

STEFAN BIAŁOBOK, PIOTR KAROLEWSKI, LESŁAW RACHWAŁ

Charakterystyka urządzeń służących do badania wpływu szkodliwych gazów na rośliny*

I. WSTĘP i OMÓWIENIE LITERATURY

Szybki rozwój przemysłu w Europie w ostatnim trzydziestoleciu przyczynił się do bardzo ożywionego postępu badań fizjologicznych nad wpływem szkodliwych emisji, wytwarzanych przez zakłady przemysłowe, na drzewa i krzewy. W początkowym etapie badań wykorzystywano głównie materiały roślinne pobierane z miejsc, które znajdowały się pod wpływem oddziaływania trujących czynników. Na tym etapie rozwoju badań zajmowano się w warunkach nie kontrolowanych oceną stopnia oraz typem uszkodzenia organów wegetatywnych i generatywnych drzew i krzewów oraz zawartością, a także rozmieszczeniem w ich organizmie substancji trujących.

Wyniki te były tylko orientacyjne, gdyż obarczały je poważne błędy metodyczne. Nie znano bowiem chemicznego składu i stężenia substancji trujących, okresu ich oddziaływania w różnych układach pogody, jak też roli wpływu substancji szkodliwych na te rośliny w zależności od czynników glebowych. Z tych powodów dalszy rozwój tych badań wymagał wytworzenia skomplikowanych urządzeń, za pomocą których analizowanie wpływu różnych gazów na rośliny drzewiaste mogło być bardziej ściśle przeprowadzane.

Ze względu na znaczne szkody, jakie powodują emisje przemysłowe w lasach, uprawach drzew, zadrzewieniach miejskich czy też pozaleśnych zajęto się stosunkowo wcześniej ustaleniem stopnia odporności drzew i krzewów rodzimych oraz introdukowanych na zatrucie środowiska, jak też oceną ich przydatności dla obszarów przemysłowych.

Do przeprowadzenia badań używano początkowo pojedynczych komór różnych typów, m. in. komorę wykorzystaną przez D o c h i n g e r a (Ano-

* Praca była częściowo finansowana przez Instytut Badawczy Leśnictwa z problemu 09. 2. 1, przez Polską Akademię Nauk z problemu 10. 2. oraz z funduszu FG-Po-326 przez Ministerstwo Rolnictwa Stanów Zjednoczonych w ramach umowy PL-480.

nim), Pavlika (Rohmeder, Merz, Schönborn 1962), Zahna 1961, Navarę 1971, Hauta 1961. W tych pojedynczych, różnej wielkości komorach można było umieścić kilka lub kilkanaście sadzonek drzew w doniczkach. Niewielkie komory mogły też być zawieszane bezpośrednio na drzewie żyjącym, na otwartym powietrzu w celu badania wpływu gazu na procesy fizjologiczne (Börtitz 1964, Vogl 1964). W komorach tych można było w pewnym stopniu uregulować stężenie gazów, jak też wielkości innych czynników otoczenia, np. temperatury, wilgotności i światła. Komory te mogły być umieszczane w cieplarniach lub innych pomieszczeniach zapewniających przeprowadzenie badań.

Użycie pojedynczych komór dawało niewielkie możliwości badawcze dla potrzeb selekcji, głównie ze względu na ograniczoną możliwość pomieszczenia w nich większej liczby drzew lub krzewów. Dlatego też zaczęto wykorzystywać różnego typu cieplarnie, niekiedy podzielone na mniejsze komory, o różnym stopniu możliwości regulowania czynników zewnętrznych, jak też stężenia gazu i czasu jego działania (Rohmeder i Schönborn (1965). W każdej z pięciu komór, jakimi posługiwali się Rohmeder i Schönborn (1965) przy selekcji osobników świerka pospolitego, jak też niektórych gatunków drzew liściastych odpornych na działanie SO_2 i HF, mieściło się 60 doniczek ze szczepami. Regulacja warunków doświadczenia w komorach odbywała się centralnie z budynku, do którego przylegała cieplarnia. Równocześnie działano na sadzonki drzew w komorach kilkoma stężeniami SO_2 i HF, a do jednej komory wprowadzano oczyszczone powietrze. W miarę potrzeby można było też regulować w komorach wilgotność i temperaturę powietrza. Urządzenie to dawało możliwość wykonania masowej selekcji sadzonek świerka, jak też uzyskania znacznej swobody regulowania wielu innych czynników doświadczenia. Dużo większe możliwości badawcze niż pojedyncze kabiny daje zespół kabin, jakie wykonała w latach 1958 firma Farbwerke Hoechst (Zahna 1961). Na pięciu pasach gruntu o szerokości 4 m zbudowano 20 otwieranych jednostronnie kabin, w których można było w naturalnych warunkach glebowych badać wpływ czterech różnych stężeń SO_2 na rośliny. Powierzchnia kabin wyniosła $2,5 \text{ m}^2$, a wysokość 1,8 m. Zbudowano je z drewna, boczne ściany pokryto folią PCV, a dach wykonano ze szkła organicznego. Gaz wymieszany z powietrzem doprowadzano rurami umieszczonymi pod ziemią. Z kabin gaz odprowadzany był kominkiem o wysokości 70 cm, umieszczonym w szczycie dachu. Powietrze mogło być wymieniane 80 - 100 razy na godzinę. Do kabin kontrolnych pompowano tylko oczyszczone powietrze. W kabinach tych badano rośliny uprawne i warzywa rosnące bezpośrednio w ziemi.

