



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II**



*Scuola Politecnica delle Scienze di base - Area Didattica di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali*

**TESI DI DOTTORATO IN BIOLOGIA APPLICATA**

Valutazione degli effetti dell'input di azoto nei suoli agricoli su i più comuni indici biotici del suolo mediante meta-analisi dei dati di letteratura.

**Relatore**

*Dott. Angelo Fierro*

**Candidata**

*Dott.ssa Silvia Piccirillo*

**Anno accademico 2013/2014**

# INDICE

## CAPITOLO I

<b>Introduzione</b>	pag.1
<b>1.1</b> Il concetto di qualità dei suoli	pag.3
<b>1.2</b> Indicatori agro-ambientali di qualità dei suoli	pag.4
<b>1.3</b> Politiche di protezione dei suoli	pag.7
<b>1.4</b> Indicatori biologici per la valutazione della qualità dei suoli	pag.8
<b>1.5</b> Biomassa microbica	pag.10
<b>1.6</b> Carbonio della biomassa microbica	pag.12
<b>1.7</b> Cmic/Corg	pag.12
<b>1.8</b> Respirazione del suolo	pag.13
<b>1.9</b> Quoziente metabolico (qCO <sub>2</sub> )	pag.14
<b>1.10</b> Indicatori di diversità strutturale e funzionale	pag.15
<b>1.11</b> Diversità strutturale microbica	pag.15
<b>1.12</b> Misure di attività enzimatiche del suolo	pag.17
<b>1.13</b> Diversità funzionale microbica	pag.18
<b>1.14</b> Diffusione ed utilizzo su scala globale dei fertilizzanti azotati minerali	pag.20
<b>1.15</b> Processi di trasformazione dell'azoto nel suolo	pag. 23
<b>1.16</b> Effetti della fertilizzazione azotata sul metabolismo biologico del suolo	pag. 24

## CAPITOLO II

<b>2.0</b> Obiettivo di ricerca	pag.28
---------------------------------	--------

## CAPITOLO III

<b>Materiali e Metodi</b>	pag.30
3.1 Selezione degli articoli	pag.30
3.2 Vote-Counting e Meta-Analisi	pag.31
3.2.1 <i>Applicazione dei criteri di inclusione ed aggregazione dei dati</i>	pag.31
3.3 Variabili non considerate nell'analisi	pag.32
3.4 Criteri di inclusione aggiuntivi specifici della meta-analisi	pag.33
3.5 Applicazione della Vote-Counting	pag.33
3.6 Applicazione della Meta-Analisi	pag.33
3.6.1 <i>Calcolo dell'effect size</i>	pag.33
3.6.2 <i>Calcolo dell'effect size cumulativo</i>	pag.34
3.7 Determinazione dell'eterogeneità totale ( $Q_t$ ) associato all'effect size cumulativo ( $E_c$ ), ed individuazione delle variabili responsabili (categorical meta-analyses).	pag.35
3.7.1 <i>Calcolo dell'eterogeneità totale <math>Q_t</math></i>	pag.35
3.8 Determinazione dell'entità e significatività della risposta media degli indicatori alla sostituzione del fertilizzante azotato minerale con fertilizzanti organici e/o misti.	pag.39
3.9 Determinazione dell'eterogeneità totale ( $Q_t$ ) associata all'effect size cumulativo ( $E_c$ ), ed individuazione delle variabili responsabili (categorical meta-analyses).	pag.39
3.9.1 <i>Calcolo dell'eterogeneità totale <math>Q_t</math> e Categorical meta-analyses</i>	pag.39
3.10 Analisi statistica ed elaborazione grafica dei dati	pag.39
3.10.1 Software utilizzati	pag.39

## CAPITOLO IV

### Risultati

4.1	Vote-counting	pag.40
4.1.1	<i>Risposta degli indicatori microbici in funzione delle diverse tipologie di fertilizzazione</i>	pag.40
4.1.2	<i>Sintesi della risposta degli indicatori microbici in funzione delle diverse tipologie di fertilizzante inorganico</i>	pag.45
4.1.3	<i>Risposta degli indicatori in funzione dei diversi tassi di azoto minerale.</i>	pag.48
4.1.4	<i>Risposta degli indicatori in funzione della fertilizzazione organica (letame o compost).</i>	pag.53
4.2	Meta-analisi categorica per sintetizzare la risposta generale degli indicatori alla fertilizzazione azotata minerale, organica e mista, e le fonti di variabilità.	pag.57
4.2.1	Biomassa microbica	pag.57
4.2.1.1	<i>Risposta della biomassa microbica ai tassi di fertilizzazione azotata.</i>	pag.59
4.2.1.2	<i>Risposta della biomassa microbica ai tempi di applicazione della fertilizzazione azotata</i>	pag.59
4.2.1.3	<i>Risposta della biomassa microbica alla fertilizzazione azotata in funzione del carbonio organico del suolo</i>	pag.59
4.2.1.4	<i>Risposta della biomassa microbica alla fertilizzazione azotata in funzione del pH del suolo</i>	pag.60
4.2.2	Respirazione basale, Quoziente metabolico (qCO <sub>2</sub> ) e Diversità funzionale	pag.60
4.2.3	Risposta della Biomassa microbica alla sostituzione del fertilizzante azotato minerale con fertilizzanti organici e fonti di variabilità chiave influenzanti la risposta (Categorical Meta-analyses).	pag.64

## **CAPITOLO V**

### **Discussioni**

pag.68

### **Conclusioni**

Considerazioni generali

pag.77

Conclusioni sintetiche

pag.79

Bibliografia

pag.80

## INTRODUZIONE

La valutazione della qualità dei suoli ha ampiamente interessato la ricerca scientifica con oltre 40.000 articoli pubblicati negli ultimi tre decenni, rintracciabili su SCOPUS. Gli obiettivi delle ricerche sono stati e sono molteplici, ma soprattutto sono animati dall'intenzione di generare degli indicatori in grado di fornire informazioni sintetiche ed efficaci per valutare gli effetti sui suoli delle perturbazioni, soprattutto di natura antropica, e fornire quindi strumenti utili ai portatori d'interesse per la gestione dei suoli, soprattutto quelli agricoli. I principali problemi che interessano la gestione dei suoli sono associati alla perdita di fertilità, alla ridotta capacità dei suoli di agire come riserva di carbonio, alla riduzione della biodiversità che può agire per limitare gli effetti della contaminazione organica ed inorganica dei suoli, e molti altri. Poiché i suoli sono parte integrante dei cicli biogeochimici, gli effetti di degradazione che agiscono su di essi incidono anche sulla qualità dei comparti idrico ed atmosferico.

Il suolo è un sistema strutturale e funzionale molto complesso generato dall'interazione di tre comparti, chimico, fisico e biologico e le perturbazioni che agiscono su di esso possono avere delle conseguenze su ciascuno dei comparti. Gli indicatori che sono stati generati, fondamentalmente si riferiscono ai parametri chimici, fisici e biologici, o presi singolarmente o più frequentemente considerati in maniera aggregata. La scelta degli indicatori è anche determinata dalla finalità (agronomica, pedologica, ecologica). Uno degli obiettivi che da diversi anni impegna la ricerca sull'ecologia dei suoli, è quello di individuare indicatori sintetici in grado di interpretare le variazioni subite dal sistema biologico suolo. Molti indicatori funzionali si concentrano sull'attività e la dinamica delle popolazioni di microrganismi del suolo, poiché la comunità microbica svolge il ruolo metabolico preponderante.

La struttura e le funzioni del suolo sono principalmente influenzate dal contenuto della sostanza organica (SOM). La SOM contribuisce in larga misura a determinare la fertilità di un suolo rivestendo un ruolo fondamentale nel ciclo dei nutrienti. Nei suoli agricoli il bilancio della sostanza organica dei suoli è sostanzialmente in perdita a causa dell'asportazione della quasi totalità della biomassa colturale e delle lavorazioni del suolo che tendono a favorire il processo di mineralizzazione biologica della SOM. La gestione agricola dei suoli, attraverso l'azione sulla SOM, ha delle conseguenze

sull'intera comunità biotica del suolo che per definizione è parte della SOM, in particolare sulla comunità microbica che è la principale responsabile dei processi metabolici del suolo. La fertilità del terreno è significativamente associata all'attività microbica, quindi i disturbi che agiscono sulla comunità microbica incidono sulla fertilità del suolo, sia nel breve che nel lungo termine. La perdita di fertilità dei suoli agricoli agisce a sua volta sulle rese produttive delle colture la cui crescita è garantita dalla fertilizzazione, in particolare quella minerale con prodotti di sintesi, la cui produzione e l'utilizzo sono responsabili di notevoli impatti ambientali. La fertilizzazione minerale azotata è quella più diffusa poiché l'azoto è uno dei più importanti macro-nutrienti per le colture agrarie. L'aggiunta di azoto può avere degli effetti, diretti ed indiretti, sulla comunità microbica dei suoli. La comunità scientifica ha manifestato negli anni un notevole interesse nel valutare gli effetti della fertilizzazione azotata nei suoli con l'obiettivo primario di valutare le quantità ottimali di fertilizzazione da adottare al fine di evitare i danni ambientali connessi all'eccessivo uso dell'azoto minerale (eutrofizzazione delle acque di superficie, contaminazione delle acque di falda, emissioni gassose in atmosfera ed effetti sul metabolismo della comunità microbica dei suoli). L'improprio uso della fertilizzazione azotata può quindi trasformare un comune fattore necessario alla crescita delle piante ed anche al funzionamento del metabolismo del suolo in una perturbazione con gravi conseguenze ambientali.

Il presente lavoro di dottorato è uno studio di review applicato agli studi pubblicati negli ultimi venti anni circa (1996-2012) che hanno applicato gli indicatori più comuni di risposta microbica dei suoli (biomassa microbica, respirazione, quoziente metabolico, diversità funzionale) in funzione dell'input azotato. Si è proceduto con uno studio di meta-analisi per sintetizzare e individuare un pattern nella risposta delle comunità microbiche dei suoli. I risultati della meta-analisi non hanno individuato un pattern comune nella risposta degli indicatori selezionati, con la sola eccezione della biomassa microbica. I modelli concettuali prodotti sulla base delle conclusioni riportate dagli autori degli articoli, hanno messo in evidenza la complessità delle risposte microbiche all'aggiunta dell'azoto. Lo studio ipotizza un'elevata incertezza e quindi un debole contributo degli indicatori.

# CAPITOLO I

## 1.1 Il concetto di qualità dei suoli

Il concetto di qualità dei suoli è un argomento scientifico con radici storiche lontane e di notevole interesse per il ruolo fondamentale che i suoli rivestono per il funzionamento degli ecosistemi terrestri e per gli equilibri del pianeta.

I suoli globali rappresentano il substrato per la crescita delle piante, garantendo il progressivo rilascio di nutrienti e fornendo le condizioni necessarie per le radici. I residui organici in esso contenuti sono il substrato energetico in grado di sostenere una complessa rete trofica, i cui processi metabolici forniscono i nutrienti per le piante. I suoli globali sono inoltre un sistema di riserva del carbonio che può incidere in maniera significativa sull'equilibrio della CO<sub>2</sub> globale, così come sul controllo di altri gas ad effetto serra (CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O) o di altri gas che possono avere effetti in atmosfera e sui sistemi acquatici e terrestri (NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>). Infine i suoli rappresentano un filtro in grado di controllare il rilascio di inquinanti verso altri comparti come quello idrico e biotico.

Questi aspetti motivano l'ampio interesse scientifico e, più di recente, politico per la definizione e per la valutazione della qualità dei suoli. Tale interesse è documentato dalla vasta letteratura prodotta dall'inizio del secolo scorso, con circa 60.000 pubblicazioni, 70% delle quali prodotte negli ultimi 30 anni.

I suoli sono dei sistemi complessi continuamente sottoposti all'azione di perturbazioni naturali e antropiche che alterano la sua struttura e funzione. Il concetto di qualità dei suoli indica quanto queste caratteristiche del sistema si allontanano da una condizione "normale" (steady state).

Diverse sono le definizioni di qualità dei suoli, tutte esaustive, che sono state proposte a testimoniare il notevole interesse della comunità scientifica (Bouma 1997; Davidson 2000; de Han et al. 1990; Karlen et al. 1997; Loveland and Thompson 2001; Máté and Tóth 1996; Sojka and Upchurch 1999; Tóth et al. 2007). Negli '80 dello scorso secolo la "Soil Science Society of America" istituì una commissione per definire il concetto di qualità del suolo che fu definita come: "la capacità che ogni specifico tipo di suolo ha di

funzionare, sia esso naturale che gestito dall'uomo, per sostenere la produttività delle piante e più in generale la catena alimentare, per mantenere o migliorare la qualità delle acque e dell'aria, sostenere le attività umane" (Karlen et al . 1997).

Tóth e colleghi (2007) hanno definito la qualità di un suolo come la valutazione della capacità che ha un suolo di fornire servizi ecosistemici e sociali e di funzionare anche in condizioni mutate.

Molti autori al concetto di qualità del suolo affiancano o sostituiscono quello di "soil health" (Doran et al., 1996; Doran and Safley, 1997) per evidenziare la concezione del suolo come sistema vivente e dinamico le cui funzioni sono mediate dalla componente biologica. Per questo motivo, molti degli indicatori utilizzati sono associati alla componente biologica di cui si valuta la resistenza e la resilienza alle perturbazioni (Freckman and Virginia, 1997).

## **1.2 Indicatori agro-ambientali di qualità dei suoli**

Ad ogni modo, ogni definizione di qualità dei suoli consente di evidenziare le applicazioni che ne derivano, in riferimento alle azioni dell'uomo sui suoli, dei ruoli ambientali, economici e sociali che essi rivestono. Particolare attenzione è dedicata ai servizi agro-ambientali dei suoli, per diversi motivi:

- 1) l'agricoltura rappresenta l'attività antropica che più di ogni altra agisce sui suoli;
- 2) l'agricoltura si accinge ad affrontare per il futuro prossimo una delle sfide più importanti per l'umanità dovendo garantire cibo, energia e materie prime per una popolazione mondiale in attiva crescita.

Per avere una misura dell'armonia e della compatibilità dell'appropriazione umana dei suoli agricoli e naturali e del valore aggiunto associato alla produzione agricola, è necessario integrare le azioni di sfruttamento del territorio con una continua e costante valutazione del cambiamento della qualità dei suoli. Questo secondo ruolo è svolto dagli indicatori di qualità dei suoli, che devono essere degli attributi misurabili.

L'individuazione delle principali caratteristiche del suolo, biotiche ed abiotiche, che possano fornire informazioni utili sull'effetto delle perturbazioni, non è compito semplice ed è quindi necessario un approccio complesso. Una singola proprietà non è mai sufficiente come indicatore di qualità dei suoli, soprattutto se si deve estendere il

ruolo funzionale del suolo alle sue proprietà nei sistemi agricoli. Le proprietà di risposta dei suoli alle sollecitazioni esterne (naturali e/o antropiche) sono spesso determinate dalle caratteristiche dei suoli e dalle loro proprietà dinamiche (Tóth et al., 2007). Le proprietà di risposta dei suoli al loro volta influenzano la qualità del suolo attraverso una o più funzioni dei suoli, tra le quali quella agro-ambientale.

L'obiettivo degli indicatori di qualità dei suoli o, in maniera più estesa, degli indicatori agro-ambientali vanno ben oltre le applicazioni agricole ed includono anche le decisioni politiche.

Un indicatore, secondo una definizione generale, è una misura in grado di fornire informazioni quantitative e qualitative sullo stato e sull'evoluzione di un sistema sottoposto a delle azioni (perturbazioni) che alterano lo stato e/o il funzionamento del sistema. La scelta di un indicatore deve essere solitamente indirizzata verso strumenti fruibili (misurabili, a basso costo, facilmente interpretabili, rappresentativi) che forniscano in maniera immediata informazioni sullo stato del sistema.

Nella letteratura si trova spesso la distinzione tra indicatori e indici, che in realtà sono una progressione gerarchica delle osservazioni eseguite sul sistema studiato. I primi sono considerati come delle misure sintetiche che consentono di comprendere e confrontare il sistema osservato. I secondi convertono le misure rappresentate dagli indicatori a rapporti o singoli valori di più indicatori misurati, spesso con riferimento a delle scale di preferenza.

Il ruolo ambientale, sociale ed economico dei sistemi agricoli coinvolge inevitabilmente la sfera politica che chiede un contributo della comunità scientifica a produrre indicatori ed indici di qualità. L'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA, 2005) suggerisce l'uso di un indicatore composito di performance agro-ambientale, che include 4 sotto-indicatori di eguale peso:

- 1) produttività della coltura;
- 2) stabilità della produttività;
- 3) risposta alla fertilizzazione;
- 4) qualità ambientale dei suoli.

Su questo quarto punto, nello specifico, si intende conoscere la capacità di trattenere carbonio, la capacità di filtraggio e di trasformazione, infine la biodiversità, a dimostrazione del ruolo della componente biologica nella struttura e funzione dei suoli e

nel ruolo sulla performance agro-ambientale. A tale riguardo è necessario fornire indicatori e indici capaci di individuare delle soglie limite al disotto delle quali le perturbazioni possono incidere sulla funzionalità dei suoli (Francaviglia and Parris, 2003).

Sempre l'Agencia Europea per l'Ambiente (2005), ha fissato i criteri per la scelta degli indicatori: rilevanza politica, facilmente interpretabili, validità analitica, misurabilità, facile interpretazione e costi contenuti.

Un principio generale è rappresentato dalla scelta di un numero minimo di indicatori (minimum data set – MSD), che si fonda sulla necessità di interpretare un sistema complesso contenendo i costi di valutazione. Anche perché la corretta valutazione degli indicatori e/o indici attualmente disponibili è indissolubilmente legata ad un continuo monitoraggio, poiché la definizione di qualità e/o salute dei suoli è influenzata dalla variabilità temporale delle azioni perturbatrici.

Definire la qualità dei suoli in un sistema complesso, come quello agro-ambientale, inevitabilmente coinvolge numerosi parametri, per questo motivo molti indicatori hanno una struttura integrata. Ad esempio Parr e colleghi (1992), hanno proposto un indicatore che considera diversi parametri:

$$SQ = f ( SP, P, E, H, ER, BD, FQ, MI)$$

dove SP sono le proprietà dei suoli, P è la produttività potenziale, E sono i fattori ambientali, H la salute umana e degli animali, ER l'erosione dei suoli, BD la diversità biologica, FQ qualità e sicurezza del cibo e MI l'inputs associati alle tecniche di gestione.

Analogamente Doran e Parkin (1994) hanno proposto un indice di qualità dei suoli basato sulla performance in gardo di fornire una valutazione integrata della sostenibilità della produzione, della qualità ambientale e del benessere umano e animale. Il loro indice è:

$$SQ = f (SQE1, SQE2, SQE3, SQE4, SQE5, SQE6)$$

dove SQE1 rappresenta la produzione, SQE2 l'erosività, SQE3 la qualità delle acque di falda, SQE4 la qualità delle acque superficiali, SQE5 la qualità dell'aria, SQE6 la qualità del cibo. Questo indice, a differenza di quello proposto da Parr e colleghi non contempla la diversità biologica del suolo, integrando questa informazione nella produttività delle coltivazioni, limitando quindi il ruolo della comunità biologia a

sostegno della fertilità.

Più di recente l'agenzia ISPRA, per conto EU, ha proposto un indicatore di qualità dei suoli, in particolare per i suoli agricoli, basato su quattro sotto-indicatori:

- indice di produttività (capacità del suolo a produrre biomassa)
- velocità di risposta al fertilizzante (rapporto tra variazione degli inputs/incremento della produttività)
- indice di stabilità di produzione (la risposta del suolo alle variazioni climatiche)
- indice di qualità ambientale del suolo (esprime gli aspetti di qualità ambientale del suolo).

Anche questo approccio dell'ISPRA integra la comunità biologica del suolo su aspetti più generali (produttività, qualità ambientale).

### **1.3 Politiche di protezione dei suoli**

La necessità di individuare dei parametri affidabili per valutare e definire la qualità dei suoli va quindi oltre la dialettica scientifica ma interessa le posizioni dei legislatori per provvedere con politiche di protezione a causa del fondamentale ruolo svolto dai suoli.

In ambito europeo si è cominciato molto tardi, solo a partire dal 2006 la politica europea ha posto nella propria agenda la necessità di sviluppare strategie di protezione dei suoli. Questo passo è rappresentato dalla “*Soil Thematic Strategy*” (COM(2006)231, [http://ec.europa.eu/environment/soil/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/soil/index_en.htm)), che riconosce la necessità di proteggere una risorsa essenziale ed irripetibile per le fondamentali funzioni che svolge. L'obiettivo della strategia è quello di proteggere il suolo consentendone un uso sostenibile, attraverso la prevenzione di un'ulteriore degradazione, la tutela delle funzioni del suolo e il ripristino dei suoli degradati. La strategia riconosce inoltre il ruolo multifunzionale della comunità biologica ed incoraggia la ricerca per fornire strumenti a sostegno delle politiche di protezione.

La Commissione ha pubblicato una serie di atlanti del suolo, fra cui l'Atlante europeo dei suoli e l'Atlante europeo della biodiversità dei suoli, e ha istituito un gruppo di lavoro sulla sensibilizzazione e sull'istruzione nel contesto della rete degli uffici europei del suolo (European Soil Bureau Network, ESBN). Gli Atlanti, pur rappresentando il

primo grande sforzo finalizzato alla stesura di un data-base delle specie viventi nel suolo, non contemplano la diversità microbica.

#### **1.4 Indicatori biologici per la valutazione della qualità dei suoli**

Il già citato Parr et al (1992) nel loro indicatore agro-ambientale considerano la diversità biologica come uno dei parametri in grado di stimare la performance agronomica ed ambientale dei suoli. Anche la Food and Agriculture Organization (FAO) incoraggia a considerare un continuo monitoraggio della biodiversità dei suoli attraverso lo sviluppo di una iniziativa internazionale sulla conservazione, ed uso sostenibile della biodiversità dei suoli (COP6 Decision VI/5). Tale necessità non è solo associata alla valutazione della qualità dei suoli ma anche per colmare delle lacune sull'argomento.

Gli indicatori della qualità dei suoli sono solitamente rappresentati da attributi desunti dalle caratteristiche stesse del suolo in grado di rappresentare, con differenti livelli di approssimazione, sia lo stato del suolo sia i suoi continui cambiamenti. Poiché la struttura e le funzioni dei suoli dipendono dall'interazione degli aspetti chimico-fisici e biologici, gli indicatori devono essere parametri legati a tali aspetti e l'interpretazione deve tener conto di una valutazione integrata dei parametri misurati (Papendick e Parr, 1992; García et al, 1994; Halvorson et al., 1996). Nello studio di un suolo, possono essere usati indicatori sia di tipo abiotico che biotico. I primi indicano le modifiche chimico-fisiche causate nel breve e lungo termine dalle perturbazioni e sono solitamente dati ausiliari agli indicatori di tipo biotico. Gli indicatori biologici rappresentano la componente funzionale del sistema suolo. Il metabolismo edafico rappresenta il migliore indicatore di funzionamento di un suolo essendo coinvolto nei processi di degradazione e mineralizzazione della sostanza organica. I primi approcci di studio del suolo tendevano a valutare la qualità dei suoli in maniera riduzionistica, che consisteva nella misurazione di un set indipendente di proprietà del suolo, talora fisiche, talora chimiche o biologiche (Kibblewhite et al., 2008). Per fornire un quadro completo di qualità del suolo, l'approccio oggi, è quello di individuare e valutare l'insieme degli indicatori chimici, fisici e biologici (Frankenberger e Dick, 1983; Nannipieri et al., 1990; Dick, 1994; Gelsomino et al., 2006). Molto spesso questo determina costi e lavoro di esercizio notevoli. Sia per gli indicatori chimico-fisici che per i bioindicatori

del suolo ci sono criteri di scelta (Brookes, 1995) che si basano principalmente sulla facilità ed accuratezza della misurazione in tipologie e condizioni diverse di suolo. Altri criteri di scelta si rifanno alla sensibilità nei confronti dell'eventuale perturbazione, l'affidabilità per evitare falsi positivi e l'economicità dell'uso dell'indicatore scelto. La tendenza è quindi quella di individuare indicatori che siano semplificativi e rappresentativi. Sebbene le tipologie di indicatori biologici e le metodiche di misura siano ancora argomento di discussione per la comunità scientifica (Schloter *et al.*, 2003). Poiché la quasi totalità dei processi metabolici del suolo sono realizzati dalla componente microbica (Morin e McGrady - Steed 2004; Campana *et al.*, 2005 Verde e Bohannan, 2006; Wardle e Ghani 1995), gli indicatori biotici del suolo maggiormente utilizzati sono: la biomassa microbica, il quoziente metabolico, la respirazione microbica, la diversità catabolica, il quoziente metabolico, l'attività enzimatica. Valutare la qualità del suolo attraverso indicatori biologici significa andare a valutare i microrganismi che nella loro quantità (biomassa) e varietà (biodiversità) garantiscono il funzionamento del sistema suolo.

I parametri microbici hanno il potenziale per essere utilizzati come indicatori diagnostici di qualità del suolo (Kennedy e Smith, 1995; Sparling del 1997, Anderson 2003; Bending *et al* 2004), anche se molti problemi concettuali e metodologici devono essere ancora risolti. Il principale problema è associato al fatto che per i microrganismi del suolo risulta estremamente difficile utilizzare il classico approccio tassonomico per definire e quantificare la loro diversità, sia genetica che metabolica. L'approccio di studio dell'ecologia microbica dei suoli ha subito negli anni un'evoluzione definita dalla complessità delle indagini e dallo sviluppo delle tecnologie di analisi. Negli anni '60 dello scorso secolo l'approccio era quello della microbiologia classica con studi che si concentravano sulle colture di singole specie (quelle coltivabili) senza però preoccuparsi di evidenziare le interazioni con l'ambiente e gli altri microrganismi. Negli anni '80 si è osservato un ulteriore approccio che andava oltre quello tassonomico che teneva conto anche della densità, della diversità e dell'attività della comunità microbica. Negli anni '90 si è sviluppato un approccio molecolare in grado di valutare la funzione (attività enzimatiche) e la struttura (acidi nucleici o altri marcatori molecolari).

## 1.5 Biomassa microbica

La biomassa microbica rappresenta la parte vivente della materia organica del suolo, escludendo le radici delle piante e la pedofauna (Jenkinson and Ladd, 1981). Essa è costituita da batteri, funghi, attinomiceti, alghe, protozoi e, pur rappresentando circa un quarto della biomassa totale nel suolo (Pankhurst *et al.*, 1996), svolge il ruolo metabolico più importante. Alcuni autori (Salinas-Garcia *et al.*, 1997) ritengono che il migliore indicatore della qualità del suolo sia la trasformazione quali-quantitativa della sostanza organica, per questo motivo la biomassa microbica è stato considerato per lungo tempo come il più importante e sensibile bioindicatore della qualità del suolo. La risposta della componente microbica e quindi della sua biomassa è strettamente legata alle azioni che agiscono sul suolo, tra le quali il tipo di gestione agronomica. A causa della sua natura dinamica (ha un turnover più veloce rispetto alla sostanza organica del suolo propriamente detta ed è reattiva alle variazioni dei fattori ambientali e antropici) la biomassa microbica è considerata come un indicatore particolarmente sensibile agli effetti dei diversi parametri ambientali (Rice *et al.*, 1996). Jenkinson (1988) ha riferito che la biomassa microbica indica sensibile modifiche a causa della gestione del suolo, molto prima che altre misure, come il Corg o Ntot del suolo (Powlson *et al.*, 1987). Tuttavia, le stime di biomassa microbica non sempre soddisfano questa aspettativa come indicatore di cambiamenti ambientali. Cambiamenti forti nella struttura della comunità microbica sono stati osservati senza variazioni di biomassa microbica e l'attività (Fließbach e Mäder, 2004).

Per la valutazione della biomassa microbica del suolo si sono susseguite nel tempo diverse metodiche che possono essere ricondotte a due categorie: metodi diretti ed indiretti.

I metodi indiretti sono quelli più diffusi (Martens, 1995) anche se non consentono di ottenere una distinzione dei diversi gruppi tassonomici che costituiscono la biomassa microbica. I metodi più utilizzati in letteratura sono quelli della fumigazione-incubazione (FI), (Jenkinson and Ladd, 1981), fumigazione-estrazione (FE), (Vance *et al.*, 1987; Joergensen and Brookes, 1990) e respirazione indotta da substrato (SIR) (Anderson and Domsch, 1978; Sparlig, 1997). Il metodo FI si basa sull'assunto che in un suolo fumigato con cloroformio (un biocida), la biomassa dei microrganismi uccisi,

forniti mediante inoculo, può fungere da substrato per i microrganismi vivi portando così ad un aumento dell'attività respiratoria, valutata come CO<sub>2</sub> liberata. Dunque, la biomassa sarà calcolata per differenza tra il carbonio della CO<sub>2</sub> emessa dal suolo fumigato e il carbonio della CO<sub>2</sub> emessa dal suolo non sottoposto a fumigazione. Questa metodica risente di notevoli incertezze sperimentali nella fase di pesata dei campioni di suolo e dell'inoculo e nella fase di determinazione della CO<sub>2</sub>, sia che essa avviene per titolazione che per determinazione gas-cromatografica. Piccoli errori possono condurre a sottovalutare o al contrario sopravvalutare i valori di biomassa ottenuti.

Il metodo FE si basa sulla determinazione del contenuto di carbonio organico in estratti di suolo (fumigato e non fumigato) per ossidazione della sostanza organica. Anche questa metodica contiene gli stessi problemi analitici evidenziati per la FI che può portare spesso a errori di determinazione.

Il metodo della SIR si basa sull'assunto che suoli diversi, messi nelle stesse condizioni di umidità e temperatura ed arricchiti con una stessa quantità di substrato organico (prontamente mineralizzabile), raggiungono il massimo tasso di attività respiratoria. I substrati aggiunti consistono in ammine, amminoacidi, carboidrati, acidi carbossilici.

I metodi diretti sono quelli con cui i microrganismi del suolo possono essere osservati direttamente al microscopio dopo colorazione (Bloem *et al.*, 1995; Bölter *et al.*, 2006).

Il metodo della determinazione degli acidi grassi dei fosfolipidi (PLFAs) presenti nella membrana cellulare è un metodo diretto alternativo al conteggio al microscopio che fornisce informazioni sulla composizione delle comunità microbiche, consentendo di caratterizzarle dal punto di vista strutturale, raggruppando gli organismi in base alla composizione in acidi grassi dei fosfolipidi (PLFAs) presenti nella membrana cellulare (Petersen *et al.*, 1991; Zelles, 1999; Zhang *et al.*, 2008).

I parametri che rappresentano, direttamente o indirettamente, la biomassa microbica edafica sono: Carbonio della biomassa microbica, Carbonio della biomassa/TOC, la respirazione del suolo e qCO<sub>2</sub>.

## 1.6 Carbonio della biomassa microbica

Tale indicatore ritrae il carbonio contenuto all'interno delle strutture cellulari microbiche che funge da sensore dei cambiamenti delle pratiche di gestione agricola (Pinzari et al., 2000). Il metodo di determinazione è la fumigazione-estrazione (Vance et al., 1987), attraverso il quale si giunge a calcolare la quantità (in peso) di carbonio per unità di peso di suolo. L'unità di misura è mg C/kg suolo.

## 1.7 Cmic/Corg

Questo indice eco-fisiologico rappresenta il rapporto tra il C della biomassa microbica e il C organico totale (TOC) (Anderson and Domsch, 1990) ed è un indicatore adimensionale in quanto serve a definire l'equilibrio del carbonio microbio sul C totale (Brookes, 1995). Esso fornisce una stima della densità microbica nel suolo ed è stato proposto come un indice più sensibile ai cambiamenti di C organico totale rispetto alla biomassa microbica di un suolo, in quanto quest'ultima risponde più rapidamente ai cambiamenti di materia organica (Powlson and Jenkinson, 1981) e per confrontare suoli con diverse frazioni di materia organica (Sparling *et al.*, 1997). Un basso rapporto Cmic/Corg indica una ridotta disponibilità di materia organica per i microrganismi del suolo (Joergensen and Castillo, 2001; Klose *et al.*, 2004). Tale rapporto è apparso sensibile allo stato nutrizionale dei suoli, alle forme di gestione del suolo e ai fattori climatici (Insam *et al.*, 1989). Il carbonio microbico viene calcolato col metodo della fumigazione-estrazione mentre per la TOC il metodo ufficiale di determinazione è quello di Springer e Klee (1954). I valori di questo indicatore dovrebbero oscillare tra 1 e 4 (Jenkinson e Ladd, 1981). Un suolo con valore inferiore a 1 si trova in una situazione di stress o di alterazione.

## 1.8 Respirazione del suolo

Il principale prodotto del catabolismo dei microrganismi del suolo è rappresentato dalla CO<sub>2</sub>, che deriva dall'ossidazione della fonte primaria di energia per questi organismi, vale a dire la sostanza organica. L'indicatore ottenuto misurando la respirazione del suolo è una stima quantitativa della CO<sub>2</sub> prodotta dal processo di ossidazione della sostanza organica, ad opera della popolazione microbica. Valutare la produzione di CO<sub>2</sub> equivale a valutare l'attività microbica totale, cioè la loro capacità di decomporre la sostanza organica del suolo (Sparling, 1997). In media la microflora può essere responsabile del 71% dell'evoluzione di CO<sub>2</sub> totale dal suolo (Parker and Dopxtader, 1983).

La respirazione del suolo è stata storicamente considerata come un utile parametro per valutare l'influenza delle variazioni delle condizioni ambientali sui processi di ossidazione della sostanza organica (Nannipieri *et al.*, 1990) tuttavia il contributo della microflora dei suoli alla produzione di CO<sub>2</sub> può essere estremamente variabile, poiché dipende da molteplici fattori che vanno dalla quantità e qualità della sostanza organica, dalle caratteristiche chimiche e fisiche del suolo che influenzano l'attività microbica e da eventuali fattori perturbanti. L'immensa variabilità di risposta di questo parametro al variare dei fattori ambientali pertanto ne rende difficile l'interpretazione (Brookes, 1995). Per questo motivo il singolo parametro non può essere considerato come un indicatore efficace, ma è necessario associarlo ad altri parametri come la biomassa microbica e ad una descrizione quali-quantitativa della sostanza organica. Inoltre la determinazione della respirazione microbica (può essere effettuata sia in campo che in laboratorio) presenta diversi e complessi problemi metodologici che possono condurre a gravi errori sul dato di uscita. Nelle misure in pieno campo, le tecniche che si sono consolidate negli ultimi anni (metodiche di accumulo in camere, tecniche di correlazione turbolenta) non consentono di discriminare tra la CO<sub>2</sub> evoluta dalle radici e quella evoluta dalla flora edafica

Il problema si può risolvere mediante sofisticate e costose tecniche di discriminazione isotopica. L'approccio classico di stima potenziale della respirazione in laboratorio in condizioni controllate di temperatura e umidità non limitanti per i microrganismi, respirazione basale, resta ancora la metodica più utilizzata (Anderson and Domsch,

1990). La determinazione della produzione di CO<sub>2</sub> può essere effettuata in laboratorio con tecniche semplici e poco costose sulla base di trappole alcaline di CO<sub>2</sub> seguite da titolazione chimica (dopo incubazione del suolo per un certo tempo in presenza di una soluzione di potassio idrossido oppure di sodio idrossido) o da più sofisticati strumenti automatici basati su conducibilità elettrica, gas cromatografia o spettroscopia infrarossa (Alef, 1995). L'affidabilità del metodo per la determinazione della respirazione basale si ottiene con tecniche di campionamento in grado di rappresentare la variabilità spaziale ed anche temporale del fenomeno.

Partendo dal valore di respirazione del suolo, si possono calcolare interessanti indici del metabolismo microbico quali: il quoziente metabolico (qCO<sub>2</sub>) e il coefficiente di mineralizzazione endogena.

## 1.9 Quoziente metabolico (qCO<sub>2</sub>)

Sulla base dei limiti precedentemente descritti sull'utilizzo della respirazione del suolo come indice del metabolismo della comunità edafica, sono stati sviluppati indicatori che meglio restituiscono informazioni sulla capacità metabolica della comunità microbica. Il quoziente metabolico è un indice in grado di fornire valide informazioni sul metabolismo della comunità microbica riferendo la respirazione di un suolo su unità di carbonio dalla biomassa microbica e per unità di tempo espresso come (mg CO<sub>2</sub> /mg C biomassa microbica \* g suolo)/h (Anderson e Domsch, 1985, 1993). In particolare, il qCO<sub>2</sub> riflette la richiesta di energia necessaria ai microbi del suolo per il mantenimento dei processi metabolici (Anderson, 2003) e può rappresentare una misura dell'efficienza metabolica della comunità microbica nell'utilizzare la risorsa organica. L'indice è stato concepito sulla base della teoria di Odum (1969) nel suo "*The Strategy of Ecosystem Development*", sulla strategia di sviluppo degli ecosistemi, che afferma il raggiungimento di uno stato stazionario negli ecosistemi maturi.

Secondo Odum (1969) il tasso di respirazione in un ecosistema si riduce con l'evolversi verso stadi più maturi. La ridotta efficienza di ottimizzazione delle risorse disponibili ed una maggiore pressione selettiva favoriscono gli individui che sfruttano meglio le risorse. Questo concetto viene espresso nel qCO<sub>2</sub>. Sulla base di questo principio il quoziente metabolico (CO<sub>2</sub>/Cmic) dovrebbe avere valori alti nei sistemi giovani e

raggiungere valori progressivamente più bassi in sistemi maturi. Un aumento di questo indicatore è indice di situazioni di stress o perturbazioni, mentre una sua diminuzione indica massimizzazione del rendimento delle risorse da parte dei microrganismi. Questo indicatore è quindi un “campanello d’allarme” della degradazione microbica del suolo (Brookes, 1986). Tuttavia la difficoltà nel descrivere le differenze nel  $qCO_2$  ai vari disturbi e stress limita l’utilizzo di tale indicatore come un indicatore diagnostico della qualità del suolo, esso ha tuttavia un grande potenziale quando è usato insieme ad altri parametri microbici biochimici.

### **1.10 Indicatori di diversità strutturale e funzionale**

Il ruolo metabolico preponderante svolto dalla comunità microbica del suolo è garantito dalla diversità genetica e metabolica che caratterizza questa componente (Giller *et al.*, 1997). Questa enorme diversità rende difficile l’utilizzo della comunità microbica come indicatore di qualità del suolo. Tuttavia le conoscenze sulla diversità dei microrganismi edafici e sulle sue molteplici e complesse relazioni con le funzioni del suolo sono tuttora complicate da consistenti limitazioni metodologiche. Questa carenza di informazioni è dovuta principalmente alla difficoltà tecniche nella determinazione della diversità dei microrganismi del suolo ed alla mancanza di tecniche per valutare il contributo delle differenti componenti della comunità microbica del suolo (Pankhurst *et al.*, 1996).

### **1.11 Diversità strutturale microbica**

Le tecniche di microbiologia tradizionali finalizzate alla valutazione dei batteri coltivabili, da sempre hanno manifestato grossi limiti a causa della laboriosità delle procedure e del limitato numero di organismi coltivabili in condizioni di laboratorio che rappresentano soltanto una piccola frazione (0,1–1%) di quelli viventi presenti nel suolo (Torsvik and Øvreås, 2002; Zhang *et al.*, 2008) per cui è facile avere una sottostima della diversità. Queste tecniche sono più attendibili sull’individuazione di gruppi funzionali (nitrificanti, denitrificanti, ammonificanti, desulfuranti, etc.), questo

approccio ha comunque uno scarso interesse al fine di individuare gli effetti sull'intera comunità microbica del suolo. Un approccio che si è sviluppato a cavallo tra gli anni '80 e '90 del secolo scorso, tendeva a considerare il suolo come un unico pool metabolico, la cui eterogeneità metabolica era comunque una conseguenza della diversità genetica della comunità, tale approccio consisteva nella valutazione delle diverse attività enzimatiche del suolo (Nannipieri *et al.*, 2003). Ha fatto poi seguito un approccio bio-molecolare che forniva indicazioni generali sulla diversità strutturale microbica del pool microbico del suolo (Johnsen *et al.*, 2001). Tutti questi approcci sono stati utilizzati dalla letteratura per valutare la composizione delle comunità microbica in seguito ad uno stress o in seguito a cambiamenti nella gestione del suolo, oltre che fornire informazioni sui cambiamenti delle popolazioni dominanti (Øvreås *et al.*, 1998; Smalla *et al.*, 2000).

Un metodo di identificazione tassonomica dei microrganismi del suolo è costituito dall'analisi elettroforetica su gradiente di gel denaturante (DGGE) di DNA estratto dal suolo, purificato ed amplificato. Tale tecnica è basata sul principio che frammenti di DNA della stessa lunghezza, ma con differente sequenza, si separano sulla base del loro punto di identificazione (Heuer and Smalla, 1997) e formano una tipica impronta di DNA, che caratterizza la composizione microbica del suolo. Questa metodica è limitata dalle tecniche di estrazione del DNA dal suolo, che può condurre ad una sottostima per taluni suoli.

Altri metodi di analisi si basano sulla diversità strutturale della comunità microbica e sono basati sull'estrazione e la determinazione cromatografica dei profili degli acidi grassi presenti nel suolo (Frostegard *et al.*, 1993). Tale metodica si basa sulla possibilità di estrarre totalmente la frazione di acidi grassi dal suolo (PFLA) e parte dall'assunto che questi sono associati a cellule di microrganismi viventi; infatti quando le cellule muoiono gli acidi grassi rilasciati nel suolo sono rapidamente decomposti (Tate R.L., 1995). Inoltre la distribuzione degli acidi grassi nelle cellule differisce tra gruppi di microrganismi e quindi è utilizzabile come indicatore dei cambiamenti di diversità dei microrganismi.

## 1.12 Misure di attività enzimatiche del suolo

L'attività enzimatica del suolo può essere utilizzata come un altro indice di diversità funzionale microbica (Nannipieri et al. 2002), essa è stata suggerita come potenziale indicatore sensibile nel rivelare cambiamenti della qualità del suolo a causa della gestione del suolo e per il monitoraggio dell'attività dei microrganismi legato alla trasformazione dei nutrienti del suolo (Dick 1994 Yang et al., 2008). Questa tecnica è basata sull'enzimologia del suolo, in quanto una larga porzione degli enzimi del suolo sono di origine biologica (extra ed intracellulari). Gli enzimi del suolo possono essere interni alla cellula microbica ed in tal caso si parla di *enzimi intracellulari* (es la deidrogenasi, glucosidasi) oppure possono *essere extracellulari*, sia per la loro natura (ad esempio enzimi ligninolitici, cellulolici) o perché enzimi intracellulari che derivano dalla lisi delle cellule morte e sono situati nella fase acquosa del terreno o stabilizzati dai colloidali organici e minerali. Gli enzimi nel suolo hanno dei tempi di reazione rapidi, rappresentano quindi indicatori dei cambiamenti nella qualità del suolo. Disturbi dell'attività microbica del suolo, come mostrato dai cambiamenti nei livelli degli enzimi metabolici, possono servire come una stima di disturbo dell'ecosistema. Le attività enzimatiche misurate dipendono dal contributo sia delle attività enzimatiche extracellulari che intracellulari, tuttavia si ritiene che solo le attività enzimatiche strettamente intracellulari possono veramente riflettere l'attività microbica, perché il contributo degli enzimi extracellulari rilasciati dalle cellule microbiche attive è trascurabile, anzi, questi enzimi sono di breve durata perché sono degradate dalle proteasi a meno che non siano adsorbiti da argille o immobilizzati dalle molecole umiche (Burns, 1982).

Numerose sono le attività enzimatiche considerate quali:  $\beta$ -glucosidasi, enzima coinvolto nel ciclo del C (Bol et al., 2003; Dilly et al., 2003b); deidrogenasi, considerata un indicatore del sistema redox microbico e della attività ossidativa del suolo (Trevors, 1984); ureasi (enzima che catalizza l'idrolisi di urea); fosfomonoesterasi (una idrolasi) considerata un buon indice della qualità e della quantità di materia organica presente nel suolo (Mullen et al, 1998; Bergstrom et al, 2000); invertasi, enzima coinvolto nel ciclo del C in quanto catalizza l'idrolisi del saccarosio, quindi, testare l'attività di invertasi del suolo può essere utile per valutare la capacità del suolo di decomposizione di composti

organici complessi in subunità assimilabili da microrganismi o piante. Altri enzimi studiati sono proteasi; BN-acetil-glucosamidase (Dilly e Nannipieri, 2001; Bol et al., 2003); amidasi, acido fosfatasi; arilsulfatasi (Dilly e Nannipieri, 2001; Dedourge et al., 2003; Klose e Ajwa, 2004; Lorenz e Kandeler, 2005); cellulasi; fosfatasi acida (Baum et al., 2003; Bol et al., 2003, Klose e Ajwa, 2004). Queste attività vengono calcolate con semplici procedure che si basano sulla valutazione dei tassi di trasformazione di substrati specifici aggiunti a campioni di suolo (Dick *et al.*, 1996).

Molti sostengono che sia sbagliato e limitante utilizzare una singola attività enzimatica, come indicatore della qualità del suolo (Skujins (1978), Nannipieri et al., 1990; Nannipieri 1994; Cepeda et al., 2000). Infatti l'uso di questi semplici indici di qualità del suolo presenta le stesse limitazioni dell'uso di singole proprietà biochimiche come l'assenza di livelli di riferimento, di comportamento coerente negli esperimenti di diversi autori, e la mancanza di criteri obiettivi che relazionino una variazione nell'indice considerato con la modifica di un dato processo che si verifica nel suolo. La necessità di misurare le attività di un gran numero di enzimi e di combinare queste attività misurate in un unico indice è stato sottolineato per fornire informazioni sull'attività microbica nel suolo (Nannipieri et al., 2002). La maggior parte dei saggi utilizzati per determinare attività microbiologiche nel suolo presentano lo stesso problema: la misura del potenziale piuttosto che le attività reali (Burns, 1982; Nannipieri et al., 1990) non distinguono il contributo da enzimi extracellulari ed intracellulare, stabilizzano le attività enzimatiche, e quindi non danno valide informazioni sulla distribuzione e importanza comparativa delle reazioni mediate da microbi (Nannipieri et al., 2002).

### **1.13 Diversità funzionale microbica**

Altri approcci abbandonano l'approccio tassonomico classico per valutare la diversità in termini di "ricchezza metabolica". Le tecniche più utilizzate sono basate sullo studio dei profili metabolici della comunità microbica del suolo. Il metodo Biolog Inc., proposto da Degens *et al.*, (2000), è una tecnica rapida e semplice ed è adatta a misurare la diversità funzionale microbica nel suolo attraverso l'utilizzo di substrati carboniosi di diversa natura (Insam and Rangger, 1997). Il sistema utilizza micropiastre con 96

pozzetti, di cui 95 contenenti differenti substrati carboniosi e sali di tetrazolio ed uno controllo, privo di substrato (Garland and Mills, 1991). L'attività catabolica dei microrganismi, in risposta allo specifico substrato, è messa in evidenza dallo sviluppo di una colorazione, ottenendo un'impronta qualitativa della capacità funzionale di un suolo. Tuttavia esso è un metodo coltura-dipendente e quindi i risultati ottenuti potrebbero non riflettere la reale struttura funzionale della comunità edafica.

La diversità di una comunità è espressa come la ricchezza di specie e contributo relativo di ciascuna specie relativamente al numero totale dei microrganismi presenti, ed è spesso descritta in letteratura dall'indice di Shannon-Weaver ( $H'$ ) (Shannon *et al.*, 1949). Esso è un indice che viene comunemente usato per caratterizzare la diversità di specie in una comunità e prende in considerazione sia l'abbondanza che l'uniformità delle specie presenti ed è molto utilizzato per confrontare la diversità tra vari habitat (Clarke and Warwick, 2001). L'indice viene calcolato secondo la seguente equazione (2):

$$H = -\sum_i P_i \log P_i \quad (1)$$

dove:

- $p$  è la proporzione di individui trovati nella specie  $i$ . Nel campione, il vero valore di  $P_i$  (probabilità di importanza di ciascuna specie) è sconosciuta, ma si stima attraverso il rapporto  $N_i / N$ ,
- $N_i$  è la dimensione di ciascuna specie (numero di individui della specie, la biomassa)
- $N$  è la dimensione totale della comunità. Le unità per l'indice dipendono dal registro utilizzato.

A parità di numero di specie, il valore dell'indice cresce al crescere dell'eterogeneità; a parità di eterogeneità cresce al crescere del numero di specie. Tale indice, usato in statistica nel caso di popolazione con numero infinito di elementi, è basato sulla teoria dell'informazione. Con tale indice si assume che gli individui sono campionati a caso, fuori di una comunità e che tutte le specie sono rappresentate nel campione.

Per ovviare agli svantaggi che comporta tale metodo, Degens and Harris (1997, 2000) hanno proposto la misura di un pattern in situ del potenziale catabolico delle comunità microbiche utilizzando la variazione nelle risposte (uniformità) della respirazione a breve termine (respirazione indotta da substrato, SIR) dei suoli all'aggiunta di substrati semplici (amminoacidi, acidi carbossilici, carboidrati e polimeri organici) al suolo, consentendo di ottenere l'impronta catabolica del suolo. Tale metodo fornisce informazioni sulla stabilità delle comunità microbiche edafiche in funzione dei fattori di stress o disturbo. Esso si basa sul principio che differenti specie hanno diverse capacità nell'utilizzare le risorse trofiche e permette la determinazione della diversità catabolica sia in termini di uniformità catabolica che di ricchezza (frazione attiva della comunità microbica del suolo), che è una misura del numero di substrati ossidati a CO<sub>2</sub>.

-

#### **1.14 Diffusione ed utilizzo su scala globale dei fertilizzanti azotati minerali**

Nei sistemi agricoli intensivi la concimazione azotata minerale ha il compito di assicurare che le colture trovino nel suolo una quantità di azoto sufficiente per l'accrescimento. L'azoto è uno dei più importanti fattori della produzione agraria poiché è un macro-nutriente essenziale per la crescita delle piante. L'azoto è un componente importante di diversi composti strutturali, genetici e metabolici nelle cellule vegetali quali proteine, acidi nucleici e dei composti coinvolti nel trasferimento di energia quali l'ATP. L'azoto viene prelevato dalle radici delle piante principalmente come ione nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ed anche come ione ammonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

A partire dal 18° secolo prende inizio la così detta industria dei fertilizzanti, prima in Europa e successivamente nel resto del mondo. Questa industria si è generata dalla necessità di garantire alte rese produttive nel settore agricolo (green revolution) in concomitanza dello sviluppo delle attività estrattive, delle tecnologie di trasformazione chimica (processo di Haber-Bosch) e dell'industria dei trasporti.

Un'idea del potenziale impatto ambientale dell'uso globale dell'azoto minerale è fornito dal dato secondo il quale oggi più di 1,5 miliardi di ettari, circa il 12 % delle terre emerse del mondo, sono utilizzati per la produzione di colture (FAO, 2013). Si prevede

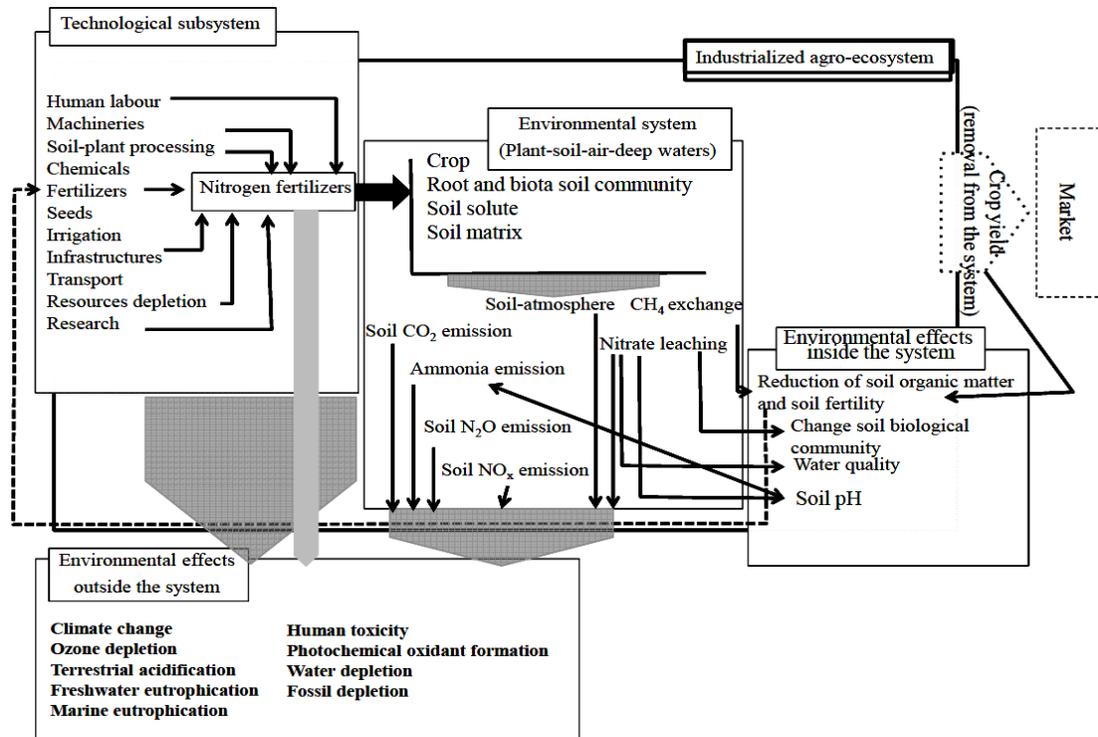
che la popolazione mondiale raggiungerà 11 miliardi di individui entro il 2100, tale crescita richiederà un aumento della domanda di cibo, con conseguente aumento dell'uso di fertilizzanti azotati in agricoltura (Tilman *et al.*, 2001, 2002).

Attualmente nel mondo si producono più di 110 milioni di tonnellate annue di fertilizzanti azotati, due terzi dei quali sono utilizzati nei paesi in via di sviluppo (Tab.1). Al contrario, nei paesi sviluppati si registra un trend negativo nel consumo di fertilizzanti azotati di sintesi (Tab.1). Questa tendenza deriva da una maggiore e diffusa consapevolezza del danno ambientale associato all'uso dei fertilizzanti azotati di sintesi che ha comportato delle restrizioni di legge e lo sviluppo di tecniche alternative a minore impatto ambientale, quali l'uso dei residui organici.

**Tabella 1** - Consumo dei diversi fertilizzanti azotati per continente (media 2007-2011)  
Fonte: IFA, 2013.

Consumo (000 tonn)	Ammonio	Ammonio Nitrato	Ammonio Fosfato	Ammonio Solfato	Calcio Ammonio Nitrato	Urea	NPK	Azoto in soluzione
<b>Asia</b>	-	376.82	4626.00	1369.00	471.16	44786.26	4046.40	15.4
<b>Europa Centrale e Occidentale</b>	4.4	2049	212	321.4	2476.2	1620	1574.4	1161.8
<b>Africa</b>		598	152	94.2	134.2	1439.8	609.6	0.61
<b>America Latina</b>	44.8	605.4	655.4	813.6	68.4	3454.4	473	176.8
<b>Europa dell' Est</b>		1290	101.2	118.4	18.84	470.4	284.8	158.2
<b>Oceania</b>	32.2	11.4	180	97.6	3.96	782.2	66.8	101.4
<b>Nord America</b>	3691	282	782	365.8	17.54	3287	998.4	3244.8

I danni ambientali della fertilizzazione azotata di sintesi in agricoltura derivano dalla fase di produzione industriale e dall'applicazione in campo, con effetti sul suolo, sull'atmosfera e sul sistema idrico (acque di falda e acque di superficie) (Fig.1.1).



