

STEFAN BIAŁOBOK, PIOTR KAROLEWSKI

Ocena stopnia odporności drzew matecznych sosny zwyczajnej i ich potomstwa na działanie SO_2 i O_3 oraz mieszaniny tych gazów*

Poszukiwania roślin drzewiastych, które mogą być wykorzystane dla ochrony środowiska w okręgach przemysłowych i wielkich aglomeracjach miejskich, o silnie zmienionych warunkach siedliska, są tematem zainteresowań wielu instytucji badawczych (Bartkowiak, Białobok, Rachwał, 1975). Prace z tego zakresu koncentrują się obecnie nie tylko na wyselekcjonowaniu populacji, osobników i ich potomstwa, które charakteryzują się wyższym stopniem odporności na szkodliwe substancje emitowane przez zakłady przemysłowe i pojazdy mechaniczne, ale również na badaniach mechanizmów odporności roślin na te czynniki. Wyselekcjonowane drzewa i krzewy o wyższej odporności na emisje szkodliwych związków chemicznych będą miały zastosowanie w kształtowaniu krajobrazu terenów przemysłowych.

Prowadzone przez Börtitza i Vogla (1965) oraz Vogla (1970) badania nad odpornością drzew matecznych i ich potomstwa wykazały w dużym stopniu dziedziczenie odporności na gazy emitowane przez przemysł. Roberts (1976) badając przyrost suchej masy igieł dwóch klonów *Pinus strobus* stwierdził większy przyrost suchej masy igieł dla klonu odporniejszego niż dla wrażliwszego przy wyższym stężeniu SO_2 ($92 \mu\text{g m}^{-3}$) i wyrównane przyrosty suchej masy igieł dla obydwu klonów przy niższym stężeniu ($10 \mu\text{g m}^{-3}$).

Duże zróżnicowanie w stopniu odporności na działanie ozonu stwierdzili również Davis i Wood (1973) w liścieniach, igłach pojedynczych i w parach igieł osadzonych na krótkopędach siewek *Pinus virginiana*. Wyniki testów oceniających stopień odporności roślin drzewiastych przeprowadzanych w różnych porach roku nie zawsze pokrywają się wzajemnie, co tłumaczone jest tzw. „odpornością pozorną” (Vogl, Börtitz, Polster, 1970), związaną z wiekiem, porami roku i stanem fizjologicznego rozwoju rośliny. Porównanie stopnia odporności siewek, czterech gatunków

* Praca była częściowo finansowana przez Instytut Badawczy Leśnictwa z tematu 09.2.1.04.03.05., przez Instytut Ekologii PAN z tematu 10.2.07.02 i przez Ministerstwo Rolnictwa USA (FG-Po 326).

Pinus, na działanie dwutlenku siarki i ozonu wykazało przeciwstawnie odmienną reakcję roślin na obydwie gazy w zależności od wieku siewek (Berry, 1974). Jensen i Masters (1975) badając odporność siewek sześciu gatunków drzew stwierdzili dla *Larix leptolepis* i *Populus grandidentata* okresowe wystąpienie większych przyrostów wysokości roślin narażonych na działanie ozonu niż kontrolnych. Podobnie większe przyrosty wysokości stwierdził Jensen (1973) dla siewek *Fraxinus americana* i *Alnus glutinosa* poddanych działaniu ozonu niż siewek kontrolnych. Również Huston i Stairs (1973), badając przyrosty długości igieł *Pinus strobus*, stwierdzili dla narażonych na działanie ozonu klonów wrażliwych mniejsze, a dla odporniejszych — większe przyrosty w porównaniu z odpowiadającymi im osobnikami kontrolnymi.

Porównując przyrosty długości igieł *Pinus strobus* Huston (1974) wykazał, że przy oddziaływaniu na nie O_3 przyrosty są większe niż przy oddziaływaniu SO_2 . Podobnie średni stopień uszkodzeń przez gaz wszystkich igieł oraz średni stopień uszkodzeń pojedynczej igły były mniejsze przy działaniu O_3 , większe — przy SO_2 i największe — przy mieszaninie tych gazów. Badania Tingeya i in. (1973) nad wpływem SO_2 , O_3 i ich mieszaniny na niektóre rośliny jednoroczne wykazały na ogół większe uszkodzenia przez mieszaninę gazów niż przez pojedynczy gaz. Przy jednakowych stężeniach SO_2 i O_3 (0,1 ppm), SO_2 powodował większe uszkodzenia dwuletnich wegetatywnie rozmnożonych sadzonek *Pinus strobus* (Dochinger i in., 1970; Dochinger i Seliskar, 1970).

Przeżywalność roślin sadzonych w pobliżu zakładów przemysłowych emitujących szkodliwe gazy jest na ogół w większości przypadków uwarunkowana działaniem nie pojedynczego gazu, lecz ich mieszaniny. Przewodzone w coraz szerszym zakresie prace na temat synergistycznego wpływu, obok SO_2 i O_3 , także i innych mieszanin gazowych na rośliny jak: SO_2 i HF (Zabołotnikowa, 1970), SO_2 i NO_2 (Wellburn i in., 1972; Horsman i Wellburn, 1975; Tingey i in., 1971; Jaeger i Banfield, 1970), skłoniły autorów do przeprowadzenia badań nad działaniem gazów SO_2 i O_3 tak osobno, jak i w mieszaninie.

