

Amalia Virzo De Santo (*)

Anna Alfani (*)

**Ciclo annuale della respirazione del terreno
in una faggetta del monte Taburno
(Appennino campano) in relazione ai principali
fattori ecologici. (**)**

Gli ecosistemi terrestri sono costituiti da due sottosistemi strettamente integrati: il sottosistema vegetazione che, ovviamente, comprende gli animali ad essa legati e il sottosistema suolo. La vegetazione dipende dal terreno, essenzialmente per la nutrizione minerale. Il suolo, che possiede capacità autotrofiche molto limitate, riceve la maggior parte dell'energia necessaria al suo funzionamento, direttamente o indirettamente, dalla vegetazione sotto forma di « detrito organico » che viene decomposto nel terreno mediante processi prevalentemente biotici.

Lo studio dei processi di decomposizione è molto importante sia perchè una gran parte dell'energia fissata coi processi di produzione primaria viene trasferita nel terreno col detrito organico, sia perchè, coi processi di decomposizione, i nutrienti minerali vengono resi disponibili per il riciclaggio. La misura della quantità di CO₂ che si libera dal terreno (= respirazione del terreno) come prodotto finale della completa mineralizzazione dei composti organici operata dagli organismi nel terreno, costituisce un criterio ampiamente utilizzato per la valutazione dell'intensità dei processi di decomposizione.

(*) Istituto di Botanica della Facoltà di Scienze dell'Università di Napoli (Italia).

(**) Lavoro eseguito con un contributo, per ricerche ecologiche, del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Comitato Biologia e Medicina.

La respirazione del terreno, sotto specifiche condizioni climatiche, dipende dalla produzione primaria nonché dalle quantità di materia organica prodotta che vengono decomposte o accumulate. (FEHÉR, 1933; HABER, 1958, 1962; KOEPF, 1952; REINERS, 1968; WITKAMP e FRANK, 1969; MACFADYEN, 1970).

Sono disponibili in letteratura numerosi dati relativi alla misura della respirazione del terreno nelle foreste delle regioni temperate (LUNDEGARDH, 1924; ROMELL, 1927; HABER, 1958, LIETH e OUELLETTE, 1962; WITKAMP, 1966; WITKAMP e FRANK, 1969; FROMENT, 1972; EDWARDS e SOLLINS, 1973) e tropicali (BIRCH e FRIEND, 1956; MÜLLER e NIELSEN, 1965; SCHULZE, 1967; WANNER, 1970).

Mancano dati corrispondenti per i terreni italiani. Abbiamo perciò ritenuto interessante portare un contributo relativo alle faggete appenniniche meridionali. In questo lavoro riportiamo i risultati delle misure della respirazione del terreno effettuate in una faggeta del monte Taburno nel corso di un anno e ne discutiamo le variazioni stagionali in relazione ai fattori ambientali.

IL MONTE TABURNO

Il Taburno (altezza: m 1394; coordinate geografiche 41° 05' 00" lat. nord, 12° 27' 08" long. est) costituisce insieme al Camposauro (m. 1390) un massiccio carbonatico situato tra le valli dei fiumi Calore e Isclero, e alquanto isolato dagli altri rilievi dell'Appennino campano. I termini della serie calcarea mesozoica sono ammantati a varie quote ora dai termini terziari del complesso arenaceo e del flysch, ora da una coltre clastica e piroclastica quaternaria alla cui formazione hanno contribuito i vulcani flegrei e gli apparati di Roccamonfina e del Vesuvio (D'ARGENIO, 1967).

I dati meteorologici disponibili per il Taburno sono piuttosto scarsi. Sono noti infatti i valori termici solo per S. Agata dei Goti (m. 150 s.l.m.) e i valori pluviometrici per S. Agata dei Goti e Montesarchio (m. 300 s.l.m.). Poichè l'area da noi stu-

diata è situata a 1100 m s.l.m. preferiamo riferirci ai dati meteorologici della non lontana stazione di Montevergine situata a m. 1270 s.l.m., 10 Km a sud del Taburno e più prossima al mare.

La piovosità alle quote più alte, a Montevergine e su tutta la fascia montuosa che va dai Picentini al Matese, è piuttosto elevata. Per Montevergine il valore medio annuo è 2165,8 mm (40 anni di osservazioni nel periodo 1921-1963). Il regime pluviometrico è caratterizzato da una forte concentrazione delle precipitazioni nel semestre ottobre-marzo (circa il 70 % del totale annuo) con punte massime nel bimestre novembre-dicembre e minime in luglio.

La temperatura media annua calcolata sui valori misurati durante il periodo 1886-1963, sempre a Montevergine è 7°, 89; il mese più freddo (-0°,3) è gennaio, il più caldo agosto (17°,1).

I venti prevalenti nelle stagioni autunnali e invernali sono i venti di « tramontana » e di « grecale » mentre, nel periodo primaverile il « ponente » e subordinatamente il « libeccio » e l' « ostro » prevalgono sui venti settentrionali e nord-orientali. L'assenza di grosse barriere naturali sul lato occidentale e nord-orientale rende il massiccio particolarmente esposto ai venti che spirano da quelle direzioni. Ne deriva una notevole piovosità nei mesi invernali e primaverili e la possibilità, a quote superiori ai 1000 m., di precipitazioni nevose, specie nel periodo dicembre-febbraio.

I terreni del Taburno (MANCINI, 1954) rientrano per la maggior parte nel gruppo genetico delle terre brune, e assumono varie fisionomie sia in funzione dei diversi substrati sia per l'influsso della morfologia (altitudine, esposizione, pendenza) e della vegetazione (boschi di varie essenze, pascoli). Alle terre brune si accompagnano tipi intrazonali avvicinantisi ai rendzina, mentre sono assenti le terre rosse.

I versanti esposti a sud, sud-ovest e quelli volti a nord, nord-est presentano marcate differenze sia per ragioni climatiche che per ragioni di ordine geolitologico. Infatti sui ver-

santi meridionali e sud-occidentali la pioggia cade spesso sottoforma di violenti acquazzoni provocando una erosione più grave. Inoltre su questi versanti i calcari mostrano spesso le testate degli strati ed il terreno è perciò più superficiale.

