

## OCENA POMIARÓW NIEKTÓRYCH PARAMETRÓW KLIMATYCZNYCH OBIEKTU DOŚWIADCZALNEGO W PUCZNIEWIE

*Jan Tarłowski*

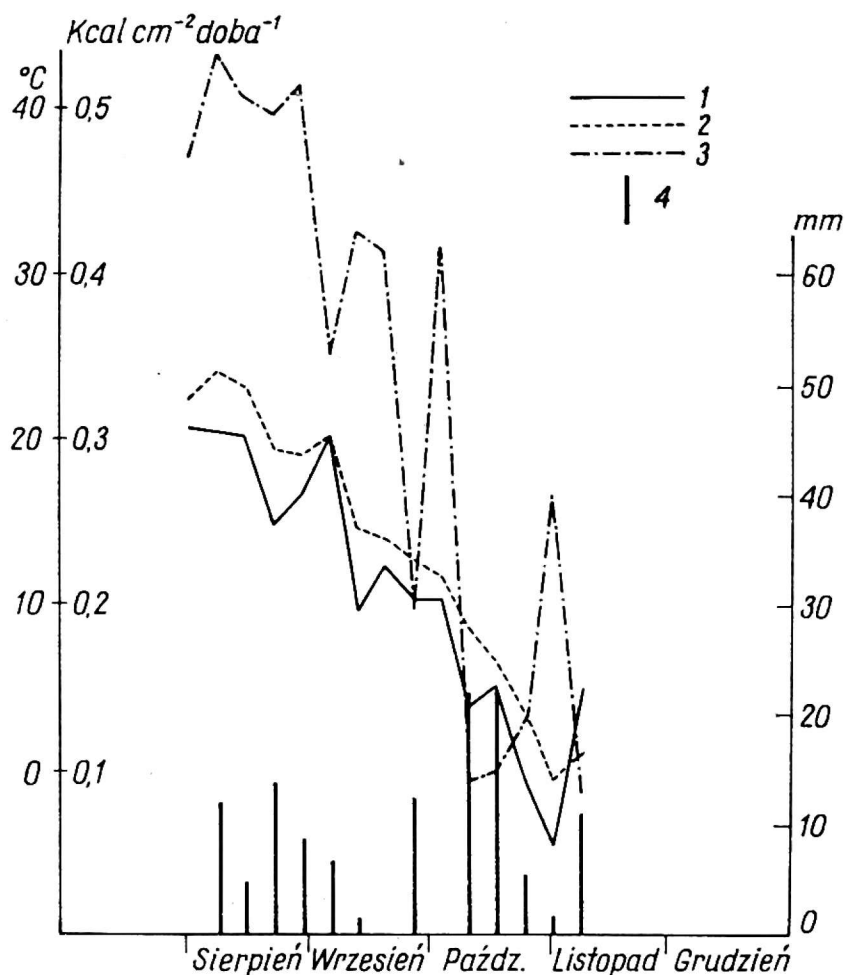
Celem określenia wpływu naturalnych warunków meteorologicznych na przebieg wzrostu sosny, modrzewia i topoli, przy zróżnicowanym nawożeniu i nawadniania, a także na zmiany zachodzące w glebie, prowadzono ciągłą rejestrację temperatury powietrza, temperatury gleby, intensywności fotosyntetycznie czynnej radiacji słonecznej oraz opadów atmosferycznych.

Rejestrację rozpoczęto 1 sierpnia 1973 r., gdy na teren obiektu doświadczalnego doprowadzono prąd, co umożliwiło przeprowadzanie systematycznych nawodnień ściekami miejskimi i wodą. Rejestrację przerwano po pierwszych przymrozkach, w połowie października 1973 r., a następnie wznowiono od stycznia 1974 r. i kontynuowano do chwili obecnej.

Uzyskane wyniki przedstawiono w postaci wykresów (rys. 1-3), na których szczegółowe wartości zostały uśrednione dla siedmiodniowych odinków czasu. Obejmują one jedynie:

- a) średnie tygodniowe temperatury powietrza, mierzone w klatce meteorologicznej na wysokości 2 m nad poziomem gleby;
- b) średnie tygodniowe temperatury gleby na poletku obsianym sosną nawadnianą wodą (mierzone w latach 1973-1974 na głębokości 15 cm i w roku 1975 na głębokości 25 cm);
- c) średnie tygodniowe wartości fotosyntetycznie czynnej radiacji słonecznej, wyrażone w  $\text{Kcal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{doba}^{-1}$ .

