WIADOMOŚCI BOTANICZNE	1980	24	3	197—202

ADAM BARCIKOWSKI, MARIUSZ CYMERSKI

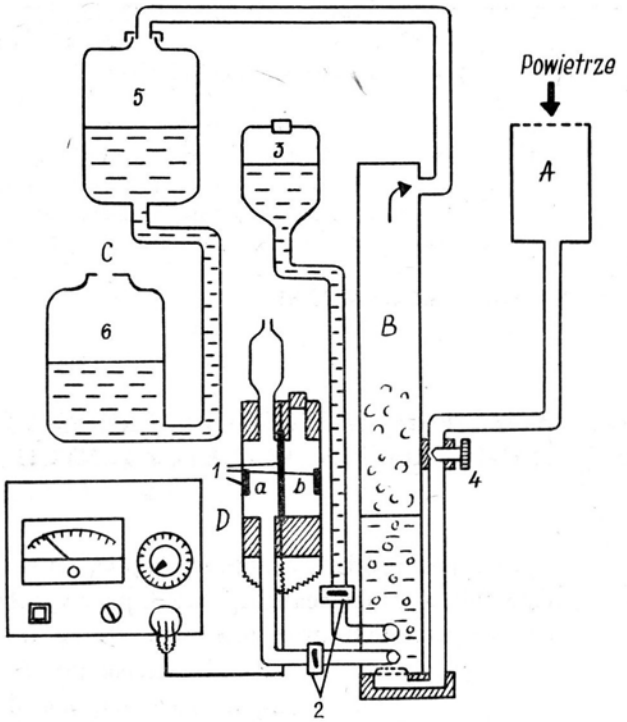
KONDUKTOMETR WOZNIESIENSKIEGO DO MIERZENIA FOTOSYNTEZY NETTO I ODDYCHANIA ROŚLIN W NATURALNYCH WARUNKACH

Rozwój badań nad procesami produkcyjnymi i przepływem energii przez ekosystemy, szczególnie dynamiczny w latach realizacji MPB, przyczynił się do udoskonalenia metod dotychczas stosowanych oraz przyniósł szereg nowych rozwiązań.

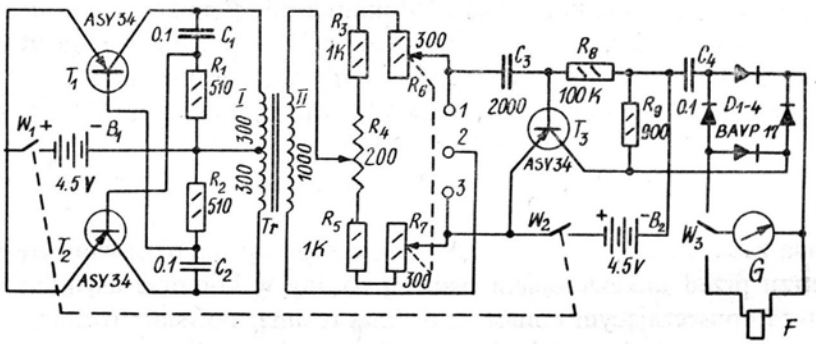
W badaniach nad produktywnością szczególny nacisk położono na fotosyntetyczną działalność roślin. Do pomiaru wymiany gazowej, wśród metod opartych na rejestracji dwutlenku węgla w powietrzu zalecany był konduktometr tranzystorowy Wozniesienskiego (Šestak, Čatsky i Jarvis 1971). Aparat ten nie jest tak dokładny jak powszechnie stosowane gazowe analizatory typu URAS czy IRGA i dlatego nie znalazł szerokiego zastosowania. W konfrontacji z tymi urządzeniami ma jednak kilka zalet, dla których warto go spopularyzować. Stosunkowo prosta konstrukcja aparatu możliwa do wykonania we własnym zakresie, niewielkie wymiary i zasilanie bateryjne pozwalają na dokonywanie pomiaru fotosyntezy i oddychania w warunkach terenowych. Wydaje się celowe podzielenie się uwagami na temat konstrukcji przyrządu oraz jego wykorzystania w praktyce.

Opis przedstawionego aparatu podają Wozniesienskij i in. (1965), Wozniesienskij (1967, 1971), Čatsky i in. (1971) oraz Czarnowski (1972). Szczegółowe opracowanie, instrukcję budowy sposób wykonywania pomiarów i przeliczeń, zawierają prace Wozniesienskiego z 1967 i 1971 roku.