Tipici dei versanti meridionali sono i boschi di latifoglie eliofile che si presentano tuttavia molto degradati. In questi aggruppamenti che sono stati da CAPUTO (1967) inquadrati nei *Quercetalia pubescentis*, si trovano riuniti elementi del *Quercion pubescenti - petraeae* e un buon numero di entità riferibili all'*Orno-Ostrion*. Sulle rupi calcaree, poco al disopra dei 650-700 m e finoltre i 1000 metri di altitudine, è accantonato *Quercus ilex* L. in condizione relitta per cause sia di ordine climatico che antropico.

Sui versanti più freschi, con terreni sempre più profondi, il bosco misto di latifoglie si presenta con un fondo di specie più mesofile la cui frequenza aumenta nelle zone di più diretto contatto con la faggeta.

Sui versanti settentrionali al disopra dei 900 m, la vegetazione è rappresentata essenzialmente da popolamenti di *Fagus sylvatica* L. che si spingono sino a pochi metri dalle creste e che, specie per quanto riguarda molti lembi di faggeta all'interno della foresta demaniale del Taburno, si presentano molto ben conservati. Sulla base delle caratteristiche fitosociologiche, CAPUTO (1967) ha inquadrato questi popolamenti nell'*Aquifolio-Fagetum* Gentile. In particolari settori tra i 1000 e i 1300 metri, nelle radure della faggeta fu introdotto dall'uomo *Abies alba* Mill.. L'abete tuttavia si presenta in un equilibrio molto precario, la rinnovazione naturale non ha luogo e nei vuoti causati dall'attacco dei Bostrichidi e del Fomes il faggio si afferma rapidamente grazie alla sua grande vigoria vegetativa e lo sostituisce.

DESCRIZIONE DELLA STAZIONE E METODICHE

I dati riportati in questo lavoro sono stati rilevati in una faggeta situata in località Piano Coponi ai margini della foresta demaniale del Taburno. Si tratta di una fustaia di 90 anni con il secondo strato bene sviluppato. La stazione considerata ha una superficie di 200 mq e si trova a 1100 m di altitudine in una zona esposta a sud, con pendenza del 25%. La copertura per lo strato arboreo è dell'85 %, per lo strato arbustivo del 35 % e per quello erbaceo del 20 %. Gli alberi raggiungono i 20 metri di altezza e il loro diametro medio è di 55 cm con un massimo di 80 cm. Le specie presenti nella faggeta sono annotate nel rilevamento che segue.

4.4 <i>Fagus sylvatica</i> L	1.2 <i>Ilex aquifolium</i> L.
2.2 <i>Fagus sylvatica</i> L.	1.1 <i>Hedera helix</i> L.
	+ .2 <i>Daphne laureola</i> L.
1.2 <i>Cyclamen hederifolium</i> Aiton	+ .2 <i>Sanicula europaea</i> L.
1.2 <i>Geranium versicolor</i> L.	+ <i>Lamium flexuosum</i> Ten.
+ .2 <i>Rubus hirtus</i> Waldst. et Kit	+ <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn
+ .2 <i>Brachypodium sylvaticum</i> (Huds.) P.B.	+ <i>Salvia glutinosa</i> L.
+ .2 <i>Pulmonaria officinalis</i> L.	+ <i>Geranium robertianum</i> L.
+ .2 <i>Fragaria vesca</i> L.	+ <i>Moehringia trinervia</i> (L.) Clairv.
+ .2 <i>Viola reichenbachiana</i> Jordan	+ <i>Vicia</i> sp.

Non figurano nel rilevamento, che è stato eseguito nel mese di settembre, *Scilla bifolia* L., *Crocus vernus* Hill var. *neopolitanus* Ker-Gawl e *Galanthus nivalis* L. geofite a fioritura precoce che perdono rapidamente le parti epigee e la cui diffusione abbiamo avuto modo di apprezzare nel periodo primaverile.

Il lembo di faggeta relativo alla stazione di Piano Coponi ha le caratteristiche fitosociologiche dell'*Aquifolio - Fagetum*. Nella buona stagione nella faggeta considerata viene effettuato il pascolo.

Le misure di respirazione del terreno sono state iniziate il 19 settembre 1972 e condotte con una frequenza pressappoco quindicinale fino al 26 novembre 1973. Insieme alla respirazione del terreno sono state ogni volta registrate la temperatura dell'aria e l'umidità relativa a 10 cm sulla superficie del terreno, nonché la temperatura del terreno a 5 cm di profondità, utilizzando rispettivamente un termografo SIAP e un geotermografo SIAP con tre sonde termometriche che hanno permesso la misura in tre punti diversi.

La determinazione dell'umidità del terreno è stata eseguita su campioni di terreno prelevato tra 0 e 5 cm di profondità (al di sotto della lettiera) da quattro punti diversi. Dai campioni di terreno così raccolti e accuratamente rimescolati, sono stati prelevati due saggi per la determinazione del contenuto in azoto, due per quella del carbonio organico e due per la misura del pH. Il contenuto in acqua del terreno è stato misurato seccando i campioni in stufa a 105°C fino a peso costante. La determinazione dell'azoto totale (organico + minerale) è stata effettuata sulla terra fina (particelle con diametro inferiore a 2 mm) secondo il metodo di Kjeldahl-Foerster (STEUBING, 1965). Il contenuto in carbonio organico è stato valutato col metodo di Springer-Klee (STEUBING, 1965) sempre sulla terra fina. La quantità di humus è stata calcolata moltiplicando la quantità di carbonio organico per il fattore convenzionale 1,72. I valori relativi al contenuto in acqua come quelli relativi al contenuto in azoto, carbonio organico e in humus sono riportati in grammi per cento grammi di terreno secco. Il pH del terreno è stato misurato in soluzione acquosa (10 gr. di terra fina in 25 cc) con un pHmetro Beckmann Expandomatic TM.

La misura della respirazione del terreno è stata effettuata per assorbimento della CO₂ su KOH e titolazione in due fasi con HCl (HABER, 1958; LIETH e OUELLETTE, 1962; MONTHEIT et al., 1964; LOTSCHERT, 1965; WITKAMP, 1966 a, 1970; SCHULZE, 1967; KOSONEN, 1968; BROWN e MACFADYEN, 1969; FROMENT, 1972).