Aby nie zmniejszać przejrzystości wykresów, pominięto wyniki pomiarów temperatury gleby na poletkach obsianych sosną — kontrolnych i nawadnianych ściekami (prowadzonych w latach 1973-1974), wyniki pomiarów temperatury gleby na poletkach z roślinami topoli i modrzewia nawadnianych wodą (prowadzonych w roku 1975) oraz wyniki rejestracji wilgotności powietrza (prowadzonej metodą psychrometryczną w okresach wegetacji roślin). Szczegółowe dane, dotyczące dobowych (uśrednio-



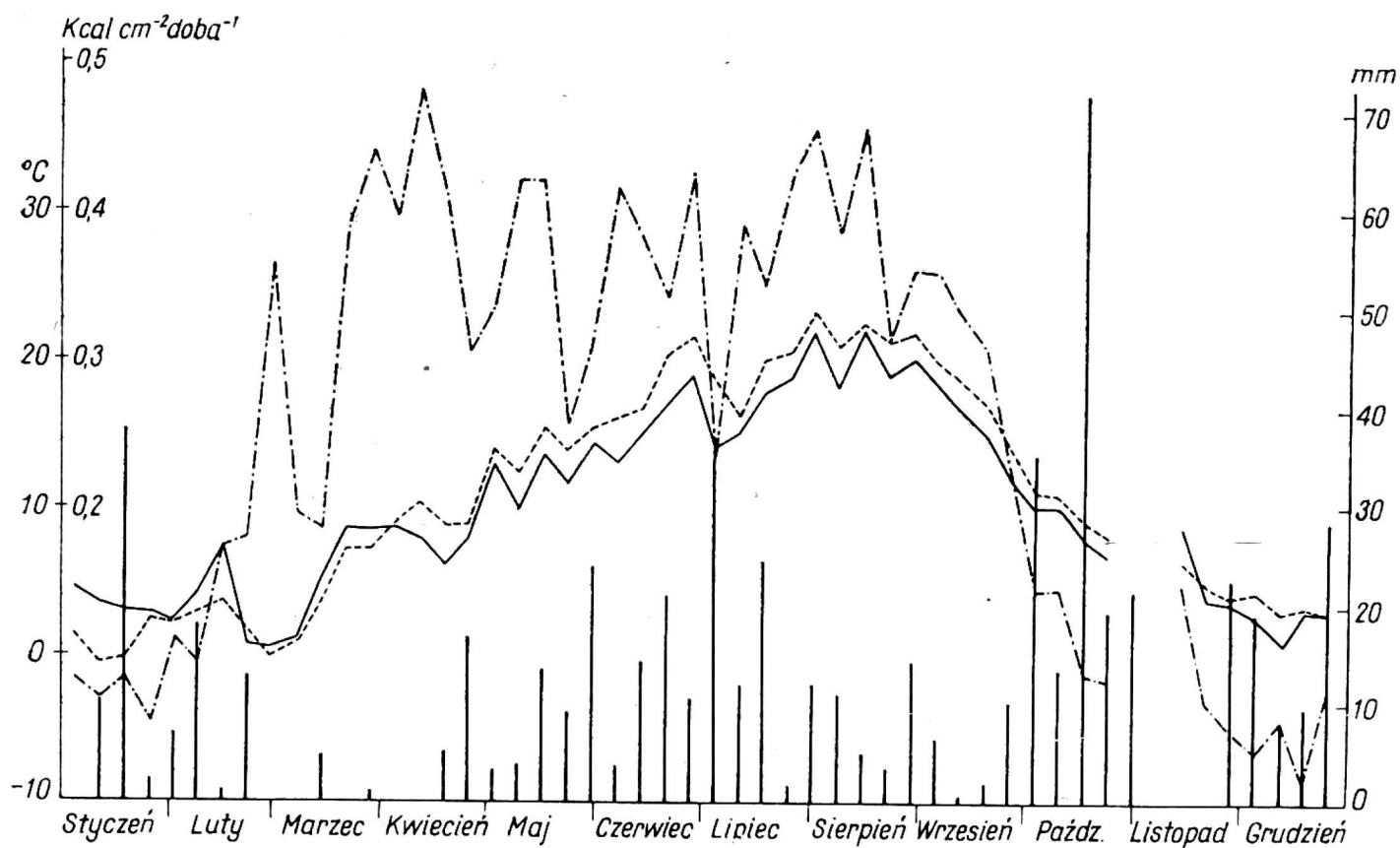
Rys. 1. Tygodniowy przebieg mierzonych parametrów: 1 — średniej temperatury powietrza, 2 — średniej temperatury gleby, 3 — sumy radiacji słonecznej w  $\text{Kcal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{doba}^{-1}$ , 4 — sumy opadów atmosferycznych w mm w 1973 r.

