

TADEUSZ SKAWINA, IRENA SZALONEK, MARIA WARTERESIEWICZ,
TADEUSZ WĄCHALEWSKI

*Katedra Gruntoznawstwa AGH w Krakowie i Pracownia Rolna Zakładu Badań
Naukowych GOP PAN w Zabrze*

ZASTOSOWANIE TESTU ROŚLINNEGO DO OCENY STOPNIA ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA ATMOSFERYCZNEGO DWUTLENKIEM SIARKI

WSTĘP

Zjawiskiem nierozłącznie związanym z uprzemysłowieniem kraju jest postępujący wzrost zanieczyszczenia powietrza, które niszcząc naturalną równowagę środowiska wywiera różnorodne ujemne skutki. O rodzaju zanieczyszczenia powietrza i stopniu jego szkodliwości decyduje przede wszystkim charakter rozwijającego się w danym rejonie przemysłu, stosowana technologia produkcji i sprawność urządzeń odpylających, a następnie rzeźba terenu, stopień lesistości, rodzaj drzewostanów, warunki klimatyczne itp. Przy dużej koncentracji różnorodnych zakładów przemysłowych, jak ma to miejsce np. na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, wpływ zanieczyszczenia powietrza na roślinność i gleby ma bardzo złożony charakter (10). W powietrze, obok pyłów różnego składu i granulacji, emitowane są ogromne ilości substancji gazowych, w których podstawową rolę odgrywają związki siarki, a zwłaszcza SO_2 . Stężenie SO_2 na obszarze GOP jest bardzo duże, przekraczające wielokrotnie wartości przyjęte za dopuszczalne wg normy radzieckiej, osiągając niejednokrotnie nawet 12 mg/m^3 (5, 7, 8, 9). Według obliczeń z 1955 r. tylko ze spalania i przeróbki węgla powstało na terenie GOP rocznie około 360 tys. ton SO_2 , co w przeliczeniu daje około 530 tys. ton czystego H_2SO_4 (4). Obecnie ilości te są już większe, z uwagi na poważną rozbudowę energetyki zużywającej przede wszystkim gorsze gatunki węgla, zawierające zazwyczaj duże ilości siarki (nawet do 6% S).

Od dawna wiadomo, że rośliny są szczególnie wrażliwe na obecność SO_2 w powietrzu, który jest przez nie absorbowany i akumulowany (3, 11, 12). Procesy te zależą od wielu czynników środowiska wzrostu, a między innymi od stężenia SO_2 w powietrzu, czasu ekspozycji rośliny, warunków klimatycznych i glebowych, pory roku, stopnia rozwoju rośliny (1, 6, 8, 15, 16, 17). Nasłonecznienie, wilgotność i temperatura powietrza wpływają na

stopień otwarcia szparek, a z kolei pośrednio na absorpcję SO_2 . Absorbowany przez aparat asymilacyjny SO_2 ulega w roślinie przede wszystkim utlenieniu do siarczanów, w której to formie jest on odkładany w zielonych organach roślin. Częściowo może być również wbudowywany w różne związki organiczne, skutkiem czego ich ilość może w liściach nieznacznie wzrosnąć (2). Większe ilości siarczanów odkładane są przy dłuższym czasie ekspozycji i przy subletalnych stężeniach SO_2 w powietrzu (14). W tych warunkach rośliny pobierają SO_2 z powietrza niezależnie od pobierania siarki z gleby, a stąd oznaczanie ogólnej ilości siarki w roślinach nie daje pewnego kryterium oceny działania SO_2 (13).

Powyższe zależności oraz trudności, na jakie napotyka się w okręgach przemysłowych przy wyznaczaniu stref o charakterystycznym stopniu zanieczyszczenia powietrza SO_2 , nasunęły myśl wykorzystania do tego celu testu roślinnego, opartego na pomiarze zawartości siarczanów w organach roślinnych. Zagadnienie oceny zasięgu wpływu SO_2 na produkcję roślinną nabiera bowiem u nas szczególnego znaczenia w związku z postępującą rozbudową przemysłu, a zwłaszcza energetyki opartej o węgiel brunatny.

BADANIA WŁASNE

Badania wstępne

W 1961 r. podjęto badania w rejonie znajdującym się pod wpływem zanieczyszczenia powietrza przez Elektrownię „Jaworzno I”. Jako roślinę testową wybrano żyto. Jego okres wegetacji warunkuje bowiem stosunkowo długi czas ekspozycji (roślina ozima), a szerokie rozpowszechnienie uprawy pozwala na pobieranie prób z dowolnych punktów o podobnych stanowiskach i warunkach uprawy lecz różniących się znacznie stopniem zanieczyszczenia powietrza.

Próbki żyta pobrano w czerwcu z 4 punktów (w 3 powtórzeniach) usytuowanych w terenie równinnym w linii prostej w kierunku północno-wschodnim od źródła emisji SO_2 (kominy elektrowni). Punkt nr 1 był odległy o około 1 km od elektrowni, następne kolejno o około 0,5 km, a więc 1,5, 2,0, 2,5 km. Naturalne warunki glebowe i uprawowe były tu niemal identyczne. Na objętym badaniami terenie zalegają gleby bielcowe utworzone z piasków wodno-lodowcowych o składzie mechanicznym piasków słabo gliniastych. Zaznaczające się poważne różnice w zawartości C w warstwie próchnicznej związane są z akumulacją pyłów węglowych emitowanych przez elektrownię (tabela 1).