Sotto un cilindro di latta privo di una base (altezza 23 cm, superficie della base 190 cm²) veniva posto, sopra un treppiede all'altezza di 2 cm sul livello del terreno, un vasetto da 200 ml, contenente 10 ml di KOH 0,5 N. Il bordo del cilindro veniva infilato nel terreno fino a 2 cm di profondità e il terreno appressato intorno al margine in modo da realizzare una buona chiusura. L'area di terreno ricoperta dal cilindro veniva previamente liberata dalla parte epigea delle piante. La quantità di CO₂ liberata dal terreno in un periodo di 24 ore e misurata per titolazione con HCl 0,1 N viene riferita in mg/m²/h.

Si è cercato di stabilire il contributo degli orizzonti della lettiera alla respirazione del terreno, effettuando le misure sia sul terreno, dopo rimozione della lettiera, che sul profilo lasciato intatto. Per ciascuna delle due misure furono sempre effettuate quattro prove parallele in quattro punti situati alla distanza di 5-6 metri l'uno dall'altro.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Lo studio del profilo del terreno nella stazione in esame ha dato i risultati che seguono:

A ₀₀ cm 0-4	fogliame e ramoscelli di faggio poco alterati.
A ₀ cm 4-7	lettiera decomposta
A ₁ cm 7-49	orizzonte umifero nerastro (10 YR 2/1) *
	N organico: 0,36%; Humus: 6,78%; pH: 5,9
A ₂ cm 49-100	orizzonte umoso bruno-scuro (10 YR 3/2)
	N organico: 0,32% ; Humus: 5,45% ; pH: 6,0
A ₃ cm 100-140	orizzonte di colore bruno (10 YR 3/3)
	N organico: 0,27% ; Humus: 4,28% ; pH: 6,0

(*) Il colore del terreno è stato determinato allo stato umido con la Munsell soil color charts (1954) della quale riportiamo, com'è uso, le sigle.

Come mostrano i dati lo spessore del suolo è rilevante e la materia organica ben distribuita lungo il profilo. I carbonati sono assenti. Il drenaggio è buono. La reazione è subacida. Si tratta di una terra bruna.

Nella fig. 1 sono riportate le curve relative alle variazioni della temperatura dell'aria e dell'umidità relativa, a 10 cm sul livello del terreno, e della temperatura e umidità del terreno, a 5 cm di profondità, per tutto il periodo in cui è stata condotta la nostra ricerca. I valori di temperatura (sia dell'aria che del terreno) e umidità relativa costituiscono la media giornaliera ricavata dalle registrazioni effettuate su un periodo di 24-25 ore durante le misure di respirazione del terreno. Dal grafico si può immediatamente dedurre che l'umidità relativa degli strati d'aria prossimi al terreno è sempre molto elevata; la maggior parte dei valori sono infatti superiori a 80%. Un'eccezione è costituita dai valori particolarmente bassi del 2-5-1973, che fu anche una giornata molto calda, e da quelli del 24-9-73. La curva delle variazioni stagionali della temperatura dell'aria, a 10 cm sul livello del suolo, mostra che il valore minimo si riferisce, almeno per i giorni da noi considerati, all'11-1-1973 e scende solo di qualche decimo di grado al disotto di 0°C. Il valore massimo registrato è circa di 19°C e si riferisce al 24-9-73.

Alle curve delle temperature a Piano Coponi abbiamo affiancato la curva delle temperature medie giornaliere della stazione di Montevergine, relative ai giorni in cui sono state effettuate le misure di respirazione del terreno. La corrispondenza tra i valori di Piano Coponi e quelli di Montevergine è addirittura sorprendente (le differenze maggiori sono dell'ordine di 2°C) tenuto conto anche delle differenze di condizioni in cui le temperature sono state rilevate: 10 cm sul terreno sotto la foresta a Piano Coponi e capannina meteorologica nelle condizioni standard a Montevergine.

Le temperature medie giornaliere misurate a 5 cm di profondità nel terreno seguono ovviamente lo stesso andamento di quelle dell'aria. L'escursione termica giornaliera è piccolissima in inverno e, nel periodo estivo, si aggira intorno ai 3°C. L'escursione più ampia (5°C) si riferisce al 22-10-73. Anche a Monte-

