

Miglioramento della biofertilità del suolo tramite la tradizione e l'innovazione

Riassunto

Oggi c'è un'impellente necessità di conoscere i meccanismi che regolano la funzionalità ecologica dell'ecosistema suolo e la sua risposta alle pratiche esterne. In questa relazione si presenta una metodologia rivolta ad ampliare le conoscenze sulla fertilità biologica (biofertilità) del terreno e il ruolo della sostanza organica. Si è individuata una strategia per la conservazione della fertilità dei terreni agrari e della loro produttività. L'applicazione e l'efficacia di tale strategia si controlla con opportuni marcatori biochimici che riflettono l'attività microbica e il metabolismo basale del terreno. Le pratiche di recupero dei suoli degradati sono di tipo naturale, a basso costo e destinate soprattutto ai suoli soggetti a desertificazione per condizioni climatiche e per interventi antropici.

Abstract

There is a growing interest in expanding knowledge in mechanisms regulating both soil ecological functionality in relation to the external practices. In this report we show a methodology turned to wide knowledge about the biological fertility of soils and the role of the organic matter. It has been proposed a strategy for the preservation of the fertility and productivity in agricultural soils. The application and efficiency of this strategy may be controlled through suitable biochemical markers which reflect microbial activity and basal metabolism in soil. The practices suggested to recover degraded soils are natural, low-cost, and applicable mainly in soils exposed to serious risks of desertification due to climate and anthropic impact.

Introduzione

La Fertilità biologica e la sostanza organica

Un elemento chiave della fertilità biologica è l'attività dei microrganismi del suolo che esercitano un'azione diretta mediante l'attivazione dei processi metabolici, ed un'azione indiretta mediante gli enzimi che rilasciano nell'ambiente circostante e che catalizzano le reazioni di degradazione e mineralizzazione della sostanza organica. Il turnover della sostanza organica mantiene attivo il ciclo degli elementi nutritivi per le piante e garantisce un microambiente ottimale per i microrganismi stessi. La sostanza organica svolge un ruolo fondamentale nella regolazione e nell'armonizzazione dei fattori chimico-fisici e biologici del terreno, favorendo la ritenzione di acqua e la conservazione fisica dell'agro-ecosistema rendendolo "resiliente" ed "elastico".

Ogni ambiente naturale è in grado di esprimere la sua funzione ecologica e produttiva solo in condizioni di equilibrio e di stabilità bio-fisica dell'agro-ecosistema, condizioni che si verificano quando si attivano i processi lenti di degradazione della sostanza organica, con liberazione graduale di nutrienti (P, Mg, Ca, S, K) e si innescano i processi microbici di umificazione. In questo caso si chiude il ciclo naturale di trasformazione dei residui animali e vegetali nel terreno.

Indicatori di fertilità biologica

Sono stati individuati opportuni parametri in-



dicatori che quantificano la biomassa microbica del suolo e la sua attività.

Si possono elencare due gruppi di parametri:

1. parametri che misurano direttamente l'attività dei microrganismi (ATP, CO₂, enzima deidrogenasi, indice del potenziale metabolico) (*Parametri generali*),

2. enzimi che catalizzano reazioni metaboliche agendo su specifici substrati (*Parametri specifici*).

Gli enzimi considerati biomarcatori, sono costituiti principalmente da un gruppo di idrolasi (ureasi, proteasi, fosfatasi e glucosidasi, aril-solfatasi), che sono coinvolte nei cicli degli elementi nutritivi (C, N, P e S). Tali enzimi sono presenti in forma attiva associati a cellule microbiche e ai colloidi minerali e organici del terreno (enzimi extra-cellulari).

I "marcatori" enzimatici, al contrario dei microrganismi, richiedono metodi di determinazione più semplici e meno costosi; inoltre, gli enzimi sono meno sensibili dei microrganismi a variazioni microambientali (clima, umidità, salinità, ecc.) ma, al tempo stesso, riflettono un'evoluzione microbiologica in atto.

