

LESŁAW RACHWAŁ, MARZANNA WIT-RZEPKA

## Reakcje brzoź na zanieczyszczenia z hut miedzi

### Część II. Wyniki badań terenowych\*

#### Abstract

Rachwał L., Wit-Rzepka M. 1989. Responses of birches to pollution from a copper smelter. Part II. Results of field experiments. *Arbor. Kórnickie* 34: 185-205.

Results are presented of observation on the injury to leaves, growth and development of various progenies of birches growing in the vicinity of a copper smelter in Głogów compared to a comparative plantation growing in Kórnik. Significant differences were observed in the reaction of birches to air pollution. Among the more tolerant species (useful for planting in protection zones around copper smelters) the following were included: *Betula platyphylla* (17), *B. tianschanica*, *B. coerulea-grandis* and progenies of some trees of *B. pendula*. The most sensitive were *B. atrata* and *B. costata* as well as some progenies of *B. pendula*. On the average a better diameter and height increment was observed on birches in the control area in Kórnik except for *B. platyphylla* (17) (syn. *B. mandshurica*). Birch natural regeneration within the experimental area demonstrates an increased tolerance of seed and seedlings of various birch hybrids to the soil condition, strongly polluted with heavy metals. *Additional key words*: sulphur dioxide, heavy metals, half-sib families, reforestation.

*Address*: Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, 62-035 Kórnik, ul. Parkowa 5, Poland.

#### WSTĘP

Pod wpływem różnych toksycznych substancji emitowanych w rejonach przemysłowych, następuje osłabienie podstawowych procesów życiowych roślin. Prowadzi to do mniejszych lub większych uszkodzeń i w konsekwencji do zamierania roślin. W najbliższym otoczeniu niektórych zakładów przemysłowych, szczególnie uciążliwych dla środowiska powstają duże obszary pozbawione roślinności, zarówno zielnej, jak i drzewiastej. Gleba tych obszarów w szybkim tempie ulega degradacji. Do czasu ograniczenia emisji przemysłowych, przynajmniej do stężeń mniej szkodliwych dla wzrostu i rozwoju roślin, powinny być tam sadzone drzewa i krzewy o podwyższonej tolerancji na dany rodzaj zanieczyszczeń.

Dotychczasowe badania wykazały, że przy hutach miedzi, gdzie emitowane są

\* Praca wykonana w ramach problemu RPBP 04.2 koordynowanego przez Instytut Dendrologii PAN w Kórniku.

zanieczyszczenia z przewagą  $\text{SO}_2$  i metali ciężkich, do nasadzeń nadają się tylko niektóre gatunki drzew (Nikolaevskij 1979), a szczególnie niektóre, nieliczne odmiany topoli (Białobok i Rachwał 1978, Rachwał 1983, 1987, Rachwał i Kluczyński 1987). Topole jednak wymagają dość dobrych gleb o korzystnych stosunkach wodnych, a dla dobrego wzrostu również nawożenia i licznych zabiegów pielęgnacyjnych gleby. Stąd istnieje konieczność znalezienia, zwłaszcza dla gleb lekkich, gatunków drzew o mniejszych wymaganiach siedliskowych, jednocześnie zdolnych do wzrostu i naturalnego odnawiania się w warunkach silnego zanieczyszczenia powietrza i gleby.

Celem pracy było zbadanie reakcji możliwie dużej liczby rodów, pochodzących z niekontrolowanego zapylenia, różnych gatunków brzoź na działanie zanieczyszczeń przemysłowych powietrza i gleby. W doświadczeniach tych jednocześnie chodziło o znalezienie gatunków lub mieszańców brzoź, przydatnych do zadrzewień terenów, zniszczonych oddziaływaniem hut miedzi i hut cynku.

Brzozy stosunkowo wcześnie wchodzą w okres kwitnienia i owocowania. Jest ono równie obfite w rejonach przemysłowych, jak i w terenach nie zanieczyszczonych. Według zamysłu Profesora dra Stefana Białoboka, inicjatora tych badań, łatwe, wzajemne krzyżowanie się brzoź, doprowadzi do powstania mieszańcowego potomstwa, które po przejściu „naturalnej” selekcji w terenie skażonym powinno cechować się podwyższoną tolerancją na panujące tam niekorzystne warunki środowiska. Do zrealizowania tych celów przygotowano sadzonki i założono doświadczenia terenowe w trzech różnych regionach kraju.

## MATERIAŁ I METODY

### PRZYGOTOWANIE MATERIAŁU ROŚLINNEGO

Sadzonki potrzebne do założenia doświadczeń wyhodowano z nasion brzoź zebranych oddzielnie z każdego drzewa. W ten sposób uzyskano rody brzoź powstałe z wolnego zapylenia. Nasiona brzoź wykorzystane do założenia doświadczeń pochodziły z drzew rosnących w następujących miejscach:

- w kolekcjach Arboretum Kórnickiego, z reguły o znanym pochodzeniu;
- z drzew (o nieznanym pochodzeniu) rosnących w szpalerach pasów wiatrochronnych Szkółek Kórnickich. Brzozy te, różnorodne w pokroju korony, wyróżniają się kredowo białą korą, ładnym pokrojem oraz dobrym wzrostem;
- z drzew rosnących w kolekcjach brzoź znajdujących się w Leśnictwie Doświadczalnym Zwierzyniec. Nasiona do założenia tych kolekcji pochodziły ze Skandynawii, a niektóre z tych brzoź wykazywały charakterystyczne dla brzozy karelskiej zgrubienia pnia;
- nasiona zebrane z drzew *B. pendula* i *B. pubescens* z kilku stanowisk z północno-wschodniej i wschodniej Polski (Nadleśnictwa Supraśl, Wyszogród, Janów Lubelski).

Nasiona zebrano w okresie od sierpnia do października 1976 roku osobno z 86

drzew. Do doświadczeń wykorzystano jedynie potomstwo z 36 drzew. Wiosną 1980 r. założono 3 doświadczenia terenowe:

1. na gruntach porolnych w strefie ochronnej Huty Miedzi Głogów, w odległości około 1000 m w kierunku południowo-wschodnim od głównych źródeł emisji;
2. na gruntach leśnych w strefie oddziaływania huty cynku w Miasteczku Śląskim w odległości około 1800 m w kierunku południowo-wschodnim od głównych źródeł emisji (Nadleśnictwo Świerklaniec, Leśnictwo Żyglinek, oddział 103f, dawniej 134\*);
3. w Leśnictwie Doświadczalnym Instytutu Dendrologii PAN, Kórnik – Zwierzyniec, oddział 1Ac, (doświadczenie kontrolne). Doświadczenie to zostało założone na gruntach porolnych w terenie praktycznie wolnym od zanieczyszczeń powietrza i gleby.

Na planach wszystkich założonych doświadczeń (ryc. 1,2,3) oraz opracowaniach, wpisane są numery rodów brzóz podane w zestawieniu zebranych nasion. Szczegółowy wykaz pochodzenia nasion brzóz posadzonych w doświadczeniach zestawiono w tabeli 1. Powierzchnie doświadczalne założono z identycznych, losowo podzielonych, 3-letnich sadzonek, według tych samych zasad na wszystkich powierzchniach doświadczalnych. Dane dotyczące lokalizacji powierzchni doświadczalnych przedstawiono w tabeli 2. Wszystkie doświadczenia założono w trzech powtórzeniach (ryc. 1,2,3), według zrównoważonego kwadratu kratowego  $5 \times 5^{**}$  (Kórnik i Miasteczko Śląskie), lub  $6 \times 6^{**}$  (Głogów), według metodyki Cochran'a i Coxa (1957).

17	27	6	86	54	32
12	24	4	59	45	31
8	22	2	57	36	29
10	23	3	58	37	30
7	20	1	55	35	28
13	26	5	62	53	31'
6	1	5	3	2	4
27	20	26	23	22	24
86	55	62	58	57	59
17	7	13	10	8	12
54	35	53	37	36	45
32	28	31'	30	29	31
53	26	5	62	13	31'
23	3	37	30	58	10
31	12	59	45	4	24
1	35	20	7	28	55
86	32	17	6	27	54
8	57	29	22	36	2

Ryc. 1. Plan powierzchni doświadczalnej z rodami brzóz (*Betula*) w strefie ochronnej huty miedzi w Głogowie  
Fig. 1. Plan of experimental plot with half-sib families of birch (*Betula*) in the protection zone around of the copper smelter at Głogów

\* Wyniki tego doświadczenia zostaną przedstawione w odrębnej publikacji.

\*\* Zrównoważone lub częściowo zrównoważone kwadraty kratowe  $5 \times 5$ ,  $6 \times 6$  są to specjalne

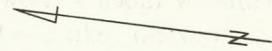
	8	29	1	35	17
	13	31'	6	62	28
I	13	31	5	62	23
	12	30	3	54	22
	12	30	2	37	22
	17	6	12	31	37
	31'	13	22	54	1
II	3	30	63	8	23
	62	22	29	2	13
	12	35	5	28	30
	31	1	12	62	22
	22	62	6	30	8
III	13	30	54	17	5
	35	12	23	2	31'
	3	28	29	13	37



Ryc. 2. Plan powierzchni doświadczalnej z rodami brzoź (*Betula*) w sąsiedztwie huty cynku w Miasteczku Śląskim, Nadleśnictwo Świerklaniec, Leśnictwo Żyglinek, oddz. 103f (dawniej 134)

Fig. 2. Plan of experimental plot with half-sib families of birch (*Betula*) near zinc smelter at Miasteczko Śląskie, Forest District Świerklaniec, Forest Range Żyglinek, Comp. no. 103f (late 134)

	13	29	6	86	37
	10	22	3	55	35
I	12	23	5	62	36
	8	20	2	54	31
	7	17	1	45	30
	7	86	31	3	23
	55	20	12	37	1
II	36	10	6	17	54
	2	30	22	62	13
	29	5	45	8	35
	12	29	3	30	54
III	17	31	13	55	5
	35	62	20	6	7
	86	1	36	8	22
	2	10	45	23	37



Ryc. 3. Plan kontrolnej powierzchni doświadczalnej z rodami brzoź (*Betula*) w Kórniku (Zwierzyniec oddz. 1Ac)

Fig. 3. Plan of control experimental plot with half-sib families of birch (*Betula*) in Kórnik (Zwierzyniec Comp. No. 1Ac)

Ze względu na mniejszą ilość sadzonek niektórych brzoź, do założenia doświadczeń w Kórniku i Miasteczku Śląskim wykorzystano 25 obiektów ( $5 \times 5$ )\*\*.

