



Assessorato Agricoltura
SeSIRCA STAPA – CePICA SALERNO

AGRITRASFER-IN-SUD
CAMPANIA



CRA – CAT Scafati
CRA – ORT Pontecagnano

ELEMENTI DI CONOSCENZA DEL COMPOSTAGGIO E DEI COMPOST E LORO IMPIEGO IN ORTICOLTURA



In alto a sinistra:

impianto pilota di compostaggio “on farm” presso la Sede Operativa di Battipaglia del CRA – Centro di Ricerca per l’Orticoltura di Pontecagnano (SA)

In alto a destra:

impianto di compostaggio aziendale presso l’Azienda Mellone - Idea Natura di Eboli (SA)

In basso a sinistra:

impianto di compostaggio aziendale della f.o.r.s.u.di Salerno

In basso a destra:

biocelle di compostaggio della sansa presso l’impianto di Laurino (SA)



Assessorato Agricoltura
SeSIRCA STAPA – CePICA SALERNO



CRA – CAT Scafati
CRA – ORT Pontecagnano

ELEMENTI DI CONOSCENZA DEL COMPOSTAGGIO E DEI COMPOST E LORO IMPIEGO IN ORTICOLTURA

Opuscolo informativo realizzato nell'ambito del Progetto:
"Agritransfer-In-Sud Campania" (D.G.R. n. 377 del 06/10/2011)
Coordinatore nazionale Dr Corrado Lamoglie, Ente CRA - Roma

Il gruppo di lavoro che ha condotto il Progetto Agritransfer-in-sud Campania - CdP
Orticoltura, è formato dai seguenti funzionari regionali:

- dott.ssa Lucia Coletta *Assessorato all'Agricoltura - Settore SIRCA*
- dott. Paolo D'Agostino *STAPA CePICA Salerno*
- dott.ssa Rosanna Lavorgna *STAPA CePICA - CeSA Battipaglia*

Indice

PRESENTAZIONE OPUSCOLO INFORMATIVO	
<i>Bruno Danise</i>	pag. 5
INTRODUZIONE	
<i>Maria Passari</i>	7
COS'È "AGRITRASFER-IN-SUD"	
<i>Lucia Coletta</i>	9
PERDITA DI FERTILITÀ DEI SUOLI: REGOLE PER UN CORRETTO IMPIEGO AGRONOMICO DEI COMPOST	
<i>Luigi Morra</i>	11
1. Definizione della stanchezza del terreno	
1.1 Cause	
1.2 Evidenze territoriali sulla perdita di fertilità dei suoli	
2. Definizione del compostaggio	
2.1 I compost e i requisiti di legge	
3. Effetti del compost nel suolo	
4. Vantaggi operativi derivanti dall'impiego del compost	
4.1 Obiettivi dell'ammendamento con compost	
4.2 Criteri agronomici e vincoli per definire le dosi di applicazione	
4.3 Vincoli: il calcolo dell'apporto di azoto	
4.4 Vincoli: Considerazioni sull'impiego in serra o in pieno campo	
4.5 Vincoli: la gestione agronomica dei terreni ammendati	
5. Gli effetti sulle produzioni delle colture: qualche esempio	
6. Bibliografia citata	

SOSTANZA ORGANICA DEL SUOLO, COMPOSTAGGIO E MALATTIE DI ORIGINE TELLURICA

Giuliano Bonanomi 25

1. Introduzione
2. La fitotossicità degli ammendanti organici
3. Sostanza organica, rizosfera e patogeni tellurici
4. L'utilizzo degli ammendanti organici per il controllo delle malattie delle piante
5. Verso una gestione razionale degli ammendanti organici
6. Conclusioni

ELEMENTI DI BASE PER LA REALIZZAZIONE DEL COMPOSTAGGIO NELL'AZIENDA AGRICOLA

Giuseppe Celano 40

1. Cos'è il compostaggio?
2. I principali parametri del processo
 - 2.1. La temperatura
 - 2.2. L'ossigeno (aerazione)
 - 2.3. L'umidità
 - 2.4. Le Caratteristiche del substrato
 - 2.5. Il rapporto carbonio/azoto (C/N)
 - 2.6. Le caratteristiche fisiche
3. Quale metodo di compostaggio adottare?
4. Bibliografia consultata

IMPIEGO DEI DERIVATI DEL COMPOST NELLA DIFESA E BIOSTIMOLAZIONE DELLE COLTURE

Massimo Zaccardelli 54

1. Introduzione
2. Definizione e produzione dei tea di compost
3. Composizione dei tea di compost
4. Biostimolazione delle specie ortive mediante tea di compost
5. Impiego dei tea di compost nella protezione delle colture orticole
6. Conclusioni
7. Ringraziamenti
8. Bibliografia citata

Presentazione opuscolo informativo

Nell'ambito del progetto “Agritrasfer-In-Sud” – Filiera orticola – lo STAPA CePICA di Salerno ha promosso e realizzato due corsi di formazione, che prevedevano lezioni frontali e visite guidate, dal titolo “Elementi di conoscenza del compostaggio e dei compost e loro impiego in orticoltura”. I corsi sono stati particolarmente apprezzati come testimonia il numero elevato di partecipanti (circa 50) rappresentati da imprenditori e tecnici di aziende agricole e da liberi professionisti impegnati nel settore agricolo.

La forte richiesta di partecipazione è la dimostrazione che oramai la questione ambientale, di cui lo smaltimento dei rifiuti ed il loro riciclo costituisce una componente importante, è fortemente sentita anche dagli operatori del settore agricolo.

Il corretto smaltimento dei rifiuti organici in generale e degli scarti delle aziende agricole in particolare, per la produzione di compost di qualità da riutilizzare in agricoltura e non solo è un obiettivo importante non solo sotto il profilo ambientale, ma anche economico. Il compostaggio rappresenta quindi la possibilità concreta della trasformazione del “rifiuto organico” in risorsa per arricchire di sostanza organica i nostri terreni che spesso, sia per le condizioni climatiche che nei nostri ambienti ne favorisce la rapida mineralizzazione, che per lo sfruttamento a cui questi sono sottoposti, risultano carenti di questo prezioso componente della fertilità dei suoli che ne è in grado di migliorare le caratteristiche agronomiche in maniera complessiva.

Le possibilità di uso di un compost di qualità non si esauriscono però solo nel reintegro della sostanza organica nei terreni agricoli, ma comprendono anche il suo impiego per la produzione di substrati per il florovivaismo. Inoltre, non bisogna trascurare il ruolo del compost anche in settori non produttivi in senso stretto, come quello paesaggistico e hobbistico (gestione di aree pubbliche

a parco e giardino, zone verdi ricreative e sportive, giardinaggio domestico, ecc.) e quello dei ripristini ambientali di cave dismesse, discariche, ecc. Basti pensare ad esempio che la frazione organica dei rifiuti prodotti dalla città di Londra è utilizzata per soddisfare il fabbisogno di compost dei Kew gardens.

Con la pubblicazione di questo opuscolo informativo, che raccoglie le lezioni svolte durante i corsi di formazione, si intende fornire un utile strumento a tutte quelle persone che per lavoro o per semplice curiosità sono interessate ad approfondire la tematica del compostaggio e dell'uso del compost.

Bruno Danise
Dirigente STAPA – CePICA di Salerno

Introduzione

I temi che coinvolgono la salute umana, la salvaguardia dell'ambiente e delle risorse naturali, sono argomenti che, per la loro attualità e, a volte, drammaticità, hanno spinto l'Assessorato all'Agricoltura della Regione, a programmare interventi indirizzati alle imprese agricole al fine di favorire cicli produttivi aziendali rispettosi dell'ambiente e dell'uomo; tra questi, l'utilizzo di matrici compostate di qualità nel ciclo produttivo delle aziende, rappresenta un valido e coerente campo di applicazione.

Già nel triennio 2003-2006, nell'ambito dei Programmi Interregionali *“Ricerca, sperimentazione trasferimento e programmi a forte contenuto innovativo”* la Regione ha sostenuto un progetto triennale sui compost presso un centro di compostaggio sito nella regione Campania; i prodotti ottenuti sono stati saggiati in prove agronomiche, su colture ortive in pieno campo ed in serra, studiandone anche gli effetti sul recupero della fertilità biologica dei terreni e il rischio di accumulo dei metalli pesanti.

Successivamente, in collaborazione con il CRA-Unità di Ricerca per le Colture Alternative al Tabacco di Scafati, è stato realizzato il progetto *“Compostaggio dei reflui oleari e valorizzazione agronomica e merceologica del compost ottenuto”* con la finalità di mettere a punto processi di recupero di sottoprodotti organici, in particolare sanse olearie, e altre tipologie di residui dell'agroindustria, che rappresentano importanti fonti di sostanza organica per l'ammendamento e il mantenimento della fertilità integrale dei suoli.

Il progetto *“Produzione nell'azienda agricola di compost con matrici vegetali di scarto e suo impiego per il recupero e il mantenimento della fertilità di suoli orticoli intensamente coltivati”*, realizzato con il CRA - Centro di ricerca per l'Orticoltura di Pontecagnano, ha, inoltre, consentito di mettere a punto una metodologia di compostaggio aziendale dei residui orticoli non

suscettibili di interrimento diretto, come quelli provenienti da solanacee coltivate sotto serra.

Tuttora è in corso presso il COC (Centro Orticolo Campano) un'attività sperimentale-dimostrativa dal titolo "*Collaudo di formule di fertilizzazione con compost da forsu in successioni orticole di pieno campo*"; il progetto ha attivato una rete di campi dimostrativi in aree di pianura regionali per valutare l'effetto dell'ammendamento organico con compost, ripetuto negli anni su successioni orticole di pieno campo e sui terreni trattati.

Il progetto Agritrasfer-in-sud per la Campania ha evidenziato il carattere innovativo del trasferimento delle conoscenze acquisite in questo ambito di ricerca, promuovendo e realizzando il corso di formazione per tecnici ed operatori agricoli dal titolo "*Elementi di conoscenza del compostaggio e dei compost e loro impiego in orticoltura*", le cui lezioni sono riportate di seguito.

Maria Passari
Dirigente della Regione Campania – SESIRCA

Cos'è “Agritrasfer-In-Sud”

AGRITRASFER-IN-SUD è un Progetto finanziato dal MiPAAF e coordinato dal Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura (CRA) di Roma. Ha come finalità la realizzazione di un sistema innovativo di comunicazione permanente tra i centri di ricerca, i servizi di sviluppo regionale, le organizzazioni agricole e le imprese agricole, nelle Regioni ex-Obiettivo 1, per fornire un quadro condiviso delle ricerche e sperimentazioni realizzate dai Centri di ricerca del CRA su tematiche e filiere di particolare interesse. L'intervento si propone, inoltre, di sperimentare nuovi modelli di trasferimento dei risultati della ricerca in contesti e per tematiche specifiche.

AGRITRASFER-IN-SUD è stato finora avviato attraverso l'implementazione di un complesso sistema informativo relativo alle innovazioni e ai risultati dei principali progetti di ricerca su alcune filiere agroalimentari del CRA.

L'intervento segue infatti un percorso organizzativo di tipo innovativo per i SSA:

- costituzione di “comunità di pratiche” (gruppi misti ricercatori/tecnici divulgatori),
- formazione in presenza e in e-learning dei tecnici coinvolti,
- realizzazione di attività seminariali, giornate dimostrative e visite di studio,
- eventuali azioni di collaudo presso le imprese agricole.

Nella costituzione del modello organizzativo delle Comunità di pratica, la Regione ha inteso coinvolgere, accanto ai propri tecnici operanti negli Stapa-Cepica e ai referenti regionali di filiera del SeSIRCA, anche tecnici delle organizzazioni professionali.

Le filiere prese in considerazione dal Progetto e scelte per la Campania sono: la cerealicoltura (Sannio ed Alta Irpinia), l'orticoltura (Piana del Sele e Casertano), la vitivinicoltura (Irpinia),

l'olivicoltura (Colline Salernitane). A questi va aggiunta la tematica relativa alla Gestione delle risorse idriche, che mette a sistema ed incrocia i risultati di un progetto di ricerca del CRA (Aqater) con l'intervento regionale in atto sulla consulenza all'irrigazione attraverso il supporto satellitare.

Lucia Coletta
Regione Campania, SeSIRCA
Coordinatrice per la Campania
del Progetto AGRITRASFER-IN-SUD



Perdita di fertilità dei suoli: regole per un corretto impiego agronomico dei compost

Luigi Morra

CRA - Unità di Ricerca per le Colture Alternative al Tabacco
Via P. Vitiello, 106, Scafati (SA) - e-mail: luigi.morra@entecra.it

1. Definizione della stanchezza del terreno

Un suolo stanco presenta una condizione di progressiva inospitalità alla reiterazione di una specifica coltura. In frutticoltura, tipicamente, ne deriva un declino dello sviluppo e delle produzioni che resta limitato alla specie in oggetto e influenza poco o nulla specie botanicamente diverse. In queste condizioni il declino riflette un'incapacità della pianta a nutrirsi in un terreno stanco. In orticoltura, invece, l'adozione di varie tecniche colturali (es.: lavorazione accurata del suolo, trapianto piantine in pane di torba, fertirrigazione, etc.) è riuscita a mascherare questi sintomi; pertanto, le manifestazioni patologiche generate da parassiti tellurici sono l'espressione più frequentemente osservata di una condizione di squilibrio nel suolo.

1.1 Cause

Le cause di questo fenomeno sono da ascrivere ad un modello di agricoltura che negli ultimi 40-50 anni è stato fondato sulla progressiva diffusione della monocoltura, di lavorazioni

meccaniche spinte, sulla sostituzione degli apporti di sostanza organica (letame, sovesci, etc.) con i concimi di sintesi. Tutto ciò ha determinato la progressiva riduzione e l'impoverimento della rete di forme viventi (microflora, meso e macrofauna) capaci di vivere a carico della sostanza organica immessa, trasformandola in humus. L'alterazione del metabolismo della sostanza organica nel suolo, determina, dunque, l'aumento in esso di tossine e un disadattamento delle radici specie se di giovani piantine. Si produce una riduzione della capacità di assorbimento dei nutrienti e una maggiore suscettività all'attacco di parassiti e patogeni viventi nel suolo (Zucconi, 1997). La risposta data al progressivo esplodere di questi problemi è stata più concimazione e impiego di prodotti chimici fumiganti per la sterilizzazione del suolo con la conseguenza di non risolvere ma accentuare la spirale degradativa innescata.