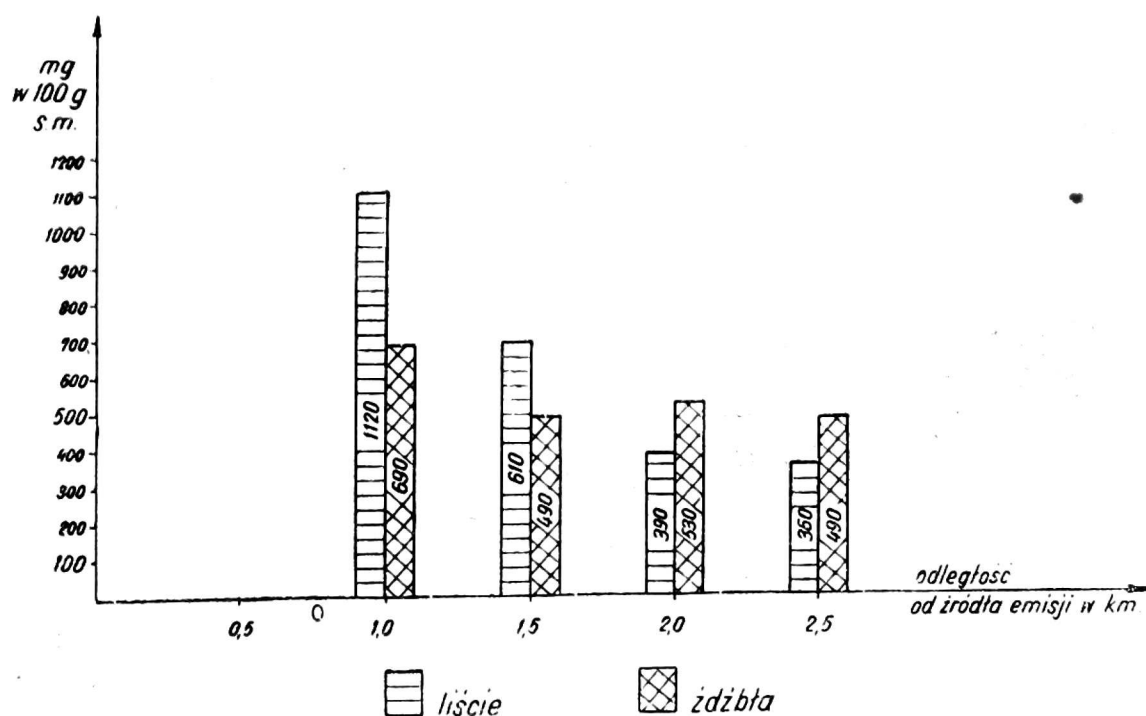
Analizy materiału roślinnego wykazały wyraźną zależność między zawartością siarczanów w liściach żyta a odległością miejsca wzrostu roślin od źródła emisji SO_2 (rys. 1). Natomiast zależność ta była mało wyraźna

Tabela 1

Wyniki analiz gleb okolic Elektrowni „Jaworzno I”

Nr punktu badań	Odległość od elektrowni w km	Głębokość pobrania próbki w cm	pH		% zawartość				C/N	Stężenie jonów w wyciągu wodnym w mg/100 g gleby	
			w H ₂ O	w KCl	C ogól.	subst. bitumiczne	kwasów huminowych	N ogól.		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
1	1,0	2—7	6,6	6,0	2,9	0,11	0,80	0,04	72,0	12,8	3,7
2	1,5	2—7	7,1	6,5	1,5	0,15	1,15	0,08	18,8	9,9	3,7
3	2,0	2—7	7,2	6,5	0,8	0,19	0,57	0,05	16,0	17,0	2,8
4	2,5	2—7	7,0	6,4	0,7	0,12	0,87	0,04	17,2	9,2	3,7

w źdźbłach żyta. Nie wykryto również związku między stężeniem jonów SO₄²⁻ Cl⁻ w roztworach glebowych a odległością gleb od elektrowni (tabela 1).

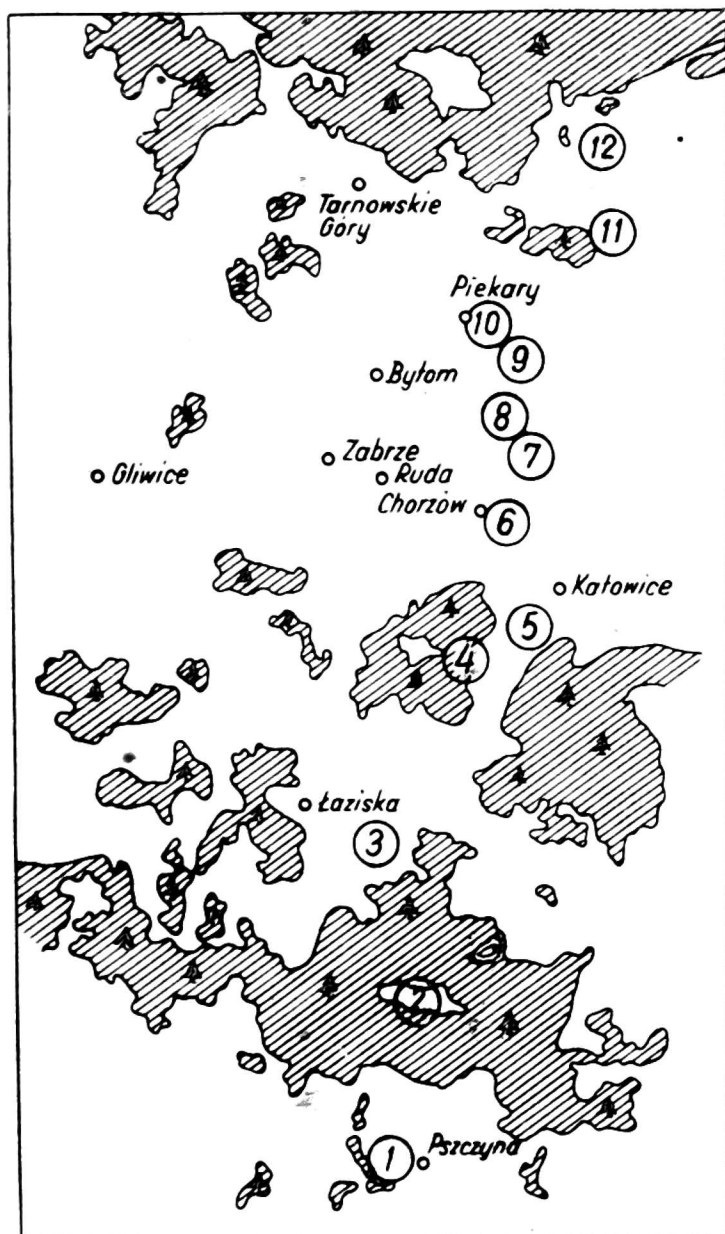


Rys. 1. Zależność między odległością źródła emisji SO₂ a zawartością SO₄ w życie

Badania szczegółowe

Opierając się na wynikach wstępnych badań uzyskanych w rejonie Elektrowni „Jaworzno I”, rozszerzono je w 1962 r. na teren Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Punkty badań, w liczbie 12, usytuowano wzdłuż przekroju południkowego na odległości około 55 km od Pszczyzny — wy-