Sadzonki posadzono wiosną 1980 roku pod łopatę. Na powierzchni doświadczalnej w Kórniku w miejsca wypadów były dosadzone lipy, jarzębiny, dąb czerwony lub buk jako gatunki pielęgnacyjne z przeznaczeniem na wcześniejszy wyręb w ramach czyszczeń i trzebieży.

#### WARUNKI WZROSTU BRZOŹ W DOŚWIADCZENIACH TERENOWYCH W GŁOGOWIE I W KÓRNIKU

##### Warunki klimatyczne

Klimat okolic Głogowa należy do typu klimatycznego Krainy Wielkich Dolin. Zima trwa zwykle 70-80 dni i charakteryzuje się dość wysokimi temperaturami (średnia temperatura stycznia wynosi  $-2^{\circ}\text{C}$ ). Okres wegetacyjny jest najdłuższy w Polsce i wynosi 220 dni, średnia temperatura lipca  $18,8^{\circ}\text{C}$ , średnia roczna

układy doświadczeń o ustalonych parametrach, gdzie liczba spotkań kolecyjnych obiektów „lambda” nie jest większa niż 2. Służą one do badań np.  $5 \times 5 = 25$ ,  $6 \times 6 = 36$  itd. obiektów doświadczalnych, wg Cochran a i Coxa (1957).

Tabela 1

Pochodzenie nasion brzoź (*Betula*), użytych do założenia doświadczeń rodowych w Głogowie,  
Miasteczku Śląskim i (kontrolnego) w Kórniku  
The origin of seeds of birch (*Betula*), used in the half-sib families experiments in Głogów, Miasteczko  
Śląskie and in Kórnik (as control)

Nr rodu No. of birch family	Gatunek Species	Nr No.	Pochodzenie Origin	Miejsce badań Place of experiment		
				Głogów	Miaste- czko Śląskie	Kórnik
1	<i>B. pendula</i> Roth.	S-08-1478	Zwierzyniec, las	+	+	+
2	<i>B. pendula</i> Roth.	S-08-1479	– " –	+	+	+
3	<i>B. pendula</i> Roth.	S-08-1480	– " –	+	+	+
4	<i>B. pendula</i> Roth.	S-08-1481	– " –	+		
5	<i>B. pendula</i> Roth.	S-08-1482	– " –	+	+	+
6	<i>B. pendula</i> Roth.	S-08-1483	– " –	+	+	+
7	<i>B. sp.</i> 11/3	S-08-1484	Zwierzyniec, Czołowo	+		+
8	<i>B. sp.</i> 1/20	S-08-1485	– " –	+	+	+
10	<i>B. sp.</i> WB 5/1	S-08-1487	– " –	+		+
12	<i>B. pendula</i> Roth. 11/76	S-03-1489	Tarnowskie Góry – Czarna H.	+	+	+
13	<i>B. pendula</i> Roth. 12/76	S-03-1490	– " –	+	+	+
17	<i>B. platyphylla</i> Sukacz.	S-08-1494	Arboretum Kórnickie s. 8	+	+	+
20	<i>B. pubescens</i> Ehrh.	S-08-1497	– " – s. 11	+		+
22	<i>B. coerulea-grandis</i> Blanch.	S-08-1499	– " – s. 29	+	+	+
23	<i>B. sp.</i>	S-08-1500	– " – s. 27	+	+	+
24	<i>B. sp.</i>	S-08-1501	– " – s. 27	+		
26	<i>B. sp.</i>	S-08-1503	– " – s. 30	+		
27	<i>B. costata</i> Trautv.	S-08-1504	– " – s. 33	+		
28	<i>B. coerulea-grandis</i> Blanch.	S-08-1505	– " – s. 29	+	+	
29	<i>B. sp.</i> ( <i>B. pumila</i> L.,?)	S-08-1506	– " – s. 25	+	+	+
30	<i>B. platyphylla</i> Sukacz.	S-08-1507	– " – s. 30	+	+	+
31	<i>B. sp.</i>	S-08-1508	– " – s. 29	+	+	+
31	<i>B. sp.</i>	S-08-1508*	– " –	+	+	
32	<i>B. sp.</i>	S-08-1509	– " – s. 29	+		
35	<i>B. papyrifera</i> Marsh.	S-08-1512	– " – s. 29	+	+	+
36	<i>B. tianschanica</i> Rupr.	S-08-1513	– " – s. 29	+		+
37	<i>B. pubescens</i> Ehrh.	S-08-1514	Poznań-Junikowo, cmentarz	+	+	+
45	<i>B. sp.</i>	S-08-1522	Zwierzyniec, kolekcja IV/16	+		+
53	<i>B. sp.</i>	S-08-1530	– " – IV/20	+		
54	<i>B. sp.</i>	S-08-1531	– " – IV/26	+	+	+
55	<i>B. sp.</i>	S-08-1532	– " – V/31	+		+
57	<i>B. sp.</i>	S-08-1534	– " – VI/29	+		
58	<i>B. atrata</i> Domin	S-08-1535	Arboretum Kórnickie s. 3	+		
59	<i>B. sp.</i>	S-08-1536	– " – s. 4	+		
62	<i>B. pendula</i> Roth.	S-01-1307	Nadleśnictwo Supraśl, Leśnictwo Klin oddz. 137a	+	+	+
86	<i>B. lutea</i> Michx.	S-08-1343	Arboretum Kórnickie s. 3	+		+
Razem badanych rodów brzoź Number of investigated half-sib families of birch				36	20	25

\* – siewki o pędach omszonych wybrane spośród siewek nr 31

\* – seedlings with pubescent shoots selected from among of seedlings No. 31

Tabela 2

Wykaz powierzchni doświadczalnych z brzożami założonych w 1980 roku  
Index of experimental areas with birches established in 1980

Miejsce doświadczania Place of experiment	Liczba badanych obiektów No. of birch under investigation	Oddział Compartment No.	Powierzchnia (ha) Area (hectare)	Rok założenia Year of establishment	Szerokość geogr. płn. Latitude N	Długość geogr. wsch. Longitude E	Wysokość n.p.m. Altitude (m)	Rodzaj zanieczyszczeń Pollution
Huta Miedzi „Głogów” w Żukowicach Copper Smelter „Głogów” in Żukowice	36	(700 m SE) strefa ochronna huty protection zone of smelter	0,25	1980 wiosna spring	51°40'37"	16°00'15"	60	SO <sub>2</sub> + metale ciężkie SO <sub>2</sub> and heavy metals
Huta Cynku „Miasteczko Śląskie” Leśnictwo Żyglinek Zinc Smelter „Miasteczko Śląskie” Forest Range Żyglinek	25	103 f (dawniej 134) 1800 m NE strefa oddziaływania huty protection zone of smelter	0,21	1980 wiosna spring	50°30'30"	18°56'40"	75	SO <sub>2</sub> + metale ciężkie SO <sub>2</sub> and heavy metals
Kórnik – Zwierzyniec	25	1Ac	0,21	1980 wiosna spring	52°14'46"	17°04'15"	70	praktycznie bez zanieczyszczeń without heavy pollutants

8,5°C, przeważają wiatry z kierunków zachodnich. Obok właściwości genetycznych roślin, również czynniki klimatyczne mają podstawowe znaczenie dla wzrostu i rozwoju drzew oraz w znacznym stopniu mogą modyfikować reakcje drzew na zanieczyszczenia środowiska.

Kórnik charakteryzuje się nieco chłodniejszym klimatem (średnia temperatura stycznia wynosi -2,3°C, średnia temperatura lipca 18,8°C, średnia roczna 8,3°C). Okres wegetacyjny trwa średnio 216 dni.

### Zanieczyszczenia powietrza

Bardzo istotny wpływ na warunki wzrostu roślin w bezpośrednim sąsiedztwie zakładów przemysłowych wywierają gazowe i pyłowe zanieczyszczenia powietrza i gleby. Stan skażenia powietrza dla punktu pomiarowego położonego przy Stacji Meteorologicznej (1000 m SE od głównych źródeł emisji), znajdującej się najbliżej doświadczenia z brzożami (około 200 m), przedstawiono w tabelach 3, 4 i 5. Dane te obrazują wyniki pomiarów stężeń  $\text{SO}_2$  i  $\text{H}_2\text{SO}_4$  oraz opadu pyłów metalonośnych (Cu, Pb, Zn), ich wartości średnie miesięczne, roczne i maksymalne. Z punktu widzenia osłabienia wzrostu drzew i powstawania uszkodzeń widocznych i niewidocznych najistotniejszymi składnikami zanieczyszczeń powietrza z hut miedzi są tlenki siarki:  $\text{SO}_2$  i  $\text{SO}_3$  oraz pary kwasu siarkowego. Spośród przytoczonych danych najistotniejsze są średnie miesięczne i maksymalne stężenia  $\text{SO}_2$ , szczególnie w ciągu okresu wegetacyjnego. Oprócz tlenków siarki, średnie stężenia par kwasu siarkowego w niektórych miesiącach okresu

Tabela 3

Średnie roczne stężenia zanieczyszczeń powietrza w strefie ochronnej Huty Miedzi „Głogów”.

