

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN — POLONIA

VOL. XXVI, 24

SECTIO C

1971

Instytut Biologii UMCS
Zakład Botaniki Ogólnej

Jan RYDZAK

Henryk STASIAK

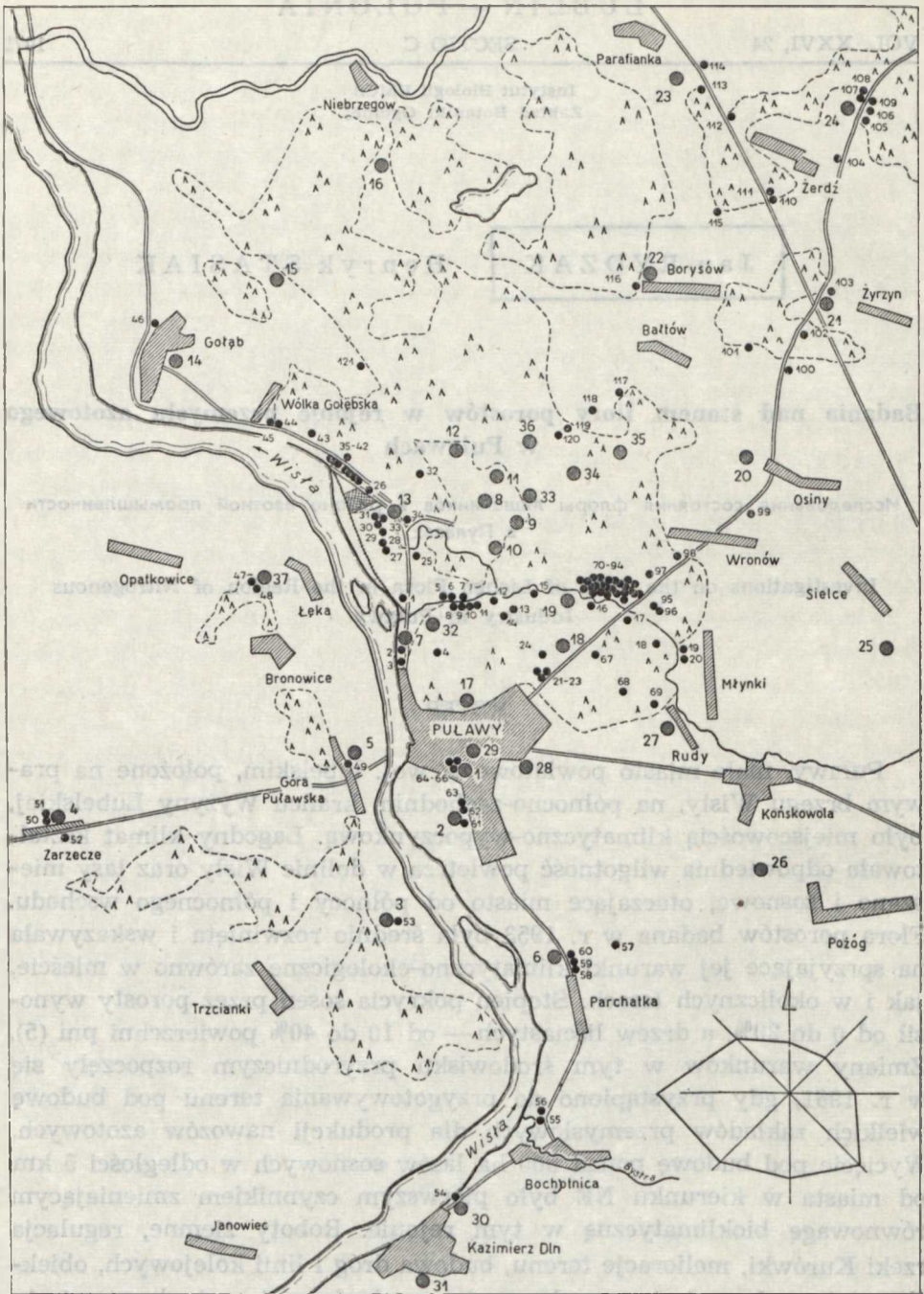
**Badania nad stanem flory porostów w rejonie przemysłu azotowego
w Puławach**

Исследования состояния флоры лишайников в районе азотной промышленности
в Пулавах

Investigations on the State of Lichen Flora in the Region of Nitrogenous
Industry in Puławy

WSTĘP

Puławy, małe miasto powiatowe w woj. lubelskim, położone na prawym brzegu Wisły, na północno-zachodnim krańcu Wyżyny Lubelskiej, było miejscowością klimatyczno-wypoczynkową. Łagodny klimat kształtowała odpowiednia wilgotność powietrza w dolinie Wisły oraz lasy mieszane i sosnowe, otaczające miasto od północy i północnego wschodu. Flora porostów badana w r. 1953 była średnio rozwinięta i wskazywała na sprzyjające jej warunki klimatyczno-ekologiczne zarówno w mieście, jak i w okolicznych lasach. Stopień pokrycia sosen przez porosty wynosił od 0 do 20%, a drzew liściastych — od 10 do 40% powierzchni pni (5). Zmiany warunków w tym środowisku przyrodniczym rozpoczęły się w r. 1961, gdy przystąpiono do przygotowywania terenu pod budowę wielkich zakładów przemysłowych dla produkcji nawozów azotowych. Wycięcie pod budowę ponad 500 ha lasów sosnowych w odległości 5 km od miasta w kierunku NE było pierwszym czynnikiem zmieniającym równowagę bioklimatyczną w tym rejonie. Roboty ziemne, regulacja rzeki Kurówki, melioracje terenu, budowa dróg i linii kolejowych, obiektów przemysłowych i gospodarczych, przebudowa i rozbudowa miasta oraz związany z tym ruch pojazdów mechanicznych — niosły nowe zmia-



Ryc. 1

ny w środowisku przyrodniczym. W czerwcu r. 1966 Zakłady Azotowe I uruchomiły produkcję przemysłową, a jednocześnie emisję do atmosfery wielu ton różnych związków chemicznych w postaci pyłów i gazów.

