

Andamento stagionale del flusso di emissione di CO₂ dal suolo in risposta al contenuto di umidità all'interno di un agroecosistema mediterraneo

Introduzione

Come rilevato da Schlesinger e Andrews (2000) su scala globale, il suolo con 1500 Pg (1 Pg= 10¹⁵ g) di carbonio, è il secondo *pool* terrestre dopo la fotosintesi. Il carbonio contenuto nel sistema suolo, viene liberato nell'atmosfera sotto forma di CO₂ proveniente principalmente dall'attività metabolica della componente eterotrofa (componente microbica) e di quella autotrofa (componente radicale). Soltanto in alcuni suoli con netta prevalenza della matrice carbonatica una parte del flusso è rappresentata da alterazioni pedogenetiche. Considerato il peso della matrice biotica nel sistema suolo, sin dal 1920, Lundegardth notò come il flusso fosse fortemente influenzato da due fattori ambientali: temperatura e umidità. Quest'ultima, soprattutto in ambienti aridi e semi aridi ed in condizioni di stress idrico risulta essere l'elemento chiave per lo svolgimento di tutti i processi biotici. Inoltre nel periodo estivo è in grado di indurre una "confusione di effetti" (DAVIDSON *et al.*, 1998): nonostante la temperatura registrata nel suolo sia prossima all'optimum biologico dei microrganismi presenti nel suolo, il ridotto contenuto di umidità agisce negativamente sui processi biotici determinando una riduzione dei tassi di respirazione. A conferma della notevole complessità del fenomeno si noti come esso sia stato oggetto di numerose applicazioni di modelli mate-

matici (HOWARD e HOWARD, 1993).

In questo contesto lo scopo del presente lavoro è stato quello di evidenziare il ruolo del fattore umidità sulla dinamica stagionale del flusso di CO₂ dal suolo di un oliveto, tipico agro-ecosistema mediterraneo.

Materiali e Metodi

Descrizione del sito

Il lavoro è stato svolto all'interno di un oliveto commerciale nell'agro di Castelvetrano, in provincia di Trapani. Il suolo presenta una tessitura argillosa-sabbiosa con il 39.63 % di argilla, il 12.90 % di limo ed il 47.47 % sabbia. La densità apparente è pari a 1.32 g * cm⁻³ ed il contenuto organico di carbonio è di 1.38 g * Kg⁻¹. Le caratteristiche idrologiche presentano una capacità di campo del 31.6 % ed un punto di appassimento del 12.6 %. Il clima, con andamento tipicamente mediterraneo, presenta estati caldi e secche ed il resto dell'anno caratterizzato da temperature miti ed umido. Le precipitazioni medie annue si aggirano intorno ai 650 mm distribuiti per la maggior parte in autunno e parte dell'inverno (SIAS - Servizio Informativo Agrometeorologico della Regione Siciliana). La figura 1 riporta i valori di temperatura e precipitazioni registrati nel periodo relativo al presente lavoro.

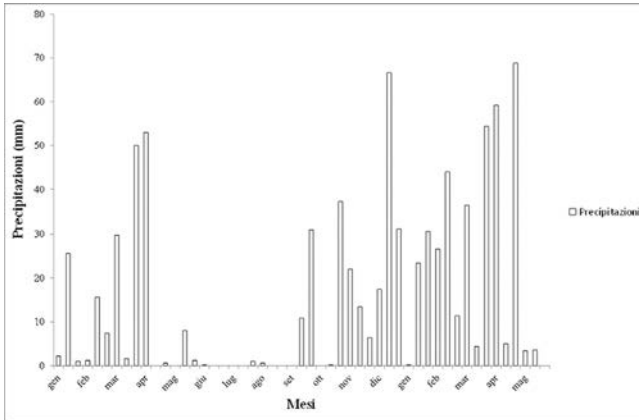


Fig. 1. Distribuzione delle precipitazioni totali decadali da gennaio 2008 a giugno 2009. Dati SLAS, Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano (Regione Siciliana).

