

L'uso dei termistori in ecologia vegetale acquatica: applicazione allo studio dei microambienti esistenti presso le colonie di *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link.

Da alcuni anni i termistori vengono usati su scala sempre più vasta e con nuove applicazioni tanto nell'industria che nella ricerca pura. Una delle applicazioni più frequenti di tali elementi è rappresentata dalla termometria; per questo motivo essi cominciano a trovare applicazione nella ecologia vegetale sia direttamente per misure di temperatura, sia per rilievi di altri fattori ecologici ricavabili da misure termometriche (p. es. umidità rilevata con metodo psicrometrico).

I vantaggi che i termistori presentano nei confronti di altri elementi termometrici mi spingono a riassumerne brevemente le caratteristiche. Tanto più che un'esperienza personale di alcuni anni mi ha permesso di rendermi conto direttamente di tali vantaggi.

I termistori sono semiconduttori costituiti da ossidi metallici; la loro utilizzazione, pertanto, è iniziata nel dopoguerra, cioè solo dopo che sono state studiate a fondo caratteristiche e proprietà dei semiconduttori.

Qualsiasi tipo di termistore è caratterizzato dal fatto che la sua resistenza ohmica varia al variare della temperatura (1) di guisa tale che, dopo taratura, è possibile risalire da una variazione di resistenza ad una variazione di temperatura. Tale variazione di resistenza in funzione della temperatura è a coefficiente inverso, ossia negativo (2); cioè con l'aumentare della temperatura diminuisce la resistenza.

(1) La parola termistore (THERMISTOR) allude appunto a questa caratteristica (THERMally sensitive resISTOR).

(2) Per quest'altra caratteristica i termistori sono anche chiamati resistenze NTC (Negative Temperature Coefficient).

Inoltre va rilevato che questo coefficiente di temperatura è alquanto elevato, in modo che ad una piccola variazione di temperatura corrisponde una variazione di resistenza relativamente grande. Questa caratteristica rappresenta uno dei vantaggi dei termistori poiché è proprio in virtù di essa che può effettuarsi il montaggio dei termistori con cavi molto lunghi e senza bisogno di cavi di compensazione: variazioni di resistenza, realizzatesi lungo i cavi di collegamento allo strumento di misura, son ben poca cosa rispetto alle variazioni di resistenza determinati nel termistore dai cambiamenti di temperatura.

Altri vantaggi dei termistori sono rappresentati dalla rapidità di risposta (qualche secondo) e dalle ridotte dimensioni (frazioni di mm. di diametro). Quest'ultima caratteristica fa sì che, con opportuno montaggio e costruito in forma adatta, il termistore possa essere utilizzato per effettuare misure in spazi molto limitati, alla superficie di un vegetale o dentro il suo corpo. Inoltre le ridotte dimensioni comportano, nel punto sotto misura ed al momento della applicazione, variazioni di temperatura praticamente insignificanti ai fini biologici.

Una elevata sensibilità si ottiene inserendo il termistore in un braccio del ponte di Wheastone e poi misurando con galvanometro (eventualmente registratore) lo sbilanciamento del ponte causato dalle variazioni di resistenza del termistore stesso in seguito alle variazioni della temperatura. In questo modo si possono apprezzare variazioni di T di $0,005^{\circ}\text{C}$.

Tuttavia il biologo, ed in particolare l'ecologo, più che a questa elevata sensibilità, sono interessati agli altri vantaggi sopra accennati. Infatti in virtù di essi, nella maggioranza dei casi, i termistori rispondono meglio dei termometri a mercurio, delle coppie termoelettriche e dei classici termometri a resistenza.

Per le caratteristiche sopra accennate l'uso dei termistori si va diffondendo sempre più nella ecologia delle piante terrestri. Non ci risulta invece che essi siano stati utilizzati per ricerche di ecologia vegetale acquatica, sebbene possano essere sfruttati con profitto per rilievi termometrici sia dentro e sopra il corpo di piante sommerse, sia presso di esse. Per quanto io sappia i termistori sono stati utilizzati per misurare le tempera-

ture dell'acqua solo in ricerche a carattere limnologico (PLATT & SOUP, 1950).

La letteratura oceanografica e limnologica è ricchissima di dati che riguardano la temperatura dell'acqua in generale; al contrario scarsissime sono le nostre conoscenze (SCHANDERL, 1953; GESSNER, 1955a, 1955b) sulla temperatura dell'acqua nelle immediate vicinanze delle piante sommerse. Ciò ad onta che lo studio della ecologia dei vegetali acquatici e dei microambienti che si realizzano presso di essi si prospetti alquanto interessante.

