



Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo

Volume 54

No. 3 2005

La pubblicazione di questo volume ha ricevuto il contributo finanziario dell' Università Cattolica sulla base di una valutazione dei risultati della ricerca in essa espressa

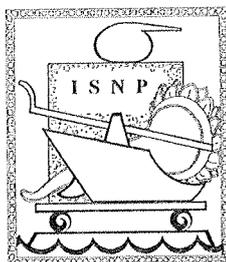


Convegno

Substrati colturali: proposte per una loro normazione

Piacenza, 14-15 ottobre 2004
Università Cattolica del Sacro Cuore
Via Emilia Parmense, 84

a cura di Sandro Silva, Anna Benedetti, Maria Marchionni e Claudio Baffi



FEDERCHIMICA
ASSOFERTILIZZANTI

Associazione Nazionale Fertilizzanti



STABILITÀ BIOLOGICA E MATURITÀ DEI SUBSTRATI

Fabrizio Adani

Dipartimento di Produzione Vegetale, Università degli Studi di Milano, Via Celoria 2, 20133 Milano, fabrizio.adani@nimi.it

Riassunto

I concetti di stabilità biologica e maturità dei substrati devono essere definiti in modo inequivocabile al fine di proporre metodi per la loro misura il più possibile corretti. In tale contesto, il presente lavoro vuole contribuire alla miglior definizione dei parametri suddetti, anche alla luce di quanto recentemente si sta discutendo in sede Europea. Il testo riporta, inoltre, due proposte analitiche, frutto del lavoro scientifico del Dipartimento di Produzione Vegetale - Università degli Studi di Milano, per la misura della stabilità biologica e della maturità di substrati organici. La prima proposta, si riferisce alla determinazione della Stabilità Biologica per mezzo di un test respirometrico dinamico, ormai di riconosciuta validità scientifica ed in corso d'approvazione quale metodo UNI. La seconda, prende spunto dalla metodica analitica relativa ad un test di vegetazione proposto per la determinazione della maturità di substrati, divenuta metodo ufficiale della Regione Lombardia.

Parole chiave: compost; maturità; stabilità biologica; substrati.

Growing media: biological stability and maturity

Abstract

The terms biological stability and maturity need to be better defined before that method for their measurements can be proposed. Here I give a correct definitions of both terms taking into consideration how discussed, also, at EU level. Biological stability can be determined by the Dynamic respiration Index, which is now discussed at National level to become official method. On the other hand, maturity can be measured by using a vegetative test. In this way, methods reported by the Regione Lombardia is discussed and proposed.

Key words: biological stability, compost, growing media, maturity.

Introduzione

I processi biologici quali il compostaggio, il bioessiccamento e la biostabilizzazione, hanno quale obiettivo la totale o parziale degradazione della frazione organica fermentescibile per ottenere un prodotto stabile, maturo ed umificato. I concetti di stabilità biologica, maturità ed umificazione sono stati in passato oggetto di molte interpretazioni e spesso usati, erroneamente, quali sinonimi. Appare opportuno dunque fornire un'esatta definizione di questi concetti, in anche virtù delle discussioni in atto a livello sia Nazionale sia Comunitario (CEN TC 223 - Soil Improver and Growing Media). Solo in seguito ad una loro univoca definizione si potrà procedere alla proposta di metodi analitici atti alla loro corretta determinazione.

Stabilità biologica

La stabilità biologica indica lo stato in cui, garantite le condizioni ottimali per l'esplicarsi delle attività microbiologiche in condizioni aerobiche (ottimizzazione dei parametri chimico-fisici), i processi di biodegradazione si presentano alquanto rallentati (Adani, 2002).

Da un punto di vista matematico, da studi effettuati presso il Di.Pro.Ve., una cinetica di degradazione dei solidi volatili di primo ordine individua uno stato di non Stabilità Biologica.

Al contrario, cinetiche di degradazione d'ordine superiore (secondo e terzo) individuano il raggiungimento della Stabilità Biologica.

Più in generale molte sono state le proposte di definizione di "stabilità biologica". Recentemente un *desk study*, condotto nell'ambito di un progetto Europeo (Horizontal Project) ha dato le seguenti definizioni che riporto integralmente (Cooper, 2004):

"The level of activity of the microbial mass" (Butler et al 2001, in Cooper, 2004).

"A stage or state of organic matter decomposition during composting which is related to the type of organic compounds remaining and the resultant biological activity in the material" (Californian Compost Quality Council 2001; in Cooper, 2004); "The degree of biological decomposition that composting feedstock's have achieved" (The Composting Association 2001; in Cooper, 2004); "The point at which the rate of oxygen consumption is reduced so that

anaerobic or odorous; conditions are not produced to the extent that they cause problems with storage and end use of the product" (Haug 1993, in Cooper, 2004); "The point where readily degradable substrate is diminished so that its decomposition rate does not; control the overall rate of decomposition" (McAdams and White, 1996 in Cooper, 2004). "The actual point reached in the biodegradation process; the degree of decomposition, that is, the extent to which the composting reaction has advanced" (Stentiford 2000; in Cooper, 2004); 'Stabilisation' means the reduction of the decomposition properties of Biowaste to such an extent that offensive odours are minimal and that either Respiration Activity after four days (AT4) is below 10 mg O₂/g dm or the Dynamic Respiration Index is below 1,000 mg O₂ g VS⁻¹ h⁻¹ (CEC 200,1 in Cooper, 2004) "Stable, stabilized, stability – degree of biodegradation at which the rate of biological activity under conditions favourable for aerobic biodegradation has slowed and microbial respiration will not re-surge under altered conditions, such as manipulation of moisture and oxygen levels or temperature" (PAS 100 2002, in Cooper, 2004). Project HORIZONTAL also uses the terms "Stability" and "Dynamic respiration Index".

Tutte le definizioni sopra riportate, concordano che la stabilità biologica è funzione dell'attività biologica e perciò la sua misura dovrà essere strettamente legata alla determinazione di quest'ultima.

In passato sono stati proposti molti metodi analitici per determinare la stabilità biologica (Iannotti *et al.*, 1992). Tra di essi i metodi che misurano l'attività respirometrica hanno ricevuto molta attenzione dai ricercatori (Iannotti *et al.*, 1993). I test di respirazione stimano la produzione di anidride carbonica (Naganawa *et al.*, 1990) o il consumo di ossigeno della biomassa (Iannotti *et al.*, 1992). I metodi basati sull'evoluzione di CO₂ sono economici ma non differenziano tra produzione aerobica ed anaerobica di CO₂ (Lasaridi e Stentiford, 1996) ed inoltre non tengono conto che il grado di ossidazione della materia organica influenza il consumo di ossigeno per mole di CO₂ prodotta. La misura del consumo di ossigeno, perciò, è preferita come metodo respirometrico ed è stata proposta come metodo

standard per la determinazione della Stabilità Biologica (ASTM, 1992; ASTM, 1996; The US Composting Council, 1997 a,b). I test di respirazione basati sulla misura del consumo di ossigeno possono essere classificati in metodi statici e dinamici, a seconda che la misura del consumo d'ossigeno sia effettuata in assenza (statico) (Iannotti *et al.*, 1993) o presenza (dinamico) (ASTM, 1996) di aerazione continua della biomassa. I metodi statici, condotti a volume costante (Nicolardot *et al.*, 1982) o a pressione costante (Van Der Werf *et al.*, 1987), presentano lo svantaggio di limitare la diffusione e la dispersione dell'ossigeno nella biomassa rallentando, di fatto, i processi di degradazione della sostanza organica (Paletski e Young, 1995). Inoltre, l'impossibilità di allontanare l'aria esausta dalla biomassa, riduce ulteriormente l'attività biologica sia in seguito alla diminuzione del pH che per il realizzarsi di fenomeni di tossicità diretta dovuti all'accumulo di CO₂ o di altri gas di fermentazione (Paletski e Young, 1995). Risulta inoltre difficile, con tali metodi, stimare l'entità degli spazi vuoti ottenendo quindi un dato respirometrico non rigoroso. Conseguenza di tutto ciò risulta essere la sottostima del consumo di ossigeno (Muller *et al.*, 1998). L'indice dinamico proposto da ASTM (1996) risulta invece macchinoso rendendo la determinazione routinaria di lunga durata e pertanto molto costosa. In tempi recenti è stato messo a punto presso il DiProVe sez. FCA un nuovo metodo di misura per la determinazione dell'indice respirometrico di tipo dinamico (Adani *et al.* 2004), metodo ufficiale della Regione Lombardia ed inoltre recentemente indicato quale misura della stabilità biologica dalla Comunità Europea (European Community, 2001) ed in numerosi altri atti legisla-

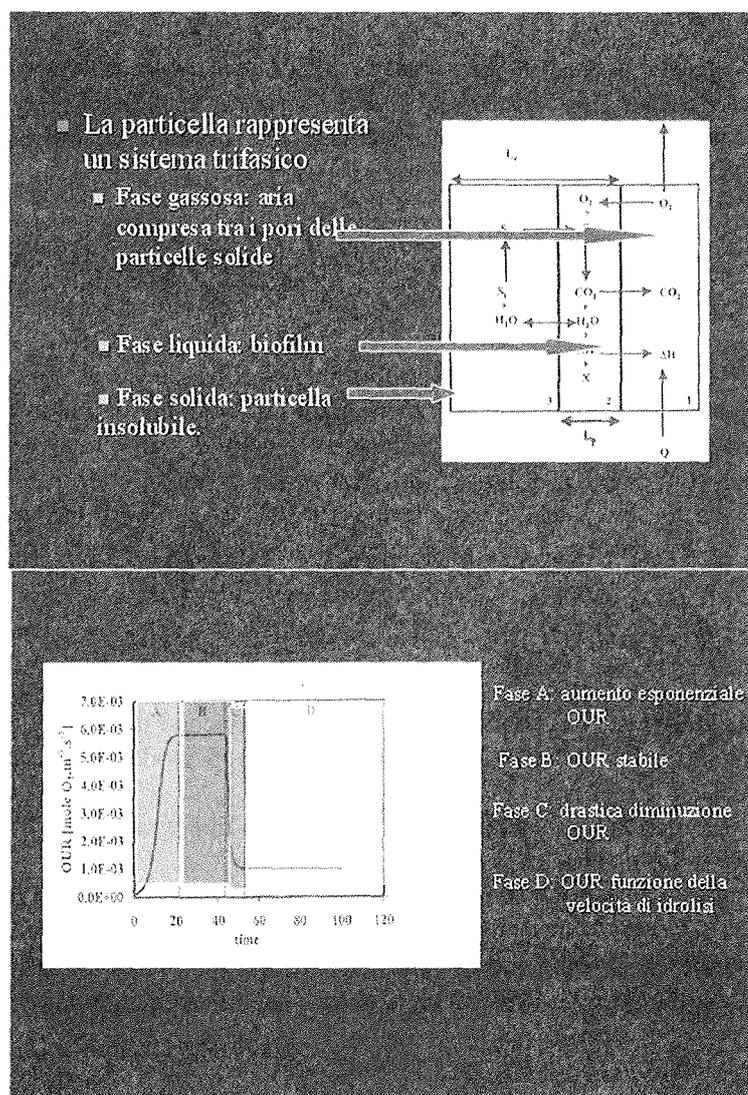


Figura 1. Schema semplificato di un sistema trifasico solido-liquido-gas di una particella solida (in alto) e dell'uptake d'O₂ durante un processo di degradazione biologica aerobico (in basso) (Hamelers, 2001, modificata)

tivi italiani. Il metodo, in via d'approvazione quale metodo UNI, è in grado di descrivere su scala di laboratorio i processi di degradazione della frazione organica facilmente disponibile.

La misura dell'uptake di ossigeno (OUR) in condizioni dinamiche, cioè in presenza d'aerazione continua, ed in respirometro adiabatico (OUR = IRD), cioè in modo tale da evitare la dispersione del calore prodoto dalle reazioni aerobiche, permette di riprodurre correttamente i processi biologici di biodegradazione, come recentemente evidenziato da Adani *et al.* (2004), partendo da una descrizione dei processi biologici a mezzo di modelli. Il modello presentato nell'equazione da Hamelers (2001), descrive il processo aerobico a livello di una singola particella standard (fig.1). In realtà una matrice organica è formata da più particelle di dimensioni differenti (L_c); ecco quindi che il modello deve essere riadattato per un sistema a multiparticelle le quali, avendo dimensioni differenti, determineranno una distribuzione di dimensione delle particelle stesse (dimensione scalare della particella, ζ). Quindi, l'IRD di una particolare combinazione di particelle potrà essere calcolata come la media degli OUR delle singole particelle. Questo valore medio di IRD è determinato come l'integrale dell'IRD di una certa distribuzione di particelle con una certa dimensione (dimensione scalare della particella, ζ), che può variare da zero ad infinito e dalla probabilità di densità della dimensione stessa (fattore di omogeneità, γ_c). In parole povere, l'IRD assume lo stesso significato della singola particella, ma sono introdotti due nuovi parametri che tengono conto sia della distribuzione dimensionale delle particelle (ζ) sia della probabilità della presenza della dimensione stessa (γ_c).

Il modello, in seguito a semplificazioni e sostituzioni successive non riportate in questa sede (Hamelers, 2001), assume la forma seguente:

$$IRD(t) = \sqrt{\frac{\beta_{eff}}{\beta_{eff} + e^{-\mu t}}} \frac{IRD_{i\max}}{\gamma_c - 1} \int_{\zeta(t)}^{\infty} \zeta^{\gamma_c - 2} e^{-\zeta} d\zeta + A_h \int_{\zeta(t)}^{\zeta_s(t)} \zeta^{\gamma_c - 1} e^{-\zeta} d\zeta \quad (1)$$

in cui A_h : attività idrolitica, uguale a $k_n \cdot S_{i,t,ox}(t_s)$

Risolvendo l'equazione per $\gamma_c = 2$ (Hamelers, 2001) e considerando i termini a destra dell'equazione (1) come costanti ed uguali a A_h , l'IRD può essere modellizzato dall'equazione:

$$IRD(t) = \sqrt{\frac{\beta_{eff}}{\beta_{eff} + e^{-\mu t}}} IRD_{i\max} e^{-\zeta} + A_h \quad (2)$$

L'equazione suggerisce che per $t < t_s$ (t_s è lo switch time, il tempo nel quale è raggiunto l'IRD_i max) l'IRD dipende solo dal tasso di crescita microbica; alla fine di questa fase la frazione solubile delle particelle più piccole è completamente consumata.

Per $t \geq t_s$, si assume che il processo continui grazie all'esaurimento della frazione solubile delle particelle via via più grosse. In questo caso il substrato diventa fattore limitante e l'OUR è in funzione della dimensione scalare delle particelle (ζ).

Per $t \geq t_{s1}$ (t_{s1} è il tempo d'inizio della fase D dell'OUR), si assume che il processo continui attraverso la respirazione della frazione che diventa solubile dopo idrolisi. Se il tasso di idrolisi è minore del tasso di ossidazione come è di regola, l'attività idrolitica può essere direttamente misurata dall'OUR $t \geq t_{s1}$ (Hamelers, 2001) assumendo che $OUR_c = A_h$ (OUR_c è l'OUR misurato durante la fase D di curing) (Adani *et al.*, 2004). Per un breve periodo si può considerare che il tasso d'idrolisi (A_h) rimanga costante (fig.2).

La determinazione della stabilità biologica per mezzo dell'indice di respirazione dinamico ha ormai fondamento scientifico ed applicativo. Sono ormai circa 25 le apparecchiature scientifiche sul territorio Nazionale presso istituzioni scientifiche di prestigio (Istituto di Sanità, APAT, ARPA, Università di Bari etc.) e laboratori privati. La medesima metodica si

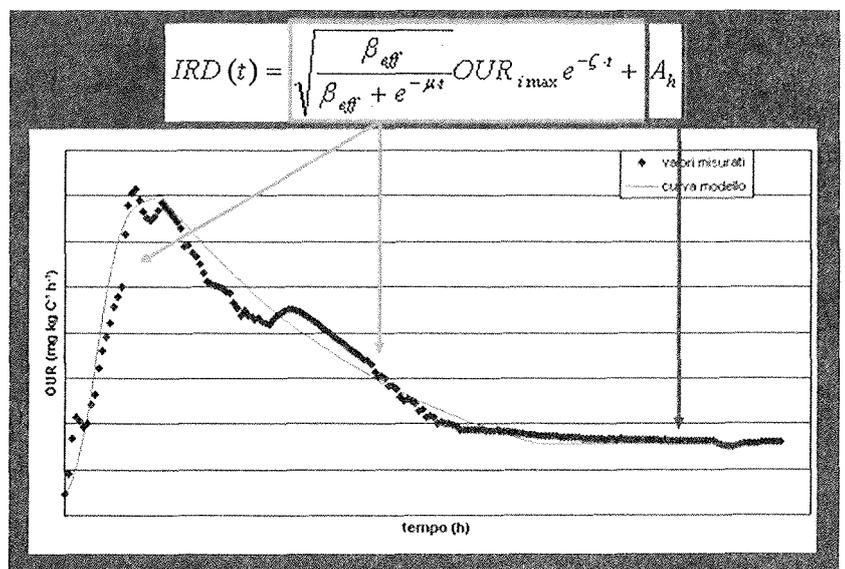


Figura 2. Tipico andamento di un indice di respirazione dinamico (IRD) in relazione al modello teorico riportato nell' Eq.2 nel testo

sta diffondendo in Europa (UK, Spagna, Slovacchia, Repubblica Ceca). Accordo vi è ormai anche sulla definizione dei limiti che identificano la stabilità biologica, riassunti in Tabella 1.

Tabella 1. Stabilità biologica: classi di stabilità proposte dall'ASTM e dalla Regione Lombardia (IRD_{DiProVe})

^a Compost Classi di stabilità	^a IRD _{ASTM} (mg O ₂ * kg SV ⁻¹ *96 h ⁻¹)	^b IRD _{cum} (mg O ₂ * kg SV ⁻¹ *96 h ⁻¹)	^c IRD _{DiProVe} (mg O ₂ * kg SV ⁻¹ *h ⁻¹)	^a Self-heating test Classi di stabilità
Compost 1	258,000			II
Compost 2	109,000			III
		57,190	1,000	
Compost 3	35,000			IV
Compost 4	23,000	28,950	500	IV
Compost 5	20,000			IV
Compost 6	8,000			IV

Stabilità Biologica

$$^a \text{da ASTM, 1996 ; IRD}_{\text{ASTM}} = \sum_{i=0}^{96} \text{DRI}_i$$

$$^b \text{IRD}_{\text{cum}} = \sum_{i=0}^{96} \text{DRI}_i$$

$$^c \text{IRD}_{\text{DiProVe}} = \sum_{i=0}^{24} (\text{DRI}_i) / 12$$

Maturità

Un substrato è considerato maturo, quando non mostra fenomeni di fitotossicità. Il raggiungimento della maturità è indipendente dalla stabilità biologica; n'è un esempio il fatto che molti fanghi biologici, a diversi stadi di digestione, presentano elevata instabilità biologica, pur non mostrando effetti di fitotossicità apprezzabile. Ciò nonostante, dipendendo la fitotossicità dalla presenza di metaboliti intermedi della decomposizione della sostanza organica, potrebbe esservi in taluni casi, una relazione diretta tra i due parametri.

Per una corretta valutazione della maturità, ci si affida a test ormai collaudati. Recentemente, un *desk study* condotto nell'ambito di un progetto Europeo (Horizontal project) ha messo in evidenza quanto segue (Baumgarten and Spiegel, , 2004):

Phytotoxicity is defined as a delay of seed germination, inhibition of plant growth or any adverse effect on plants caused by specific substances (phytotoxins) or growing conditions (PAS 100). If a phytotoxic effect of a certain material is stated, further investigations should be carried out to identify the specific cause.

Per la misura della fitotossicità ci si può riferire a numerose metodiche più o meno ufficiali quali:

ASTM: Method E1598-94: Practice for Conducting Early Seedling Growth Tests (1994); CEN/TC 223 (2003-07): Growing media-Biotest for assessment of phytotoxicity. ISO 11269-1: Soil Quality - Determination of the effects of pollutants on soil flora - Method for the Measurement of Inhibition of Root Growth (1993); ISO 11269-2:1995 Soil Quality - Determination of the effects of pollutants on soil flora -Effects of chemicals on the emergence and growth of higher plants; ISO/CD 17126 Soil Quality - Determination of the effects of pollutants on soil flora - Seedling emergence, screening test with lettuce (*Lactuca sativa* (L.)); OECD-Guideline for the testing of chemicals: Proposal for updating Guideline 208, 2000; ÖNORM S 2021 (draft) 2004-03-01: Growing media - Quality Requirements and test

Methods; VDLUFA-Methodenbuch (1997): Nachweis von pflanzenschädigenden Stoffen in Böden, gärtnerischen Substraten und Komposten; VDLUFA-Methodenbuch (1997): Nachweis von gasförmigen pflanzenschädigenden Stoffen in Böden, gärtnerischen Substraten und Komposten

WRAP, The Composting Association (2002): Public Available Specification 100 -Specification for composted material, Annex D: Method to assess contamination by weed propagules and phytotoxins in composted material; Federal Compost Quality Assurance Association, Germany (1998): Determination and evaluation of phytotoxicity of compost by means of a germinating plant test with summer barley; Fuchs, J.G. (2000): New biotests to measure the biological qualities of compost *AgrarForschung* 7(7): 314 - 319 Petersen, L.: Water Extract - a new method for a bioassay; DEG Green Team, Denmark Rijkslaboratorium Gent: Phytotoxicity; KIWA: Test of Phytotoxicity; RHP-foundation: Phytotoxicity.

Per quanto concerne il panorama italiano, il solo metodo ufficiale è quello riportato dalla Regione Lombardia (Regione Lombardia, 2002), che riporta integralmente il metodo proposto da ormai più di un ventennio dal DiProVe - Università degli Studi di Milano.

Il metodo descritto ha lo scopo di saggiare gli effetti di matrici complesse (fanghi, compost, ammendanti, reflui), liquide o solide, sui vegetali. La crescita delle piante è correlata positivamente alla presenza di elementi nutritivi e negativamente alla presenza di elementi in eccesso e/o di sostanze tossiche. Il metodo è realizzato allevando una specie vegetale indicatrice su un substrato cui è stata aggiunta, a concentrazione diversa, la matrice da saggiare. La crescita delle piante (biomassa fresca e secca prodotta) è confrontata con quella ottenuta da medesime piante allevate sul solo substrato (controllo).

Il risultato è espresso come *Indice di Crescita = peso trattato/peso controllo* (fig. 3). Il test permette di ottenere utili indicazioni circa le proprietà del substrato saggiato. Le risposte ottenibili sono riassunte in figura 4.

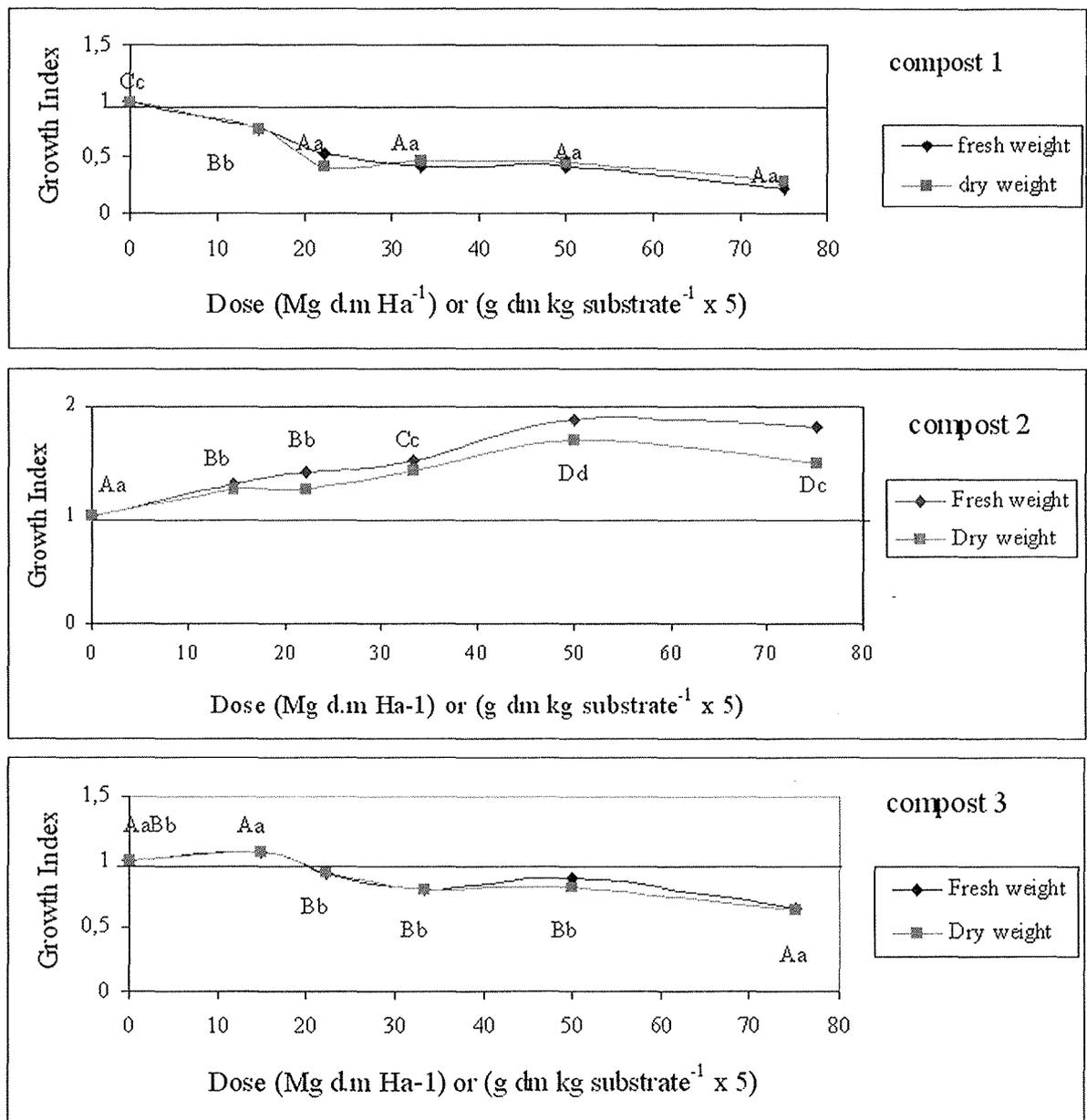


Figure 3. Esempi di test di fitotossicità e d'indice di crescita (Growth Index)

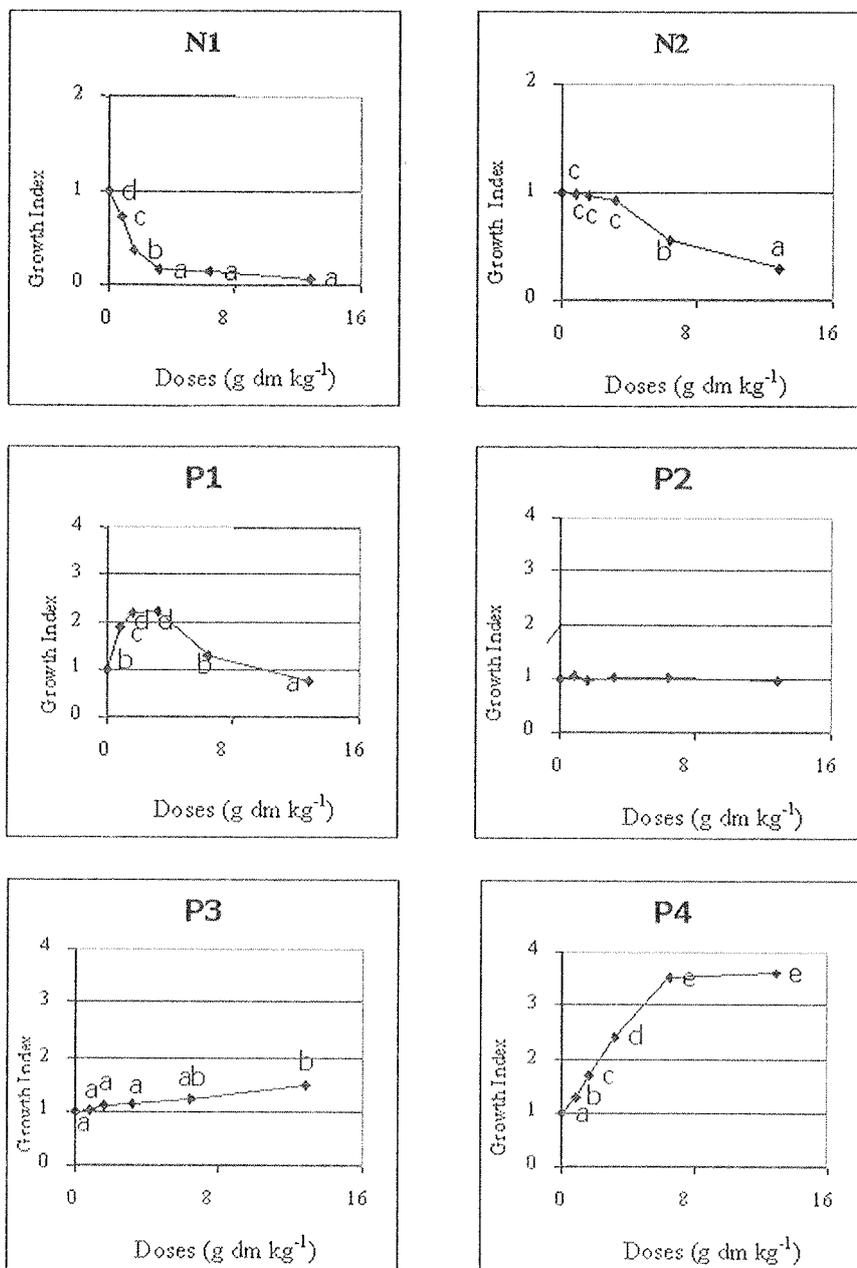


Figura 4. Test: N1 = il substrato è tossico; N2 = il substrato è tossico; P1 = il substrato talvolta è tossico; P2 = substrato non è tossico; P3 = substrato causa effetti positivi; P4 = substrato causa forti effetti positivi

Conclusioni

In conclusione si evidenzia un certo accordo, anche a livello internazionale, circa il significato che i termini stabilità biologica e maturità devono assumere. In relazione ciò, e considerata l'esperienza acquisita dal DiProVe su tali argomenti, si propongono due metodi per la misura della stabilità biologica e della maturità di ormai comprovata scientificità ed applicabilità.

Bibliografia

- ADANI F., CONFALONIERI, R., TAMBONE, F., 2004. Dynamic respiration index as descriptor of the biological stability of organic wastes. *Journal Environmental Quality*, 33:1866-1876.
- ADANI, F., 2002. Compost quality: An Italian approach. In: F.C. Michel Jr., R.F. Rynk, and H.A.J. Hoitink (ed.) *Proc. Int. Symp. Composting and Compost Utilization - Compost Quality*, Columbus, OH. 6-8 May 2002. The J.C. Press., Inc., Emmaus, PA: p. 496-511
- AMERICAN STANDARD TESTING MATERIAL. 1992. Standard test method for determining aerobic biodegradation of plastic materials under controlled composting conditions. American Society for Testing and Materials. D 5338-92. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- AMERICAN STANDARD TESTING MATERIAL. 1996. Standard test method for determining the stability of compost by measuring oxygen consumption.

- American Society for Testing and Materials. D 5975-96. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- BAUMGARTEN, A. AND SPIEGEL, H., 2004. Phytotoxicity (Plant tolerance) Horizontal project, report (comunicazione personale)
- COOPER, B.J., 2004. Stability (Biodegradability), Horizontal project, report (comunicazione personale).
- EUROPEAN COMMUNITY, 2001. Biological Treatment of biowaste 2nd draft DG ENV.A.2/LM/biowaste/2nd draft.
- HAMELERS, H.V.M. 2001. A mathematical model for composting kinetics. Ph.D. diss. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- IANNOTTI, D.A., T. PANG, TOTH, B.L., ELWELL, D.L, KEENER, H.M. AND HOITINK, H.A.J 1993. A quantitative respirometric method for monitoring compost stability. *Compost Sci. Util.* 3:52-65.
- IANNOTTI, D.A., TOTH, B.L. AND HOITINK H.A.J. 1992. Compost stability. *BioCycle* 33:62-66.
- LASARIDI, K E., AND E.D. STENTIFORD, 1996. Respirometric techniques in the context of compost stability assessment: principles and practice. p. 567-576. In: M. de Bertoldi et al. (ed.) *The Science of Composting. Part 1.* Blakie Academic & Professional, London, UK.
- MÜLLER, W., FRICKE, K. AND VOGTMANN, H. 1998. Biodegradation of organic matter during mechanical biological treatment of MSW. *Compost Sci. Util.* 6:42-52.
- NAGANAWA, T., KYUMA, K., YAMAMOTO, H., AND TATSUYAMA, K. 1990. Automatic measurement of CO₂ evolution in multiple samples in small chambers. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 36:141-143.
- Paletski, W.T., and Young, J.C.. 1995. Stability measurement of biosolids compost by aerobic respirometry. *Compost Sci. Util.*, 3:16-24.
- NICOLARDOT, B., GERMON, J. C., CHAUSSOD, R. AND CATROUX, G., 1982. Une technique simple pour déterminer la maturité des compost urbains. *Compost Inf.*, 10: 2-4.
- REGIONE LOMBARDIA, 2002. Linee guida alla costruzione e all'esercizio degli impianti di produzione di compost – BURL - I supplemento straordinario –13 Maggio 2003
- THE U.S. COMPOSTING COUNCIL. 1997a. Self Heating Test. In: P.B. Leege and W.H. Thompson (ed.) *Test methods for the examination of composting and compost.* The U.S. Composting Council, Bethesda, Maryland, USA, p. 9-1201/9-217.
- THE U.S. COMPOSTING COUNCIL. 1997b. Respirometry. In: P.B. Leege and W.H. Thompson (ed.) *Test methods for the examination of composting and compost.* The U.S. Composting Council, Bethesda, Maryland, USA, p. 9-165/9-194.

BIOSTABILIZZATI: TECNOLOGIE DI PRODUZIONE

Enrico Calcaterra

Sistema Ecodeco S.p.A. Giussago (PV); e-mail: e.calcaterra@ecodeco.it

Riassunto

Negli ultimi decenni le tecnologie di trattamento biologico dei rifiuti organici hanno avuto ampia diffusione in ambito nazionale ed europeo. In funzione dell'origine e della qualità delle matrici utilizzate, tali tecnologie consentono di ottenere dei fertilizzanti che trovano impiego nella produzione dei substrati o dei materiali di minore qualità soggetti alla normativa dei rifiuti. Questi ultimi, secondo la tendenza della normativa specifica in fase avanzata di definizione, sono comunemente denominati "biostabilizzati" e se prodotti e utilizzati secondo i più recenti criteri tecnico-scientifici anch'essi consentono di contribuire alla soluzione di problemi ambientali e ridurre l'uso di risorse naturali e di prodotti più pregiati. In considerazione delle caratteristiche di putrescibilità, di potenziale emissione di odori e contaminazione batterica che generalmente caratterizzano le matrici trattate, è richiesta una particolare attenzione nella progettazione e nella conduzione degli impianti. Il presente lavoro fornisce gli elementi base sulle tecnologie attualmente disponibili per attuare le scelte impiantistiche e gestionali che consentano di produrre con efficienza e nel pieno rispetto delle norme ambientali e di igiene del lavoro.

Parole chiave: trattamenti biologici, compost, biostabilizzati, fertilizzanti

Stabilised biowaste : production technologies

Abstract

In the recent past technologies for the biological treatment of organic waste have been widely applied both in Italy and in Europe. Depending on the origin and the quality of the input material used, these technologies allow to obtain fertilising products used for the production of substrates or lower quality materials subject to waste legislation. Following the trend of specific laws that are currently being drafted, they are called "stabilised biowaste" and if they are produced and used with the most recent technical-scientific criteria they can contribute to the solution for environmental problems and to the reduction of natural resources or precious products exploitation. Depending on the putrescibility of the material, on the potential odour emission and on the bacterial contamination, particular attention has to be paid to design and management of the plants.

This analysis helps to highlight the main features of the available technologies that allow to select the right typology and the best management of the plant in order to achieve an efficient production, respecting environmental and sanitary requirements.

Key words: biological treatment, compost, stabilised biowaste, fertilising material.

Introduzione

La gestione delle matrici organiche da sempre ha visto coinvolto il comparto agricolo per finalità prevalentemente agronomiche, nel corso degli ultimi anni, con la necessità di gestire i flussi di rifiuti organici provenienti dal comparto produttivo industriale e dei consumi collettivi, ha assunto una notevole rilevanza in campo ambientale. In quest'ambito, i trattamenti biologici si sono posti come sistemi di riferimento finalizzati al loro recupero e valorizzazione nei diversi settori d'impiego o alla riduzione degli impatti nelle operazioni di smaltimento (d.lgs. n.36, 2003; Favoino, 2003). Tali processi possono essere di natura aerobica o anaerobica; i primi sono di gran lunga più diffusi e adatti alla produzione di substrati culturali ad impiego commerciale secondo le specifiche previste dalla normativa sui fertilizzanti (legge n.748, 1984) e più comunemente sono denominati "Compost di qualità". I trattamenti aerobici possono dare origine anche a materiali organici che devono sottostare alla normativa dei rifiuti (detti anche "Compost da rifiuti") in quanto non conformi alle specifiche dei fertilizzanti per qualità analitiche finali o per l'origine delle componenti. Gli usi scorretti e la scarsa qualità di questi prodotti, hanno caratterizzato di sovente il passato compromettendo profondamente l'immagine del settore che è stato possibile recuperare solo in tempi recenti con l'affermarsi di successive nuove realizzazioni dove è stata dimostrata la possibile soluzione dei problemi di impatto ambientale. Anche i materiali prodotti da questi recenti realizzazioni hanno dimostrato, per determinati ambiti d'impiego (Cuevas *et al.*, 2000; Mantovi *et al.*, 2003), di poter essere ottimi succedanei di prodotti di qualità superiore ai quali, secondo una corretta logica gestione delle risorse, vanno riservati gli impieghi più nobili. In tal senso, questi materiali sono da tempo oggetto di un'intensa attività di rielaborazione normativa da parte degli organi preposti sia a livello europeo (Biological treatment of biowaste 2nd draft) che nazionale. In questo caso, è stata di recente presentata la bozza di de-

creto (CIC, 2004) ai sensi degli articoli n°16 e n°18 del D.Lgs. 5 Febbraio 1997, in cui sono definite le caratteristiche e le modalità d'uso del compost e del "biostabilizzato". Il biostabilizzato si distingue in due classi di qualità: classe I che può derivare solo dalle stesse matrici selezionate previste per i compost e vi appartengono in pratica i compost fuori specifica per parametri analitici; classe II che può essere prodotto anche da matrici non selezionate quali i rifiuti urbani e trova impiego solo in attività paesistiche, di recupero ambientale e in attività di bonifica dei siti inquinati. Biostabilizzati e compost e hanno in comune le stesse problematiche dovute ai processi bioossidativi, in considerazione delle caratteristiche di putrescibilità quindi di potenziale emissione di odori e contaminazione batterica delle matrici generalmente trattate, Per la loro produzione si utilizzano tecnologie simili e sono richieste le stesse particolari attenzioni nella progettazione e nella conduzione degli impianti.

Il presente lavoro fornisce gli elementi base sulle tecnologie attualmente disponibili per attuare le scelte impiantistiche e gestionali che consentano di produrre con efficienza e nel pieno rispetto delle norme ambientali e di igiene del lavoro.

Nella seguente trattazione vengono descritte le principali tecnologie e apparecchiature, i criteri più avanzati per la progettazione dei presidi ambientali, da impiegarsi nel trattamento aerobico delle matrici organiche per produrre compost e biostabilizzati.

Materiali e metodi

Il presente lavoro origina dalla disamina delle numerose tecnologie impiantistiche sviluppate negli ultimi decenni nel trattamento aerobico delle matrici organiche, selezionate dall'autore in base a esperienze dirette o a informazioni acquisite da documentazioni ufficiali. La metodologia seguita si basa su una descrizione sintetica e l'evidenziazione delle peculiarità delle principali tecnologie di processo, delle macchinari e, i criteri più avanzati per la progettazione dei presidi ambientali. La trattazione è atta a fornire gli elementi base per praticare le scelte tecnologiche a livello di progettazione di massima di impianti che siano in grado di soddisfare i requisiti di qualità dei prodotti, di salvaguardia dell'ambiente e di igiene del lavoro cui le norme di prossima emanazione s'ispirano.

Per una migliore comprensione dei temi trattati, sono stati utilizzati come riferimento generale gli schemi di processo e dei bilanci di massa (fig. 1 e fig. 2) elaborati in una recente trattazione (Linee guida del CITEC, 2004) che si ritiene siano in grado di dare un'adeguata rappresentativi della generalità dei casi.

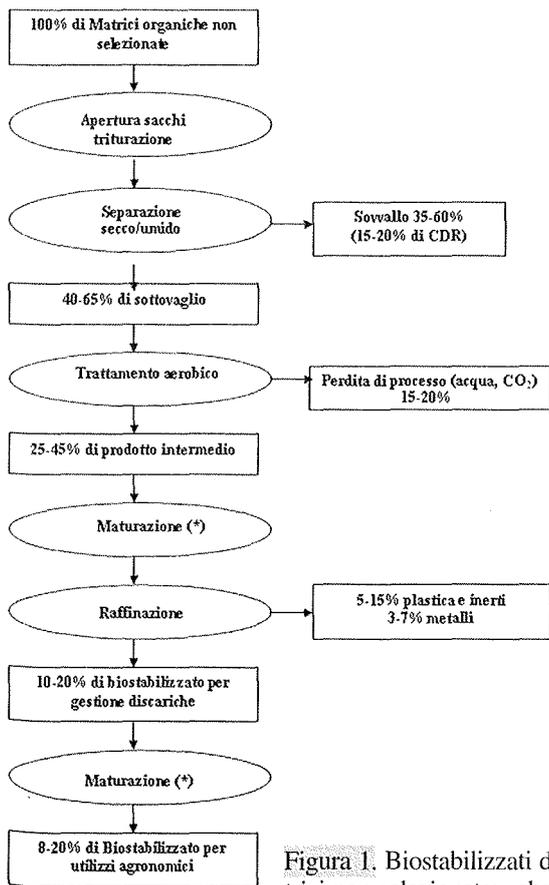


Figura 1. Biostabilizzati da matrici non selezionate: schema di processo e bilancio di massa

(*) fasi di processo alternative

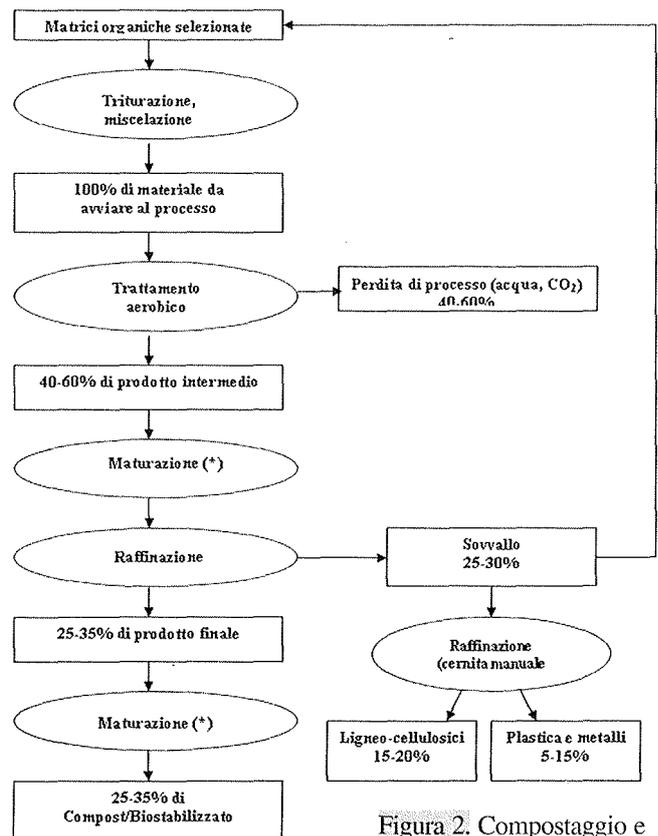


Figura 2. Compostaggio e Biostabilizzazione da matrici selezionate: schema di processo e bilancio di massa

(*) fasi di processo alternative

Risultati e discussione

Principali tecnologie

Di seguito vengono descritte le principali tecnologie di produzione di biostabilizzati e compost distinti secondo il criterio tecnico generale di più ampia diffusione, basato sulla modalità di conduzione della fase più attiva dei processi biossidativi.

Sistemi aperti

Sono sistemi indicati per matrici a bassa putrescibilità quindi a totale od alta presenza di materiale lignocellulosico.

Cumulo statico areato: il materiale viene collocato in cumulo sottoposto ad aerazione forzata in aspirazione, con invio delle aree esauste ad un biofiltro. Il materiale in questo caso deve essere miscelato con una percentuale di bulking lignocellulosico tale perciò la densità finale non sia particolarmente elevata ($> 0,6 \text{ t m}^{-3}$).

Cumulo rivoltato: come nel precedente sistema, il materiale viene disposto in cumuli (di grandi dimensioni: 3-4 m di altezza, da 3 ad oltre 30 m di lunghezza ma l'aerazione della massa viene garantita mediante rivoltamenti con pala meccanica a frequenza variabile.

Sistemi chiusi

Sono sistemi che trovano largo impiego nel trattamento di matrici organiche a putrescibilità elevata in quanto il trattamento con sistemi aperti comporterebbe notevoli impatti sulle aree dove insiste l'impianto. La fase più attiva del processo biossidativo avviene in sistemi semiaperti o chiusi (reattori).

