

wokół siebie. Niezmiernie są wrażliwe również na zacinienie przez inne wyższe rośliny. Wychodząc z założenia koniecznej potrzeby rozluźnienia roślin w ogrodzie i uzupełniania brakujących gatunków Tatr w alpinarium Zakład Ochrony Przyrody i Zasobów Naturalnych PAN w Krakowie poczynił wiele starań, by powiększyć teren ogrodu. Starania zostały uwieńczone dobrym skutkiem. W 1979 r. dokupiono niezagospodarowaną sąsiadującą działkę o powierzchni 1200 m². Dotychczas teren ten ogrodzono i przystępuje się do zagospodarowania przestrzennego. Opracowany plan przewiduje założenia arboretum tatrzańskiego, placówki chroniącej zasoby genowe drzew i krzewów Tatr. Pod drzewostan przeniesione zostaną rośliny runa znajdujące się w obecnym alpinarium.

Założeniem Tatrzańskiej Stacji Terenowej Zakładu Ochrony Przyrody i Zasobów Naturalnych PAN w Krakowie jest, by Alpinarium i Arboretum w Zakopanem było bankiem genów flory Tatr. Rokrocznie do Index Seminum Ogrodu Botanicznego UJ w Krakowie Alpinarium dostarcza nasiona stukilkudziesięciu taksonów tatrzańskich z ogrodu i terenu.

Alpinarium jest otwarte dla zwiedzających od 1 maja do 30 września. Frekwencja roczna wynosi około 10 tys. osób. Jest to najwyższa pojemność najmniejszego Ogrodu Botanicznego w Polsce. Dwukrotnie były wydawane foldery w kilku wersjach językowych. Od roku 1971 Alpinarium w Zakopanem prowadzi mgr Anna Łobarzewska.

MARIA ŚWIEBODA, ANDRZEJ KALEMBA
Zakład Ochrony Przyrody
Zasobów Naturalnych PAN
Kraków

OCENA STOPNIA ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA ATMOSFERYCZNEGO NA TERENIE OGRODU BOTANICZNEGO UJ W KRAKOWIE ZA POMOCĄ TESTU BIOLOGICZNEGO

Ogród Botaniczny Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie znajduje się w centrum miasta, w strefie zapylenia wynoszącego ponad 200 t/km² w ciągu roku [4]. Pyły te pochodzą z różnych źródeł przemysłowych, rozmieszczonych w bezpośrednim sąsiedztwie, jak i położonych w pewnej odległości od Ogrodu (ryc. 1) oraz licznych palenisk komunalnych. Ponadto na terenie Ogrodu znajdują się 3 kotłownie służące do ogrzewania szklarni, które to kotłownie emitują także pewne ilości pyłów i gazów, a tym samym przyczyniają się do wzrostu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego. Aczkolwiek szczegółowe analizy składu chemicznego opadających pyłów nie są wykonywane, to jednak ze względu na różnorodny profil produkcyjny poszczególnych zakładów przemysłowych, staje się oczywiste, że zawierają one także pierwiastki szkodliwe dla roślin.

Znacznie większym zagrożeniem dla Ogrodu Botanicznego są gazowe zanieczyszczenia powietrza. Jednym z nich jest dwutlenek siarki powstający w procesach spalania paliw kopalnych oraz przeróbki surowców zawierających w swoim składzie chemicznym siarkę w różnych połączeniach. Źródła powstawania tego gazu w miejsko-przemysłowej aglomeracji Krakowa są więc bardzo liczne, a ogólna emisja SO_2 do atmosfery, obliczona na podstawie danych statystycznych zużycia paliw kopalnych i zawartości w nich siarki, została oceniona w 1977 roku na $9 \times 10^{-3} \text{ t S}$ [3].