suniętej najbardziej na południe, poprzez część centralną GOP, do Ożarówic leżących na północy (rys. 2). W ten sposób objęto badaniami tereny o bardzo różnorodnym stopniu zapylenia i zadymienia powietrza, a z uwagi na przeważające tu wiatry z kierunków zachodnich, punkty najdalej wysunięte na południe i północ były już tylko w minimalnym stopniu narażone na zanieczyszczenia pyłowe i gazowe, przenoszone z części centralnej GOP. Lokalizację punktów badań przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2

USYTUOWANIE PUNKTÓW POMIAROWYCH W TERENIE

1. *Pszczyzna*
2. *Kobiór*
3. *Wyrzy*
4. *Katowice - Panewnik*
5. *Katowice - Brynów*
6. *Chorzów*
7. *Michałkowice*
8. *Maciejkowice*
9. *Brzozowice - Kamień*
10. *Brzozowice - Kamień*
11. *Siemonia*
12. *Ożarówice*

Opis punktów badań

W obrębie GOP umiejscowiono 7 punktów pomiarowych, w tym 5 w części centralnej. Uwzględniając przeważające wiatry z kierunków zachodnich, punkty badań na wybranym przekroju usytuowano w miarę możliwości po stronie zawietrznej w stosunku do znajdujących się, w większej lub mniejszej odległości, obiektów przemysłowych zanieczyszczających powietrze gazami i pyłami.

Punkt nr 1 — Pszczyna, Stara Wieś (270 m n. p. m.) i punkt nr 12 Ożarowice (290 m n. p. m.) umiejscowione zostały na dwóch przeciwległych krańcach wspomnianej linii południkowej. Znajdują się one poza zasięgiem wpływów zanieczyszczeń przemysłowych GOP, a jeśli docierają one tu, to tylko okresowo i w stężeniu bardzo nieznacznym. Punkt nr 1 oddziela od GOP szeroki pas lasów pszczyńskich.

Tabela 2

Zawartość Cl⁻ i SO₄²⁻ w glebach

Nr i miejsce punktu badań	Głębokość w cm	pH		Stężenie jonów w wyciągu wodnym w mg/100 g gleby	
		w H ₂ O	w KCl	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
1.	0—20	7,8	7,2	4,4	8,0
Pszczyna	25—40	7,9	6,8	3,8	8,0
2.	0—20	7,0	6,0	2,8	8,0
Kobiór	25—40	5,6	4,5	5,7	6,0
3.	0—20	8,3	7,2	3,7	6,0
Wyry	25—40	8,2	6,7	6,5	8,0
4.	0—20	6,2	5,1	3,8	12,0
Katowice—Panewnik	25—40	5,7	4,3	4,8	10,0
5.	0—20	7,3	6,6	4,5	10,0
Katowice—Brynów	25—40	8,1	7,0	5,5	12,0
6.	0—20	7,0	6,0	3,6	4,0
Chorzów	25—40	7,3	6,0	4,5	4,0
7.	0—20	8,3	7,4	4,3	10,0
Michałkowice	25—40	8,2	6,9	5,1	8,0
8.	0—20	7,8	7,0	3,3	6,0
Maciejkowice	25—40	8,4	7,1	3,7	8,0
9.	0—20	7,8	7,2	5,0	6,0
Brzozowice—Kamień	25—40	7,9	6,6	5,0	10,0
10.	0—20	7,7	7,0	3,4	12,0
Brzozowice—Kamień	25—40	7,9	6,7	4,1	10,0
11.	0—20	6,7	5,8	3,8	12,0
Siemonia	25—40	7,3	5,9	4,3	10,0
12.	0—20	5,9	4,5	3,1	6,0
Ożarowice	25—40	5,7	4,1	4,3	10,0

Punkt nr 2 — Kobiór (250 m n. p. m) znajduje się wprawdzie poza obszarem GOP i w obrębie lasów pszczyńskich lecz przy wiatrach północno-zachodnich docierać tu mogą pyły i gazy Elektrowni „Łaziska” (odległość około 12 km).

Punkt nr 3 — Wyry (310 m n. p. m) i punkt nr 11 — Siemonia (340 m n. p. m.) leżą na przeciwległych krańcach GOP, przy czym Wyry znajdują się również pod bezpośrednim wpływem Elektrowni „Łaziska” (odległość około 3 km).

Punkt nr 4 — Katowice-Panewniki (260 m n. p. m.) i punkt nr 5 — Katowice-Brynów (280 m n. p. m.) położone są w części południowo-wschodniej, oddzielonej od zachodu kilkoma kompleksami lasów.

Punkt nr 6 — Chorzów (260 m n. p. m.) otoczony jest ze wszystkich stron dużymi zgrupowaniami źródeł emitujących pyły i gazy (huty cynku, żelaza, elektrownie, kopalnie).

Punkt nr 7 — Michałkowice (290 m n. p. m.) znajduje się pod wpływem Elektrowni „Chorzów” i Zakładów Azotowych im. Findera (odległość około 1 km).

Do punktu nr 8 w Maciejkowicach (290 m n. p. m.) oprócz innych zanieczyszczeń docierają wpływy Elektrowni „Chorzów”, Zakładów Azotowych (odległość około 4 km) i Huty Cynku w Brzezinach (odległość około 2 km).

Punkty nr 9 i 10 umiejscowiono w Brzozowicach-Kamieniu (280 m n. p. m.). Są one w zasięgu wpływów bezpośrednich Huty Cynku w Brzezinach i Kopalni Węgla „Andaluzja”, a punkt nr 10 dodatkowo pod wpływem zadymienia dużej palącej się hałdy.

