

ANNALES  
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA  
LUBLIN — POLONIA

VOL. XXVI, 25

SECTIO C

1971

Institut Biologii UMCS  
Zakład Botaniki Ogólnej

Jan RYDZAK

Jerzy PIÓRECKI

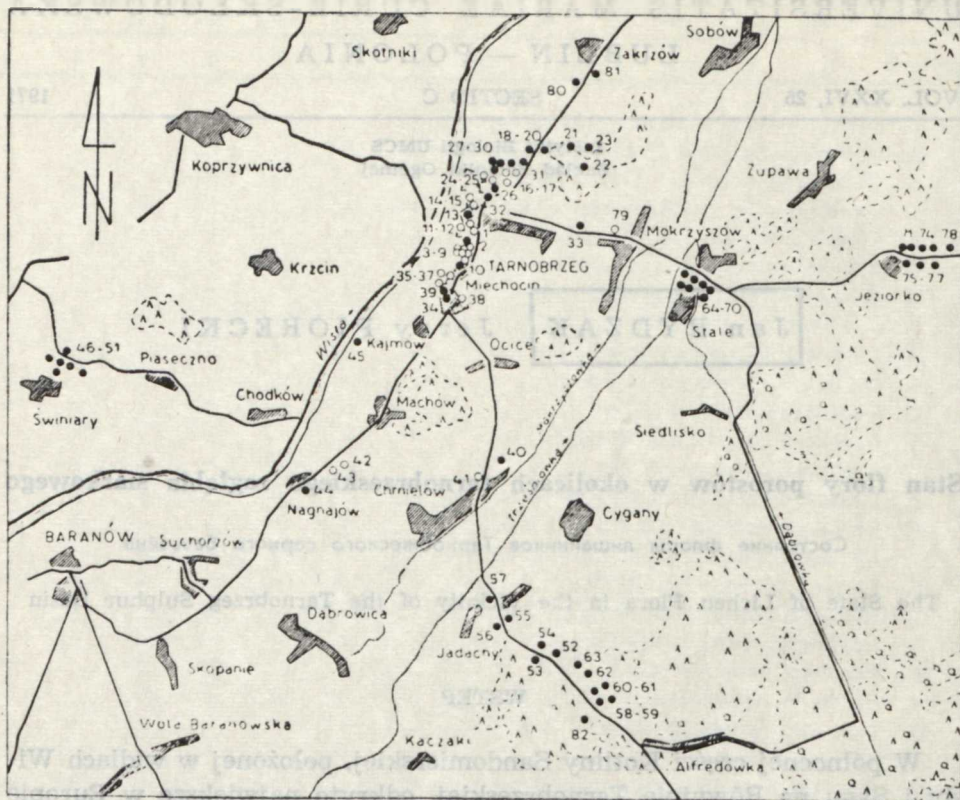
**Stan flory porostów w okolicach tarnobrzeskiego zagłębia siarkowego**