MATERIAŁ I METODA

Ze względu na wielkie znaczenie, jakie ma uprawa sosny zwyczajnej w naszej gospodarce leśnej, zainteresowania autorów zostały skierowane na selekcję osobników tego drzewa o stosunkowo wysokim stopniu odporności na działanie emisji przemysłowych. Badania skoncentrowano na osobnikach matecznych drzew doborowych, rozmnożonych wegetatywnie i rosnących na plantacji nasiennej w leśnictwie doświadczalnym Zwierzyniec k.Kórnik. Szczepy na tej plantacji produkują już nasiona w wystarczającej ilości dla potrzeb badawczych. Postanowiono przeto ocenić stopień

odporności na działanie SO₂ i O₃ nie tylko w obrębie klonów, jak też i między klonami, ale również ich potomstwa generatywnego.

Obiektem badań były odcięte z drzew matecznych pędy sosny zwyczajnej oraz 10-miesięczne siewki otrzymane z nasion tych osobników. Z drzew odcinano po 8 pędów, które w czasie transportu umieszczano w pojemnikach z wodą. Przed rozpoczęciem doświadczenia pędy ponownie przycinano pod wodą i umieszczano w naczyniach z wodą w komorach — kontrolnej i ekspozycyjnej (po 4 pędy). Badaniem objęto 17 klonów. Każdy klon był reprezentowany przez dwa lub trzy osobniki. Z drzew reprezentujących poszczególne klony zebrano nasiona i wysiano po 20 sztuk w doniczkach. Jako podłoża użyto mieszaniny ziemi leśnej i torfu w stosunku 3 : 1.

Działaniu gazu poddawano, hodowane w warunkach szklarniowych, 10-miesięczne siewki o wysokości 10 - 12 cm. Każdy klon był reprezentowany przez 20 - 30 siewek rosnących w dwóch doniczkach, z których jedną umieszczano w komorze kontrolnej, a drugą — w komorze z gazem. Obydwie komory, działające w systemie ciągłej wymiany powietrza z gazem (około 14 wymian $\times h^{-1}$) umieszczone były w klimatyzowanej szklarni, z której pobierano powietrze do komór.

Dozowanie dwutlenku siarki odbywało się automatycznie przy użyciu analizatora typu Mikolyt-2 produkcji Junkalor Dessau (NRD) spełniającego dwie funkcje: analizującą i regulującą (przez sprzężenie z pompą mikrodozującą SO₂). Wartości stężeń ozonu regulowano przez włączanie odpowiedniej liczby wytworników ozonu (produkcji krajowej), umieszczonych bezpośrednio w komorze ekspozycyjnej. Wartości stężeń O₃ określano za pomocą metody Saltzmana (1959), przez pochłanianie gazu w 10-procentowym roztworze KJ i kolorymetryczne oznaczanie wytworzonego w tej reakcji jodu przy użyciu spektrofotometru Spekol produkcji Zeiss Jena (NRD). Wartości stężenia ozonu określano także za pomocą analizatora typu Mast, model — 724-21.

Ekspozycję roślin na działanie mieszaniny dwutlenku siarki i ozonu przeprowadzono w ten sposób, że umieszczano wytworniki ozonu w komorze z SO₂. Gaz, w celu określenia wartości stężenia SO₂, pobierano przed wytwornikami ozonu, natomiast do analizy stężenia ozonu pobierano go przez filtry SO₂ typu 725-30 produkcji Mast Development CO., z bibułą nasyconą trójtlenkiem chromu. Ekspozycję roślin na działanie dwutlenku siarki i mieszaniny gazów przeprowadzono przy świetle naturalnym, na działanie ozonu — przy świetle sztucznym, stosując lampy żarowo-rtęciowe. Czasy ekspozycji roślin na działanie dwutlenku siarki i ozonu wynosiły po 6 godzin dziennie, a ich początek przypadał pomiędzy godzinami 8⁰⁰ - 10⁰⁰. Natomiast w doświadczeniu z ozonem, w którym materiałem były odcięte pędy, czas działania tego gazu był ciągły.

Dane dotyczące warunków przeprowadzonych doświadczeń przedstawiono w tabeli 1. Szczegółowy opis budowy komór ekspozycyjnych oraz systemów dozowania i analizowania gazów został opisany w pracy B i a ł o-

bok, Karolewski, Rachwał (1978). Przy ocenie stopni uszkodzeń roślin posłużono się 6-stopniową skalą według Schönbacha i in. (1968), która oznacza:

- 0 — brak widocznych uszkodzeń,
- 1 — widoczne uszkodzenia na 1- 10⁰/o powierzchni igieł,
- 2 — uszkodzenia na 11 - 30⁰/o powierzchni igieł,
- 3 — uszkodzenia na 31 - 50⁰/o powierzchni igieł,
- 4 — uszkodzenia na 51 - 70⁰/o powierzchni igieł,
- 5 — uszkodzenia powyżej 70⁰/o powierzchni igieł.