Prowadzone już od wielu lat systematyczne pomiary stężenia dwutlenku siarki w powietrzu Krakowa wykazały, że np. w okresie od października 1967 do października 1972, średnie stężenie tego gazu mierzone metodą aspiracyjną Westa, w okresie letnim wahało się od 0,006 do 0,046 mg/m^3 , a w porze zimowej od 0,019 do 0,193 mg/m^3 [5]. Natomiast na wysokości 100 m stężenie dwutlenku siarki w czerwcu 1976 roku było prawie dwukrotnie wyższe aniżeli przy powierzchni ziemi [3].

Drugim, bardzo toksycznym gazowym składnikiem zanieczyszczonego powietrza Krakowa jest fluor. Głównymi źródłami jego powstawania są huty aluminium i fabryki nawozów fosforowych oraz zakłady ceramiczne, emaliernie, huty szkła i inne. Pewne ilości fluoru ulatniają się do atmosfery także w procesie spalania węgla kamiennego. Ogólna emisja związków fluoru w naszym kraju była oceniana w 1970 roku na około 9 tysięcy ton rocznie [7].

Dla środowiska krakowskiego najgroźniejszym źródłem fluoru była huta aluminium „Skawina” usytuowana w odległości około 17 km w kierunku południowo-zachodnim od Ogrodu Botanicznego, następnie Zakłady Przemysłu Nieorganicznego „Bonarka” znajdujące się w dzielnicy Podgórze oraz Huta im. Lenina. Ogólna emisja związków fluoru w aglomeracji krakowskiej oceniana była na 5 tysięcy ton w ciągu roku, z czego 2,5 tysiąca ton przypisywano hucie aluminium, 2 tysiące ton Hucie im. Lenina, a pozostałe 500 ton innym zakładom przemysłowym oraz źródłom komunalnym. W styczniu 1981 roku została częściowo wstrzymana produkcja aluminium w hucie „Skawina”, a w listopadzie 1981 przeprowadzono całkowitą likwidację wydziału elektrolizy tlenku glinu, co w dużej mierze przyczyni się do zmniejszenia stężenia związków fluoru w powietrzu Krakowa.

Z badań przeprowadzonych na przestrzeni między hutą aluminium a południową częścią miasta Krakowa wynika, że w drugim półroczu 1975 roku średnie stężenie fluoru w powietrzu atmosferycznym wahało się od 0,08 do 0,38 $\text{mg}/100 \text{ cm}^{-2}/\text{miesiąc}^{-1}$, przy czym najwyższą koncentrację tego gazu wykazano po wschodniej i zachodniej stronie od źródła emisji, a następnie nad doliną Wisły [8]. Na rozprzestrzenianie się i rozkład stężeń wymienionych gazów w powietrzu duży wpływ wywiera rzeźba otoczenia miasta Krakowa oraz warunki pogodowe, a zwłaszcza częstotliwość i prędkość poszczególnych kierunków wiatru. Mimo że na ogół przeważają wiatry z kierunków zachodnich, to jednak zdarza się, że w niektórych okresach dominują wiatry wschodnie oraz częste są wiatry halne. Stąd też w powietrzu Krakowa, oprócz zanieczyszczeń pochodzących z lokalnych źródeł, znajdują się także substancje wchodzące w skład emisji zakładów przemysłowych Śląska, Jaworzna, Sierszy, Skawiny i innych.

Stopień zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego Krakowa pogarsza jeszcze położenie śródmieścia w obniżeniu terenowym (Ogród Botaniczny na poziomie 206 m n.p.m.) oraz znaczna liczba dni bezwietrznych w ciągu roku. Pod względem termicznym Kraków tworzy „wyspę ciepła” utrudniającą naturalną wymianę powietrza z otoczeniem, co sprzyja tworzeniu się mgieł i wzrostowi zachmurzenia. Aczkolwiek dość częste deszcze przyczyniają się w pewnym stopniu do oczyszczania powietrza ze znajdujących się w nim substancji szkodliwych, to jednak skażone wody deszczowe wywierają ujemny wpływ na rośliny i glebę.