Nella annessa tabella riporto, a titolo esemplificativo, alcuni dati di temperature rilevate dentro e presso una grossa massa galleggiante di *Enteromorpha intestinalis* disposta al centro di una grossa vasca. I dati sono stralciati da registrazioni continue delle temperature effettuate per più giorni con 6 termistori NTC miniatura Philips collegati a registratore galvanometrico Siemens a 6 curve. Le registrazioni sono state effettuate nel mese di maggio ed in giornata con cielo sereno. Nella acclusa tabella sono riportate le temperature di due ore (h 3 e h 12) nelle quali sono stati raggiunti i valori minimi ed i valori massimi.

Temperature dell'acqua dentro e presso una colonia di
Enteromorpha intestinalis

Ora h	Dentro la colonia °C	Al margine della colonia, sulla su- perficie del tallo °C	A diverse distanze dalla colonia			
			a mm. 2 °C	a mm. 5 °C	a mm. 10 °C	a mm. 100 °C
3	20,3	20,5	21	21,5	21,5	21,8
12	35,1	34,1	32,6	30	26,8	26

Dai dati riportati si deduce che, nelle nostre condizioni sperimentali, la temperatura dell'acqua nella colonia, rispetto all'acqua libera, è più bassa di notte e più elevata durante il dì. Inoltre risulta evidente che, procedendo dalla colonia verso la acqua libera, si realizza un gradiente termico crescente durante

la notte e decrescente durante il dì. Si può quindi affermare che, almeno nel primo centimetro intorno alla colonia, si realizzano condizioni termiche diverse da quelle riscontrabili a qualche decina di cm. da essa. Per esempio, alle ore 12, a 5 mm. di distanza dai talli di *Enteromorpha*, l'acqua è di 4°C più calda che a 100 mm. di distanza da essi.

Tutto ciò ovviamente è valido per le nostre condizioni sperimentali cioè con acqua assolutamente calma; va da sé che con acqua agitata tale gradiente risulterà meno evidente e tenderà ad annullarsi. Tuttavia sussiste sempre il fatto che la temperatura dell'acqua immediatamente circostante ai talli è da questi influenzata.

Nel caso di *Enteromorpha intestinalis* bisogna tener presente che il tallo di quest'alga, in un primo tempo del tutto sommerso, molto spesso risulta poi galleggiante o perchè si stacca dal substrato o perchè si allunga notevolmente. Il galleggiamento fa sì che i talli risultino in parte emersi ed in parte sommersi.

Tale condizione gioca un ruolo importante nella economia termica del tallo stesso poichè indubbiamente si realizza un trasporto di calore tra la parte emersa e quella sommersa. Se la parte emersa è esposta alle radiazioni solari essa si riscalda notevolmente e certamente questo calore viene parzialmente condotto alla parte sommersa; viceversa, se la temperatura dell'aria si abbassa, senz'altro la parte emersa del tallo sottrae calore alla parte sommersa.

Questa particolare economia termica, così diversa da quella di un'alga o comunque di un vegetale completamente sommerso, esercita una notevole influenza sulla temperatura dell'acqua. Tanto più che *Enteromorpha intestinalis* di solito vive in stazioni calme formando colonie estesissime che coprono la superficie dell'acqua talora per più m². In queste condizioni la massa che effettua scambi termici tra ambiente sommerso ed ambiente emerso è notevole e quindi la temperatura dell'acqua circostante ai talli ne risente fortemente. Tale fenomeno è accentuato dal fatto che di solito manca una agitazione sufficiente ad uniformare la temperatura dell'acqua.

Un fenomeno analogo a quello sopra descritto si può de-

durre anche dalle ricerche di SCHANDERL (1953) il quale ha trovato che in masse di *Cladophora* la temperatura può raggiungere valori alquanto elevati durante il dì. GESSNER (1955a, 1955b) riporta alcune misure dalle quali pure si deduce che la vegetazione acquatica non è senza influenza sulle condizioni termiche dell'acqua. Le nostre osservazioni confermano con maggiori particolari questi dati e quindi sottolineano, sia pure limitatamente al solo fattore temperatura, l'influenza che, in ambiente acquatico, specialmente se calmo, un vegetale più grosso esercita sugli altri organismi che vivono presso di esso.