Metoda zastosowana przez Wozniesienskiego polega na określeniu stężenia CO_2 w powietrzu przed umieszczeniem badanej rośliny w komorze asymilacyjnej oraz w powietrzu opuszczającym komorę z badaną rośliną. Powstała różnica w stężeniu CO_2 jest miarą natężenia wymiany gazowej pomiędzy rośliną a atmosferą. Spadek stężenia jest wynikiem procesu fotosyntezy, a zwiększenie koncentracji CO_2 rezultatem procesu oddychania. Pomiaru koncentracji CO_2 wykonuje się przez miareczkowanie konduktometryczne. Schemat budowy konduktometru przedstawiono na rysunku 1. Aparat składa się z czterech zasadniczych części: komory asymilacyjnej, płuczki absorpcyjnej, respiratora oraz naczyńka pomiarowego wraz ze zmiennoprądowym mostkiem Wheatstona.



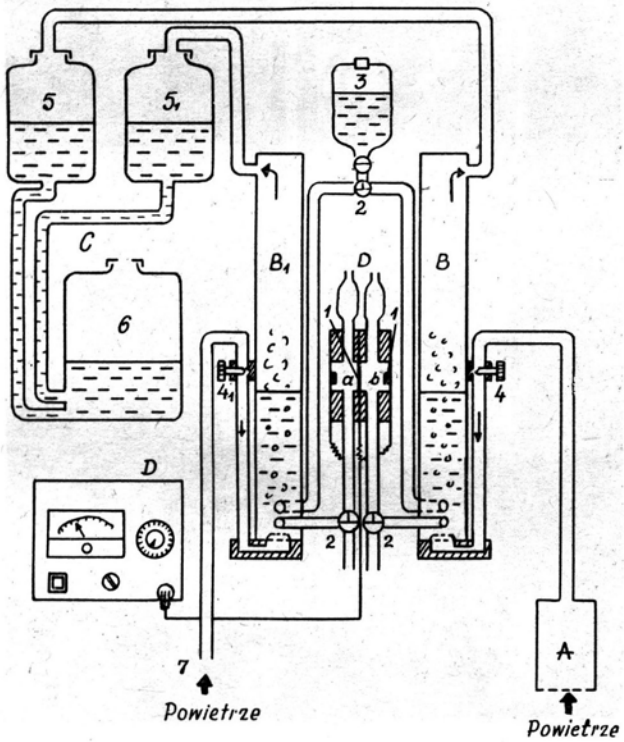
Ryc. 1. Schemat budowy konduktometru tranzystorowego wg projektu Wozniesienskiego (1971). A — komora asymilacyjna, B — płuczka absorpcyjna, C — respirator, D — naczyńko pomiarowe i mostek Wheatstona, a — naczyńko pomiarowe, b — naczyńko porównawcze, 1 — elektrody niklowe, 2 — zaciski na przewodach, 3 — pojemnik z zapasowym roztworem zasady, 4 — kran iglicowy, 5 — nieruchome naczynie respiratora, 6 — ruchome naczynie respiratora



Ryc. 2. Schemat połączeń elektrycznych aparatu. Punkty oznaczone 1, 2 i 3 są połączone kablem z naczyńkiem pomiarowym, W_1, W_2 i W_3 — wyłączniki, G — galwanometr, F — fotoogniwo

Powietrze zassane za pomocą respiratora z komory asymilacyjnej przechodzi przez płuczkę z roztworem NaOH lub KOH, gdzie następuje całkowita absorpcja CO_2 powodując rekombinację jonów, a co za tym idzie proporcjonalny do ilości

pochłoniętego CO_2 spadek przewodnictwa. Roztwór ten przepompowywany jest do naczynka pomiarowego (część *a* wg ryc. 1), gdzie porównuje się jego oporność przy pomocy zmiennoprądowego mostka Wheatstona (ryc. 2) do stałej oporności wzorcowego roztworu np. 0,02 n KOH+0,5% $C_5H_{11}OH$. Przy wykonywaniu pomiarów należy unikać różnicy temperatur pomiędzy dwoma porównywanymi roztworami wpływającej na przewodnictwo elektryczne roztworów zasad. Dodatkowe przepompowanie roztworu z płuczki do naczynka pomiarowego oraz odczytywanie wyników z 2—3 minutowym opóźnieniem, dają gwarancję wyrównania temperatur. Jednorazowo analizuje się próbę 0,5 l powietrza przepływającego przez komorę w ciągu 2—3 minut.