Pratiche tradizionali di conservazione del suolo e della sua fertilità

Maggese. È un antichissimo sistema di preparazione del terreno per accogliere i seminativi praticato per secoli soprattutto nelle regioni semi-aride del Mediterraneo, ma anche nelle pianure europee, fino all'affermazione dell'agricoltura intensiva ad avvicendamento continuo. I campi che la rotazione per uno o due anni non destinava a coltivazione, erano arati da tre a otto volte tra fine inverno e novembre per consentire ai suoli di rigenerarsi all'azione dell'aria, delle piogge, dei batteri. Venivano introdotte delle foraggiere in rotazione a partire dal XVII-XVIII secolo nelle aree più avanzate (Paesi bassi, Fiandre, Norfolk inglese, pianura lombarda). Scomparso dalle campagne dell'Europa occidentale, il maggese si è mantenuto nell'area mediterranea e in altre regioni.

Pacciamatura (Mulching). Questa tecnica consiste nel ricoprire la superficie del terreno con materiale organico (vegetale) e/o inorganico. Come molte tecniche agronomiche, nasce dall'imitazione della natura; le foglie degli alberi, una volta cadute, si accumulano al piede e impediscono ad altre piante di crescere e mantengono in salute l'albero.

La pacciamatura ha i seguenti vantaggi: 1) controlla le infestanti, 2) evita gli sbalzi termici favorendo una migliore radicazione e quindi un maggior benessere delle piante (soprattutto per proteggere i germogli o i bulbi dal gelo), 3) mantiene costante l'umidità permettendo un risparmio idrico (soprattutto nelle zone secche) e minor stress per le piante, 4) migliora la tessitura del suolo e concima (in caso di pacciamature con resti vegetali).

Il Sovescio. È una tecnica semplice, ecologica e poco costosa. Si tratta di coltivare un terreno con piante ad alto contenuto organico, che possono essere interrate in loco. La materia organica di queste piante migliora la struttura fisica del terreno ed incrementa il contenuto di nutrienti azotati. Infatti, queste piante hanno la capacità di assorbire grandi quantità di azoto dal terreno, spesso nelle loro radici, e poi rilasciarlo lentamente durante la loro decomposizione. A questo scopo sono particolarmente adatte le leguminose azotofissatrici. Alcuni dati di letteratura mostrano che i sistemi convenzionali, che fanno uso di alte dosi di pesticidi e fertilizzanti chimici azotati, sono responsabili di perdita di nitrato nelle acque, mentre i sistemi tradizionali che utilizzano piante azotofissatrici, a parità di rese agrarie, non provocano danni ambientali.

Effetti dell'agricoltura moderna

- *Agricoltura intensiva:* usa ingenti quantità di pesticidi e fertilizzanti chimici di sintesi, prodotti utilizzando energia derivante dal petrolio. Basti pensare che per reintegrare la fertilità di un ettaro di terreno coltivato si consumano ogni anno circa 50 litri di petrolio. Il nostro cibo è costituito prevalentemente da petrolio, poiché ogni caloria che ci deriva dagli alimenti è prodotta utilizzando una caloria di combustibile fossile.

- Dal 1960 il tasso di applicazione dei fertilizzanti azotati è cresciuto di circa 7 volte e ha oggi raggiunto la cifra di 7x10⁷ tonnellate di azoto per anno. Questi alti input influenzano tutti gli ecosistemi terrestri e marini, poiché circa il 50% (e talvolta fino al 75%) del fertilizzante azotato è dilavato ed entra negli ecosistemi non agricoli.

- Gli ultimi 35 anni hanno portato a raddoppiare la produzione mondiale di grano, ma questo ha richiesto incrementi di 7 e 3,5 volte del tasso globale annuale di fertilizzazione azotata e fosfatica, ed il raddoppio delle terre irrigate".