W omawianych punktach badań przeważają gleby bielcowe wytworzone z piasków lub glin wodno-lodowcowych. Jedynie w Michałkowicach występują gleby brunatne wytworzone z utworów pyłowych wodnego pochodzenia, a w Brzozowicach-Kamieniu gleby brunatne niecałkowicie wytworzone z glin lekkich na wapieniach triasowych (tabela 2).

Metodyka badań

Również do badań szczegółowych jako roślinę testową wybrano żyto odmiany „Ludowe” tutaj zrejonizowaną. Z punktów badań, na wyznaczonych losowo poletkach, pobierano próby liści żyta, trzykrotnie w ciągu okresu wegetacyjnego, tj. 8. V., 30. V. i 5. VII. 1962 r. Każdorazowo pobierano trzeci i czwarty liść żyta, w ilości około 50 g świeżej masy, w trzech powtórzeniach. Celem usunięcia nagromadzonego na liściach pyłu płukano je na sicie bieżącą wodą, a następnie wodą destylowaną i suszono w suszarce w temperaturze $+60^{\circ}\text{C}$. Po wysuszeniu liście krojono na kawałki długości 3—4 cm. Zawartość siarczanów oznaczano metodą opracowaną i sprawdzoną w roku 1961 w badaniach wstępnych: 5 g suchych liści z dawano 50 ml 0,1 n NaOH oraz 100 ml wody destylowanej i gotowano przez dwie godziny. Po ochłodzeniu do temperatury pokojowej sączono, przemywając wodą destylowaną. Przesącz ogrzewano do wrzenia i na gorąco dodawano 25 ml 10% kwasu solnego, następnie powtórnie sączono, ogrzewano do wrzenia i na gorąco dodawano 25 ml 2% roztworu chlorku baru. Wytrącony osad siarczanu baru oznaczano dalej, w sposób klasyczny, metodą wagową. Uzyskane wartości ciężaru BaSO_4 przeliczono na SO_4 .

W wymienionych 12 punktach, w okresie 2 miesięcy, przeprowadzono również orientacyjne pomiary: 1) opadu pyłów; 2) zawartości siarczanów w pyłe; 3) zawartości SO₂ w powietrzu.

Opad pyłów określano metodą osadową, przy pomocy wymiennych litrowych słoików Wecka, umieszczonych w blaszanych puszkach na wysokości 2—2,2 m nad powierzchnią ziemi.

Zawartość siarczanów w pyłe określano wagowo przez wytrącenie ich jako BaSO₄.

Pomiary zawartości SO₂ w powietrzu przeprowadzono metodą kontaktową za pomocą walców z taśmą pokrytą PbO₂, eksponowanych na działanie SO₂ z powietrza przez okres 1 miesiąca. Po okresie ekspozycyjnym oznaczano wagowo ilość powstałego na powierzchni taśmy PbSO₄.

Obserwacje meteorologiczne i obserwacje zanieczyszczeń powietrza w okresie wegetacyjnym 1962 r.

Do obserwacji klimatologicznych wykorzystano dane uzyskane z następujących Stacji PIHM leżących wzdłuż wyznaczonej trasy: Pszczyna, Tychy, Katowice, Bytom, Świerklaniec. W 1962 r. wiosna była bardzo późna i chłodna, ze stosunkowo dużą ilością opadów. Początek lata odznaczał się na ogół niską temperaturą, co spowodowało znaczne opóźnienie rozwoju żyta, tak że kłoszenie nastąpiło na przełomie maja i czerwca, a zbiór dopiero w I dekadzie sierpnia.

Różnice temperatur stwierdzone w ciągu okresu wegetacyjnego przez poszczególne stacje meteorologiczne, leżące na linii badań, były bardzo niewielkie. Na ogół dość równomiernie rozłożone były opady z tym, że maj charakteryzował się większą ich ilością w rejonach południowych (Pszczyna, Kobiór, Tychy, Katowice), czerwiec w rejonie Tych i Świerklańca, a lipiec w rejonie Tych, Katowic i Świerklańca.

Wiatry przeważały z kierunków zachodnich, a ich ilość w rejonie północnym dochodziła do 80—90% (Świerklaniec), w rejonach południowych do 70% (Pszczyna), a w rejonach południowo-wschodnich (Katowice) do 62%. Najwięcej dni bezwietrznych zanotowano w rejonie Tych (do 48%), najmniej w Świerklańcu, średnio około 2% (tabela 3). Wyniki pomiarów opadu pyłu (tabela 4) wykazują zróżnicowanie między poszczególnymi punktami w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym i poza nim oraz między poszczególnymi punktami na terenie samego Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (Chorzów, Katowice, Michałkowice). Stężenie SO₂ w powietrzu wyraźnie wzrasta w punktach znajdujących się w bezpośrednim zasięgu oddziaływania zakładów przemysłowych, osiągając najwyższe war-

tości w Chorzowie, Michałkowicach i Brzozowicach-Kamieniu. Dane te należy jednak traktować jako orientacyjne, ze względu na zbyt krótki czas przeprowadzania pomiarów zanieczyszczeń powietrza.

Tabela 3

Rozkład wiatrów w miesiącach III—VIII. 1962 r.

