ACTA SOCIETATIS
BOTANICORUM POLONIAE
VOL. XXV — NR 2
1956

Nowa metoda jednoczesnego oznaczania transpiracji i absorpcji wody przez rośliny w kulturach wodnych. II

A New Method for Simultaneous Determination of Transpiration and Absorption in Water Cultures. II

J. TARŁOWSKI

WSTĘP

W pierwszej części niniejszej pracy (Tarłowski, 1955) opisano metodę jednoczesnego oznaczania transpiracji i absorpcji wody w kulturach wodnych. We wstępnych doświadczeniach, wykonanych w latach 1953, 1954, poświęconych sprawdzeniu przydatności opisanej metody ujawniono szereg błędów w oznaczeniach, wynikłych głównie z niedoskonałości zastosowanej aparatury. Ponadto brak drugiego analogicznego aparatu uniemożliwiał wykonanie równoległych oznaczeń na kilku roślinach jednocześnie. A przecież tylko w tym przypadku, gdy równoległe doświadczenia dają zgodne wyniki, można sądzić o poprawności i przydatności samej metody.

W roku 1955 prowadzono nadal pracę nad udoskonaleniem aparatury oraz zmontowano nowy zestaw pozwalający dokonywać oznaczeń jednocześnie na 4 roślinach. Jesienią tegoż roku wykonano kilka oznaczeń próbnych, poświęconych wyłącznie sprawdzeniu poprawności działania aparatury i zgodności wyników.

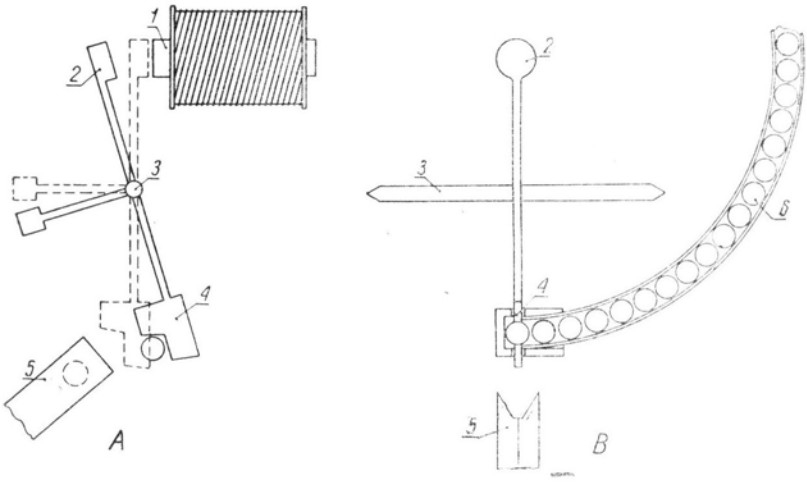
Niniejsza praca ma na celu przedstawienie wprowadzonych ulepszeń oraz omówienie uzyskanych wyników.

NAJWAŻNIEJSZE NOWE ELEMENTY APARATURY

Mechanizm zrzucający odważniki. W dotychczas stosowanym mechanizmie wszystkie odważniki w liczbie 150, ważące niemal 10 g, znajdowały się w pionowo ustawionym magazynku (rurce szklanej). Odważniki wywierały więc znaczny nacisk na ruchomy sektor wyrzutnika. Przy całkowitym wypełnieniu magazynka powodowało to

zacinanie się sektora, a niekiedy wyrzucenie dwóch lub kilku odważników zamiast jednego. Aby pokonać znaczny opór, jaki odważniki stawiały ruchom sektora, trzeba było zwiększyć moc elektromagnesu, co było jednoznaczne ze zwiększonym iskrzeniem na stykach.

Wadę tę usunięto w sposób następujący. Szklany magazynek wygięto łagodnym łukiem o 90° tak, że dolny jego wylot ustawiony jest poziomo. Wylot ten zasłania zastawka ze szczerbinką mieszczącą tylko 1 odważnik. Zastawka stanowi jedno ramię dźwigni dwuramiennej — drugim ramieniem jest kotwica elektromagnesu. Działanie tego mechanizmu ilustruje ryc. 1.