Codice di Buona pratica agricola (CBPA, 1999)

I programmi di produzione secondo una buona pratica agricola sono studiati per affiancare alle pratiche di conservazione delle risorse naturali e delle produttività del suolo, da sempre adottate nei secoli passati, nuove strategie di difesa del suolo e delle produzioni. Due indirizzi scaturiscono dall'applicazione corretta delle CBPA:

- È necessario ricorrere ad altre forme di agricoltura che tengano in considerazione la produzione agronomica e preservino la qualità biologica e la funzionalità dell'ecosistema suolo
- Al momento esistono varie forme di agricoltura "ecocompatibile": le più radicali evitano in maniera assoluta l'impiego dei composti chimici di sintesi (agricoltura biologica); altre li ammettono ma in dosi minime (agricoltura integrata); altre ancora prevedono la graduazione degli input in funzione delle condizioni ambientali e colturali.

L'Agricoltura futura si dovrà basare su tradizione e innovazione. La vera sfida che ha di fronte l'agricoltura del terzo millennio – produrre cibo evitando gli effetti estremi dell'agricoltura intensiva – può essere vinta realizzando sistemi agrari e utilizzando tecnologie ad alta intensità di conoscenza di microbiologia ecologica, scienza del suolo, agronomia, e soprattutto della complessa rete di interazioni che regola il funzionamento degli ecosistemi. Gli obiettivi specifici sono: 1) risparmio idrico 2) ricorso limitato ad input energetici esterni (pesticidi e fertilizzanti di sintesi) da risultare non dannosi per l'uomo e l'ambiente 3) mantenimento della fertilità del suolo (prerogativa fondamentale) cioè mantenimento e/o incremento della produzione agronomica, del contenuto di humus e dell'attività biologica dell'ecosistema suolo. L'Obiettivo generale: favorire uno sviluppo economico "sostenibile" del settore, capace cioè, di non compromettere il "capitale" ambiente.

Casi Studio

Pacciamatura (Mulching organico) - Esperimento di campo con paglia e compost
Zona collinare umida (Wye College, Ashford, Kent- Inghilterra)
Suolo franco-sabbioso-argilloso
Coltura: mais (*Zea mays*)



Figura 1. Trattamenti *mulching*: Paglia e Compost; si sono usati anche film plastico di polietilene nero, nessuna aratura (no-tillage), concime minerale (NH_4NO_3), controllo (nessuna copertura).

I dati di figura 2 mostrano che i trattamenti producono un stress sulle proprietà biochimiche del terreno ad eccezione del non trattamento "no-tillage" e del trattamento mulch con paglia. I nutrienti azotati disponibili invece aumentano in presenza di compost e questo si riflette in una migliore resa agronomica. Quindi una buona resa agronomica non sempre è garanzia di un buon stato di conservazione della salute dell'ecosistema agrario.

Fertirrigazione

La fertirrigazione è una pratica di irrigazione che permette di fornire contemporaneamente sostanze nutritive contenute nelle acque reflue e sostanza organica stabilizzata in forma di sostanze umiche.

Vantaggi:

- garantisce al terreno un regolare apporto di nutrienti organici e minerali;