Jak wynika z przeprowadzonej analizy [1] w okresie letnim 1976 roku wraz z wodą deszczową opadało na teren Ogródu Botanicznego od 0,34 do 3,69 kg/ha/m-c siarczanów oraz od 0,5 do 1,1 kg/ha/m-c chlorków oraz innych składników (tab. 1). Ujemny wpływ jonów siarczanowych i chlorkowych w dużej mierze neutralizuje obecność kationów wapnia, potasu, sodu i magnezu, niemniej jednak pewne ilości przedostają się do gleby, a tym samym przyczyniają się do pogorszenia warunków siedliskowych.

Dokonanie oceny wpływu zanieczyszczonego powietrza atmosferycznego Krakowa, o tak złożonym składzie chemicznym, na roślinność Ogródu Botanicznego jest niezmiernie trudne, gdyż wymagałoby bardzo dokładnych pomiarów rejestrujących opad pyłów i stężenie poszczególnych gazów w różnych warunkach meteorologicznych, a następnie określenie ich toksyczności dla poszczególnych gatunków roślin. Substancje toksyczne zawarte w zanieczyszczonym powietrzu nie oddziałują jednak pojedynczo, lecz w kompozycji, jaka zostaje utworzona przez zmieszanie wszystkich rodzajów emisji. Stąd też toksyczność jednych pierwiastków może ulec osłabieniu, innych zaś zwiększeniu, a zatem o stopniu szkodliwości dla roślin w ostatecznym efekcie nie decyduje ilość danego składnika stwierdzona za pomocą aparatury pomiarowej, lecz reakcja roślin na ich łączne oddziaływanie.

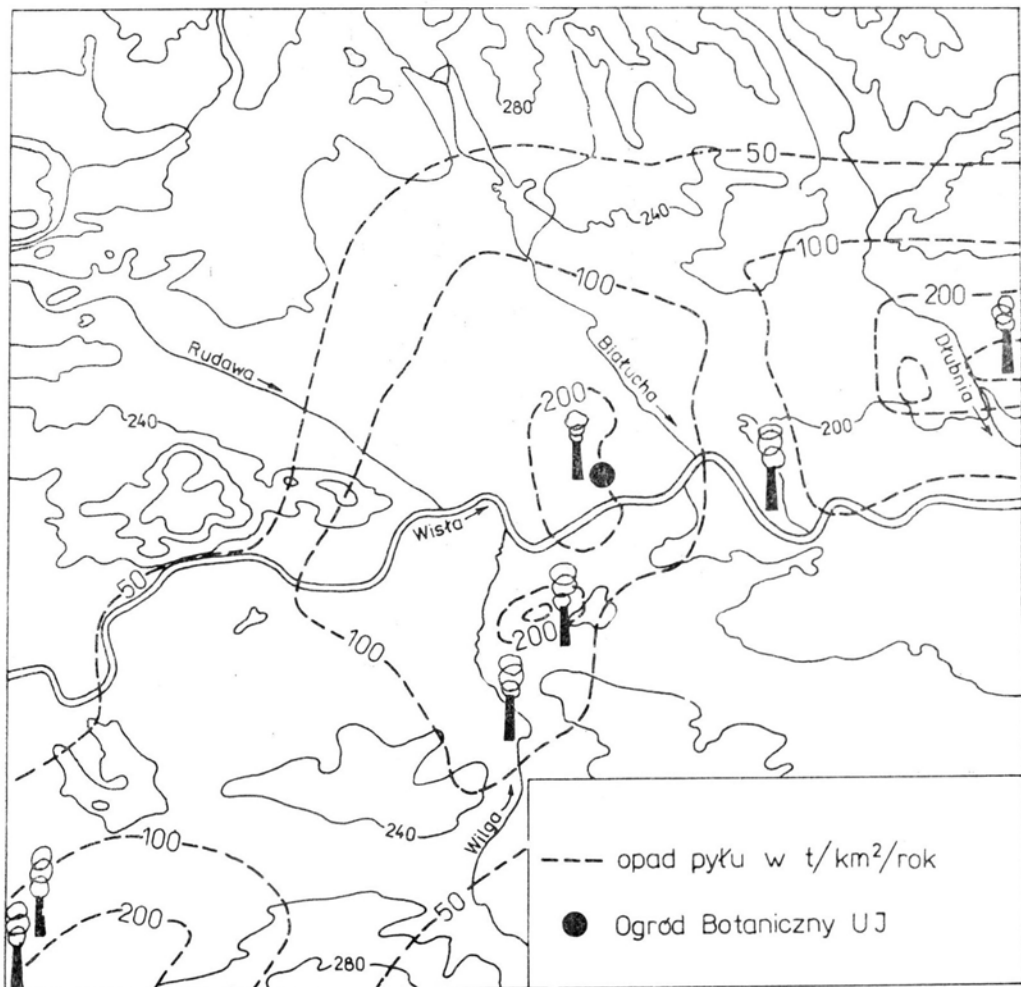
W ostatnich latach coraz częściej do określenia poziomu skażenia środowiska przyrodniczego emisjami przemysłowymi stosuje się różne testy biologiczne. Jeden z nich, zastosowany przez autorów [9] w badaniach przeprowadzonych w otoczeniu huty aluminium „Skawina”, polega na ekspozycji oderwanych od podłoża zielonych części mchu torfowca (*Sphagnum recurvum* Pal. Beauv.). Uzyskane wyniki wykazały, że zawartość siarki i fluoru w eksponowanych próbach mchu była zróżnicowana co świadczyło, że i stężenie dwutlenku siarki oraz związków fluoru w powietrzu było różne na poszczególnych stanowiskach kontrolnych. Ze względu na dużą zdolność absorbowania siarki i fluoru przez mech torfowiec posłużono się testem *Sphagnum*, aby wykazać w jakim stopniu Ogród Botaniczny jest skażony tymi dwoma najgroźniejszymi gazowymi składnikami zanieczyszczonego powietrza Krakowa.