Reattori orizzontali a trincea o bacino: può essere impiegato anche per matrici con bassa percentuale di bulking lignocellulosico, con miscele finali di densità inferiore a $0,7 \text{ ton m}^{-3}$. Nel caso di trincee a ciclo continuo il materiale viene caricato ad un estremo e procede lungo la trincea grazie all'azione di rivoltamento e avanzamento esercitata dalla macchina rivoltatrice, che può servire anche due trincee affiancate, scorrevole su binari posti sulle pareti o su carro ponte. Lo scarico avviene all'estremo opposto dopo un certo numero di rivoltamenti. La lunghezza delle trincee è stabilita in base al tempo di permanenza previsto per il materiale. In abbinamento al rivoltamento, può essere collocato in trincea un sistema di aerazione forzata.

Reattori chiusi a tenuta stagna: reattori di tipo statico (biocelle e biocontainers) in cui il materiale viene sottoposto per un periodo prefissato ad una fase di fermentazione accelerata mediante aerazione forzata della massa. E' sempre previsto un sistema di raccolta dei percolati ed un trattamento dell'aria esausta prima dell'immissione in atmosfera.

Oltre ai reattori descritti esistono varianti quali:

Biocontainer a sistema dinamico: reattori in cui la massa, oltre che sottoposta ad aerazione forzata, viene periodicamente rivoltata secondo un programma che assicura la totale automazione del processo.

Biotamburi: reattori a sviluppo orizzontale in cui il materiale viene disposto in condizioni di adduzione di aria e canalizzazione e raccolta delle arie esauste. Il rivoltamento della massa avviene per opera della rotazione del reattore stesso. Carico e scarico possono essere in continuo o in batch.

Sili: reattori a sviluppo verticale con aerazione forzata in cui il materiale viene collocato, in modo continuo o discontinuo. I reattori consistono in torri mono o pluristadio (con setti divisori orizzontali), con carico dall'alto e insufflazione generalmente dal basso. Il sistema è generalmente statico o semi-dinamico. La tecnologia presenta un limite operativo nei frequenti compattamenti e nelle difficoltà di diffusione dell'ossigeno all'interno della massa.

Principali apparecchiature e macchinari

Seguendo lo schema di processo di riferimento, sono di seguito illustrate le principali apparecchiature e macchinari disponibili per lo svolgimento delle varie fasi dei processi biologici aerobici di trattamento dei rifiuti.

Pretrattamenti

Triturazione

I trituratori oggi presenti sul mercato possono essere ricondotti alle seguenti tre tipologie:

Trituratori a martelli, i più diffusi nel settore del compostaggio, nei quali l'apparato di triturazione è costituito da uno o più rotori orizzontali, ad elevata velocità di rotazione (1000-2000 giri/minuto), dotati di martelli o mazze oscillanti in numero e forma variabile in base al modello; queste macchine esercitano un tipo di sfibratura particolarmente idoneo alle esigenze del compostaggio, ma necessitano di frequenti sostituzioni dei martelli sottoposti ad usura;

Trituratori a lame, con un apparato trituratore costituito da un rotore a bassa rotazione e da una serie di lame fisse; rispetto ai trituratori a martelli, il prodotto risulta meno sfibrato ma di pezzatura più omogenea, grazie alla presenza di una griglia che regola la pezzatura;

Trituratori a coclee, con un apparato di triturazione costituito da coclee (solitamente tre ad asse orizzontale) affiancate o sovrapposte e direttamente sormontate dalla tramoggia di carico; particolarmente indicate per la sfiabratura di materiali di grandi dimensioni o ad elevato tenore di umidità grazie al basso regime di rotazione (<100 giri/minuto), prevedono generalmente l'inversione di moto di rotazione in caso di ingolfamento;

Oltre che all'utilizzo di macchine trituratrici e sminuzzatrici, appositamente ideate per la triturazione di scarti lignocellulosici da avviare al compostaggio, si sta diffondendo da tempo l'uso di macchine cippatrici, idonee per lo sminuzzamento di tronchi e rami di grosso diametro o per modeste quantità.

Miscelazione

I miscelatori sono costituiti da un'ampia tramoggia di scarico in cui sono alloggiati 2-4 coclee o rotori distanziati, ad asse orizzontale, dotati di lame a varia sagomatura.

Tra le caratteristiche qualificanti queste macchine, si fa notare la possibilità di funzionare in discontinuo, con miscelazione protratta a discrezione dell'operatore, la possibilità di essere montate su telaio fisso o su rimorchio, il funzionamento a distanza grazie ad una centralina elettronica comandata per mezzo di un telecomando.

Vagliatura primaria

Sempre prevista in caso di trattamento di RSU indifferenziati o in caso di frazioni organiche particolarmente ricche di corpi estranei da allontanare (> 3-4%), i vagli impiegati presentano maglie di dimensioni comprese tra 40 e 100 mm.

I principali vagli disponibili sono quelli a **tamburo rotante**, fissi o montati su rimorchio, costituiti da una tramoggia di carico, un cilindro rotante ad asse lievemente inclinato, e nastri per il trasporto delle due frazioni. La presenza di uno spazzolone cilindrico risolve i problemi di occlusione delle maglie del tamburo..

Esigenze di ottenere vagli di diversa pezzatura possono essere risolte, in base ai modelli di vaglio disponibili, sostituendo l'intero cilindro o solamente le singole sezioni della rete di vagliatura. Sono disponibili in commercio anche sistemi di doppi cilindri coassiali di diametro diverso per la separazione tra frazioni granulometriche diverse.

Trattamento aerobico

Le apparecchiature utilizzate in questa fase assolvono il compito principale di assicurare l'aerazione della massa in fermentazione. Nei processi di compostaggio il rivoltamento della massa in fase di maturazione impiega differenti tecnologie. I sistemi di rivoltamento possono operare uno spostamento della massa parallelamente o posteriormente alla direzione di avanzamento delle macchine, oppure rivoltare la massa senza cambiarne la posizione.

Tra le rivoltatrici che spostano il materiale, più efficaci nell'azione di ossigenazione ma con meno capacità oraria di lavoro, si distinguono:

Rivoltatrici a nastro elevatore-trasportatore: dotate di denti perpendicolari, che scaricano il materiale posteriormente grazie a un nastro trasportatore trasversale posto in coda a quello elevatore, con un fronte di lavoro di 4 metri.

Rivoltatrici con il dispositivo di rivoltamento disposto su asse verticale: costituite da uno o più rotori o frese ad asse verticale, o da due dischi rotanti ad asse orizzontale montati su un asse verticale e dotati di rostri disposti a spirale. Ad ogni passaggio la macchina asporta materiale per 30-60 cm di spessore e lo deposita sul lato opposto parallelamente all'originario. Non ci sono perciò limiti alla larghezza dei cumuli, ma solo all'altezza, che non deve superare i 3,2 metri.

Più ampio risulta invece il mercato delle macchine rivelatrici che operano per movimentazione, dette anche **rivelatrici "scavallatrici"**. Tali apparecchiature, dotate di uno o più rotori ad asse orizzontale con artigli di forma diversa avanzando affrontano l'intera sezione del cumulo e proiettano il materiale posteriormente facendogli assumere la conformazione originaria. Tali macchine impongono la realizzazione di cumuli e corridoi di dimensioni ben definite. Sono disponibili numerosi modelli per cumuli con base larga sino a 6-8 m. La capacità di lavoro è elevata, andando da qualche centinaio fino a oltre 1000 m³/h di materiale rivoltato. Le macchine rivoltatrici possono, in base alle esigenze di processo, essere montate su binari disposti lungo i cumuli oppure su carroponte.

Raffinazione

In questa fase, oltre ai **vagli a tamburo rotante** precedentemente descritti, possono essere utilizzate le seguenti tipologie di apparecchiature:

Vagli vibranti: il passaggio della frazione fine avviene attraverso una griglia forata inclinata vibrante (o in movimento sussultorio nella variante "a pannelli elastici").. La macchina opera solitamente a punto fisso, ma è disponibile comunque la versione mobile montata su rimorchio.

Vagli "a letto di stelle": una serie di tubi metallici rotanti portano elementi circolari in gomma a forma di stella distanziati sull'asse di una distanza pari a quella della larghezza di un elemento. La rotazione sincronizzata di un letto composto da una serie di questi tubi apre delle luci passanti di uguale grandezza nella quale passa la frazione fine. Contemporaneamente la rotazione dei tubi spinge il sovrappiù verso la fine del vaglio.

Separatori balistici: si basano sulle diverse traiettorie percorse da particelle proiettate da un rotore ad alta velocità. Il materiale viene fatto cadere su un rotore rivestito in gomma che deposita le particelle più leggere (es. compost o materiale organico in generale) in una tramoggia posta a breve distanza, mentre quelle più pesanti (pietre, vetro, ecc...) vengono scagliate più lontane e raccolte in una seconda tramoggia. Questo tipo di separazione è indicato in impianti di trattamento di RSU indifferenziati, ovvero in impianti che trattano scarti alimentari selezionati ma merceologicamente impuri.

Separatori aeraulici: può presentare una tavola vibrante per la distribuzione in strato sottile del materiale che scorre lungo un nastro trasportatore fino ad una serie di ventilatori che, per aspirazione o insufflazione, separano le frazioni più leggere (plastiche, carta, ecc...) convogliate in apposite tubazioni.

Presidi ambientali: criteri generali

Gestione delle emissioni

Le fasi potenzialmente più odorigene e di emissione di bioaerosol sono ovviamente quelle iniziali del processo di bioconversione, durante le quali il materiale presenta ancora una putrescibilità elevata, ovvero i pre-trattamenti e gli stoccaggi iniziali delle matrici ad elevata putrescibilità. Le fasi con più emissione di polveri sono quelle di raffinazione e di movimentazione finali. Allo scopo di ridurre le emissioni odorigene, bioaerosol e polveri nell'ambiente esterno, gli impianti che trattano matrici ad elevata putrescibilità, gli edifici deputati alle fasi di ricevimento e biossidazione, devono essere chiusi e mantenuti in depressione. L'aria aspirata dagli edifici deve essere trattata con sistemi idonei a ridurre la concentrazione dei composti odorigeni e delle polveri. L'aspirazione dell'aria e il numero di ricambi orari dipendono dal tipo di processo e dalla presenza di operatori nel locale e devono in ogni caso garantire un microclima che rispetti i limiti di sicurezza e il relativo benessere prescritti dalle norme relative agli ambienti di lavoro.

Gestione delle acque reflue

Le acque rilasciate dai materiali nel corso del processo possono essere reimmesse nel ciclo produttivo per l'umidificazione delle miscele processate, ferma restando la necessità di prevenire l'emissione di odori molesti. Nel caso di riutilizzo delle acque di processo è richiesta la presenza di un adeguato sistema di stoccaggio dei reflui. Ogni altro refluo liquido dovrà essere gestito secondo le norme vigenti sugli scarichi idrici.

Igiene e sicurezza

I processi devono essere condotti adottando i criteri di gestione atti a garantire l'igienizzazione dei materiali (temperature circa elevate in rapporto ai tempi di esposizione e alle tecnologie) e il contenere l'esposizione degli addetti e gli ambienti circostanti alle polveri e ai bioaerosol. Relativamente alla contaminazione ambientale in assenza di un'opinione della comunità scientifica sulla effettiva pericolosità e quindi la definizione di parametri e relativi limiti di riferimento, la conduzione delle fasi di maggiore emissione va svolta in ambienti chiusi e confinati presidiati da dispositivi di abbattimento risultano essere le prescrizioni più efficaci. E' altresì consigliata l'automazione di tali operazioni al fine di limitare l'esposizione degli addetti che nel caso avvenga devono operare indossando appositi dispositivi di protezione individuale.

Conclusioni

I trattamenti biologici aerobici si sono affermati come sistema elitari per il trattamento di matrici organiche al fine della loro trasformazione in prodotti quali i compost. Qualora non conformi per qualità finale o origine delle matrici trattate alle specifiche dei fertilizzanti, questi materiali ricadono nella normativa dei rifiuti e secondo le più recenti evoluzioni in fase avanzata di definizione vengono denominati biostabilizzati. Questi, in funzione della qualità raggiunta e delle matrici utilizzate, è dimostrato possono trovare reale applicazioni in qualità di substrati colturali negli usi agricoli o nella riqualificazione ambientale. Gli impianti richiedono una particolare attenzione alla progettazione e alla conduzione essendo le lavorazioni fonti di potenziale emissione di odori, polveri e bioaerosol che a seconda dell'origine dei materiali possono risultare anche elevate.

Le tecnologie sviluppate sono numerose tuttavia le loro applicazioni nel passato non sempre hanno portato a risultati attesi. Le esperienze più recenti hanno dimostrato che adottando corretti criteri e tecnologie che si sono selezionate e perfezionate, è possibile produrre questi materiali con efficienza e di operare in conformità anche ai più recenti principi a cui le norme ambientali di prossima emanazione si ispirano. Si può pertanto concludere che i biostabilizzati se prodotti e utilizzati secondo i più recenti criteri tecnico-scientifici, con ampi margini di sicurezza per l'ambiente e la salute dell'uomo, potrebbero dare un significativo contributo nella ridurre l'uso di risorse naturali e di prodotti più pregiati destinabili per usi in cui è richiesta una qualità più elevata.

Bibliografia

- DECRETO LEGISLATIVO 13 gennaio 2003, n° 36 Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti.
- FAVOINO E., 2003. Il trattamento biologico nei sistemi integrati di gestione dei rifiuti. Novità e prospettive., In: Ecomondo Atti dei seminari, V Conferenza nazionale sul compost. Rimini 22/25 ottobre 2003, Maggioli Editore, pp 61-67.
- LEGGE. 19 OTTOBRE 1984, n.748, Nuove norme per la disciplina dei fertilizzanti (Gazzetta Ufficiale n.305 del 6 novembre 1984, Supplemento ordinario) e successive integrazioni e modificazioni.
- European Commission, 12 february 2001, "Working document- Biological treatment of biological waste- 2nd draft", 12/2, CEC.
- Consorzio Italiano Compostatori, 2004. Bozza di Decreto "Adozione delle norme tecniche relative al trattamento meccanico biologico e al trattamento biologico dei rifiuti biodegradabili" presentato da Ministero dell'Ambiente all'assemblea dei soci Consorzio Italiano Compostatori, Bologna 14 luglio 2004
- Decreto Legislativo 5 febbraio 1997, n° 22 e successive modifiche ed integrazioni, Attuazione delle direttive 91/689/ CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio
- MANTOVI P., PICCININI S., LARAIA R., 2003. Effetti dell'utilizzo di frazione organica stabilizzata (FOS) nel recupero ambientale di cave di argilla. In: Ecomondo Atti dei seminari, V Conferenza nazionale sul compost. Rimini 22/25 ottobre 2003, Maggioli Editore, pp 74-83. .
- LINEE GUIDA DEL CITEC, 2004. Capitolo G, Trattamenti Aerobici. HIPER Edizioni, Venezia, pp 120-121.
- CUEVAS R., BLAZQUEZ R., MARTINEZ F., WALTER I. 2000. Composted MSW effects on soil properties and native vegetation in a degraded semiarid shrubland. *Compost Science & Utilisation*, 8 (4) :303-309.

PROPRIETÀ FISICHE DEI SUBSTRATI PER L'ORTO-FLORO-VIVAISMO. OSSERVAZIONI.

Luigi Cavazza, Antonia Patruno, Elio Cirillo

Introduzione

Le osservazioni riguardanti il materiale su cui coltivare le specie agrarie, quelle più pregiate o in generale nella fase iniziale del loro ciclo, hanno ricevuto da sempre particolare attenzione. Negli ultimi decenni da una parte l'espansione e l'intensificazione dell'attività orto-floro-vivaistica, dall'altra le preoccupazioni per il riciclo dei rifiuti urbani insieme a qualche difficoltà nel rifornimento di materiali tradizionali, come le torbe, hanno cominciato a richiamare l'attenzione dei ricercatori (Lenzi *et al.* 2001 e Convegno ISHS 2002) sui problemi dell'impiego dei substrati più idonei (li indicheremo come terreni più che suoli) con particolare riguardo a certe esigenze di coltura o di tecnica alle quali molto più attenta è stata in passato la tradizionale pratica empirica.

La situazione del mercato spinge alla definizione di caratteristiche sufficientemente ben definite. Nell'affrontare questi problemi, però, a parte una certa eccessiva tradizionale prevalenza degli aspetti chimici (più facilmente e meno equivocamente determinabili sui materiali in esame) su quelli microbiologici e soprattutto fisici (di importanza praticamente determinante proprio per i substrati orto-floro-vivaistici), tende ancora a dominare il tradizionale punto di vista caratteristico delle colture da pieno campo. L'argomento si presenta in pratica più complesso e di notevole interesse applicativo nel caso particolare, tanto nella formulazione dei miscugli tra due od eventualmente più materiali del commercio, quanto nei riguardi dell'attitudine al miscuglio di tali materiali. È un campo di ricerche scientificamente ancora poco esplorato, ma che già da ora lascia intravedere qualche contrapposizione tra quanto avviene in condizioni di pieno campo (per es. come relazioni tra matrici limo-argillose e frazioni sabbiose e ghiaiose nelle prime inglobate; Fiés *et al.* 2002) e quanto si verifica per es. nei miscugli di torba (materiale ben diverso dall'argilla) con sabbia o con perlite (Patruno *et al.*, in c.d.s.).

La caratterizzazione dei substrati sotto l'aspetto fisico.

Un materiale sufficientemente ben definito dal punto di vista merceologico può presentare proprietà fisiche: (A) che dipendono poco o punto dalle modalità del suo impiego; (B) che possono manifestarsi in maniera diversa secondo le modalità della sua utilizzazione, nonché (C) come tendenza a manifestare particolari interazioni nei casi di mescolamento con altri possibili surrogati del materiale stesso o infine (D) che insorgono successivamente nel suolo in seguito al prolungato impiego di tali materiali.

Sono per es. caratteristiche del primo gruppo (A) la massa volumica reale (ρ_v) del materiale, la sua idrorepellenza (Michel *et al.*, 1999), la sua elasticità, la sua plasticità (almeno in certi limiti di umidità), la sua igroscopicità e buona parte della sua curva di ritenzione (con umidità espressa "in peso"), la sua capacità termica massica (nota come calore specifico per unità di massa), la suscettività ad essere elettrizzato per attrito, ecc.

Sono caratteristiche del secondo gruppo (B), per es., la massa volumica apparente (ρ_{app}) o il suo reciproco (il volume massico apparente, V_{app}), la curva di ritenzione idrica (con umidità espressa come frazione volumica), la risposta del materiale alla compressione, le caratteristiche di coesione ed attrito interno (coefficienti di Coulomb) e la reazione al taglio.

Le caratteristiche del terzo gruppo (C) hanno notevole interesse pratico, pur non essendo facilmente definibili, e riguardano la comune tecnica di preparazione dei miscugli le cui relazioni con i materiali componenti sono ancora solo molto empiricamente affrontate e solo da poco e per pochi casi studiate.

Il quarto gruppo (D) riguarda non proprietà esplicite di questi materiali, ma la loro tendenza, in determinate condizioni di impiego, a migliorare gradualmente proprietà fisiche del suolo in cui siano sistematicamente impiegate, quali la sua struttura, la suscettibilità all'incrostamento, il suo stato di aerazione, cioè in genere la fertilità fisica del suolo. Questo ultimo gruppo di azioni è molto spesso associato, seppure non necessariamente sempre, a meccanismi di azione a carattere diverso (microbiologico o chimico).

Una realistica caratterizzazione dei substrati per l'orto-floro-frutticoltura dovrebbe tendere a (1) stabilire requisiti od opportuni limiti per le proprietà del gruppo A di cui sopra; (2) cercare di fornire criteri utili per l'ottenimento di parametri o curve del tipo B partendo da quelli definiti per il gruppo A (Bures *et al.*, 1991); (3) esprimere l'attitudine dei componenti reperibili sul mercato, ad impartire ai miscugli con questi realizzati determinate caratteristiche, nonché i miglioramenti fisici ottenibili nel suolo a seguito dell'impiego dei materiali stessi.

Si considerino alcune riflessioni a carattere esemplificativo.

Cenni su alcune proprietà del materiale offerto dal mercato.

Un parametro utile è costituito dalla massa volumica reale (ρ_s) del materiale. Può servire per stimare la porosità, quando è nota la massa volumica apparente, od ancora il grado di saturazione se è pure nota l'umidità "in peso", per calcolare la capacità termica massica (calore specifico) e per calcoli vari; può essere importante tenerne conto per i costi di movimentazione del materiale (per es. sabbia). È una proprietà per la quale, nel caso di miscugli, è possibile calcolare con esattezza la massa volumica reale del miscuglio stesso in funzione di quella dei vari componenti. Un problema spesso ignorato da chi se ne occupa (per es. Flint e Flint, 2002) è che le determinazioni effettuate normalmente col picnometro possono portare a differenze nient' affatto trascurabili secondo il liquido impiegato; si potrebbero avere in acqua valori maggiori rispetto a quelli con liquidi polari anche di oltre 0,1 t/m³ (sec. Blake e Hartge, 1986); malgrado la ammissione del problema in testi più recenti ed il consiglio di Blake e Hartge di preferire l'uso di acqua quando l'impiego di questo parametro si riferisce a processi in cui il materiale viene a contatto con l'acqua (ma, per es. non per stimare masse in base ai loro volumi!) e pur con qualche tendenziale conferma più recente (Heikonen, 1992), sembra che non si debba trascurare il problema. Inoltre, per lo più gli autori di norme sui criteri di analisi sorvolano sulle difficoltà di queste determinazioni nei casi di materiale più leggero dell'acqua (torba) o di materiali costituiti da granuli a loro volta porosi e non necessariamente idrofili (come avviene con la perlite); eppure si tratta di substrati di uso corrente nell'orto-floro-vivaismo.

Altra caratteristica che merita attenzione è costituita dall'idrorepellenza di certi materiali. In realtà occorre distinguere tra i casi in cui questa proprietà è stabile (per es. per certi minerali) e quelli in cui essa è temporanea perché legata all'umidità del materiale (ben nota la torba secca), sì che, di mano in mano che esso comincia ad assumere acqua, essa passa da idrorepellente ad idrofila. In ogni caso è difficile in pratica esprimere tali proprietà sui materiali incoerenti o, peggio, polverulenti, perché (salvo non facili e per lo più non utili rilevamenti a livello microfisico) i criteri indiretti, per es. quella della risalita capillare, forniscono dati illusoriamente convenzionali (angolo di contatto apparente). Nel caso di idrorepellenza temporanea una determinazione semplice ed utile è quella del tempo medio di penetrazione di una goccia d'acqua (WDPT) posta sulla superficie spianata del corpo polverulento (Letey, 1969).

L'igroscopicità del materiale è criterio molto utile. Si può assumere convenzionalmente come valida l'umidità trattenuta in equilibrio con una prefissata pressione di vapore (metodo dell'equilibramento con soluzioni corrispondenti per es. al 50% di umidità relativa). Interessante potrebbe essere la determinazione dei contenuti idrici a qualche prefissato altro valore del potenziale idrico (per es. a -100 cm di carico, utile riferimento per la capacità idrica di campo), purché esprimendo l'acqua in percento della massa secca del materiale.

La comune commercializzazione della torba in sacchi con piuttosto elevato contenuto idrico è conseguenza della ben nota spiccata idrorepellenza che questo materiale assume allo stato secco; in proposito diventa importante non solo il parametro merceologico, di carattere chimico, dell'umidità ma sarebbe utile anche la definizione (oggi del tutto empirica) dell'umidità tale che le manifestazioni di idrorepellenza non risultino d'impaccio nell'impiego del materiale stesso.

Del tutto ignorata è di solito l'elasticità del materiale, che pure per la torba mostra notevole interesse pratico. Si potrebbe pensare a determinare il modulo di Young, su materiale portato ad umidità igroscopica od al potenziale idrico di -100 cm.

Cenni sulle caratteristiche derivate (gruppi B, C, D)

Tra le caratteristiche del secondo gruppo è particolarmente importante la massa volumica apparente (ρ_{aps}) del materiale. È, però, proprietà che dipende molto dal grado di costipamento a cui il materiale è sottoposto, dalla sua umidità e da condizioni varie durante la coltura. È importante segnalare il generalmente molto basso valore della ρ_{aps} per la torba (come per i miscugli di questa con la perlite), il che fornisce immediatamente intuibili o calcolabili informazioni su porosità, capacità idrica massima, possibilità di aerazione, peso nelle operazioni di movimentazione del materiale e di trasporto ed incidenza sulle caratteristiche dei miscugli.

La resistenza alla compressione nel caso della torba è associata alla sua elasticità. Nel caso dei cosiddetti "terreni minerali" e in generale in condizioni di pieno campo compressione e resistenza al taglio assumono maggiore interesse applicativo.

Nel caso dei miscugli il problema della previsione delle loro caratteristiche in base alla conoscenza di quella dei componenti del miscuglio stesso è più complesso. In nessuno di questi casi è in generale possibile dedurre le caratteristiche di massa volumica apparente, di porosità e ancora di più di distribuzione dei pori, da un banale calcolo di media ponderata delle caratteristiche dei componenti. A questo proposito emerge, dalla pur ancora carente spe-

rimentazione, il notevole contrasto tra i problemi più frequenti nelle condizioni di pieno campo e quelle dell'orto-floro-vivaismo. Per le condizioni di pieno campo (prevalgono le relazioni tra particelle più grossolane, per es. di sabbia e ghiaietto, e matrice limo-argillosa) entrerebbero in gioco meccanismi di riempimento dei grossi pori tra le particelle grossolane, oppure meccanismi di rigonfiamento-contrazione se il materiale fino è argilloso; sembra possibile stabilire limiti di abbondanza dell'argilla o della terra fine oltre i quali l'aumento della frazione grossolana non modifica apprezzabilmente le caratteristiche fisiche esaminate nel miscuglio.

Per i miscugli di torba o compost e sabbia oppure perlite, invece, i meccanismi dell'interazione sono diversi ma ancora poco chiari; si può pensare ad un inserimento delle particelle corpuscolari della sabbia tra le maglie della torba, ma si ha pure motivo di ritenere, in via di ipotesi, che nel caso della perlite subentri l'azione attrattiva delle cariche elettriche di questo minerale, tali da attenuare la facilità di spostamento e assestamento delle particelle di perlite entro le maglie della sabbia. E' un'attitudine tutta ancora da capire. Sta di fatto che alcune importanti proprietà idrologiche di questi miscugli possono risultare modificate in maniera notevole, non sempre facilmente intuibile, e con importanti conseguenze applicative (per es. nei miscugli di torba e sabbia, col crescere della frazione di sabbia la porosità, e quindi l'umidità della saturazione e l'areazione sul fondo dei vasetti alti circa 7 cm, si riducono fortemente e la curva di ritenzione diventa molto più ripida ed implica umidità piuttosto grande in superficie; con la perlite invece le condizioni sul fondo del vasetto non cambiano ma diminuisce molto l'umidità alla superficie del vasetto; Cavazza et al. in c. di st.).

Strettamente collegata alla massa volumica apparente ed alle curve di ritenzione è la conduttività idrica dei substrati. Anche a questo proposito i pochi metodi disponibili per i materiali utilizzati in orto-floro-frutticoltura, presentano difficoltà collegate alla loro grande porosità ed ai prevalenti alti potenziali matriciali, cioè grande umidità, dei materiali stessi. Si potrebbe riferire queste determinazioni a condizioni standardizzate dei substrati (per es. alla massa volumica ottenuta per semplice versamento del materiale ad umidità prestabilita da altezza di 30cm, senza sovraccarico). Nessun problema per la conduttività nel saturo; per l'insaturo è stata consigliata la misura di flusso stazionario (Wever et al., 2004).

Per quanta riguarda le caratteristiche che possono svilupparsi gradualmente nel tempo, a parte il fondamentale ruolo strutturante che materiali come letame e compost vari possono avere sui minerali del suolo in seguito ad attività microbiologiche e chimiche, resta il puro effetto chimico-fisico che per effetti di trascinamento differenziato di materiali, per effetto di contrazione e rigonfiamento, per tixotropia, ecc. possono determinare (o rallentare) processi fisici di assestamento, incrostamento, ecc. entro i substrati, a parte ogni altra importante azione chimica e/o microbiologica.

Sono tutti aspetti che hanno grande importanza nella scelta dei materiali ai fini applicativi.

Citazioni bibliografiche

- BLAKE G. R., HARTGE K.H., 1986. *Particle density*. In: Klute A., *Methods of soil analysis*. Part 1, 377- 382. Am. Soc. Agr. - Soil Sci. Soc. Am., Madison.
- BURES S., MARTINEZ F. X., PAREZ N., 1991. *Physical properties of substrate mixture according to the characteristics of the original materials*. Acta Hort., 294, 207-214.
- CAVAZZA L., PATRUNO A., CIRILLO E., in c.d.s.). *An approximate indirect evaluation of water retention relationship for small pots*. Adv. Hortic. Sci.
- FIES J.C., LOUVIGNY N.D.E., CHANZY A., 2002. *The role of stones in soil water retention*. Eur. J. Soil Sci., 53, 95-104.
- FLINT A.L., FLINT L.E., 2002. *Particle density*. In: Dane J.H. e Topp G.C. *Methods of soil analysis*. Part 4, 229-240. Soil Sci. Soc. Am., Madison.

RILASCIO E IMMOBILIZZAZIONE DI NUTRIENTI NEI SUBSTRATI COLTURALI

Marco Contin e Maria De Nobili

Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Università di Udine
Via delle scienze, 208 - 33100 Udine; e-mail: marco.contin@uniud.it

Riassunto

Gli effetti della messa a coltura di un substrato organico compostato sulla disponibilità di azoto e fosforo per le piante coltivate in contenitore e le principali differenze con un tradizionale substrato a base torba, sono stati valutati mediante incubazioni a diversa temperatura (5 e 25 °C) ed a diverso regime idrico (umidità costante e cicli di essiccazione/triumidificazione). Si è anche valutato l'effetto degli apparati radicali (substrato coltivato e non coltivato). Nel corso dell'incubazione, durata 56 giorni, è stata misurata la biomassa microbica e la frazione estraibile di azoto e fosforo. Sono state evidenziate marcate differenze tra le due tipologie di substrato per il carbonio della biomassa microbica (Bc). Molto elevato nel substrato a base compost (2900 - 3600 $\mu\text{g Bc g}^{-1}$) e meno soggetto alle variazioni nelle condizioni di incubazione e più contenuto nel substrato a base torba (350-600 $\mu\text{g Bc g}^{-1}$), ma maggiormente influenzato sia dalla alternanza di umidità che dallo sviluppo degli apparati radicali. Viceversa, l'azoto minerale e il fosforo estraibile sono risultati poco influenzati dalle condizioni di incubazione nel substrato a base torba, ma molto influenzati nel caso del substrato a base compost. Soprattutto le variazioni cicliche di umidità e per quanto riguarda l'azoto, anche la crescita dell'apparato radicale, hanno determinato un tasso di mineralizzazione più elevato. Pertanto nel substrato a base compost a fronte di una limitata modifica nella quantità di biomassa microbica si è riscontrato una significativa variazione della sua attività.

Parole chiave: substrati di crescita, compost, biomassa microbica, mineralizzazione di N e P

Mineralization and immobilization of nutrients in growing media

Abstract

The effects of cultivation of a composted growing media on N and P plant-availability and their main differences with a peat-based growing media have been evaluated during incubation experiments at different temperature and moisture regimes. The influence of roots growth has also been tested. Microbial biomass and extractable N and P have been determined during the time-course incubation up to 56 days. The microbial biomass carbon (Bc) was rather high in the composted growing media (2900-3600 $\mu\text{g Bc g}^{-1}$) but less influenced by treatments, in contrast, it was much lower in peat-based growing media (350-600 $\mu\text{g Bc g}^{-1}$) but more modified by the incubation conditions, especially by drying/rewetting cycles and by root growth. On the opposite, mineral N and extractable P were much less affected in the peat-based growing media than in the composted growing media. Especially the cyclic changes of moisture regimes, and for N only, the root growth, produced a much higher mineralization rate. In the composted growing media small changes in soil microbial biomass were associated with larger changes in microbial activity.

Keywords: growing media, compost, microbial biomass, N and P mineralization.

Introduzione

I substrati organici di crescita derivanti dal compostaggio di matrici organiche possono rappresentare una valida alternativa all'impiego delle torbe nella coltivazione di piante in contenitori e nelle colture fuori suolo (Chen e Hadar, 1987; La Manna e D'Angelo, 1991; Mathur e Voisin, 1996; Malusà *et al.*, 2002). Tra i substrati organici attualmente impiegati, le torbe rappresentano quelli maggiormente utilizzati, soprattutto nel settore professionale, in quanto possiedono alcune caratteristiche molto vantaggiose: elevata omogeneità del materiale, elevata stabilità alla degradazione, buona ritenzione idrica e concomitante buona disponibilità per l'aria dovuta ad una ottimale distribuzione tra macro e micro-porosità. La trascurabile cessione di nutrienti costituisce un ulteriore indubbio vantaggio dal punto di vista della tecnica colturale tradizionale in quanto consente di soddisfare in maniera controllata e riproducibile le esigenze nutrizionali delle piante per mezzo della fertirrigazione evitando in questo modo imprevisti eccessi di nutrienti derivanti dal substrato stesso, ovvero in alcuni casi la loro immobilizzazione (Berner *et al.*, 1996).

I substrati organici di crescita costituiti da compost di qualità prodotto da matrici organiche non contaminate (raccolta del verde urbano, fanghi dell'industria agro-alimentare, scarti della lavorazione del legno, ecc.) costituirebbero potenzialmente dei validi surrogati alle torbe per la coltivazione in contenitori, la coltivazione fuori suolo e l'ammendamento del terreno. Qualora opportunamente controllata, la buona cessione di macro- e micro-nutrienti a seguito dei processi di mineralizzazione della sostanza organica, riduce in questi substrati il ricorso all'impiego di con-

cimi minerali ed organici. Pertanto il loro utilizzo rappresenta una valida prospettiva per il vivaismo e la produzione orticola biologica (Nielsen e Thorup-Kristensen, 2001).

Sia l'instabilità fisica che il rilascio/immobilizzazione di nutrienti sono la diretta conseguenza dell'attività di mineralizzazione della sostanza organica ad opera della biomassa microbica, attività che viene riattivata in fase di impiego dei substrati per effetto della riuniformazione del materiale (Mondini *et al.*, 2002). L'innalzamento della temperatura (Raubuch *et al.*, 2002) e lo sviluppo degli apparati radicali delle piante che rilasciando essudati di varia natura nella rizosfera inducono una ulteriore stimolazione dell'attività microbica (Badalucco e Kuikman, 2001; De Nobili *et al.*, 2001). Inoltre, sia le fluttuazioni termiche a cui il materiale va soggetto, specialmente quando viene impiegato in contenitori di piccole dimensioni, sia i ripetuti cicli di essiccazione/riuniformazione si ripercuotono fortemente sull'attività microbica.

La previsione ed il conseguente controllo dei processi di mineralizzazione dell'azoto e del fosforo sono fattori chiave nella gestione della nutrizione minerale delle piante. Pertanto la possibilità di disporre di parametri (chimici e biochimici) robusti, tarati e valicati, che possano caratterizzare la dinamica dei nutrienti di ciascuna matrice organica, facilita la selezione dei substrati più idonei ed il loro abbinamento con le specifiche esigenze della coltura (Handreck, 1992; Gagnon e Simard, 1999). La ricerca e la messa a punto di tali parametri deve tenere conto sia delle peculiarità della matrice di partenza, dell'intrinseca eterogeneità sia spaziale (all'interno dello stesso lotto) che temporale (stagionalità delle matrici organiche di scarto), sia delle esigenze specifiche del loro impiego.

Gli obiettivi del presente lavoro sono lo studio preliminare degli effetti della messa a coltura di un substrato organico compostato, cioè dell'effetto di variazioni di temperatura e di umidità e sviluppo degli apparati radicali, sulla componente microbica e sulla conseguente mineralizzazione di azoto e fosforo.

Materiali e metodi

Nel presente lavoro un substrato compostato è stato posto a confronto con un substrato a base torba, le principali caratteristiche chimico-fisiche delle matrici utilizzate sono riportate in tabella 1. Il substrato a base torba consisteva in un prodotto commerciale adatto ai trapianti di specie non acidofile e concimato, mentre il substrato compostato consisteva in un ammendante compostato verde non concimato.

Tabella 1. Caratteristiche principali delle matrici utilizzate

Substrato	CE* (mS cm ⁻¹)	pH	C tot (%)	N tot (%)	Rapp. C/N	DA** Kg L ⁻¹
Base torba	0,50	6,2	72,1	1,9	38,0	0,13
Base compost	2,72	8,0	25,2	1,0	24,5	0,34

* CE: Conducibilità elettrica

** DA: Densità apparente

Le incubazioni sono state effettuate in condizioni diverse: l'effetto della temperatura e del regime di umidità è stato testato incubando i substrati in camere termostatiche a 5 e 25 °C. L'umidità è stata mantenuta costantemente vicina al 70% del contenuto idrico massimo (WHC) in un contenitore chiuso che periodicamente veniva aperto per consentire gli scambi gassosi. Le fluttuazioni cicliche di umidità del substrato sono state ottenute lasciandolo gradualmente essiccare fino a circa il 30% della capacità di ritenzione massima, e quindi ripristinando il contenuto idrico al 70% mediante aggiunta di acqua distillata.

Una seconda incubazione è stata effettuata in serra, e quindi soggetta alle fluttuazioni termiche e idriche tipiche dell'utilizzo in vaso. In queste condizioni è stata testato l'effetto della coltivazione ed in particolare degli apparati radicali sulla biomassa microbica e la sua attività di mineralizzazione. La specie utilizzata è stata il mais, in quanto è caratterizzata da un rapido sviluppo. Le analisi sono state effettuate a 12 e 56 giorni per le estrazioni delle forme minerali dell'azoto e solamente a 12 giorni per il fosforo.

La biomassa microbica (Bc) è stata determinata con il metodo della Fumigazione-Estrazione (Vance *et al.*, 1987; Wu *et al.*, 1990). L'azoto minerale è stato calcolato dalla somma di azoto nitrico e ammoniacale determinati sugli estratti in CaCl₂/DTPA (EN13651, 2001). Il fosforo minerale è stato determinato colorimetricamente sugli estratti in 0,5 M NaHCO₃ pH 8.5 (Handreck, 1991).

I dati, espressi in peso e anziché in volume, sono medie di tre repliche indipendenti. Le elaborazioni statistiche sono state effettuate con il software Cohort.

Risultati e discussione

Biomassa microbica

Il substrato a base torba incubato in condizioni standard (temperatura 25 °C e umidità 70% WHC costante) ha valori di biomassa microbica pari a 502 $\mu\text{g Bc g}^{-1}$. Qualora, invece, incubato alla stessa temperatura ma soggetto a variazioni cicliche di umidità ha incrementato la sua biomassa microbica fino a oltre 640 $\mu\text{g Bc g}^{-1}$, con un incremento del 30% (figura 1a). Il substrato incubato a 5 °C ha fornito una biomassa microbica molto inferiore (354 $\mu\text{g Bc g}^{-1}$), e probabilmente molto simile alla dotazione microbica del substrato in origine.

Gli effetti della temperatura di incubazione e dell'alternanza di umidità risultano molto meno marcati nel substrato a base compost, il quale presenta valori di biomassa microbica molto più alti (3300 $\mu\text{g Bc g}^{-1}$ in condizioni standard) e variabili da un minimo di 2908 $\mu\text{g Bc g}^{-1}$ per l'incubazione a 5°C ad un massimo di 3592 $\mu\text{g Bc g}^{-1}$ per l'incubazione a 25 °C e umidità variabile (figura 1b). Gli effetti dell'essiccazione e ribagnamento ciclico risultano statisticamente non significativi con una variazione inferiore all'8%.

Analizzando l'effetto dello sviluppo degli apparati radicali sulla componente microbica (figura 2) si evidenzia un significativo incremento (+50%) nel caso del substrato a base torba che passa da 590 a 890 $\mu\text{g Bc g}^{-1}$ mentre la variazione nel caso del substrato a base compost (+1.7%) non risulta statisticamente significativa.

La componente microbica dei due substrati studiati si presenta notevolmente diversa in termini quantitativi essendo il compost molto più ricco di microrganismi rispetto alla torba come era stato osservato anche da altri autori (Carlile e Wilson, 1991). D'altro conto la componente microbica del substrato a base torba sembra rispondere più velocemente sia alle variazioni termiche che alla presenza degli apparati radicali delle piante, mentre la componente microbica del substrato a base compost presenta una maggiore "inerzia" molto probabilmente conseguenza della maggiore densità e diversità.

Mineralizzazione dell'azoto

Nel substrato a base torba (figura 3) l'azoto nitrico e ammoniacale deriva completamente dal concime minerale aggiunto in fase di formulazione, pertanto esso assume valori massimi già all'inizio dell'incubazione (T0) e variazioni poco significative dopo 12 e 56 giorni. Le variazioni dovute alle diverse condizioni di incubazione sono contenute e anche la ripartizione tra forma nitrica e ammoniacale rimane pressoché costante, indicando una scarsissima attività di nitrificazione.

Nel substrato a base compost la dinamica delle forme azotate è completamente diversa (figura 4), presentando all'inizio della incubazione (C0) un valore molto basso di azoto ammoniacale e pressoché nullo di azoto nitrico, un incremento dopo 12 giorni soprattutto nell'incubazione a 25 °C e variazione ciclica di umidità, ed un incremento ancora più marcato dopo 56 giorni. In questo caso le condizioni di incubazione hanno prodotto una mineralizzazione dell'azoto completamente diversa, risultando minima nell'incubazione a 5 °C, intermedia nell'incubazione a 25 °C ed umidità costante e massima per l'incubazione a 25 °C e umidità del substrato variabile.

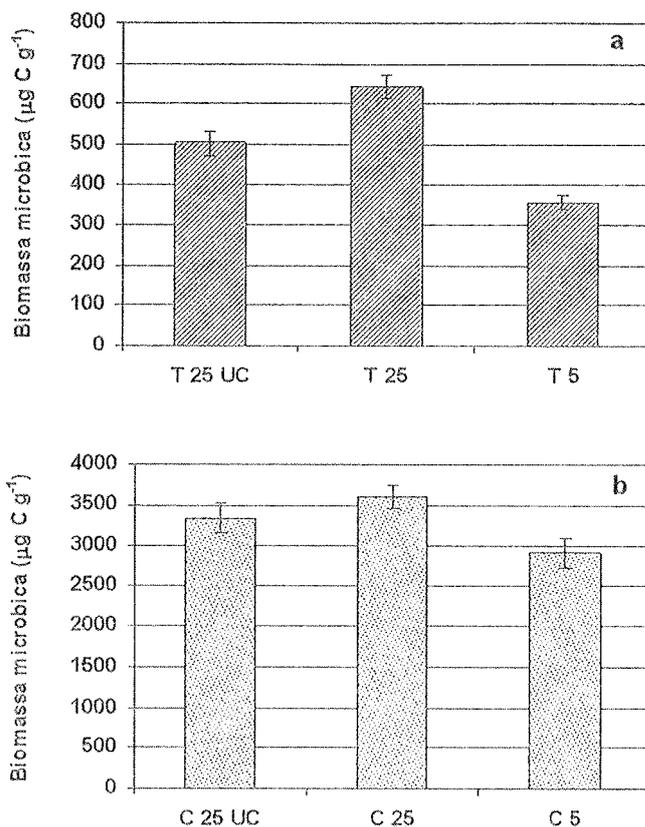


Figura 1. Biomassa microbica nel substrato a base torba (a) e nel substrato a base compost (b) incubato a 25 °C e umidità costante (T 25 UC) ed incubato a 25 °C (T 25) e 5°C (T 5) con alternanza di essiccazione/riumidificazione

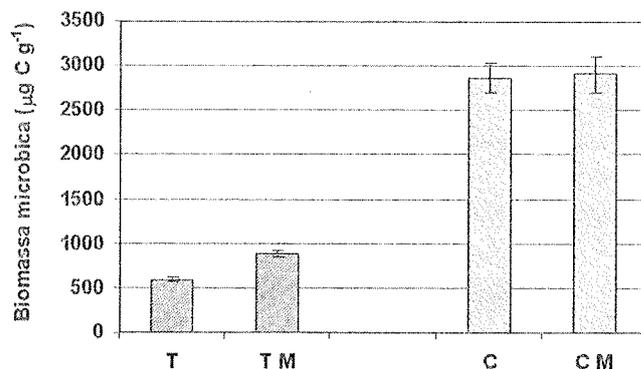


Figura 2. Biomassa microbica nel substrato a base torba e nel substrato a base compost in assenza (T - C) ed in presenza di apparati radicali (TM - CM)

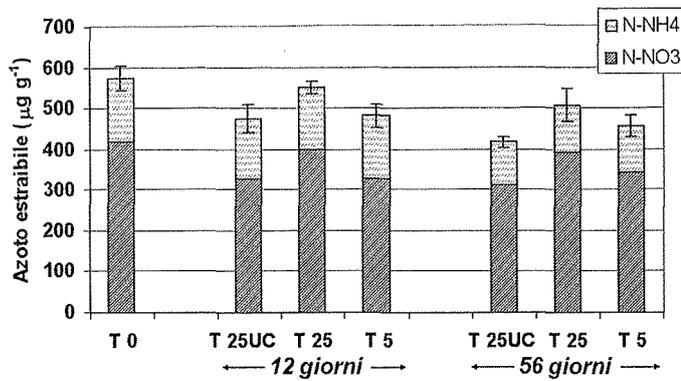


Figura 3. Azoto minerale estraibile (ammoniacale e nitrico) nel substrato a base torba in diverse condizioni di incubazione dopo 12 e 56 giorni

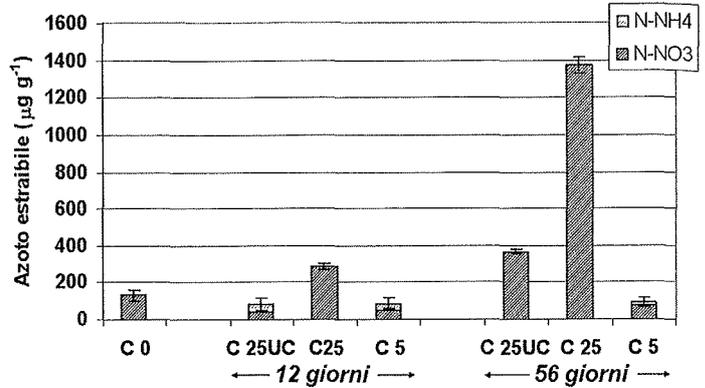


Figura 4. Azoto minerale estraibile (ammoniacale e nitrico) nei substrato a base compost in diverse condizioni di incubazione dopo 12 e 56 giorni

La forma ammoniacale, nel caso del substrato a base compost, è quasi nulla, indicazione di un'attività nitrificante molto accentuata.