Ryc. 1. Schemat działania mechanizmu automatycznie zrzucającego odważniki. A — widok z boku, B — widok z przodu.
1 — rdzeń elektromagnesu; 2 — kotwica elektromagnesu; 3 — oś dźwigni; 4 — zastawka; 5 — rynna; 6 — magazynek z odważnikami. Linią przerywaną pokazano położenie dźwigni w momencie zamknięcia obwodu prądu

S t y k i z a m y k a j ą c e o b w ó d p r ą d u. Drogie styki platynowe zastąpiono srebrnymi, które nalutowano na płaskie sprężyny (długości 50 mm, grubości 0,09 mm) z krzemobronzu. Styki umocowano na ciężkiej ołowianej podstawie podbitej warstwą kauczuku, co zapewnia im stałe położenie w stosunku do strzałki wagi.

A p a r a t r e j e s t r u j ą c y. Zamiast silnika kimografu zastosowano silnik synchroniczny 220 V, 15 W (stosowany w samoczynnym potencjometrze ASP-1, produkcji krajowej). Redukcję obrotów do 1 obrotu na 20 sek. uzyskano przez układ dwóch ślimaków. Dzięki zastosowaniu układu przekładni trybowych uzyskano 8 biegów wałka napę-

dzającego taśmę. Posuw taśmy na I biegu wynosi 6,56 mm/min., czyli 390 mm/godz., a na VIII biegu — 50 mm/min., czyli 3 m/godz. Powolny ruch (I bieg) umożliwia racjonalne wykorzystanie taśmy przy oznaczeniach dokonywanych w nocy i na roślinach o małej powierzchni liści. Szybki ruch taśmy (VIII bieg) umożliwia ścisłe oznaczanie intensywności transpiracji i absorpcji u roślin o dużej powierzchni liści w godzinach południowych. Dokładność odczytu odcinka czasu, jaki upływa pomiędzy kolejnymi zrzutami odważników, dla biegów V—VIII wynosi 0,5 sek.

Metalowe piórka zastąpiono szklanymi o pojemności zbiornika 0,7 ml. Zapewnia to ciągłość pracy piórka przy jednokrotnym napełnieniu zbiornika na 200-metrowym odcinku taśmy.

Zapisy dokonywane są na taśmie diagramowej nr 90 (dostosowanej do potencjometru ASP-1) o szerokości 300 mm. Ponieważ 10 piórek zajmuje szerokość 130 mm, możliwe jest dwukrotne wykorzystanie taśmy lub też jednoczesne rejestrowanie oznaczeń na 10 roślinach. W obecnie stosowanym zestawie 8 piórek rejestruje transpirację i absorpcję 4 roślin, a 2 piórka znaczą na taśmie odcinki czasu co 5 min. i co 1 godz. Piórka te uruchamia zegar sygnalizacyjny (produkowany przez ZWAP A-6 w Świdnicy). Czas trwania impulsu prądu regulowany jest przez przekaźnik RKZS 220 V 0—5 sek. (produkcji ŚZWAP A-17 w Świebodzicach).

Każdy zespół (obsługujący jedną wagę) posiada odrębny wyłącznik prądu umożliwiający manipulacje w danym zespole bez przerywania pracy pozostałych siedmiu zespołów.

DOŚWIADCZALNE SPRAWDZENIE APARATURY

W ciągu września i października 1955 nową aparaturę poddano próbom. Kontrolne doświadczenia przeprowadzono jak poprzednio na fasoli uprawianej w kulturze wodnej w warunkach szklarniowych. Ponieważ stosowana dotychczas pożywka Knopa okazała się dla fasoli zupełnie nieodpowiednia, zastosowano zmodyfikowaną pożywkę, opracowaną przez prof. dr K. Bassalika, o składzie następującym:

NH_4NO_3	0,4 g	NaCl	0,1 g
$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$	0,2 g	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0,2 g
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	0,1 g	cytrynian Fe	ślad
K_2SO_4	0,25 g	mikroelementy A-Z	

na 1 litr wody.

Na pożywce tej fasola rosła doskonale, po wykształceniu 7—9 pięter liści kwitła i zawiązywała normalne strąki.