Podobny zestaw kabin, również w liczbie 20 o wymiarach $1,6 \times 1,6 \text{ m}$, zbudowano z identycznych materiałów jak podano w poprzednim przykładzie w Tharandt (Institut für Pflanzenchemie der Fakultät für Forst-

wirtschaft Tharandt, DDR — D ä s s l e r, E n d e r l e i n 1965). Gaz zmieszany z powietrzem doprowadzono z jednego pomieszczenia, położonego w sąsiedztwie kabin, w którym mieściło się laboratorium i urządzenia podające gaz i powietrze. Równocześnie można było w tych kabinach prowadzić doświadczenia w czterech powtórzeniach. Maksymalne temperatury były w komorach wyższe o około 3°C, a wilgotność o 5% niższa jak na zewnątrz. W razie silnego promieniowania słonecznego dachy komór cieniowano.

Podobne komory działają również w Birmensdorf (Szwajcaria) w Eidgenössische Anstalt das forstliche Versuchswesen (K e l l e r 1976). Kabinny w kształcie walca o średnicy 2 m, w liczbie 20, mieszczą po 20 pojemników o objętości 10 l, w których można posadzić rośliny. W miarę potrzeby kabiny są automatycznie cieniowane. Podawanie gazów do kabin rozwiązano jak w poprzednich przykładach. Temperatura i wilgotność w tych komorach jest nieco wyższa jak na zewnątrz.

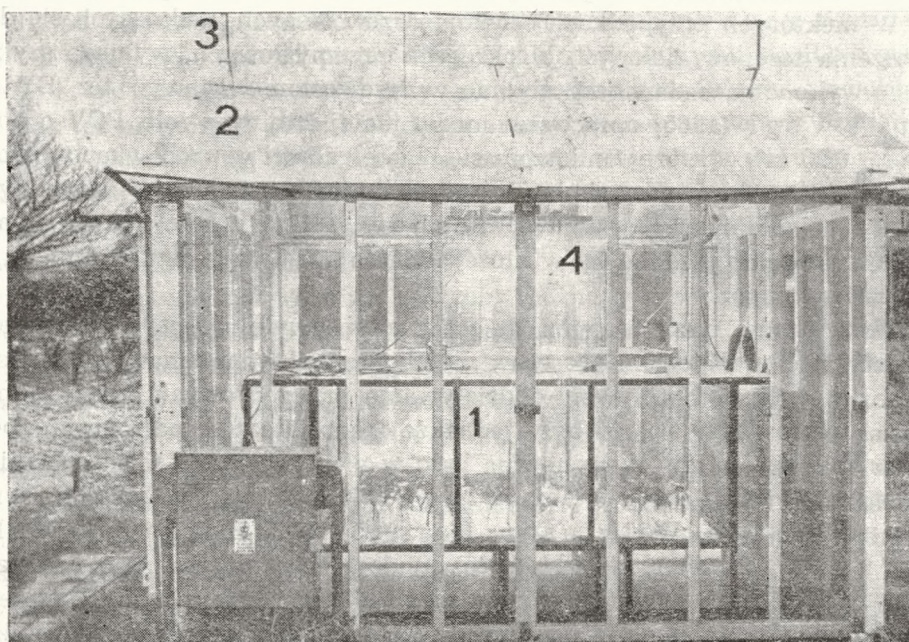
W niektórych przypadkach selekcja drzew leśnych, nadających się do tworzenia terenów zielonych w okręgach przemysłowych, wymaga szybkiego wykonania badań bezpośrednio w drzewostanie. Dlatego też B ö r t t i t z i V o g l (1965) opracowali model małej kabiny z folii PCV o objętości 0,25 m³, w której umieszcza się ucięte gałązki w probówkach z wodą. Gaz (SO₂) wprowadza się bezpośrednio do tej komory. Do badań wpływu O₃ na zbiorowiska roślinne T r e s h o w i S t e w a r t (1975) skonstruowali kabinę plastikową, w której istnieje możliwość regulowania stężenia O₃.

