

DOI: 10.4081/ija.2015.695

Metodologie per la determinazione dei parametri chimici, biochimici e microbiologici del suolo

Rosa Francaviglia,¹ Maria Teresa Dell'Abate,¹ Anna Benedetti,¹ Stefano Mocali²

¹CREA-RPS, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di Ricerca per lo studio delle Relazioni tra Pianta e Suolo, Roma

²CREA-ABP, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia, Firenze, Italia

Il **carbonio organico totale (TOC)** è stato determinato per combustione mediante Carbon Analyzer LECO RC612; il campione viene riscaldato in una corrente di ossigeno fino a circa 600°C, e tutto il carbonio presente viene ossidato a CO₂. La quantità di CO₂ rilasciata è misurata mediante spettroscopia ad assorbimento infrarosso e convertita in TOC, previa calibrazione.

La **biomassa microbica (C_{mic})**, che esprime la quantità di carbonio microbico presente nel suolo in mg C kg⁻¹ suolo, è stata determinata secondo il metodo della fumigazione-estrazione con cloroformio (Vance *et al.*, 1987) su campioni di suolo secco ricondizionati per 10 giorni alla capacità di campo e incubati al buio a 30°C. Sui campioni fumigati e non fumigati si estrae il materiale cellulare con una soluzione di K₂SO₄. Sugli estratti così ottenuti si procede alla determinazione del carbonio organico totale della biomassa mediante ossidazione con bicromato di potassio in ambiente acido. La biomassa microbica è data dalla differenza tra la quantità di C nei campioni fumigati e non fumigati.

La **respirazione basale (C_{bas}, mg C-CO₂ kg⁻¹ suolo d⁻¹)** e la **respirazione cumulativa (C_{cum}, mg C-CO₂ kg⁻¹ suolo)** rappresentano rispettivamente l'emissione oraria di CO₂ in assenza di substrato organico all'ultimo giorno di incubazione e quella totale emessa durante tutto l'arco di incubazione (Isermayer, 1952). I campioni di suolo secco sono riportati alla capacità di campo e incubati al buio a 30°C in contenitori di vetro a chiusura ermetica, insieme a un becker contenente una soluzione di idrossido di sodio. Durante l'incubazione si determina la CO₂ emessa mediante titolazione con acido cloridrico dopo l'aggiunta di cloruro di bario e di un indicatore per titolazione acido-base (fenolftaleina) ad intervalli di tempo prefissati (1, 2, 4, 7, 10, 14, 17, 21 e 28 giorni), da cui si ricava la curva di respirazione potenziale mediante la formula $C_t = C_0(1 - e^{-kt})$, dove t è il tempo di incubazione, C_t è la CO₂ emessa al tempo t e k la costante cinetica della respirazione (Riffaldi *et al.*, 1996).

Lavoro svolto nell'ambito del Progetto MO.NA.CO. (Rete di monitoraggio nazionale dell'efficacia ambientale della condizionalità e del differenziale di competitività da essa indotto a carico delle imprese agricole) finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (MiPAAF) nell'ambito del Programma Rete Rurale Nazionale nel contesto dell'Azione 1.2.2 "Laboratori interregionali per lo sviluppo" del Programma Operativo denominato "Rete Rurale Nazionale 2007-2013". Coord. Paolo Bazzoffi.

Il **quoziente metabolico (qCO₂)** rappresenta l'attività dei microrganismi del suolo, precisamente il tasso di respirazione specifica su base oraria espresso dal rapporto tra respirazione basale e biomassa microbica (mg C-CO₂/mg Cmic)/24*100, dove 24 sono le ore di un giorno (Anderson and Domsch, 1990; 1993).

Il **quoziente di mineralizzazione (qM)** esprime su base percentuale la quantità di C respirato (ovvero mineralizzato) rispetto a quello iniziale nel suolo, si calcola quindi come (Ccum/TOC)*100

(Dommergues, 1960). Il qM indica l'efficienza con cui i microrganismi metabolizzano la sostanza organica del suolo, espressa in % dal rapporto tra respirazione cumulativa e carbonio organico totale.

Al fine di calcolare l'**indice sintetico di fertilità biologica (IBF)**, per ciascuno dei 6 parametri descritti sono stati fissati 5 intervalli di valori a ciascuno dei quali viene assegnato il punteggio dell'intervallo a cui appartiene (Tabella 1); la somma algebrica dei punteggi per ciascun parametro dà origine alla scala di fertilità biologica riportata nella Tabella 2 (Benedetti *et al.*, 2006; Benedetti e Mocali, 2008).

Tabella 1. Punteggi degli intervalli di valori dei parametri.

Parametri utilizzati	Punteggio				
	1	2	3	4	5
Sostanza organica TOC*1.724	< 1,0	≥ 1,0 ≤ 1,5	> 1,5 ≤ 2,0	> 2,0 ≤ 3,0	> 3,0
Respirazione basale C _{bas}	< 5	≥ 5 ≤ 10	> 10 ≤ 15	> 15 ≤ 20	> 20
Respirazione cumulativa C _{cum}	< 100	≥ 100 ≤ 250	> 250 ≤ 400	> 400 ≤ 600	> 600
Carbonio microbico C _{mic}	< 100	≥ 100 ≤ 200	> 200 ≤ 300	> 300 ≤ 400	> 400
Quoziente metabolico qCO ₂	≥ 0,4	< 0,4 ≥ 0,3	< 0,3 ≥ 0,2	< 0,2 ≥ 0,1	< 0,1
Quoziente di mineralizzazione qM	< 1,0	≥ 1 ≤ 2	> 2 ≤ 3	> 3 ≤ 4	> 4

Tabella 2. Classi dell'indice di fertilità biologica (IBF).