Stacja METEO, 1000 m SE od głównych źródeł emisji\*

Annually mean concentrations of air pollutants in the protection zone of the „Głogów”

Copper Smelter. METEO station, 1000 m SE from main sources of emissions\*

Rok Year	$\text{SO}_2$ ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ )		Opad pyłu Dust fall ( $\text{Mg}\cdot\text{km}^{-2}$ )	Cu ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ )		Pb ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ )		$\text{H}_2\text{SO}_4$ ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ )	
	Średnia Mean	Maksimum Maximum		Średnia Mean	Maksimum Maximum	Średnia Mean	Maksimum Maximum	Średnia Mean	Maksimum Maximum
1975	0,0568	0,888	.	0,01042	0,0621	0,00347	0,0090	0,0879	3,409
1976	0,0684	2,500	.	0,00915	0,0386	0,01454	0,0633	0,7338	3,000
1977	0,0306	0,305	.	0,00963	0,0402	0,01113	0,0171	0,7720	0,703
1978	0,0603	0,584	.	0,00427	0,1716	0,01164	0,6177	0,0618	0,962
1979	.	.	.	.	.	.	.	.	.
1980	0,0547	0,564	.	0,00830	0,0842	0,00850	0,0717	0,0839	0,678
1981	0,4213	14,500	.	0,00135	0,0049	0,00454	0,0127	0,5218	33,330
1982	0,7700	0,133	104,86	.	.	.	.	.	.
1983	.	.	.	.	.	.	.	.	.
1984	0,0966	0,483	.	0,00029	0,0049	0,00010	0,0007	0,2090	0,937
1985	0,0273	0,302	.	0,00132	.	0,00197	.	0,0961	0,468
1986	0,0263	0,145	.	0,00088	.	0,00148	.	0,0642	0,311
1987	.	.	.	.	.	.	.	.	.
NDS	0,0640		250,00	0,00060		0,00020		0,0160	

Objaśnienia:

Explanation:

NDS – najwyższe dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń (Anonim 1980)

NDS – maximal permissible levels of pollutants

\* – zestawiono na podstawie danych z Działu Ochrony Środowiska Huty Miedzi „Głogów”

\* – completed according data received from Pollution Control Laboratory of the „Głogów” Copper Smelter

Tabela 4

Średnie miesięczne stężenia zanieczyszczeń powietrza w strefie ochronnej Huty Miedzi „Głogów”. Stacja METEO, 1000 m SE od głównych źródeł emisji\*  
 Monthly mean concentrations of air pollutants in the protection zone of the „Głogów” Copper Smelter. METEO station, 1000 m SE from the main sources of emissions\*

Miesiąc Month	SO <sub>2</sub> (mg·m <sup>-3</sup> )			Opad pyłu (Mg·km <sup>-2</sup> ) Dust fall			H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (mg·m <sup>-3</sup> )		
	1985	1986	1987	1985	1986	1987	1985	1986	1987
I	.	.	.	.	4,49	.	.	.	.
II	.	.	.	7,03	9,03	.	.	.	.
III	.	.	.	5,24	3,03	7,82	.	.	.
IV	.	.	.	9,33	9,04	21,91	.	.	.
V	0,0186	0,0708	0,126	.	8,12	3,54	0,188	0,133	0,135
VI	0,3200	0,0630	0,042	.	16,74	6,67	0,083	0,268	0,046
VII	0,0510	0,0260	0,023	8,74	17,96	12,95	0,097	0,079	0,080
VIII	.	0,0514	0,037	8,59	5,75	.	.	0,056	0,022
IX	.	.	.	9,25	9,31	9,12	.	.	.
X	.	.	.	.	7,51	6,53	.	.	.
XI	.	.	.	.	1,73	.	.	.	.
XII	.	.	.	.	4,09	9,53	.	.	.
Średnio dla roku Annual mean	0,0273	0,0263	.	.	8,07	.	.	.	.
Średnio dla okresu wegetacyjnego (V-IX) Mean vegetation period (V-IX)	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Objaśnienia:

Explanation:

-- nie oznaczono, not detected

.. brak danych, lack of data

\* - zestawiono na podstawie danych z Działu Ochrony Środowiska Huty Miedzi „Głogów”

\* - completed according to data received from the Pollution Control Laboratory of the „Głogów” Copper Smelter

wegetacyjnego przekraczały średnie miesięczne najwyższe dopuszczalne stężenia (NDS) dla tego związku (tab. 4). Zarówno te przekroczenia, jak i maksymalne stężenia notowano we wszystkich miesiącach lat 1985, 1986 i 1987 (tab. 5). Zanieczyszczenie powietrza w Kórniku badane przez SANEPID i sieć monitoringu technicznego Instytutu Badawczego Leśnictwa, jest w porównaniu z wielkością zanieczyszczeń przy hutach miedzi w Głogowie stosunkowo niewielkie (Anonim 1987, 1988)

#### Warunki glebowe i zanieczyszczenia gleb

Gleby, jakie najczęściej spotyka się na terenie strefy ochronnej huty miedzi w Głogowie, to mady utworzone z glin oraz piasków gliniastych, zalegające na piaskach luźnych lub słabo gliniastych. W niewielkiej części na terenie strefy występują gleby brunatne wytworzone z pyłów i piasków gliniastych (R o s z y k 1978, S z e r s z e ń i in. 1978). Ze względu na silny stopień skażenia gleb metalami ciężkimi są one, poczynając od roku 1980, stopniowo wyłączane spod uprawy rolniczej i przeznaczane pod zadrzewienia. Punktem wyjściowym w ocenie stopnia skażenia gleb w tym rejonie są badania prowadzone przed rozpoczęciem intensywnej produkcji w hucie (L a s k o w s k i i in. 1976, K a b a t a - P e n d i a s 1978, S z e r s z e ń i in. 1978). W okresie tych badań stężenie miedzi niewiele



Tabela 5

Maksymalne średnie dobowe stężenia zanieczyszczeń powietrza.  
Stacja METEO, 1000 m SE od głównych źródeł emisji\*  
Maximal 24 h mean concentrations of air pollutants. METEO  
station, 1000 m SE from main sources of emissions\*

Miesiąc Month	SO <sub>2</sub> (mg·m <sup>-3</sup> )			H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (mg·m <sup>-3</sup> )		
	1985	1986	1987	1985	1986	1987
I	·	·	·	·	·	·
II	·	·	·	·	·	·
III	·	·	·	·	·	·
IV	·	·	0,436	·	·	0,401
V	0,072	0,270	0,368	0,662	0,608	0,297
VI	0,076	0,596	0,095**	0,264	0,559	0,200**
VII	0,117	0,625	0,062	0,214	0,311	0,402
VIII	–	0,113	0,088	–	0,183	0,102
IX	·	·	0,121	·	·	0,132
X	·	·	0,072	·	·	0,190
XI	·	·	0,429	·	·	0,393
XII	·	·	0,029	·	·	0,074
Maksymalne w roku Maximal in year	·	·	·	·	·	·
Maksymalne w okresie wegetacyjnym (V-IX) Maximal in vegetation period (V-IX)	·	0,625	0,368	·	0,608	0,402
NDS	0,350			0,100		

Objaśnienia – Explanation: · brak danych, lack of data; – nie oznaczono, not detected  
NDS – najwyższe dopuszczalne stężenia, średnie dobowe (Anonim 1980), maximal  
permissible levels of pollutants (mean of 24 h)

\* – zestawiono na podstawie danych z Działu Ochrony Środowiska Huty Miedzi  
„Głogów”, completed according to data received from the Pollution Control Labora-  
tory of „Głogów” Copper Smelter

\*\* – pomiary do 14.06, measurements till June 14.

odbiegało od stężeń w glebach nie zanieczyszczonych i wynosiło w glebach lekkich 10-20 ppm, a w madach 61-130 ppm. Stężenie ołowiu odpowiednio 20-30 ppm, 50-300 ppm, a stężenie cynku 40-240 ppm. Głównym źródłem zanieczyszczeń gleb metalami ciężkimi w strefie ochronnej huty jest emisja pyłów metalonośnych (tab. 3). Znaczne ilości emitowanych przez hutę do atmosfery pyłów zawierają duże ilości związków ołowiu, miedzi, cynku, kadmu, arsenu i innych (K a b a t a - P e n d i a s 1978, R a c h w a ł 1983, Z w o ł d z i a k i Z w o ł d z i a k 1986), co powoduje poważne zatrucie gleb i pośrednio roślin. Od rozpoczęcia przez hutę produkcji, (1971 rok), stężenie metali ciężkich w glebach stale wzrastało (R o s z y k 1978, K a b a t a - P e n d i a s 1978, K a b a t a - P e n d i a s i P e n d i a s 1979), głównie w wierzchnich warstwach gleby. Na terenach między Odrą a wsią Bogomice stężenie Cu i Pb w wierzchnich warstwach gleby (0-20 cm) było bardzo wysokie i wynosiło: 250-300 ppm Cu, 450-500 ppm, a nawet do 1000 ppm Pb (S z e r s z e ń i i n. – dane niepublikowane).