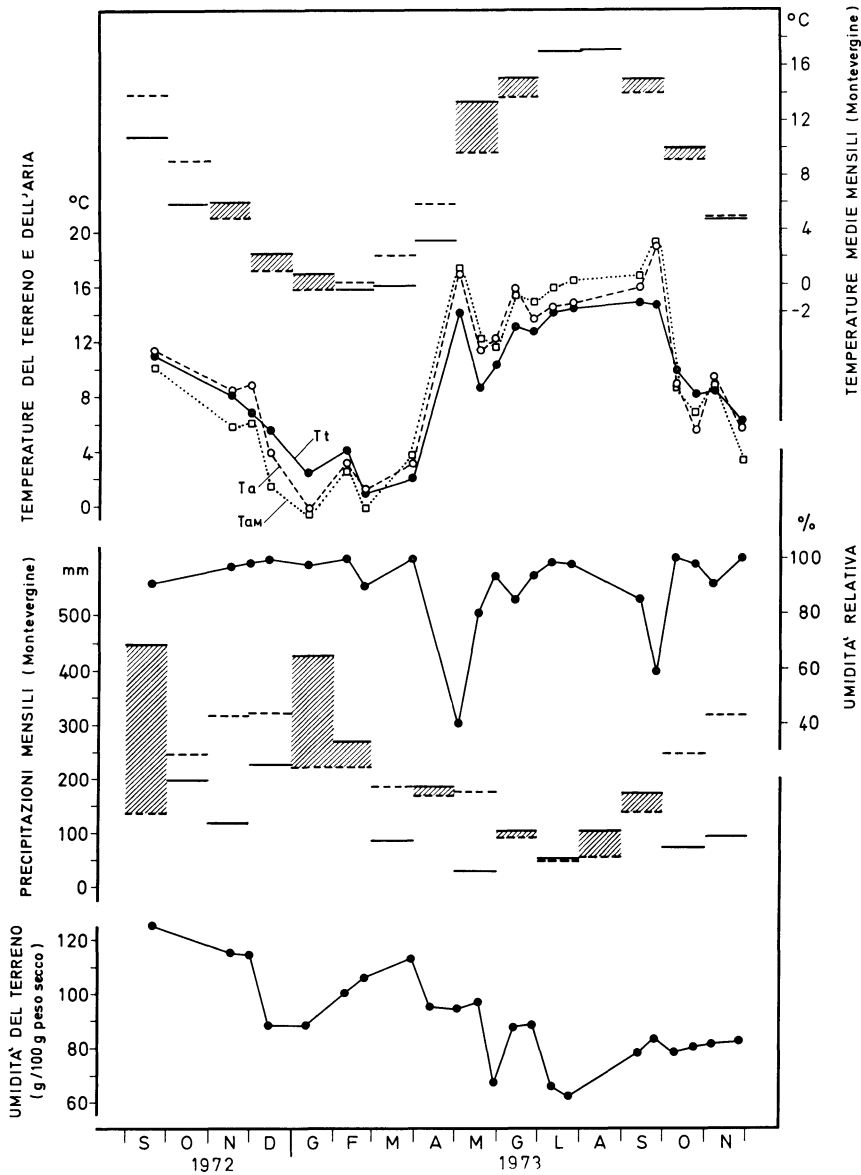


Fig. 1. - Variazioni della temperatura del terreno, a 5 cm di profondità, (T_t) e della temperatura (T_a) e umidità relativa dell'aria, a 10 cm di profondità, registrate nella faggeta di Piano Coponi (M. Taburno) nel periodo settembre 1972 - novembre 1973.

Le suddette variabili sono poste in relazione con l'andamento delle temperature medie giornaliere (T_{aM}) e mensili (linee continue) e con le precipitazioni mensili (linee continue) registrate nella stazione di Montevergine nello stesso periodo. Sono pure riportate, per Montevergine, le temperature medie mensili (linee tratteggiate) calcolate sui valori osservati durante il periodo 1886-1963 e le precipitazioni mensili medie (linee tratteggiate) riferenti a 40 anni di osservazioni nel periodo 1921-1963. Le aree ombreggiate indicano i mesi più caldi e più piovosi della norma.

verGINE la più alta escursione termica giornaliera si registra nella stessa giornata.

Nella fig. 1 sono anche riportate le temperature medie mensili a Montevergine per il periodo settembre 1972 - novembre 1973, e le medie mensili calcolate sui valori osservati per circa un ottantennio. Dal grafico si può rilevare che l'anno 1973 è stato in complesso un pò più caldo della media. In particolare sono stati più caldi i mesi di gennaio, maggio, giugno, settembre e ottobre, mentre marzo e aprile sono stati alquanto più freddi della norma. Inoltre il mese più freddo è stato febbraio invece di gennaio. Novembre e dicembre 1972 sono stati più caldi e settembre e ottobre più freddi della media.

Il contenuto in acqua del terreno (fig. 1) è sempre abbastanza elevato e solitamente superiore all'80%. I valori più bassi misurati sono quelli del 29-5, 10-7 e 23-7-1973 e sono compresi tra 62-67%. Le variazioni del contenuto in acqua del terreno sono in relazione al regime pluviometrico e infatti le quantità più alte misurate si riferiscono al semestre ottobre-marzo.

Nella fig. 1 sono riportati i valori relativi alle precipitazioni mensili a Montevergine per il periodo settembre 1972 - novembre 1973, nonché le medie delle precipitazioni mensili calcolate sui dati relativi al quarantennio 1921-1963. Dal confronto delle due serie di valori risulta che il mese di settembre 1972 fu notevolmente più piovoso della norma e così pure il gennaio 1973. Piovosità leggermente più alta della media si ebbe anche in aprile, giugno, luglio, agosto e settembre 1973. Alquanto più secchi della media furono il novembre 1972 e maggio, ottobre e novembre del 1973. In complesso l'anno 1973 è stato più secco della norma (1959, 4 mm di pioggia, contro i 2165,8 che costituiscono la media). Lo scostamento dalla media è più forte proprio nel semestre ottobre-maggio.

Se si confrontano le curve delle precipitazioni mensili a Montevergine nel periodo settembre 1972 - novembre 1973 e del contenuto in acqua del terreno a Piano Coponi si nota che l'andamento delle due variabili è parallelo. Come già per la temperatura, anche per il fattore acqua c'è una buona corrispondenza

fra le condizioni di Montevergine e quelle di Piano Coponi. Il riferimento ai dati di Montevergine è dunque soddisfacente.

La fig. 2 riassume i risultati delle determinazioni del pH, del contenuto in carbonio organico e azoto totale del terreno e del rapporto C/N.