1.2 Evidenze territoriali sulla perdita di fertilità dei suoli

Una recente indagine di Bonanomi et al. (2011) condotta in un numeroso campione di suoli sotto serre della Piana del Sele (SA) ha descritto attraverso un'ampia serie di parametri il degrado in corso della fertilità di quei suoli. E' stata registrata una diminuzione del 24% del C organico totale, un incremento del contenuto di Sodio e della conducibilità elettrica, una diminuzione di diverse attività enzimatiche collegate con il ciclo di alcuni nutrienti, la riduzione della diversità tassonomica e funzionale delle comunità microbiche oltre che della loro biomassa.

2. Definizione del compostaggio

Il compostaggio è un "processo aerobico di decomposizione biologica della sostanza organica, contenuta in più matrici di scarto miscelate tra loro, che avviene in condizioni controllate e permette di ottenere un prodotto biologicamente stabile in cui la componente organica presenta un elevato grado di evoluzione".

2.1 I compost e i requisiti di legge

Il compost per essere considerato un prodotto applicabile in agricoltura e non un rifiuto deve rispettare il quadro normativo di riferimento costituito dal D.Lgs. 29 aprile 2010 n. 75 recante “Norme per la Disciplina dei Fertilizzanti”, ivi inclusi gli ammendanti compostati. La legge indica alcuni tipi di ammendante compostato: misto (=bio-waste in Europa), verde (=green compost in Europa), torboso. Nelle tabelle 1 e 2 seguenti saranno illustrate le differenze tra i primi due, più diffusi, compost e le principali caratteristiche analitiche di legge da rispettare per essere definiti **compost di qualità**.

Tabella 1: Definizione di ammendante compostato misto e verde secondo la Legge n. 75/2010.

Ammendante compostato misto (ACM)	Ammendante compostato verde (ACV)
Prodotto ottenuto attraverso il trattamento di: frazione organica degli RSU proveniente da raccolta differenziata, rifiuti di origine animale compresi liquami zootecnici, rifiuti di attività agroindustriali, reflui e fanghi*, nonché dalle matrici previste per l'ammendante compostato verde.	Prodotto ottenuto attraverso il trattamento di rifiuti organici che possono essere costituiti da scarti di manutenzione del verde ornamentale, altri materiali vegetali come sanse vergini (disoleate o meno) od esauste, residui delle colture, altri rifiuti di origine vegetale.
*i fanghi, tranne quelli agroindustriali, non possono superare il 35% (p/p) della miscela iniziale. Per uso in agricoltura biologica i fanghi sono da escludersi totalmente.	

Tabella 2: Parametri chimici, merceologici, microbiologici e loro limiti atti a definire il compost di qualità secondo la legge n. 75/2010.

Parametro e Unità di misura	ACM	ACV
Umidità (%)	max 50	max 50
pH	6 - 8,5	6 - 8,5
C organico totale % su secco (s.s.)	min 20 %	Min 25 %
C umico e fulvico (% s.s.)	min 7 %	Min 2,5 %
N organico (% di N tot)	min 80 %	min 80 %
C/N	max 25	max 50
Salinità	Obbligo dichiarazione	Obbligo dichiarazione
Cadmio (mg/kg s.s.)	1,5	1,5
Piombo	140	140
Nichel	100	100
Mercurio	1,5	1,5
Cromo VI	< 0,5	< 0,5
Rame	230	230
Zinco	500	500
Plastica, Vetro, Metalli ($\varnothing > 2$ mm)	max 0,5 % s.s.	max 0,5 % s.s.
Pietre ($\varnothing > 5$ mm)	max 5 % s.s.	max 5 % s.s.
Salmonelle	Assenti in 25 g campione tal quale	
Escherichia coli	Entro precisi limiti in 1 g campione tal quale	
Indice germinaz. (test fitotossicità)	> 60 %	> 60 %

Per l'impiego in agricoltura biologica il contenuto in metalli pesanti deve essere più basso (v. Regol. UE 889/2008). In Italia sono prodotti attualmente circa 1.200.000 t di compost con prevalenza del tipo ACM. Nella scelta del fornitore di compost è bene preferire impianti associati al Consorzio Italiano Compostatori (www.compost.it). Se si vogliono ulteriori garanzie di qualità si può scegliere tra i circa 40 impianti che si fregiano del Marchio di Qualità del CIC.

3. Effetti del compost nel suolo

Il compost è un ammendante multifunzionale in grado di apportare benefici alla fertilità dei suoli sia per gli aspetti chimici che fisici che biologici (Tab. 3).

Tabella 3: Effetti benefici legati alla regolare applicazione del compost ai suoli.

<p>Struttura del suolo più stabile</p> <p>migliore infiltrazione e lavorabilità</p>	<p>Migliore capacità di assorbire nutritivi</p> <p>accresciuta disponibilità nutrienti</p>	<p>Temperatura del suolo più alta</p> <p>migliore crescita primaverile piante</p>
<p>Più alta capacità di ritenzione idrica</p> <p>ridotti impatti di climatici estremi</p>	<p>Fertilizzazione con compost ed effetti sull'ecosistema suolo-pianta</p>	<p>Effetto fitosanitario</p> <p>soppressione patogeni vegetali del suolo</p>
<p>Migliore lavorabilità del suolo</p> <p>ridotti consumi di energia</p>	<p>Ridotta suscettibilità all'erosione</p> <p>minori perdite di suolo</p>	<p>Miglioramento biodiversità del suolo</p> <p>aumento attività biologiche</p>

Tratto da :”Federal Ministry for Agriculture and Forestry of Austria, 2007”

Se nello schema mostrato sostituissimo alla parola compost la parola 'sostanza organica' sarebbe del tutto evidente che la funzione principale del compost sta proprio nell'apporto di sostanza organica che è la chiave di volta nel mantenimento della fertilità dei suoli.

Il compost è innanzitutto un prodotto con cui apportare sostanza organica (S.O.) in buona parte stabilizzata; inoltre, apporta Calcio la cui funzione nel complesso di scambio del suolo è centrale. Il compost fornisce anche Fosforo, Potassio e Magnesio che si rendono disponibili alle piante nel breve periodo. Al contrario, l'Azoto è fornito per oltre l'80% in forma organica che viene resa disponibile per le colture secondo tassi di mineralizzazione del 5-10% annuo.

4. Vantaggi operativi derivanti dall'impiego di compost

- Per esemplificare, sulla base della Tab. 4, con un apporto di 100 q di tal quale (= peso del prodotto inclusa l'acqua) di compost, vengono veicolati nel suolo 70 q di sostanza secca, 35 q di sostanza organica, 161 kg di N totale, 30 di P e 119 di K. Di contro, con 100 q di letame sono apportati 26 q di s.s., 17 q di sostanza organica, 65 kg di N tot., 23 kg di P e 114 di K. A parità di peso fresco movimentato, con il compost viene aggiunta più sostanza organica e azoto, simili quantità di P e K rispetto al letame. Ne consegue un risparmio nei costi di movimentazione e distribuzione del compost.
- Il compost esitato dagli impianti di compostaggio non deve presentare fitotossicità residua per le colture trapiantate dopo il suo interrimento, pertanto è possibile impiegarlo anche quando gli spazi temporali prima di un trapianto sono ridotti ad una settimana.

Tabella 4: Composizione media dei compost da Forsu e dei letami impiegati per sei anni nella prova di Tabaglio et al. (2010).

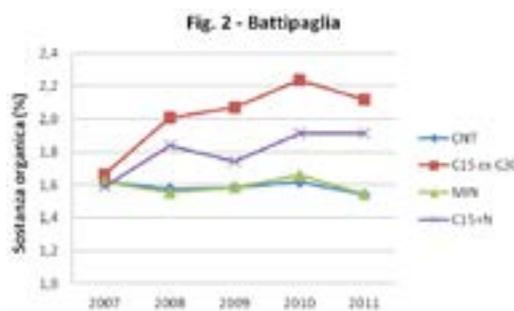
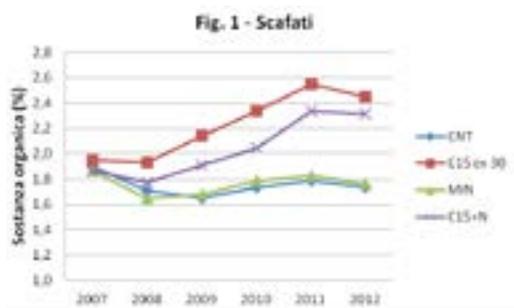
Parametri	Letame	Compost
Sost. secca (%/t tal quale)	26	70
Sostanza organica (%/ s.s.)	66	50
Azoto (N) (%/ s.s.)	2,5	2,3
Fosforo (P) (%/ s.s.)	0,92	0,44
Potassio (K) (%/ s.s.)	4,4	1,7

4.1 Obiettivi dell'ammendamento con compost

L'ammendamento organico ripetuto negli anni non può determinare un continuo aumento della sostanza organica.

Bisogna piuttosto puntare a ripristinare e poi mantenere livelli di sostanza organica ai quali corrisponde una maggiore autonomia da input esterni ed una migliore attività biologica di ricircolo degli elementi nutritivi dal suolo alle piante.

Nella Strategia Tematica per la Protezione del Suolo della UE (2004), è suggerito come indicatore di un buon livello di fertilità del suolo, un contenuto-soglia del 2% (=20 g/kg) di C organico pari a circa il 3,4 % di sostanza organica.



Tale valore è del tutto indicativo in quanto ciascun terreno presenta una specifica capacità di stoccare sostanza organica sottraendola alla mineralizzazione.

Nelle Figure 1 e 2 è mostrata la variazione del contenuto in sostanza organica (S.O.) nei suoli di Scafati e Battipaglia sottoposti, rispettivamente, per 5 e 4 anni a diverse modalità di fertilizzazione. E' da notare che il controllo non concimato (Cnt) e la concimazione minerale (Min) non scendono al disotto di un certo contenuto minimo caratteristico per ogni sito. L'impiego del compost alla dose di 15 t/ha s.s. integrata con N minerale in dose ridotta (C15+N) ha determinato un aumento stabile di S.O., mentre l'impiego nei primi tre anni di 30 t seguito dalla riduzione a 15 t dal 2010 (C15 ex 30), ha fatto osservare prima i maggiori incrementi, poi la tendenza ad allinearsi con la tesi C15+N. Tenuto conto dei riflessi sulla produzione di ortaggi di queste variazioni, è possibile affermare che a Battipaglia con un contenuto di sostanza organica attorno al 2% (+ 0,5 % rispetto a Cnt e Min) il suolo mostra maggiore autonomia da concimi minerali supportando la crescita delle colture, a Scafati, invece questi effetti sono evidenti con valori di sostanza organica prossimi al 2,5%. Di contro la perdita di capacità produttiva si manifesta a livelli diversi: circa 1,5% a Battipaglia, circa 1,8 % a Scafati. Queste evidenze dimostrano come il valore soglia del 3,4 % citato all'inizio di questo paragrafo, vada in realtà definito negli specifici contesti pedoclimatici.

4.2 Criteri agronomici e vincoli per definire le dosi di applicazione

Sulla base delle esperienze condotte in Campania, in Emilia Romagna nell'ultimo decennio e di quelle riportate nella letteratura internazionale (Inghilterra, Germania, Austria), la quantità di compost da impiegare annualmente nell'ammendamento di un suolo può stare tra le 10 e le 20 t/ha in termini di sostanza secca. In termini di prodotto tal quale, i valori suddetti possono variare a seconda del contenuto di umidità del prodotto. Tenendo presente che per legge il compost non può contenere più del 50 % di umidità (spesso ne contiene il 30-40 %), al range indicato corrisponderebbe, al massimo, un apporto tra 20 e 40 t/ha di tal quale.

Tra i criteri da tener in conto nella gestione dell'ammendamento con compost vanno considerati:

- L'efficienza di conversione del Carbonio organico contenuto nei compost in C organico stabilmente trattenuto nel suolo, peggiora all'aumentare della dose applicata. Passando da 15 a 30 a 45 t/ha di compost viene mineralizzata una quota sempre maggiore del C apportato.
- Di conseguenza, l'apporto iniziale di quantità di compost molto elevate (>30 t/ha s.s.) non serve a modificare rapidamente il declino della fertilità del suolo.
- L'avvio di un programma di ammendamento con compost determina le prime risposte positive nel sistema suolo-culture entro un paio di anni in quanto:
 - o Ci sono fenomeni di immobilizzazione dell'azoto tanto più marcati quanto maggiore è il rapporto C/N del compost usato;
 - o La microflora del suolo deve adattarsi al cambiamento determinato da apporti costanti e significativi di S.O.;
 - o L'evidenza delle risposte è inversamente proporzionale al livello di partenza di sostanza organica del terreno

4.3 I vincoli: il calcolo dell'apporto di N

Il vincolo principale nella definizione della dose di compost è dato dalla corrispondente quantità di N che viene immessa nel terreno. Il quadro normativo fissato dalla Direttiva Europea sui Nitrati ha posto dei limiti massimi da rispettare. In Campania tale indirizzo europeo è stato tradotto nell'adozione del Programma di Azione "per le zone vulnerabili all'inquinamento da nitrati di origine agricola" emanato sul BURC n. 16 del 26 marzo 2007. Il limite di 170 kg/ha di N in zone vulnerabili o 340 per quelle non vulnerabili è specificamente riferito alla quota di N apportato con effluenti zootecnici e loro derivati compostati o essiccati. Il

compost da forsu o un compost verde non contengono effluenti zootecnici pertanto l'N che si apporta con il loro impiego deve essere computato direttamente all'interno del quantitativo massimo di azoto apportabile a seconda della sequenza colturale adottata e dell'area in cui ricade il Comune dove si trova il terreno. Per esemplificare: Se siamo in un'area ricompresa in una ZVNOA di quelle nella Tabella 1.a.1 (aree più a rischio) del Piano di Azione e coltiviamo in pieno campo una sequenza annuale di melanzana e scarola, dato il fabbisogno di queste colture, la somma degli apporti massimi ammessi di N è 390 kg/ha all'anno. Disponendo di un compost da Forsu al 50% di sostanza secca e con l'1,8 % s.s. di N totale, se ammendiamo con 15 t/ha in termini di s.s. (pari a 30 t/ha in tal quale), apportiamo 270 kg/ha di N totale. Il resto del fabbisogno possiamo coprirlo con concimi minerali azotati frazionati durante i cicli colturali.