Stężenie metali ciężkich w wierzchnich warstwach gleby na powierzchni doświadczalnej z brzożami w roku 1987 było wysokie i wahało się w zależności od głębokości pobrania próby. W warstwie gleby 0-3 cm stężenie miedzi wynosiło średnio 1323 ppm miedzi rozpuszczalnej w 1 M HNO<sub>3</sub> i 1523 ppm miedzi ogólnej (tab. 6), a w 6 próbach wahało się odpowiednio w granicach 1242-2037 ppm miedzi ogólnej i 905-1490 ppm miedzi rozpuszczalnej. W warstwie 3-20 cm stężenie miedzi wynosiło 421-600 ppm (średnio 530 ppm) miedzi rozpuszczalnej i 425-825 ppm miedzi ogólnej. Na głębokości 20-40 cm stężenia miedzi nieznacznie odbiegały od wartości normalnych dla gleb piaszczysto-gliniastych i wynosiły; 20-39 ppm (średnio 30 ppm) miedzi rozpuszczalnej i 56-76 ppm (średnio 66 ppm) miedzi ogólnej (K o c i a ł k o w s k i i in. – dane niepublikowane). Wartości te są jednak wyższe od stężenia miedzi, jakie stwierdzono w glebach praktycznie nie zanieczyszczonych w Kórniku (6,1 ppm) (K l u c z y ń s k i 1979).

Stężenie ołowiu w górnych warstwach gleby w doświadczeniu z brzożami także przekracza kilkakrotnie wartości normalne (tab. 6). Natomiast stężenia

Tabela 6

Stężenie metali ciężkich (ppm) wierzchnich warstw gleby na powierzchni doświadczalnej z brzożami w strefie ochronnej Huty Miedzi „Głogów”  
Concentration of heavy metals (ppm) in the top soil layer of the experimental field with birches in the vicinity of the „Głogów” Copper Smelter

Głębokość pobrania próby Soil depth (cm)	Stężenie badanych pierwiastków Element concentration					pH KCl	Kwasowość Acidity (CEC) (meq·100g <sup>-1</sup> )
	ppm				%		
	Cu	Zn	Pb	Cd	Al		
0 - 3	1323	37	390	–	0,39	5,24	2,48
	1523	57	429	0,33			
3 - 20	530	30	198	–	0,37	5,04	2,89
	597	42	231	–			
20 - 40	30	26	39	–	0,35	5,59	1,70
	66	40	34	–			

37 rozpuszczalne w 1 M HNO<sub>3</sub> – soluble in 1M HNO<sub>3</sub>

57 ogólne – total

Wartości średnie obliczono z 6 prób

All values are means of six samples

cyku i kadmu nie przekraczają wartości normalnych i dochodzą odpowiednio do wartości 60 ppm cynku ogólnego i do 0,33 ppm kadmu ogólnego (K o c i a ł k o w s k i i in. – dane niepublikowane). Stężenie cynku w glebach Kórnika wynosiło 15-25 ppm (K l u c z y ń s k i, 1979).

#### METODY OBSERWACJI USZKODZEŃ

Określenie stopnia uszkodzeń liści przeprowadzono w drugiej połowie okresu wegetacyjnego po zakończeniu wzrostu pędów w latach 1986 i 1987. Ocena

przeprowadzono wg zmodyfikowanej skali Ellertsen a i in. (1974):

- 0 – liście bez widocznych uszkodzeń – 0 % nekrozy;
- 1 – większość lub wszystkie liście na roślinie są słabo uszkodzone, nekrozy obejmują 1-10 % powierzchni liści;
- 2 – większość lub wszystkie liście na roślinie są średnio uszkodzone, nekrozy obejmują 11-50 % powierzchni liści;
- 3 – większość lub wszystkie liście na roślinie są silnie uszkodzone, a nekrozy obejmują 51-90 % powierzchni liści;
- 4 – całkowite uszkodzenie liści, nekrozy obejmują 91-100 % powierzchni liści.

## WYNIKI I DISKUSJA

### USZKODZENIA LIŚCI

W wyniku działania wysokich stężeń  $\text{SO}_2$  w granicach 0,051-0,171  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$  w ciągu okresu wegetacyjnego 1986 roku oraz wysokich stężeń w tym samym okresie 1987 roku (tab. 4), obserwowano silne uszkodzenia liści badanych brzóz (tab. 7). W roku 1986 uszkodzenia powierzchni asymilacyjnej wynosiły maksymalnie 50 % (średnio dla wszystkich brzóz 27,3 %), a w 1987 roku 21 % (średnio 11,9 %).

Według danych bibliograficznych brzozy stosunkowo dobrze rosną w środowisku zanieczyszczonym przez przemysł (Białobok i Rachwał, 1975, 1981, Antipov 1979, Hawryś 1984, Wit-Rzepka i Rachwał 1989). Niektórzy autorzy zaliczają brzozę brodawkowatą do gatunków tolerancyjnych na równi z olchą szarą, dębem szypułkowym, dębem czerwonym oraz topolami, olszą czarną i wierzbami. W silnie uprzemysłowionych rejonach Uralu brzoza brodawkowata była jednak jednym z najmocniej uszkadzanych gatunków drzew (Antipov 1979). Podobne wyniki z *B. pendula* uzyskano w silnie zanieczyszczonych strefach ochronnych hut miedzi w naszym kraju (Białobok i Rachwał 1978, Rachwał 1983). W rejonie hut miedzi Uralu do najbardziej wrażliwych gatunków brzóz Mamaev (1969) zaliczył brzozę okrągolistną (*B. ovalifolia*).

W doświadczeniach laboratoryjnych ze sztucznym podawaniem gazów toksycznych (głównie  $\text{SO}_2$ ), względnie tolerancyjne okazały się: *B. lutea* (syn. *B. alleghaniensis*), *B. pubescens*, *B. papyrifera*, *B. pendula*, mniej tolerancyjna: *B. mandshurica* (syn. *B. platyphylla*), a wrażliwa *B. ermanii* (Antipov 1979).

Najwyższe dopuszczalne stężenia (NDS) dwutlenku siarki wynoszące wg norm polskich 0,064  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}\text{rok}^{-1}$  (Anonim 1980), w zasadzie nie były przekraczane w miejscu badań (wg danych służby ochrony środowiska huty). Jednak uszkodzenia liści drzew wskazują, że występowały tam krótkotrwałe, nierejestrowane stosowanymi metodami pomiarowymi, wysokie stężenia gazów toksycznych, częściowo tylko mające odzwierciedlenie w mierzonych maksymalnych stężeniach  $\text{SO}_2$  (tab. 5). Z obserwacji uszkodzeń liści wynika, że w tak

Tabela 7

Uszkodzenia liści brzoź (%) przez zanieczyszczenia powietrza (SO<sub>2</sub>+metale ciężkie) w doświadczeniu rodowym w strefie ochronnej Huty Miedzi „Głogów”

Injury of birch leaves (%) from air pollutants (SO<sub>2</sub>+heavy metals) in half-sib families on the experimental plot in the protection zone of the „Głogów” Copper Smelter

Nr rodu No. of birch family	Gatunek Species	Procent uszkodzeń Percent of leaf injury		Średnia z lat 1986-1987  Mean for the years 1986-1987
		1986.08.11	1987.08.13	
12	<i>B. pendula</i>	8,0 *	6,5 *	7,2
55	<i>B. sp.</i>	9,0 *	6,0 *	7,5
17	<i>B. platyphylla</i>	14,0 a b	1,3 a	7,6
36	<i>B. tianschanica</i>	9,1 a	8,1 a b	8,6
28	<i>B. coerulea-grandis</i>	11,5 a b	9,3 a b c	10,4
13	<i>B. pendula</i>	17,8 a b c d	7,2 a b	12,5
6	<i>B. pendula</i>	19,8 a b c d	9,5 a b c	14,6
10	<i>B. sp. WB 5/1</i>	18,5 a b c d	10,9 b c	14,7
53	<i>B. sp.</i>	14,7 a b c	15,5 b c d	15,1
27	<i>B. costata</i>	24,6 a b c d e	7,4 a b	16,0
54	<i>B. sp.</i>	20,3 a b c d	12,6 b c d	16,4
86	<i>B. lutea</i>	21,7 a b c d e	11,2 b c	16,4
32	<i>B. sp.</i>	22,9 a b c d	11,8 b c d	17,3
62	<i>B. pendula</i>	23,3 a b c d e	11,8 b c d	17,5
2	<i>B. pendula</i>	26,0 a b c d e	10,0 a b c	18,0
3	<i>B. pendula</i>	24,6 a b c d e	11,9 b c d	18,2
7	<i>B. sp.</i>	23,3 a b c d e	14,3 b c d	18,8
29	<i>B. sp. (pumila?)</i>	27,0 a b c d e	10,9 b c	18,9
4	<i>B. pendula</i>	28,5 * * * * *	10,5 * *	19,5
31	<i>B. sp.</i>	27,8 a b c d e	12,1 b c d	19,9
5	<i>B. pendula</i>	28,2 a b c d e	12,0 b c d	20,1
31	<i>B. sp.</i>	30,4 a b c d e	10,6 b c	20,5
37	<i>B. pubescens</i>	26,6 a b c d e	15,1 b c d	20,8
8	<i>B. sp. 1/20</i>	30,7 a b c d e	11,4 b c	21,0
58	<i>B. atrata</i>	33,2 a b c d e	10,1 a b c	21,6
22	<i>B. coerulea-grandis</i>	32,1 a b c d e	14,8 b c d	23,4
57	<i>B. sp.</i>	34,5 a b c d e	14,3 b c d	24,4
45	<i>B. sp.</i>	35,7 a b c d e	18,2 c d	26,9
20	<i>B. pubescens</i>	42,4 c d e	11,5 b c	26,9
24	<i>B. sp.</i>	41,5 b c d e	13,2 b c d	27,3
30	<i>B. platyphylla</i>	34,0 a b c d e	20,8 d	27,4
59	<i>B. sp.</i>	44,6 d e	14,6 b c d	29,6
35	<i>B. papyrifera</i>	42,6 d e	17,5 c d	30,0
23	<i>B. sp.</i>	49,0 e	13,8 b c d	31,4
1	<i>B. pendula</i>	45,8 d e	18,3 c d	32,0
26	<i>B. sp.</i>	49,3 e	15,2 b c d	32,2
	Średnio Mean	27,3	11,9	19,6