Состояние флоры лишайников Тарнобжеского серного бассейна

The State of Lichen Flora in the Vicinity of the Tarnobrzeg Sulphur Basin

WSTĘP

W północnej części Kotliny Sandomierskiej, położonej w widłach Wisły i Sanu na Równinie Tarnobrzeskiej, odkryto największe w Europie złoża rud siarki. Zalegają one stosunkowo płytko pod ziemią na dużym obszarze na wschód od Wisły między Nagnajowem a Tarnobrzegiem oraz w okolicy Piaseczna, położonego na lewym brzegu Wisły. Krajinę tę, zwaną też Równiną Nadwiślańską, ukształtowaną przez lodowiec, a później dzięki akumulacji materiałów polodowcowych — przez rzeki, pokrywają piaski, gliny i żwiry. Tereny płaskie, leżące na wysokości 150—160 m n.p.m., otaczają w obniżeniach rozległe obszary podmokłe. W pobliżu prawego brzegu Wisły ciągną się od Baranowa do Tarnobrzegu tarasy Wzgórz Tarnobrzeskich o wysokości od 180 do 191 m n.p.m. (2). W związku z rozbudową ośrodka przemysłowego wiele czynników spowodowało zmiany w środowisku przyrodniczym tej krainy. 1. W r. 1956 rozpoczęto budowę kopalni odkrywkowej w Piasecznie. Odsłonięcie złóż rudy siarkowej, jej transport taśmociągami do młynów kruszących i przewóz mialu na prawy brzeg Wisły do zakładów przetwórczych w Machowie — to pierwsze przyczyny zanieczyszczeń środowiska pyłami siarki i jej związków. 2. Budowa na rozległym terenie kopalni machowskiej i innych obiektów przemysłowych zmieniła krajobraz i stan zadrzewienia w okolicy. 3. Budowa nowego miasta-osiedla



Ryc. 1. Szkic rozmieszczenia stanowisk porostów według tab. 2  
Scheme of the distribution of lichen stands acc. to Table 2

w Tarnobrzegu wywarła wpływ na zmiany klimatu lokalnego i była dal-  
szym źródłem zanieczyszczeń powietrza pyłami i gazami spalinowymi.  
4. Następnym czynnikiem były dymy i gazy spalinowe ze wszystkich  
obiektów przemysłowych w Machowie. 5. Kopalnia w miejscowości Je-  
ziorko, gdzie czysta siarka wydobywana jest metodą podziemnego wy-  
topu, gromadzonego w składach odkrytych i transportowana otwartymi  
samochodami — to duże źródło zanieczyszczenia powietrza i gleby w oko-  
licy. 6. Częsty ruch samochodowy oprócz wydzielania gazów spalinowych  
powoduje wiry powietrza i unoszenie się pylastych cząstek rud siarko-  
wych i czystej siarki.

Wyniki pomiarów zanieczyszczeń powietrza na tym terenie, zesta-  
wione przez Wojewódzką Stację Sanitarno-Epidemiologiczną w Rzeszo-  
wie, podano w tab. 1. Autorzy wyrażają podziękowanie Dyrekcji Stacji  
za dostarczenie danych.

W tych specyficznych warunkach zachowanie się flory porostów jest  
szczególnie interesujące.

Tab. 1. Wyniki badań stężeń średniodobowych zanieczyszczeń gazowych atmosfery w rejonie Tarnobrzegu (według Wojewódzkiej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej w Rzeszowie)  
 The results of measurements of average daily concentrations of air pollution with gases in the region of Tarnobrzeg (acc. to Provincial Sanitary-Epidemiological Station in Rzeszów)

Okolica Region	Powierzchnia Area	Substancja Substance	Metoda Method	Liczba stanowisk Number of stands	Liczba próbek Number of samples	Liczba wyników przekraczających dopuszczalne stężenie 0				Stężenie Concentration mg/m <sup>3</sup>	Okres badań Period of investigations	
						Number of results exceeding the admissible concentration 0						
						25%	50%	100%	ponad over 100%			
Zagłębie siarkowe — Tarnobrzeg	196	SO <sub>2</sub>	kontakt.	67	474	4	4	2	—	0,658	0,002	I—XII 1969 r.
Okręg kopalni Jeziorko	44	SO <sub>2</sub>	kontakt.	17	117	—	—	—	—	0,350	0,004	I—XII 1969 r.
Kopalnia Jeziorko	6	SO <sub>2</sub>	kontakt.	16	88	10	3	2	4	0,790	0,002	VI—XII 1969 r.
Kombinat Machów	6	SO <sub>2</sub>	kontakt.	32	319	52	42	43	57	6,284	0,0045	I—XII 1969 r.
Tarnobrzeg miasto	11	SO <sub>2</sub>	aspir.	1	362	1	—	—	—	0,357	0,0001	I—XII 1969 r.
Baranów miasto	9	SO <sub>2</sub>	aspir.	1	356	—	—	—	—	0,084	0,0001	I—XII 1969 r.
Krczin wieś	4	SO <sub>2</sub>	aspir.	1	320	—	—	—	—	0,197	0,00004	I—XII 1969 r.
Jadachy wieś	5	SO <sub>2</sub>	aspir.	1	359	—	—	—	—	0,275	0,0001	I—XII 1969 r.
Jeziorko wieś	1	SO <sub>2</sub>	aspir.	1	356	—	—	—	—	0,156	0,0001	I—XII 1969 r.
Jeziorko wieś	1	H <sub>2</sub> S	aspir.	1	226	1	—	—	3	0,096	0,00005	V—XII 1969 r.