W tym celu próby mchu zawierające po 100 g świeżych, zielonych części torfowca umieszczono w siatkach nylonowych o średnicy oczek około 1 cm, a następnie tak przygotowane „pakieciki” rozwieszono na wysokości 3 m nad ziemią w 11 punktach (ryc. 1). Po upływie czteromiesięcznej ekspozycji (od maja do sierpnia 1980 r.) zebrane próby sproszkowano i oznaczono w nich zawartość siarki ogólnej metodą Bardsleya-Lancastera [6] oraz fluoru ogólnego za pomocą azotanu toru i alizaryny S [2].

TABELA I

Odczyn oraz zawartość niektórych składników chemicznych w wodzie deszczowej zebranej w Ogrodzie Botanicznym UJ w Krakowie w okresie letnim
(1 IV—30 IX 1976 r.) (wg Gorski, Szczepanowicz 1978)

Sumy miesięczne opadu deszczu w mm	pH wody deszcz.	Ilości poszczególnych składników opadających wraz z deszczem w kg/ha/m-c							
		K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	Na ⁺	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃
20,8—69,1	6,2—7,2	0,035—0,245	0,069—0,629	0,066—0,168	0,496—1,090	0,018—0,314	0,000—0,489	0,336—3,692	0,010—0,028
\bar{x} 52,8	6,48	0,110	0,383	0,104	0,702	0,096	0,185	2,65	0,016



Ryc. 1. Lokalizacja Ogrodu Botanicznego UJ i ważniejszych źródeł emisji. Izolinie opadu pyłu wg Lewińskiej 1977.