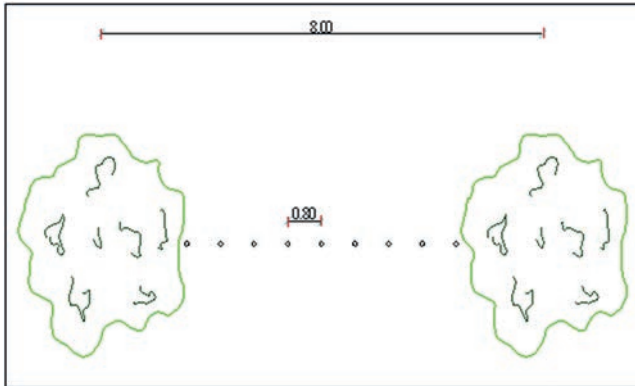


Fig. 2. Planimetria della distribuzione dei collari (elementi circolari) per la misura dei flussi di CO_2 dal suolo.

Misurazione dei flussi di CO_2 provenienti dal suolo

I flussi di CO_2 sono stati misurati con un analizzatore all'infrarosso (IRGA) configurato come sistema dinamico chiuso (CIRAS-1, soil chamber: SRC-1, PP-Systems, Hitching, U.K.). In campo, i rilievi sono stati organizzati su otto porzioni di tubo in PVC (collari), alti 10 cm e di 80 mm di diametro, forati sulla superficie ed inseriti sulla superficie del terreno a partire da una distanza di 80 cm dal tronco della pianta di riferimento come indicato in figura 2. La disposizione dei collari è simmetrica rispetto al centro dell'interfila di conseguenza ciascuna replica dell'esperimento è stata effettuata su 4 collari per ciascuna pianta.

La camera di respirazione è stata posta al di sopra dei collari in modo tale da rilevare in modo indisturbato il tasso di emissione CO_2 dal suolo. Le misure sono state effettuate con cadenza quindicinale nella fascia oraria 9.00-13.00 con il preciso obiettivo di limitare al minimo eventuali fluttuazioni termiche giornaliere.

Temperatura ed umidità del suolo

L'umidità del suolo è stata monitorata attraverso sensori TDR (CS615; Campbell Scientific) posizionati a tre diverse profondità (15-30-60 cm). La temperatura del suolo è stata monitorata con termocoppie di tipo T posizionate alle medesime profondità. Per la loro gestione e l'acquisizione del dato, entrambi i sensori sono stati collegati ad un datalogger (CR10X; Campbell Scientific) ed il dato è stato registrato con una frequenza di 30 minuti nel corso delle 24 ore.

Risultati e discussioni

Dall'analisi dei tassi di emissioni di CO_2 dal suolo, si evince come il trend dei valori ha seguito perfettamente l'andamento del contenuto idrico del suolo (Figura 3-4).

Su scala stagionale, periodo gennaio-aprile, è stato rilevato un flusso di $93.69 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ m}^{-1}$ con il 32.63 % di umidità del suolo ed una temperatura media di $15.60 \text{ }^\circ\text{C}$. Nel secondo quadrimestre (maggio-agosto) la media del periodo si è abbassata a $56.16 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ m}^{-1}$ con il fattore umidità ed il fattore temperatura rispettivamente al 22.53 % e $32.56 \text{ }^\circ\text{C}$. Nel terzo quadrimestre (settembre-dicembre) la media stagiona-

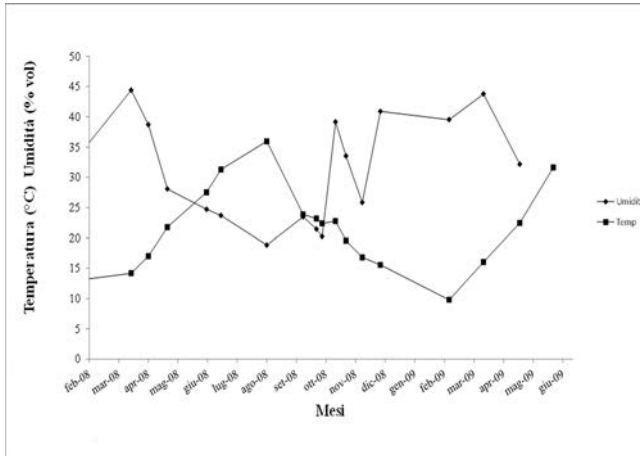


Fig. 3. Temperatura e contenuto idrico volumetrico del suolo rilevato da gennaio 2008 a giugno 2009.