Wszystkie doświadczenia przeprowadzono w szklarni, w oszklonej kabinie o powierzchni 5 m^2. Aby uniknąć bezpośrednich promieni słonecznych, szklane ściany kabiny osłonięto papierem pergaminowym, a dach zasłoną z białego płótna. Natężenie światła mierzono za pomocą trzech światłomierzy. Temperaturę i wilgotność powietrza mierzono na psychrometrze Augusta z dokładnością do 0,1°C.

Podczas doświadczeń rośliny umieszczone były symetrycznie po obu stronach kabiny. Mimo to warunki nie były całkowicie wyrównane. Szczególnie duże różnice temperatury i wilgotności powietrza występowały w październiku, gdy szklarnia była ogrzewana. Zależnie od odległości instalacji ogrzewającej od poszczególnych roślin temperatura w ich bezpośrednim sąsiedztwie różniła się od wskazań termometru kontrolnego o ±2°C. Ponadto rośliny ustawione najbliżej drzwi kabiny były w większym stopniu narażone na zmiany temperatury i wilgotności powietrza niż pozostałe rośliny.

Poniżej opisano dwa doświadczenia przeprowadzone w wyżej omówionych warunkach [1].

Doświadczenie 16/5/55

Doświadczenie wykonano dnia 26.IX.55 w godzinach od 3.00 do 18.00. Wszystkie rośliny były w wieku 26 dni — wysiane 1.IX.55. (Aby uniknąć wypłonienia rośliny, trzymano w okresie kiełkowania w temperaturze 8—10°C). W tabeli 1 przedstawiono dane dotyczące roślin doświadczalnych i sumaryczną wielkość transpiracji i absorpcji wody podczas doświadczenia.

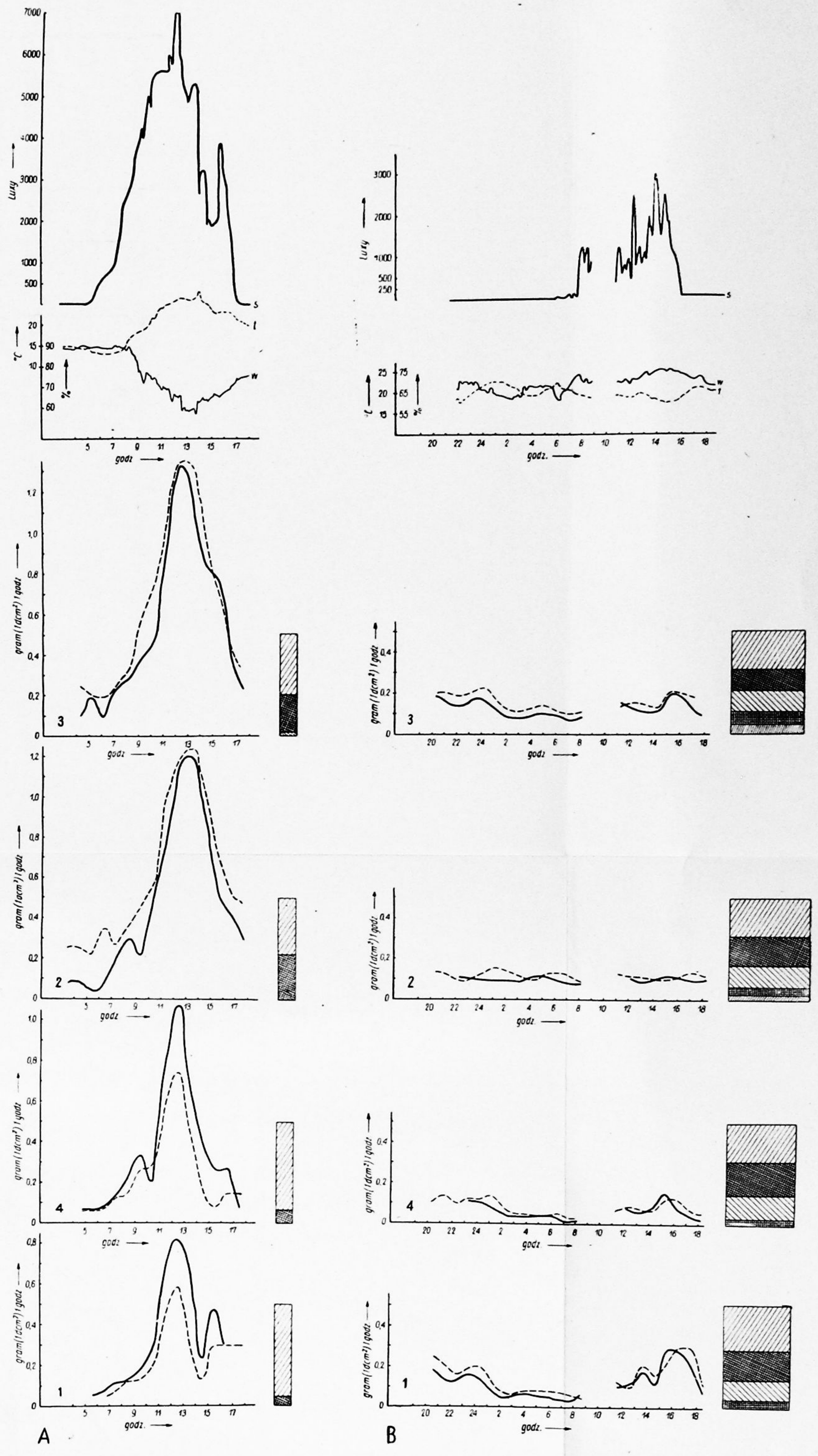
Przebieg intensywności transpiracji i absorpcji wody (patrz ryc. 2A) obliczono sposobem opisanym w pierwszej części pracy [2]. Aby jednak krzywe dotyczące poszczególnych roślin były ze sobą porównywalne, wartości bezwzględne wyrażone w g przeliczono na dcm^2/godz. W górnej części ryc. 2A przedstawiono średnie natężenie światła, temperaturę i względną wilgotność powietrza — mierzone w wyżej podany sposób co 5 minut.

