niewielkim uszkodzeniu liści.

Wyniki obserwacji takich cech, jak tworzenie przewodnika, występowanie pędów świętojańskich i „miotlastość” dały bardzo ograniczone możliwości interpretacji. Niektóre topole, wśród nich *P. simonii*, od wczesnych lat życia wykazują tendencję do tworzenia częstych rozwidleń i wzrostu bez wyraźnego przewodnika. Natomiast „miotlastość” wiąże się zwykle z pojawieniem się pędów świętojańskich. Należy przypuszczać, że liczne deformacje pokrojowe drzew, w tym „miotlastość”, formy krzaczaste, brak przewodnika itp., są na powierzchniach doświadczalnych wynikiem skażenia.

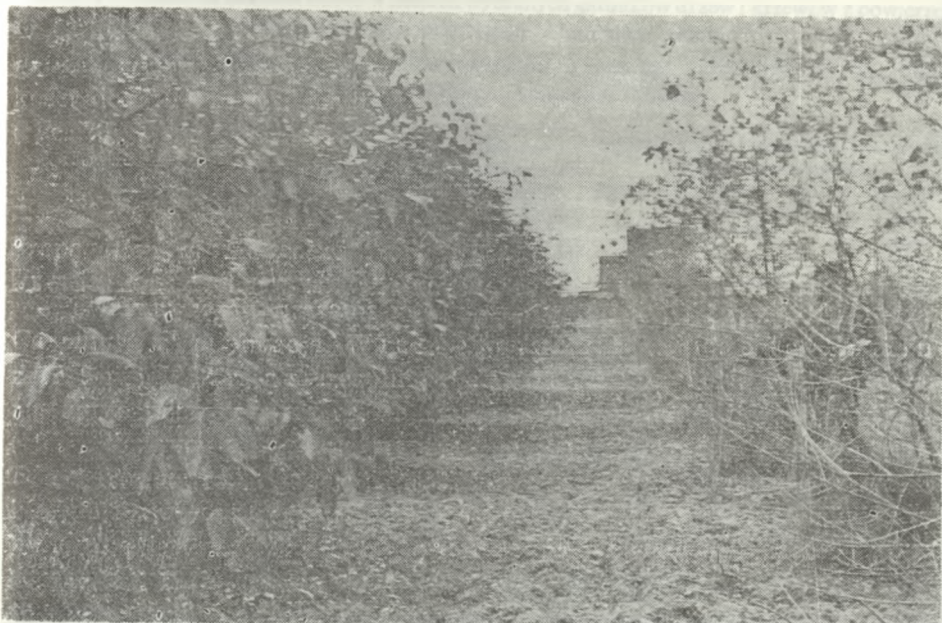


Ryc. 3. Doświadczenie nr 2. *Populus × berolinensis* w siódmym roku badań (27 września 1977 r.)

Fig. 3. Trial no. 2. *Populus × berolinensis* in the 7th year of study (27. Sept. 1977)

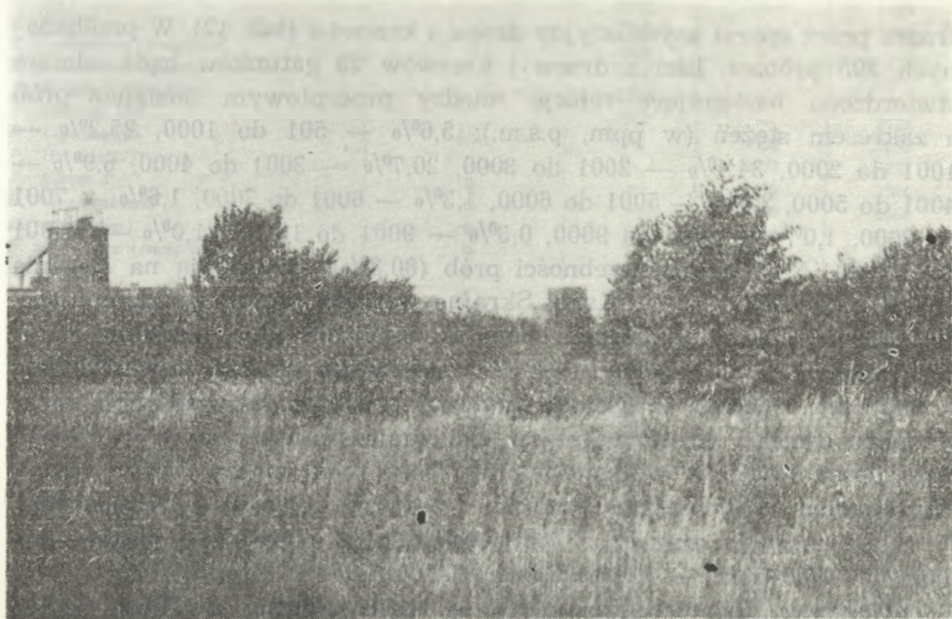
W warunkach naturalnych rośliny zawierają nieznaczne ilości fluoru pobranego głównie z gleby (Hill cyt. za Piskornikiem i Godzikiem 1970). Zawartość fluoru w roślinach z terenów nie skażonych (cyt. za Dziubkiem i innymi 1970) kształtuje się od ilości śladowych do 0,6 mg, wyjątkowo do 1 mg na 100 g suchej masy (6 - 10 ppm). Piskornik i Godziak (1970) podają za Garberem wyższy pułap naturalnej zawartości fluoru w roślinie (0,5 - 20 ppm). W terenach zanieczyszczonych ilości te wzrastają nawet do 10 000 ppm, s.m. (Dziubek 1970, Dziubek i inni 1970).