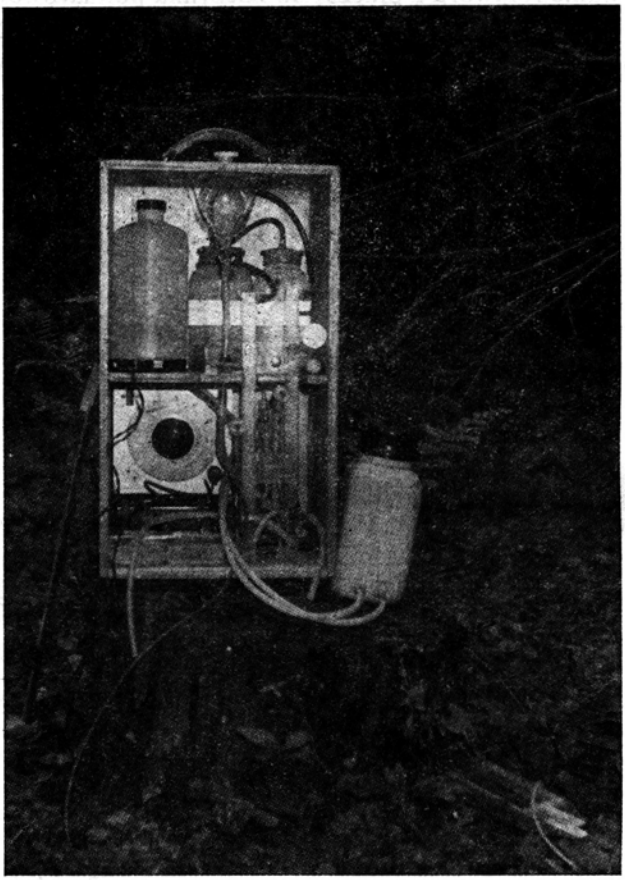
Ryc. 3. Schemat budowy konduktometru z wprowadzonymi poprawkami. B, B_1 — płuczki absorpcyjne, 2 — trójdrożne krany, 4, 4_1 — krany iglicowe, 5, 5_1 — nieruchome naczynia respiratora, 7 — wlot powietrza próby kontrolnej, pozostałe oznaczenia jak przy ryc. 1

Do pomiaru fotosyntezy i oddychania w warunkach terenowych stosuje się komory asymilacyjne wykonane ze szkła „pleksi", dostosowane do wielkości i kształtów liści. Wielkość badanego materiału powinna być taka, aby liść lub fragment rośliny umieszczony w komorze nie pochłaniał więcej niż 20—30% CO_2 znajdującego się w powietrzu przepływającym z prędkością 10—20 l h^{-1}.

Skalowanie aparatu można przeprowadzić dwoma sposobami: przepuszczając przez roztwór w pochłaniaczu określone ilości powietrza o znanej zawartości CO_2,

lub wprowadzając do prawej części naczyńka pomiarowego (część *b* wg ryc. 1) mieszaninę roztworów zasady i węglanów o jednakowym stężeniu molowym (np. KOH i K_2CO_3) i stopniowo dodając określone ilości węglanów.

Starannie wykonanym i dokładnie wyskalowanym aparatem można mierzyć stężenie CO_2 w powietrzu w granicach 10—20 mg CO_2 dm^{-2} h^{-1}, z błędem 10—20%, co w warunkach polowych jest dopuszczalne.



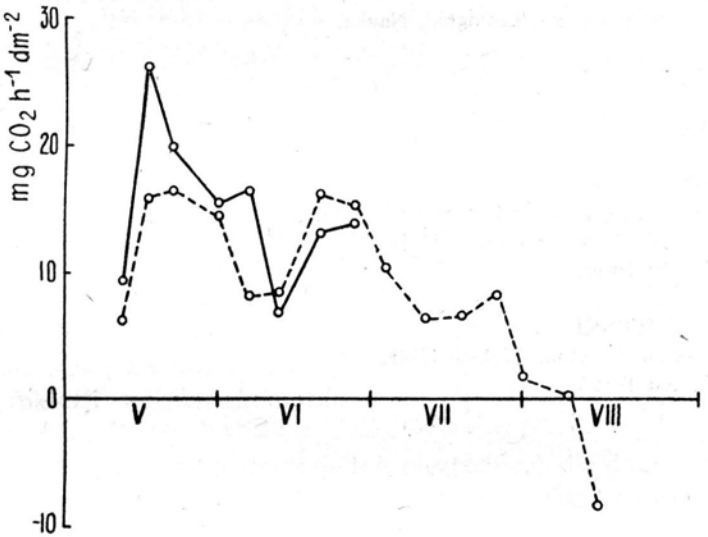
Ryc. 4. Ogólny widok aparatu (fot. A. Barcikowski)

W innej wersji (Voznesensky 1964, Wozniesienskij i inni 1965) konduktometr posiada cztery bloki płuczek absorpcyjnych, trzy komory i ręczną pompę membranową. Umożliwia to jednoczesny pomiar koncentracji CO_2 w czterech analizowanych próbach powietrza.