W związku z rozwijającymi się coraz intensywniej podstawowymi badaniami nad przebiegiem procesów metabolicznych w roślinach drzewiastych, będących pod wpływem oddziaływania przemysłowych emisji gazowych, opisane typy komór były jednakże niedostatecznie odizolowane od warunków zewnętrznych by można było w nich prowadzić ściśle badania biologiczne (M a l h o t r a, H o c k i n g 1976, T i n g e y, W i l h o u r, S t a n d l e y 1976, W i l k i n s o n, B a r n e s 1973, H o r s m a n, W e l b u r n 1975, J ä g e r, G r i l l 1975). Budowane są zatem coraz częściej komory typu fitotronów (M a r k o w s k i 1961), w których doświadczenia przebiegają w zupełnej izolacji od warunków zewnętrznych. Warunki doświadczenia wewnątrz komór są regulowane automatycznie. Typy takich urządzeń przedstawiają W o o d i i n n i (1973), H e c k i i n n i (1968), K e l l e r.

Wszystkie tak bardzo różnorodne w swej konstrukcji urządzenia nie mają jednak znaczenia uniwersalnego, budowane są bowiem dla określonych celów doświadczalnych. Skala problemów badawczych w tej dziedzinie jest bardzo rozległa i widoczna jest w tym zakresie coraz bardziej zawężająca się specjalizacja, która ma wpływ na rozwój aparatury badawczej.

II. OPIS KOMÓR WŁASNEJ KONSTRUKCJI

Skonstruowany przez autorów zespół urządzeń (ryc. 1) składa się z dwóch podstawowych części: oszklonego pomieszczenia o wymiarach $3 \times 3 \times 2,5$ m, służącego do przygotowania powietrza o odpowiednich parametrach i umieszczonych w nim dwóch komór doświadczalnych — kontrolnej i ekspozycyjnej (ryc. 1 - 1), wykonanych ze szkła organicznego „Meta-pleksu”. Dobór parametrów powietrza i zakresów pomiarowych przy projektowaniu komór doświadczalnych oraz wybór urządzeń regulujących przeprowadzono częściowo na podstawie istniejących już urządzeń tego typu. W rozwiązywaniu problemów technicznych oraz w opracowaniu projektu konstrukcji tych komór pomocy udzielili: doc dr hab. F. D e m b e c k i i mgr inż. Z b. B a g i e ń s k i z Instytutu Inżynierii Komunalnej Politechniki Poznańskiej oraz inż. S t. C i e r n i e w s k i z WZT „TELETRA”. Za udzieloną pomoc składamy serdeczne podziękowanie.

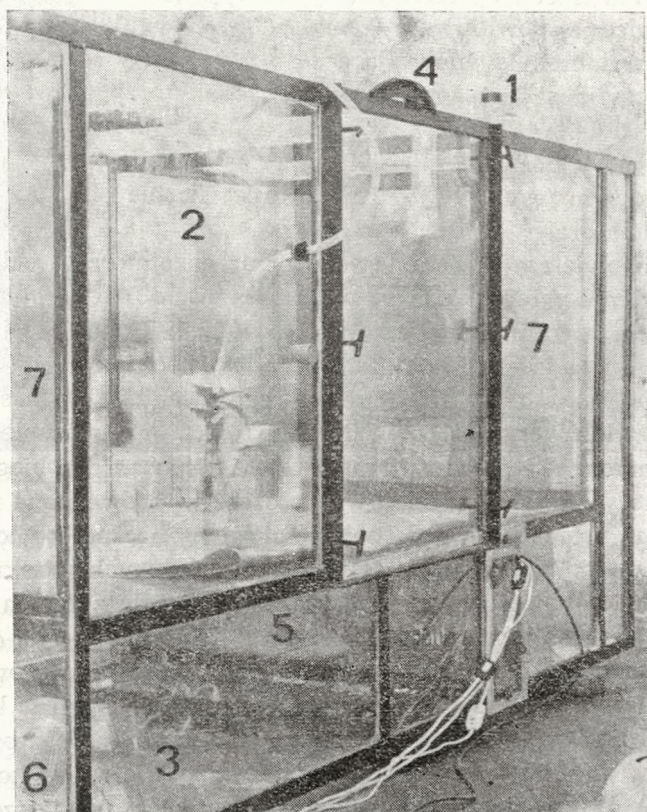


Ryc. 1. Klimatyzowane pomieszczenie z komorami do badań wpływu dwutlenku siarki na rośliny