W świetle powyższych informacji interesująco przedstawiają się wyniki niniejszych badań, które świadczą o ogromnej „chłonności” związków



Ryc. 4. Doświadczenie nr 2. *Populus 'Hybrida 275'* (z lewej) oraz *P. × canadensis 'Gelrica'* w siódmym roku badań (27 września 1977 r.)

Fig. 4. Trial no. 2. *Populus 'Hybrida 275'* (on the left) and *P. × canadensis 'Gelrica'* in the 7th year of study (27. Sept. 1977)



Ryc. 5. Fragment powierzchni doświadczalnej nr 2 w ósmym roku obserwacji (8 września 1978 r.)

Fig. 5. Fragment of trial no. 2 in the 8th year of observation (8th Sept. 1978)



Ryc. 6. Doświadczenie nr 2. *Populus simonii* (z lewej) oraz *P.* 'Kórnik 5' w dziesiątym roku badań (28 sierpień 1980 r.)

Fig. 6. Trial no. 2. *Populus simonii* (on the left) and *P.* 'Kórnik 5' in the 10th year of observation (28. August 1980)

fluoru przez aparat asymilacyjny drzew i krzewów (tab. 12). W przebadanych 305 próbach liści z drzew i krzewów 28 gatunków bądź odmian stwierdzono następujące relacje między procentowym udziałem prób a zakresem stężeń (w ppm, p.s.m.): 5,6% — 501 do 1000, 25,2% — 1001 do 2000, 34,4% — 2001 do 3000, 20,7% — 3001 do 4000, 6,9% — 4001 do 5000, 2,0% — 5001 do 6000, 1,3% — 6001 do 7000, 1,6% — 7001 do 8000, 1,0% — 8001 do 9000, 0,3% — 9001 do 10 000, 1,0% — 11 001 do 12 000. Największe liczebności prób (80,3%) przypadają na stężenia od 1001 do 4000 ppm F, p.s.m. Skrajne wartości stężeń są następujące: 500 ppm F, p.s.m. w liściach *Populus candicans* (doświadczenie nr 6, VII kombinacja nawożenia) w końcu pierwszego okresu wegetacji oraz 11 300 ppm F, p.s.m. w liściach *Tamarix tetrandra* (doświadczenie nr 1) w końcu ósmego okresu wegetacji. Do odmian kumulujących w liściach duże ilości fluoru (w większości prób >6000 ppm) należą: *Ulmus laevis*, *Physocarpus intermedius*, *Tamarix tetrandra*, *Elaeagnus angustifolia*, *P.* × *berolinensis* oraz *P.* × *petrowskyana*, a stosunkowo najmniejsze ilości (<2000 ppm) — *P. candicans*, *P.* 'Oxford', *P.* 'Hybrida 275', *P.* × *canadensis* 'Regenere de Suisse', a także wierzby — *Salix fragilis* 'Bronisław' oraz *S.* 'XVI'. Jak widać, drzewa i krzewy odporne (tab. 6 - 11) znajdują się w obydwu zakresach stężeń. Wyniki testu *F* Fishera w odniesieniu do stężeń fluoru w liściach przedstawiają tabele 13 i 14.