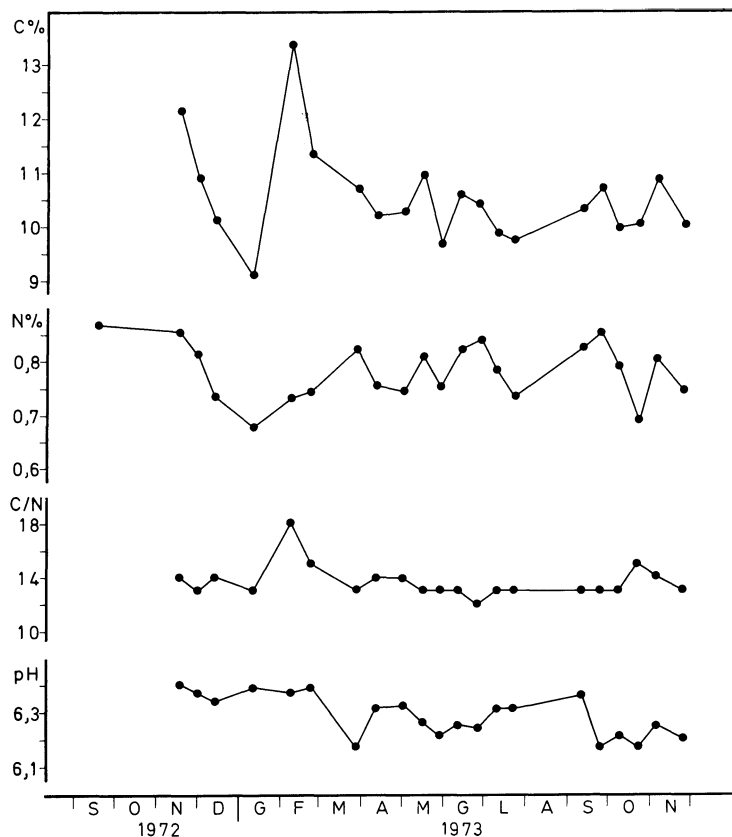


Fig. 2. - Variazioni del pH (misurato in soluzione acquosa), del contenuto in azoto totale e in carbonio organico, nonché del rapporto C/N del terreno della faggeta di Piano Coponi (M. Taburno) nel periodo settembre 1972 - ottobre 1973. Ogni valore è la media di due determinazioni eseguite su terra fina ottenuta da campioni di terreno prelevati a 5 cm di profondità.

Il pH a 5 cm di profondità , mostra valori subacidi. Le variazioni stagionali sono molto piccole; in realtà i valori oscillano tra 6,16 e 6,40. Il terreno è dunque ben tamponato.

Il contenuto in carbonio organico del terreno oscilla tra 9 e 13 grammi per cento grammi di terreno secco ed è più basso nei mesi primaverili ed estivi grazie alla maggiore attività metabolica dei microrganismi del terreno che degradano la materia organica.

La quantità di azoto totale è più bassa nei mesi invernali e mostra una tendenza all'aumento nei mesi primaverili ed estivi. Anche l'andamento del contenuto in azoto denota una maggiore attività biologica del terreno durante questi mesi, fatto che è confermato dalle misure di respirazione. Com'è noto infatti l'azoto nei detriti organici è in quantità relativamente piccole così che la maggior parte viene ritenuta dai microorganismi, mentre il carbonio viene progressivamente ridotto (Gosz et al., 1973), col risultato di uno arricchimento del terreno in azoto nei periodi con più intensa attività biologica. L'apporto di lettiera fresca è un altro fattore che fornisce azoto ai microrganismi eterotrofi e che abbassa il rapporto carbonio-azoto.

Il rapporto C/N varia tra 13 e 15 ed è tipico dell'humus dolce o mull. Durante i mesi estivi è più basso in conseguenza dell'abbassamento del contenuto in carbonio e dell'aumento del contenuto in azoto del terreno.

Il ciclo annuale della respirazione del terreno è riportato nella fig. 3. Dall'osservazione del grafico si deduce immediatamente che esistono marcate variazioni stagionali. I valori più bassi di respirazione sono quelli del periodo novembre-marzo e cioè dei mesi più freddi. I valori più alti si riferiscono ai mesi estivi e all'inizio dell'autunno.

Per quanto riguarda l'andamento stagionale, non ci sono differenze tra la respirazione misurata sul profilo completo e quella misurata sul terreno dopo avere allontanata la lettiera. La quantità di CO₂ liberata è ovviamente diversa nei due casi e, precisamente, è più alta per il profilo completo. Il contributo

della lettiera alla respirazione di tutto il profilo costituisce in media il 15% del totale. I valori più alti sono relativi ai mesi di settembre, ottobre e novembre, quando notevole è la quantità di lettiera fresca e più attivi sono i microorganismi che vivono su di essa (WITKAMP, 1966 b). Anche tra febbraio e aprile il contributo della lettiera alla respirazione totale appare relativamente più alto, ma in questo periodo la ragione è da ricercarsi nel fatto che le radici sono metabolicamente meno attive e quindi

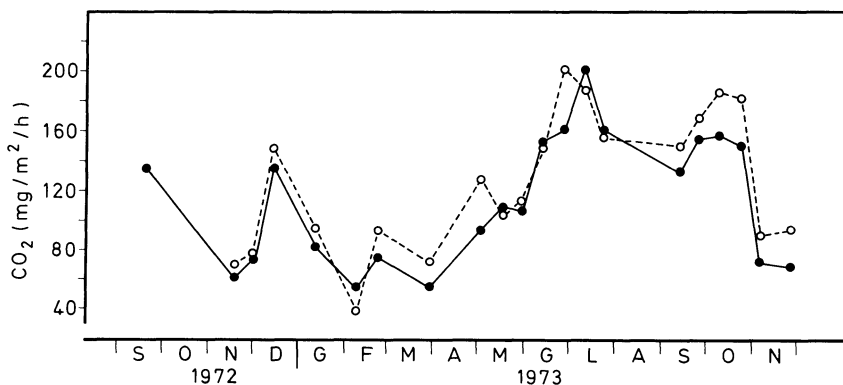


Fig. 3. - Variazioni della respirazione del terreno nella faggeta di Piano Coponi (M. Taburno) durante il periodo settembre 1972 ottobre 1973. La linea continua si riferisce alle misure eseguite sul terreno spogliato della lettiera e la linea tratteggiata a quelle effettuate sul profilo completo. Ogni valore è la media di 4 determinazioni effettuate in quattro punti diversi.

una quantità di CO₂ relativamente più piccola rispetto al totale deriva da esse (MINDERMAN e VULTO, 1973). La respirazione del terreno comprende la CO₂ prodotta dalla fauna del suolo, dalla microflora e dalle radici. La fauna contribuisce in misura trascurabile; secondo BUNT (1954) i nematodi sono responsabili solo dell'1% della respirazione del suolo, mentre gli artropodi vi contribuiscono nella misura dell'0,1% (ENGELMAN, 1968). La quantità di CO₂ prodotta dalle radici può invece variare da valori insignificanti (FEHÉR, 1933) a un terzo (LUNDEGARDH, 1927), una metà (WIANT, 1967 a) e fino a più di due terzi (TURPIN, 1920) della respirazione totale del terreno.

La temperatura e l'umidità del terreno, la qualità e la quantità della lettiera sono i principali fattori che influenzano la respirazione del terreno.