Szklarnia posiada na zewnątrz dodatkowe ramy, w których zamontowano tafle szkła „Antisol” produkcji HSO „Kunice”, zatrzymującego do 80% promieniowania podczerwonego (ryc. 1 - 2). Pomiędzy ścianami i dachem szklarni a płytami antisolowymi zachowano odgłóści 5 - 8 cm w celu stworzenia cyrkulacji powietrza odbierającego ciepło od nagranych płyt. W okresie letnich upałów nad szklarnią dodatkowo rozciąga się biała ochronną tkaninę na zamocowanych wzdłuż dachu i ścian stalowych prę-

tach, umieszczonych na wspornikach (ryc. 1-3). Dzięki temu powstała możliwość badania wpływu gazów na rośliny przy naturalnym świetle słonecznym, odbierając mu jednocześnie nadmiar podczerwonego promieniowania ciepłego. W dni pochmurne natężenie światła podwyższa się przez zastosowanie lamp (ryc. 1-4), umieszczonych nad komorami.

Dla otrzymania ściśle żądanych wartości natężeń światła, drugą tego typu szklarnię zaciemniono, stosując wyłącznie światło sztuczne. Do sztucznego oświetlenia użyto lamp żarowo-rtęciowych typu LRFR-400 W o znamionowym strumieniu świetlnym 16 000 Lm, posiadających widmo zbliżone do widma słonecznego. Natężenie światła reguluje się włączeniem odpowiedniej liczby równomiernie rozmieszczonych żarówek oraz ich odległością od górnej płyty komory doświadczalnej, dzięki odpowiednio skonstruowanemu statywowi.



Ryc. 2. Komora doświadczalna do badań wpływu SO_2 na rośliny

Regulacja temperatury powietrza wewnątrz szklarni odbywa się za pomocą dwóch urządzeń: klimatyzatora i termowentylatora. Klimatyzator typu K-3300 (produkcji FUK-W „Klimator”) przeznaczony jest wyłącznie do chłodzenia, termowentylator typu OTW-2 produkcji „Farel” —

do ogrzewania powietrza. Obydwa te urządzenia zostały sprzężone przez przekładnik elektromagnetyczny R-15 (produkcji LZAE „Lumel”) z termometrem kontaktowym (0° - $+50^{\circ}\text{C}$), co umożliwiło płynną regulację temperatury ($\pm 1,0^{\circ}\text{C}$). Powietrze znajdujące się w szklarni, stanowiącej układ zamknięty, może być częściowo wymieniane z otoczeniem przez otwarcie żaluzji klimatyzatora.

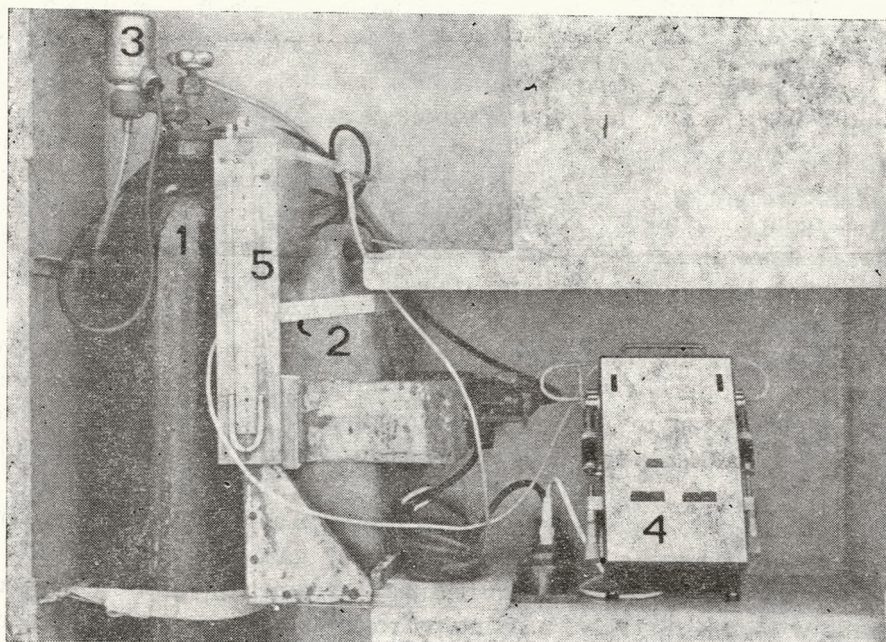
Oprócz temperatury i natężenia światła, ważnym czynnikiem wpływającym na procesy fizjologiczne roślin jest wilgotność powietrza. Do regulacji wilgotności powietrza zastosowano regulator wilgotności względnej Ww-3s (produkcji „Mera-PIAP), współpracujący z oporowym czujnikiem elektrolitycznym WH-01. Dwa przekładniki elektromagnetyczne wmontowane na wyjściu regulatora, sterują układem nawilżania za pomocą podłączonych nawilżaczy powietrza NW-5 i NW-6.