Ocenę uszkodzeń przeprowadzano po upływie trzech dób od chwili zakończenia ekspozycji roślin na działanie gazu. Ze względu na występowanie na powierzchni igieł plam i przebarwień spowodowanych żerowaniem owadów, odcięciem pędów lub innymi przyczynami, podobnie jak rośliny eksponowane na działanie gazu, oceniano także rośliny kontrolne. Podane średnie wartości stopni uszkodzeń stanowią różnicę pomiędzy wartościami stopni uszkodzeń roślin poddanych działaniu gazu a roślinami kontrolnymi, a więc reprezentują uszkodzenia wywołane jedynie wpływem gazu.

BADANIA WŁASNE

Dane dotyczące terminów oraz warunków przeprowadzonych doświadczeń przedstawiono w tabeli 1.

W tabeli 2 przedstawiono wartości średnich stopni uszkodzeń siewek i pędów 17 klonów sosny zwyczajnej poddanych działaniu SO₂, O₃ oraz

Tabela 1

Terminy i warunki przeprowadzonych doświadczeń z wpływem dwutlenku siarki, ozonu i mieszaniny tych gazów na odcięte pędy oraz siewki sosny zwyczajnej

Nr doświadczenia*	Data doświadczenia	Materiał roślinny	Działający gaz	Stężenie gazu [ppm]	Czas działania [h]	Temperatura [°C]	Wilgotność względna pow. [%]	Natężenie światła [Lx] 10 ³
1	18.4 - 21.4 1977	siewki	SO ₂	1,0 ± 0,2	24,0	21,0 - 24,5	50 - 70	8,0 - 12,0
2	21.4 - 3.5 1977	siewki	O ₃	1,0 ± 0,1	66,0	20,0 - 23,0	50 - 70	6,0
3	10.5 - 15.5 1977	siewki	SO ₂ O ₃	0,5 ± 0,1 0,5 ± 0,1	36,0	20,5 - 24,0	50 - 65	8,5 - 15,0
4	9.8 - 12.8 1977	pędy	SO ₂	2,0 ± 0,2	24,0	21,0 - 24,5	50 - 60	9,0 - 15,0
5	2.8 - 5.8 1977	pędy	O ₃	1,0 ± 0,1	66,0	20,5 - 24,5	55 - 70	6,0
6	2.8 - 5.8 1977	pędy	SO ₂ O ₃	2,0 ± 0,1 1,0 ± 0,1	24,0	20,0 - 24,0	50 - 70	8,0 - 14,5

* Numery doświadczeń przedstawione w tabeli 1 odpowiadają numerom doświadczeń w tabeli 2.

Tabela 2

Średnie wartości uszkodzenia igieł drzew matecznych i siewek sosny zwyczajnej poddanych działaniu SO₂, O₃ i SO₂+O₃

Symbol klonu	Siewki (potomstwo klonów)			Pędy		
	SO ₂	O ₃	SO ₂ +O ₃	SO ₂	O ₃	SO ₂ +O ₃
	4	5	6	1	2	3
K-14-12	0,09a	1,39cdef	0,26a	0,00a	0,03ab	0,04a
K-14-13	0,20ab	0,42a	0,73abcd	0,96 cde	0,14abcd	0,36a
K-01-84	0,20ab	1,20bcde	1,87g	1,13def	0,31bcde	0,32a
K-07-22	0,22ab	2,37hi	0,80abcde	0,67bcde	0,49defg	0,45ab
K-01-73	0,31ab	0,73ab	0,80abcde	0,00a	0,01a	0,00a
K-07-04	0,35ab	2,89i	1,26defg	0,15ab	0,47defg	0,34a
K-10-03	0,53ab	1,20bcd	1,40efg	0,31ab	0,09abc	0,08a
K-08-13	0,58ab	1,73efg	0,98bcdef	0,10 ab	0,09abc	0,46ab
K-08-06	0,61ab	0,61a	0,94bcdef	0,23ab	0,03ab	0,29a
K-01-22	0,74b	1,87fgh	0,47ab	0,04a	0,70g	0,15a
K-01-82	0,84b	1,46cdef	0,45ab	0,63bcd	0,58efg	0,52ab
K-07-16	1,00bc	2,07fghi	0,67abc	1,38efg	0,37cdef	0,40a
K-14-14	1,50c	1,36cde	1,56fg	0,59bc	0,57efg	1,43c
K-08-05	1,60c	2,27ghi	1,40efg	0,53abc	0,27abcd	0,05a
K-11-03	2,26d	0,93abc	1,13cdef	0,82bdce	0,13abcd	0,36a
K-14-10	2,53d	2,00fghi	1,20cdef	1,59g	0,09abc	1,05bc
K-01-16	3,08d	1,60def	1,07bcdef	1,78g	0,66dfg	0,23a

Symbole literowe przedstawione w tabelach 2 i 3 oznaczają przynależność do grup wewnątrznie jednorodnych dla poziomów istotności 0,05. W grupowaniu wyników zastosowano test Duncana.

mieszanki SO₂ i O₃ w 1977 roku. Wartości średnich stopni uszkodzeń drzew matecznych, podane w tabeli 2, obliczano dla dwóch lub trzech szczepli z każdego klonu, przy czym każdy szczepl był reprezentowany przez cztery pędy poddane działaniu gazu i cztery pędy kontrolne. Dla każdego z pędów pochodzącego z matecznego osobnika przeprowadzano ocenę uszkodzeń dla 50 igieł położonych na wierzchołku pędu.