Z liczb zawartych w tabeli 1 widzimy, że materiał doświadczalny nie był wyrównany (mimo jednakowego wieku). Rośliny 1 i 4 miały tylko 2 piętra liści, które stanowiły około 90% powierzchni transpirującej. Pierwsze liście, jak wiadomo, odznaczają się ograniczoną zdolnością re-

---

[1] W pielęgnacji roślin doświadczalnych oraz w wykonaniu wszystkich doświadczeń brali udział W. Rutkowska i A. Zawilski.

[2] W wykonaniu wszystkich obliczeń i wykresów brała udział inż. T. Hańska.



Ryc. 2. Przebieg transpiracji i absorpcji wody u fasoli w kulturze wodnej. A — Doświadczenie 16/5/55; B — Doświadczenie 17/6/55. Na osi rzędnych intensywność transpiracji i absorpcji wody wyrażona w g na 1 dcm² na 1 godz. Na osi odciętych czas w godzinach. Grube linie — transpiracja; cienkie linie — absorpcja. Liczby arabskie z lewej strony krzywych oznaczają numery roślin; Diagramy z prawej strony krzywych przedstawiają powierzchnię liści z poszczególnych pięter w skali 1 : 80. Krzywe w górnej części ryciny przedstawiają: w — względną wilgotność powietrza w %; t — temperaturę w °C; s — natężenie światła w luxach

Tabela 1

Nr roślin.	Ogólna pow. liści w cm²	Pow. poszczególnych pięter liści w %			Sumaryczna wielkość transpiracji i absorpcji w g na całą roślinę			
		I	II	III	Godz.	Transpir.	Absorp.	Różnica
1	107,4	92,58	7,42		5—17	4,1844	2,2190	—1,9654
2	142,3	56,69	38,35	4,86	3—18	10,0806	12,9336	+2,853
3	127,7	60,31	37,40	2,29	4—18	9,7636	11,3486	+1,585
4	93,4	88,98	11,02		4—18	4,3112	3,0432	—1,2680

gulowania transpiracji szparkowej. U obu tych roślin transpiracja w ciągu dnia znacznie przewyższa absorpcję wody.

Rośliny 2 i 3 miały 3 piętra liści, przy czym pierwsze piętro stanowiło zaledwie 56—60% ogólnej powierzchni liści. W tym przypadku absorpcja przewyższała transpirację.

Przebieg krzywych na ryc. 2A dotyczących wszystkich 4 roślin wykazuje wyraźną zależność obu procesów od natężenia światła, temperatury i wilgotności powietrza.