Objaśnienia:

Explanation:

\* – jedno powtórzenie, \* – observation from one replicate

a, b, c... – te same litery oznaczają grupy statystycznie jednorodne wg tekstu Duncana na poziomie alfa = 0,05

a, b, c... – the same letter indicates a homogenous group according to the Duncan's multiple test at  $\alpha = 0,05$

trudnych warunkach wzrostu, jakie panują w sąsiedztwie huty miedzi w Głogowie, *B. lutea* należy do grupy gatunków średnio uszkodzanych: 21,7 i 11,2% odpowiednio w latach 1986 i 1987 (średnio 16,4%); potomstwo z dwóch drzew *B. pubescens* do mocno i średnio uszkodzanych – 42,4 i 11,5%, (średnio 26,9%) oraz 26,6 i 15,1% (średnio 20,8%), natomiast *B. papyrifera* do grupy drzew najmocniej uszkodzanych – 42,6 i 17,5% (średnio 30,0%). Badane potomstwo 9 drzew *B. pendula* wykazało największe zróżnicowanie we wrażliwości na zanieczyszczenia wykazując uszkodzenia od 6,5 do 45,8% (tab. 7). *B. platyphylla* uważana przez niektórych autorów za gatunek względnie tolerancyjny, również w naszych badaniach okazała się jedną z najlepszych brzóz (14,0 i 1,3, średnio 7,6%), obok równie tolerancyjnej *B. tianschanica* (9,1 i 8,1, średnio 8,6%) i *B. coerulea-grandis* (28) (11,5 i 9,3, średnio 10,4%).

Zarówno na podstawie statystycznie opracowanych wyników badań, jak i bezpośrednich obserwacji terenowych, można jednak stwierdzić, że brzozy nie wykazywały tak dużego zróżnicowania we wrażliwości na zanieczyszczenia emitowane przez huty miedzi, jak inne gatunki drzew np. topole (Rachwał 1983, 1987, Rachwał i Kluczyński 1987).

Spośród drzew zaliczanych do grupy brzóz wyróżniających się względną odpornością można wyróżnić lepsze: *B. platyphylla* (17), *B. tianschanica*, niektóre *B. pendula* (13, 6) i gorsze: *B. atrata*, *B. costata*, niektóre *B. pendula* (2), trzeba jednak zaznaczyć, że bardzo duża zmienność osobnicza nie pozwala na jednoznaczny wybór najlepszych gatunków lub mieszańców brzóz. Zastanawiający jest również brak względnej powtarzalności wyników obserwacji uszkodzeń dla brzóz tego samego gatunku (np. *B. pendula*, *B. coerulea-grandis*). Można to tłumaczyć faktem, że wiele z badanych brzóz to mieszańce powstałe w wyniku niekontrolowanego zapylenia o znanym tylko drzewie matecznym.

Przy porównywaniu reakcji rodów względnie tolerancyjnej brzozy mandżurskiej (*B. platyphylla* 17, syn. *B. mandshurica*) z reakcją potomstwa brzozy tego samego gatunku *B. platyphylla* (30), nasuwają się pewne wątpliwości. Wątpliwości te można wyjaśnić następująco:

1. Mieszańcowym pochodzeniem nasion (z niekontrolowanego zapylenia), z których otrzymano siewki brzóz wykorzystane w doświadczeniach.

2. Geograficznym zróżnicowaniem tych brzóz, zakładając, że pochodzenie drzew matecznych jest różne. Drzewa mateczne *B. platyphylla* (30) nr inw. 10942 pochodzą z naturalnych stanowisk Doi-ling (Chiny), natomiast pochodzenie drzew matecznych *B. platyphylla* (17) nr inw. 9561 jest nieznane (Bojarczuk i Bojarczuk 1972) i można tylko przypuszczać, że pochodzą one z naturalnych stanowisk z Japonii lub Mandżurii.

3. Możliwe jest także zamieszanie brzóz i błędne oznaczenie drzew rosnących w kolekcji na różnych etapach jej gromadzenia (przy zbiorze i wysyłce nasion, przy wysiewie, szkółkowaniu, jak i sadzeniu w Arboretum).

Jednak mimo tych nieścisłości, z praktycznego punktu widzenia najistotniejsze jest to, że obok brzóz bardzo wrażliwych można znaleźć brzozy nawet nieznanego pochodzenia, charakteryzujące się podwyższoną tolerancją na

zanieczyszczenia powietrza. Brzozy te mogą być polecane do zadrzewienia stref ochronnych hut miedzi w większym stopniu niż wrażliwe *B. pendula*, *B. pubescens* i inne. Fakt, że w grupie drzew najmocniej uszkodzonych znalazło się potomstwo brzoź znanych z literatury jako brzozy tolerancyjne np. *B. platyphylla* (30) (syn. *B. mandshurica*) czy *B. papyrifera* wskazuje na mieszańcowy charakter badanych brzoź. Podobną zmienność wykazały różne gatunki brzoź w badaniach innych autorów (Antipov 1979, Biggs i Davis 1980, Šokova 1983). Jeżeli ocena stopnia tolerancji była dla jednych gatunków brzoź względnie jednoznaczna, o tyle dla innych bardziej zróżnicowana. Wyniki badań innych autorów cytowane w poprzedniej pracy przeglądowej (Wit-Rzepka i Rachwał 1989) potwierdzają te rozbieżności. Zmienność ta jest uwarunkowana genetycznie, a także może być modyfikowana przez czynniki klimatyczne, glebowe i inne.

#### WZROST WYSOKOŚCI I GRUBOŚCI BRZOŹ

Porównując przyrosty wysokości i grubości drzew na powierzchniach doświadczalnych w Kórniku i w Głogowie stwierdzono niejednorodną reakcję wielu gatunków brzoź na zanieczyszczenia środowiska (tab. 8, 9). Brzoza bardziej tolerancyjna na zanieczyszczenia powietrza – *B. platyphylla* (17) – reagowała inaczej niż pozostałe brzozy wykazując lepszy wzrost zarówno wysokości, jak i grubości w środowisku zanieczyszczonym (ryc. 4, 5). Natomiast siewki *B. tianshanica*, tylko nieznacznie uszkodzane w strefie ochronnej huty miedzi (średnio 8,6 %), w środowisku zanieczyszczonym znacznie gorzej przyrastały zarówno na wysokość, jak i na grubość. Pozostałe brzozy wykazywały przeciętnie słabszy wzrost wysokości i grubości w warunkach skażonego środowiska. Nie stwierdzono jednak istotnej korelacji między badanymi cechami a wielkością uszkodzeń liści brzoź.

#### OBSERWACJE ODNOWIENIA NATURALNEGO BRZOŹ

Niektóre brzozy z doświadczenia w strefie ochronnej Huty Miedzi Głogów zaczęły obradzać nasiona w wieku 5 lat, tj. już od 1982 roku, a większość badanych brzoź od 1983 roku. W 1986 roku zauważono pierwsze jednoroczne i dwuletnie siewki brzoź wewnątrz i w sąsiedztwie doświadczenia z brzozami. Wyrosły one z nasion powstałych w wyniku wolnego zapylenia prawdopodobnie między różnymi gatunkami i mieszańcami brzoź.

Siewki te znajdowano w miejscach, gdzie gleba była uprawiana, na skraju doświadczenia i w rzędach rosnących w sąsiedztwie topoli. Wartości stężeń miedzi, ołowiu, cynku i innych pierwiastków w glebie wokół samosiewu były przeciętnie wyższe od wartości średnich dla doświadczenia z brzozami (por. tab. 6). Stężenie miedzi w wierzchniej warstwie gleby (0-3 cm) pobranej w pobliżu samosiewu wahało się od 1490 do 1600 ppm miedzi rozpuszczalnej i od 2287 do

Tabela 8

Wysokość (m) jedenastoletnich brzoź (*Betula*) w doświadczeniu rodowym w strefie ochronnej huty miedzi w Głogowie i w Kórniku (grupa kontrolna)

Height (m) of 11-year-old birches (*Betula*) in the half-sib families experimental plot in the protection zone of copper smelter at Głogów and in Kórnik (control)