Gli effetti degli apparati radicali sulla mineralizzazione dell'azoto, messi in evidenza nella prova in serra, hanno evidenziato come nel substrato a base torba ci sia una sostanziale diminuzione della frazione nitrica sia nel substrato non coltivato che nel substrato coltivato, anche se più accentuata in quest'ultimo (tabella 2), mentre la frazione ammoniacale è rimasta inalterata. La diminuzione nel caso del substrato non coltivato è stata attribuita alle perdite per lisciviazione a seguito delle irrigazioni. Nel caso del substrato a base compost, l'incubazione ha determinato un aumento della frazione nitrica sia nel substrato coltivato che in quello non coltivato, anche il valore nel substrato coltivato risente dell'assorbimento radicale.

Nel substrato compost, a fronte di una praticamente invariata biomassa microbica ne è derivata però una significativa variazione nell'attività di mineralizzazione, con conseguente maggiore disponibilità di forme minerali soprattutto di azoto.

Tabella 2. Azoto e fosforo estraibile nei substrati colturali incubati in serra per 12 giorni in assenza ed in presenza degli apparati radicali di piante di mais

Substrato	Condizioni incubazione	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	Azoto minerale*	Fosforo estraibile**
Base Torba	Condiz. iniziali	418,2 b [¥]	154,2 a	572,4 b	209,6 a
	Non coltivato	282,9 a	156,8 a	439,6 a	205,7 a
	Coltivato	314,9 a	147,7 a	462,7 a	192,0 a
Base compost	Condiz. iniziali	132,7 a	0,0 a	132,7 a	83,5 a
	Non coltivato	158,7 b	0,0 a	158,7 b	112,5 a
	Coltivato	148,2 ab	0,0 a	148,2 ab	117,2 a

* Azoto minerale = N-NO₃⁻ + N-NH₄⁺

¥ Duncan test P>0.05%

Mineralizzazione del fosforo

Il fosforo minerale è stato misurato solamente in due momenti nel corso dell'incubazione: all'inizio e dopo 12 giorni di incubazione. Come appare chiaramente dalla figura 5a, le diverse condizioni di incubazione non hanno alterato la disponibilità di fosforo nel substrato a base torba che si attesta attorno ai 180-200 µg P g⁻¹, fosforo derivante esclusivamente dal concime minerale utilizzato per la preparazione del substrato. Nel caso del substrato a base compost, invece (figura 5b), mentre l'incubazione a umidità costante a 25 °C e quella a 5 °C non evidenziano un significativo incremento, l'incubazione a 25 °C ma con fluttuazioni dell'umidità ha determinato già a 12 giorni un marcato incremento passando da circa 80 a 130 µg P g⁻¹ (+62%).

La coltivazione del substrato (tabella 2) non ha determinato variazioni del fosforo estraibile nel substrato a base torba, ma un leggero incremento nel corso dell'incubazione del substrato a base compost sia nel caso di coltivazione che di non coltivazione.

Conclusioni

Anche a fronte di alcuni limiti che presenta questo lavoro di carattere preliminare si è potuto evidenziare come mentre le condizioni di utilizzo non influenzano le proprietà di un substrato colturale a base torba, nel caso di un substrato colturale a base compost, la temperatura di impiego, le variazioni cicliche di umidità e la presenza degli apparati radicali delle piante alterano significativamente la disponibilità di azoto e fosforo per le piante stesse. Questa modifica è la conseguenza diretta di una rapida riattivazione della mineralizzazione della matrice organica. Ne deriva pertanto, al fine di utilizzare proficuamente queste matrici nella coltivazione in contenitore a parziale o totale sostituzione della torba, la necessità per i substrati compostati di adottare accorgimenti idonei da un lato alla caratterizzazione del substrato "in opera" e dall'altro a fronteggiare e gestire la mineralizzazione del substrato.

Ringraziamenti

Si ringrazia il dott. Stefano Benazzato per aver fornito l'ammendante compostato verde.

Bibliografia

- BERNER A., WULLSCHLEGGER I. E ALFOLDI T. 1996. Estimation of N-release and N-mineralization of garden waste composts by the mean of easily analysed parameters. In: De Bertold M., Sequi P., Lemmes B., Papi T. (Editors) *The science of composting*, pp. 1078-1082.
- BADALUCCO L., KUIKMAN P.J., 2001. Mineralization and immobilization in the rhizosphere. In: *The rhizosphere*. Pinton R., Varanini Z. and Nannipieri P. Editors, Marcel Dekker Inc. NY.
- Carlile W.R., Wilson D.P., 1991. Microbial activity in growing media – A brief review. *Acta Horticulturae*, 294: 197-206.
- CHEN Y., HADAR Y., 1987. Composting and use of agricultural wastes in container media. In: Zucconi G. e De Bertoldi M. (Editors) *Compost: production, quality and use*. Proceeding of a symposium organized by the Commission of the European Communities, Directorate-General Science, Research and Development. Udine, Italy, 17-19 April 1986.
- EN 13651, 2001. Soil improvers and growing media – Extraction of calcium chloride/DTPA (CAT) soluble nutrients.
- DE NOBILI M., CONTIN M., MONDINI C., BROOKES P.C., 2001. Soil microbial biomass is triggered into activity by trace amounts of substrate. *Soil Biology and Biochemistry* 33, 1163-1170.

APPLICABILITÀ DELLA SPETTROSCOPIA NIR PER LA CARATTERIZZAZIONE ANALITICA DELLE TORBE

Laura Crippa, Daria Orfeo, Pietro Marino, Patrizia Zaccheo, Pierluigi Genevini

Dipartimento di Produzione Vegetale, Università di Milano, Via Celoria 2, 20133 Milano; e-mail: laura.crippa@unimi.it

Riassunto

In questo lavoro si riportano i risultati dell'applicazione della spettroscopia NIR per la determinazione di caratteristiche chimiche e fisiche di torbe impiegate nella costituzione di substrati colturali. Su 64 campioni di torbe raccolti presso tre produttori di substrati sono state effettuate le principali determinazioni analitiche (pH, conducibilità, carbonio e azoto totali, fibre: neutro-deterse, acido-deterse, lignina acido-deterse, acqua facilmente disponibile, densità apparente e porosità totale) e sono stati acquisiti i relativi spettri NIR. Dati analitici e dati spettroscopici sono stati correlati attraverso regressione PLS (Partial Least Square) per ottenere i modelli di calibrazione relativi ai singoli parametri. Le calibrazioni relative a C e N totali, NDF, ADL, porosità e densità apparente possono essere considerate soddisfacenti, mentre per i restanti parametri necessitano di essere meglio sviluppate.

Parole chiave: Torbe, spettroscopia NIR, caratteristiche chimiche e fisiche

Application of NIR spectroscopy approach to peat characterization

Summary

The aim of this study was to assess the use of NIRS to measure several physical and chemical properties of peat used as growing substrates. NIR spectra were recorded for 64 samples of peat collected in the Italian market of potting media. pH, electric conductivity, total carbon and nitrogen, fibres (neutral detergent fibre, acid detergent fibre and acid detergent lignin), easily available water (EAW), bulk density and porosity were determined and correlated with spectroscopic data by Partial Least Squares regression (PLS) in order to obtain calibration models for the investigated parameters. NIRS predicted well the content of total carbon and nitrogen, neutral detergent fibre, detergent lignine, total porosity and bulk density. Calibrations for remaining parameters were less effective.

Keywords: Peat, Near Infrared spectroscopy, prediction of chemical and physical properties

Introduzione

La maggior parte dei substrati presenti sul mercato italiano è rappresentata da materiali a base di torbe, la cui importazione è più che decuplicata passando dalle 35.000 tonnellate del 1980 alle 508.000 tonnellate del 2000. Accade frequentemente che le torbe vengano caratterizzate all'origine con metodiche diverse, in assenza di normative comuni a livello internazionale; di conseguenza i produttori di substrati colturali hanno la necessità di caratterizzare non solo i loro prodotti commerciali ma anche i lotti dei materiali in ingresso, per poter garantire un'elevata e costante qualità. Tra le metodiche adottate routinariamente, alcune (ad es. pH e conducibilità) sono di facile e rapida esecuzione, mentre altre risultano onerose in termini di tempo (ad es. le proprietà fisiche che coinvolgono i rapporti acqua/aria), altre ancora richiedono specifiche apparecchiature (ad es. carbonio e azoto totale).

La spettroscopia nel vicino infrarosso è una tecnica analitica che richiede una minima preparazione del campione e che consente di effettuare analisi in tempi brevi. Studi recenti hanno dimostrato che è possibile utilizzare tale tecnologia per la determinazione di alcuni parametri chimico-fisici caratterizzanti le torbe (Hämäläinen e Albano, 1992; McTiernan *et al.*, 1998).

Nel presente lavoro si sono esplorate le potenzialità della spettroscopia nel vicino infrarosso (NIR) per la stima di alcuni parametri chimici e fisici di torbe presenti sul mercato italiano.

Materiali e metodi

Il set campionario è composto da 64 campioni di torbe bionde e brune, provenienti da tre aziende produttrici di substrati per il florovivaismo e da loro acquistate direttamente da torbiere situate in Lettonia, Lituania e Irlanda (tabella 1).

La preparazione dei campioni, per l'effettuazione dell'analisi spettroscopica, ha previsto la loro essiccazione in stufa ventilata a 105°C e la successiva macinazione a 1 mm. Per le analisi convenzionali i campioni sono stati

preparati secondo le modalità richieste dalle metodiche utilizzate. I parametri analitici, i metodi utilizzati e le principali statistiche descrittive sono riportati in tabella 2.

Tabella 1. Set di campioni

C.	Tipo	Origine	C.	Tipo	Origine	C.	Tipo	Origine
T1	bruna	Irlanda	FT11	pesante	Lettonia	FT32	bruna	Lettonia
T2	bionda	Lituania	FT12	bruna	Lettonia	FT33	pesante	Lettonia
T3	bionda	Lituania	FT13	bruna	Lettonia	FT34	pesante	Lettonia
T5	pesante(*)	Lituania	FT14	bruna	Lettonia	FT35	bionda	Lettonia
T6	bionda	Lituania	FT15	bionda	Lettonia	FT36	pesante	Lettonia
T7	bionda	Lituania	FT16	bruna	Lettonia	FT37	bionda	Lettonia
T9	bruna	Irlanda	FT17	pesante	Lettonia	FT38	bionda	Lettonia
T10	bionda	Lettonia	FT18	pesante	Lettonia	FT39	bionda	Lettonia
T11	bionda	Lettonia	FT19	pesante	Lettonia	FT40	pesante	Lettonia
T12	pesante	Lettonia	FT20	bruna	Lettonia	FT41	pesante	Lettonia
T13	bionda	Lettonia	FT21	pesante	Lettonia	FT42	pesante	Lettonia
1FT	pesante	Lettonia	FT22	pesante	Lettonia	FT43	pesante	Lettonia
2FT	bionda	Lettonia	FT23	pesante	Lettonia	FT44	pesante	Lettonia
3FT	bionda	Lettonia	FT24	bruna	Lettonia	FT45	pesante	Lettonia
4FT	pesante	Lettonia	FT25	bruna	Lettonia	FT46	bionda	Lettonia
5FT	pesante	Lettonia	FT26	bruna	Lettonia	FT47	pesante	Lettonia
6FT	bionda	Lettonia	FT27	pesante	Lettonia	FT48	pesante	Lettonia
7FT	pesante	Lettonia	FT28	bruna	Lettonia	FT49	bionda	Lettonia
FT8	pesante	Lettonia	FT29	bruna	Lettonia	FT 50	pesante	Lettonia
FT9	pesante	Lettonia	FT30	bruna	Lettonia	FT 51	bionda	Lettonia
FT10	bionda	Lettonia	FT31	pesante	Lettonia	FT 52	bionda	Lettonia
						FT 53	pesante	Lettonia

(*) pesante = miscela di torba bionda e torba bruna

Tabella 2. Parametri, analitici, metodi di riferimento e statistiche descrittive

Parametri	Metodi	u.m.	Media	Dev. Std
Carbonio totale	Analisi elementare	%	49	2
Azoto totale	"	%	1.0	0.2
NDF ¹	Goering, 1970	%	62	5
ADF ²	"	%	33	7
ADL ³	"	%	14	5
Densità apparente	EN 13041, 1999	g/cm ³	0,11	0,04
Porosità totale	"	%	92	2
Acqua facilmente disponibile	"	%	25	6
pH	Sonneveld, 1974	unit pH	4,4	0,4
Conducibilità elettrica	"	µS/cm	118	51

1 fibra neutro-detersa, 2 fibra acido-detersa, 3 lignina acido-detersa

Gli spettri NIR sono stati acquisiti mediante lo strumento FOSS-TECATOR modello 5000, dotato di monocromatore a scansione di tipo olografico con campo di lettura da 1100 a 2500 nm e risoluzione a 2 nm. Per ogni materiale sono stati acquisiti due spettri riempiendo due volte il porta campioni con 20 g di materiale macinato. Lo spettro finale è ottenuto dalla media delle due acquisizioni. Per l'elaborazione dei dati spettrali ci si è avvalsi del software WINISI II (Infrasoft International - Foss Tecator). Per ridurre gli effetti di scattering (fenomeno legato alla riflettanza diffusa della luce) gli spettri sono stati trattati matematicamente applicando l'algoritmo SNV (*Standard Normal Variate*), mentre per eliminare le anomalie della linea di base si è provveduto al calcolo della derivata prima. Dati analitici e dati spettroscopici sono stati analizzati mediante l'analisi delle componenti principali (PCA) e correlati attraverso regressione PLS (Partial Least Square) per ottenere i modelli di calibrazione relativi ai singoli parametri. Il numero ottimale di fattori utilizzati nel modello di calibrazione, è stato individuato tramite validazione incrociata, il modello finale è stato validato su un set di campioni indipendenti (non appartenenti al set di calibrazione).

Risultati e discussione

Dall'analisi delle componenti principali (PCA) risulta che il 99,73% della varianza totale è spiegato da 8 fattori; la correlazione tra questi fattori e i parametri studiati è riportata in tabella 3.

Tabella 3. Matrice di correlazioni tra i parametri e i fattori estratti con PCA

Parametri	Fattori							
	1	2	3	4	5	6	7	8
carbonio totale	0,065	0,759	-	0,034	-	-	-	-
Azoto totale	-	-	0,61	-	0,098	-	0,121	-
NDF	-	0,463	0,123	-	0,063	-	-	-
ADF	-	0,219	-	0,191	0,043	-	-	-
ADL	-	0,604	0,105	-	0,061	-	-	-
Densità apparente	-	0,790	0,012	-	-	-	-	0,037
Porosità totale	-	0,800	0,027	0,018	-	-	-	-
Acqua facilmente disponibile	-	0,057	0,184	-	-	0,063	-	-
pH	0,032	0,276	-	-	-	0,049	-	-
Conducibilità elettrica	-	-	-	0,122	0,111	0,044	-	-

E' interessante notare che i parametri porosità totale, densità apparente, carbonio totale, fibra neutro detera e lignina acido-detera sono descritti da uno stesso fattore (fattore 2). Questa relazione sottolinea come parametri analitici che misurano proprietà fisiche possano essere rilevati spettroscopicamente in quanto dipendenti da componenti strutturali della sostanza organica, quali le fibre.

La tabella 4 riporta la composizione e i risultati ottenuti applicando l'analisi PLS al set di calibrazione; la validazione del modello di calibrazione è stata condotta solo per i parametri che hanno riportato valori dei coefficienti di regressione (RSQ) superiori a 0,7.

I modelli di validazione e calibrazione sono riportati nelle figure 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Tabella 4. Statistiche di calibrazione e validazione

Parametri	Set di validazione						Set di calibrazione					
	n	range	media	dev.std.	SECV	RSQ	n	range	media	dev.std.	SEP	RSQ
Carbonio tot.	32	46-54	49	2	1	0,89	32	47-54	49	2	0,84	0,82
Azoto tot.	30	0,46-1,24	0,94	0,20	0,06	0,95	31	0,48-1,4	1,0	0,2	0,11	0,76
NDF1	31	53-70	63	4	2	0,80	32	49-69	61	5	3,19	0,68
ADF2	29	17-52	33	7	4	0,54						
ADL3	31	4-25	13	5	2	0,89	31	5-29	13	5	1,85	0,85
Densità app.	31	0,17-0,21	0,11	0,04	0,01	0,93	32	0,05-0,21	0,12	0,04	0,02	0,81
Porosità tot.	31	87-96	93	2	1	0,95	32	87-96	92	2	0,9	0,83
AFD	31	10-35	25	6	4	0,74	30	11-45	26	7	4,26	0,44
pH	30	3,8-4,9	4,3	0,3	0,2	0,63						
Conducibilità	31	58-201	115	37	29	0,29						

SECV = Errore standard in cross-validazione

SEP = Errore standard in previsione

RSQ = Coefficiente di regressione

Carbonio e azoto totale

Nella costruzione del modello di calibrazione per il carbonio totale, non si sono evidenziati campioni con differenze spettrali superiori a tre volte la deviazione standard della popolazione campionaria. In calibrazione si sono ottenuti risultati positivi con un RSQ di 0,89. In validazione si è ottenuto un RSQ di 0,823 e un SEP pari a 0,844%. La calibrazione del contenuto in azoto è stata effettuata su 30 campioni, poiché 2 sono risultati outliers (statisticamente diversi), e ha fornito buoni risultati (RSQ=0,95). La validazione è risultata meno soddisfacente (RSQ=0,76, SEP=0,11%).

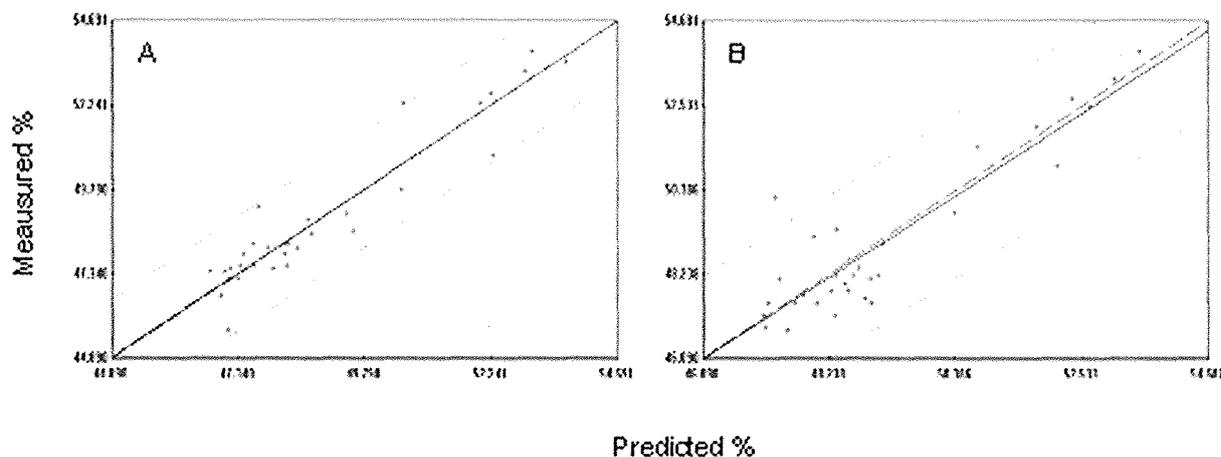


Figura 1. Valori previsti e stimati di carbonio in calibrazione (a) e validazione (b)

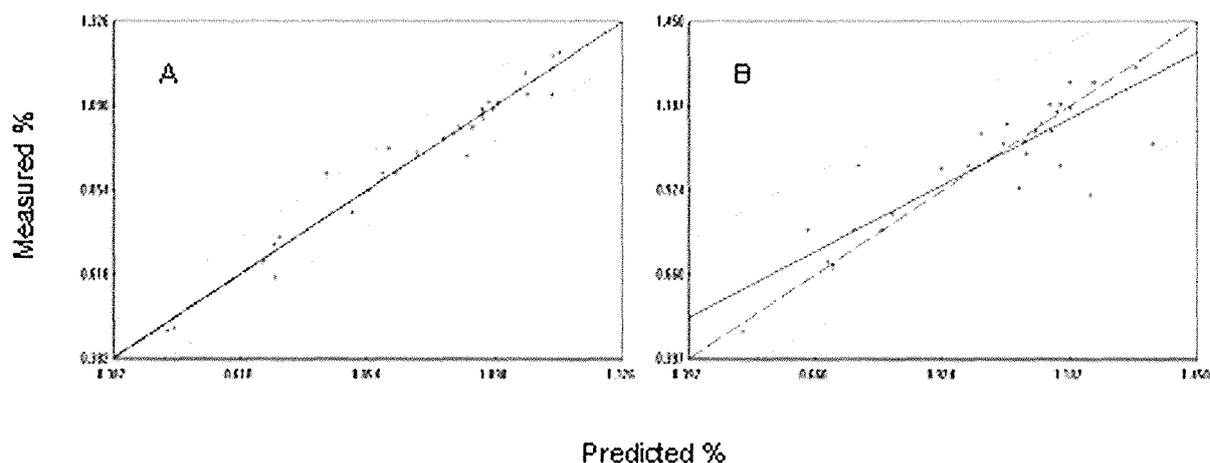


Figura 2. Valori previsti e stimati di azoto in calibrazione (a) e validazione (b)

Fibre

La determinazione delle fibre, analisi solitamente riservata a alimenti per uso zootecnico, è stata effettuata per verificare la possibile influenza della composizione in fibre su proprietà fisiche delle torbe quali la densità apparente e la porosità totale. La diversa tipologia di componenti fibrose nelle torbe dipende dalle specie vegetali e dalle condizioni pedoclimatiche che hanno concorso alla formazione del materiale torboso ed al suo grado di decomposizione. Una quota più elevata di lignina corrisponde ad un maggior grado di decomposizione del materiale e la sua presenza accanto, a quella di cellulosa, potrebbe conferire stabilità strutturale ai substrati anche durante il loro impiego in serra. Precedenti lavori (Aendekerk, 1997; Prasad *et al.*, 2000) hanno valutato con diversi approcci la possibile relazione tra grado di decomposizione e proprietà fisiche delle torbe, quali il restringimento, ipotizzando un coinvolgimento della lignina in questo fenomeno. Il modello di calibrazione della fibra neutro-detersa, che comprende emicellulose, cellulose, lignina e ceneri insolubili, ha fornito un valore di RSQ pari a 0,80. In fase di validazione si verifica un peggioramento delle potenzialità predittive del modello; tuttavia si ottengono risultati considerati accettabili dato che l'errore che accompagna la stima rimane al di sotto dell'errore comunemente accettato nelle determinazioni classiche (RSQ = 0,68 e SEP = 3,6%). Dalla regressione dei dati dell'ADF, che comprende cellulose, lignine e ceneri insolubili, si è ottenuto un RSQ di 0,57, pertanto non vengono riportati i risultati in maniera dettagliata poiché una così bassa correlazione non consente una possibile applicazione della tecnologia infrarossa nella stima di tale parametro. Dall'elaborazione statistica dei dati provenienti dall'analisi chimica convenzionale è emerso che il set studiato manifesta un'elevata variabilità per questo parametro. La stima del contenuto in lignina e sali insolubili ha fornito buoni risultati sia in calibrazione (RSQ=0,89) che in validazione (RSQ=0,85, SEP = 1,85%).

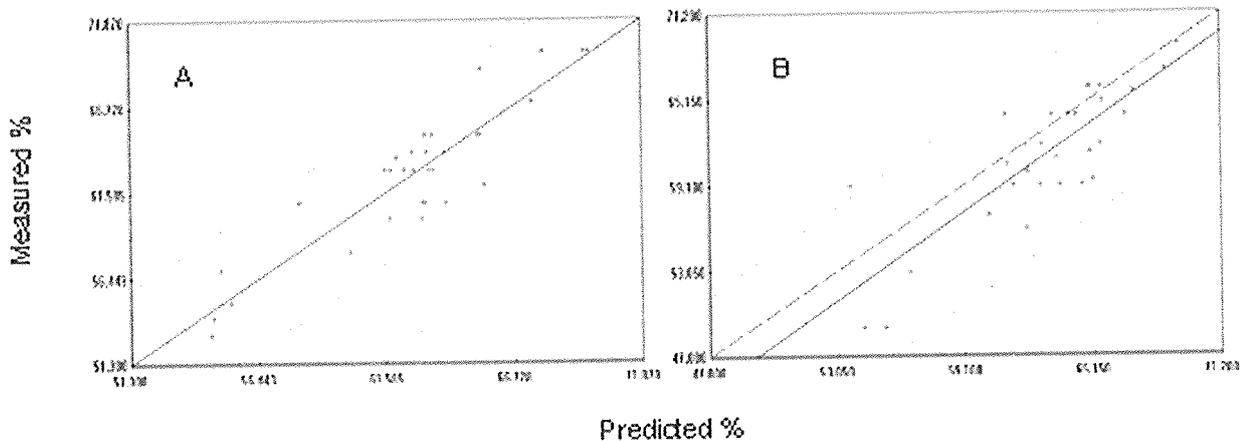


Figura 3. Valori previsti e stimati di NDF in calibrazione (a) e validazione (b)

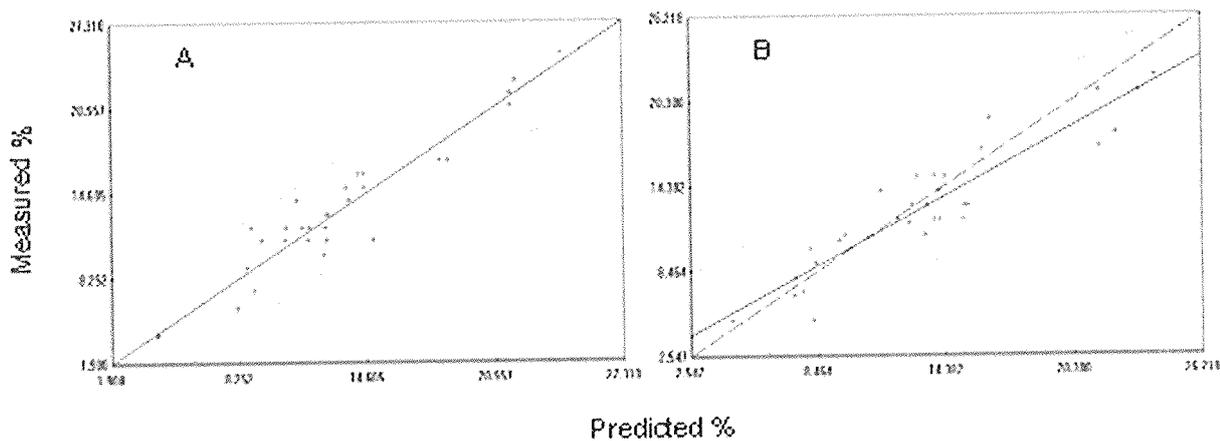


Figura 4. Valori previsti e stimati di ADL in calibrazione (a) e validazione (b)

Acqua facilmente disponibile

Si tratta della misura della quantità di acqua rilasciata dalle torbe quando la tensione passa da $pF=1$ a $pF=1,7$ e rappresenta la frazione disponibile per l'assorbimento radicale. Durante lo sviluppo del modello di calibrazione è stato escluso un campione, e la stima di questo parametro è apparsa soddisfacente ($RSQ=0,74$). In fase di validazione, tuttavia, si è ottenuto un netto peggioramento della stima.

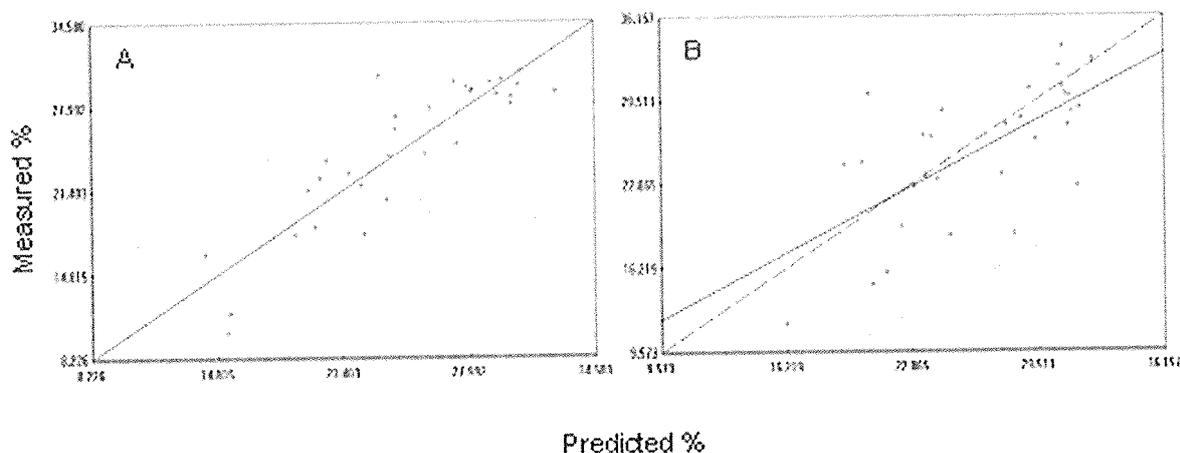


Figura 5. Valori previsti e stimati di AFD in calibrazione (a) e validazione (b)

Densità apparente e porosità

La densità apparente esprime il rapporto tra la massa di un materiale e il suo volume apparente (compresi gli spazi occupati dall'aria e dall'acqua). E' un parametro molto importante per la previsione del comportamento delle torbe come substrati per l'allevamento delle piante in contenitore. Infatti al crescere della densità apparente si verifica una graduale diminuzione della porosità totale, soprattutto a carico della macroporosità responsabile della presenza di aria nei substrati di coltura, con conseguente rischio di anossia radicale, accompagnata da un parallelo aumento del grado di restringimento. Al contrario, valori molto bassi comportano un'eccessiva aerazione del substrato e di conseguenza si può verificare un calo sensibile nella quota di acqua facilmente disponibile. L'analisi spettroscopica consente di stimare bene sia densità apparente che porosità delle torbe, poiché si ottengono per entrambi elevati valori di RSQ in calibrazione (0,93 e 0,95 rispettivamente) e buoni risultati in validazione (RSQ = 0,81 con SEP di 0,017 g/cm³ per la densità apparente e RSQ = 0,83 con SEP di 0,94% per la porosità totale).

La calibrazione per i parametri pH e conducibilità elettrica è risultata insufficiente.

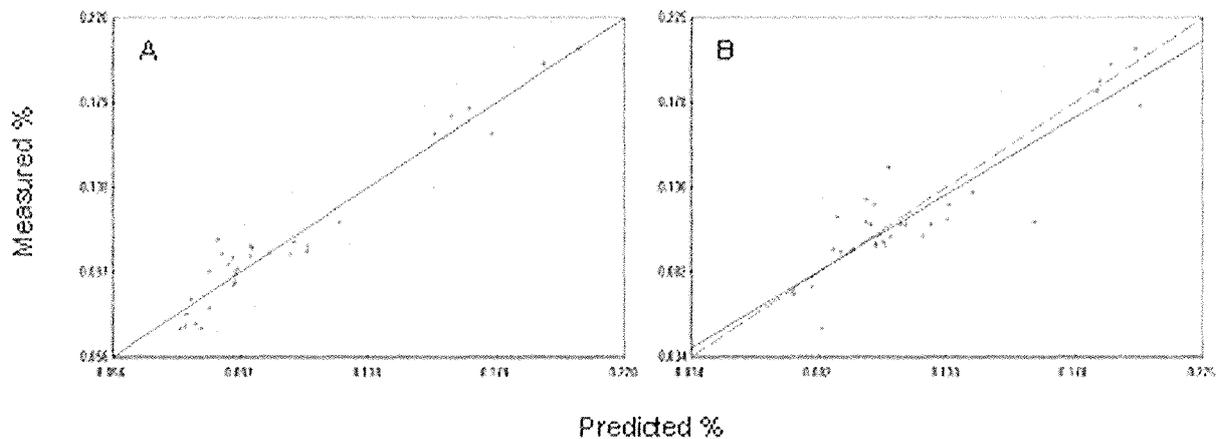


Figura 6. Valori previsti e stimati di densità apparente in calibrazione (a) e validazione (b)

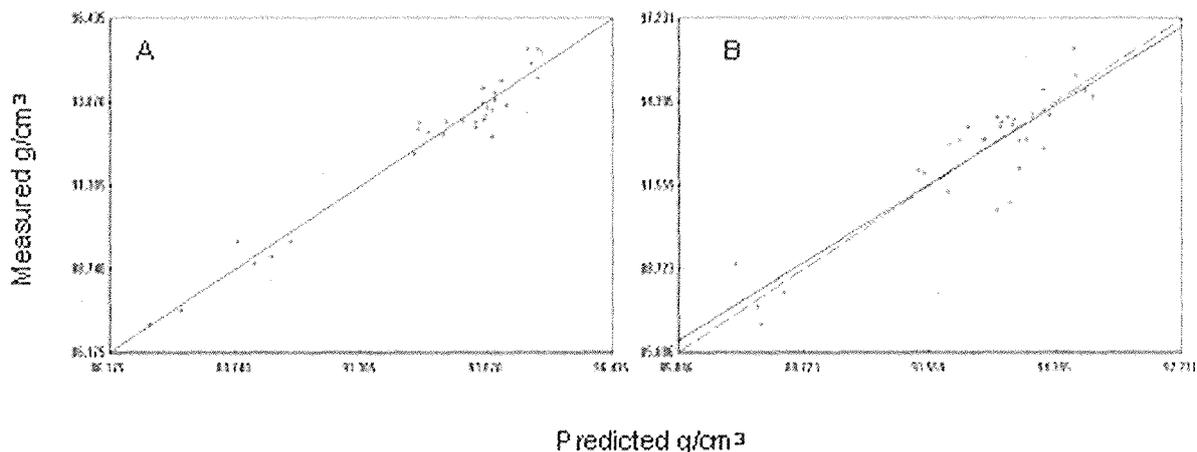


Figura 7. Valori previsti e stimati di porosità totale in calibrazione (a) e validazione (b)

Conclusioni

Il presente lavoro ha dimostrato come la tecnologia infrarossa possa essere impiegata per la stima di alcuni parametri analitici molto importanti per le torbe che vengono impiegate come costituente nei substrati in uso nel florovivaismo. In particolare, la possibilità di conoscere alcune proprietà fisiche densità apparente e porosità utilizzando un sistema analitico affidabile e rapido, consentirebbe ai produttori di substrati un miglior controllo della qualità dei loro prodotti.

La relazione evidenziata tra queste proprietà fisiche e il contenuto in fibre, inoltre, suggerisce di approfondire gli studi sul ruolo esercitato da alcune biomolecole sui rapporti solido/liquido e solido/gas.

Infine, la possibilità di stimare con la spettroscopia NIR il contenuto in lignina delle torbe potrebbe consentire di prevederne anche il comportamento durante l'allevamento delle piante, soprattutto per quanto riguarda la stabilità strutturale. Ulteriori studi, condotti su un campione più ampio, potrebbero consentire di calibrare meglio il modello per la previsione dei parametri legati alla capacità di ritenzione dell'acqua. In questo modo, l'analisi spettroscopica da sola potrebbe fornire un quadro analitico esauriente ai fini della valutazione agronomica delle torbe.

Bibliografia

- AENDEKERK, T.G.L. (1997) Decomposition of peat substrates in relation to physical properties and growth of *Chamaecyparis*. *Acta Horticulturae* 450: 191-198.
- EN 13041 (1999) Determination of physical properties - Dry bulk density, air, volume, water volume, shrinkage value and total pore space.
- GOERING, H. K. & VAN SOEST, P. J. (1970) Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Applications). *Agricultural Handbook No. 379*. ARS-USDA, Washington, DC, pp. 1-20.
- HÄMÄLÄINEN, M. & ALBANO, C. (1992) Principal variations in the chemical composition of peat: predictive peat scales based on multivariate strategies. *Journal of chemometrics* 6: 41-56.
- MCTIERNAN, K.B., GARNETT, M.H., MAUQUOY, D., INESON, P. & COUTEAUX, M.M. (1998) Use of near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) in palaeoecological studies of peat. *Holocene* 8: 729-740.
- PRASAD, M., VERHAGEN, J. B. G. M. & AENDEKERK, T. G. L. (2000) Effect of peat type and pH on breakdown of peat using Fourier transform infrared spectroscopy. *Communications in Soil Science & Plant Analysis* 31: 2881-2889.
- SONNEVELD, C., VAN DEN ENDE, J. & VAN DIJK, P.A. (1974) Analysis of growing media by means of a 1:1/2 volume extract. *Soil Science & Plant Analysis* 5(3): 183-202.

PROPOSTE NORMATIVE PER UNA VALUTAZIONE MICROBIOLOGICA DEI SUBSTRATI COLTURALI

Marco de Bertoldi

Dipartimento di Microbiologia Industriale, Università di Udine Via Marangoni, 97 - 33100 Udine; e-mail: debertoldi@uniud.it

Riassunto

Il mondo dei substrati colturali è estremamente eterogeneo. Essi infatti possono essere formulati con diverse matrici di partenza; la definizione microbiologica di queste matrici o della loro miscela (substrato colturale) risulta essere un aspetto molto importante prima del loro impiego in agricoltura. La presenza di microrganismi saprofiti, agenti patogeni per l'uomo e per le piante, la soppressività verso agenti fitopatogeni e la fitotossicità vengono di seguito valutati al fine di poter formulare una normativa che caratterizzi questi prodotti e ne regoli la loro commercializzazione.

Parole chiave: substrati colturali, valutazione microbiologica, patogeni, Soppressività, Fitotossicità

Abstract

The world of growing media is extremely heterogeneous. They can be produced using different starting material. The microbiological specification of growing media, before their agricultural use, is very important. Guidelines and Legislations should include: presence of saprophytic microorganisms, pathogenic agents to man and plants, suppressivity to phytopathogens, and phytotoxicity.

Key words: growing media, microbiology, pathogens, suppressivity, phytotoxicity

Discussione

Valutazione della microflora saprofitica presente.

Molte matrici di partenza impiegate nella preparazione dei substrati colturali possono contenere comunità microbiche diverse: batteri aerobi o anaerobi, batteri eterotrofi o autotrofi, attinomiceti ed eumiceti. La presenza e l'entità di alcune di queste popolazioni microbiche può avere particolare importanza sulla fertilità biologica dei suoli. Questi microrganismi infatti determinano la mineralizzazione della sostanza organica, rendendo disponibile alle piante gli elementi nutritivi in essa contenuti, operano l'umificazione della sostanza organica e sono responsabili dei cicli dei nutrienti del suolo (carbonio, azoto, fosforo, potassio, zolfo ecc.). La valutazione e indicazione di alcuni gruppi microbici più significativi, non solo qualitativa ma anche quantitativa, potrebbe essere un elemento importante per la valorizzazione e caratterizzazione dei substrati colturali. Da un punto di vista normativo inoltre risulterà importante definire: (1), quali possono essere i principali gruppi microbici che potranno essere indicati; (2), le loro precise metodiche d'analisi con riferimento ai metodi standard italiani e internazionali.

Valutazione degli agenti patogeni per l'uomo

Una seconda popolazione microbica, anche se quantitativamente meno importante della prima, è quella dei patogeni per l'uomo. Questi possono costituire un rischio igienico sanitario in quanto dai substrati possono arrivare all'uomo attraverso il terreno, i vegetali o gli animali, ed infine gli alimenti. Per interrompere questa catena bisogna che i substrati colturali prima di essere messi a contatto con le colture vengano igienizzati. Per gli ammendanti organici esiste già una legislazione (Legge 748 del 19.10.84 e successive modifiche). Questa legislazione risulta essere complessa e non adatta per controlli periodici a bassi costi.

Gi agenti patogeni da prendere in considerazione per una normativa dovranno rispondere ai seguenti requisiti: (1), costituire un rischio igienico-sanitario per l'uomo in quanto possono entrare nella catena alimentare; (2), devono essere abbastanza resistenti ai trattamenti fisici e chimici; (3), devono essere facili da determinare con analisi poco costose; (4), devono essere microrganismi normalmente non presenti nel suolo nel qual caso la loro eliminazione dai substrati sarebbe superflua.

Per quanto detto sopra, le analisi dei virus si dovrebbero evitare in quanto molto complesse e costose. Per la loro eliminazione si dovrebbero identificare degli indicatori che presentino un comportamento analogo ai virus patogeni e potenzialmente presenti nei substrati. Per i funghi l'unico agente patogeno per l'uomo potrebbe essere

Aspergillus fumigatus, ma la sua abbondante presenza nel suolo rende superflua la sua eliminazione. Restano i batteri e i parassiti. Per i primi le varie legislazioni internazionali prendono in considerazione i seguenti batteri o gruppi microbici:

Coliformi (totali e fecali)
Escherichia coli
Enterococcus (ex *Streptococchi fecali*)
Clostridium
 Enterobacteriaceae
Salmonella

La proposta, peraltro più diffusa, anche a livello internazionale, è quella di scegliere come patogeno *Salmonella*, la quale dovrà essere assente in un campione di 50 g s.s. Non ha senso introdurre *Clostridium* in una eventuale normativa sia perché questi batteri sporigeni sono molto resistenti a ogni tipo di trattamento e pertanto la loro eliminazione sarebbe molto costosa e sia perché essi sono molto diffusi nel terreno. Per quanto riguarda gli indicatori, le scelte potrebbero cadere sui Coliformi e sul genere *Enterococcus* per la loro facile identificazione e per la loro ubiquità. Alcune legislazioni straniere considerano le Enterobacteriaceae invece dei Coliformi. Dei microorganismi indicatori si dovrebbe valutare il loro calo logaritmico dopo il processo di igienizzazione invece del valore assoluto nel prodotto finito. Questi microorganismi (*Salmonella*, Coliformi, Enterobacteriaceae e *Enterococcus*) si possono determinare molto facilmente e con tempi molto brevi impiegando anche analisi genetiche del DNA (PCR) (Civilini et.al., 2000).

Per quanto riguarda i parassiti non è possibile utilizzare indicatori batterici in quanto questi non rispondono ai trattamenti chimici e fisici nello stesso modo dei parassiti. La valutazione di Nematodi, Trematodi, Cestodi, come previsto dalla legislazione italiana, non trova riscontro in nessun altro Paese al mondo. Valutare questi gruppi tassonomici in un semplice laboratorio annesso ad una azienda che produce substrati colturali potrebbe essere troppo complesso e richiederebbe tempi piuttosto lunghi. L'analisi diretta invece di uova vitali di parassiti risulta essere più veloce, più semplice ed è altrettanto sicura per una valutazione del rischio igienico-sanitario.

Quindi una normativa sull'igienizzazione dovrebbe prevedere assenza di *Salmonella* e di uova vitali di parassiti umani in 50 g s.s.; inoltre, in modo facoltativo, potrebbe chiedere l'indicazione del calo logaritmico di alcuni batteri (come sopra elencato) per essere sicuri che il processo igienizzante abbia eliminato anche i virus più resistenti. (Strauch and de Bertoldi, 1986; Strauch, 1987; de Bertoldi, 1987; de Bertoldi, Civilini and Manzano, 1991; Civilini, Venuti, de Bertoldi and Damante, 2000; W.H.O., 1981)

Fitopatogeni e semi di piante infestanti

Un substrato colturale che dovrà essere impiegato per la crescita selettiva di piantine in orto-floro e frutticoltura dovrà essere esente da funghi, batteri e virus fitopatogeni la cui presenza potrà inficiare la crescita e la salubrità delle piantine in crescita. Probabilmente gli stessi sistemi di igienizzazione usati per eliminare i patogeni dell'uomo dovrebbero essere sufficienti per eliminare i fitopatogeni e i semi di piante infestanti. I venditori di substrati colturali dovranno comunque garantire e certificare l'assenza di questi agenti. (Bollen, 1985; Bollen and Volker, 1987)

Soppressività verso agenti fitopatogeni

Esiste oggi la possibilità di preparare substrati soppressivi verso agenti fitopatogeni. Questi substrati, prodotti con particolari procedure, possono direttamente competere con gli agenti fitopatogeni per la loro particolare formulazione chimica e possono anche contenere microrganismi antagonisti verso agenti fitopatogeni. I principali microrganismi antagonisti riscontrati in questi substrati sono: *Streptomyces*, *Flavobacterium*, *Paenibacillus*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Serratia*; *Trichoderma*, *Penicillium*, *Pantoea*, *Acremonium*, *Chaetomium*, *Zygorrhizium*, *Burkholderia*.