Już wiosną r. 1967 zauważono skutki działania owych zanieczyszczeń powietrza na rośliny. W okolicy osadników (p. nr 13), do których doprowadzane są ścieki przemysłowe, oraz w otoczeniu żuźłowiska, gdzie spływają wypłukiwane z elektrociepłowni popioły, stwierdzono w powietrzu znaczne stężenia amoniaku. W sąsiednich oddziałach lasu igły sosen pożółkły i opadły. Niektóre z drzew częściowo regenerowały, ale przyrosty były wadliwe, z miotełkowato skupionymi igłami o długości 16—18 cm. Bardzo wrażliwe na porażenia amoniakiem okazały się też jałowce i wrzosi. Większą odporność wykazały brzozy, dąb, borówka czernica i brusznica (2). W ciągu r. 1967 zniszczenie lasu postępowało szybko, głównie w kierunku północnym i północno-wschodnim od Zakładów, zgodnie z kierunkami przeważnie wiejących wiatrów.

Po uruchomieniu w r. 1967 nowych działów produkcji przez Zakłady Azotowe II wzrosło znacznie stężenie zanieczyszczeń powietrza, spowodowane emisją tlenków azotu oraz oparów saletry amonowej, które w postaci gęstej aerozolowej mgły opadały na rośliny. Skutkiem tego rozszerzyły się strefy stopni zniszczenia lasu i uległy porażeniu nie tylko sosny, lecz także brzozy i dęby, co zmusiło do wycinania obumarłych oddziałów lasu i odsłaniania żywych jeszcze drzewostanów. Do r. 1969 obszar całkowitego zniszczenia lasu wyniósł ok. 27 ha, strefa średniego uszkodzenia zajęła ok. 60 ha, a słabe porażenie drzewostanów objęło już obszar ok. 95 ha (2). Przewidywane jest dalsze rozszerzanie się wpływu Z.A. na zniekształcanie środowiska przyrodniczego w rejonie Puław.

W r. 1965 Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa (JUNG) podjął wielostronne badania nad stopniem zanieczyszczenia atmosfery i jego wpływem na środowisko. Badania są prowadzone stale w oparciu o zlecenia Komitetu Nauki i Techniki oraz Komitetu Badań Rejonów Uprzemysławianych przy Prezydium PAN i w porozumieniu z Dyrekcją Zakładów Azotowych, a także z Instytutem Badawczym Leśnictwa. Część wyników tych badań opublikowano (1, 2, 12). Prowadzone są ciągłe pomiary różnych zanieczyszczeń atmosfery w 37 punktach stałych (1, ryc. 1) oraz okresowe pomiary patrolowe. Zestawienie wyników tych badań w r. 1968/69 podano w tab. 2 (1).

Ryc. 1. Szkic rozmieszczenia punktów pomiarów zanieczyszczeń atmosfery i stanowisk porostów w rejonie Puław według tab. 2, 3

Distribution scheme of the stations of air pollution measurements and lichen stands in the region of Puławy acc. to Table 2, 3

Tab. 1. Dane meteorologiczne z r. 1960 i r. 1969
 Meteorological data for the year 1960 and 1969