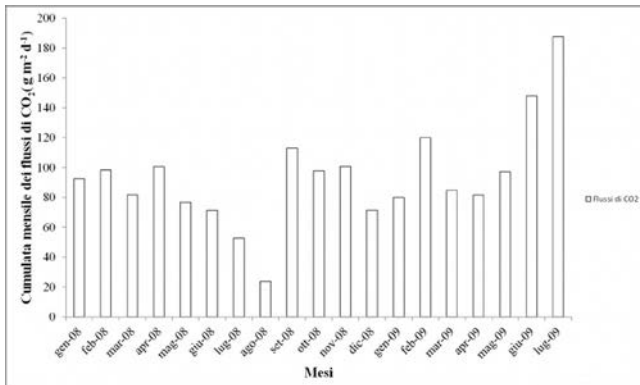


Fig. 4. Cumulata mensile dei flussi di CO₂ rilevati da gennaio 2008 a giugno 2009.

le ha fatto registrare un incremento pari a $71.47 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ m}^{-1}$ con un'umidità media del suolo al 22.29% e $21.73 \text{ }^\circ\text{C}$ di temperatura media del suolo. Infine nel periodo intercorrente tra gennaio e giugno 2009 il valore medio è stato di $101.93 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ m}^{-1}$.

Su scala annuale il valore medio del flusso di CO₂ espresso in $\text{g C m}^{-2} \text{ m}^{-1}$ è stato di 1124.36 . I valori rilevati di emissione di CO₂ dal suolo, risultano confrontabili con altri lavori effettuati in ambiente mediterraneo nelle medesime condizioni climatiche (REY *et al.*, 2002; INGLIMA *et al.*, 2009; ALMAGRO *et al.*, 2009).

In entrambi gli anni analizzati il massimo di emissioni registrato è ricaduto nel perio-

do gennaio-aprile per effetto delle temperature miti e di una buona dotazione del contenuto idrico prossimo alla capacità di campo. Dal punto di vista fisico, queste condizioni comportano la presenza di acqua all'interno dei micropori, permettendo la libera circolazione dei gas tellurici al loro interno (PAPENDICK e CAMPBELL, 1981). In caso contrario si determinerebbero condizioni di asfissia che a lungo termine potrebbero portare a danni irreversibili della pianta. Da una accurata analisi dei dati, è stata messa in evidenza l'assoluta assenza di correlazione tra temperatura e flusso. Il fenomeno, riportato anche in letteratura (LLOYD e TAYLOR, 1994; KIRSCHBAUM, 1995), è imputabile all'effetto contrapposto tra le alte temperature del periodo ed il ridotto contenuto idrico del suolo. Infatti a differenza di quanto si verifica a latitudini più elevate, dove nella stessa stagione il fattore temperatura è quasi sempre associata ad una buona dotazione idrica del suolo, in questi ambienti, essendo spesso caratterizzati da lunghi periodi di secco associati ad alte temperature, l'effetto limitante del fattore acqua si traduce in una minore disponibilità dei nutrienti nel periodo estivo (PAPENDICK

e CAMPBELL, 1981; ROBERTSON *et al.*, 1997) con conseguente rallentamento delle attività metaboliche della componente microbica del suolo (ALMAGRO *et al.*, 2009).