Classe di Fertilità	I	II	III	IV	V
	stanchezza allarme	stress preallarme	media	buona	alta
Punteggio IBF	6	7-12	13-18	19-24	25-30

L'**azoto totale (Ntot)** comprende tutte le forme azotate presenti nel suolo, sia organiche che minerali, che sono state determinate sia con il metodo Kjeldahl (1883), basato su un processo di ossidazione per via umida, sia tramite combustione per via secca con analizzatore LECO FP528.

Il **rapporto C/N** è un indice della disponibilità di azoto delle colture in funzione della quantità di carbonio presente nella sostanza organica del suolo. Il valore ritenuto ottimale per un equilibrio tra i processi di umificazione ed ossidazione è compreso tra 9 e 12: valori inferiori a 9 indicano una maggiore disponibilità per le colture e viceversa.

L'estrazione, il frazionamento e la determinazione del **carbonio organico estraibile (TEC)** e la separazione e purificazione degli **acidi umici e fulvici (HA+FA)**, sono stati eseguiti secondo Ciavatta et al. (1990). In breve, l'estrazione si effettua a caldo (65°C per 48 ore) con soluzione alcalina di idrossido di sodio e pirofosfato sodico: un'aliquota viene utilizzata per la determinazione del C estratto, TEC (mineralizzazione a caldo, 62°C, con bicromato di potassio in eccesso e successiva retrotitolazione con solfato ferroso), un'altra aliquota viene utilizzata per la separazione degli acidi umici e fulvici. Si precipitano dapprima gli acidi umici HA mediante acidificazione a pH<2 con acido solforico, mentre gli acidi fulvici in soluzione vengono purificati per cromatografia su colonna di polivinilpirrolidone. Acidi umici e fulvici vengono riuniti e solubilizzati prima della determinazione del contenuto in C (HA+FA) con lo stesso metodo (mineralizzazione/titolazione) utilizzato per il TEC.

Il **grado di umificazione (DH)**, parametro quali-quantitativo che fornisce informazioni sul contenuto percentuale in sostanze umiche relativamente alla frazione estraibile, è stato determinato secondo il metodo proposto da Ciavatta et al. (1990). DH oscilla tra 0 e 100, e tanto più è elevato tanto più è elevata l'attitudine del suolo a umificare i materiali organici disponibili.

Il **tasso di umificazione (HR)**, che indica l'entità della frazione umificata di un suolo (acidi umici e fulvici) rispetto al carbonio organico totale (TOC), si calcola come rapporto percentuale $C(HA+FA)/TOC$. Può assumere valori compresi tra 0 e 100 ed è stato determinato secondo Ciavatta *et al.* (1990).

L'**indice di umificazione (HI)**, infine, è un parametro adimensionale proposto da (Sequi *et al.*, 1986), che indica il rapporto tra la sostanza organica estratta non umificata calcolata dalla differenza $[TEC-(HA+HF)]$ e quella umificata (HA+HF). L'indice oscilla tra 0 e 1 ed è tanto più basso quanto più i processi di umificazione prevalgono su quelli di mineralizzazione.

Bibliografia

- Anderson TH, Domsch KH, 1990. Application of eco-physiological quotients (qCO_2 and qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories. *Soil Biol. Biochem.* 10:251-255.
- Anderson TH, Domsch KH, 1993. The metabolic quotient for CO_2 (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biol. Biochem.* 25:393-395.
- Benedetti A, Dell'Abate MT, Mocali S, Pompili L, 2006. Indicatori microbiologici e biochimici della qualità del suolo. In: *ATLAS – Atlante di Indicatori della Qualità del Suolo*. Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Osservatorio Nazionale Pedologico. Edizioni Delta Grafica, Città di Castello (Perugia).
- Benedetti A, Mocali S, 2008. Analisi a livello di suolo. In: *Indicatori di Biodiversità per la Sostenibilità in Agricoltura. Linee guida, strumenti e metodi per la valutazione della qualità degli agroecosistemi*. ISPRA, Report 47/2008.
- Ciavatta C, Govi M, Vittori Antisari L, Sequi P, 1990. Characterization of humified compounds by extraction and fractionation on solid polyvinylpyrrolidone. *J. Chromatogr.* 509:141-146.
- Dommergues Y, 1960. La notion de coefficient de minéralisation du carbone dans le sols. *Agronomie Tropicale* XV:54–60.
- Isermeyer H, 1952. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden. *Z. Pflanzenernah Bodenkd.* 56:26-38.
- Kjeldahl, J. 1883. A new method for the estimation of nitrogen in organic compounds. *Z. Anal. Chem.* 22:366.
- Riffaldi R, Saviozzi A, Levi-Minzi R, 1996. Carbon mineralization kinetics as influenced by soil properties. *Biol. Fertil. Soil.* 22:293-298.
- Sequi P, De Nobili M, Leita L, Cercignani G, 1986. A new index of humification. *Agrochimica* 30:175–179.
- Vance ED, Brookes PC, Jenkinson DS, 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19:703–707.