Średnie z bloków zawartości fluoru w liściach wybranych gatunków drzew i krzewów z powierzchni doświadczalnych przy Hucie Aluminium „Konin”

Block mean fluor content in leaves of selected species of trees and shrubs from the experimental area near the Konin Aluminium Smelter

Gatunek (odmiana, pochodzenie) Species (variety, origin)	Lp. doświadczenia i kombinacji nawożenia w doświadczeniu nr 6. Trial no. and fertilizer variant in trial no. 6	Zawartość fluoru w liściach (ppm, p.s.m.) w kolejnych latach obserwacji Fluor content in leaves (ppm, per dry weight) in consecutive years of observation		
		1978	1979	1980
		3	4	5
1	2	3	4	5
<i>Populus alba</i>	1	—	—	3420
<i>Salix cinerea</i>		2850	—	—
<i>Ulmus laevis</i>		8690	—	3990
<i>Physocarpus intermedius</i>		6975	—	2009
<i>Rosa rugosa</i>		2880	—	—
<i>Tamarix tetrandra</i>		10077	—	3477
<i>Elaeagnus angustifolia</i>		7077	—	—
<i>Populus × berolinensis</i> (3397)	2	7273	—	3268
<i>P. × canadensis</i> 'I-252'		4220	—	3753
<i>P. × canadensis</i> 'Virginiana de Frignicourt'		5023	—	—
<i>P.</i> 'Kórnik 5'		2867	—	—
<i>P.</i> 'Oxford'		3913	—	3198
<i>P. × petrowskyana</i>		5567	—	—
<i>P. alba</i>	3	3807	—	2970
<i>P. × canadensis</i> 'Regenere de Suisse'		3270	—	—
<i>P. candicans</i>		2067	—	1995
<i>P. deltoides × nigra</i> (11884)		3845	—	—
<i>P. deltoides × nigra</i> (11886)		—	—	3306
<i>P. tremula</i>		3333	—	2191
<i>Salix fragilis</i> 'Bronisław'	4	3796	—	2238
<i>S. fragilis</i> 'Krobielewko'		3968	—	—
<i>S.</i> 'XVI'		3725	—	1933
<i>S.</i> 'XVIII'		3780	—	2470
<i>P. × canadensis</i> 'Dolomiten'	5	4590	—	—
<i>P. × canadensis</i> 'Dorskamp'		4495	—	—
<i>P. deltoides × nigra</i> (146)		2373	—	—
<i>P.</i> 'Hybrida 275'		3367	—	2622
<i>P. × berolinensis</i>	6/0	—	4150	2090
<i>P.</i> 'Hybrida 275'	0	—	2433	3723
<i>P.</i> 'Kórnik 5'	0	—	2150	2584
<i>P. × petrowskyana</i>	0	—	1850	2666
<i>P. tacamahaca</i>	0	—	2650	3661
<i>P. tacamahaca × trichocarpa</i>	0	—	2300	2825
<i>P. candicans</i>	0	1000	2257	2755
	I	883	3017	3521
	II	1997	1983	2261
	III	1053	1467	2369
<i>P. candicans</i>	IV	643	2067	3224
	V	1050	2325	2974
	VI	597	1640	3097
	VII	587	1707	2632
	VIII	1237	1783	2337
	IX	1000	1683	3375
<i>P.</i> 'Oxford'	0	2170	2350	1100
	I	4023	2433	3179
	II	2813	2017	2499
	III	2433	2283	2209
	IV	3017	2300	2518
	V	2190	1175	1707
	VI	2710	2350	2380
	VII	1900	2250	—
	VIII	1873	2100	1691
	IX	3690	2550	3487

Tabela 13

Wartość testu F dla zawartości fluoru w liściach wybranych gatunków drzew i krzewów z powierzchni doświadczalnych nr 1 - 5 oraz z kwater nie nawożonych (0) w doświadczeniu nr 6

Value of F test for fluor content in leaves of selected species of trees and shrubs from trials no. 1 - 5 and from the unfertilized (0) variant in trial no. 6

Lp. doświadczenia No. experiment	Stopnie swobody w latach obserwacji Degree of freedom in years of observation		Wielkość i stopień istotności F (poziom istotności 0,05* i 0,01**) w latach obserwacji. Magnitude and degree of significance of F (significance level 0,05* and 0,01**) in years of observation	
	1978	1980	1978	1980
BLOKI - BLOKS				
1	2	1	5,300*	1,320
2	2	2	5,622*	1,631
3	2	2	3,029	3,966
4	4	4	0,517	0,244
5	2	-	0,103	-
6	2 ⁽¹⁾	2	2,063 ⁽¹⁾	1,424
GATUNKI - SPECIES				
1	5	2	47,968**	3,463
2	5	2	2,155	0,197
3	4	3	1,538	4,878*
4	3	2	0,116	2,780
5	3	-	25,573**	-
6	7 ⁽¹⁾	5	1,424 ⁽¹⁾	1,382