Rodzaj pomiarów Kind of measurements	Rok Year	Stacja meteorologiczna Weather-station	Miesiące — Months											
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Opady w mm Rainfall in mm	1960	Puławy (p. 1)	33,2	11,7	12,9	21,6	99,5	53,7	179,1	72,3	41,6	64,7	33,1	31,1
	1969	Puławy	12,7	20,1	18,6	29,8	53,8	42,1	54,4	71,4	10,1	15,3	54,2	47,5
	1960	Osiny (p. 20)	25,6	13,5	13,6	35,9	74,7	94,1	192,3	70,3	47,2	86,0	33,4	35,0
	1969	Osiny	12,1	18,2	17,3	27,6	67,8	35,6	57,8	67,8	16,1	19,7	63,6	33,4
	1960	Pożóg (p. 26)	19,0	8,3	13,8	33,3	86,7	86,0	209,8	57,3	33,5	73,5	32,0	38,6
	1969	Pożóg	8,3	17,9	13,5	26,8	54,6	61,3	61,1	63,2	9,3	13,2	56,8	37,0
1969	Sadłowice (p. 3)	12,1	21,1	25,2	25,8	51,0	41,4	63,2	60,2	9,1	12,6	67,7	50,9	
Temperatura w °C Temperature in °C	1960	Puławy	-3,4	-3,4	1,7	6,6	13,0	17,4	17,4	16,9	12,0	9,4	5,4	3,2
	1969	Puławy	-6,2	-4,2	-2,2	6,8	15,4	17,2	18,9	17,0	13,5	8,4	5,6	-8,2
	1960	Osiny	-3,8	-3,4	1,5	6,6	12,7	16,9	17,0	16,5	11,8	9,3	5,3	3,2
	1969	Osiny	-6,2	-4,5	-2,0	6,6	15,1	17,1	18,5	17,2	13,6	8,5	5,5	-8,6
	1960	Pożóg	-3,4	-3,3	1,2	6,3	12,2	16,5	16,8	16,4	11,4	9,2	5,2	3,3
	1969	Pożóg	-6,4	-4,6	-2,3	6,4	14,8	16,0	17,7	16,3	13,3	8,5	5,5	-8,7
1969	Sadłowice	-6,4	-4,2	-2,5	6,1	14,8	16,8	18,2	16,6	12,6	7,7	5,5	-8,7	
Wilgotność względna w % Relative humidity in %	1960	Puławy	88	85	76	74	72	76	82	87	80	88	90	89
	1969	Puławy	80	80	76	72	69	72	70	77	76	76	79	82
	1960	Osiny	87	83	79	74	70	76	82	79	77	86	90	89
	1969	Osiny	83	86	83	75	68	71	67	70	73	77	81	85
	1960	Pożóg	88	84	79	75	81	86	83	85	50	86	89	86
	1969	Pożóg	83	84	85	74	70	77	73	76	71	76	81	85
1969	Sadłowice	77	80	77	74	70	75	71	77	78	78	82	81	

Objasnienia: p. — 1, 3, 20, 26 — stacje meteorologiczne i punkty pomiarowe zanieczyszczeń atmosfery według ryc. 1.
 Explanation: p. — 1, 3, 20, 26 — weather-stations and measurement stations of air pollution acc. to Fig. 1.

W planach JUNG i PAN nie uwzględniono badań nad porostami, które uważane są od ponad 100 lat za bardzo czułe wskaźniki wszelkich zmian zachodzących w ich środowisku ekologicznym. Badania w tym kierunku podjęto niezależnie od wymienionego wyżej planu JUNG.

METODA BADAN

W oparciu o obserwacje z r. 1953 (5) wybrano w r. 1965 kilkanaście drzew w lesie otaczającym tereny Z.A. jako stanowiska kontrolne do wieloletnich obserwacji zachowania się różnych gatunków porostów w zmieniających się warunkach środowiska. Na tych stanowiskach rozwinięta była normalnie flora porostów, podobna do stanu z r. 1953.

W r. 1967 zbadano drzewostany w promieniu ok. 2 km od obiektów przemysłowych. Wobec niespodziewanie szybkiego zaniku flory porostów rozpoczęto w jesieni r. 1969 badania całego rejonu, na którym były prowadzone przez JUNG pomiary zanieczyszczeń atmosfery (ryc. 1). Badania zakończono 15 VI 1970 r. W określonych odległościach od centralnego punktu pomiarowego (ryc. 1, p. 8) poszukiwano żywych plech porostów na wielu pniach drzew od strony fabryki i od strony przeciwnej. Każde drzewo, na którym znaleziono nawet tylko resztki żywych plech porostów, oznaczono na ryc. 1 numerem stanowiska i podano w tab. 3. W okolicy o większej liczbie drzew z żywymi okazami porostów wybierano stanowiska najbardziej porośnięte i oceniano stopień pokrycia według skali 10-stopniowej (1 = pokrycie od 1 do 10% połowy powierzchni pnia do wysokości 2 m). Jednocześnie wyznaczono drzewa jako stanowiska kontrolne do okresowych obserwacji w następnych latach. W laboratorium prowadzono badania mikroskopowe martwych lub uszkodzonych plech porostów.

WYNIKI

W r. 1966 stwierdzono, że większość drzew kontrolnych została wycięta, a na pozostałych drzewach były tylko resztki martwych plech porostów. Na wiosnę r. 1967 w okolicy osadnika ścieków Z.A., przy drodze z Puław do Gołębia, w pobliżu punktu pomiaru zanieczyszczeń atmosfery (ryc. 1, p. 13) sosny w borze zrzuciły igły w wyniku awaryjnego wydalania amoniaku przez Z. A., w lecie większość sosen wytworzyła nowe igły, ale sosny i topole, rosnące bliżej osadnika i brzegów starego koryta rzeki, zamarły. Na pozostałych w lesie drzewach znaleziono 4 X 1967 r. tylko jasnobrunatne martwe plechy *Hypogymnia (Parmelia) physodes* i szcerniałe resztki *Pseudevernia (Parmelia) furfuracea*. Natomiast koło Wólki Profeckiej (p. 7) na wierzbach i dalej na S, bliżej krańców miasta, na wierzbach (*Salix fragilis*) i jesionach (*Fraxinus pennsylvanica*) rosła normalna dla drzew przydrożnych, bujna i nie uszkodzona flora porostów, pokrywająca powierzchnie pni w 60%. Odległość tych stanowisk (ryc. 1, nr 1, 2, 3) od osadnika, będącego wtórnym źródłem trującego działania na las, wynosiła ok. 3 km. W czerwcu r. 1970 na owych drzewach znaleziono te same gatunki porostów, tylko częściowo