Pośród 17 badanych klonów sosny zwyczajnej w doświadczeniu, którego wyniki zestawiono w tabeli 2, najbardziej odporne igły na działanie SO₂ mają klony — drzewa mateczne oznaczone symbolami K-14-12, K-01-73 i K-01-22, a na działanie O₃ wybrano odporne osobniki klonu K-01-73. Słabe zróżnicowanie w obrębie odporniejszych drzew matecznych na działanie mieszanki gazów występuje w grupie 11 klonów charakteryzujących się podwyższoną odpornością igieł.

Najsilniej uszkodzonymi przez działanie SO₂ okazały się igły drzew matecznych — klonów K-01-16 i K-14-10. Natomiast ozon uszkodził najbardziej igły klonu K-01 22, a na mieszaninę tych gazów najsilniej reagowały igły drzew K-14-14. Pomimo nie stwierdzenia istotnej korelacji pomiędzy odpornością igieł drzew w obrębie klonów na działanie poszczególnych gazów i ich mieszanki, klon K-14-12 został zaliczony do grupy najbardziej odpornych tak na działanie SO₂, jak i mieszanki SO₂ i O₃ oraz O₃, przeto wybrano go do dalszych badań.

Zaliczony do drzew o najbardziej wrażliwych igłach na działanie SO₂,

klon K-01-16 nie różni się istotnie od drzew matecznych z grupy najbardziej wrażliwych na działanie ozonu. Klon K-14-10 należy do najbardziej wrażliwych na działanie mieszaniny gazów. Podobnie klon K-14-14 został zaliczony do najbardziej wrażliwych drzew tak na działanie O_3 , jak i mieszaniny gazów SO_2 i O_3 .

Najbardziej odporne igły na działanie SO_2 miały drzewa mateczne, jak i ich potomstwo następujących sześciu klonów: K-14-12, K-01-73, K-07-04, K-10-03, K-08-13 i K-08-06, natomiast najwrażliwsze okazały się igły drzew w obrębie klonów: K-11-03 i K-14-10. Na działanie O_3 najodporniejsze igły miały drzewa mateczne i ich potomstwo generatywne oznaczone symbolami: K-14-13, K-08-06 i K-11-03, a do grupy osobników o najwrażliwszych igłach zaliczono klony: K-07-04 i K-07-22. Najodporniejsze igły na działanie mieszaniny gazów stwierdzono u następujących drzew matecznych, jak i ich potomstwa; K-14-12, K-14-13, K-01-82 i K-07-16, natomiast najsilniej były uszkodzone igły klonu K-14-14.

Przedstawione w następnej części pracy wyniki porównania pomiędzy stopniami uszkodzeń igieł drzew matecznych a stopniami uszkodzeń igieł potomstwa tych drzew, wskazują na istotną korelację w przypadku gdy działającym gazem był dwutlenek siarki i ozon. Nie stwierdzono istotnej korelacji pomiędzy stopniami uszkodzeń igieł drzew matecznych i igieł potomstwa tych drzew, gdy działającym gazem była mieszanina dwutlenku siarki i ozonu.

Tabela 3

Średni stopień uszkodzenia igieł pojedynczych i par igieł osadzonych na krótkopędzie oraz całych siewek poddanych działaniu SO_2 , O_3 i mieszaninie tych gazów