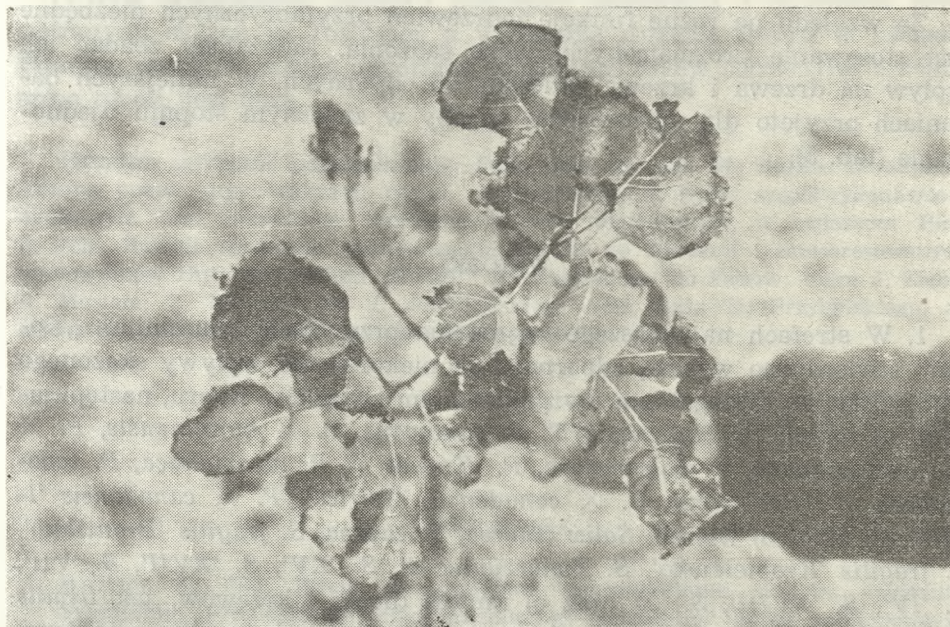
⁽¹⁾ Dane dla 1979 r. - Data for 1979

Tabela 14

Wartość testu F dla zawartości fluoru w liściach *Populus candicans* i *P. 'Oxford'* w doświadczeniu nr 6

Value of F test for fluor content in leaves of *Populus candicans* and *P. 'Oxford'* from trial no. 6

Zmienne i lata obserwacji Variable and years of observation	Stopnie swobody Degrees of freedom	Wielkość i stopień istotności F (poziom istotności 0,05* i 0,01**) Magnitude and degree of significance of F (significance levels 0,05* and 0,01**)	
<i>Populus candicans</i>			
Blok - Bloks	1978	2	0,286
	1979	2	2,635
	1980	2	5,032*
Nawożenia - Fertilisations	1978	9	15,305**
	1979	9	3,078*
	1980	9	2,006
<i>Populus 'Oxford'</i>			
Blok - Bloks	1978	2	1,447
	1979	2	2,049
	1980	2	5,038*
Nawożenia - Fertilisations	1978	9	1,245
	1979	9	4,111**
	1980	8	7,904**



Ryc. 7. Doświadczenie nr 5. Uszkodzenia liści *Populus deltooides* × *nigra* (148) w pierwszym roku obserwacji (27 wrzesień 1977 r.)

Fig. 7. Trial no. 5. Leaf injury in *Populus deltooides* × *nigra* (148) in the 1st year of study (27. Sept. 1977)

W doświadczeniu nr 6 z nawożeniami stwierdzono systematyczny wzrost średnich stężeń fluoru w liściach *P. candicans* (w latach 1978 - 1980 odpowiednio: 1005, 1981 i 2849 ppm, p.s.m.), co nie znalazło odzwierciedlenia w wartościach badanych cech biologicznych. Brak uchwytne-go związku pomiędzy stężeniem fluoru w liściach a odnotowanymi w tym samym czasie oraz w ocenie łącznej wartościami 4 cech biologicznych składających się na ocenę stopnia odporności odnosi się do wszystkich doświadczeń (tab. 6 - 11). Potwierdza to znany z literatury fakt (cyt. za K l u c z y ń s k i m 1976), że zmiany patologiczne nie zawsze odzwierciedlają wysokość stężenia fluoru w roślinie. Wiadomości z literatury (cyt. za B r e w e r e m i innymi 1959) oraz wyniki badań własnych świadczą o istnieniu związku pomiędzy wysokim stężeniem fluoru w liściach a silnym zanieczyszczeniem powietrza przez związki fluoru.