Secondo MACFADYEN (1970) in condizioni naturali, un aumento della temperatura di 10°C fa raddoppiare la quantità di CO₂ emessa dal terreno. Correlazioni positive tra la respirazione del suolo e la temperatura sono state trovate da molti autori; tra gli altri da HABER 1958; VAN DER DRIFT e WITKAMP, 1961; REINERS, 1968; KUCERA e KIRKMAN, 1971; FROMENT, 1972.

L'influenza dell'umidità sulla quantità di CO₂ che si libera dal terreno è stata provata da WIAAT, 1967 b; REINERS, 1968; CRAPO e COLEMAN, 1972; FROMENT, 1972.

Nella fig. 4 diamo i risultati delle analisi delle correlazioni tra la respirazione del terreno e le temperature registrate a 5 cm di profondità per tutto il tempo relativo a ciascuna misura. Sono pure riportate le correlazioni respirazione-umidità del terreno e respirazione-contenuto in carbonio organico del terreno.

Il coefficiente di correlazione tra la respirazione e la temperatura del terreno è positivo e altamente significativo. Anche nel nostro caso dunque, all'aumento della temperatura, fa riscontro un aumento della respirazione dello stesso ordine di quello trovato da MACFADYEN, 1970.

L'influenza della temperatura sulla quantità di CO₂ emessa dal suolo è stata saggiata anche in laboratorio usando una serie di campioni ricavati da un unico prelievo di terreno, effettuato il giorno stesso dell'esperimento. I campioni furono posti in una capsulina contenuta in un vaso a chiusura ermetica, al fondo del quale si trovava una soluzione di KOH. La misura della CO₂ veniva fatta come sopra descritto, dopo 48 ore di incubazione dei campioni a temperature diverse. Avendo usato terra fina priva di radici, la CO₂ misurata è dovuta alla respirazione dei soli microorganismi. Anche in questo caso, come si vede dalla fig. 4, la temperatura influenza la respirazione del terreno nella stessa misura.

L'umidità del suolo a Piano Coponi, come abbiamo già detto, è sempre molto alta. La correlazione acqua-respirazione del terreno è negativa; a valori molto elevati di umidità corrispondono infatti valori relativamente bassi di respirazione.

Temperatura e acqua interagiscono. Per valori bassi di umidità la temperatura è determinante; quando invece il contenuto

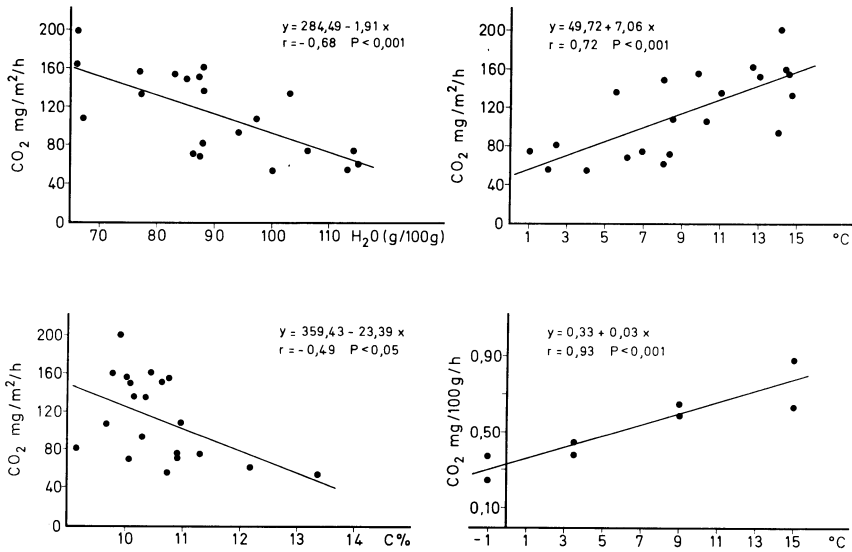


Fig. 4. - Relazioni tra la respirazione del suolo e umidità, temperatura e contenuto in carbonio organico del terreno. In alto a sinistra retta di regressione respirazione del terreno (mg CO₂/m²/h) contenuto in acqua del terreno (g H₂O/100 g di terreno secco). In basso a sinistra regressione respirazione del terreno (mg CO₂/m²/h) contenuto in carbonio organico del terreno (g/100 g di terreno secco). In alto a destra retta di regressione respirazione del terreno (mg CO₂/m²/h) temperatura (°C) del terreno a 5 cm di profondità. In basso a destra, per prove eseguite in laboratorio su campioni di terra fina, retta di regressione respirazione del terreno (mg CO₂/100 g di terreno secco/ h) - temperatura (°C).

in acqua del terreno è più alto allora l'effetto temperatura diventa meno importante. All'influenza predominante del fattore acqua sono dovuti i valori di CO₂ del 16-11 e dell'1-12-1972, più bassi di quanto ci si potesse aspettare, date le temperature.

L'anno seguente infatti in una giornata corrispondente e cioè il 26-11, per un contenuto in acqua del terreno più basso, è stata misurata una respirazione più alta nonostante la temperatura del terreno fosse più bassa.

Contenuto in carbonio organico del terreno e respirazione sono inversamente correlati (fig. 4). Questo fatto non stupisce poichè all'attività metabolica del terreno è dovuta la mineralizzazione del carbonio e quindi la diminuzione del contenuto in carbonio organico.

CONCLUSIONI

Il nostro studio sul metabolismo del terreno costituisce il primo contributo per le faggete appenniniche meridionali.

I dati riportati dimostrano che la temperatura e l'umidità del terreno influenzano l'intensità dei processi di decomposizione. Per la temperatura un incremento di 10°C determina, infatti, il raddoppiamento della quantità di CO₂ liberata dal terreno. Per quanto riguarda l'umidità abbiamo invece riscontrato che ai valori più bassi del contenuto in acqua del suolo, corrisponde una maggiore attività biologica del terreno.