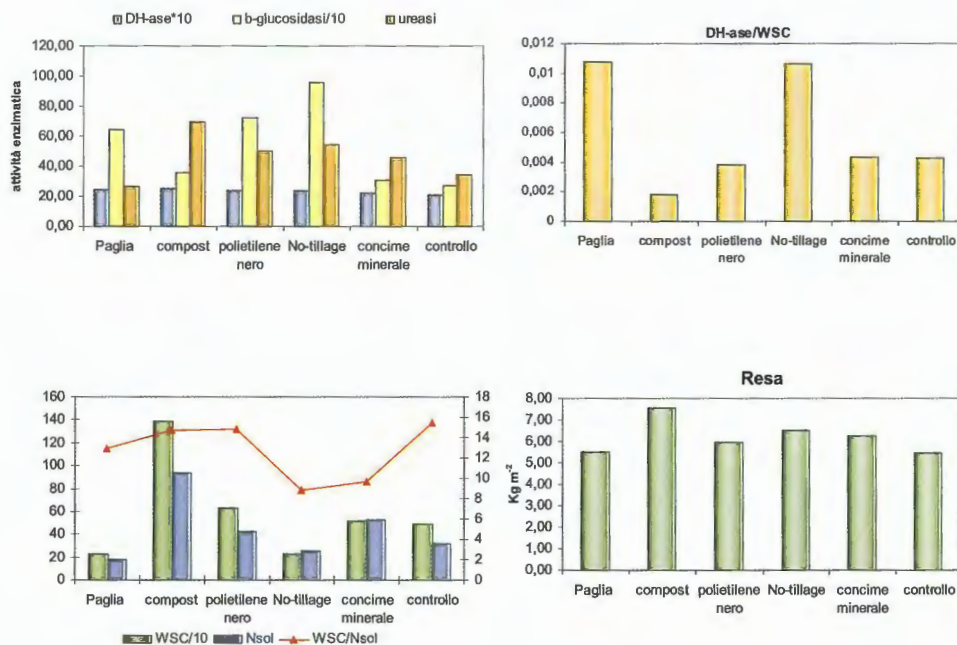


Figura 2. Parametri marcatori della qualità del terreno in funzione dei trattamenti.

WSC: carbonio organico idrosolubile; DH-ase: deidrogenasi; DH-ase/WSC: potenziale metabolico; N sol: nitrato+ammoniacale solubili.

- Permette il recupero dei nutrienti minerali contenuti nelle acque reflue;
- Favorisce il risparmio della risorsa idrica;
- Riduce l'utilizzo di fertilizzanti;
- Abbatte gli oneri dei trattamenti di depurazione terziaria (N e P);

Il sito della sperimentazione è localizzato sulla costa tirrenica, in Provincia di Livorno (Venturina, Centro Italia). Il suolo è franco-argilloso, debolmente salino. La coltura: melone (*Cucumis melo*).

Il sistema d'irrigazione del CNR-ISE si è inserito nei trattamenti irrigui convenzionali dell'azienda agraria, che usava una soluzione nutritiva a base di concimi minerali solubili e acque reflue

miscelate ad acqua di falda, 50% +50%. I trattamenti CNR-ISE sono stati:

- Controllo (irrigazione convenzionale dell'azienda agraria);
- Aggiunta diretta di sostanza umica alle acque irrigue con film plastico sotto radice (HS);
- Vermicompost sparso sulla superficie del terreno (mulch);
- Stesso vermicompost incorporato nel terreno (VC).

Le sostanze umiche erano estratte da un vermicompost proveniente da un impianto di lombricoltura (*Eisenia fetida*) alimentato con fanghi biologici civili, dopo trattamento e purificazione per renderle solubili in acqua. Lo stesso vermi-

Tabella 1. Rese produttive dei meloni (% della resa ottenuta nel settore di controllo).

Trattamenti (% di refluo su acqua di falda)	Controllo	Film plastico sotto-radice	Vermicompost mulch	Vermicompost interrato
<i>Sistema irriguo sperimentale di CNR-ISE</i>				
100%	100	84.0	75.0	91.0
50%	86.0	86.0	105	109
0%	86.0	95.0	86.0	93.0