Doświadczenie 17/6/55

Doświadczenie rozpoczęto dnia 28.X.55 o godz. 19.00, a zakończono dnia 29.X.55 o godz. 19.00. Podczas doświadczenia szklarnia była ogrzewana. W nocy temperatura w kamerze była najwyższa (23° o godz. 1.00). Dzień był pochmurny i deszczowy. Większe przejaśnienia wystąpiły po południu. Chwilami padał śnieg. O godz. 15.00 temperatura w kamerze

Tabela 2

Nr rośliny	Ogólna pow. liś. w cm²	Powierzchnia poszczególnych pięter liści w %					Sumaryczna wielkość transpiracji i absorpcji w g na całą rośl.			
		I	II	III	IV	V	godz.	Transpiracja	Absorpcja	Różnica
1	639	44,29	28,29	20,55	6,87		20— 9	7,8616	10,1440	+2,28
							11—19	8,9394	9,7636	+0,82
2	787	37,70	27,67	22,55	8,38	3,70	22— 9	8,1152	9,7636	+1,65
							12—19	5,5792	6,2766	+0,70
3	702	37,66	21,12	19,34	12,50	9,38	20— 9	10,7146	13,9480	+3,23
							11—17	6,4668	6,8472	+0,38
4	660	38,21	32,44	23,44	5,67		23— 9	4,3112	5,3890	+1,08
							12—19	4,0576	4,3746	+0,32

Uwaga. Sumaryczną wielkość transpiracji i absorpcji w powyższej tabeli podano tylko dla tych odcinków czasu, w których ozvnaczane były jednocześnie oba procesy.

spadła do 17,4°. W godz. 9—11 z powodu braku dopływu prądu w oznaczeniach nastąpiła dwugodzinna przerwa. Do doświadczenia użyto rośliny 43-dniowe wysiane 16.IX.55.

Tabela 2 przedstawia dane dotyczące roślin doświadczalnych i sumarycznej wielkości transpiracji i absorpcji wody podczas doświadczenia 17. Ryc. 2B przedstawia przebieg transpiracji i absorpcji wody oraz natężenie światła, temperaturę i wilgotność powietrza podczas doświadczenia 17. Sposób obliczeń i skala są takie same jak w doświadczeniu 16.

Pierwszą charakterystyczną cechą krzywych na ryc. 2 B jest bardzo mała amplituda wahań intensywności transpiracji i absorpcji wody w ciągu całej doby. Fakt ten znajduje wytłumaczenie w przebiegu temperatury, wilgotności powietrza i natężenia światła. (Patrz krzywe w górnej części ryc. 2 B).

Drugą charakterystyczną cechą krzywych jak i liczb bezwzględnych, zawartych w tabeli 2, jest przewaga absorpcji nad transpiracją. Fakt ten zostanie omówiony nieco niżej.

Na uwagę zasługuje również szczególnie mała zmienność transpiracji rośliny 2. Była to największa roślina, gruba jej łodyga została zgnieciona i częściowo uszkodzona podczas osadzania w korku kolby A. Wskutek tego transport wody od korzeni do liści był prawdopodobnie znacznie utrudniony.

Rośliny 1 i 2 zostały o godz. 15.00 opryskane (górne liście) 0,1 ml 1% roztworu soli sodowej 2,4-D. Jak widać z przebiegu krzywych, tylko roślina 1 zareagowała wzmożeniem transpiracji i absorpcji wody.

DYSKUSJA

Ocena wyników doświadczenia 16 jak i 17 wykazuje, że analogia w przebiegu transpiracji i absorpcji wody przez 4 jednocześnie badane rośliny (w wyżej opisanych warunkach) ma jedynie charakter ogólny. Reakcja roślin na zmianę warunków zewnętrznych jest w znacznym stopniu zróżnicowana. Intensywność przebiegu badanych procesów zależy nie tylko od ogólnej powierzchni transpiracji, lecz także (i to nawet — jak się wydaje — w jeszcze większym stopniu) od wieku, stopnia rozwoju i ilości liści poszczególnych pięter.