Brak istotnego wpływu 9 kombinacji nawożenia na topole (tab. 8) jest zapewne związany ze zbyt krótkim okresem badań (1978 - 1980), które wymagają kontynuacji. Na podstawie dobrych wyników uprawy topoli oraz innych drzew i krzewów w doświadczeniach nr 1 - 4 (tab. 6 - 9, ryc. 2 - 6) można przyjąć, że pożądane jest coroczne wapnowanie i nawożenie mineralne NPK (choćby w przeciętnych dawkach do 300 kg NPK/ha). Celowe są też badania wpływu różnych form nawożenia organicznego.

Ze względu na różne funkcje zadrzewień przyfabrycznych niezbędne jest stosowanie urozmaiconych więźb sadzenia. Należałoby zbadać ich wpływ na drzewa i krzewy zaliczane do odpornych. W niniejszych badaniach przyjęto dla uproszczenia więźby w znacznym stopniu ujednolicone (tab. 5).

WNIOSKI

1. W strefach największego zagrożenia przy Hucie Aluminium „Kopinin” stwierdzono wysoką odporność na niekorzystne wpływy skażonego środowiska, ze szczególnym uwzględnieniem związków fluoru, następujących a) topoli: *P. 'Hybrida 275'*, *P. candicans*, *P. × berolinensis*, *P. × petrowskyana*, *P. balsamifera*, *P. 'Kórnik 5'*, *P. tacamahaca*, *P. tacamahaca × trichocarpa*, *P. × canadensis 'Gelrica'*, *P. × canadensis 'I-274'*, *P. alba*, b) wierzb: *Salix cinerea*, *S. caprea*, *S. fragilis 'Bronisław'*, *S. fragilis 'Krobielewko'*, *S. Zwierzyniec 4'*, *S. 'XV'*, *S. 'XVII'*, *S. 'VII'*, *S. 'IV'*, *S. 'XVIII'*, *S. 'X'* oraz c) innych drzew i krzewów, jak *Ulmus laevis*, *Elaeagnus angustifolia*, *Tamarix tetrandra* i *Cotoneaster dielsiana*.

2. Stwierdzono wyraźnie wyższą odporność topoli z sekcji topoli balsamicznych (*Tacamahaca*) aniżeli z sekcji topoli białych (*Leuce*), a tym bardziej czarnych (*Aigeiros*).

3. Charakterystyczną cechą uszkodzeń drzew i krzewów była czarna (zwłaszcza u topoli i wierzb) lub brunatna (u pozostałych drzew i krzewów) nekroza wierzchołkowa, a następnie brzeżna liści, pojawiająca się najczęściej wczesną wiosną. Młode pędy topoli ulegały szernieniu oraz skręceniu (forma „pastorałkowa”).

4. Duża dynamika i zmienność udatności oraz kilku cech biologicznych drzew i krzewów w czasie do 9 lat obserwacji świadczą o potrzebie prowadzenia tego rodzaju badań przez wiele lat.

5. W ciągu 3 lat badań nie stwierdzono istotnego wpływu 9 kombinacji nawożenia mineralnego CaNPK na poprawę udatności, żywotności, zdrowotności i wzrostu 9 względnie odpornych odmian topoli. Badania glebowe oraz wyniki obserwacji wcześniejszych doświadczeń wskazują na korzystny wpływ systematycznego nawożenia mineralnego CaNPK w umiarkowanych dawkach na odporność drzew i krzewów.

6. Zawartości fluoru w liściach około 30 wybranych gatunków lub odmian drzew i krzewów są na ogół bardzo wysokie i kształtują się w szerokich granicach 500 - 11 300 ppm, p.s.m. Świadczy to o intensywnym pobieraniu fluoru z powietrza tym bardziej, że w badanych glebach stwierdzono stosunkowo niewysokie, zbliżone do naturalnych, stężenia F (66 - 134 ppm, p.s.m.). Najwyższy odsetek (80,3) prób liści wykazuje stężenia w granicach 1001 - 4000 ppm F, p.s.m.