Questi substrati soppressivi hanno dimostrato in prove sperimentali ed in pieno campo di poter sostituire i pesticidi e di ridurre il consumo di concimi chimici. Ciò comporterebbe un notevole miglioramento della qualità degli alimenti, della salute pubblica e anche dell'ambiente. L'impiego di substrati soppressivi potrà trovare largo impiego in floro-orto-frutticoltura, in vivai, in colture protette e soprattutto in agricoltura biologica.

Gli agenti patogeni che sono stati antagonizzati sono:

Funghi: *Phytophthora*, *Phythium*, *Rhizoctonia*, *Blumeria*, *Sclerothium*, *Fusarium*, *Mirica*, *Verticillium*, *Oidium*, *Ralstonia*, *Monilia*, *Botrytis*.

Nematodi: *Meloidogyre*, *Pratilenchus*, *Trichodorus*.

Elevato è il valore aggiunto che un substrato assume quando possiede questa soppressività. Da un punto di vista normativo potrà essere importante indicare queste qualità sui prodotti in commercio e definire le metodiche analitiche per valutarla. Per la valutazione del processo che produce substrati soppressivi si possono effettuare veloci test in piastra contenenti estratti acquosi di questi substrati e inoculati con semi di piantine contaminate con il patogeno specifico. Per la identificazione di microrganismi soppressivi sono oggi disponibili veloci tecniche di biologia molecolare (caratterizzazione del DNA mediante impiego di PCR).

Ames, 1984; de Bertoldi, 1996; de Bertoldi et al., 1980; de Bertoldi *et al.*, 1981; de Bertoldi *et al.*, 1983; Chen and Hadar, 1999; Gold *et al.*, 2001; W.H.O., 1990; Hoitink et al., 1987; Hoitink and Boehm, 1999; van Elsas and Potsma, 2003 ; Hoitink and Zuniga de Ramos, 2004).

Fitotossicità

La componente organica dei substrati colturali deve essere biologicamente stabilizzata altrimenti risulta essere fitotossica ai semi e alle piantine che vengono in contatto con essa. Durante la maturazione di un compost la fitotossicità cresce nelle fasi iniziali e poi decresce fino a scomparire del tutto. A questo punto il substrato diventa compatibile con le colture agrarie e alla fitotossicità si sostituisce un effetto di crescita. Queste variazioni di fitotossicità sono causate dal metabolismo microbico il quale produce e poi distrugge molecole fitotossiche. Da un punto normativo risulta molto importante poter riconoscere lo stato di maturazione del substrato e le relative metodiche di analisi per rilevarlo. I principali parametri che si possono utilizzare per la valutazione sono di due tipi: parametri di processo e parametri del prodotto finito. Parametri di processo sono l'evoluzione del rapporto C/N, del carbonio organico, degli acidi umici. Parametri del prodotto finito sono: indice respirometrico, indice di germinazione del *Lepidium sativum*, prove colturali sul substrato. (Zucconi et al., 1981 a; Zucconi *et al.*, 1981 b; Iannotti *et al.*, 1993; Iannotti *et al.*, 1994).

Bibliografia

- AMES, B. N., (1984), Cancer and diet. Science, 224, 668-760.
- DE BERTOLDI, M. (1987). Sludge composting and hygienization. In "Hygienic aspects of the treatment and use of organic sludge and liquid agricultural waste". Commission of European Community, Concerted Action COST project 681.
- DE BERTOLDI, M. (1996). Genotoxic effects of pesticides. European journal of cancer prevention, 5, 397-399.
- DE BERTOLDI, M., GRISELLI, M., GIOVANNETTI, M. AND BARALE R. (1980). Mutagenicity of pesticides evaluated by means of gene-conversion in *Saccharomyces cerevisiae* and in *Aspergillus nidulans*. Environmental Mutagenesis, 2, 359-370.
- DE BERTOLDI, M., VALLINI, G. AND PERA, A. (1981). Mutagenicity of pesticides evaluated by means of gene-conversion, crossing-over and non-disjunction in *Aspergillus nidulans*. Proceed. Third intern. conf. on Environmental Mutagens, Tokyo 21-24 sept.
- DE BERTOLDI, M., VALLINI, G. AND PERA, A. (1983). Genotoxic effects of some agricultural pesticides in vitro tested with *Aspergillus nidulans*. Environm. Pollution (series a), 30, 39-58.
- DE BERTOLDI, M., CIVILINI M., AND MANZANO M. (1991). Sewage sludge and agricultural waste hygienization through aerobic stabilization and composting. In "Treatment and Use of Sewage Sludge and Liquid Agricultural Waste". Ed. L'Hermite, Elsevier Applied Science.
- BOLLEN, G.J. (1985). The fate of plant pathogens during composting of crop residues. In "Composting agricultural and other waste". J.K.R. Gasser ed., Elsevier Appl. Sci.
- BOLLEN, G.J. AND VOLKER, D. (1987). Phytohygienic aspects of composting. In "The Science of Composting", ed. de Bertoldi, Sequi, Lemmes, Papi. Publ. Blackie Academic & Profesional, London.
- CHEN, Y. AND HADAR Y. (1999). Compost as a substitute of pesticides. Proc. Int. Sym. « Modern agriculture and environmental. quality ». Jerusalem, 26-28 april 1999.
- CIVILINI, M. VENUTI, F., DE BERTOLDI, M. AND DAMANTE, G. (2000). Recovery of *Salmonella thymimurium* from compost with IMS-PCR method. Waste Management & Research, 18, 1-6.
- GOLD, L.S., SLONE, T.H., AMES, B.N. AND MANLEY, N.B. (2001). Pesticide residues in food and cancer risk: a critical analysis. Handbook of pesticides residues, vol. 1, chap. 38, 799-843.
- HOITINK H. AND BOEHM, M. (1999). Biocontrol of phytopathogens with compost substrate. Ann. Rev. of Phytopath. 37, 427-446.
- HOITINK, H, STONE, A. AND GREBUS, M. (1987). Suppression of plant pathogens by compost. In "The Science of Composting" ed. de Bertoldi, Sequi, Lemmes, Papi, Publ. Blackie Academic & Profesional, London.
- HOITINK, H., AND ZUNIGA DE RAMOS, L. (2004). Disease suppression with compost. Proc. Int. Conference "Soil and Compost eco-biology", 15th 17th Sept. Leon, Spain.
- IANNOTTI, D.A., PANG T., TOTH B.L., KENNER, H.M., HOITINK, H.A.J. (1993). A quantitative respirometric method for monitoring compost stability. Compost Science and Utilization, 1, 3, 52-65.
- IANNOTTI D., GREBUS, M., TOTH, B., MADDEN, L., HOITINK, H. (1994). Oxygen respirometry to assess stability and maturity of composted municipal solid waste. Journal of Environmental Quality, 23, 1177-1183.
- STRAUCH, D. AND DE BERTOLDI, M. (1986). Microbial specifications of disinfected sewage sludge. In "Processing and use of organic sludge and liquid agricultural waste" ed. L'Hermite, D.Reidel Publ. Co.
- STRAUCH, D. (1987). Microbiological specification of disinfected compost. In "Compost: Production, Quality and Use" Ed. de Bertoldi, Ferranti, L'Hermite and Zucconi, Elsevier Publ. Science.

- VAN ELSAS J.D. AND J. POTSMAN (2003). Suppression of soil-borne phytopathogens by compost. Handbook of compost science and technology. ed. M. de Bertoldi, publ. Elsevier.
- WHO (1990). Cancer: causes, occurrence and control. IARC scientific publication 100. Tomatis, L. (ed), International Agency for Research on Cancer, Lyon.
- W.H.O. (1981). The risk to health of microbes in sewage sludge applied to land. EURO Reports and Studies 54.
- ZUCCONI, F., FORTE, M., MONACO, A., DE BERTOLDI, M. (1981 a) Biological evaluation of compost maturity. *Biocycle*, 22, 27-29
- ZUCCONI, F. PERA, A., FORTE, M., DE BERTOLDI, M. (1981 b). Evaluating toxicity of immature compost. *Biocycle*, 22, 54-57.

SUBSTRATI COLTURALI PER IL VIVAISMO BIOLOGICO DEGLI AGRUMI

Anna Maria D'Onghia, Khaled Djelouah, Youssef El Gharras, Antonio Fanelli, Maurizio Raeli

Istituto Agronomico Mediterraneo, Via Ceglie, 9 - Valenzano (BA); e-mail: donghia@iamb.it

Riassunto

Si è condotto uno studio preliminare preordinato alla preparazione di un mezzo di coltura biologico da utilizzare nell'allevamento di agrumi in vivaio. Sono stati impiegati due tipi di portinnesti, l'arancio amaro (*Citrus aurantium*) ed il citrange Troyer (*Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis*). Tutto si è svolto nel rispetto di quanto sancito dalla normativa comunitaria biologica e fitosanitaria in tema di produzione di materiale di propagazione certificato delle specie frutticole. Ogni prova è stata effettuata prendendo in considerazione i componenti base della miscela, i macro ed i micro elementi, e i risultati raggiunti sono stati confrontati con quelli ottenuti con la miscela convenzionale (UC mix) utilizzata per l'allevamento di piante di agrumi in vaso. Sono stati valutati tre tipi di fertilizzanti organici presenti sul mercato e l'effetto del suolo (uno fra gli elementi base della miscela) attraverso il monitoraggio della crescita delle piante, della presenza di sintomi sulle foglie e del pH. Per entrambi i portinnesti il miglior risultato è stato ottenuto utilizzando una miscela composta da una stessa quantità di torba dell'Estonia, sabbia fine di origine alluvionale e terreno prelevato da areali non agrumicoli con aggiunta di microelementi e di dosi diverse di concime organico a base di pollina: 1.5% del volume totale della miscela per l'arancio amaro, mentre il 2.5% per il citrange Troyer. Poca differenza è stata nota rispetto all'uso della miscela convenzionale UC e comunque solo dopo sei mesi dal trapianto.

Parole chiave: arancio Amaro, citrange Troyer, fertilizzanti biologici, pollina, substrati colturali.

Growing media for organic citrus nursery

Abstract

A preliminary study on organic media preparation for growing citrus nursery plants has been conducted using sour orange and Troyer citrange rootstocks. This in accordance with EU organic and sanitary requirements for the production of certified propagating materials of fruit crops. Each trial was carried out considering the major ingredients, components of the growing media as well as macro and microelements. Results were compared with those obtained by the use of the conventional mixture (UC mix) for growing citrus plants in pots. Three organic fertilizers available in the market and soil effect were evaluated by recording plant growth, leaf symptoms and pH. The same amount of Estonian peat moss, fine sand of alluvial origin and soil collected from citrus free areas with the addition of micronutrients was the best performing substrate for both rootstocks, using two doses of poultry manure-based fertilizer: 1.5% and 2.5% of the total volume for sour orange and Troyer citrange, respectively. Low significant statistical difference was reported with respect to the use of the conventional mixture only six months after transplanting.

Key words: Sour orange, Troyer citrange, organic fertilizers, poultry manure, growing media.

Introduzione

Come è noto gli agrumi sono altamente suscettibili a un gran numero di malattie biotiche e abiotiche, alcune dei quali possono seriamente compromettere la buona crescita della pianta (Timmer *et al.*, 2000). Ciò è ancora più evidente nel vivaio quando le piante sono allevate in vaso utilizzando miscele artificiali. La miscela dell'Università della California (UC mix), descritta da Nauer *et al.* (1967), è la miscela convenzionale più utilizzata in tutto il mondo come modello per la preparazione di substrati adatti alla produzione di piante sane di agrumi in vaso. Poiché è una miscela di sabbia fine o limo e torba, sterilizzata a vapore, essa è esente da patogeni del terreno e garantisce le migliori condizioni chimiche (nutrizionali, pH) e fisiche (porosità libera e capacità di ritenzione idrica). Le produzioni vivaistiche di agrumi sono disciplinate dalla normativa comunitaria sia per gli aspetti fitosanitari (Direttive Europee 91-682CEE, 92-34 CEE, 93-48 CEE) che per quanto concerne la produzione in biologico (Regolamento Europeo 2092/91 e successive modifiche ed integrazioni). Relativamente a quest'ultimo aspetto, a partire dal 2005, per la produzione in vivaio di piante biologiche, sarà obbligatorio attenersi scrupolosamente alla suddetta normativa. La richiesta di piante di agrumi biologiche è oggi molto alta, soprattutto per finalità ornamentali il cui mercato risulta, da almeno un quinquennio, in continua crescita.

Alla luce di quanto precede, delle poche conoscenze acquisite relativamente alle produzioni vivaistiche agrumicole allevate in biologico (El Gharras *et al.*, 2004) e del fatto che l'arancio amaro (*Citrus aurantium*) ed i citrange Troyer e Carrizo (*Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis*) sono i portinnesti di agrumi maggiormente utilizzati in

tutto il mondo, si riportano i risultati ottenuti da questo laboratorio sullo studio di diversi substrati colturali idonei alla produzione di piante di agrumi biologiche nel rispetto della vigente normativa europea.

Materiali e metodi

Come modello per ottimizzare la crescita delle piante di agrumi è stata utilizzata la miscela convenzionale (UC mix). Pertanto i risultati ottenuti, di volta in volta, nell'espletamento delle singole prove, finalizzate alla preparazione del mezzo di coltura biologico, sono state sempre comparate con quelli ottenuti con l'utilizzo della UC mix e con quelli dei controlli negativi. Per poter valutare gli effetti dei fertilizzanti biologici sulla crescita della pianta sono stati scelti, come ingredienti base della miscela biologica iniziale, torba e sabbia fine da utilizzare nelle stesse proporzioni. Come piante test sono stati utilizzati arancio amaro e citrange Troyer trapiantando semenzali dei due portinnesti al quarto stadio di foglia vera. Tutte le prove sono state condotte in condizioni protette, ossia sotto tunnel riscaldato (25-30°C), e sono state preordinate al conseguimento dei seguenti obiettivi: scelta dei componenti base della miscela, del fertilizzante organico e della dose d'impiego ottimale per ogni tipo di portinnesto, inserimento o meno del terreno tra gli ingredienti base, nonché l'utilizzo dei microelementi all'interno della miscela.

La valutazione si è basata sulla misura della crescita delle piante e sulla osservazione della presenza o meno di sintomi fogliari di clorosi, carenze specifiche di micro elementi e di altre anomalie. Mensilmente, irrigando con acqua corrente, è stato monitorato il pH sull'acqua di drenaggio raccolta dai diversi vasi. Quanto alle proprietà fisiche, sono state effettuate sui mezzi di coltura saggiate tanto la misurazione della porosità libera (Air Field Porosity), secondo il metodo Bunt (1988), quanto quella della capacità di ritenzione idrica (Water Holding Capacity) come descritta da Smith e Lea-Cox (1993).

Sono stati saggiate materiali facilmente reperibili sul mercato, in particolare tre tipi di torba di origine diversa (estone, tedesca e russa) e due tipi di sabbia fine lavata, di cava e di fiume. Le prove hanno riguardato tanto il controllo del pH dei componenti iniziali e quello della miscela ottenuta con il loro utilizzo, quanto gli effetti indotti sulla crescita dei semenzali di entrambi i portinnesti (20 piante/portinnesto/componente della miscela). Sulla base dei risultati ottenuti nel corso di queste prove preliminari, sono stati impostati i test successivi impiegando cinquanta piante per portinnesto da allevare nei substrati prodotti.

Successivamente sono stati scelti, fra quelli riportati nella lista dei prodotti presenti nell'Allegato II/A alla succitata normativa europea, tre fertilizzanti organici disponibili sul mercato da aggiungere agli ingredienti base della miscela: concime a base di pollina (F1), concime a base di pollina e di letame bovino ed equino (F2), concime a base di pollina e scarti di olivo e uva (F3). Per tutti sono state utilizzate due dosi diverse di fertilizzante ossia l'1,5% ed il 3% del volume totale della miscela. Ogni dose di fertilizzante è stata aggiunta al substrato contenente la stessa quantità degli ingredienti base (torba e sabbia fine). Come miscele di riferimento per la prova sono state usate la UC mix e la miscela con i soli ingredienti di base senza aggiunta di fertilizzanti (F0). Sulla base dei risultati di queste prove sono stati valutati gli effetti di quattro dosi diverse del fertilizzante organico prescelto comprese tra l'1,5% ed il 3% del volume totale del substrato (intervallo 0,5%). Poiché la miscela composta dal 50% di torba risulta molto costosa, è stata impostata anche una prova con la presenza del terreno in quantità uguale rispetto a quella degli altri ingredienti base della miscela (1/3 terreno, 1/3 torba, 1/3 sabbia fine) per valutare il suo effetto sulla crescita dei semenzali in vaso. L'ultima prova ha riguardato invece l'aggiunta di microelementi alla miscela organica risultata la migliore. A tal fine è stato aggiunto, direttamente alla miscela, durante la sua preparazione un prodotto, selezionato sempre dalla lista di quelli ammessi nell'allegato II/A, comprendente un complesso di micro elementi (B 0,5%, Cu 1,5%, Fe 4%, Mn 4%, Zn 1,5%, MgO 9%, EDTA). Inoltre sei mesi dopo il trapianto dei semenzali sono stati aggiunti, per via fogliare, altri microelementi. Anche in questo caso il confronto dei risultati ottenuti è stato effettuato sia utilizzando la UC mix che il mezzo organico selezionato senza l'aggiunta di microelementi.

Risultati e discussione

La torba dell'Estonia (pH 3-4.5) e la sabbia fine lavata di origine alluvionale (pH 7.8) sono risultati gli ingredienti base migliori per la crescita dei semenzali. Infatti già un mese dopo il trapianto, le piante allevate su questi substrati mostravano una crescita visibilmente più accentuata. L'aggiunta a questi ingredienti base di concime a base di pollina (F1) ha dato risultati migliori rispetto all'utilizzo di altri concimi organici. I valori di pH, ottenuti sull'acqua di drenaggio della miscela F1 sono risultati più alti rispetto a quelli della UC mix, ma comunque compresi nei limiti ottimali per la crescita dei semenzali di agrumi secondo i parametri definiti da Aubert e Vullin (1998).

Dopo 27 settimane di allevamento l'altezza media finale dei semenzali di A. amaro, ottenuta con la miscela organica composta per l'1,5% da pollina (F1), è risultata quasi equivalente a quella raggiunta con la miscela convenzionale (fig. 1a), mentre meno soddisfacente è stata la crescita del C. Troyer (fig. 1b). Dai risultati della prova successiva è

stata confermata la dose di fertilizzante dell'1,5% come la migliore per la crescita dei semenzali di arancio amaro, mentre è stata individuata nel 2,5% la dose ottimale per l'allevamento dei semenzali di C. Troyer. Al contrario è emerso che la dose di fertilizzante utilizzata nella misura del 3% ha provocato su entrambi i portinnesti gravi problemi di tossicità (fig. 2).

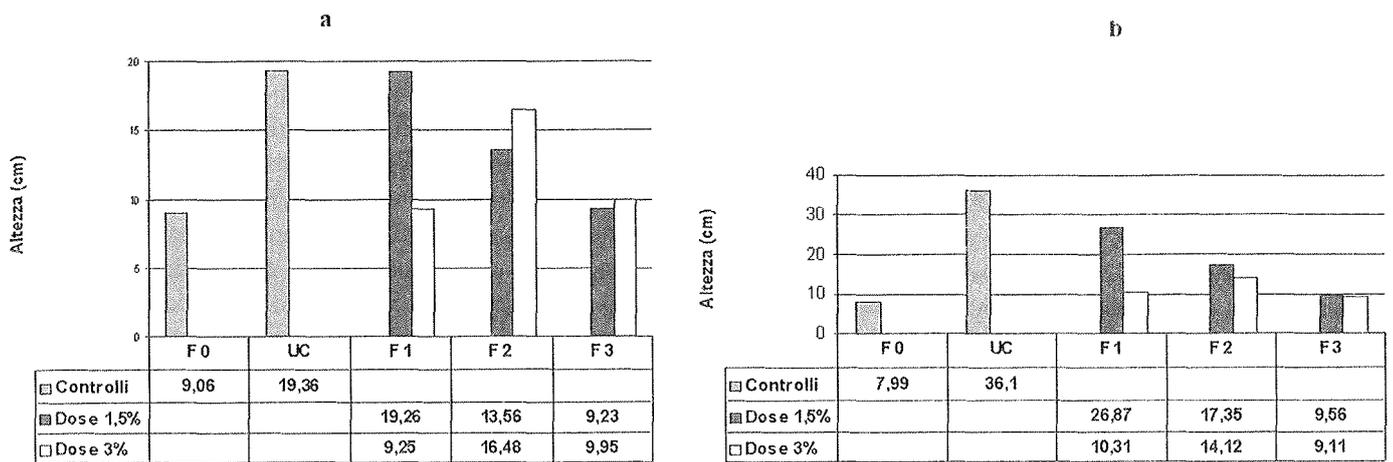


Figura 1. a) Altezza media dei semenzali di arancio amaro b) altezza media dei semenzali di citrange Troyer 27 settimane dopo il trapianto in 3 tipi di miscela con concimi organici (F1, F2, F3) alle dosi del 1,5 e 3% del volume totale

E' altresì importante sottolineare che, durante il periodo della prova utilizzando il mezzo organico senza l'aggiunta di microelementi, non si sono manifestati sintomi specifici di carenza. Una differenza significativa tra la miscela organica e quella convenzionale è stata invece notata solo dopo sei mesi dal trapianto ossia quando le piante di entrambi i portinnesti, allevate nella miscela organica, hanno evidenziato una crescita di 10 cm inferiore a quelle allevate nella miscela convenzionale pur mantenendo gli stessi valori del pH. Dalla prova successiva è scaturito l'effetto determinante del terreno sulla crescita delle piante nell'arco temporale di 32 settimane (fig. 3 a,b). Tale effetto è stato particolarmente evidente per il c. Troyer (fig. 3b). Inoltre l'apporto dei microelementi direttamente nella miscela, come avviene nel caso della UC mix, ha dato ottimi risultati sulla crescita delle piante soprattutto nel lungo periodo portando la miscela organica ai valori di efficienza pari a quella convenzionale. Le proprietà fisiche (AFP 22% e WHC 26%) dei substrati messi a punto per ogni portinnesto hanno confermato le condizioni ottimali di crescita dei semenzali.

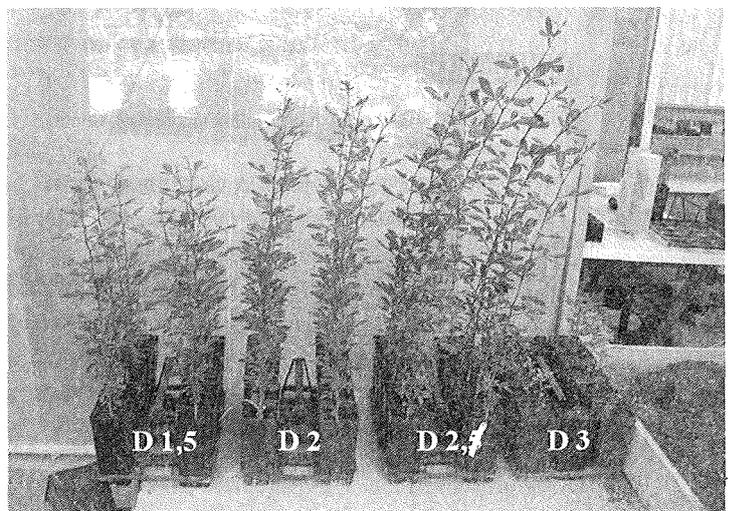


Figura 2. Risultati ottenuti sulla crescita del C. Troyer con l'impiego di dosi diverse di pollina (D)

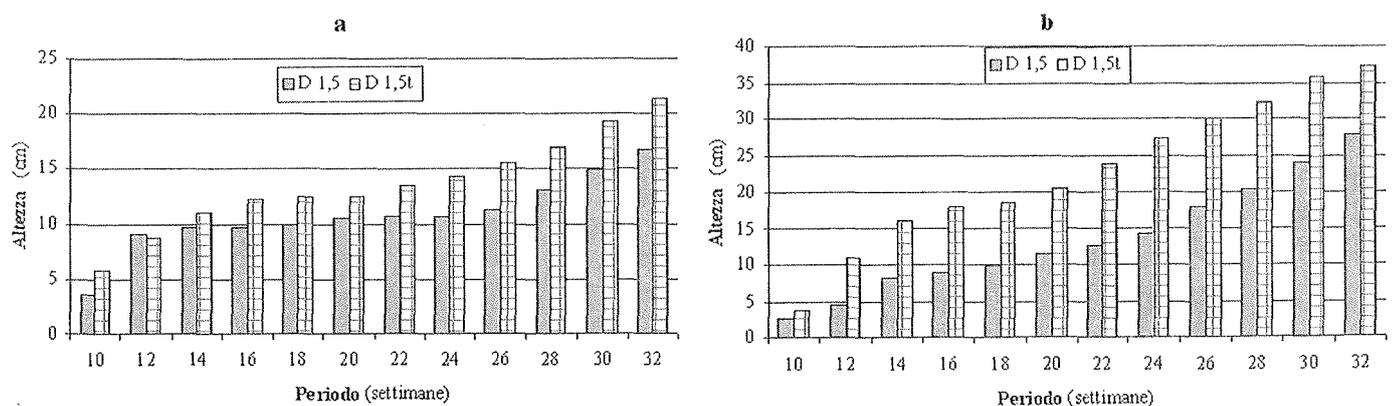


Figura 3. Effetto del terreno aggiunto tra gli ingredienti base della miscela organica con concime a base di pollina. Altezza media dei semenzali di arancio Amaro (a) e di citrange Troyer (b) a 32 settimane dal momento del trapianto utilizzando la dose di fertilizzante organico 1,5% con (D 1,5t) e senza terreno (D 1,5)

Conclusioni

Data la esiguità dell'esperienza maturata a proposito dei substrati colturali nell'ambito del vivaismo biologico agrumicolo, questi dati possono sicuramente essere utilizzati per la definizione di un protocollo tecnico che contempli la preparazione di una miscela organica, sanitariamente idonea e nutrizionalmente equilibrata, analoga se non addirittura migliore rispetto a quella convenzionale (UC mix). Ovviamente la sua applicazione in vivaio dovrà essere preceduta da prove preliminari per poter individuare gli elementi base migliori che siano anche quelli più facilmente reperibili sul mercato e quelli economicamente più convenienti (torba, sabbia, terreno). Un'attenzione particolare dovrà essere rivolta al 'terreno', quale componente migliorativo della miscela organica in entrambi i portinnesti. A tal fine è opportuno selezionare terreni agronomicamente idonei, ossia con un basso contenuto di calcare attivo e con un pH non alcalino, ma soprattutto assicurarsi che il terreno non contenga patogeni terricoli dannosi per il semenzale. Pertanto bisogna ricorrere a terreni che non ospitino la coltivazione degli agrumi da almeno 5 anni, in accordo con quanto sancito dalla normativa europea fitosanitaria che disciplina la produzione di materiale vivaistico agrumicolo 'sano' (Direttive Europee 91-682CEE, 92-34 CEE, 93-48 CEE). Poiché in Italia è difficile disporre di terreni vergini, sarebbe quindi opportuno procedere alla disinfezione dei substrati colturali direttamente in vivaio (es. solarizzazione, riscaldamento a vapore).

Ringraziamenti

Un ringraziamento particolare viene rivolto ai collaboratori R. Brandonisio, E. D'Onghia e G. Santoro per il prezioso contributo offerto nella stesura del presente lavoro

Bibliografia

- AUBERT B., VULLIN G., 1998. Citrus nursery and planting techniques. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement. Eds.CIRAD, France, pp183.
- BUNT A.C., 1988. Media and mixes for container grown plants. Unwin Hymen, London, UK, pp 160
- EL GHARRAS Y., DJELOUAH K., SIMEONE V., DE SANTIS M., A.M. D'ONGHIA, 2004. Preliminary study on production of organic sour orange rootstocks. In: Proceedings X ISC Congress, Agadir, Morocco, February 2004: in press.
- NAUER E.M., ROISTACHER C.N., LABANAUSKAS C.K., 1967. Effects of mix composition, fertilization and pH on citrus grown in UC-type potting mixtures under greenhouse conditions. *Hilgardia*, 38 (15): 557-567.
- SMITH J.I., LEA-COX J.D., 1993. The physical properties of growing media in South African citrus nurseries and performance of three rootstocks in bark media with different physical properties. In: Proceedings IV ISCN Congress, Johannesburg, South Africa, June 1993: 164-177.
- TIIMMER L.W., GARNSEY S.M., GRAHAM J.H., 2000. Compendium of citrus diseases. APS press, pp 92.

PANORAMICA SU SUBSTRATI PER ORTO - FLORO VIVAISMO

Enrico Farina

C.R.A. - Istituto Sperimentale per la Floricoltura, Sanremo, Corso Inglesi, 508 - 18038 Sanremo; e-mail: e.farina@istflori.it

Riassunto

Viene esaminata l'evoluzione nelle materie prime impiegate per la costituzione di substrati per orto-floricoltura e l'attuale situazione di mercato dei substrati. Viene poi analizzato il settore delle aziende di produzione di substrati e della produzione orto-florovivaistica, di fiore reciso, piante in vaso e floricoltura amatoriale. Si è determinata negli ultimi 15 anni una semplificazione nell'assortimento delle materie prime utilizzate e l'abbandono della pratica di realizzare il substrato in proprio da parte del coltivatore. E' invece oggi disponibile un buon assortimento di substrati di tipo professionale, semiprofessionale e per hobbistica. Ad esclusione del settore del fiore reciso, in cui vengono utilizzati materiali organici ammendanti a basso costo, i substrati più utilizzati sono a base di torbe bionde o brune e miscele torba-perlite o torba-pomice. Il substrato ideale deve garantire idonei livelli di pH, possedere bassa salinità costituzionale, prevedere una certa inerzia microbiologica; deve inoltre essere omogeneo fra partite nello stesso anno ed in anni diversi. Ciò consente una razionalizzazione dell'irrigazione e della nutrizione, una semplificazione del processo di produzione e il conseguente ottenimento dei migliori risultati in termini di qualità della produzione, di programmazione culturale e di produttività economica.

Parole chiave: Produzione di substrati, uso di substrati, fiore reciso, piante in vaso, giardinaggio amatoriale, propagazione

Production and utilization of cultivation substrates in Italian horticulture

Abstract

The chemical-physical characters of the most important raw materials for horticultural substrates in Italy are analyzed and the commercial availability of substrates for professional or amatorial use is critically examined. With the exception of some low-cost organic materials used to ameliorate the natural soil for cut flower production, the most important commercial substrates are based on peat and on peat-perlite or peat-pumice mixes. The ideal substrate to grow ornamentals and propagate horticultural crops must guarantee suitable pH levels and drainage and must possess low constitutional salinity and a certain microbiologic inertness. The homogeneity of chemical-physical characters must be maintained for different supplies in the same year and for supplies in different years. In this way it will be possible the razionalization of the irrigation and fertilization practices and the simplification of the production process. As a matter of fact the achievement of sufficient economic results depends on the level of the commercial quality of the production and on the material and human resource use efficiency.

Keywords: Italian horticulture, ornamentals, cut flower production, pot plant production, amatorial horticulture, propagation

Introduzione

In una panoramica sulla utilizzazione dei substrati, il florovivaismo presenta una situazione più variegata e complessa rispetto a quella del settore orticolo. Quantità e valori economici relativi all'utilizzazione dei substrati risultano più importanti nel florovivaismo poiché sono ad esempio correlati all'allevamento in vaso per lunghi tempi di piante di grosse dimensioni o perché molte specie ornamentali vengono prodotte anche quando non trovino soddisfatte dal suolo in loco le esigenze pedologiche per il mantenimento di un ritmo di crescita adeguato. In questo rapporto pertanto il florovivaismo costituirà il nerbo della trattazione tecnica; va tuttavia considerato che anche l'orticoltura rappresenta un importante settore di utilizzazione dei substrati, se non altro per una maggior estensione delle superfici dedicate alla produzione finale e del conseguente livello della produzione lorda vendibile.

I substrati

Un breve *excursus* storico sull'uso dei substrati consentirà di comprendere i cambiamenti avvenuti e di delineare gli scenari per le evoluzioni future.

I principali materiali utilizzati alcuni anni fa (1980-1990) per costituire substrati "a la carte" o da impiegare tal quali nel florovivaismo risultavano

torbe

letame

foglia di faggio

ago di pino

scarti di lavorazione di materiali ligno-cellulosici,

lolla di riso o paglia

raspi d'uva

terricci di varia natura

compostati

agriperlite e argilla espansa in applicazioni molto specifiche quali radicazioni di talea ed idrocultura

Alcuni di questi substrati risultavano dotati in elementi utili per la nutrizione in tempi brevi o in modo graduale. Nella situazione attuale si rileva una avvenuta drastica riduzione d'uso del letame, della foglia di faggio e dell'ago di pino, dei raspi d'uva e dei terricci mentre sono stati introdotti a livelli di un certo significato tecnico/economico la pomice e altri materiali di origine vulcanica (di origine nazionale e spesso addirittura di provenienza locale), nonché la fibra di cocco. Questi materiali sono utilizzati da soli o in miscela fra loro per costituire substrati per l'orto-floro vivaismo.

Inoltre argilla espansa e lana di roccia risultano altri materiali specifici di alcune produzioni conseguite mediante coltivazione "fuori suolo".

Pochi dei substrati d'uso attuale risultano dotati in elementi fertilizzanti.

Tuttavia, al di là del significato tecnico dei substrati attualmente utilizzati, derivanti dalle loro caratteristiche chimico-fisiche, risultano oggi, a livello commerciale, importanti soprattutto:

Torbe (bionde o brune)

Miscele di torbe-agriperlite

Miscele di torbe-pomice

Compost differenziati e specifici per obiettivi di produzione

Agriperlite, Pomice per tecnologie produttive particolari (coltivazione fuori suolo)

A richiesta di acquirenti più importanti per livello di commessa, alcuni dei prodotti disponibili sul mercato dei substrati, vengono addizionati in elementi nutritivi a veloce disponibilità o a cessione programmata nel tempo.

Come si vede, si è verificata in un periodo di venti anni una notevole evoluzione e semplificazione della situazione sia relativa alle materie prime, che ai substrati finali oggi disponibili in commercio e sta scomparendo l'abitudine a mettere a punto il substrato in proprio.

Su questa base, nella presentazione delle proprietà chimico-fisiche dei substrati abbiamo preferito far riferimento ai materiali oggi utilizzati come costituenti di substrati di un certo significato tecnico-commerciale. Le tabelle allegate (Tab. 1-4) sono frutto della elaborazione di dati riferiti da vari autori; in accordo ad una certa eterogeneità fra "partite" di prodotto primo, le tabelle riportano valori mediati oppure intervalli di valori. Conseguentemente all'origine diversificata dei dati le caratteristiche chimico-fisiche non possono risultare sempre espresse nelle stesse unità di misura, complicando una eventuale azione di comparazione.

Tabella 1. Alcune caratteristiche chimico-fisiche di torbe bionde o brune (media o intervallo da diversi autori)

Torbe	bionde	brune
Porosità	90-95%	85%
Ritenzione H ₂ O a 100 mbar	10-15 volte il peso	4-5 volte il peso
Grado di decomposizione	poco o nullo	molto o del tutto
pH (H ₂ O)	2,5 - 4,5	4 - 7,5
C.E.C. (100 g s.s.)	100-150 meq	50-250 meq
C/N	40 - 50	20

Tabella 2. Alcune caratteristiche chimico-fisiche di materiali ligno-cellulosici (media o intervallo da diversi autori)

	Materiali					
	Corteccie pino	Pioppo fibre	Quercia fibre	Carpino fibre	Segatura	Segatura
		gran	gran. + cortecce	gran. + cortecce	Eucalyptus	Tsuga
	(10 mm)					
Porosità	89%	95%	94%	95%		
Ritenz.H ₂ O (100 mbar)	10%	20%	31%	18%	70% del secco	160% del secco
pH (H ₂ O)	4 - 5,5	5,3	5,4	6,2	3 - 3,7	4,5
C.E.C. 100 g s.s.	20 - 40 meq/l.	24 meq/l	39 meq/l			
C/N	100 - 200					

Tabella 3. Rapporto C/N di materiali pagliosi (intervallo)

Materiali pagliosi	
C/N	50 - 60

Tabella 4. Alcune caratteristiche chimico-fisiche di materiali d' uso comune per substrati per orto-floro vivaismo utilizzabili tal quali

	Materiali			
	Fibra di cocco	Agriperlite Agrilit 3 (2-5 mm)	Agriperlite Agrilit 2 (1-2 mm)	Pomice
Porosità	95%	96%	96%	65%
Ritenzione H ₂ O a 100 mb	8 - 9 volte il peso secco	16%	35%	40%
pH (H ₂ O)	5 - 6,8	6,5 - 7,5	6,5 - 7,5	(7% disponib.) 6,5 - 7
C.E.C. (100 g s.s.)	60 - 130 meq	0,8 meq	0,9 meq	1 - 4 meq
C/N	80			

Le industrie produttrici di substrati

In questi ultimi anni si è registrato un continuo aumento del numero di queste industrie, soprattutto di quelle che si sono dedicate al compostaggio. Le motivazioni di tale aumento sono molteplici: anzitutto esiste una richiesta di buoni substrati da parte dei produttori, in secondo luogo esiste una spinta da parte delle pubbliche amministrazioni alla creazione di attività che possano contribuire allo smaltimento dei rifiuti generati dalle attività civili. Anche alcune industrie vedrebbero con soddisfazione il recepimento di materiali da smaltire in processi di trasformazione in prodotti utili all' agricoltura, soprattutto nel settore "no-food" in quanto minori risulterebbero le problematiche dovute alla presenza di metalli pesanti o comunque di altri composti potenzialmente tossici per la vita animale.

La qualità di processo per l' ottenimento di substrati per ortoflorovivaismo può essere raggiunta con relativa facilità per torbe, agriperlite, pomice e loro miscele; si tratta di processi industriali che non vedono coinvolti o vedono solo minimamente coinvolti processi biologici. Nel caso dei compost ovviamente si tratta di governare processi biologici anche complessi che determinano le caratteristiche chimiche e in parte fisiche finali; la qualità di processo può tuttavia essere raggiunta con relativa facilità attraverso le conoscenze oggi disponibili a riguardo della tecnologia di compostaggio.

La qualità del substrato prodotto evidentemente deriva in parte dalla qualità di processo ma dipende anche molto dalle scelte riguardanti le materie prime utilizzate; in ogni caso la qualità di prodotto non è un valore fisso ma assume valori specifici in relazione al settore di utilizzo finale.

I consumatori e le loro esigenze

Possiamo suddividere gli attuali acquirenti di substrati in due tipologie:

- professionali (con esigenze differenziate per settore)
- hobbysti

Settore professionale

Vivaismo ornamentale da esterno centro-settentrionale e meridionale

Il substrato di elezione è rappresentato da miscele di torba/pomice in quantitativi volumetrici circa equivalenti o con una certa preponderanza di torba. La torba garantisce anche le condizioni di crescita per le specie acidofile, nonché, su molte specie, la possibilità di utilizzare acque dure. È importante che la capacità di ritenzione dei substrati utilizzati per le varie specie sia omogenea in modo da razionalizzare il problema della individuazione dei turni e dei volumi irrigui. Man mano che si scende dal settentrione al centro sino al meridione diventa più importante il mantenere sufficienti livelli di disponibilità idrica nel substrato. Ecco perché si preferisce in tal caso aumentare la quota di torba od inserire anche in parte (20%) il terreno naturale -talora di origine vulcanica- aumentando la capacità di ritenzione dell' acqua nel substrato. Un problema rilevato nell' uso di compost è quello della possibile ripartenza di

processi di fermentazione, che hanno causato talora danni alle piante, nonché la possibilità che si possa avere inerbimento da semi ancora vitali all' interno del compost.

Colture da vaso fiorito a ciclo medio-lungo o breve

In alcuni casi (es., produzioni della zona di Albenga) vengono utilizzate miscele anche leggermente differenziate in funzione della specie, a base principale di torba, pomice e con piccoli apporti di argille di cava, eventualmente addizionate di fertilizzanti. Le miscele specifiche vengono preparate dalle grandi aziende di produzione di substrati, su richiesta di cooperative o acquirenti di una certa importanza. Altri substrati e compostati hanno avuto per ora il difetto della variabilità dei caratteri chimico-fisici nel tempo. Sono utilizzati anche substrati professionali di importazione a base di torbe più o meno fibrose ed acide ed eventualmente di argille granulate, dotate in alcuni casi di fertilizzanti ternari anche a lenta cessione e di agenti imbibenti (da scegliere in funzione del tipo di impiego). La qualità dei prodotti, anche per quanto concerne la stabilità nel tempo delle caratteristiche chimico-fisiche, è dichiarata soddisfacente da parte dei coltivatori. Dal punto di vista agronomico, i substrati messi in commercio da queste grosse ditte recano indicazioni sufficienti sulle principali caratteristiche chimico-fisiche.

Si cita un esempio sulla natura delle informazioni riportate su alcuni substrati in una linea di prodotti professionali commercializzata da una di queste ditte (Tab. 5).

Come si può vedere, solo il prodotto personalizzato, ossia costituito secondo precise indicazioni di un committente (specificato nel catalogo stesso), non reca informazioni tecniche utili ad orientare una scelta; peraltro è inserito in catalogo con l' evidente considerazione che basti il riferimento al committente stesso a garantirne la qualità per l' uso specifico.

Tabella 5. Disponibilità di informazioni relative a caratteristiche chimico-fisiche o di indici di uso comune in unità di vendita di substrati professionali per orto-floro vivaismo

	Linea Professionale					
	Poinsettia	Ciclamino	Colture a ciclo breve	Acidofile	Semina (biologico)	Personalizz.
Componenti	x	x	x	x	x	
Grado di umificaz. (van Post)	x	x	x	x	x	
Granulometria mater inorg.	x	x	x	x	x	
C.E.C.	x	x	x	x	x	
pH (H ₂ O)	x	x	x	x	x	
E.C. (Sonneveldt)	x	x	x	x	x	
H ₂ O facil. dispon.	x	x	x	x	x	
Capac. per aria	x	x	x	x	x	
Densità app. secca	x	x	x	x	x	
Porosità tot. pF1	x	x	x	x	x	
Suggerim.per l' uso	x	x	x	x	x	

x = il valore è riportato

Semine e radicazioni

Per le semine sono utilizzati specifici substrati professionali. Per l' utilizzazione in campo florovivaistico ma anche orticolo necessitano substrati ad elevata capacità di drenaggio; viene preferita torba bionda con aggiunte di agriperlite e argille montmorillonitiche, con granuli sufficientemente minuti per essere utilizzati a riempire alveolari con processi meccanizzati. Un piccolo strato di vermiculite viene talora disposto sulla superficie di semina per mantenere condizioni sufficienti di umidità superficiale. Analogamente, nelle semine dirette in campo di piante ornamentali vengono talora usati come pacciamanti materiali ligno-cellulosici di pezzatura adeguata.

Per le radicazioni di talea sono utilizzate miscele di torbe ed agriperlite talora realizzate in azienda a partire dalle materie prime, talora acquistate già pronte per l'uso ed eventualmente in plugs.

Fiore reciso

Ad esclusione del settore del "fuori suolo" ove sono utilizzati agriperlite, pomice, fibra di cocco e torba, possibilmente anche con alcune miscele organico:inorganico, nelle colture su terreno normale i substrati vengono utilizzati come ammendanti. Va detto che con l' avvenuta affermazione delle pratiche di fertirrigazione, l' ammendante serve più a garantire idonee caratteristiche biologiche e fisiche del terreno (alleviamento di situazioni di stanchezza dovuta a monocultura protratta, di degradazione strutturale del terreno per reiterate pratiche colturali ad effetto speci-

fico quali ad esempio disinfezione con calore) che adeguati livelli nutrizionali.

Il valore di mercato del fiore reciso, basso, costringe i produttori a comprimere per quanto possibile i costi di produzione. Torbe di non elevata qualità e paglia o lolla di riso (usate anche per pacciamatura) sono i prodotti più spesso prescelti, anche se il letame maturo in sacchi è d'uso come preparazione di fondo del suolo per alcune colture.

I compost da materiali ligno-cellulosici sono stati e sono tuttora in parte utilizzati, anche se spesso in fase colturale originano situazioni di carenza d'azoto alla quale occorre ovviare con apporti maggiorati dell'elemento in fertirrigazione. Nell'uso di questi compostati o da altri ad elevato rapporto C/N (rif. in Tab. 2) si sono talora avute rifermentazioni, con danni alle piante in coltivazione. Oggi l'uso dei compost in genere viene evitato anche perché consentirebbe un ben piccolo risparmio sui costi di produzione a fronte di forti rischi (danni da tossicità, stasi di crescita con obiettivi di programmazione falliti, ecc...). Un fattore non trascurabile nella scelta dell'ammendante risulta infine in alcune aree (es., Riviera Ligure di Ponente) la possibilità di trasporto del materiale sul luogo di utilizzo in assenza di mezzi meccanici di trasporto. In tal caso viene privilegiato l'acquisto di materiali disponibili in sacchi di idonee dimensioni e peso per il trasporto manuale.