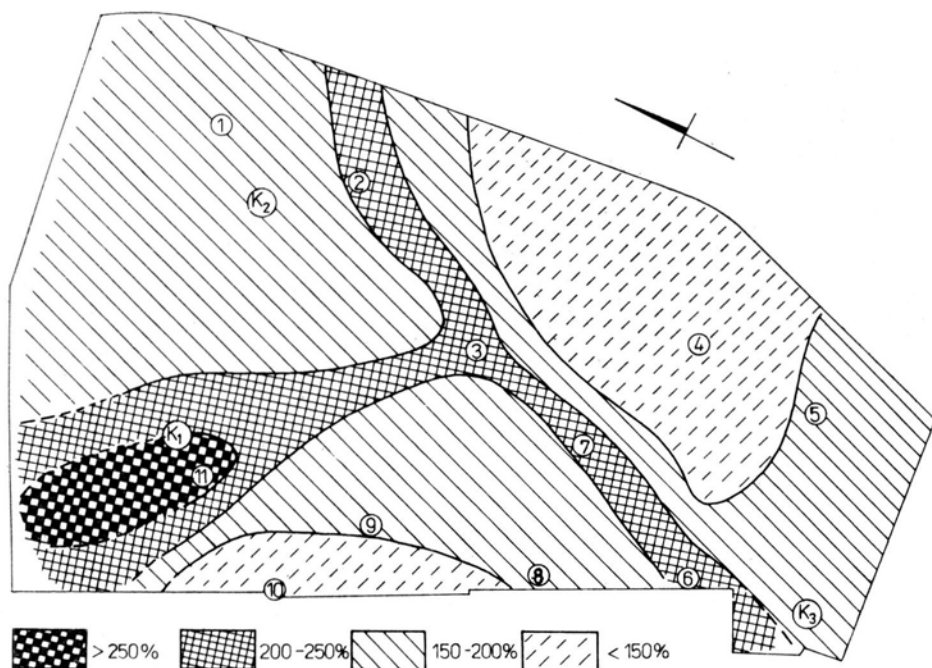
Zawartość siarki ogólnej w eksponowanych próbach mchu zwiększyła się o 22 do 187%, a fluoru o 167–450% w stosunku do naturalnej zawartości S i F w zielonych częściach torfowca (tab. II). Wskutek wzrostu fluoru nastąpiło obniżenie wartości stosunku liczbowego S:F we wszystkich próbach testowych.

Największą zawartość siarki, przewyższającą o 187% poziom kontrolny wykazała próba mchu eksponowana w punkcie 11. Znaczne zwiększenie ilości siarki, dochodzące do 150% wystąpiło w punktach 2, 3, 6 i 7. Na przeważającej jednak części Ogrodu zawartość siarki przekraczała poziom porównawczy o 50–100%. Najmniej zagrożony wpływem SO_2 okazał się tylko niewielki skrawek osłonięty od strony zachodniej budynkami klinicznymi oraz wschodnia część Ogrodu, na której znajduje się Alpinarium (ryc. 2). Natomiast zawartość fluoru w powietrzu

TABELA II

Zawartość fluoru i siarki w próbach mchu (*Sphagnum recurvum* Pal. Beauv.) eksponowanych na terenie Ogrodu Botanicznego UJ w Krakowie

Stanowisko	Zawartość w ppm		Wzrost w stosunku do próby kontrolnej w %		S:F
	S	F	S	F	
1	3230	146	93	386	22,12
2	4020	113	141	277	35,57
3	3820	143	121	377	26,71
4	2120	115	27	283	18,46
5	3068	108	84	260	28,41
6	3890	165	133	450	23,57
7	3820	103	129	243	37,27
8	2910	80	74	167	36,38
9	2690	81	61	170	33,29
10	2045	87	22	190	23,51
11	4790	153	187	410	31,31
próba kontrolna	1670	30	100	100	55,67