4.4 Vincoli: Considerazioni sull'impiego in serra o in pieno campo

Sulla base dell'esperienza di ammendamento con compost sotto serra condotta da Morra et al. (2010), tenuto conto che sono necessarie ulteriori verifiche, va detto che non è opportuno l'impiego di dosi elevate di compost (> 20 t/ha s.s.). Infatti, sotto serra i processi biologici di trasformazione della sostanza organica sono più intensi e durano per larga parte dell'anno grazie alle condizioni favorevoli di temperatura e umidità nel terreno. Da ciò deriva la possibilità che vi sia una liberazione di nitrati, specie nei mesi da maggio a settembre, molto alta e superiore ai fabbisogni delle stesse piante con il conseguente rischio di lisciviazione in falda. Questo fenomeno, invece, non è stato osservato nelle prove in pieno campo, ove i nitrati misurati nei terreni ammendati non hanno mai raggiunto livelli pericolosi per la lisciviazione.

4.5 Vincoli: la gestione agronomica dei terreni ammendati

Il bilancio della sostanza organica in un terreno ammendato

con compost non dipende solo dalla dose impiegata ma è legato anche ad altre scelte agronomiche:

- Frequenza, tempi e modalità di lavorazione (effetti diversi in estate o autunno-inverno). A lavorazioni intense corrisponde una maggiore mineralizzazione della sostanza organica;
- Controllo erbe spontanee con tecniche che possono richiedere minore (pacciamatura, diserbo) o maggiore numero di lavorazioni (fresatura);
- Rotazioni e interrimento dei residui colturali.

5. Gli effetti sulle produzioni delle colture: qualche esempio

Sulla base delle prove di media durata condotte in pieno campo a Scafati e Battipaglia dal 2007 è possibile affermare che:

- l'ammendamento con compost ripetuto annualmente ha consentito dopo un'iniziale fase di assestamento, di ottenere produzioni comparabili con la concimazione minerale. Col passare degli anni la strategia di fertilizzazione $C15+N_{\text{minerale}}$ determina le produzioni estive più alte sia a Scafati (Fig. 5) con pomodoro San Marzano che a Battipaglia (Tab. 5) con pomodoro tondo da industria. Comunque, anche il solo ammendamento con compost consente prestazioni produttive analoghe alla concimazione minerale.
- In generale, deve essere tenuto presente che le colture di pieno campo a ciclo primaverile-estivo beneficiano della maggiore attività biologica del suolo per le migliori condizioni climatiche. Al contrario, le colture a ciclo autunno-vernino possono avere bisogno di integrazioni con azoto minerale poiché le attività biologiche di trasformazione della S.O. e la liberazione di nutritivi sono rallentate a causa delle basse temperature (Fig. 4 e Tab. 5).



Figura 3: Coltura di pomodoro San Marzano a Scafati nel giugno 2011. In primo piano parcella concimata con C15+Nmin con impiego o no di paccimatura biodegradabile per il controllo delle malerbe e la eliminazione delle fresature.

Nelle prove effettuate sono stati coltivati sia ibridi che ecotipi di diverse specie orticole. La fertilizzazione con compost, migliorando profondamente la fertilità del suolo è stata in grado di esaltare la produttività degli ibridi nonostante le loro maggiori esigenze rispetto agli ecotipi. Questi al contrario, hanno mostrato di valorizzare in modo poco elastico le migliorate condizioni di fertilità.



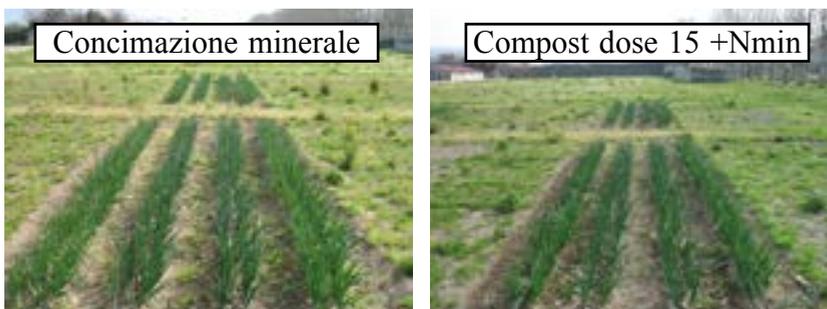


Figura 4: Stato vegetativo della Cipolla Bianca di Pompei nel marzo 2012 (5° anno di prova) al variare delle modalità di fertilizzazione.

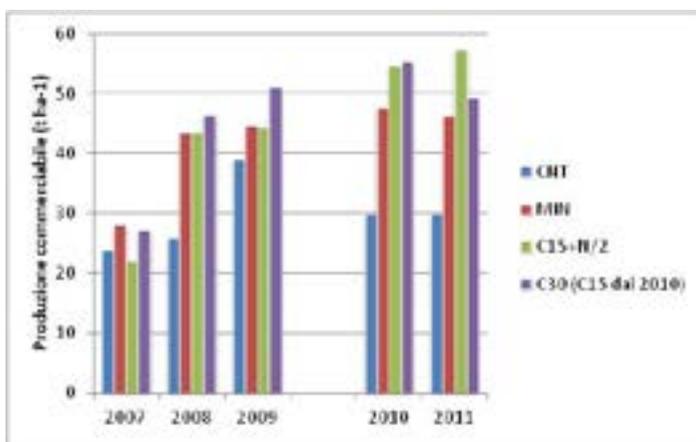


Figura 5: Produzione commerciabile delle colture a ciclo primaverile estivo praticate nei primi cinque anni di prova a Scafati.

Trattamenti	Pomodoro (mag-ago 2010)		Finocchio (ott '10-apr'11)	
	Prod. Comm. (t/ha)	Scarto (t/ha)	Prod. Comm. (t/ha)	Scarto (t/ha)
Controllo	47,8 b	3,0 a	2,8 c	2,6 a
Minerale	87,4 a	2,5 ab	30,9 a	0,3 c
C15 (ex C30)	81,5 a	2,6 a	18,9 b	1,5 b
C15 + ¼ N	92,3 a	1,7 b	30,3 a	0,6 c

Tabella 5: Risposte produttive di pomodoro da industria e finocchio coltivati a Battipaglia nel quarto e ultimo anno di prova.

6. Bibliografia citata

Bonanomi G., D'Ascoli R., Antignani V., Capodilupo M., Cozzolino L., Marzaioli R., Puopolo G., Rutigliano F.A., Scelza R., Scotti R., Rao M.A., Zoina A., 2011. Assessing soil quality under intensive cultivation and tree orchards in Southern Italy. *Applied Soil Ecology*, 47: 184-194.

Federal Ministry for Agriculture and Forestry, Environment and Water Management of Austria, 2007. Beneficial effects of compost application on fertility and productivity of soils. Literature Study. *Lebensministerium.at*. Pg. 225.

Morra L., Pagano L., Iovieno P., Baldantoni D., Alfani A., 2010. Soil and vegetable crop response to addition of different levels of municipal waste compost under Mediterranean greenhouse conditions. *Agronomy for Sustainable Development*, 30: 701-709.

Tabaglio V., Bortolazzo E., Ligabue M., Rossi L., 2010, Fertilità del terreno recuperata con ammendanti compostati. *L'Informatore Agrario*, 15: 48-52.

Van-Camp L., Bujarrabal B., Gentile A-R., Jones R.J.A., Montanarella L., Olazabal C. and Selvaradjou S-K. , 2004. Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 21319 EN/5, 872 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Sostanza organica del suolo, compostaggio e malattie di origine tellurica

Giuliano Bonanomi

Dipartimento di Agraria, Università di Napoli Federico II,

Via Università 100, Portici (NA)

e-mail: giuliano.bonanomi@unina.it

1. Introduzione

I microrganismi fitopatogeni tellurici, agenti di numerose fitopatie a carico delle piante, sono sicuramente tra i principali fattori limitanti la produttività degli agro-ecosistemi. La difficoltà nel controllare tali malattie con le strategie di lotta convenzionali, basate sostanzialmente sull'utilizzo di prodotti chimici di sintesi e varietà resistenti, pone il mondo agricolo di fronte all'esigenza di individuare nuove e moderne tecnologie di controllo. In tale ottica, la messa al bando del bromuro di metile rende ancor più urgente il problema di individuare tecniche efficienti, a basso costo e di limitato impatto ambientale. L'utilizzo di ammendanti organici come il letame, il sovescio (cioè l'incorporazione nel terreno di residui colturali), del compost e l'utilizzo delle torbe è stato proposto, sia per i sistemi agricoli convenzionali che biologici, per migliorare la struttura e la fertilità del suolo (Zucconi *et al.*, 1996). Al contempo però, l'utilizzo degli ammendanti organici, se correttamente gestiti, può contribuire a ridurre l'incidenza di malattie causate da numerosi patogeni (Noble e Coventry, 2005).

L'agricoltura moderna che si basa sull'utilizzo di fertilizzanti e fungicidi di sintesi e varietà resistenti ha permesso agli agricoltori di interrompere il legame tra gli ammendamenti organici e la fertilità del suolo. Come risultato, gli agricoltori per lungo tempo hanno considerato la sostanza organica (SO) nelle sue differenti forme (es. residui colturali) più come un rifiuto che una risorsa da utilizzare. Tale gestione agricola ha però determinato nel lungo

periodo la diffusione di alcuni patogeni terricoli di difficile controllo, oltre che problemi legati all'inquinamento delle acque e degli stessi prodotti agricoli da parte dei prodotti chimici di sintesi utilizzati in grandi quantità. Analoghi problemi sono emersi per le produzioni vivaistiche sia orticole che ornamentali (Hoitink e Boehm, 1999). Tali alterazioni del ciclo del carbonio si riflettono in una riduzione della produttività dei terreni (Bonanomi *et al.*, 2011a), a cui l'agricoltura moderna oppone un utilizzo sempre più massiccio di input chimici ed energetici (lavorazioni, irrigazioni, fertilizzanti e pesticidi), con un'intensificazione dei processi di degrado fisico ed erosione dei terreni. Il declino della SO determina oltre alla perdita della fertilità fisica e chimica, una riduzione di quella biologica. Infatti, la sostanza organica è stata indicata con una metafora come “il carburante che fa funzionare il motore suolo”, in quanto racchiude in sé l'energia necessaria per sostenere la crescita e le attività vitali delle comunità microbiche telluriche.

Un segnale ambientale di tale impoverimento è l'aumento dell'incidenza delle malattie imputabili a patogeni tellurici nei suoli impoveriti di SO. Tale fenomeno è tutt'altro che ovvio ed ad oggi ancora poco compreso. Fra le cause ipotizzate, un ruolo centrale è imputato alla semplificazione della struttura e diversità delle comunità microbiche che così diminuiscono la loro capacità di competere e combattere i patogeni terricoli. Conseguenza di tale fenomeno è la richiesta sempre crescente di input energetici esterni quali fungicidi e fumigazioni per sostenere la produzione agricola.

L'utilizzo reiterato di tali strumenti nel lungo periodo determina un'ulteriore impoverimento di SO e microflora terricola diversificata, generando un circolo vizioso che porta verso l'abbandono del suolo. Tale punto limite è oramai stato raggiunto in numerose realtà produttive dove, a causa dell'impossibilità di controllare anche con i più potenti fungicidi i patogeni terricoli,

è stata abbandonata la produzione su suolo per passare al fuori suolo su substrati artificiali. In questo contesto appare chiaro come l'utilizzo degli ammendanti organici, ed in particolare del compost, è una strategia in grado di invertire il progressivo degrado biologico dei suoli agrari.

2. La fitotossicità degli ammendanti organici

La SO che raggiunge il suolo (residui colturali, ammendamenti ecc), ivi è soggetta al processo di decomposizione determinato dalla microflora del suolo. Tale processo è influenzato da numerose variabili ambientali, principalmente la temperatura, la disponibilità di acqua e ossigeno, la composizione microbica della microflora e le caratteristiche fisiche e chimiche della materia organica in decomposizione (rapporto C/N, contenuto in nutrienti, lignina, cellulosa e sostanze a basso peso molecolare). Durante tale processo la SO si modifica profondamente determinando una progressiva stabilizzazione di questa, identificabile dalla progressiva riduzione del rapporto C/N fino a valori vicini a 10 (vedi Capitolo 2).

Quello che è meno conosciuto è che il rapporto fra SO e vegetali è completamente differente in relazione allo stadio di decomposizione di questa. Recenti studi (Bonanomi *et al.*, 2011b) hanno dimostrato come nelle prime fasi di decomposizione sono rilasciate notevoli quantità di fitotossine sia direttamente dalla SO che attivamente prodotte dai microrganismi. Con il proseguire del processo di decomposizione, il rilascio di fitotossine diminuisce fino a scomparire, ed è solo dopo questa prima fase che la SO tende a stabilizzarsi portando alla formazione dell'humus e mostrando i suoi effetti positivi sulle proprietà del suolo e sulla crescita delle piante.

Tale percorso richiede però almeno due condizioni ecologiche: la presenza di ossigeno affinché il processo di decomposizione sia aerobico e la presenza di materiale organico di partenza altamente

diversificato (Zucconi, 1996). Se tali condizioni vengono a mancare il processo di decomposizione tende a reiterare il rilascio di fitotossine fino a concludersi con la completa mineralizzazione ad acqua ed anidride carbonica della SO senza raggiungere la stabilizzazione. In sintesi, risulta evidente che il rapporto diretto fra SO e vegetali è duplice e contrastante: negativo durante le prime fasi di decomposizione e progressivamente positivo a seguito della sua stabilizzazione ed umificazione.