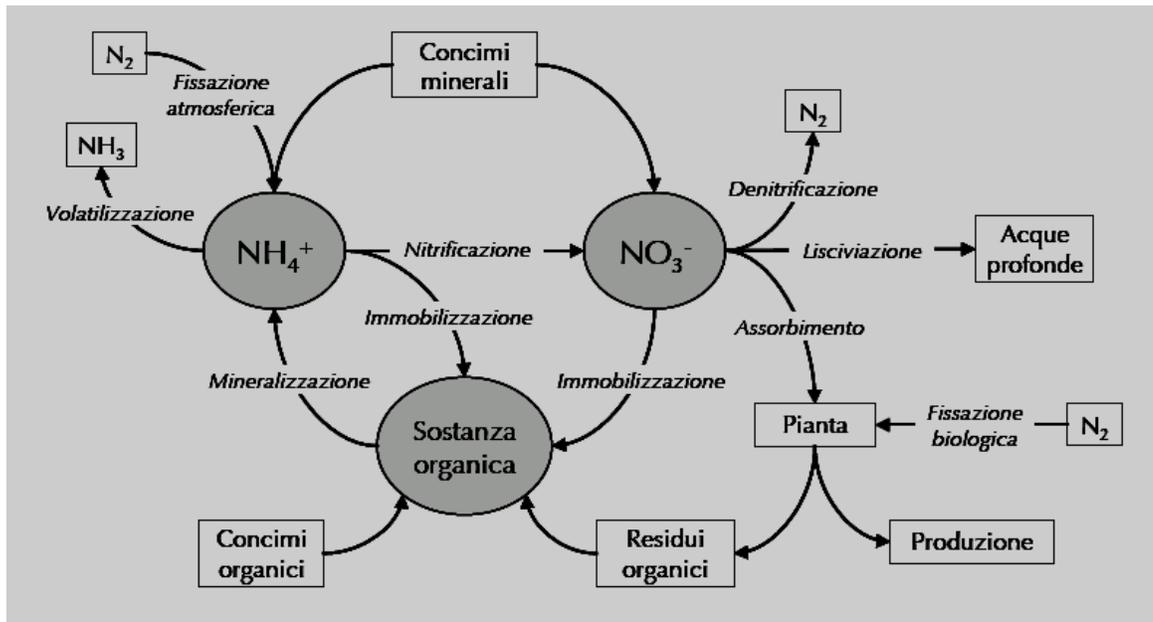
**Figura 1.1-** Carico ambientale della fertilizzazione azotata negli agro-ecosistemi come interazione tra il sistema tecnologico ed il sistema ambientale (da Spinelli et al., 2014)

### 1.15 Processi di trasformazione dell'azoto nel suolo

I processi di trasformazione dell'azoto nel suolo sono molto complessi a causa delle peculiarità chimiche dell'atomo (diversi stati di ossidazione) e del ruolo funzionale che questo elemento svolge per la componente biologica del suolo (radici e comunità edafica) poiché oltre a rappresentare un elemento fondamentale per molte molecole viene utilizzato nei processi di trasformazione energetica da molti microorganismi del suolo. Nel suolo l'azoto si trova sia in forma organica, sia in forma inorganica o minerale. La forma organica (-NH<sub>2</sub>) è costituita da tutti i composti organici contenenti azoto che si trovano all'interno del terreno. L'azoto minerale del terreno è costituito quasi esclusivamente dall'insieme dell'azoto presente sotto forma di ione nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (azoto nitrico), di ione ammonio NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (azoto ammoniacale) e in misura nettamente inferiore di ione nitrito NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (azoto nitroso). In forma organica l'azoto non è direttamente e immediatamente utilizzabile dalle piante. Nel tempo, attraverso il processo di mineralizzazione della sostanza organica, l'azoto organico viene progressivamente trasformato nelle forme inorganiche: come ione ammonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e ione nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e può essere assorbito dalle radici delle piante. L'azoto nitrico del terreno, oltre che dalle piante, viene fortemente richiesto da numerosi altri esseri viventi presenti nel suolo, che lo utilizzano per le loro necessità vitali, e alla fine per la formazione di humus (processo di immobilizzazione microbica o umificazione), diminuendone la quantità disponibile per le colture. Il contenuto di azoto totale dei terreni agrari, costituito dall'insieme delle forme organiche e inorganiche, varia ampiamente in dipendenza del loro contenuto di sostanza organica e quindi di tutte le condizioni intrinseche ed estrinseche al suolo che determinano la presenza della sostanza organica nel terreno. In un terreno agricolo, usualmente si ha una riduzione nell'arrivo al suolo di materiale organico e si assiste ad un declino del contenuto di carbonio organico nel suolo. La situazione è ulteriormente aggravata da altre perdite senza ritorno dell'azoto dal terreno, provocate ad esempio dalla volatilizzazione o dalla lisciviazione. La lisciviazione dell'azoto è un fenomeno ineludibile che si verifica anche in assenza di concimazione azotata in quanto un certo quantitativo di nitrati viene comunque prodotto, naturalmente, dalla mineralizzazione della sostanza organica e

dall'ossidazione dello ione ammonio. Tuttavia la quantità di concime azotato distribuita, l'epoca della distribuzione del fertilizzante e la forma chimica utilizzata rivestono un ruolo determinante sull'entità delle perdite di azoto.

D'altra parte, le precipitazioni atmosferiche e l'attività dei microrganismi azoto fissatori provoca il passaggio di una certa quantità di azoto dall'atmosfera al terreno, causando così un suo arricchimento di azoto che, almeno in parte, compensa le perdite (Figura 1.2).



**Figura 1.2-** Processi di trasformazione dell'azoto in suoli agricoli (tratto da Alessandro Masoni e Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema Università di Pisa e Laura Ercoli Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa).

### 1.16 Effetti della fertilizzazione azotata sul metabolismo biologico del suolo

Le conseguenze dell'applicazione dei fertilizzanti azotati sulla comunità microbica dei suoli sono molto complesse dal momento che la dinamica dell'azoto può essere influenzata da numerosi fattori: tipi di colture presenti e le pratiche di gestione agricola messe in atto (Amlinger et al., 2003); tipologia di suolo e sue proprietà; diversi fattori

climatici: precipitazioni, temperatura; umidità del suolo, tipologia di fertilizzante applicato (compost, ammendante organico, fertilizzante minerale ecc) e tempi di applicazione, diverse strategie di gestione ecc. Anche se numerosi studi hanno esaminato le risposte della comunità microbica alle aggiunte di N al suolo attraverso una vasta gamma di suoli o tipi di ecosistemi non è ancora ben chiaro se tali cambiamenti delle comunità microbica possono considerarsi attendibili e coerenti. Le informazioni disponibili sono contraddittorie e incerte circa l'influenza dei fertilizzanti azotati sulla biomassa microbica del suolo, sulla diversità microbica oltre che sulle specifiche attività microbiche come la produzione di enzimi extracellulari e tassi di mineralizzazione del carbonio organico (ad esempio, Sinsabaugh et al. 2005, Treseder 2008).

Diversi autori suggeriscono che l'aggiunta di azoto può alterare (aumento o diminuzione;) la biomassa, la diversità e la composizione delle comunità microbiche del suolo (Marschner et al., 2003; Allison et al., 2008; Campbell et al., 2010; Ramirez et al, 2010; Bates et al., 2011). In realtà è difficile determinare se i cambiamenti della comunità microbica sono una conseguenza diretta del supplemento di azoto ai suoli o sono un risultato indiretto dovuto alla comunità vegetale (Waldrop et al, 2004; Ramirez et al, 2010). Alcuni autori sono più propensi a considerare l'effetto indiretto sulle comunità microbiche per effetto della comunità vegetale e/o le quantità e i tipi di piante, gli ingressi di C ai terreni, riducendo i livelli di attività microbiche (Meier E Bowman, 2008). Altre ipotesi suggeriscono che l'azoto induce cambiamenti nella fisiologia microbica e/o nella composizione delle comunità microbiche che sono direttamente associate con l' aumentata disponibilità di azoto nel suolo. Per esempio, l'ipotesi dell'inibizione enzimatica, propone che le aggiunte di azoto inibiscono l'attività di quegli enzimi necessari per la decomposizione del carbonio recalcitrante riducendo in tal modo l'attività complessiva microbica (Nebbia, 1988. Gallo et al., 2004); quindi l'arricchimento di N può determinare una riduzione dell'attività microbica complessiva nella decomposizione di composti organici recalcitranti ed uno spostamento verso la decomposizione del C labile (Moorhead & Sinsabaugh, 2006; Craine et al, 2007). Questo spostamento potrebbe verificarsi a livello del singolo microbo e/o essere una conseguenza degli spostamenti delle abbondanze relative degli specifici taxa microbici.

Molteplici studi sono stati istituiti nella regione subtropicale della Cina data la sua rilevanza per l'agricoltura a causa della sua grande area e per la continua e crescente intensificazione. Il tasso medio di fertilizzanti in quest'area è aumentato da 730,5 kg ha<sup>-1</sup> anno nel 1982 a 1 532 kg ha<sup>-1</sup> anno nel 2002 (Zhang et al. 2007). Questi studi istituiti per migliorare la conoscenza dei cambiamenti nella struttura della comunità microbica del suolo e attività metabolica con diverse pratiche di fertilizzazione, hanno esaminato parametri microbici (diversità microbica funzionale, quoziente metabolico, attività dell'enzima invertasi) del suolo sotto vari trattamenti azotati, (Chu et al. 2007a; Chu et al. 2007b; Chu et al. 2008; Ge et al. 2008; Zheng et al. 2009; Wang et al. 2010), nonché della produttività del suolo ed emissioni di gas serra (Meng et al. 2005; Cai e Qin 2006; Ding et al. 2007). Tuttavia, le risposte non coerenti di questi indicatori lasciano incertezze sull' influenza della fertilizzazione sui parametri microbici in questa regione.

Sebbene molti studi indicano che la materia organica, la biomassa microbica, e la respirazione aumentino con l'input di fertilizzanti (Goyal et al., 1999; Hatch et al., 2000; Kanchikerimath and Singh 2001; Mastro et al., 2006; Li et al., 2007), sono anche riportati effetti contrastanti (Söderström et al., 1983; Nohrstedt et al. 1989; Thirukkumaran and Parkinson 2000; Belay et al. 2002) con risposte differenti in base al tipo di fertilizzante applicato. Forti riduzioni nell' attività microbiche del suolo sono stati documentate sia in campo, che in studi di laboratorio con l'entità della riduzione nella respirazione del suolo e biomassa microbica fortemente correlate alla durata e alla quantità di azoto aggiunto al suolo (Treseder, 2008; Janssens et al, 2010), e, indipendentemente dalla forma di N aggiunto (Ramirez et al., 2010a). Altri riportano che la biomassa ha mostrato un comportamento incostante in suoli con fertilizzazione inorganica (Singh e Singh, 1993; Ladd et al., 1999 L. Minget. et al., 2011; K. Wei-Dong, 2008)

Rispetto ai concimi organici, quelli ad elevato contenuto di azoto inorganico, spesso hanno modelli lenti e imprevedibili di rilascio di nutrienti (Gaskell e Smith, 2007). I fertilizzanti inorganici influenzano in modo diretto le rese dei raccolti, dato che i nutrienti contenuti in essi possono essere utilizzati direttamente dalle piante. Recensioni recenti suggeriscono che i fertilizzanti inorganici possono sopprimere la biomassa microbica (Knorr et al, 2005; Treseder, 2008; Lu et al, 2011) e ridurre la diversità

funzionale con variazioni che dipendono dalla quantità di fertilizzante applicata (D. Dalmonech et al., 2010). Altri suggeriscono che l'applicazione a lungo termine della fertilizzazione chimica non determina cambiamenti significativi nelle caratteristiche microbiche del suolo: biomassa microbica del suolo, diversità funzionale e ricchezza non mostrano differenze significative tra i differenti trattamenti fertilizzanti incluso il controllo (Kong Wei-Dong et al., 2008). La diversità in un suolo coltivato con grano e sottoposto a differenti fertilizzanti e regimi di pesticidi ha mostrato un trend simile per tutti i trattamenti (Martina S. Girvan et al. 2004). Di contro altri autori mostrano che la fertilizzazione chimica a lungo termine, aumenta la diversità della comunità batterica del suolo ed ha significative influenze sulla struttura della comunità batterica (WEI Dan et al. 2008 LIU Ming et al. 2011). Irit Lahav (Lavian), Yosef Steinberger 2001), hanno riscontrato una diversità batterica maggiore in un suolo agricolo con alto input di trattamenti( fertilizzato, irrigato, e uso di pesticidi) evidenziando valori più alti nella fase post-raccolto.

Di fatto la crescita , l'attività e composizione della comunità microbica del suolo sono influenzate da una innumerevole varietà di fattori: differenti tipi e usi del suolo (Li et al., 2007), diverse strategie di gestione (Bo Liu, 2007; Jurgen Esperschutz, 2007 Qiufang Xu et al. 2008); storia della gestione del suolo (Bossio et al., 1998; Yao et al., 2000) e sono indirettamente influenzate anche dai cambiamenti nella composizione della comunità vegetale (Katayama et al., 1998; Bardgett e Shine 1999., Wardle et al 1999) che risulta dall'applicazione dei fertilizzanti .

## CAPITOLO II

### 2.0 Obiettivo della ricerca

Uno degli obiettivi che da diversi anni impegna i ricercatori delle scienze dei suoli, è quello di individuare indicatori e/o indici sintetici di qualità per valutare gli effetti delle sempre più estese e vaste forme di perturbazioni che agiscono sui suoli, nella maggior parte dei casi di origine antropica.

Non esiste ancora un pieno accordo o comunque una facilità d'interpretazione degli indicatori e/o indici per generare un affidabile concetto di qualità dei suoli. Questo genera confusione ed incertezza per una corretta gestione dei suoli, soprattutto quelli agricoli, in una fase delicata di crescita sostenibile del pianeta.

Sebbene l'azoto rappresenti un macronutriente fondamentale per la crescita e lo sviluppo degli organismi viventi e degli ecosistemi, l'eccessiva quantità può produrre effetti dannosi per il metabolismo dei sistemi viventi a qualsiasi livello di organizzazione (Paerl, 1997; Erisman et al., 1998). L'attività antropica dell'ultimo secolo ha determinato un aumento dell'input di azoto, sia per intervento diretto nei sistemi agricoli mediante la fertilizzazione azotata e sia per l'incremento delle deposizioni secche ed umide a causa di una maggiore movimentazione dell'azoto molecolare atmosferico stabile in forme più reattive. L'arricchimento di azoto disponibile sta ormai assumendo una connotazione cronica tale da poter parlare di eutrofizzazione azotata, che nei primi tempi era maggiormente evidente per i sistemi acquatici, oggi diventa evidente anche per i sistemi terrestri. Alcuni autori (Gundersen, 1992 e Schlesinger, 1997) ipotizzano che l'aggiunta di azoto ad un ecosistema terrestre determina un aumento di produttività durante le fasi iniziali. Quando l'aggiunta assume aspetti di cronicità, la produttività, dopo aver raggiunto un valore stabile, tende ad essere depressa. L'ipotesi di Gundersen e Schlesinger è stata postulata sulla base di cospicui e consolidati studi compiuti per i sistemi terrestri e grazie alla possibilità di utilizzare la produttività primaria come unico indicatore. La situazione appare invece più complessa da definire se l'oggetto d'indagine è rappresentato dal suolo. Ad oggi, la letteratura di settore ha pubblicato diversi studi che avevano l'intento di valutare gli

effetti dell'aggiunta di azotato sulle proprietà microbiche del suolo in diversi ecosistemi terrestri, naturali e soprattutto agricoli. I risultati non consentono di individuare una modalità di risposta generale e confrontabile, a causa dell'elevato numero di variabili: struttura sperimentale, indicatori microbici oggetto dei singoli studi, caratteristiche pedo-climatiche, gestione del suolo, etc. Soprattutto è carente un'analisi di revisione su base statistica dei dati collettivamente prodotti per comprendere meglio gli effetti che l'aggiunta di questo macro-nutriente ha sulla struttura e sulle funzioni metaboliche della comunità microbica del suolo.

Il presente studio si è proposto di valutare da dati di letteratura la risposta delle comunità microbiche dei suoli agricoli in funzione dell'input azotato. Più nel dettaglio:

1. review della produzione scientifica degli ultimi 20 anni circa (1996-2012) compiuti su suoli agricoli che hanno fatto uso di indicatori strutturali e funzionali della comunità microbica del suolo (biomassa microbica, respirazione, quoziente metabolico, diversità funzionale);
2. sintesi quantitativa mediante la tecnica del "vote counting" dei risultati pubblicati, per rivelare una tendenza comune delle risposte degli indicatori selezionati;
3. sintesi mediante meta-analisi (Rosenberg et al., 2000) dei risultati pubblicati dai lavori selezionati. Lo scopo dell'analisi è quello di consentire l'individuazione di pattern di risposta degli indicatori selezionati.

## CAPITOLO III

### MATERIALI E METODI

#### 3.1 Selezione degli articoli

La selezione degli articoli si è limitata agli studi compiuti su sistemi agricoli, sottoposti a diverse forme di fertilizzazione azotata (minerale, organica e mista) a lungo, medio e breve termine. Il periodo di tempo ricadeva negli ultimi venti anni circa (1996-2012).

Gli articoli selezionati per questo studio, sono riportati nell'appendice A, mentre le appendici B, C, D ed E descrivono in maniera riassuntiva il complesso dei dati raccolti. L'appendice B riporta per ciascun articolo le coordinate geografiche, le caratteristiche pedo-climatiche ed il tipo di input azotato. Nell'appendice C è riportato il tipo di gestione dei suoli e gli indicatori biologici: biomassa microbica ( $C_{mic}$ ), diversità funzionale ( $H'$ ), quoziente metabolico ( $qCO_2$ ), respirazione microbica ( $R_{mic}$ ), azoto della biomassa ( $N_{mic}$ ), N mineralizzato, rapporto biomassa microbica/carbonio organico ( $C_{mic}/OC$ ). Nell'appendice D sono presenti i principali parametri chimici e fisici riportati dagli articoli: pH, carbonio organico, azoto totale, fosforo e potassio disponibili, rapporto carbonio/azoto, contenuto di ione nitrato e ione ammonio, bulk density e umidità del suolo. L'appendice E riporta il tipo di fertilizzazione adottata per ogni studio, con il relativo ammontare di fertilizzante ( $kg\ ha^{-1}\ a^{-1}$ ) e le tecniche di spandimento.

## 3.2 Vote-Counting e Meta-Analisi.

La vote-counting è uno strumento di sintesi dei risultati di ricerca che consente di valutare la tendenza delle risposte di un esperimento (Light e Smith, 1971; Hedgens e Olking, 1980).

La meta-analisi è una tecnica sviluppata specificamente per la sintesi statistica di esperimenti indipendenti (Cooper e Hedges 1994a, 1994b; Gurevitch e Hedges 1999) consentendo quindi un'analisi quantitativa che completa la tradizionale rassegna di letteratura. I risultati di una meta-analisi rafforzano la conoscenza al di là del contributo della molteplicità dei singoli studi, accumulando evidenze circa gli effetti di un trattamento o una procedura.

### 3.2.1 Applicazione dei criteri di inclusione ed aggregazione dei dati.

Per l'applicazione della vote-counting e della meta-analisi è necessario procedere con la definizione dei criteri di inclusione ed esclusione degli studi. In relazione alle caratteristiche dei dati e dell'obiettivo della seguente ricerca si è proceduto con i seguenti criteri:

1. Tutti gli studi selezionati dovevano avere un piano sperimentale basato sulla comparazione di uno o più trattamenti sperimentali con aggiunta di azoto rispetto ad un controllo (zero azoto), con tutti gli altri fattori invariati. I trattamenti di fertilizzazione riguardavano l'aggiunta di N in forma organica, inorganica e mista, ad una o più dosi di applicazione di azoto ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ).
2. Tutti gli studi selezionati si riferivano a prove di pieno campo.
3. Per l'analisi della vote-counting dell'indicatore biomassa microbica, sono stati selezionati gli articoli in cui la determinazione veniva effettuata mediante le tecniche della respirazione indotta dal substrato (SIR) (Anderson and Domsch, 1978; Sparlig, 1997), del cloroformio fumigazione-estrazione (Vance *et al.*, 1987; Brookes *et al.* 1985; Joergensen and Brookes, 1990) e della fumigazione-incubazione (Jenkinson and Ladd, 1981). Per la meta-analisi, caratterizzata da criteri più rigidi relativi all'omogeneità dei dati in ingresso, si è scelto di circoscrivere il campo di applicazione alle metodiche maggiormente impiegate tra gli articoli selezionati: SIR e cloroformio fumigazione-estrazione.

4. Per l'analisi della vote-counting della diversità funzionale sono stati selezionati quegli articoli che hanno valutato il profilo funzionale della comunità microbica con la metodica della risposta catabolica di Degens (Degens et al., 2000) e il metodo Biolog® (Insam and Ranggger, 1997). Per la meta-analisi, l'esame è stato ristretto ai soli articoli in cui la diversità è stata valutata con il metodo Biolog.

Un'ulteriore operazione di conformità dei dati si è resa necessaria a causa dell'eterogeneità associata ai diversi piani di prelievo dei campioni di suolo ed alle diverse forme di gestione agricola.

1. Per gli studi che hanno campionato il suolo a diverse profondità, sono stati considerati soltanto i dati dallo strato superiore (profondità 0-20 cm).
2. Per gli studi che hanno prelevato campioni di suolo bulk e rizosferico, sono stati selezionati solo i risultati relativi al suolo bulk.
3. Per gli studi che hanno considerato la rotazione delle colture, i dati sono stati considerati separatamente come singola coltura.

Inoltre, dati provenienti da studi che applicavano diverse quantità di N ( $\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ) e diversi tipi di fertilizzazione (minerale, organico) sono stati considerati come osservazioni indipendenti (Curtis & Wang, 1998; Liu & Greaver, 2009). Quelle pubblicazioni che hanno presentato risultati da sistemi agricoli compositi (orografia, geografica, tipo di suolo), sono stati considerati come studi differenti. In presenza di studi compiuti a diverse scale temporali, sono stati utilizzati i dati relativi all'ultimo campionamento (Treseder, 2008; Liu e Greaver, 2009).

### **3.3 Variabili non considerate nell'analisi.**

Molte variabili non sono state considerate nello studio perché scarsamente descritti negli articoli, quali la lavorazione del terreno, così come l'aggiunta di altri nutrienti quali fosforo (P), potassio (K) e calcio (Ca), poiché non indagati come variabili regressorie per la quasi totalità degli studi.

### **3.4 Criteri di inclusione aggiuntivi specifici della meta-analisi**

La meta-analisi è stata condotta seguendo i metodi generali di Curtis (1996) e Johnson e Curtis (2001). Tale metodica ha richiesto criteri di inclusione più limitativi rispetto alla vote-counting. Ciascuno studio doveva infatti riportare, per il controllo e i diversi trattamenti:

- il valore medio delle misure
- la deviazione standard (SD)
- il numero di repliche (n)

Laddove non esplicitamente riportati, tali parametri sono stati ricavati dai valori di deviazione standard SD (Yeates et al., 1997) o errore standard SE (Feber et al., 1997) riportati in forma grafica.

Alla luce dei criteri di inclusione sopra elencati sono stati considerati idonei per lo studio meta-analitico 26 lavori (contrassegnati da un asterisco nell'appendice A), sui 52 inizialmente selezionati e sottoposti all'analisi del vote-counting.

### **3.5 Applicazione della Vote-Counting**

Per l'analisi della vote-counting sono state individuate tre categorie di risposte, in seguito alla fertilizzazione azotata rispetto al controllo, riportate dagli autori per gli indicatori selezionati:

- 1) aumento statisticamente significativo;
- 2) riduzione statisticamente significativa;
- 3) nessun cambiamento significativo rispetto al controllo.

### **3.6 Applicazione della Meta-Analisi**

Nell'ambito della presente tesi di dottorato è stata applicata una meta-analisi ponderata seguendo le diverse fasi suggerite da Rosemberg *et al.* (2000).

#### **3.6.1 Calcolo dell'effect size**

Il primo passo è stato quello di rappresentare i risultati degli studi primari in un quadro comune, in modo che i risultati dei singoli studi potessero essere confrontati e valutati (Cooper, 1998), questo è stato possibile attraverso il calcolo dell'*effect size* o

“dimensione dell’effetto”, una misura che stima l’entità della variazione di un parametro.

In questo lavoro l’effect size riassume l’ampiezza della risposta degli indicatori provenienti da 26 studi primari, in cui le osservazioni del controllo si riferiscono a suoli agricoli non fertilizzati e le osservazioni sperimentali riguardano i suoli agricoli che hanno ricevuto fertilizzazione azotata di tipo organico, inorganico e mista. Ci sono varie scelte di grandezza degli indici (Glass’, 1976; Cohen, 1969 etc..), che dipendono dal tipo di dati primari disponibili, per questo studio è stato calcolato il rapporto di risposta “R” o la dimensione dell’effetto come:

$$\ln R = \ln (X^E/X^C)$$

Dove  $X^E$  è il valore della media delle osservazioni del trattamento (fertilizzazione azotata) e  $X^C$  è il valore medio delle osservazioni di controllo per un dato insieme di condizioni sperimentali. Per effettuare l’analisi su dati normalmente distribuiti, si è proceduto con la trasformazione dei dati di R (trasformazione logaritmica).

### ***3.6.2 Calcolo dell’effect size cumulativo***

Il secondo passo in quest’analisi, è stato quello di riassumere statisticamente gli effect size attraverso la stima dell’effetto cumulativo, che rappresenta la grandezza complessiva dell’effetto presente negli studi. Andando a calcolare la dimensione dell’effetto cumulativo e il suo intervallo di confidenza è possibile determinare se vi sono prove significative a sostegno di una particolare ipotesi e calcolare la grandezza di tale supporto.

A tal proposito si è proceduto con l’analisi della varianza ( $s_c$ ) e relativo intervallo di confidenza al 95% (CI), associati alla stima dell’effect size cumulativo  $E_c$ , applicando le seguenti formule:

$$S_{\bar{E}}^2 = \frac{1}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2)$$

$$CI = \bar{E} \pm t_{\alpha/2[n-1]} * S_{\bar{E}} \quad (3)$$

con

$t$  = valore critico della curva a due code individuato mediante la curva distribuzione  $t$ -Student.

$\alpha$  = livello critico della curva di distribuzione  $t$ -Student.

Attraverso l'impiego congiunto dell'effect size cumulativo ( $E_c$ ) e del suo intervallo di confidenza al 95% (CI) è stato quindi possibile determinare l'entità e la significatività della risposta media di ciascun indicatore all'aggiunta di fertilizzante azotato (minerale, organico e misto laddove la disponibilità di dati lo ha reso possibile). La risposta media ( $E_c$ ) indotta dal trattamento azotato è stata valutata significativa, solo con valore zero non ricadente nel relativo intervallo di confidenza (CI).

### 3.7 Determinazione dell'eterogeneità totale ( $Q_t$ ) associata all'effect size cumulativo ( $E_c$ ), ed individuazione delle variabili responsabili (categorical meta-analyses).

#### 3.7.1 Calcolo dell'eterogeneità totale $Q_t$

Successivamente all'individuazione di  $E_c$  e CI, si è proceduto con lo studio dell'eterogeneità totale associata alla stima di  $E_c$ , ovvero al grado di omogeneità degli effect size ricavati, per ciascun indicatore, dai singoli studi:

$$Q_T = \sum_{i=1}^n w_i E_i^2 - \frac{\left( \sum_{i=1}^n w_i E_i \right)^2}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (4)$$

dove  $E_i$ ,  $n$  e  $w_i$ , hanno lo stesso significato già illustrato per la (1).

Partendo dall'ipotesi nulla in cui tutti gli effect size ( $E_i$ ) siano uguali, è stato calcolato il grado di significatività dell'eterogeneità totale ( $Q_t$ ) associata ad  $E_c$  ( $\chi^2$ -distribution test). Nel caso che  $Q_t$  fosse significativa, si è proceduto con l'individuazione delle variabili significativamente responsabili (predictors o moderators), mediante una Meta-analisi categoriale.

In primo luogo sono state delineate le variabili chiave e i relativi sottogruppi (Tabella 3.1).

Successivamente si è proceduto con il calcolo dell'effect size cumulativo per ciascun gruppo ( $E_j$ ) e dell'annesso intervallo di confidenza al 95% ( $CI_j$ ), con un modello a effetti casuali secondo le seguenti:

$$\bar{E}_j = \frac{\sum_{i=1}^{k_j} w_{ij} E_{ij}}{\sum_{i=1}^{k_j} w_{ij}} \quad (5)$$

$$s_{\bar{E}_j}^2 = \frac{1}{\sum_{i=1}^{k_j} w_{ij}} \quad (6)$$

$$CI = \bar{E}_j \pm t_{\alpha/2[k_j-1]} * s_{\bar{E}_j} \quad (7)$$

con,

$k_j$ = numero di studi ricadenti nel gruppo j-esimo

$w_{ij}$ = peso dello studio i-esimo ricadente nel gruppo j-esimo

$E_{ij}$ = effect size dello studio i-esimo ricadente nel gruppo j-esimo

$s_j$ = varianza associata all'effect size cumulativo  $E_j$

$CI$ = intervallo di confidenza al 95% associato alla varianza  $s_j$

$t$ = valore critico della curva a due code individuato mediante la curva distribuzione  $t$ -Student

$\alpha$  = livello critico della curva di distribuzione  $t$ -Student

**Tab.3.1:** Indicatori biologici analizzati, variabili chiave e relativi sottogruppi indagati.

Indicatori biologici indagati

*Biomassa microbica*  
*Diversità funzionale*  
*Respirazione basale*  
*Quoziente metabolico*  
*(qCO<sub>2</sub>)*

VARIABILE	GRUPPI CATEGORIALI	PARAMETRI VARIABILI
<b>Tipi di Gestione</b>		
<i>Tipologia di fertilizzazione</i>	Organica Inorganica Mista	Organica: compost di varia origine (raccolta differenziata, fanghi di depurazione, letame, ecc.); Inorganica: urea, fertilizzanti tripli NKP, ecc.; Mista: applicazione congiunta di fertilizzanti organici ed inorganici (es. compost da letame+ urea)
<i>N aggiunto</i>	< 100 100 - 200 > 200	tassi d'ingresso azotati tramite ammendante organico e fertilizzante minerale (kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
<i>Sistema di colturale</i>	Monocoltura Rotazione	unica coltura nel corso dello studio più di una coltura nel corso dello studio
<i>Durata di applicazione</i>	< 2 2 - 5 5 - 10 11 - 16 16 - 25 > 25	numero di anni dei trattamenti azotati
<b>Caratteristiche del suolo</b>		
<i>pH del suolo</i>	<i>Acido</i> < 6,5 <i>Neutro</i> 6,5 - 7,5 <i>Basico</i> > 7,5	
<i>Carbonio organico del suolo</i>	< 10 10 - 20 >20	g/kg carbonio organico nel suolo in 0-15 cm

Analogamente a quanto illustrato sopra per l'effect size cumulativo  $E_c$ , anche per ciascun gruppo j-esimo, l'effect size ( $E_j$ ) è considerato significativo solo se il valore zero non ricade nel relativo intervallo di confidenza ( $CI_j$ ). Successivamente sono state calcolate le varianze infra- ed intra-gruppo ( $Q_{within-Q_b}$  e  $Q_{between-Q_b}$ , rispettivamente):

$$Q_{Wj} = \sum_{i=1}^{k_j} w_{ij} (E_{ij} - \bar{E}_j)^2 \quad (8)$$

$$Q_M = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{k_j} w_{ij} (\bar{E}_j - \bar{\bar{E}})^2 \quad (9)$$

con,

$Q_{wj}$ = variabilità infra-gruppo del gruppo j-esimo

$Q_b$ = differenza degli effect size intra-gruppo

$k_j$ ,  $w_{ij}$   $E_c$  e  $E_j$  hanno lo stesso significato già illustrato per le equazioni (1) (5).

Le varianze infra- ed intra- gruppo sono state quindi utilizzate per lo studio della scomposizione della varianza totale  $Q_t$ :

$$Q_T = Q_M + Q_E \quad (10)$$

$$Q_E = \sum_{j=1}^m Q_{Wj} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{k_j} w_{ij} (E_{ij} - \bar{E}_j)^2 \quad (11)$$

Dove,

$Q_w$ = variabilità residua riconducibile alla variabilità casuale  $Q_{wj}$ ,  $Q_b$ ,  $k_j$ ,  $w_{ij}$   $E_c$  e  $E_j$  hanno lo stesso significato già illustrato per le equazioni (1) (5) (8) e (9).

Sulla base della significatività delle varianze sia infra- che inter- gruppo ( $\chi^2$ -distribution test) è stato poi possibile ricondurre l'eterogeneità totale a differenze significative degli effect size fra i vari gruppi ( $Q_b$  significativa), con conseguente individuazione delle variabili maggiormente influenzanti, e/o ad una quota di eterogeneità residua riconducibile alla variabilità casuale insita in ciascun gruppo ( $Q_w$  significativa).

### **3.8 Determinazione dell'entità e significatività della risposta media degli indicatori alla sostituzione del fertilizzante azotato minerale con fertilizzanti organici e/o misti.**

Analogamente a quanto illustrato in sezione 5.4.1, si è proceduto con la determinazione della risposta media (cumulative effect size) e annesso intervallo di confidenza, di ciascun indicatore all'aggiunta di fertilizzante azotato organico e/o misto, rispetto ad una condizione di riferimento fertilizzata con N minerale (controllo = suolo agricolo sottoposto a fertilizzazione azotata minerale), secondo le equazioni (1), (2) e (3).

### **3.9 Determinazione dell'eterogeneità totale ( $Q_t$ ) associata all'effect size cumulativo ( $E_c$ ), ed individuazione delle variabili responsabili (categorical meta-analyses).**

#### ***3.9.1 Calcolo dell'eterogeneità totale $Q_t$ e Categorical meta-analyses***

Successivamente, sempre analogamente a quanto riportato in sezione 5.5.1, si è proceduto all'individuazione dell'eterogeneità totale associata alla stima di  $E_c$ , e ad alla sua scomposizione in funzione della varianza infra- ed intra- gruppo, secondo le equazioni da (4) a (11).

## **3.10 ANALISI STATISTICA ED ELABORAZIONE GRAFICA DEI DATI**

### ***3.10.1 Software utilizzati***

I fogli di calcolo sono stati generati con Microsoft® Excel® versione 2007.

La meta-analisi è stata effettuata con il software Meta-Win 2.0 (Rosemberg *et al.*, 2000).

L'analisi statistica di correlazione fra le variabili (Pearson-product Moment Test,  $P < 0,05$ ), è stata realizzata con Systat.SigmaPlot.v12.1.

## CAPITOLO IV

### RISULTATI

#### 4.1 Vote-counting

##### 4.1.1 Risposta degli indicatori microbici in funzione delle diverse tipologie di fertilizzazione

Le Figure 4.1, 4.2 e 4.3 descrivono le risposte (vote-counting) di ciascun indicatore rispetto al controllo (aumento, diminuzione e invarianza), in termini di frequenza relativa in funzione dell'utilizzo, rispettivamente, di fertilizzante azotato inorganico, organico o misto.

La vote-counting della fertilizzazione inorganica (Fig.4.1) ha mostrato un aumento della biomassa microbica per circa il 48% dei casi, una diminuzione per il 20%, mentre il 32% dei lavori non hanno registrato alcuna differenza rispetto al controllo. I risultati relativi alla diversità funzionale hanno registrato un aumento rispetto al controllo per il 56% dei lavori, le risposte di diminuzione e di invarianza hanno riguardato rispettivamente il 13% e il 31% dei casi. La respirazione ha mostrato una frequenza relativa in aumento per il 47% dei lavori selezionati, una diminuzione per il 35%, mentre il 18% dei casi ha evidenziato una risposta invariata. Per il quoziente metabolico si è osservato un aumento per il 33% dei lavori valutati, una diminuzione per il 47%, ed il 20% non ha mostrato nessuna variazione rispetto al controllo.

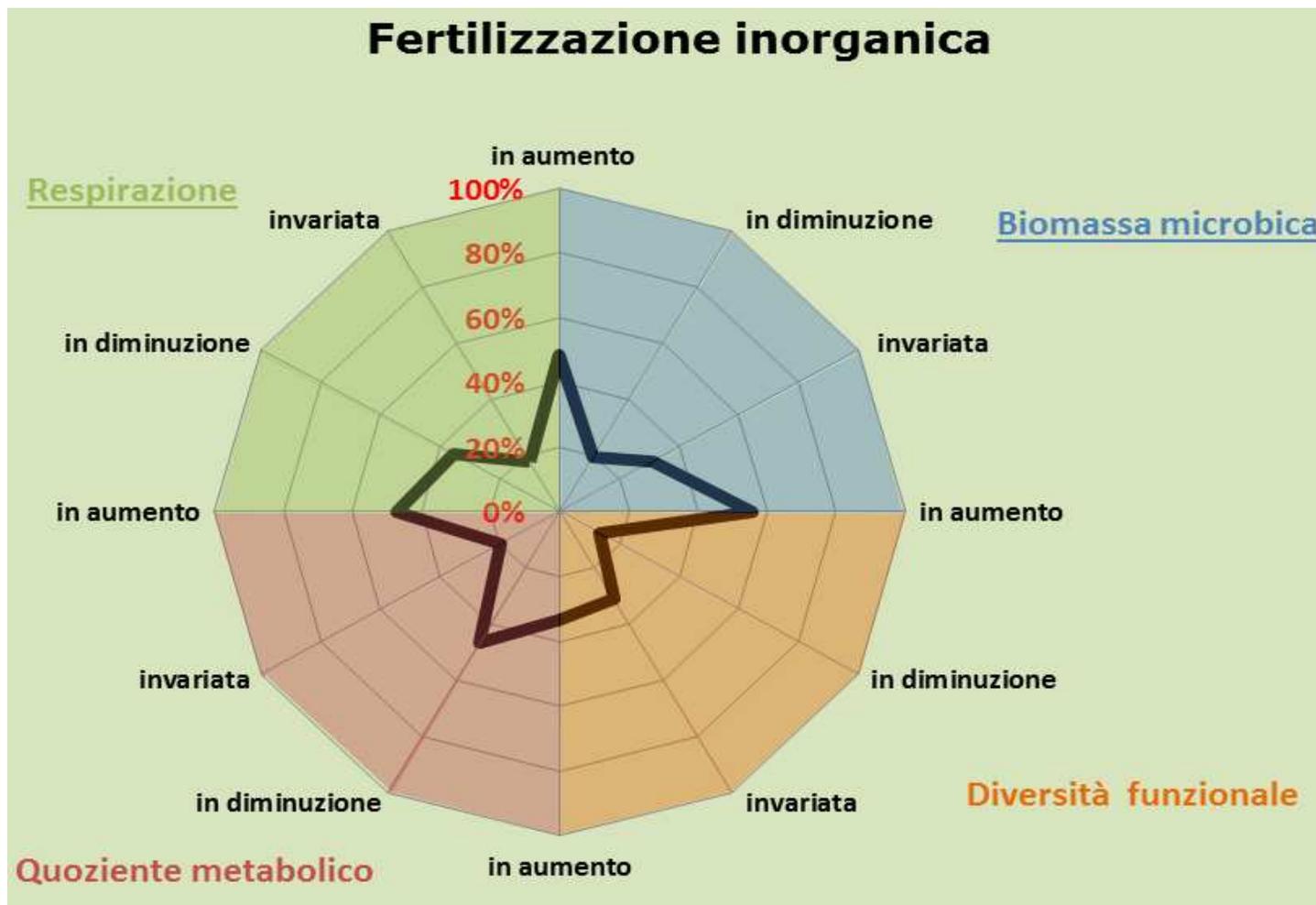


Figura 4.1 Frequenza relativa percentuale delle risposte degli indicatori (biomassa microbica, diversità funzionale, respirazione, quoziente metabolico-  $qCO_2$ ) rispetto al trattamento di controllo in suoli sottoposti a fertilizzazione azotata inorganica.

La vote-counting degli indicatori per i suoli sottoposti a fertilizzazione azotata organica è mostrata nella figura 4.2. Per circa il 77% dei casi si è registrato un aumento della biomassa microbica rispetto al controllo, mentre nel 23% dei casi la biomassa è rimasta costante, in nessuno dei lavori considerati si è registrata una diminuzione. La diversità funzionale, invece, in seguito all'utilizzo di fertilizzanti organici, ha mostrato un incremento rispetto al controllo nel 80% dei casi, mentre per il 20% non si è registrata nessuna variazione. Per quanto riguarda, invece la respirazione è stato evidenziato un aumento rispetto al controllo per il 75% dei casi ed una risposta invariata nel 25% degli articoli presi in esame. Infine, nel 45% dei casi il quoziente metabolico ha rilevato un aumento rispetto al controllo, nel 22% una diminuzione e nel 33% dei lavori è risultato invariato.

La Figura 4.3 riporta la vote counting degli indicatori valutati negli studi che hanno considerato una fertilizzazione azotata mista (inorganica e organica). Per la biomassa microbica si sono registrate risposte in aumento rispetto al controllo, nell'87% dei casi, in diminuzione per il 7%, mentre le risposte invariate sono state del 6%. Per la diversità funzionale la letteratura ha prodotto risultati in aumento rispetto al controllo del 100%. La frequenza di risposta della respirazione alla fertilizzazione mista ha mostrato un aumento nel 50% dei casi mentre si è osservata una diminuzione nel 25% dei lavori considerati e nella restante parte dei casi analizzati non è stato evidenziato nessun cambiamento (25%). Infine, il quoziente metabolico nel 50% dei casi è aumentato rispetto al controllo, nella restante parte si è registrata una diminuzione (50%).

I risultati della vote-counting hanno evidenziato una tendenza all'aumento, rispetto al controllo, della biomassa microbica, della diversità funzionale e della respirazione. In particolare, questa tendenza è più marcata negli studi che hanno valutato la fertilizzazione organica e mista, rispetto a quella minerale. Per il quoziente metabolico ( $qCO_2$ ) la vote-counting non ha dato risposte univoche per i tre trattamenti di fertilizzazione. Nel caso della fertilizzazione minerale si è osservato che la tendenza dominante (47% dei lavori) è una riduzione del quoziente, mentre per i suoli con ammendante organico la risposta è un aumento nel 45% dei lavori analizzati. Una risposta bimodale è stata riscontrata per la fertilizzazione mista, con il 50% dei lavori che registravano un aumento e il 50% una diminuzione.

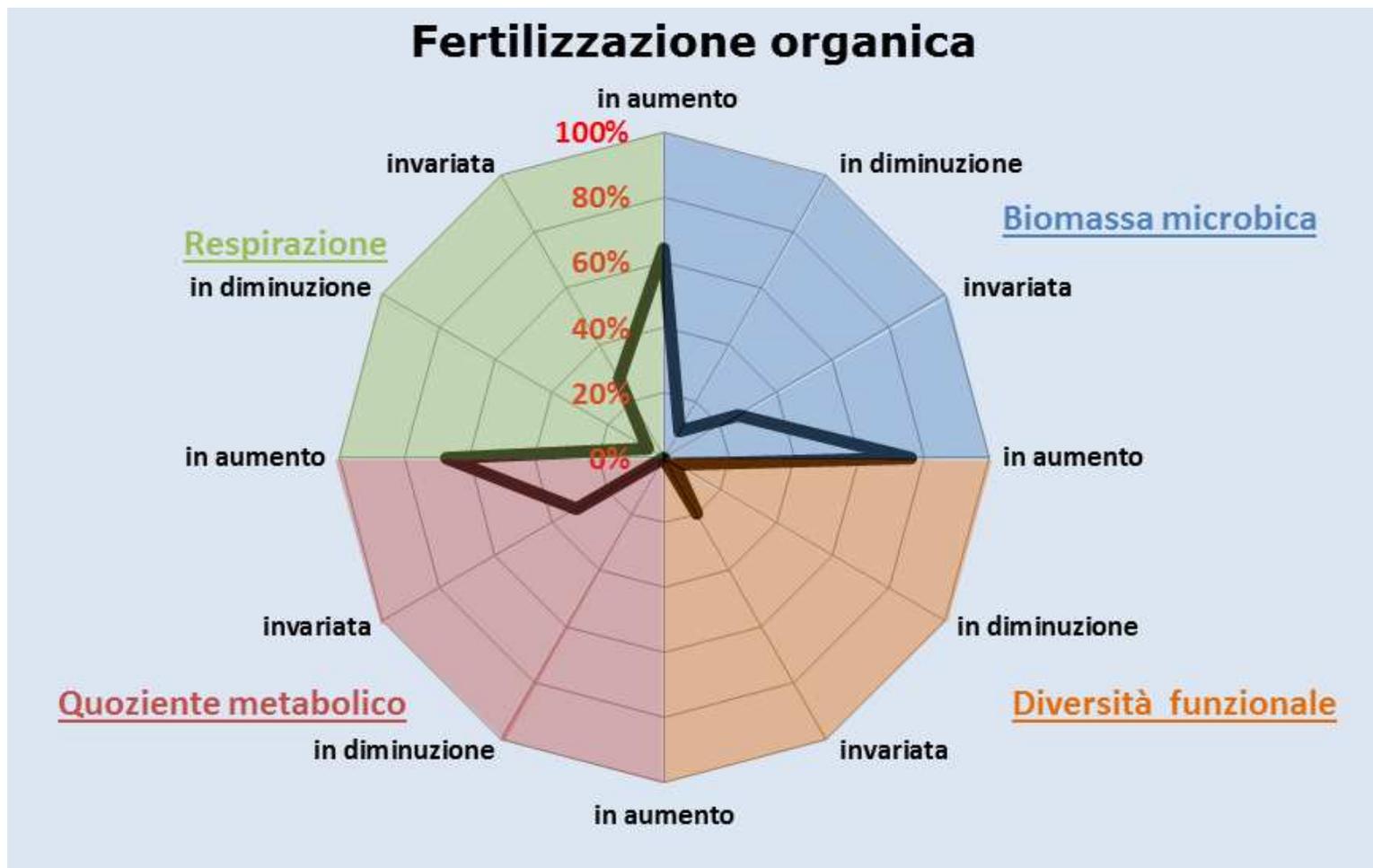


Figura 4.2 Frequenza relativa percentuale delle risposte degli indicatori (biomassa microbica, diversità funzionale, respirazione, quoziente metabolico-  $qCO_2$ ) rispetto al trattamento di controllo in suoli sottoposti a fertilizzazione azotata organica.



Figura 4.3 Frequenza relativa percentuale delle risposte degli indicatori (biomassa microbica, diversità funzionale, respirazione, quoziente metabolico-  $qCO_2$ ) rispetto al trattamento di controllo in suoli sottoposti a fertilizzazione azotata mista.

#### **4.1.2 Sintesi della risposta degli indicatori microbici in funzione delle diverse tipologie di fertilizzante inorganico**

La vote counting applicata per valutare le risposte di due diverse classi di fertilizzante minerale, urea e fertilizzanti diversi dall'urea, è riassunta nelle Figure 4.4 e 4.5. L'utilizzo di urea (Fig. 4.4) ha generato un aumento della biomassa microbica nel 55% dei lavori indagati, mentre nel 32% la biomassa microbica è rimasta invariata e solo nel 13% dei casi si è registrata una diminuzione. Per la diversità funzionale invece, l'aggiunta di urea ha mostrato per il 65% dei lavori considerati un aumento rispetto al controllo, mentre solo il 10% dei lavori ha riportato una diminuzione, la restante parte degli studi non ha evidenziato alcuna variazione di questo indicatore (25%). Per la respirazione basale è stata individuata una frequenza di risposta in aumento nella maggior parte dei lavori valutati (87%) mentre solo nel 23% dei casi la respirazione basale non ha subito cambiamenti. L'analisi del quoziente metabolico ha rivelato una differenza in aumento rispetto al controllo nel 40% dei casi e una analogica percentuale mostra una diminuzione, una risposta invariata si è avuta nel 20% dei casi osservati.

Nella Figura 4.5 è riportata la frequenza relativa della risposta in seguito all'aggiunta di fertilizzante azotato diverso da urea. Per la biomassa microbica si è registrato un aumento per il 43% dei lavori esaminati, il 24% non ha evidenziato nessuna differenza rispetto al controllo, mentre una diminuzione è stata rilevata nel 33%. La diversità funzionale ha prodotto dati in aumento rispetto al controllo per il 41% dei lavori, in diminuzione nel 12% e di invarianza nel 47% dei casi. La respirazione basale e il quoziente metabolico ( $qCO_2$ ) hanno mostrato entrambi una frequenza relativa in diminuzione del 50% e in aumento del 30%, mentre nel 20% dei casi la risposta non ha indicato alcuna variazione degli indicatori rispetto al controllo.

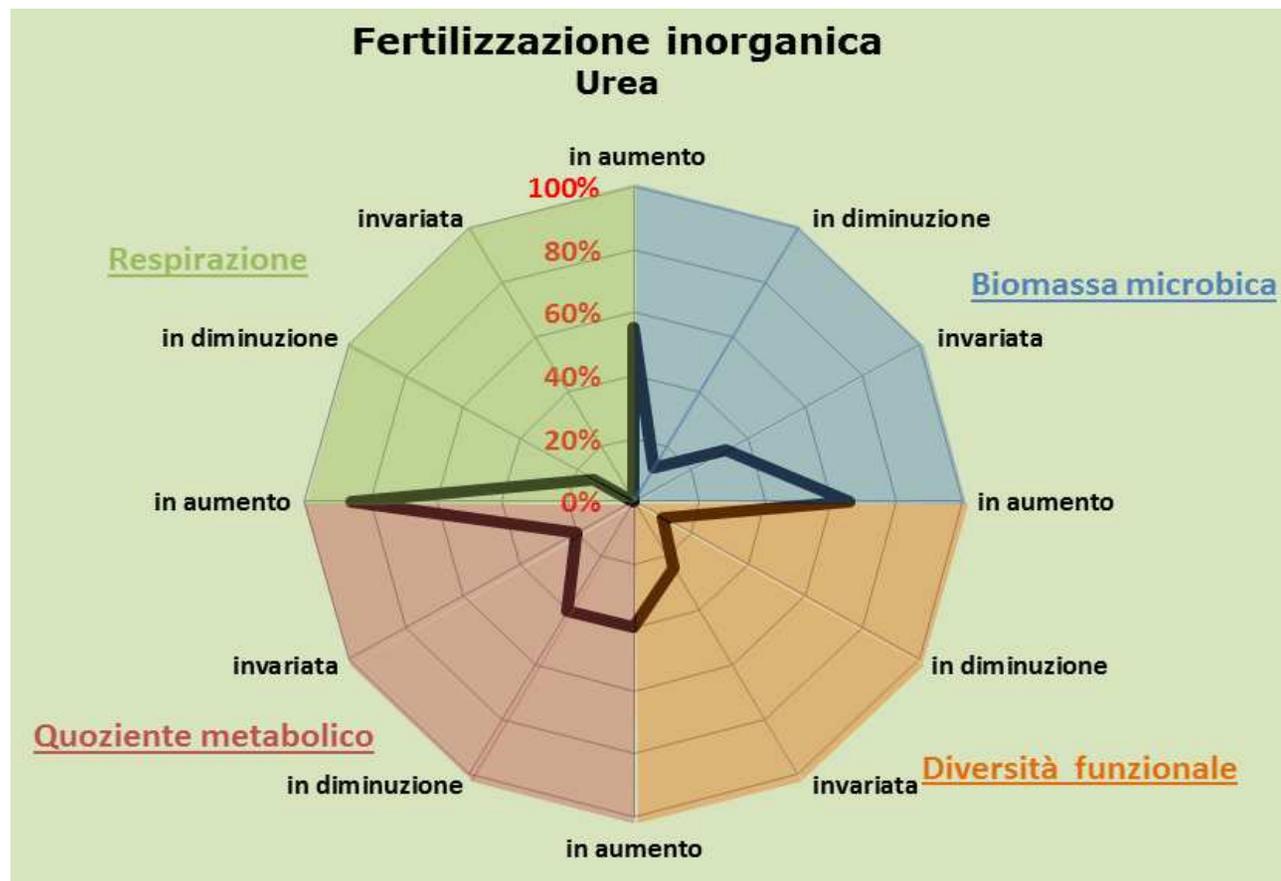


Figura 4.4 Frequenza relativa percentuale delle risposte degli indicatori (biomassa microbica, diversità funzionale, respirazione, quoziente metabolico-qCO<sub>2</sub>) rispetto al trattamento di controllo in suoli sottoposti a fertilizzazione inorganica con urea.

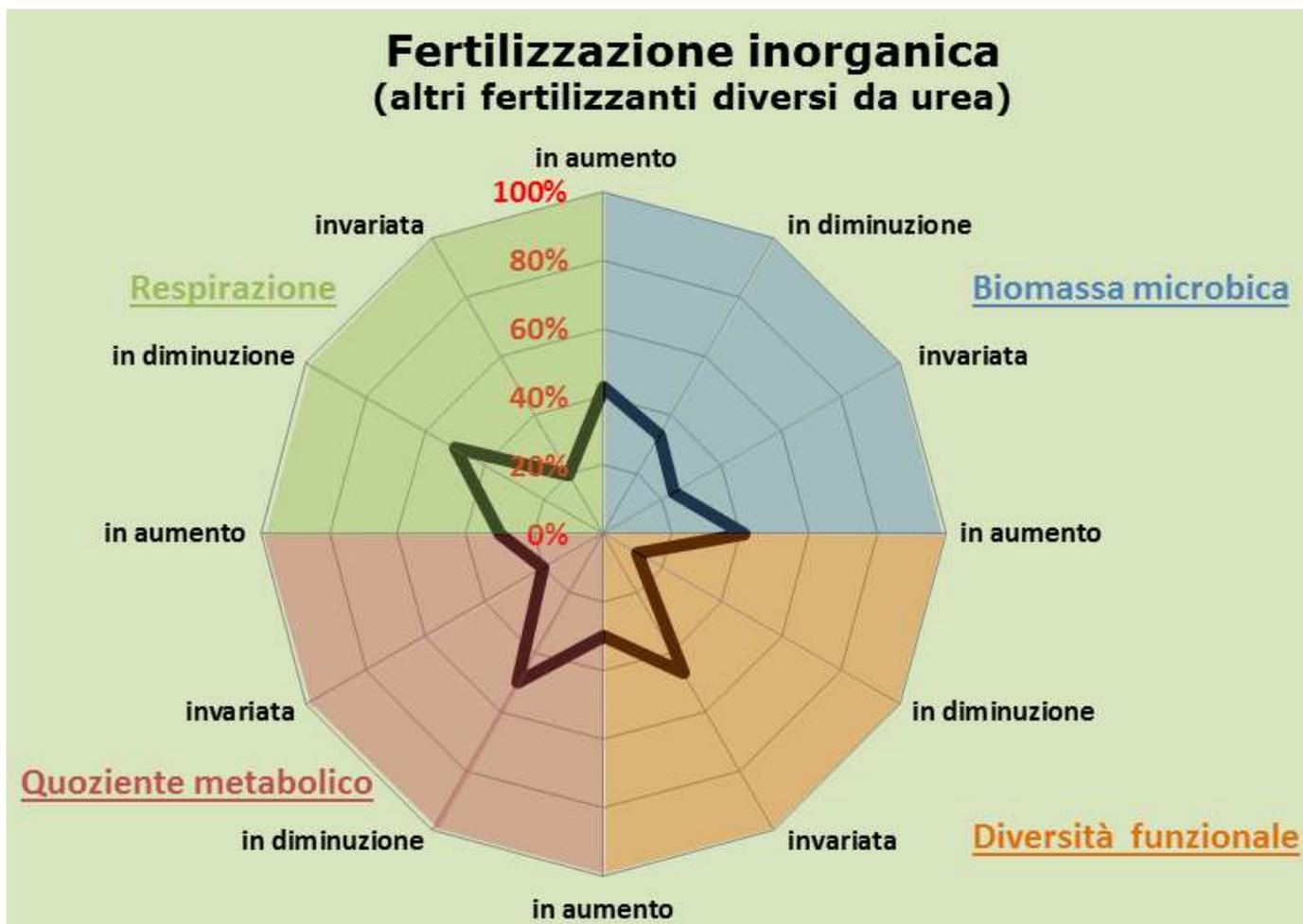


Figura 4.5 Frequenza relativa percentuale delle risposte degli indicatori biologici (biomassa microbica, diversità funzionale, respirazione, quoziente metabolico-  $qCO_2$ ) rispetto al trattamento di controllo in suoli sottoposti a fertilizzazione inorganica con fertilizzanti minerali azotati diversi da urea.