Inoltre eventi piovosi preceduti da periodi secchi determinano un innalzamento dei flussi di CO₂ dal suolo (BIRCH 1959; INGLIMA *et al.*, 2009). Il fenomeno è determinato da una parte dall'influenza positiva esercitata dall'incremento dell'umidità nel suolo e dall'altra dalla disgregazione dei microaggregati di suolo. La prima ha un impatto diretto sia sulla componente autotrofa, attraverso il miglioramento dell'attività metabolica della componente radicale

fine e delle relative simbiosi (VARGAS e ALLEN, 2008; HEINEMEYER *et al.*, 2007), che su quella eterotrofa, dove l'azione della pioggia determina la riattivazione della componente microbica (GLINSKI e STĘPNIEWSKI, 1985). La seconda, che come indicato da Borken e Matzner (2009) è una prerogativa dei suoli argillosi, determina la solubilizzazione della sostanza organica labile, presente sia negli aggregati terrosi che in quelli derivanti dalla lisi della biomassa microbica a seguito dello shock osmotico indotto dai potenziali negativi del suolo (FIERER e SCHIMEL, 2003), che è facilmente degradabile dalla biomassa microbica del suolo (DENEFF *et al.*, 2001).

Conclusioni

Il lavoro analizza l'influenza dell'umidità del suolo sulle emissioni di CO₂ registrate dal suolo di un uliveto commerciale in ambiente mediterraneo. I valori di CO₂ emessi dal suolo sono confrontabili con quelli registrati da altri autori in contesti ambientali simili.

L'andamento annuale dei flussi di anidride carbonica fa registrare delle peculiarità rispetto ad aree caratterizzate da condizioni climatiche differenti. Nel periodo estivo l'areale mediterraneo risulta deficitario del fattore umidità, elemento chiave per lo svolgimento di tutte le attività biotiche, sia autotrofe che eterotrofe, determinando di fatto un rallentamento dei processi metabolici ovvero una riduzione delle emissioni di C dal suolo. I risultati, in linea con i riferimenti bibliografici citati, mostrano un andamento annuale dei flussi di anidride carbonica concordante con l'andamento dell'umidità registrata nel suolo.

Le comuni pratiche agricole, quali diserbo, potatura, lavorazioni del terreno, concorrono ad una modifica del microclima dell'agro-ecosistema. In particolare negli ambienti a clima caldo arido il fattore che ne risulta particolarmente influenzato è l'umidità. Una delle pratiche colturali che, per frequenza ed importanza, attribuita dagli operatori del settore, è la gestione del suolo,

negli uliveti infatti, mediamente si prevedono almeno da quattro a cinque lavorazioni nel corso dell'anno con molteplici finalità, ovvero: nel periodo che va dall'autunno alla primavera di controllare le infestanti, limitando al minimo la competizione per la risorsa acqua negli anni più secchi e comunque tesaurizzando la riserva disponibile, nel periodo estivo, gli interventi sono mirati specie negli ambienti caldo aridi, ad interrompere la crosta superficiale annullando i fenomeni di risalita capillare di acqua dal suolo. Quest'ultima tecnica è tipica dell'aridocoltura.

Vista l'importanza della componente suolo come pool di C terrestre, e visti altresì gli effetti derivanti dalla sua gestione, la comunità internazionale con l'art. 3.4 del Protocollo di Kyoto che estende il ruolo delle misure LULUCF (*Land Use, Land Use Change and Forestry*) all'uso di una serie di altri interventi nel settore agricolo e forestale definite "attività addizionali", includendo la Gestione "dei coltivazioni" (*Cropland Management* – CM). Secondo quanto previsto dalla Conferenza delle parti, COP7 (tenutasi a Marrakech nel 2001), di seguito le attività addizionali:

- Gestione forestale (*Forest Management* – FM)
- Gestione dei coltivazioni (*Cropland Management* – CM)
- Gestione dei pascoli (*Grazing Land Management* – GM)
- Rivegetazione (*Revegetation* – RV).