Settore hobbystico

Si tratta di un settore aperto a qualunque tipo di substrato, purché in confezioni manipolabili e conservabili o utilizzabili presso le abitazioni senza inconvenienti (es. emanazione di odori). Ovviamente, la qualità del materiale rimane una caratteristica irrinunciabile; in tale settore i compost possono essere impiegati sopportando anche un eventuale ricarico dei costi di vendita attuali purché esista un riscontro di qualità effettiva, a partire dalle materie prime impiegate e dalla qualità di processo a carico delle stesse. Infatti in un compost un evidente elemento di pregio risulta la presenza di elementi della fertilità che possano svolgere il loro ruolo a tempi lunghi in fase di allevamento delle piante evitando interventi cadenzati di fertirrigazione ma con possibilità di innescare e determinare equilibri microbiologici virtuosi. In tal caso i compost diventano preferenziali per l'utilizzo rispetto alle miscele povere di torba/pomice o torba/perlite, o alle miscele più ricche realizzate dai precedenti con addizione di fertilizzanti.

Altri settori

Va infine citato che esistono settori di utilizzazione -al momento poco attivi- in cui sono impiegati substrati di caratteristiche anche differenti da quelle per ora esaminate. A questi settori afferiscono le azioni di biorisanamento dei suoli, di contenimento o di recupero dell'erosione. Sembra evidente che tali azioni, per ora di attivazione relativamente infrequente rispetto alle effettive necessità, dovranno e potranno essere incentivate a cura quasi esclusiva delle Pubbliche Amministrazioni.

Conclusioni

In questi ultimi anni si è assistito in Italia ad una affermazione dei substrati a base di torba con aggiunte di materiali inorganici inerti quali pomice o agriperlite. Il successo di tali substrati è dovuto essenzialmente a fattori tecnici contestuali alla loro utilizzazione, capaci di incrementare la produttività aziendale oppure a fattori economici capaci di esprimersi sulla riduzione dei costi di produzione totali. Ma non è solo l'idoneità a sostenere elevati ritmi di crescita venendo incontro alle esigenze di pH e di disponibilità idrica nel contesto di una garanzia di adeguato drenaggio che determina il successo di tali substrati. Risulta particolarmente apprezzata dal produttore la invariabilità delle caratteristiche chimico-fisiche riscontrabile sia fra le confezioni commerciali, sia fra partite commerciali acquistate in tempi diversi nonché l'assenza di fenomeni indesiderati di fermentazione, evidenziatisi talora invece in alcuni compostati. I substrati devono garantire idonea inerzia chimica e sufficiente drenaggio nelle aziende specializzate nella propagazione vegetativa. I substrati più opportuni possono essere realizzati in azienda a partire dalle materie prime o ordinati presso le ditte specializzate nazionali, eventualmente con integrazioni di fertilizzanti adatti alle varie colture e alle specifiche fasi di crescita, oppure, ancora, importati. Le ditte specializzate nella produzione di substrati presentano linee separate professionali, semiprofessionali e talora hobbystiche con offerta di materiali specifici per alcune produzioni ornamentali. La possibilità di adeguarsi alle esigenze di diverse specie promuove questi substrati presso i vivaisti da esterno, ove la possibilità di semplificare la gestione irrigua aziendale e la garanzia di sterilità consente di ridurre la necessità di manodopera. Di fronte a costi di produzione in cui i substrati incidono attorno al 5%, il risparmio parziale possibile con i compostati non risulta allettante, anche a fronte di alcuni incidenti intercorsi in fase produttiva negli anni precedenti, con problematiche derivanti in genere da riavvio di processi fermentativi o da eccessiva salinità.

Il settore del fiore reciso si trova in una situazione di mercato così critica che deve rivolgersi, almeno nelle zone con terreni più intensamente sfruttati, ad ammendanti di costo ridotto e di qualità medio-bassa. Malgrado que-

sto criterio di base, non esistono spazi per il rischio di una riduzione di resa e pertanto prodotti competitivi sul lato dei costi di acquisto ma che hanno causato in anni passati problemi tecnici non vengono consigliati dai tecnici locali e di conseguenza non sono praticamente utilizzati.

Occorre sempre considerare che in floricoltura i danni che procurano cali di resa sono straordinariamente e pericolosamente vicini all' annullamento del processo produttivo poichè il prodotto deve sempre presentarsi senza difetti di nessun genere riguardanti sia il materiale vegetale (fiore o fronda recisa) che il materiale di supporto (contenitore e substrato per il vaso fiorito o da interno).

Nel caso del fiore reciso la coltura fuori suolo ha visto l' affermazione della agriperlite e in misura minore della pomice mentre un buon substrato organico da usare solo o in miscela con quelli minerali prima citati sta risultando la fibra di cocco, meno degradabile della torba e più in linea con le esigenze di durata in coltura degli impianti di rosa.

Infine è opportuno considerare alcune condizioni "di contorno" che hanno la potenzialità per indirizzare le scelte tecniche sull' uso dei substrati e che in effetti le condizionano fortemente: anzitutto la prevista crisi nei rifornimenti di torba a seguito dell' esaurimento delle vecchie torbiere o delle limitazioni all' estrazione in alcune nazioni del nord-centro Europa pare ampiamente superata dall' ingresso sui mercati dei prodotti di estrazione da siti ancora non sfruttati situati nei paesi baltici; inoltre, tarda ad affermarsi una linea di produzione "biologica" o "ecocompatibile" del fiore, linea che avrebbe consentito presumibilmente un più facile utilizzo di compost di opportuna qualità, sia in fase di riproduzione che di coltivazione.

L' incentivazione dell' uso di compost per le colture ornamentali nell' ambito di una visione maggiormente "ecologista" di cui oggi non si può negare l' esigenza, rimane un obiettivo generale ambizioso. Sta di fatto che il settore delle produzioni ornamentali italiane vive in una situazione di mercato attualmente così difficile per competizione con prodotti provenienti dall' estero e per le difficoltà economiche interne e mondiali che difficilmente potrà permettersi azioni che non siano quelle volte ad abbassare i costi e a mantenere produttività e redditività aumentando soprattutto la qualità attraverso la perfezione del singolo pezzo prodotto e l' omogeneità all' interno della partita.

SUBSTRATI DI COLTIVAZIONE: MATERIE PRIME PER L'UTILIZZO IN CAMPO FLOROVIVAISTICO. ESPERIENZE PRESSO LA FONDAZIONE MINOPRIO

Piero Frangi ¹, Alessandro Pozzi ²

¹ Fondazione Minoprio - Centro MiRT, Viale Raimondi, 54, 22070 Vertemate con Minoprio (CO) - frangi@fondazioneminoprio.it

² Minoprio Analisi e Certificazioni (MAC), Viale Raimondi, 54, 22070 Vertemate con Minoprio (CO) - maclab@tin.it

Riassunto

Nella ricerca di possibili alternative all'utilizzo della torba è stata condotta presso la Fondazione Minoprio un'attività di valutazione di alcune matrici organiche quali compost di varia origine, fibra di cocco e fibre di legno. Tali materiali sono stati dapprima caratterizzati dal punto di vista chimico-fisico e successivamente sono stati impiegati in percentuali differenti per prove di coltivazione in vaso di piante fiorite e di arbusti ornamentali. I substrati innovativi sono stati saggati in sistemi colturali differenziati (in serra con irrigazione dall'alto e per subirrigazione, all'esterno con irrigazione per aspersione e localizzata), allo scopo di raccogliere un'ampia casistica di utilizzo.

Le prove con substrati contenenti compost hanno avuto risultati diversificati a seconda della tipologia di compost utilizzato, della percentuale utilizzata, della specie impiegata e del metodo di distribuzione dell'acqua. Alcune tipologie di compost hanno presentato fenomeni di immobilizzazione dell'azoto. La eterogeneità delle caratteristiche fisico-chimiche del compost nel tempo impone un controllo analitico preliminare. La fibra di cocco ha fornito risultati di crescita uguali o superiori alla torba sia con sistemi di irrigazione a goccia che a flusso/ri-flusso. Le caratteristiche chimico-fisiche dei substrati contenenti fibra di cocco sono paragonabili a quelle dei substrati con sola torba. L'unico fattore negativo è rappresentato dal costo elevato di tale materiale. Le fibre di legno si sono rivelate delle interessanti componenti per ridurre l'impiego di torba nei substrati di coltivazione. Nel complesso le piante coltivate in substrati contenenti fibre di legno non hanno presentato particolari problemi di sviluppo ed hanno garantito buoni risultati produttivi finali.

Parole chiave: Compost, fibra di cocco, fibra di legno, torba

Raw materials to utilize in growing media for floriculture and nursery industry: experiences at Minoprio Foundation

Abstract

An evaluation of organic materials (compost from different sources, coir dust, wood fibers) has been carried out at Minoprio Foundation with the aim of finding out substrates alternative to peat. New materials have been first characterized by chemical and physical analysis and then tested in different amounts in trials with greenhouse potted plants and containerized ornamental shrubs. Substrates were also tested with different fertirrigation systems (ebb/flow, drip and overhead irrigation).

Trials with compost based substrates gave results related to the type and the amount of compost used and also to the fertirrigation system adopted. Some types of compost gave also nitrogen immobilization phenomena. The heterogeneity of compost obliges to a preliminary analytical control. Coir dust gave growth results similar or higher than peat both with ebb/flow and with drip irrigation. Coir dust and peat substrates resulted similar as for physical and chemical characteristics. The high cost of coir dust is the only limiting factor for its diffusion. Wood fibers proved to be a good material to reduce the amount of peat in cultural substrates. Plants grown in wood fiber substrates had a growth comparable with that obtained with peat based substrates.

Key words: Coir dust, compost, peat, wood fibre

Introduzione

Uno degli elementi tecnologici fondamentali delle colture florovivaistiche è rappresentato dall'impiego di substrati, naturali od artificiali, con i quali si intende sostituire in tutto e per tutto il terreno. Il substrato di coltivazione più utilizzato nel florovivaismo è la torba. In particolare nella coltivazione in contenitore si impiega soprattutto torba bionda di sfagno, dotata di elevata capacità di assorbimento idrico, di buona aerazione e di buona stabilità strutturale (Rivière e Caron, 2001).

Numerose attività di ricerca sono state rivolte negli ultimi anni alla individuazione di materiali alternativi alla torba ed alla messa a punto di miscele da utilizzarsi quali substrati di coltivazione, con caratteristiche fisico-chimiche paragonabili a quelle ottenute a partire da tale materia prima. Tali attività sono nate a fronte dell'aumento dei prezzi della materia prima torba, soprattutto in relazione all'incremento dei costi energetici che insistono sul processo produttivo e sul trasporto di quest'ultima, e dal diffondersi sempre di più nell'opinione pubblica di correnti di

pensiero che osteggiano il suo utilizzo in relazione alla non rinnovabilità di tale risorsa e ai danni ambientali che provoca la sua estrazione nell'habitat delle torbiere (Carlile, 2004; Morel *et al.*, 2000).

Nel presente lavoro sono riportate in forma sintetica alcune esperienze, effettuate presso la Fondazione Minoprio, di valutazione di alcune matrici organiche attraverso la loro caratterizzazione chimico-fisica e l'impiego in percentuali differenti per la coltivazione in contenitore di piante fiorite e di arbusti ornamentali. Per un quadro più dettagliato delle metodologie adottate e dei risultati conseguiti si rimanda a specifiche pubblicazioni (Frangi, 2002; Frangi *et al.*, 2004a, 2004b; Frangi e Sordo, 2003; Frangi e Tantardini, 2001; Pozzi *et al.*, 2002, 2003).

Materiali e metodi

Le prove di coltivazione in vaso con differenti tipologie di substrati sono state condotte presso la Fondazione Minoprio tra il 1994 e il 2003, sia in serra che all'esterno.

Caratterizzazione dei substrati

Prima di ogni prova di confronto tra differenti substrati è stata effettuata una caratterizzazione chimico-fisica delle miscele saggiate, attraverso analisi fisica con metodo De Boodt e analisi chimica (pH, EC e macroelementi) con metodo Sonneveld (dal 2002 con metodo EN 13652). Le analisi chimiche sono state eseguite anche a metà e a fine ciclo di coltivazione.

Prove in serra

Le prove di utilizzo di compost di diversa origine (corteccia di conifere, verde, verde + FORSU, verde + RSU) sono state effettuate utilizzando miscele contenenti compost in percentuali volumetriche comprese tra il 33 e il 100%, in miscela con torba bionda e perlite. Sono state saggiate le seguenti specie: *Begonia*, *Ficus beniamina*, geranio, *Impatiens Nuova Guinea*, poinsettia. Il sistema irriguo adottato è stato quello a flusso/riflusso. Sono state saggiate anche dosi crescenti di azoto in fertirrigazione, con lo scopo di limitare eventuali fenomeni di immobilizzazione da parte di compost non completamente stabili. La fibra di cocco è stata saggiata su due specie (geranio e *Impatiens Nuova Guinea*) e con due percentuali di utilizzo: 30% e 50%. Nelle prove sono stati confrontati anche due sistemi di distribuzione di acqua e fertilizzanti: dall'alto a goccia e da sotto con flusso/riflusso.

Per quanto riguarda la fibra di legno, ne sono state provate due tipologie: Bio-Culta®-Faser, prodotta in Germania, e Toresa® Spezial, di origine svizzera. Le fibre di legno sono state utilizzate in percentuali comprese tra il 25 e il 66% su colture di geranio e di poinsettia. Anche in questo caso sono stati confrontati due sistemi di fertirrigazione (a goccia e a flusso/riflusso).

Prove in vivaio

Sono state saggiate differenti tipologie di compost (corteccia di conifere, verde, verde + FORSU) in percentuali variabili tra il 17 e il 100% sulle seguenti colture: crisantemo coreano, *Prunus laurocerasus*, *Pyracantha hybr.*, *Thuja plicata*. Nel crisantemo coreano è stata effettuata l'irrigazione localizzata (a goccia), nelle altre colture si è irrigato tramite aspersione. Le due tipologie di fibra di legno saggiate in serra sono state utilizzate anche in vivaio per la coltivazione di *Prunus laurocerasus* e *Thuja plicata*. La percentuale di fibra nel substrato era compresa tra il 25 e l'80%.

Risultati e discussione

Prove con compost

Nelle prove di coltivazione di piante ornamentali in serra si è osservato che le diverse specie saggiate hanno risposto in modo diversificato alla tipologia di compost introdotto nelle miscele (tab. 1). In *Impatiens Nuova Guinea* lo sviluppo in altezza delle piante si è avvantaggiato della presenza di compost di corteccia di conifere nel substrato, mentre in *begonia* la maggior crescita in altezza è stata ottenuta con il compost verde. Una specie a rapido accrescimento come il geranio non è stata invece favorita dalla presenza di compost nel substrato, risultando lo sviluppo maggiore in altezza nella tesi senza compost. In poinsettia le prove di coltivazione sono state ripetute a distanza di 4 anni, impiegando compost provenienti dagli stessi impianti di produzione. Sono stati ottenuti risultati diversi nelle due epoche: nella prima prova lo sviluppo maggiore in altezza è stato registrato nelle piante coltivate con substrato con compost verde, mentre nella seconda prova tale tesi è risultata la più penalizzata nello sviluppo. La spiegazione può venire

dell'osservazione di alcuni parametri chimico-fisici dei substrati, riportati in tabella 2. Si sono rilevate infatti variazioni significative di alcuni parametri: in particolare il volume d'acqua del substrato contenente compost verde si è dimezzato, passando dal 27.5% al 13.6%. La ridotta capacità di ritenzione idrica di questo materiale ha fortemente limitato gli assorbimenti della soluzione nutritiva da parte del substrato e, di conseguenza, la crescita è risultata stentata.

Tabella 1. Altezza media delle piante al termine delle prove di confronto tra substrati contenenti 50% di compost di diversa origine (corteccia di conifere e scarti di manutenzione del verde)

Specie	Corteccia	Verde	Test
Begonia	18.5 c	19.6 a	19.0 b
Geranio	30.7 b	29.5 b	32.7 a
<i>Impatiens</i> Nuova Guinea	22.9 a	19.8 c	22.1 b
Poinsettia 1995	47.6 b	49.2 a	47.6 b
Poinsettia 1999	35.3 b	30.6 c	36.6 a

Per ciascuna riga le medie seguite dalla stessa lettera non sono significativamente diverse ($P \leq 0.05$) usando il test di Duncan

Tabella 2. Caratteristiche chimico-fisiche dei substrati impiegati in due anni di prove di confronto tra substrati a base di compost di diversa origine (corteccia di conifere e scarti di manutenzione del verde) in poinsettia

	Corteccia	Verde	Test
<i>Poinsettia</i> 1995			
pH	6.44	6.48	5.46
EC (mS/cm)	1.10	1.38	1.08
Volume d'aria a pF 1 (%v/v)	33.1	17.7	17.9
Volume d'acqua tra pF1 e pF2 (%v/v)	21.5	27.5	32.1
<i>Poinsettia</i> 1998			
PH	5.40	7.70	5.87
EC (mS/cm)	2.48	1.18	1.43
Volume d'aria a pF 1 (%v/v)	29.6	44.6	21.8
Volume d'acqua tra pF1 e pF2 (%v/v)	28.2	13.6	36.3

Nelle prove con somministrazione di livelli crescenti di azoto in fertirrigazione è stato osservato che alcune specie, in particolare quelle a ciclo più lungo quali la poinsettia, hanno manifestato risposte diversificate nella crescita. In tabella 3 sono riportate le altezze raggiunte a fine prova da piante di poinsettia allevate in substrati con 50% di compost di corteccia o di scarti di manutenzione del verde e sottoposte a livelli di azoto in fertirrigazione di 75, 150 e 225 ppm. I dati mostrano che in presenza di compost di corteccia è necessario fornire un quantitativo superiore di azoto per non limitare lo sviluppo delle piante, a causa della parziale immobilizzazione dell'azoto da parte del compost.

Prove di sostituzione di torba con compost verde (V) e con una miscela di verde + FORSU (M), effettuate su *Prunus laurocerasus* e *Thuja plicata* allevate all'esterno sotto rete antigrandine, hanno evidenziato una riduzione dello sviluppo delle piante all'aumentare della percentuale di compost nel substrato (fig. 1). La risposta delle due specie è risultata differente: in *P. laurocerasus* la presenza del 17% di compost nel substrato provoca una significativa riduzione dello sviluppo delle piante, mentre in *T. plicata* soltanto la tesi con l'85% di compost ha presentato uno sviluppo significativamente inferiore rispetto alla tesi testimone. Le caratteristiche chimiche dei substrati impiegati nella prova mostrano che, all'aumentare della percentuale di compost, i valori di pH e EC si allontanano dall'optimum di crescita delle piante (tab. 4), provocando riduzioni dello sviluppo. Si osserva inoltre in tabella 4 che l'aumento percentuale del compost porta a una riduzione del volume d'acqua disponibile. Poiché in condizioni di coltivazione in pien'aria nel periodo primaverile-estivo i substrati che assicurano una crescita più regolare alle piante sono quelli caratterizzati da elevati valori di ritenzione idrica, la presenza di compost limita lo sviluppo complessivo delle piante, soprattutto nelle specie caratterizzate da elevato ritmo di crescita come *P. laurocerasus*.

Tabella 3. Altezza media delle piante di poinsettia al termine delle prove di confronto tra substrati contenenti 50% di compost di diversa origine (corteccia di conifere e scarti di manutenzione del verde) sottoposti a livelli crescenti di azoto in fertirrigazione

Livello di N (ppm)	Corteccia	Verde	Test
75	32.7 c	30.6 a	35.9 a
150	35.8 b	30.7 a	36.3 a
225	37.5 a	30.4 a	37.5 a
Significatività	**	n.s.	n.s.

Per ciascuna colonna le medie seguite dalla stessa lettera non sono significativamente diverse ($P \leq 0.05$) usando il test di Duncan

Tabella 4. Caratteristiche chimico-fisiche dei substrati impiegati nelle prove di sostituzione di torba con compost di diversa origine (verde e verde + FORSU) per la coltivazione di arbusti ornamentali da esterno

% compost nel substrato	0	17	33	50	66	85
<i>Compost M (verde + FORSU)</i>						
PH	4.15	6.81	7.09	7.22	7.45	7.55
Ec (mS/cm)	0.59	1.07	1.77	2.14	3.77	4.61
Volume d'aria a pF 1 (%v/v)	25.3	22.9	29.4	24.8	27.2	16.1
Volume d'acqua tra pF1 e pF2 (%v/v)	32.8	28.2	21.2	21.3	14.8	14.7
<i>Compost V (verde)</i>						
PH	4.15	6.57	6.91	7.38	7.19	7.50
Ec (mS/cm)	0.59	1.45	1.77	2.03	2.24	3.45
Volume d'aria a pF 1 (%v/v)	25.3	37.0	39.9	40.6	39.6	43.7
Volume d'acqua tra pF1 e pF2 (%v/v)	32.8	21.9	19.2	16.1	12.8	11.1

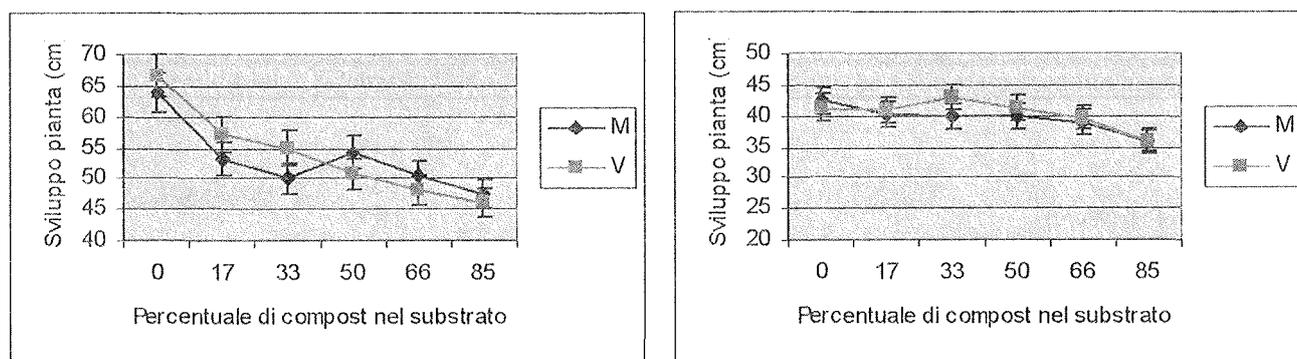


Figura 1. Effetto del tipo e della percentuale di compost nel substrato sullo sviluppo delle piante di *Prunus laurocerasus* (a sinistra) e di *Thuja plicata* (a destra). M= compost misto (verde + FORSU); V=compost verde

Prove con fibra di cocco

In geranio le piante allevate nei substrati contenenti fibra di cocco hanno mostrato valori non diversi del substrato T a base di torba per quanto riguarda l'altezza media della pianta (tab. 5). Tale uniformità di sviluppo è stata registrata sia per il sistema irriguo a flusso/riflusso che nel caso di irrigazione a goccia. In *Impatiens Nuova Guinea* lo sviluppo in altezza è risultato superiore impiegando il 30% di fibra di cocco nel substrato unitamente all'irrigazione a flusso/riflusso, mentre le altre tesi contenenti fibra di cocco sono risultate simili nello sviluppo al testimone a base di torba. In tabella 6 sono riportate le caratteristiche chimico-fisiche dei substrati contenenti fibra di cocco. Si evidenzia che l'aggiunta di fibra di cocco non peggiora la qualità del substrato, come è confermato dai dati di crescita delle piante.

Tabella 5. Altezza media delle piante al termine delle prove di confronto tra substrati contenenti 30% e 50% di fibra di cocco ed irrigati con due differenti modalità di distribuzione dell'acqua

Substrato	% fibra di cocco	Sistema irriguo	Geranio	Impatiens
T	0	f./riflusso	37.3	17,3 b
		goccia	35.9	17,1 b
C1	30	f./riflusso	36.7	18,6 a
		goccia	36.8	18,1 ab
C2	50	f./riflusso	36.8	17,4 ab
		goccia	37.2	17,7 ab
<i>Significatività</i>				
Substrato			n.s.	*
sistema irriguo			n.s.	n.s.
substrato x sistema irriguo			n.s.	n.s.

Per ciascuna colonna le medie seguite dalla stessa lettera non sono significativamente diverse ($P \leq 0.05$) usando il test di Duncan

Tabella 6. Caratteristiche chimico-fisiche dei substrati contenenti fibra di cocco impiegati nelle prove di coltivazione di geranio e *Impatiens Nuova Guinea*

	Substrati		
	T	C1	C2
% fibra di cocco nel substrato	0	30	50
PH	4.53	4.70	5.32
Ec (mS/cm)	0.80	1.08	1.03
Volume d'aria a pF 1 (%v/v)	44.6	41.9	45.6
Volume d'acqua tra pF1 e pF2 (%v/v)	29.0	30.1	25.2

Prove con fibra di legno

Nelle prove effettuate in serra si è osservato che in geranio l'altezza raggiunta dalle piante non ha presentato differenze significative tra le tesi a confronto nel caso di irrigazione a flusso/riflusso, mentre con l'irrigazione a goccia i substrati contenenti fibra di legno, ad eccezione di TS1, hanno ridotto lo sviluppo in altezza rispetto al substrato testimone a base di torba (tab. 7). I dati di sviluppo delle piante di poinsettia mostrano che in tutte le tesi la crescita maggiore è stata registrata con la modalità di distribuzione dell'acqua a flusso/riflusso. Con questa modalità di distribuzione dell'acqua l'altezza delle piante allevate nei substrati con fibra di legno non è risultata significativamente diversa da quella registrata con il testimone con sola torba, mentre nelle tesi con irrigazione a goccia BC2 e TS1 lo sviluppo in altezza è risultato inferiore rispetto al controllo. I valori di pH e conducibilità elettrica apparivano assai simili indipendentemente dalla presenza di fibra di legno nel substrato, mentre si è osservata una riduzione della percentuale di acqua utilizzabile all'aumentare della quantità di fibra di legno nella miscela (tab. 8).

Tabella 7. Altezza media delle piante al termine delle prove di confronto tra substrati contenenti 25% e 50% di fibra di legno ed irrigati con due differenti modalità di distribuzione dell'acqua

Substrato	% fibra di legno	Sistema irriguo	Geranio	Poinsettia
T	0	Fl./riflusso	22.7 a	27.6 ab
		Goccia	23.0 a	26.2 bc
BC1	25	Fl./riflusso	20.9 ac	28.6 a
		Goccia	19.0 c	26.4 ab
BC2	50	Fl./riflusso	21.3 ab	26.1 bc
		Goccia	18.9 c	22.8 d
TS1	25	Fl./riflusso	22.6 a	27.8 ab
		Goccia	21.6 ab	22.8 d
TS2	50	Fl./riflusso	22.0 ab	26.5 ab
		Goccia	20.0 bc	24.1 cd
<i>Significatività</i>				
Substrato			**	**
Sistema irriguo			**	**
Substrato x sistema irriguo			n.s.	n.s.

Per ciascuna colonna le medie seguite dalla stessa lettera non sono significativamente diverse ($P \leq 0.05$) usando il test di Duncan

Tabella 8. Caratteristiche chimico-fisiche dei substrati contenenti fibra di legno impiegati nelle prove di coltivazione di geranio e poinsettia (analisi chimiche con metodo EN 13652, estrazione 1:5 v/v)

	Substrati				
	T	BC1	BC2	TS1	TS2
% fibra di legno nel substrato	0	25	50	25	50
PH	5.32	5.52	5.39	5.74	6.01
Ec (mS/cm)	0.43	0.40	0.42	0.39	0.37
Volume d'aria a pF 1 (%v/v)	29.4	31.4	35.3	29.1	34.5
Volume d'acqua tra pF1 e pF2 (%v/v)	28.9	28.5	28.0	32.4	22.2

Lo sviluppo di arbusti ornamentali allevati in substrati contenenti fibra di legno e mantenuti all'esterno sotto rete antigrandine è riportato in tabella 9. Si osserva che in entrambe le specie saggiate soltanto la tesi con il 50% di Toresa Spezial ha ridotto in modo significativo la crescita in altezza delle piante, mentre nelle altre tesi la presen-

za di fibra di legno del substrato non ha determinato significative riduzioni di accrescimento rispetto alla tesi con sola torba.

Tabella 9. Sviluppo in altezza, espresso come differenza tra altezza a fine prova e altezza dopo un mese dall'invasatura, delle piante di *Prunus laurocerasus* e di *Thuja plicata* nelle prove di confronto tra substrati contenenti 25% e 50% di fibra di legno

Substrato	Sviluppo in altezza (cm)	
	<i>Prunus laurocerasus</i>	<i>Thuja plicata</i>
TP	20.7 a	20.7 a
BC 25	20.6 a	18.9 ab
BC 50	19.7 a	16.3 ac
TS 25	19.1 a	19.4 ab
TS 50	12.0 b	13.9 c
Significatività	**	*

Per ciascuna colonna le medie seguite dalla stessa lettera non sono significativamente diverse ($P \leq 0.05$) usando il test di Duncan

Conclusioni

Le prove con substrati contenenti compost hanno avuto risultati diversificati a seconda della tipologia di compost utilizzato, della percentuale utilizzata, della specie impiegata e del metodo di distribuzione dell'acqua. Uno dei problemi principali del compost è legato alla eterogeneità delle caratteristiche fisico-chimiche delle forniture, come evidenziato dalle prove effettuate su poinsettia con compost prelevati a distanza di qualche anno negli stessi impianti di produzione. Tale fattore obbliga ad un controllo analitico preliminare delle materie prime in entrata, per aggiustarne la percentuale di utilizzo nelle miscele con altri componenti quali torba e drenanti. Un altro fattore da monitorare è la possibilità dell'immobilizzazione dell'azoto nel caso di utilizzo di compost non completamente stabili.

La fibra di cocco si è rivelata un'ottima alternativa alla torba come costituente di miscele da destinare alla coltivazione in vaso; possiede eccellenti caratteristiche fisiche con una capacità di trattenere l'acqua e di renderla disponibile alla pianta paragonabile a quella del testimone torboso. L'utilizzo di differenti tecniche di coltivazione, come la diversa metodologia di somministrazione della soluzione nutritiva, non causa sostanziali differenze nel prodotto finale. L'unico fattore negativo è il costo elevato, legato soprattutto al trasporto dai luoghi di produzione.

Le fibre di legno si sono rivelate delle interessanti componenti per ridurre l'impiego di torba nei substrati di coltivazione. Nelle prove in serra si è osservato una performance di crescita simile a quella ottenuta con la torba quando l'irrigazione era per flusso/riflusso. Si sono evidenziate alcune differenze di comportamento tra le tipologie di fibra di legno utilizzate, legate alle caratteristiche fisiche dei materiali, per cui risulta indispensabile conoscere le proprietà fisiche del substrato contenente fibre di legno prima di inserirlo nei programmi di produzione aziendale.

Ringraziamenti

Sperimentazioni effettuate nell'ambito del Progetto finalizzato Mi.P.A. "Prodotti e tecnologie innovative su piante ornamentali" e del "Progetto di Sperimentazione Regionale sul Florovivaismo" (Regione Lombardia - d.g.r. n. 7/13077 del 23 maggio 2003).

Bibliografia

- CARLILE W.R., 2004. Growing media and the environment lobby in the UK 1997-2001. *Acta Horticulturae* 644: 107-113.
- FRANGI P., TANTARDINI A., 2001. Impiego di fibra di legno come substrato per la coltivazione di piante da esterno. *Flortechnica* 25(12), suppl. Il Vivaista: III-VI.
- FRANGI P., 2002. Utilizzo di substrati a base di compost per la coltivazione di piante da vaso fiorito. *Atti VI Giornate Scientifiche S.O.I., Spoleto, 23-25 aprile 2002*, pp. 359-360.
- FRANGI P., SORDO N., 2003. Impiego di fibra di legno come substrato per la coltivazione in contenitore. *Atti Convegno "Florovivaismo tra innovazione e novità"*, Ercolano (NA), 22 novembre 2002, pp. 160-165.
- FRANGI P., D'ANGELO G., CASTELNUOVO M., 2004. Evaluation of water and nutritional consumption of New Guinea *Impatiens* and poinsettia grown in two compost based substrates *Acta Horticulturae* 644: 449-455.
- FRANGI P., AMOROSO G., ANDREATTA S., 2004. Allevamento di arbusti ornamentali in contenitore con impiego di substrati contenenti fibra di legno. *Atti VII Giornate Scientifiche S.O.I., Napoli, 4-6 maggio 2004 (su CD-ROM)*.
- MOREL P., PONCET L., RIVIÈRE L.M., 2000. Les supports de culture horticoles. INRA, Paris
- POZZI A., FRANGI P., CASTELNUOVO M., 2002. Impiego di fibra di cocco e di poliuretano come componenti dei substrati per la coltivazione del geranio con differenti sistemi irrigui. *Atti VI Giornate Scientifiche S.O.I., Spoleto, 23-25 aprile 2002*, pp. 363-364.
- POZZI A., FRANGI P., CASTELNUOVO M., PARDOSSI A., 2003. Growth and flowering of Geranium and New Guinea *Impatiens* in peat-reduced and in peat-free substrates watered with different irrigation systems. *Acta Horticulturae* 614: 291-295.
- RIVIÈRE L.M., CARON J., 2001. Research on substrates: state of the art and need for the coming 10 years. *Acta Horticulturae* 548: 29-41.

PROPOSTA DI METODI ANALITICI PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SUBSTRATI COLTURALI ORGANICI

Maria Marchionni

CRA - Consiglio per la Ricerca la Sperimentazione in Agricoltura - Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma; e-mail: nutrazotata@isnp.it

Riassunto

La stabilità della frazione organica dei substrati colturali costituisce un parametro qualitativo fondamentale per le coltivazioni in contenitore. Tecniche analitiche già utilizzate nella caratterizzazione della sostanza organica sono state confrontate per la definizione della stabilità di differenti biomasse: frazionamento del carbonio organico e parametri di umificazione, focalizzazione isoelettrica, termogravimetria e calorimetria differenziale a scansione. Sono stati inoltre eseguiti sui campioni il test di germinazione, utile ad indicare una potenziale fitotossicità della frazione organica, e la determinazione del carbonio organico presente nell'estratto acquoso.

Si è tentato di valutare la stabilità biologica delle biomasse mediante misura della frazione organica meno stabile. La concentrazione del carbonio organico presente nell'estratto acquoso dei campioni è apparsa correlata direttamente con la concentrazione del carbonio non umico derivante dai parametri dell'umificazione e con quella della sostanza organica labile stimata dall'analisi termica; le stesse grandezze sono risultate correlate inversamente all'indice di germinazione.

Parole chiave: Substrati colturali, estratto acquoso, alternativa alla torba, fitotossicità, stabilità.

Proposal of analytical methods for organic growing media characterisation

Abstract

The organic matter stability is a fundamental qualitative parameter for growing media. Analytical techniques already utilised for organic matter characterisation were compared to define stability of different organic matrices and mixture: organic carbon fractionation and humification parameters, isoelectric focusing, thermogravimetry and differential scanning calorimetry. Besides, test of germination, useful to detect a potential phytotoxicity of organic fraction, and determination of aqueous extract organic carbon were carried out on samples.

It was attempted to define samples biological stability by the measure of less stable organic fraction. The organic carbon concentration of samples aqueous extract was directly correlated with the non-humic carbon percentage and with the thermally less stable organic matter percentage; these parameters showed an inverse correlation with the germination index.

Key words: Growing media; aqueous extract; alternatives to peat; phytotoxicity, stabilisation.

Introduzione

Nella presente ricerca sono state messe a confronto alcune tecniche analitiche utili per la caratterizzazione della sostanza organica allo scopo di valutare la stabilità di differenti biomasse. È stato dapprima eseguito sui campioni un saggio di fitotossicità per ottenere indicazioni sulle potenziali attività biologiche della frazione organica e quindi sulla sua stabilità.

La stabilità di questa frazione rappresenta un parametro qualitativo irrinunciabile per colture in contenitore, letti di semina, buche di piantagione, ecc., sia per evitare fenomeni indesiderati, quali le fermentazioni e la conseguente formazione di sostanze fitotossiche, sia per garantire il mantenimento delle proprietà nutrizionali e la stabilità strutturale.

Scopo del lavoro è fornire un approccio metodologico per una migliore conoscenza della qualità dei substrati colturali organici, tenendo presente i metodi di analisi stabiliti dalle norme UNI relativi al compost per substrati colturali e quelli approvati dal CEN/TC 223, il Comitato Tecnico impegnato nella definizione della qualità dei substrati colturali e nella elaborazione di metodi di riferimento a livello europeo.

La normativa italiana, relativamente alla determinazione della stabilità del compost da destinarsi alla preparazione di substrati colturali, richiede alcuni parametri (Norme UNI per parametri di umificazione, rapporto C/N, indice di germinazione; 1998). I metodi di prova corrispondenti a *European Standard* attualmente riguardano la determinazione di numerose proprietà fisiche e di alcune proprietà chimiche dei substrati colturali; non prevedono tuttavia un parametro per la misura della stabilità della sostanza organica. Peraltro, il marchio comunitario di qualità ecologica 'Ecolabel' (2001/688/CE) prevede che la sostanza organica contenuta nei substrati colturali derivi dal tratta-

mento e/o dal riutilizzo di materiali di scarto, e che ne sia valutata la stabilità/maturazione, senza indicazioni sul test da effettuare.

Materiali e metodi

I campioni analizzati (tab. 1) corrispondono a substrati di coltura o a materiali attualmente utilizzati nella loro produzione.

Tabella 1. Descrizione dei campioni

N. id.	Denominazione del campione	Descrizione
1	Leonardite	leonardite commerciale utilizzata in floricoltura
2	Torba bionda tedesca	torba bionda di qualità proveniente da torbiere alte della Germania del nord
3	Compost in forma pellettata	in forma pellettata, materiali di partenza non conosciuti
4	Lolla di riso	sottoprodotto derivante dalla lavorazione del riso
5	Ammendante compostato misto	prodotto a partire dal trattamento di sfalci d'erba, potature e rifiuti organici da raccolta differenziata, impiegato in agricoltura di pieno campo, in floricoltura ed orticoltura, in vivaistica
6	Ammendante compostato misto	prodotto a partire da scarti lignocellulosici, frazione organica da raccolta differenziata del rifiuto urbano e scarti vegetali agroindustriali (ammesso in agricoltura biologica)
7	Substrato per semina	ottenuto da miscela di torba bionda e bruna, a struttura fine, contenente calce e concime, adatto per semina, ortaggi e fiori, colture sensibili alla salinità
8	Substrato universale	ottenuto dalla miscela di torba in prevalenza poco decomposta (torba bionda), moderatamente e fortemente decomposta (torba bruna), di struttura grossolana, contenente calce ed elevata concentrazione di concime; per l'invaso
9	Compost con sanse	prodotto con sanse umide e residui di potatura dell'olivo
10	Substrato per geranio	composto da una miscela di torba bionda, bruna e argilla
11	Fibra di legno	utilizzata nella preparazione dei substrati colturali previa esposizione a vapore pressurizzato
12	Terriccio universale	commercializzato come "ammendante vegetale composto" costituito da sostanza organica di origine animale e vegetale e da torba di 'Sphagnum', ottenuto mediante compostaggio in superficie anziché in cumulo, adatto all'invaso ed il rinvaso
13	Compost 13	Compost proveniente dalla raccolta differenziata di frazione organica putrescibile e di materiale ligno-cellulosico
14	Terriccio universale	(vedi campione 12)
15	Fibra di cocco	sottoprodotto dell'industria di estrazione della fibra ottenuta dalle noci di cocco (<i>Cocos nucifera</i> L.), disidratato e pressato alla fine del periodo di maturazione
16	Torba bruna	origine non conosciuta
17	Substrato a base di torba	proveniente dalle Prealpi Bavaresi
18	Ammendante compostato verde	prodotto dal trattamento degli sfalci d'erba e da potature, impiegato in agricoltura di pieno campo, in floricoltura ed orticoltura, in vivaistica
19	Terriccio di fungaia	costituito da letame equino e residui pagliosi, con aggiunta di semi di colza e pollina, stabilizzato a 70°C, addizionato di micelio e coperto con torba nera per la funghicoltura (<i>Agaricus bisporus</i>), successivamente sottoposto a compostaggio
20	Ammendante compostato misto	ottenuto dal compostaggio di pastazzo, fango di depurazione dell'industria agrumaria e scarti verdi di vivai

Saggio di fitotossicità: test di germinazione.

È stato eseguito sui campioni il saggio di fitotossicità secondo i Metodi di analisi dei compost della Regione Piemonte (1998). Il principio del metodo consiste nella preparazione dell'estratto acquoso del campione e nella successiva valutazione della germinazione dei semi di una pianta test (*Lepidium sativum*) messi a contatto con tale estratto.

L'estratto (preparato come descritto al punto successivo) è stato diluito con acqua distillata per ottenere le concentrazioni al 75 e 50% dell'estratto. Da ciascuna diluizione sono stati prelevati 5 ml e posti in 5 capsule Petri (1 ml/capsula) contenenti carta da filtro extrarapida (diametro 80 mm). Nel testimone è stata aggiunta acqua distillata in sostituzione dell'estratto. In ogni capsula sono stati disposti 10 semi fatti precedentemente rigonfiare in acqua di-

stillata per 1 ora. Nel metodo originale le capsule vengono messe ad incubare in termostato per 24 ore a 27 °C, quindi la germinazione viene interrotta mediante aggiunta di alcool etilico (0,5 ml per piastra). In questo lavoro si è scelto di prolungare il periodo di incubazione a 48 ore al fine di agevolare la misura della lunghezza radicale, che a solo 24 ore risultava difficile e approssimata poiché i semi erano appena germinati in tutte le tesi.

Al termine del periodo di incubazione sono stati contati i semi germinati e si è misurata la lunghezza radicale. L'indice di germinazione I_g corrisponde alla media aritmetica dei due indici $I_{g(50\%)}$ e $I_{g(75\%)}$ calcolati mediante la seguente formula per ciascuna delle concentrazioni di estratto utilizzate:

$$I_g = GC \cdot LC / GT \cdot LT \cdot 100$$

dove:

GC = N. medio semi germinati (campione)

GT = N. medio semi germinati (testimone)

LC = lunghezza radicale media espressa in cm (campione)

LT = lunghezza radicale media espressa in cm (testimone)

Determinazione del carbonio organico nell'estratto acquoso

L'estratto acquoso dei campioni è stato preparato seguendo la metodica prevista per il saggio di fitosità (Metodi di analisi dei compost della Regione Piemonte, 1998). Tenendo conto dell'umidità iniziale precedentemente determinata per essiccamento in stufa a 105 °C, ciascun campione (100g) è stato portato a tenore di umidità dell'85% m/m mediante aggiunta di acqua distillata e lasciato a contatto per 2 ore. Per diversi campioni (fibra di cocco, fibra di legno e torba), a causa della elevata ritenzione idrica, è stato peraltro necessario utilizzare quantità maggiori di campione al fine di ottenere l'estratto acquoso in volume sufficiente per l'analisi. L'estratto acquoso è stato quindi ottenuto per centrifugazione a 6000 rpm per 15 minuti.

La determinazione del carbonio organico presente nell'estratto acquoso è stata effettuata mediante analizzatore *Total Organic Carbon Analyzer* TOC-5050A Shimadzu, il cui funzionamento è basato sul metodo della combustione e rivelazione all'infrarosso non-dispersivo di CO₂. È stata ottenuta la misura simultanea del carbonio totale e del carbonio inorganico presenti in soluzione acquosa e, per differenza, quella del carbonio organico totale.

Analisi termica

Nel presente lavoro sono state utilizzate due tecniche di analisi termica al fine di distinguere matrici organiche di differente stabilità: la Termogravimetria e la Calorimetria Differenziale a Scansione.

La *Termogravimetria* (TG) consente la registrazione continua della massa del campione in atmosfera controllata, in funzione di un gradiente di temperatura o di tempo, in seguito all'aumento di temperatura. La temperatura è stata impostata in modo da aumentare di 10°C/min da 20 a 900 °C.

La *Calorimetria Differenziale a Scansione* (DSC) prevede la misura della differenza tra i flussi termici nel campione in esame e nella sostanza di riferimento (caolino calcinato) sottoposti a un programma controllato di temperatura.

Il metodo termogravimetrico consente la stima quantitativa delle componenti termicamente attive presenti nel campione, mentre il metodo calorimetrico è potenzialmente utile nella verifica della purezza delle sostanze.

La strumentazione utilizzata è un termoanalizzatore simultaneo Netzsch STA 409, con testa di misura TG/DSC a flusso di calore avente termocoppia di PtRh10-Pt.

Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software Netzsch SW/cp/311.01, in grado di fornire le curve di decomposizione termica dei campioni in esame (TG), la loro derivata in funzione del tempo (DTG) ed i tracciati DSC.

La preparazione del campione da analizzare prevede di ridurre il materiale in frammenti attraverso macinino elettrico (0,5 mm) e di pestarlo successivamente in mortaio di agata per 30 secondi.

La massa del campione utilizzata, approssimativamente mg 10-20, è stata ottimizzata in funzione del materiale analizzato.

Frazionamento del carbonio organico

La metodologia di estrazione, frazionamento e calcolo del grado e del tasso di umificazione per gli ammendanti organici naturali è ufficialmente inserita nei Metodi ufficiali di analisi per i fertilizzanti (2001).

I campioni sono stati estratti in soda e pirofosfato di sodio 0,1M nel rapporto 2g/100 ml. Gli acidi umici e fulvici sono stati separati dall'estratto totale rispettivamente mediante precipitazione per acidificazione con H₂SO₄ e frazionamento su colonna di PVP della frazione solubile (Ciavatta *et al.*, 1990). La determinazione del carbonio or-

ganico è stata eseguita sia nell'estratto sia nella frazione umica mediante il metodo Springer-Klee (1954). I risultati analitici sono stati utilizzati per il calcolo dei parametri dell'umificazione, utili nella valutazione della stabilità e della dinamica della sostanza organica.