La vote-counting dei fertilizzanti azotati diversi da urea ha restituito andamenti molto simili a quelli della fertilizzazione azota minerale (Figure 6.1 e 6.5) mentre la fertilizzazione con urea ha prodotto delle tendenze all'aumento molto più evidente. Infatti, l'analisi dei lavori con fertilizzante ureico hanno restituito per la maggior parte dei casi una risposta in aumento per gli indicatori di biomassa (55%), diversità (65%) e respirazione (87%). Anche in questo caso il quoziente metabolico ha mostrato un trend bimodale (40% in aumento e 40% in diminuzione). Bisogna però sottolineare che in caso di fertilizzazione con urea anche per il  $qCO_2$  sono cresciute le frequenze di risposta in aumento (si è passati da una risposta in aumento del 33% per la fertilizzazione azotata inorganica ad una risposta in aumento del 40% per la fertilizzazione con urea)

#### **4.1.3 Risposta degli indicatori in funzione dei diversi tassi di azoto minerale.**

Le figure 4.6, 4.7 e 4.8 riportano le tendenze osservate nella vote-counting per ciascun indicatore in funzione dei differenti tassi di fertilizzazione azotata rispettivamente:  $0-100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ,  $100-200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ,  $> \text{ di } 200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . All'aumentare dell'apporto azotato aumenta il trend all'aumento dei diversi indicatori, con la sola eccezione del quoziente metabolico.

Nella Figura 6.6 è riportata la risposta degli indicatori ai tassi di fertilizzazione azotata  $0-100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . La biomassa microbica ha registrato un aumento nel 46% dei casi, una risposta invariata nel 36% e una diminuzione nel 19%. Il trend all'aumento per la diversità funzionale è più evidente con il 48% dei lavori analizzati, mentre nel 19% e nel 25% le risposte sono state rispettivamente in diminuzione e invariate. La respirazione, ha mostrato una frequenza di risposta in aumento rispetto al controllo nel 33% dei casi, ed una diminuzione nel restante 67% dei lavori considerati. Il quoziente metabolico ha evidenziato differenze rispetto al controllo, in aumento nel 67% dei casi, in diminuzione nel 33% e nessuna risposta invariata.

Nella Figura 4.7 è riportata la risposta degli indicatori biologici ai tassi di fertilizzazione minerale  $100-200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  di azoto. Per la biomassa microbica si è registrato un aumento nel 45% dei lavori valutati, il 22% non ha rilevato nessuna differenza rispetto al controllo, mentre una diminuzione è stata rilevata nel 33%. Per la diversità funzionale sono stati registrati dati in aumento rispetto al controllo per il 52% dei casi considerati, di

invarianza nel 33% e in diminuzione solo nell' 8% dei lavori. Il quoziente metabolico ha mostrato nel 67% dei casi una frequenza relativa all'aumento mentre nel restante 33% si è osservata una diminuzione.

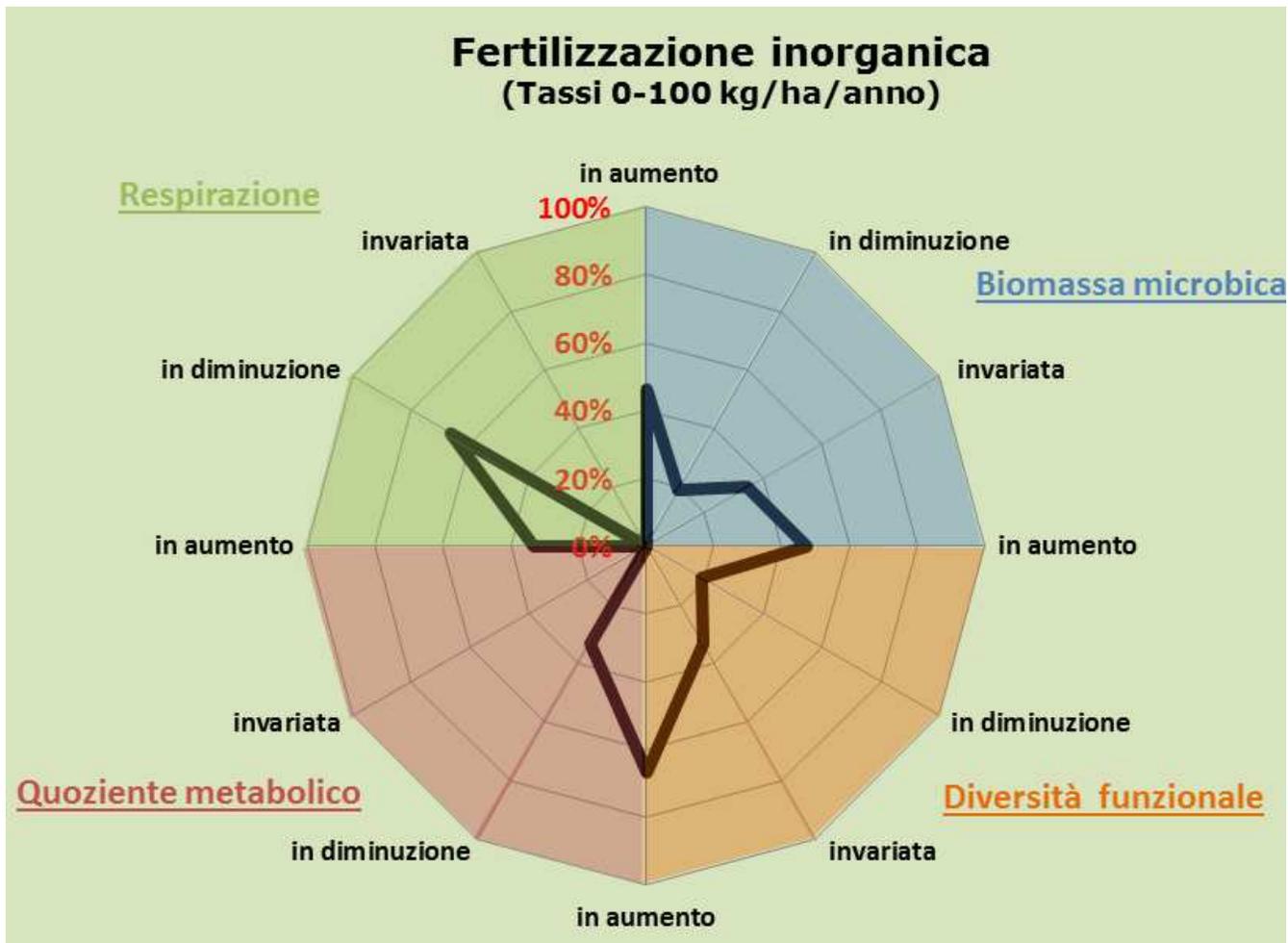


Figura 4.6 Frequenza relativa percentuale delle risposte degli indicatori biologici (biomassa microbica, diversità funzionale, respirazione, quoziente metabolico- qCO<sub>2</sub>) rispetto al trattamento di controllo in suoli sottoposti a tassi di fertilizzazione minerale azotata compresi tra 0-100 Kg/ha(anno).

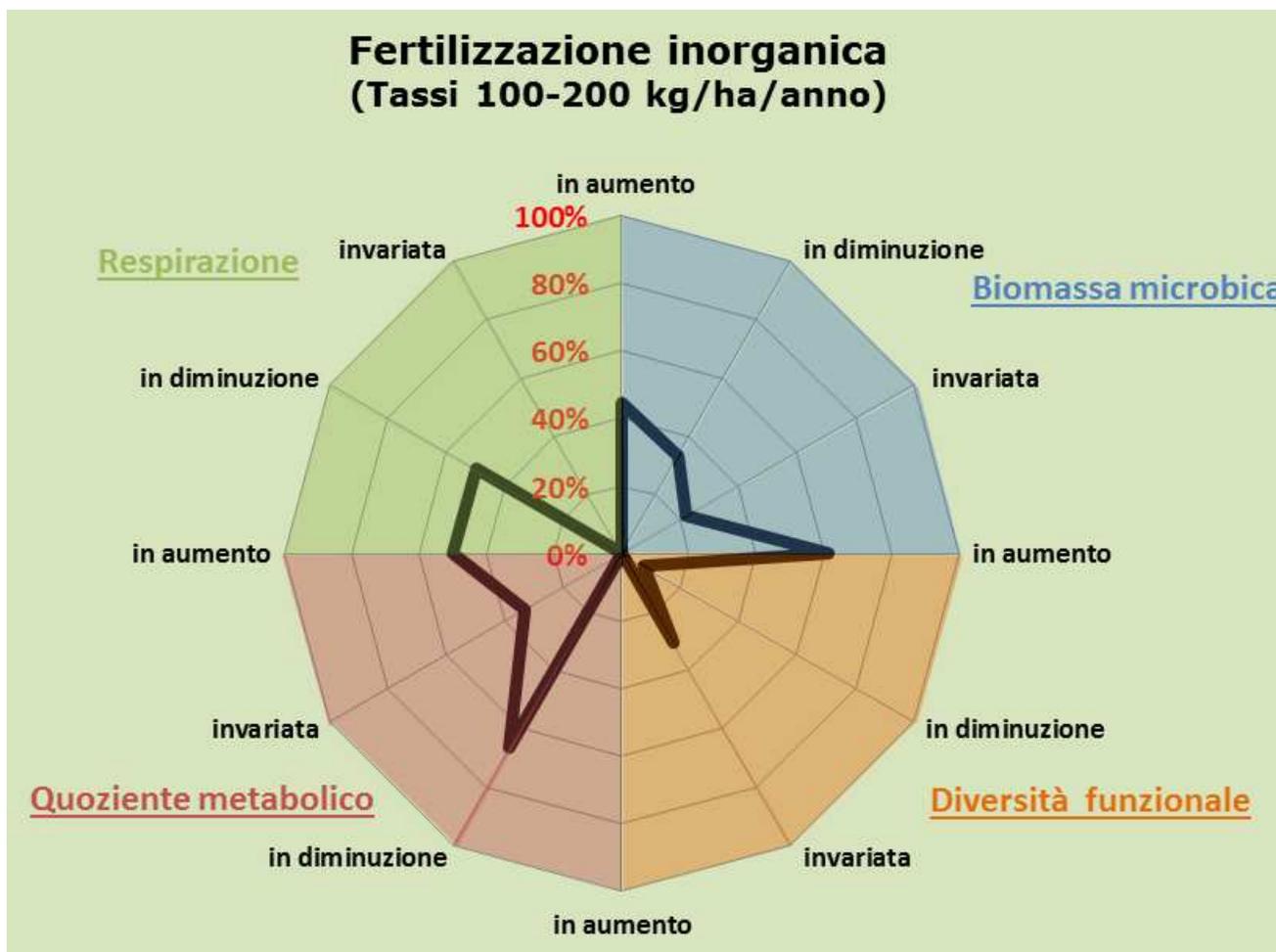


Figura 4.7 Frequenza relativa percentuale delle risposte degli indicatori biologici (biomassa microbica, diversità funzionale, respirazione, quoziente metabolico- qCO<sub>2</sub>) rispetto al trattamento di controllo in suoli sottoposti a tassi di fertilizzazione minerale azotata compresi tra 100-200 Kg/ha(anno).

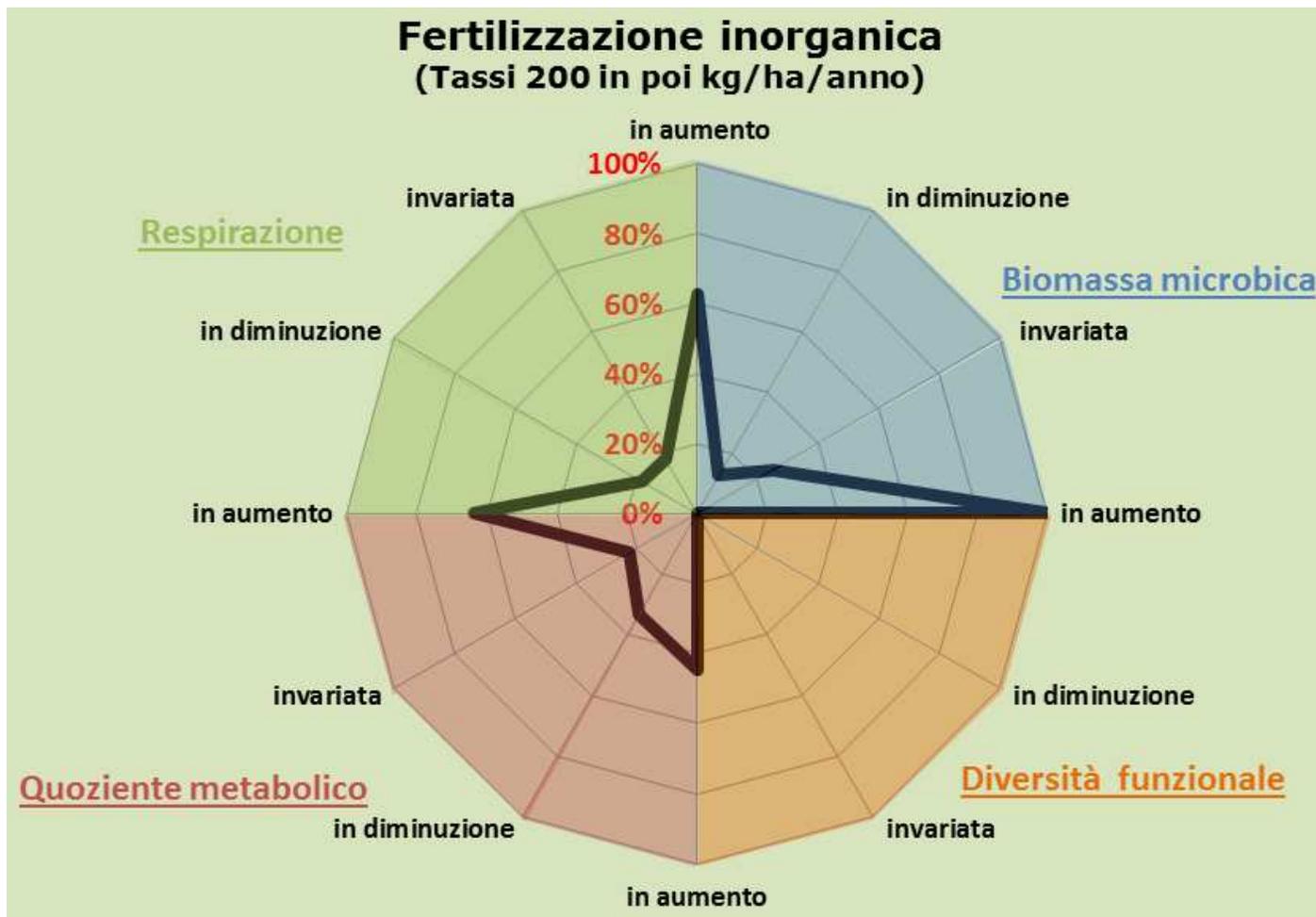


Figura 4.8 Frequenza relativa percentuale delle risposte degli indicatori biologici (biomassa microbica, diversità funzionale, respirazione, quoziente metabolico- qCO<sub>2</sub>) rispetto al trattamento di controllo in suoli sottoposti a tassi di fertilizzazione minerale azotata maggiori di 200 kg/ha(anno).

Per la respirazione la frequenza di risposta ai tassi di N compresi tra 100-200 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, ha prodotto un aumento nel 50% dei casi considerati ed analoga percentuale è stata registrata per la frequenza di risposta in diminuzione.

Nella Figura 4.8 è riportata la frequenza delle risposte dei parametri biologici in suoli sottoposti a tassi di fertilizzazione azotata minerale maggiori di 200 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. In questo caso, si è registrato un aumento della biomassa microbica per il 63% dei lavori selezionati, una diminuzione per il 12%, mentre il 25% dei lavori non hanno rilevato alcuna differenza rispetto al controllo. I dati relativi alla diversità funzionale hanno prodotto un aumento rispetto al controllo per il 100% dei lavori presi in esame. Per il quoziente metabolico si è osservato un aumento per il 45% dei lavori valutati, una diminuzione per il 33%, ed per il 22% non sono state rilevate variazioni di tale indicatore rispetto al controllo. La respirazione ha mostrato una frequenza relativa in aumento del 63%, mentre 18% dei casi si è osservata una diminuzione, soltanto nel 9% dei lavori presi in esame tale indicatore non ha subito variazioni.

#### **4.1.4 Risposta degli indicatori in funzione della fertilizzazione organica (letame o compost).**

La vote-counting applicata agli studi che hanno valutato le risposte degli indicatori alla fertilizzazione organica che includeva un'aggregazione di ammendanti (letame e compost), ha evidenziato dei chiari trend all'aumento per tutti gli indicatori (Fig. 4.2). Un'analisi di vote counting applicata con il fine di disaggregare le due categorie di ammendante organico non hanno evidenziato differenze nel trend (figure 4.9 e 4.10).

La figura 4.9 riporta la tendenza degli indicatori alla fertilizzazione organica con letame (bovino, suino, avicolo). Nel 63% degli studi, la biomassa microbica ha mostrato risposte in aumento, mentre nel 25% dei casi tale indicatore è rimasto invariato rispetto al controllo solo nel 12% dei lavori si è registrata una diminuzione della biomassa. La diversità funzionale per suoli fertilizzati con letame ha prodotto una frequenza di risposta in aumento nel 77% dei lavori, in diminuzione nel 5% e un valore costante nel 19% dei casi. Nel 60% dei lavori valutati la respirazione basale ha mostrato un aumento, soltanto nel 10% dei casi si è registrata una diminuzione, nella restante parte la frequenza relativa di tale indicatore è

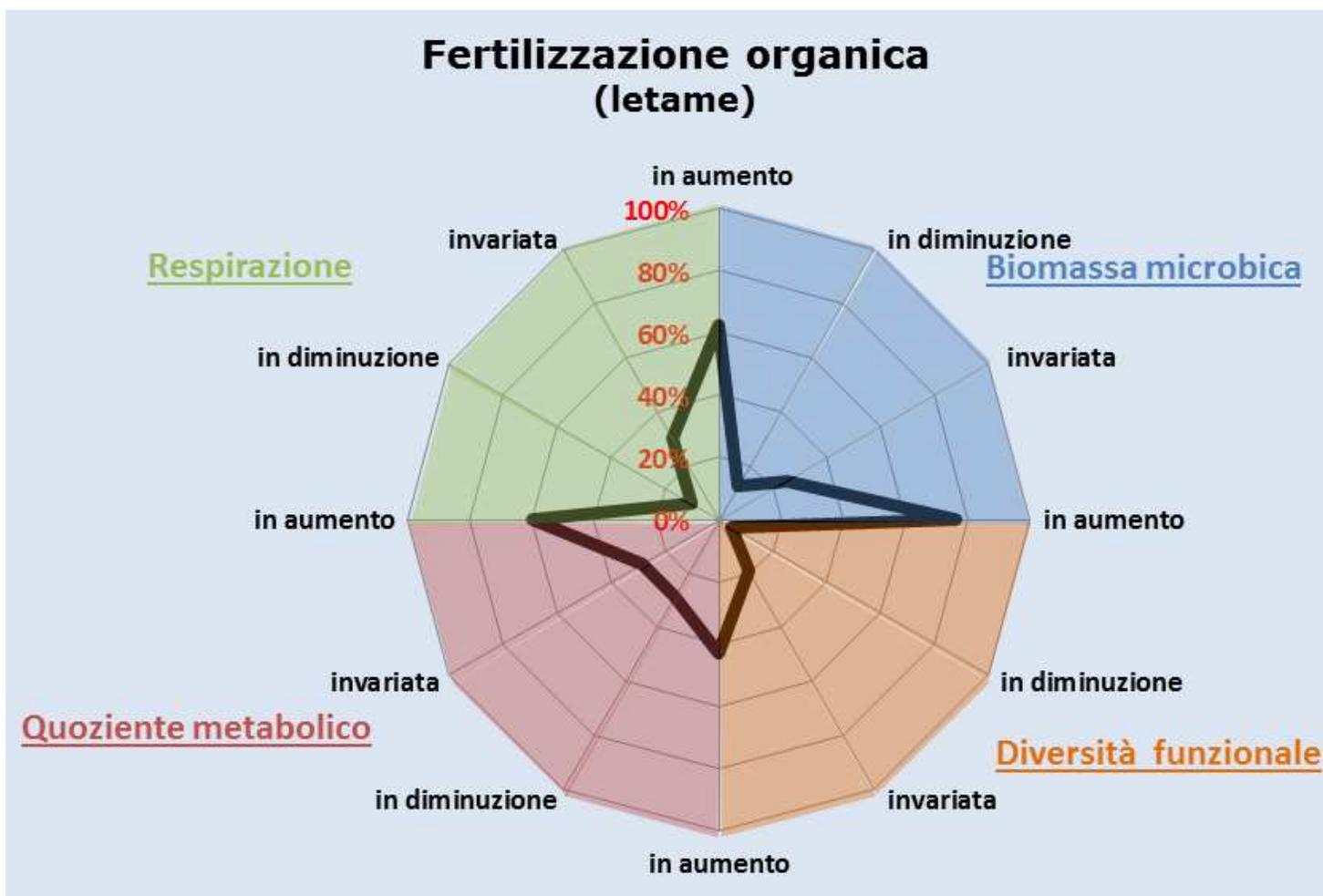


Figura 4.9 Frequenza relativa percentuale delle risposte degli indicatori biologici (biomassa microbica, diversità funzionale, respirazione, quoziente metabolico- qCO<sub>2</sub>) rispetto al trattamento di controllo in suoli sottoposti a fertilizzazione organica con letame di diversa origine.

risultata invariata (30%). Il quoziente metabolico ( $qCO_2$ ) ha mostrato una frequenza di risposta all'aumento del 46% dei casi, il 17% degli studi ha prodotto sia una diminuzione che una risposta invariata.

Nella Figura 4.10 è riportata la frequenza di risposta degli indicatori biologici selezionati in seguito all'aggiunta di compost di diversa origine (da letame, fanghi di depurazione, rifiuti domestici ecc). In tal caso, per l'indicatore biomassa microbica è stata evidenziata una frequenza di risposta in aumento per il 77% dei lavori mentre il 23% ha evidenziato una diminuzione. La diversità funzionale ha registrato valori in aumento rispetto al controllo per l'80% dei lavori, e nel restante 20% dei casi una diminuzione. Simili risposte sono state prodotte per la respirazione basale con valori in aumento rispetto al controllo per il 75% dei lavori e valori in diminuzione per il 25% dei casi. Il quoziente metabolico ha mostrato una frequenza relativa in aumento nel 45%, una risposta invariata nel 33% e una diminuzione nel 22% dei casi rispetto al controllo.

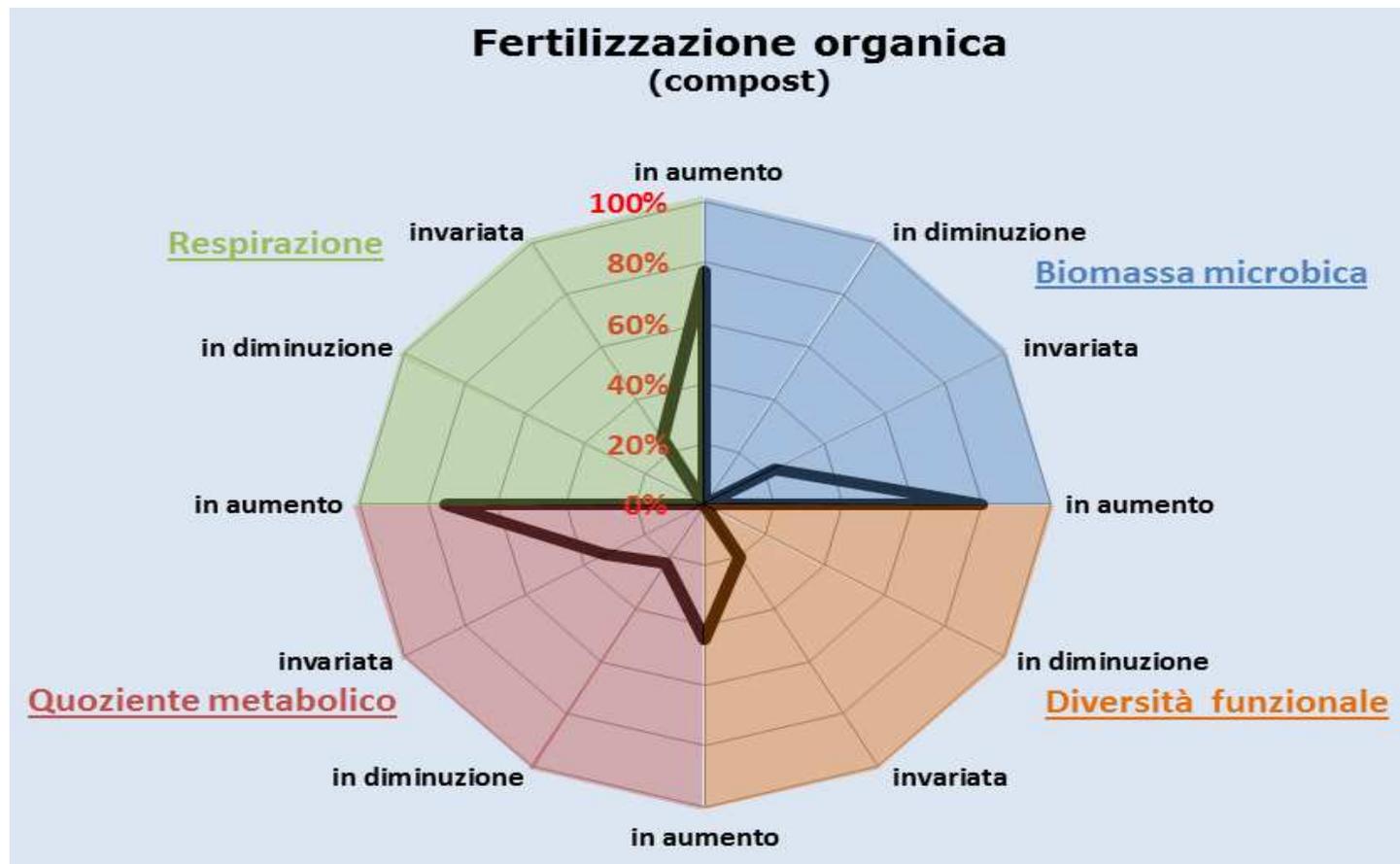


Figura 4.10 Frequenza relativa percentuale delle risposte degli indicatori biologici (biomassa microbica, diversità funzionale, respirazione, quoziente metabolico-  $qCO_2$ ) rispetto al trattamento di controllo in suoli sottoposti a fertilizzazione organica con compost di diversa origine

## 4.2 Meta-analisi categorica per sintetizzare la risposta generale degli indicatori alla fertilizzazione azotata minerale, organica e mista, e le fonti di variabilità.

### 4.2.1. Biomassa microbica

La meta-analisi ha stimato una variazione positiva della biomassa microbica (aumento) significativa, in risposta all'applicazione di fertilizzante azotato nelle diverse forme (minerale, organico e misto), con un valore percentuale medio del 35% circa (Gran mean of effect size  $\Delta_{media}$ ) (Tabella 4.1; Fig 4.11).

Tabella 4.1: Response ratio cumulativo medio ( $\Delta_{media}$ ), intervallo di confidenza al 95% (95% CI), ed eterogeneità totale ( $Q_t$ ) per la biomassa microbica.

Indicatore	n	ln(R)	95% CI	$Q_t$
Biomassa microbica	47	0.30	0,23-0,37	180,48***

Risposta all'aggiunta di fertilizzanti azotati (minerali, organici e misti) rispetto ad un controllo non fertilizzato. Per ln(R), i valori contrassegnati con asterisco risultano significativamente differenti dal controllo; per  $Q_t$ , i valori contrassegnati con asterisco risultano significativamente più elevati di quanto atteso in caso di effect size (response ratio) dei singoli studi ( $E_i$  o  $R_i$ ) omogenei, ponendo la necessità di indagare le variabili potenzialmente responsabili (predictors o moderators), mediante una meta-analisi categoriale.

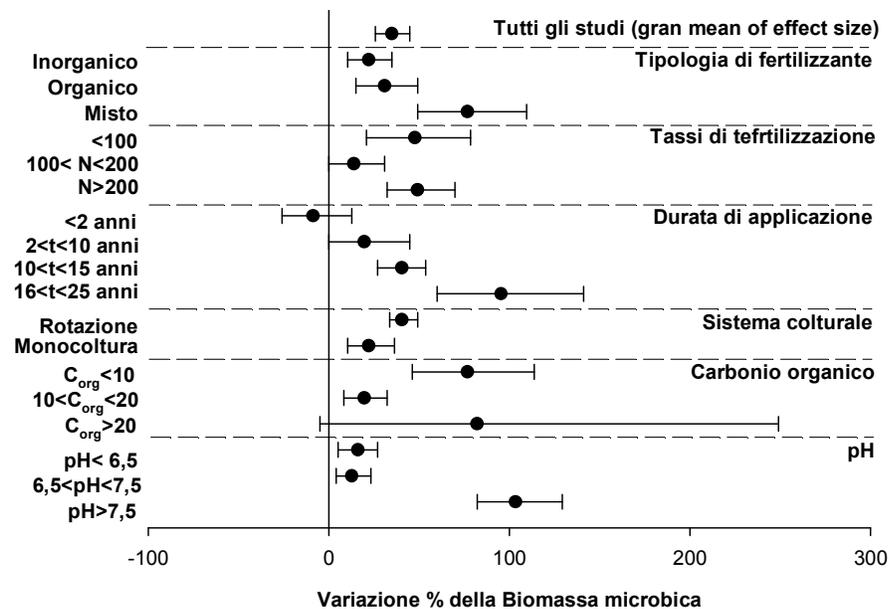


Figura 4.11 Variazione percentuale della biomassa microbica in risposta alla fertilizzazione azotata, minerale, organica e mista ( $\Delta_{media}$ ), e fonti di variabilità chiave influenzanti la risposta (Effecte size per i vari livelli individuati per ciascuna variabile). Controllo = assenza di fertilizzazione. L'effect size si ritiene significativo nel caso in cui il relativo intervallo di confidenza al 95% (95%CI) non sia esteso fino allo zero. Le differenze negli effect size medi relativi ai diversi cluster individuati per ciascuna variabile, sono ritenute significative nel caso in cui i relativi 95%CI non siano sovrapposti.

Tutte le variabili indagate relative alla gestione della fertilizzazione azotata (tipologia di fertilizzante, quantità di N applicato e durata delle applicazioni) e ad alcune caratteristiche del suolo (pH e carbonio organico), si sono rivelate fonti significative di variazione nella risposta della biomassa microbica alla fertilizzazione azotata (Tabella 4.2; Fig.4.11).

**Tabella 4.2: Varianza inter-gruppo ( $Q_b$ ) relativa alla variazione di biomassa microbica, in risposta all'aggiunta di fertilizzanti minerali, organici e misti in suoli agricoli non fertilizzati (controllo). Le varianze  $Q_b$  marcate con asterischi influenzano significativamente l'eterogeneità totale  $Q_t$  associata al Response ratio medio ( $R_{medio}$ ) di ciascun indicatore (Tabella 4.1), consentendo l'individuazione delle variabili maggiormente influenzanti.**

Variabile	Indicatore	
	K	$Q_b$
<i>Management fertilizzazione azotata</i>		
Tipologia di F	46	16,88***
Tassi fertilizzazione	42	11,26**
Durata di applicazione	45	43,04***
<i>Management della coltura</i>		
Sistema colturale	44	6,21
<i>Caratteristiche del suolo</i>		
C. Organico del suolo	40	20,08***
pH del suolo	44	90,2***

k= gradi di libertà

\* P< 0.05; \*\* P< 0.001; \*\*\*P< 0.0001

Diversamente, la gestione colturale (monocolture o rotazione), non influenzano significativamente la risposta della biomassa microbica (Tabella 4.2).

In relazione alla tipologia del fertilizzante azotato (Fig. 4.11), l'effect size associato all'uso dei fertilizzanti minerali ( $\Delta_{media\ min}$ ) si assesta intorno al 22%, non discostandosi significativamente dalla media generale ( $\Delta_{media}$ ). L'uso dei fertilizzanti organici e della fertilizzazione mista determina un incremento dell'effect size del 32% per i fertilizzanti organici ( $\Delta_{org}$ ) e del 77% per la fertilizzazione mista ( $\Delta_{mix}$ ). La variazione associata all'applicazione congiunta di fertilizzante minerale e organico ( $\Delta_{mix}$ ) si discosta significativamente sia dalla variazione percentuale associata all'uso degli altri fertilizzanti ( $\Delta_{min}$ ) e ( $\Delta_{org}$ ), che da quella media ( $\Delta_{media}$ ) riferita a tutti gli studi.

Ad ogni modo è opportuno evidenziare che nell'ambito della fertilizzazione organica è stato evidenziato un effect size molto negativo (-0,27 dato non riportato) quando la fertilizzazione era riferita a lettiera avicola (pollina).

#### ***4.2.1.1. Risposta della biomassa microbica ai tassi di fertilizzazione azotata***

L'analisi applicata alla risposta della biomassa microbica in funzione dei tassi di fertilizzazione azotata nella forma minerale, organica e mista ( $\text{Kg N h}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ), ha rilevato in generale un effect size positivo rispetto al controllo (non significativo per tassi di applicazione compresi nel range  $100\text{-}200 \text{ Kg N h}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ). La quantità di N aggiunto è una fonte significativa di variabilità della risposta media cumulativa ( $\Delta_{\text{media}}$ ), seppur con valori di  $Q_b$  meno elevati (Tabella 4.2). Tuttavia non emerge un trend chiaro di risposta dell'indicatore all'aumentare della quantità di N applicato (Fig. 4.11), In dettaglio l'effect size associato a tassi minori di  $100 \text{ Kg N h}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ( $\Delta_{100}$ ) mostra un incremento di biomassa microbica del 48% circa rispetto al suolo controllo; a tassi compresi tra  $100\text{-}200 \text{ Kg N h}^{-1} \text{ a}^{-1}$  l'effect size ( $\Delta_{100\text{-}200}$ ) si mantiene intorno al 13% circa, infine a tassi di applicazione superiori ai  $200 \text{ Kg N h}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , l'effect size ( $\Delta_{200}$ ) si dispone intorno al 50%.

#### ***4.2.1.2 Risposta della biomassa microbica ai tempi di applicazione della fertilizzazione azotata.***

La meta-analisi ha evidenziato un incremento medio della biomassa microbica all'aumentare della durata di applicazione del fertilizzante (Figura 4.11 e Tabella 4.2), fatta eccezione per tempi di somministrazione inferiori ai due anni, ai quali si associano valori negativi dell'effect size, anche se non significativi. La risposta della biomassa microbica appare significativamente in aumento per periodi di applicazione superiori a 10 anni (+40,5%), anche con valori consistentemente più elevati della risposta media cumulativa  $\Delta_{\text{media}}$  per tempi di somministrazione superiori ai 16 anni (+95,4%).

#### ***4.2.1.3 Risposta della biomassa microbica alla fertilizzazione azotata in funzione del carbonio organico del suolo.***

La biomassa microbica ha mostrato costantemente una risposta positiva, rispetto al controllo non fertilizzato, per tutti i limiti considerati nello studio di concentrazione di carbonio organico del suolo (Fig.4.11), rivelandosi all'analisi una delle variabili maggiormente influenzanti la dinamica della biomassa microbica a seguito della fertilizzazione azotata (Tabella 4.2).

La risposta più significativa è stata evidenziata in corrispondenza del limite più basso di concentrazione di  $C_{\text{org}}$  del suolo, mentre si è presentata meno netta e significativa al passaggio verso i limiti più elevati. In dettaglio l'effect size risultava significativamente più elevato, + 77% circa, per quantità di carbonio organico del suolo inferiori ai 10 g

kg<sup>-1</sup>; appariva analogamente significativo per i limiti tra 10 >C<sub>org</sub>> 20 g kg<sup>-1</sup>, anche se con un incremento del 20% circa. Diversamente a quantità di carbonio organico superiori ai 20 g kg<sup>-1</sup> di suolo, l'effect size pur essendo dell'80% circa, non appariva significativo a causa dell'elevata variabilità dei risultati sperimentali.

#### 4.2.1.4 Risposta della biomassa microbica alla fertilizzazione azotata in funzione del pH del suolo.

La meta-analisi compiuta sui lavori selezionati ha evidenziato il ruolo primario del pH del suolo nell'incidere sull'entità della risposta della biomassa microbica all'applicazione dei fertilizzanti azotati (Tabella 4.2). L'effect size è apparso significativamente positivo per tutti i limiti di pH indagati. Nel dettaglio, si nota un aumento della biomassa microbica più marcato al passaggio dai valori di pH sub-acido ( $\Delta_{media\_sub-acido}$ ) e neutro ( $\Delta_{media\_neutro}$ ) (12% e 16% per  $\Delta_{media\_sub-acido}$  e  $\Delta_{media\_neutro}$ , rispettivamente) a quello sub-alcalino ( $\Delta_{media\_sub-alcalino}$ ) che si assesta su valori prossimi al 31%, discostandosi in maniera significativa sia dalla media generale (gran mean of effect size,  $\Delta_{media}$ ), che dall'effect size registrati per limiti di pH sub-acido e neutro. (Figura 4.11 e Tabella 4.2).

#### 4.2.2 Respirazione basale, Quoziente metabolico (qCO<sub>2</sub>) e Diversità funzionale

Sottoponendo ad analisi meta-analitica tutti risultati degli studi selezionati (Appendice A), emerge un quadro di risposte non significative o poco significative degli indicatori Respirazione basale, Quoziente metabolico e Diversità funzionale all'applicazione della fertilizzazione azotata (Tabella 4.3).

Tabella 4.3: Response ratio cumulativo medio ( $R_{medio}$  o  $E_c$  o  $\Delta_{media}$ ), intervallo di confidenza al 95% (95% CI), ed eterogeneità totale ( $Q_t$ ) per respirazione, diversità funzionale, quoziente metabolico (QCO<sub>2</sub>).

Indicatore	n <sup>a</sup>	ln(R)	95% CI	Q <sub>t</sub>
Respirazione	24	0,14	-0,01-0,29	19,07
Diversità Funzionale	40	0,07*	0,05-0,08	31,57 *
QCO <sub>2</sub>	23	-0,13	-0,28-0,01	35,23

Risposta all'aggiunta di fertilizzanti azotati (minerali, organici e misti) rispetto ad un controllo non fertilizzato. Per ln(R), i valori contrassegnati con asterisco risultano significativamente differenti dal controllo; per Q<sub>t</sub>, i valori contrassegnati con asterisco risultano significativamente più elevati di quanto atteso in caso di effect size (response ratio) dei singoli studi (E<sub>i</sub> o R<sub>i</sub>) omogenei, ponendo la necessità di indagare le variabili potenzialmente responsabili (predictors o moderators), mediante una meta-analisi categoriale.

**Tabella 4.4: Varianza inter-gruppo ( $Q_b$ ) relativa alla variazione di diversità funzionale, respirazione e quoziente metabolico, in risposta all'aggiunta di fertilizzanti minerali, organici e misti in suoli agricoli non fertilizzati (controllo). Le varianze  $Q_b$  marcate con asterischi influenzano significativamente l'eterogeneità totale  $Q_t$  associata al Response ratio medio ( $R_{medio}$ ) di ciascun indicatore (Tabella 6.1), consentendo l'individuazione delle variabili maggiormente influenzanti.**

Variabile	Indicatore					
	Diversità funzionale		Respirazione basale		Quoziente metabolico	
	k	$Q_b$	K	$Q_b$	k	$Q_b$
<i>Management fertilizzazione azotata</i>						
Tipologia di F	36	6,30	23	2,63	22	1,62
Tassi fertilizzazione	36	5,22	22	5,74	22	5,85
Durata di applicazione	37	24,28	23	2,83	22	32,5
<i>Management della coltura</i>						
Sistema colturale	36	0,75	23	0,43	18	6,04
<i>Caratteristiche del suolo</i>						
C. Organico del suolo	20	3,02	13	2,43	//	//
pH del suolo	38	5,21	18	5,10	19	1,90

k= gradi di libertà

\* P< 0.05; \*\* P< 0.001; \*\*\*P< 0.0001

La risposta della respirazione basale, all'applicazione del fertilizzante azotato, minerale e organico (Tabella 4.3, Fig.4.12), mostra una variazione percentuale media (gran mean of effect size,  $\Delta_{media}$ ) positiva contenuta (circa il 15%) e non significativa. Anche l'eterogeneità totale  $Q_t$  non è risultata significativa (Tabella 4.3), e di fatto nessuna delle variabili clusterizzate, sia relativamente al management della fertilizzazione azotata (tipologia di fertilizzante, tassi di applicazione e durata di applicazione) che alle caratteristiche del suolo (pH e carbonio organico), è apparsa influenzare significativamente la risposta della respirazione alla fertilizzazione azotata (Tabella4.4).

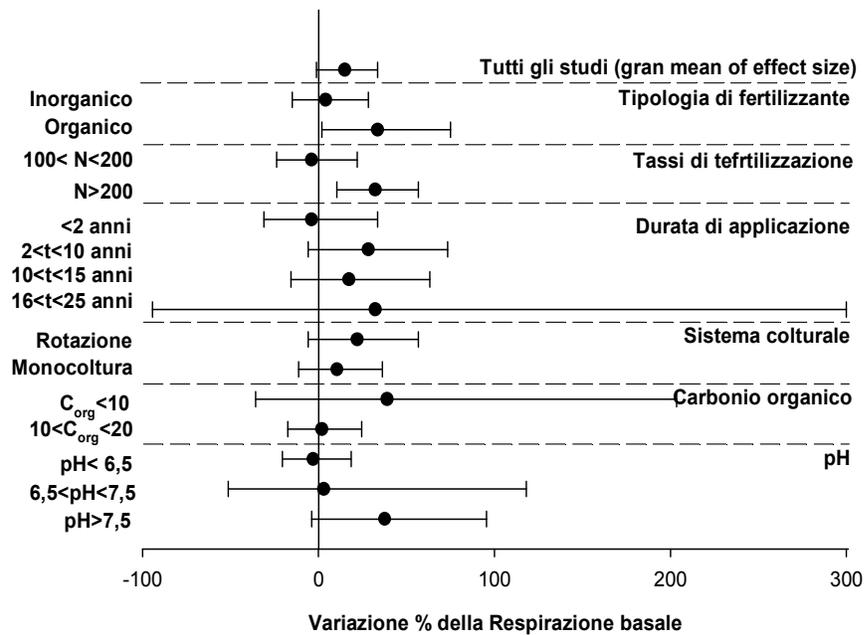
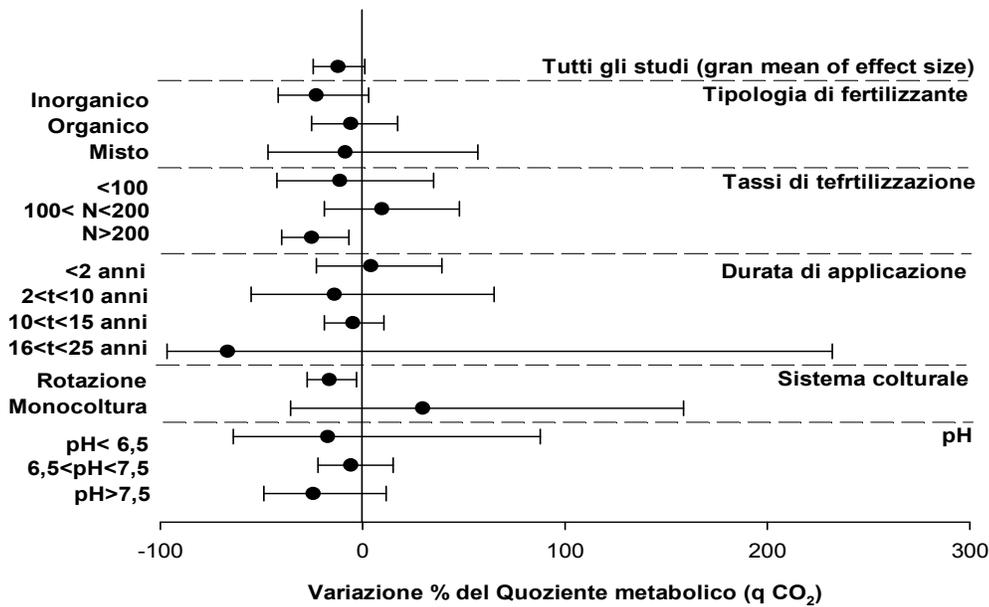


Figura 4.12 Variazione percentuale della Respirazione basale in risposta alla fertilizzazione azotata, minerale ed organica ( $R_{medio}$  o  $E_c$  o  $\Delta_{media}$ ), e fonti di variabilità chiave influenzanti la risposta (Effect size per i vari livelli individuati per ciascuna variabile). Controllo = assenza di fertilizzazione. L'effect size si ritiene significativo nel caso in cui il relativo intervallo di confidenza al 95% (95%CI) non sia esteso fino allo zero. Le differenze negli effect size medi relativi ai diversi cluster individuati per ciascuna variabile, sono ritenute significative nel caso in cui i relativi 95%CI non siano sovrapposti. Per le variabili Tipologia di fertilizzazione e  $C_{org}$  i clusters Misto e  $C_{org} < 10$ , sono stati esclusi dall'analisi per scarsa rappresentatività numerica.

Anche per il quoziente metabolico, si è rilevata una variazione percentuale media (gran mean of effect size,  $\Delta_{media}$ ) non significativa (circa -12%), in risposta all'applicazione di fertilizzante azotato, minerale, organico e misto (Tabella 4.3, Fig.4.13). L'eterogeneità totale  $Q_t$  si presenta non riconducibile all'effetto delle variabili chiave individuate in relazione al management della fertilizzazione azotata (tipologia di fertilizzante, tassi di applicazione e durata di applicazione) e alle caratteristiche del suolo (pH e carbonio organico) (Tabella 4.3 e Tabella 4.4).



**Figura 4.13** Variazione percentuale del quoziente metabolico microbico in risposta alla fertilizzazione azotata, minerale, organica e mista (Effect size cumulativo), e fonti di variabilità chiave influenzanti la risposta (Effect size per i vari livelli individuati per ciascuna variabile). Controllo = assenza di fertilizzazione. L'effect size si ritiene significativo nel caso in cui il relativo intervallo di confidenza al 95% (CI 95%) non sia esteso fino allo zero. Le differenze negli effect size medi relativi ai diversi cluster individuati per ciascuna variabile, sono ritenute significative nel caso in cui i relativi CI95% non siano sovrapposti.

Per la diversità funzionale è stata evidenziata una variazione percentuale media (gran mean of effect size,  $\Delta_{media}$ ) positiva del 7% circa e significativa in risposta all'applicazione di fertilizzante azotato, minerale, organico e misto (Tabella 4.3, Fig 4.14).

Similmente a quanto emerso per la biomassa microbica, l'entità della risposta è risultata significativamente modulata dalle variabili chiave relative al management della fertilizzazione azotata (tipologia di fertilizzante, tassi di applicazione e durata di applicazione) e alle caratteristiche del suolo (pH e carbonio organico) (Tabella 4.4).

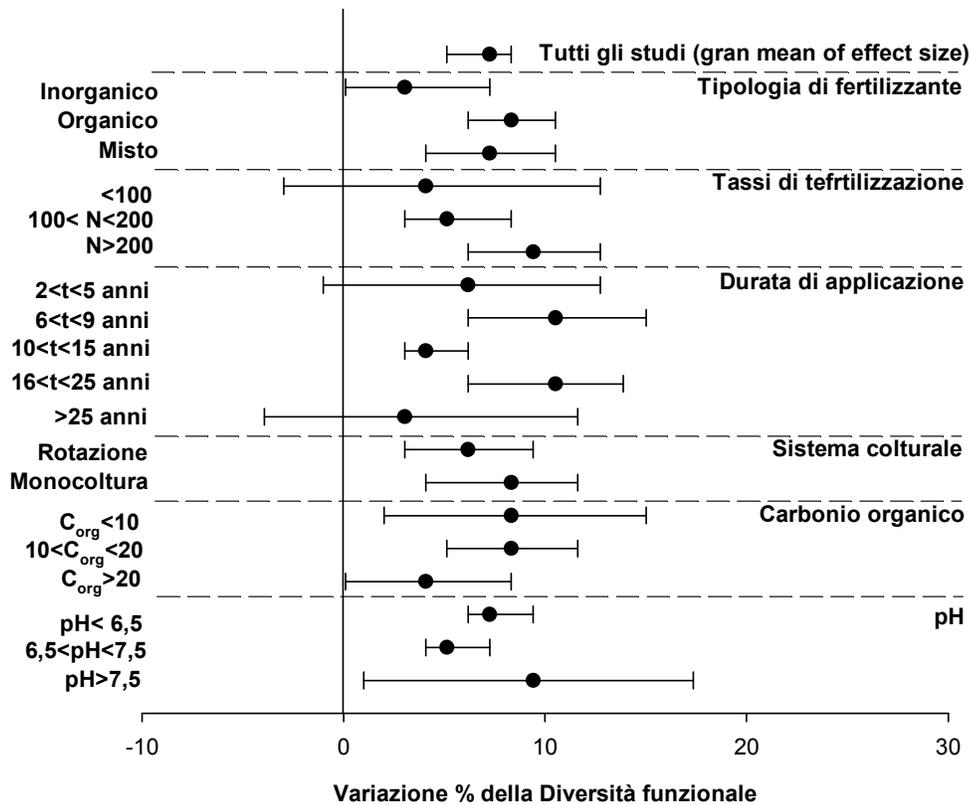


Figura 4.14 Variazione percentuale della diversità funzionale microbica in risposta alla fertilizzazione azotata, minerale, organica e mista (Effect size cumulativo), e fonti di variabilità chiave influenzanti la risposta (Effect size per i vari livelli individuati per ciascuna variabile). Controllo = assenza di fertilizzazione. L'effect size si ritiene significativo nel caso in cui il relativo intervallo di confidenza al 95% (CI 95%) non sia esteso fino allo zero. Le differenze negli effect size medi relativi ai diversi cluster individuati per ciascuna variabile, sono ritenute significative nel caso in cui i relativi CI95% non siano sovrapposti.

#### 4.2.3 Risposta della Biomassa microbica alla sostituzione del fertilizzante azotato minerale con fertilizzanti organici e fonti di variabilità chiave influenzanti la risposta (Categorical Meta-analyses).

Come desumibile dalla consultazione congiunta della Tabella 4.5 e della Figura 4.15, l'approccio meta-analitico ha evidenziato una variazione percentuale media positiva significativa (Gran mean of effect size  $\Delta_{media}$ ) di circa il 24% dell'indicatore biomassa microbica in risposta alla sostituzione del fertilizzante minerale azotato con input organici. L'eterogeneità totale  $Q_t$  associata all'effect size cumulativo è risultata significativa (Tabella 4.5) e di fatto la risposta dell'indicatore si è mostrata significativamente influenzata dalla natura del fertilizzante organico aggiunto e dalla durata di applicazione, oltre che dal pH del suolo (Tabella 4.6).

Tabella 4.5: Response ratio cumulativo ( $R_{medio}$ ), con relativo intervallo di confidenza al 95% (95% CI) ed eterogeneità totale ( $Q_t$ ) della Biomassa microbica.

Indicatore	n <sup>a</sup>	ln(R)	95% CI	$Q_t$
Biomassa microbica	12	0,21*	0,09-0,33	74,78**

Risposta alla sostituzione di fertilizzanti azotati minerali, con fertilizzanti organici in suoli agricoli (controllo fertilizzato con N minerale). Per ln(R), i valori contrassegnati con asterisco risultano significativamente differenti dal controllo; per  $Q_t$ , i valori contrassegnati con asterisco risultano significativamente più elevati di quanto atteso in caso di effect size (response ratio) dei singoli studi ( $E_i$  o  $R_i$ ) omogenei, ponendo la necessità di indagare le variabili potenzialmente responsabili (predictors o moderators), mediante una Meta-analisi categoriale.

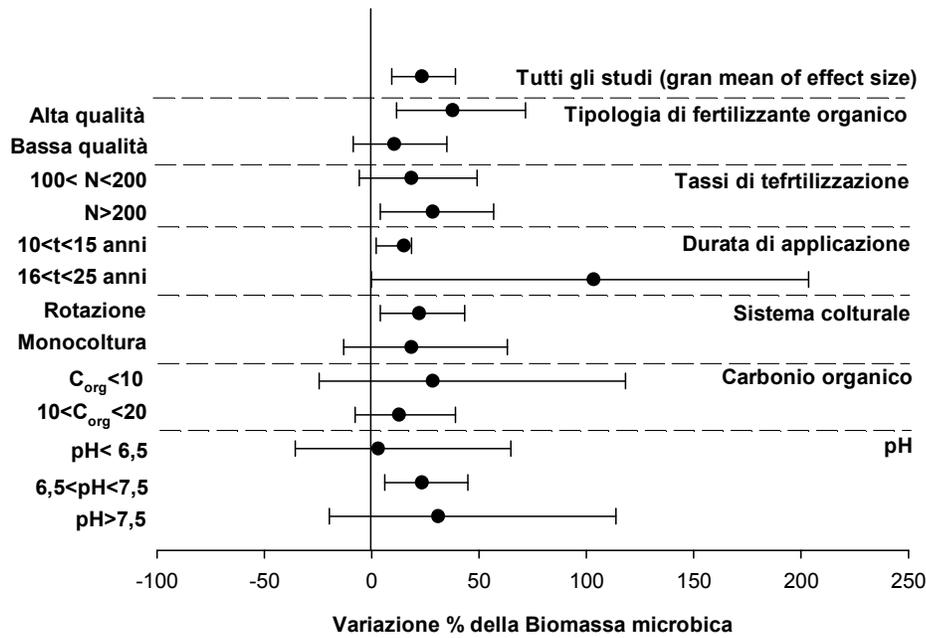


Figura 4.15 Variazione percentuale della Biomassa microbica in risposta alla sostituzione della fertilizzazione azotata minerale con fertilizzanti organici in suoli agricoli ( $R_{medio}$  o  $E_c$  o  $\Delta_{media}$ ), e fonti di variabilità chiave influenzanti la risposta (Effect size per i vari livelli individuati per ciascuna variabile). Controllo = fertilizzazione minerale. L'effect size si ritiene significativo nel caso in cui il relativo intervallo di confidenza al 95% (95%CI) non sia esteso fino allo zero. Le differenze negli effect size medi relativi ai diversi cluster individuati per ciascuna variabile, sono ritenute significative nel caso in cui i relativi 95%CI non siano sovrapposti.