Nr rodu No. of birch family	Gatunek Species	Głogów	Kórnik
12	<i>B.pendula</i> 11/76	7,0 a	8,4 a
6	<i>B.pendula</i>	6,7 a b	8,1 a b
4	<i>B.pendula</i>	*6,7 a b	
7	<i>B. sp.</i> 11/3	6,3 a b c	8,0 a b
22=28	<i>B.coerulea-grandis</i>	6,3 a b c	7,2 a b c d
2	<i>B.pendula</i>	6,3 a b c	7,2 a b c d
62	<i>B.pendula</i>	6,3 a b c	7,1 a b c d
13	<i>B.pendula</i> 12/76	6,2 a b c d	8,6 a
57	<i>B. sp.</i>	6,1 a b c d	
8	<i>B. sp.</i> 1/20	5,9 a b c d	7,2 a b c d
1	<i>B.pendula</i>	5,9 a b c d	7,1 a b c d
27	<i>B.costata</i>	5,8 a b c d	
5	<i>B.pendula</i>	5,7 a b c d e	7,5 a b c d
17	<i>B.platyphylla</i>	5,7 a b c d e	3,7 f
31'	<i>B. sp.</i>	5,6 a b c d e	
28=22	<i>B.coerulea-grandis</i>	5,5 a b c d e	
3	<i>B.pendula</i>	5,5 a b c d e	7,5 a b c d
45	<i>B. sp.</i>	5,5 a b c d e	5,8 d e
23	<i>B. sp.</i>	5,4 a b c d e	(0,7) g
31	<i>B. sp.</i>	5,4 a b c d e	7,7 a b c
59	<i>B. sp.</i>	5,4 a b c d e	
53	<i>B. sp.</i>	5,2 a b c d e	
35	<i>B.papyrifera</i>	5,2 b c d e	*5,5
30	<i>B.platyphylla</i>	5,2 b c d e	7,0 a b c d
58	<i>B.atrata</i>	5,0 b c d e	
36	<i>B.tianschanica</i>	4,9 b c d e	8,7 a
29	<i>B. sp.</i> ( <i>B.pumila</i> ?)	4,9 b c d e	*3,5
37	<i>B.pubescens</i>	4,9 c d e	*5,5
24	<i>B. sp.</i>	4,7 c d e	
20	<i>B.pubescens</i>	4,7 c d e	*4,7
10	<i>B. sp.</i> WB 5/1	4,5 d e	6,3 b c d e
32	<i>B. sp.</i>	4,5 d e	
26	<i>B. sp.</i>	3,9 e	
54	<i>B. sp.</i>	3,9 e	6,0 c d e
55	<i>B. sp.</i>	*3,2	5,1 e f
86	<i>B.lutea</i>	1,4 f	(0,5) g
	Średnio Mean	5,3	6,2

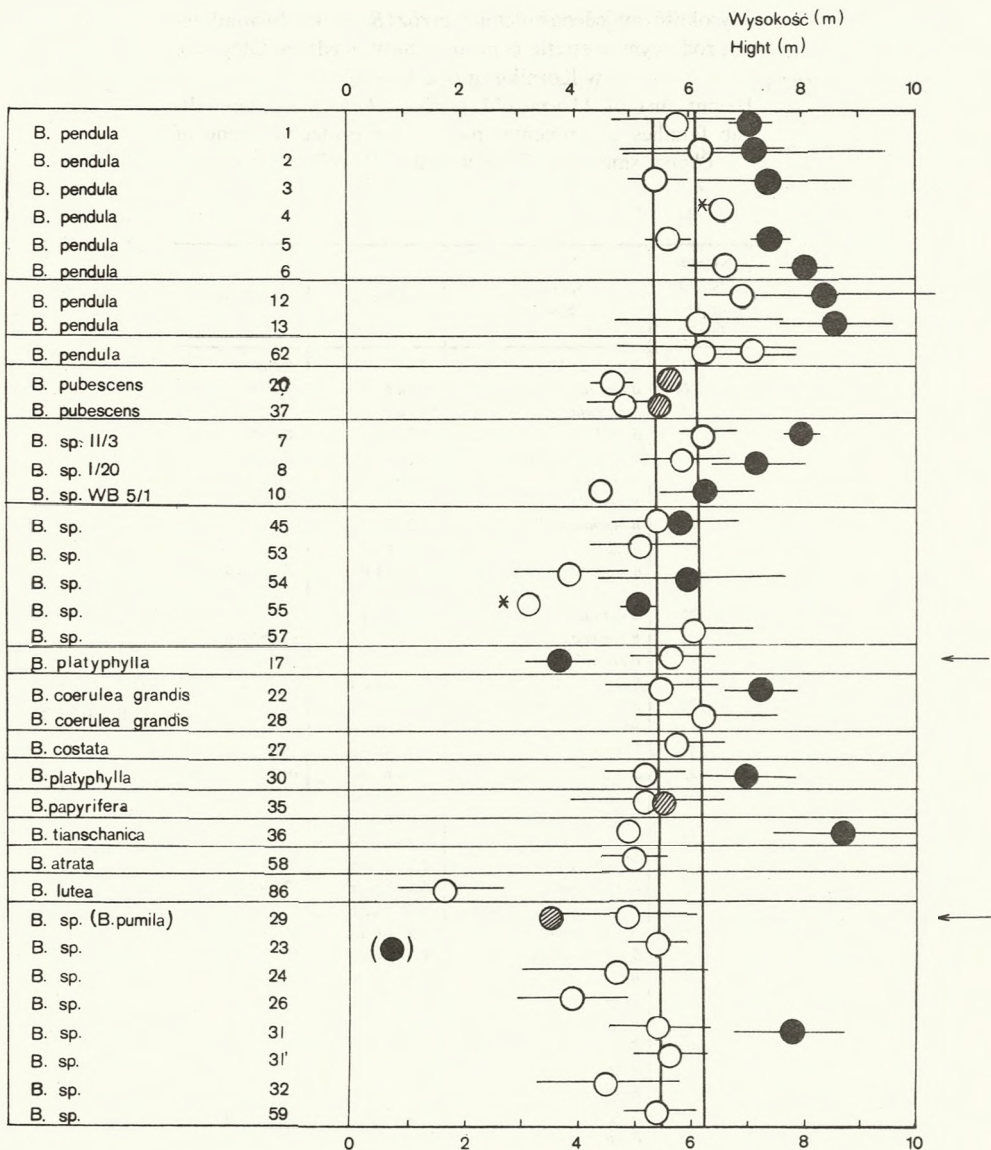
## Objaśnienia:

Explanation:

\* – jedno powtórzenie, observation from one replication

(0,7) – brzozy zgrzyżane przez zwierzyne, birch gnawing by animals

a, b, c, ... – te same litery oznaczają grupy statystycznie jednorodne wg testu Duncana na poziomie  $\alpha = 0,05$ a, b, c, ... – the same letter indicates a homogenous group according to the Duncan's multiple range test at  $\alpha = 0,05$



Objaśnienia:

Explanation :

- \* (hatched circle) - jedno powtórzenie  
- observation from one replication
- (filled circle) - brzozy zgryzane przez zwierzę  
- birch gnawing by animals

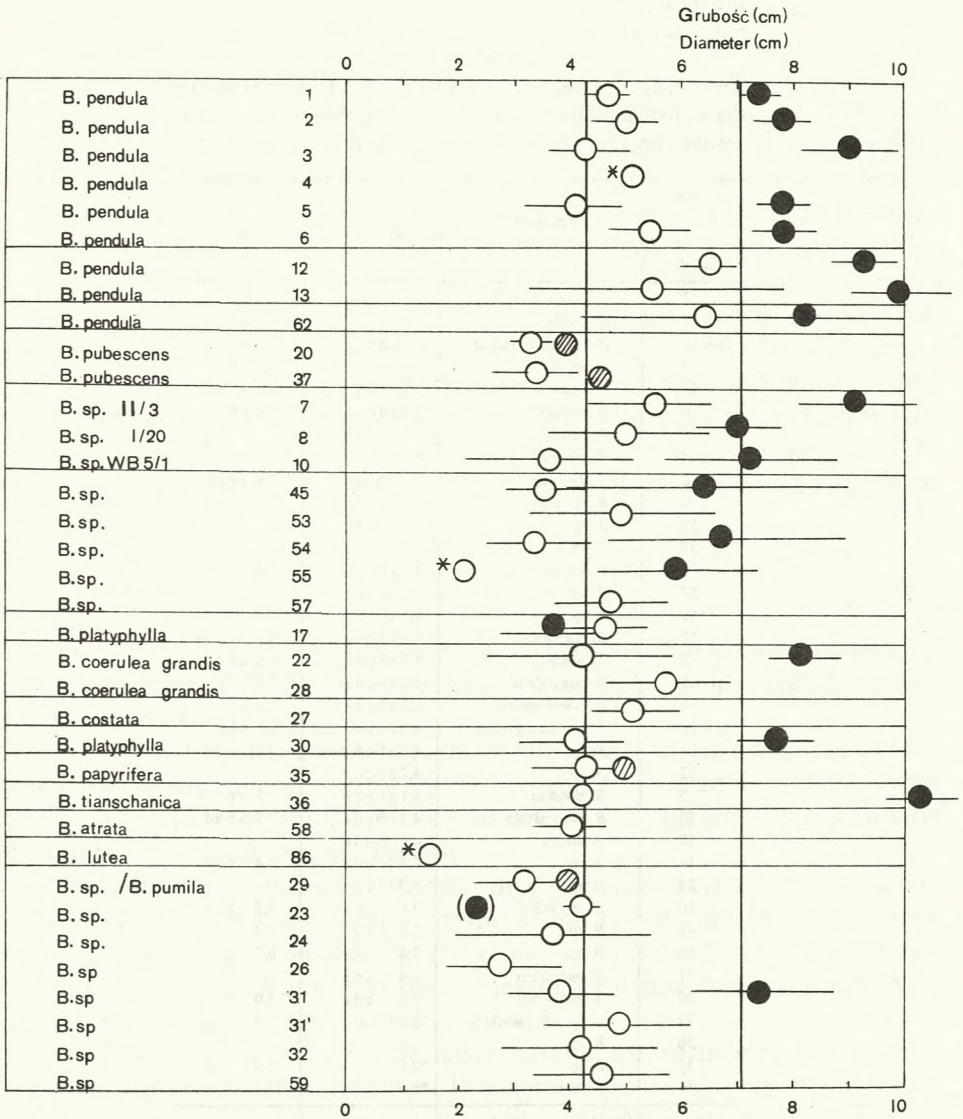
○ - Głogów  $\bar{x} = 5,33$

● - Kórnik  $\bar{x} = 6,20$

Ryc. 4. Wysokość jedenastoletnich brzozy (*Betula*) w doświadczeniach rodowych w Głogowie (SO<sub>2</sub> + metale ciężkie) i w Kórniku (kontrola)