7. Nie stwierdzono związku pomiędzy udatnością i objawami zewnętrznymi skażeń na roślinach a wielkością stężenia fluoru w liściach. Pomimo wysokich stężeń odporność niektórych drzew i krzewów, a zwłaszcza topoli, jest duża.

Składam serdeczne podziękowanie: Panu prof. dr. hab. W. Bugale za wszechstronną pomoc przy realizacji badań, wymienionym w pracy współwykonawcom naukowym oraz wszystkim współpracownikom technicznym, a zwłaszcza Pani E. Pohl. Również serdeczne podziękowanie kieruję do Dyrekcji i zainteresowanych pracowników Huty Aluminium „Konin”, w szczególności do Panów: mgra J. Zięby, E. Musiała, Z. Mencha, inż. J. Jesiołowskiego oraz mgra H. Przybylskiego, za wydatną pomoc w organizowaniu prac technicznych.

Instytut Dendrologii PAN
62-035 Kórnik, Poland

LITERATURA

1. Bovay E., 1971. Effets des polluants atmosphériques sur les végétaux. Symposium „Problèmes de l'environnement et agriculture”. Berne, 13/14 Octobre.
2. Bovay E., 1972a. Effets de la pollution de l'air sur les plantes. Tirage à part de la brochure „Probleme der Luftverunreinigung durch die Industrie”, Edition Vogt-Schild S.A., 4500 Soleure 2.
3. Bovay E., 1972b. Les émissions fluorés industrielle: leurs effets sur les plantes et les animaux. Sonderdruck aus „Praxis der Umwelthygiene”. Wien.
4. Bovay E., 1973. Influence des composés fluorés et des combinaisons de plomb sur les plantes et les animaux. La Clinica Tossicologica 5 - 6: 377 - 391.
5. Brewer R. F., Chapman H. D., Sutherland F. H., McCulloch R. B., 1959. Effect of fluorine additions to substrate on navel orange trees grown in solution cultures. Soil Sci. 87 (4): 183 - 188.
6. Czekalski A., Miciński B., 1979. Sprawozdanie końcowe. Ekspertyza naukowo-badawcza w odniesieniu do zawartości fluoru w próbach roślinnych i glebowych dla Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku. AR i IOR Poznań (maszynopis).
7. De Cormis L., 1968. Absorption des fluorures en solution et migration du fluor chez la tomate. Ann. Physiol. Vég. 10 (3): 155 - 169.
8. De Cormis L., 1972. Influence de la pollution atmosphérique d'origine industrielle sur le végétaux adventices et cultivés. Laboratoire d'étude de la pollution atmosphérique I.N.R.A., 64-Montardon: 37 - 65.
9. De Cormis L., 1975. La pollution atmosphériques fluorée (note sommaire). Pollution atmosphérique, extrait du N° 65.
10. De Cormis L., 1978. Pollution de l'air et photosynthèse. „Photosynthèse et production végétale”, ouvrage collectif présenté par C. Costes. Deuxième édition. Gauthier-Villars N° 2233: 347 - 372.
11. Dzieciołowski W., 1978. Zarys nauki o Ziemi jako wstęp do gleboznawstwa. Skrypty AR Poznań.
12. Dziubek T., 1970. Wpływ paszy skażonej fluorkami na organizm świnki morskiej. Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśn. Pozn. Tow. Przyj. Nauk. 29: 103 - 117.
13. Dziubek T., 1973. Fluor jako czynnik destrukcyjny w środowisku przy-