In termini applicativi è importante ricordare che la fitotossicità varia tra i diversi tipi di SO come segue: residui colturali \geq rifiuti organici non stabilizzati $>$ compost $>$ torbe. Questo ha immediati riflessi sulle quantità di ammendanti che possono essere applicate senza danneggiare gli apparati radicali delle piante. Da un recente studio (Bonanomi *et al.*, 2007) è emerso che il tasso di applicazione minimo al quale è stato osservato effetto fitotossico, è molto basso per rifiuti organici ($<2\%$) e soprattutto dei residui colturali ($<1,5\%$), ma questo limite aumenta notevolmente per i compost. Infine, le torbe risultano completamente prive di fitotossicità in quanto il processo di decomposizione che porta alla loro formazione richiede migliaia di anni.

3. Sostanza organica, rizosfera e patogeni tellurici

E' noto che la SO del terreno svolge un ruolo centrale nel determinare il risultato dell'interazione fra pianta e patogeni tellurici. In generale la SO racchiude in se l'energia che tutti gli organismi eterotrofi terricoli utilizzano per il loro ciclo vitale. Conseguentemente la tipologia e la disponibilità della SO nel suolo influenza direttamente e indirettamente le popolazioni microbiche terricole, compresi gli organismi fitopatogeni. L'impatto della SO sull'incidenza di numerosi patogeni tellurici fra cui *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Sclerotinia*, *Sclerotium*, *Verticillium*, *Phytophthora* tra gli altri, è dimostrato dall'effetto

di pratiche colturali quali il sovescio o l'ammendamento al suolo che apportano materiale organico rapidamente decomponibile.

Numerosi studi sono stati condotti per valutare l'impatto della SO sull'incidenza di patogeni terricoli, nella gran parte dei casi attraverso ammendamenti al suolo con compost o altri materiali. Ad esempio, alcuni studi hanno dimostrato che il contenuto di SO del suolo, essendo positivamente correlato con l'attività microbica totale, influenza positivamente la soppressività (la capacità del suolo di limitare la diffusione dei patogeni) verso microrganismi come *Pythium* e *Rhizoctonia*. In contrapposizione con quanto appena detto, in alcuni casi l'ammendamento con SO al suolo può determinare l'effetto opposto, aumentando l'incidenza dei patogeni che si volevano controllare (Bonanomi *et al.*, 2007). In particolare, numerosi studi hanno riportato che gli ammendamenti con SO influenzano i patogeni tellurici sia positivamente, apportando substrato ed energia per la crescita saprofitica, o negativamente inducendo fungistasi o rilasciando composti fungitossici.

Inoltre, è noto che la SO influenza sia la composizione che l'attività di numerosi microorganismi agenti di biocontrollo (Hoitink e Boehm, 1999). In quest'ottica, una strategia potenzialmente attuabile è utilizzare degli ammendanti organici che siano caratterizzati dalla capacità di stimolare selettivamente i microbi del suolo, con effetti positivi verso gli organismi benefici e negativi verso i patogeni. Un ulteriore elemento da tenere in considerazione è la complessità delle reti trofiche delle comunità microbiche e come queste sono influenzate dalla SO durante il processo di decomposizione.

Dal quadro riportato in Figura 1 è evidente che la SO organica influenza sia direttamente che indirettamente l'interazione fra pianta e patogeni e, se alcune interazioni sono state studiate in maniera approfondita (es. pianta-patogeno), altre risultano ancora poco comprese.

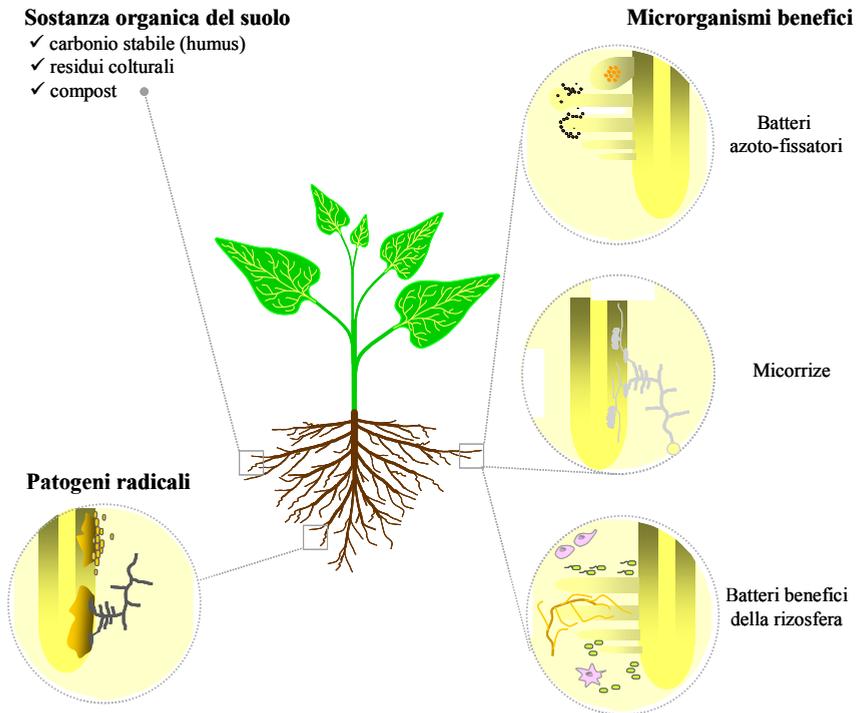


Figura 1 - Rappresentazione schematica dell'interazione tra apparato radicale e sostanza organica, patogeni radicali e microrganismi benefici che vivono nella rizosfera. E' importante ricordare che tutti questi elementi sono presenti contemporaneamente nella rizosfera ed interagiscono tra di loro. Il ruolo della sostanza organica nel mediare l'interazione tra pianta, patogeni e microrganismi benefici è stato poco investigato.

4. L'utilizzo degli ammendanti organici per il controllo delle malattie delle piante

Numerosi studi hanno dimostrato che l'applicazione di ammendamenti organici al suolo può essere una tecnica molto efficace nel controllare le malattie causate da patogeni come *Fusarium* spp., *Phytophthora* spp., *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia* spp., *Sclerotium* spp., *Thielaviopsis basicola* e *Verticillium dahliae*. Diversi meccanismi, complementari fra

loro, sono in grado di spiegare la capacità soppressiva degli ammendanti organici:

- 1) l'introduzione di microrganismi benefici con capacità antagonista verso i patogeni (Hoitink e Boehm, 1999);
- 2) l'aumento della competizione per le risorse nei confronti degli agenti patogeni in grado di indurre la fungistasi;
- 3) il rilascio di composti fungitossici durante la decomposizione della materia organica;
- 4) l'induzione di resistenza sistemica nelle piante ospiti.

Tuttavia, nonostante i potenziali benefici derivanti dall'uso degli ammendanti organici, esistono una serie di fattori che ne limitano l'applicazione pratica. Ad esempio, alcuni studi hanno mostrato come l'efficacia degli ammendanti organici sia molto variabile e, in alcuni casi, possono addirittura incrementare l'incidenza e la severità della malattie (Bonanomi *et al.*, 2010). Gli effetti negativi degli ammendanti organici sono da mettere in relazione con un possibile incremento dell'inoculo di patogeni fungini a seguito del loro utilizzo saprofitario della materia organica, oppure al rilascio di composti fitotossici durante la decomposizione, che possono danneggiare le radici delle piante e renderle, quindi, più suscettibili all'attacco degli agenti patogeni. L'elevata variabilità nell'efficacia degli ammendanti organici, con effetti sia soppressivi (i.e. riduzione delle malattie), che conduttivi (i.e. aumento delle malattie) ha determinato una profonda disaffezione da parte degli agricoltori per l'uso di questi materiali. Inoltre, nonostante gli sforzi della ricerca e della sperimentazione in materia, risulta ancora difficile prevedere l'effetto di un determinato ammendante su specifici patogeni. Nella sezione successiva sarà analizzata la capacità soppressiva dei diversi tipi di ammendanti organici.

4.1 I materiali organici e la loro soppressività.

I materiali organici, dal punto di vista della loro origine, possono essere classificati in quattro gruppi principali:

1. compost, 2. residui colturali, 3. torbe, 4. rifiuti organici. Il

compost è il materiale organico sottoposto a decomposizione aerobica biologica, in cui temperature di 40-70 °C vengono raggiunte nella fase termofilica come risultato dell'attività microbica. Questo processo consente sia la sanificazione del materiale (da patogeni umani, patogeni vegetali oltre che dai semi delle erbe infestanti) che la sua stabilizzazione. I residui colturali comprendono i materiali colturali non decomposti (steli, radici, foglie, ecc.). La torba è un prodotto naturale derivato dal progressivo accumulo di materiale vegetale (composto da muschi e piante superiori) parzialmente decomposto in condizioni di bassa temperatura e limitato contenuto di ossigeno. I rifiuti organici sono la categoria più eterogenea in quanto comprendono tutti i materiali organici non compresi nei precedenti tre classi, come il letame e i materiali organici derivanti da diversi processi dell'agro-industria come la farina di origine animale, della lavorazione della carta, i residui dei frantoi oleari oltre a molte altre tipologie.

Considerando assieme tutti i tipi di materiali organici, Bonanomi et al. (2007) ha riportato che questi hanno un effetto soppressivo verso le malattie nel 45% dei casi mentre nel 20% degli studi si rilevava un aumento dell'incidenza dei patogeni (Figura 2a). La capacità di contenere le malattie è però notevolmente influenzata dal tipo di materiale organico considerato (Figura 2a). I compost e i rifiuti organici sono i materiali che più spesso mostrano capacità soppressive (>50%), e solo in pochi casi questi materiali incrementano l'incidenza delle malattie (<12%). L'effetto dell'interramento dei residui colturali è più variabile e, anche se spesso hanno effetto soppressivo (45%), in un'elevata frequenza dei casi tali materiali incrementano l'incidenza delle malattie (28%). Infine, le torbe solo raramente risultano soppressive (4% dei casi). La capacità soppressiva degli ammendanti organici è dipendente, però, anche dalla specie del patogeno considerato (Figura 2b).

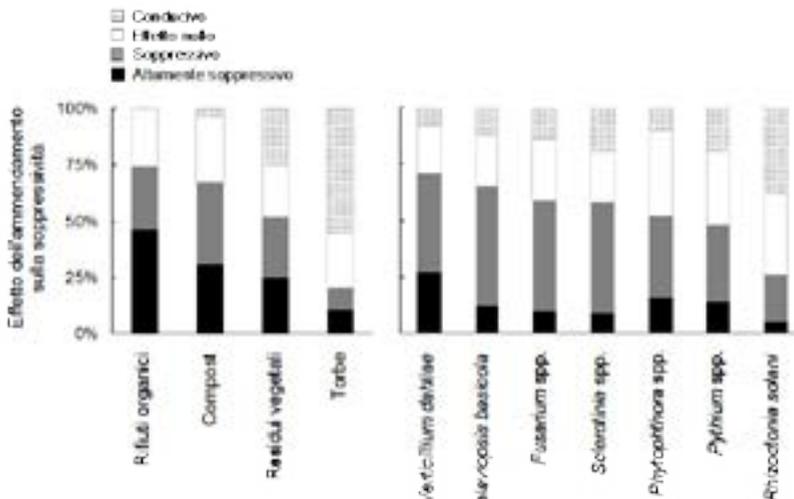


Figura 2. Effetto degli ammendanti organici sulla soppressione delle malattie (nero = effetto altamente soppressivo, grigio scuro= effetto soppressivo, bianco = effetto nullo, punteggiato = effetto conducivo) in relazione a differenti tipi di materiali organici (a) e a differenti agenti patogeni fungini (b) (modificato Bonanomi *et al.*, 2007).

Il controllo di patogeni come *Verticillium dahliae* e *Thielaviopsis basicola* è rilevata in molti casi (>65%). Una buona efficacia è stata riscontrata (>50%) anche per specie appartenenti ai generi *Fusarium* spp., *Sclerotinia* spp. e *Phytophthora* spp. ed in misura lievemente inferiore per *Pythium* spp.. Al contrario, *Rhizoctonia solani* è il patogeno di più difficile controllo mediante l'utilizzo di sostanza organica (Figura 2b). Un aumento dell'incidenza della malattia a seguito dell'applicazione di ammendanti è un fenomeno relativamente raro (<15%) per *Verticillium* spp., *T. basicola*, *Fusarium* spp. e *Phytophthora* spp., mentre è più comune per *Sclerotinia* spp. e *Pythium* spp.. *R. solani* risulta nuovamente un'eccezione. Il controllo di *R. solani* mediante l'ammendamento organico è notoriamente difficile. Alcuni autori (Hoitink e Boehm, 1999) riportano che il controllo di *R. solani* può essere raggiunto

solo in presenza di microbi antagonisti specifici (ad esempio *Trichoderma* spp.). Ovviamente, questa microflora specifica non è sempre presente in tutti i tipi di sostanza organica. Il controllo di patogeni quali *Pythium*, *Fusarium* e *Phytophthora*, invece, è stato spesso legato alla soppressione generale indotta dall'applicazione di ammendamenti. In questo caso, la diversità microbica presente nella sostanza organica è in grado di creare un ambiente competitivo che risulta soppressivo per i patogeni. In questo contesto, alcuni studi hanno dimostrato che specifiche tipologie di rifiuti organici e residui vegetali caratterizzati da un basso rapporto C/N sono molto efficaci nel controllo di *Verticillium* spp., *T. basicola* e *Phytophthora* spp.. Infine, l'uso di torba nella maggior parte dei casi non è una tecnica utile per il controllo dei patogeni anche se alcuni studi hanno riportato che le torbe "bionde" sono in grado di sopprimere *Pythium* spp. nelle coltivazioni in vivaio. Hoitink e Boehme (1999) sostengono che la limitata capacità soppressiva della torba è determinata dal suo basso contenuto di carboidrati e composti organici facilmente biodegradabili che non possono sostenere l'attività di microrganismi benefici capaci di attività antagonista verso i patogeni. Questa ipotesi è avvalorata dalla constatazione che la torba "bionda", più ricca di carboidrati, è in grado di sostenere un'attività microbica superiore rispetto alle torbe "brune" che non sono mai soppressive verso *Pythium*.