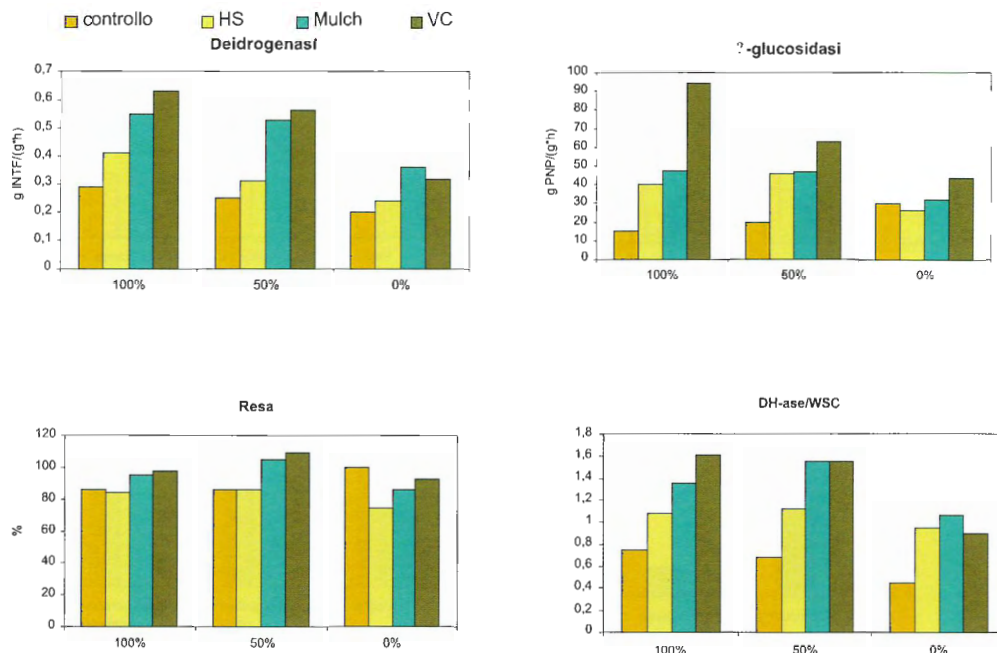


Figura 3. Effetti dei trattamenti organici sul terreno adibito a coltivazione di meloni e irrigazione con acque reflue depurate. DH-ase: enzima deidrogenasi; WSC: carbonio organico idrosolubile; DH-ase/WSC: potenziale metabolico del terreno.

compost veniva usato negli esperimenti come mulch superficiale o interrato. Il film plastico sotto radice aveva lo scopo di interrompere la percolazione e la perdita di acqua, simulando così una situazione di forte siccità e quindi di incentivazione al risparmio idrico. Il mulch superficiale aveva lo scopo di abbassare la evapo-traspirazione, trattenendo così più acqua nel terreno. L'acqua irrigua era costituita da: 100% acqua reflua (100%); 50% acqua reflua +50% acqua di falda (50%); 100% acqua di falda (0%). CNR-ISE usava la metà dei volumi irrigui usati dall'azienda. Variando la quantità dei volumi si variava anche la quantità di elementi nutritivi dato che questi erano iniettati "in linea" in dose costante. L'acqua reflua proveniva da un campeggio locale e subiva un trattamento completo di chiaro-flocculazione, ossidazione biologica a fango attivo, sedimentazione e igienizzazione con acido perossi-acetico. Le colture, i terreni, l'acqua irrigua e i meloni maturi, avevano passato tutti i controlli microbiologici per determinare la presenza di agenti patogeni residui: i test sono risultati negativi per tutta la durata degli esperimenti.

Il Sistema CNR-ISE ha permesso un risparmio idrico e di nutrienti del 50%, a parità di resa produttiva. Gli effetti positivi maggiori si sono avuti a livello di suolo, in quanto tutti i trattamenti risultavano migliori rispetto al controllo. L'acqua reflua è una potenziale risorsa per i suoli aridi, so-

prattutto in combinazione con le pratiche tradizionali di fertilizzazione e mulching.

Fertilizzazione organica

La riduzione delle quantità di concimi chimici è strettamente correlato alla disponibilità di quantitativi sufficienti di concimi organici (letame). Le deiezioni animali, opportunamente trattate, sono da sempre l'elemento principale utilizzato per migliorare le condizioni chimico-fisiche del terreno e con esse la disponibilità di elementi nutritivi e la capacità di assorbimento da parte delle piante. I fertilizzanti organici utilizzati in questo esperimento sono stati: vermicompost prodotto da fango biologico (usato negli esperimenti sopra descritti) e compost preparato da letame bovino.