Tab. 2. Przeciętne roczne ilości zanieczyszczeń powietrza
 Mean yearly amounts of air pollution in the region

Sektor Sector	Nr punktu pomiarów No. of measure- ment station	Całkowita sedymentacja Total sedi- mentation	S ₂ SO ₄	a SO ₂	N/NH ₄	b NH ₂
Zakłady	8	155	6,5	0,26	12,1	8,62
Azotowe	9	84	3,5	—	9,3	—
	10	42	2,8	0,29	2,5	1,47
	11	60	4,4	0,27	5,2	1,69
	12	41	2,9	—	3,3	—
	13	43	3,5	0,35	4,0	6,69
	33	170	5,6	0,26	25,3	5,44
	m	85	4,2	0,29	8,8	4,70
Miasto	1	42	3,2	0,43	1,7	0,35
Puławy	7	91	2,8	0,46	1,5	0,37
	17	53	2,4	0,31	1,6	—
	28	62	2,7	0,37	1,5	0,19
	29	93	2,8	—	1,1	—
	32	54	2,0	0,15	1,8	—
	m	66	2,6	0,34	1,5	0,30
NE	20	34	2,7	0,29	1,9	0,45
	21	43	2,3	0,28	1,6	0,16
	22	48	2,1	0,13	2,1	0,11
	23	29	2,2	0,20	1,5	0,16
	24	38	2,3	0,17	1,6	0,15
	34	58	3,1	0,07	6,6	0,45
	35	54	2,4	0,11	2,9	0,26
	36	49	2,8	0,13	5,2	—
	m	44	2,5	0,17	2,9	0,25
SE	6	36	1,9	—	1,1	—
	18	54	2,3	0,13	1,9	0,16
	19	68	2,7	0,27	2,1	0,44
	25	38	2,6	—	1,6	—
	26	34	2,4	0,34	1,7	0,18
	27	52	2,4	—	1,8	—
	m	47	2,4	0,25	1,7	0,26
SW	2	39	2,2	0,32	1,2	0,32
	3	48	2,3	0,22	1,5	0,30
	4	38	2,1	0,40	1,3	0,23
	5	40	2,2	0,28	1,3	0,18
	30 *	71	2,4	—	1,7	—
	31 *	59	1,6	—	1,6	—
	37	57	2,6	0,35	1,6	—
	m	40	2,3	0,31	1,4	0,26
NW	14	50	2,4	0,18	1,8	0,14
	15	48	2,0	0,14	1,6	—
	16	37	2,1	0,27	1,5	—
	m	45	2,2	0,20	1,6	—

Objaśnienia: a — adsorbcja w mg SO₂/100 cm² PbO₂ na dobę. Wyniki pomnożone przez 0,09 dają liczbę mg/m³; b — mg NH₄/100 cm² H₂SO₄ na dobę, pomiary od IV do X. Inne wyniki pomiarów w tonach/km², m — średnia dla sektora, * — nieczyenne od XII do III, nie wliczono do m.

w rejonie Puław w okresie od XI 1968 r. do X 1969 r.
of Pulawy from November, 1968 to October, 1969

N/NO ₂	pH		Ca	Mg	P ₂ O ₅	K	Na
	max.	min.					
5,78	7,9	6,5	2,8	0,56	0,07	1,19	0,75
6,17	8,2	5,8	1,1	0,55	0,04	1,18	0,57
0,65	6,6	4,4	1,1	0,28	0,08	0,48	0,48
2,36	7,4	6,1	0,9	0,23	0,24	0,52	0,33
0,75	7,0	5,4	0,8	0,18	0,11	0,29	0,48
0,41	7,9	5,4	0,9	0,23	0,07	0,29	0,41
23,80	7,3	5,4	1,3	0,30	0,08	0,37	0,34
5,70	—	—	1,3	0,33	0,10	0,62	0,48
0,18	6,5	4,0	1,3	0,27	0,10	0,36	0,46
0,20	6,6	4,0	1,6	0,31	0,21	0,69	0,37
0,27	6,8	4,6	1,4	0,31	0,08	0,46	0,47
0,20	6,4	4,0	1,2	0,30	0,14	0,42	0,31
0,15	7,3	4,2	2,6	0,35	0,08	0,36	0,34
0,35	6,6	4,5	1,0	0,25	0,13	0,80	0,47
0,22	—	—	1,5	0,30	0,12	0,52	0,40
0,26	6,4	4,6	0,7	0,18	0,09	0,48	0,28
0,17	6,4	4,6	0,8	0,16	0,12	0,38	0,33
0,23	6,6	4,5	0,7	0,23	0,08	0,41	0,38
0,19	6,6	4,1	0,7	0,24	0,07	0,34	0,30
0,16	6,7	4,8	0,7	0,25	0,10	0,37	0,42
3,46	7,3	6,0	0,8	0,20	0,06	0,30	0,52
0,72	7,0	5,8	0,9	0,24	0,05	0,45	0,35
1,46	7,3	6,0	0,9	0,28	0,11	0,37	0,31
0,83	—	—	0,8	0,22	0,08	0,30	0,36
0,17	6,0	4,1	0,8	0,19	0,05	0,37	0,37
0,33	6,7	4,6	0,9	0,20	0,12	0,42	0,43
0,50	7,5	4,6	1,4	0,34	0,11	0,50	0,49
0,22	6,4	4,4	0,8	0,34	0,10	0,38	0,40
0,23	6,4	3,8	0,7	0,19	0,09	0,26	0,42
0,23	6,0	4,4	1,0	0,23	0,06	0,35	0,35
0,28	—	—	0,9	0,25	0,09	0,38	0,41
0,20	6,2	4,0	0,8	0,22	0,10	0,32	0,37
0,14	6,2	5,0	0,9	0,22	0,07	0,37	0,43
0,16	6,7	4,3	0,9	0,20	0,14	0,38	0,45
0,16	6,2	4,1	1,0	0,26	0,11	0,37	0,52
0,19	—	—	1,5	0,32	0,19	0,64	0,55
0,14	—	—	1,0	0,31	0,14	1,34	0,37
0,39	6,6	4,0	1,0	0,21	0,07	0,42	0,39
0,21	—	—	0,9	0,22	0,10	0,37	0,43
0,21	6,7	5,3	1,0	0,29	0,10	0,47	0,44
0,31	6,8	5,0	0,8	0,19	0,06	0,38	0,37
0,19	6,9	4,6	0,7	0,17	0,07	0,30	0,35
0,24	—	—	0,8	0,22	0,08	0,38	0,39