nych do jednogodzinnych odcinków czasu) przebiegów wszystkich mierzonych parametrów, zawarte są w corocznych sprawozdaniach składanych w Zakładzie Gospodarki Wodnej Instytutu Badawczego Leśnictwa.

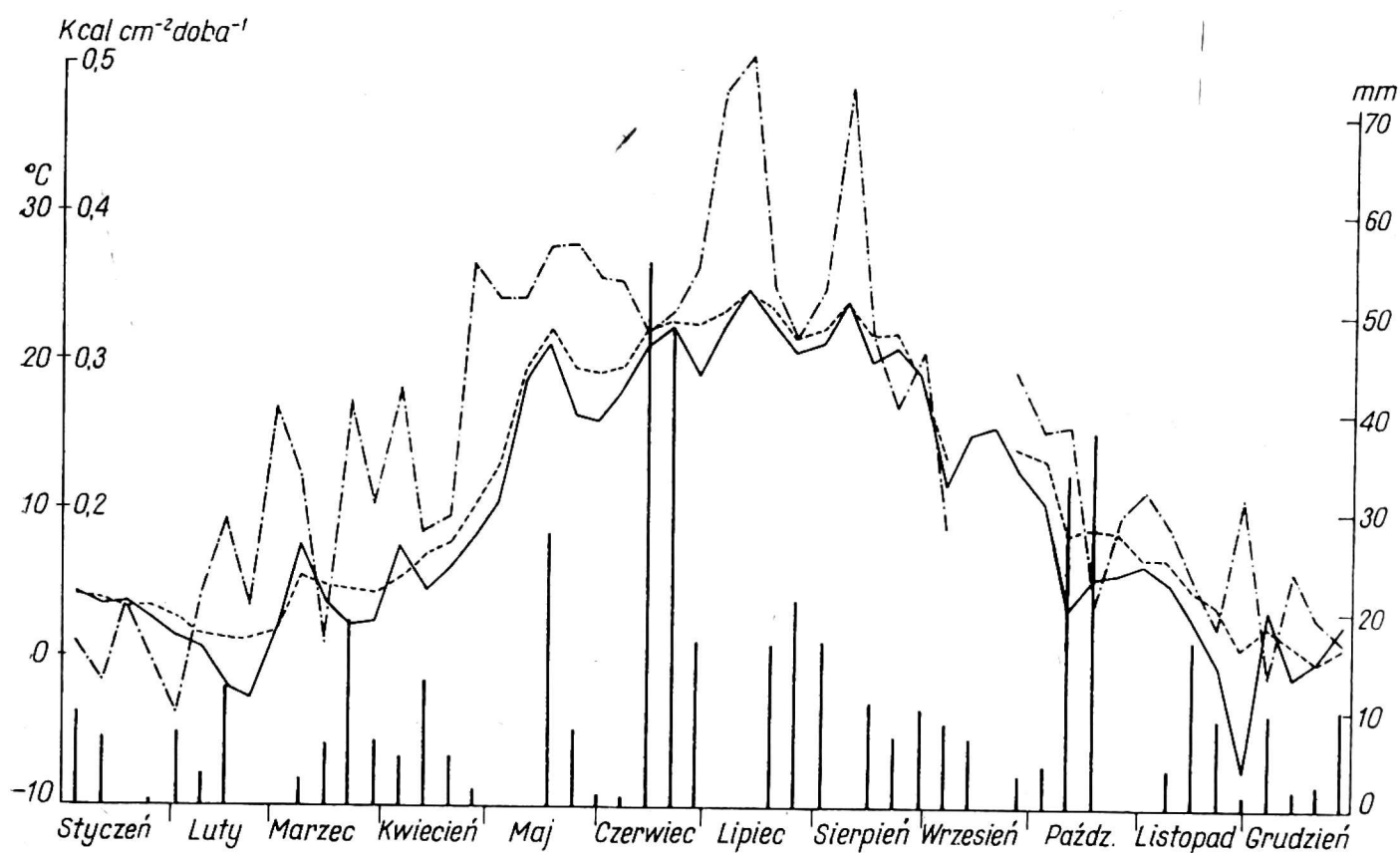
W niniejszym doniesieniu poddano ocenie tylko te wyniki, które ze względu na zastosowaną oryginalną technikę pomiaru różnią się w sposób istotny od dotychczas uzyskiwanych w wieloletnich polowych badaniach warunków meteorologicznych.