Budując aparat wg instrukcji Wozniesienskiego z 1971 roku wprowadzono pewne zmiany (ryc. 3 i 4). Zamiast zacisków na przewodach łączących naczyńko pomiarowe z pochłaniaczem i respiratorem, użyto trójdrożnych kranów, co pozwoliło uniknąć kłopotliwego przekładania wężyków. Dołączenie dodatkowej płuczki

i respiratora pozwoliło na jednoczesny pomiar koncentracji CO_2 w próbie kontrolnej i w powietrzu opuszczającym komorę z badaną rośliną. Po przejściu powietrza przez płuczki, roztwory są przepompowywane jednocześnie do naczyńka pomiarowego, a odczyt z przyrządu podaje różnicę koncentracji CO_2 w powietrzu kontrolnym i badanym. Takie rozwiązanie skraca czas pomiaru i zwiększa dokładność odczytu konduktometru.

Przedstawiony aparat wykorzystano do terenowych pomiarów fotosyntezy i oddychania wybranych gatunków runa leśnego. Dzienne, dobowe i sezonowe zmiany tych procesów mierzono łącznie z pomiarem podstawowych czynników ekologicznych: promieniowania fotosyntetycznie czynnego, temperatury i wilgotności powietrza.



Ryc. 5. Sezonowe zmiany średniej dziennej fotosyntezy netto i oddychania liści właściwych (linia przerywana) i pędów kwitnących (linia ciągła) *Majanthemum bifolium*, w warunkach naturalnych

Dla przykładu podano sezonowe zmiany intensywności fotosyntezy netto i oddychania *Majanthemum bifolium* (L.) F. W. Schm. na podstawie pomiarów przeprowadzonych w roku 1975 (ryc. 5). Uzyskane wyniki wykorzystano również dla uzupełnienia danych produkcji konwalijki, mierzonej metodami analizy wzrostowej.

Konduktometr tranzystorowy ze względu na szczególne przystosowanie do pracy w warunkach naturalnych jest cennym przyrządem w badaniach, nad ekologią fotosyntezy i produktywnością fotosyntetyczną, prowadzonych na poziomie liścia lub rośliny. Badania takie są istotnym uzupełnieniem dla metod szacunkowych, określających produkcję całych ekosystemów, ponadto wyjaśniają oddziaływanie czynników zewnętrznych na przyrost biomasy roślinnej i przepływ energii przez ekosystem.

LITERATURA

Čatsky J., Lake J. V., Begg J. E., Voznesenskij V. L., 1971. Physico-Chemical Measurement of pCO_2 and Chemical Determination of Carbon Dioxide. (Plant Photosynthetic Production, Manual of Methods Ed. Z. Šestak, J. Čatsky and P. G. Jarvis). 198—237. The Hague, Dr W. Junk n.v. Publishers.

Czarnowski M., 1972. Urządzenia stosowane w gazometrycznych metodach pomiaru fotosyntezy. Biul. Warzyw. 13, Supl., 127—159.

Voznesensky V. L., 1964. Conductometric apparatus for determining the photosynthetic rate. Biol. Plant. 6, 79—83.

Wozniesienskij W. Ł., Zalenskij O. W., Semichatowa O. W., 1965. Metody issledowanija fotosinteza i dychanija rastienij. 305 pp. Moskwa, Nauka.

Wozniesienskij W. Ł., 1967. Konduktometriczeskij pribor dla izmierenija fotosinteza i dychanija rastienij w polewych usłowijach 46 pp. Leningrad, Nauka.

Wozniesienskij W. Ł., 1971. Konduktometriczeskij pribor dla izmierenija fotosinteza i dychanija rastienij w polewych usłowijach 44 pp. Leningrad, Nauka.

Mgr ADAM BARCIKOWSKI
Zakład Taksonomii, Ekologii Roślin i Ochrony Przyrody,
Zakład Fizjologii Roślin Instytutu Biologii UMK,
ul. Gagarina 9, 87-100 Toruń

Mgr MARIUSZ CYMERSKI
Zakład Fizjologii Roślin Instytutu Biologii UMK
ul. Gagarina 9, 87-100 Toruń