La maggior parte dei paesi che hanno aderito al protocollo di Kyoto, tra cui l'Italia, hanno indicato la gestione forestale (*Forest Management*) come la principale attività per la riduzione e la compensazione delle emissioni di CO₂. Tuttavia secondo quanto riportato da lavori effettuati su diversi agro-ecosistemi e su scala globale (SMITH *et al.*, 2008), la gestione sostenibile dei suoli agrari (realizzabile ad esempio attraverso il controllo delle infestanti con l'utilizzo dei moderni diserbanti, l'adozione delle tecniche del cosiddetto *minimum tillage* o lavorazioni minime, e con la semina su sodo) permetterebbe lo stoccaggio di una quota di C oscillante da 1 a 3 t CO₂ ha⁻¹

anno¹. Alla luce di quanto esposto, l'auto-re ritiene che la Gestione dei coltivazioni (*Cropland Management* – CM) meriterebbe maggiore attenzione da parte delle istituzioni con il preciso obiettivo di elaborare buone pratiche agricole ed indirizzando gli operatori del settore verso una gestione sostenibile del secondo pool di C terrestre.

BIBLIOGRAFIA

- ALMAGRO M., LÓPEZ J., QUEREJETA J.I., MARTÍNEZ-MENA M., 2009 — Temperature dependence of soil CO₂ efflux is strongly modulated by seasonal patterns of moisture availability in a Mediterranean ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*, 41: 594-605.
- BORKEN W., MATZNER E., 2009 — Reappraisal of drying and wetting effects on C and N mineralization and fluxes in soils. *Global Change Biology* 15: 808-824.
- BIRCH H.F., 1959 — Further observations on the humus decomposition and nitrogen availability. *Plant and Soil*, 11: 262-286.
- DAVIDSON E.A., BELK E., BOONE R.D., 1998 — Soil water content and temperature as independent or confounded factors controlling soil respiration in a temperate mixed hardwood forest. *Global Change Biology*, 4: 217-227.
- DENEFF K., SIX J., BOSSUYT H., FREY S.D., ELLIOTT E.T., MERCKX R., PAUSTIAN K., 2001 — Influence of dry-wet cycles on the interrelationship between aggregate, particulate organic matter, and microbial community dynamics. *Soil Biol. Biochem.* 33: 1599-1611.
- FIERER N., SCHIMEL J.P., 2003 — A proposed mechanism for the pulse in carbon dioxide production commonly observed following the rapid rewetting of a dry soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 67: 798-805.
- GLIŃSKI J., STĘPNIEWSKI W., 1985 — Soil aeration and its role for plants CRC Press, Boca Raton.
- HEINEMEYER A., HARTLEY I.P., EVANS S.P., DE LA FUENTE J.A.C., INESON P., 2007 — Forest CO₂ efflux: uncovering the contribution and environmental responses of ectomycorrhizas. *Global Change Biology* 13: 1786-1797.
- HOWARD D.M., HOWARD P.J.A., 1993 — Relationships between CO₂ evolution, moisture content and temperature for a range of soil types. *Soil Biol Biochem* 25: 1537-1546.
- INGLIMA I., ALBERTI G., BERTOLINI T., VACCARI F.P., GIOLI B., MIGLIETTA F., COTRUFO M.F., PERESSOTTI A., 2009 — Precipitation pulses enhance respiration of Mediterranean ecosystems: the balance between organic and inorganic components of increased soil CO₂ efflux. *Global Change Biology*, 15: 1289-1301.
- KIRSCHBAUM M.U.F., 1995 — The temperature dependence of soil organic matter decomposition, and the effect of global warming on soil organic C storage. *Soil Biol. Biochem.*, 27: 753-760
- LLOYD J., TAYLOR J.A., 1994 — On the temperature dependence of soil respiration. *Functional Ecology*, 8: 315-323.
- LUNDEGARDH H., 1927 — Carbon dioxide evolution of soil and crop growth. *Soil Science* 23(6): 417-453.
- PAPENDICK R.I., CAMPBELL G.S., 1981 — Theory and measurement of water potential. pp 1-22. In: *Water Potential Relations in Soil Microbiology*. SSSA special publication No. 9. J.F. Parr W.R. Gardner and L. F. Elliott, (eds.). Soil Science Society of America: Madison, Wis. U.S.A.
- REY A., PEGORARO E., TEDESCHI V., DE PARRI I., JARVIS P.G., VALENTINI R., 2002 — Annual variation in soil respiration and its components in an oak coppice forest in central Italy. *Global Change Biology*, 8, 851-66.
- ROBERTSON G.P., KLINGENSMITH K.M., KLUG M.J., PAUL E.A., CRUM J.R., ELLIS B.G., 1997 — Soil resources, microbial activity, and primary production across an agricultural ecosystem. *Ecological Applications*, 7, 158-170.
- SCHLESINGER W.H., ANDREWS J.A., 2000 — Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry*, 48, 7-20.
- SMITH P., MARTINO D., CAI Z., GWARY D., JANZEN H., KUMAR P., MCCARL B., OGLE S., O'MARA F., RICE, SCHOLLES S.B., SIROTENKO O., HOWDEN M., MCALLISTER T., PAN G., ROMANENKOV V., SCHNEIDER U., TOWPRAYOON S., WATTENBACH M., SMITH J., 2008 — Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363 (1492), 789-813.
- VARGAS, R., ALLEN, M.F., 2008 — Environmental controls and the influence of vegetation type, fine roots and rhizomorphs on diel and seasonal variation in soil respiration. *New Phytologist*, 179: 460-471.