Nagłe skoki w intensywności absorpcji wody, a szczególnie w intensywności transpiracji, które w pierwszej części pracy traktowano jako błędy doświadczalne, występowały nadal we wszystkich doświadczeniach wykonanych w r. 1955. (Na krzywych ryc. 2 skoków tych nie uwidoczniono, aby nie zaciemniać ogólnego przebiegu procesów). Ponieważ omawiane doświadczenia przeprowadzone były w szklarni położonej zdala od

ulicy, możliwość „błędów" spowodowanych drganiem sprężyn styków należy wykluczyć. Wobec powyższego nagłe, pozornie niczym nieuzasadnione skoki w intensywności transpiracji i absorpcji wody należy traktować jako specyficzną cechę żywej rośliny. Skoki takie obserwowało bowiem wielu badaczy. Wystarczy tu wymienić N. Maksimowa (1952, t. I, str. 238—239), F. Nutmana (1941), A. Błagowieszczenskiego (1924).

Przewaga intensywności absorpcji wody nad transpiracją w ciągu dnia, jaką stwierdzono u wszystkich roślin (w ostatnich doświadczeniach) z wyjątkiem roślin 1 i 4 w doświadczeniu 16, nie jest zgodna z wynikami innych autorów, jak np. P. Kramera (1937). Na podstawie kilku zaledwie doświadczeń nie można stwierdzić, czy fakt ten należy traktować jako określoną prawidłowość. W pewnym stopniu można by go tłumaczyć w sposób następujący: W omawianej metodzie liczby dotyczące absorpcji wody odpowiadają rzeczywistej ilości pobranej wody przez korzenie roślin, natomiast liczby dotyczące transpiracji są niższe od rzeczywistej transpiracji o wielkość przyrostu suchej masy rośliny. Przyrost ten w przypadku oznaczeń prowadzonych na dużych roślinach może być dość znaczny. Do takich przypuszczeń upoważniają w pewnym stopniu wyniki doświadczeń W. M. Ackleya (1954), które wskazują na to, że dobowe zmiany w procentowej zawartości wody i deficycie wody w liściach zależą między innymi od przyrostu suchej masy.

WNIOSKI

Autor sądzi, że opisane wyżej doświadczenia potwierdzają słuszność wniosków zawartych w pierwszej części niniejszej pracy. Jedynie ostatni wniosek dotyczący możliwości badań w dowolnych warunkach meteorologicznych należy zmodyfikować w sposób następujący:

Badanie wpływu różnych czynników na przebieg transpiracji i absorpcji wody za pomocą wyżej opisanej metody należy prowadzić w możliwie stałych warunkach temperatury, wilgotności powietrza i oświetlenia. W przeciwnym wypadku wobec szczególnie dużej zmienności przebiegu badanych procesów (w zależności od zmian warunków meteorologicznych) uchwycenie reakcji rośliny na poszczególne bodźce jest bardzo trudne lub wręcz niemożliwe.

Autor wyraża serdeczne podziękowanie prof. dr K. Bassalikowi za cenną krytykę niniejszej pracy.

Zakład Fizjologii Roślin SGGW w Warszawie

(Wpłynęło dn. 10.I.1956 r.)

SUMMARY

This paper is the second part of the description of a new method for determining simultaneously both transpiration and water absorption of plants in water cultures (J. Tarłowski 1955). New improved parts of the apparatus are described as the mechanism for the automatical dropping of loads, the contacts closing the current circulation and the apparatus for selfrecording the course of both processes in four plants simultaneously.

The conformity of the determinations was tested in two experiments with four 26- and 43-days old bean plants. The meteorological conditions in two experiments were different and this has much influenced the course of the processes under investigation. The author stretches the necessity to carry out such studies in as much as possible constant conditions of temperature, air moisture and illumination.

LITERATURA

Ackley W. M. B., 1954, Plant Physiol. *29*, Nr 5, 445—448.

Błagowieszczenskij, A. W., 1924, Biul. Sr.-Az. gos. in-ta, *7*, 8—14.

Kramer P. J., 1937, Amer. Journ. of Botany, *24*, 10—15.

Maksimow N. A., 1952, Izbrannyje raboty po zasuchoustojcziwosti i zimostojkosti rastienij, t. I, Izd. Akad. Nauk. SSSR, Moskwa.

Nutman F. J., 1941, Ann. of Botany, *17*, 59—61.

Tarłowski J., 1955, Acta Soc. Bot. Pol. XXIV, 705—722.