**Tabella 4.6: Varianza inter-gruppo (Qb) relativa alla variazione della biomassa microbica in risposta alla sostituzione della fertilizzazione azotata minerale con fertilizzanti organici in suoli agricoli. Controllo = fertilizzazione minerale .Le varianze Qb marcate con asterischi influenzano significativamente l'eterogeneità totale Qt associata al Response ratio medio (Rmedio) di ciascun indicatore (Tabella 4.5), consentendo l'individuazione delle variabili maggiormente influenzanti.**

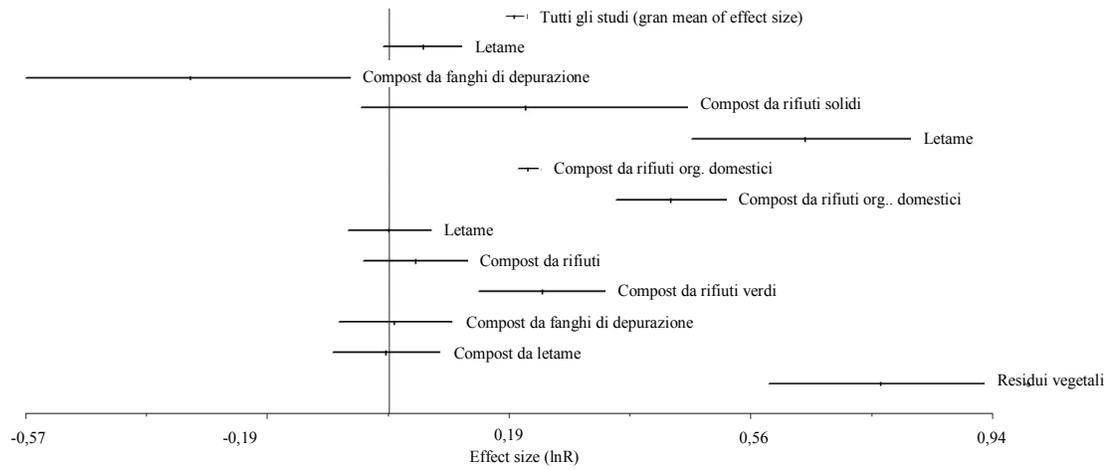
Variabile	k	Indicatore
		Biomassa microbica Q <sub>b</sub>
<i>Management fertilizzazione azotata</i>		
Tipologia di F	11	4,202*
Tassi fertilizzazione	10	0,434
Durata di applicazione	8	21,58***
<i>Management della coltura</i>		
Sistema colturale	11	24,54
<i>Caratteristiche del suolo</i>		
C. Organico del suolo	9	0,736
pH del suolo	11	2,6*

k= gradi di libertà

\* P< 0.05; \*\* P< 0.001; P< 0.0001

In dettaglio (Figura 4.16), in merito alla tipologia dei fertilizzanti organici applicati, nel caso degli input di qualità (compost da rifiuti verdi, residui vegetali, ecc...) si registra un incremento significativo della biomassa microbica  $R_{org+qualità}$  di circa il 40%, (seppur non significativamente differente da  $R_{medio}$ ), mentre a seguito dell'applicazione di ammendanti di minor qualità quali letame, compost da rifiuti solidi urbani, da fanghi di depurazione, ecc..) si registra una risposta della biomassa microbica ( $R_{org-qualità}$ ) più contenuta (+11%), inferiore (seppur in maniera non statisticamente significativa) sia rispetto a  $R_{medio}$  che  $R_{org+qualità}$ . L'effect size più ampio risulta associato al reintegro di nutrienti al suolo mediante sovescio di residui vegetali.

All'opposto, per il compost prodotto a partire dai fanghi di depurazione, si osserva anche una riduzione significativa netta della biomassa microbica a seguito della fertilizzazione (Figura 4.16).



**Figura 4.16** Variazione percentuale della Biomassa microbica in risposta alla sostituzione della fertilizzazione azotata minerale con fertilizzanti organici in suoli agricoli ( $R_{medio}$  o  $E_c$  o  $\Delta_{media}$ ), ed effect size (Ei) relativi ai alle differenti tipologie di fertilizzante organico aggiunto.. Controllo = fertilizzazione minerale. L'effect size si ritiene significativo nel caso in cui il relativo intervallo di confidenza al 95% (95%CI) non sia esteso fino allo zero. Le differenze negli effect size medi relativi ai diversi cluster individuati per ciascuna variabile, sono ritenute significative nel caso in cui i relativi 95%CI non siano sovrapposti.

## CAPITOLO V

### DISCUSSIONI

La sintesi dei dati di letteratura mediante la vote-counting non ha evidenziato una chiara tendenza ed un pattern comune nella risposta dei diversi indicatori considerati (biomassa microbica, diversità funzionale, quoziente metabolico e respirazione) ai diversi trattamenti azotati. L'approccio più dettagliato della meta-analisi ha confermato il risultato della vote-counting, evidenziando solo per la biomassa microbica una tendenza significativa all'aumento in funzione della fertilizzazione (Tabelle 4.1; 4.2; Fig. 4.11). La diversità funzionale ha mostrato una blanda tendenza, scarsamente significativa, all'aumento in funzione dei trattamenti azotati (Tabelle 4.3, 4.4; Fig. 4.14). Nessuna tendenza significativa è stata evidenziata per il quoziente metabolico e la respirazione basale.

L'entità della risposta della biomassa microbica è apparsa influenzata dal management della fertilizzazione (tipologia di fertilizzante, tassi e durata di applicazione) e da variabili chiave del suolo (pH e  $C_{org}$ ) tutte in grado di modulare le dinamiche del metabolismo e della crescita delle popolazioni microbiche. Mentre la gestione colturale (monocolture o rotazione), non sembra influenzare significativamente la risposta della biomassa microbica.

L'indagine meta-analitica ha evidenziato che, in relazione alla tipologia del fertilizzante azotato impiegato, si ha un crescente aumento della risposta della biomassa microbica con valori dell'effect size medio che vanno, da +22% ( $\Delta_{media\ min}$ ) per la fertilizzazione minerale a valori di +32% circa per i fertilizzanti organici ( $\Delta_{org}$ ) e +77% per la fertilizzazione mista ( $\Delta_{mix}$ ). Tali evidenze appaiono in linea con i risultati di un recente lavoro di meta-analisi (Kallenbach & Grandy, 2011), focalizzato sullo studio della dinamica della biomassa microbica a seguito della fertilizzazione organica in suoli agricoli, che ha evidenziato un incremento medio positivo significativo della biomassa microbica (circa +36%), significativamente modulato da variabili chiave inerenti la

gestione del fertilizzante e le condizioni pedo-climatiche, e scarsamente influenzato dalla tipologia di sistema colturale, ovvero da tipologia di coltura e sistemi di rotazione.

Relativamente alla quantità di fertilizzante azotato aggiunto al suolo non emerge un trend chiaro della biomassa microbica all'aumentare dei quantitativi di fertilizzante applicato (Fig. 4.11). L'analisi ha comunque individuato la quantità di azoto aggiunto come una fonte significativa di variabilità della risposta media cumulativa ( $\Delta_{media}$ ), con valori di  $Q_b$  meno elevati rispetto alle altre variabili (Tabella 4.2). Tali evidenze suggeriscono che la quantità del fertilizzante applicato, possa influenzare in minor misura la variazione di biomassa microbica del suolo a fronte di altre variabili quali la qualità dell'input azotato (inorganico, organico e misto) e la sua durata di applicazione (Figura 4.11 e Tabella 4.2).

La meta-analisi ha evidenziato un considerevole e significativo aumento della biomassa microbica (+77%) in seguito all'apporto congiunto di fertilizzanti organici e minerali. L'effetto amplificato della fertilizzazione mista rispetto a quella puramente organica è verosimilmente riconducibile all'effetto congiunto:

- dell'input di fertilizzanti minerali prontamente assimilabili, che soddisfacendo il fabbisogno di nutrienti per la crescita delle colture, promuovono l'attività metabolica e l'aumento della biomassa microbica attraverso la produzione di essudati radicali (Zhong et al., 2010);
- dell'input di ammendanti organici, che determinano sia un apporto diretto di microrganismi al suolo (es. compost), sia una crescita delle comunità microbiche presenti, in virtù dell'aumentata disponibilità di substrati carboniosi (Pascual et al, 1997; Garcia et al, 1998;. Stamatidis *et al.*, 1999; Garcia-Gil *et al.*, 2000;. Ros *et al.*, 2003a) e della stimolazione della sintesi batterica di enzimi idrolitici nel suolo (Guo et al. 2010).

La risposta della biomassa microbica è inoltre apparsa significativamente influenzata dai tempi di applicazione, mostrando un aumento per periodi di applicazione superiori a 10 anni (+40,5%), anche con valori consistentemente più elevati della risposta media cumulativa  $\Delta_{media}$  per tempi di somministrazione superiori ai 16 anni (+95,4%). Diversamente, in relazione all'applicazione prolungata di fertilizzanti azotati minerali,

non si evidenzia in letteratura, un pattern di risposta chiaro della biomassa microbica, per la quale si registrano nel lungo termine incrementi molto più contenuti rispetto a quanto rilevabile, a parità di N applicato, con la somministrazione di fertilizzanti organici e/o misti (Zhang et al., 2009). Ciò perché a seguito della rapida crescita delle colture e del conseguente rapido uptake di azoto, la fertilizzazione minerale può non tradursi in un aumento della biomassa microbica. Infatti il sequestro di azoto da parte della coltura, unitamente a perdite dal sistema per run-off e lisciviazione, rende l'azoto meno disponibile per i microrganismi del suolo, instaurando fenomeni di competizione, che possono anche portare a ridimensionamenti della popolazione microbica e dell'annessa respirazione (Moscatelli et al., 2005).

La quantità di carbonio organico del suolo è risultata essere una variabile con un'influenza significativa sulla biomassa microbica. La risposta più significativa viene evidenziata in corrispondenza dei valori più bassi di  $C_{org}$  del suolo ( $< 10\text{ g kg}^{-1}$ ), suggerendo una risposta all'accrescimento della biomassa microbica di tipo r stratega in condizioni di disponibilità di azoto. Diversamente a quantità di carbonio organico superiori ai  $20\text{ g kg}^{-1}$  di suolo, l'effect size pur essendo dell'80 % circa, appare non significativo a causa dell'elevata variabilità delle risposte.

L'entità delle risposte della biomassa microbica alla fertilizzazione organica in sostituzione degli input di N minerale, si è mostrata più circoscritta di quanto evidenziato da Kallenbach & Grandy (2011) e rispetto alla risposta della biomassa microbica valutata in questo studio a seguito dell'apporto di fertilizzanti azotati. Ciò è probabilmente imputabile anche al numero più esiguo di dati in ingresso alla meta-analisi, ovvero rispondenti ai requisiti reimpostati (paragrafo 3.2.1).

I risultati (Figura 4.15; tabella 4.5) mostrano un incremento significativo della biomassa microbica:

- per tassi maggiori di somministrazione dei fertilizzanti organici, anche in questo caso accompagnata da una maggiore significatività;
- per tempi più prolungati di applicazione
- all'aumentare del pH, con effect size significativo solo per valori prossimi alla neutralità.

- al passaggio da fertilizzanti di minore qualità a fertilizzanti di maggior qualità, in questo caso accompagnata anche da una maggiore significatività.

I risultati (Figura 4.16) hanno anche evidenziato un ruolo inibitore di alcune categorie di ammendante organico, particolarmente evidente per i fanghi di depurazione e con delle risposte altamente variabili per il compost di varia natura e origine. Nel caso degli input di residui organici di qualità (compost da rifiuti verdi, residui vegetali, ecc.) si è evidenziata una netta risposta all'incremento. Queste risposte sono ovviamente il risultato della qualità del materiale aggiunto e del materiale organico sottoposto al processo di compostaggio. Compost proveniente da materiale organico di bassa qualità (ad esempio il compost da fanghi di depurazione o da rifiuti solidi urbani o da letame non sottoposto ad adeguati processi di condizionamento e maturazione) è caratterizzato da un elevato contenuto di metalli pesanti che possono influenzare negativamente i processi microbici, con effetti perduranti anche per molti anni dopo la cessazione dell'applicazione (Abaye et al. 2005), in funzione della persistenza prolungata dei contaminanti nel suolo (McLaughlin *et al.*, 2000). I fanghi di depurazione hanno anche un salinità superiore rispetto ai residui ligno-cellulosici, i sali possono accumularsi nel suolo con applicazioni ripetute (Hao Chang, 2003; Usman *et al.*, 2004) influenzando negativamente la comunità microbica.

L'analisi compiuta in questo lavoro ha evidenziato che gli indicatori esaminati dai lavori selezionati, non hanno mostrato una tendenza univoca ed un pattern correlabile. Le motivazioni di tale risultato è da ricondursi ad una notevole incertezza nella misura quantitativa degli indicatori a causa della elevata complessità del sistema.

Le figure (5.1;5.2;5.3) rappresentano dei modelli concettuali che sono stati generati dai risultati dei lavori selezionati e descrivono le relazioni causa-effetto sugli indicatori. Il quadro che ne emerge è una complessa relazione funzionale degli indicatori con i diversi parametri del suolo che sono influenzati direttamente ed indirettamente dalla fertilizzazione azotata. Alcuni dei risultati ottenuti dai diversi articoli visionati sono in accordo con la meta-analisi condotta in questo studio.

Una tendenza diffusamente registrata, anche ampiamente documentata dalla letteratura precedente, è la diminuzione dei valori di pH nei suoli trattati con fertilizzanti minerali

con una diminuzione degli indicatori biologici. Mentre i suoli sottoposti ad ammendamento organico e fertilizzazione mista a tamponavano le variazioni della concentrazione idrogenionica. Laddove non è stata osservata una variazione di pH, l'input azotato ha determinato un incremento della biomassa microbica e della risposta metabolica (respirazione e quoziente metabolico), e tale aumento è tanto maggiore quanto più grande era la carenza di azoto nel suolo.

La maggior parte dei lavori ha evidenziato per i trattamenti organici un aumento della biomassa microbica, mentre un minor numero di lavori per gli stessi trattamenti ha correlato cambiamenti nella struttura e nelle funzioni della comunità microbica. Molti studi hanno motivato gli effetti benefici del trattamento organico ad un miglioramento della disponibilità idrica e di disponibilità dei nutrienti (lento rilascio).

I lavori hanno proposto un duplice effetto della biomassa coltivata sulla comunità microbica: 1) un maggiore sequestro di azoto da parte della coltura che rende l'azoto meno disponibile per i microrganismi del suolo (competizione per l'azoto), ed un conseguente calo nella dimensione della popolazione microbica e della respirazione; 2) un aumento della biomassa vegetale epigea può produrre alte rizodeposizioni che forniscono al suolo maggiori quantità di carbonio disponibile.

Le risposte in aumento o in diminuzione del quoziente metabolico in funzione dell'input azotato sono state motivate da diverse cause, con un quadro complessivo che è apparso poco chiaro. La stessa meta-analisi non ha evidenziato un trend evidente. Un fattore importante che sembra influenzare il  $qCO_2$  è il rapporto funghi/batteri, infatti, un incremento della biomassa microbica porta ad un basso valore di quoziente metabolico; ciò potrebbe indicare la predominanza di microrganismi "non metabolicamente attivi" e/o di organismi più efficienti (funghi), possibilmente indotta dalla diversa natura e qualità dei substrati organici disponibili (Wardle and Ghani 1999; Nsabimana *et al.*, 2004). I pochi lavori che hanno registrato un incremento del quoziente metabolico lo hanno motivato come una risposta della comunità microbica alle condizioni avverse (monocoltura, acidificazione, elevate concentrazioni di metalli pesanti). Alcuni lavori descrivono un contributo dell'aggiunta degli ammendati organici alla riduzione del quoziente metabolico. Tale decremento viene attribuito ad una maggiore efficienza

nell'utilizzo dei substrati carboniosi, dovuti ad una maggiore disponibilità di carbonio che potrebbe tamponare situazioni di stress.

Una tendenza descritta da diversi autori è la variazione del quoziente metabolico in condizioni di grande disponibilità di nutrienti, che è il riflesso dei cambiamenti nella struttura delle comunità microbiche tra le specie R-strategie e le specie K-strategie. Le specie R-strategie all'inizio sono capaci di rispondere più rapidamente ai nutrienti prontamente disponibili e quindi diventano numericamente dominanti ad alte concentrazioni di nutrienti. Una predominanza di specie R-strategie determina un aumento del quoziente poiché hanno una maggiore respirazione, un alto tasso di crescita e una biomassa ridotta. Di contro le specie K-strategie, che hanno una dimensione costante della popolazione ma una più alta efficienza dei valori delle rese di biomassa, crescono meglio in condizioni oligotrofiche e non competono in condizioni di alta concentrazione di nutrienti.

Alcuni studi hanno riportato lievi aumenti maggiore della biomassa microbica e della respirazione nei campioni di suolo prelevati nella rizosfera. Tale aumento è stato motivato dalla maggiore disponibilità di nutrienti prontamente disponibili forniti dalle piante e da una maggiore produzione di essudati radicali.

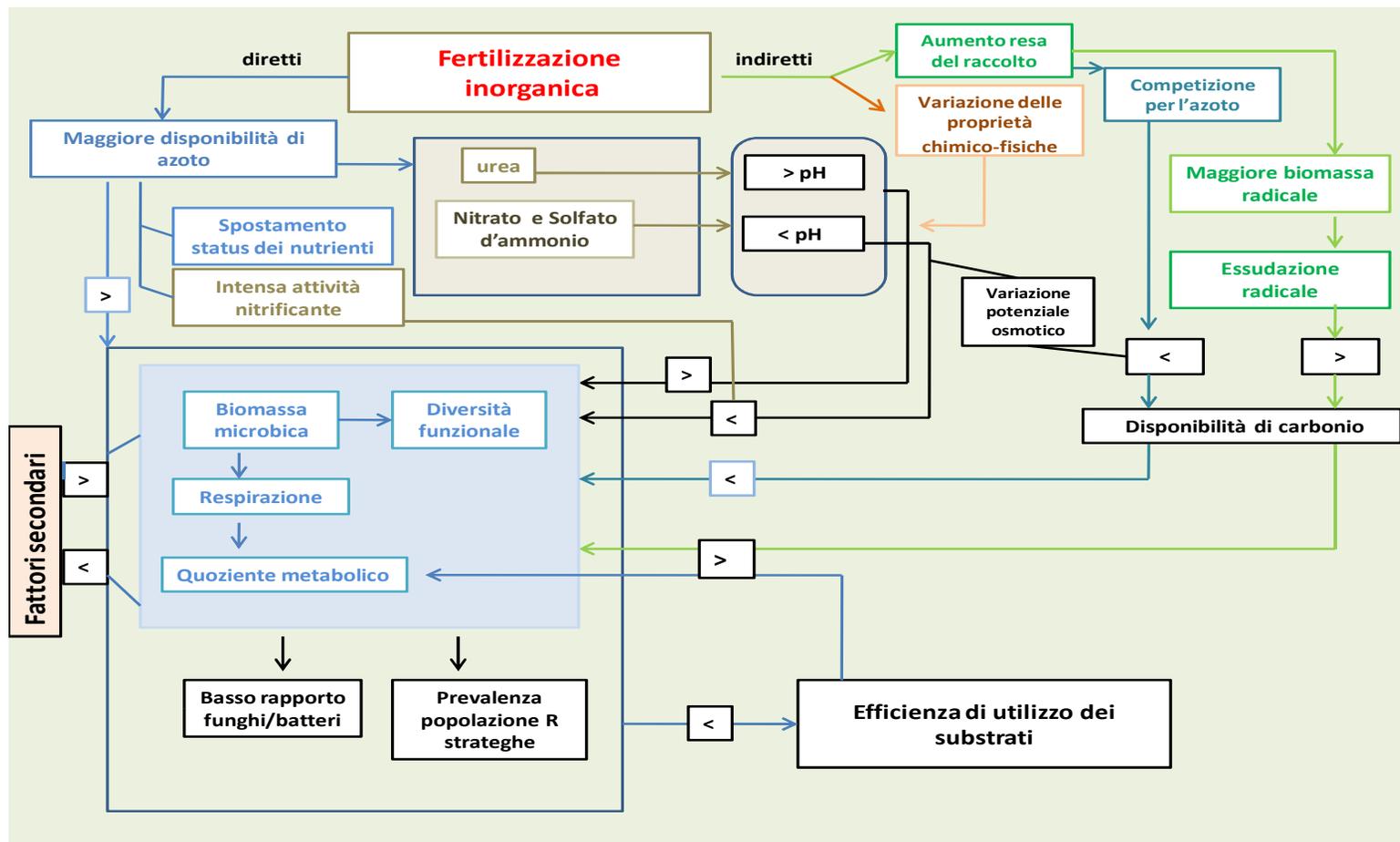


Figura 5.1 Modello generato dalle conclusioni riportate negli articoli analizzati sulla risposta della comunità microbica del suolo alle azioni dirette ed indirette della fertilizzazione azotata inorganica..

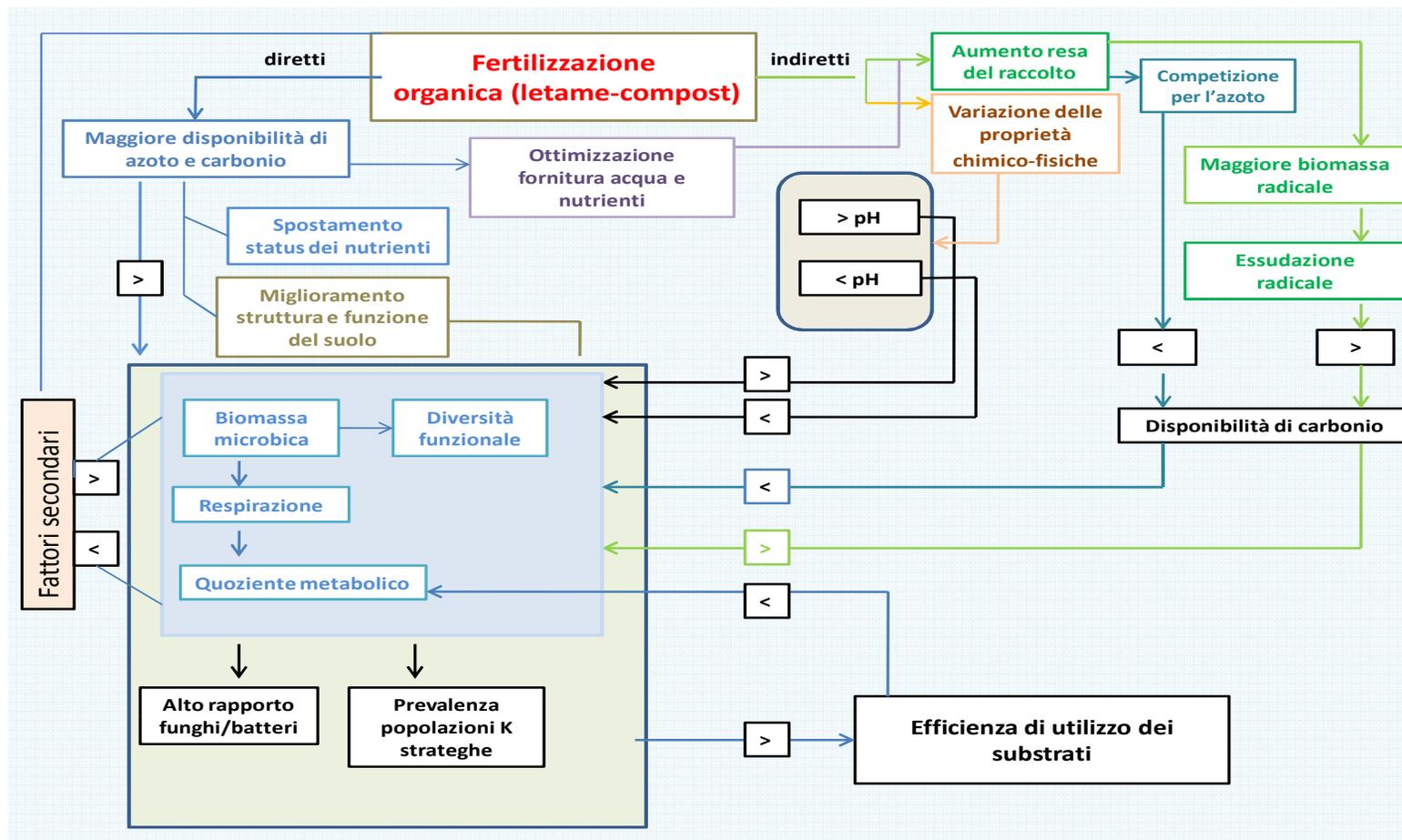


Figura 5.2 Modello generato dalle conclusioni riportate negli articoli analizzati sulla risposta della comunità microbica del suolo alle azioni dirette ed indirette della fertilizzazione azotata organica.

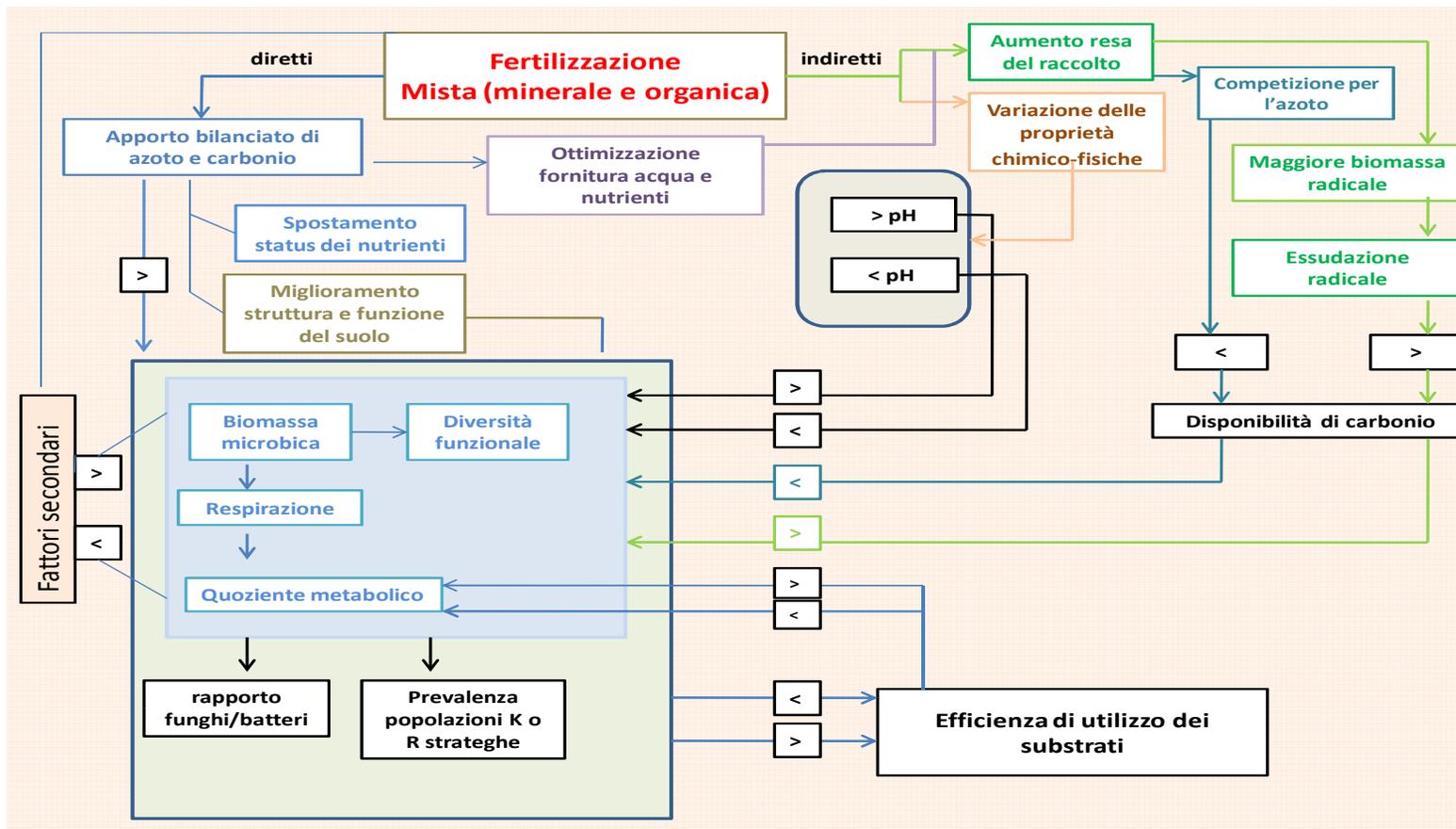


Figura 5.3 Modello generato dalle conclusioni riportate negli articoli analizzati sulla risposta della comunità microbica del suolo alle azioni dirette ed indirette della fertilizzazione azotata mista.

## **Conclusioni**

### **Considerazioni generali**

Box (1979) affermava che “tutti i modelli sono sbagliati, ma alcuni sono utili”; in analogia si può affermare che “tutti gli indicatori sono sbagliati, ma alcuni sono utili”. Sebbene la comunità scientifica abbia dato prova negli ultimi decenni di manifestare un considerevole interesse a generare indicatori sintetici ed efficaci sulla risposta della comunità microbica alle perturbazione ed alla possibilità di integrare tali indicatori in indici compositi di qualità dei suoli, ad oggi tali sforzi appaiono ancora poco proficui ed il seguente studio conferma questo limite.

Lo studio, sia con un'indagine di sintesi concettuale e sia con un'indagine statistica di esperimenti indipendenti, non ha individuato un trend di risposta così come un pattern integrato di risposta tra gli indicatori. Un indicatore, quantitativo o qualitativo, dovrebbe avere la capacità di sintetizzare un modello che rappresenta un sistema complesso. Il suolo è un sistema complesso, e come tale è un sistema che deve essere analizzato e rappresentato contemporaneamente da diversi indicatori in grado di interpretare la complessità strutturale e funzionale del sistema. La sintesi meta-analitica prodotta da questo studio, strutturata selezionando lavori che hanno indagato i quattro indicatori, non ha osservato una risposta integrata in un pattern comune degli indicatori. Quindi, risposte strutturali e funzionali disgregate.

I motivi possono essere di varia natura. Probabilmente il parametro influenzante la risposta della comunità microbica dei suoli scelto in questo studio (l'azoto aggiunto) non è di facile indagine poiché innesca complesse risposte che non coinvolgono solo la comunità microbica, quindi una relazione causa-effetto mediata da molti altri parametri. In secondo luogo, un indicatore in grado di fornire un valore quantitativo per rappresentare la risposta di un complesso sistema può soffrire delle incertezze generate dalla variabilità spaziale e temporale e di un piano sperimentale non in grado di rappresentarle. Ci sono una serie di ragioni che possono spiegare le incoerenze delle risposte di questi indicatori. Da un punto di vista metodologico la mancanza di metodi di analisi standard accettati da tutti i laboratori è un problema fondamentale quando si interpretano i valori di proprietà biologiche e biochimiche. Le differenze di raccolta del

campione, pre-trattamento, i diversi protocolli utilizzati rendono praticamente impossibile confrontare i dati ottenuti da diversi esperimenti.

Una corretta interpretazione del valore offerto dall'indicatore dipende anche dalla capacità dell'investigatore di avere una visione completa del complesso sistema. L'indagine meta-analitica consente di aggirare l'incertezza generata dall'interpretazione del ricercatore ma soffre di dati prodotti da metodiche di campionamento e di analisi non uniformi che riducono la forza dell'indagine a causa dell'impatto selettivo dei criteri di inclusione ed aggregazione dei dati.

Inoltre appare molto difficile stabilire le risposte della comunità microbica dei suoli agricoli se non si dispone di un numero sostanziale di studi che confrontano il management avendo come riferimento un sistema incolto. La quasi totalità dei lavori selezionati per questo studio provenivano da suoli con una storia agricola consolidata, che probabilmente hanno ridotto la sensibilità della risposta microbica all'arricchimento azotato. Infatti l'unica risposta negativa, anche se non significativa, si è registrata per la biomassa microbica con una storia di fertilizzazione minore di due anni. Il trend generale per la sola biomassa è l'aumento con la durata della fertilizzazione.

Verosimilmente il cambiamento della struttura e delle funzioni di una comunità microbica del suolo in funzione della fornitura di azoto, valutata come semplice risposta di incremento o diminuzione rispetto ad un controllo, non ha dimostrato una sufficiente sensibilità poiché i cambiamenti oscillano entro dei limiti che probabilmente sono distanti dai limiti critici di funzionalità delle comunità microbiche. Quindi le quantità e le tipologie di azoto utilizzate negli esperimenti considerati in questo lavoro non hanno rappresentato dei fattori di stress, mentre l'alta variabilità delle risposte denota comunque una diversa risposta dovuta all'estrema variabilità spaziale che è inclusa in questo studio. Oltre a questa variabilità vanno considerati anche altri fattori che hanno determinato la variabilità (sperimentali, metodologici, etc).

I modelli concettuali, generati dalle conclusioni riportate dagli autori degli articoli, non hanno sempre evidenziato conclusioni concordanti, ed hanno generato modelli complessi di risposta. Dinanzi alla complessità delle risposte, descritte nei modelli concettuali, diventa difficile poter costruire dei modelli predittivi efficaci. Lo possono essere solo se si dispone di studi a lungo termine. Dalla letteratura selezionata, pochi sono i lavori di lungo termine.

I risultati di questo studio ci indicano che non sempre si riesce ad ottenere una risposta significativa sulla struttura e sulla funzione di un sistema, entrando molto nei dettagli. L'analisi suggerisce che la sola biomassa microbica può fornire significative ed indicative risposte al management azotato dei sistemi agricoli. Poiché i criteri di selezione di un indicatore devono tenere conto della loro affidabilità, convenienza e semplicità di esecuzione, la biomassa microbica si può candidare come unico indicatore di risposta edafica da inserire negli indici integrati di valutazione di qualità agro-ambientale descritti nell'introduzione.

### **Conclusioni sintetiche**

1. La meta-analisi si è dimostrata un'indagine potente ed efficace, tuttavia è necessario compiere degli sforzi da parte della comunità scientifica per uniformare le metodiche di campionamento e di analisi per ridurre l'impatto selettivo dei criteri di inclusione ed aggregazione dei dati, per poter compiere l'analisi sul maggior numero di campioni.
2. Lo studio non ha individuato un trend di risposta così come un pattern integrato di risposta tra gli indicatori.
3. La biomassa microbica è l'unico dei quattro indicatori monitorati che evidenzia un trend all'aumento in funzione della fertilizzazione azotata.
4. La tendenza all'aumento della biomassa microbica è più evidente nei trattamenti con fertilizzazione mista (organica+minerale) rispetto a quella organica e minerale, rispettivamente.
5. Il maggiore contenuto di carbonio organico nel suolo amplifica l'efficacia dell'arricchimento azotato sulla tendenza all'aumento della biomassa microbica.
6. Non sembra manifestarsi un effetto soglia dell'arricchimento azotato, così come ipotizzato per i sistemi terrestri produttivi.

## BIBLIOGRAFIA

Acton, D.F., Padbury, G.A., (1993). A conceptual framework for soil quality assessment and monitoring. A Program to Assess and Monitor Soil Quality in Canada. Soil Quality Evaluation Summary. Res Branch Agric. Ottawa, Canada.

\*Ajay Nair, Mathieu Ngouajio (2012). Soil microbial biomass, functional microbial diversity, and nematode community structure as affected by cover crops and compost in an organic vegetable production system. *Applied Soil Ecology* 58, 45-55.

Albiach R, Canet R, Pomares F, Ingelmo F (2000). Microbial biomass content and enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural soil. *Bioresour Technolgy* 75:43–48

Albiach, R., Canet, R., Pomares, F. and Ingelmo, F. (2001) Organic matter components and aggregate stability after the application of different amendments to a horticultural soil. *Bioresource Technology* 76, 125-129.

Alef K. (1995). Soil respiration. In: *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Alef, K. and Nannipieri, P. (eds.). Academic Press, pp. 214-218.

Anderson J. P., Domsch, K. H. (1978). A physiological method for quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biol. Biochem.* 10, 519–525.

Anderson T.H., Domsch, K.H., (1990). Application of ecophysiological quotients (qCO<sub>2</sub> and qD) on microbial biomass from soils of differing cropping histories. *Soil Biology & Biochemistry* 25, -393–395.

Anderson T-H, Domsch KH (1993) The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> (qCO<sub>2</sub>) 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

\*Aparecida S. Pavan Fernandes, Wagner Bettioli, Carlos Clementi Cerri, (2005). Effect of sewage sludge on microbial biomass, basal respiration, metabolic quotient and soil enzymatic activity. *Applied Soil Ecology*, 30, 65-77.

Arshad, M.A., Martin, S., (2002). Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 88, 153–160.

Bardgett, R. D., Hobbs, P. J., Frostegård, Å. (1996): Changes in the structure of soil microbial communities following reductions in the intensity of management of an upland grassland. *Biol. Fertil. Soils* 22, 261–264.

Bardgett R.D, Shine A. (1999). Linkage between plant litter diversity, soil microbial biomass and ecosystem function in temperate grasslands, *Soil Biol b*, 31 (2), pp 317-321.

Bastias BA, Anderson IC, Xu ZH, Cairney JWG (2007) RNA- and DNA-based profiling of soil fungal communities in native Australian eucalypt forest and adjacent *Pinus elliottii* plantation. *Soil Biol Biochem* 39:3108–3114

Bending Gary D., Turner Mary K., Rayns Francis, Marx Marie-Claude, Wood Martin (2004). Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under contrasting agricultural management regimes. *Soil Biology e Biochemistry* 36: 1785-1792.

Bengston P, Barker J, Grayston SJ (2012) Evidence of a strong coupling between root exudation, C and N availability, and stimulated SOM decomposition caused by rhizosphere priming effects. *Ecol Evol* 2: 1843–1852. doi: 10.1002/ece3.311.

Benvindo S. Verde, Benjamin O. Danga, Jayne N. Mugwe. Soil microbial biomass changes with application of organic and inorganic in acid soil in Embu County, Kenya *Scholarly Journal of Agricultural Science* Vol. 4(1), pp. 27-31 January, 2014.

Blagodatsky SA, Yevdokimov IV, Larionova AA, Richter O (1998) Microbial growth in soil and nitrogen turnover: model calibration with laboratory data. *Soil Biol Biochem* 30: 1757–1764. doi: 10.1111/j.1461-0248.2004.00579.

Bloem J., Bohhuis, P. R., Veninga, M. R., Wieringa, J. (1995): Microscopic methods to estimate biomass and activity of soil bacteria and fungi, in Alef, K., Nannipieri, P.: *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, London, pp. 162–173.

Bo Liu, Cong Tu, Shuijin Hu, Marcia Gumpertz, Jean Beagle Ristaino. Effect of organic, sustainable, and conventional management strategies in grower fields on soil physical, chemical, and biological factors and the incidence of Southern blight. *Applied Soil Ecology* 37, 202-214.

Bölter M., Bloem, J., Meiners, K., Möller, R. (2006): Enumeration and biovolume determination of microbial cells, in Bloem, J., Hopkins, D. W., Benedetti, A.: *Microbiological Methods for Assessing Soil Quality*. CABI Wallingford, pp. 93–107.

Bossio A., M.S. Girvan, L. Verchot, J. Bullimore, T. Borelli, A. Albrecht, K.M. Scow A.S. Ball, J.N. Pretty and A.M. Osborn (2005): *Soil Microbial Community Response to*

Land Use Change in an Agricultural Landscape of Western Kenya. *Microbial Ecology*, Vol.49, pp.50-62.

Bossio, D.A., Scow, K.M., Gunapala, N.,Graham, K.J.(1998) Determinants of soil microbial communities: effects of agricultural management, season, and soil type on phospholipid fatty acid profiles. *Microbial ecol.*36, 1-12.

Bouma, J. 1997. The land use systems approach to planning sustainable land management at several scales. *ITC Journal* 1997-3/4, 237-242.

Box G.E.P. 1979 Robustness in the Strategy of Scientific Model Building In: R.L. Launer and G.N. Wilkinson (Editors) *Robustness in Statistics* Academic Press New York pp 201-236.

Brookes P.C. (1995). The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biology and Fertility of Soils*, 19, 269–279.

Brookes, P. C., Landman, A., Pruden, G., Jenkinson, D. S. (1985): Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method for measuring microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biol. Biochem.* 17, 837–842.

Campbell C.A., v. o. Biederbeckl, R. P. Zentnerl, and G. P. Lafond2(Aug. 1991). Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respiration in a thin Black Chernozem. *Can. J. Soil Sci.* 71z 363-376

Canali Stefano, Trinchera Alessandra, Intrigliolo Francesco, Pompili Letizia, Nisini Luigi, Mocali Stefano, Torrisi Biagio (2004): Effect of long term addition of composts and poultry manure on soil quality of citrus orchards in Southern Italy. *Biol Fertil Soils* 40: 206-210

Carreiro, M.M, Sinsabaugh L.R. Repert D.A Parkhust, D.F, 2000. Microbial Enzyme Shifts explain litter decay responses to simulated nitrogen deposition. *Ecology* 81, 2359-2365.

Carter, M.R., Gregorich, E.G., Anderson, J.W., Doran, J.W., Janzen, H.H., Pierce, F.J., 1997. Concepts of soil quality and their significance. In: Gregorich, E.G., Carter, M.R. (Eds.), *Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 1–19.

Cheng Fei, Xiaobang Peng, Peng Zhao, Jie Yuan, Chonggao Zhong, Yalong Cheng, Cui Cui, Shuoxin Zhang. Soil Microbial Biomass, Basal Respiration and Enzyme Activity of Main Forest Types in the Qinling Mountains. Published: June 28, 2013. DOI: 10.1371/journal.pone.0067353.

\*Cheng Hu and Zhiping Cao (2007).Size and Activity of the Soil Microbial Biomass and Soil Enzyme Activity in Long--Term Field Experiments. *World journal of Agricultural Sciences* 3(1),63-70.

Cheng W (1996) Measurement of rhizosphere respiration and organic matter decomposition using  $^{13}\text{C}$ . *Plant Soil* 183: 263–268. doi: 10.1111/j.1461-0248.2004.00579.

Cheng W, Parton WJ, Gonzalez-Meler MA, Phillips R, Asao S, et al.. (2013) Synthesis and modeling perspectives of rhizosphere priming. *New Phytologist*: in press doi:

Cheng W (2009) Rhizosphere priming effect: its functional relationships with microbial turnover, evapotranspiration, and C-N budgets. *Soil Biol Biochem* 41: 1795–1801. doi: 10.1016/j.soilbio.2008.04.018.

Clarke K.R., Warwick, R.M. (2001). *Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*, 2<sup>nd</sup> edition, PRIMER-E: Plymouth.

Cohen, J. 1965. Some statistical issues in psychological research. In B. B. Wolman (ed.). *Handbook of clinical psychology*. McGraw-Hill, New York.

Cooper, H. and L. V. Hedges (eds.). 1994a. *The Handbook of research synthesis*. Russell Sage Foundation, New York.

Cooper, H. and L. V. Hedges (eds.). 1994b. Research synthesis as a scientific enterprise. In H. Cooper and L. V. Hedges (eds.). *The Handbook of research synthesis*. (pp. 3- 14). Russell Sage Foundation, New York.

Cooper, H. 1998. *Synthesizing research: A guide for literature reviews*. (3rd edition). Sage, Thousand Oaks.

D. V. Murphy A F,W. R. Cookson A ,M. Braimbridge A B,P. Marschner C,D. L. Jones D,E. A. Stockdale E and L. K. Abbott A. Relationships between soil organic matter and the soil microbial biomass (size, functional diversity, and community structure) in crop and pasture systems in a semi-arid environment. *oil Research* 49(7) 582-594  
<http://dx.doi.org/10.1071/SR11203>

Dalal R.C., (1998). Soil microbial biomass—what do the numbers really mean? *Australian Journal of Experimental Agriculture* 38, 649–665.

Dalmonech A., Lagomarsino A., Moscatelli M.C., Chiti T., Valentini R. (2010): Microbial performance under increasing nitrogen availability in a Mediterranean forest soil. *Soil Biology e Biochemistry* 42: 1596-1606.

Degens, B.P. & Harris, J.A. (1997). Development of a physiological approach to measuring the catabolic diversity of soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 29, 1309–1320.

Degens, B.P., Schipper, L.A., Sparling, G.P., Vojvodic-Vukovic, M., (2000). Decreases in organic C reserves in soils can reduce the catabolic diversity of soil microbial communities. *Soil Biol. Biochem.* 32, 189–196.

Demoling F, Nilsson LO, Bååth E (2008) Bacterial and fungal response to nitrogen fertilization in three coniferous forest soils. *Soil Biol Biochem* 40:370–379.

Dezhi Yan, Dejian Wang , Linzhang Yang (2007). Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on labile organic matter fractions in a paddy soil. *Biol Fertil Soils*, 44, 93-101.

Diacono, M., Montemurro F., 2006. Compost da residui organici per l'agricoltura biologica. *Agrifoglio* 16 18-19.

Dick R.P. (1994). Soil enzyme activities as indicators of soil quality. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A. (Eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Special publication, vol. 35, pp. 107–124. Madison, Wisconsin, USA.

Dick R.P., Breakwell D.P., Turco R.F. (1996): Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. in: Doran J.W., Jones A.J. (eds.): Methods for assessing Soil Quality. Soil Science Society of America, Madison, 247–271.

\*Diosma Gabriela , Monica Aulicino, Hugo Chidichimo, Pedro A. Balatti (2006). Effect of tillage and N fertilization on microbial physiological profile of soils cultivated with wheat. Soil e Tillage Research 91,236-243.

Doran J W, Parkin T B. 1994. Defining and assessing soil quality. In: Doran J W, Coleman D C, Bezdicek D F, eds, Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Society of America Special Publication (SSSA Spec.Publ). 35. SSSA and ASA. Madison, Wisconsin. pp. 3-21.

Entry James A., Mills DeEtta, Mathee Kalai, Jayachandran Krish, Sojka R.E., Narasimhan Giri (2008): Influence of irrigated agriculture on soil microbial diversity. Applied Soil Ecology 40, 146-154.

Esperschütz Jürgen, Gättinger Andreas, Mader Paul, Schloter Michael, Fließbach Andreas (2007): Response of soil microbial biomass and community structures to conventional and organic farming systems under identical crop rotations. FEMS Microbiol Ecol 61, 26-37.

Etienne Bahr<sup>1\*</sup>, Ute Hamer<sup>2</sup>, Diego Chamba Zaragocin<sup>3</sup>, Franz Makeschin<sup>1</sup> Different fertilizer types affected nitrogen and carbon cycling in eroded and colluvial soils of Southern Ecuador. Agricultural Sciences 4 (2013) 19-32

Farrell Mark, Griffith Gareth W., Hobbs Phil J., Perkins William T., Jones D.L. (2009): Microbial diversity and activity are increased by compost amendment of metal-contaminated soil. *FEMS Microbial Ecol* 71, 94-105.

Fierer N., Schimel J.P., Holden P.A. (2003): Variation in microbial community composition through two soil depth profiles. *Soil Biol. Biochem.*, 35: 167–176.

Filip Z., (2002). International approach to assessing soil quality by ecologically-related biological parameters. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88, 169–174.

Fließbach A., Hany R., Rentsch D., Frei R., Eychorn F. (2000). DOC trial: Soil organic matter quality and soil aggregate stability in organic and conventional soils. 13th International IFOAM Scientific Conference, IFOAM 2000 - The World Grows Organic, Basel, 28-8-2000, p. 762.

Fontaine S, Bardoux G, Abbadie L, Mariotti A (2004) Carbon input to soil may decrease soil carbon content. *Ecol Lett* 7: 314–320. doi: 10.1111/j.1461-0248.2004.00579.

Fontaine S, Barot S, Barre P, Bdioui N, Mary B, et al.. (2007) Stability of organic carbon in deep soil layers controlled by fresh carbon supply. *Nature*: 277–280.

Fontainea Se'bastien\*, Andre' Mariottib, Luc Abbadiea The priming effect of organic matter: a question of microbial competition? *Soil Biology & Biochemistry* 35 (2003) 837–843.

Franco-Otero VG, Soler-Rovira P, Hernández D, López-de-Sá EG, Plaza C (2012) Short-term effects of organic municipal wastes on wheat yield, microbial biomass, microbial activity, and chemical properties of soil. *Biol Fertil Soils* 48:205–216

Frostegård, Å. and Bååth, E. (1996). The use of phospholipid fatty acid analysis to estimate bacterial and fungal biomass in soil. *Biology and Fertility of Soils* 22:59-65.

Frostegård, Å., Tunlid, A., Bååth, E. (1993). Phospholipid fatty acid composition, biomass, and activity of microbial communities from two soil types experimentally exposed to different heavy metals. *Applied and Environmental Microbiology* 59:3605-3617.

Fu S, Cheng W (2002) Rhizosphere priming effects on the decomposition of soil organic matter in C<sub>4</sub> and C<sub>3</sub> grassland soils. *Plant Soil* 238: 289–294. doi: 10.1002/ece3.311.

Galloway J.N. (2004). Nitrogen cycles: past, present, and future. *Biogeochemistry* 70, 153–226.

Galloway J.N., Schlesinger W.H., Levy II H., Michaels A., Schnoor J.L. (1995). Nitrogen fixation: anthropogenic enhancement-environmental response. *Global Biogeochemical Cycles* 9(2) pp. 235-252.

García-Gil J.C., Plaza C., Polo A (2003). Utilization of biological as early indicators of soil restoration in a long-term field experiment with municipal waste compost. 8<sup>th</sup> International Conference on Environmental Science and Technology. Pp.224-229.

Garland J.L., Mills A.L., (1991). Classification and characterization of heterotrophic microbial communities on the basis of patterns of community-level-sole-carbon-source-utilization. *Applied and Environmental Microbiology* 57, 2351±2359.

Gelsomino A., Badalucco L., Ambrosoli R., Crecchio C., Puglisi E., Meli S.M., (2006). Changes in chemicals and biological soil properties as induced by anthropogenic disturbance: a case study of an agricultural soil under recurrent flooding by wastewaters. *Soil Biol. Biochem.* 38, 2069–2080.

Giller K.E., Beare M.H., Lavelle P., Izac A., Swift, M.J., (1997). Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. *Appl. Soil Ecol.* 6, 3 – 16.

Girvan Martina S., Bullimore Juliet, Ball Andrew S., Jules N., Osborn Pretty, Mark A. (2004): Responses of Active Bacterial and Fungal Communities in Soils under Winter Wheat to Different Fertilizer and Pesticide Regimens. *Applied and Environment Microbiology*, p. 2692-2701.

Glass, G.V. (1976). Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educational Researcher.* 5:3-8.

\*Gomez E., L. Ferreras, S. Toresani (2006). Soil bacterial functional diversity as influenced by organic amendment application. *Bioresource Technology*, 97,1484-1489.

Graham, R.D. and Webb, M.J. (1991) Micronutrients and resistance and tolerance to disease In: J.J. Mortvedt, F.R. Cox, L.M. Shuman and R.M. Welch (eds.) *Micronutrients in Agriculture*, 2nd edition, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp 329- 370.

Guenet B, Leloup J, Raynaud X, Bardoux G, Abbadie L (2010) Negative priming effects on mineralization in a soil free of vegetation for 80 years. *Eur J Soil Sci* 61: 384–391. doi: 10.1111/j.1461-0248.2004.00579.

Gurevitch, J., and L.V. Hedges.(1999).Statistical issue in ecological meta-analyses.Ecology. 80:1142-1149.

\*Haiyan Chu, Xiangui Lin, Takeshi Fujii, Sho Morimoto, Kazuyuki Yagi, Junli Hu , Jiabao Zhang, ( 2007). Soil microbial biomass, dehydrogenase activity, bacterial community structure in response to long-term fertilizer management. Soil Biology & Biochemistry ,39, 2971-2976.

Halvorson, J. J., Smith, J. L., and Papendick, R. I. (1997). Issues of scale for evaluating soil quality. Journal of Soil and Water Conservation January- February:26-30.

Hamer U, Marschner B (2005) Priming effects in soils after combined and repeated substrate additions. Geoderma 128: 38–51. doi: 10.1016/j.soilbio.2008.04.018.

Hamman, S.T., I.C. Burke, and M.E. Stromberger. (2007). Relationships between microbial community structure and soil environmental conditions in a recently burned system. Soil Biol. Biochem. 39:1703–1711.

Harris, D. and Paul, E. A. (1994). Measurement of bacterial growth rates in soil. Applied Soil Ecology 1:277-290.

Hedges, L. V., and I. Olkin. 1980. Vote-counting methods in research synthesis. Psychological Bulletin. 88:359-369.

Hedges L. V., and I. Olkin. 1985. Statistical methods for meta-analysis. Academic Press, New York.

Hedges, L. V., and J. L. Vevea. 1996. Estimating effect size under publication bias: Small sample properties and robustness of a random effects selection model. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*. 21:299-332.

Hedges L. V., and I. Olkin. 2000. *Statistical methods for meta-analysis*. (2nd edition). (In Press).

Hedges, L.V., Olkin, I. (1985). *Statistical Methods for Meta-Analysis*. Orlando, Florida: Academic Press, INC.

Heuer, H. and Smalla, K. (1997). Application of denaturing gradient gel electrophoresis and temperature gradient gel electrophoresis for studying soil microbial communities. In: *Modern Soil Microbiology*. van Elsas, J. D., Trevors, J. T., and Wellington, E. M. H. (eds.). Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 353-373.

\*Hongzhao Yuan, Tida Ge, Ping Zhou, Shoulong Liu, Paula Roberts, Hanhaua Zhu, Ziyang Zou, Chengli Tong, Jinshui Wu., (2013). Soil microbial biomass and bacterial and fungal community structures responses to long-term fertilization in paddy soils. *J Soil Sediments* 13, 877-886.

Hopkins D.W., Shiel R.S. (1996). Size and activity of soil microbial communities in long-term experimental grassland plots treated with manure and inorganic fertilizers. *Biol. Fertil. Soils* 22, 66-70.

Hoyt PB and BG Drought Techniques for speeding the movement of lime into an orchard soil. *Can. J. Soil Sci.* 1990; 70:149-156.

Hu J, Lin X, Wang J, Dai J, Chen R, Zhang J, Wong MH (2010) Microbial functional diversity, metabolic quotient, and invertase activity of a sandy loam soil as affected by

long-term application of organic amendment and mineral fertilizer. *J Soils Sediments* 11:271–280

\*IKer Mijangos, Roberto Perez, Isabel Albizu, Carlos Garbisu(2006).Effect of fertilization and tillage on soil biological parameters. *Enzyme and microbial technology* 40,100-106.

Insam, H., (1997).A new set of substrates proposed for community characterization in environmental samples. In: Insam, H. Rangger, A.(Eds) *Microbial Communities, Functional vs structural Approaches*.Springer, berlin, pp260-261.

Insam H., Franke-Whittle I.H., Knapp B.A., Plank R. (2009). Use of wood ash and anaerobic sludge for grassland fertilization: Effect on plants and microbes. *Die Bodenkultur* 2, 60.

Insam H, Goberna M. 2004. Use of biolog for the community level physiological profiling (CLPP) of environmental samples. In: Kowalchuk G A, de Bruijn F J, Head I M, Akkermans A D, ., *Molecular Microbial Ecology Manual*. 2nd. S 4.01. Kluwer Academic, Netherlands. pp. 853-860.

Insam H, Haselwandter K. (1989). Metabolic quotient of the soil microflora in relation to plant succession. *Oecologia*, 79 (2): 174–178.

Insam H., Rangger, A. (1997) *Microbial Communities: Functional vs. structural approaches*. Springer Verlag, Berlin, Germany. 263 pp.

Irit Lahav (Lavian), Yosef Steinberger (2001): Soil bacterial functional diversity in a potato field. *Eur. J. Soil Biol.* 37 59-67.

\*J. A'lvaro Fuentes, F.J. Morell, E. Madejon, J. Lampurlanes, J.L. Arrue, C. Cantero-Martinez (2013). Soil biochemical properties in a semiarid Mediterranean agroecosystem as affected by long term tillage and N fertilization. *Soil & Tillage Research* 129, 69-74.

Jardine, P.M., N. L. Weber, and J. F. McCarthy. 1989. Mechanism of dissolved organic carbon adsorption on soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53:1378-1385.

Jenkinson D.S., Ladd J.N. (1981). Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: Paul, E.A., Ladd, J.N. (Eds), *Soil Biochemistry*, vol. 5. Dekker, New York, pp. 415–471.

Joergensen R.G., Brookes P.C., Jenkinson D.S. (1990). Survival of the microbial biomass at elevated-temperatures. *Soil Biol. Biochem.* 22, 1129–1136.

Joergensen R. G., Castillo X. (2001): Interrelationships between microbial and soil properties in young volcanic ash soils of Nicaragua. *Soil Biol. Biochem.* 33, 1581–1589.

Johnsen, K., Jacobsen, C. S., Torsvik, V., and Sørensen, J. (2001). Pesticide effects on bacterial diversity in agricultural soils - a review. *Biology and Fertility of Soils* 33:443-453.

\*Junli Hu, Xiangui Lin, Junhua Wang , Jue Dai, Ruirui Chen, Jiabao Zhang, Ming Hung Wong, (2011). Microbial functional diversity, metabolic quotient, and invertase activity

of a sandy loam soil as affected by long-term application of organic amendment and mineral fertilizer. *J Soil Sediment* 11, 271-280.

Kai Yang<sup>1</sup>, Jiaojun Zhu<sup>1</sup>, Min Zhang<sup>1,2</sup>, Quiaoling Yan<sup>1</sup> and Osbert Jianxin Sun<sup>3</sup>, 2010. Soil microbial biomass carbon and nitrogen in forest ecosystems of Northeast China: a comparison between natural secondary forest and larch plantation. *Journal of Plant Ecology*, Volume 3, Issue 3. Pp.175-182.