L'altezza delle precipitazioni sul Monte Taburno, alle quote della faggeta, è molto elevata e supera i 2000 mm annui. Il terreno è di conseguenza sempre molto umido; solo eccezionalmente nei mesi estivi, che sono i più secchi, abbiamo misurato valori di umidità del suolo inferiori al 70 %. Dall'esame della retta di regressione (Fig. 4) si può desumere che una diminuzione del contenuto in acqua del terreno di 10 grammi per cento determina un incremento della respirazione pari a 20 mg di CO₂/m²/h. Questo ci fa concludere che l'intensità dei processi di decomposizione è notevolmente limitata dall'umidità non solo nei mesi più freddi e piovosi ma anche in quelli più caldi. Su questo interessante fatto abbiamo in corso ricerche di laboratorio sulle quali riferiremo in un prossimo lavoro.

Poichè l'interesse principale delle misure della respirazione del terreno consiste nel fatto che esse possono fornire un indice della produzione primaria netta dell'ecosistema considerato, abbiamo convertito i valori di CO_2 liberata dal terreno nelle quantità corrispondenti di materia organica. Per operare questa conversione ci siamo serviti dei coefficienti riportati da MACFADYEN (1971). Secondo questo autore 1 Kg di sostanza secca corrisponde a 700 litri di CO_2 o a 4800 Kcal. Dalle misure da noi effettuate si può ricavare che la quantità di CO_2 liberata da 1 m^2 di terreno nella faggeta di Piano Coponi in un anno è pari a 553,03 litri e corrisponde quindi a 0,790 Kg di materia secca decomposta.

Per una faggeta in Danimarca MACFADYEN (1971, servendosi di valori rilevati da ROMELL (1927) nel periodo estivo, calcola una quantità annua di CO_2 pari a 1490 litri corrispondenti a 2,130 Kg di materia secca decomposta. Questi valori sono notevolmente più alti (quasi il triplo) di quelli da noi misurati nella faggeta di Piano Coponi. I motivi di queste differenze possono essere molti. Bisogna intanto dire subito che i valori di CO_2 misurati da ROMELL sono secondo MACFADYEN (1971) eccessivamente alti. La piovosità sul Taburno è notevolmente più elevata che in Danimarca, e, data la correlazione negativa da noi riscontrata tra respirazione del terreno e umidità, non stupisce il fatto che i nostri valori siano comunque più bassi. Infine tra l'*Aquifolio Fagetum* del Monte Taburno e il *Fagion sylvaticae* medioeuropeo esistono differenze di composizione floristica che sono ovviamente il risultato di differenti condizioni ambientali. È molto probabile dunque che la produttività dei due ecosistemi sia diversa.

Dati discordanti esistono in letteratura anche per le foreste temperate di querce. Così WITKAMP (1966 a) in una foresta di querce del Tennessee misura 775 litri di $\text{CO}_2/\text{m}^2/\text{anno}$, corrispondenti a 1,110 Kg di materia secca, mentre REINERS (1968) riporta per una foresta di querce del Minnesota quantità di CO_2 corrispondenti a 2,6-2,9 Kg di materia secca/ m^2/anno . Le differenze sono dovute al metodo di misura della respirazione del terreno.

RIASSUNTO

Gli autori hanno studiato il ciclo annuale della respirazione del terreno in una faggeta del M. Taburno (Appennino campano) sul profilo intero e sul terreno spogliato della lettiera. I valori più alti di respirazione sono stati misurati in estate, quelli più bassi in inverno.

È stata riscontrata una correlazione positiva tra la respirazione del terreno e la temperatura a 5 cm di profondità. L'umidità del terreno molto elevata per la maggior parte dell'anno è invece correlata negativamente con l'attività biologica del terreno.

La quantità annua di CO₂ liberata da 1 m² di suolo della faggeta in esame è pari a 553,03 litri e corrisponde a 0,790 Kg. di materia organica decomposta.

SUMMARY

The Authors present the results of soil respiration measurements taken from September 1972 to November 1973, in a beech forest of Monte Taburno in the Campania Appennines (41°05'00" N. 12°27'08" E) The site of the experiment is located at an altitude of 1100 m, on a southern slope, 25 % steep. The luxuriant stand, with rich undergrowth, consists of ninety-year-old *Fagus sylvatica* L.. The vegetation grouping belongs to *Aquifolio Fagetum* Gentile; the soil is a brown earth. The regional climate is characterized by copious rainfall from October to March. The 40 years mean annual rainfall for the closest (10 Km S) meteorological station (Montevergine) is 2,165.8 mm; the 80 years mean annual temperature is 7°.9. Monthly mean temperature varies from - 0°.3 in January to 17°.1 in August.

Evolution of CO₂ from the entire profile of the forest floor and from the soil after removal of the litter layer, has been measured, twice a month, by the inverted box method over a 24 hours period, using 4 replicate tins.

Along with soil respiration, temperature and relative humidity in the surface air, at 10 cm, and soil temperature, at 5 cm depth, have been recorded. Moisture content of the soil has been determined before and after each run.

Daily mean temperatures agree well with those of Montevergine. Variation pattern of soil water content, mostly higher as 70 %, corresponds with rainfall height. Seasonal variations of CO₂ evolution from exposed soil

and from entire profile are quite similar, while respiration values of undisturbed soil are significantly higher as those of the soil without litter layer. The lowest respiration rates (38 mg / m² /h) have been measured in winter, the highest (200 mg/m²/h) in summer.

Soil respiration is set in relation with soil temperature and moisture. A positive and very close correlation has been found between the rate of CO₂ evolution from the litter free soil and the mean daily soil temperature at 5 cm depth ($r = 0.72$; P less than 0.001) A temperature increase of 10 °C determines, indeed, a two fold increase of soil metabolism. A negative high correlation ($r = -0.68$; P less than 0.001) exists between soil moisture (5 cm depth) and the rates of CO₂ evolution from the soil. A humidity increase of 10 g H₂O/100 g dry soil causes a 20 mg decrease of CO₂ evolution rate.

The calculated annual release of 553.03 litres/m² is equivalent to the CO₂ released by complete oxydation of 0.790 kg dry matter. In literature are available higher values for a beech forest in Denmark. Although the latter are considered too high, the reason for the relatively low CO₂ evolution rates in the beech forest of Monte Taburno is accounted for the high soil moisture during the most part of the year as it is indicated by the high negative correlation between water content and soil respiration.