Symbol klonu matecznego	Nr doświadczenia i symbol gazu								
	1. SO_2			2. O_3			3. $SO_2 + O_3$		
	igły		całe siewki	igły		całe siewki	igły		całe siewki
	pojedyncze	pary igieł na krótkopędzie		pojedyncze	pary igieł na krótkopędzie		pojedyncze	pary igieł na krótkopędzie	
Stopień uszkodzenia									
K-07-22	0,00a	0,23ab	0,22ab	2,67de	2,87d	2,37hi	1,28cdef	0,95abcd	0,80abcde
K-14-12	0,09a	0,00a	0,09a	2,14cde	1,25ab	1,39cdef	0,60ab	0,73ab	0,26a
K-14-13	0,13a	0,40ab	0,20ab	0,42a	1,00a	0,42a	1,00abcd	0,68ab	0,73abcd
K-01-84	0,19ab	0,33ab	0,20ab	1,20abc	1,40ab	1,20bcde	1,93fg	2,20gh	1,87g
K-07-04	0,35abc	0,30ab	0,35ab	2,39cde	4,00e	2,89i	1,66efg	1,73efgh	1,26defg
K-10-03	0,45abc	0,60ab	0,53ab	1,40bc	1,74b	1,20bcd	2,07g	1,81efgh	1,40efg
K-08-06	0,49abcd	0,64ab	0,61ab	0,46a	1,27ab	0,61a	1,20bcde	1,47cdef	0,94bcdef
K-01-73	0,54abcd	0,38ab	0,31ab	0,93ab	1,27ab	0,73ab	0,87abc	1,27bcde	0,80abcde
K-08-13	0,56abcd	0,53ab	0,58ab	1,98cde	1,25ab	1,73efg	1,38cdef	0,53a	0,98bcdef
K-07-16	0,78bcde	0,95abc	1,00bc	2,80de	1,93bc	2,07fghi	1,07abcde	0,83abc	0,67abc
K-14-14	0,83cde	1,65cd	1,50c	1,76c	1,19a	1,36cde	1,90fg	1,46cdef	0,56fg
K-01-22	0,85cde	1,21bc	0,74b	1,47bc	2,40cd	1,87fghi	0,52a	0,50a	0,47ab
K-14-10	1,18de	3,10f	2,53d	1,94cd	2,46cd	2,00fghi	1,17bcde	1,60defg	1,20cdef
K-01-82	1,38ef	0,61ab	0,84b	1,71c	1,00a	1,46cdef	0,78abc	1,00abcd	0,45ab
K-08-05	1,44ef	2,25de	1,60c	2,87e	2,00bc	2,27ghi	1,60defg	1,80efgh	1,40efg
K-11-03	1,94f	2,53ef	2,26d	0,80ab	1,20a	0,93abc	0,45a	2,27h	1,13cdef
K-01-16	3,16g	4,00g	3,08d	1,80c	1,20a	1,60def	0,90abc	1,93fgh	1,07bcdef

W tabeli 3 zestawiono wyniki badań wpływu dwu gazów i ich mieszaniny na igły pojedyncze i pary igieł osadzonych na krótkopędach tylko potomstwa generatywnego wybranych klonów sosny zwyczajnej. Daje się zauważyć różnice w stopniu uszkodzeń przez SO₂ igieł pojedynczych wcześniej się rozwijających, jak też igieł późniejszych, osadzonych na krótkopędach. Znacznie silniej niż przez SO₂ uszkodzone były igły obu typów oraz całe siewki przez ozon. Spośród badanego potomstwa generatywnego klonów najmniej uszkodzone przez oba gazy były igły siewek drzew matecznych K-14-13 i K-01-84. Uszkodzenie igieł przez mieszaninę tych gazów jest silniejsze niż przez poszczególne gazy oddzielnie, a najmniej uszkodzone są igły siewek dwu klonów K-01-22 i K-14-22.

Stwierdzenie w obrębie badanych drzew matecznych i ich potomstwa wyraźnej odporności na działanie obu badanych gazów i ich mieszaniny, daje nadzieję na rozwój podjętych prac w tej dziedzinie.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

I. PORÓWNANIE ZRÓŻNICOWANIA STOPNIA ODPORNOŚCI IGIEŁ DRZEW MATECZNYCH — KLONÓW I ICH POTOMSTWA GENERATYWNEGO NA DZIAŁANIE SO₂, O₃ I MIESZANINY TYCH GAZÓW

W celu porównania odporności igieł osobników dojrzałych i ich potomstwa w zależności od rodzaju działającego gazu obliczono współczynniki korelacji dla średnich wartości ich uszkodzeń. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4

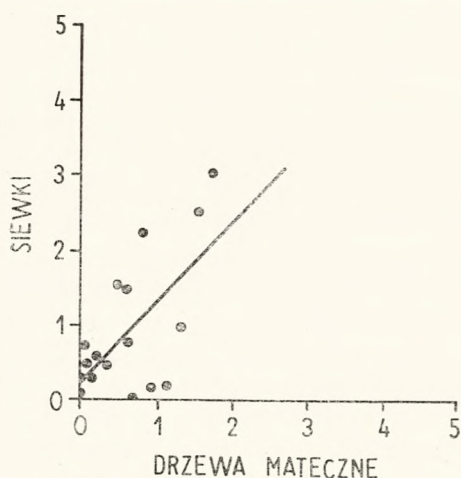
Tablica współczynników korelacji pomiędzy średnimi wartościami uszkodzeń igieł sosny zwyczajnej pod wpływem SO₂, O₃ i SO₂+O₃

II	I		Pędy			Siewki	
			SO ₂	O ₃	SO ₂ +O ₃	SO ₂	O ₃
			1	2	3	4	5
Pędy	O ₃	2	0,2313				
	SO ₂ +O ₃	3	0,3437	0,2394			
Siewki	SO ₂	4	0,6398 × ×	—	—		
	O ₃	5	—	0,4807 ×	—	0,0956	
	SO ₂ +O ₃	6	—	—	0,3072	0,2504	0,0609

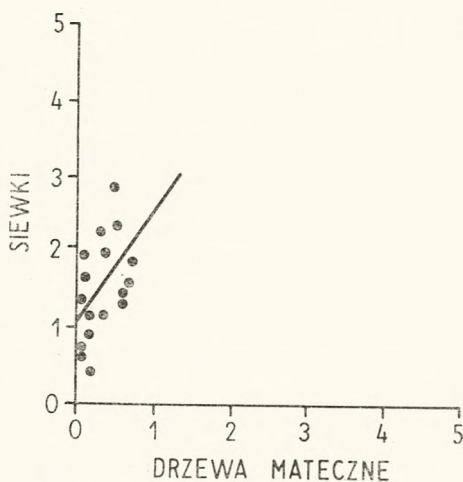
× × — istotność na poziomie ufności 0,01; × — istotność na poziomie ufności 0,06.