Mie- siące	Stacja PIHM	Kierunki wiatrów w procentach								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
III	Pszczyna	12,90	6,45	17,20	8,60	6,45	20,20	3,20	10,70	13,90
	Tychy	9,70	7,50	12,90	3,20	4,85	8,60	12,40	6,45	34,20
	Katowice	5,90	19,90	10,70	5,90	15,60	10,20	12,40	12,90	6,45
	Bytom	14,50	10,20	11,30	4,30	8,60	10,20	8,60	10,70	21,50
	Świerklaniec	10,70	6,45	10,20	7,50	7,50	18,30	17,20	14,50	7,50
IV	Pszczyna	4,45	7,75	7,77	10,00	8,90	31,10	3,31	10,00	16,60
	Tychy	6,11	3,88	0,55	6,10	8,32	7,77	10,00	18,32	38,80
	Katowice	10,00	16,10	8,30	3,30	13,30	15,00	16,65	9,40	8,88
	Bytom	16,65	8,75	5,55	2,78	13,30	11,10	6,10	16,10	20,00
	Świerklaniec	6,11	3,15	4,45	9,45	12,80	17,20	25,00	19,40	2,21
V	Pszczyna	3,21	—	3,22	7,50	2,15	45,10	7,52	18,25	12,90
	Tychy	1,07	2,15	6,45	3,22	1,60	7,52	19,90	18,25	39,80
	Katowice	6,45	8,05	3,22	4,84	8,05	13,99	28,00	22,00	5,48
	Bytom	3,21	3,76	6,45	3,22	5,37	11,80	14,00	19,90	32,20
	Świerklaniec	1,07	—	1,60	6,98	4,30	25,80	41,90	17,20	1,07
VI	Pszczyna	8,88	5,55	—	10,00	2,22	18,90	5,00	31,60	17,75
	Tychy	7,21	6,65	2,22	1,10	—	2,22	15,50	21,80	42,20
	Katowice	12,22	13,30	3,89	1,65	9,45	6,12	25,00	22,60	6,66
	Bytom	16,10	3,80	0,55	1,10	1,65	3,89	18,35	23,30	31,10
	Świerklaniec	4,44	0,55	0,55	2,78	—	11,65	47,20	30,50	2,22
VII	Pszczyna	11,81	4,30	—	1,07	1,07	18,80	14,00	37,10	11,80
	Tychy	4,30	1,07	2,15	—	2,15	9,67	25,20	14,50	40,80
	Katowice	8,60	8,60	6,45	4,30	3,76	7,52	30,60	19,90	9,66
	Bytom	8,60	2,15	—	0,53	1,07	14,00	19,90	21,50	32,20
	Świerklaniec	1,61	2,15	1,07	1,07	5,37	21,00	44,00	21,50	2,15
VIII	Pszczyna	5,37	9,66	2,15	1,07	—	20,40	5,37	45,20	10,75
	Tychy	2,69	2,15	3,22	4,30	—	5,37	14,50	19,70	48,40
	Katowice	2,69	3,22	3,22	10,75	7,52	11,30	33,30	17,20	10,75
	Bytom	4,84	0,53	1,07	4,30	3,76	8,05	22,60	16,20	38,70
	Świerklaniec	1,62	2,15	1,07	2,15	4,84	18,30	57,50	10,20	2,15

Tabela 4

Wyniki pomiarów zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego

Nr i miejsce punktu badań	W okresie 1 miesiąca		
	opad pyłu g/m ²	zawartość SO ₄ ²⁻ w pyłe g/m ²	zawartość SO ₂ mg/100 cm ²
Czerwiec 1962 r.			
1. Pszczyna	8,52	0,99	9,3
2. Kobiór	5,29	2,51	—
3. Wyry	13,49	3,78	—
4. Katowice—Panewnik	16,04	1,76	—
5. Katowice—Brynów	26,91	7,01	—
6. Chorzów	9,93	3,44	—
7. Michałkowice	109,45	5,94	—
8. Maciejkowice	13,03	2,50	—
9. Brzozowice—Kamień	41,70	3,40	—
10. Brzozowice—Kamień	—	—	—
11. Siemonia	—	—	—
12. Ożarowice	4,89	1,99	18,6
Lipiec 1962 r.			
1. Pszczyna	8,70	1,40	12,1
2. Kobiór	10,01	1,74	7,5
3. Wyry	19,54	3,89	17,7
4. Katowice—Panewnik	—	—	21,0
5. Katowice—Brynów	55,07	4,06	25,4
6. Chorzów	13,54	4,38	34,9
7. Michałkowice	67,13	5,46	36,1
8. Maciejkowice	24,96	5,98	72,2
9. Brzozowice—Kamień	14,71	4,23	22,0
10. Brzozowice—Kamień	71,73	10,25	23,4
11. Siemonia	—	—	—
12. Ożarowice	6,94	2,08	15,6
Sierpień 1962 r.			
1. Pszczyna	8,25	1,35	14,8
2. Kobiór	8,80	3,50	18,9
3. Wyry	16,37	3,54	22,0
4. Katowice—Panewnik	15,53	1,35	25,0
5. Katowice—Brynów	16,72	2,82	21,8
6. Chorzów	8,85	4,10	86,6
7. Michałkowice	—	—	61,4
8. Maciejkowice	3,88	1,70	22,6
9. Brzozowice—Kamień	15,07	4,92	45,2
10. Brzozowice—Kamień	—	—	85,9
11. Siemonia	—	—	26,6
12. Ożarowice	10,29	2,17	16,6

Obserwacje roślin w okresie pobierania prób

Pierwszy pomiar zawartości SO_4 w liściach żyta wykonano na próbach pobranych w dniu 8 maja 1962 r. W okresie pobierania prób, we wszystkich punktach badań żyto było na ogół wyrównane, a wysokość roślin wynosiła około 25—30 cm. Nieco mniejsze było żyto w Katowicach-Brynowie, Katowicach-Panewniku, Chorzowie i Brzozowicach-Kamieniu. Na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, a szczególnie w Michałkowicach, rośliny były silnie pokryte pyłem, który zbierał się na liściach i u ich nasady. Uszkodzeń liści nie stwierdzono. Pogoda w czasie pobierania prób była pochmurna, bez deszczu. W okresie poprzedzającym pobieranie prób opadów nie zanotowano.

Drugi pomiar wykonano na próbach pobranych w dniu 30 maja 1962 r. Rośliny znajdowały się w okresie tuż przed kłoszeniem, lub w czasie kłoszenia, przy czym w Michałkowicach, Maciejkowicach, Siemonii i Ożarówicach żyto było już wykłoszone. Na terenie Michałkowic rośliny były bardzo silnie zanieczyszczone białym pyłem. Na skutek jednak dużych deszczów w okresie poprzedzającym pobieranie prób, ilość pyłu na roślinach była mniejsza niż w czasie pierwszego pobierania prób liści. W Katowicach-Panewniku i Chorzowie rośliny były nieco mniejsze niż w pozostałych punktach, gdzie żyto było duże i bujne. W Michałkowicach i Brzozowicach-Kamieniu (punkt 10) stwierdzono uszkodzenia wszystkich starszych liści. Wystąpiły one w postaci nekrozy wierzchołków i brzegów liści barwy jasno-brunatnej. Górna część blaszki liściowej, często aż do połowy, była zupełnie zeschnięta i skrecona. Wierzchołki ości białe. W Brzozowicach-Kamieniu porażone były wszystkie liście, z wyjątkiem najmłodszych. Pogoda w czasie drugiego pobierania prób żyta była pochmurna i deszczowa.