Explanation: a — adsorption in mg SO₂/100 cm² PbO₂ per day. The results multiplied by 0.09 give the number mg/m²; b — mg NH₄/100 cm² H₂SO₄ per day, the measurements from June to October. Other results of measurements in tons/km², m — mean for a sector, * — closed down from December to March, not included into m.

uszkodzone (ok. 20%). Badania prowadzone w październiku r. 1967 w bezpośrednim sąsiedztwie Z.A. wykazały znaczne zubożenie flory porostów. W okolicy punktów pomiarowych 9, 10, 33 na większości sosen pozostały tylko resztki martwych plech. Ale na niektórych sosnach oraz na dębach i brzożach znaleziono żywe okazy *Hypogymnia physodes*, *Pseudevernia furfuracea* — 2 plechy, *Parmelia sulcata*, *Cladonia coniocrea*, *Lecidea olivacea*, *Lecanora carpinea*, *Phlyctis argena* i *Lepraria aeruginosa*. Nawet w okolicy p. 8 na młodym dębie rosnącym na skwerze koło hotelu było kilka zdrowych plech *Parmelia sulcata*, *Evernia prunastri*, *Lecidea olivacea* i *Lecanora carpinea*. Tych stanowisk w tab. 3 nie podano. W kwietniu r. 1970 w okolicy p. 9 w drzewostanach na N, E i SE od ogrodzenia terenów fabrycznych nie znaleziono nawet śladu porostów. Natomiast w lasach Instytutu w r. 1967 (ryc. 1, nr 4—21) stan flory porostów był tylko częściowo zmieniony w porównaniu ze stanem z r. 1953. Rzadko znajdowano porażone plechy. W drzewostanach okolicy dworca kolejowego nielicznie występowały gatunki krzaczaste *Evernia prunastri*, *Ramalina farinacea* i *R. pollinaria*, a z listkowatych *Parmelia caperata*. Gatunki te były tu w r. 1953 bardzo pospolite i występowały w dużych ilościach (5, stanowiska 71—81). W r. 1970 znaleziono na tych stanowiskach te same gatunki żywe (nawet *Evernia prunastri*), ale niektóre okazy były martwe, a inne w różnym stopniu uszkodzone. Stopień uszkodzenia oceniono w przybliżeniu na 50%.

Stan flory porostów na badanym obszarze (ryc. 1) wykazano przy pomocy zestawu 11 stanowisk w tab. 3. Zasięg „pustyni porostowej” w kierunku N, NE, E, SE nie przekracza na ogół 3 km, a ku zachodowi 2 km, co wynika z częstości wiatrów. Im dalej od źródła emisji zanieczyszczeń, tym częściej były spotykane żywe plechy porostów na stronie pni zwróconej ku fabryce. Na stronie przeciwnej znajdowano porosty bliżej i częściej. Drzewa poza ścianą liściastych drzewostanów, osłaniających je od ciągów zanieczyszczonego powietrza, miały lepiej rozwinięte zbiorowiska gatunków porostów. Mimo tego uszkodzone plechy znajdowano w okolicy p. 24, odległego od p. 8 i terenów przemysłowych o ponad 11 km. Martwe lub uszkodzone plechy miały nienormalne dla gatunku zabarwienie: popielatobiałe, żółtawobeżowe, brunatnoczarne. Często znajdowano plechy *Xanthoria parietina* popielatego koloru. W plechach jeszcze żywych przeważnie tylko wzniesione końce łatek były jaśniejsze. W laboratorium oznaczanie gatunku z pozostałych resztek plech było trudne, a często też niemożliwe, gdyż stosowanie barwików diagnostycznych nie zawsze było skuteczne. Plechy pozornie martwe, gdy po zwilżeniu przynajmniej lekko zazieleniały się — uważano za żywe. W preparatach mikroskopowych martwych plech znajdowano wśród bezbarwnych komórek gonidiów bardzo nieliczne zielone, żywe komórki.