#### CIĄGŁA REJESTRACJA TEMPERATURY POWIETRZA I GLEBY ZA POMOCĄ BAGIETKOWYCH TERMISTORÓW TYPU NTC

Do ciągłej rejestracji temperatury powietrza i gleby w warunkach polowych użyto bagietkowych termistorów typu NTC ( $R_{25^{\circ}\text{C}} = 10 \text{ k}\Omega$ , współczynnik rezystencji  $-4,3\%/1^{\circ}\text{C}$ ) produkcji krajowej. Szczegóły techniczne, dotyczące możliwości stosowania tych szczególnie czułych i dokładnych mierników temperatury, zostały opisane w pracy pt. *Nowa metoda pomiaru i rejestracji temperatury w badaniach biologicznych*, która ukazała się w zeszycie 4 (tom XX) „Wiadomości botanicznych” (J.



Rys. 2. Tygodniowy przebieg mierzonych parametrów: 1 — średniej temperatury powietrza, 2 — średniej temperatury gleby, 3 — sumy radiacji słonecznej w  $\text{Kcal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{doba}^{-1}$ , 4 — sumy opadów atmosferycznych w mm w 1974 r.



Rys. 3. Tygodniowy przebieg mierzonych parametrów: 1 — średniej temperatury powietrza, 2 — średniej temperatury gleby, 3 — sumy radiacji słonecznej w  $\text{Kcal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{doba}^{-1}$ , 4 — sumy opadów atmosferycznych w mm w 1975 r.

Tarłowski, 1976). Tutaj ograniczę się jedynie do wymienienia niektórych, szczególnie cennych zalet termistorów, preferujących je do precyzyjnych, punktowych pomiarów temperatury gleby w warunkach polowych. Wrażliwa na zmiany temperatury perełka termistora ma średnicę około 1 mm. Wysoka rezystencja znamionowa czujnika (rzędu 10 k $\Omega$ ) umożliwia stosowanie kilkudziesięciometrowych przewodów doprowadzających, bez obawy zniekształcenia wyników pomiaru. Proces naturalnego starzenia się termistora powoduje w ciągu roku eksploatacji błąd 1-2% mierzonych wartości. Błąd ten może być zresztą korygowany przez okresową kalibrację. Przy zakresie pomiaru temperatur od  $-20$  do  $+40^{\circ}\text{C}$  termistor NTC zapewnia dokładność do  $0,1^{\circ}\text{C}$ .