Trzeci pomiar wykonano na próbach pobranych w dniu 5 lipca 1962 r. Rośliny miały zawiązane ziarno i znajdowały się w okresie około 1 miesiąca przed zbiorem. Liście dolne były częściowo zeschnięte. W punktach umieszczonych na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego rośliny pokryte były pyłem, a największe zanieczyszczenie, podobnie jak poprzednio, wykazywało żyto z Michałkowic. Uszkodzenia liści występowały silnie w Michałkowicach i Brzozowicach-Kamieniu (punkt 10), oraz w mniejszym stopniu w Maciejkowicach. Objawy uszkodzenia były następujące: zaobserwowano, że wierzchołki starszych liści aż do połowy, oraz brzegi liści były zeschnięte, a ich barwa jasno-brunatna, części nekrotyzowanych blaszek liściowych były skrecone. W Brzozowicach-Kamieniu (punkt 10) rośliny były małe o drobnych liściach. Dużo roślin miało puste całkowicie lub częściowo zeschnięte kłoski. Objawy te zaobserwo-

wano również w Michałkowicach, tylko w nieco mniejszym stopniu. Pogoda w czasie pobierania prób była pochmurna i deszczowa. W okresie poprzedzającym pobieranie prób padały dość silne deszcze.

WYNIKI BADAŃ

Przeprowadzone badania pozwalają na stwierdzenie, że zawartość siarczanów w liściach żyta zwiększa się sukcesywnie w ciągu okresu wegetacyjnego w miarę powiększania czasu i powierzchni eksponowanej na działanie SO₂ (tabela 5).

Tabela 5

Wyniki oznaczeń zawartości siarczanów w liściach i ziarnie żyta

Nr i miejsce punktu badań	Zawartość SO ₄ ²⁻ w mg/100 g s. m.				
	liście				ziarno
	8 maj*	30 maj*	5 lipiec*	średnia dla trzech terminów**	
1. Pszczyna	438	501	879	606	46
2. Kobiór	447	582	1121	717	56
3. Wry	572	793	2052	1139	50
4. Katowice—Panewnik	381	892	2085	1119	46
5. Katowice—Brynów	479	583	2079	1046	56
6. Chorzów	761	839	2180	1260	49
7. Michałkowice	1019	2880	2711	1937	41
8. Maciejkowice	569	1388	2283	1412	59
9. Brzozowice—Kamień	974	1671	2518	1721	46
10. Brzozowice—Kamień	1070	2078	2346	1831	71
11. Siemonia	491	764	1370	875	49
12. Ożarówice	462	869	627	656	66
Średnia z 12 punktów	100%	171%	274%	—	—

* Najmniejsza różnica udowodniona przy P = 0,95 wynosi: 185 mg SO₄/100 g s. m. liści,
 ** 107 mg SO₄/100 g s. m. liści.

Jeszcze na początku maja 1962 r. zawartość siarczanów w liściach żyta była wyrównana w roślinach pochodzących aż z 8 punktów, mimo że reprezentowały one tereny o bardzo różnym stopniu przemysłowego za-

nieczyszczenia powietrza. Jedynie w roślinach uprawianych w części centralnej GOP w terenie o stałym, bardzo wysokim stężeniu SO_2 (punkty 6, 7, 9 i 10) stwierdzono już wówczas podwyższoną od 1,5 do 2-krotnie zawartość siarczanów w liściach. Zróznicowanie warunków wzrostu roślin uwidoczniło się wyraźniej w wynikach drugiego pomiaru, przeprowadzonego zaledwie po upływie 22 dni, lecz już w czasie kłoszenia się żyta. Najmniejszą zawartością siarczanów cechowały się wówczas liście pochodzące z Pszczyny, a więc miejscowości o najniższym zanieczyszczeniu powietrza, nieco wyższą z Kobiuru i dużo wyższą z Wyr, gdzie przypuszczalnie uwidocznił się lokalny wpływ Elektrowni „Łaziska”. Nadal maksymalne stężenia wykazywało żyto z Michałkowic i Brzozowic-Kamienia (punkt 10).