BIBLIOGRAFIA

- BIRCH H. F. and M. T. FRIEND, 1956. *Humus decomposition in East African soils*. Nature **178**: 500-501.
- BROWN A. and A. MACFADYEN, 1969. *Soil carbon dioxide output and small-scale vegetation pattern in a Calluna heath*. Oikos **20**: 8-15.
- CAPUTO G., 1966. *Ricerche sulla vegetazione forestale del gruppo del Taburno Camposauro (Appennino campano)*. Delpinoa **8-9**: 91-128.
- CRAPO N. L. and D. C. COLEMAN, 1972. *Root distribution and respiration in a Carolina old field*. Oikos **23**: 137-139.
- D'ARGENIO B., 1967. *Geologia del gruppo del Taburno-Camposauro (Appennino campano)*. Atti Acc. Sc. Fis. Mat. di Napoli s. 3, **6** (2): 35-218.
- DRIFT J. VAN DER and M. WITKAMP, 1961. *Breakdown of forest litter in relation to environmental factors*. Plant and soil **15**: 295-311.
- EDWARDS N. T. and P. SOLLINS, 1973. *Continuous measurement of carbon dioxide evolution from partitioned forest floor components*. Ecology **54**: 406-412.

- ENGELMAN M. D., 1968. *The role of soil arthropods in community energetics*. Amer. Zool. **8**: 61-69.
- FEHÉR, D., 1933. *Untersuchung über die Mikrobiologie des Waldbodens*. 272 p, Julius Springer, Berlin.
- FROMENT A., 1972. *Soil respiration in a mixed oak forest*. Oikos **23**: 273-277.
- GOSZ J. R., G. E. LIKENS and F. H. BORMANN, 1973. *Nutrient release from decomposing leaf and branch litter in the Hubbard Brook forest, New Hampshire*. Ecol. Monographs **43**: 173-191.
- HABER W., 1958. *Ökologische Untersuchungen der Bodenatmung*. Flora, Jena, **146**: 109-157.
- —, 1962. *Über Zusammenhänge zwischen der Produktivität eines Pflanzenbestandes und der Bodenatmung*. In: H. Lieth (Ed.): *Die Stoffproduktion der Pflanzendecke*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 109-112.
- KOEPF H., 1952. *Laufende Messung der Bodenatmung im Freiland*. Landw. Forsch. **4**: 186-194.
- KOSONEN M., 1968. *The relation between carbon dioxide production in the soil and the vegetation of a dry meadow*. Oikos **19**: 242-249.
- KUCERA C. L. and KIRKMAN D. R., 1971. *Soil respiration studies in tall-grass prairie in Missouri*. Ecology **52**: 912-915.
- LIETH H. and OUELLETTE R., 1962. *Studies on the vegetation of the Gaspé Peninsula. II. The soil respiration of some plant communities*. Can. J. Bot. **40**: 127-140.
- LÖTSCHERT W., 1965. *Beiträge zur Ökologie der subatlantischen Zwergstrauchheide N. W. Deutschlands. III. Niederschlag bei verschiedener Exposition und die CO₂ Abgabe des Bodens*. Beitr. Biol. Pflanz. **41**: 359-366.
- LUNDEGARDH H., 1927. *Carbon dioxide evolution of soil and crop growth*. Soil Sci. **23**: 417-450.
- MACFADYEN A., 1970. *Soil metabolism in relation to ecosystem energy flow and to primary and secondary production*. In *Methods of study in soil ecology*. Proc. of the Paris, Symp. 167-172.
- MACFADYEN A., 1971. *The soil and its total metabolism*. In: *Methods of Study in Quantitative Soil Ecology: population, production and energy flow*. I. B. P. Handbook n° 18: 1-13.
- MANCINI F., 1954. *Ricerche pedologiche nel bacino del F. Isclero (Caserta e Benevento)* Ann. Acc. Ital. Sc. Forestali **2**: 273-338.
- MINDERMAN G. and VULTO J., 1973. *Carbon dioxide production by tree roots and microbes*. Pedobiologia **13**: 337-343.

- MONTEITH J. L., SZEICZ G., and YABUKI K., 1964. *Crop photosynthesis and the flux of carbon dioxide below the canopy*. J. Appl. Ecol. **1**: 321-327.
- MÜLLER A. and NIELSEN J. 1965. *Production brute, pertes par respiration et production nette dans la forêt ombrophile tropicale*. Forest Fors. Voes. Danm. **29**: 69-160.
- REINERS W. A., 1968. *Carbon dioxide evolution from the floor of three Minnesota forests*. Ecology **49**: 471-483.
- ROMELL L. G., 1927. *Studier over kolsyrehusalt ovrigten i moss-rik tallsog*. Medd. Stats. Skogforsokanstalt **24**: 1-56.
- SCHULZE E. D., 1967. *Soil respiration of tropical vegetation types*. Ecology **48**: 652-653.
- STEBUBING L., 1965. *Pflanzenökologisches Practikum*, Verlag, P. Parey, Berlin u. Hamburg.
- TURPIN H. W. 1920. *The carbon dioxide of the soil air*. Cornell University Agric. Exp. Sta. Memoir **32**: 315-362.
- WANNER H., 1970. *Soil respiration, litter fall, and productivity of tropical rain forest*. J. Ecol. **58**: 543-547.
- WIANT H. V., 1967a. *Contribution of roots to forest « soil respiration »*. Adv. Front. Plant. Sci. **18**: 136-138.
- , 1967b. *Influence of moisture content on « soil respiration »* J. Forestry **65**: 902-903.
- WITKAMP M., 1966a. *Rates of carbon dioxide evolution from the forest floor*. Ecology **47**: 492-494.
- , 1966b. *Decomposition of leaf litter in relation to environmental conditions, microflora and microbial respiration*. Ecology **47**: 194-201.
- , 1970. *Cycles of temperature and carbon dioxide evolution from the litter and soil*. Ecology **50**: 922-924.
- WITKAMP M. and FRANK M. L., 1969. *Evolution of CO₂ from litter, humus and subsoil of a pine stand*. Pedobiologia **9**: 358-366.