## CEL I METODA BADAŃ

Wstępne badania rozpoczęto w r. 1968 w okolicach Piaseczna i Swiniar, położonych na zachodnim brzegu Wisły. W kwietniu r. 1970 przeprowadzono rejestrację stanowisk porostów na terenach położonych na wschód od Wisły. Celem badań było poznanie aktualnego rozmieszczenia stanowisk porostów w okolicach zagłębia siarkowego oraz ocena skutków działania na florę porostów rozwijającego się w ciągu 15 lat okręgu przemysłowego. Wyniki tych wstępnych badań będą podstawą do obserwacji ewentualnych zmian zachodzących w stanie flory porostów w następnych latach. Przed uruchomieniem przemysłu siarkowego nie prowadzono w tej okolicy badań lichenologicznych, co utrudnia ocenę zmian w stanie flory porostów.

Metoda badań była podobna do stosowanej w dotychczasowych pracach (4—8). Użyłowano znaleźć drzewa (stanowiska) z okazami porostów, ocenić stopień pokrycia pnia według skali 10-stopniowej (1 = 1 do 10% powierzchni połowy pnia) oraz ocenić żywotność plech i rozmieszczenie na pniu. Zwracano też uwagę na stanowiska porostów na podłożu mineralnym. Badania terenowe prowadził mgr Jerzy Piórecki. W laboratorium prowadzono badania mikroskopowe martwych i uszkodzonych plech porostów.

## WYNIKI

Przeprowadzono obserwacje i zebrano materiały zielnikowe z obszaru o promieniu ok. 10 km od zakładów przemysłowych w Machowie wzdłuż najważniejszych ciągów komunikacyjnych biegnących do Tarnobrzegu (ryc. 1, tab. 2). Stan porostów badano wzdłuż dróg i w grupach pozostałych drzew w miejscowościach: 1) Tarnobrzeg — miasto, Miechocin, Chmielów, Jadachy, Alfredówka; 2) Nagnajów, Machów, Kajmów; 3) Baranów — Tarnobrzeg, na tzw. Kępach Nadwiślańskich, ciągnących się wzdłuż prawego brzegu Wisły w obrębie wałów przeciwpowodziowych; 4) Tarnobrzeg, Dzików, Wymysłów, Zakrzów; 5) Tarnobrzeg, Mokrzychów, Stale, Jeziorko; 6) okolice miejscowości Piaseczna i Swiniar; 7) badaniami objęto też skraj kompleksów leśnych Puszczy Sandomierskiej. Niektóre stanowiska porostów przewidziano jako kontrolne do badań porównawczych w najbliższych latach.

Wykazy stanowisk i gatunków porostów zestawiono w tab. 2. Mimo bardzo dużego zniekształcenia środowiska biologicznego w sąsiedztwie kopalni siarki i zakładów przetwórczych nie stwierdzono ujemnego wpływu tych zmian i zanieczyszczeń atmosfery na gatunki porostów, bujnie rozwinięte na starych murach, tynkach, betonach i pomnikach cmentarnych w Tarnobrzegu, Mokrzychowie, Miechocinie, Nagnajowie i Chmielowie. Stwierdzono natomiast brak porostów nadrzewnych na obszarze o promieniu ok. 3 km, sąsiadującym z ośrodkiem przemysłowym w Machowie. Tu znajdowano na korze drzew tylko glony. Promień „pustyni porostowej” w kierunku NW od centrum przemysłowego wyniósł tylko