Grado di umificazione $DH\% = 100 * C_{HA+FA} / TEC$
dato dal rapporto percentuale tra il contenuto di carbonio umico (C_{HA+FA}) e quello di carbonio totale estraibile (TEC);

Tasso di umificazione $HR\% = 100 * C_{HA+FA} / TOC$
dato dal rapporto percentuale tra il contenuto di carbonio umico (C_{HA+FA}) e quello di carbonio organico totale (TOC);

Indice di umificazione $HI = (TEC - C_{HA+FA}) / C_{HA+FA}$
dato dal rapporto tra il contenuto di carbonio non umico ($NH = TEC - C_{HA+FA}$) e umico (C_{HA+FA}).

Focalizzazione isoelettrica della sostanza organica

La focalizzazione isoelettrica (IEF) è una tecnica di separazione elettroforetica in cui è applicato un gradiente di pH al fine di ottenere il frazionamento delle sostanze in base al loro punto isoelettrico.

Allo scopo di caratterizzare i substrati colturali in esame, è stato utilizzato il metodo messo a punto da Alianiello (2003) per la focalizzazione isoelettrica della sostanza organica estraibile nell'analisi di terreni e matrici organiche utilizzate in agricoltura, nonché di acidi umici estratti da tali materiali,

I campioni sono stati estratti in soda e sodio pirofosfato 0,1 M nel rapporto 2g/100ml, ponendoli in bagno termostatico a 65 °C con agitatore a scosse per 48 h in atmosfera di azoto. Successivamente l'estratto è stato centrifugato a 3000 rpm per 30 minuti, ed il surnatante è stato filtrato per filtro a membrana da 0,45 µm. I campioni sono stati quindi dializzati in membrane di porosità 6000-8000 D fino a raggiungimento di pH 7 e sottoposti a liofilizzazione.

Il liofilizzato è stato ripreso con acqua nel rapporto 1mg/40µl (25 mg/ml).

Una precorsa IEF, necessaria per la formazione del gradiente di pH, è stata effettuata a 1200 V per 2 ore e 30 minuti sulla piastra priva di campioni contenente Ampholine dell'intervallo di pH 3.5-8.0.

Il frazionamento IEF della sostanza organica è stato effettuato caricando il campione su piastra di gel di poliacrilammide di 0,5 mm di spessore per 2 ore ad una tensione di 1200 V. A fine corsa, è stato misurato il pH del gel mediante elettrodo di superficie; la piastra è stata colorata con Blu Coomassie G250 e i profili sono stati scansionati al densitometro laser. Dalla scansione sono stati ottenuti i profili relativi al frazionamento IEF della sostanza organica contenuta nei materiali estratti.

In seguito alle osservazioni effettuate sui substrati colturali, la preparazione della piastra di gel di poliacrilammide è stata riveduta per creare un gradiente di pH idoneo a rilevare la focalizzazione a valori elevati di pH. A questo scopo, anziché utilizzare le concentrazioni indicate nella metodica originale (75% per le Ampholine di pH 3.5-5.0 e 12,5% per le Ampholine di pH 5.0-7.0 e 6.0-8.0), si è scelto di ridurre al 50% la concentrazione delle Ampholine di pH 3.5-5.0 e di portare al 25% quella di entrambe le Ampholine degli intervalli di pH più alto.

Risultati e discussione

Saggio di fitotossicità

Il test di germinazione ha rilevato fitotossicità soltanto per alcuni compost, il cui impiego migliore evidentemente non è nella preparazione di substrati colturali (Tab. 2: $I_g < 100$). Si può osservare che i substrati colturali a base di torba non producono in assoluto una risposta germinativa migliore rispetto agli altri materiali. I_g è contenuto tra 100 e 200% per i substrati colturali, includendo le matrici fibra di legno, fibra di cocco e lolla di riso, mentre è variabile nell'intervallo compreso tra 60 e 260% per i compost.

Nel caso dei compost, in particolare con indice di germinazione I_g (media aritmetica di $I_{g(50\%)}$ e $I_{g(75\%)}$) basso, mantenendo gli indici di germinazione distinti per le due concentrazioni si conserva un'informazione che può evitare fenomeni di tossicità inaspettati legati alla dose d'impiego.

Carbonio organico nell'estratto acquoso

La determinazione del carbonio organico presente nell'estratto acquoso utilizzato nel saggio di fitotossicità ha prodotto i risultati mostrati in Tab. 2.

Il dato del carbonio organico C_{org} disciolto nell'estratto per le biomasse compostate ha rivelato una tendenza inversa all'indice di germinazione I_g : a valori più alti della concentrazione di C_{org} , corrispondono valori più bas-

si di I_g (fig. 1). Questo dato potrebbe costituire anche una misura indiretta di stabilità biologica. Aumentando il numero di osservazioni si potrebbe confermare tale tendenza e trovare, eventualmente, un valore soglia di concentrazione oltre il quale viene determinato un effetto deprimente sulla germinazione.

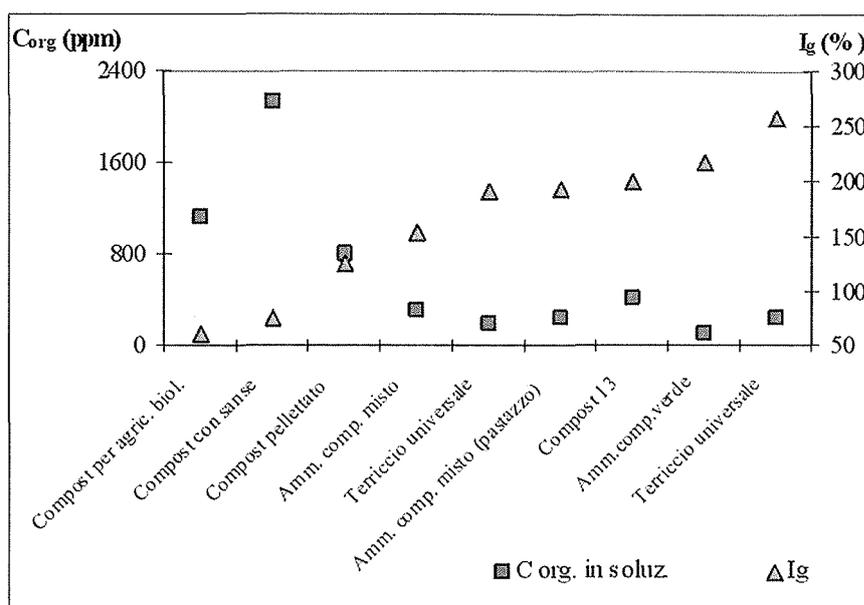


Figura 1. Andamento dell'indice di germinazione e della concentrazione del carbonio organico presente nell'estratto acquoso

Tabella 2. Valori dell'indice di germinazione (I_g) e del carbonio organico presente nell'estratto acquoso utilizzato nel saggio di fitotossicità

N. id.	Campione	I_g (50) %	I_g (75) %	I_g %	C_{org} ppm
1	Leonardite	125	72	98	17
2	Torba bionda tedesca	81	122	101	198
3	Compost pellettato	180	68	124	803
4	Lolla di riso	122	113	117	307
5	Amm. comp. misto	147	160	154	299
6	Compost per agr. biol.	83	40	61	1117
7	Substrato per semina	188	141	164	161
8	Substrato universale	160	124	142	206
9	Compost con sanse	76	75	76	2130
10	Substrato geranio	138	123	130	152
11	Fibra di legno	183	152	168	703
12	Terriccio universale 12	239	277	258	241
13	Compost 13	180	217	199	407
14	Terriccio universale 14	206	173	189	195
15	Fibre di cocco	224	174	199	413
16	Torba bruna 2a	185	205	195	286
17	Substrato base torba bruna	162	163	162	46
18	Amm. comp. verde	176	256	216	108
19	Terriccio di fungaia	158	212	185	1196
20	Amm. comp. misto (pastazzo)	146	236	191	236

Analisi termica

I termogrammi dei differenti materiali analizzati presentano molte particolarità. Relativamente ai dati quantitativi ottenuti dal metodo termogravimetrico si è rilevato che, nei substrati a base di torba che presentano percentuali più elevate di sostanza organica, la frazione organica termicamente più stabile risulta in proporzione maggiore (fig. 2).

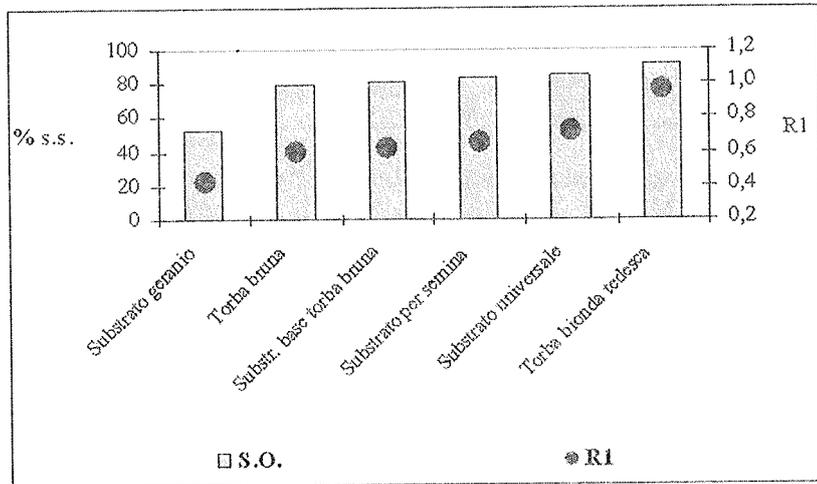
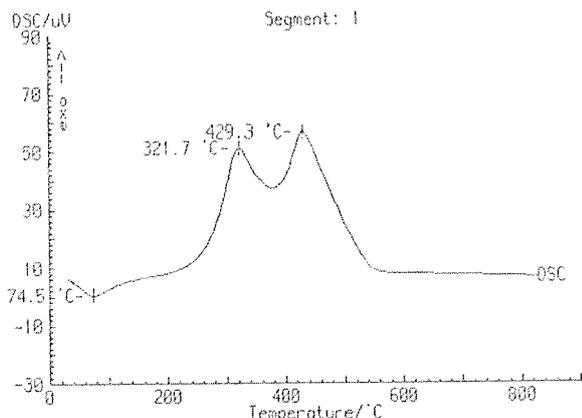


Figura 2. Andamento del contenuto percentuale in sostanza organica e dell'indice di stabilità termica R1 nei substrati torbosi

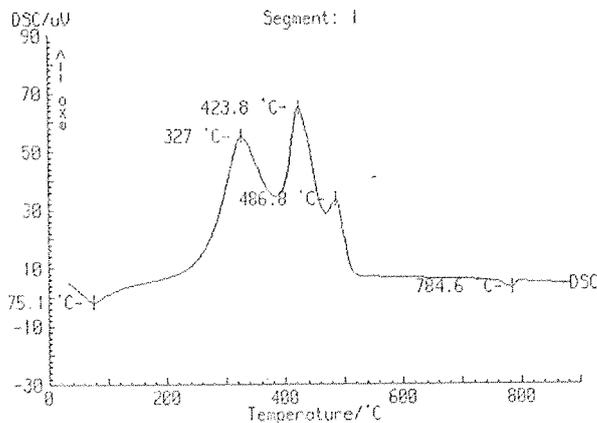
fatici ed alla seconda l'ossidazione di composti aromatici (Flaig *et al.*, 1975); composti azotati e idrocarburi a lunga catena contribuiscono alle reazioni a temperature superiori a 400 °C (Leinweber *et al.*, 1992).

Nei campioni in cui è presente torba bruna si osserva che la decomposizione interessa almeno una frazione di sostanza organica di più rispetto alle due della torba bionda: è infatti presente nei termogrammi una reazione esotermica con temperatura di picco approssimativamente a 490 °C (fig. 3) ascrivibile a sostanza organica maggiormente stabile. Questo risultato era atteso poiché la torba bruna presenta un maggior grado di decomposizione della torba bionda ed è pertanto più stabile (Stucchi e Sandrini, 2002).

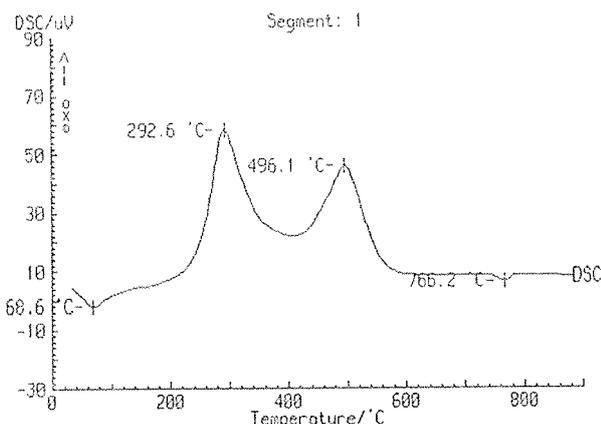
Torba bionda (Camp. 2)



Torba bruna (Camp. 16)



Ammendante per agricoltura biologica (Camp. 6)



Ammendante compostato verde (Camp. 18)

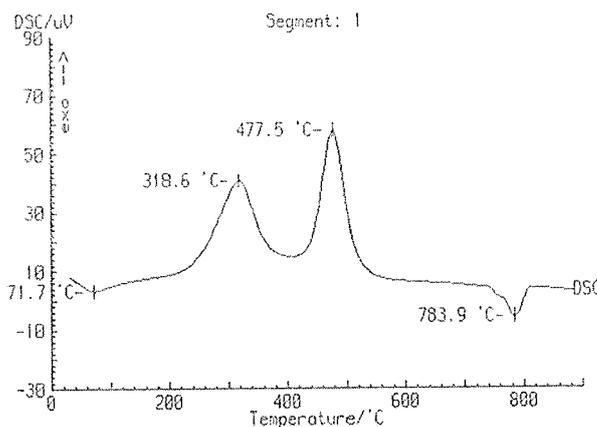


Figura 3. Tracciato DSC relativo ai campioni di torba bionda, torba bruna, ammendante per agricoltura biologica e ammendante compostato verde

Dai termogrammi delle biomasse compostate appare possibile distinguere una maggiore/minore stabilità in base alla perdita di peso corrispondente alla prima e alla seconda reazione esotermica (curva di decomposizione TG non mostrata), nonché dal flusso di energia corrispondente, come mostrato nella fig. 3.

Frazionamento del carbonio organico

Dai risultati del frazionamento e dal calcolo dei parametri di umificazione per i campioni analizzati si è osservato che generalmente DH e HR riflettono il contenuto di C_{HA+FA} , quindi questi sono elevati quando è elevato anche il contenuto in carbonio umico o umo-simile (Fig. 4). I terricci universali 12 e 14 ed il compost 13 non si allineano con i restanti campioni; essi presentano infatti valori dei parametri dell'umificazione piuttosto alti rispetto al valore del contenuto percentuale in acidi umici. Il contenuto in carbonio organico totale, di appena il 15-16%, spiega l'andamento.

Tra i parametri relativi al contenuto in carbonio organico e alle sue frazioni, la concentrazione del carbonio non umico NH, data dalla differenza tra TEC e C_{HA+FA} , sembra essere un parametro potenzialmente adatto a rilevare una mancata o incompleta maturazione delle biomasse.

Nella fig. 5 si rileva la corrispondenza tra i valori più elevati dell'indice di germinazione I_g ed i valori più bassi del carbonio non umico NH. Attraverso questo ultimo parametro si potrebbero ricavare informazioni sulla stabilità biologica della matrice organica per deciderne l'eventuale impiego nei substrati colturali.

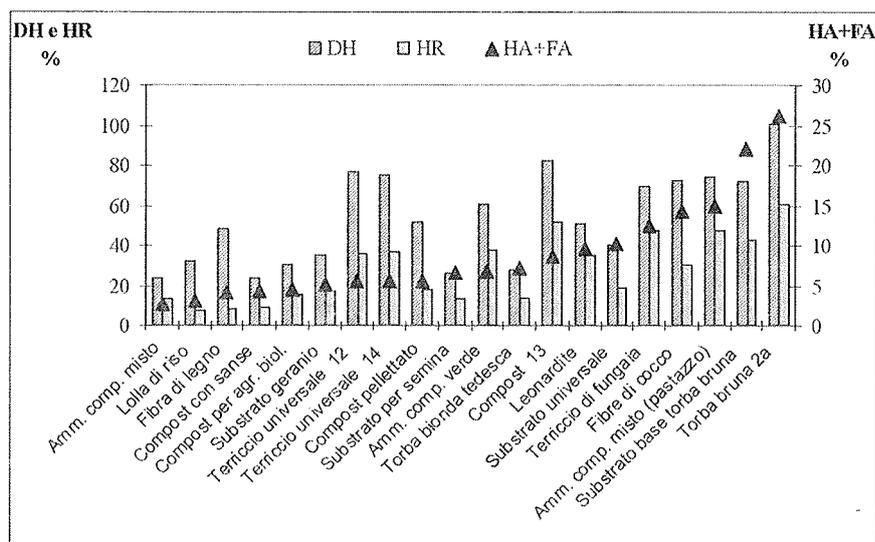


Figura 4. Andamento dei parametri DH, HR e C_{HA+FA} nei campioni analizzati

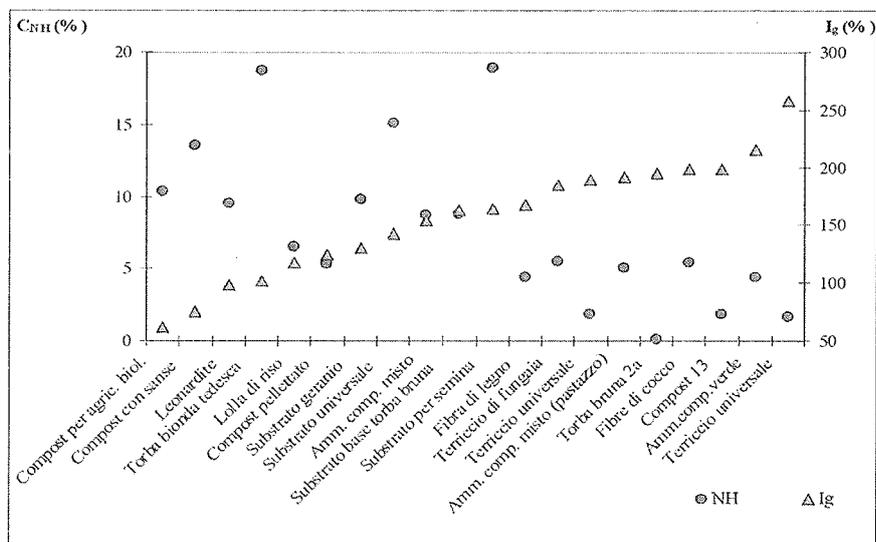


Figura 5. Corrispondenza di valori elevati dell'indice di germinazione I_g a valori bassi del carbonio non umico NH ($TEC - C_{HA+FA}$)

Focalizzazione isoelettrica

I profili elettroforetici dei substrati a base di torba, leonardite e fibra di cocco hanno mostrato un'area relativa della regione C (Ciavatta *et al.*, 1996) piuttosto elevata, accompagnata da un'intensità delle bande anch'essa elevata.

Per i materiali compostati/stabilizzati è stata invece rilevata generalmente una focalizzazione non ben definita in bande in corrispondenza della regione C. Una maggiore area relativa in questa regione del profilo IEF non distingue un compost più stabile da uno meno stabile, mentre la presenza di bande intense, sempre in questa regione, sembra indicare un livello elevato di stabilizzazione. Relativamente ai materiali compostati, diversi autori di recente hanno rilevato la comparsa delle bande o l'aumento nell'intensità delle stesse a $\text{pH} > 4.5$, confrontando i profili sia di compost a stadi successivi del processo di maturazione, sia di differenti compost con crescente grado di umificazione (Grigatti *et al.*, 2002; Alianiello, 2003).

Il profilo elettroforetico del compost contenente sanse da frantoio (Campione 9) appare simile a quello caratteristico delle sanse (Alianiello *et al.*, 1999), a meno della frazione presente a $\text{pH} > 4.0$, non ben risolta in bande (fig. 6). Ciò fa ipotizzare una maturazione incompleta, peraltro confermata dai risultati delle altre tecniche analitiche utilizzate.

Tra gli ammendanti compostati si distinguono quelli per migliore focalizzazione in bande nell'ultima regione del profilo (fig. 6), come l'ammendante compostato verde (Campione 18), il compost 13 (Campione 13) e il terriccio di fungaia compostato (Campione 19). Tuttavia, l'area percentuale delle varie regioni del profilo IEF non appare correlata agli altri parametri utilizzati nella presente ricerca per valutare la stabilità della sostanza organica. Relativamente alla focalizzazione isoelettrica, ancora non si dispone di criteri utili nella quantificazione delle differenze osservabili nel profilo di biomasse più o meno stabilizzate.

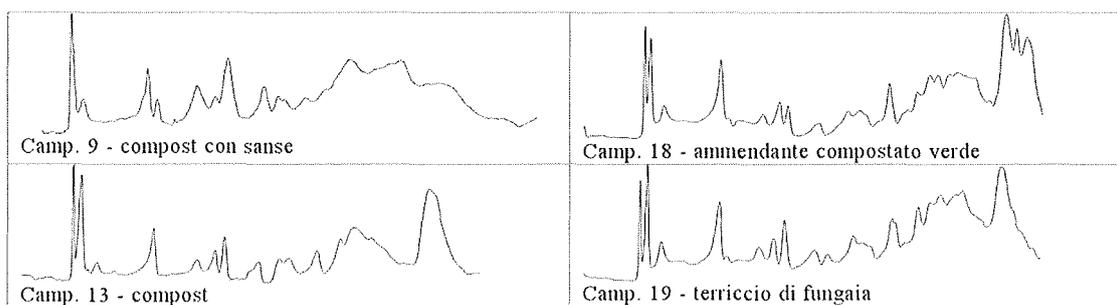


Figura 6. Profili IEF di alcuni campioni

Relazioni tra parametri derivanti da differenti tecniche analitiche

Partendo dalla considerazione che è la frazione della sostanza organica meno stabile a determinare un effetto fitotossico, si è cercato di verificare una possibile corrispondenza tra i dati, relativi a questa frazione, ottenuti dalle diverse metodiche (tab. 2 e 3).

Tabella 3. Concentrazione del carbonio non umico (NH) derivante dai parametri dell'umificazione e della sostanza organica labile (S.O.) stimata dall'analisi termogravimetrica

N. id.	Campione	NH %	S.O. labile %
1	Leonardite	9	-
2	Torba bionda tedesca	19	43
3	Compost pellettato	5	39
4	Lolla di riso	7	50
5	Amm. comp. misto	9	21
6	Compost per agric. biol.	10	27
7	Substrato per semina	19	46
8	Substrato universale	15	45
9	Compost con sanse	14	47
10	Substrato geranio	10	34
11	Fibra di legno	4	57
12	Terriccio universale 12	2	12
13	Compost 13	2	15
14	Terriccio universale 14	2	13
15	Fibre di cocco	5	49
16	Torba bruna 2a	0	44
17	Substrato base torba bruna	9	42
18	Amm. comp. verde	4	17
19	Terriccio di fungaia	5	27
20	Amm. comp. misto (pastazzo)	5	n.d.

Nell'elaborazione dei dati è stato rilevato, peraltro solo relativamente alle biomasse compostate o contenenti materiali organici stabilizzati attraverso qualche processo, che la concentrazione del carbonio non unico C_{NH} risulta correlata direttamente con quella del carbonio organico presente nell'estratto acquoso C_{org} e con quella della sostanza organica labile SO_L derivata dall'analisi termica. Risulta inoltre che le stesse grandezze appaiono correlate inversamente all'indice di germinazione (fig. 7).

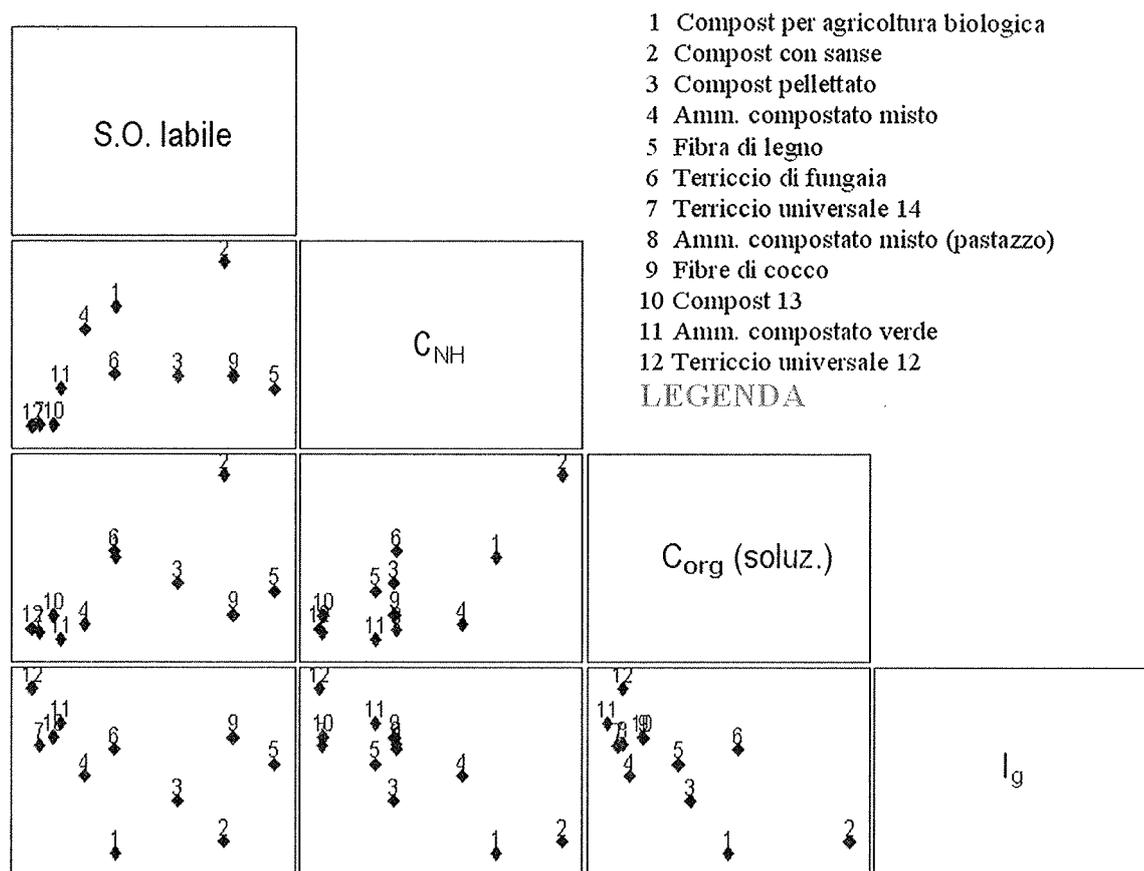


Figura 7. Rappresentazione 'Scatterplot' per diverse coppie di parametri da cui si evidenziano le relazioni tra la percentuale di sostanza organica labile (SO_L) stimata dall'analisi termogravimetrica, la percentuale del carbonio non unico (C_{NH}) derivante dai parametri dell'umificazione, la concentrazione in ppm del carbonio organico presente nell'estratto acquoso (C_{org}) e la percentuale dell'indice di germinazione (I_g). Ogni singolo grafico dello scatter rappresenta la relazione esistente tra i due parametri indicati in ascissa e in ordinata

Conclusioni

Il presente lavoro vuole rappresentare un contributo all'individuazione di parametri che qualificano i substrati colturali e dei relativi metodi di misura.

La stabilità o l'avvenuta maturazione della sostanza organica costituisce un parametro fondamentale soprattutto per la destinazione del substrato colturale a coltivazioni in contenitore, letti di semina o buche di piantagione, a causa dell'intimo contatto con le radici delle piante. La determinazione della stabilità della sostanza organica appare possibile attraverso la misura della concentrazione della sua frazione meno stabile.

Per le biomasse compostate, o stabilizzate mediante processi diversi, la concentrazione del carbonio non unico derivante dai parametri dell'umificazione (C_{NH}) è apparsa correlata direttamente con la concentrazione del carbonio organico presente nell'estratto acquoso dei campioni (C_{org}) e con quella della sostanza organica labile ottenuta dall'analisi termica (SO_L); le stesse grandezze risultano correlate inversamente all'indice di germinazione risultato dal saggio di fitotossicità (I_g).

I metodi analitici proposti si sono rivelati tutti potenzialmente idonei per la valutazione delle attività biologiche della sostanza organica e quindi della sua stabilità. In particolare, i parametri qui considerati potrebbero consentire una misura indiretta della stabilità biologica della sostanza organica. Aumentando il numero di osservazioni si potrebbe individuare un valore soglia di concentrazione per la sostanza organica labile oltre il quale, al fine di evitare possibili effetti fitotossici, diviene necessario protrarre il processo di stabilizzazione.

Il presente lavoro è stato svolto nell'ambito del Corso di Dottorato di ricerca in Chimica agraria, Ciclo XVI, tenuto dall'Università Cattolica del Sacro Cuore.

Titolo "Individuazione e caratterizzazione di substrati colturali per il settore orto-floro-vivaistico"

Coordinatore: Prof. Sandro Silva - Università Cattolica del Sacro Cuore - Sede di Piacenza

Responsabile della ricerca: Dott.ssa Anna Benedetti - Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante - Roma

Ringraziamenti

Desidero ringraziare il prof. S. Silva e la dott.ssa A. Benedetti per aver reso proficuo lo svolgimento della ricerca, ed il prof. P. Sequi che ne ha seguito con interesse gli sviluppi. Ringrazio sentitamente la dott.ssa M.T. Dell'Abate ed il dott. F. Alianello per aver messo a disposizione la loro esperienza nel condurre le analisi. Un ringraziamento va ancora a L. Nisini, per il contributo nell'elaborazione dei dati, ed ai colleghi E. d'Amore, R. Polella, S. Salvatori, A. Alianello, M. De Angelis, A. Mellina e F. Pierandrei per la preziosa collaborazione. Un riconoscimento particolare va inoltre a F. Nista, responsabile del laboratorio analisi del CERMEC di Massa, che ha volontariamente offerto la sua esperienza in materia di compostaggio

Bibliografia

- AA.VV. (1998) Metodi di analisi dei compost. DiVaPRA Università di Torino, IPLA, ARPA Piemonte. *Regione Piemonte - Assessorato all'Ambiente*, Torino.
- ALIANIELLO F. (2003) Isoelectric focusing in soil science. *Journal of Separation Science*, 26: 387-391.
- ALIANIELLO F., MARCHIONNI M., BENEDETTI A. (1999) Biomasse di rifiuto da frantoio oleario e da lavorazione degli agrumi: caratterizzazione di sanse e pastazzi mediante focalizzazione isoelettrica. *Atti XVII Convegno Nazionale della Società Italiana di Chimica Agraria*. pp. 157-164. Portoferraio, 29 settembre-1 ottobre 1999.
- CIAVATTA C., GOVI M., BONORETTI G. & GESSA C. (1996) Identification of peat and leonardite using humification parameters and Isoelectric focusing (IEF): A first approach. *Fertilizer Research* 44: 225-230.
- CIAVATTA C., GOVI M., VITTORI ANTISARI L., SEQUI P. (1990) Characterization of humified compounds by extractions and fractionation on solid polyvinylpyrrolidone. *J. Chromatogr.* 509, 141-146.
- DELL'ABATE M.T. AND TITTARELLI F. 2002 Monitoring of a composting process: thermal stability of raw materials and products. In: H. Insam *et al.* (ed) *Microbiology of composting*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany. pp. 357-371.
- DELL'ABATE M.T., BENEDETTI A., SEQUI P. 2000 Thermal methods of organic matter maturation monitoring during a composting process. *J. Therm. Anal. Calorim.* 61: 389-396.
- DELL'ABATE M.T., CANALI S., TRINCHERA A., BENEDETTI A., SEQUI P. (1998) Thermal analysis in the evaluation of compost stability: a comparison with humification parameters. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51: 217-224.
- Autori vari
- FLAIG W., BEUTELSPACHER H., RIETZ E. (1975) Chemical composition and physical properties of humic acids. In: *Soil components* (Gieseking Ed.)
- GRIGATTI M., CAVANI L., TRUBETSKOJ O.A., TRUBETSKAYA O.E. E CIAVATTA C. (2002) Caratterizzazione della sostanza organica estratta da compost per SEC-PAGE ed elettrofocalizzazione. *Atti XX Convegno Nazionale della Società Italiana di Chimica Agraria*, pp.411-418. Padova, 24-27 settembre 2002.
- LEINWEBER P., SCHULTEN H.R., HORTE C. (1992) Differential thermal analysis, termogravimetry and pyrolysis-field ionization mass spectrometry of soil organic matter in particle-size fractions and bulk soil samples. *Thermochemica Acta* 194, 175-187.
- MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE E FORESTALI (2001) Metodi Ufficiali di analisi per i fertilizzanti. Supplemento n. 6. *Gazzetta Ufficiale* del 26-1-2001 - Serie generale n. 21.
- MONDINI C., DELL'ABATE M.T., LEITA L. AND BENEDETTI A. (2003) An integrated chemical, thermal, and microbiological approach to compost stability evaluation. *J. Environ. Quality*. 32:2379-2386
- SPRINGER U. and KLEE J. (1954). Profungung der leistungsfähigkeit von einigen wichtigerenverfahren zur Bestimmung des Kohlenstoffs mittels Chromschwefelsäure sowie Vorschlag einer neuen Schnellmethode. *Z. Pflanzenernähr. Dang. Bodenk.* 64, 1.
- STUCCHI R. e SANDRINI S. (2002) I substrati di coltura: un elemento vincente della coltivazione. 4 - La torba, base insostituibile. *Il Floricoltore* - Luglio/Agosto 2002.
- UNI (1998) Compost - Classificazione, requisiti e modalità di impiego. UNI 10780. Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano.

CARATTERIZZAZIONE QUALI-QUANTITATIVA DELLA SOSTANZA ORGANICA DI SUBSTRATI COLTURALI A FINI IDENTIFICATIVI

Maria Marchionni, Maria Teresa Dell'Abate, Francesco Alianiello

CRA - Consiglio per la Ricerca la Sperimentazione in Agricoltura - Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante,
Via della Navicella 2-4 00184 Roma nutrazotata@isnp.it

Riassunto

Lo studio è incentrato sulla caratterizzazione di substrati colturali organici e di matrici utilizzate nella loro preparazione mediante metodiche atte a rilevare la quantità e la qualità della componente organica. È stata eseguita la determinazione del contenuto in carbonio organico totale (TOC) secondo Springer-Klee e del contenuto in sostanza organica come perdita all'incenerimento secondo il metodo EN 13039. Attraverso le analisi termiche (TG e DSC) è stata rilevata la presenza delle componenti termicamente attive presenti nei campioni. È stata inoltre applicata ai campioni la focalizzazione isoelettrica (IEF).

Le analisi svolte hanno fornito una descrizione quali-quantitativa dei substrati colturali organici utile anche a fini identificativi.

Parole chiave: Substrati colturali, sostanza organica, compost, analisi termica, focalizzazione isoelettrica.

Qualitative and quantitative characterisation of organic matter in growing media for identification purpose

Abstract

The study was founded on the characterisation of organic growing media and matrices that are used for their preparation by methods suitable to detect organic matter quality and quantity. The organic matter content measured as loss of mass on ignition according to EN 13039 and the total organic carbon (TOC) according to Springer-Klee were determined. By thermal analyses (TG and DSC) the thermally active components were detected and besides the isoelectric focusing (IEF) allowed the organic matter characterisation. The analyses provided a quantitative and qualitative description of organic growing media useful also identification purpose.

Key words: Growing media, organic matter, compost, thermal analysis, isoelectric focusing

Introduzione

La corretta identificazione e normazione dei substrati colturali richiede una serie di informazioni, che vanno dall'individuazione dei principali parametri qualificanti il prodotto e dei metodi di analisi corrispondenti, alle migliori modalità di preparazione ed utilizzo. Partendo dalla considerazione che la qualità di un substrato di coltura 'organico' dipende fortemente dalla sua frazione organica, lo studio si è concentrato sulla caratterizzazione dei materiali in esame mediante il confronto di metodiche utili a rilevare la quantità e la qualità di questa frazione, eventualmente anche a fini identificativi delle matrici.

Si è quindi proceduto ad analizzare svariati materiali: substrati a base di torba con caratteristiche diverse, materiali commercializzati come torbe e matrici organiche di origine vegetale che attualmente rappresentano l'alternativa ai terricci torbosi, quali fibre di cocco, fibre di legno, lolla di riso nonché biomasse in miscela, sottoposte a processi di stabilizzazione in impianti di compostaggio o ad altri tipi di trattamento.

Essendo ancora in gran parte da risolvere il problema dell'identificazione di matrici diverse, specialmente nel caso di miscele, sono state impiegate diverse metodiche analitiche al fine di comparare procedimenti e risultati, facendo riferimento a metodi ufficiali di analisi dei fertilizzanti, o ammessi per accertare l'origine di alcune matrici nella Legge 748/84, o ancora a metodi di prova approvati dal Comitato Europeo per la Standardizzazione.

Scopo del lavoro è la caratterizzazione della sostanza organica presente nei substrati colturali e nelle matrici utilizzate per la loro preparazione, nell'intento anche di individuare criteri idonei per le diverse matrici organiche ai fini del loro riconoscimento.

Materiali e metodi

Descrizione dei materiali analizzati

Sono stati oggetto del presente studio N. 20 materiali dei quali si riporta una concisa descrizione di seguito.

Campione 1: Leonardite commerciale utilizzata in floricoltura; *Campione 2:* Torba bionda di qualità proveniente da torbiere alte della Germania del nord; *Campione 3:* Compost in forma pellettata; *Campione 4:* Lolla di riso, sottoprodotto derivante dalla lavorazione del riso; *Campione 5:* Ammendante compostato misto prodotto a partire dal trattamento di sfalci d'erba, patate e rifiuti organici da raccolta differenziata, impiegato in agricoltura di pieno campo, in floricoltura ed orticoltura, in vivaistica; *Campione 6:* Ammendante compostato misto prodotto a partire da scarti lignocellulosici, frazione organica da raccolta differenziata del rifiuto urbano e scarti vegetali agroindustriali (ammesso in agricoltura biologica); *Campione 7:* Substrato ottenuto da miscela di torba bionda e bruna, a struttura fine, contenente calce e concime, adatto per semina e coltivazione di ortaggi e fiori, nonché per colture sensibili alla salinità; *Campione 8:* Substrato universale per l'invaso ottenuto dalla miscela di torba in prevalenza poco decomposta (torba bionda), moderatamente e fortemente decomposta (torba bruna), di struttura grossolana, contenente calce ed elevata concentrazione di concime; *Campione 9:* Compost prodotto con sanse umide e residui di potatura dell'olivo; *Campione 10:* Substrato speciale per geranio composto da una miscela di torba bionda, bruna e argilla; *Campione 11:* Fibra di legno, utilizzata nella preparazione dei substrati colturali previa esposizione a vapore pressurizzato; *Campione 12:* Terriccio universale commercializzato come "ammendante vegetale composto" costituito da sostanza organica di origine animale e vegetale e da torba di 'Sphagnum', ottenuto mediante compostaggio in superficie anziché in cumulo, direttamente sul terreno, adatto all'invaso ed il rinvaso; *Campione 13:* Compost proveniente dalla raccolta differenziata di frazione organica putrescibile e di materiale ligno-cellulosico; *Campione 14:* Terriccio universale (vedi campione 12); *Campione 15:* Fibra di cocco, sottoprodotto dell'industria di estrazione della fibra ottenuta dalle noci di cocco (*Cocos nucifera* L.), disidratato e pressato alla fine del periodo di maturazione; *Campione 16:* Torba bruna di origine non conosciuta; *Campione 17:* Substrato di coltura a base di torba proveniente dalle Prealpi Bavaresi; *Campione 18:* Ammendante prodotto dal trattamento degli sfalci d'erba e da patate, impiegato in agricoltura di pieno campo, in floricoltura ed orticoltura, in vivaistica; *Campione 19:* Terriccio di fungaia (*Agaricus bisporus*), costituito da una miscela di letame equino e residui pagliosi, con aggiunta di semi di colza e pollina, stabilizzato mediante trattamento di igienizzazione a 70°C, addizionato di micelio e coperto con torba nera per la funghicoltura, successivamente sottoposto a processo di compostaggio; *Campione 20:* Ammendante compostato misto ottenuto dal compostaggio di pastazzo, fango di depurazione dell'industria agrumaria e scarti verdi di aziende vivaistiche.

Determinazione del carbonio organico totale secondo Springer-Klee

La determinazione del carbonio organico secondo Springer-Klee (1954) è un metodo di analisi ufficiale ed è applicabile agli ammendanti organici, ai concimi organici e organo-minerali (con l'esclusione di quelli contenenti prodotti a lenta cessione di azoto). Il carbonio organico è ossidato ad anidride carbonica in matraccio per attacco con soluzione di potassio bicromato in presenza di acido solforico, successivamente determinata per retro-titolazione. Il contenuto di carbonio organico è espresso come percento (m/m).

Determinazione del carbonio organico nell'estratto e nella frazione umica

I campioni sono estratti in soda e pirofosfato di sodio 0,1M nel rapporto 2g/100 ml. Gli acidi umici e fulvici sono stati separati dall'estratto totale rispettivamente mediante precipitazione per acidificazione con H₂SO₄ e frazionamento su colonna di polivinilpirrolidone della frazione solubile.

La determinazione del carbonio organico è stata eseguita sia nell'estratto sia nella frazione umica mediante il metodo Springer-Klee.

I risultati analitici sono stati utilizzati per il calcolo dei parametri dell'umificazione (Ciavatta *et al.*, 1990).

La metodologia di estrazione, frazionamento e calcolo del grado e del tasso di umificazione per gli ammendanti organici naturali è ufficialmente inserita nei Metodi ufficiali di analisi dei fertilizzanti (MiPAF, 2001).

Determinazione del contenuto di sostanza organica per incenerimento in muffola (EN 13039)

La determinazione diretta della sostanza organica per calcinazione è stata eseguita secondo il metodo che attualmente costituisce il riferimento europeo (EN 13039). Nella preparazione, tuttavia, si è omesso di porre i campioni a 75 °C in stufa ventilata al fine di evitare possibili perdite di componenti volatili. Pertanto i campioni sono stati essiccati all'aria, quindi sono stati setacciati a 0,5 mm e, come indicato dalla norma europea, posti prima in stufa a 103 °C per la determinazione del peso secco e successivamente in muffola alla temperatura di 450 °C.

La sostanza organica corrisponde alla perdita di massa per incenerimento e viene espressa come percentuale del peso secco del campione.

Analisi termica

Nel presente lavoro sono state utilizzate due tecniche di analisi termica allo scopo di verificarne la sensibilità nel distinguere matrici organiche differenti per composizione o grado di stabilità.

La *Termogravimetria* (TG) prevede la registrazione continua della massa del campione in atmosfera controllata, in funzione di un gradiente di temperatura o di tempo, in seguito ad un programma di riscaldamento. Il metodo termogravimetrico consente la determinazione quantitativa delle componenti termicamente attive presenti in una miscela, dalla cui decomposizione si sviluppano prodotti di reazione gassosi.

Il sistema di elaborazione dati dello strumento fornisce una curva di decomposizione termica del campione in esame, che rappresenta la perdita di massa in funzione del tempo e della temperatura, nonché la derivata in funzione del tempo (dm/dt), che offre ulteriori informazioni per le determinazioni gravimetriche (DTG).

Nella *Calorimetria Differenziale a Scansione* (DSC) viene misurata la differenza tra i flussi termici nella sostanza in esame e in quella di riferimento sottoposti a un programma controllato di temperatura. Le curve DSC sono utilmente impiegate nella verifica della purezza delle sostanze (ad esempio, nelle preparazioni farmaceutiche).

La strumentazione utilizzata è un termoanalizzatore simultaneo Netzsch STA 409, munito di testa di misura TG/DSC a flusso di calore avente termocoppia di PtRh10-Pt. Le condizioni di misura (velocità di riscaldamento $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$ da 20° a 900°C , atmosfera di aria statica, crogioli di allumina, caolino calcinato quale sostanza inerte di riferimento) sono state le stesse per i differenti campioni, secondo quanto messo a punto precedentemente (Dell'Abate *et al.*, 1998, 1999, 2002). La massa del campione utilizzata, approssimativamente mg 10-20, è stata ottimizzata in funzione del tipo di materiale analizzato. Il campione è stato portato a finezza di 0,5 mm con macinino elettrico prima e quindi manualmente in mortaio di agata per 30 secondi. Il sistema DSC è stato calibrato nelle stesse condizioni di misura, utilizzando uno standard di zaffiro e sottraendo una linea di base ottenuta dalla scansione termica con crogioli vuoti. La termobilancia è stata calibrata per l'effetto buoyancy al fine di ottenere stime quantitative delle perdite di peso.

I dati sono stati elaborati mediante il software applicativo Netzsch SW/cp/311.01.

Focalizzazione isoelettrica della sostanza organica

La focalizzazione isoelettrica (IEF) è una tecnica di separazione elettroforetica su gradiente di pH che consente di ottenere il frazionamento delle sostanze in base al loro punto isoelettrico. Alcuni Autori (Duxbury, 1975) ritengono che tale frazionamento è solo apparente poiché si verificano interazioni fra le sostanze umiche e gli anfolti carrier.

Allo scopo di caratterizzare i substrati colturali in esame, è stato utilizzato il metodo messo a punto da Alianiello (2003) per la focalizzazione isoelettrica della sostanza organica estraibile nell'analisi di terreni e matrici organiche utilizzate in agricoltura, nonché di acidi umici o omo-simili estratti da tali materiali,

I campioni sono stati estratti in soluzione di soda e sodio pirofosfato 0,1 M nel rapporto 2g/100 ml, ponendoli in bagno termostatico a 65°C con agitatore a scosse per 48 h in atmosfera di azoto. Successivamente l'estratto è stato centrifugato a 3000 giri per 30 minuti, ed il surnatante è stato filtrato. I campioni sono stati quindi dializzati in membrane di porosità 6000-8000 D fino a raggiungimento di pH 7 e sottoposti a liofilizzazione.