Przy porównaniu stopnia uszkodzeń igieł poszczególnych osobników matecznych sosny zwyczajnej nie stwierdzono istotnej korelacji między działaniem SO₂ i O₃ i mieszaniny tych gazów na rośliny. Również nie wystąpiła istotna korelacja między działaniem tych gazów na igły młodych sie-

wek. Porównując natomiast stopnie odporności igieł dorosłych osobników matecznych na działanie badanych gazów i ich mieszaniny, z pojawianiem się tej cechy u ich potomstwa stwierdzono istotną korelację w przypadku działania dwutlenku siarki i ozonu (tab. 4). Wartość współczynnika korelacji pomiędzy średnimi wartościami uszkodzeń igieł dorosłych osobników i siewek dla dwutlenku siarki wynosi $r=0,6397$ i jest on istotny przy poziomie ufności $\alpha=0,01$. W przypadku ozonu wartość tego współczynnika wynosi $r=0,4847$ i jest istotna przy poziomie $\alpha=0,06$. Natomiast dla mieszaniny gazów nie jest istotna wartość nawet przy poziomie ufności $\alpha=0,1$.



Ryc. 1. Wykres krzywej regresji 1 stopnia dla porównania wartości średnich stopni uszkodzeń igieł siewek względem igieł osobników matecznych, klonów sosny zwyczajnej pod wpływem SO_2



Ryc. 2. Wykres krzywej regresji 1 stopnia dla porównania wartości średnich stopni uszkodzeń igieł siewek względem igieł osobników matecznych, kłosów sosny zwyczajnej pod wpływem O_3

Dla porównania średnich stopni uszkodzeń siewek (y) względem średnich stopni uszkodzeń dorosłych osobników (x), przeprowadzono analizę regresji. Wykres krzywej regresji 1 stopnia, w przypadku gdy gazem działającym był SO_2 , o równaniu:

$$y=0,298+1,038 x,$$

przedstawiono na rycinie 1, natomiast gdy gazem działającym był O_3 , wykres krzywej regresji o równaniu:

$$y=1,139+1,328 x,$$

przedstawiono na rycinie 2.

Współczynnik regresji w pierwszym równaniu wynosi $b=1,038$ i jest istotny przy poziomie ufności $\alpha=0,01$, w drugim posiada wartość $b=1,328$

i jest istotny przy poziomie ufności $\alpha=0,06$. Jeśli stwierdzona obecnie istotna korelacja pomiędzy stopniem odporności igieł niektórych osobników matecznych i ich potomstwa generatywnego na działanie SO₂ i O₃ utrzyma się w starszym wieku siewek, to będzie można oceniać możliwość oddziaływania tej cechy. Prowadząc podobnego typu badania nad dziedziczeniem stopnia odporności sosny zwyczajnej, Vogl (1970) stwierdził podobną kolejność w zróżnicowaniu stopnia odporności drzew matecznych, jak i ich potomstwa.

II. PORÓWNANIE STOPNIA ODPORNOŚCI IGIEŁ POJEDYNCZYCH I ICH PAR OSADZONYCH NA KRÓTKOPĘDACH PODDANYCH DZIAŁANIU SO₂, O₃ I MIESZANINY TYCH GAZÓW

Oddzielna ocena uszkodzeń igieł pojedynczych i par igieł osadzonych na krótkopędach, siewek poddanych działaniu poszczególnych gazów, pozwoliła na porównanie ich średnich wartości stopni uszkodzeń. Obliczone, dla porównania średnich wartości stopni uszkodzeń igieł pojedynczych i par igieł osadzonych na krótkopędach 10-miesięcznych siewek sosny zwyczajnej, współczynniki korelacji przedstawiono w tabeli 5.

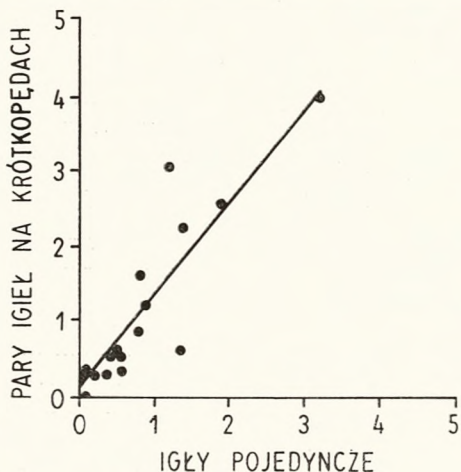
Tabela 5
Wartości współczynników korelacji pomiędzy średnimi wartościami uszkodzeń igieł pojedynczych i par igieł osadzonych na krótkopędach siewek sosny zwyczajnej poddanych działaniu SO₂, O₃ i SO₂+O₃