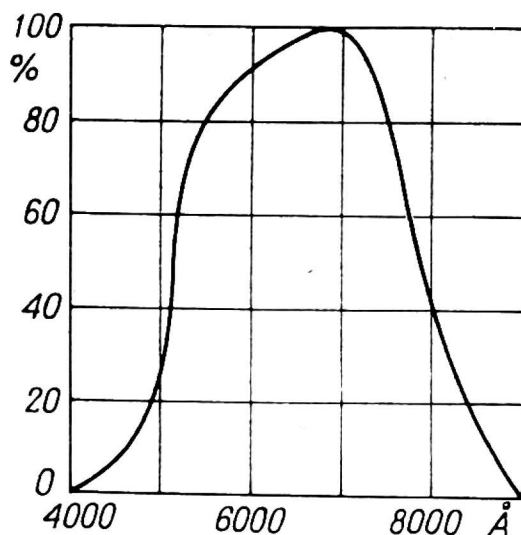
Dzięki tym zaletom metody już w pierwszym roku pomiarów możliwe było stwierdzenie, że różnice temperatury gleby pod sosną nawadnianą ściekami oraz wodą nie przekraczają  $0,5-1,0^{\circ}\text{C}$ , tzn. nie mogą mieć istotnego wpływu na vegetację roślin. Stwierdzono również, że amplituda wahań temperatury gleby na głębokości 15 cm zmniejsza się w ciągu 2-3 dni po nawodnieniu, w porównaniu z amplitudą wahań temperatury gleby nie nawadnianej, zaledwie o 1 do  $2^{\circ}\text{C}$ . Również i te różnice nie mogły wywrzeć istotnego wpływu na vegetację roślin, lecz przy użyciu klasycznych termometrów glebowych lub termopar byłyby trudne do stwierdzenia. Punktowy, ciągły zapis temperatury gleby pozwolił stwierdzić gwałtowne skoki temperatury, dochodzące do  $5^{\circ}\text{C}$  i utrzymujące się przez 2-3 godziny w tych przypadkach, kiedy polewu dokonano wodą lub ściekami o temperaturze znacznie różniącej się od temperatury gleby. Ciągła punktowa rejestracja temperatury gleby pozwoliła ustalić wielkość przesunięcia w czasie ekstremów temperatur dobowych na poszczególnych poletkach w stosunku do dobowych ekstremów temperatury powietrza.

Szczegółowa analiza pomiarów temperatury gleby na różnych głębokościach, przy zróżnicowanym nawodnieniu i nawożeniu, pod różnymi gatunkami roślin pozwoliłaby niewątpliwie rzucić nowe światło na zmiany zachodzące w fizycznych właściwościach gleby. Analizę taką może jednak przeprowadzić jedynie specjalista w zakresie fizyki gleby.

#### CIĄGŁA REJESTRACJA FOTOSYNTETYCZNIE CZYNNEJ RADIACJI SŁONECZNEJ ZA POMOCĄ FOTOREZYSTORÓW LDR

Do ciągłej rejestracji fotosyntetycznie czynnej radiacji słonecznej (photosynthetic activity radiation — PAR) w warunkach polowych, a ściślej mówiąc leśnych, zastosowano fotorezystory typu LDR produkcji Philipsa (nr kat. 2333600).

Wady i zalety tego czujnika obrazuje wykres (rys. 4) czułości w funk-



Rys. 4. Czułość fotorezystora LDR nr kat. 2322 600 w funkcji długości fali światła (wg katalogu Philipsa CM2 04.73)

cji długości fali światła, cytowany na podstawie katalogu producenta (Philips data handbook, „Electronic component and material”, Part 2, April 1973). Wprawdzie fotorezystor jest mało czuły na fioletowoniebieską część widma i reaguje „niepotrzebnie” na część bliskiej podczerwieni, lecz radykalnie odcina całą cieplną część dalekiej podczerwieni, która stanowi znaczny procent w całym promieniowaniu słonecznym, docierającym do powierzchni Ziemi, a jest zupełnie nieaktywna w procesie fotosyntezy.

Dlatego można stwierdzić, że pomiary intensywności radiacji słonecznej przy użyciu fotorezystorów typu LDR dają bardziej poprawne wielkości fotosyntetycznie czynnej radiacji niż pomiary dokonywane przy użyciu kosztownych solarymetrów Kippa i Zona, rejestrujących sumę energii słonecznej.

Po tym wyjaśnieniu staje się zrozumiałe, dlaczego na przedstawionych wykresach (rys. 1-3) maksymalne, letnie wartości rejestrowanej radiacji słonecznej osiągają zaledwie nieco powyżej  $0,6 \text{ Kcal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{dobę}^{-1}$ .