Non è semplice spiegare le differenti risposte dei patogeni all'ammendamento con SO, ma parte della variabilità osservata è legata alla capacità saprofitaria dei diversi patogeni. Diverse specie appartenenti al genere *Pythium* sono saprofiti aggressivi, in particolare in presenza di SO non decomposta come sono i residui vegetali ed i sovesci (Manici *et al.*, 2004). La rapida germinazione delle spore e l'elevato tasso di crescita di *Pythium*, insieme alla sua capacità di colonizzare i tessuti senescenti, sembra conferire a questo microrganismo un vantaggio rispetto alla microflora saprofitica presente nel suolo. Anche *R. solani* è un fungo con spiccata capacità saprofitica ed è altamente polifago, ma in confronto a *Pythium* spp. è più competitivo in presenza di substrati complessi

ricchi di cellulosa. Questa capacità, in parte determinata dall'ampio "arsenale" di enzimi che è in grado di produrre, rende *R. solani* in grado di utilizzare materiali con una vasta gamma di rapporti C/N. Al contrario, *V. dahliae* e, soprattutto, *T. basicola* hanno limitate capacità saprofitiche. Purtroppo però ancora insufficienti sono le attuali conoscenze circa l'ecologia della fase saprofitaria della maggior parte dei patogeni tellurici.

5. Verso una gestione razionale degli ammendanti organici

La diversità dei tipi di SO utilizzati in agricoltura e la varietà dei sistemi pianta-patogeno rende difficile formulare delle indicazioni generali sull'utilizzo corretto degli ammendanti organici. Tuttavia, alcuni suggerimenti per una razionale gestione degli ammendanti organici in chiave fitosanitaria sono riportati nelle sezioni successive.

5.1 Residui colturali e rifiuti organici. La SO può avere sia effetti diretti che indiretti sui sistemi pianta-patogeno (Figura 1). Capire l'importanza relativa di questi effetti è particolarmente importante per una corretta gestione dei residui colturali e dei rifiuti organici. Per questi materiali, l'equilibrio tra gli effetti negativi (dovuti alla fitotossicità e all'effetto di stimolo nutrizionale verso gli agenti patogeni) e gli effetti positivi (dovuti al rilascio di molecole fungitossiche e/o all'induzione della fungistasi) è un aspetto chiave per evitare effetti negativi sulla produttività delle colture.

Risultati promettenti sono stati ottenuti con *T. basicola* e *V. dahliae*. Numerosi studi hanno dimostrato che il temporaneo accumulo (alcuni giorni) di ammoniaca e/o acido nitroso (in terreni acidi), in seguito all'applicazione di residui colturali o di rifiuti organici ad alto contenuto di azoto (rapporto C/N inferiore a 10), sono in grado di eradicare i microsclerozi di *Verticillium*. Purtroppo, questi effetti sono variabili tra i diversi tipi di suolo e, tale tecnica è più efficace in suoli sabbiosi e poveri di SO.

Risultati positivi sono stati ottenuti anche utilizzando SO con rapporto C/N elevato (>30). Questi materiali possono stimolare l'attività microbica, che può a sua volta ridurre la disponibilità di azoto minerale per i patogeni che così vedono compromessa la loro capacità di attaccare la pianta. Tuttavia, l'induzione della "fame" azotata a seguito dell'applicazione di SO con alto rapporto C/N può anche inibire la crescita delle piante attraverso lo stesso meccanismo.

Un altro aspetto di grande importanza è la corretta gestione della fitotossicità della SO. Per evitare effetti fitotossici dovrebbe essere sempre comparata la tempistica di applicazione della SO con il calendario dei trapianti. In generale è consigliabile attendere 20-30 giorni prima del trapianto a seguito dell'interramento con SO non precedentemente stabilizzata. Tale periodo di tempo può divenire sensibilmente più lungo se il suolo rimane asciutto o se ci troviamo in condizioni di ristagno idrico. In entrambe le condizioni il processo di decomposizione viene ad essere rallentato e con esso la degradazione delle molecole fitotossiche. In tale contesto, un caso particolare è l'utilizzo di materiali organici non stabilizzati in combinazione con la solarizzazione (biofumigazione). In tali condizioni ecologiche la decomposizione della materia organica avviene in condizioni anaerobiche, in quanto il telo solarizzante riduce gli scambi gassosi del suolo, producendo notevoli quantità di molecole ad azione fungitossica in grado di eradicare numerosi patogeni tellurici.

Infine, l'interramento di residui colturali deve essere evitato o gestito con particolare attenzione se i problemi fitopatologici sono dovuti a *Pythium* spp. o *R. solani*. Come descritto in precedenza, questi agenti patogeni spesso rispondono positivamente all'ammendamento grazie alle loro spiccate capacità saprofitarie.

5.2 Compost. Il materiale organico di origine, il livello di stabilizzazione, e la quantità applicata al suolo sono i fattori più importanti che devono essere presi in considerazione per gestire correttamente l'utilizzo del compost. La fitotossicità si manifesta

solo raramente con compost, ed è limitata ai materiali immaturi o non correttamente stabilizzati (Zucconi *et al.*, 1981) e quando le dosi di applicazione sono molto elevate. A differenza dei rifiuti organici e dei residui colturali, la capacità di soppressione del compost è solo in pochi casi imputabili ad una eradicazione degli agenti patogeni. L'induzione di fungistasi o della resistenza sistemica nella pianta sono i meccanismi che determinano l'effetto soppressivo dei compost.

I compost sono spesso molto efficaci per il controllo di diverse specie di *Fusarium* spp., sebbene siano ancora poco chiari i meccanismi alla base di tale azione soppressiva. Nel caso di *Pythium*, le risposte sono spesso variabili. Inoltre, una serie di recenti studi non sono riusciti a identificare parametri chimici o microbiologici in grado di prevedere la capacità soppressiva dei compost. Un parametro promettente è l'attività enzimatica misurata mediante l'idrolisi della florescina diacetato (FDA). In diversi studi l'FDA è risultata correlata positivamente con la soppressività verso *Pythium*. Il controllo di *R. solani* mediante il compost è pratica di difficile gestione. In base agli studi disponibili risulta difficile selezionare i compost soppressivi in base alle analisi chimiche e microbiologiche. Per esempio, Tuitert *et al.* (1998) hanno rilevato che alcuni compost immaturi e molto maturi erano soppressivi, ma ad un livello di maturità intermedio i compost favorivano la diffusione di questo patogeno.

5.3 Torba. La torba è il materiale più utilizzato per la preparazione delle miscele utilizzate in vivaio, sia per la coltivazione di specie orticole che ornamentali. Le caratteristiche chimiche stabili, le ottime proprietà fisiche come la capacità di ritenzione idrica, la porosità, il pH controllabile e l'assenza di fitotossicità sono i principali vantaggi di questo substrato organico. Purtroppo però questo materiale non è quasi mai soppressivo verso i patogeni tellurici. In quest'ottica, l'applicazione combinata di torba e compost soppressivi a dosaggi relativamente bassi (ad esempio, 10% v / v), appare una prospettiva promettente. In un recente studio,

Pane *et al.* (2011) hanno dimostrato che l'aggiunta di compost a basse dosi alla torba era in grado di controllare patogeni come *Pythium*, *Sclerotinia* e *R. solani*.

6. Conclusioni

Negli ultimi 70 anni un'enorme mole di studi ha indagato la possibilità di utilizzare la SO per il controllo delle malattie delle piante e, questa tecnica appare una delle più promettenti per il suo basso costo ed il limitato impatto ambientale. Al contempo però, la SO presenta una serie di aspetti che ne limitano la diffusione nel mondo agricolo (fitotossicità ed efficacia variabile). Non vi è dubbio che gli effetti benefici degli ammendamenti superano di gran lunga i loro effetti negativi. Tuttavia, fino a quando l'impatto di questa tecnica sulle popolazioni dei patogeni e la soppressione della malattia rimangono imprevedibili, gli agricoltori saranno giustificati nell'ignorare tale tecnica come strumento efficace per il controllo dei patogeni tellurici.

7. Referenze citate

Bonanomi, G., Antignani, V., Pane, C., Scala, F. 2007. Suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments. *Journal of Plant Pathology* 89: 311-340.

Bonanomi, G., Antignani, V., Capodilupo, M., Scala, F. 2010. Identifying the characteristics of organic soil amendments that suppress soilborne plant diseases. *Soil Biology & Biochemistry* 42: 136-144.

Bonanomi, G., D'Ascoli, R., Antignani, V., Capodilupo, M., Cozzolino, L., Marzaioli, R., Puopolo, G., Rutigliano, F.A., Scelza, R., Scotti, R., Rao, M.A., Zoina A. 2011a. Assessing soil quality under intensive cultivation and tree orchards in Southern Italy. *Applied Soil Ecology* 47:184-194.

Bonanomi, G., Incerti, G., Barile, E., Capodilupo, M., Antignani, V., Mingo, A., Lanzotti, V., Scala, F., Mazzoleni, S. 2011b. Phytotoxicity, not nitrogen immobilization, explains plant litter

inhibitory effects: evidence from solid-state ^{13}C NMR spectroscopy. *New Phytologist* 191: 1018-1030.

Hoitink H.A.J., Boehm M.J., 1999. Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate-dependent phenomenon. *Annual Review of Phytopathology* 37: 427-446.

Manici L.M., Caputo F., Babini V., 2004. Effect of green manure on *Pythium* spp. population and microbial communities in intensive cropping systems. *Plant and Soil* 263: 133-142.

Noble R., Coventry E., 2005. Suppression of soil-borne plant diseases with composts: a review. *Biocontrol Science and Technology* 15: 3-20.

Pane C, Spaccini R, Piccolo A, Scala F, Bonanomi G. 2011. Compost amendments enhance peat suppressiveness to *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia minor*. *Biological Control* 56: 115-124

Tuitert G., Szczach M., Bollen G.J., 1998. Suppression of *Rhizoctonia solani* in potting mixtures amended with compost made from organic household waste. *Phytopathology* 88: 764-773.

Zucconi F. 1996. Declino del suolo e stanchezza del terreno. Edizioni Spazio Verde, Padova.

Zucconi F., Forte M., Monaco A., De Bertoldi M., 1981. Evaluating toxicity of immature compost. *Biocycle* 22: 54-57.



Elementi di base per la realizzazione del compostaggio nell'azienda agricola

Giuseppe Celano

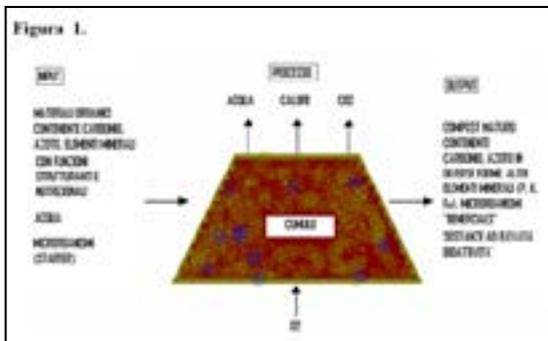
DICEM - Università degli Studi della Basilicata

Via S. Rocco - Matera - Italy - e-mail: giuseppe.celano@unibas.it

1. Cos'è il compostaggio?

Il compostaggio è una fermentazione aerobica in stato solido, esotermica, attivata da microrganismi (*biomassa attiva*), di norma naturalmente associati alle matrici sottoposte al trattamento.

Nel corso di questo processo bio-ossidativo il substrato organico eterogeneo di partenza (*biomassa substrato*) subisce, in tempi ragionevolmente brevi (alcune settimane), profonde trasformazioni delle caratteristiche fisico-chimiche e biologiche (ma-

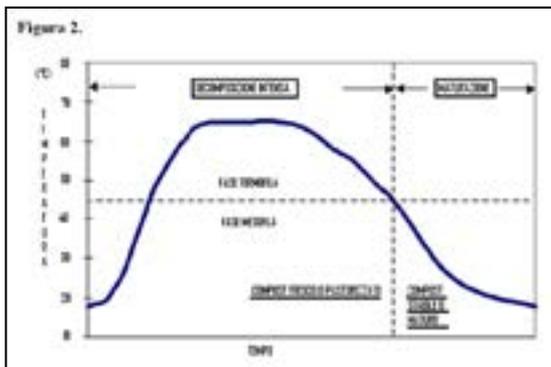


turazione) intrinseche, con riduzione della degradabilità (stabilizzazione), e, parallelamente, con una parziale mineralizzazione ed umificazione del carbonio organico.

*Il processo trasforma il substrato organico di partenza in un prodotto più stabile chiamato **COMPOST**.*

Il compostaggio, come detto, è presieduto dai microrganismi

che degradano, in maniera più o meno spinta, il substrato organico di partenza producendo anidride carbonica, acqua, calore e sostanza organica stabilizzata, cioè non suscettibile di ulteriori repentine trasformazioni biologiche (Figura 1). Dal punto di vista strettamente operativo il processo è suddiviso in un primo periodo di *decomposizione intensa*, costituita dalla fase mesofila iniziale (latenza) e dalla fase termofila di stabilizzazione, ed in un secondo periodo di *maturazione*, corrispondente alla fase di raffreddamento e di maturazione mesofila (Figura 2). L'iniziale decomposizione



del substrato è dovuta all'intervento di specie microbiche mesofile che utilizzano rapidamente i composti solubili e facilmente degradabili. Il calore prodotto dall'attività di questi micro-organismi

riscalda il materiale organico a causa della scarsa conducibilità termica dello stesso. Il progressivo accumulo di calore determina ben presto il superamento del limite della fase mesofila (circa 45°C).