W porażonych, zbielałych końcach łatek stwierdzono ok. 10 do 20% zielonych gonidiów. Strzępki grzybów były często splazmolizowane. Na plechach nawet bardzo uszkodzonych apotecja zachowywały najdłużej wygląd zbliżony do normalnego. W preparatach mikroskopowych nie zauważono plazmolizy trwałej ani w workach, ani w zarodnikach. Żywotności zarodników nie sprawdzano. Pospolicie występowały żywe glony nadrzewne, osiedlające się nawet na martwych plechach porostów. Dość często soredia na uszkodzonych a nawet martwych plechach zazieleniały się po zwilżeniu wodą, co przyjmowano za objaw życia. Również znajdowano części plech rozpadające się w proszkowatą masę soredialną, zzielieniącą po zwilżeniu wodą — najczęściej u *Hypogymnia physodes*. W obrębie „pustyni porostowej” pospolicie spotykano proszkowatą plechę *Lepraria aeruginosa*, zmieniającą barwę po zwilżeniu. Najdłużej utrzymywały się przy życiu: *Xanthoria parietina*, *Physcia dubia*, *Physcia grisea*, *Physcia adscendens*, *Lecanora carpinea*, *Lecidea olivacea*. W sąsiedztwie tych gatunków najczęściej martwa lub uszkodzona była *Parmelia sulcata*. Znajdowano w niektórych miejscach (w szczelinach kory) bardzo małe plechy *Xanthoria parietina* i jakichś gatunków *Physcia*. Prawdopodobnie były to młode okazy regenerujące po przejściu w poprzednich okresach zabójczych fal nadmiernie stężonych gazów. Rozpoczęto w rejonie Puław badania porównawcze nad żywotnością różnych gatunków porostów i szybkością ich regeneracji.

DYSKUSJA

Pod wpływem zanieczyszczeń powietrza wydaliniami przemysłowymi zamierają drzewa, jałowce i wrzosi w lasach otaczających tereny Zakładów Azotowych w Puławach. Flora porostów została zniszczona na obszarze ok. 5 km², a częściowe uszkodzenia plech znajdowano w odległości 11 km w linii powietrznej od źródła emisji. Szybkość degradacji środowiska przyrodniczego jest nadspodziewanie wielka. Tej szybkości i zasięgu zmian nie można wytłumaczyć ani przy pomocy dotychczasowej hipotezy o szczególnej wrażliwości porostów na SO₂ (3, 11), ani w oparciu o hipotezę, że dla gatunków porostów nadrzewnych niekorzystne są wszelkie zmiany warunków ekologicznych siedliska, a zwłaszcza jego wilgotności (4—8, 10). Wrażliwości porostów nawet na niskie stężenia SO₂ w powietrzu nie potwierdziły badania w średnich i małych miastach, gdzie na jednych siedliskach brak było porostów, a na sąsiednich, ekologicznie odpowiednich, żyły różne gatunki mimo jednakowego stężenia SO₂. Również w okolicach o wyższych stężeniach SO₂ w powietrzu na niektórych stanowiskach znajdowano porosty, np. w Tomaszowie Mazowieckim (7), w Tarnobrzegu (9), a także w Szwecji (11)

i w Czechosłowacji (3). Natomiast na wielu drzewach w lasach i przy drogach często stwierdzano brak porostów (10). Oczywiście, bardzo duże stężenia dwutlenku siarki mogą działać zabójczo na każdy organizm, jak każdy czynnik działający w nadmiarze. Z tab. 2 i 3 wynika, że w niektórych sektorach rejonu Puław o wyższych stężeniach SO_2 w powietrzu, np. w sektorze SW (p. 2—5), można znaleźć stanowiska porostów, a w pobliżu Z.A. (p. 8, 9, 10, 11, 12, 13, 33), o niższym stężeniu SO_2 , giną drzewa i jest zupełna „pustynia porostowa”. Niższe stężenia SO_2 w tych punktach pomiarowych wynikają z opadania spalin na obszarach odległych od komina wysokiego na 160 m oraz prawdopodobnie z wiązania się SO_2 z amoniakiem i wodą na związki amonowe. W porównaniu z zagłębieniem siarkowym w Machowie w rejonie Tarnobrzegu (9, tab. 1) stężenie SO_2 w atmosferze w rejonie Puław nie jest wysokie, chociaż elektrocieplownia wydala na dobę ok. 60 tys. m^3 SO_2 . Najwyższe średnie roczne stężenie wynosiło w r. 1967 w mieście w p. 1 (1, tab. 1) $0,51 \text{ mg SO}_2/100 \text{ cm}^2 \text{ PbO}_2$ na dobę = $0,05 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ powietrza (0,09 przelicznik empiryczny). W styczniu i w lutym r. 1968 najwyższe stężenia notowano w punktach pomiarowych 13 i 4, tj. 1,22 i 1,20 $\text{mg SO}_2/100 \text{ cm}^2 \text{ PbO}_2$ na dobę, czyli $0,11 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$. Stanowi to $1/7$ i $1/3$ dopuszczalnej prawnie dla terenów chronionych normy, wynoszącej $0,35 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ średnio w ciągu doby. Powyższe dane oraz inne według tab. 2 i 3 nie potwierdzają więc poglądów o aż tak wielkiej wrażliwości porostów nawet na ślady SO_2 w powietrzu, że powodują one zanikanie tej flory. Badania nad stanem flory porostów w środowiskach naturalnych, miejskich i innych gospodarczo zmienionych przez człowieka (10) wykazują natomiast, że różne gatunki porostów są bardzo wrażliwe na zmiany warunków ekologicznych środowiska. Budowa i kilkuletnie oddziaływanie potężnego ośrodka przemysłowego na środowisko przyrodnicze wniosły głębokie i wielorakie zachwianie równowagi zjawisk i procesów biologicznych w tym rejonie. Między innymi wiele czynników zmniejszyło wilgotność powietrza, w którym olbrzymia ilość gazów i cząstek skał bez przerwy adsorbują parę wodną. Powstały zmiany nie tylko mikroklimatu siedlisk, ale i klimatu lokalnego. Wyrażają to w pewnym stopniu nawet średnie miesięczne wilgotności względnej powietrza według stacji meteorologicznych, np. z sierpnia 1960 i 1969 r. (tab. 1). Zmiany warunków ekologicznych niewątpliwie przyczyniły się do zanikania niektórych gatunków. Jednak „hipoteza suszy” nie wystarczy do wyjaśnienia dużej szybkości zamierania flory porostów w badanym rejonie. W okolicy Puław decydujący wpływ na porosty wywarły związki azotowe zanieczyszczające powietrze. Zakłady Azotowe wyprodukowały bowiem do 1 VI 1970 r. $1,5 \text{ NH}_3$, a NH_4NO_3 — 1,6 milionów ton. Produkcja amoniaku wynosi 3 000, a saletry amonowej — 6 000 ton dzien-