SO ₂	O ₃	SO ₂ +O ₃
0,8871**	0,5362*	0,3741

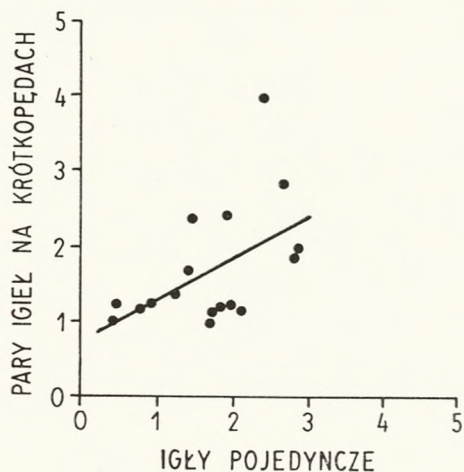
** – istotność na poziomie ufności 0,01; * – istotność na poziomie ufności 0,05.

Stwierdzono istotną korelację dodatnią dla średnich wartości uszkodzeń igieł pojedynczych i par igieł osadzonych na krótkopędach siewek poddanych działaniu SO₂ na poziomie ufności 0,01 i dla O₃ na poziomie ufności 0,05. Nie stwierdzono istotnej korelacji pomiędzy średnimi wartościami uszkodzeń obu typów igieł siewek poddanych działaniu mieszaniny SO₂ i O₃.

Na podstawie danych otrzymanych z doświadczeń, w których działającymi gazami były dwutlenek siarki i ozon, przeprowadzono analizę regresji dla wartości średnich stopni uszkodzeń par igieł osadzonych na krótkopędach (y) względem igieł pojedynczych (x). Krzywą regresji 1 stopnia dla doświadczenia z SO₂, o równaniu:



Ryc. 3. Wykres krzywej regresji 1 stopnia dla porównania średnich wartości stopni uszkodzeń par igieł osadzonych na krótkopędach ze średnimi wartościami stopni uszkodzeń igieł pojedynczych, siewek sosny zwyczajnej, poddanych działaniu SO_2



Ryc. 4. Wykres krzywej regresji 1 stopnia dla porównania średnich wartości stopni uszkodzeń par igieł osadzonych na krótkopędach ze średnimi wartościami stopni uszkodzeń igieł pojedynczych, siewek sosny zwyczajnej, poddanych działaniu O_3

$$y = 0,079 + 1,279 x,$$

przedstawiono na rycinie 3, a dla doświadczenia z O_3 krzywą regresji 1 stopnia, o równaniu:

$$y = 0,771 + 0,568 x,$$

przedstawiono na rycinie 4.

W pierwszym przypadku współczynnik regresji wyniósł $b = 1,279$ i był istotny przy poziomie ufności $\alpha = 0,01$, w drugim $b = 0,568$ i był istotny dla poziomu ufności $\alpha = 0,05$. Otrzymane dane pozwoliły stwierdzić większą wrażliwość par igieł umieszczonych na krótkopędach (młodszych) niż igieł pojedynczych (starszych) 10-miesięcznych siewek sosny zwyczajnej, poddanych działaniu dwutlenku siarki. W przypadku ozonu zależność jest odwrotna. Badając wrażliwość siewek *Pinus virginiana* Mill. na działanie ozonu, Davis i Wood (1973) stwierdzili większą wrażliwość kilkunastotygodniowych par igieł osadzonych na krótkopędach niż igieł pojedynczych w odpowiadającym im wieku.

Badania wpływu SO_2 i O_3 i mieszaniny tych gazów na drzewa młode i siewki będą prowadzone nadal do osiągnięcia przez nie starszego wieku. Wyniki tych prac wskażą na możliwość hodowli odporniejszych osobników i populacji sosny zwyczajnej na działanie szkodliwych gazów emitowanych przez przemysł.