ok. 2 km, gdyż na wierzbach i topolach na tarasie zalewowej Wisły rosło kilka gatunków porostów listkowatych i skorupiastych (nr 45). Na wielu drzewach między Baranowem a Tarnobrzegiem stwierdzono również brak porostów. Nie znaleziono ich też w obrębie nowo wybudowanego osiedla w Tarnobrzegu, podczas gdy w starych dzielnicach miasta, zwłaszcza w Dzikowie, były stanowiska normalnie rozwiniętych gatunków nadrzewnych (nr 26—32). Zbiorowisko leśne łągu jesionowego w Wymysłowie (nr 21—23) miało ubogą florę porostów. Natomiast przy drodze koło tej miejscowości na niektórych kasztanowcach stwierdzano dużo porostów, lecz niektóre plechy uszkodzone, zwłaszcza *Parmelia sulcata*. Przy drodze w okolicy miejscowości Jadachy i Alfredówka i w lesie mieszanym na brzozach, dębach i sosnach rosła bujna flora. Podobnie na topolach przy skraju dąbrowy obserwowano duże i dorodne plechy gatunków listkowatych (nr 52—63, 82). We wsi Stale na wielu drzewach oraz na słupach i żerdziach płotów była bujna flora (nr 64—70) mimo tego, że wiatry często wiejące w kierunku wschodnim przynoszą zanieczyszczenia atmosfery z centrum emisji w Machowie. Także w miejscowości Jeziorko na resztkach drzewostanów leśnych, mimo sąsiedztwa kopalni, dewastacji terenu, dymów i pyłów czystej siarki w atmosferze oraz dużego ruchu samochodowego, flora porostów była bardzo bujna, o pokryciu pni od 50 do 100% (nr 71—78). W Zakrzowie natomiast, oddalonym ok. 9 km od Machowa, na klonach jesionolistnych i robiniach porosty rozwinęły się słabo. Niektóre okazy *Parmelia sulcata* były martwe. W Świniarach, na zachód od Wisły i kopalni w Piasiecznie, nad stawami starorzecza Wisły flora porostów była bardzo bujna, o pokryciu pni od 70 do 90% (nr 46—51). Martwe plechy porostów były u jednych gatunków brunatne, a u innych białe i po zwilżeniu nie zieleśniały. Badania mikroskopowe wykazały w tych plechach zupełny brak chlorofilu w obrębie pozostałych błon komórek gonidiów. W miejscach częściowo tylko uszkodzonych plechy były białe lub białokremowe, a w preparatach mikroskopowych znajdowano nieliczne zielone i żywe komórki glonów.

#### DYSKUSJA I WNIOSKI

Badania prowadzone przez Stację Ochrony Powietrza Atmosferycznego w Tarnobrzegu (tab. 1) wykazują największe stężenia zanieczyszczeń powietrza w okolicy Machowa. W tym rejonie zamierają sosny. Bardziej odporne są drzewa liściaste, zwłaszcza brzozy i dęby. Wprawdzie średnie roczne stężenie  $\text{SO}_2$  nie przekraczają dopuszczalnej normy dla terenów chronionych  $0,35 \text{ mg/m}^3$  powietrza, ale najbardziej szkodliwe są emisje okresowe, przekraczające wielokrotnie normę, podczas awaryjnych zakłóceń w technologii produkcji przemysłowej. Szczególnie