- rodniczym. Mater. z Sesji Nauk. „Ochrona środowiska przyrodniczego w Wielkopolsce”. PTPN i AR Poznań: 72 - 77.
14. Dziubek T., Grela T., Studziński A., 1970. Wstępne badania nad szkodliwym oddziaływaniem związków fluoru na roślinność w najbliższej okolicy huty aluminium. Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśn. Pozn. Tow. Przyj. Nauk: 29: 119 - 140.
 15. Elandt R., 1964. Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczalnictwa rolniczego. PWN Warszawa.
 16. Fellenberg T. R., 1948. Mitteilg. Lebensmitteluntersuchung und Hygiene 39 (124). Bern.
 17. Figiel J., 1972. Ochrona powietrza atmosferycznego przed szkodliwym działaniem Elektrowni Pątnów i Konin. Ref. na Konf. Nauk.-Techn. pt. „Ochrona środowiska człowieka Konińskiego Okręgu Przemysłowego”. SNT-NOT Konin: 53 - 75.
 18. Filas S., 1972. Ochrona środowiska przed szkodliwym oddziaływaniem Huty Aluminium „Konin”. Ref. na Konf. Nauk.-Techn. pt. „Ochrona środowiska człowieka Konińskiego Okręgu Przemysłowego”. SNT-NOT Konin: 29 - 48.
 19. Głowiak B., Kabsch P., Kukliński A., Rutkowski J. D., 1973. Inżynieria ochrony atmosfery. Skrypt Politech. Wrocław. Wrocław.
 20. Godzik S., Piskornik Z., 1969. Oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza na rośliny. Cz. I. Wiad. Bot. 13 (4): 239 - 248.
 21. Gostyńska J., 1972. Charakterystyka rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń atmosfery w rejonie Konińskiego Okręgu Przemysłowego na tle rzeźby terenu i warunków klimatyczno-meteorologicznych. Ref. na Konf. Nauk.-Techn. pt. „Ochrona środowiska człowieka Konińskiego Okręgu Przemysłowego”. SNT-NOT Konin: 1 - 28.
 22. Hindawi I. J., 1970. Air pollution injury to vegetation. U.S. Dep. Health, Educ. Welf National Air Poll. Sontr. Adm. Pub. No. AP-71. Raleigh, North Carolina.
 23. Juda J., Chróściel S., 1974. Ochrona powietrza atmosferycznego. Wyd. Nauk.-Techn. Warszawa.
 24. Kluczyński B., 1975. Wpływ związków fluoru na stan zdrowotny drzew i krzewów przy Hucie Aluminium „Konin”. Arbor. Kórnickie 20: 317 - 343.
 25. Kluczyński B., 1976. Oddziaływanie fluoru i jego związków na rośliny. Arbor. Kórnickie 21: 401 - 418.
 26. Miciński B., Grela T., Głogowski K., Czaplicki E., 1971. Szkodliwość związków fluoru emitowanych do atmosfery dla roślinności najbliższego otoczenia na przykładzie Huty Aluminium w Koninie. Biul. IOR 50: 463 - 485. Poznań.
 27. Oktaba W., 1966. Elementy statystyki matematycznej i metodyka doświadczalnictwa. PWN Warszawa.
 28. Pajak A., 1978. Studium wpływu zakładów przemysłowych na środowisko w rejonie Konina. Cz. I. Projekt nr 37-14-06 „Strefa ochronna rejonu przemysłowego miasta Konina”. Gen. Projektant J. Mścichowski, Biuro Projektów Przem. Met. Nieżel. „BIPROMET”, Katowice.
 29. Piskornik Z., Godzik S., 1970. Oddziaływanie zanieczyszczeń na rośliny. Cz. II. Wiad. Bot. 14 (2): 91 - 102.
 30. Snedecor G. W., 1956. Statistical methods. The Iowa State University Press. Ames, Iowa, USA.
 31. Szalonek I., 1968. Die durch Fluor hervorgerufene Luftverunreinigung, und die Pflanzenbeschädigung in der Nähe eines Emailierwerk. Materiały VI Międzynarod. Konf. „Wpływ zanieczyszczeń powietrza na lasy”. Katowice: 117 - 125.

32. Taylor O. C., 1980. Phytotoxic air pollutants and their source. Papers presented to the Symposium on the effects of air-borne pollution on vegetation, Warsaw: 51 - 64.
33. Vostal J. J. (Ed.), 1971. Fluorides. Committee on Biologic Effects of Atmospheric Pollutants, National Academy of Sciences, Washington.

BOGDAN KLUCZYŃSKI

Tolerance of trees and shrubs to the action of high concentrations of fluor compounds near the Konin Aluminium Smeltery

Summary

It was the aim of the investigation to find trees and shrubs that would be useful for the planting up of the protection zone around the Konin Aluminum Smeltery and other regions of similar pollution conditions. In the years 1970 - 1978 6 experimental areas were outplanted with 86 species, varieties or clones of trees and shrubs, particularly poplars and willows. The studied plants are influenced by various air pollutants among which of greatest practical importance are compounds of fluor reaching concentrations of 0.47 and even 1.7 mg F/m³ of air during a 20 min. measuring time.