Kallembach Cyntia, A. Stuart Grandy (2011) Controls over soil microbial biomass responses to carbon ammendment in agricultural systems: A meta-analysis. *Agriculture Ecosystems and Environmental* 144, 241,252.

Karlen DL, Mausbach MJ, Doran JW, Cline RG, Harris RF, Schuman GE. 1997 Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Sci Soc Am J* 61, 4–10.

Karlen, D. L. and Andrews, S. S. (2000). The soil quality concept: A tool for evaluating sustainability. In: *Soil Stresses, Quality and Care; DIAS Report Plant Production no.38*, Elmholt, S., Stenberg, B., Grønlund, A. and Nuutinen, V. (eds.), Danish Institute of Agricultural Sciences, Tjele, Denmark, p.15-26.

Kaur, T., Brar, B.S, Dhillon, N.S.(2008) Soil organic matter dynamics as affected by long-term use of organic and inorganic fertilizers under maize-wheat cropping system. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 81,59,69.

Kennedy A.C., Papendick R.I. (1995). Microbial characteristics of soil quality. *Journal of Soil and Water Conservation*, 50, 243–248.

Kennedy, J., M. F. Billett, D. Duthie, A. R. Fraser, and A. F. Harrison. 1996. Organic matter retention in an upland humic podzol; The effects of pH and solute type. *Eur. J. Soil Sci.* 47:615-625.

Khonje DJ ,Varsa EC and B Klubek The acidulation effects of nitrogenous fertilizers on selected chemical and microbiological properties of soil. *Comm. in Soil Sci. Plant Analysis.* 1989; 20:1377-1395.

Khoro Mohammadi (2011). Effect of different fertilization methods on soil biological indexes. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 54.

Klose S., Wernecke K. D., Makeschin F. (2004): Microbial activities in forest soils exposed to chronic depositions from a lignite power plant. *Soil Biol. Biochem.* 36, 1913–1923.

\*Kong Wei-Dong, ZHU Yong-Guan, FU Bo-Jie, HAN Xiao-Zeng, ZHANG Lei, HE Ji-Zheng (2008): Effect of Long-Term Application of Chemical Fertilizers on Microbial Biomass and Functional Diversity of a Black Soil. *Pedosphere* 18(6): 801–808.

Kong Wei-Dong, Zhu Yong-Guan, Fu Bo-Jie, Han Xiao-Zeng, Zhang Lei and He Ji-Zheng, Functional Diversity of a Black Soil. *Pedosphere* 18(6), 801-808.

Kuzyakov Y, Friedel JK, Stahr K (2000) Review of mechanisms and quantification of priming effects. *Soil Biol Biochem* 32: 1485–1498.

Kuzyakov Y (2010) Priming effects: Interactions between living and dead organic matter. *Soil Biol Biochem* 42: 1363–1371. doi: 10.1016/j.soilbio.2010.04.003.

Kuzyakov Y (2002) Review: Factors affecting rhizosphere priming effects. *J Plant Nutr Soil Sci* 165: 382–396. doi: 10.1002/1522-2624(200208)165:4<382::aid-jpln382>3.0.co;2-#.

Lagomarsino Alessandra & Anna Benedetti & Sara Marinari & Letizia Pompili & M. Cristina Moscatelli & Pier Paolo Roggero & Roberto Lai & Luigi Ledda & Stefano Grego(2010). Soil organic C variability and microbial functions in a Mediterranean agro-forest ecosystem. *Biol Fertil Soils* 47:283–291

\*Lahav I., Yosef Steinberger, (2001). Soil bacterial functional diversity in a potato field. *Eur. J. Soil Biol*, 37, 59-67.

Lavelle P. e Spain A.V. (2001). *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.

\*Lazcano Cristina, Maria Gomez-Brandon, Pedro Revilla, Jorge Dominigues, (2012). Short-term effect of organic and inorganic fertilizers on soil microbial community structure and function. *Biol Fertil Soil*.

Leita I., M. De Nobili, C.Mondini, G. Muhlbachova, L.Marchiol, G. Bragato, M.Contin,(1999). Influence of inorganic and organic fertilization on soil microbial biomass, metabolic quotient and heavy metal bioavailability.*Biol Fertil Soils* ,28,371-376.

Li L. J., Zeng D. H., Yu, Z. A. Fan, Z. P., Mao R. (2010). Soil microbial properties under N and P additions in a semi-arid, sandy 1436 *Journal of Food, Agriculture &*

Environment, Vol.10 (3&4), July-October 2012 grassland. Biol. Fertil. Soils 46:653-658.

\*LI Juan, ZHAO Bing-qiang, LI Xiu-ying, JIANG Rui-bol and So Hwat Bing (2008). Effects of Long-Term Combined Application of Organic and Mineral Fertilizers on Microbial Biomass, Soil Enzyme Activities and Soil Fertility. Agricultural Sciences in China 7(3) 336-343

LI Zhong-pei, WU Xiao-chen, and Chen Bi-yun (2007): Changes in Transformation of Soil Organic C and Functional Diversity of Soil Microbial Community Under Different Land Uses. Agricultural Sciences in China, 6(10) 1235-1245.

Liang, B., Yang, X.Y., He, X.H., Zhou J.B., (2011). Effects of 17-years fertilization on soil microbial biomass C and N and soluble organic C and N in loessial soil during maize growth. Biol. Fert. Soil. 47,121,128.

Light, R. J., and P. V. Smith. 1971. Accumulating evidence: Procedures for resolving contradictions among different research studies. Harvard Educational Review. 41:429-471.

Liu Ming, Klemens Ekschmitt, Zhang Bin, Stephanie I J Holzhauer, LI Zhong-pei, Zhang Tao-lin and Sabine Rauch (2011):Effect of Intensive Inorganic Fertilizer Application on Microbial Properties in a Paddy Soil of Subtropical China. Agricultural Sciences in China, 10(11): 1758-1764.

Lobert, J.M., D.H. Scharffe, W.M. Hao, P.J. Crutzen (1990). Importance of biomass burning in the atmospheric budgets of nitrogen-containing gases, Nature 346,552-554.

López-Fando C. and M.T. Pardo Long -Term effect of organic and inorganic nitrogen fertilizers on soil n balance and crop productivity. Proc. 17m Intern. Symp. 01CIEC, 24-27 Nov. 2008 © NRC (Micronutrient Projectl . Cairo - Egypt. pp. 291-296 (2008)

Lungu OIM1\*and RFP Dynoodt2 Lungu OIM1\*and RFP Dynoodt2 frican Journal of Food Agriculture Nutrition and Development, Vol. 8, No. 1, March, 2008, pp. 63-76

Lupwayi N.Z., Monreal M. A., Clayton G.W, Grant C. A., Johnston A. M, Rice W. A. (2001): Soil microbial biomass and diversity respond to tillage and sulphur fertilizers N. J. Plant Sci. 81:577-589.

Lupwayi, N. Z., Lea, T., Beaudoin, J. L., & Clayton, G. W. (2005). Soil microbial biomass, functional diversity and crop yields following application of cattle manure, hog manure and inorganic fertilizers. Canadian Journal of Soil Science, 85, 193-201.

Lupwayi N.Z, Cynthia A. Grant, Yoong K. Soon, George W. Clayton, Shabtai Bittman, Sukhdev S. Malhi, Bernie J. Zebarth (2010): Soil microbial community response to controlled-release urea fertilizer under zero tillage and conventional tillage. Applied Soil Ecology 45, 254-261.

Lupwayi N.Z., Stewart A. Brandt, K. Neil Harker, John T. O'Donovan, George W. Clayton, T. Kelly Turkington (2010): Contrasting soil microbial responses to fertilizers and herbicides in a canola-barley rotation. Soil Biology and Biochemistry 42: 1997-2004.

Lupwayi N.Z., Guy P. Lafond, Noura Ziadi, Cynthia A. Grant (2011): Soil microbial response to nitrogen fertilizer and tillage in barley and corn. Soil e Tillage Research 118: 139-146.

Marschner P, Kandeler E, Marschner B. (2003). Structure and function of the soil microbial community in a long-term fertilizer experiment. *Soil Biology & Biochemistry*, 35, 453- 461.

Martens R., (1995). Current methods for measuring microbial biomass C in soil: potentials and limitations. *Biol. Fertil. Soils* 19, 87–99.

Martina S. Girvan, Juliet Bullimore, Andrew S. Ball, Jules N. Pretty, and A. Mark Osborn(2004). Responses of Active Bacterial and Fungal Communities in Soils under Winter Wheat to Different Fertilizer and Pesticide Regimens. *APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY*. pp. 2692–2701.

Masto R.E., Chhonkar P.K., Singh D., Patra A.K., (2006). Changes in soil biological and biochemical characteristics in long-term field trial on a sub-tropical inceptisol. *Soil Biol. Biochem.*, 38, 1577-1582.

McClintok, 2005. Compost Production and Use in Sustainable Farming Systems-Field notes for farmers. Distributed in furtherance of the Acts of Congress of May 8 and June 30, 1914. N. Center for Environmental Farming Systems, Raleigh, NC 7695-7609 [www/cefs/ncsu.edu](http://www/cefs/ncsu.edu)

Meier C.L.,Bowman W.D.,, (2008). Link between plant litter chemistry, species diversity, and below-ground ecosystem function. *Proc.Natl.Acad.Sci. U.S.A* 105,18780-19785.

Moore, I.D., P.E. Gessler, G.A. Nielsen, G.A. Peterson, (1993).Soil attribute prediction using terrain analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57: 443-452.

\*Moscatelli M.C.a,\*, A. Lagomarsino b, S. Marinari a, P. De Angelis b, S. Gregoa. Soil microbial indices as bioindicators of environmental changes in a poplar plantation. *Ecological Indicators* 5 (2005) 171–179.

Muhammadi1 S., R.G. Joergensen2, T. Mueller3 and T.S. Muhammad3. Priming mechanism: soil amended with crop residue. *Pak. J. Bot.*, 39(4): 1155-1160, 2007

Mohammadi K.(2011). Effect of different fertilization methods on soil biological indexes. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 54.

\*Monokrousos N., E.M. Papatheodorou, J.D.Diamantopoulos, G. P.Stamou (2006). Soil quality variables in organically and conventionally cultivated field sites . *Soil Biology & Biochemistry* 38,1282-1289.

N. Naarko, M.S Dkhar (2010). Impact of Organic and Inorganic Fertilizers on Microbial Populations and Biomass carbon in Paddy Field Soil. *Journal of agronomy* 9(3),102-110.

Nannipieri P. (1993). *Ciclo della sostanza organica nel suolo*. Patron editore, Bologna

Nannipieri P (1994) The potential use of soil enzymes as indicators of productivity, sustainability and pollution. In: Pankhurst CE, Doube BM, Gupta VVSR, Grace PR (eds) *Soil biota: management in sustainable farming systems*. CSIRO, Australia, pp 238–244

Nannipieri P, Ascher J, Ceccherini MT, Landi L, Pietramellara G, Renella G (2003) Microbial diversity and soil functions. *Eur J Soil Sci* 54:655–670

Nannipieri P., Badalucco L. (2003). Biological processes. In: Processes in the Soil–Plant System: Modelling Concepts and Applications (eds D.K. Bembli & R. Nieder). The Haworth Press, Binghamton, NY, in press.

Nannipieri, P., Badalucco, L. & Landi, L. 1994. Holistic approaches to study of populations, nutrient pools and fluxes: limits and future research needs. In: Beyond the Biomass: Compositional and Functional Analysis of Soil Microbial Communities (eds K. Ritz, J. Dighton & K.E. Giller), pp. 231–238. John Wiley & Sons, Chichester.

Nannipieri P., Grego S., Ceccanti B. (1990). Ecological significance of the biological activity in soils. In: Bollag, J.M., Stotzky, G. (Eds.), Soil Biochemistry. Marcel Dekker, New York, pp. 293–355.

Nannipieri P., Kandeler E., Ruggiero P. (2002). Enzyme activities and microbiological and biochemical processes in soil. In: Enzymes in the Environment (eds R.G. Burns & R. Dick), pp. 1-33. Marcel Dekker, New York.

Nannipieri P, Muccini L, Ciardi P (1983) Microbial biomass and enzyme activities: production and persistence. *Soil Biol Biochem* 15:679–685

Newton Z. Lupwayi , Guy P. Lafond, Noura Ziadi, Cynthia A. Grant, (2012). Soil microbial response to nitrogen fertilizer and tillage in barley and corn. *Soil & Tillage Research* 118, 139-146.

Newton Z. Lupwayi, Stewart A. Brandt, K. Neil Harker, John T. O'Donovan, George W. Clayton, T. Kelly Turkington (2010). Soil microbial community response to controlled-release urea fertilizer under zero tillage and conventional tillage. *Soil Biology & Biochemistry* 42, 1997-2004.

Nottingham AT, Griffiths H, Chamberlain PM, Stott AW, Tanner EVJ (2009) Soil priming by sugar and leaf-litter substrates: a link to microbial groups. *Appl Soil Ecol* 42: 183–190. doi: 10.1002/ece3.311.

Nsabimana D., Haynes R.J., Wallis F.M. (2003): Size, activity and catabolic diversity of the soil microbial biomass as affected by land use. *Applied Soil Ecology* 26, 81-92.

Odum, E.P., (1969). The strategy of ecosystem development. *Science* 164, 262–270.

Øvreås L, Jensen S, Daae FL, Torsvik V (1998) Microbial community changes in perturbed agricultural soil investigated by molecular and physiological approaches. *Appl Environ Microbiol* 64:2739–2742.

Pankhurst C.E., Hawke B.G, McDonald H.J., Kirby C.A., Buckerfield J.C., Michelsen P., O'Brien K.A., Gupta V.V.S.R., Doube B.M. (1995). Evaluation of soil biological properties as potential bioindicators of soil health. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 35, 1015–1028.

Pankhurst C.E., Ophel-Keller K., Double B.M., Gupta V.V.S.R. (1996). Biodiversity of soil microbial communities in agricultural systems. *Biodiversity and Conservation* 5: 197-209.

Parfitt, R. L., A. R. Fraser, and V. C. Farmer. 1977. Adsorption on hydrous oxides III. Fulvic acid and humic acid on goethite, gibbsite and imogolite. *J. Soil Sci.* 28:289-296.

Parker L.W., Doxtader K.G., (1983). Kinetics of microbial degradation of 2,4-D in soil: effects of temperature and moisture. *Journal Of Environmental Quality*.

Parr, J. F., Papendick, R. I., Hornick, S. B., and Meyer, R. E. (1992). Soil quality: Attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture* 7:5-11.

Peng PQ1, Qiu SJ, Tong CL, Ren XE. [Effects of long-term application of fertilizers on soil microbial biomass nitrogen and organic nitrogen components in subtropical paddy soils]. *Huan Jing Ke Xue*. 2007 Aug;28(8):1816-21.

\*Pengthamkeerati P, P.P. Montavalli, R.J.Kremer (2011). Soil microbial activity and functional diversity changed by compaction, poultry litter and cropping in a claypan soil. *Applied Soil Ecology* 48, 71-80.

Petersen S.O., Henriksen K., Blackburn T. H., King G. M. (1991). A comparison of phospholipid and chloroform fumigation analyses for biomass in soil - potentials and limitations. *FEMS Microbiology Ecology* 85:257-268.

Powlson, D. S., Brookes, P. C. and Christensen, B. J. 1987. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw decomposition. *Soil Biol. Biochem.* 19 159-164.

Powlson, D. S. and Jenkinson, D. S. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. II. Gamma irradiation, autoclaving, air-drying and fumigation. *Soil Biol. Biochem.* 8: 179-188.

Powlson D.S., Jenkinson D.S. (1981). A comparison of the organic matter, biomass, adenosine-triphosphate, and mineralizable nitrogen contents of ploughed and direct drilled soils. *J. Agric. Sci.* 97, 713–721.

Prescott CE, Corbin JP, Parkinson D (1992) Immobilization and availability of N and P in the forest floors of fertilized Rocky Mountain coniferous forests. *Plant Soil* 143:1–10

Quintern Michael<sup>1</sup>, Marcus Lein<sup>2</sup>, and Rainer G. Joergensen<sup>2\*</sup> Changes in soil-biological quality indices after long-term addition of shredded shrubs and biogenic waste compost. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2006, 169, 488–493.

Ramirez Kelly S., Lauber Christian L., Knight Rob, Bradford Mark A., Fierer Noah (2010): Consistent effects of nitrogen fertilization on soil bacterial communities in contrasting systems. *Ecology*, 91(12), pp. 3463–3470.

Rasmussen C, Southard RJ, Horwath WR (2007) Soil mineralogy affects conifer forest soil carbon source utilization and microbial priming. *Soil Sci Soc Am J* 71: 1141–1150. doi: 10.2136/sssaj2006.0375.

Rayns, FW & Lennartsson, M (1995) The nitrogen dynamics of winter green manures. In HF Cook and HC Lee (eds) *Soil Management in Sustainable Agriculture, Proceedings 3<sup>rd</sup> International Conference on Sustainable Agriculture*, Wye College 1993. Wye College Press, Ashford, pp 308-311.

Rice CW, Moorman TB, Beare M. (1996). Role of microbial biomass carbon and nitrogen in soil quality. p. 203-215. In: Doran JW, Jones AJ, Editors, *Methods for Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America Special Publication 49, SSSA, Madison, WI.

Robinson BH, Brooks RR, Kirkman JH, Gregg PEH, Gremigni P. (1996). Plant-available elements in soils and their influence on the vegetation over ultrama<sup>®</sup>c (

serpentine') rocks in New Zealand. *Journal of the Royal Society of New Zealand* 26: 457±468.

Rosenberg, M. S. 2000. The file-drawer problem revisited: A general weighted method for calculating fail safe numbers. Submitted.

Rosenberg, M. S., D. C. Adams, and J. Gurevitch. 1997. *MetaWin*. Statistical software for meta-analysis with resampling tests. Version 1.0. Sinauer Associates, Sunderland.

Rosenthal, R. (1979). The file drawer problem and tolerance for null results,. *Psychol. Bull.*, 86: 638-41.

\*Ros M, Klammer S, Knapp B, Aichberger K, Insam H (2006) Long- term effects of compost amendment of soil on functional and structural diversity and microbial activity. *Soil Use Manag* 22:209–218

Rousk Johannes,<sup>1</sup>\*Philip C.Brookes<sup>2</sup> and Erland Baath<sup>1</sup> Contrasting Soil pH Effects on Fungal and Bacterial Growth Suggest Functional Redundancy in Carbon Mineralization *Appl Environ Microbiol.* Mar 2009; 75(6): 1589–1596.

Sabahi H., Liaghati H., Viesi H(2010).Effect of organic and inorganic fertilizers on soil microbial biomass and mineral N during canola (*Brassica Napus L.*) development.Department of Agroecology, Shahid Beheshti University, G.C., Tehran, Iran. Tel: +98 21 2243 1970.

Sabahi H., Liaghati H., Viesi H. (2010). Effect of organic and inorganic fertilizers on soil microbial biomass and mineral N during canola (*Brassica Napus L.*) development. Integrated manure and organic wastes management at the farm level.

Sarathchandraa S.U., Ghani A., Yeates G.W., Burch G., Cox N.R (2000): Effect of nitrogen and phosphate fertilisers on microbial and nematode diversity in pasture soils. *Soil Biology e Biochemistry* 33: 953-964.

Shannon C., Weaver W. (1949). The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana, Illinois, USA.

Sinsabaugh, R.L. 2010. Phenol oxidase, peroxidase, and organic matter dynamics of soil. *Soil Biol. Biochem.* 42, 391-404.

Smalla, K., Heuer, H., Gotz, A., Niemeyer, D., Krogerrecklenfort, E., and Tietze, E. (2000). Exogenous isolation of antibiotic resistance plasmids from piggery manure slurries reveals a high prevalence and diversity of IncQ-like plasmids. *Applied and Environmental Microbiology* 66:4854-4862.

Smith, J. L. and Paul, E. A. (1990). The significance of soil microbial biomass estimations. In: *Soil Biochemistry* 6. Bollag, J.-M. and Stotzky, G. (eds.). Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 357-396.

Sojka, R.E., Upchurch, D.R., 1999. Reservations regarding the soil quality concept. *Soil Science Society of America Journal* 63, 1039–1054.

(Sparling, 1997). Sparling G.P 1992. Ratio of biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Austr.J Soil Res* 30, 195-207.

Sparling, G.P., (1997). Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health, in: Pankhurst, C.E., Doube, B.M., Gupta, V.V.S.R. (Eds.), *Biological Indicators of Soil Health*. CAB International, Wallingford, pp. 97–119.

Sun FX1, Zhang WH, Xu MG, Zhang WJ, Li ZQ, Zhang JY. [Effects of long-term fertilization on microbial biomass carbon and nitrogen and on carbon source utilization of microbes in a red soil]. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*. 2010 Nov;21(11):2792-8.

Tate, R. L. (1995). *Soil Microbiology*. John Wiley, New York.

Taylor J.P., Wilson B., Mills M.S., Burns R.G. (2002): Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. *Soil Biol. Biochem.*, 34: 387–401.

Thirukkumaran C.M., Parkinson D. (2000). Microbial respiration, biomass, metabolic quotient and litter decomposition in a lodgepole pine forest floor amended with nitrogen and phosphorous fertilizers. *Soil Biol. Biochem.* 32, 59–66.

\*Timo Kautz, Stephan Wirth, Frank Ellmer (2004). Microbial Activity in a sandy arable soil is governed by the fertilization regime. *European Journal of Soil Biology*, 40 87-94

Tipping, E. 1981. The adsorption of aquatic humic substances by iron oxides. *Geochim. Cosmochim. Acta* 45:191-199.

Torsvik V., Ovreas L. (2002) Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems. *Curr Opin Microbiol* 5(3):240–245.

Tóth G.,V. Stolbovoy, et al.,(2007). Soil Quality and Sustainability Evaluation An integrated approach to support soil related policies in the European Union. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.

Treonis A., Austin E., Buyer J., Maul J., Spicer L., Zasada I. (2010). Effects of organic amendment and tillage on soil microorganisms and microfauna. *Applied Soil Ecology*. 46(1):103-110.

Treseder, K.K (2008). Nitrogen additions and microbial biomass: a meta-analysis of ecosystem studies.*Ecol. lett* 11,1111-1120.

Trinsoutrot , I., Recous, S., Bentz, B., Lineres, M., Cheneby, D., Nicolardot, B. (2000). Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization Kinetics under non limiting nitrogen condition. *Soil.Sci.Soc.Am.J.*64,918-926.

Vance E.D., Brookes P.C., Jenkinson D.S. (1987). An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19, 703–707.

\*Venecio U. Ultra, Jr. and Evelyn Javier, (2012). Influence of long term organic fertilization on the soil microbial community functional structure and enzyme activities in paddy soil.1-12

\*Víctor G. Franco-Otero, Pedro Soler –Rovira, Diana Hernandez, Esther G. Lopez-de-Sà, Cesar Plaza, (2012). Short-term effects of organic municipal wastes on wheat yield, microbial biomass, microbial activity, and chemical properties of soil.*Biol Fertil Soils* 48, 205-216.

Vitousek P.M., Aber Chair, Howart J., Likens R.W., Matson G.E., Schindler P.A., Schlesinger D.W., W.H. Tilman (1997). Human alteration of the Global Nitrogen Cycle: causes and consequences. *Ecological applications (Issues of Ecology)*.

Wang D M, Wang C Z, Han X R. 2006. Effects of long-term application of fertilizers on some enzymatic activities in Brunisolic soil. *Chinese Journal of Soil Science*, 37,263-267. (in Chinese)

Wang H Y, Gong Y B, Gong W. 2005. Review on the relationships of soil fertility with soil micro organism and soil enzyme activity in the forest stand. *Sichuan Forestry Exploration and Design*, 3, 9-14. (in Chinese)

Wang G.H., Jin J., Chen X.L., Liu J.D., Liu X.B., Herbert S.J. (2007): Biomass and catabolic diversity of microbial communities with long-term restoration, bare fallow and cropping history in Chinese Mollisols. *Plant Soil Environ.* 53: 177-185.

Wang Q.K., Wang S.L., Liu Y.X., (2008). Responses to N and P fertilization in a young *Eucalyptus dunnii* plantation: Microbial properties, enzyme activities and dissolved organic matter. *Applied soil Ecology* 40, 484-490.

Wang X J, Gong Z T. 1994. Assessment and prediction of soil changes under different land use patterns at a small area level in red soil hilly region. *Acta Pedologica Sinica*, 35, 135-139. (in Chinese)

Wan-Tai Yu, Ming-Li Bi, Yong-GangXu, Hua Zhou, Qiang Ma, Chun-ming Jiang, (2013). Microbial biomass and community composition in a Luvisol soil as influenced by long term fertilization. *Catena* 107, 89-95.

Wardle D A.1998. Controls of temporal variability of the soil :microbial biomass: A global synthesis. *Soil Biology and Biochemistry*, 30, 1627- 1637. Zhou L K. 1987. *Soil Enzymology*. Science Press, Beijing. (in Chinese).

Wardle DA (2002) *Communities and ecosystems. Linking the above- ground and belowground components*. Princeton University Press, Princeton, NJ

Wardle D.A.,Ghani A. (1999). A critique of the microbial metabolic (qCO<sub>2</sub>) as a bioindicator of disturbance and ecosystem development. *Soil Biology & Biochemistry*, 27, 1601–1610.

Wardle DA., Lavelle P. (1997). Linkages between soil biota, plant litter quality and decomposition. In: G. Cadisch and K.E. Giller (Editors), *Plant Litter Quality and Decomposition*. CAB International, Wallingford, pp. 107-124. Wardle, 1998

\*Wei Dan, YANG Qian, ZHANG Jun-Zheng, WANG Shuang, CHEN Xue-Li, ZHANG Xi-Lin and LI Wei-Qun (2008): Bacterial Community Structure and Diversity in a Black Soil as Affected by Long-Term Fertilization. *Pedosphere* 18(5): 582–592.

Wenhui Zhong, Ting Gu, Wei Wang, Bin Zhang, Xiangui Lin, Qianru Huang, Weishou Shen (2009): The effects of mineral fertilizer and organic manure on soil microbial community and diversity. *Plant Soil* 326:511–522.

Y. N. Song & F. S. Zhang & P. Marschner & F. L. Fan & H. M. Gao & X. G. Bao & J. H. Sun & L. Li. Effect of intercropping on crop yield and chemical and microbiological

properties in rhizosphere of wheat (*Triticum aestivum* L.), maize (*Zea mays* L.), and faba bean (*Vicia faba* L.)

Yakovchenko VI, Sikora LJ, Rauffman DD (1996). A biologically based indicator of soil quality. *Biology and Fertility of Soils* 21: 245- 251.

Yang CM, Yang LZ, Zhu OY (2005a) Organic carbon and its fractions in paddy soil as affected by different nutrient and water regimes. *Geoderma* 124:133–142 Yang CM, Yang LZ, Yan TM (2005b) Chemical and microbiological parameters of paddy soil quality as affected by different nutrient and water regimes. *Pedosphere* 15:369–378

Yao H, He Z, Wilson M, Campbell C (2000) Microbial biomass and community structure in a sequence of soils with increasing fertility and changing land use. *Microb Ecol* 40:223–237

Yao HY, Xu JM, Huang CY (2003) Substrate utilization pattern, biomass and activity of microbial communities in a sequence of heavy metal-polluted paddy soils. *Geoderma* 115:139–148

Yunfu Gu., Xiaoping Zhang, Shihua tu, Kristina Linstrom (2009). Soil microbial biomass, crop yields, and bacterial community structure as affected by long term treatments under weath-rice cropping. *European Journal of Soil Biology* 45 (2009) 239–246.

\*Zaller J.G, Ulrich Kopke, (2004). Effects of traditional and biodynamic farmyard manure amendment on yields, soil chemical, biochemical and biological properties in a long-term field experiment. *Biol Fertil Soil* 40, 222-229.

Zak, J. C., Willig, M. R., Moorhead, D. L. and Wildman, H. G. 1994. Functional diversity of microbial communities: a quantitative approach. *Soil Biol. Biochem.* 26: 1101–1108.

Zelles L (1997) Phospholipid fatty acid profiles in selected members for soil microbial communities. *Chemosphere* 35:275–294 Zelles L (1999) Fatty acid patterns of phospholipids and lipopolysaccharides in the characterization of microbial communities: a review. *Biol Fertil Soils* 29:111–129

Zelles L. (1999). Fatty acid patterns of phospholipids and lipopolysaccharides in the characterization of microbial communities in soil: a review. *Biology and Fertility of Soils*, 29, 111–129.

Zhang L., Xu Z.H. (2008). Assessing bacterial diversity in soil. *Journal of Soils and Sediments*, 8 (6): 379–388.

Zhang, H., Xu, M., & Zhang, F. (2009). Long-term effects of manure application on grain yield under different cropping systems and ecological conditions in China. *Journal of Agricultural Science*, 147, 31-42.

Zhang J.1, 2, J. Qin1, W. Yao1, 2, L. Bi1, 2, T. Lai3, X. Yu3. Effect of long-term application of manure and mineral fertilizers on nitrogen mineralization and microbial biomass in paddy soil during rice growth stages. *PLANT SOIL ENVIRON.*, 55, 2009 (3): 101–109.

Zhang L., Xu Z.H. (2008). Assessing bacterial diversity in soil. *Journal of Soils and Sediments*, 8 (6): 379–388.

Zhang MK, He ZL (2004) Long-term changes in organic carbon and nutrients of an Ultisol under rice cropping in southeast China. *Geoderma* 118:167–179

Zhang P J, Li L Q, Pan G X, Zhang J W. 2004. Influence of long- term fertilizer management on top soil microbial biomass and genetic diversity of a paddy soil from the Tai Lake region, China. *Actu Ecologica Sinica*, 24,281 8-2824. (in Chinese)

Zhong W, Gu T, Wang W, Zhang B, Lin X, Huang Q, Shen W (2009). The effects of mineral fertilizer and organic manure on soil microbial community and diversity. *Plant Soil* 326:511–522

Zhong W.H., Cai Z.C. (2007): Long-term effects of inorganic fertilizers on microbial biomass and community functional diversity in a paddy soil derived from quaternary red clay. *Applied Soil Ecology* 36 84-91.

Zhou L X, Ding M M. 2007. Soil microbial characteristics as bioindicators of soil health. *Biodiversio Science*, 15, 162- 17 1. (in Chinese). Zhang H Y, Xiao Y H. 2006. Microbial biomass as an indicator for evaluation of soil fertility properties. *Chinese Journal of ,Soil Science*, 37,422-425. (in Chinese)



## APPENDICE A

<b>Riferimenti</b>	<b>Titolo</b>
Leita I. et al., 1999	Influence of inorganic and organic fertilization on soil microbial biomass, metabolic quotient and heavy metal bioavailability
*Lahav I. et al. 2001	Soil bacterial functional diversity in a potato field
Garcia-Gil J.C et al. 2003	Utilization of biological parameters as early indicators of soil restoration in a long-term field experiment with municipal waste compost
Canali S. et al. 2004	Effect of long term addition of composts and poultry manure on soil quality of citrus orchards in Southern Italy
G. Bending et al. 2004	Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under contrasting agricultural management regimes
Martina S. et al. 2004	Responses of Active Bacterial and Fungal Communities in Soils under Winter Wheat to Different Fertilizer and Pesticide Regime
*Timo Kautz et al 2004	Microbial activity in a sandy arable soil is governed by the fertilization regime
*Zaller J.G. et al. 2004	Effects of traditional and biodynamic farmyard manure amendment on yields, soil chemical, biochemical and biological properties in a long-term field experiment
*Aparecida S. et al. 2005	Effect of sewage sludge on microbial biomass, basal respiration, metabolic quotient and soil enzymatic activity.
N.Z. Lupwayi et al. 2005	Soil microbial biomass, functional diversity and crop yields following application of cattle manure, hog manure and inorganic fertilizers
Michael Quintern et al. 2005	Changes in soil-biological quality indices after long-term addition of shredded shrubs and biogenic waste compost
*Mijangos I. et al. 2006	Effects of fertilization and tillage on soil biological parameters
*M.C Moscatelli et al. 2005	Soil microbial indices as bioindicators of environmental changes in a poplar plantation
Sarathchandraa et al 2005	Impact of carbon-rich dairy factory effluent on growth of perennial ryegrass ( <i>Lolium perenne</i> ) and soil microorganisms
*E. Gomez et al. 2006	Soil bacterial functional diversity as influenced by organic amendment application
*Gabriela Diosma et al., 2006	Effect of tillage and N fertilization on microbial physiological profile of soils cultivated with wheat

## APPENDICE A

<b>Riferimenti</b>	<b>Titolo</b>
J.N Song et al., 2006	Effect of intercropping on crop yield and chemical and microbiological properties in rhizosphere of wheat ( <i>Triticum aestivum</i> L.), maize ( <i>Zea mays</i> L.), and faba bean ( <i>Vicia faba</i> L.)
*Ros M. et al. 2006	Long-term effects of compost amendment of soil on functional and structural diversity and microbial activity
*Monokrousos et al. 2006	Soil quality variables in organically and conventionally cultivated field sites
Esperschütz J. et al. 2007	Response of soil microbial biomass and community structures to conventional and organic farming systems under identical crop rotations
Dezhi Yan et al. 2007	Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on labile organic matter fractions in a paddy soil
*Haiyan Chu et al., 2007	Soil microbial biomass, dehydrogenase activity, bacterial community structure in response to long-term fertilizer management
Bo Liu et al. 2007	Effect of organic, sustainable, and conventional management strategies in grower fields on soil physical, chemical, and biological factors and the incidence of Southern blight
*Cheng Hu and Zhiping Cao 2007	Size and Activity of the Soil Microbial Biomass and Soil Enzyme Activity in Long--Term Field Experiments
*Zhong W.H., Z.C. Cai 2007	Long-term effects of inorganic fertilizers on microbial biomass and community functional diversity in a paddy soil derived from quaternary red clay
*LI Juan et al. 2008	Effects of Long-Term Combined Application of Organic and Mineral Fertilizers on Microbial Biomass, Soil Enzyme Activities and Soil Fertility
Kamlesh J. et al 2008	Relative Impact of land use, management intensity and fertilization upon soil microbial community structure in agricultural systems
*KONG Wei-Dong et al. 2008	Effect of Long-Term Application of Chemical Fertilizers on Microbial Biomass and Functional Diversity of a Black Soil
Wang Q.K. et al. 2008	Responses to N and P fertilization in a young <i>Eucalyptus dunnii</i> plantation: microbial properties, enzyme activities and dissolved organic matter
*WEI Dan et al. 2008	Bacterial Community Structure and Diversity in a Black Soil as Affected by Long-Term Fertilization
Insam H. et al. 2009	Use of wood ash and anaerobic sludge for grassland fertilization: Effects on plants and microbes

## APPENDICE A

Wenhui Zhong et al. 2009	The effects of mineral fertilizer and organic manure on soil microbial community and diversity
Yunfu Gu et al. 2009	Soil microbial biomass, crop yields, and bacterial community structure as affected by long-term fertilizer treatments under wheat-rice cropping
Newton Z. et al. 2010	Contrasting soil microbial responses to fertilizers and herbicides in a canola e barley rotation
Sabahi et al. 2010	Effect of organic and inorganic fertilizers on soil microbial biomass and mineral N during canola ( <i>Brassica Napus L.</i> ) development
Newton Z. et al. 2010	Soil microbial community response to controlled-release urea fertilizer under zero tillage and conventional tillage
Nakhro N. et al., 2010	Impact of organic and inorganic fertilizers on microbial populations and biomass carbon in paddy field soil
Zhong W, et al., 2010	The effect of mineral fertilizer and organic manure on soil microbial community and diversity
Khosro Mohammadi 2011	Effect of different fertilization methods on soil biological indexes
Lagomarsino A. et al. 2011	Soil organic C variability and microbial functions in a Mediterranean agro-forest ecosystem
*Junli Hu et al. 2011	Microbial functional diversity, metabolic quotient, and invertase activity of a sandy loam soil as affected by long-term application
*Pengthamkeerat i P. et al. 2011	Soil microbial activity and functional diversity changed by compaction, poultry litter and cropping in a claypan soil
*LIU Ming et al. 2011	Effect of Intensive Inorganic Fertilizer Application on Microbial Properties in a Paddy Soil of Subtropical China
Newton Z. Lupwayi et al., 2012	Soil microbial response to nitrogen fertilizer and tillage in barley and corn
*Ajay Naira, Mathieu Ngouajio 2012	Soil microbial biomass, functional microbial diversity, and nematode community structure as affected by cover crops and compost in an organic vegetable production system
*Venecio U. Ultra et al., 2012	Influence of long term organic fertilization on the soil microbial community functional structure and enzyme activities in paddy soil
*Victor G. Franco-Otero et al. 2012	Short-term effects of organic municipal wastes on wheat yield, microbial biomass, microbial activity, and chemical properties of soil
André Sradnicka et al. 2013	Changes in functional diversity of the soil microbial community in a heterogeneous sandy soil after long term fertilization with cattle manure and mineral fertilizer

## APPENDICE A

<b>*Hongzhao Yuan et al. 2013</b>	<b>Soil microbial biomass and bacterial and fungal community structures responses to long-term fertilization in paddy soils</b>
<b>*Wan-Tai Yu et al. 2013</b>	<b>Microbial biomass and community composition in a Luvisol soil as influenced by long term fertilization</b>
<b>*J. A lvaro Fuentes et al., 2013</b>	<b>Soil biochemical properties in a semiarid Mediterranean agroecosystem as affected by long term tillage and N fertilization</b>
<b>*Cristina Lazcano et al., 2012</b>	<b>Short-term effect of organic and inorganic fertilizers on soil microbial community structure and function.</b>

## APPENDICE B

Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
Irit Lahav et al. (2001)	32°10'N, 34°50'E (Israele)	600	21	mediterraneo	/	sabbioso	gestione agricola
	32°10'N, 34°50'E (Israele)	600	21	mediterraneo	/	sabbioso	gestione agricola
	32°10'N, 34°50'E (Israele)	600	21	mediterraneo	/	sabbioso	gestione agricola
	32°10'N, 34°50'E (Israele)	600	21	mediterraneo	/	sabbioso	gestione agricola
	32°10'N, 34°50'E (Israele)	600	21	mediterraneo	/	sabbioso	gestione agricola
	32°10'N, 34°50'E (Israele)	600	21	mediterraneo	/	sabbioso	gestione agricola
	32°10'N, 34°50'E (Israele)	600	21	mediterraneo	/	sabbioso	gestione agricola
	32°10'N, 34°50'E (Israele)	600	21	mediterraneo	/	sabbioso	gestione agricola
	32°10'N, 34°50'E (Israele)	600	21	mediterraneo	/	sabbioso	gestione agricola
	32°10'N, 34°50'E (Israele)	600	21	mediterraneo	/	sabbioso	gestione agricola
LI Zhong-pei et al. (2007)	31°20'N, 119°51'E (Cina)	1280	15.7	sub-tropicale	/	/	diversa gestione del suolo
	31°20'N, 119°51'E (Cina)	1280	15.7	sub-tropicale	/	/	diversa gestione del suolo
	31°20'N, 119°51'E (Cina)	1280	15.7	sub-tropicale	/	/	diversa gestione del suolo
	31°20'N, 119°51'E	1280	15.7	sub-tropicale	/	/	diversa gestione del suolo
	31°20'N, 119°51'E (Cina)	1280	15.7	sub-tropicale	/	/	diversa gestione del suolo
	31°20'N, 119°51'E (Cina)	1280	15.7	sub-tropicale	/	/	diversa gestione del suolo
	31°20'N, 119°51'E (Cina)	1280	15.7	sub-tropicale	/	/	diversa gestione del suolo

Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
	31°20'N, 119°51'E (Cina)	1280	15.7	sub-tropicale	/	/	diversa gestione del suolo
Farrell Mark et al. (2009)	53°23'22"N, 4°20'54"W (Galles)	/	/	oceanico	/	/	fertilizzazione org/inorg
	53°23'22"N, 4°20'54"W (Galles)	/	/	oceanico	/	/	fertilizzazione org/inorg
	53°23'22"N, 4°20'54"W (Galles)	/	/	oceanico	/	/	fertilizzazione org/inorg
	53°23'22"N, 4°20'54"W (Galles)	/	/	oceanico	/	/	fertilizzazione org/inorg
Junli Hu et al. (2011)	35°00'N, 114°24'E (Cina)	615	13.9	monsonico	Aquic inceptisol	sabbioso	fertilizzazione org/inorg (lungo termine)
	35°00'N, 114°24'E (Cina)	615	13.9	monsonico	Aquic inceptisol	sabbioso	fertilizzazione org/inorg (lungo termine)
	35°00'N, 114°24'E (Cina)	615	13.9	monsonico	Aquic inceptisol	sabbioso	fertilizzazione org/inorg (lungo termine)
	35°00'N, 114°24'E (Cina)	615	13.9	monsonico	Aquic inceptisol	sabbioso	fertilizzazione org/inorg (lungo termine)
	35°00'N, 114°24'E (Cina)	615	13.9	monsonico	Aquic inceptisol	sabbioso	fertilizzazione org/inorg (lungo termine)
	35°00'N, 114°24'E (Cina)	615	13.9	monsonico	Aquic inceptisol	sabbioso	fertilizzazione org/inorg (lungo termine)
	35°00'N, 114°24'E (Cina)	615	13.9	monsonico	Aquic inceptisol	sabbioso	fertilizzazione org/inorg (lungo termine)
Bissett Andrew et al. (2011)	Australia	/	/	/	Chromosols	sabbioso-argilloso	diversa gestione del suolo (lungo termine)
	Australia	/	/	/	Chromosols	sabbioso-argilloso	diversa gestione del suolo (lungo termine)
	Australia	/	/	/	Chromosols	sabbioso-argilloso	diversa gestione del suolo (lungo termine)
	Australia	/	/	/	Chromosols	sabbioso-argilloso	diversa gestione del suolo (lungo termine)
Esperschutz J. et al. (2007)	7°33'E, 47°30'N (Svizzera)	872	9.5	/	Haplic luvisol	sabbia= 15%, limo= 70%, argilla= 15%	fertilizzazione (lungo termine)
	7°33'E, 47°30'N (Svizzera)	872	9.6	/	Haplic luvisol	sabbia= 15%, limo= 70%, argilla= 15%	fertilizzazione (lungo termine)
	7°33'E, 47°30'N (Svizzera)	872	9.7	/	Haplic luvisol	sabbia= 15%, limo= 70%, argilla= 15%	fertilizzazione (lungo termine)





Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
	USA	/	/	/	/	sabbioso	fertilizzazione (lungo termine)
	USA	/	/	/	/	limoso	fertilizzazione (lungo termine)
	USA	/	/	/	/	limoso	fertilizzazione (lungo termine)
	USA	/	/	/	/	limoso	fertilizzazione (lungo termine)
	USA	/	/	/	/	limoso	fertilizzazione (lungo termine)
	USA	/	/	/	/	limoso	fertilizzazione (lungo termine)
	USA	/	/	/	/	limoso	fertilizzazione (lungo termine)
	USA	/	/	/	/	limoso	fertilizzazione (lungo termine)
	USA	/	/	/	/	limoso	fertilizzazione (lungo termine)
Changting Wang et al. (2010)	37°32'N, 101°15'E (Cina)	560	-1,7°C	/	prato paludoso/alpino	/	fertilizzazione (breve termine)
	37°32'N, 101°15'E (Cina)	560	-1,7°C	/	prato paludoso/alpino	/	fertilizzazione (breve termine)
	37°32'N, 101°15'E (Cina)	560	-1,7°C	/	prato paludoso/alpino	/	fertilizzazione (breve termine)
	37°32'N, 101°15'E (Cina)	560	-1,7°C	/	prato paludoso/alpino	/	fertilizzazione (breve termine)
	37°32'N, 101°15'E (Cina)	560	-1,7°C	/	prato paludoso/alpino	/	fertilizzazione (breve termine)
	37°32'N, 101°15'E (Cina)	560	-1,7°C	/	prato paludoso/alpino	/	fertilizzazione (breve termine)
	37°32'N, 101°15'E (Cina)	560	-1,7°C	/	prato paludoso/alpino	/	fertilizzazione (breve termine)
	37°32'N, 101°15'E (Cina)	560	-1,7°C	/	prato paludoso/alpino	/	fertilizzazione (breve termine)
NautiyalChandra S. et al. (2010)	19,26' e 20,42'N, 77,18' e 79,9'E (India)	1056	5.1	semi-arido	/	/	cambiamento uso del suolo (da prateria a agricoltura biologica)

Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
KONG Wei-Dong et al. (2008)	47°26'N e 126°38'N (Cina)	550	2.5	/	Black soil	argilloso-sabbioso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	47°26'N e 126°38'N (Cina)	550	2.5	/	Black soil	argilloso-sabbioso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	47°26'N e 126°38'N (Cina)	550	2.5	/	Black soil	argilloso-sabbioso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	47°26'N e 126°38'N (Cina)	550	2.5	/	Black soil	argilloso-sabbioso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	47°26'N e 126°38'N (Cina)	550	2.5	/	Black soil	argilloso-sabbioso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	47°26'N e 126°38'N (Cina)	550	2.5	/	Black soil	argilloso-sabbioso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	47°26'N e 126°38'N (Cina)	550	2.5	/	Black soil	argilloso-sabbioso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	47°26'N e 126°38'N (Cina)	550	2.5	/	Black soil	argilloso-sabbioso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
Yunfu Gu et al (2009)	30°10'50"N, 105°03'26"E (Cina)	1014	17.5	sub-tropicale	Purplish calcareo	/	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	30°10'50"N, 105°03'26"E (Cina)	1014	17.5	sub-tropicale	Purplish calcareo	/	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	30°10'50"N, 105°03'26"E (Cina)	1014	17.5	sub-tropicale	Purplish calcareo	/	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	30°10'50"N, 105°03'26"E (Cina)	1014	17.5	sub-tropicale	Purplish calcareo	/	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	30°10'50"N, 105°03'26"E (Cina)	1014	17.5	sub-tropicale	Purplish calcareo	/	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	30°10'50"N, 105°03'26"E (Cina)	1014	17.5	sub-tropicale	Purplish calcareo	/	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	30°10'50"N, 105°03'26"E (Cina)	1014	17.5	sub-tropicale	Purplish calcareo	/	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	30°10'50"N (Cina)	1014	17.5	sub-tropicale	Purplish calcareo	/	fertilizzazione inorganica
	30°10'50"N, 105°03'26"E (Cina)	1014	17.5	sub-tropicale	Purplish calcareo	/	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	30°10'50"N, 105°03'26"E (Cina)	1014	17.5	sub-tropicale	Purplish calcareo	/	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	30°10'50"N, 105°03'26"E (Cina)	1014	17.5	sub-tropicale	Purplish calcareo	/	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	30°10'50"N, 105°03'26"E (Cina)	1014	17.5	sub-tropicale	Purplish calcareo	/	fertilizzazione inorganica (lungo termine)

Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
	30°10'50"N, 105°03'26"E (Cina)	1014	17.5	sub-tropicale	Purplish calcareo	/	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	30°10'50"N, 105°03'26"E (Cina)	1014	17.5	sub-tropicale	Purplish calcareo	/	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	30°10'50"N, 105°03'26"E (Cina)	1014	17.5	sub-tropicale	Purplish calcareo	/	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	30°10'50"N, 105°03'26"E (Cina)	1014	17.5	sub-tropicale	Purplish calcareo	/	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
Galit Hermann et al. (2011)	Israele	300	/	semi-arido	Brown red	sabbioso	fertilizzazione org (lungo termine)
	Israele	300	/	semi-arido	Brown red	sabbioso	fertilizzazione org (lungo termine)
WEI Dan et al. (2008)	45°40'N, 126°35'E (Cina)	575	3	monsonico	Mollison		fertilizzazione org/inorg (lungo termine)
	45°40'N, 126°35'E (Cina)	575	3.1	monsonico	Mollison		fertilizzazione org/inorg (lungo termine)
	45°40'N, 126°35'E (Cina)	575	3.2	monsonico	Mollison		fertilizzazione org/inorg (lungo termine)
	45°40'N, 126°35'E (Cina)	575	3.3	monsonico	Mollison		fertilizzazione org/inorg (lungo termine)
Zhong W.H., Cai Z.C. (2007)	28°15'30"N, 116°55'30"E (Cina)	1795	17.6	monsonico	Red soil/Ultisols e Oxisol	argilloso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)/cambiamento di uso del suolo
	28°15'30"N, 116°55'30"E (Cina)	1795	17.7	monsonico	Red soil/Ultisols e Oxisol	argilloso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)/cambiamento di uso del suolo
	28°15'30"N, 116°55'30"E (Cina)	1795	17.8	monsonico	Red soil/Ultisols e Oxisol	argilloso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)/cambiamento di uso del suolo
	28°15'30"N, 116°55'30"E (Cina)	1795	17.9	monsonico	Red soil/Ultisols e Oxisol	argilloso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)/cambiamento di uso del suolo
	28°15'30"N, 116°55'30"E (Cina)	1795	17.1	monsonico	Red soil/Ultisols e Oxisol	argilloso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)/cambiamento di uso del suolo
	28°15'30"N, 116°55'30"E (Cina)	1795	17.11	monsonico	Red soil/Ultisols e Oxisol	argilloso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)/cambiamento di uso del suolo
Ros M. et al. (2006)	Austria	/	/	/	/	limoso-argilloso 17,4% argilla, 69% limo, 13,6% sabbia	fertilizzazione org/inorg (lungo termine)

Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
	Austria	/	/	/	/	limoso-argilloso; 17,4% argilla, 69% limo, 13,6% sabbia	fertilizzazione org/inorg (lungo termine)
	Austria	/	/	/	/	limoso-argilloso; 17,4% argilla, 69% limo, 13,6% sabbia	fertilizzazione org/inorg (lungo termine)
	Austria	/	/	/	/	limoso-argilloso; 17,4% argilla, 69% limo, 13,6% sabbia	fertilizzazione org/inorg (lungo termine)
	Austria	/	/	/	/	17,4% argilla, 69% limo, 13,6% sabbia	fertilizzazione org/inorg (lungo termine)
	Austria	/	/	/	/	limoso-argilloso; 17,4% argilla, 69% limo, 13,6% sabbia	fertilizzazione org/inorg (lungo termine)
	Austria	/	/	/	/	limoso-argilloso; 17,4% argilla, 69% limo, 13,6% sabbia	fertilizzazione org/inorg (lungo termine)
	Austria	/	/	/	/	limoso-argilloso; 17,4% argilla, 69% limo, 13,6% sabbia	fertilizzazione org/inorg (lungo termine)
	Austria	/	/	/	/	limoso; 17,4% argilla, 69% limo, 13,6% sabbia	fertilizzazione org/inorg (lungo termine)
	Austria	/	/	/	/	limoso-argilloso; 17,4% argilla, 69% limo, 13,6% sabbia	fertilizzazione org/inorg (lungo termine)
Qiufang Xu et al. (2008)	E 119°42' N 30°14' (Cina)	1420	15.9	monsonico/ sub-tropicale	Ferrisols	/	Diversa gestione agricola
	E 119°42' N 30°14' (Cina)	1420	15.9	monsonico/ sub-tropicale	Ferrisols	/	Diversa gestione agricola
	E 119°42' N 30°14' (Cina)	1420	15.9	monsonico/ sub-tropicale	Ferrisols	/	Diversa gestione agricola
Entry James et al (2008)	42°30'00 e 43°30'00 N e 114°20'00 e 116°30'00"W (California)	240	9.5	temperato/semi-desertico	misto, super-attivo, mesico/ Durinodic Xeric Haplocalcid	argilloso-limoso/argilla= 15%, limo= 67,5%	gestione agricola/irrigazione
	42°30'00 e 43°30'00 N e 114°20'00 e 116°30'00"W (California)	240	9.5	temperato/semi-desertico	misto, super-attivo, mesico/ Durinodic Xeric Haplocalcid	argilloso-limoso/argilla= 15%, limo= 67,5%	gestione agricola/irrigazione



Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
	USA	/	/	/	/	sabbioso/limoso	cambiamento uso del suolo (da pino nativo vs tappeto erboso)
Bossio A. et al. (2005)	Kenya	1900	/	tropicale	/	argilla= 40%	diversa gestione agricola
	Kenya	1900	/	tropicale	/	argilla= 40%	diversa gestione agricola
	Kenya	1900	/	tropicale	/	argilla= 40%	diversa gestione agricola
	Kenya	1900	/	tropicale	/	argilla= 40%	diversa gestione agricola
	Kenya	1700	/	tropicale	/	argilla= 40%	diversa gestione agricola
	Kenya	1700	/	tropicale	/	argilla= 40%	diversa gestione agricola
	Kenya	1700	/	tropicale	/	argilla= 40%	diversa gestione agricola
	Kenya	1700	/	tropicale	/	argilla= 40%	diversa gestione agricola
	Kenya	1700	/	tropicale	/	argilla= 60%	diversa gestione agricola
	Kenya	1700	/	tropicale	/	argilla= 60%	diversa gestione agricola
	Kenya	1500	/	tropicale	/	sabbia= 5%	diversa gestione agricola
	Kenya	1500	/	tropicale	/	sabbia= 5%	diversa gestione agricola
Dong Xue-Huaiying, Yao-Changyong Huang (2006)	30°11'N, 120°05'E (Cina)	1500	15	sub-tropicale/monsonico	red soil/ultisols	/	cambiamento uso del suolo (da deserto vs tea a lungo termine)
	30°11'N, 120°05'E (Cina)	1500	15	sub-tropicale/monsonico	red soil/ultisols	/	cambiamento uso del suolo (da deserto vs tea a lungo termine)
	30°11'N, 120°05'E (Cina)	1500	15	sub-tropicale/monsonico	red soil/ultisols	/	cambiamento uso del suolo (da deserto vs tea a lungo termine)
	30°11'N, 120°05'E (Cina)	1500	15	tropicale/monsonico	red soil/ultisols	/	cambiamento uso del suolo



Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
	38°53'N, 92°12'W (Messico)	/	/	/	/	limoso-argilloso	compattazione/fertilizzazione organica-inorganica
	38°53'N, 92°12'W (Messico)	/	/	/	/	limoso-argilloso	compattazione/fertilizzazione organica-inorganica
	38°53'N, 92°12'W (Messico)	/	/	/	/	limoso-argilloso	compattazione/fertilizzazione organica-inorganica
	38°53'N, 92°12'W (Messico)	/	/	/	/	limoso-argilloso	compattazione/fertilizzazione organica-inorganica
	38°53'N, 92°12'W (Messico)	/	/	/	/	limoso-argilloso	compattazione/fertilizzazione organica-inorganica
	38°53'N, 92°12'W (Messico)	/	/	/	/	limoso-argilloso	compattazione/fertilizzazione organica-inorganica
	38°53'N, 92°12'W (Messico)	/	/	/	/	limoso-argilloso	compattazione/fertilizzazione organica-inorganica
	38°53'N, 92°12'W (Messico)	/	/	/	/	limoso-argilloso	compattazione/fertilizzazione organica-inorganica
	38°53'N, 92°12'W (Messico)	/	/	/	/	limoso-argilloso	compattazione/fertilizzazione organica-inorganica
	38°53'N, 92°12'W (Messico)	/	/	/	/	limoso-argilloso	compattazione/fertilizzazione organica-inorganica
	38°53'N, 92°12'W (Messico)	/	/	/	/	limoso-argilloso	compattazione/fertilizzazione organica-inorganica
	38°53'N, 92°12'W (Messico)	/	/	/	/	limoso-argilloso	compattazione/fertilizzazione organica-inorganica
	38°53'N, 92°12'W (Messico)	/	/	/	/	limoso-argilloso	compattazione/fertilizzazione organica-inorganica
Nsabimana D. et al. (2003)	29°52'S e 30°17'E (Sud Africa)	874	15.58	sub-umido	Rhodic Ferisols	Argilla = 60 %	diversa gestione del suolo
	29°52'S e 30°17'E (Sud Africa)	874	15.58	sub-umido	Rhodic Ferisols	Argilla = 60 %	diversa gestione del suolo
	29°52'S e 30°17'E (Sud Africa)	874	15.58	sub-umido	Rhodic Ferisols	Argilla = 60 %	diversa gestione del suolo
	29°52'S e 30°17'E (Sud Africa)	874	15.58	sub-umido	Rhodic Ferisols	Argilla = 60 %	diversa gestione del suolo
	29°52'S e 30°17'E (Sud Africa)	874	15.58	sub-umido	Rhodic Ferisols	Argilla = 60 %	diversa gestione del suolo

Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
	29°52'S e 30°17'E (Sud Africa)	874	15.58	sub-umido	Rhodic Ferisols	Argilla = 60 %	diversa gestione del suolo
	29°52'S e 30°17'E (Sud Africa)	874	15.58	sub-umido	Rhodic Ferisols	Argilla = 60 %	diversa gestione del suolo
	29°52'S e 30°17'E (Sud Africa)	874	15.58	sub-umido	Rhodic Ferisols	Argilla = 60 %	diversa gestione del suolo
	29°52'S e 30°17'E (Sud Africa)	874	15.58	sub-umido	Rhodic Ferisols	Argilla = 60 %	diversa gestione del suolo
	29°52'S e 30°17'E (Sud Africa)	874	15.58	sub-umido	Rhodic Ferisols	Argilla = 60 %	diversa gestione del suolo
	29°52'S e 30°17'E (Sud Africa)	874	15.58	sub-umido	Rhodic Ferisols	Argilla = 60 %	diversa gestione del suolo
	29°52'S e 30°17'E (Sud Africa)	874	15.58	sub-umido	Rhodic Ferisols	Argilla = 60 %	diversa gestione del suolo
	29°52'S e 30°17'E (Sud Africa)	874	15.58	sub-umido	Rhodic Ferisols	Argilla = 60 %	diversa gestione del suolo
	29°52'S e 30°17'E (Sud Africa)	874	15.58	sub-umido	Rhodic Ferisols	Argilla = 60 %	diversa gestione del suolo
Sha Qi et al. (2010)	43°26'-43°29'N, 115°32'-117°12'E (Mongolia)	350	0.7	continentale-monsonico	chernozems/castagno-calcico	Sabbia= 49,5%, limo= 34%, argilla= 16,5%	pascolo intensivo
	43°26'-43°29'N, 115°32'-117°12'E (Mongolia)	350	0.7	continentale-monsonico	chernozems/castagno-calcico	Sabbia= 49,5%, limo= 34%, argilla= 16,5%	pascolo intensivo
	43°26'-43°29'N, 115°32'-117°12'E (Mongolia)	350	0.7	continentale-monsonico	chernozems/castagno-calcico	Sabbia= 49,5%, limo= 34%, argilla= 16,5%	pascolo intensivo
	43°26'-43°29'N, 115°32'-117°12'E (Mongolia)	350	0.7	continentale-monsonico	chernozems/castagno-calcico	Sabbia= 49,5%, limo= 34%, argilla= 16,5%	pascolo intensivo
	43°26'-43°29'N, 115°32'-117°12'E	350	0.7	continentale-monsonico	chernozems/castagno-calcico	Sabbia= 49,5%, limo= 34%, argilla= 16,5%	pascolo intensivo
Lupwayi Newton Z. et al. (2010)	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	472	/	/	chemozems	Limoso	fertilizzazione (breve termine)

Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	472	/	/	chemozems	Limoso	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	472	/	/	chemozems	Limoso	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	472	/	/	chemozems	Limoso	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	472	/	/	chemozems	Limoso	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	472	/	/	chemozems	Limoso	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	472	/	/	chemozems	Limoso	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	472	/	/	chemozems	Limoso	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	472	/	/	chemozems	Limoso	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	472	/	/	chemozems	Limoso	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	472	/	/	chemozems	Limoso	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	472	/	/	chemozems	Limoso	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	472	/	/	chemozems	Limoso	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	416	/	/	luvisol	argilloso-limoso	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	416	/	/	luvisol	argilloso-limoso	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	416	/	/	luvisol	argilloso-limoso	fertilizzazione (breve termine)

Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	416	/	/	luvisol	argilloso-limoso	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	416	/	/	luvisol	argilloso-limoso	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	416	/	/	luvisol	argilloso-limoso	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	1755	/	/	cambisol	limoso-fine	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	1755	/	/	cambisol	limoso-fine	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	1755	/	/	cambisol	limoso-fine	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	1755	/	/	cambisol	limoso-fine	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	1755	/	/	cambisol	limoso-fine	fertilizzazione (breve termine)
	49°14'N 121°46'W, 52°52'N 104°36'W, 49°50'N 99°57'	1755	/	/	cambisol	limoso-fine	fertilizzazione (breve termine)
Bo Liu et al. (2007)	USA	/	/	/	/	sabbioso/limoso	diversa gestione agricola (organica, sostenibile, convenzionale)
	USA	/	/	/	/	sabbioso/limoso	diversa gestione agricola (organica, sostenibile, convenzionale)
	USA	/	/	/	/	sabbioso/limoso	diversa gestione agricola (organica, sostenibile, convenzionale)
	USA	/	/	/	/	sabbioso/limoso	diversa gestione agricola (organica, sostenibile, convenzionale)
	USA	/	/	/	/	sabbioso/limoso	diversa gestione agricola (organica, sostenibile, convenzionale)

Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
	USA	/	/	/	/	sabbioso/limoso	diversa gestione agricola (organica, sostenibile, convenzionale)
	USA	/	/	/	/	sabbioso/limoso	diversa gestione agricola (organica, sostenibile, convenzionale)
	USA	/	/	/	/	sabbioso/limoso	diversa gestione agricola (organica, sostenibile, convenzionale)
	USA	/	/	/	/	sabbioso/limoso	diversa gestione agricola (organica, sostenibile, convenzionale)
Naili Zhang et al. (2008)	42°02'N, 116°16'E, (Cina)	385	21	monsonico/temperato	suolo castagno/luvisols calcico	sabbia= 69,21%, limo= 15,60%, argilla= 15,19 %	fertilizzazione urea (breve termine)
	42°02'N, 116°16'E, (Cina)	385	21	monsonico/temperato	suolo castagno/luvisols calcico	sabbia= 69,21%, limo= 15,60%, argilla= 15,19 %	fertilizzazione urea (breve termine)
	42°02'N, 116°16'E, (Cina)	385	21	monsonico/temperato	suolo castagno/luvisols calcico	sabbia= 69,21%, limo= 15,60%, argilla= 15,19 %	fertilizzazione urea (breve termine)
	42°02'N, 116°16'E, (Cina)	385	21	monsonico/temperato	suolo castagno/luvisols calcico	sabbia= 69,21%, limo= 15,60%, argilla= 15,19 %	fertilizzazione urea (breve termine)
	42°02'N, 116°16'E, (Cina)	385	21	monsonico/temperato	suolo castagno/luvisols calcico	sabbia= 69,21%, limo= 15,60%, argilla= 15,19 %	fertilizzazione urea (breve termine)
	42°02'N, 116°16'E, (Cina)	385	21	monsonico/temperato	suolo castagno/luvisols calcico	sabbia= 69,21%, limo= 15,60%, argilla= 15,19 %	fertilizzazione urea (breve termine)
	42°02'N, 116°16'E, (Cina)	385	21	monsonico/temperato	suolo castagno/luvisols calcico	sabbia= 69,21%, limo= 15,60%, argilla= 15,19 %	fertilizzazione urea (breve termine)
	42°02'N, 116°16'E, (Cina)	385	21	monsonico/temperato	suolo castagno/luvisols calcico	sabbia= 69,21%, limo= 15,60%, argilla= 15,19 %	fertilizzazione urea (breve termine)
Lagomarsino Alessandra et al. (2011)	40°46'N, 9°10' E (Italia)	630	14.2	oceanico pluvistagionale/ mediterraneo sub umido	/	argilloso/sabbioso	diversa gestione del suolo
	40°46'N, 9°10' E (Italia)	630	14.2	oceanico /mediterraneo sub umido	/	argilloso/sabbioso	diversa gestione del suolo
	40°46'N, 9°10' E (Italia)	630	14.2	oceanico pluvistagionale/ mediterraneo	/	argilloso/sabbioso	diversa gestione del suolo
	40°46'N, 9°10' E (Italia)	630	14.2	oceanico pluvistagionale/ mediterraneo	/	argilloso/sabbioso	diversa gestione del suolo



Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
Sarathchandra Upali et al. (2005)	Nuova Zelanda	/	/	/	Aquandic Endoaquept	argilloso-sabbioso	fertilizzazione org (letame di mucca)
	Nuova Zelanda	/	/	/	Aquandic Endoaquept	argilloso-sabbioso	fertilizzazione org (letame di mucca)
	Nuova Zelanda	/	/	/	Aquandic Endoaquept	argilloso-sabbioso	fertilizzazione org (letame di mucca)
	Nuova Zelanda	/	/	/	Aquandic Endoaquept	argilloso-sabbioso	fertilizzazione org (letame di mucca)
	Nuova Zelanda	/	/	/	Aquandic Endoaquept	argilloso-sabbioso	fertilizzazione org (letame di mucca)
	Nuova Zelanda	/	/	/	Aquandic Endoaquept	argilloso-sabbioso	fertilizzazione org (letame di mucca)
	Nuova Zelanda	/	/	/	Aquandic Endoaquept	argilloso-sabbioso	fertilizzazione org (letame di mucca)
	Nuova Zelanda	/	/	/	Aquandic Endoaquept	argilloso-sabbioso	fertilizzazione org (letame di mucca)
	Nuova Zelanda	/	/	/	Aquandic Endoaquept	argilloso-sabbioso	fertilizzazione org (letame di mucca)
	Nuova Zelanda	/	/	/	Aquandic Endoaquept	argilloso-sabbioso	fertilizzazione org (letame di mucca)
	Nuova Zelanda	/	/	/	Aquandic Endoaquept	argilloso-sabbioso	fertilizzazione org (letame di mucca)
	Nuova Zelanda	/	/	/	Aquandic Endoaquept	argilloso-sabbioso	fertilizzazione org (letame di mucca)
Lupwayi Newton Z. et al. (2010)	Canada	/	/	/	Chernozem	argilla= 190 g, sabbia= 510 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Chernozem	argilla= 190 g, sabbia= 510 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Chernozem	argilla= 190 g, sabbia= 510 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Chernozem	argilla= 190 g, sabbia= 510 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Chernozem	Arg.= 190 g, sab.= 510 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Chernozem	argilla= 190 g, sabbia= 510 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Chernozem	argilla= 190 g, sabbia= 510 g	fertilizzazione inorganica

Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
	Canada	/	/	/	Chernozem	argilla= 190 g, sabbia= 510 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Chernozem	argilla= 190 g, sabbia= 510 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Chernozem	argilla= 190 g, sabbia= 510 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Luvisol	argilla= 240 g, sabbia= 340 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Luvisol	argilla= 240 g, sabbia= 340 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Luvisol	argilla= 240 g, sabbia= 340 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Luvisol	argilla= 240 g, sabbia= 340 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Luvisol	argilla= 240 g, sabbia= 340 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Luvisol	argilla= 240 g, sabbia= 340 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Luvisol	argilla= 240 g, sabbia= 340 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Luvisol	argilla= 240 g, sabbia= 340 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Luvisol	argilla= 240 g, sabbia= 340 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Luvisol	argil= 240 g, sabb= 340	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Luvisol	argilla= 240 g, sabbia= 340 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Luvisol	argilla= 240 g, sabbia= 340 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Luvisol	argilla= 240 g, sabbia= 340 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Luvisol	argilla= 240 g, sabbia= 340 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Luvisol	Argil= 240 g, sab=340	fertilizzazione inorganica

Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
	Canada	/	/	/	Luvisol	Argilla= 240 g, sabbia= 340	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Luvisol	argilla= 240 g, sabbia= 340 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Luvisol	argilla= 240 g, sabbia= 340 g	fertilizzazione inorganica
	Canada	/	/	/	Luvisol	argilla= 240 g, sabbia= 340 g	fertilizzazione inorganica
Monokrousos N.et al. (2005)	Grecia	505.9	15.95	mediterraneo	Olocene (IGME)	limo= 24,2%; argilla= 34,5%; sabbia= 41,4%	diversità gestione agricola
	Grecia	505.9	15.95	mediterraneo	Olocene (IGME)	limo= 34,5%, argilla= 41,6%, sabbia=23,9%	diversità gestione agricola
	Grecia	505.9	15.95	mediterraneo	Olocene (IGME)	limo= 32,4%, argilla= 38,8%, sabbia= 28,8%	diversità gestione agricola
	Grecia	505.9	15.95	mediterraneo	Olocene (IGME)	limo= 29,8%, argilla= 35,2%, sabbia=35,0%	diversità gestione agricola
	Grecia	505.9	15.95	mediterraneo	Olocene (IGME)	limo= 38,4%, argilla= 32,4%, sabbia= 29,2%	diversità gestione agricola
	Grecia	505.9	15.95	mediterraneo	Olocene (IGME)	limo= 29,6%, argilla= 26,8%, sabbia= 43,6%	diversità gestione agricola
	Grecia	505.9	15.95	mediterraneo	Olocene (IGME)	limo= 27,2%, argilla= 17,6%, sabbia= 55,2%	diversità gestione agricola
Canali Stefano et al. (2004)	Italia	/	/	/	/	sabbioso/argilloso	fertilizzazione compost e letame
	Italia	/	/	/	/	sabbioso/argilloso	fertilizzazione compost e letame
	Italia	/	/	/	/	sabbioso/argilloso	fertilizzazione compost e letame
	Italia	/	/	/	/	sabbioso/argilloso	fertilizzazione compost e letame
X,H, Qu, J.G. Wang (2007)	Cina	/	1.5	/	Luvic Phaeozems ( FAO)	/	ammendamento con acidi fenolici
/	/	/	/	/	/	/	/
	Cina	/	1.5	/	Luvic Phaeozems FAO	/	ammendamento con acidi fenolici
		/	1.5	/	Luvic Phaeozems FAO	/	ammendamento con acidi fenolici

Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
	Cina	/	1.5	/	Luvic Phaeozems FAO	/	ammendamento con acidi fenolici
	Cina	/	1.5	/	Luvic Phaeozems (FAO)	/	ammendamento con acidi fenolici
	Cina	/	1.5	/	Luvic Phaeozems FAO	/	ammendamento con acidi fenolici
	Cina	/	1.5	/	Luvic Phaeozems FAO	/	ammendamento con acidi fenolici
	Cina	/	1.5	/	Luvic Phaeozems FAO	/	ammendamento con acidi fenolici
Lin X.G. et al. (2003)	Cina	/	/	/	/	/	cambiamento uso del suolo
	Cina	/	/	/	/	/	cambiamento uso del suolo
	Cina	/	/	/	/	/	cambiamento uso del suolo
	Cina	/	/	/	/	/	cambiamento uso del suolo
	Cina	/	/	/	/	/	cambiamento uso del suolo
	Cina	/	/	/	/	/	cambiamento uso del suolo
	Cina	/	/	/	/	/	cambiamento uso del suolo
	Cina	/	/	/	/	/	cambiamento uso del suolo
/	/	/	/	/	/	/	/
Lupwayi Newton Z. et al. (2011)	45°30'N;73°35'W (Canada)	/	/	/	Humic Orthic Gleysol ( o tipico Haplaquept)	sabbia= 232 g/kg, argilla = 3,82 g/kg	fertilizzazione inorganica
	45°30'N;73°35'W (Canada)	/	/	/	Humic Orthic Gleysol ( o tipico Haplaquept)	sabbia= 232 g/kg, argilla = 3,82 g/kg	fertilizzazione inorganica
	45°30'N;73°35'W (Canada)	/	/	/	Humic Orthic Gleysol ( o tipico Haplaquept)	sabbia= 232 g/kg, argilla = 3,82 g/kg	fertilizzazione inorganica
	45°30'N;73°35'W (Canada)	/	/	/	Humic Orthic Gleysol ( o tipico Haplaquept)	sabbia= 232 g/kg, argilla = 3,82 g/kg	fertilizzazione inorganica
	45°30'N;73°35'W (Canada)	/	/	/	Humic Orthic Gleysol ( o tipico Haplaquept)	sabbia= 232 g/kg, argilla = 3,82 g/kg	fertilizzazione inorganica

Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
	45°30'N;73°35'W (Canada)	/	/	/	Humic Orthic Gleysol ( o tipico Haplaquept)	sabbia= 232 g/kg, argilla = 3,82 g/kg	fertilizzazione inorganica
	45°30'N;73°35'W (Canada)	/	/	/	Humic Orthic Gleysol ( o tipico Haplaquept)	sabbia= 232 g/kg, argilla = 3,82 g/kg	fertilizzazione inorganica
	45°30'N;73°35'W (Canada)	/	/	/	Humic Orthic Gleysol ( o tipico Haplaquept)	sabbia= 232 g/kg, argilla = 3,82 g/kg	fertilizzazione inorganica
	45°30'N;73°35'W (Canada)	/	/	/	Humic Orthic Gleysol ( o tipico Haplaquept)	sabbia= 232 g/kg, argilla = 3,82 g/kg	fertilizzazione inorganica
	45°30'N;73°35'W (Canada)	/	/	/	Humic Orthic Gleysol ( o tipico Haplaquept)	sabbia= 232 g/kg, argilla = 3,82 g/kg	fertilizzazione inorganica
	45°30'N;73°35'W (Canada)	/	/	/	Humic Orthic Gleysol ( o tipico Haplaquept)	sabbia= 232 g/kg, argilla = 3,82 g/kg	fertilizzazione inorganica
	45°30'N;73°35'W (Canada)	/	/	/	Humic Orthic Gleysol ( o tipico Haplaquept)	sabbia= 232 g/kg, argilla = 3,82 g/kg	fertilizzazione inorganica
	45°30'N;73°35'W (Canada)	/	/	/	Humic Orthic Gleysol ( o tipico Haplaquept)	sabbia= 232 g/kg, argilla = 3,82 g/kg	fertilizzazione inorganica
	45°30'N;73°35'W (Canada)	/	/	/	Humic Orthic Gleysol ( o tipico Haplaquept)	sabbia= 232 g/kg, argilla = 3,82 g/kg	fertilizzazione inorganica
	45°30'N;73°35'W (Canada)	/	/	/	Humic Orthic Gleysol ( o tipico Haplaquept)	sabbia= 232 g/kg, argilla = 3,82 g/kg	fertilizzazione inorganica
	45°30'N;73°35'W (Canada)	/	/	/	Humic Orthic Gleysol ( o tipico Haplaquept)	sabbia= 232 g/kg, argilla = 3,82 g/kg	fertilizzazione inorganica
	45°30'N;73°35'W (Canada)	/	/	/	Humic Orthic Gleysol ( o tipico Haplaquept)	sabbia= 232 g/kg, argilla = 3,82 g/kg	fertilizzazione inorganica
	45°30'N;73°35'W (Canada)	/	/	/	Humic Orthic Gleysol ( o tipico Haplaquept)	sabbia= 232 g/kg, argilla = 3,82 g/kg	fertilizzazione inorganica
	45°30'N;73°35'W (Canada)	/	/	/	Humic Orthic Gleysol ( o tipico Haplaquept)	sabbia= 232 g/kg, argilla = 3,82 g/kg	fertilizzazione inorganica
Ajay Naira, Mathieu Ngouajio (2012)	USA	/	/	temperato	Capac	argilloso	fertilizzazione con compost
	USA	/	/	temperato	Capac	argilloso	fertilizzazione con compost
	USA	/	/	temperato	Capac	argilloso	fertilizzazione con compost
	USA	/	/	temperato	Capac	argilloso	fertilizzazione con compost

Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
	USA	/	/	temperato	Capac	argilloso	fertilizzazione con compost
	USA	/	/	temperato	Capac	argilloso	fertilizzazione con compost
	USA	/	/	temperato	Capac	argilloso	fertilizzazione con compost
	USA	/	/	temperato	Capac	argilloso	fertilizzazione con compost
	USA	/	/	temperato	Capac	argilloso	fertilizzazione con compost
	USA	/	/	temperato	Capac	argilloso	fertilizzazione con compost
	USA	/	/	temperato	Capac	argilloso	fertilizzazione con compost
	USA	/	/	temperato	Capac	argilloso	fertilizzazione con compost
Sarathchandraa S. et al. (2000)	37°46' N, 175°18' E (Nuova Zelanda)	/	/	/	Horotiu	sabbioso-argilloso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	37°46' N, 175°18' E (Nuova Zelanda)	/	/	/	Horotiu	sabbioso e argilloso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	37°46' N, 175°18' E (Nuova Zelanda)	/	/	/	Horotiu	sabbioso e argilloso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	37°48'N, 175°02'E (Nuova Zelanda)	/	/	/	Dunmore/Hapludand	limoso ed argilloso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	37°48'N, 175°02'E (Nuova Zelanda)	/	/	/	Dunmore/Hapludand	limoso ed argilloso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	37°48'N, 175°02'E (Nuova Zelanda)	/	/	/	Dunmore/Hapludand	limoso ed argilloso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
	37°48'N, 175°02'E (Nuova Zelanda)	/	/	/	Dunmore/Hapludand	limoso ed argilloso	fertilizzazione inorganica (lungo termine)
Lupwayi N. Z. et al. (2003)	Fort Vermilion (Canada)	16	16	/	Gray Luvisols	sabbioso-limoso	Aggiunta di erbicidi
	Fort Vermilion (Canada)	16	16	/	Gray Luvisols	sabbioso-limoso	Aggiunta di erbicidi
	Fort Vermilion (Canada)	16	16	/	Gray Luvisols	sabbioso-limoso	Aggiunta di erbicidi
	Fort Vermilion (Canada)	16	16	/	Gray Luvisols	sabbioso-limoso	Aggiunta di erbicidi



Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
	Lacombe (Canada)	105	13	/	Black Chernozemic	sabbioso,limoso,argilloso	Aggiunta di erbicidi
	Lacombe (Canada)	105	13	/	Black Chernozemic	sabbioso,limoso,argilloso	Aggiunta di erbicidi
	Lacombe (Canada)	105	13	/	Black Chernozemic	sabbioso,limoso,argilloso	Aggiunta di erbicidi
Lupwayi N. Z. et al. (2005)	Alberta, Canada	462	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	462	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	462	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	462	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	295	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	295	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	295	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	295	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	295	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	295	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	295	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	295	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	295	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	268	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	268	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	268	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	268	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica

Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
	Alberta, Canada	168	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	168	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione
	Alberta, Canada	168	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	168	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	168	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	168	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	168	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
	Alberta, Canada	168	/	/	Grey Luvisolic	/	Fertilizzazione inorganica/organica
Lupwayi N. Z. et al. (2001)	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge,	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica

<b>Riferimenti</b>	<b>Coordinate</b>	<b>Pm (mm)</b>	<b>Tm (°C)</b>	<b>Clima</b>	<b>Tipo di Suolo</b>	<b>Tessitura suolo (%)</b>	<b>Perturbazione</b>
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge,	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica
	Beaverlodge, Canada	/	/	/	Grey Luvisolic	/	fertilizzazione inorganica





Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
	38°37'N,102°40'E, Cina	/	/	/	/	/	diversa gestione agricola
	38°37'N,102°40'E,	/	/	/	/	/	diversa gestione agricola
	38°37'N,102°40'E, Cina	/	/	/	/	/	diversa gestione agricola
	38°37'N,102°40'E, Cina	/	/	/	/	/	diversa gestione agricola
	38°37'N,102°40'E, Cina	/	/	/	/	/	diversa gestione agricola
	38°37'N,102°40'E, Cina	/	/	/	/	/	diversa gestione agricola
	38°37'N,102°40'E, Cina	/	/	/	/	/	diversa gestione agricola
	38°37'N,102°40'E, Cina	/	/	/	/	/	diversa gestione agricola
Nakhro N. et al. 2010	25°38'N, 91°52'E India	/	/	/	/	/	Fertilizzazione organica/inorganica
	25°38'N, 91°52'E India	/	/	/	/	/	Fertilizzazione organica/inorganica
	25°38'N, 91°52'E India	/	/	/	/	/	Fertilizzazione organica/inorganica
Venecio U. et al. 2012	Filippine	/	/	/	/	/	Fertilizzazione organica/inorganica
	Filippine	/	/	/	/	/	Fertilizzazione organica/inorganica
	Filippine	/	/	/	/	/	Fertilizzazione organica/inorganica
Iker Mijangos et al. (2006)	Spagna	/	/	Temperato/umido	/	/	Fertilizzazione organica/inorganica
	Spagna	/	/	Temperato/umido	/	/	Fertilizzazione organica/inorganica
	Spagna	/	/	Temperato/umido	/	/	Fertilizzazione organica/inorganica
Sabahi H. et al. (2010)	36°40'N, 53°10'E	/	/	/	/	/	Fertilizzaziome organica/inorganica

Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
	36°40'N, 53°10'E	/	/	/	/	/	Fertilizzazione organica/inorganica
	36°40'N, 53°10'E	/	/	/	/	/	Fertilizzazione organica/inorganica
	36°40'N, 53°10'E	/	/	/	/	/	Fertilizzazione organica/inorganica
	36°40'N, 53°10'E	/	/	/	/	/	Fertilizzazione organica/inorganica
	36°40'N, 53°10'E	/	/	/	/	/	Fertilizzazione
	36°40'N, 53°10'E	/	/	/	/	/	Fertilizzazione organica/inorganica
Khosro (2011) Mohammadi	(35°16N, 47°1 E) Iran	18.5	523	/	/	Sabbia= 28%, argilla= 42 %, limo= 30%	Fertilizzazione organica/inorganica
	(35°16N, 47°1 E) Iran	18.5	523	/	/	Sabbia= 28%, argilla= 42 %, limo= 30%	Fertilizzazione organica/inorganica
	(35°16N, 47°1 E) Iran	18.5	523	/	/	Sabbia= 28%, argilla= 42 %, limo= 30%	Fertilizzazione organica/inorganica
	(35°16N, 47°1 E) Iran	18.5	523	/	/	Sabbia= 28%, argilla= 42 %, limo= 30%	Fertilizzazione organica/inorganica
/	/	/	/	/	/	/	/
Lazcano C. et al. (2012)	(42°24'20.33"N, 8°38'39.67"W) Spagns	/	1600	/	/	Sabbia= 53%, limo= 28%, argilla= 18%	Fertilizzazione organica/inorganica
		/	1600	/	/	Sabbia= 53%, limo= 28%, argilla= 18%	Fertilizzazione organica/inorganica
Thirukkumaran C. M. et al. (2000)	(51°02'N, 114°59'W) Canada	/	/	/	/	/	Fertilizzazione inorganica
	(51°02'N, 114°59'W) Canada	/	/	/	/	/	Fertilizzazione inorganica
	(51°02'N, 114°59'W) Canada	/	/	/	/	/	Fertilizzazione inorganica
Insam H. et al. (2009)	Austria	/	/	/	/	/	Fertilizzazione organic
	Austria	/	/	/	/	/	Fertilizzazione organica
Quintern M. et al. (2006)	Germania	/	/	/	/	argilla= 18%, limo= 70%, sabbia= 10%	Fertilizzazione organica

Riferimenti	Coordinate	Pm (mm)	Tm (°C)	Clima	Tipo di Suolo	Tessitura suolo (%)	Perturbazione
	Germania	/	/	/	/	argilla= 18%, limo= 70%, sabbia= 10%	Fertilizzazione organica
	Germania	/	/	/	/	argilla= 18%, limo= 70%, sabbia= 10%	Fertilizzazione organica
Zaller J. G. et al. (2004)	(7°17'E, 50°48'N) Germania	9.5	700	/	/	/	Fertilizzazione organica
	(7°17'E, 50°48'N) Germania	9.5	700	/	/	/	Fertilizzazione organica
Garcia-Gil J.C. et al. (2003)	Spagna	/	/	/	/	/	Fertilizzazione organica
	Spagna	/	/	/	/	/	Fertilizzazione organica
	Spagna	/	/	/	/	/	Fertilizzazione organica
	Spagna	/	/	/	/	/	Fertilizzazione organica
Cheng Hu et al. (2007)	(36°52'N, 115°01'E) Cina	14.8	542.7	/	/	/	Fertilizzazione inorganic/organica
	(36°52'N, 115°01'E) Cina	14.8	542.7	/	/	/	Fertilizzazione inorganic/organica
	(36°52'N, 115°01'E) Cina	14.8	542.7	/	/	/	Fertilizzazione inorganic/organica
	(36°52'N, 115°01'E) Cina	14.8	542.7	/	/	/	Fertilizzazione inorganic/organica
Lu-Jun Li et al. (2010)	(42°58'N, 122°21'E) Cina	6.4	450	/	Typic Ustipsamment	Sabbia= 90.9%, limo= 5%, argilla= 4.1%	Fertilizzazione inorganica
	(42°58'N, 122°21'E) Cina	6.4	450	/	Typic Ustipsamment	Sabbia= 90.9%, limo= 5%, argilla= 4.1%	Fertilizzazione inorganica
Hopkins D.W. et al. (1996)	(1°41'W, 55°13'N) Regno Unito	/	/	/	Typic Ochraqulf	/	Fertilizzazione inorganic/organica
	(1°41'W, 55°13'N) Regno Unito	/	/	/	Typic Ochraqulf	/	Fertilizzazione inorganic/organica
	(1°41'W, 55°13'N) Regno Unito	/	/	/	Typic Ochraqulf	/	Fertilizzazione inorganic/organica
	(1°41'W, 55°13'N) Regno Unito	/	/	/	Typic Ochraqulf	/	Fertilizzazione inorganic/organica
Leita L. et al. (1999)	Italia	/	/	/	Calcic Cambisols	Sabbia=46.8%, argilla= 28.7%, limo= 24.5%	Fertilizzazione inorganic/organica



## Appendice C

Riferimenti	Gestione	PARAMETRI BIOLOGICI						
		Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
Irit Lahav et al. (2001)	fertilizzato,irrigato,pesticidi, coltivazione di patate	95 (µg/g)	16.2	22 (mg/g)	/	/	/	33.75
	fertilizzato,irrigato,pesticidi, coltivazione di patate	55 (µg/g)	6.2	12 (mg/g)	/	/	/	57.5
	fertilizzato,irrigato,pesticidi, coltivazione di patate	145 (µg/g)	10	21 (mg/g)	/	/	/	61.2
	fertilizzato,irrigato,pesticidi, coltivazione di patate	105 (µg/g)	16	27.5 (mg/g)	/	/	/	60
	coltivazione di patate, no fertilizzato, no irrigato, no pesticidi	18 (µg/g)	21.2	20 (mg/g)	/	/	/	50
	coltivazione di patate, no fertilizzato, no irrigato, no pesticidi	94 (µg/g)	15.4	28.5 (mg/g)	/	/	/	30
	coltivazione di patate, no fertilizzato, no irrigato, no pesticidi	54 (µg/g)	3.9	37.5 (mg/g)	/	/	/	38.8
	coltivazione di patate, no fertilizzato, no irrigato, no pesticidi	87 (µg/g)	5.4	27 (mg/g)	/	/	/	43.8
	coltivazione di patate, no fertilizzato, no irrigato, no pesticidi	117 (µg/g)	11	38 (mg/g)	/	/	/	48.7
	coltivazione di patate, no fertilizzato, no irrigato, no pesticidi	84 (µg/g)	19	25 (mg/g)	/	/	/	50
LI Zhong-pei et al. (2007)	no fertilizzazione, piantagione di Bamboo	282.8 (mg/kg)	3.01	221.1 (mg/g)	62.5 (mg/kg)	28.3 (mg/kg)	1.26 (%)	/
	no fertilizzazione, abete Cinese	163.9 (mg/kg)	2.95	183.2 (mg/g)	30 (mg/kg)	21.3 (mg/kg)	0.43 (%)	/
	intensa fertilizzazione, piantagione di tea	166.1 (mg/kg)	3.08	262.7 (mg/g)	39.7 (mg/kg)	16.7 (mg/kg)	2.2 (%)	/
	intensa fertilizzazione, albero di pero	216.6 (mg/kg)	3.05	203 (mg/g)	43 (mg/kg)	10 (mg/kg)	1.06 (%)	/
	Prateria	151.1 (mg/kg)	3.04	218.8 (mg/g)	33 (mg/kg)	21.4 (mg/kg)	1.18 (%)	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	intensa fertilizzazione, risaia	998.2 (mg/kg)	3.23	126.4 (mg/g)	125.9 (mg/kg)	57.1 (mg/kg)	0.48 (%)	/
	intensa fertilizzazione, risaia	1143.9 (mg/kg)	3.23	115.6 (mg/g)	133 (mg/kg)	57.7 (mg/kg)	0.59 (%)	/
	intensa fertilizzazione, fattoria agricola	502.7 (mg/kg)	3.16	149.5 (mg/g)	76 (mg/kg)	33.6 (mg/kg)	1.66 (%)	/
Farrell Mark et al. (2009)	no fertilizzazione, suolo di miniera contaminato	68 (mg/kg)	4.75	/	0.1 (µg/g)	/	/	/
	fertilizzazione con compost inorganico (limo e fertilizzanti), suolo di miniera contaminato	68 (mg/kg)	4.72	/	2.13 (µg/g)	/	/	/
	fertilizzazione con compost da rifiuti verdi, suolo di miniera contaminato	145 (mg/kg)	6.37	/	5 (µg/g)	/	/	/
	fertilizzazione con compost da rifiuti solidi municipali, suolo di miniera contaminato	145 (mg/kg)	7.02	/	4.8 (µg/g)	/	/	/
Junli Hu et al. (2011)	no fertilizzazione, agricolo, coltivazione mais e grano	71 (mg/kg)	2.95	0.58 (ml/mg)	34 (mg/kg)	/	5.5 (mg/kg)	/
	fertilizzazione minerale, agricolo, coltivazione mais e grano	85 (mg/kg)	2.95	0.54 (ml/mg)	31 (ml/kg)	/	32.6 (mg/kg)	/
	fertilizzazione minerale, agricolo, coltivazione mais e grano	143 (mg/kg)	3.12	0.34 (ml/mg)	41 (ml/kg)	/	2 (mg/kg)	/
	fertilizzazione minerale, agricolo, coltivazione mais e grano	143 (mg/kg)	3.16	0.34 (ml/mg)	42.5 (ml/kg)	/	12.2 (mg/kg)	/
	fertilizzazione minerale, agricolo, coltivazione mais e grano	186 (mg/kg)	3.17	0.28 (ml/mg)	44 (ml/kg)	/	11.3 (mg/kg)	/
	1/2 fertilizzazione organica, 1/2 fertilizzazione minerale, agricolo, coltivazione mais e grano	300 (mg/kg)	3.23	0.19 (ml/mg)	45.5 (ml/kg)	/	10.7 (mg/kg)	/
	fertilizzazione organica, agricolo, coltivazione mais e grano	400 (mg/kg)	3.26	0.13 (ml/mg)	47 (ml/kg)	/	6.7 (mg/kg)	/
Bissett Andrew et al. (2011)	aggiunta residui raccolto, no coltivazione	200 (µg/g)	5.8	/	/	/	/	/
	aggiunta residui raccolto, coltivazione convenzionale	362 (µg/g)	5.7	/	/	/	/	/
	aggiunta residui raccolto, coltivazione convenzionale, aggiunta nutrienti	250 (µg/g)	5.8	/	/	/	/	/
	no coltivato, no fertilizzato, solo pascolo	538 (µg/g)	5.3	/	/	/	/	/
Esperschutz Jurgen et al. (2007)	no fertilizzazione, agricolo	88 (nmol/g)	3.94	/	/	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	rotazione raccolto patate, mais; fertilizzazione minerale, sistema convenzionale	93 (nmol/g)	3.92	/	/	/	/	/
	rotazione raccolto patate, mais; agricolo, fertilizz organica	122 (nmol/g)	3.95	/	/	/	/	/
	rotazione raccolto patate, mais; agricolo, fertilizz organica	115 (nmol/g)	3.97	/	/	/	/	/
	rotazione raccolto patate, mais; fertilizzazione minerale-letame, sistema convenzionale	107 (nmol/g)	4.08	/	/	/	/	/
Girvan Martina S. et al. (2004)	fertilizzazione inorganica, non inoculato con micorrizie pesticidi e fungicidi, coltivazione di grano	42 (mg/100g)	3.33	/	/	/	/	/
	fertilizzazione inorganica, non inoculato con micorrizie pesticidi e fungicidi, coltivazione di grano	46 (mg/100g)	3.13	/	/	/	/	/
	fertilizzazione inorganica, non inoculato con micorrizie pesticidi e fungicidi, coltivazione di grano	64 (mg/100g)	3.22	/	/	/	/	/
	fertilizzazione inorganica, non inoculato con micorrizie pesticidi e fungicidi, coltivazione di grano	50 (mg/100g)	3.18	/	/	/	/	/
	fertilizzazione inorganica, non inoculato con micorrizie pesticidi e fungicidi, coltivazione di grano	56 (mg/100g)	3.1	/	/	/	/	/
	1/2 fertilizzazione inorganica, inoculato con micorrizie, pesticidi e fungicidi, coltivazione di grano	42 (mg/100g)	3.33	/	/	/	/	/
	1/2 fertilizzazione inorganica, inoculato con micorrizie, pesticidi e fungicidi, coltivazione di grano	41 (mg/100g)	3.25	/	/	/	/	/
	1/2 fertilizzazione inorganica, inoculato con micorrizie, pesticidi e fungicidi, coltivazione di grano	70 (mg/100g)	3.4	/	/	/	/	/
	1/2 fertilizzazione inorganica, inoculato con micorrizie, pesticidi e fungicidi, coltivazione di grano	56 (mg/100g)	3.3	/	/	/	/	/
	1/2 fertilizzazione inorganica, inoculato con micorrizie, pesticidi e fungicidi, coltivazione di grano	46 (mg/100g)	3.1	/	/	/	/	/
	fertilizzazione inorganica, non inoculato, no pesticidi no fungicidi, coltivazione di grano	42 (mg/100g)	3.33	/	/	/	/	/
	fertilizzazione inorganica, non inoculato, no pesticidi no fungicidi, coltivazione di grano	46 (mg/100g)	3.13	/	/	/	/	/
	fertilizzazione inorganica, non inoculato, no pesticidi no fungicidi, coltivazione di grano	72 (mg/100g)	3.25	/	/	/	/	/
	fertilizzazione inorganica, non inoculato, no pesticidi no fungicidi, coltivazione di grano	50 (mg/100g)	3.43	/	/	/	/	/
	fertilizzazione inorganica, non inoculato, no pesticidi no fungicidi, coltivazione di grano	42 (mg/100g)	3.22	/	/	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	1/2 fertilizzazione inorganica, inoculato con micorrizze, no pesticidi no fungicidi, coltivazione di grano	42 (mg/100g)	3.33	/	/	/	/	/
	1/2 fertilizzazione inorganica, inoculato con micorrizze, no pesticidi no fungicidi, coltivazione di grano	41 (mg/100g)	3.25	/	/	/	/	/
	1/2 fertilizzazione inorganica, inoculato con micorrizze, no pesticidi no fungicidi, coltivazione di grano	68 (mg/100g)	3.35	/	/	/	/	/
	1/2 fertilizzazione inorganica, inoculato con micorrizze, no pesticidi no fungicidi, coltivazione di grano	46 (mg/100g)	3.32	/	/	/	/	/
	1/2 fertilizzazione inorganica, inoculato con micorrizze, no pesticidi no fungicidi, coltivazione di grano	32 (mg/100g)	3.22	/	/	/	/	/
Wenhui Zhong et al. (2009)	no fertilizzazione, agricolo, coltivazione intensiva di mais	198.15 (nmol/g)	2.832	/	/	/	/	/
	fertilizzazione N, agricolo, coltivazione intensiva di mais	146.26 (nmol/g)	2.814	/	/	/	/	/
	fertilizzazione P, agricolo, coltivazione intensiva di mais	182.56 (nmol/g)	2.672	/	/	/	/	/
	fertilizzazione K, agricolo, coltivazione intensiva di mais	179.08 (nmol/g)	2.113	/	/	/	/	/
	fertilizzazione N-P, agricolo, coltivazione intensiva di mais	239.15 (nmol/g)	2.907	/	/	/	/	/
	fertilizzazione N-K, agricolo, coltivazione intensiva di mais	188.02 (nmol/g)	2.828	/	/	/	/	/
	fertilizzazione N-P-K, agricolo, coltivazione intensiva di mais	221.9 (nmol/g)	2.837	/	/	/	/	/
	fertilizzazione OM, agricolo, coltivazione intensiva	251.94 (nmol/g)	3.156	/	/	/	/	/
	fertilizzazione OM+N-P-K, agricolo, coltivazione intensiva di mais	264.67 (nmol/g)	3.209	/	/	/	/	/
Ramirez K.S. et al. (2010)	prateria, miscela micronutrienti	3.1 (µg/g)	6.35	/	/	/	/	/
	prateria, miscela micronutrienti	3.3 (µg/g)	5.75	/	/	/	/	/
	prateria, miscela micronutrienti	3.5 (µg/g)	5.9	/	/	/	/	/
	prateria, miscela micronutrienti	3.8 (µg/g)	6.6	/	/	/	/	/
	prateria, miscela micronutrienti	4 (µg/g)	6.38	/	/	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	prateria, miscela micronutrienti	4.2 (µg/g)	5.68	/	/	/	/	/
	prateria, miscela micronutrienti	4.4 (µg/g)	6.2	/	/	/	/	/
	prateria, miscela micronutrienti	4.5 (µg/g)	6.7	/	/	/	/	/
	agricolo, coltivazione mais	3.5 (µg/g)	6.4	/	/	/	/	/
	agricolo, coltivazione mais	3.7 (µg/g)	6.4	/	/	/	/	/
	agricolo, coltivazione mais	3.9 (µg/g)	6.38	/	/	/	/	/
	agricolo, coltivazione mais	4.1 (µg/g)	6.48	/	/	/	/	/
	agricolo, coltivazione mais	4.3 (µg/g)	6.2	/	/	/	/	/
	agricolo, coltivazione mais	4.5 (µg/g)	6.25	/	/	/	/	/
	agricolo, coltivazione mais	4.7 (µg/g)	6.18	/	/	/	/	/
	agricolo, coltivazione mais	4.9 (µg/g)	6.47	/	/	/	/	/
	agricolo, coltivazione mais	5.2 (µg/g)	6.35	/	/	/	/	/
Changting Wang et al. (2010)	fertilizzazione N, no lettiera, no agricolo	0.83 (g/kg)	2.33	/	/	/	/	/
	fertilizzazine N, no lettiera, no agricolo	0.29 (g/kg)	2.32	/	/	/	/	/
	fertilizzazione N, lettiera intatta, no agricolo	0.56 (g/kg)	2.48	/	/	/	/	/
	fertilizzazione N, lettiera intatta, no agricolo	0.86 (g/kg)	2.37	/	/	/	/	/
	no fertilizzazione, no lettiera, no agricolo	0.3 (g/kg)	3.1	/	/	/	/	/
	no fertilizzazione, no lettiera, no agricolo	0.81 (g/kg)	2.26	/	/	/	/	/
	no fertilizzazione, si lettiera, no agricolo	0.47 (g/kg)	2.49	/	/	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	no fertilizzazione, si lettiera, no agricolo	0.8 (g/kg)	2.36	/	/	/	/	/
Nautiyal Chandra S. et al. (2010)	coltivazione di grano e legumi con compost di letame, no lavorazione suolo, input lettiera	370 (mg/kg)	4.607	/	/	42 (mg/kg)	/	/
	nessuna pratica, prateria incolta	110 (mg/kg)	4.275	/	/	19 (mg/kg)	/	/
KONG Wei-Dong et al. (2008)	rotazione grano-mais-soia, no fertilizzato	125.5 (mg/kg)	4.12	/	/	/	/	/
	rotazione grano-mais-soia con fertilizzanti NK	105 (mg/kg)	4.13	/	/	/	/	/
	rotazione grano-mais-soia con fertilizzanti PK	125.5 (mg/kg)	4.15	/	/	/	/	/
	rotazione grano-mais-soia con fertilizzanti NP	125 (mg/kg)	4.17	/	/	/	/	/
	rotazione grano-mais-soia con fertilizzanti NPK	127.5 (mg/kg)	4.23	/	/	/	/	/
	rotazione grano-mais-soia con fertilizzanti NP2K	120 (mg/kg)	4.24	/	/	/	/	/
	rotazione grano-mais-soia con fertilizzanti NPK2	122 (mg/kg)	4.28	/	/	/	/	/
Yunfu Gu et al (2009)	no fertilizzato, rotazione grano-riso	60 (mg/kg)	2.63	/	/	15 (mg/kg)	/	/
	no fertilizzato, rotazione grano-riso	40 (mg/kg)	2.7	/	/	10.5 (mg/kg)	/	/
	fertilizzazione chimica N, rotazione grano-riso	77 (mg/kg)	2.79	/	/	14 (mg/kg)	/	/
	fertilizzazione chimica N, rotazione grano-riso	60 (mg/kg)	2.79	/	/	10.5 (mg/kg)	/	/
	fertilizzazione chimica N-P, rotazione grano-riso	82 (mg/kg)	2.81	/	/	22.5 (mg/kg)	/	/
	fertilizzazione chimica N-P, rotazione grano-riso	75 (mg/kg)	2.85	/	/	19 (mg/kg)	/	/
	fertilizzazione chimica N-P-K, rotazione grano-riso	84 (mg/kg)	2.87	/	/	27.5 (mg/kg)	/	/
	fertilizzazione chimica N-P-K, rotazione grano-riso	83 (mg/kg)	2.85	/	/	36 (mg/kg)	/	/
	fertilizzazione con letame, rotazione grano-riso	76 (mg/kg)	2.85	/	/	19 (mg/kg)	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	fertilizzazione con letame, rotazione grano-riso	55 (mg/kg)	2.75	/	/	18 (mg/kg)	/	/
	fertilizzazione chimica N + letame, rotazione grano-riso	80 (mg/kg)	2.96	/	/	21.5 (mg/kg)	/	/
	fertilizzazione chimica N + letame, rotazione grano-riso	75 (mg/kg)	2.87	/	/	26 (mg/kg)	/	/
	fertilizzazione chimica N-P + letame, rotazione grano-riso	88 (mg/kg)	2.79	/	/	25 (mg/kg)	/	/
	fertilizzazione chimica N-P + letame, rotazione grano-riso	84 (mg/kg)	2.79	/	/	38 (mg/kg)	/	/
	fertilizzazione chimica N-P-K + letame, rotazione grano-riso	92 (mg/kg)	2.96	/	/	30.5 (mg/kg)	/	/
	fertilizzazione chimica N-P-K + letame, rotazione grano-riso	90 (mg/kg)	2.94	/	/	38.5 (mg/kg)	/	/
Galit Hermann et al. (2011)	liquame di mucca, suolo vicinanza fattoria	99.5 (µg/g)	2	/	/	/	/	/
	no liquame, suolo vicinanza fattoria	106 (µg/g)	2.81	/	/	/	/	/
WEI Dan et al. (2008)	no fertilizzazione, rotazione mais-soia-grano	168 (mg/kg)	2.78	/	/	/	/	/
	letame cavallo, rotazione mais-soia-grano	196 (mg/kg)	2.84	/	/	/	/	/
	fertilizzazione minerale N,P,K;rotazione mais-soia-grano	259 (mg/kg)	2.87	/	/	/	/	/
	fertilizzazione N,P,K + letame cavallo,rotazione mais-soia-grano	301 (mg/kg)	2.91	/	/	/	/	/
Zhong W.H., Cai Z.C. (2007)	deserto non coltivato	29.7 (µg/g)	3.44	/	/	/	/	/
	suolo convertito a risaia non fertilizzato	85 (µg/g)	3.8	/	/	/	/	/
	fertilizzazione minerale N,K, risaia	143 (µg/g)	3.94	/	/	/	/	/
	fertilizzazione minerale N,P, risaia	254 (µg/g)	4.06	/	/	/	/	/
	fertilizzazione minerale P,K, risaia	175 (µg/g)	4.09	/	/	/	/	/
	fertilizzazione minerale N,P,K, risaia	263 (µg/g)	4.11	/	/	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
Ros M. et al. (2006)	no compost, agricolo, rotazione mais-grano-orzo	123.9 (µg/g)	1.71	4.3 (mg/g)	0.53 (µg/g)	/	/	1.05
	fertilizzazione con N, agricolo, rotazione mais-grano-orzo	128.6 (µg/g)	1.79	3.7 (mg/g)	0.48 (µg/g)	/	/	1.13
	compost organico domestico, agricolo, rotazione mais-grano-orzo	134 (µg/g)	1.83	4.1 (mg/g)	0.54 (µg/g)	/	/	1
	compost rifiuti verdi, agricolo, rotazione mais-grano-orzo	136.3 (µg/g)	1.8	4.2 (mg/g)	0.57 (µg/g)	/	/	0.96
	compost letame, agricolo, rotazione mais-grano-orzo	127.9 (µg/g)	1.78	4.1 (mg/g)	0.53 (µg/g)	/	/	1.02
	compost fanghi di depurazione, agricolo, rotazione mais-grano-orzo	129.7 (µg/g)	1.82	5.9 (mg/g)	0.76 (µg/g)	/	/	0.91
	compost organico domestico + 80 kg N, agricolo, rotazione mais-grano-orzo	147.2 (µg/g)	1.79	3.9 (mg/g)	0.57 (µg/g)	/	/	1.2
	compost rifiuti verdi + 80 kg N, agricolo, rotazione mais-grano-orzo	141.2 (µg/g)	1.8	4 (mg/g)	0.56 (µg/g)	/	/	1.09
	compost letame + 80 kg N, agricolo, rotazione mais-grano-orzo	136.7 (µg/g)	1.83	3 (mg/g)	0.41 (µg/g)	/	/	1.05
	compost fanghi di depurazione + 80 kg N, agricolo, rotazione mais-grano-orzo	135.8 (µg/g)	1.82	4.9 (mg/g)	0.67 (µg/g)	/	/	0.95
Qiufang Xu et al. (2008)	agricolo, gestione convenzionale, non fertilizzato	473.19 (mg/kg)	3.076	0.21 (mg/kg)	101.7 (mg/kg)	/	/	/
	pratiche intensive a breve termine (5-7 anni), fertilizzato	321.61 (mg/kg)	2.882	0.39 (mg/kg)	125.63 (mg/kg)	/	/	/
	pratiche intensive a lungo termine (8-10 anni), fertilizzato	291 (mg/kg)	2.91	0.44 (mg/kg)	128 (mg/kg)	/	/	/
Entry James et al (2008)	coltivazione con vegetazione nativa di Artemisia, no pascolo	9.2 (mg/g)	2.41	/	/	/	/	/
	coltivazione con vegetazione nativa di Artemisia, no pascolo	12.9 (mg/g)	2.41	/	/	/	/	/
	agricolo irrigato e arato (lungo i bordi), rotazione di erba medica-patate-fagioli	11.2 (mg/g)	2.26	/	/	/	/	/
	agricolo irrigato e arato (lungo i bordi), rotazione di erba medica-patate-fagioli	17 (mg/g)	2.26	/	/	/	/	/
	agricolo irrigato e non arato, lavorazione conservativa, rotazione erba medica-patata-fagioli	2.4 (mg/g)	2.49	/	/	/	/	/
	agricolo irrigato e non arato, lavorazione conservativa, rotazione erba medica-patata-fagioli	14.5 (mg/g)	2.49	/	/	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	pascolo irriguo, no agricolo	20 (mg/g)	2.5	/	/	/	/	/
	pascolo irriguo, no agricolo	26.2 (mg/g)	3.13	/	/	/	/	/
Huaiying Yao (2006)	no fertilizzato, no pesticidi, no irrigato, foresta di pino	181 (µg/g)	3.25	/	/	/	/	/
	input di N, P,K, irrigati, pesticidi, falciatura, piantati a gramigna e loglio	564 (µg/g)	3.20	/	/	/	/	/
	input di N, P,K, irrigati, pesticidi, falciatura, piantati a gramigna e loglio	663 (µg/g)	3.25	/	/	/	/	/
	input di N, P,K, irrigati, pesticidi, falciatura, piantati a gramigna e loglio	68 (µg/g)	3.31	/	/	/	/	/
	input di N, P,K, irrigati, pesticidi, falciatura, piantati a gramigna e loglio	26 (µg/g)	3.15	/	/	/	/	/
	no fertilizzato, no pesticidi, no irrigato, foresta di pino	26 (µg/g)	3.15	/	/	/	/	/
	input di N, P,K, irrigati, pesticidi, falciatura, piantati a gramigna e loglio	253 (µg/g)	3.23	/	/	/	/	/
	input di N, P,K, irrigati, pesticidi, falciatura, piantati a gramigna e loglio	110 (µg/g)	3.24	/	/	/	/	/
Bossio A. et al. (2005)	foresta primaria, input di lettiera	3151 (mg/kg)	3.22	/	/	/	/	/
	solo suolo minerale di foresta primaria	1177 mg/kg	3.26	/	/	/	/	/
	coltivazione di tea	293 (mg/kg)	3.15	/	/	/	/	/
	pratiche agricole tradizionali, doppio raccolto senza riposo; input P,K	373 (mg/kg)	2.97	/	/	/	/	/
	bosco, input di lettiera	1751 (mg/kg)	3.29	/	/	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	solo suolo minerale di bosco	963 (mg/kg)	3.25	/	/	/	/	/
	aumento Norg e Corg con rotazione di mais incolto con azotofissatrice; input P,K	200 (mg/kg)	3.1	/	/	/	/	/
	pratiche agricole tradizionali, doppio raccolto senza riposo; input P,K	112 (mg/kg)	3.11	/	/	/	/	/
	aumento Norg e Corg con rotazione di mais incolto con azotofissatrice; input P,K	315 (mg/kg)	3.13	/	/	/	/	/
	pratiche agricole tradizionali, doppio raccolto senza riposo; input P,K	228 (mg/kg)	3.04	/	/	/	/	/
	aumento Norg e Corg con rotazione di mais incolto con azotofissatrice; input P,K	171 (mg/kg)	3.18	/	/	/	/	/
	pratiche agricole tradizionali, doppio raccolto senza riposo;; input P,K	141 (mg/kg)	3.24	/	/	/	/	/
Dong Xue-Huaiying, Yao-Changyong Huang (2006)	no applicazione N, incolto	69 (µg/g)	3.6	7.96 (µg/mg)	0.55 (µg/g)	/	/	0.94
	piantagione di tea di 8 anni; applicazione di N	176 (µg/g)	3.17	6.71 (µg/mg)	1.18 (µg/g)	/	/	1.27
	piantagione di tea di 50 anni	358 (µg/g)	3.28	4.67 (µg/mg)	1.67 (µg/g)	/	/	1.61
	piantagione di tea di 90 anni	225 (µg/g)	3.16	5.88 (µg/mg)	1.32 (µg/g)	/	/	0.86
	suolo di foresta di conifera di 90 anni, no agricolo	222 (mg/kg)	2.1	/	/	/	/	/
Pengthamkeerati et al. (2011)	si compattato, no lettiera, non coltivato, no erbicidi	240 (mg/kg)	2.18	/	/	/	/	/
	no compattato, no lettiera, non coltivato, no erbicidi	268 (mg/kg)	2.36	/	/	/	/	/
	si compattato, si lettiera, non coltivato, no erbicidi	278 (mg/kg)	2.36	/	/	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	non compattato, si lettiera, non coltivato, no erbicidi	200 (mg/kg)	2.95	/	/	/	/	/
	si compattato, no lettiera, no coltivato, no erbicidi, 1 anno	167 (mg/kg)	2.9	/	/	/	/	/
	non compattato, no ammendato, non coltivato, no erbicidi, 1 anno	255 (mg/kg)	3.05	/	/	/	/	/
	si compattato, si lettiera, no coltivato, no erbicidi, 1 anno	300 (mg/kg)	3	/	/	/	/	/
	no compattato, si lettiera, non coltivato, no erbicidi, 1 anno	178 (mg/kg)	2.1	/	/	/	/	/
	si compattato, no ammendato, si coltivato, si erbicidi	175 (mg/kg)	2.1	/	/	/	/	/
	no compattato, no ammendato, coltivato con mais, si erbicidi	200 (mg/kg)	2.36	/	/	/	/	/
	si compattato, si lettiera, coltivato con mais, si erbicidi	134 (mg/kg)	2.36	/	/	/	/	/
	no compattato, si lettiera, si coltivato con mais, si erbicidi	240 (mg/kg)	2.9	/	/	/	/	/
	si compattato, no ammendato, si coltivato con mais, si erbicidi, 1 anno	245 (mg/kg)	2.9	/	/	/	/	/
	no compattato, no ammendato, si coltivato con mais, si erbicidi, 1 anno	367 (mg/kg)	3.1	/	/	/	/	/
	si compattato, si lettiera, si coltivato con mais, si erbicidi, 1 anno	240 (mg/kg)	3	/	/	/	/	/
	no compattato, si lettiera, si coltivato con mais, si erbicidi, 1 anno	134 (mg/kg)	2	/	/	/	/	/
	si compattato, no ammendato, no coltivato, no erbicidi	255 (mg/kg)	1.9	/	/	/	/	/
	non compattato, no ammendato, non coltivato, no erbicidi,	178 (mg/kg)	1.82	/	/	/	/	/
	si compattato, si lettiera, no coltivato, no erbicidi	200 (mg/kg)	2.18	/	/	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	no compattato, si lettiera, no coltivato, no erbicidi	400 (mg/kg)	2	/	/	/	/	/
	si compattato, no ammendato, si coltivato con mais, si erbicidi	380 (mg/kg)	2.15	/	/	/	/	/
	no compattato, no ammendato, si coltivato con mais, si erbicidi	233 (mg/kg)	2.18	/	/	/	/	/
	si compattato, si lettiera, si coltivato con mais, si erbicidi	378 (mg/kg)	2.55	/	/	/	/	/
	no compattato, si lettiera, si coltivato con mais, si erbicidi	345 (mg/kg)	1.85	/	/	/	/	/
	si compattato, no ammendato, no coltivato, no erbicidi, 1 anno	200 (mg/kg)	1.88	/	/	/	/	/
	no compattato, no ammendato, no coltivato, no erbicidi, 1 anno	320 (mg/kg)	2.27	/	/	/	/	/
	si compattato, si lettiera, no coltivato, no erbicidi, 1 anno	210 (mg/kg)	2.3	/	/	/	/	/
	no compattato, si lettiera, no coltivato, no erbicidi, 1 anno	320 (mg/kg)	2.82	/	/	/	/	/
	si compattato, no ammendato, si coltivato con mais, si erbicidi, 1 anno	200 (mg/kg)	2.77	/	/	/	/	/
	no compattato, no lettiera, si coltivato con mais, si erbicidi, 1 anno	420 (mg/kg)	2.68	/	/	/	/	/
	si compattato, si lettiera, si coltivato con mais, si erbicidi, 1 anno	278 (mg/kg)	2.82	/	/	/	/	/
Nsabimana D. et al. (2003)	prateria nativa indisturbata, erbacee	1280 (mg/kg)	1.39	2.4 (µg/mg)	3 (µg/g)	/	/	/
	prateria nativa indisturbata, erbacee	1080 (mg/kg)	1.39	2 (µg/mg)	2.2 (µg/g)	/	/	/
	coltivazione convenzionale di mais, fertilizzato, irrigato	360 (mg/kg)	1.33	2.91 (µg/mg)	0.9 (µg/g)	/	/	/
	coltivazione convenzionale di mais, fertilizzato, irrigato	320 (mg/kg)	1.33	2.78 (µg/mg)	0.8 (µg/g)	/	/	/
	suolo di mais non coltivato, non fertilizzato, no irrigato	440 (mg/kg)	1.35	4.65 (µg/mg)	2.2 (µg/g)	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	suolo di mais non coltivato, non fertilizzato, non irrigato	390 (mg/kg)	1.35	4 (µg/mg)	1.5 (µg/g)	/	/	/
	coltivazione convenzionale di loglio, fertilizzato, irrigato	410 (mg/kg)	1.35	3.74 (µg/mg)	1.5 (µg/g)	/	/	/
	coltivazione convenzionale di loglio, fertilizzato, irrigato	400 (mg/kg)	1.35	3.61 (µg/mg)	1.4 (µg/g)	/	/	/
	foresta di Eucalyptus	1680 (mg/kg)	1.24	2.39 (µg/mg)	4 (µg/g)	/	/	/
	foresta di Eucalyptus	1200 (mg/kg)	1.24	1.48 (µg/mg)	1.5 (µg/g)	/	/	/
	foresta di pino	1120 (mg/kg)	1.13	3.17 (µg/mg)	3.3 (µg/g)	/	/	/
	foresta di pino	720 (mg/kg)	1.13	2.52 (µg/mg)	1.8 (µg/g)	/	/	/
	pascolo con erba di Kikuyu di 50 anni, irrigato	1920 (mg/kg)	1.33	2.13 (µg/mg)	4.1 (µg/g)	/	/	/
	pascolo con erba di Kikuyu di 50 anni, irrigato	1640 mg/kg	1.33	1.9 (µg/mg)	3.1 (µg/g)	/	/	/
Sha Qi et al. (2010)	steppa nativa dominata da perenni, escluso al pascolo fino al 1979	467.95 (µg/g)	3.25	158.99 (mg/g)	74.51 (µg/g)	/	/	/
	steppa nativa dominata da perenni, escluso al pascolo fino al 1999	465.13 (µg/g)	3.16	153.86 (mg/g)	71.5 (µg/g)	/	/	/
	pascolo leggero	444.51 (µg/g)	3.15	139.04 (mg/g)	61.49 (µg/g)	/	/	/
	pascolo medio	399.6 (µg/g)	3.19	132.42 (mg/g)	52.64 (µg/g)	/	/	/
	pascolo intenso	364.88 (µg/g)	3.26	51.25 (mg/g)	18.5 (µg/g)	/	/	/
Lupwayi Newton Z. et al. (2010)	no fert., coltivazione convenzionale, rotazione canola-orzo-grano	1424 (mg/kg)	2.69	/	/	/	/	/
	no fertilizzato, coltivazione zero, rotazione canola-orzo-grano	1424 (mg/kg)	2.69	/	/	/	/	/
	fertilizzazione con urea non controllata, coltivazione convenzionale, rotazione canola-orzo-grano e mais	1548 (mg/kg)	2.57	/	/	/	/	/