Przy użyciu trzech wymiennych typów czujników zakres regulacji wilgotności względnej powietrza wynosi 40 - 95%. Regulator zaopatrzony jest dodatkowo w lampki sygnalizujące stan jego pracy oraz skalę odchyłki między wartością zadaną a rzeczywistą. Tak przygotowane powietrze o określonej temperaturze i wilgotności zostaje wprowadzone przez gazomierz do komory doświadczalnej (ryc. 2) za pomocą wentylatora z silnikiem szeregowym (ryc. 2 - 1) o regulowanej liczbie obrotów przy użyciu autotransformatora.

Objętość powietrza przechodzącego przez gazomierz w jednostce czasu określa natężenie przepływu, a po uwzględnieniu objętości komory ($2,0\text{ m}^3$) liczbę wymian powietrza ($10 - 15\text{ wymian} \times \text{h}^{-1}$). Powietrze jest wprowadzane do części badawczej komory (ryc. 2 - 2), o objętości $1,1\text{ m}^3$, przewodem (ryc. 2 - 4) na dno kanału przelotowego (ryc. 2 - 3), a następnie przechodzi przez blok wentylatorów „Bryza” (ryc. 2 - 5) w kanale pod częścią badawczą komory. Część powietrza zostaje zawrócona do obiegu (część badawcza komory — kanał przelotowy), a część wyprowadzana na zewnątrz przewodem, umieszczonym w dolnej części ściany bocznej komory. Wyrównanie ciśnienia powietrza powstałego wskutek różnych przekrojów części przelotowych i równomiernie wymieszanie powietrza z gazem zostało wymuszone przez zainstalowanie mosiężnych siatek (ryc. 2 - 7) o odpowiednio małych wielkościach oczek ($0,2 \times 0,25\text{ mm}$), bloku wentylatorów i dodatkowego wentylatora typu „Zefir” (ryc. 2 - 6), umieszczonych w kanale przelotowym. Od liczby włączonych wentylatorów w bloku oraz pojedynczych wentylatorów „Zefir” zależy prędkość liniowa powietrza w komorze ($0,1 - 0,3\text{ m} \times \text{s}^{-1}$). W części przewodu doprowadzającego powietrze, pomiędzy gazomierzem a wlotem do kanału pod częścią badawczą komory, doprowadzony jest cienkim przewodem dwutlenek siarki.

Układ dozujący dwutlenek siarki został przedstawiony na rycinie 3. Gaz z butli (ryc. 3 - 1) doprowadzany jest do elastycznego, plastikowego zbiornika wyrównawczego (ryc. 3 - 2), który po napełnieniu się, przez rozprężenie pod wpływem ciśnienia gazu, wciska przełącznik włączający zawór

elektromagnetyczny (ryc. 3 - 3), odcinając w ten sposób dopływ gazu z butli. Po spadku ciśnienia, wskutek powrotu zbiornika do pierwotnego kształtu przez zwolnienie przełącznika, włącza zawór elektromagnetyczny powodując dopływ nowych ilości gazu z butli. Ze zbiornika wyrównawczego gaz zostaje wtłaczany do komory pompą mikrodozującą typu 325 A „Unipan” (ryc. 3 - 4), pod ciśnieniem określanym przy użyciu manometru rtęciowego (ryc. 3 - 5).



Ryc. 3. Układ dozujący dwutlenek siarki

Określone wartości stężeń gazu otrzymuje się przez odpowiednią regulację skoku i częstotliwości pracy tłoka mikropompy, wpływając w ten sposób na wartość stosunku objętościowego gazu do czystego powietrza. Objętość powietrza mieszanego z gazem reguluje się zmianą natężenia przepływu powietrza wtłaczanego do komory wentylatorem, którego praca uzależniona jest od określonego nastawu autotransformatora. Dobranie stosunku objętości gazu do objętości powietrza jest przybliżonym ustaleniem stężenia dwutlenku siarki w komorze.