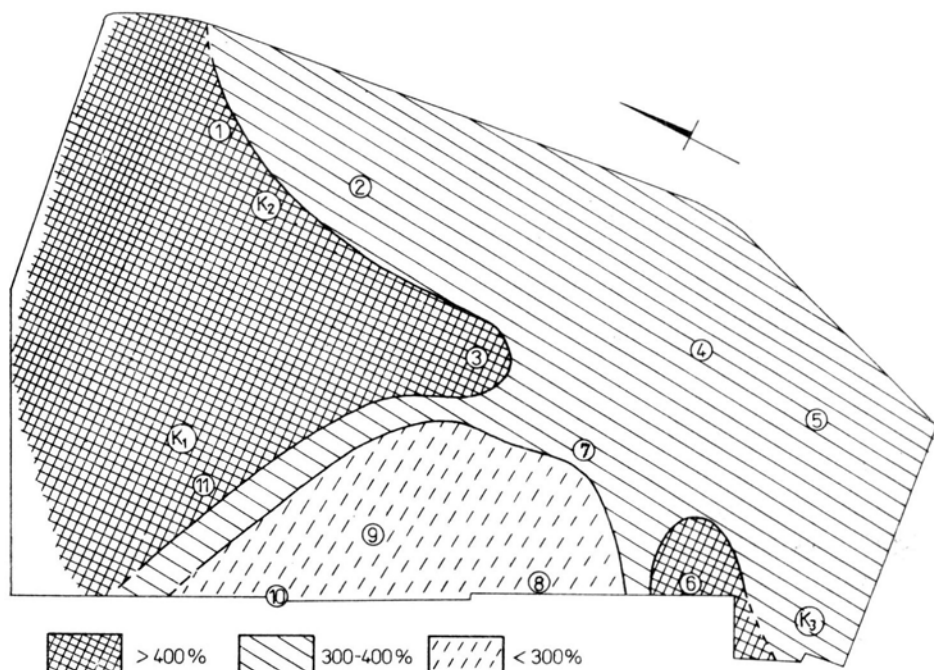


Ryc. 2. Strefy o różnym stopniu zagrożenia Ogrodu Botanicznego UJ przez SO_2 , wykreślone na podstawie procentowego zwiększenia zawartości siarki w eksponowanych próbach mchu *Sphagnum recurvum* Pal. Beauv. w stosunku do próby kontrolnej. 1—11 miejsca ekspozycji prób, K_1 — K_3 — kotłownie.

atmosferycznym była wysoka na terenie całego Ogrodu Botanicznego, przy czym strefa o najwyższym stężeniu F wydłużała się wyraźnie na osi N—S (ryc. 3).

Według danych literatury oraz własnych spostrzeżeń najbardziej wrażliwymi roślinami na wpływ dwutlenku siarki są: sosna zwyczajna (*Pinus silvestris* L.), sosna wejmutka (*Pinus strobus* L.), świerk pospolity (*Picea excelsa* (Lam.) Lk.), jodła pospolita (*Abies alba* Mill.), wiąz amerykański (*Ulmus americana* L.), topola czarna (*Populus nigra* L.), lucerna siewna (*Medicago sativa* L.) i inne, a na oddziaływanie związków fluoru — sosna zwyczajna (*Pinus silvestris* L.), sosna żółta (*Pinus ponderosa* Laws.), lipa drobnolistna (*Tilia cordata* Mill.), jarząb pospolity (*Sorbus aucuparia* L.), brzoskwinia (*Prunus persica* Sieb. Zucc.), morela zwyczajna (*Prunus armeniaca* L.), bez lilak (*Syringa* sp.), winorośl właściwa (*Vitis vinifera* L.), różanecznik (*Rhododendron* sp.), mieczyk (*Gladiolus* sp.), tulipan (*Tulipa gesneriana* L.), kosaciec (*Iris* sp.), dziurawiec zwyczajny (*Hypericum perforatum* L.) i inne.