Con l'aumento della temperatura si verifica una progressiva sostituzione dei microorganismi mesofili con quelli termofili alcuni dei quali sono capaci di svolgere le normali attività metaboliche anche a temperature superiori ai 70°C. Comunque, già il raggiungimento o superamento della soglia dei 55°C determina la disattivazione di un gran numero di microorganismi, ivi comprese le specie patogene per l'uomo e per le piante. Per i semi delle erbe infestanti, invece, sono necessarie temperature non inferiori a 60 °C. Al di sopra dei 65 °C la maggior parte dei microbi muoiono e il tasso di decomposizione tende ad annullarsi. Per tali ragioni

è necessario ridurre, quanto possibile, il tempo di permanenza del substrato a tali temperature.

Nel corso della fase termofila si registra una spinta per la degradazione dei componenti semplici (p. es. proteine, grassi) e di carboidrati complessi come cellulosa ed emicellulosa. Ciò determina un rapido consumo dei composti ricchi di energia, e una conseguente riduzione della temperatura del cumulo. Le nuove condizioni consentono alle popolazioni microbiche mesofile, responsabili dei processi di umificazione, di ricolonizzare il substrato e dare avvio alla successiva fase di maturazione del compost.

2. I principali parametri del processo

2.1. La temperatura

L'evoluzione della temperatura del cumulo è un indicatore dell'attività microbica. La sua misurazione giornaliera consente di valutare eventuali deviazioni del processo dal "normale" andamento (Figura 2). La temperatura nella fase iniziale del processo di compostaggio (I settimana) dovrebbe aumentare piuttosto rapidamente in relazione all'intensa attività microbica che si registra a carico del materiale più facilmente degradabile.

Il mancato innalzamento della temperatura può essere dovuto a diversi fattori tra cui: aerazione insufficiente, squilibri nei livelli di carbonio e azoto, umidità troppo bassa o troppo alta, bassi valori di pH, elevata dispersione termica verso l'esterno, presenza di sostanze inibenti l'attività microbica.

Con il procedere della decomposizione, il substrato si compattava e causa una progressiva riduzione della porosità con ostacolo alla circolazione dell'aria. Tale fenomeno si verifica in cumuli con poco materiale ligno-cellulosico o con materiale strutturante ad azione temporanea (es. paglia), oppure nei casi di eccesso d'acqua libera. In tali casi, l'aggiunta di materiale strutturante che consente di aumentare la porosità generale del cumulo, è in grado di migliorarne le caratteristiche idrologiche e riportare il contenuto in umidità alle condizioni ideali.

L'insufficiente riscaldamento iniziale può anche essere dovuto ad eccessive perdite di calore verso l'esterno. Questo si verifica, in particolare, quando si realizzano cumuli con elevato rapporto superficie esposta/volume, e in presenza di temperature esterne basse. In questi casi è necessario rimodellare il cumulo verso rapporti superficie/volume con un aumento dell'inerzia termica. Il mancato aumento di temperatura può essere dovuto, inoltre, a bassi livelli della popolazione microbica iniziale dovuta all'utilizzo di substrati "puliti" (es. carta) e/o recalcittranti (es. materiale da conifere) per cui si ha un prolungarsi della fase di latenza. L'aggiunta nella miscela iniziale di uno *starter* quale può essere rappresentato da un compost maturo o da letame (1-2% del volume totale) consente in molti casi di risolvere il problema. Anche la scarsa umidità può essere causa di un mancato riscaldamento del cumulo, che sarà facilmente ripristinato mediante il giusto apporto di acqua che di fatto favorisce la vitalità microbica. Raggiunta la fase ad elevata temperatura, il substrato permane in tali condizioni per tempi variabili in relazione ai ritmi di arieggiamento (insufflazione/rivoltamento) ed alla disponibilità idrica. In particolare, in questa fase, una limitata disponibilità idrica e/o una ridotta azione dissipativa del calore con insufflazioni e/o rivoltamenti determina un inutile prolungamento dei tempi di permanenza ad elevata temperatura.

Superata la fase termofila, il substrato presenta un decremento della temperatura che indica l'entrata del processo nell'importante fase della maturazione del compost. Bisogna fare comunque attenzione a riduzioni della temperatura non legate all'entrata nella fase di maturazione. In questi casi, arieggiando il substrato e/o irrigandolo si osserva un importante innalzamento della temperatura indice di incompleto superamento della fase attiva.

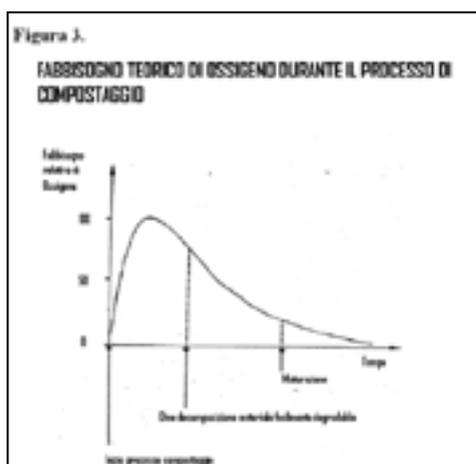
La fase di maturazione è caratterizzata da andamenti termici ad onda che seguono i cicli di arieggiamento e umidificazione e che si attestano su valori di circa 35-40°C.

Come e dove misurare la temperatura?

La distribuzione della temperatura all'interno di un cumulo/andana non è uniforme. Nel cumulo, ad esempio, si osserva un gradiente crescente dalla porzione centrale (*core*) verso l'esterno. In genere, le temperature elevate si rilevano fino a 30 cm dalla superficie. Ed è qui che si suggerisce di effettuare la misura per monitorare il parametro. La misura si può realizzare con termosonde reperibili sul mercato a costi estremamente contenuti (<100 €), di facile utilizzo, che consentono di effettuare molte misure in pochi minuti.

2.2 L'ossigeno (aerazione)

Il compostaggio consuma notevoli quantità di ossigeno soprattutto nella prima fase in cui la disponibilità di materiale facilmente degradabile è notevole (Figura 3.).



In tale fase la concentrazione di ossigeno non dovrebbe essere inferiore al 10%. In presenza di una scarsa ossigenazione, la microflora anaerobica prende il sopravvento portando alla produzione di composti maleodoranti e ad elevata fitotossicità quali: ammonio, acidi grassi volatili, idrogeno solforato, mercaptani.

L'aerazione del materiale in fase di compostaggio oltre a garantire l'ossigenazione del cumulo concorre alla dissipazione del calore, all'eliminazione del vapor d'acqua ed all'allontanamento di altri gas intrappolati nei pori del substrato. Spesso l'estensione e la frequenza degli interventi di aerazione sono per lo più dettati dalla necessità di

rimuovere il calore piuttosto che di apportare ossigeno. Nella fase di maturazione occorre ricercare concentrazioni di ossigeno intorno al 5% che consentono efficienti processi umificativi senza determinare fenomeni di “incenerimento” del materiale organico, per eccessiva mineralizzazione. Condizioni micro-ossidative si conseguono riducendo i turni di insufflazione o di rivoltamento.

Come e dove misurare la concentrazione di ossigeno?

La misura della concentrazione di ossigeno è un evento piuttosto raro nella pratica del compostaggio nell’azienda agricola. Essa è comunque tecnicamente fattibile essendo disponibili sul mercato dispositivi combinati per la misura della concentrazione di O₂ e di CO₂ nel substrato. La misura è opportuno condurla nei volumi dove ci si attende una maggiore attività degradativa (*core*) e quindi dove maggiore è la probabilità di raggiungere valori critici della concentrazione di O₂.

2.3 L’umidità

L’acqua è una componente essenziale per la vita dei microorganismi. Questi necessitano di un ambiente acquoso in cui muoversi, utilizzare le sostanze nutritive, realizzare le reazioni chimiche vitali. Condizioni di saturazione idrica del cumulo possono ostacolare la libera circolazione dell’aria e creare disponibilità di ossigeno insufficienti a sostenere la respirazione aerobica dei microorganismi. Il contenuto di umidità ideale per il compostaggio dovrà pertanto essere un compromesso tra livelli di umidità compatibili con la vita dei microorganismi e livelli di porosità sufficienti a mantenere le condizioni aerobiche. Il contenuto di umidità raccomandato è del 40-65%, per valori inferiori al 15% l’attività microbica cessa. Un’altra funzione dell’umidità è quella di raffreddare il cumulo. L’evaporazione dell’acqua determina il raffreddamento del substrato. Il contenuto di umidità del compost se non adeguatamente controllato può cambiare molto durante il compostaggio.

Come e dove misurare l'umidità?

L'umidità deve essere monitorata durante il processo per orientare eventuali interventi atti a mantenere una sufficiente disponibilità idrica e porosità. Il test del pugno (Figura 4) è di facile applicazione nell'azienda agraria per la valutazione della umidità della miscela in compostaggio. Misure di maggiore precisione si possono realizzare essiccando i substrati in stufa (105° per 4 ore) e pesando i campioni con una bilancia tecnica, prima e dopo l'essiccazione. La misura dell'umidità deve essere realizzata preferibilmente considerando il profilo del cumulo.



Infatti di sovente, soprattutto nei cumuli ad insufflazione forzata, insufficientemente irrigati e con arieggiamenti eccessivi, si realizza un essiccamento nel centro del cumulo e nei primi centimetri esterni. La scarsa disponibilità idrica è dovuta nel primo caso all'azione disidratante dell'insufflazione, nel secondo alle perdite per evaporazione superficiale. In queste situazioni occorre irrigare abbondantemente e realizzare turni di insufflazione raccorciati e di breve durata.

2.4 Caratteristiche del substrato

Nella preparazione della miscela di substrati da avviare al compostaggio i materiali da utilizzare vengono di solito classificati in *nutrizionali*, *strutturanti* e *correttivi o additivi*. Il materiale nutrizionale è quello che presenta una maggiore suscettività alla degradazione e che in generale interviene nel processo con volumi maggiori. I correttivi o additivi sono costituenti che intervengono in quantitativi minimi con la funzione di correggere il pH, di

bilanciare carenze nutrizionali oppure, come nelle tecniche biodinamiche di compostaggio, di biostimolare l'attività microbiologica o attrarre i lombrichi. I materiali strutturanti (*bulking materials*) si identificano con materiali ligno-cellulosici con funzione di fornire porosità permanente e struttura alla miscela sottoposta a compostaggio. Il materiale strutturante è caratterizzato da scarsa degradabilità dovuta sia alla sua composizione biochimica sia alla ridotta superficie di esposizione all'attività microbica. E' sostanzialmente costituita da pezzetti di legno di taglia variabile tra gli 0,5 e 5 cm che attraversano quasi indenni il ciclo di compostaggio e che possono essere, pertanto, recuperati tramite vagliatura del compost finito ed essere riutilizzati (sovvallo) in un ciclo successivo. Molto spesso l'agente strutturante svolge anche un'importante funzione di correttivo degli eccessi idrici avendo un'elevata capacità disidratante.

2.5 Il rapporto carbonio/azoto (C/N)

Il rapporto C/N dei substrati è un parametro molto importante da considerare nella costituzione del cumulo da compostare. Il C/N ha grande effetto sul processo di compostaggio ed è fortemente correlato al contenuto in elementi nutritivi delle matrici organiche. In generale, un C/N equilibrato (20-40) comporta contenuti accettabili dei nutritivi. Il carbonio è utilizzato sia come sorgente di energia che per la crescita microbica. Una quota del carbonio è respirato e rilasciato come CO₂ mentre la restante parte è combinato con l'azoto per la crescita microbica. Ciò determina un maggiore impoverimento in carbonio del substrato rispetto all'azoto anch'esso usato per la sintesi dei corpi microbici e quasi completamente riciclato alimentando il turnover dei microorganismi. L'azoto incorporato nelle cellule diviene nuovamente disponibile quando i microorganismi muoiono.

Le maggiori perdite in carbonio rispetto all'azoto determinano un progressivo decremento del rapporto C/N nel corso del

compostaggio (Figura 5).

Nei processi di compostaggio si suggeriscono valori iniziali del C/N dei substrati di 20 – 40. Se C/N è elevato si verifica un eccesso di carbonio rispetto all'azoto con un rallentamento del processo di degradazione. Infatti, l'azoto risulta un fattore limitante per cui neces-

sitano differenti cicli vitali per ridurre il C/N ai valori ideali. Nel caso in cui il C/N risulta inferiore a 20 il fattore limitante diventa il carbonio per cui i microorganismi liberano ammonio o ammoniaca (NH_4^+ , NH_3) che può raggiungere concentrazioni tossiche nel cumulo e andare incontro a perdite per via gassosa o per lisciviazione.

Un aspetto importante da considerare è che il C/N misurato del substrato può non riflettere la quantità di nutrienti effettivamente disponibile per i microorganismi. Infatti i composti del carbonio presentano una diversa degradabilità che segue l'ordine riportato in Figura 6. Invece, le molecole azotate mostrano, in generale, una degradabilità comparabile. Quindi il C/N ha un valore, pur

se importante, orientativo per la costituzione dell'opportuna miscela da avviare al compostaggio. Il calcolo del C/N della miscela da compostare è realizzabile agevolmente utilizzando il software **COnF** realizzato dalla Regione Campania e scaricabile gratuitamente dal sito regionale.

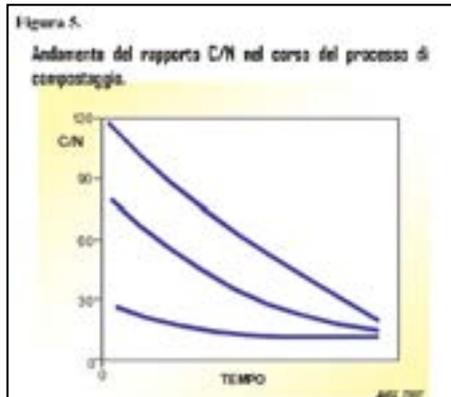


Figura 6.

Degradabilità componenti organici	
Composti organici	Degradabilità
Zuccheri	Alta
Amidi, glicogeno, peptine	
Acidi grassi, lipidi, fosfolipidi	
Amino acidi	
Proteine	Media
Emicellulose	
Cellulose	
Lignocellulose	Bassa
Lignine	

2.6. Le caratteristiche fisiche

Le caratteristiche fisiche più importanti da considerare nel combinare i substrati da compostare sono: la porosità, la tessitura e la struttura. Esse influenzano in modo determinante l'aerazione, la velocità della decomposizione, la capacità del sistema cumulo di sostenere un ambiente aerobico.