Dokładne określenie stężenia było w pierwotnej fazie badań przeprowadzane metodą pośrednią, przez absorpcję określonej objętości skażonego powietrza w roztworze pochłaniającym (czterochlorortęcianu sodowego tworzącego z SO_2 trwałe kompleksy dwuchlorosiarczynowy) i przeprowadzeniu pomiarów kolorymetrycznych na spektrofotometrze „Spekol”, metodą p-rozawilinową (W e s t, G a e k e 1956). Poboru gazu do analizy dokonywano za pomocą aspiratora ($0,5 \text{ dcm}^3 \times \text{min.}^{-1}$). 20-minutowych pomia-

rów dokonuje się przez cały czas ekspozycji roślin. Pomiaru stężenia SO_2 przeprowadzane jednocześnie w różnych częściach komory doświadczalnej wykazywały zgodne wartości. W wyniku stosowania tej metody otrzymuje się średnie wartości stężeń gazu, co daje przybliżony obraz średniego stężenia SO_2 podczas całkowitej ekspozycji. Dlatego też obecnie zmodyfikowano metodę dozowania i analizowania gazu przez zastosowanie analizatora „Mikolyt-2” produkcji Junkalor-Dessau (NRD). Przyrząd ten daje możliwości rejestracji chwilowych, jak i ciągłych wartości stężeń SO_2 . Nastawne kontakty graniczne (w trzech przedziałach stężeń: 0-1,5; 0-4,5 i 0-15,0 $\text{mg} \times \text{m}^{-3}$) z prądowym wyjściem na przekaźnik elektromagnetyczny, przez sprzężenie z pompą mikrodozującą, dają możliwości regulacji przepływu SO_2 , a więc w efekcie stężenia gazu. Analizator, układ dozujący oraz rejestratory umieszczono w oddzielnym pomieszczeniu. Zainstalowanie przewodów doprowadzających gaz i przewodów prądowych w specjalnych kanałach, pomiędzy pomieszczeniem dyspozycyjnym a pomieszczeniem z komorami, zapewnia zdalne dozowanie i rejestrację, pozostawiając układ doświadczalny w całkowitej izolacji. Rejestrację temperatury przeprowadza się za pomocą rezystorowych czujników niklowych ON-3.

Pomiary natężenia światła dokonuje się używając półprzewodnikowych elementów produkcji firmy „Phillips”, skalując jego wartość luksometrem fotoelektrycznym Ju-16 z fotoelementem Φ 102 (ZSRR). Wartości: temperatury, natężenia światła i wilgotności rejestruje się za pomocą punktowego rejestratora typu ERM 202 („Mera” — KFAP). Skonstruowany w ten sposób układ do badania wpływu dwutlenku siarki na rośliny może być łatwo przystosowany do badań wpływu innych gazów przemysłowych.

Identyczny zespół urządzeń do regulacji parametrów powietrza wykorzystano w badaniach wpływu ozonu na rośliny. Pomieszczenie z komorami w tym przypadku zostało zaciemnione. Jednym źródłem światła są tutaj lampy żarowo-rtęciowe umieszczone nad komorami. Są one włączane automatycznie przez urządzenie fotoelektryczne przy wartościach natężenia światła na zewnątrz powyżej 3000 Lx. W komorze natężenie światła jest utrzymywane na stałym poziomie 4000 Lx.

Do wytwarzania O_3 zastosowano wytworniki ozonu typu OG-31 produkcji krajowej, które umieszczono w dolnej części kanału przelotowego komory. Wartości stężeń ozonu reguluje się przez włączenie odpowiedniej liczby wytworników i zmianę natężenia przepływu powietrza przez komorę.

Pomiarów stężeń O_3 dokonuje się okresowo metodą absorpcji określonej ilości skażonego ozonem powietrza w 1-procentowym roztworze pochłaniającym jodku potasowego i kolorymetrycznego oznaczenia zawartości wolnego jodu, powstałego w procesie redukcyjno-oksydacyjnym (S a l t z m a n 1959). Układy regulujące wartości parametrów powietrza, jak i ich rejestracja są identyczne z opisanymi wyżej przy badaniach wpływu dwutlenku siarki.

III. DYSKUSJA

Przedstawiony powyżej zespół urządzeń do badań wpływu gazów na rośliny jest stosunkowo uniwersalnym zestawem. Może on być stosowany także do przeprowadzania doświadczeń dla innych celów, przy których wymagane są ściśle określone parametry powietrza. Ze względu na stosunkowo duże wymiary komór istnieje możliwość badań nie tylko pojedynczych sadzonek i pędów roślin, ale i ich większej liczby dla celów selekcji. Działające niezależnie od siebie podzespoły regulujące i rejestrujące mogą być łatwo wymieniane i zastępowane nowocześniejszymi.