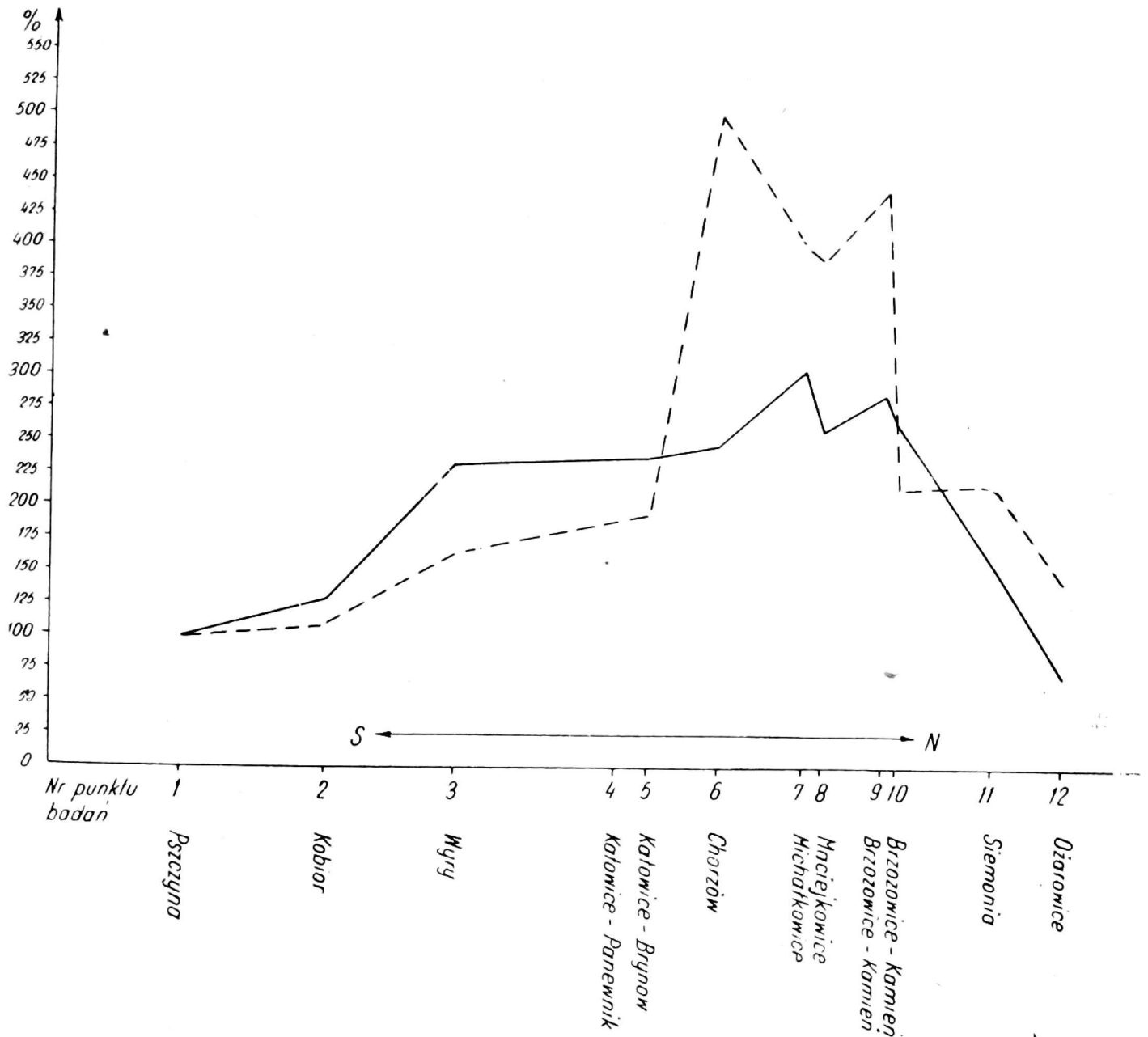
Wpływ wzrostu żyta w strefach o różnym stężeniu SO_2 w powietrzu na zawartość siarczanów w liściach uzewnętrznił się z całą wyrazistością dopiero w wynikach uzyskanych pod koniec okresu wegetacyjnego (tabela 5). Liście pochodzące z terenów GOP zawierały średnio około 2,3‰ siarczanów, osiągając wartości maksymalne około 2,5—2,7‰ w Brzozowicach-Kamieniu (punkt 10) i Michałkowicach. Na nieco niższym poziomie niż średnia z terenów GOP kształtowała się zawartość siarczanów w próbach pochodzących z części południowej terenu przemysłowego, a więc z Katowic-Panewnika i Katowic-Brynowa. Pokrywa się to z wynikami pomiarów SO_2 , gdyż tereny te chronione są od zachodu przez kompleksy lasów. Bardzo wysoka, jak na oddalenie od części centralnej GOP i położenie wśród lasów, była zawartość siarczanów w próbach pochodzących z Wyr i Kobiuru. Na podstawie tych danych można wnioskować o rozmiarze i zasięgu szkodliwych wpływów Elektrowni „Łaziska”. Nie stwierdzono natomiast związku między zawartością SO_2 w powietrzu, czy zawartością SO_4 w liściach, a ilością siarczanów w ziarnie żyta (tabela 5).

Na terenach o silnie zanieczyszczonym powietrzu, a zwłaszcza jego dużym zapyleniu, zależność między stężeniem SO_2 a zawartością SO_4 w liściach nie może być ścisła (rys. 3). Na terenach takich, jak część centralna GOP, zanieczyszczenie powietrza przez przemysł wywołuje różnego typu zmiany warunków klimatycznych, a obecność w powietrzu oprócz SO_2 innych substancji toksycznych wpływać może na roślinność zarówno bezpośrednio, jak i pośrednio przez zmiany biochemiczne gleby. Zmienia to warunki wzrostu, a tym samym przebieg absorpcji SO_2 .

Mając do dyspozycji jednoroczne wyniki z terenów objętych wpływami SO_2 i położonych poza zasięgiem jego działania, można, na podstawie analizy porównawczej zawartości siarczanów w liściach, wnioskować o stopniu zanieczyszczenia powietrza SO_2 lecz tylko w danym roku wegetacyjnym.

Opierając się na powyższym, porównano zawartość siarczanów w liściach żyta pochodzących z Pszczyny i Ożarówic, w których to miejscowo-

ściach zanieczyszczenie powietrza jest bardzo małe tak, że nie obserwuje się uszkodzeń roślinności wywołanych przez SO_2 , z wynikami uzyskanymi z pozostałych punktów badań. Dane te, uzupełnione obserwacjami roślinności uprawnej i leśnej, pozwalają wyznaczyć dla warunków panujących



----- średnie stężenie SO_2 w powietrzu
 ————— zawartość SO_4 w liściach w końcowym okresie wegetacji
 Odległość liniowa między punktami badań w km : 1 cm = 4 km

Rys. 3. Zależność między stężeniem SO_2 w powietrzu a zawartością SO_4 w liściach żyta

w okresie wegetacyjnym 1962 roku następujące stopnie i zasięgi wpływów zanieczyszczeń przemysłowych powietrza SO_2 :

Strefa I — zanieczyszczenie małe.

Zawartość SO_4 w liściach żyta podwyższona o około 50—100%. Są to np. tereny położone na północ od Siemonii i Kobióru. Relacje w sprawie spadku plonów na glebach uprawnych położonych w tej strefie nie są pewne,

natomiast w lasach obserwuje się chroniczne uszkodzenia sosny i świerka oraz wzmożone wydzielanie posuszu.

S t r e f a II — zanieczyszczenie średnie.