La porosità. Essa è una misura degli spazi vuoti all'interno del cumulo ed influenza la resistenza alla circolazione dell'aria all'interno della miscela. Se nei pori prevale l'acqua, la circolazione dell'aria è ostacolata, si riduce l'ossigeno disponibile per i microorganismi per cui le popolazioni con metabolismo anaerobico diventano prevalenti. Per ottenere una buona porosità occorre utilizzare materiale uniforme per determinare una continuità degli spazi abbinato a particelle più grandi per incrementare la dimensioni dei pori e avere bassa resistenza alla circolazione dell'aria.

Tessitura. Indica la distribuzione relativa delle particelle tra classi granulometriche. Quanto più la tessitura è fine tanto maggiore è la superficie esposta alla decomposizione microbica. In compenso, minore sarà la porosità.

Struttura. Si riferisce alla capacità di resistere alla compattazione ed alla sedimentazione. E' un parametro chiave per la realizzazione di una miscela con buona porosità iniziale e stabile durante il processo di compostaggio.

La dimensione ideale delle particelle deve essere un compromesso tra il conseguimento di tre obiettivi: massimizzazione della porosità, massimizzazione dell'area di superficie e massimizzazione della stabilità della struttura.

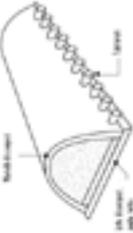
3. Quale metodo di compostaggio adottare?

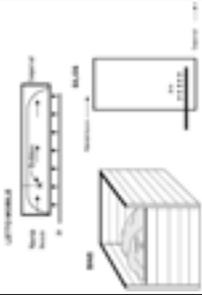
Diversi sono i metodi di compostaggio applicabili nell'azienda agricola per la produzione di compost. La scelta del metodo più opportuno dipende da diversi fattori: produzione giornaliera di

substrati compostabili, qualità dei substrati, disponibilità di spazio e di attrezzature, tempi di compostaggio, investimento economico destinabile all'attività.

In relazione agli aspetti di cui sopra l'imprenditore può orientarsi al metodo più appropriato alle specifiche condizioni. Le diverse tecnologie si differenziano essenzialmente per la soluzione adottata ad assicurare l'ossigenazione della miscela di compostaggio per sostenerne la bio-ossidazione in tempi più o meno rapidi.

Nel panorama tecnologico, si riconoscono essenzialmente quattro tipologie generali di metodi di compostaggio: il *compostaggio in cumuli passivi*, il *compostaggio in cumuli statici ad aerazione passiva*, il *compostaggio in cumuli statici ad aerazione attiva*, il *compostaggio in sistemi confinati*. Ciascuna tipologia si articola in una vasta gamma di sistemi applicativi. Di seguito sono riportati in forma schematica i vantaggi e gli svantaggi relativi ai singoli sistemi.

METODI DI COMPOSTAGGIO	Vantaggi	Svantaggi
<p data-bbox="329 1324 361 1525">Cumuli passivi</p> 	<ul data-bbox="164 687 312 1281" style="list-style-type: none"> • Minimi costi di gestione. • I cumuli formati necessitano di essere rivoltati occasionalmente per ripristinare la porosità. • Richiedono bassi costi di investimento. In genere, per la gestione, sono sufficienti le normali macchine usualmente disponibili in azienda. 	<ul data-bbox="164 238 696 657" style="list-style-type: none"> • Il processo di compostaggio è molto lento in quanto l'aerazione è passiva e i rimescolamenti rari. • Il tempo di completamento del processo è vicino all'anno per giungere ad un prodotto maturo. • Elevato potenziale di sviluppo di cattivi odori in quanto è molto probabile il compattamento del materiale e la perdita di una adeguata aerazione. • I cumuli devono presentare dimensioni inferiori rispetto agli altri metodi in quanto si devono conseguire rapporti superficiali di scambio/volume elevate. • Se i cumuli sono realizzati senza alcuna copertura sono sensibili alle condizioni ambientali. Un clima freddo può rallentare il processo mentre precipitazioni intense possono determinare fenomeni di lisciviazione dei nutrienti e condizioni di asfissia. Condizioni di clima caldo possono essiccare il compost e ritardare/impedire il processo di maturazione.
<p data-bbox="802 1312 825 1576">Cumulo ad aerazione passiva</p> 	<ul data-bbox="725 706 821 1281" style="list-style-type: none"> • Non è richiesto il rivoltamento. • Il mantello di compost o di paglia ritiene cattivi odori e nutrienti • Metodo meno costoso del cumulo ad aerazione forzata in quanto non richiede l'acquisto. 	<ul data-bbox="725 238 1051 657" style="list-style-type: none"> • Il compostaggio è fortemente influenzato dal clima. • Non utilizzabile per materiali che tendono a compattare e che quindi richiedono rivoltamenti per ricostituire la porosità. • Il mix iniziale è fondamentale per mantenere una buona aerazione durante il compostaggio. • I fori dei tubi possono essere facilmente otturati dal materiale organico così da impedire l'aerazione • Installazione e rimozione dei tubi può essere problematica con necessità di sostituzione parziale o totale degli stessi.

<p style="text-align: center;">Cumulo statico aerato</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizza lo spazio in modo efficiente in quanto non necessita aree per l'operatività del rivoltatore. • La dimensione dei cumuli può essere maggiore degli altri sistemi in quanto l'aerazione è forzata. • L'aerazione forzata abbrevia i tempi richiesti per il compostaggio. • I ventilatori azionati a controllo di tempo o di temperatura consentono una rigorosa regolazione del processo di compostaggio e la produzione di un ammendante di qualità elevata e costante. • Uccisione elevata dell'agente patogeno di aumento di temperatura. • Lo strato isolante sul mucchio contribuisce a realizzare le più alte temperature così come impedisce le perdite eccessive di ammoniaca. • Questo strato riduce l'intensità degli odori. • Richiede l'investimento di capitali più basso che i dispositivi confinati che impiegano l'aerazione forzata. • Le pompe a controllo di temperatura o controllate con timer consentono variazioni di temperature minime ed una ottima qualità del compost ottenuto. • Le temperature elevate raggiungibili consentono un miglior controllo dei patogeni e riducono le perdite di ammonio. • L'intensità dei cattivi odori è ridotta. • Richiede minori investimenti di capitale rispetto ai sistemi confinati (in-vessel) che impiegano l'aerazione forzata. 	<ul style="list-style-type: none"> • Possono verificarsi dei percorsi preferenziali dell'aria nel cumulo che provocano un compostaggio irregolare e un prodotto non uniforme. Ciò può verificarsi in presenza di materiale non correttamente miscelato. • I fori dei tubi si possono otturare impedendo l'aerazione. Problema difficilmente superabile in quanto i tubi sono immersi alla base del cumulo. • Richiede investimenti in capitale per l'acquisto delle pompe, dei tubi, ecc. • L'aerazione forzata tende ad essiccare il cumulo ed a impedire il processo di stabilizzazione del compost.
<p style="text-align: center;">Sistemi confinati (in-vessel systems)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Sono situati generalmente all'interno o sotto una calotta di protezione, che riduce la vulnerabilità del materiale del compost all'azione degli agenti meteorologici e il potenziale degli odori. • Il buon controllo degli odori è realizzato diluendo l'aria interna con l'aria esterna o dirigendo gli flussi degli odori verso un sistema di abbattimento. • L'esposizione ridotta agli agenti climatici consente di conseguire grande qualità e consistenza del prodotto. • Utilizzano in modo efficiente lo spazio. • Tranne che per i bins, questi sistemi richiedono meno lavoro che le andane perché usano un processo di rivoltamento automatizzato o un meccanismo di auto-rimescolamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Richiede elevato capitali per l'acquisto, la manutenzione ed il funzionamento del sistema di rivoltamento automatico. • Il sistema è sensibile ad eventuali rotture meccaniche. • Nei bins eccessivamente alti si possono verificare fenomeni di compattazione e aerazione inadeguata. • In generale, questi sistemi hanno meno flessibilità rispetto ad altri in termini di localizzazione e attrezzature.

Bibliografia consultata

ANPA. (2002). Il recupero di sostanza organica dai rifiuti per la produzione di ammendanti di qualità. Manuali e linee guida 7/2002. ANPA - Unità Normativa Tecnica. pp 204

Graves R. E., Hattermer G. M., Stettler D., (2000). Chapter 2: Composting. Part 637 Environmental Engineering National Engineering Handbook. NRCS National Production Services, Fort Worth, Texas.



Impiego dei derivati del compost nella difesa e biostimolazione delle colture

Massimo Zaccardelli

CRA - Centro di Ricerca per l'Orticoltura
Via dei Cavalleggeri 25, Pontecagnano (SA)
e-mail: massimo.zaccardelli@entecra.it

Introduzione

Lo sviluppo dei sistemi di compostaggio idonei alla produzione di compost di qualità, tra i quali quelli aziendali (in inglese “on-farm”) (Zaccardelli *et al.*, 2010), ha aperto la strada a differenti modi di utilizzo dei compost, oltre che come ammendanti per migliorare la nutrizione delle piante e la struttura fisica, la fertilità biologica e la soppressività naturale dei suoli. Tra gli usi alternativi dei compost si ricorda il loro impiego in sostituzione, almeno parziale, della torba ad uso hobbistico e vivaistico; come agenti di bioremediation per il recupero ed il disinquinamento dei suoli; come fonte di sostanze umiche, molecole organiche solubili aventi effetto diretto su alcuni processi metabolici delle piante grazie alla loro particolare struttura molecolare; per la produzione di estratti acquosi e, infine, per la produzione di tea di compost (CT). L'estrazione in acqua delle sostanze presenti nei compost avviene quasi istantaneamente nel giro di qualche ora: pertanto, la composizione del formulato liquido dipende solo da quella del compost di origine. I CT, invece, essendo prodotti in seguito ad un processo di ossidazione o fermentazione, presentano caratteristiche chimiche e microbiologiche nuove.

I CT sono in grado di produrre effetti benefici quando applicati alle piante mostrando interessanti capacità soppressive nei confronti dei patogeni delle colture influenzando, inoltre, la fisiologia della pianta, stimolando quest'ultima nella crescita e nell'utilizzo più efficiente dei nutrienti, con conseguenti ripercussioni positive sulla qualità e quantità della produzione (Zaccardelli *et al.*, 2012).

Definizione e produzione dei tea di compost

I tea di compost sono preparati organici ottenuti dall'ossidazione (CT areati) o fermentazione (CT non areati), generalmente in acqua e per un periodo variabile da alcune ore a una o due settimane, di compost di qualità. I CT sono, di fatto, una sospensione acquosa di microrganismi utili e molecole organiche ed inorganiche idrosolubili estratte da compost, aventi proprietà biostimolanti sull'accrescimento delle piante e di difesa da malattie soprattutto di origine fungina. La produzione di CT avviene entro biofermentatori (**figure 1 e 2**) di costruzione più o meno semplice ma comunque capaci, nel caso di CT areati, di fornire una quantità di ossigeno sufficiente ed uniforme della massa ed un'efficiente estrazione del compost, opportunamente collocato in un sacco permeabile riposto dentro il bio-fermentatore. L'ossigenazione della biomassa liquida può essere attuata mediante il continuo ricircolo del liquido estraente oppure mediante insufflazione attiva e periodica di aria con un compressore. E' stato indicato in 1:10 il rapporto ottimale compost/acqua per assicurare uno scambio continuo tra le due fasi e il mantenimento del livello di ossigeno superiore alla concentrazione limite di 6 ppm.

E' possibile anche sostituire totalmente il liquido estraente acqua con vari reflui di scarto provenienti dall'industria agro-alimentare (siero di latte, latticello, borlanda, melasse ecc.). Nel caso di sostituzione parziale dell'acqua con additivi, oltre alle sostanze di scarto prima menzionate è possibile aggiungerne altre quali caseine e farine di pesce. Il fine di queste sostituzioni totali o parziali è quello di migliorare la qualità e l'efficacia delle componenti biotiche e abiotiche. Gli additivi possono incidere

in maniera efficace sulla comunità microbica del tea di compost aumentando, per esempio, la biodiversità, ma rischiano di stimolare lo sviluppo di batteri pericolosi per la salute umana quali, ad esempio, *Escherichia coli*. Per questo motivo, è preferibile usare come liquidi estraenti semplicemente acqua, a meno che non si ricorre ad un'analisi microbiologica del prodotto finale.



Fig. 1. Esempio di un rudimentale estrattore per la produzione di tea di compost.



Figura 2. Dispositivo per la produzione di tea di compost areati.

Composizione dei tea di compost

I CT contengono in soluzione numerose sostanze organiche (soprattutto acidi umici e fulvici) ed inorganiche (N, P, K e altri ioni minerali) ad azione nutritiva di pronto effetto. Generalmente, la salinità dei CT non raggiunge valori tossici per le piante. Se il compost di origine non è di qualità, in particolare per il contenuto in metalli pesanti, elementi quali il piombo, il cadmio, il rame e il ferro possono essere rilasciati al CT in forma prontamente biodisponibile nell'ambiente. Se il compost è, invece, di qualità, la concentrazione di metalli pesanti nel CT è molto bassa e l'impatto sull'ambiente sicuramente trascurabile (Palese *et al.*, 2011), soprattutto se paragonato all'apporto di compost.

Nei CT sono presenti numerosissimi microrganismi comprendenti batteri, attinomiceti, lieviti e funghi, sia saprofiti che micorrizici. Alcuni ricercatori hanno chiarito che è la diversità, piuttosto che l'abbondanza, il principale fattore di qualità microbiologica dei CT. I microrganismi dei CT sono capaci di conferire al tea proprietà di controllo biologico di funghi fitopatogeni e di biostimolazione dell'accrescimento e produttività delle colture.