nie. Na 1 ha opada rocznie ponad 30 kg N w postaci związków. W toku cyklu produkcyjnego wydane są do atmosfery wielkie ilości amoniaku, saletry i tlenków azotu. Szczególnie zabójcze są dla porostów i drzew rzuty amoniaku i saletry w postaci aerozolu podczas okresowych zaburzeń technologicznych w przebiegu produkcji. Wówczas stężenie amoniaku w powietrzu jest kilkadziesiąt razy większe od prawnie dopuszczalnych norm. Niektóre gatunki porostów są tak wrażliwe na owe związki chemiczne, że ulegają uszkodzeniu na znacznych odległościach od źródła emisji i mogą być sygnałem ostrzegającym o niebezpieczeństwie zagrażającym lasom. Gatunki te byłyby jedynymi wskaźnikami w tych okolicach, gdzie brak jałowców i wrzosów. Badania korelacji między stężeniem związków azotowych w powietrzu a stopniem porażenia różnych gatunków porostów umożliwiłyby dobranie takich indykatorów, które by szybko pomogły ocenić przybliżony stopień zanieczyszczeń atmosfery.

WNIOSKI

1. Zamieranie flory porostów w rejonie Zakładów Azotowych w Puławach powodują zanieczyszczenia atmosfery przede wszystkim amoniakiem i saletrą amonową oraz zmiany warunków ekologicznych w środowisku biologicznym, wywołane przez wielki ośrodek przemysłowy.
2. Stężenie dwutlenku siarki w rejonie Puław nie niszczy badanych gatunków porostów. Tylko bardzo duże stężenie SO_2 uniemożliwia im życie.
3. Konieczne są badania porównawcze nad korelacją między stężeniem związków azotowych w atmosferze a wrażliwością na nie różnych gatunków porostów.

PIŚMIENNICTWO

1. Adamczyk-Winiarska Z., Górski T., Siuta J.: Badanie zanieczyszczeń atmosfery w rejonie Puław. Zeszyty Badań Rejonów Uprzemysławianych, 34, 91—113, Warszawa 1969.
2. Jakubczak Z., Koter T., Siuta J.: Wpływ emisji przemysłowych na roślinność leśną w rejonie Puław. Zeszyty Badań Rejonów Uprzemysławianych, 34, 76—90, Warszawa 1969.
3. Pisút I.: Bemerkungen zur Wirkung der Exhalationsprodukte auf die Flechtenvegetation in der Umgebung von Rudňany (Nordostslowakei). Biológia, 17, 481—494, (1962).
4. Rydzak J.: Rozmieszczenie i ekologia porostów miasta Lublina (Dislocation und Ökologie von Flechten der Stadt Lublin). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C, 8, 233—356, Lublin 1953.
5. Rydzak J.: The Influence of Small Towns on the Lichen Flora. Part IV. The Regions of Lublin, Kielce, Fodlasie: Puławy, Zamość, Busko, Siedlce, Bia-

- łowieża. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C, 10, 321—398 (1955), Lublin 1957.
6. 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.
 7. Rydzak J., Krysiak K.: Flora porostów Tomaszowa Mazowieckiego. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C, 22, 169—194, Lublin 1968.
 8. Rydzak J.: Lichens as Indicators of the Ecological Conditions of the Habitat. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C, 23, 131—164, Lublin 1969.
 9. Rydzak J., Piórecki J.: Stan flory porostów w okolicach tarnobrzeskiego zagłębia siarkowego. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C, 26, 343—352, Lublin 1971.
 10. Rydzak J.: Flora i ekologia porostów drzew przydrożnych. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C, 25, 149—157, Lublin 1970.
 11. Skye E.: Luftföroreningars inverkan på busk-och bladlavfloran kring skifferoljeverket i närkes Kvarntorp. Svensk Bot. Tidsk., 52, (1), 133—190 (1958).
 12. Siuta J.: Badania nad zmianami warunków przyrodniczych i rolniczych w strefie zanieczyszczeń atmosfery rejonu puławskiego. Zeszyty Badań Rejonów Przemysławianych, 34, 66—75, Warszawa 1969.