The following plants were found to be highly resistant: a) poplars, particularly from section *Tacamahaca*, *P. 'Hybrida 275'*, *P. candicans*, *P. ×berolinensis*, *P. ×petrowskyana*, *P. balsamifera*, *P. 'Kórnik 5'*, *P. tacamahaca*, *P. tacamahaca ×trichocarpa*, *P. ×canadensis 'Gelrica'*, *P. ×canadensis 'I-274'*, *P. alba*, b) wilows, *Salix cinerea*, *S. caprea*, *S. fragilis 'Bronistaw'*, *S. fragilis 'Krobielewko'*, *S. 'Zwierzy-niec 4'*, *S. 'XV'*, *S. 'XVII'*, *S. 'VII'*, *S. 'IV'*, *S. 'XVIII'*, *S. 'X'* and c) other trees and shrubs such as *Ulmus laevis*, *Elaeagnus angustifolia*, *Tamarix tetrandra* and *Cotoneaster dielsiana*. It is a characteristic feature of the observed injuries that black (particularly in poplars and willows) and brown (in other species) necrosis of leaf apices and then of their margins appears. Young shoots of poplars undergo a blackening and twisting („crosier” form). Three years of fertilisation with CaNPK did not improve the survival, viability and growth of 9 poplar clones from the resistant group. The content of fluor in the leaves of trees and shrubs of about 30 species or varieties is very high ranging from 500 to 11,300 ppm in the air dry weight. Of the studied leaf samples 80% have concentrations between 1001 - 4000 ppm of F. Such high concentrations indicate that fluor is being intensively absorbed from the atmosphere, particularly since in the studied soils relatively small, close to natural levels of F concentration were found (66 - 134 ppm per dry weight). No correlation was found between the concentrations of fluor in the leaves and the survival or external symptoms of injury. In spite of the high concentrations resistance of some trees and shrubs, particularly of poplars is high.

БОГДАН КЛЮЧЫНЬСКИ

Толерантность деревьев и кустарников к действию высоких концентраций соединений фтора в условиях алюминиеплавильного завода „Конин”

Резюме

Целью исследований являлось выявление деревьев и кустарников пригодных для выращивания в охранной зоне алюминиеплавильного завода „Конин” и других терри-

торий со схожими условиями среды. В 1970-1978 гг. было заложено 6 опытных участков на которых высажено 86 видов, разновидностей или клонов деревьев и кустарников с особым предпочтением тополей и ив. На избранные растения воздействуют различные загрязнения воздуха, среди которых особого внимания заслуживают соединения фтора достигающие концентраций 0,47, а даже 1,7 мгF/м³ воздуха в течение 20 минутных измерений.

Отмечена высокая устойчивость следующих растений: а) тополей — особенно из секции *Tacamahaca*: *P. 'Hybrida 275'*, *P. canadensis*, *P. ×berolinensis*, *P. ×petrowskyana*, *P. balsamifera*, *P. 'Kórnik 5'*, *P. tacamahaca*, *P. tacamahaca × trichocarpa*, *P. ×canadensis 'Gerlica'*, *P. ×canadensis 'I-274'*, *P. alba*, б) ив: *Salix cinerea*, *S. caprea*, *S. fragilis 'Bronisław'*, *S. fragilis 'Krobielewko'*, *S. 'Zwierzyniec 4'*, *S. 'XV'*, *S. 'XVII'*, *S. 'VII'*, *S. 'IV'*, *S. 'XVIII'*, *S. 'X'*, а также других деревьев и кустарников таких как *Ulmus laevis*, *Elaeagnus angustifolia*, *Tamarix tetrandra* и *Cotoneaster dielsiana*. Характеристической чертой наблюдаемых повреждений является черных (особенно у тополей и ив) или коричневый (у остальных видов) некроз верхушек и в следующую очередь краев листьев. Молодые побеги тополей чернеют и скручиваются. В течение трех лет вводились минеральные удобрения CaNPK в различных дозах. Они не повлияли на улучшение приживаемости, санитарного состояния и роста 9 разновидностей тополей причисленных к числу устойчивых. Концентрации фтора в листьях деревьев и кустарников около 30 видов или разновидностей очень высокие и укладывались в широком диапазоне от 500 до 11 300 частей/млн воздушно сухого веса. 80% исследуемых образцов листьев характеризовались концентрациями 1001-4000 частей/млн. Высокие концентрации свидетельствуют о высокой аккумуляции фтора с воздуха, тем более, что в исследуемых почвах отмечено относительно невысокое, приближающееся к естественному содержание фтора (66-134 частей/млн воздушно сухого веса). Не найдено связи между приживаемостью, внешними признаками повреждений растений и величиной концентрации фтора в листьях. Несмотря на высокие концентрации отмечено значительную устойчивость некоторых деревьев и кустарников, особенно тополей.