Biostimolazione delle specie ortive mediante tea di compost

Gli effetti di biostimolazione dovuti all'applicazione dei CT consistono in aumenti di biomassa vegetale e di produzione e, più in generale, in una "spinta" fisiologica. Sono stati descritti effetti diretti e/o indiretti sulla nutrizione delle piante, attività ormono-simili, miglioramento dell'efficienza fotosintetica, inoculo di microrganismi utili per la nutrizione delle piante e per la promozione della crescita e il miglioramento delle condizioni fitosanitarie.

Esistono numerosi risultati in letteratura circa l'impiego di CT come biostimolanti organici in orticoltura.

Recentemente (Pane *et al.*, 2012) sono stati ottenuti risultati molto interessanti su pomodoro da industria irrorato, ogni 7-10 giorni, con CT ottenuti da compost di origine vegetale. Questi

trattamenti hanno determinato incrementi di produzione di bacche molto elevati (in media 46%), oltretutto in assenza di trattamenti fungicidi. Questo risultato, confermato anche nei due anni seguenti (dati non ancora pubblicati) evidenzia come i CT possano svolgere la duplice azione di biostimolazione e protezione. Nell'attività di biostimolazione registrata per i compost tea la componente abiotica, in particolare quella riferita agli acidi umici, sembra giocare un ruolo importante. È stato riportato, infatti, che tali molecole possono indurre incrementi produttivi mediante azione diretta sulla fisiologia e nutrizione delle piante anche quando applicati in forma purificata.

Impiego dei tea di compost nella protezione delle colture orticole

La difesa delle colture agrarie avviene mediante l'impiego di fungicidi di sintesi che, purtroppo, contrasta con la crescente richiesta di riduzione degli input chimici in agricoltura. La ricerca di alternative eco-compatibili ha stimolato lo studio di nuovi formulati naturali per la lotta ai patogeni fungini. Tra questi, i CT stanno riscuotendo un grande interesse nel mondo agricolo, grazie alla loro concreta capacità di sostituirsi, parzialmente o totalmente, ai fungicidi tradizionali nel controllo di molte malattie crittogamiche di colture agrarie.

Sono stati ipotizzati diversi meccanismi per spiegare la soppressività dei CT nei riguardi di patogeni delle piante. Il principale contributo alla soppressività proviene dai microrganismi antagonisti presenti nei CT. Infatti, in seguito alla sterilizzazione, i CT possono andare incontro ad una drastica riduzione della loro efficacia di biocontrollo. I microrganismi contenuti nei CT possono esplicare la propria azione antagonistica attraverso i classici meccanismi di micoparassitizzazione, antibiosi e competizione per lo spazio, per i nutrienti e per i siti di infezione. Non sempre, però, la comunità microbica dei CT è essenziale ai fini del controllo delle malattie. E' stato infatti ipotizzato che anche la componente abiotica del CT può avere un ruolo importante nel determinare

la soppressività. Nutrienti e molecole organiche, come sostanze umiche e fenoliche contenute nel tea, possono a loro volta contribuire in maniera significativa alla protezione della pianta mediante l'esplicarsi di effetti di tossicità diretta che inibiscono e/o limitano l'attività del fungo fitopatogeno. Frazioni umiche (acidi umici e fulvici) e frazioni humus-simili sono composte da molecole organiche naturali bioattive che possono influenzare direttamente e/o indirettamente la pianta e/o il patogeno ed essere, quindi, capaci di indurre la soppressione delle malattie. In tal caso, però, i meccanismi di azione non sono pienamente conosciuti, sebbene recenti studi hanno dimostrato una relazione significativa tra le proprietà chimiche e funzionali di tali gruppi di sostanze e la loro capacità di inibire i funghi fitopatogeni. Inoltre, gli effetti di tali molecole possono determinare il miglioramento dello stato nutrizionale e fisiologico delle piante che esibiscono minore suscettibilità alle avversità biotiche. Miscele di acidi umici e fulvici applicate a suoli naturalmente infetti da *Fusarium* spp., per esempio, hanno determinato un incremento significativo della biomassa radicale ed una riduzione della severità dei marciumi parassitari in pomodoro. La frazione umica può sortire un effetto soppressivo diretto anche nei confronti di *Pythium ultimum*. Recentemente è stata dimostrata l'efficacia di acidi umici quali induttori di resistenza a *Fusarium oxysporum* in soia, al pari di molecole come il BTH, tradizionalmente dotate di questo tipo di meccanismo d'azione.

Nella maggior parte dei casi, le due componenti dei CT, biotica ed abiotica, svolgono funzioni complementari e sinergiche che si riflettono sulle proprietà soppressive dei CT. La pressione selettiva esercitata dalla componente abiotica dei CT nei riguardi della microflora residente, contribuisce a definirne la struttura ed il grado di biodiversità. Inoltre, non deve essere trascurato il ruolo che i metaboliti secondari prodotti dai microrganismi durante la fermentazione, possono giocare nel determinismo della soppressività. Componente biotica ed abiotica dei CT possono indurre resistenza sistemica nell'ospite e rivelare un altro meccanismo

d'azione ampiamente riportato per tali formulati organici in piante di zucca e in piante di pomodoro e cipolla trattate con CT non areati, nei riguardi di *Alternaria solani* e *A. porri*, rispettivamente.

I CT sono stati studiati su molti sistemi orticoli. Per alcune specie, come per esempio il pomodoro, questi formulati sembrano essere in grado di agire su un quadro fitopatologico molto ampio, essendo stati provati con successo nel controllo di numerose malattie fungine, quali oidi (*Oidium neolycopersici*, *Leveillula taurica* e *Erisiphe polygoni*), peronospora (*Phytophthora infestans*), muffa grigia (*Botrytis cinerea*) alternariosi (*Alternaria* spp.), septoriosi (*Septoria lycopersici*), radice suberosa (*Pyrenochaeta lycopersici*) e rizottoniosi (*Rhizoctonia solani*). Inoltre, sempre in pomodoro, sono state riportate applicazioni di CT anche per la soppressione di alcune malattie batteriche, come la picchiettatura causata da *Pseudomonas siringae* pv. *tomato* e la macchiettatura causata da *Xanthomonas vesicatoria*. Su patata, applicazioni di CT in pieno campo si sono dimostrate incoraggianti per il contenimento di diversi patogeni di questa specie, tra cui: *Helminthosporium solani*, *Alternaria solani*, *Fusarium* sp., *Rhizoctonia solani* e *Phytophthora infestans*. Recentemente (Celano, com. pers.), trattamenti alle radici con CT sono stati capaci di controllare il marciume della lattuga causato da *Sclerotinia sclerotiorum*.

Le variabili del processo produttivo dei CT influenzano in modo profondo la complessità microbiologica e molecolare di questi composti organici dalla quale dipende, in gran parte, lo sviluppo di un'azione soppressiva nei riguardi dei patogeni delle piante. Tra i parametri del processo di produzione dei CT la qualità del compost e l'impiego di additivi, sia in fase di fermentazione che in quella di uso, sembrano in grado di influenzare maggiormente l'efficacia del preparato, rispetto ad altre variabili. Compost dotati di proprietà soppressive sono potenzialmente in grado di generare CT di alta qualità e particolarmente efficaci nelle attività di biocontrollo. Oltre alle caratteristiche intrinseche, anche l'età del compost può indirizzare la qualità del prodotto finale. Una ricerca recente ha dimostrato che CT areati, prodotti da compost

immaturi testati sul sistema fava/muffa grigia (*Botrytis cinerea*), sono risultati maggiormente soppressivi rispetto a quelli derivanti da compost più stabili.

Sempre per il controllo di muffa grigia, risultati interessanti sono stati ottenuti anche su pomodoro utilizzando diversi CT (**figura 3**).

L'aggiunta di additivi quali nutrienti che promuovono la crescita microbica e/o sostanze ad azione antifungina come gli acidi umici e/o antagonisti per la produzione di formulati bioattivi, in genere esaltano le potenzialità dei CT soppressivi, aumentandone l'efficienza ed ampliandone lo spettro d'azione. L'aggiunta di additivi anche in piccole dosi può dare effetti macroscopici. Il siero di latte, per esempio, aggiunto al CT all'atto del trattamento, alla concentrazione finale di appena l'1%, ha determinato una significativa riduzione dei sintomi di peronospora (*Phytophthora infestans*) su patata. Tra i rimanenti parametri di produzione, l'areazione non sembra molto determinante ai fini dell'efficacia del CT. Comparazioni dirette di CT areati e non areati non hanno mostrato differenze significative nella soppressione.

L'applicazione dei formulati organici a scopo di difesa, in genere è realizzato alla stregua dei fungicidi tradizionali presenti in commercio, cioè mediante la bagnatura fogliare o attraverso quella delle radici delle piante, agevolata da macchine irroratrici e/o minisprinkler. Nel caso della distribuzione dei CT bisogna fare attenzione alle pressioni di esercizio, che non devono eccedere oltre certi livelli onde preservare l'integrità della microflora residente. I CT possono essere applicati mediante irrorazioni fogliari sia in fase preventiva che curativa. Un lavoro condotto con diversi CT ha indicato che le applicazioni preventive del tea sono più efficaci di quelle curative, come conseguenza della possibilità di sviluppo epifita dei microrganismi del tea e le maggiori possibilità di interazione di questi con i propaguli infettivi del patogeno. I CT sono in genere impiegati tal quali o ulteriormente diluiti da 1:5 a 1:10. Le dosi di impiego in pieno campo sono calibrate sul tipo di patogeno da controllare e sul tipo di coltura da protegge-

re. In genere, variano da circa 50 fino a 140 L ha⁻¹ nel caso di *Phytophthora infestans* su patata e fino a circa 900 L ha⁻¹ per il controllo di *Septoria lycopersici* su pomodoro.

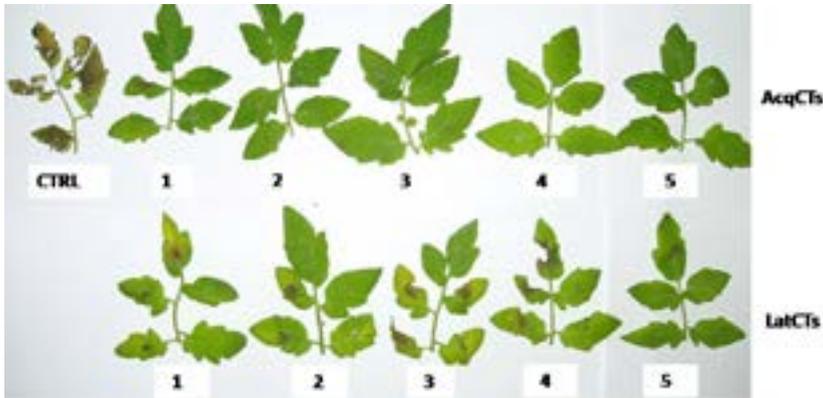


Figura 3. Controllo di *Botrytis cinerea* su pomodoro mediante differenti tea di compost areati. Quelli contrassegnati con AcqCTs sono stati prodotti utilizzando acqua come liquido estraente, mentre quelli contrassegnati con LatCTs sono stati prodotti utilizzando siero di latte come estraente. I numeri indicano differenti tipi di compost.

Conclusioni

Il miglioramento della produzione dal punto di vista quantitativo e qualitativo attraverso l'impiego di un solo prodotto ad azione congiunta biostimolante e protettiva, rappresenta un obiettivo molto ambito per l'agricoltore.

La semplice tecnologia di produzione dei tea di compost anche mediante sistemi "on-farm" rende possibile un auto-provvigionamento con bassissimo costo per l'azienda agraria. L'impiego di formulati organici nella biostimolazione e difesa delle specie di interesse agrario rappresenta una delle strategie più efficaci per la realizzazione di produzioni a basso impatto ambientale e con notevole beneficio salutistico, in quanto viene limitato al massimo l'uso di input chimici di sintesi (concimi minerali e fitofarmaci). Alla luce di tutto questo, il tea di compost è uno dei prodotti più

innovativi disponibili oggi per l'agricoltore. Grazie ai progressi della ricerca, in futuro si andrà verso tea di compost sempre di più migliorati ed efficienti, arricchiti cioè in quelle componenti, sia biotiche che abiotiche, maggiormente responsabili degli effetti di biostimolazione e difesa.

Ringraziamenti

Si ringraziano il Mi.P.A.A.F. per aver finanziato il progetto "Pro.Vi.Se.Bio.", la Regione Campania-Se.Si.R.C.A. per il finanziamento del progetto "FARMCOMPOST" e l'UE (fondi PSR 2007-2013 Regione Campania, Misura 124) per il finanziamento del progetto "BIOCOMPOST".

8. Bibliografia citata

Palese A.M., Pane C., Quinto G.A., Vилlecco D., Zaccardelli M., Celano G., 2011. Caratterizzazione di tea-compost ottenuti con differenti additivi. Atti del Convegno Nazionale "Recupero delle biomasse agricole, agroindustriali e urbane attraverso il compostaggio. Effetti dell'impiego dei compost in orticoltura", Scafati, 6-7 ottobre 2011.

Pane C., Vилlecco D., Zaccardelli M., Ronga D., Celano G., 2012. Il compost-tea su pomodoro dà più resa e migliore qualità. *L'Informatore Agrario* 7: 43-45.

Zaccardelli M., Vилlecco D., Pane C., Ragosta G., Palese A.M., Celano G., 2010. Realizzazione di un sistema di compostaggio on farm dei residui di pomodoro. *Biologi Italiani* 8: 63- 67.

Zaccardelli M., Pane C., Scotti R., Palese A.M., Celano G., 2012. Impiego di compost-tea come biopesticidi e biostimolanti in orticoltura. *Italus Hortus* 19: 17-28



immagine & comunicazione

TIPOLITOGRAFIA • RILIEVOGRAFIA
STAMPA METALLIZZATA • STAMPA DIGITALE
FORNITURE PER ENTI-COMUNI-SCUOLE-UFFICI

Libri • Giornali • Manifesti • Volantini • Calendari • Moduli continui e fiscali • Timbri
Striscioni • Sacchetti e Shoppers • Carta da banco e da regalo • Targhe • Rileg. tesi

BARONISSI (Salerno) via Cutinelli, 26
tel/fax 089.878.018