LITERATURA

- Bartkowiak S., Białobok S., Rachwał L. — 1975. Ocena stopnia uszkodzeń drzew i krzewów przez SO₂ dla potrzeb ich hodowli. Arboretum Kórnickie XX: 375 - 384.
- Berry C. R. — 1974. Age of pine seedlings with primary needles affects sensitivity to ozone and sulfur dioxide. *Phytopathology* 64 (2): 207 - 209.
- Białobok S., Karolewski P., Rachwał L. — 1978. Charakterystyka urządzeń do badania wpływu gazów toksycznych na rośliny. Arboretum Kórnickie XXIII.
- Börtitz S., Vogl M. — 1965. Physiologische und biochemische Beiträge zur Rauchschaadenforschung. Versuche zur Erarbeitung eines Schnelltestes für die züchterische Vorselektion auf Rauchhärte bei Lärchen. *Der Züchter* 35 : 307 - 311.
- Davis D. D., Wood F. A. — 1973. The influence of plant age on the sensitivity of Virginia pine to ozone. *Phytopathology* 63 (3) : 381 - 388.
- Dochinger L. S., Seliskar C. E. — 1970. Air pollution and the chlorotic dwarf disease of eastern white pine. *Forest Sci.* 16 (1) : 46 - 55.
- Dochinger L. S. i in. — 1970. Chlorotic dwarf of eastern white pine caused by an ozone and sulphur dioxide interaction. *Nature* 225 (5231) : 476.
- Hoesman D. C., Welburn A. R. — 1975. Synergistic effect of SO₂ and NO₂ polluted air upon enzyme activity in pea seedlings. *Environ. Pollut.* 3 : 123 - 133.
- Houston D. B. — 1974. Response of selected *Pinus strobus* L. clones to fumigations with sulfur dioxide and ozone. *Can. J. For. Res.* 4 (1): 201 - 208.
- Houston D. B., Stairs G. R. — 1973. Genetic control sulfur dioxide and ozone tolerance in eastern white pine. *Forest Science* 19 (4) : 267 - 271.
- Jaeger J., Banfield W. — 1970. Response of eastern white pine to prolonged exposure to atmospheric levels of ozone, sulfur dioxide, or mixtures of these pollutants. *Phytopathology* 60 : 575 (Abstr.).
- Jensen K. F. — 1973. Response of nine forest tree species to chronic ozone fumigation. *Plant Dis. Repr.* 57 : 914 - 917.
- Jensen K. F., Masters R. G. — 1975. Growth of six woody species fumigated with ozone. *Plant Dis. Repr.* 59 : 760 - 762.
- Roberts B. R. — 1976. The response of field — grown white pine seedlings to different sulphur dioxide environments. *Environ. Pollut.* II : 175 - 180.
- Saltzman B. E. — 1959. Iodometric microdetermination of organic oxidants and ozone. *Anal. Chem.* 31 (11): 1914 - 1920.
- Schönbach H. i in. — 1964. Über den unterschiedlichen Einfluss von Schwefeldioxid auf die Nadeln verschiedener 2 jähriger Lärchenkreuzungen. *Der Züchter.* 34 (8) : 312 - 316.
- Tingey D. T. i in. — 1971. Vegetation injury from the interaction of nitrogen dioxide and sulfur dioxide. *Phytopathology* 61 (12) : 1506 - 1511.
- Tingey D. T. i in. — 1973. Foliar injury responses of eleven plant species to ozone /sulfur dioxide mixtures. *Atm. Environ.* Pergamon Press. 7 : 201 - 208.
- Vogl M., Börtitz S., Polster H. — 1970. Fizjologiczeskije i biochimizeskije issledowanija powreždienij chwojnych siernistym gazom. *Rastitielnost i promysliennyje zagriaznienija*, s. 10 - 15.
- Vogl M. — 1970. Untersuchungen über Unterschhiden in der relativen SO₂ — Resistenz bei Kiefern-Nachkommenschaften. *Arch. Forstwiss.* 19 (1): 3 - 12.
- Wellburn A. R. i in. — 1972. Effects of SO₂ and NO₂ polluted air upon the ultrastructure of chloroplasts. *Environ. Pollut.* 3 : 37 - 49.
- Zabołotnikowa Z. I. — 1970. Ustojcziwost chwojnych porod k zagrazieniu wozducha. *Lesnoje Hozjajstwo* 6 : 87.

STEFAN BIAŁOBOK, PIOTR KAROLEWSKI

Evaluation of the degree of resistance of maternal scots pine trees and their progeny to the action of SO₂, O₃ and a mixture of these gases

S u m m a r y

Detached shoots of trees and 10 months old seedlings from seed collected from these trees, from 17 clones of Scots pine, have been subjected to the action of sulphur dioxide, ozone and a mixture of these gases. The plants were exposed to the gases in chambers specially adapted for the purpose. The concentrations of gases used and the durations of exposition permitted a considerable differentiation of the degree of needle injury observed on individual trees.

On the basis of the experiments conducted a comparison was made of the injuries to needles of mother trees and to their seedling progenies made by the various gas treatments. A significant positive correlation was observed between the injuries in mothers and in the progenies due to SO₂ and O₃ acting alone.

Comparison of the injuries observed on single needles and on needle pairs in fascicles allowed us to conclude that the latter were more sensitive to the action of SO₂ while with ozone the opposite is true.

СТЕФАН БЯЛОБОК, ПЕТР КАРОЛЕВСКИ

Оценка степени устойчивости маточных деревьев сосны обыкновенной и ее потомства к действию SO₂, O₃ и смеси этих газов

Р е з ю м е

Срезанные с деревьев побеги, а также полученное из семян этих деревьев потомство (10-месячные сеянцы) 17 клонов сосны обыкновенной подвергали действию сернистого ангидрида, озона и смеси этих газов. Растения газировали в созданных специально для этой цели камерах. Применялись концентрации газов и время газирования, дающие возможность значительной дифференциации степени повреждения хвои испытуемых деревьев.

На основании выполненных опытов проведено сравнение степени повреждения хвои маточных деревьев и их потомства в зависимости от действующего газа. Обнаружена существенная, положительная корреляция между степенью повреждения хвои маточных деревьев и их потомства в случае когда они газировались SO₂ и O₃.

Оценка степени повреждения, отдельно для одиночных хвоинок и для пар хвоинок на укороченных побегах дала возможность дифференцировать их устойчивость по отношению к исследуемым газам.