Il Vermicompostaggio è un processo misto aerobico-anaerobico di biotrasformazione dei residui organici in un prodotto stabilizzato microbiologicamente attivo; nel processo operano i microrganismi aerobi presenti nei residui organici e quelli anaerobi situati all'interno del tratto gastro-intestinale del lombrico.

I vantaggi del Vermicompostaggio sono:

- Riciclo totale dei rifiuti organici (es. fanghi biologici), più ecocompatibile delle convenzionali linee di smaltimento in discarica, in impianti di





Figura 4. Campo sperimentale coltivato a mais e lombrichi nel vermicompost.

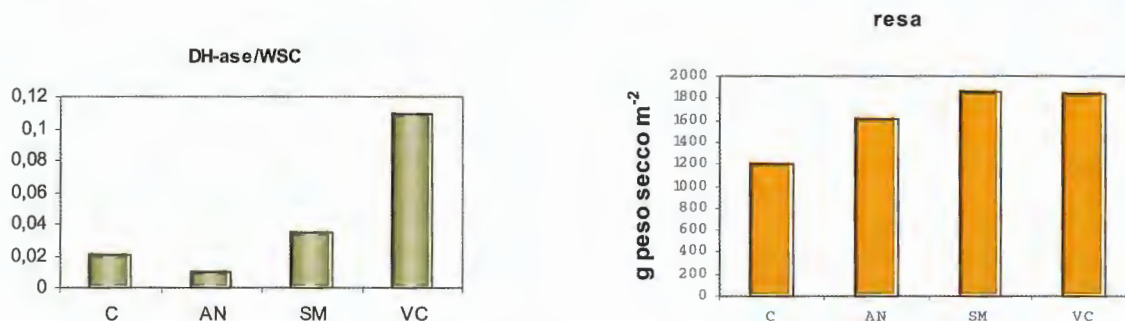


Figura 5. Effetto dei trattamenti sulle proprietà biochimiche e produttive del terreno.

incenerimento o in agricoltura, che possono produrre problemi ambientali;

- Migliore gestione dei rifiuti organici a livello territoriale che limita spostamenti a lunghe distanze per il loro conferimento in grossi impianti;
- Produzione di un substrato bio-stabilizzato (humus di qualità) sicuro sotto l'aspetto fitotossicologico, igienico e ambientale, sicurezza garantita dalla permanenza prolungata dei lombrichi.

L'esperimento è stato condotto in campo su colture di mais (*Zea Mays*). Il suolo è un franco-sabbioso-argilloso situato nella stazione sperimentale della Università della Tuscia (Viterbo, Centro Italia).

I Trattamenti sono stati: Vermicompost (VC); Letame stabilizzato (SM); Fertilizzante minerale (NH_4NO_3) (AN); Controllo (C). Le quantità di concime applicate fornivano 200 unità di N/ha.

Non si nota una relazione diretta fra concime applicato e resa agronomica (grammi peso secco di granella su m²), però è ben evidente l'effetto del vermicompost sia sull'attività metabolica del terreno che sulla sua capacità produttiva.

Conclusioni

Gli esempi di gestione del suolo basati sulle pratiche agricole tradizionali riviste alla luce delle moderne conoscenze tecnico-scientifiche hanno fornito una possibilità concreta per conservare e/o migliorare la fertilità biologica e la funzionalità metabolica di ecosistemi compromessi preservandone la produzione agronomica. Tali risultati sono stati raggiunti nel rispetto della qualità dell'ambiente proteggendo le risorse naturali acqua e suolo mediante risparmio idrico, riduzione o assenza di fertilizzanti chimici, rifornimento di sostanza organica. Abbiamo armonizzato la ricerca di laboratorio con la sperimentazione in campo. Si è elevato il livello di consenso da parte degli agricoltori per l'introduzione graduale di un modello di agricoltura eco-compatibile e durevole. I saperi tradizionali del mulching sono dimostrati essere ancora una pratica utile per garantire la produttività e la conservazione del potenziale biologico (funzionalità ecologica) dell'ecosistema suolo.