Fig. 4. Height of 11-year-old birch (*Betula*) in the half-sib families experimental plots at Głogów (SO<sub>2</sub> + heavy metals) and at Kórnik (control)





Objaśnienia:

Explanation:

- \* (●) - jedno powtórzenie  
- observation from one replication
- (●) - zgryzane przez zwierzyne,  
pomiar grubości w szyi korzeniowej  
- gnawing by animals,  
measurements of diameter in the root collar

Głogów  $\bar{x} = 4,3$

Kórnik  $\bar{x} = 7,1$

Ryc. 5. Grubość jedenastoletnich brzoź (*Betula*) w doświadczeniach rodowych w Głogowie (SO<sub>2</sub> + metale ciężkie) i w Kórniku (kontrola)

Fig. 5. Diameter of 11-year-old birch (*Betula*) in the half-sib families experimental plots at Głogów (SO<sub>2</sub> + heavy metals) and at Kórnik (control)

Tabela 9

Pierśnica (cm) jedenastoletnich brzoź (*Betula*) w doświadczeniu rodowym w strefie ochronnej huty miedzi w Głogowie i w Kórniku (kontrola)

Breast height diameter (cm) of 11-year-old birches (*Betula*) in the half-sib families experimental plot in the protection zone of the copper smelter at Głogów and in Kórnik (control)

Nr rodu No. of birch family	Gatunek Species	Głogów	Kórnik
12	<i>B. pendula</i> 11/76	6,5 a	9,3 ab
62	<i>B. pendula</i>	6,4 ab	8,2 abcd
28=22	<i>B. coerulea-grandis</i>	5,7 abc	
7	<i>B. sp.</i> II/3	5,5 abcd	9,1 abc
13	<i>B. pendula</i> 12/76	5,5 abcd	10,0 a
6	<i>B. pendula</i>	5,4 abcd	7,8 abcd
27	<i>B. costata</i>	5,1 abcde	
4	<i>B. pendula</i>	*5,1	
2	<i>B. pendula</i>	5,0 abcde	7,8 abcd
8	<i>B. sp.</i> I/20	5,0 abcde	7,0 bcd
53	<i>B. sp.</i>	4,9 abcde	
31	<i>B. sp.</i>	4,9 abcde	
1	<i>B. pendula</i>	4,7 abcde	7,4 bcd
57	<i>B. sp.</i>	4,7 abcde	
59	<i>B. sp.</i>	4,7 abcde	
17	<i>B. platyphylla</i>	4,6 abcde	3,7 e
3	<i>B. pendula</i>	4,3 abcde	9,0 abcd
35	<i>B. papyrifera</i>	4,3 abcde	* 5,0
36	<i>B. tianschanica</i>	4,2 abcde	10,3 a
22=28	<i>B. coerulea-grandis</i>	4,2 abcde	8,1 abcd
23	<i>B. sp.</i>	4,2 abcde	(2,3) f
32	<i>B. sp.</i>	4,2 abcde	
5	<i>B. pendula</i>	4,1 abcde	7,8 abcd
30	<i>B. platyphylla</i>	4,1 abcde	7,7 abcd
58	<i>B. atrata</i>	4,0 bcde	
31	<i>B. sp.</i>	3,8 cde	7,4 bcd
24	<i>B. sp.</i>	3,7 cde	
10	<i>B. sp.</i> WB 5/1	3,6 cde	7,2 bcd
45	<i>B. sp.</i>	3,5 cde	6,4 d
54	<i>B. sp.</i>	3,4 cde	6,7 cd
37	<i>B. pubescens</i>	3,4 cde	* 4,6
20	<i>B. pubescens</i>	3,3 cde	* 4,0
29	<i>B. sp.</i> ( <i>B. pumila</i> ?)	3,2 de	* 3,9
26	<i>B. sp.</i>	2,8 e	
55	<i>B. sp.</i>	*2,1	5,9 de
86	<i>B. lutea</i>	*1,5	(1,7) f
	Średnio Mean	4,3	7,1

Objaśnienia:

Explanation:

\* – jedno powtórzenie, – observation from one replication

(2,3) – brzozy zgryzane przez zwierzyne, pomiar grubości w szyi korzeniowej

(2,3) – birch gnawing by animals, measurements of diameter in the root collar

a,b,c... – te same litery oznaczają grupy statystycznie jednorodne wg testu

Duncana na poziomie  $\alpha = 0,05$

a,b,c... – the same letter indicates a homogenous group according to the

Duncans multiple range test at  $\alpha = 0.05$

2312 ppm miedzi ogólnej. Wysokie było również stężenie ołowiu: od 405 do 469 ppm ołowiu rozpuszczalnego i od 435 do 480 ppm ołowiu ogólnego. Natomiast pH tej warstwy gleby wynosiło średnio 5,6 (pH-KCl). Kępy samosiewu znaleziono również w obrębie starszych, gospodarczych nasadzeń brzóz z lat 1978-79 w strefie poza doświadczeniem. Jest to najprawdopodobniej potomstwo *B. pendula* powstałe również w wyniku wolnego zapylenia. W sumie znaleziono sto kilkadziesiąt siewek brzóz. Obecność samosiewu brzozy w warunkach silnego zanieczyszczenia gleby solami metali ciężkich stwierdzili Banášová (1976) oraz James i Courtin (1985). Również Dykeman i de Sousa (1966) znaleźli brzozy na bagnistych glebach torfowych i glebach piaszczystych, w których stężenie miedzi ogólnej wynosiło odpowiednio 14400 i 8400 ppm!

Wyniki te pozwalają przypuszczać, że istnieje możliwość naturalnego odnowienia brzozy na glebach mocno zanieczyszczonych metalami ciężkimi w strefach ochronnych hut miedzi. Jednak warunki, które muszą być spełnione, by zjawisko to wystąpiło na szerszą skalę nie są jeszcze dokładnie poznane i wyjaśnione.

#### WNIOSKI

1. Wśród badanych rodów brzóz występują różnice w reakcji na zanieczyszczenia powietrza. Różnice te nie są jednak tak duże, jak u innych badanych gatunków drzew, np. topoli.

2. Badane rody brzóz charakteryzują się dużą zmiennością osobniczą w reakcji na zanieczyszczenia powietrza i gleby, co znacznie utrudnia ocenę i wybór najlepszych gatunków brzóz lub ich mieszańców dla potrzeb zadrzewień stref ochronnych zakładów przemysłowych.

3. Do gatunków względnie tolerancyjnych na zanieczyszczenia powietrza przydatnych do zadrzewień stref ochronnych hut miedzi, można zaliczyć rody *B. platyphylla* (17), *B. tianschanica*, *B. coerulea-grandis* i rody niektórych drzew *B. pendula*. Rody *B. atrata*, *B. costata* i niektórych drzew *B. pendula* należą do grupy brzóz najbardziej wrażliwych.

4. Stwierdzono stosunkowo duże międzygatunkowe zróżnicowanie brzóz pod względem grubości i wysokości drzew. Przeciętnie lepszy wzrost wykazały brzozy na powierzchni kontrolnej w Kórniku, co wskazuje na niekorzystne oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza z hut miedzi na badane cechy wzrostowe brzóz.

5. Pojawienie się nalotu brzożowego w obrębie doświadczenia w Głogowie wskazuje na podwyższoną odporność nasion i siewek mieszańców brzóz na zanieczyszczenia gleby.

#### PODZIĘKOWANIA

Panu Prof. dr. Stefanowi Białobokowi składamy serdeczne podziękowania za inicjatywę i cenne wskazówki w czasie planowania, przygotowywania materiału roślinnego i zakładania doświadczeń terenowych. Dziękujemy także Panu Prof.

dr hab. Ryszardowi Siwekiemu za wskazówki i krytyczne uwagi w trakcie obserwacji terenowych i przygotowywania pracy do druku. Panu mgr. inż. Tadeuszowi Krukowskiemu i Pani mgr inż. Barbarze Ziętkiewicz z Działu Ochrony Środowiska Huty Miedzi Głogów dziękujemy za wykonanie pomiarów imisji zanieczyszczeń.