Większość z wymienionych gatunków rośnie na terenie Ogrodu Botanicznego, a niektóre z nich np. *Picea excelsa*, wykazują wyraźne objawy uszkodzenia aparatu asymilacyjnego. Należy się spodziewać, że przy dalszym utrzymywaniu się tak wysokiego stężenia dwutlenku siarki i związków fluoru w powietrzu Ogrodu Botanicznego mogą obumierać rośliny zaliczane do wrażliwych na oddziaływanie wymienionych gazów.



Ryc. 3. Strefy o różnym stopniu zagrożenia Ogrodu Botanicznego UJ przez związki fluoru wykreślone na podstawie procentowego zwiększenia zawartości F w eksponowanych próbach mchu *Sphagnum recurvum* Pal. Beauv. w stosunku do próby kontrolnej. 1—11 miejsca ekspozycji prób, K₁—K₃ — kotłownie.

LITERATURA

- [1] Górski A., Szczepanowicz B. 1978. Skład chemiczny opadów deszczu w Krakowie i okolicy. Zesz. Nauk. UJ. Pr. Bot. 6: 125—133.
- [2] Jęczalik A. 1957. Metody analizy chemicznej fosforytów. Wyd. Geolog. Warszawa.
- [3] Kasina S. 1978. Sulphur budget in the region of Cracow. Idójarás J. Hungar. Meteorol. Service 82, 6: 320—324.
- [4] Lewińska J. 1977. Chmury nad Krakowem. Aura (50), 2: 24—25.
- [5] Morawska-Horawska M. 1979. Wpływ aglomeracji krakowskiej na kształtowanie się wielkości stężeń SO_2 w rejonie północno-zachodniego obrzeża Puszczy Niepołomickiej. Sylwan 1: 31—40.
- [6] Nowosielski O. 1974. Metody oznaczania potrzeb nawożenia. Wyd. II. PWRiL, Warszawa.
- [7] Paluch J., Szalonek I. 1970. Zanieczyszczenie powietrza związkami fluoru, Ochrona Powietrza 5 (19): 1—5.
- [8] Świeboda M., Kalemba A. 1978. The lichen *Parmelia physodes* (L.) Ach. as indicator for determination of the degree of atmospheric air pollution in the area contaminated by fluorine and sulphur dioxide emission. Acta Soc. Bot. Pol. 47, 1: 25—40.
- [9] Świeboda M., Kalemba A. 1981. The use of *Sphagnum recurvum* Pal. Beauv. as biological tests for determination of the level of pollution with fluorine compounds and sulphur dioxide in the environment. Acta Soc. Bot. Pol. 50, 2:

A. ŁUKASIEWICZ, M. GÓRSKA-ZAJĄCZKOWSKA
Ogród Botaniczny UAM

FENOLOGICZNE PORY ROKU W POZNANIU W LATACH 1968—1979

W Ogrodzie Botanicznym Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza od szeregu lat prowadzone są obserwacje fenologiczne nad nowym doбором gatunków wskaźnikowych. W rejonie Poznania lepiej charakteryzują one poszczególne pory fenologiczne i zmiany zachodzące w przyrodzie [5, 6] niż rośliny wskaźnikowe podawane w opracowaniach starszych [1, 2, 3, 4, 8, 9] dotąd stosowane w stacjach PIHM [7].

Opracowany przez A. Łukasiewicza [6] dobór roślin wskaźnikowych został przedstawiony i szczegółowo przedyskutowany na posiedzeniu Komisji Ogródów Botanicznych i Arboretów przy Komitecie Botaniki PAN, które odbyło się w Katowicach w roku 1974. Zgodnie z ustaleniami Komisji postanowiono dobór ten wypróbować w poszczególnych ogrodach botanicznych i arboretach celem sprawdzenia jego przydatności na terenie całego kraju i opracowania listy gatunków najmniej zawodowych oraz najlepiej charakteryzujących poszczególne pory fenologiczne w różnych częściach kraju.