Warto tu wspomnieć, że fotorezystory LDR mają jeszcze jedną niezmiernie cenną zaletę w porównaniu z powszechnie stosowanymi czujnikami selenowymi. Mianowicie, nie wykazują efektu zmęczenia, a stabilność ich wskazań zależy od naturalnego procesu starzenia się mierzona jest na lata, a nie na miesiące czy tygodnie.

We wspomnianej wyżej pracy (J. Tarłowski, 1976) opisano dostatecznie szczegółowo elektroniczne układy, służące do ciągłej rejestracji temperatury za pomocą termistorów typu NTC: stabilizowany zasilacz tranzystorowy małej mocy, układy mostkowe o regulowanym zakresie i czułości oraz wzmacniacz sygnału, współpracujący z rejestratorem NSK 61 ed o czułości 1 mA. W tym doniesieniu wystarczy więc wspomnieć, że rejestracja intensywności światła za pomocą fotorezystorów LDR oparta jest na tej samej zasadzie. Jednak — ponieważ rezystancja fotorezysto-

rów LDR zmienia się odwrotnie proporcjonalnie do intensywności światła o 5 rzędów wielkości (od  $10\Omega$  do  $1M\Omega$ ) — zapis mierzonych wielkości posiada skalę logarytmiczną. Dlatego wartości rezystorów w układzie mostkowym winny być tak dobrane, aby zakres rejestrowanych wartości był zgodny z intensywnością światła, która może być wykorzystana przez rośliny w procesie fotosyntezy.

Jednym z bardzo istotnych wskaźników, charakteryzujących zarówno aktywność fotosyntetyczną roślin jak i warunki świetlne siedliska, jest wykorzystanie fotosyntetycznie czynnej radiacji w produkcji netto biomasy roślin. Wartość ta wyrażona jest zazwyczaj w procentach energii, zakumulowanej w wytworzonej za dany okres biomasy roślin, w stosunku do całkowitej ilości fotosyntetycznie czynnej energii słonecznej, docierającej w tym okresie do powierzchni organów asymilacyjnych.

W tabeli 1 przedstawiono procent wykorzystania PAR dla trzyletnich roślin sosny, modrzewia i topoli, rosnących w różnych warunkach nawożenia i nawadniania. Dane te dotyczą okresu intensywnego wzrostu roślin od 22 maja do 27 sierpnia 1975 roku.

Jak wynika z obliczeń dokonywanych na podstawie ciągłej rejestracji, w okresie tym sumaryczna fotosyntetycznie aktywna radiacja słońca (400-800 nm) wynosiła  $33,98 \text{ Kcal} \cdot \text{cm}^{-2}$ . Z przedstawionych danych wynika, że procent wykorzystania tej radiacji wykazuje zróżnicowanie za-

Tabela 1

Wykorzystanie fotosyntetycznie czynnej radiacji przez sosnę, modrzew i topolę w różnych warunkach nawożenia i nawadniania (dane z roku 1975)

Kombinacja	Powierzchnia organów asym. $\text{dcm}^2$	Przyrost s.m. g	% PAR
Sosna			
Ścieki	7,60	15,7	1,21
Woda czysta	6,18	11,3	1,07
Nawożenie mineralne + woda	9,35	16,5	1,03
Kontrola	5,60	8,9	0,93
Modrzew			
Ścieki	4,77	15,8	1,94
Woda czysta	3,78	5,5	0,85
Nawożenie mineralne + woda	6,61	15,9	1,41
Kontrola	1,76	2,7	0,90
Topola			
Ścieki	31,1	65,8	1,24
Woda czysta	16,5	25,5	0,90
Nawożenie mineralne + woda	30,0	57,1	1,08
Kontrola	6,7	5,5	0,48

równy genotypowe (różnice gatunkowe w jednakowych warunkach wzrostu roślin), jak i różnice wynikające z zastosowanego nawożenia i nawadniania.

Najmniejsze różnice w wartościach wykorzystania PAR, zależnie od warunków nawożenia i nawadniania, stwierdzono u sosny, a największe u topoli. Zgodnie z oczekiwaniami najniższe wartości wykorzystania PAR stwierdzono w kombinacji kontrolnej, istotnie wyższe u roślin nawadnianych i nawożonych solami mineralnymi.

Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że u wszystkich badanych gatunków roślin najwyższy stopień wykorzystania fotosyntetycznie czynnej radiacji wykazuje kombinacja nawadniana i nawożona ściekami miejskimi. Przyczyną tego zjawiska mogą być zarówno anatomiczno-morfologiczne zmiany organów asymilacyjnych, jak i różnice w fotosyntetycznej aktywności roślin kombinacji ściekowej, co będzie stanowiło przedmiot odrębnych badań.

Na uwagę zasługuje fakt, że otrzymane przez nas wartości PAR (od 0,48 do 1,94%) są zgodne z podanymi przez T. Kirę (Primary production of forests, 1975) wartościami wykorzystania PAR dla roślin zespołów leśnych (od 0,5 do 1,5%), cytowanymi w tabeli 2. Wskazuje to, między innymi, na poprawność zastosowanej przez nas metody pomiaru fotosyntetycznie czynnej radiacji słońca.

Tabela 2

Typowe zakresy produktywności trzech rodzajów zespołów roślin lądowych (wg T. Kira, 1975)

Zespoły roślin	Produkcja netto	Procent wykorzystania PAR	
	Produkcja brutto	prod. brutto	prod. netto
Leśnych	0,25-0,50	2,0-3,5%	0,5-1,5%
Zielnych jednorocznych	0,50-0,55	1,0-2,0	0,5-1,0
Wieloletnich zielnych i uprawnych	0,55-0,70	—1,8	—1,0

Na zakończenie należy stwierdzić, że omawiana metoda rejestracji warunków meteorologicznych jest nader pracochłonna. Do rejestracji wszystkich mierzonych parametrów użyto sześciokanałowego rejestratora typu NSK 61 ed produkcji Krakowskiej Fabryki Aparatury Pomiarowej (KFAP). Każdy oznaczany parametr rejestrowany jest w ciągu godziny w postaci 30 punktów, co w ciągu roku daje liczbę 262 800 punktów, a dla 6 parametrów — 1 576 800 punktów, które trzeba odczytać z taśmy o sumarycznej długości 1 km 51 m, uśrednić najpierw dla każdej godziny, następnie doby, aby w końcu przedstawić w postaci wykresu dla 52 tygodni roku.

Obecnie w oparciu o tranzystorowe podzespoły scalone produkcji krajowej opracowaliśmy układy (sprawdzone częściowo w praktyce), stwarzające możliwość rejestrowania mierzonych parametrów w postaci zintegrowanej dla dłuższych niż dwuminutowe odcinków czasu. Realizacja tego nowego rozwiązania oraz zastosowanie produkowanej już przez KFAP drukarki do rejestrowania zintegrowanych danych pozwoliłaby znacznie zwiększyć precyzję pomiarów jak i uzyskać dane, nadające się do szybkich obliczeń komputerowych.

#### WNIOSKI

Na podstawie 2,5-letnich doświadczeń nad ciągłą rejestracją warunków klimatyczno-glebowych można wyciągnąć następujące wnioski:

1. W badaniach reakcji roślin na zróżnicowane nawożenie i nawadnianie konieczność odnoszenia uzyskanych wyników do przebiegu warunków meteorologicznych jest oczywista. Dynamika wzrostu badanych gatunków roślin, rozwój mikroflory glebowej, a także zmiany zachodzące w glebie zależą, jak to wykazały szczegółowe analizy stanowiące treść pozostałych prac zawartych w niniejszym tomie, nie tylko od stosowanego nawożenia i nawadniania, lecz także — i to w stopniu niejednokrotnie dominującym — od zmiennych warunków meteorologicznych i mikroklimatycznych. Obserwacje meteorologiczne prowadzone metodami klasycznymi (za pomocą cieczowych termometrów minimalnych i maksymalnych, których wskazania odczytuje się 3 razy na dobę) są zbyt mało precyzyjne, aby na ich podstawie można było stwierdzić subtelne i często trudno uchwytne reakcje roślin i gleby na stosowane zabiegi.

2. Zastosowanie najbardziej precyzyjnych — spośród obecnie stosowanych — przyrządów do punktowego pomiaru temperatury, jakimi są niewątpliwie czujniki termistorowe typu NTC, okazało się celowe. Po przełamaniu pierwszych trudności, związanych z koniecznością przystosowania do prymitywnych warunków terenowych precyzyjnej i szczególnie wrażliwej na reżim pracy aparatury elektronicznej (termistory, tranzystory, układy scalone), opracowano prototypowe i unikalne układy, które z wystarczającą dokładnością pozwalają śledzić dynamikę mierzonych parametrów w każdej porze roku.