Felice Romolo

Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università degli Studi di Palermo, Viale delle Scienze, Edificio 4, Ingresso H - 90128 Palermo
felice.romolo@unipa.it

PAROLE CHIAVE: CO₂, umidità del suolo, Protocollo di Kyoto.

RIASSUNTO

Il flusso di anidride carbonica proveniente dal suolo, inteso come la somma dei flussi delle componenti auto-

trofe ed eterotrofe, risulta essere influenzato da diversi fattori. Tra questi temperatura e umidità del suolo rivestono particolare importanza. In particolare l'umidità, in ambienti aridi e semi aridi si presenta come l'elemento chiave per lo svolgimento delle principali attività di natura biotica. Al fine di valutare l'influenza dell'umidità del suolo sul flusso di anidride carbonica del suolo, il presente lavoro ha valutato su scala stagionale i flussi di CO₂ in relazione all'andamento udometrico del suolo all'interno di un oliveto commerciale. Le misure dei flussi di CO₂ sono state condotte con cadenza quindicinale da marzo 2008 a giugno 2009 con un analizzatore all'infrarosso (IRGA) CIRAS 1 (PP Systems, Hitchin, UK); i parametri ambientali, temperatura ed umidità del suolo, sono stati rilevati in continuo attraverso sensori Pt 100 e sensori TDR. Il flusso medio di CO₂ rilevato su scala annuale ed espresso in g C m⁻² anno⁻¹ è stato pari a 1124.36. Il valore è confrontabile con i risultati rilevati in altre aree del mediterraneo e presenta un andamento annuale peculiare di quest'area. Si ritiene che l'analisi dei flussi di anidride carbonica possano essere uno strumento di supporto per gli stakeholders interessati alla riduzione delle emissioni di CO₂ richiesta per il raggiungimento degli obiettivi del Protocollo di Kyoto.

KEYWORDS: *CO₂, soil moisture, Kyoto protocol.*

ABSTRACT

Total soil respiration as the sum of two biotic component, autotrophic and heterotrophic respiration, is influenced by various environmental factor, in particular soil temperature and soil moisture. In arid and semi arid regions, soil moisture is a major driver of soil respiration during periods of drought stress. Hence, the aim of this work was to evaluate the effect of soil moisture on soil CO₂ efflux. Measurements were made every two weeks between January 2008 and June 2010 using a portable soil respiration instrument fitted with a soil respiration chamber (IRGA) CIRAS 1 (PP Systems, Hitchin, UK). The Simultaneously with soil respiration measurements, soil temperature (T) and soil volumetric water content (SWC) were measured in the 0–15 cm depth interval. Soil temperature was measured with a Pt 100 probe and soil water content was measured using a time domain reflectometry device (TDR). Mean annual soil CO₂ efflux rates were 1124.36 expressed as g C m⁻² y⁻¹. It is believed that soil CO₂ efflux should be an important instrument to support the stakeholders interested to reduction CO₂ emission required to reach Kyoto Protocol objectives.