groźne są okresy wzmożonej emisji podczas pogody bezwietrznej i niskiego pułapu chmur. Wówczas przy słabej cyrkulacji powietrza i ograniczonej konwekcji może przez pewien czas działać na rośliny stagnujące powietrze o wysokim stężeniu szkodliwych składników. Takie stany pogody częściej zdarzają się w zimie. Toteż częściej ulegają porażeniom drzewa szpilkowe, nie zrzucające igieł na zimę, a większą odporność wykazują drzewa liściaste, pozbawione liści przez kilka miesięcy w roku. W okresach letnich zdarzały się też wypadki zrzucania liści przez drzewa owocowe na skutek działania przypadkowo wysokich stężeń gazów w specyficznych warunkach meteorologicznych. W okresach przeciętnej emisji i sprzyjającej pogody szkodliwe składniki są rozwiewane wysoko i opadają na rośliny daleko od ośrodków produkcyjnych, powodując swym niskim stężeniem nieznaczne uszkodzenia roślin kwiatowych i porostów.

Porosty od ponad 100 lat uważane są za organizmy szczególnie wrażliwe na dwutlenek siarki i dlatego ich flora w miastach jest uboga („hipoteza trucizny”, 1, 3, 9, 10). Późniejsze badania nad stanem porostów w małych miastach i na drzewach przydrożnych, gdzie stężenie  $\text{SO}_2$  w atmosferze jest minimalne, wykazały, że są to rośliny reagujące na wszelkie zmiany mikroklimatyczno-ekologiczne środowiska naturalnego, a przede wszystkim na suszę w podłożu i w powietrzu („hipoteza suszy”, 1, 4—8). W tych środowiskach, zniekształconych przez gospodarkę człowieka, stan flory porostów może być ubogi niezależnie od stopnia zanieczyszczenia atmosfery. W Machowie w promieniu ok. 3 km wokół centrum przemysłu siarkowego brak porostów nadrzewnych spowodowały również różne przyczyny. Z głównych przede wszystkim należy wymienić dewastację środowiska przyrodniczego w związku z budową kopalni i zakładów przetwórczych, co wywołało zaburzenia równowagi biologicznej w okolicy. Następnie — wielkie zapylenie atmosfery, zmniejszające stale wilgotność powietrza z powodu adsorpcji i kondensacji pary wodnej na pyłach opadających i unoszących się w powietrzu. Wreszcie — duże stężenia związków siarki, a zwłaszcza  $\text{SO}_2$ , które działają w najbliższym sąsiedztwie emitorów zabójczo na porosty. Tak wpływają na organizm wszystkie fizyczne czynniki o nadmiernym natężeniu oraz wszystkie, nawet potrzebne, związki chemiczne, gdy są zbyt stężone. Z tego wynika, że przyczyną „pustyni porostowej” w okolicy Machowa był zespół różnorodnych czynników, których niekorzystne natężenie kumuluje się w sąsiedztwie ośrodka wytwarzającego ten zespół. Im dalej od tego źródła, tym bardziej zmniejsza się natężenie kumulacji i maleją skutki oddziaływania na porosty. Dowodem na to jest obecność normalnej flory porostów naskalnych w obrębie „pustyni”, a gatunków nadrzewnych w odległości 2 km na W (stanowisko nr 45) i ponad 3 km

na SE i E od centrum oraz brak porostów nadrzewnych w nowo wybudowanym osiedlu w Tarnobrzegu, odległym o ok. 7 km od źródła emisji. W pobliskiej, starej części miasta i w parku w Dzikowie na starych murach zobaczyć można bujną florę porostów natynkowych, a na dolnym tarasie parku (stan. nr 27—30) — duże plechy gatunków nadrzewnych, które bardzo rzadko stwierdzano na jego górnym tarasie. W odległości średnio 7 km od Machowa w kierunku N, NE, E i S często znajdowano normalną i dobrze rozwiniętą, rzadziej lekko uszkodzoną, florę porostów (stan. nr 52—63, 75—78), gdzie stężenie wymienionych wyżej czynników, a zwłaszcza  $\text{SO}_2$ , było mniejsze. Stężenie to było jednak wielokrotnie większe od tego, jakie mogło być w małych uzdrowiskach i przy wielu drogach, gdzie stwierdzano znacznie uboższą florę porostów, ale bez żadnych śladów uszkodzeń plech przez gazy spalinowe (5—7).