Proces dozowania gazu, oparty tutaj na zasadzie sprężenia analizatora typu „Mikolyt-2” z pompą podającą gaz, może być zastąpiony niesterywanym automatycznie systemem dozowania, a sam analizator zastąpiony innego typu analizatorem. Komory ekspozycyjna i kontrolna wykonane zostały ze szkła organicznego („Metapleks”) charakteryzującego się dużą odpornością na działanie gazów agresywnych (kwasotwórczych, utleniających itp.), co stwarza możliwość badania wpływu różnych gazów (SO_2 , HF, NO_x itp.), a jednocześnie pozwala na bezpośrednią obserwację roślin dzięki przezroczystości płyt. Zakresy regulacyjne i pomiarowe zastosowanych przyrządów pozwalają na przeprowadzanie doświadczeń w szerokich przedziałach poszczególnych parametrów powietrza i wartości stężeń dwutlenku siarki. Łatwość montażu, zarówno całości, jak i poszczególnych części zespołu urządzeń, a także ich stosunkowo tani koszt są dodatkowymi zaletami.

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono, skonstruowany w Instytucie Dendrologii PAN w Kórniku, zespół urządzeń do badań wpływu dwutlenku siarki i ozonu na rośliny. W dwóch klimatyzowanych szklarniach umieszczono przepływowe komory badawcze (z częściową wymianą powietrza skażonego gazem) oraz urządzenia do regulacji parametrów powietrza (temperatury, wilgotności itp.). Zapewniono możliwość regulacji ilości wymian i prędkości liniowej powietrza w komorach badawczych. Zastosowany układ dozujący gaz i analizator SO_2 pozwalają na automatyczną regulację zadanych wartości stężeń gazu. Łatwość wymian i modernizacji poszczególnych podzespołów aparatury stwarza możliwości wykorzystania przedstawionego zespołu urządzeń do badań wpływu innych gazów toksycznych, jak również do prowadzenia doświadczeń, w których wymagane jest zachowanie ściśle określonych parametrów powietrza.

LITERATURA

1. Anonim. Air Pollution Stunt Pines. Photo Story. Forestry Sciences. Northeastern Forest Exp. Sta., Upper Darby, Pennsylvania, 19082, 4; 1 - 4.
2. Börtitz S. — 1964. Physiologische und biochemische Beiträge zur Rauchschadenforschung. Biol. Zentralblatt. 83 (4): 501 - 513.
3. Börtitz S., Vogl M. — 1965. Physiologische und biochemische Beiträge zur Rauchschadenforschung. Der Züchter. 35 (7): 307 - 311.
4. Dässler H. G., Enderlein H. — 1965. Experimentelle Begasungsversuche eine Möglichkeit zur Minderung der forstlichen Rauchschäden in unserer Republik. Die sozialistische Forstwirtschaft. 15: 367 - 368.
5. Enderlein H., Dässler H. G. — 1965. Experimentelle Begasungsversuche — eine Möglichkeit zur Minderung der forstlichen Rauchschäden in unserer Republik. Mitt. Nr. 40 der Arbeitsgemeinschaft Forstliche Rauchschadenforschung Tharandt.
6. Enderlein H., Vogl M. — 1966. Experimentelle Untersuchungen über die SO_2 — Empfindlichkeit der Nadeln verschiedener Koniferen. Archiv für Forstwesen. 15 (11/12): 1207 - 1224.
7. Hautv. H. — 1961. Die Analyse von Schwefeldioxydwirkungen auf Pflanzen im Laboratoriumsversuch. Staub 21 (2): 52 - 56.
8. Heck W. W., Dunning J. A., Johnson H. — 1968. Design of a Simple plant Exposure Chamber. U.S. Dep. of Health, Education, and Welfare. National Center for Air Pollution Control. Cincinnati, Ohio. Publ. APTD--68-6: 1 - 24.
9. Horsman D. C., Wellburn A. R. — 1975. Synergistic effect of SO_2 and N_2 polluted air upon enzyme activity in Pea seedlings. Environ. Pollut. 8: 123 - 133.
10. Jäger H. J., Grill D. — 1975. Einflüsse von SO_2 und HF auf freie Aminosäuren der Fichte (*Picea abies* (L.) Karsten). Eur. J. Forest Pathol. 5: 279 - 286.
11. Keller Th. — 1976. Auswirkungen niedriger SO_2 — Konzentrationen auf junge Fichten. Schweiz. Zeit. für Forstw. 127 (4): 237 - 251.
12. Keller Th. — Redaktor prospektu handlowego. Anlagen für biologischen Untersuchungen- produkcji E. Vötsch, RFN. Informator L-Nr. 41 - 48.
13. Malhotra S. S., Hocking D. — 1976. Biochemical and cytological effects of sulfur dioxide on plant metabolism. New Phytol. 76: 227 - 237.
14. Markowski A. — 1961. Projekt fitoronu dla Katedry Fizjologii Roślin WSR w Krakowie. 1 - 27 (maszynopis).
15. Navara J. — 1971. Vodná prevádzka za prítomnosti fluóru v substráte a v ovzduši. Problémy biologie krajiny 8: 1 - 81.
16. Rohmeder E., Merz W., Schönborn v. A. — 1962. Züchtung von gegen Industrieabgase relativ resistenten Fichten — und Kiefernarten. Forst Wiss. Ctb. 81 (11/12): 321 - 332.
17. Rohmeder E., Schönborn v. A. — 1965. Der Einfluss von Umwelt und Erbgut auf die Widerstandsfähigkeit der Waldbäume gegenüber Luftverunreinigung durch Industrieabgase. Forst-Wiss. Cbl. 84 (1/1): 1 - 13.
18. Saltzman B. E. — 1959. Iodometric microdetermination of organic oxidants and ozone. Analytical Chem. 31 (11): 1914 - 1920.
19. Tingey D. T., Wilhour R. G., Standley C. — 1976. The effect of chronic ozone exposures on the metabolite content of Ponderosa Pine seedlings. Forest Science 22 (3): 234 - 241.
20. Treshow M., Stewart D. — 1973. Ozone sensitivity of plants in natural communities. Biol. Conservation 5 (3) 209 - 214.
21. Vogl M. — 1964. Physiologische und Biochemische Beiträge zur Rauchschadenforschung. Biol. Zentralblatt 83 (5): 587 - 594.