#### LITERATURA

1. Anonim 1980. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 września 1980 r. w sprawie ochrony powietrza atmosferycznego przed zanieczyszczeniem. Dz. U. PRL Nr 24, poz 89.
2. Anonim 1987. Pomiar zanieczyszczeń powietrza w lasach – monitoring techniczny. Nr NCR-347. Sprawozdanie za okres letni 1986. IBL Warszawa, sierpień, 7 str., 22 tab., 34 ryc.
3. Anonim 1988. Pomiar zanieczyszczeń powietrza w lasach – monitoring techniczny. Nr NCR-347. Sprawozdanie za okres letni 1987. IBL Warszawa, maj, 8 str., 22 tab., 48 ryc.
4. Antipov V.G. 1979. Ustojeiwość drevesnych rastenij k promyšlennym gazam. Nauka i Technika, Minsk; 216 str.
5. Banášová V. 1976. Vegetácia medených a antimónových háld. Biologické Práce 22 (1); 109 str.
6. Białobok S., Rachwał L. 1975. Tymczasowy dobór drzew i krzewów ozdobnych dla miast szybko rozwijających się i miast przemysłowych. Min. Administr., Gosp. Teren. i Ochrony Środowiska, Depart. Gosp. Komun. Broszura do użytku służbowego. Warszawa 1975; 17 str.
7. Białobok S., Rachwał L. 1978. Wybór najlepszego składu drzew i krzewów do nasadzeń w strefach ochronnych H.M. „Legnica” i H.M. „Głogów” oraz wytyczne do zalesienia stref. Sprawozdanie z prac badawczych. Maszynopis; 28 str.
8. Białobok S., Rachwał L. 1981. Studies on tolerance variability of trees and shrubs to air pollution and utilisation of the results in landscape establishment. Arch. Ochr. Środ. 2-4; 101-106.
9. Biggs A.R., Davis D.D. 1980. Stomatal Response of Three Birch Species Exposed to Varying Acute Doses of SO<sub>2</sub>. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105 (4); 514-516.
10. Bojarczuk K., Bojarczuk T. 1972. Wykaz drzew i krzewów w Arboretum Kórnickim. Część II (Acanthopanax – Buxus). Arbor. Kórnickie 27; 185-194.
11. Cochran W.G., Cox G.M. 1957. Experimental Designs. II ed. Wiley publications in Statistics, New York, London.
12. Dykeman W.R., de Sousa A.S. 1966. Natural mechanisms of copper tolerance in a copper swamp forest. Can. J. Bot. 44(7); 871-878.
13. Ellertsen B.W., Powel C.J., Massey C.L. 1972. Raport on study of diseased white pine in East Tennessee. Mitt. Forstl. Bundes – versuchsanst. 97/I; 195-206.
14. H a w r y ś Z. 1984. Sensitivity of some deciduous trees to sulphur compounds and heavy metals. Ekol. pol. 32(1); 103-124.
15. James G.I., Courtin G.M. 1985. Stand structure and growth form of the birch transition community in an industrially damaged ecosystem, Sudbury, Ontario. Can. J. For. Res. 15; 809-817.
16. Kabata-Pendias A. 1978. The impact of copper mining and industrial activity of Lower Silesia on the chemical composition of plants. Final Report; Pl-ARS-24, Grant; FG-Po-302; 173 pp.
17. Kabata-Pendias A., Pendias H. 1979. Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym. Wyd. Geologiczne, Warszawa; 300 str.
18. Kluczyński B. 1979. Badania nad rozwojem i przydatnością wybranych gatunków drzew i krzewów do rekultywacji określonych składowisk popiołów energetycznych. Arbor. Kórnickie 24; 217-282.

19. Laskowski S., Szerszeń L., Roszyk E. 1976. Zawartość siarki i niektórych mikroelementów w madach odrzańskich okolic Głogowa. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 179; 427-438.
20. Mamaev S.A. 1969. Ustojčivost' dekorativnych rastenij i sistemy ozelenenija territorij medeplavil'nych zavodov Urala. W: Rastitel'nost' i promyšlennye zagraznenija. Sverdlovsk; 37 str.
21. Nikolaevskij V.S. 1979. Biologičeskije osnovy gazoustojčivosti rastenij. Novosibirsk, Nauka; 280 str.
22. Rachwał L. 1983. Tolerance variability of trees and shrubs to high concentrations of SO<sub>2</sub> and heavy metals. Aquilo Ser. Bot. 19; 342-353.
23. Rachwał L. 1987. Reakcje topoli na wysokie stężenia zanieczyszczeń emitowanych z hut miedzi. W: Siwecki R. (red.) II Krajowe Sympozjum „Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe”, Kórnik 16-19.05.1984. Wyd. Nauk. Uniw. A. Mickiewicza, Poznań; 209-215.
24. Rachwał L., Kluczyński B. 1987. Porównanie stopnia tolerancji drzew i krzewów na działanie wysokich stężeń związków siarki i związków fluoru w warunkach terenowych. W: Siwecki R. (red.) II Krajowe Sympozjum „Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe”, Kórnik 16-19.05.1984. Wyd. Nauk. Uniw. A. Mickiewicza, Poznań; 257-265.
25. Roszyk E. 1978. Zanieczyszczenie gleb i roślin uprawnych Pb, Cu i Zn w rejonie huty miedzi. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 206; 65-76.
26. Szerszeń L., Laskowski S., Roszyk E. 1978. Dynamika Cu, Pb, Zn, w glebach strefy ochrony sanitarnej Huty Miedzi „Głogów”, Materiały I Krajowej Konferencji, Puławy 4-6.05.1978, cz. II; 53-59.
27. Šokova R.I. 1983. Povreždaemost' drevesnych introducentov sernistym gazam. Bjuulleten' Glavnogo Botaničeskogo Sada 129; 55-57.
28. Wit-Rzepka M., Rachwał L. 1989. Reakcje brzóz na zanieczyszczenia z hut miedzi. Część I. Przegląd literatury. Arbor. Kórnickie 34: 171-184.
29. Zwoździak J., Zwoździak A. 1986. Trace metals in the atmosphere and atmospheric deposition in the vicinity of a coal-fired power plant and a copper smelter. Environ. Prot. Engin., 12(2): 99-108.

**Реакция берез на загрязнения с медеплавильных заводов.  
Часть II. Результаты полевых исследований\***

Резюме

Представлены результаты наблюдений повреждений листьев, роста и развития семей разных видов берез, растущих поблизости медеплавильного завода в Глогове в сравнении с контрольной площадью в Курнике. Отмечены значительные различия в реакции берез на загрязнение воздуха. К относительно толерантным видам (пригодным для озеленения защитных зон медеплавильных заводов) отнесены: *Betula platyphylla* (17), *B. tianschanica*, *B. coerulea-grandis* и семьи некоторых деревьев *B. pendula*. Наиболее восприимчивы были *B. atrata*, *B. costata* и семьи некоторых деревьев *B. pendula*. В среднем лучший рост в ширину и высоту показали березы на контрольной площади в Курнике за исключением *B. platyphylla* (17) (синоним *B. mandshurica*).

Самосев в границах опыта указывает на повышенную толерантность семян и сеянцев гибридов берез к сильному загрязнению почвы тяжелыми металлами.

\* Авторы: Л. Рахвал, М. Вит-Жепка

19. Ласков, С. В. 1987. Роль флоры в формировании растительности в условиях антропогенного воздействия. Доклады Академии наук СССР, 1987, т. 28, № 1, с. 1-4.

20. Матвеев, А. 1988. Биология. Минск: Белорусское государственное педагогическое институт им. Я. Коласа, 1988, 128 с.

21. Матвеев, А. 1989. Биология. Минск: Белорусское государственное педагогическое институт им. Я. Коласа, 1989, 128 с.

22. Радван, Л. 1987. Топографическое описание территории восточной части парка им. Я. Коласа. Доклады Академии наук СССР, 1987, т. 28, № 1, с. 1-4.

23. Радван, Л. 1987. Космологическое описание территории восточной части парка им. Я. Коласа. Доклады Академии наук СССР, 1987, т. 28, № 1, с. 1-4.

24. Радван, Л. 1987. Климатическое описание территории восточной части парка им. Я. Коласа. Доклады Академии наук СССР, 1987, т. 28, № 1, с. 1-4.

25. Радван, Л. 1987. Гидрологическое описание территории восточной части парка им. Я. Коласа. Доклады Академии наук СССР, 1987, т. 28, № 1, с. 1-4.

26. Радван, Л. 1987. Почвенное описание территории восточной части парка им. Я. Коласа. Доклады Академии наук СССР, 1987, т. 28, № 1, с. 1-4.

27. Радван, Л. 1987. Растительное описание территории восточной части парка им. Я. Коласа. Доклады Академии наук СССР, 1987, т. 28, № 1, с. 1-4.

28. Радван, Л. 1987. Животный мир территории восточной части парка им. Я. Коласа. Доклады Академии наук СССР, 1987, т. 28, № 1, с. 1-4.

29. Радван, Л. 1987. Экологическое описание территории восточной части парка им. Я. Коласа. Доклады Академии наук СССР, 1987, т. 28, № 1, с. 1-4.

30. Радван, Л. 1987. Биологическое описание территории восточной части парка им. Я. Коласа. Доклады Академии наук СССР, 1987, т. 28, № 1, с. 1-4.

31. Радван, Л. 1987. Географическое описание территории восточной части парка им. Я. Коласа. Доклады Академии наук СССР, 1987, т. 28, № 1, с. 1-4.

32. Радван, Л. 1987. Историческое описание территории восточной части парка им. Я. Коласа. Доклады Академии наук СССР, 1987, т. 28, № 1, с. 1-4.

33. Радван, Л. 1987. Современное описание территории восточной части парка им. Я. Коласа. Доклады Академии наук СССР, 1987, т. 28, № 1, с. 1-4.

34. Радван, Л. 1987. Прогноз развития территории восточной части парка им. Я. Коласа. Доклады Академии наук СССР, 1987, т. 28, № 1, с. 1-4.

35. Радван, Л. 1987. Заключение по описанию территории восточной части парка им. Я. Коласа. Доклады Академии наук СССР, 1987, т. 28, № 1, с. 1-4.