Il liofilizzato è stato ripreso con acqua, generalmente nel rapporto 25 mg/ml.

Una precorsa IEF, necessaria per la formazione del gradiente di pH, è stata effettuata a 1200 V per 2 ore e 30 minuti sulla piastra priva di campioni contenente Ampholine dell'intervallo di pH 3.5-8.0.

La focalizzazione isoelettrica della sostanza organica è stata effettuata caricando il campione su piastra di gel di poliaccrilammide di 0,5 mm di spessore per 2 ore a una differenza di potenziale di 1200 V. A fine corsa, è stato misurato il pH del gel mediante elettrodo di superficie; la piastra è stata colorata con Blu Coomassie G250 e i profili sono stati scansionati al densitometro laser.

In seguito alle osservazioni effettuate sui substrati colturali, la preparazione della piastra di gel di poliaccrilammide è stata riveduta per creare un gradiente di pH idoneo a rilevare la focalizzazione a valori di pH elevati. A questo scopo; anziché utilizzare una concentrazione del 75% per le Ampholine di pH 3.5-5.0, una concentrazione del 12,5% per le Ampholine di pH 5.0-7.0 e del 12,5% per quelle di pH 6.0-8.0, come indicato nella metodica originale, la concentrazione delle Ampholine di pH 3.5-5.0 è stata ridotta al 50%, mentre è stata portata al 25% quella di entrambe le Ampholine degli intervalli di pH più alto.

Dalla scansione al densitometro laser sono stati ottenuti i profili relativi al frazionamento IEF della sostanza organica contenuta nei materiali estratti.

Risultati e discussione

Determinazione del contenuto in sostanza organica

In Tab. 1 sono riportati i dati derivanti dalle determinazioni eseguite sia mediante il metodo di analisi dei

fertilizzanti ufficiale per l'Italia (MiPAF, 2001), sia seguendo il metodo attuale di riferimento europeo per ammendanti e substrati di coltura (EN13039).

Tabella 1. Contenuto di carbonio organico totale e frazionato, di sostanza organica (% s.s.) e fattore di conversione del C organico in sostanza organica

N. id.	Campione	TOC %	TEC %	HA+FA %	DH %	HR %	S.O.		Fattore di conv.
							TOC*1,724 %	EN 13039 %	
1	Leonardite	27	19	10	50	35	47	47	1,70
2	Torba bionda tedesca	52	26	7	27	14	90	99	1,89
3	Compost pellettato	31	11	6	51	18	53	61	1,99
4	Lolla di riso	40	9	3	31	7	70	85	2,09
5	Amm. comp. misto	20	11	3	24	13	35	39	1,92
6	Compost per agr. biol.	28	15	4	30	16	48	51	1,80
7	Substrato per semina	52	25	7	26	13	89	92	1,78
8	Substrato universale	53	25	10	40	19	92	93	1,74
9	Compost con sanse	48	18	4	24	9	83	92	1,93
10	Substrato geranio	30	15	5	35	17	51	57	1,92
11	Fibra di legno	50	8	4	48	8	86	98	1,96
12	Terriccio universale 12	15	7	5	77	36	26	27	1,80
13	Compost 13	16	10	9	82	52	28	34	2,06
14	Terriccio universale 14	15	7	6	75	37	26	29	1,94
15	Fibre di cocco	47	20	14	73	30	81	91	1,94
16	Torba bruna 2a	44	26	26	100	60	75	86	1,98
17	Substr. base torba bruna	52	31	22	72	42	90	91	1,74
18	Amm. comp. verde	18	11	7	60	38	30	34	1,96
19	Terriccio di fungaia	26	18	12	70	47	45	56	2,13
20	Amm. comp. misto (past.)	31	20	15	74	47	53	54	1,76

Il carbonio organico totale (TOC), il carbonio organico estratto da una soluzione alcalina di sodio pirofosfato e sodio idrossido (TEC), il rapporto tra il carbonio organico estratto e quello totale (TEC/TOC), il carbonio umico (HA+FA), il grado di umificazione (DH) ed il tasso di umificazione (HR) consentono una descrizione qualitativa del contenuto in carbonio organico dei campioni, utile a caratterizzare le matrici in funzione della composizione della sostanza organica, nonché a differenziarle almeno grossolanamente, essendo variabili da una matrice all'altra i rapporti di concentrazione tra frazioni organiche.

In particolare, relativamente al contenuto in carbonio organico, il campione di leonardite presenta appena il 27,5 %, valore ridotto rispetto a quello che si trova comunemente in letteratura, mentre i substrati contenenti torba presentano un contenuto che varia dal 30 al 53%. Si rileva inoltre che, ad eccezione del compost contenente sanse, le altre biomasse compostate presentano valori che variano tra il 15 ed il 31%. La lolla di riso e, in misura maggiore, la fibra di cocco e la fibra di legno presentano un contenuto (>40%) che supera abbondantemente quello della maggior parte dei compost, senza tuttavia raggiungere quello dei campioni contenenti torba.

Si osserva inoltre che, ad un contenuto di C_{HA+FA} elevato (>10%), corrispondono generalmente valori dei parametri di umificazione pure elevati, seppure con alcune eccezioni: i due terricci universali (Campioni 12 e 14) ed il Compost 13, ad esempio, pur contenendo una quantità percentualmente bassa di carbonio umico, presentano un grado di umificazione alto.

Nella tabella 1 sono riportati anche i dati relativi al contenuto di sostanza organica ottenuti mediante perdita all'incenerimento (EN 13039). Dal confronto con i dati derivanti dal valore del TOC moltiplicato per il fattore di Van Bemmelen (1,724) si è evidenziato che in tutti i casi, ad eccezione della leonardite, i secondi superano i primi, arrivando a valori più alti del 20%. Soltanto per un terzo dei campioni analizzati i valori derivanti dalle due misure presentano una differenza inferiore al 5%. Inoltre, con contenuto di sostanza organica più elevato, il valore derivante dal TOC*1,724 risulta maggiormente sottostimato.

Il fattore di conversione del C organico in sostanza organica ottenuto dal rapporto tra contenuto in sostanza organica determinato per incenerimento e TOC, per queste matrici mostra di essere più alto del fattore convenzionalmente accettato. Pertanto, questo risultato richiederebbe un approfondimento.

L'esame comparativo delle diverse metodiche utilizzate per la determinazione della sostanza organica (Fig. 1) ha consentito di rilevare altre differenze. Il contenuto in sostanza organica determinato dalla perdita delle com-

ponenti volatili (EN 13039) si è rilevato sempre in valore maggiore, anche se talora in modo lieve, di quello ottenuto dal metodo Springer-Klee (e successivo calcolo mediante il fattore di Van Bemmelen), mentre il valore derivante dalla curva di decomposizione termica è risultato inferiore a quest'ultimo per alcuni campioni, più spesso compreso tra gli altri due.

A questo proposito si rileva che la temperatura per la determinazione dei solidi volatili indicata dal metodo EN è più bassa rispetto ad altre metodiche. Nei Metodi di analisi dei compost della Regione Piemonte (1998) tale temperatura è 650 °C. Appare piuttosto difficile stabilire la temperatura da raggiungere per assicurare il completo incenerimento dei diversi materiali, senza peraltro provocare la perdita di composti inorganici che porterebbe alla sovrastima della sostanza organica presente. Altri metodi in ambito europeo indicano per l'incenerimento la temperatura di 550 °C (Federal Compost Quality Assurance Organization, 1994). D'altra parte, la temperatura di 550 °C è indicata anche nei metodi ufficiali di analisi AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 1990) per la determinazione del contenuto in sostanza organica della torba.

Nella figura 1 sono confrontabili le coppie di valori ottenute dalla metodica di riferimento europeo e dall'analisi strumentale termogravimetrica (TG), quest'ultima trattata nel paragrafo successivo. Nella maggior parte dei casi il valore EN supera il valore TG, nei casi in cui questo non si verifica è anche ipotizzabile un incenerimento incompleto. È quanto probabilmente avviene per il campione 19 (terriccio di fungaia), unico caso in cui il valore TG supera il valore EN.

Nel tracciato DSC di questo campione (non mostrato) la seconda esoterma si registra nell'intervallo di temperatura tra 400 e 570 °C, con temperatura di picco T_p pari a 480,6 °C. Inoltre R_1 (Dell'Abate *et al.*, 1998), che è il rapporto tra la sostanza organica che si decompone nelle reazioni esotermiche successive alla prima e quella che si decompone nella prima reazione esotermica, per il campione 19 è tra i più elevati (Fig. 2). È R_1 infatti secondo solo a quello del campione 2 (torba bionda tedesca), il quale tuttavia presenta il secondo picco esotermico DSC (T_p : 429,4 °C) entro la temperatura d'incenerimento del metodo EN.

La temperatura alla quale il secondo picco esotermico raggiunge il massimo d'intensità (T_p) è superiore ai 450°C per un terzo dei campioni analizzati. Per quanto il metodo strumentale di termoanalisi adotti un sistema dinamico, e quindi le temperature registrate non siano direttamente confrontabili con quelle del metodo EN, è opportuno considerare le informazioni che ne possono derivare sul profilo di decomposizione ossidativa della sostanza organica.

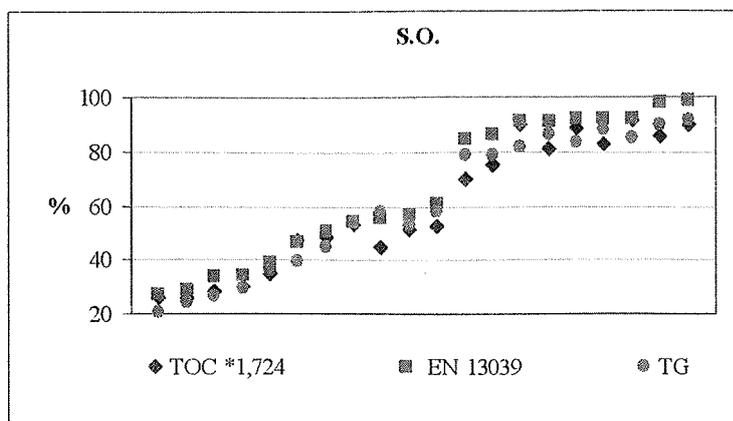


Figura 1. Confronto delle diverse metodiche utilizzate per la determinazione del contenuto in sostanza organica

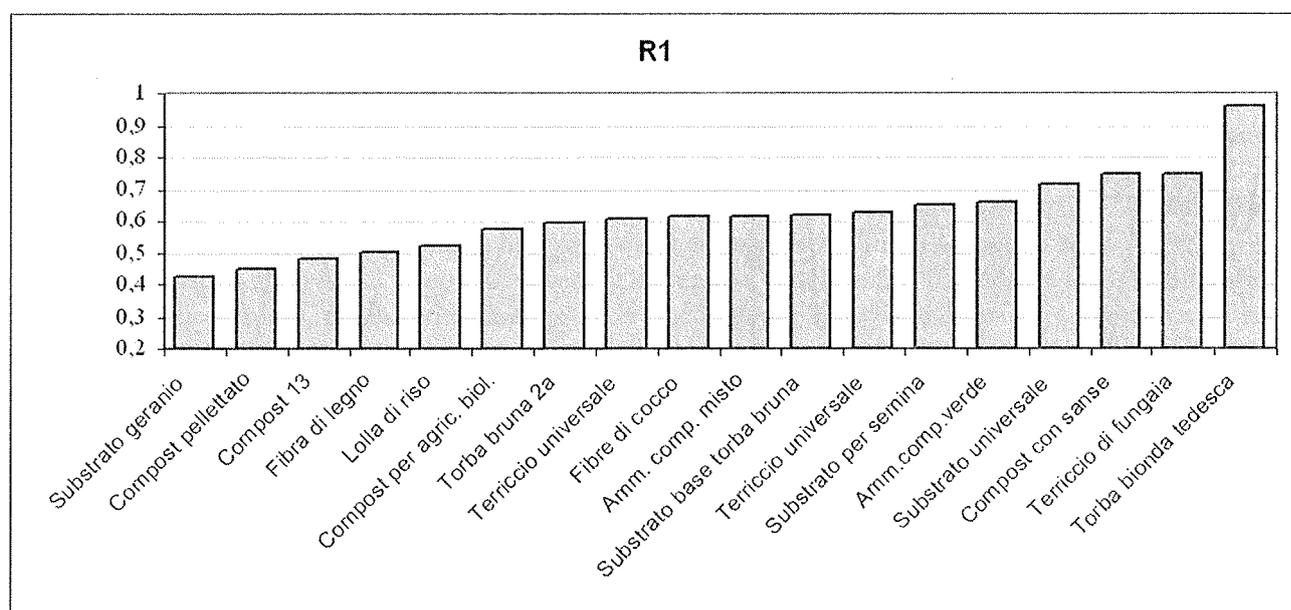


Figura 2. Andamento del parametro termoanalitico R1 nei campioni esaminati

Termoanalisi

Nei profili termogravimetrici dei campioni analizzati si rilevano caratteristiche potenzialmente utili per il riconoscimento delle matrici anche in presenza di miscele.

Nella figura 3 sono rappresentati alcuni termogrammi nei quali si ha l'indicazione della presenza di differenti frazioni organiche termicamente attive, con stabilità termica crescente. Dopo la prima reazione, dovuta principalmente a deidratazione del campione - reazione endotermica, come si rileva nel tracciato DSC - si distinguono due o più reazioni esotermiche. Vari autori concordano nell'attribuire la prima reazione esotermica alla decomposizione ossidativa di composti alifatici ed alla successiva l'ossidazione di composti aromatici (Flaig *et al.*, 1975). È stato inoltre dimostrato mediante pirolisi che a temperature superiori a 400°C contribuiscono alle reazioni anche composti azotati e idrocarburi a lunga catena (Leinweber *et al.*, 1992).

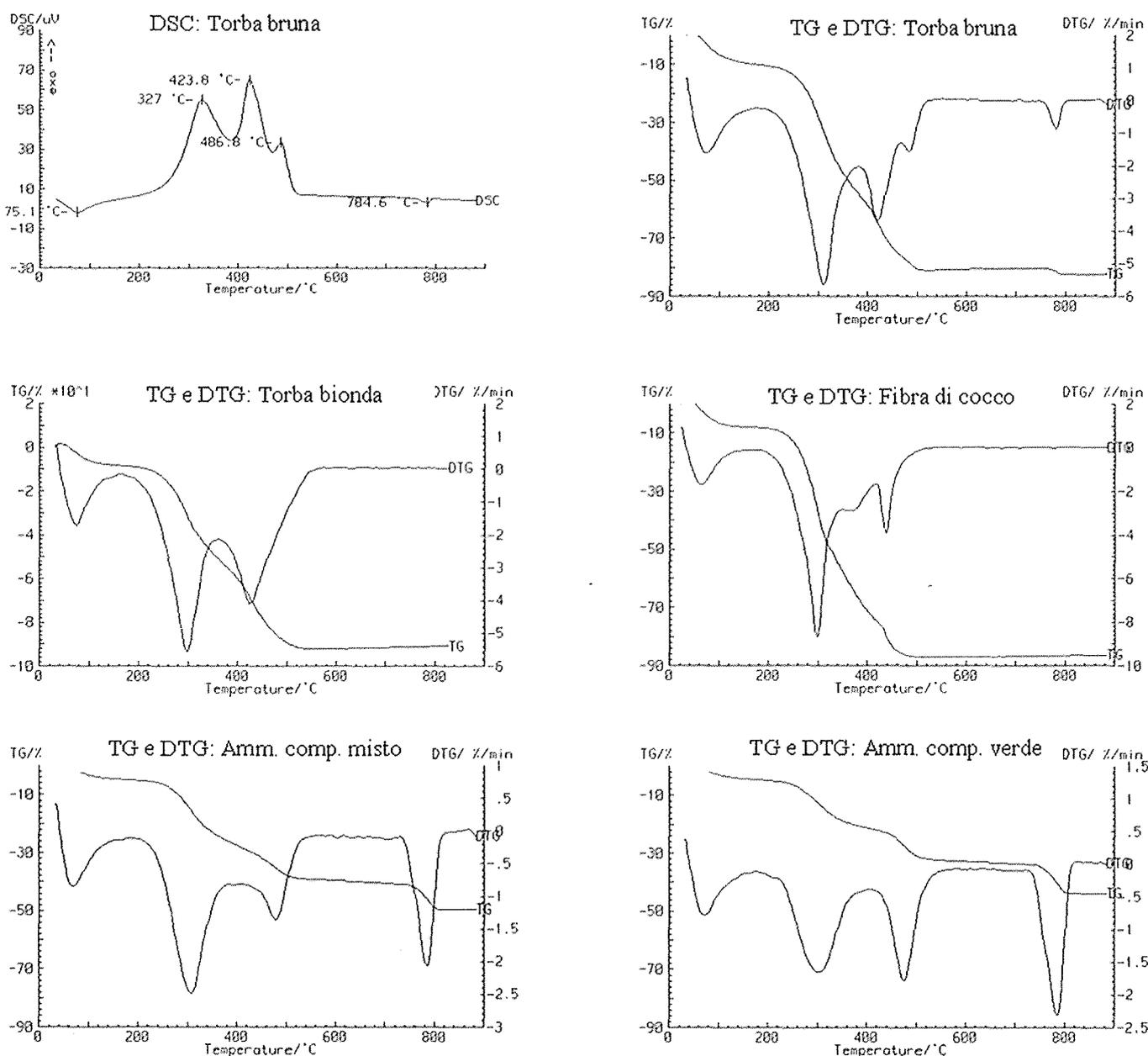


Figura 3. Alcuni tracciati derivanti dall'analisi termogravimetrica e dalla Calorimetria Differenziale a Scansione

Relativamente alla Torba bionda tedesca, nel tracciato DTG (derivata prima della curva TG) si evidenziano due picchi tra loro confrontabili. Per i campioni in cui è presente Torba bruna si osserva che la decomposizione interessa più frazioni di sostanza organica poiché si evidenzia la presenza di uno o due picchi aggiunti-

vi. Tuttavia, anche per la Fibra di cocco si distinguono tre frazioni, per quanto il termogramma DSC (non mostrato) riveli un'intensità maggiore del flusso termico in corrispondenza dell'ultima esoterma. La decomposizione della Leonardite rappresenta un'eccezione poiché rileva un unico picco esotermico. Tra gli ammendanti compostati si distinguono quelli maggiormente stabilizzati come l'Ammendante compostato verde, per il quale si registra una considerevole perdita di peso anche nella seconda reazione esotermica (accompagnata peraltro da un elevato flusso di energia). In essi il tenore di componenti inorganici è generalmente elevato (ultima reazione, endotermica, con temperatura di picco intorno a 800°C).

Pertanto, combinando l'informazione derivante dai metodi termogravimetrico e calorimetrico a scansione differenziale, si ottengono dati utili alla caratterizzazione delle diverse matrici organiche.

Focalizzazione isoelettrica

Dai densitogrammi della IEF, tecnica analitica già ammessa dalla L. 748/84 per accertare l'origine di alcune matrici nei fertilizzanti, è stato possibile ottenere una buona divisione dei substrati a base di torba dagli altri prodotti.

L'area del profilo elettroforetico corrispondente alla regione C (Ciavatta *et al.*, 1996) è stata utilizzata allo scopo di quantificare le differenze tra i diversi densitogrammi. Una maggiore area relativa nella regione C è stata rilevata in corrispondenza di campioni contenenti torba, leonardite e fibra di cocco (Figura 4).

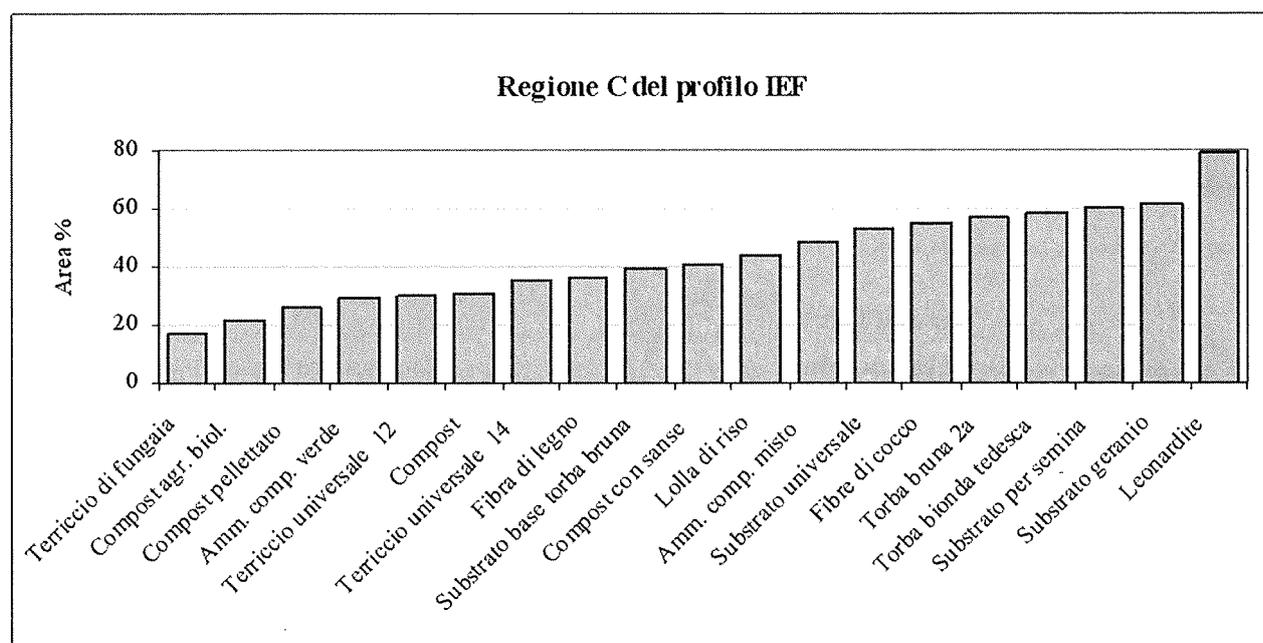


Figura 4. Area relativa della regione C del profilo IEF

Il profilo del compost contenente sanse da frantoio presenta una scarsa focalizzazione in bande nell'ultima parte; inoltre mostra una forte somiglianza al profilo caratteristico delle sanse (Alianiello *et al.*, 1999).

La posizione relativa del picco più elevato nella regione C del profilo IEF appare inoltre utilizzabile quale elemento diagnostico. Infatti, nei materiali compostati il picco più alto è il primo dopo pH 4.4, mentre nei substrati a base di torba si trova almeno dopo i primi due (Figura 5). Infatti, in questa regione del profilo l'intensità delle bande tende a decrescere nei materiali compostati e ad aumentare nei substrati a base di torba. Il substrato a base di torba bruna (Camp.17) fa eccezione, tuttavia si tratta di un substrato in cui oltre alla torba è presente fibra di legno per il 20%. Gli altri materiali presentano un profilo di focalizzazione intermedio, come ad esempio il campione 14, terriccio costituito da materiale compostato e torba. Ad esempio, per l'ammendante compostato misto (Camp. 5), che si confonderebbe con i substrati torbosi per l'elevata percentuale dell'area (Figura 4), la posizione relativa del picco più alto (Figure 5 e 6) farebbe escludere che si tratti di torbe. Ovviamente, per fornire reali indicazioni sul riconoscimento delle matrici organiche, tali osservazioni richiederebbero scrupolose verifiche su un numero opportuno di campioni.

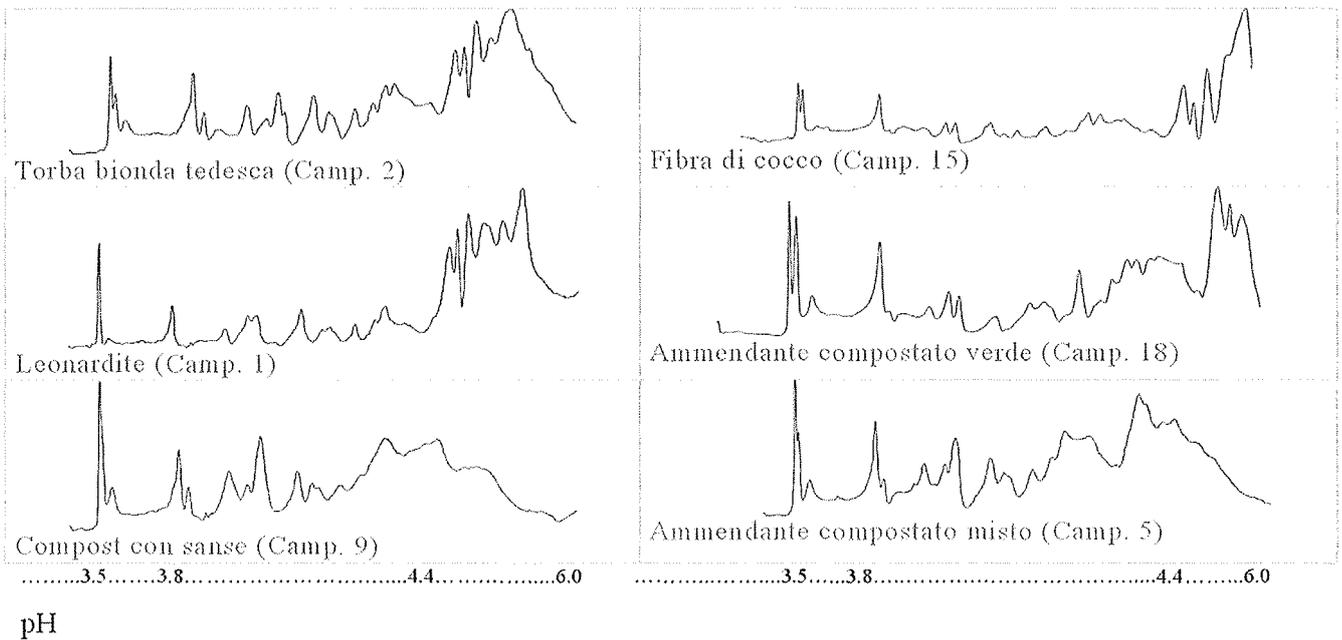


Figura 5. Alcuni densitogrammi IEF

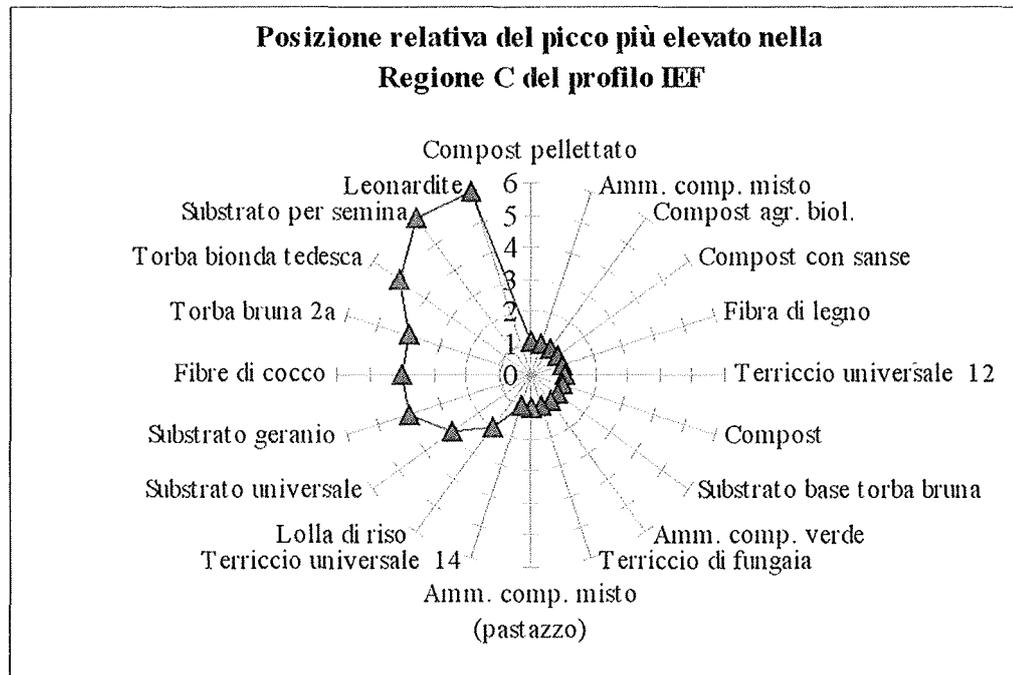


Figura 6. Rappresentazione della posizione relativa del picco più elevato nella regione C del profilo IEF dei campioni

Conclusione

I dati ottenuti dalle diverse tecniche analitiche per la determinazione del contenuto in sostanza organica non sono del tutto in accordo. Appare infatti che il fattore di conversione del C organico in sostanza organica convenzionalmente accettato produce una sottostima del contenuto organico effettivo. È altresì opportuno considerare le informazioni che si possono ottenere dall'analisi termica sul profilo di decomposizione ossidativa della sostanza organica.

Le diverse tecniche hanno fornito inoltre una descrizione quali-quantitativa della componente organica che rappresenta una base utile per differenziare le matrici.

Il contenuto in carbonio organico risulta generalmente ridotto nelle biomasse compostate, mentre è prossimo a quello dei substrati contenenti torba in matrici quali la lolla di riso, la fibra di cocco e la fibra di legno. Tuttavia, l'elevato contenuto in carbonio umico della torba bruna non è presente in altre matrici.

La combinazione dei metodi termogravimetrico e calorimetrico a scansione differenziale è risultata utile per la caratterizzazione dei diversi materiali, consentendo di distinguere più frazioni di sostanza organica con differente stabilità durante la decomposizione termica ed i corrispondenti flussi termici.

I profili di focalizzazione isoelettrica hanno inoltre evidenziato particolarità potenzialmente utilizzabili anche a fini identificativi delle matrici. Un'elevata area relativa nella regione C del profilo appare in corrispondenza di campioni contenenti torba, leonardite nonché fibra di cocco. Inoltre, in questa regione del profilo si osserva che l'intensità delle bande tende ad aumentare col pH nei substrati a base di torba, ed a decrescere invece nei materiali compostati.

Ovviamente, tali osservazioni richiederebbero scrupolose verifiche su un numero opportuno di campioni per fornire reali indicazioni sul riconoscimento delle matrici organiche.

Allo stato attuale delle conoscenze, l'impiego ben combinato di più tecniche analitiche può consentire di caratterizzare utilmente la frazione organica dei substrati colturali.

Bibliografia

- AA.VV. (1998) Metodi di analisi dei compost. DiVaPRA Università di Torino, IPLA, ARPA Piemonte. *Regione Piemonte – Assessorato all'Ambiente*, Torino.
- ALIANIELLO F. (2003) Isoelectric focusing in soil science. *Journal of Separation Science*, 26: 387-391.
- ALIANIELLO F., MARCHIONNI M., BENEDETTI A. (1999) Biomasse di rifiuto da frantoio oleario e da lavorazione degli agrumi: caratterizzazione di sanse e pastizzi mediante focalizzazione isoelettrica. *Atti XVII Convegno Nazionale della Società Italiana di Chimica Agraria*. pp. 157-164. Portoferraio, 29 settembre-1 ottobre 1999.
- AOAC (1990) Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. A cura di Helrich K. *Association of Official Analytical Chemists, Inc.*, Arlington, Virginia, USA.
- CEN/TC 223 (1999) EN 13039: Soil improvers and growing media – Determination of organic matter content and ash. *European Committee for Standardization – Central Secretariat*, Brussels.
- CIAVATTA C., GOVI M., BONORETTI G. & GESSA C. (1996) Identification of peat and leonardite using humification parameters and Isoelectric focusing (IEF): A first approach. *Fertilizer Research* 44: 225-230.
- CIAVATTA C., GOVI M., VITTORI ANTISARI L., SEQUI P. (1990) Characterization of humified compounds by extractions and fractionation on solid polyvinylpyrrolidone. *J. Chromatogr.* 509, 141-146.
- DELL'ABATE M.T. AND TITTARELLI F. (2002) Monitoring of a composting process: thermal stability of raw materials and products. In: H. Insam *et al.* (ed) *Microbiology of composting*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany. pp. 357-371.
- DELL'ABATE M.T., BENEDETTI A., SEQUI P. (1999) Caratterizzazione termoanalitica della maturazione della sostanza organica in un processo di compostaggio. *Atti XVII Convegno Nazionale della Società Italiana di Chimica Agraria*. Portoferraio, 29 Sett./1 Ott.1999.
- DELL'ABATE M.T., CANALI S., TRINCHERA A., BENEDETTI A., SEQUI P. (1998) Thermal analysis in the evaluation of compost stability: a comparison with humification parameters. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51: 217-224.
- DUXBURY J. M. (1975) Fractionation of soil organic matter by electrofocusing. *Agronomy abstracts*, Annual meeting of the American Society of Agronomy. University of Tennessee, Knoxville, TN, August 24-30, p. 127
- FEDERAL COMPOST QUALITY ASSURANCE ORGANIZATION (1994) *Methods Book for the Analysis of Compost*. Germany
- FLAIG W., BEUTELSPACHER H., RIETZ E. (1975) Chemical composition and physical properties of humic acids. In: *Soil components* (Gieseking Ed.)
- GRIGATTI M., CAVANI L., TRUBETSKOJ O.A., TRUBETSKAYA O.E. E CIAVATTA C. (2002) Caratterizzazione della sostanza organica estratta da compost per SEC-PAGE ed elettrofocalizzazione. *Atti XX Convegno Nazionale della Società Italiana di Chimica Agraria*, pp.411-418. Padova, 24-27 settembre 2002.
- LEINWEBER P., SCHULTEN H.R., HORTE C. (1992) Differential thermal analysis, termogravimetry and pyrolysis-field ionization mass spectrometry of soil organic matter in particle-size fractions and bulk soil samples. *Thermochimica Acta* 194, 175-187.
- MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE E FORESTALI (2001) Metodi Ufficiali di analisi per i fertilizzanti. Supplemento n. 6. *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana* del 26-1-2001 - Serie generale n. 21.
- SPRINGER U. AND KLEE J. (1954). Profung der leistungsfähigkeit von einigen wichtigerenverfahren zur Bestimmung des Kohlenstoffs mittels Chromschwefelsäure sowie Vorschlag einer neuen Schnellmethode. *Z. Pflanzenernähr. Dang. Bodenk.* 64, 1.

INDIVIDUAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DI SUBSTRATI COLTURALI PER ORTO - FLORO - VIVAISMO: ASPETTI LEGISLATIVI

Maria Marchionni, Anna Benedetti, Corrado Nigro

CRA - Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante
Via della Navicella 2-4 00184 Roma; e-mail: nutrazotata@isnp.it

Introduzione

I substrati di coltura in Italia attendono ancora una regolamentazione legislativa, il che rappresenta ovviamente un ostacolo alla loro commercializzazione. Per una corretta identificazione e normazione di tali prodotti si deve poter disporre di metodi analitici che consentano di misurare i principali parametri qualificanti (densità, porosità, volume d'aria e d'acqua disponibili, ecc.). Sebbene molti di questi metodi siano stati già individuati, rimane da definire un metodo univocamente riconosciuto per misurare la stabilità biologica delle matrici organiche. Inoltre, al fine di reprimere possibili frodi commerciali, si devono individuare criteri idonei per il riconoscimento di tutte le matrici presenti nei substrati.

La situazione a livello europeo

Nell'ambito del CEN (Comitato Europeo per la Standardizzazione) opera il CEN/TC 223, Comitato Tecnico impegnato nella definizione della qualità dei substrati colturali e nella elaborazione di metodi di riferimento per determinarne le proprietà. Le norme europee disponibili sono una dozzina, tuttavia non consentono ancora di caratterizzare adeguatamente questi prodotti.

La Commissione delle Comunità Europee, ai fini dell'assegnazione di un marchio comunitario di qualità ecologica ai substrati di coltivazione (ECOLABEL, certificazione volontaria del prodotto), dà la seguente definizione (2001/688/CE): "materiali diversi dai suoli *in situ*, dove vengono coltivati vegetali". Per l'attribuzione del marchio è richiesto che i substrati colturali non contengano torba (criteri ecologici) e che la componente organica derivi dalla raccolta e/o dal trattamento di materiale di scarto. È evidente che la stabilità di questa componente è un importante requisito tuttavia, non essendo disponibile un metodo approvato dal CEN/TC 223, diversi sono i metodi che vengono proposti.

L'esclusione della torba dai substrati colturali non si può poi facilmente condividere perché il suo uso presenta molti vantaggi, tra cui quello di fissare il cadmio.

La Legge 748/84 e la proposta di Assofertilizzanti

La Legge 19 ottobre 1984, n. 748 "Nuove norme per la disciplina dei fertilizzanti" e successive modifiche e integrazioni, che regola la commercializzazione dei fertilizzanti sul territorio nazionale, contempla due categorie di fertilizzanti: quella dei 'concimi', in grado di fornire i nutrienti necessari ad una equilibrata crescita vegetale, e quella degli 'ammendanti e correttivi', che apportano modifiche e miglioramenti al terreno. È evidente che i substrati colturali non rientrano in queste due categorie, essendo *prodotti potenzialmente in grado di sostituire il terreno nel sostenimento dello sviluppo vegetale*. In assenza di una definizione ancora accolta in legge, questa proposta è più sintetica rispetto a quella di Assofertilizzanti.

Il Documento di Assofertilizzanti (Doc. tecnico N.4 del CT/GL04 2001) definisce i substrati colturali: "materiale diverso dal terreno, costituito da uno o più componenti organici e/o inorganici, destinato tal quale a sostenere lo sviluppo vegetale" e propone di distinguere i substrati colturali "per contenitore" e quelli "per verde ornamentale, ricreativo e sportivo".

Il confronto dei substrati colturali e delle matrici usate nella loro preparazione con i tipi di fertilizzanti previsti negli Allegati della L.748/84 evidenzia che molti ostacoli si frappongono ad un loro inserimento in legge. Prodotti a base di matrici organiche di origine vegetale, quali ad esempio fibra di cocco, fibra di legno, lolla di riso, corteccia, potrebbero forse rientrare fra i componenti previsti per l'"Ammendante vegetale semplice non compostato". Meno probabile appare un inserimento di materiali inorganici naturali (es. sabbia di fiume, pomice, lapilli vulcanici, zeoliti), tal quali o sottoposti a particolari processi di lavorazione (es. argilla espansa, vermiculite espansa, perlite espansa, lana di roccia, ecc.). Inoltre, gli "Ammendanti organici naturali" presentano un tenore bassissimo di 'inerti'.

Il maggiore ostacolo all'inserimento in legge di tali substrati è tuttavia rappresentato dall'aggiunta di elementi nutritivi proposto da Assofertilizzanti, in quanto la legge non contempla un simile procedimento.

L'unica soluzione consiste in una modifica della legge 748/84 che consenta di accogliere anche questi prodotti.

Conclusioni

L'inserimento dei substrati colturali nell'attuale contesto tecnico-normativo appare dunque particolarmente complicato e richiede lo sforzo congiunto dei differenti operatori del settore, nell'ambito della produzione, della sperimentazione e ricerca, della normazione, dell'utilizzo, ecc. A questo proposito, nell'intento di costituire gruppi di lavoro non legati a istituzioni e nomine ufficiali, nel 1999 è stato istituito dalla Società Italiana della Scienza del Suolo (società scientifica senza fini di lucro) l'Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti, associazione aperta per chiunque sia interessato ad offrire un contributo in questo settore.

Diversi Gruppi di lavoro afferenti all'Osservatorio sono attualmente impegnati nell'elaborazione di proposte che potrebbero anche essere oggetto di un apposito decreto svincolato dalla legge sui fertilizzanti.

Bibliografia

ASSOFERTILIZZANTI (2001) Documento tecnico N.4 del Comitato Tecnico - Gruppo di Lavoro Substrati Colturali. Milano, Maggio 2001.

DECISIONE DELLA COMMISSIONE del 28 agosto 2001 che stabilisce "i criteri per l'assegnazione di un marchio comunitario di qualità ecologica agli amendanti del suolo e ai substrati di coltivazione" pubblicata sulla Gazzetta ufficiale delle Comunità europee L 242 del 12.9.2001.

LEGGE 19 ottobre 1984, n. 748 "Nuove norme per la disciplina dei fertilizzanti" pubblicata sul Supplemento Ordinario n. 64 alla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n.305 del 6 novembre 1984.

AZIONE DELLE MATRICI ORGANICHE DI DIVERSA NATURA SULLA SOLUBILITÀ DEL CADMIO: NUOVE PROSPETTIVE PER I CONCIMI ORGANO-MINERALI

Corrado Nigro

C.R.A. Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura - Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante
Via della Navicella 2/4 - 00184 Roma

La legge dei fertilizzanti 748/84, pur conservando una oggettiva validità, necessita ormai di una *parziale revisione* che consenta l'inserimento dei nuovi prodotti apparsi sul mercato in questi ultimi anni e di quelli che forse vedremo in futuro. In questo ambito rientrano anche i substrati di coltura, oggetto dell'odierno simposio. Purtroppo nella formulazione attuale la legge 748/84 che riguarda esplicitamente i fertilizzanti, non consente l'inserimento di prodotti sostitutivi del terreno.

Quando si parla di *revisione* si deve comunque distinguere tra articoli di legge e allegati; per i primi occorre il parere del Parlamento, per i secondi basta quello della Commissione Tecnico-Consultiva. Modifiche degli allegati sono almeno in alcuni casi urgenti e necessarie. Basti pensare che per alcuni prodotti la valutazione dell'humus viene effettuata ancora con la sola estrazione con alcali, senza tener conto del metodo del polivinilpirrolidone (P. Sequi), per altri si richiede la determinazione della sostanza organica al posto del carbonio. Proposte di modifica sono state presentate più volte alla Commissione da Sequi e Nigro.

Dopo questa premessa, nell'ambito dell'Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti, si riferisce brevemente sull'attività svolta dal *Gruppo 5 elementi indesiderati*, fortemente ostacolata dal ridotto numero di componenti e dalla ancora più ridotta partecipazione alle riunioni. L'argomento affrontato ha riguardato la valutazione della *frazione assimilabile* dei metalli pesanti, quella cioè estraibile con varie tipologie di solventi. Purtroppo, come è noto, le legislazioni di quasi tutti i Paesi, con qualche eccezione (Svizzera), considerano esclusivamente la forma totale. È noto tuttavia che i metalli pesanti si trovano non in una ma in un *pool* di forme dotate di diversa disponibilità, mobilità e tossicità. Sarebbe quindi necessario, per esprimere un preciso giudizio, valutare con estrazioni sequenziali le diverse forme presenti, procedura non semplice e non rapida. Frazionamenti di questo tipo sono stati spesso eseguiti nel terreno; non sembra tuttavia meno importante estenderli anche ai fertilizzanti, almeno quando si voglia determinare un "*limite di rischio*" per valutare ad esempio un possibile inserimento nella catena alimentare. Questa tesi è stata più volte ribadita anche dal *Gruppo di lavoro metalli pesanti* della Commissione tecnico-consultiva della legge dei fertilizzanti nonché in numerose occasioni dal Prof. P. Sequi.

L'attenzione del Gruppo 5 elementi indesiderati è stata inizialmente rivolta al Cd per la elevata tossicità e la presenza in quantità variabili, a secondo della provenienza, nei concimi fosfatici; successivamente anche altri metalli, particolarmente Cu e Zn, verranno presi in considerazione. La frazione assimilabile è soggetta ad interazioni di diversa natura, in particolare un'interazione Cd/frazione unica è stata evidenziata da W. Ziechmann (1996) che l'ha ampiamente documentata. Questa interazione riveste senza dubbio un'importanza nei più diversi settori. A titolo di esempio si ricorda che l'effetto protettivo sui sistemi vegetali dall'attività mutagenica di svariati inquinanti è da ricollegare alla capacità della frazione unica di fissare il Cd (De Simone *et al.*, 2001).

Si è voluto pertanto estendere lo studio di questa interazione al campo dei fertilizzanti prendendo in esame quattro matrici organiche particolarmente rappresentative tra quelle della legge dei fertilizzanti, di norma impiegate nella preparazione dei concimi organo-minerali o per migliorare le caratteristiche del terreno. Le matrici prescelte sono state una torba della zona di Verona, una pollina stabilizzata, un pennone ed un ammendante compostato misto.

Sono stati preparati diversi formulati costituiti tutti dal 30% di perfosfato minerale del commercio, in cui il rapporto mg-Cd/Kg P₂O₅ è costante, apportatore di Cd solubile e da quantità crescenti dal 3 al 70% di ognuna delle quattro matrici citate aggiunte individualmente. Come confronto si è fatto riferimento ad un formulato costituito dal solo 30% di perfosfato. Nella tabella 1 vengono riportate le analisi delle matrici, nella tabella 2 l'analisi del perfosfato.

Le diverse miscele, dopo un trattamento analogo a quello effettuato per la preparazione dei concimi organo-minerali (incubazione per 30 minuti a 60°C), sono state estratte con acqua (rapporto 1:10) per la durata di 2 ore sotto agitazione. L'estrazione è stata limitata all'acqua allo scopo di evidenziare la frazione più facilmente assimilabile dalle piante e maggiormente soggetta a lisciviazione. Il Cd è stato misurato per spettrofotometria di assorbimento atomico.

Nel grafico 1 sono riportate per tutte le miscele sulle **ordinate** il valore del Cd solubile in acqua (mg/kg, media di quattro determinazioni), sulle **ascisse** il rapporto acidi umici e fulvici/Cd

$$\frac{C(HA+FA)}{Cd \times 10.000}$$

proposto dall'Autore, che consente di paragonare l'azione dei diversi tipi di humus sulla solubilità del Cd.