RIASSUNTO

Dopo aver riassunto succintamente le caratteristiche dei termistori, vengono illustrati i vantaggi derivanti dal loro uso in ecologia acquatica. Questi elementi termometrici offrono la possibilità di effettuare misure di temperatura sia nel corpo e sulla superficie delle piante sommerse, sia a qualche mm. da esse.

A titolo esemplificativo si riportano alcune misure di temperature effettuate presso colonie di *Enteromorpha intestinalis* con termistori collegati a dispositivo galvanometrico scrivente. Le masse galleggianti di *Enteromorpha intestinalis* presentano una economia termica particolare la quale influenza notevolmente la temperatura dell'acqua circostante ai talli. Partendo dai talli galleggianti e procedendo verso l'acqua libera, è possibile mettere in evidenza un gradiente termico il quale, nelle condizioni sperimentali descritte, durante il dì risulta invertito rispetto alla notte.

SUMMARY

The characteristics of the thermistors are briefly described, that can be usefully employed in the study of the water ecology. The thermistors allow to measure the water temperatures at few millimeters distance from the submerged plants.

The A. has studied, by means of these implements, the thermal economy of crowds of *Enteromorpha intestinalis*. These algae remarkably affect the temperature of the water surrounding them. In fact, in the water surrounding the *Enteromorpha intestinalis* colonies a thermal gradient occurs.

BIBLIOGRAFIA

- BACKER, S. DE - *Techniques d'étude des microclimats en écologie terrestre*. Ann. Biol., 27: 297-308. 1951.

- BECKER, J. A., C. B. GREEN & G. L. PEARSON. - *Properties and uses of thermistors. Thermally sensitive resistors.* Bell. Syst. Techn. Journ., **26**: 170-212. 1947.
- BOWDEN, B. N. - *The radiation error of air temperature measurement by Stantel Type F. thermistors and simple methods to reduce it.* Journ. of ecology, **46**: 143-148. 1958.
- CASPERSON, G. - *Untersuchungen über das thermische Verhalten der Pflanzen unter dem Einfluss von Wind und Windschutz.* Zeitschrift f. Botanik, **45**: 433-473. 1957.
- COLMAN, E. A. & T. M. HENDRIX. - *The fiberglass electrical soil moisture instrument.* Soil Science, **67**: 425-438. 1949.
- EKELÖF, S. & KIHILBERG, G. - *Theory of the thermistor as an electric circuit element.* Acta Polytechn. Eng. Ser., **5**: 36. Göteborg. 1954.
- GESSNER, F. - *Die limnologischen Verhältnisse in den Seen und Flüssen von Venezuela.* Verh. Int. Ver. Theor. u. Angew. Limnologie, **12**: 284. 1955a.
- — - *Hydrobotanik*, **1**: 182, Berlin. 1955b.
- HALES, W. B. - *Thermistors as instruments of thermometry and anemometry.* Bull. Am. Met. Soc., **29**: 494-499. 1948.
- — - *Micrometeorology in the tropics.* Bull. Am. Met. Soc., **30**: 124-137. 1949.
- KOIE, M. - *A portable alternating current bridge and its use for microclimatic temperature and humidity measurements.* Journ. of Ecology, **36**: 249-282. 1948.
- MACFADYEN, A. - *The use of a temperature integrator in the study of soil temperature.* Oikos, **7**: 56-81. 1956.
- PENMANN, H. L. & LONG, I. - *A portable thermistor bridge for micrometeorology among growing crops.* Journ. Sc. Instr., **26**: 77-80. 1949.
- PLATT, R. B. & SHOUP, C. S. - *The use of a thermistor in a study of summer temperature conditions of Mountaoin Lake, Virginia.* Ecology, **31**: 484-488. 1950.
- — & WOLF, J. W. - *General uses and methods of thermistors in temperature investigations with special reference to a technique for high sensitivity contact temperature measurements.* Plant Physiol., **25**: 507-512. 1950.
- PRUITT, W. O., Jr. - *A method of mounting thermistors for field use.* Ecology, **33**: 550. 1952.
- SCHANDERL, L. - *Studien über die Körpertemperaturen submerser Wasserpflanzen.* Ber. Deutsch. Bot. Ges., **58**: 28-34. 1953.
- SHIBAMOTO, T. & Y. INOUE - *On a new simple type thermistor and its application for measuring soil temperature.* Journ. Jap. Forest., **36**: 247-249. 1954.
- WARREN, W. J. - *Observations on the temperature of arctic plants and their environment.* Journ. of Ecology, **45**: 499-531. 1957.