Zawartość SO_4 w liściach żyta podwyższona o około 100—150%. Są to np. tereny położone na północ od Brzozowic-Kamienia, czy w osłoniętej od zachodu przez kompleksy lasów południowo-wschodniej części GOP, obejmującej rejon Katowic-Panewnika i Katowic-Brynowa. Na zawartość SO_4 w liściach wywiera tu już silny wpływ stopień zapylenia powietrza, zmieniający warunki absorpcji SO_2 . Jeśli istnieją wątpliwości co do wpływu SO_2 na plony z gleb uprawnych, położonych w zasięgu tej strefy, to tylko w odniesieniu do rozmiaru skutków, które wyrażać się mogą spadkiem wydajności, nawet o kilka klas bonitacyjnych, w zależności od zespołu współtowarzyszących obecności SO_2 zanieczyszczeń przemysłowych powietrza. W strefie tej świerk i sosna wprawdzie jeszcze wegetują lecz drzewostany takie nie przedstawiają już żadnej wartości gospodarczej.

S t r e f a III — zanieczyszczenie bardzo duże i katastrofalne.

Zawartość SO_4 w liściach żyta podwyższona o ponad 150%. Są to np. tereny położone w części centralnej GOP lub poza tym terenem lecz w bezpośrednim sąsiedztwie zakładów przemysłowych. Na roślinności, oprócz poważnych uszkodzeń chronicznych, występują zazwyczaj uszkodzenia ostre (oparzenia). Na zawartość zakumulowanych siarczanów w liściach ogromny wpływ wywiera zespół różnorodnych czynników współtowarzyszących ekshalacji SO_2 , a przede wszystkim bardzo duże zapylenie powietrza lub obecność innych substancji toksycznych.

W 1962 r. na badanym terenie przeważały wiatry z kierunków zachodnich (ponad 80%) donosząc SO_2 do punktów badań usytuowanych na wschód od źródeł emitujących. Stąd uzasadnione jest potraktowanie dotychczasowych wyników badań jako orientacyjnych, z równoczesnym podjęciem rozszerzonych badań. Ich celem będzie określenie omawianych zależności w innym układzie warunków meteorologicznych, przy rozszerzeniu badań o dodatkowe punkty obserwacyjne położone na linii wschód-zachód oraz o badania okresowe składu chemicznego wód opadowych. Prace takie są w toku i przypuszczać można, że uzyskane wyniki pozwolą na uściślenie kryteriów wydzielania poszczególnych stref, jak i zasięgu stosowalności tej metody na terenach o złożonych źródłach zanieczyszczenia powietrza.

WNIOSKI

1. Uzyskane wyniki badań wskazują na istnienie wyraźnego związku między stopniem zanieczyszczenia powietrza SO_2 a zawartością siarczanów w liściach żyta. Stwarza to możliwość wykorzystania tej zależności

dla wyznaczenia stref o charakterystycznym stopniu zanieczyszczenia powietrza SO₂.

2. Akumulacja siarczanów w liściach żyta zachodzi w ciągu całego okresu wegetacyjnego, co wskazuje na to, że najważniejszym terminem badań jest końcowy okres wegetacji.

3. Nie wykryto zależności między stężeniem siarczanów w glebach, a ilością siarczanów w liściach.

4. Na zawartość siarczanów w liściach żyta wpłynęło w decydującym stopniu stężenie SO₂ w powietrzu, będące wypadkową lokalizacji i wielkości źródeł emisji oraz dominujących w danym okresie warunków meteorologicznych, a w szczególności kierunku wiatrów.

LITERATURA

1. Berge H.: Durch Schwefeldioxyd bedingte Immissionsschäden an Obst und Waldbäumen. Die Gartenbauwissenschaft, 24 (6) H. 2. 1959.
2. Berge H. u. Dahmen H.: Die Anwendungsmöglichkeiten der chemischen Luft- und Pflanzenanalyse zur Beurteilung industrieller Immissionen. Westd. Verlag, Köln u. Opladen, 1959.
3. Egle K.: Die Analyse der Schwefeldioxydwirkung auf Pflanzen im Naturexperiment und im Laboratoriumversuch. Staub B. 21, Nr 2, 1961.
4. Huculak R.: Zadymienie atmosfery. Biuletyn nr 1 Komisji Klimatu GOP PAN, 1956.
5. Juda J., Budziński K.: Zanieczyszczenie atmosfery. Warszawa, 1961.
6. Materna J.: Vliv kysličniku siřičiteho na mineralni složeni smkoveho jehličí. Vyzkumny ustav lesniho hospodarstvi a myslivosti. Zbraslav—Strnady, 24, 1962.
7. Paluch J.: Zanieczyszczenie powietrza na terenie województwa katowickiego. NOT — Woj. Kom. Porozumiewawczy, Komisja Pyłów, Katowice, IV. 1963.
8. Paprzycki E.: Zasięg szkodliwego działania zanieczyszczeń powietrza na terenie GOP. Biuletyn nr 1 Komisji Klimatu Komitetu d/s GOP. PAN. Warszawa. 1956.
9. Rosner W.: Szkodliwość dymów z kotłowni. Energetyka przemysłowa, 4, 1961.
10. Skawina T.: Procesy zniekształcania gleb w okręgach górniczych i przemysłowych. Roczniki Gleboznawcze — Dodatek do T. VII. Kraków, 1958.
11. Stoklasa J.: Die Beschädigung der Vegetation durch Rauchgase und Fabriks-exhalationen. Urban u. Schwarzenberg. Berlin, 1923.
12. Stoklasa J.: Die Beschädigung der Vegetation durch Rauchgase und Fabriks-exhalationen. Wien, 1923.
13. Stratmann H.: Eine mikroanalytische Methode zur Bestimmung von Schwefeldioxyd in der Atmosphäre. Microchim. Acta H. 1—6, 1956.
14. Thomas M. D., Hendricks R. C., Hill G. R.: Some Chemical Reactions of Sulfur Dioxide after Absorbtion by Alfalfa and Sugar Beets. Plant Physiology, 19, 1944.
15. Thomas M. D., Hendricks R. H., Hill G. R.: Sulfur Metabolism of Plants. Ind. Eng. Chem. 42, 1950.
16. Thomas M. D.: Effects of Air Pollution on Plants. Air Pollution, Geneva, 1961.
17. Zimmerman P. W.: Chemicals Involved in Air Pollution and Their Effects upon Vegetation. Proc. of Gov. Conf. a. Exhib. Atm. Poll. 1955.