<b>Riferimenti</b>	<b>Gestione</b>	<b>Cmic</b>	<b>H'</b>	<b>qCO2</b>	<b>BR</b>	<b>Nmic</b>	<b>N min</b>	<b>Cmic/OC (%)</b>
	fertilizzazione con urea non controllata, coltivazione zero, rotazione canola-orzo-grano e mais	1548 (mg/kg)	2.65	/	/	/	/	/
	fertilizzazione con urea controllata, coltivazione convenzionale, rotazione canola-orzo-grano e mais	1380 (mg/kg)	2.72	/	/	/	/	/
	fertilizzazione con urea controllata, coltivazione zero, rotazione canola-orzo-grano e mais	1380 (mg/kg)	2.51	/	/	/	/	/
	no fertilizzato, coltivazione convenzionale, rotazione canola-orzo-grano e mais	559 (mg/kg)	2.61	/	/	/	/	/
	no fertilizzato, coltivazione zero, rotazione canola-orzo-grano e mais	677 (mg/kg)	2.33	/	/	/	/	/
	fertilizzazione con urea non controllata, coltivazione convenzionale, rotazione canola-orzo-grano e mais	616 (mg/kg)	2.4	/	/	/	/	/
	fertilizzazione con urea non controllata, coltivazione zero, rotazione canola-orzo-grano e mais	695 (mg/kg)	2.65	/	/	/	/	/
	fertilizzazione con urea controllata, coltivazione convenzionale, rotazione canola-orzo-grano e mais	671 (mg/kg)	2.55	/	/	/	/	/
	fertilizzazione con urea controllata, coltivazione zero, rotazione canola-orzo-grano e mais	603 (mg/kg)	2.42	/	/	/	/	/
	no fertilizzato, coltivazione convenzionale, rotazione canola-orzo-grano e mais	1099 (mg/kg)	1.44	/	/	/	/	/
	no fertilizzato, coltivazione zero, rotazione canola-orzo-grano e mais	1099 (mg/kg)	1.44	/	/	/	/	/
	fertilizzazione con urea non controllata, coltivazione convenzionale, rotazione canola-orzo-grano e mais	1332 (mg/kg)	2.1	/	/	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	fertilizzazione con urea non controllata, coltivazione zero, rotazione canola-orzo-grano-mais	1332 (mg/kg)	2.1	/	/	/	/	/
	fertilizzazione con urea controllata, coltivazione convenzionale, rotazione canola-orzo-grano e mais	1399 (mg/kg)	2.2	/	/	/	/	/
	fertilizzazione con urea controllata, coltivazione zero, rotazione canola-orzo-grano e mais	1399 (mg/kg)	2.2	/	/	/	/	/
	no fertilizzato, coltivazione convenzionale, rotazione canola-orzo-grano e mais, rizosfera	621 (mg/kg)	2.57	/	/	/	/	/
	no fertilizzato, coltivazione zero, rotazione canola-orzo-grano e mais, rizosfera	621 (mg/kg)	2.57	/	/	/	/	/
	fertilizzazione con urea non controllata, coltivazione convenzionale, rotazione canola-orzo	918 (mg/kg)	2.81	/	/	/	/	/
	fertilizzazione con urea non controllata, coltivazione zero, rotazione canola-orzo-grano e mais, rizosfera	918 (mg/kg)	2.81	/	/	/	/	/
	fertilizzazione con urea controllata, coltivazione convenzionale, rotazione canola-orzo-grano e mais, rizosfera	1131 (mg/kg)	2.79	/	/	/	/	/
	fertilizzazione con urea controllata, coltivazione zero, rotazione canola-orzo-grano e mais, rizosfera	1131 (mg/kg)	2.79	/	/	/	/	/
Bo Liu et al. (2007)	no fertilizzanti sintetici, no pesticidi, coltivazione di pomodori-patate-pepe-insalata	702.5 (mg/kg)	1	/	96.7 (mg/kg)	67.1 (mg/kg)	27.7 (mg/kg)	/
	si pesticidi, no fertilizzanti, coltivazione di fiori assortiti e pomodori-pepe	339.3 (mg/kg)	1.15	/	50.2 (mg/kg)	47.7 (mg/kg)	22.2 (mg/kg)	/
	monocolture, fertilizzanti sintetici, pesticidi ed erbicidi, coltivazione di fragola-pomodoro-cetriolo-tabacco-mais-cotone	138.6 (mg/kg)	1.05	/	11 (mg/kg)	15.3 (mg/kg)	7.8 (mg/kg)	/
	no fertilizzanti sintetici, no pesticidi, coltivazione di pomodori-patate-pepe-insalata	758 (mg/kg)	1.05	/	111.2 (mg/kg)	123.2 (mg/kg)	53.5 (mg/kg)	/
	si pesticidi, no fertilizzanti, coltivazione di fiori assortiti e pomodori-pepe	455.2 (mg/kg)	1.13	/	31.8 (mg/kg)	62.9 (mg/kg)	93.4 (mg/kg)	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	monocolture, fertilizzanti sintetici, pesticidi ed erbicidi, coltivazione di fragola-pomodoro-cetriolo-tabacco-mais-cotone	110.1 (mg/kg)	0.95	/	5.2 (mg/kg)	10.1 (mg/kg)	28.7 (mg/kg)	/
	no fertilizzanti sintetici, no pesticidi, coltivazione di pomodori-patate-pepe-insalata	879.4 (mg/kg)	1.03	/	123.5 (mg/kg)	76.3 (mg/kg)	31.8 (mg/kg)	/
	si pesticidi, no fertilizzanti, coltivazione di fiori assortiti e pomodori-pepe	536.4 (mg/kg)	1.13	/	34.7 (mg/kg)	40 (mg/kg)	35.8 (mg/kg)	/
Naili Zhang et al. (2008)	no fertilizzato, steppa	263.7 (mg/kg)	1.13	/	/	/	/	/
	fertilizzati, steppa	273.92 (mg/kg)	7.12	/	/	88.02 (mg/kg)	/	/
	fertilizzati, steppa	285.71 (mg/kg)	7.16	/	/	91.5 (mg/kg)	/	/
	fertilizzati, steppa	172.02 (mg/kg)	7.13	/	/	93.69 (mg/kg)	/	/
	fertilizzati, steppa	287.49 (mg/kg)	7.1	/	/	86.05	/	/
	fertilizzati, steppa	271.67 (mg/kg)	7.14	/	/	83.6 (mg/kg)	/	/
	fertilizzati, steppa	384.96 (mg/kg)	7.41	/	/	81.31 (mg/kg)	/	/
	fertilizzati, steppa	284.69 (mg/kg)	7.29	/	/	73.23 (mg/kg)	/	/
Lagomarsino A. et al. (2011)	Vigneto vermentino, coltivato con fresatura ed aratura, no residui di potatura	997.64 (mg/kg)	3.14	0.08 (mg/kg)	80.13 (mg/kg)	49.1 (mg/kg)	/	17.36
	vigneto vermentino, potato, residui come lettiera, no coltivato, irrigato	136 (µg/g)	2.63	1.8 (µg/g)	0.24 (µg/g)	/	/	/
	coltivato con fieno per 5 anni e 1 anno con pascolo, aratura	138 (µg/g)	2.68	1.59 (µg/g)	0.21 (µg/g)	/	/	/
	pascolo per 5 anni, coltivato con 1 anno di fieno, aratura, pascolo medio	242 (µg/g)	2.75	1.23 (µg/g)	0.3 (µg/g)	/	/	/
	foresta di quercia	487 (µg/g)	2.76	0.8 (µg/g)	0.37 (µg/g)	/	/	/
	inoculazione di specie di fungo S.luteus	134 (µg/g)	4.06	/	/	/	/	/
LIU Ming et al. (2011)	no urea, fertilizzazione basale, risaia	10 (mg/kg)	0.86	/	0.1(µmol/kg)	/	/	/
	si urea, fertilizzazione basale, risaia	600 (mg/kg)	1.68	/	22 (µmol/kg)	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	si urea, fertilizzazione basale, risaia	630 (mg/kg)	1.93	/	18 (µmol/kg)	/	/	/
	si urea, fertilizzazione basale, risaia	717 (mg/kg)	2.14	/	29 (µmol/kg)	/	/	/
	si urea, fertilizzazione basale, risaia	815 (mg/kg)	2.01	/	26 (µmol/kg)	/	/	/
Bending Gary D. et al. (2004)	rotazione di cereali-trifoglio-patate, no pascolo, si compost di rifiuti vegetali	0.81 (µl/g)	4.19	/	91.6 (µl/g)	21.3 (mg/kg)	7.91 (mg/kg)	/
	rotazione di trifoglio-legumi biologici, no pascolo, si compost di rifiuti vegetali	2.22 (µl/g)	4.27	/	77.8 (µl/g)	16.7 (mg/kg)	7.56 (mg/kg)	/
	rotazione di legumi-cereali biologici, no pascolo, si compost di rifiuti vegetali	4.14 (µl/g)	4.24	/	96.6 (µl/g)	13 (mg/kg)	8.6 (mg/kg)	/
	trifoglio organico, no pascolo, si compost di rifiuti vegetali	0.98 (µl/g)	4.2	/	89.9 (µl/g)	14.8 (mg/kg)	8.36 (mg/kg)	/
	gestione convenzionale di cereali, no pascolo, si compost di rifiuti vegetali	0.62 (µl/g)	4.06	/	98.2 (µl/g)	25.4 (mg/kg)	11.57 (mg/kg)	/
Dalmonech D. et al. (2010)	no fertilizzazione, bosco ceduo di Quercus Cerris L.	1818.9 (µg/g)	3.6	/	/	/	/	/
	no fertilizzazione, bosco ceduo di Quercus Cerris L.	2151.3 (µg/g)	3.53	0.65 (g/mg)	/	/	/	/
	fertilizzati con sale di nitrato di ammonio NH403, bosco ceduo di Quercus Cerris L.	1434.9 (µg/g)	3.47	0.98 (g/mg)	/	/	/	/
	fertilizzati con sale di nitrato di ammonio NH404, bosco ceduo di Quercus Cerris L.	1252.4 (µg/g)	3.43	1.24 (g/mg)	/	/	/	/
	fertilizzati con sale di nitrato di ammonio NH405, bosco ceduo di Quercus Cerris L.	1174.3 (µg/g)	3.43	1.61 (g/mg)	/	/	/	/
	fertilizzati con sale di nitrato di ammonio NH406, bosco ceduo di Quercus Cerris L.	635.3 (µg/g)	3.4	1.93 (g/mg)	/	/	/	/
Sarathchandra Upali et al. (2005)	no letame, suolo di caseificio -pascolo- piantato con loglio perenne	480 (µg/g)	0.97	/	/	/	/	/
	no letame, suolo di caseificio -pascolo- piantato con loglio perenne	480 (µg/g)	0.97	/	/	/	/	/
	no letame, suolo di caseificio -pascolo- piantato	480 (µg/g)	0.97	/	/	/	/	/
	si letame, suolo di caseificio -pascolo- piantato con loglio perenne	840 (µg/g)	0.97	/	/	/	/	/
	si letame, suolo di caseificio -pascolo- piantato con loglio perenne	540 (µg/g)	0.98	/	/	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	si letame, suolo di caseificio -pascolo- piantato con loglio perenne	570 (µg/g)	0.97	/	/	/	/	/
	si letame, suolo di caseificio -pascolo- piantato con loglio perenne	900 (µg/g)	0.99	/	/	/	/	/
	si letame, suolo di caseificio -pascolo- piantato con loglio perenne	760 (µg/g)	1	/	/	/	/	/
	si letame, suolo di caseificio -pascolo- piantato con loglio perenne	640 (µg/g)	0.97	/	/	/	/	/
	si letame, suolo di caseificio -pascolo- piantato con loglio perenne	1160 (µg/g)	0.99	/	/	/	/	/
	si letame, suolo di caseificio -pascolo- piantato con loglio perenne	850 (µg/g)	0.99	/	/	/	/	/
	si letame, suolo di caseificio -pascolo-	700 (µg/g)	0.97	/	/	/	/	/
Lupwayi Newton Z. et al. (2010)	rotazione di colza e orzo con applicazioni fertilizzanti ed erbicidi 100%, fertilizzazione basale	815 (mg/kg)	2.52	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 100% erbicidi, 50 % fertilizzanti, fertilizzazione basale	1021 (mg/kg)	2.51	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 100% erbicidi, fertilizzazione basale	929 (mg/kg)	2.49	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 100% fertilizzanti, 50% erbicidi, fertilizzazione basale	788 (mg/kg)	2.56	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 100% fertilizzanti, fertilizzazione basale	1034 (mg/kg)	2.65	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo, no fertilizzanti, no erbicidi, fertilizzazione basale	1079 (mg/kg)	2.62	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 50% fertilizzanti, fertilizzazione basale	889 (mg/kg)	2.57	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 100% fertilizzanti, fertilizzazione basale	873 (mg/kg)	2.64	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 50% erbicidi, fertilizzazione basale	783 (mg/kg)	2.53	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 100% erbicidi, fertilizzazione basale	848 (mg/kg)	2.49	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni fertilizzanti ed erbicidi 100%, fertilizzazione basale, rizosfera	416 (mg/kg)	2.4	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 100% erbicidi, 50 % fertilizzanti, fertilizzazione basale, rizosfera	277 (mg/kg)	2.51	/	/	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 100% erbicidi, fertilizzazione basale, rizosfera	620 (mg/kg)	2.12	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 100% fertilizzanti, 50% erbicidi, fertilizzazione basale, rizosfera	317 (mg/kg)	2.72	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 100% fertilizzanti, fertilizzazione basale, rizosfera	367 (mg/kg)	2.56	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo, no fertilizzanti, no erbicidi, fertilizzazione basale, rizosfera	625 (mg/kg)	2.06	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 50% fertilizzanti, fertilizzazione basale, rizosfera	340 (mg/kg)	1.83	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 100% fertilizzanti, fertilizzazione basale, rizosfera	323 (mg/kg)	2.47	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 50% erbicidi, fertilizzazione basale, rizosfera	691 (mg/kg)	2.12	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 100% erbicidi, fertilizzazione basale, rizosfera	565 (mg/kg)	2.44	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni fertilizzanti ed erbicidi 100%, fertilizzazione basale, bulk soil	416 (mg/kg)	1.91	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 100% erbicidi, 50 % fertilizzanti, fertilizzazione basale, bulk soil	277 (mg/kg)	2.23	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 100% erbicidi, fertilizzazione basale, bulk soil	620 (mg/kg)	2.33	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 100% fertilizzanti, 50% erbicidi, fertilizzazione basale, bulk soil	317 (mg/kg)	2.09	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 100% fertilizzanti, fertilizzazione basale, bulk soil	367(mg/kg)	2.4	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo, no fertilizzanti, no erbicidi, fertilizzazione basale, bulk soil	625 (mg/kg)	2.25	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 50% fertilizzanti, fertilizzazione basale, bulk soil	340 (mg/kg)	2.45	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 100% fertilizzanti, fertilizzazione basale, bulk soil	323 (mg/kg)	2.42	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 50% erbicidi, fertilizzazione basale, bulk soil	691 (mg/kg)	2.32	/	/	/	/	/
	rotazione di colza e orzo con applicazioni 100% erbicidi, fertilizzazione basale, bulk soil	565 (mg/kg)	2.04	/	/	/	/	/
Monokrousos N. et al. (2005)	coltivazione biologica di asparagi, no lettiera	292 (µg/g)	4.36	/	3.58 (µg/g)	15 (µg/g)	0.66 (µg/g)	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	coltivazione biologica di asparagi, no lettiera	284 (µg/g)	4.29	/	2.74 (µg/g)	17 (µg/g)	0.54 (µg/g)	/
	coltivazione biologica di asparagi, no lettiera	322 (µg/g)	4.37	/	3.8 (µg/g)	16 (µg/g)	0.37 (µg/g)	/
	coltivazione biologica di asparagi, no lettiera	239 (µg/g)	4.38	/	2.73 (µg/g)	13 (µg/g)	0.31 (µg/g)	/
	campo adiacente alla coltivazione biologica di asparagi, no lettiera	225 (µg/g)	4.32	/	4.07 (µg/g)	16 (µg/g)	0.57 (µg/g)	/
	campo adiacente al campo convenzionalmente gestito, no lettiera	319 (µg/g)	4.21	/	3.02 (µg/g)	19 (µg/g)	0.34 (µg/g)	/
	campo convenzionalmente gestito, no lettiera	383.4 (µg/g)	2.08	/	/	22.5 µg/g	/	/
Wang G.H. et al. 2007	incolto, nessun disturbo umano	1013 (µg/g)	2.81	/	/	/	/	/
	no fertilizzazione, zappatura manuale, incolto	610 (µg/g)	2.83	/	/	/	/	/
	rotazione mais-soia-grano, si fertilizzazione NPK+letame	390 (µg/g)	2.64	/	/	/	/	/
Qu X.H., Wang J.G. (2007)	ammendamento con acidi fenolici	115 (mg/kg)	6.43	0.12 (mg/kg)	14.3 (mg/kg)	/	/	/
	ammendamento con acidi fenolici	163 (mg/kg)	6.5	0.09 (mg/kg)	13.4 (mg/kg)	/	/	/
	ammendamento con acidi fenolici	185 (mg/kg)	6.15	0.08 (mg/kg)	15.1 (mg/kg)	/	/	/
	ammendamento con acidi fenolici	109 (mg/kg)	6.07	0.12 (mg/kg)	13.4 (mg/kg)	/	/	/
	ammendamento con acidi fenolici	115 (mg/kg)	6.31	0.1(mg/kg)	14 (mg/kg)	/	/	/
	ammendamento con acidi fenolici	115 (mg/kg)	6.41	0.13 (mg/kg)	14.9 (mg/kg)	/	/	/
	ammendamento con acidi fenolici	69 (mg/kg)	6.39	0.21 (mg/kg)	14.2 (mg/kg)	/	/	/
	ammendamento con acidi fenolici	151 (mg/kg)	6.03	0.1 (mg/kg)	14.7 (mg/kg)			
Lin X.G. et al. (2003)	risaia percolata, coltivazione vegetale	168.34 (mg/kg)	4.444	/	/	/	/	/
	risaia percolata, rotazione tradizionale di riso-grano	240.74 (mg/kg)	3.36	/	/	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	risaia satura d'acqua, coltivazione vegetale continua	679.3 (mg/kg)	4.475	/	/	/	/	/
	risaia satura d'acqua, coltivazione vegetale continua	461.23 (mg/kg)	4.415	/	/	/	/	/
	risaia satura d'acqua, coltivazione vegetale continua	301.66 (mg/kg)	3.781	/	/	/	/	/
	risaia permeabile, coltivazione vegetale continua	1318.48 (mg/kg)	4.436	/	/	/	/	/
	risaia permeabile, coltivazione vegetale continua	223.85 (mg/kg)	2.768	/	/	/	/	/
	risaia permeabile, coltivazione vegetale continua	1061.86 (mg/kg)	4.422	/	/	/	/	/
Lupwayi Newton Z. et al. (2011)	no fertilizzato	843 (mg/kg)	2.74	/	/	/	/	/
	fertilizzato	1324 (mg/kg)	2.62	/	/	/	/	/
	fertilizzato	1157 (mg/kg)	2.73	/	/	/	/	/
	gestione convenzionale, rotazione mais-soia, aratura, erpicatura	963 (mg/kg)	2.67	/	/	/	/	/
	gestione non convenzionale, rotazione mais-soia, residui di lettiera	1254 (mg/kg)	2.73	/	/	/	/	/
	no fertilizzato	393 (mg/kg)	2.78	/	/	/	/	/
	fertilizzato	503 (mg/kg)	2.87	/	/	/	/	/
	fertilizzato	461 (mg/kg)	2.92	/	/	/	/	/
	gestione convenzionale, rotazione mais-soia, aratura, erpicatura	362 (mg/kg)	2.81	/	/	/	/	/
	gestione non convenzionale, rotazione mais-soia, residui di lettiera	543 (mg/kg)	2.9	/	/	/	/	/
	no fertilizzato	267 (mg/kg)	2.26	/	/	/	/	/
	fertilizzato	392 (mg/kg)	2.3	/	/	/	/	/
	fertilizzato	305 (mg/kg)	2.4	/	/	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	gestione convenzionale, rotazione mais-soia, aratura, erpicatura	269 (mg/kg)	2.49	/	/	/	/	/
	gestione non convenzionale, rotazione mais-soia, residui di lettiera	373 (mg/kg)	2.15	/	/	/	/	/
	no fertilizzato	348 (mg/kg)	2.11	/	/	/	/	/
	fertilizzato	388 (mg/kg)	2.18	/	/	/	/	/
	fertilizzato	509 (µg/g)	2.41	2.41 (µg/g)	/	/	/	/
Ajay Naira, Mathieu Ngouajio (2012)	ammendato con compost, residui di coltura di segale, suolo agricolo con rotazione di mais-soia (non organica) e produzione organica di pomodori	200 (µg/g)	2.85	1.3 (µg/g)	250 (µg/g)	/	/	/
	no compost, residui di coltura di segale, suolo agricolo con rotazione di mais-soia (non organica) e produzione organica di pomodori	182 (µg/g)	2.75	0.8 (µg/g)	141.7 (µg/g)	/	/	/
	ammendato con compost, residui di coltura di segale-veccia, suolo agricolo con rotazione di mais-soia (non organica) e produzione organica di pomodori	164 (µg/g)	2.5	1.4 (µg/g)	233.4 (µg/g)	/	/	/
	no compost, residui di coltura di segale-veccia, suolo agricolo con rotazione di mais-soia (non organica) e produzione organica di pomodori	160 (µg/g)	2.05	1.075 (µg/g)	174.9 (µg/g)	/	/	/
	ammendato con compost, residui di coltura di segale, suolo agricolo con rotazione di mais-soia (non organica) e produzione organica di pomodori	207 (µg/g)	2.85	1.35 (µg/g)	283.4 (µg/g)	/	/	/
	no compost, residui di coltura di segale, suolo agricolo con rotazione di mais-soia (non organica) e produzione organica di pomodori	171 (µg/g)	2.75	1.15 (µg/g)	195.85 (µg/g)	/	/	/
	ammendato con compost, residui di coltura di segale-veccia, suolo agricolo con rotazione di mais-soia (non organica) e produzione di pomodori	168 (µg/g)	2.85	1.1 (µg/g)	183.4 (µg/g)	/	/	/
	no compost, residui di coltura di segale-veccia, suolo agricolo con rotazione di mais-soia (non organica) e produzione organica di pomodori	136 (µg/g)	2.4	0.95 (µg/g)	129.05 (µg/g)	/	/	/
	ammendato con compost, residui di coltura di segale, suolo agricolo con rotazione di mais-soia (non organica) e produzione organica di pomodori	211 (µg/g)	2.9	1.025 (µg/g)	212.45 (µg/g)	/	/	/
	no compost, residui di coltura di segale, suolo agricolo con rotazione di mais-soia (non organica) e produzione organica di pomodori	168 (µg/g)	2.85	0.875 (µg/g)	141.7 (µg/g)	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	ammendato con compost, residui di coltura di segale-veccia, suolo agricolo con rotazione di mais-soia (non organica) e produzione organica di pomodori	172 (µg/g)	3.15	1.075 (µg/g)	183.4 (µg/g)	/	/	/
	no compost, residui di coltura di segale-veccia, suolo agricolo con rotazione di mais-soia (non organica) e produzione organica di pomodori	136 (µg/g)	2.95	1.05 (µg/g)	141.7 (µg/g)	/	/	/
Sarathchandraa S.U. et al. (2000)	suolo pascolato coperto da loglio, trifoglio e loto/non fertilizzato	384.5 (µg/g)	4.28	/	/	/	/	/
	suolo pascolato coperto da loglio, trifoglio e loto/fertilizzato con N	334.3 (µg/g)	4.32	/	/	/	/	/
	suolo pascolato coperto da loglio, trifoglio e loto/fertilizzato con N	309 (µg/g)	4.28	/	/	/	/	/
	suolo pascolato coperto da loglio, trifoglio e loto/fertilizzato con P	494.2 (µg/g)	4.24	/	/	/	/	/
	suolo pascolato coperto da loglio, trifoglio e loto/fertilizzato con P	516.6 (µg/g)	4.3	/	/	/	/	/
	suolo pascolato coperto da loglio, trifoglio e loto/fertilizzato con P	510.2 (µg/g)	4.28	/	/	/	/	/
	suolo pascolato coperto da loglio, trifoglio e loto/fertilizzato con P	509.5 (µg/g)	4.3	/	/	/	/	/
Lupwayi N. Z. et al. (2003)	no erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	254 (mg/kg)	2.35	/	/	/	/	/
	erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	269 (mg/kg)	2.39	/	/	/	/	/
	erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	258 (mg/kg)	2.53	/	/	/	/	/
	erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	301 (mg/kg)	2.59	/	/	/	/	/
	erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	260 (mg/kg)	2.02	/	/	/	/	/
	erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	278 (mg/kg)	2.42	/	/	/	/	/
	erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	259 (mg/kg)	2.13	/	/	/	/	/
	erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	203 (mg/kg)	2.39	/	/	/	/	/
	erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato	224 (mg/kg)	2.46	/	/	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	Aggiunta di erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	307 (mg/kg)	2.56	/	/	/	/	/
	Aggiunta di erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	287 (mg/kg)	2.38	/	/	/	/	/
	Aggiunta di erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	296 (mg/kg)	1.85	/	/	/	/	/
	Aggiunta di erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	293 (mg/kg)	2.45	/	/	/	/	/
	no erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	370 (mg/kg)	2.37	/	/	/	/	/
	Aggiunta di erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	409 (mg/kg)	1.97	/	/	/	/	/
	Aggiunta di erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	340 (mg/kg)	2.48	/	/	/	/	/
	Aggiunta di erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	403 (mg/kg)	2.07	/	/	/	/	/
	Aggiunta di erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	376 (mg/kg)	2.18	/	/	/	/	/
	Aggiunta di erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	386 (mg/kg)	2.53	/	/	/	/	/
	Aggiunta di erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	388 (mg/kg)	2.22	/	/	/	/	/
	Aggiunta di erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	354 (mg/kg)	2.2	/	/	/	/	/
	Aggiunta di erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	473 (mg/kg)	2.15	/	/	/	/	/
	Aggiunta di erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	362 (mg/kg)	2.2	/	/	/	/	/
	Aggiunta di erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	350 (mg/kg)	2.21	/	/	/	/	/
	Aggiunta di erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	329 (mg/kg)	2.27	/	/	/	/	/
	Aggiunta di erbicidi, suolo incolto precedentemente coltivato con grano ed orzo	421 (mg/kg)	2.51	/	/	/	/	/
Lupwayi N. Z. et al. (2005)	letame di bestiame, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato	634 (mg/kg)	2.86	/	/	/	/	/
	letame di maiale, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato	514 (mg/kg)	2.67	/	/	/	/	/

<b>Riferimenti</b>	<b>Gestione</b>	<b>Cmic</b>	<b>H'</b>	<b>qCO2</b>	<b>BR</b>	<b>Nmic</b>	<b>N min</b>	<b>Cmic/OC (%)</b>
	fertilizzazione inorganica, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato	402 (mg/kg)	2.85	/	/	/	/	/
	no fertilizzazione, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato	503 (mg/kg)	2.98	/	/	/	/	/
	letame di bestiame, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato, bulk soil	1383 (mg/kg)	2.75	/	/	/	/	/
	letame di maiale, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato, bulk soil	969 (mg/kg)	2.62	/	/	/	/	/
	fertilizzazione inorganica, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato, bulk soil	775 (mg/kg)	2.62	/	/	/	/	/
	no fertilizzazione, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato, bulk soil	742 (mg/kg)	2.23	/	/	/	/	/
	letame di bestiame, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato, rizosfera	960 (mg/kg)	2.62	/	/	/	/	/
	letame di maiale, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato, rizosfera	740 (mg/kg)	2.49	/	/	/	/	/
	fertilizzazione inorganica, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato, rizosfera	495 (mg/kg)	2.44	/	/	/	/	/
	no fertilizzazione, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato, rizosfera	566 (mg/kg)	2.34	/	/	/	/	/
	letame di bestiame, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato	304 (mg/kg)	2.8	/	/	/	/	/
	letame di maiale, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato	450 (mg/kg)	2.91	/	/	/	/	/
	fertilizzazione inorganica, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato	151 (mg/kg)	2.84	/	/	/	/	/
	no fertilizzazione, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato	415 (mg/kg)	2.39	/	/	/	/	/
	letame di bestiame, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato, bulk soil	882 (mg/kg)	2.9	/	/	/	/	/
	letame di maiale, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato, bulk soil	667 (mg/kg)	2.78	/	/	/	/	/
	fertilizzazione inorganica, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato, bulk soil	846 (mg/kg)	2.74	/	/	/	/	/
	no fertilizzazione, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato, bulk soil	492 (mg/kg)	2.66	/	/	/	/	/
	letame di bestiame, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato, rizosfera	2061 (mg/kg)	2.84	/	/	/	/	/

<b>Riferimenti</b>	<b>Gestione</b>	<b>Cmic</b>	<b>H'</b>	<b>qCO2</b>	<b>BR</b>	<b>Nmic</b>	<b>N min</b>	<b>Cmic/OC (%)</b>
	letame di maiale, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato, rizosfera	1322 (mg/kg)	2.78	/	/	/	/	/
	fertilizzazione inorganica, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato, rizosfera	750 (mg/kg)	2.74	/	/	/	/	/
	no fertilizzazione, suolo coltivato con canola ed orzo, no arato, rizosfera	694 (mg/kg)	2.59	/	/	/	/	/
Lupwayi N. Z. et al. (2001)	aratura convenzionale	823 (mg/kg)	3.11	/	/	/	/	/
	aratura zero	1225 (mg/kg)	3.36	/	/	/	/	/
	no fertilizzato, coltivato a grano, bulk soil	954 (mg/kg)	3.03	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a grano, bulk soil	1027 (mg/kg)	3.36	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a grano, bulk soil	998 (mg/kg)	3.02	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a grano, bulk soil	1056 (mg/kg)	3.37	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a grano, bulk soil	1017 (mg/kg)	3.27	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a grano, bulk soil	1083 (mg/kg)	3	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a grano, bulk soil	1007 (mg/kg)	3.6	/	/	/	/	/
	aratura convenzionale	853 (mg/kg)	2.31	/	/	/	/	/
	aratura zero	1062 (mg/kg)	2.45	/	/	/	/	/
	no fertilizzato, coltivato a grano, bulk soil	1084 (mg/kg)	2.74	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a grano, bulk soil	974 (mg/kg)	2.18	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a grano, bulk soil	1014 (mg/kg)	2.2	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a grano, bulk soil	953 (mg/kg)	2.24	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a grano, bulk soil	876 (mg/kg)	3.04	/	/	/	/	/

<b>Riferimenti</b>	<b>Gestione</b>	<b>Cmic</b>	<b>H'</b>	<b>qCO2</b>	<b>BR</b>	<b>Nmic</b>	<b>N min</b>	<b>Cmic/OC (%)</b>
	fertilizzato, coltivato a grano, bulk soil	877 (mg/kg)	2.21	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a grano, bulk soil	924 (mg/kg)	2.04	/	/	/	/	/
	aratura convenzionale	890 (mg/kg)	2.68	/	/	/	/	/
	aratura zero	1219 (mg/kg)	3	/	/	/	/	/
	no fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	1038 (mg/kg)	2.83	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	1037 (mg/kg)	2.7	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	1099 (mg/kg)	2.91	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	1000 (mg/kg)	2.57	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	1137 (mg/kg)	2.86	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	1051 (mg/kg)	2.66	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	1017 (mg/kg)	3.35	/	/	/	/	/
	aratura convenzionale	931 (mg/kg)	2.38	/	/	/	/	/
	senza aratura	1168 (mg/kg)	2.65	/	/	/	/	/
	no fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	1073 (mg/kg)	2.69	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	1050 (mg/kg)	2.68	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	1117 (mg/kg)	2.43	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	1069 (mg/kg)	2.68	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	1018 (mg/kg)	2.68	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	988 (mg/kg)	1.99	/	/	/	/	/

<b>Riferimenti</b>	<b>Gestione</b>	<b>Cmic</b>	<b>H'</b>	<b>qCO2</b>	<b>BR</b>	<b>Nmic</b>	<b>N min</b>	<b>Cmic/OC (%)</b>
	fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	1036 (mg/kg)	2.45	/	/	/	/	/
	aratura convenzionale	714 (mg/kg)	3.58	/	/	/	/	/
	senza aratura	710 (mg/kg)	3.54	/	/	/	/	/
	no fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	707 (mg/kg)	3.57	/	/	/	/	/
	no fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	732 (mg/kg)	3.6	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	672 (mg/kg)	3.55	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	733 (mg/kg)	3.55	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	729 (mg/kg)	3.55	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	699 (mg/kg)	3.54	/	/	/	/	/
	aratura convenzionale	604 (mg/kg)	3.93	/	/	/	/	/
	aratura zero	580 (mg/kg)	3.95	/	/	/	/	/
	no fertilizzato, coltivato a canola, rizosfera	555 (mg/kg)	3.97	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, rizosfera	609 (mg/kg)	3.89	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, rizosfera	606 (mg/kg)	3.92	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, rizosfera	597 (mg/kg)	3.97	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, rizosfera	529 (mg/kg)	3.95	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, rizosfera	652 (mg/kg)	3.94	/	/	/	/	/
	aratura convenzionale	575 (mg/kg)	3.55	/	/	/	/	/
	senza aratura	597 (mg/kg)	3.56	/	/	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	no fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	627 (mg/kg)	3.69	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	572 (mg/kg)	3.42	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	582 (mg/kg)	3.54	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	561 (mg/kg)	3.49	/	/	/	/	/
	fertilizzato, coltivato a canola, bulk soil	587 (mg/kg)	3.63	/	/	/	/	/
Song Y. N. et al. (2006)	fertilizzati, irrigati, procedure di raccolto, raccolto solo grano, residui di raccolto	169 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	fertilizzati, irrigati, procedure di raccolto, rotazione grano-fava, residui di raccolto	230 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	fertilizzati, irrigati, procedure di raccolto, rotazione grano-mais, residui di raccolto	237 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	fertilizzati, irrigati, procedure di raccolto, raccolto solo mais, residui di raccolto	166 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	fertilizzati, irrigati, procedure di raccolto, rotazione mais-fava, residui di raccolto	164 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	fertilizzati, irrigati, procedure di raccolto, rotazione grano-mais, residui di raccolto	158 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	fertilizzati, irrigati, procedure di raccolto, raccolto solo fava, residui di raccolto	200 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	fertilizzati, irrigati, procedure di raccolto, rotazione grano-fava, residui di raccolto	167 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	fertilizzati, irrigati, procedure di raccolto, rotazione mais-fava, residui di raccolto	164 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	fertilizzati, irrigati, procedure di raccolto, raccolto solo grano, residui di raccolto	203 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	fertilizzati, irrigati, procedure di raccolto, rotazione grano-fava, residui di raccolto	316 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	fertilizzati, irrigati, procedure di raccolto, rotazione grano-mais, residui di raccolto	274 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	fertilizzati, irrigati, procedure di raccolto, raccolto solo mais, residui di raccolto	206 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	fertilizzati, irrigati, procedure di raccolto, rotazione mais-fava, residui di raccolto	243 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	fertilizzati, irrigati, procedure di raccolto, rotazione grano-mais, residui di raccolto	228 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	fertilizzati, irrigati, procedure di raccolto, raccolto solo fava, residui di raccolto	301 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	fertilizzati, irrigati, procedure di raccolto, rotazione grano-fava, residui di raccolto	212 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	fertilizzati, irrigati, procedure di raccolto, rotazione mais-fava, residui di raccolto	254 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
Nakhro N. et al. 2010	No fertilizzato	480 (µg/g)	/	/	/	/	/	/
	Fertilizzazione inorganica	700 (µg/g)	/	/	/	/	/	/
	Fertilizzazione organica	520 (µg/g)	/	/	/	/	/	/
Venecio U.Ultra et al. (2012)	Non fertilizzato	/	2.55	/	/	/	/	/
	Fertilizzazione inorganica	/	2.80	/	/	/	/	/
	Fertilizzazione organica	/	2.80	/	/	/	/	/
Iker Mijangos et al. (2005)	No fertilizzato	32.3 (µg/g)	3.2	/	7.6 (µg/g)	/	80.8 (µg/g)	/
	Fertilizzazione inorganica	23.7 (µg/g)	3.1	/	5.1 (µg/g)	/	82.1 (µg/g)	/
	Fertilizzazione organica	35.3 (µg/g)	3.2	/	5.4 (µg/g)	/	96 (µg/g)	/
Sabahi H. et al. (2010)	No fertilizzato	252 (mg/kg)	/	/	/	60 (mg/kg)	17.7 (mg/kg)	/
	Fertilizzazione inorganica	301 (mg/kg)	/	/	/	72 (mg/kg)	16.7 (mg/kg)	/
	Fertilizzazione inorganica	323 (mg/kg)	/	/	/	73 (mg/kg)	18 (mg/kg)	/
	Fertilizzazione inorganica	320 (mg/kg)	/	/	/	69 (mg/kg)	18.3 (mg/kg)	/
	Fertilizzazione mista	395 (mg/kg)	/	/	/	70 (mg/kg)	20.2 (mg/kg)	/
	Fertilizzazione mista	405 (mg/kg)	/	/	/	75 (mg/kg)	21.3 (mg/kg)	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	Fertilizzazione organica	431 (mg/kg)	/	/	/	80 (mg/kg)	24.5 (mg/kg)	/
Khosro (2011) Mohammadi	No fertilizzato	89.3 (µg/g)	/	/	/	/	/	/
	Fertilizzato con letame	278.4 (µg/g)	/	/	/	/	/	/
	Fertilizzato con compost	312.6 (µg/g)	/	/	/	/	/	/
	Fertilizzazione minerale	87.1 (µg/g)	/	/	/	/	/	/
Lazcano C. et al. (2012)	Fertilizzazione inorganica	/	/	/	4.8 (µg/g)	/	/	/
	Fertilizzazione con compost	/	/	/	4.3 (µg/g)	/	/	/
Thirukkumaran C. M. et al. (2000)	No fertilizzazione	85 (µg/g)	/	3.8 (µg/µg)	20 (µg/g)	/	/	/
	Fertilizzazione con urea	50 (µg/g)	/	1.7 (µg/µg)	12 (µg/g)	/	/	/
	Fertilizzazione con urea	62 (µg/g)	/	1.5 (µg/µg)	11 (µg/g)	/	/	/
Insam H. et al. (2009)	No fertilizzazione	21 (µg/g)	/	2.6 (µg/g)	0.20 (µg/g)	/	/	0.49
	Fertilizzazione con letame	24 (µg/g)	/	2.4 (µg/g)	0.21 (µg/g)	/	/	0.22
Quintern M. et al. (2006)	No fertilizzazione	140 (µg/g)	/	56 (mg/g)	7.8 (µg/g)	21 (µg/g)	/	/
	Fertilizzazione con compost	175 (µg/g)	/	56 (mg/g)	9.7 (µg/g)	29 (µg/g)	/	/
	Fertilizzazione inorganica	172 (µg/g)	/	54 (mg/g)	11.2 (µg/g)	28 (µg/g)	/	/
Zaller J. G. et al. (2004)	No fertilizzazione	230 (µg/g)	/	5 (mg/g)	30 (µg/g)	/	/	75
	Fertilizzazione con letame	400 (µg/g)	/	5.3 (mg/g)	40 (µg/g)	/	/	80
Garcia-Gil J.C. et al. (2003)	No fertilizzazione	202 (mg/kg)	/	5.6 (mg/µg)	38.5 (µg/g)	/	/	/
	Fertilizzazione con letame	194 (mg/kg)	/	8.3 (mg/µg)	36.2 (µg/g)	/	/	/

Riferimenti	Gestione	Cmic	H'	qCO2	BR	Nmic	N min	Cmic/OC (%)
	Fertilizzazione con compost	165 (mg/kg)	/	9.1 (mg/μg)	51.8 (μg/g)	/	/	/
	Fertilizzazione con compost	262 (mg/kg)	/	8.7 (mg/μg)	25.5 (μg/g)	/	/	/
Cheng Hu et al. (2007)	No fertilizzazione	145 (mg/kg)	/	58 (mg/kg)	85 (mg/kg)	/	/	/
	Fertilizzazione inorganica	110 (mg/kg)	/	60 (mg/kg)	75 (mg/kg)	/	/	/
	Fertilizzazione con compost	240 (mg/kg)	/	47 (mg/kg)	109 (mg/kg)	/	/	/
	Fertilizzazione con compost	200 (mg/kg)	/	48 (mg/kg)	107 (mg/kg)	/	/	/
Lu-Jun Li et al. (2010)	No fertilizzazione	76 (μg/g)	/	8 (mg/g)	/	/	/	/
	Fertilizzazione minerale	33 (μg/g)	/	15 (mg/g)	/	/	/	/
Hopkins D.W. et al. (1996)	No fertilizzazione	0.59 (mg/g)	/	/	0.37 (μmol/mg)	/	/	0.014
	Fertilizzazione inorganica	0.53 (mg/g)	/	/	0.34 (μmol/mg)	/	/	0.014
	Fertilizzazione organica	0.98 (mg/g)	/	/	0.27 (μmol/mg)	/	/	0.017
	Fertilizzazione mista	0.73 (mg/g)	/	/	0.29 (μmol/mg)	/	/	0.013
Leita L. et al. (1999)	No fertilizzazione	164.4 (μg/g)	/	2 (mg/mg)	/	/	/	1.43
	Fertilizzazione inorganica	163.5 (μg/g)	/	2 (mg/mg)	/	/	/	1.74
	Fertilizzazione inorganica	226.3 (μg/g)	/	2 (mg/mg)	/	/	/	1.95
	Fertilizzazione organica	326.1 (μg/g)	/	5.4 (mg/mg)	/	/	/	2
	Fertilizzazione mista	297.3 (μg/g)	/	6.1 (mg/mg)	/	/	/	1.80
Wang Q.K. et al. (2008)	No fertilizzazione	510 (mg/kg)	/	0.74 (mg/g)	33 (mg/kg)	54.1 (mg/kg)	/	/
	Fertilizzazione inorganica	424 (mg/kg)	/	0.67 (mg/g)	24.9 (mg/kg)	64.6 (mg/kg)	/	/

<b>Riferimenti</b>	<b>Gestione</b>	<b>Cmic</b>	<b>H'</b>	<b>qCO2</b>	<b>BR</b>	<b>Nmic</b>	<b>N min</b>	<b>Cmic/OC (%)</b>
	Fertilizzazione inorganica	360 (mg/kg)	/	0.51 (mg/g)	16.1 (mg/kg)	72.1 (mg/kg)	/	/
Aparecida S. et al. (2005)	No fertilizzazione	99 (mg/kg)	/	4.7 (mg/g)	20.8 (µg/g)	11 (mg/kg)	/	/
	Fertilizzazione inorganica	228 (mg/kg)	/	7.1 (mg/g)	32.2 (µg/g)	29 (mg/kg)	/	/
	Fertilizzazione organica	396 (mg/kg)	/	7.9 (mg/g)	50.1 (µg/g)	37 (mg/kg)	/	/
	Fertilizzazione organica	399 (mg/kg)	/	7.9 (mg/g)	50.2 (µg/g)	53 (mg/kg)	/	/
	Fertilizzazione organica	418 (mg/kg)	/	7.5 (mg/g)	52.2 (µg/g)	54 (mg/kg)	/	/
	Fertilizzazione organica	522 (mg/kg)		8.6 (mg/g)	60.7 (µg/g)	47 (mg/kg)	/	/

## APPENDICE C

Riferimenti	PARAMETRI CHIMICI										PARAMETRI FISICI	
	NH4-N	N03-N	pH	Corg	N tot	Corg solub.	Norg solub.	P tot (g/kg)	K tot (g/kg)	C/N (%)	Bulk density	SMC (%)
Irit Lahav et al. (2001)	/	/	/	0.2 (%)	/	/	/	/	/	/	/	7.7
	/	/	/	0.2 (%)	/	/	/	/	/	/	/	12.8
	/	/	/	0.2 (%)	/	/	/	/	/	/	/	9.7
	/	/	/	0.2 (%)	/	/	/	/	/	/	/	9.4
	/	/	/	0.4 (%)	/	/	/	/	/	/	/	10.5
	/	/	/	0.2 (%)	/	/	/	/	/	/	/	7.7
	/	/	/	0.3 (%)	/	/	/	/	/	/	/	10.5
	/	/	/	0.3 (%)	/	/	/	/	/	/	/	10.9
	/	/	/	0.3 (%)	/	/	/	/	/	/	/	10
	/	/	/	0.3 (%)	/	/	/	/	/	/	/	11.5
LI Zhong-pei et al. (2007)	/	/	4.8	14.6 (g/kg)	1.336 (g/kg)	1.01 (%)	/	/	/	/	/	/
	/	/	4.4	9.49 (g/kg)	0.798 (g/kg)	1.9 (%)	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.85	9.95 (g/kg)	1.047 (g/kg)	1.12 (%)	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.13	11.5 (g/kg)	1.26 (g/kg)	0.81 (%)	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.36	9.23 (g/kg)	0.937	0.95 (%)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.0	19.2 (g/kg)	1.9 (g/kg)	0.24 (%)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.4	18.4 (g/kg)	1.858 (g/kg)	0.26 (%)	/	/	/	/	/	/







Riferimenti	NH4-N	N03-N	pH	Corg	N tot	Corg solub.	Norg solub.	P tot (g/kg)	K tot (g/kg)	C/N (%)	Bulk density	SMC (%)
	/	/	8.6	/	0.109 (%)	/	/	0.135 (%)	2.689 (%)	/	/	/
	/	/	8.6	/	0.109 (%)	/	/	0.135 (%)	2.689 (%)	/	/	/
	/	/	8.6	/	0.109 (%)	/	/	0.135 (%)	2.689 (%)	/	/	/
	/	/	8.6	/	0.109 (%)	/	/	0.135 (%)	2.689 (%)	/	/	/
	/	/	8.6	/	0.109 (%)	/	/	0.135 (%)	2.689 (%)	/	/	/
	/	/	8.6	/	0.109 (%)	/	/	0.135 (%)	2.689 (%)	/	/	/
	/	/	8.6	/	0.109 (%)	/	/	0.135 (%)	2.689 (%)	/	/	/
	/	/	8.6	/	0.109 (%)	/	/	0.135 (%)	2.689 (%)	/	/	/
	/	/	8.6	/	0.109 (%)	/	/	0.135 (%)	2.689 (%)	/	/	/
	/	/	8.6	/	0.109 (%)	/	/	0.135 (%)	2.689 (%)	/	/	/
Galit Hermann et al. (2011)	/	/	8.17	/	/	/	11.97 (%)	/	/	/	/	24.7
	/	/	8.23	/	/	/	2.95 (%)	/	/	/	/	22.4
WEI Dan et al. (2008)	/	/	6.86	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	7.01	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.01	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.13	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Zhong W.H., Cai Z.C (2007)	/	/	5.03	2.64 (g/kg)	0.05 (g/kg)	/	/	0.23 (g/kg)	10.7 (g/kg)	5.28	/	/
	/	/	5.77	5.6 (g/kg)	0.76 (g/kg)	/	/	0.28 (g/kg)	11.3 (g/kg)	7.37	/	/
	/	/	5.55	6.47 (g/kg)	0.95 (g/kg)	/	/	0.24 (g/kg)	11.1 (g/kg)	6.73	/	/
	/	/	5.41	8.23 (g/kg)	1.09 (g/kg)	/	/	0.68 (g/kg)	10.9 (g/kg)	7.55	/	/
	/	/	5.51	7.76 (g/kg)	1.03	/	/	0.73 (g/kg)	11 (g/kg)	7.53	/	/
	/	/	5.38	8.87 (g/kg)	1.1	/	/	0.67 (g/kg)	11 (g/kg)	8.06	/	/

Riferimenti	NH4-N	N03-N	pH	Corg	N tot	Corg solub.	Norg solub.	P tot (g/kg)	K tot (g/kg)	C/N (%)	Bulk density	SMC (%)
Ros M. et al. (2006)	/	/	6.8	11.8 (g/kg)	1.4(g/kg)	/	/	/	/	8	/	/
	/	/	6.8	11.4 (g/kg)	1.4 (g/kg)	/	/	/	/	8.1	/	/
	/	/	6.8	13.4 (g/kg)	1.68 (g/kg)	/	/	/	/	8	/	/
	/	/	6.8	14.2 (g/kg)	1.6 (g/kg)	/	/	/	/	8.9	/	/
	/	/	6.8	12.6 (g/kg)	1.53 (g/kg)	/	/	/	/	8.4	/	/
	/	/	6.8	14.3 (g/kg)	1.58 (g/kg)	/	/	/	/	9.1	/	/
	/	/	6.8	12.3 (g/kg)	1.65 (g/kg)	/	/	/	/	7.4	/	/
	/	/	6.8	13 (g/kg)	1.63 (g/kg)	/	/	/	/	8	/	/
	/	/	6.8	13 (g/kg)	1.58 (g/kg)	/	/	/	/	8.1	/	/
	/	/	6.8	14.2 (g/kg)	1.6 (g/kg)	/	/	/	/	8.6	/	/
Qiufang Xu et al. (2008)	/	/	5.15	14.98 (g/kg)	1.23 (g/kg)	/	/	/	/	12.18	/	/
	/	/	5.14	13.17 (g/kg)	1.35 (g/kg)	/	/	/	/	9.76	/	/
	/	/	5.22	12.86 (g/kg)	1.3 (g/kg)	/	/	/	/	9.89	/	/
Entry James et al. (2008)	/	/	7.8	/	/	/	/	/	/	/	0.97 (mg/m <sup>3</sup> )	/
	/	/	7.8	/	/	/	/	/	/	/	0.97 (mg/m <sup>3</sup> )	/
	/	/	7.8	/	/	/	/	/	/	/	1.28 (mg/m <sup>3</sup> )	/
	/	/	7.8	/	/	/	/	/	/	/	1.28 (mg/m <sup>3</sup> )	/
	/	/	7.8	/	/	/	/	/	/	/	1.38 (mg/m <sup>3</sup> )	/
	/	/	7.8	/	/	/	/	/	/	/	1.38 (mg/m <sup>3</sup> )	/
	/	/	7.8	/	/	/	/	/	/	/	1.33 (mg/m <sup>3</sup> )	/
	/	/	7.8	/	/	/	/	/	/	/	1.33 (mg/m <sup>3</sup> )	/
Huaiying Yao (2006)	/	/	4.7	26.2 (mg/g)	/	/	/	/	/	28.9	/	/
	/	/	6.4	9.5 (mg/g)	/	/	/	/	/	15.2	/	/
	/	/	6.4	30 (mg/g)	/	/	/	/	/	13.4	/	/
	/	/	6.4	38.4(mg/g)	/	/	/	/	/	12.6	/	/
	/	/	6.1	72.5 (mg/g)	/	/	/	/	/	10.4	/	/