РЕЗЮМЕ

В 1961 г. начали строительство большого азотного завода в Пулавах. В 1966 г. вышла первая продукция азотных удобрений. Изменения экологических условий в биологическом биотопе, а также загрязнение воздуха, вызванные этим предприятием (табл. 1, 2), вызывают чрезмерно быстрое отмирание соснового леса, окружающего завод. Кроме сосен очень чувствительными оказались *Calluna vulgaris* (L.) Salisb. и *Juniperus communis* L. На расстоянии около 3 км на восток и 2 км на запад от измерительного пункта № 8 флора лишайников совершенно уничтожена („пустыня лишайников“). И даже на расстоянии 11 км и больше от территории предприятия, в направлении преимущественно веющих ветров, т.е. на востоке, найдены мертвые либо испорченные талломы разных видов (табл. 2, 3). Во время исследований в 1953 г флора лишайников на этой территории была развита средне (5). Причиной уничтожения флоры являются азотные соединения эмитированные в атмосферу, главным образом аммиак (NH_3) и аммиачная селитра (NH_4NO_3), которая в форме аэрозольной пыли садится на растения. Временами концентрация аммиака превышает нормы в несколько десятков раз. Концентрация сернистого газа на исследованной территории не превышает допустимой нормы для охраняемых районов, которая равна $0,35 \text{ мг/м}^3$ воздуха в сутки. Наиболее высокая концентрация в п. 13 и 4 равнялась 1,22 и $1,20 \text{ мг SO}_2/100 \text{ см}^2 \text{ PbO}_2/\text{сутки}$, т.е. $0,11 \text{ мг SO}_2/\text{м}^3$. Сернистый газ (SO_2) в этом районе не является фактором уничтожающим лишайники. Сравнение 2 и 3 та-

блиц показывает, что в некоторых местонахождениях, где средняя концентрация SO_2 была больше, состояние флоры лишайников было достаточно хорошим (напр., около 2 и 4 измерительного пункта). Зато в окрестностях 8—13, 33, 34 пункта, где концентрация SO_2 была более низкая, есть „пустыня лишайников“. Это свидетельствует о том, что лишайники не являются чувствительными даже на незначительные концентрации SO_2 , как предполагают некоторые лишеноголи. Конечно, очень высокие концентрации этого газа действуют пагубно, как и каждый фактор, выступающий сверх меры (9).

Причиной отмирания флоры лишайников в районе азотного завода в Пулавах являются значительные изменения экологических условий в биологическом биотопе, вызванные промышленным предприятием и загрязнением воздуха аммиаком и аммиачной селитрой в больших концентрациях. Поэтому необходимы сравнительные исследования корреляции между концентрацией азотных соединений в воздухе и чувствительностью на нее разных видов лишайников для того, чтобы найти чувствительные индикаторы этих соединений в природной среде.

SUMMARY

In 1961 there has been started the construction of great Nitrogenous Factory in Puławy. The production of nitrogen fertilizers has begun in 1966. Changes in the ecological conditions of habitat and the pollution of air by this industrial center (Table 1, 2) have brought an excessive and quick decay of pine forest surrounding the Factory. Beside pines, heather (*Calluna vulgaris* (L.) Salisb.) and juniper (*Juniperus communis* L.) have appeared to be very sensitive. About 3 km going east and about 2 km going west from the measurement station No. 8, that is 11 km away from industrial areas (Table 2, 3), the flora of lichens was destroyed ("lichen desert"). In 1953 the lichen flora investigated in that area was well developed (5). The present destruction has been caused by nitrogen compounds emitted to air — mainly ammonia (NH_3) and Norway saltpetre (NH_4NO_3) which in the form of aerosol dust falls on plants. Periodically the concentration of ammonia goes several dozen beyond the legal norms. The concentration of sulphur dioxide in the examined area does not exceed the norm required by the regions under preservation and amounting to 0.35 mg/m^3 air per day. The highest concentration was found at the measurement station 13 and 4 and it amounted to 1.22 and $1.20 \text{ mg SO}_2/100 \text{ cm}^2 \text{ PbO}_2$ per day, that is $0.11 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$. Sulphur dioxide is not an agent which destroys lichens in this area. The comparison between Table 3 and 2 points out to the

fact that the state of lichen flora was fairly rich at some stations at which average SO_2 concentration was high (e.g. near the measurement stations 2, 4). On the other hand there is a "lichen desert" near the stations 8—13, 33, 34 where SO_2 concentration was low. This shows that lichens are not sensitive even to the traces of SO_2 , as some of lichenologists do suppose. Obviously too high concentrations of this gas are of harmful effect like every agent appearing in excess (9).

The decay of lichen flora in the region of Nitrogenous Factory in Puławy is brought by great changes in ecological conditions of habitat, which, in turn, are caused by the pollution of air with ammonia and Norway saltpetre of high concentration. Thus, it seems necessary to carry out comparative studies on the correlation between concentration of nitrogen compounds in the air and sensitivity of various lichen species to them in order to find sensitive indicators of these compounds in the natural habitat.