3. Rejestracja radiacji słonecznej przy zastosowaniu nader prostych i tanich fotorezystorów typu LDR daje wyniki porównywalne z rezultatami osiąganymi za pomocą drogich importowanych przyrządów pomiarowych do oznaczania radiacji słonecznej. Zastosowanie ciągłej rejestracji fotosyntetycznie czynnej radiacji słońca pozwala uzyskiwać cenne informacje, dotyczące reakcji roślin na stosowane zabiegi, reakcje wyrażające się w stopniu wykorzystania energii słonecznej do produkcji biomasy. Na



te właśnie informacje kładzie się ostatnio szczególnie silny nacisk w międzynarodowym programie badań biologicznych.

4. Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że cała zastosowana w Puczniewie aparatura pomiarowa wykonana w oparciu o krajowe lub dostępne na rynku elementy i podzespoły jest wielokrotnie tańsza od równorzędnej aparatury pomiarowo-rejestrującej stosowanej w krajach zachodnich.

#### LITERATURA

1. Tarłowski J.: Nowa metoda pomiaru i rejestracji temperatury w badaniach biologicznych. Wiad. bot., XX, 4 1976 s. 233-241.
2. Philips Data Handbook.: Electronic Component and Material Part. II, April 1973, C.M. 20 473. Light Dependent Resistor.
3. Kira T.: Primary Production of Forests s. 5-40 (w) Photosynthesis and productivity in different environments red. Cooper J. P., Cambridge, University Press, 1975.

*Я. Тарловски*

#### ОЦЕНКА ОБМЕРА НЕКОТОРЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОПЫТНОГО ОБЪЕКТА В ПУЧНЕВЕ

##### Резюме

Для определения влияния естественных метеорологических условий на ход роста сосны, лиственницы и тополя с применением различного удобрения и орошения, а также на изменения происходящие в почве, была проведена непрерывная запись температуры воздуха, температуры почвы, интенсивности солнечной радиации и атмосферических осадков. Для пунктирного измерения температуры применено багетные термисторные зонды типа NTC (negative temperature coefficient). Интенсивность солнечной радиации определяли с помощью фоторезистора LDR (light dependent resistor).

В измерительных системах применено оригинальный транзисторный питатель и усилитель с шестиканальным регистратором, типа NSK 61 ed.

Запись ведется непрерывно от августа 1973 г. до настоящего времени. Полученные результаты показаны на диаграммах, в которых принято средние значения для семидневных периодов времени.

Все испытываемые параметры разрешают лучше оценить сезонную и годовую изменчивость роста растений, вызванную показателями среды и более объективно оценить влияние удобрения и орошения.

*J. Tarłowski*

EVALUATION OF MEASUREMENTS OF CERTAIN CLIMATIC PARAMETERS  
OF THE EXPERIMENTAL OBJECT AT PUCZNIEW

Summary

Continuous recording of air temperature, soil temperature, solar radiation intensity, and atmospheric falls was maintained in order to determine the influence of natural meteorological conditions upon the course of growth in pine, larch, and poplar under various fertilization and irrigation treatments, as well as changes occurring in soil. Glass rod thermistor probes of the NTC (negative temperature coefficient) type were used for point temperature measurements. LDR (light dependent resistor) photoresistor was used for the determination of solar radiation intensity. Original transistor feeder and an amplifier cooperating with 6-channel recorder of NSK 61 ed. type were used in measurement sets.

Recording is being kept continuously since August of 1973 until now. Results obtained are presented in diagrams, in which detailed values were transformed into means for 7 days long time intervals.

All parameters studied permit closer appraisal of seasonal and annual variation in plant growth caused by environmental factors and more objective evaluation of the impact of fertilization and irrigation applied.

*Dr Jan Tarłowski*

Instytut Biologii Roślin SGGW-AR

Warszawa, ul. Rakowiecka 26/30

Dyrektor Instytutu: doc. dr Emil Nalborczyk