Badania w rejonie przemysłowym tarnobrzeskiego zagłębia siarkowego wykazują, że na stan flory porostów wpływa cały zespół szkodliwych czynników z  $\text{SO}_2$  włącznie, które tylko przy bardzo dużych stężeniach uniemożliwiają życie różnym gatunkom.

Badania te nie potwierdzają poglądu niektórych lichenologów, że porosty są wrażliwe nawet na ślady  $\text{SO}_2$  w atmosferze.

#### PIŚMIENNICTWO

1. Barkman J. J.: *Phytosociology and Ecology of Cryptogamic Epiphytes*. Assen 1958.
2. Kłos S.: *Województwo rzeszowskie*. Przewodnik. Wyd. Sport i Turystyka, 184—195, Warszawa 1969.
3. Pišút I.: Bemerkungen zur Wirkung der Exhalationsprodukte auf die Flechtenvegetation in der Umgebung von Rudňany (Nordostslovakie). *Biológia*, 17, 481—494, 1962.
4. Rydzak J.: Rozmieszczenie i ekologia porostów miasta Lublina. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C*, 8, 232—356 (1953), Lublin 1953.
5. Rydzak J.: Influence of Small Towns on the Lichen Vegetation. Part VII. Discussion and General Conclusions. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C*, 13, 275—323 (1958), Lublin 1959.
6. Rydzak J., Krysiak K.: Flora porostów Tomaszowa Mazowieckiego. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C*, 22, 169—194 (1967), Lublin 1968.
7. Flora i ekologia porostów drzew przydrożnych. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C*, 25, (149—157), Lublin 1970.
8. Rydzak J., Stasiak H.: Badania nad stanem flory porostów w rejonie przemysłu azotowego w Fuławach. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C*, 26, 329—342, Lublin 1971.
9. Skye E.: Luftföroreningars inverkan pa busk-och bladlavfloran kring skifferoljeverket i närkes Kvarntorp. *Svensk Bot. Tidsk.*, 52, 1, 132—190, 1958.

## РЕЗЮМЕ

В 1968 и 1970 гг. исследовали состояние флоры в повете Тарнобжег, на территории большого центра серной промышленности (рис. 1). Строительство шахты в Пяечно, Махове и Езерках, расширение города Тарнобжег и промышленного центра вызвали глубокие изменения в природной среде на территории больше 200 км<sup>2</sup>. Кроме того, в окрестности значительно возросло загрязнение воздуха пылью серных руд и чистой серы, дымом, летучими соединениями серы, выхлопными газами, а главным образом, сернистым газом SO<sub>2</sub>. Во многих пунктах (на всей территории) проведенные санэпидемстанцией измерения обнаружили большие концентрации газовых загрязнений воздуха (табл. 1). Эти факторы оказали большое влияние на состояние древесной флоры лишайников (табл. 2). Вблизи главного промышленного центра, в Махове, в пределах 6 км, древесные лишайники отсутствуют совершенно („пустыня лишайников“). В этой окрестности среднесуточная концентрация SO<sub>2</sub> составляет свыше 6 мг/м<sup>3</sup> воздуха, т.е. в 18 раз больше от допустимой нормы — 0,35 мг/м<sup>3</sup>. Исследования состояния флоры лишайников в небольших городах и при дорогах обнаружили (4—7) обеднение этой флоры несмотря на присутствие незначительного количества SO<sub>2</sub> в воздухе. Причиной этого состояния был не SO<sub>2</sub>, а неблагоприятные условия, отрицательно влияющие на водный режим древесных видов лишайников. В окрестности Махова, кроме изменений экологических условий, губительно действовали на лишайники очень большие концентрации SO<sub>2</sub>. Разумеется, каждый фактор, даже необходимый для жизни, может погубить организм, когда он действует сверх меры. Другим центром без лишайников является вновь построенный район в г. Тарнобжеге, где концентрация SO<sub>2</sub> равна 0,357 мг/м<sup>3</sup>, которая не может быть причиной этой „пустыни“ потому, что при такой же концентрации SO<sub>2</sub> в старом районе города флора древесных и скальных видов хорошо развита (табл. 2, 3—9, 18, 19, 26, 27, 32, 33 местонахождения). Зато в окрестностях шахты Озерко, несмотря на концентрацию SO<sub>2</sub>=0,790 мг/м<sup>3</sup>, флора лишайников была развита хорошо (напр., 71—78 местонахождения). Также в других местах на этой территории встречались местонахождения с хорошо развитыми талломами лишайников (напр., 52—63 местонахождения). Около здоровых и буйных представителей также встречались мертвые или частично поврежденные талломы.