22. West P. W., Gaekke G. C. — 1956. Fixation of sulfur dioxide as disulfidomercurate and subsequent colorimetric estimation. *Analytical Chem.* 28 (12): 1816 - 1819.
23. Wilkinson T. G., Barnes R. L. — 1973. Effects of ozone on $^{14}\text{CO}_2$ fixation patterns in pine. *Can. J. of Bot.* 51 (9): 1573 - 1578.
24. Wood F. A., Drummond D. B., Wilhour R. G., Davis D. D. — 1973. Exposure chamber for studying the effects of air pollutants on plants. The Pennsylvania State University. Progress Rep. 335: 1-7.
25. Zahn R. — 1961. Wirkungen von Schwefeldioxid auf die Vegetation, Ergebnisse aus Begasungsversuchen. *Staub.* 21 (21): 56 - 60.

STEFAN BIAŁOBOK, PIOTR KAROLEWSKI, LESŁAW RACHWAŁ

Description of equipment developed for the study of the effect of injurious gases on plants

Summary

In the paper a description is given of a set of apparatuses constructed in the Institute of Dendrology of the Polish Academy of Sciences in Kórnik for the study of the effect of sulphur dioxide and ozone on plants. In two airconditioned glasshouses study cabins were located with air-flow, partial exchange of the polluted air, and equipment for the regulation of temperature and humidity. A possibility was provided for the regulation of number of exchanges and linear velocity of air movement in the study chambers. The system dosing SO_2 and the SO_2 analyser permit an automatic regulation of the required concentration of this gas in the air. Ease of exchange and modernisation of various subunits in the system creates the possibility to use the equipment also for the study of effects of other toxic gases as well as to conduct experiments in which a maintenance of strictly determined air conditioning is required.

СТЕФАН БЯЛОБОК, ПЕТР КАРОЛЕВСКИ, ЛЕСЛАВ РАХВАЛ

Характеристика аппаратуры, применяемой при исследовании влияния вредных газов на растения

Резюме

В работе описана, сконструированная в Институте Дендрологии ПАН в Курнике, аппаратура для исследования влияния сернистого ангидрида и озона на растения. В двух климатизированных теплицах помещены камеры с пропływом воздуха (с частичным обменом воздуха, содержащего вредный газ), а также устройства для регулирования параметров воздуха. В камерах обеспечена возможность регулирования числа обменов и линейной скорости воздуха. Применяемая система дозирования газа и анализатор сернистого ангидрида дают возможность автоматически регулировать заданные величины концентрации газа. Простота в проведении замен и возможность модификации всех частей аппаратуры позволяют применять ее для исследования и других токсических газов, а также для проведения опытов, при которых необходимо строго соблюдать заданные параметры воздуха.