Riferimenti	NH4-N	N03-N	pH	Corg	N tot	Corg solub.	Norg solub.	P tot (g/kg)	K tot (g/kg)	C/N (%)	Bulk density	SMC (%)
	/	/	5	9.5 (mg/g)	/	/	/	/	/	26.7	/	/
	/	/	5.6	2.3 (mg/g)	/	/	/	/	/	11.3	/	/
	/	/	6.3	2.8 (mg/g)	/	/	/	/	/	9.2	/	/
	/	/	6.2	8.2 (mg/g)	/	/	/	/	/	18.1	/	/
	/	/	5.9	13.3 (mg/g)	/	/	/	/	/	12.3	/	/
Bossio A. et al. (2005)	/	/	4.1	26.75 (%)	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	4.1	9.05 (%)	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	4.1	2.92 (%)	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	4.1	2.26 (%)	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.1	10.49 (%)	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.1	4.32 (%)	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.1	1.6 (%)	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.1	1.42 (%)	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.8	2.25 (%)	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.8	2.01 (%)	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5	1.14 (%)	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5	0.91 (%)	/	/	/	/	/	/	/	/
Dong Xue-Huaiying, Yao-Changyong Huang (2006)	5.88 (mg/kg)	6.6 (mg/kg)	5.16	0.74 (g/kg)	0.85 (g/kg)	/	/	/	/	8.7	/	/
	8.02 (mg/kg)	4.46 (mg/kg)	4.22	1.39 (g/kg)	1.35 (g/kg)	/	/	/	/	10.3	/	/
	7.05 (mg/kg)	56.1 (mg/kg)	4.01	2.22 (g/kg)	2.05 (g/kg)	/	/	/	/	10.8	/	/
	4.41 (mg/kg)	40.3 (mg/kg)	3.71	2.63 (g/kg)	2.29 (g/kg)	/	/	/	/	11.5	/	/
	9.2 (mg/kg)	13.5 (mg/kg)	3.94	2.75 (g/kg)	1.75 (g/kg)	/	/	/	/	15.7	/	/

Riferimenti	NH4-N	N03-N	pH	Corg	N tot	Corg solub.	Norg solub.	P tot (g/kg)	K tot (g/kg)	C/N (%)	Bulk density	SMC (%)
Pengthamkeerati P. et al. (2011)	/	/	6.7	13.6 (g/kg)	1.1 (g/kg)	250 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.76	12.5 (g/kg)	1.1 (g/kg)	255 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.76	15.7 (g/kg)	1.1 (g/kg)	275 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.76	15 (g/kg)	1.1 (g/kg)	300 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.76	14.6 (g/kg)	1.1 (g/kg)	130 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.76	15 (g/kg)	1.1 (g/kg)	195 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.76	17.5 (g/kg)	1.1 (g/kg)	235 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.76	15.7 (g/kg)	1.1 (g/kg)	188 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.76	15.3 (g/kg)	1.1 (g/kg)	245 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.76	14 (g/kg)	1.1 (g/kg)	210 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.76	16.4 (g/kg)	1.1 (g/kg)	295 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.76	16.4 (g/kg)	1.1 (g/kg)	310 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.76	15.7 (g/kg)	1.1 (g/kg)	80 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.76	15 (g/kg)	1.1 (g/kg)	150 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.76	16.8 (g/kg)	1.1 (g/kg)	200 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.76	15.7 (g/kg)	1.1 (g/kg)	190 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.76	14.3 (g/kg)	1.1 (g/kg)	35 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.76	13.6 (g/kg)	1.1 (g/kg)	90 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.76	16.4 (g/kg)	1.1 (g/kg)	120 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.76	16.4 (g/kg)	1.1 (g/kg)	140 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.76	14.3 (g/kg)	1.1 (g/kg)	80 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/









Riferimenti	NH4-N	N03-N	pH	Corg	N tot	Corg solub.	Norg solub.	P tot (g/kg)	K tot (g/kg)	C/N (%)	Bulk density	SMC (%)
	/	/	7.8	0.47 (%)	/	/	/	/	/	/	/	7.5
	/	/	7.8	0.47 (%)	/	/	/	/	/	/	/	5.5
	/	/	7.8	0.47 (%)	/	/	/	/	/	/	/	2
	/	/	7.8	0.47 (%)	/	/	/	/	/	/	/	2.2
	/	/	7.8	0.47 (%)	/	/	/	/	/	/	/	3.1
	/	/	7.8	0.47 (%)	/	/	/	/	/	/	/	2.2
Bending Gary D. et al. (2004)	/	/	/	12.26 (mg/g)	0.99 (mg/g)	/	7.42 (µg/g)	/	/	/	/	/
	/	/	/	10.97 (mg/g)	0.88 (mg/g)	/	2.19 (µg/g)	/	/	/	/	/
	/	/	/	9.85(mg/g)	0.7 mg/g	/	6.2(µg/g)	/	/	/	/	/
	/	/	/	10.74 (mg/g)	0.88 (mg/g)	/	6.52 (µg/g)	/	/	/	/	/
	/	/	/	11.47 (mg/g)	0.79 (mg/g)	/	6.14 (µg/g)	/	/	/	/	/
Dalmonech D. et al. (2010)	/	/	6.7	15.3 (%)	1.09 (%)	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.4	14.5 (%)	1.1 (%)	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.8	14.5 (%)	1.16 (%)	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.7	14.2 (%)	1.2 (%)	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.5	13.8 (%)	1.25 (%)	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.4	14.6 (%)	1.41 (%)	/	/	/	/	/	/	/
Sarathchandra Upali et al. (2005)	/	/	5.4	7.6 (%)	0.61 (%)	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.4	7.6 (%)	0.61 (%)	/	/	/	/	/	/	/



Riferimenti	NH4-N	N03-N	pH	Corg	N tot	Corg solub.	Norg solub.	P tot (g/kg)	K tot (g/kg)	C/N (%)	Bulk density	SMC (%)
	/	/	5.9	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.9	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.9	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.9	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.9	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.9	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.9	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.9	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.9	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.9	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.9	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.9	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.9	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Monokrousos N. et al. (2005)	24 (µg/g)	27.36 (µg/g)	7.5	13.40 (mg/g)	873 (µg/g)	/	/	/	/	/	/	/
	22.04 (µg/g)	24.5 (µg/g)	7.83	17.02 (mg/g)	991 (µg/g)	/	/	/	/	/	/	/
	25.63 (µg/g)	30.65 (µg/g)	7.89	13.11 (mg/g)	896 (µg/g)	/	/	/	/	/	/	/
	24.3 (µg/g)	27.95 (µg/g)	7.94	8.25 (mg/g)	622 (µg/g)	/	/	/	/	/	/	/
	19.87 (µg/g)	25.39 (µg/g)	7.92	9.6 (mg/g)	739 (µg/g)	/	/	/	/	/	/	/
	23.27 (µg/g)	24.65 (µg/g)	8.23	28 (mg/g)	517 (µg/g)	/	/	/	/	/	/	/
	22.97 (µg/g)	27.6 (µg/g)	7.99	15.21 (mg/g)	466 (µg/g)	/	/	/	/	/	/	/
Canali Stefano et al. (2004)	/	/	7.8	18.355 (mg/kg)	1.786 (mg/kg)	/	/	/	/	10.3	/	/

Riferimenti	NH4-N	N03-N	pH	Corg	N tot	Corg solub.	Norg solub.	P tot (g/kg)	K tot (g/kg)	C/N (%)	Bulk density	SMC (%)
	/	/	7.8	20.474 (mg/kg)	(mg/kg)	/	/	/	/	10.6	/	/
	/	/	7.8	19.343 (mg/kg)	19.343 (mg/kg)	/	/	/	/	10.2	/	/
	/	/	7.8	17.302 (mg/kg)	17.302 (mg/kg)	/	/	/	/	10.5	/	/
Wang G.H. et al. (2007)	/	/	6.1	31.32 (g/kg)	2.69 (g/kg)	/	/	0.7 (g/kg)	19.6 (g/kg)	11.64	/	/
	/	/	6.1	31.96 (g/kg)	2.72 (g/kg)	/	/	0.7 (g/kg)	19.6 (g/kg)	11.42	/	/
	/	/	6.09	21.08 (g/kg)	1.85 (g/kg)	/	/	0.7 (g/kg)	19.6 (g/kg)	11.77	/	/
Qu X.H. (2007)	/	/	7.06	/	1.17	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	7.06	/	1.17 (g/kg)	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	7.06	/	1.17 (g/kg)	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	7.06	/	1.17 (g/kg)	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	7.06	/	1.17 (g/kg)	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	7.06	/	1.17 (g/kg)	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	7.06	/	1.17 (g/kg)	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	7.06	/	1.17 (g/kg)	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	7.06	/	1.17 (g/kg)	/	/	/	/	/	/	/
Lin X.G. et al. (2003)	1.1 (mg/kg)	6.5 (mg/kg)	5.3	/	1.03 (mg/g)	/	/	2.88 (g/kg)	/	/	/	/
	2.5 (mg/kg)	315.9 (mg/kg)	4.4	/	1.71 (mg/g)	/	/	3.17 (g/kg)	/	/	/	/

















Riferimenti	NH4-N	N03-N	pH	Corg	N tot	Corg solub.	Norg solub.	P tot (g/kg)	K tot (g/kg)	C/N (%)	Bulk density	SMC (%)
Thirukkumuran C.H. et al. (2000)	/	/	5.2	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	6.6	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.2	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Insam H. et al. (2009)	/	/	4.8	0.99 %	0.054 %	/	/	/	/	18.4	/	/
	/	/	4.9	1.04 %	0.079 %	/	/	/	/	13.2	/	/
Quintern M. et al. (2006)	/	/	6.5	9.1 (mg/g)	0.94 (mg/g)	/	/	0.39 (mg/g)	/	/	/	/
	/	/	6.6	11.6 (mg/g)	1.24 (mg/g)	/	/	0.45 (mg/g)	/	/	/	/
	/	/	6.6	10.9 (mg/g)	1.09 mg/g	/	/	0.4 mg/g	/	/	/	/
Zaller J. G. et al. (2004)	5.17 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	5.36 (mg/kg)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Garcia-Gil J.C. et al. (2003)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Cheng Hu et al. (2007)	/	/	7.4	/	0.75 g/kg)	/	/	/	70 mg/kg	/	/	/
	/	/	7.5	/	0.7 (g/kg)	/	/	/	75 mg/kg	/	/	/
	/	/	7.2	/	1.3 (g/kg)	/	/	/	205 mg/kg	/	/	/
	/	/	7.3	/	1.1 (g/kg)	/	/	/	105 mg/kg	/	/	/
Lu-Jun Li et al. (2010)	/	/	6.5	4.16 (mg/g)	0.34 (mg/g)	/	/	0.08 (mg/g)	/	/	/	/
	/	/	5.3	4.71 (mg/g)	0.36 (mg/g)	/	/	0.08 (mg/g)	/	/	/	/
D.W. Hopkins et al. (1996)	/	/	5	43.3 (mg/g)	3.23 (mg/g)	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	4.7	37.4 (mg/g)	2.84 (mg/g)	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.4	56.6 (mg/g)	4.59 (mg/g)	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	5.5	54.5 (mg/g)	4.49 (mg/g)	/	/	/	/	/	/	/

Riferimenti	NH4-N	N03-N	pH	Corg	N tot	Corg solub.	Norg solub.	P tot (g/kg)	K tot (g/kg)	C/N (%)	Bulk density	SMC (%)
L. Leita et al. (1999)	/	/		1.15 %	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/		0.94 %	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/		1.16 %	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/		1.63 %	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/		1.65 %	/	/	/	/	/	/	/	/
Q.K. Wng et al. (2008)	15.56 (g/kg)	7.79 (mg/kg)	4.4	15.56 (g/kg)	1.78 (g/kg)	/	/	0.32 (g/kg)	/	/	/	/
	14.80 (g/kg)	14.91 (mg/kg)	4.3	14.80 (g/kg)	1.80 (g/kg)	/	/	0.31 (g/kg)	/	/	/	/
	14.43 (g/kg)	21.52 (mg/kg)	4.2	14.43 (g/kg)	1.83 (g/kg)	/	/	0.30 (g/kg)	/	/	/	/
S. Aparecida et al. (2005)*												

**Figura 3. \* valore non riportato**

## APPENDICE E

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
LI Zhong-pei et al. (2007)	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	N=420-470 kg/ha yr	P=44-65 kg/ha yr	K= 76-124 kg/ha yr	/	/
	N= 160-180 kg/ha yr	P= 24-32 Kg/ha yr	K= 44-128 kg/ha yr	/	/
	N=420-470 kg/ha yr	P=44-65 kg/ha yr	K= 76-124 kg/ha yr	/	/
	N=370-580 kg ha/yr	P=34-68 kg/ha yr	K= 64-128 kg/ha yr	/	/
	N=370-580 kg ha/yr	P=34-68 kg/ha yr	K= 64-128 kg/ha yr	/	/
	N=1900 kg/ha yr	P=250 kg/ha yr	K= 1500 kg/ha yr	/	/
Farrell Mark et al. (2009)	/	/	/	/	/
	N=8 g/m2	P=2 g/m2	K=4 g/m2	/	CaCO <sub>3</sub> = 70 g/m2
	N=8 g/m2	P=2 g/m2	K=4 g/m3	/	CaCO <sub>3</sub> = 70 g/m2
	N=8 g/m2	P=2 g/m2	K=4 g/m4	/	CaCO <sub>3</sub> = 70 g/m2
Junli Hu et al. (2011)	/	/	/	/	/
	N=300 kg/ha yr (urea); fertilizzazione basale (urea)	/	K= 250 kg/ha yr (solfato di potassio)	/	/
	fertilizzazione basale (urea)	P= 60 kg/ha yr (super-fosfato)	K= 250 kg/ha yr (solfato di potassio)	/	/
	N=300 kg/ha yr (urea); fertilizzazione basale (urea)	P= 60 kg/ha yr (super-fosfato)		/	/
	N=300 kg/ha yr (urea); fertilizzazione basale (urea)	P= 60 kg/ha yr (super-fosfato)	K= 250 kg/ha yr (solfato di potassio)	/	/
	N=300 kg/ha yr (urea)/2; fertilizzazione basale (urea)	P= 60 kg/ha yr (super-fosfato)	K= 250 kg/ha yr (solfato di potassio)/2	/	grano compostato, olio di pannello, olio di cotone/2 (rapporto 100:40:45)

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	fertilizzazione basale (urea)	/	/	/	grano compostato, olio di pannello, olio di cotone (rapporto 100:40:45)
Bissett Andrew et al. (2011)	/	/	/	/	/
	N=14,3 %	P=12 %	/	/	S =10,5 %
	N=14,3%; N=25,6 kg/ha	P=12 %; N=25,6 kg/ha	/	/	S=10,5 %; S=18,8 kg/ha
Girvan Martina S. et al. (2004)	N=13 kg/ha (Aprile 2001); N=48 kg/ha (Maggio 2001); N=123 kg/ha (Giugno 2001)	P=57 kg/ha (Aprile 2001)	/	/	pesticida Ally=34,11 g/ha, Marathon=143,41 ml/ha (Maggio 2001) + fungicida Folicur=470 ml/ha, Amistar=660 ml/ha (Luglio 2001);
	N=13 kg/ha; N=48 kg/ha (Maggio 2001); N=123 kg/ha (Giugno 2001)	P=57 kg/ha (Aprile 2001)	/	/	pesticida Ally=34,11 g/ha, Marathon=143,41 ml/ha (Maggio 2001) + fungicida Folicur=470 ml/ha, Amistar=660 ml/ha (Luglio 2001)
	N=13 kg/ha; N=48 kg/ha (Maggio 2001); N=123 kg/ha (Giugno 2001)	P=57 kg/ha (Aprile 2001)	/	/	pesticida Ally=34,11 g/ha, Marathon=143,41 ml/ha (Maggio 2001) + fungicida Folicur=470 ml/ha, Amistar=660 ml/ha (Luglio 2001)
	N=13 kg/ha; N=48 kg/ha (Maggio 2001); N=123 kg/ha (Giugno 2001)	P=57 kg/ha (Aprile 2001)	/	/	pesticida Ally=34,11 g/ha, Marathon=143,41 ml/ha (Maggio 2001) + fungicida Folicur=470 ml/ha, Amistar=660 ml/ha (Luglio 2001)
	N=13 kg/ha; N=48 kg/ha (Maggio 2001); N=123 kg/ha (Giugno 2001)	P=57 kg/ha (Aprile 2001)	/	/	pesticida Ally=34,11 g/ha, Marathon=143,41 ml/ha (Maggio 2001) + fungicida Folicur=470 ml/ha, Amistar=660 ml/ha (Luglio 2001)
	N=13 kg/ha; N=48 kg/ha (Maggio 2001); N=123 kg/ha (Giugno 2001)	P=57 kg/ha (Aprile 2001)	/	/	pesticida Ally=34,11 g/ha, Marathon=143,41 ml/ha (Maggio 2001) + fungicida Folicur=470 ml/ha, Amistar=660 ml/ha (Luglio 2001)
	N=24 kg/ha (Maggio 2001), N=70 kg (Giugno 2001)	/	/	/	pesticida Ally=34,11 g/ha, Marathon=143,41 ml/ha (Maggio 2001) + fungicida Folicur=470 ml/ha, Amistar=660 ml/ha (Luglio 2001)
	N=24 kg/ha (Maggio 2001), N=70 kg (Giugno 2001)	/	/	/	pesticida Ally=34,11 g/ha, Marathon=143,41 ml/ha (Maggio 2001) + fungicida Folicur=470 ml/ha, Amistar=660 ml/ha (Luglio 2001)
	N=24 kg/ha (Maggio 2001), N=70 kg (Giugno 2001)	/	/	/	pesticida Ally=34,11 g/ha, Marathon=143,41 ml/ha (Maggio 2001) + fungicida Folicur=470 ml/ha, Amistar=660 ml/ha (Luglio 2001)
	N=24 kg/ha (Maggio 2001), N=70 kg (Giugno 2001)	/	/	/	pesticida Ally=34,11 g/ha, Marathon=143,41 ml/ha (Maggio 2001) + fungicida Folicur=470 ml/ha, Amistar=660 ml/ha (Luglio 2001)

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	N=24 kg/ha (Maggio 2001), N=70 kg (Giugno 2001)	/	/	/	pesticida Ally=34,11 g/ha, Marathon=143,41 ml/ha (Maggio 2001)
	N=13 kg/ha; N=48 kg/ha (Maggio 2001); N=123 kg/ha (Giugno 2001)		/	/	/
	N=13 kg/ha; N=48 kg/ha (Maggio 2001); N=123 kg/ha (Giugno 2001)	P=57 kg/ha (Aprile 2001)	/	/	/
	N=13 kg/ha; N=48 kg/ha (Maggio 2001); N=123 kg/ha (Giugno 2001)	P=57 kg/ha (Aprile 2001)	/	/	/
	N=13 kg/ha; N=48 kg/ha (Maggio 2001); N=123 kg/ha (Giugno 2001)	P=57 kg/ha (Aprile 2001)	/	/	/
	N=13 kg/ha; N=48 kg/ha (Maggio 2001); N=123 kg/ha (Giugno 2001)	P=57 kg/ha (Aprile 2001)	/	/	/
	N=24 kg/ha (Maggio 2001), N=70 kg/ha (Giugno 2001)	/	/	/	/
	N=24 kg/ha (Maggio 2001), N=70 kg/ha (Giugno 2001)	/	/	/	/
	N=24 kg/ha (Maggio 2001), N=70 kg/ha (Giugno 2001)	/	/	/	/
	N=24 kg/ha (Maggio 2001), N=70 kg/ha (Giugno 2001)	/	/	/	/
	N=24 kg/ha (Maggio 2001), N=70 kg/ha (Giugno 2001)	/	/	/	/
Wenhui Zhong et al. (2009)	/	/	/	/	/
	N=120 kg/ha yr (urea)	/	/	/	/
	/	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = 60 kg/ha yr (calcio super-fosfato)	/	/	/
	/		K <sub>2</sub> O= 120 kg/ha yr (KCl)	/	/
	N=120 kg/ha yr (urea)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = 60 kg/ha yr (calcio super-fosfato)	/	/	/
	N=120 kg/ha yr (urea)		K <sub>2</sub> O= 120 kg/ha yr (KCl)	/	/
	N=120 kg/ha yr (urea)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = 60 kg/ha yr (calcio super-fosfato)	K <sub>2</sub> O= 120 kg/ha yr (KCl)	/	/
				letame=2,000 kg/ha yr	/

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	N=120 kg/ha yr (urea)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = 60 kg/ha yr (calcio super-fosfato)	K <sub>2</sub> O= 120 kg/ha yr (KCl)	letame=2.000 kg/ha yr	/
Ramirez Kelly S. et al. (2010)	/	/	/	/	/
	N=30 kg/ha yr	/	/	/	/
	N=60 kg/ha yr	/	/	/	/
	N=100 kg/ha yr	/	/	/	/
	N=160 kg/ha yr	/	/	/	/
	N=280 kg/ha yr	/	/	/	/
	N=500 kg/ha yr	/	/	/	/
	N=800 kg/ha yr	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	N=34 kg/ha yr	/	/	/	/
	N=67 kg/ha yr	/	/	/	/
	N=101 kg/ha yr	/	/	/	/
	N=134 kg/ha yr	/	/	/	/
	N=168 kg/ha yr	/	/	/	/
	N=202 kg/ha yr	/	/	/	/
	N=246 kg/ha yr	/	/	/	/
	N=291 kg/ha yr	/	/	/	/
Changting Wang et al. (2010)	N=20 g/m2 come (NH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub>	/	/	/	/
	N=20 g/m2 come (NH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub>	/	/	/	/
	N=20 g/m2 come (NH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub>	/	/	/	/
	N=20 g/m2 come (NH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub>	/	/	/	/

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
KONG Wei-Dong et al. (2008)	/	/	/	/	/
	N=112,5 Kg/ha per mais e grano, N=13,5 kg/ha per soia	/	K=60 kg/ha per mais-grano-soia (come K <sub>2</sub> O)	/	/
		P=45,0 kg/ha per mais e grano, P=34,5 Kg/ha per soia (come P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	K=60 kg/ha per mais-grano-soia (come K <sub>2</sub> O)	/	/
	N=112,5 Kg/ha per mais e grano, N=13,5 kg/ha per soia	P=45,0 kg/ha per mais e grano, P=34,5 Kg/ha per soia (come P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		/	/
	N=112,5 Kg/ha per mais e grano, N=13,5 kg/ha per soia	P=45,0 kg/ha per mais e grano, P=34,5 Kg/ha per soia (come P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	K=60 kg/ha per mais-grano-soia (come K <sub>2</sub> O)	/	/
	N=112,5 Kg/ha per mais e grano, N=13,5 kg/ha per soia	P=45,0 kg/ha per mais e grano, P=34,5 Kg/ha per soia (come P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) x 2	K=60 kg/ha per mais-grano-soia (come K <sub>2</sub> O)	/	/
	N=112,5 Kg/ha per mais e grano, N=13,5 kg/ha per soia	P=45,0 kg/ha per mais e grano, P=34,5 Kg/ha per soia (come P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	K=60 kg/ha per mais-grano-soia (come K <sub>2</sub> O) *2	/	/
Yunfu Gu et al (2009)	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	N=55,2 kg/ha	/	/	/	/
	N=55,2 kg/ha	/	/	/	/
	N=55,2 kg/ha	P=13,2 kg/ha (come P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	/	/	/
	N=55,2 kg/ha	P=13,2 kg/ha (come P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	/	/	/
	N=55,2 kg/ha	P=13,2 kg/ha (come P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	K=31,5 Kg/ha (come K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	/	/
	N=55,2 kg/ha	P=13,2 kg/ha (come P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	K=31,5 Kg/ha (come K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	/	/



Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	N= 2g [CO(NH <sub>2</sub> )	P= 1g (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	K=1,5 (KCl)	/	/
	N= 2g [CO(NH <sub>2</sub> )	P= 1g (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	K=1,5 (KCl)	/	/
	N= 2g [CO(NH <sub>2</sub> )	P= 1g (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	K=1,5 (KCl)	/	/
	N= 2g [CO(NH <sub>2</sub> )	P= 1g (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	K=1,5 (KCl)	/	/
	N= 2g [CO(NH <sub>2</sub> )	P= 1g (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	K=1,5 (KCl)	/	/
	N= 2g [CO(NH <sub>2</sub> )	P= 1g (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	K=1,5 (KCl)	/	/
	N= 2g [CO(NH <sub>2</sub> )	P= 1g (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	K=1,5 (KCl)	/	/
	N= 2g [CO(NH <sub>2</sub> )	P= 1g (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	K=1,5 (KCl)	/	/
	N= 2g [CO(NH <sub>2</sub> )	P= 1g (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	K=1,5 (KCl)	/	/
WEI Dan et al. (2008)	/	/	/	/	/
				letame= 75 kg/ha	/
	N= 150 Kg/ha	P= 75 kg/ha (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	K= 75 Kg/ha		/
	N= 150 Kg/ha	P= 75 kg/ha (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	K= 75 Kg/ha	letame= 75 kg/ha	/
Zhong W.H., Cai Z.C. (2007)	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	N= 250 kg/ha (urea)	fertilizzazione basale con P	K=124 kg/ha (KCl); fertilizzazione basale con K	/	/
	N= 250 kg/ha (urea); fertilizzazione basale con N (83 kg/ha)	P= 273 kg/ha (calcio superfosfato); fertilizzazione basale con P	fertilizzazione basale con K	/	/
	fertilizzazione basale con N (83 kg/ha)	P= 273 kg/ha (calcio superfosfato); fertilizzazione basale con P	K=124 kg/ha (KCl); fertilizzazione basale con K	/	/
	fertilizzazione basale con N (83 kg/ha)	P= 273 kg/ha (calcio superfosfato); fertilizzazione basale con P	K=124 kg/ha (KCl); fertilizzazione basale con K,	/	/
Ros M. et al. (2006)	/	/	/	/	/
	N= 80 kg/ha (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> )	/	/	N= 80 kg/ha (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> )	/
	/	/	/	N=175 Kg/ha da compost	/

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	/	/	/	N=175 Kg/ha da compost	/
	/	/	/	N=175 Kg/ha da compost	/
	/	/	/	N=175 Kg/ha da compost	/
	N= 80 kg/ha (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> )	/	/	N=175 Kg/ha da compost	/
	N= 80 kg/ha (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> )	/	/	N=175 Kg/ha da compost	/
	N= 80 kg/ha (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> )	/	/	N=175 Kg/ha da compost	/
	N= 80 kg/ha (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> )	/	/	N=175 Kg/ha da compost	/
Qiufang Xu et al. (2008)	/	/	/	/	/
	N= 350-600 kg/ha	P= 80-120 kg/ha	K= 150-200 Kg/ha	/	/
	N= 350-600 kg/ha	P= 80-120 kg/ha	K= 150-200 Kg/ha	/	/
Huaiying Yao (2006)	/	/	/	/	/
	N= 150 Kg/ha yr	fertilizzazione con P	fertilizzazione con K	/	/
	N= 150 Kg/ha yr	fertilizzazione con P	fertilizzazione con K	/	/
	N= 150 Kg/ha yr	fertilizzazione con P	fertilizzazione con K	/	/
	N= 150 Kg/ha yr	fertilizzazione con P	fertilizzazione con K	/	/
	N= 150 Kg/ha yr	fertilizzazione con P	fertilizzazione con K	/	/
	N= 150 Kg/ha yr	fertilizzazione con P	fertilizzazione con K	/	/
	N= 150 Kg/ha yr	fertilizzazione con P	fertilizzazione con K	/	/
	N= 150 Kg/ha yr	fertilizzazione con P	fertilizzazione con K	/	/
	N= 150 Kg/ha yr	fertilizzazione con P	fertilizzazione con K	/	/
	N= 150 Kg/ha yr	fertilizzazione con P	fertilizzazione con K	/	/
Bossio A. et al. (2005)	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	/	/	/	/	/
	/	P= 75 kg/ha (triplo super-fosfato)	K= 75 kg/ha (potassio cloride)	/	/
	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	/	P= 75 kg/ha (triplo super-fosfato)	K= 75 kg/ha (potassio cloride)	/	/
	/	P= 75 kg/ha (triplo super-fosfato)	K= 75 kg/ha (potassio cloride)	/	/
	/	P= 75 kg/ha (triplo super-fosfato)	K= 75 kg/ha (potassio cloride)	/	/
	/	P= 75 kg/ha (triplo super-fosfato)	K= 75 kg/ha (potassio cloride)	/	/
	/	P= 75 kg/ha (triplo super-fosfato)	K= 75 kg/ha (potassio cloride)	/	/
Dong Xue-Huaiying, Yao-Changyong Huang (2006)	/	/	/	/	/
	N= 450 Kg/ha yr	/	/	/	/
	N= 450 Kg/ha yr	/	/	/	/
	N= 450 Kg/ha yr	/	/	/	/
	N= 450 Kg/ha yr	/	/	/	/
Pengthamkeerati P. et al. (2011)	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	N=496 mg/Kg	/	/	letame	/
	N=496 mg/Kg	/	/	letame	/
	/	/	/	/	/

<b>Riferimenti</b>	<b>Tasso fertilizzazione (N)</b>	<b>Tasso fertilizzazione (P)</b>	<b>Tasso fertilizzazione (K)</b>	<b>Tasso fertilizzazione organica</b>	<b>Pesticidi ed altri fertilizzanti</b>
	/	/	/	/	/
	N=496 mg/Kg	/	/	letame	/
	N=496 mg/Kg	/	/	letame	/
	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	N=496 mg/Kg	/	/	letame	/
	N=496 mg/Kg	/	/	letame	/
<b>Riferimenti</b>	<b>Tasso fertilizzazione (N)</b>	<b>Tasso fertilizzazione (P)</b>	<b>Tasso fertilizzazione (K)</b>	<b>Tasso fertilizzazione organica</b>	<b>Pesticidi ed altri fertilizzanti</b>
	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	N=496 mg/Kg	/	/	letame	/
	N=496 mg/Kg	/	/	letame	/
	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	N=496 mg/Kg	/	/	letame	/
	N=496 mg/Kg	/	/	letame	/
	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	N=496 mg/Kg	/	/	letame	/
	N=496 mg/Kg	/	/	letame	/
	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	N=496 mg/Kg	/	/	letame	/

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	N=496 mg/Kg	/	/	letame	/
	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	N=496 mg/Kg	/	/	letame	/
	N=496 mg/Kg	/	/	letame	/
Nsabimana D. et al. (2003)	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	/	P= 100 Kg/ha			
	/	P= 100 Kg/ha	/	/	/
	/	P= 27,5 Kg/ha			
	/	P= 27,5 Kg/ha	/	/	/
	/	P= 75 Kg/ha			
	/	P= 75 Kg/ha	/	/	/
	/	P= 30 Kg/ha			
	/	P= 30 Kg/ha	/	/	/
	/	P= 12,5 Kg/ha			
	/	P= 12,5 Kg/ha	/	/	/
	/	P= 150 Kg/ha			
	/	P= 150 Kg/ha	/	/	/
Lupwayi Newton Z. et al. (2010)	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	N= 50-60 kg/ha (grano,orzo,canola); N= 150 kg/ha (mais)	/	/	/	/



Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	N= 50-60 kg/ha (grano,orzo,canola); N= 150 kg/ha (mais)	/	/	/	/
	N= 50-60 kg/ha (grano,orzo,canola); N= 150 kg/ha (mais)	/	/	/	/
	N= 50-60 kg/ha (grano,orzo,canola); N= 150 kg/ha (mais)	/	/	/	/
	N= 50-60 kg/ha (grano,orzo,canola); N= 150 kg/ha (mais)	/	/	/	/
	N= 50-60 kg/ha (grano,orzo,canola); N= 150 kg/ha (mais)	/	/	/	/
	N= 50-60 kg/ha (grano,orzo,canola); N= 150 kg/ha (mais)	/	/	/	/
	N= 50-60 kg/ha (grano,orzo,canola); N= 150 kg/ha (mais)	/	/	/	/
Zhan Chen et al. (2009)	N= 0,428 g/kg (urea)	/	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = 0,247 g/kg	/	CaHPO <sub>4</sub> x 2H <sub>2</sub> O= 0,323 g/kg
	N= 0,428 g/kg (urea)	/	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = 0,247 g/kg	/	CaHPO <sub>4</sub> x 2H <sub>2</sub> O= 0,323 g/kg
	N= 0,428 g/kg (urea)	/	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = 0,247 g/kg	/	CaHPO <sub>4</sub> x 2H <sub>2</sub> O= 0,323 g/kg
	N= 0,428 g/kg (urea)	/	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = 0,247 g/kg	/	CaHPO <sub>4</sub> x 2H <sub>2</sub> O= 0,323 g/kg
	N= 0,428 g/kg (urea)	/	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = 0,247 g/kg	/	CaHPO <sub>4</sub> x 2H <sub>2</sub> O= 0,323 g/kg
	N= 0,428 g/kg (urea)	/	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = 0,247 g/kg	/	CaHPO <sub>4</sub> x 2H <sub>2</sub> O= 0,323 g/kg
Naili Zhang et al. (2008)	/	/	/	/	/
	N= 1 g/m <sup>2</sup> yr	/	/	/	/
	N= 2 g/m <sup>2</sup> yr	/	/	/	/
	N= 4 g/m <sup>2</sup> yr	/	/	/	/
	N= 8 g/m <sup>2</sup> yr	/	/	/	/

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	N= 16 g/m2 yr	/	/	/	/
	N= 32 g/m2 yr	/	/	/	/
	N= 64 g/m2 yr	/	/	/	/
Lagomarsino Alessandra et al. (2011)	N= 50 kg/ha	P= 25 kg/ha (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	K= 50 kg/ha (K <sub>2</sub> O)	/	/
	N= 40 kg/ha	P= 50 kg/ha (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	K= 50 kg/ha (K <sub>2</sub> O)	/	/
	N=50 kg/ha	P=90 kg/ha (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		/	/
	N=50 kg/ha	P= 90 kg/ha (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		/	/
	/	/	/	/	/
LIU Ming et al. (2011)	/	P= 397 kg/ha	K= 316 kg/ha yr	/	/
	N= 414 kg/ha yr (urea) x 0,5	P= 397 kg/ha	K= 316 kg/ha yr	/	/
	N= 414 kg/ha yr (urea) x 1	P= 397 kg/ha	K= 316 kg/ha yr	/	/
	N= 414 kg/ha yr (urea) x 1.5	P= 397 kg/ha	K= 316 kg/ha yr	/	/
	N= 414 kg/ha yr (urea) x 2	P= 397 kg/ha	K= 316 kg/ha yr	/	/
Dalmonech D. et al. (2010)	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	N=10 kg/ha yr	/	/	/	/
	N= 25 kg/ha yr	/	/	/	/
	N=50 kg/ha yr	/	/	/	/
	N=75 kg/ha yr	/	/	/	/
Sarathchandra Upali et al. (2005)	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	/	/	/	/	/
	/	/	/	letame=100.000 l/ha yr	/
	/	/	/	letame=100.000 l/ha yr	/
	/	/	/	letame=100.000 l/ha yr	/
	/	/	/	letame=200.000 l/ha yr	/
	/	/	/	letame=200.000 l/ha yr	/
	/	/	/	letame=200.000 l/ha yr	/
	/	/	/	letame=300.000 l/ha yr	/
	/	/	/	letame=300.000 l/ha yr	/
	/	/	/	letame=300.000 l/ha yr	/
Lupwayi N. Z. et al. (2010)	N= 110 kg/ha yr (canola); N= 78,5 kg/ha yr (orzo)	P= 25,5 kg/ha yr (canola); P= 13 kg/ha (orzo)	K= 15 kg/ha yr (canola)	/	glufosinato di NH <sub>4</sub> =500 g, Clethodim= 30 g ai/ha yr (canola); Tralcozzidim= 200 g, Bromoxynil + MCPA= 560 g ai ha/yr (orzo); applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr
	N= (110 kg/ha yr)/2 (canola); N= (78,5 kg/ha yr)/2 (orzo)	P= (25,5 kg/ha yr)/2 (canola); P=(13 kg/ha yr)/2 (orzo)	K= (15 kg/ha yr)/2 (canola)	/	glufosinato di NH <sub>4</sub> =500 g, Clethodim= 30 g ai ha/yr (canola); Tralcozzidim= 200 g, Bromoxynil + MCPA= 560 g ai ha/yr (orzo); applicazione base di glifosato=0,45 kg ai ha/yr
	/	/	/	/	glufosinato di NH <sub>4</sub> =500 g, Clethodim= 30 g ai/ha yr (canola); Tralcozzidim=200 g, Bromoxynil + MCPA= 560 g ai/ha yr (orzo); applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr
	N= 110 kg/ha yr (canola); N= 78,5 kg/ha yr (orzo)	P=25,5 kg/ha yr (canola); P= 13 kg/ha yr (orzo)	K= 15 kg/ha yr (canola)	/	(glufosinato di NH <sub>4</sub> =500 g, Clethodim= 30 g ai/ha yr)/2 (canola); (Tralcozzidim=200 g, Bromoxynil + MCPA= 560 g ai/ha yr)/2 (orzo); applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr
	N= 110 kg/ha yr (canola); N= 78,5 kg/ha yr (orzo)	P= 25,5 kg/ha yr (canola); P= 13 kg/ha yr (orzo)	K= 15 kg/ha yr (canola)	/	applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr
	N= (110 kg/ha yr)/2 (canola); N=78,5 kg/ha yr/2 (orzo)	P= (25,5 kg/ha yr)/2 (canola); P= (13 kg/ha yr)/2 (orzo)	K= (15 kg/ha yr)/2 (canola)	/	applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	N= 110 kg/ha yr (canola); N=78,5 kg/ha yr (orzo)	P= 25,5 kg/ha yr (canola)	K= 15 kg/ha yr (canola)	/	applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr
	/	/	/	/	applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr; (glufosinato di NH <sub>4</sub> =500 g, Clethodim= 30 g ai/ha yr)/2 (canola); Tralocossidim=200 g, Bromoxynil + MCPA= 560 g ai/ha yr/2 (orzo)
	/	/	/	/	applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr; glufosinato di NH <sub>4</sub> =500 g, Clethodim= 30 g ai/ha yr (canola); Tralocossidim=200 g, Bromoxynil + MCPA= 560 g ai/ha yr (orzo)
	N=110 kg/ha yr (canola); N= 78,5 kg/ha yr (orzo)	P= 25,5 kg/ha yr (canola); P= 13 kg/ha yr (orzo);	K= 15 kg/ha yr (canola)	/	glufosinato di NH <sub>4</sub> =500 g, Clethodim= 30 g ai/ha yr (canola); Tralocossidim=200 g, Bromoxynil + MCPA= 560 g ai/ha yr (orzo); applicazione base di glifosato= 0,45 kg ai/ha yr
	/	/	/	/	glufosinato di NH <sub>4</sub> =500 g, Clethodim= 30 g ai/ha yr (canola); Tralocossidim=200 g, Bromoxynil + MCPA= 560 g ai/ha yr (orzo); applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr
	N= 110 kg/ha yr (canola); N= 78,5 kg/ha yr (orzo)	P= 25,5 kg/ha yr (canola); P= 13 kg/ha yr (orzo)	K= 15 kg/ha yr (canola)	/	(glufosinato di NH <sub>4</sub> =500 g, Clethodim= 30 g ai/ha yr)/2 (canola); (Tralocossidim=200 g, Bromoxynil + MCPA= 560 g ai/ha yr)/2 (orzo); applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr
	N= 110 kg/ha yr (canola); N= 78,5 kg/ha yr (orzo);	P= 25,5 kg/ha yr (canola); P= 13 kg/ha yr (orzo)	K= 15 kg/ha yr (canola)	/	applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr
				/	applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr
	N= (110 kg/ha yr)/2 (canola); N= (78,5 kg/ha yr)/2 (orzo)	P= (25,5 kg/ha yr)/2 (canola); P= (13 kg/ha yr)/2 (orzo)	K= (15 kg/ha yr)/2 (canola)	/	applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr
	N= 110 kg/ha yr (canola); N= 78,5 kg/ha yr (orzo)	applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr; (N= 110 kg, P= 25,5 kg, K= 15 kg, S= 7,5 kg)/ha yr (canola); (N= 78,5 kg, P= 13 kg)/ha yr (orzo)	K= 15 kg/ha yr (canola)	/	applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr
	/	/	/	/	applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr; (glufosinato di NH <sub>4</sub> =500 g, Clethodim= 30 g ai/ha yr)/2 (canola); Tralocossidim=200 g, Bromoxynil

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	/	/	/	/	applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr; glufosinato di NH <sub>4</sub> =500 g, Clethodim= 30 g ai/ha yr
	N= 110 kg/ha yr (canola); N= 78,5 kg/ha yr (orzo)	P=25,5 kg/ha yr (canola); P= 13 kg/ha yr (orzo)	K= 15 kg/ha yr (canola)	/	glufosinato di NH <sub>4</sub> =500 g, Clethodim= 30 g ai/ha yr (canola); Tralcozzidim=200 g, Bromoxynil + MCPA= 560 g ai/ha yr (orzo); applicazione base di glifosato= 0,45 kg ai/ha yr
	N= (110 kg/ha yr)/2 (canola); N= (78,5 kg/ha yr)/2 (orzo);	P= (25,5 kg/ha yr)/2 (canola); P= (13 kg/ha yr)/2 (orzo)	K= (15 kg/ha yr)/2 (canola)	/	glufosinato di NH <sub>4</sub> =500 g, Clethodim= 30 g ai/ha yr (canola); Tralcozzidim=200 g, Bromoxynil + MCPA= 560 g ai/ha yr (orzo); applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr
				/	glufosinato di NH <sub>4</sub> =500 g, Clethodim= 30 g ai/ha yr (canola); Tralcozzidim=200 g, Bromoxynil + MCPA= 560 g ai/ha yr (orzo); applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr
	N=110 kg/ha yr (canola); N= 78,5 kg/ha yr (orzo)	P= 25,5 kg/ha yr (canola); P= 13 kg/ ha yr (orzo)	K= 15 kg/ha yr (canola)	/	(glufosinato di NH <sub>4</sub> =500 g, Clethodim= 30 g ai/ha yr)/2 (canola); (Tralcozzidim=200 g, Bromoxynil + MCPA= 560 g ai/ha yr)/2 (orzo); applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr
	N= 110 kg/ha yr (canola); N= 78,5 kg/ha yr (orzo)	P= 25,5 kg/ha yr (canola); P= 13 kg/ ha yr (orzo)	K= 15 kg/ha yr (canola)	/	applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr
	N= (110 kg/ha yr)/2 (canola); N= (78,5 kg/ha yr)/2 (orzo)	P= (25,5 kg/ha yr)/2 (canola); P= (13 kg)/ha yr)/2 (orzo)	K= (15 kg/ha yr)/2 (canola)	/	applicazione base di glifosato 0,45 kg ai/ha yr
	N= 110 kg/ha yr (canola); N= 78,5 kg/ha yr (orzo)	P= 25,5 kg/ha yr (canola); P= 13 kg)/ha yr)/2 (orzo)	K= 15 kg/ha yr (canola)	/	applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr
	/	/	/	/	applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr; (glufosinato di NH <sub>4</sub> =500 g, Clethodim= 30 g ai/ha yr)/2 (canola); Tralcozzidim=200 g, Bromoxynil + MCPA= 560 g
	/	/	/	/	applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr; (glufosinato di NH <sub>4</sub> =500 g, Clethodim= 30 g ai/ha yr)/2 (canola); Tralcozzidim=200 g, Bromoxynil + MCPA= 560 g ai/ha yr/2 (orzo)
	/	/	/	/	applicazione base di glifosato=0,45 kg ai/ha yr; glufosinato di NH <sub>4</sub> =500 g, Clethodim= 30 g ai/ha yr (canola); Tralcozzidim=200 g, Bromoxynil

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
Canali Stefano et al. (2004)	N= 160 kg/ha yr	/	/	/	/
	N= 160 kg/ha yr	/	/	/	/
	N= 160 kg/ha yr	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
Wang G.H. et al. (2007)	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	N=127.5 kg/ha	P=20 kg/ha	K=60 kg/ha	letame di fattoria=3000 kg/ha	
Qu X.H., Wang J.G. (2007)	/	/	/	/	PEDT= 0 mg/g
	/	/	/	/	PEDT=0,02 mg/g
	/	/	/	/	PEDT=0,2 mg/g
	/	/	/	/	PEDT=2,0 mg/g
	/	/	/	/	VA=0 mg/g
	/	/	/	/	VA=0,05 mg/g
	/	/	/	/	VA=0,1 mg/g
	/	/	/	/	VA=0,2 mg/g
Lupwayi Newton Z. et al. (2011)	/	/	/	/	/
	N=48 kg/ha (urea), N=32 kg/ha (ammonio nitrato)	P=17,5 kg/ha (triplo superfosfato)	/	/	/
	N=48 kg/ha (urea), N=112 kg/ha (ammonio nitrato)	P=35 kg/ha (triplo superfosfato)	/	/	/
	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	N=48 kg/ha (urea), N=32 kg/ha (ammonio nitrato)	P=17,5 kg/ha (triplo superfosfato)	/	/	/
	N=48 kg/ha (urea), N=112 kg/ha (ammonio nitrato)	P=35 kg/ha (triplo superfosfato)	/	/	/
	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	N=48 kg/ha (urea), N=32 kg/ha (ammonio nitrato)	P=17,5 kg/ha (triplo superfosfato)	/	/	/
	N=48 kg/ha (urea), N=112 kg/ha (ammonio nitrato)	P=35 kg/ha (triplo superfosfato)	/	/	/
	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	N=48 kg/ha (urea), N=32 kg/ha (ammonio nitrato)	P=17,5 kg/ha (triplo superfosfato)	/	/	/
	N=48 kg/ha (urea), N=112 kg/ha (ammonio nitrato)	P=35 kg/ha (triplo superfosfato)	/	/	/
	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
Ajay Naira, Mathieu Ngouajio (2012)	N=2,6 %	P= 0,80 %	K=2,5 %	compost=25 t/ha	/
	N=2,6 %	P= 0,80 %	K=2,5 %	compost=25 t/ha	/
	/	/	/	/	/
	N=2,6 %	P= 0,80 %	K=2,5 %	compost=25 t/ha	/
	/	/	/	/	/
	N=2,6 %	P= 0,80 %	K=2,5 %	compost=25 t/ha	/
	/	/	/	/	/
	N=2,6 %	P= 0,80 %	K=2,5 %	compost=25 t/ha	/

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	/	/	/	/	/
	N=2,6 %	P= 0,80 %	K=2,5 %	compost=25 t/ha	/
	/	/	/	/	/
Sarathchandraa S.U. et al. (2000)	/	/	/	/	/
	N= 200 kg/ha yr	/	/	/	/
	N= 400 kg/ha yr	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	/	P= 30 kg/ha yr	/	/	/
	/	P= 50 kg/ha yr	/	/	/
	/	P= 100 kg/ha yr	/	/	/
Lupwayi N. Z. et al. (2003)	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	glifosato=900 g ai/ha
	/	/	/	/	ammonio glufosinato=500 g ai/ha
	/	/	/	/	ammonio glufosinato=500 g ai/ha
	/	/	/	/	Sethoxydim =200 g ai/ha
	/	/	/	/	Metribuzin=210 g ai/ha
	/	/	/	/	ammonio glufosinato=500 g ai/ha
	/	/	/	/	Triasulfuron= 10 g ai/ha
	/	/	/	/	glifosato=900 g ai/ha
	/	/	/	/	ammonio glufosinato=500 g ai/ha
	/	/	/	/	Sethoxydim =200 g ai/ha
	/	/	/	/	Metribuzin=210 g ai/ha

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	/	/	/	/	ammonio glufosinato=500 g ai/ha
	/	/	/	/	Triasulfuron= 10 g ai/ha
Lupwayi N. Z. et al. (2005)	/	/	/	letame di bestiame= 17 t/ha	/
	/	/	/	letame di maiale= 45 m <sup>3</sup> /ha	/
	N= 39 kg/ha (urea), N= 12 kg/ha (ammonio P)	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	/	/	/	letame di bestiame= 30 t/ha	/
	/	/	/	letame di maiale= 26 m <sup>3</sup> /ha	/
	N= 62 kg/ha (urea)	/	KCl= 60 kg/ha		/
	/	/	/	/	/
	/	/	/	letame di bestiame= 30 t/ha	/
	/	/	/	letame di maiale= 26 m <sup>3</sup> /ha	/
	N= 62 kg/ha (urea)	/	KCl= 60 kg/ha	/	/
	/	/	/	/	/
	/	/	/	letame di bestiame= 52 t/ha	/
	/	/	/	letame di maiale=57 m <sup>3</sup> /ha	/
	N= 87 kg/ha (urea), N= 12 kg/ha (ammonio fosfato)	/	/	/	/
	/	/	/	/	/
	/	/	/	letame di bestiame= 43 t/ha	/
	/	/	/	letame di maiale=35 m <sup>3</sup> /ha	/
	N= 65 kg/ha (urea)	/	KCl= 60 kg/ha	/	/
	/	/	/	/	/

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	/	/	/	letame di bestiame= 43 t/ha	/
	/	/	/	letame di maiale=35 m <sup>3</sup> /ha	/
	N= 65 kg/ha (urea)	/	KCl= 60 kg/ha	/	/
	/	/	/	/	/
Lupwayi N. Z. et al. (2001)	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-P)	/	/	/
		/	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-P)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-P)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	/	/	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-P)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-P)	/	/	/
	/	/	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	/	/	/	/	/

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-P)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-P)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-P)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	/	/	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-P)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-fosfato)	/	/	/
	N=100 kg/ha (urea)	P= 20 kg/ha (MAP-mono-ammonio-P)	/	/	/
Song Y. N. et al. (2006)	N=225 kg/ha yr	P=40 kg/ha yr	/	/	/
	N=225 kg/ha yr	P=40 kg/ha yr	/	/	/

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	N=225 kg/ha yr	P=40 kg/ha yr	/	/	/
	N=225 kg/ha yr	P=40 kg/ha yr	/	/	/
	N=225 kg/ha yr	P=40 kg/ha yr	/	/	/
	N=225 kg/ha yr	P=40 kg/ha yr	/	/	/
	N=225 kg/ha yr	P=40 kg/ha yr	/	/	/
	N=225 kg/ha yr	P=40 kg/ha yr	/	/	/
	N=225 kg/ha yr	P=40 kg/ha yr	/	/	/
	N=225 kg/ha yr	P=40 kg/ha yr	/	/	/
	N=225 kg/ha yr	P=40 kg/ha yr	/	/	/
	N=225 kg/ha yr	P=40 kg/ha yr	/	/	/
	N=225 kg/ha yr	P=40 kg/ha yr	/	/	/
	N=225 kg/ha yr	P=40 kg/ha yr	/	/	/
	N=225 kg/ha yr	P=40 kg/ha yr	/	/	/
	N=225 kg/ha yr	P=40 kg/ha yr	/	/	/
	N=225 kg/ha yr	P=40 kg/ha yr	/	/	/
	N=225 kg/ha yr	P=40 kg/ha yr	/	/	/
	N=225 kg/ha yr	P=40 kg/ha yr	/	/	/
Nakhro N. et al. (2010)	/	/	/	/	/
	/	P=262 g/plot	/	928 kg/plot	/
	N=250 g/plot	/	/	/	/
Venecio U. Ultra et al. (2012)	/	/	/	/	/
	N=210 kg/ha	P= 70 kg/ha	K= 70 kg/ha	Letame= 500 kg	/
	/	/	/	/	/
Mijangos et al. 2005	/	/	/	/	/

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	N=n 150 kg/ha	P= 50 kg/ha	K= 180 kg/ha	/	/
	/	/	/	Letame= 150 kg/ha	/
Sabahi et al. (2010)	/	/	/	/	/
	N= 50 kg/ha	/	/	/	/
	N= 100 kg/ha	/	/	/	/
	N = 150 kg/ha	/	/	/	/
	N = 100 kg/ha	/	/	Letame=14.6 ton/ha	/
	N= 50 kg/ha	/	/	Letame=28.6 ton/ha	/
	N= 150 kg/ha	/	/	Letame=43 ton/ha	/
Khosro Mohammadi (2011)	/	/	/		/
	/	/	/	Letame=20 ton/ha	/
	/	/	/	Compost= 10 ton/ha	/
	N= 250 kg/ha	P= 100kg/ha	/	/	/
Lazcano C. et al. (2012)	N= 80 kg/ha	P= 24 kg/ha	K= 20 kg/ha	/	/
	/	P= 24 kg/h	K= 20 kg/ha	N= 80 kg/ha da compost	/
Thirukkumuran C.H. et al. (2000)	/	/	/	/	/
	N= 188 kg/ha	P= 94 kg/ha	/	/	/
	N= 300 kg/ha	P= 150 kg/ha	/	/	/
Insam H. et al. (2009)	/	/	/	/	/
	N= 180 kg/ha	/	/	Letame= 96 ton/ha	/
Quintern M. et al. (2006)	/	/	/	/	/
	/	/	/	N= 125 kg/ha da compost	/

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
	N= 165 kg/ha	/	/	/	/
Zaller J. G. et al. (2004)	/	/	/	/	/
	/	/	/	Letame= 1.5 Mg/ha	/
Garcia-Gil J.C. et al. (2003)	/	/	/	/	/
	/	/	/	Compost= 20 ton/ha	/
	/	/	/	Compost=80 ton/ha	/
	/	/	/	Letame= 20 ton/ha	/
Cheng Hu et al. (2007)	/	/	/	/	/
	N=300 kg/ha	P= 750 kg/ha	/	/	/
	/	/	/	Compost=15 ton/ha	/
	/	/	/	Compost=7.5 ton/ha	/
Lu-Jun Li et al. (2010)	/	/	/	/	/
	N=20g/m <sup>2</sup>	P= 4.4 g/m <sup>2</sup>	/	/	/
Hopkins D.W. et al. (1996)	/	/	/	/	/
	N= 36 kg/ha	P= 26 kg/ha	/	/	/
	/	/	/	Letame= 20 ton/ha	/
	/	/	/	Letame= 20 ton/ha	/
Leita L. et al. (1999)	/	/	/	/	/
	N= 100kg/ha	P= 75 kg/ha	/	/	/
	N= 200kg/ha	P= 150 kg/ha	/	/	/
	/	/	/	N= 500 kg/ha da letame	/
	/	/	/	N= 500 kg/ha da urea+letame	/

Riferimenti	Tasso fertilizzazione (N)	Tasso fertilizzazione (P)	Tasso fertilizzazione (K)	Tasso fertilizzazione organica	Pesticidi ed altri fertilizzanti
Wang Q.K et al. (2008)	/	/	/	/	/
	N= 100 kg/ha	/	/	/	/
	N= 200 kg/ha	/	/	/	/
Aparecida S. et al. (2005)	/	/	/	/	/
	N= 632 kg/ha	/	/	/	/
	/	/	/	Letame= 5315 kg/ha	/
	/	/	/	Letame= 10631 kg/ha	/

**Figura 4. \* valore non riportato**