Эти исследования показали, что очень большие концентрации SO<sub>2</sub> в воздухе являются пагубными для лишайников. Одновременно иссле-



дования не подтверждают взгляда некоторых лихенологов, что лишайники являются чувствительными даже на незначительные содержания  $\text{SO}_2$  в воздухе.

### SUMMARY

In 1968 and 1970 the state of lichen flora was investigated in the area of great center of sulphur industry in the Tarnobrzeg district (Fig. 1). The building of mines in Piaseczno, Machów and Jeziorki, the development of the Tarnobrzeg town and of industrial center brought changes in the ecological conditions of habitat in the area of over 200 km<sup>2</sup>. Besides, in the whole vicinity there increased the pollution of air with dust of sulphur ores and pure sulphur, with smokes, volatile sulphur compounds, combustion gases and mainly with sulphur dioxide ( $\text{SO}_2$ ). The measurements carried out by Sanitary-Epidemiological Station at many stations in that area showed high concentrations of air pollution with gases (Table 1). These factors had a great influence on the state of epiphytic lichen flora (Table 2). In the surroundings of the main industrial center at Machów no epiphytic lichens were found in the area of about 6 km<sup>2</sup> ("lichen desert"). In that vicinity the average daily concentration of  $\text{SO}_2$  amounted to over 6 mg/m<sup>3</sup> of air, i.e. it was about 18 times higher than the norm — 0.35 mg/m<sup>3</sup>. Investigations on the state of lichen flora in small towns and by the roadsides showed that the lichen flora became poorer in spite of the presence of only  $\text{SO}_2$  traces in the air. Such a state of lichen flora was not caused by the traces of  $\text{SO}_2$  but by unfavourable microclimatic and ecological conditions affecting the water management of epiphytic lichen species. In the vicinity of Machów not only the changes in ecological conditions but also high  $\text{SO}_2$  concentrations had a harmful effect on lichens (naturally every agent — even necessary to life — can kill the organism when it appears in excess). Newly constructed district in Tarnobrzeg was a second center without lichens. In that district  $\text{SO}_2$  concentration reached 0.357 mg/m<sup>3</sup> and therefore could not be the reason for the presence of "lichen desert" because the same  $\text{SO}_2$  concentration appeared in the old Tarnobrzeg district where the flora of epiphytic and epilithic species was well developed (Table 2, stands 3—9, 18, 19, 26, 27, 32, 33). The lichen flora was also rich in the vicinity of the mine Jeziorko (e.g. stands 71—78) in spite of  $\text{SO}_2$  concentration = 0.790 mg/m<sup>3</sup>. In other places of that area there were found the stands with well developed lichen thalli (e.g. stands 52—63). Beside healthy specimens there were also found those with dead or partly injured thalli.

The investigations showed that very high  $\text{SO}_2$  concentrations in the air are lethal for lichens. At the same time the investigations did not confirm the opinion of some lichenologists that the lichens are sensitive even to the traces of  $\text{SO}_2$  in the air.