Come risulta dal grafico tutte le matrici riducono progressivamente la concentrazione del Cd solubile, tuttavia al crescere del rapporto (acidi fulvici e umici FA+HA) /Cd l'effetto si attenua e dal valore 3 la concentrazione del Cd tende pressoché a rimanere costante. I risultati migliori si ottengono con la torba; pollina e ammendante si comportano in modo pressoché equivalente; il pennone si differenzia nettamente dalle altre matrici.

Per un'espressione quantitativa dell'interazione Cd-matrici è stata calcolata la **differenza** tra il Cd solubile del formulato al 30% di perfosfato e quello dei diversi formulati con un rapporto acidi umici e fulvici/Cd uguale a 2, espressa come riduzione percentuale del Cd solubile (Tab. 3).

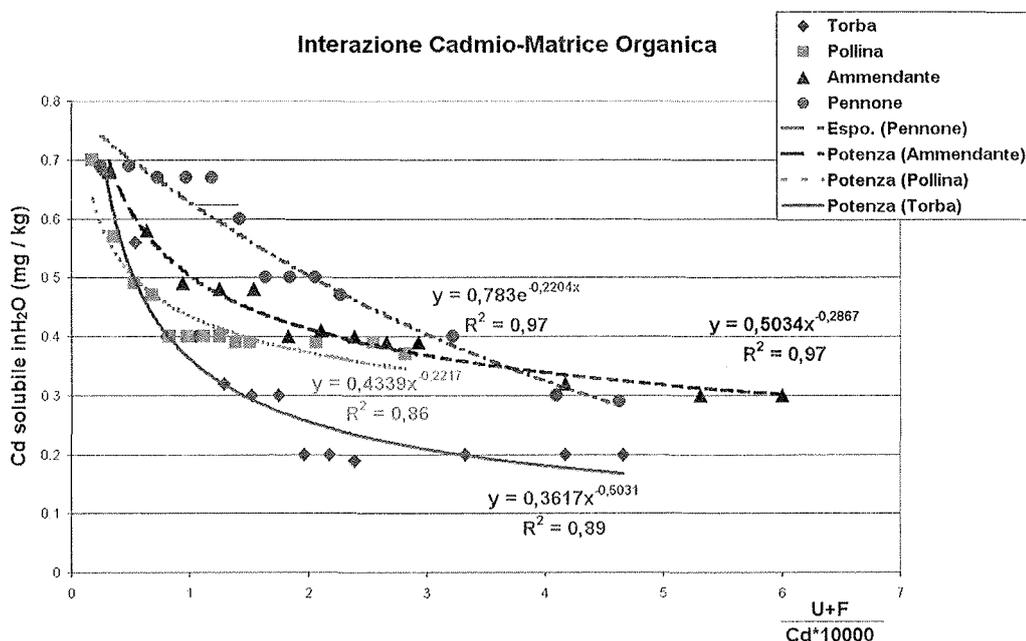


Tabella 1. Analisi delle matrici
(Tutti i valori sono riferiti al secco a 105°C)

Parametri	Torba	Pollina	Ammendante compostato misto	Pennone
TOC%	24,60	36,77	42,71	47,52
C(HA+FA)%	16,91	11,25	19,63	15,26*
Tasso umif. %	68,74	30,60	45,96	32,11*
N tot. %	1,75	5,51	5,17	11,92
pH	5,68	6,16	6,00	5,11
Cd tot. mg/kg	1,04	1,65	0,68	0,71
Cd estr. H ₂ O (rap. 1:10) mg/kg	---	0,11	0,10	0,10
Rapporto% Cd solubile/Cd totale	---	15,00	14,70	14,08

* Valori apparenti

Tabella 2. Analisi perfosfato

Parametri	Perfosfato minerale
P ₂ O ₅ tot. %	20,41
P ₂ O ₅ H ₂ O %	17,80
P ₂ O ₅ amm. Citr. % neutro	2,11
Cd tot. mg/kg	6,03
Cd estr. H ₂ O (rap. 1:10) mg/kg	2,34
Rapporto% Cd solubile/Cd totale	38,80
pH	3,15

Tabella 3. Azione delle diverse matrici sul Cd solubile (mg/kg)

Perfosfato 30% Cd solubile (mg/kg)	Formulati diversi con rapporto acidi umici/Cd = 2		Δ	Riduzione % Cd solubile $\Delta/0,70$
	Matrice	Cd solubile mg/kg		
0,70	Torba	0,20	0,50	71,43
0,70	Pollina	0,40	0,30	42,86
0,70	Ammendante	0,40	0,30	42,86
0,70	Pennone	0,50	0,20	28,58

L'effetto maggiore è quello della torba. Altre esperienze, non riferite in questa occasione, condotte con diversi concimi fosfatici a differente contenuto in Cd totale e solubile hanno confermato che in linea di massima la riduzione del Cd solubile operato dalla torba si aggira fra il 70 e l'80%. Comunque tutte le matrici esaminate hanno mostrato un positivo effetto sulla riduzione del Cd solubile.

I risultati ottenuti potrebbero far ipotizzare la suddivisione delle matrici previste dalla legge dei fertilizzanti in tre gruppi caratterizzati da differenti effetti sulla solubilità del Cd.

Matrici umiche di provenienza fossile

Potrebbero rientrare in questo gruppo con la torba ligniti e leonarditi.

Matrici umiche di recente formazione

Accanto alla pollina e all'ammendante compostato misto andrebbero considerati il letame e gli altri tipi di compost.

Matrici non o poco umificate

Come il pennone dovrebbero comportarsi le matrici di natura proteica.

Le esperienze verranno proseguite per controllare quanto affermato.

I risultati esposti, da ritenersi preliminari, evidenziano **nuove proprietà** dei concimi organo-minerali, prodotti che rappresentano poco meno del 9% dei concimi impiegati in Italia. Preparati per reazione secondo rigorose metodologie aumentano il coefficiente di assorbimento degli elementi nutritivi da parte delle colture; inoltre **sono in grado di ridurre sensibilmente i rischi da Cd apportato da altri concimi**. Possono quindi a ragione essere definiti prodotti a **prestazione ambientale**.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Dott. Luigi Nisini per la elaborazione statistica dei risultati e la Sig.ra Patrizia Giacinto per la cortese collaborazione.

Bibliografia

- DE SIMONE C., DE MARCO A., D'AMBROSIO C., OWZAREK M., BERETTA F.: 2001. Attività protettiva delle sostanze umiche presenti nei compost nei confronti dell'attività mutagena dei metalli pesanti, Boll. Soc. It. Sci Suolo 50: 739-746.
- ZIECHMANN W.: 1996. Huminstoffe und ihre Wirkungen. Spektrum Akademischer Verlag: Berlin, Oxford 201-203.

INNOVAZIONE METODOLOGICHE PER LA CARATTERIZZAZIONE CHIMICO-FISICA DEI SUBSTRATI: APPLICAZIONE, INTERPRETAZIONE E CONFRONTO PRESSO IL LABORATORIO MAC S.R.L. – FONDAZIONE MINOPRIO

Alessandro Pozzi ¹, Massimo Valagussa ¹, Piero Frangi ², Marco Castelnuovo ²

¹ Minoprio Analisi e Certificazioni S.r.l. (MAC), Viale Raimondi, 54, 22070 Vertemate con Minoprio (CO); e-mail: maclab@tin.it

² Fondazione Minoprio – Centro MiRT, Viale Raimondi, 54, 22070 Vertemate con Minoprio (CO); e-mail: frangi@fondazioneminoprio.it

Riassunto

All'interno del Comitato Europeo per la Standardizzazione, opera ormai da molti anni (fin dal 1990) la Commissione Tecnica 223 (TC223), con l'obiettivo di sviluppare metodi di riferimento per la caratterizzazione e standardizzazione degli ammendanti e dei substrati di coltivazione.

La necessità di fissare comuni requisiti di controllo e certificazione della qualità deriva dalla mancanza di un metodo unico per la determinazione dei parametri chimico-fisici di tali matrici, che genera discrepanze nei valori analitici, crea dispute tra fornitori e clienti, comporta problemi e confusione nell'interpretazione e comparazione dei risultati.

Presso il laboratorio Mac - Minoprio Analisi e Certificazioni S.r.l. - a partire dal 2000 sono state condotte prove di confronto tra le metodologie analitiche fino a quel momento comunemente utilizzate dai principali laboratori italiani di settore per la determinazione dei parametri chimici e fisici dei substrati colturali (*metodo di Sonneveld e metodo De Boodt*), in comparazione con le nuove norme europee. Le prove hanno evidenziato buona correlazione tra i metodi ed i risultati ottenuti con l'applicazione dei nuovi standard hanno permesso la compilazione di griglie interpretative.

Parole chiave: Substrati di coltivazione, standards analitici, proprietà chimiche, proprietà fisiche, confronto

Abstract

Within the Europe Committee for Normalizations, the Technic Commission 223 (TC223) is working from more years (from 1990), with the intent to increase standard's methods for soil improvers and growing media characterization and standardization.

Necessity to fix common standards of quality control and certification spring out of the shortage of single method for chemical and physical properties determination, that cause disagreement in the results and debate between sellers and buyers.

From 2000 at Mac - Minoprio Analysis and Certifications S.r.l. comparison trials between the different chemical and physical analytic methods until that moment used by principal Italian laboratories and the new European standards were carried out.

These tests have marked good correlations between different methods and allowed to write interpretation tables of En standards results.

Key words: Growing media, standards, chemical properties, physical properties, comparison

Introduzione

La valutazione delle caratteristiche qualitative dei substrati colturali è condotta mediante l'effettuazioni di prove di laboratorio che hanno l'obiettivo di mettere in luce le caratteristiche fisiche e chimiche della matrice analizzata; tali prove sono portate a termine mediante metodologie differenti per nazione, con l'adozione di singoli metodi ufficiali, e, all'interno dello stesso paese, per laboratori, con sviluppo di metodi propri. Tale eterogeneità di valutazione provoca spesso problemi nella ripetibilità e comparazione delle prove, e le discrepanze nei valori analitici hanno generato contrasti tra fornitori e clienti provocando serie conseguenze economiche.

All'interno del Comitato Europeo per la Standardizzazione (CEN) opera fin dal 1990 la Commissione Tecnica (TC 223) allo scopo di definire e sviluppare metodi di riferimento per la determinazione delle proprietà chimico-fisiche di materie prime e prodotti finiti utilizzati quali substrati di coltivazione. Tale commissione, una volta evidenziata la situazione caotica nella quale si muoveva l'intera filiera, ha formalizzato e ratificato dei documenti, che, recepiti a livello locale, già oggi permettono di uniformare le procedure, esprimere i risultati su una base comune, valutare la qualità dei prodotti in modo univoco.

Materiali e metodi

Le prove di confronto tra differenti metodologie per la determinazione dei parametri chimici e fisici dei substrati colturali sono state condotte presso il laboratorio Mac - Minoprio Analisi e Certificazioni S.r.l. a partire dal 2000.

Analisi chimiche

Due le metodologie a confronto:

- metodo di Sonneveld (Sonneveld, Ende, 1974);
- norme CEN/TC 223 (Tabella 1).

Tabella 1. Elenco documenti CEN/TC 223 - Ammendanti e substrati colturali

EN 12577/12578	Ammendanti e substrati colturali - Etichettatura, specifiche e schede dei prodotti
EN 12579	Ammendanti e substrati colturali - Campionamento
EN 12580	Ammendanti e substrati colturali - Determinazione della quantità
EN 13037	Ammendanti e substrati colturali - Determinazione del pH
EN 13038	Ammendanti e substrati colturali - Determinazione della conducibilità elettrica
EN 13039	Ammendanti e substrati colturali - Determinazione del contenuto di sostanza organica e ceneri
EN 13040	Ammendanti e substrati colturali - Preparazione del campione per le determinazioni chimiche e fisiche, determinazione del contenuto di sostanza secca, dell'umidità e della densità apparente a "compattazione di laboratorio"
EN 13041	Ammendanti e substrati colturali - Determinazione delle proprietà fisiche, densità apparente secca, volume d'aria, volume d'acqua, coefficiente di restringimento e porosità totale
EN 13650	Ammendanti e substrati colturali - Estrazione degli elementi con acqua regia
EN 13651	Ammendanti e substrati colturali - Estrazione degli elementi nutritivi solubili in cloruro di calcio/DTPA (CAT)
EN 13652	Ammendanti e substrati colturali - Estrazione degli elementi nutritivi solubili in acqua
EN 13654/1	Ammendanti e substrati colturali - Determinazione dell'azoto - Parte 1 metodo Kjeldahl modificato
EN 13654/2	Ammendanti e substrati colturali - Determinazione dell'azoto - Parte 2 metodo Dumas

Il metodo di Sonneveld prevede, a seguito della verifica del grado di umidità del campione e della misura di 100 cm³ di substrato in un becker graduato (sottoponendo il materiale ad una forza di compressione equivalente ad una pressione di 100 g/cm²), l'estrazione del volume di substrato misurato in 150 cm³ di acqua demineralizzata (rapporto di estrazione in volume v/v di 1:1,5); tramite agitazione (15 minuti) e filtrazione si ottiene l'estratto finale.

Il metodo En 13652 prevede la determinazione preliminare della densità apparente di laboratorio ("laboratory compacted bulk density") secondo la norma En 13040, la quale consente di definire in condizioni standardizzate (i substrati sono materiali comprimibili) il peso specifico apparente del campione tal quale.

La norma En 13040 fa ricorso ad un cilindro misuratore di dimensioni e volume noti (Figura 1), ove il substrato viene sottoposto attraverso un peso conosciuto ad una forza di compressione determinata. La definizione della massa di materiale contenuto in un volume noto permette di risalire alla densità apparente di laboratorio.

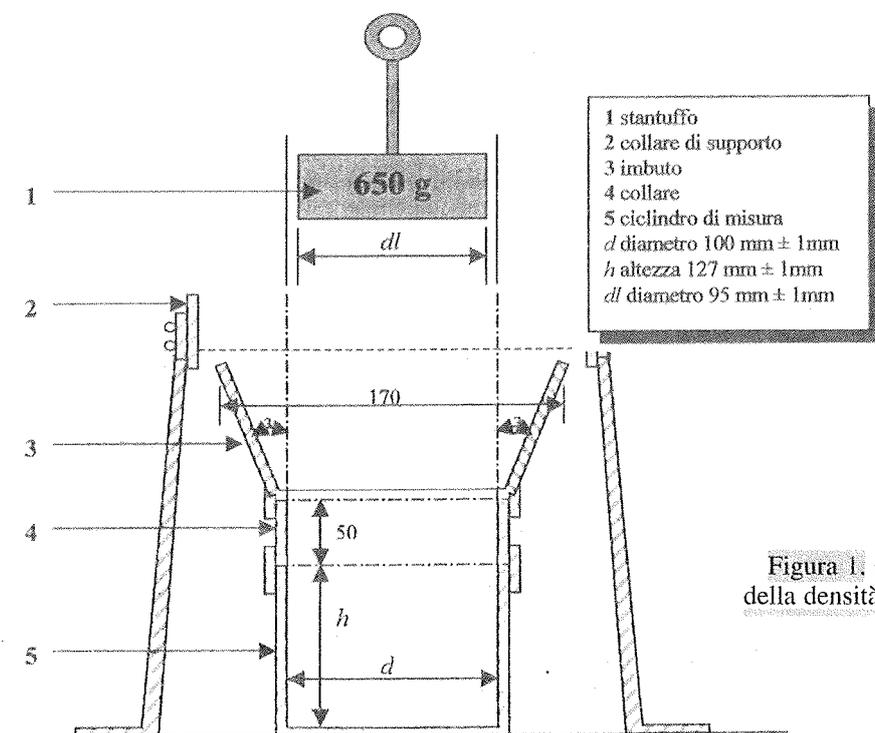


Figura 1. Cilindro misuratore per la determinazione della densità apparente di laboratorio - norma En 13040

L'estratto acquoso è ottenuto trasferendo in un barattolo per substrati il peso equivalente a 60 ml di campione ed aggiungendo 300 ml di acqua demineralizzata (rapporto di estrazione in volume v/v di 1:5); a seguito di agitazione (1 ora) e filtrazione si ottiene l'estratto finale.

Determinazione della reazione del substrato (pH)

Si rileva il valore di pH dell'estratto acquoso mediante il ricorso ad un pH-metro con elettrodo a vetro, correttamente tarato.

La norma CEN di riferimento per tale determinazione analitica è il metodo *En 13037*.

Determinazione della conducibilità elettrica del substrato

Il valore di conducibilità elettrica dell'estratto acquoso si rileva mediante il ricorso ad un conduttivimetro, aggiustando il dato ottenuto in relazione alla temperatura.

La norma CEN di riferimento per tale determinazione analitica è il metodo *En 13038* (unità di misura $\rightarrow mS/m$).

Determinazione del contenuto di elementi minerali solubili

Tutti gli elementi minerali solubili vengono rilevati a partire dall'estratto acquoso mediante gascromatografia o spettrofotometria colorimetrica (fosforo, boro, azoto nitrico, solfati e cloruri), previo sviluppo del colore, o spettrofotometria ad assorbimento atomico (potassio, calcio, magnesio, sodio, microelementi), previa opportuna diluizione per gli elementi presenti in elevate quantità. La determinazione dell'azoto ammoniacale è ottenuta mediante distillazione Kjeldahl e successiva titolazione.

Determinazione del contenuto in sostanza organica e ceneri

La percentuale del contenuto in sostanza organica è ottenuta come complemento a 100 del valore percentuale di ceneri, mediante incenerimento in muffola a 450°C del campione preventivamente seccato in stufa a 105° C.

Analisi fisiche

Due le metodologie a confronto:

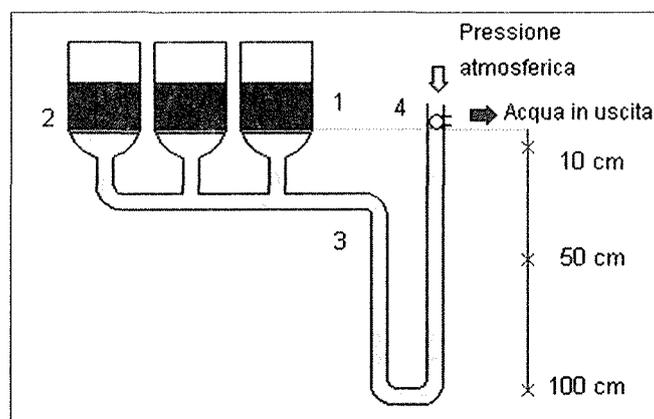
- metodo *De Boodt* (De Boodt, Verdonck, Cappaert, 1974);
- metodo *En 13041 - Ammendanti e substrati colturali - Determinazione delle proprietà fisiche, densità apparente secca, volume d'aria, volume d'acqua, coefficiente di restringimento e porosità totale*.

I due metodi basano le determinazioni analitiche sullo stesso principio fisico, quello per cui in un sistema trifasico si determina un equilibrio tra le forze agenti sulla massa idrica. Le differenze tra i metodi sono legate alla procedura ed agli strumenti utilizzati, ed i risultati ottenuti secondo le diverse indicazioni sono pertanto identici.

Su di un campione di substrato imbibito di acqua fino a saturazione si applica una tensione esterna nota e significativa della capacità dell'apparato radicale di sottrarre acqua al sistema sino a raggiungere la condizione di equilibrio, determinandone infine il contenuto idrico.

Il metodo *De Boodt* si applica mediante il ricorso ad imbuto di vetro con setto poroso in materiale ceramico e rubinetto a due vie (Figura 2), collegati ad un sistema di tubi tramite il quale si imposta la forza di suzione desiderata (10, 50 e 100 centimetri di colonna d'acqua, rispettivamente pF1, pF 1,7 e pF 2).

La determinazione della densità apparente e della porosità totale viene portata a termine sottoponendo la matrice analizzata ad una tensione di 10 centimetri di colonna d'acqua mediante il ricorso ad un apposito bacino di sabbia tensiometrico e due cilindri cavi di vetro o metallo



- 1-Imbuto in vetro
- 2-Setto poroso in materiale ceramico
- 3-Sistema di tubi
- 4-Valvola a tre vie

Figura 2. Metodo *De Boodt* - Illustrazione del sistema e suo funzionamento

o plastica, di cui uno di altezza maggiore e avente la base chiusa con tessuto di nylon con maglie di 0,1 mm.

Il metodo En 13041 si applica utilizzando per la determinazione di tutti i parametri fisici apposito bacino di sabbia tensiometrico e due cilindri cavi di dimensioni note (Figura 3), di cui il cilindro inferiore munito alla base di una garza removibile di maglia 0,1 mm.

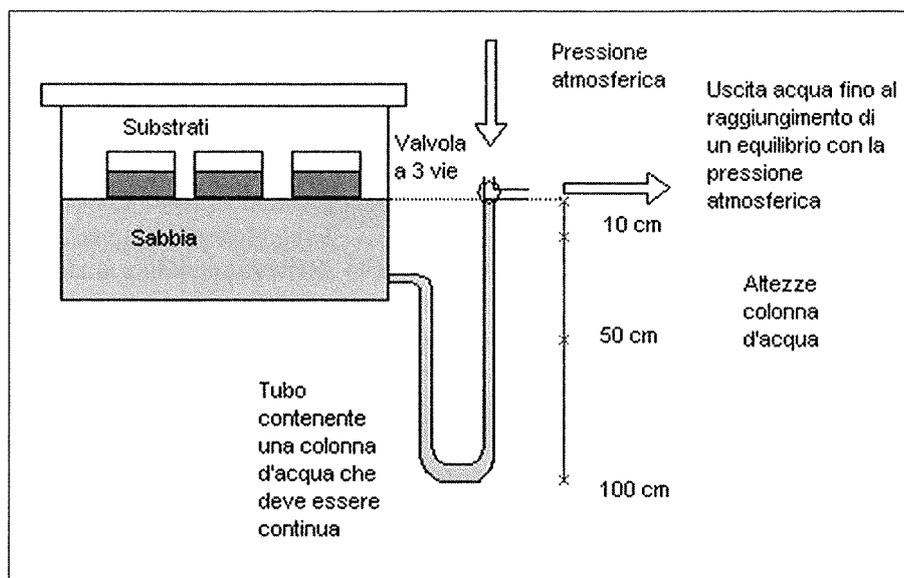


Figura 3. Metodo En 13041 - Illustrazione del sistema e suo funzionamento

Risultati e Discussione

L'interpretazione dei risultati analitici è un'operazione complessa che richiede un buon grado di competenza ed esperienza da parte del tecnico preposto.

Particolarmente delicata risulta l'interpretazione dei parametri fisici, poiché la qualità di un substrato, cioè la capacità del prodotto di ospitare una coltura garantendo non solo l'ancoraggio ma anche lo sviluppo e la respirazione radicale e l'assorbimento di elementi minerali, dipende da diversi fattori tra cui la specie coltivata e la tecnica di coltivazione con particolare riferimento alle modalità di irrigazione e fertirrigazione. L'eterogeneità di tali fattori pone un problema di approccio all'interpretazione dei risultati analitici.

Due le possibili soluzioni:

- una più complessa valuta sempre il sistema vaso/coltura tenendo in considerazione tutti i fattori sopra indicati;
- una più semplice valuta il substrato indipendentemente dagli altri fattori di produzione e lascia a posteriori altre considerazioni.

Nel primo caso in relazione alla tipologia di substrato, alla modalità di somministrazione della soluzione nutritiva, al sistema colturale ed all'altezza del contenitore, sono indicate differenti classi di interpretazione dei valori analitici ottenuti.

In Tabella 2 si riporta invece una griglia indicativa di proposta di interpretazione dei parametri fisici secondo Mac - Minoprio Analisi e Certificazioni S.r.l., esempio di approccio meno complesso; si vuole sottolineare il fatto che tale approccio non preclude la valutazione a posteriori del sistema "vaso/coltura", ma permette di semplificare l'attività del laboratorio che spesso non ha informazioni relativamente al tipo ed alle tecniche di coltivazione.

Tabella 2. Guida all'interpretazione dei principali parametri fisici dei substrati colturali (metodo De Boodt - metodo En 13041)

Parametro	leggero/basso	normale	pesante/elevato
densità apparente (g/cm ³)	< 0,06	0,06 - 0,25	> 0,25
porosità totale (%v/v)	< 80	80 - 95	> 95
volume d'aria a pF1 (%v/v)	< 15	15 - 35	> 35
volume d'acqua a pF1 (%v/v)	< 50	50 - 80	> 80 %
volume d'acqua facilmente disponibile (%v/v)	< 30	30 - 40	> 40

Fonte MAC - Minoprio Analisi e Certificazioni S.r.l

Relativamente alla correlazione tra le due differenti metodologie analitiche testate, il *metodo De Boodt* ed il *metodo En 13041*, l'applicazione dei due metodi indicati restituisce valori identici, essendo entrambi basati sullo stesso principio fisico.

Di più semplice interpretazione l'analisi chimica dei substrati di coltivazione, legata a minori fattori variabili (sostanzialmente alla coltura ed alla materia prima, torba, compost, etc.), anche se il differente rapporto di diluizione dei due metodi indicati, il *metodo di Sonneveld* ed il *metodo En 13652*, pone un problema di confronto dei risultati ottenuti.

Come per i parametri fisici si riportano in Tabella 3 (estrazione in acqua secondo il *metodo di Sonneveld*) e in Tabella 4. (estrazione in acqua secondo il *metodo En 13652*) due griglie interpretative di fonte Mac - Minoprio Analisi e Certificazioni S.r.l. formulate in relazione alla dotazione del substrato di coltivazione in elementi minerali solubili indipendentemente dalla coltura.

L'analisi dei valori riportati in tabella evidenzia una buona correlazione tra i metodi di estrazione testati.

Tabella 3. Guida all'interpretazione dei principali parametri chimici dei substrati colturali (*metodo di Sonneveld*)

Parametro	basso	normale	alto
EC mS/cm	< 0,6	0,6 - 1,5	> 1,5
N-NO ₃ (mg/l)	< 40	40 - 80	> 80
N-NH ₄ (mg/l)	< 25	25 - 35	35
K (mg/l)	< 12	12 - 43	43 - 70
Na (mg/l)	< 40	40 - 60	> 60
Ca (mg/l)	< 40	40 - 80	> 80
Mg (mg/l)	< 25	25 - 45	> 45
Cl (mg/l)	< 60	< 60-100	> 100
SO ₄ (mg/l)	< 115	115 - 150	> 150
P ₂ O ₅ (mg/l)	< 50	50 - 70	> 70
Fe (mg/l)	< 0,1	0,1 - 1,4	> 1,4
Mn (mg/l)	< 0,01	0,01 - 0,3	> 0,3
Zn (mg/l)	< 0,01	0,01 - 0,3	> 0,3
B (mg/l)	< 0,01	0,01 - 0,3	> 0,3
Cu (mg/l)	< 0,01	0,01 - 0,06	> 0,06
Mo (mg/l)	< 0,01	0,01 - 0,05	> 0,05

Tabella 4. Guida all'interpretazione dei principali parametri chimici dei substrati colturali (*metodo En 13652*)

Parametro	basso	normale	alto
EC mS/m	< 20	20 - 50	> 50
N-NO ₃ (mg/l)	< 11	11 - 23	> 23
N-NH ₄ (mg/l)	< 8	8 - 12	12
K (mg/l)	< 4	4 - 14	14 - 23
Na (mg/l)	< 11	11 - 16	> 16
Ca (mg/l)	< 10	10 - 19	> 19
Mg (mg/l)	< 6	6 - 10	> 10
Cl (mg/l)	< 18	18 - 30	> 30
SO ₄ (mg/l)	< 35	35 - 45	> 45
P ₂ O ₅ (mg/l)	< 14	14 - 19	> 19
Fe (mg/l)	< 0,1	0,1 - 0,5	> 0,5
Mn (mg/l)	< 0,01	0,01 - 0,1	> 0,1
Zn (mg/l)	< 0,01	0,01 - 0,1	> 0,1
B (mg/l)	< 0,01	0,01 - 0,1	> 0,1
Cu (mg/l)	< 0,01	0,01 - 0,03	> 0,03
Mo (mg/l)	< 0,01	0,01 - 0,02	> 0,02

Conclusioni

Le prove di confronto, come anticipato al capitolo precedente, hanno evidenziato una buona correlazione tra i differenti metodi testati, ed in generale la buona applicabilità degli standard provati.

Relativamente alla valutazione delle proprietà chimiche dei substrati di coltivazione, il *metodo di Sonneveld* si conferma di più semplice e rapida esecuzione, tuttavia l'estrazione degli elementi minerali solubili ottenuta mediante l'applicazione della norma *En 13652* permette, mediante la valutazione della densità apparente di laboratorio, una migliore standardizzazione del volume di materiale da sottoporre ad analisi.

Il *metodo EN*, che prevede un rapporto di diluizione più alto rispetto a quello del *metodo di Sonneveld*, si mostra meno sensibile e potrebbe, pertanto, essere meno preciso per substrati relativamente poveri di elementi nutritivi ed in generale per i microelementi.

Infine, relativamente la definizione delle proprietà fisiche, da sottolineare la migliore applicabilità della nuova metodologia europea (*En 13041*) ed il superamento di alcuni difetti procedurali legati al *metodo De Boodt*, tra i quali si ricorda il possibile intasamento dei setti porosi degli imbuti utilizzati; tuttavia sono state osservate difficoltà operative per la determinazione del volume d'acqua a pF_{1,7} e 2 su letto di sabbia.

Bibliografia

AA.VV., 2000. International Substrate Manual: Analysis, Characteristics, Recommendations. Elsevier International Business/PBG.

AA.VV., 2002. Confronto tra metodi di analisi dei substrati a base di compost. Quaderni della Ricerca n° 22, Regione Lombardia.

DE BOODT M., VERDONCK O., CAPPAERT I., 1974. Method for measuring the water release curve of organic substrates. Acta Horticulturae, 37: 2054-2062.

SONNEVELD C., ENDE J., 1974. Analysis of growing media by means of a 1:1,5 volume extract. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 5: 183-202.

CAPACITÀ PATOGENO-REPRESSIVA DI SUBSTRATI ORGANICI

Sergio Quaroni, Marco Saracchi, Paola Sardi

Università degli Studi di Milano, Istituto di Patologia Vegetale, Via Celoria 2 - 20133 Milano

Riassunto

La difesa delle piante dalle malattie radicali soffre di gravi limitazioni, legate principalmente alla natura del suolo come substrato di crescita, che hanno stimolato l'interesse verso strategie alternative all'impiego di fitofarmaci, quali la lotta biologica. A questo proposito, grande importanza è attribuita alle comunità microbiche naturalmente presenti nei suoli e nelle matrici organiche usate in agricoltura.

Vengono riferiti i risultati ottenuti nelle analisi sulle comunità microbiche aerobie di un compost a componente ligno-cellulosica, con particolare riferimento agli attinomiceti, e sulla possibilità di modificarne la composizione con l'aggiunta di un microorganismo selezionato.

Parole chiave: compost; attinomiceti; soppressività; patogeni radicali.

Abstract

The difficulties to control root diseases, mainly due to the peculiarities of soil as a growth medium, stimulated studies about different approaches from fungicide utilization, like biological control is. With regard to this, great interest is devoted to microbial populations living in the soil or near roots (rhizoplane and rhizosphere), that could produce suppressiveness to plant pathogens, and to organic substrates to be used as soil amendments.

In this paper, we refer about investigations on aerobic microbial communities of a lignin-cellulose compost, with special regard to actinomycetes, and on the possibility to modify the community composition adding a selected microorganism.

Key words: compost; actinomycetes; suppressiveness; root diseases.

Introduzione

Nella difesa delle piante dalle malattie che intessano l'apparato radicale si incontrano gravi difficoltà legate soprattutto alla natura del terreno, in cui agiscono una molteplicità di fattori che influenzano l'efficacia dei prodotti fitosanitari. Sebbene si siano ottenuti notevoli progressi con l'avvento dei principi attivi sistemici a diffusione acro-basipeta, la lotta contro queste avversità rimane ad oggi estremamente difficoltosa e aleatoria.

L'orientamento attuale vede nelle strategie di lotta biologica una concreta possibilità nella prevenzione di queste problematiche che possono incidere pesantemente sulla produttività delle colture agrarie.

Nella lotta verso gli insetti parassiti delle piante, la lotta biologica ha basi risalenti all'inizio del 1900, mentre nella difesa dai fitopatogeni solamente negli anni '70 si pongono i presupposti per strategie di difesa biologica, con l'approfondirsi degli studi sull'ecologia fungina e con la definizione della repressività e della conduttività dei suoli nei confronti di particolari malattie.

La repressività (detta anche soppressività) è la condizione di un suolo in cui un fungo fitopatogeno della radice non esprime appieno la sua infettività, determinando un contenimento della malattia, mentre la conduttività è la situazione opposta, che arreca ingenti danni alle coltivazioni. Le malattie per cui questo fenomeno è stato documentato sono ormai numerose e vedono coinvolti numerosi generi di funghi fitopatogeni della radice (*Fusarium*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Phialophora*, eccetera). La natura biotica del fenomeno è ormai accertata e il contenimento della crescita e la devitalizzazione delle strutture di diffusione dell'agente eziologico o, al contrario, la promozione del suo sviluppo risultano essere effetto della componente microbica propria di ciascun suolo (Chen *et al.*, 1988, 1988b; Hoitink *et al.*, 1993, 1996; Kuter *et al.*, 1983).

Dagli studi orientati verso la ricerca degli organismi responsabili di tale fenomeno, è emersa la multifattorialità della repressività che vede coinvolti a titolo primario, a seconda dei casi, i funghi, i batteri e gli attinomiceti, come pure molteplici meccanismi d'azione (El-Tarabily, 2003; El-Tarabily *et al.*, 2000; Franco e Valencia, 2001; Moura e Romeiro, 2000; Saha, 2002).

Le applicazioni derivate dalle vaste conoscenze ormai acquisite in proposito si vanno diffondendo nella pratica della difesa fitosanitaria, in particolare nel campo delle produzioni biologiche. Contro le fusariosi, le rizoctonosi, i marciumi basali da *Pythium* e da *Phytophthora* si usano funghi afferenti ai medesimi generi, ma caratterizzati da comportamento saprofitario, o addirittura alla stessa specie del patogeno, però avirulenti. La competitività alimentare e l'occupazione dei siti di potenziale infezione da parte di questi organismi sono i meccanismi coinvolti nel con-

tenimento del fitopatogeno. Meno specifico è, invece, l'utilizzo di ceppi afferenti ai generi *Trichoderma* e *Gliocladium*, funghi terricoli a comportamento saprofitario, utilizzati per il risanamento di suoli infetti da *Armillaria* o da altri funghi fitopatogeni, provvisti di strutture consistenti come sclerozi e rizomorfe. In questi casi, fenomeni di micoparassitismo e di antibiosi sono i responsabili della devitalizzazione delle strutture di resistenza e di diffusione. Anche le micorrize, siano esse ecto o endotrofiche, possono indurre migliore resistenza all'aggressione dei funghi fitopatogeni, attraverso il miglioramento delle condizioni vegetative delle piante.

Nel rizopiano e nella rizosfera, inoltre, troviamo presenti, in quantità ben maggiore rispetto al terreno, sia batteri sia attinomiceti dotati di attività competitiva verso i funghi che può conferire soppressività dei suoli. A differenza di quanto si osserva in generale nel caso dei funghi, l'azione di questi organismi è aspecifica e pertanto può essere rivolta verso differenti malattie.

Quando si considerino le possibilità offerte dall'impiego di organismi procarioti, tuttavia, la capacità dell'organismo di crescere come endofita nello strato corticale della radice si rivela di fondamentale importanza. La massima espressione di questo fenomeno è la formazione di noduli capaci di fissare l'azoto atmosferico, indotta dai rizobi nelle radici delle leguminose e dagli attinomiceti del genere *Frankia* in quelle di diverse specie arboree, ma numerosissimi altri organismi procarioti, afferenti ai generi più comunemente presenti nel suolo, hanno manifestato la prerogativa di promuovere la crescita delle piante, anche incrementando la loro resistenza alle malattie radicali.

Estremamente numerose sono le ricerche indirizzate verso tali organismi, definiti batteri PGP o Plant Growth Promoter (Bloemberg e Lugtenberg, 2001). Per chiarezza, si illustra questo tipo di indagine attraverso la sommaria descrizione delle esperienze maturate nel corso di un decennio (1987 – 1997) presso il laboratorio di micologia dell'Istituto di Patologia vegetale di Milano (Ferri *et al.*, 1994; Quaroni *et al.*, 1997; Saracchi *et al.*, 1992).

Nel corso delle ricerche, incentrate sul ruolo degli attinomiceti nei fenomeni citati, è stata innanzitutto dimostrata la presenza di attinomiceti nello strato corticale delle radici di piante ben vegetanti, appartenenti a specie botanicamente differenti, e sono stati isolati circa 2000 ceppi, di cui l'80% risulta afferente al genere *Streptomyces*.

Gli isolati sono stati sottoposti a test di attività antagonista verso *Fusarium oxysporum*, responsabile di marciumi radicali su piante differenti, nei quali il 16% di essi ha inibito la crescita del patogeno.

Numerosi ceppi, selezionati attraverso criteri di "cluster analysis" come rappresentanti della popolazione, sono stati sottoposti a prove di affinità su piante test, dimostrando in molti casi effetti di promozione della crescita.

Un ceppo in particolare, detto S57, è stato scelto per studi micromorfologici del rapporto con la radice e prove di inoculazione sperimentale di piante, sia in serra sia in campo.

I risultati ottenuti evidenziano protezione nei confronti delle malattie della radice, promozione della germinazione dei semi e della radicazione delle talee, promozione della crescita della pianta, con effetti anche sullo sviluppo radicale. Queste caratteristiche hanno portato al brevetto del ceppo S57 e delle sue applicazioni, ma non va dimenticato che altri ceppi, anche tassonomicamente differenti, con caratteristiche simili a quello da noi studiato sono senza dubbio presenti nei substrati organici.

I compost, in particolare sono noti come substrati dotati di repressività nei confronti di vari patogeni radicali (Hadar e Gorodecki, 1991; Hoitink *et al.*, 1996; Mandelbaum e Hadar, 1990; Millner *et al.*, 1982).

Alla luce di tali risultati, considerando che la comunità di attinomiceti costituisce una parte rilevante della microflora dei substrati organici (Lacey, 1973, 1978; Williams *et al.*, 1983) e che indubbiamente la repressività di un suolo, come di un compost, è da legarsi strettamente alla sua componente microbica, è stato condotto un primo approccio di tipo analitico sulla comunità attinomicetica di compost a componente ligno-cellulosica.

Materiali e metodi

Compost analizzato

Il compost oggetto di studio è stato fornito dall'impianto di compostaggio SACCECAV di Tortona (AL), realizzato dal Consorzio di Bonifica del Bacino dello Scrivia, che utilizza, come matrice iniziale, fanghi biologici derivanti dalla depurazione di acque civili, in precedenza condizionati, disidratati e analizzati, miscelati con scarti di materiali ligno-cellulosici. Il rapporto tra questi materiali è 1:1 in peso e 2 :1 circa in volume.

Determinazione della carica microbica aerobia

La carica microbica aerobia e coltivabile del compost è stata determinata immediatamente dopo il prelievo e dopo 100 giorni di conservazione a temperatura ambiente, in condizioni aerobie.

I substrati culturali utilizzati sono stati: per la ricerca dei batteri Triptone Soia Agar (Oxoid LDT., Londra, UK), per i miceti Agar Malto (Difco Laboratories, Detroit, Michigan, USA), addizionato con antibiotici per inibire la cre-

scita batterica, per gli attinomiceti il terreno ATT suggerito da Williams e Davies (1965) addizionato con actidione e nistatina per contenere la crescita dei funghi. La determinazione della carica microbica è stata eseguita con diluizioni seriali a partire da 10 g di campione. I risultati sono stati rilevati dopo 3 giorni di incubazione a 24°C su TSA per i batteri e dopo 7 giorni di incubazione alla medesima temperatura su MA e ATT, rispettivamente per funghi e attinomiceti.

Al termine del conteggio, si è proceduto all'isolamento di ceppi rappresentativi dei funghi e attinomiceti presenti, scelti sulla base delle caratteristiche morfocolturali.

Caratterizzazione

Al fine di approfondire la conoscenza delle comunità in esame, i ceppi isolati sono stati sottoposti a caratterizzazione morfocolturale, secondo le metodologie descritte di seguito.

Eumiceti miceliari

Le caratteristiche degli isolati fungini sono state raccolte su Agar Malto, dopo un periodo di incubazione in termostato a 24°C, variabile tra 7 e 14 giorni.

La caratterizzazione colturale dei ceppi di funghi ha previsto la determinazione del colore della colonia e del retro, della presenza e colore di pigmenti diffusibili e della presenza di essudati o solcature, oltre alla tessitura e al margine della colonia. L'identificazione generica è stata condotta al microscopio ottico, attraverso il riconoscimento delle strutture riproduttive.

Attinomiceti

La caratterizzazione colturale di ciascun isolato ha previsto la determinazione del colore del micelio aereo (secondo Tresner e Backus, 1963) e del retro della colonia e della produzione di pigmento diffusibile. Le informazioni sono state raccolte su Czapek Agar (Difco Laboratories, Detroit, Michigan, USA) addizionato con estratto di lievito 0,2% e ISP Medium 3 (Difco Laboratories, Detroit, Michigan, USA), dopo 14 giorni di incubazione a 24°C.

L'osservazione microscopica delle colonie, effettuata dopo 10 giorni di incubazione a 24°C su Czapek Yeast Extract Agar, ha consentito la determinazione della morfologia degli sporofori.

Sulla base dei risultati ottenuti, si è infine proceduto alla identificazione di profili morfocolturali al cui interno le caratteristiche siano omogenee.

Attività antifungina

Ceppi di attinomiceti rappresentanti degli isolati sono stati sottoposti a prove di attività antifungina nei confronti di: *Thielaviopsis basicola* (IPV-FW105, isolato da frutti di ananas), *Rhizoctonia solani* (IPV-FW019, isolato da patate da seme), *Colletotrichum* sp. (IPV-FW241, isolato da *Carissa prostrata*), *Fusarium oxysporum* f.sp. *cyclaminis* (IPV-FW 286, isolato da ciclamino), *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucae* (ceppo L14, isolato da lattuga) e *Penicillium* sp. (ceppo P6, isolato da mela).

Tasselli del diametro di 6 mm, prelevati da colonie cresciute su Czapek Yeast Extract Agar per 7 giorni a 24°C, sono stati disposti in piastre Petri contenenti Agar Malto sulla superficie del substrato stesso, su cui è stato inoculato, a distanza fissa dai tasselli, il fungo da saggiare.

Al termine di un periodo di incubazione a 24°C, variabile tra 7 e 10 giorni, è stata verificata l'eventuale presenza di aloni di inibizione nella crescita del fungo in esame.

Batterizzazione

E' stata impiegata una sospensione di spore di un ceppo di *Streptomyces* sp., denominato S57, isolato da radici di camelia presso l'Istituto di Patologia Vegetale e noto per l'attività di promozione della crescita vegetale. La sospensione, in acqua e glicerolo 10%, ha una concentrazione di 10⁹ UFC/mL ed è stata preparata a partire da colture di S57 su T3, conservata in congelatore a -20°C e impiegata alla dose di 30 mL ogni 100 g di compost.

Porzioni dei diversi campioni sono state prelevate e analizzate dopo 3, 6 e 9 settimane di incubazione a 24°C.

Risultati

Determinazione della carica microbica

Nella tabella 1 sono riportati i risultati della determinazione della carica microbica aerobia e coltivabile presente nel compost al momento del prelievo dall'impianto e dopo 100 giorni.

In entrambi i campioni la popolazione batterica è numericamente predominante, seguita da attinomiceti e funghi.

I dati riportati in tabella evidenziano, inoltre, un incremento nella carica aerobia totale al termine della conservazione, dovuto all'aumento di ciascuna componente considerata.

Sia la carica totale sia le tre componenti batterica, attinomicetica ed eumicetica hanno evidenziato un deciso incremento al termine del periodo di conservazione, particolarmente evidente nel caso degli attinomiceti, che sono passati da $8,3 \cdot 10^6$ ufc/g a $3,0 \cdot 10^8$ ufc/g.

Tabella 1. Carica microbica rilevata (espressa in unità formanti colonie per grammo di compost tal quale)

	Carica totale ufc x10 ⁸	Batteri ufc x10 ⁸	Attinomiceti ufc x10 ⁶	Funghi ufc x10 ⁴
Prodotto finito	1.5	1.4	8.3	3.0
Dopo 100 gg di conservazione	15.8	12.8	305.0	150.0

Caratterizzazione

Funghi

L'identificazione generica mediante osservazione diretta delle strutture riproduttive non ha sempre fornito risultati certi. La maggior parte degli isolati non identificati con certezza presenta strutture riproduttive morfologicamente simili a quelle dei generi *Chalaropsis* Peyronel e *Staphylotrichum* J. Mey. & Nicot.

Fra gli isolati dal compost tal quale, solamente 2 ceppi sono risultati sterili e uno non identificabile. Fra i generi più frequentemente isolati sono *Aspergillus*, *Cladosporium* e *Monilia*, ma sono presenti anche *Ovularia* e *Geotrichum*.

Dal campione conservato per 100 giorni (figura 1), sono stati isolati miceti che appartengono principalmente ai generi *Humicola* (30%), *Geotrichum* (39%), *Doratomyces* (11%), *Trichurus* (6%) e *Acremoniella* (4%).

In tutti i generi è stata comunque rilevata un'ampia variabilità morfocolturale.

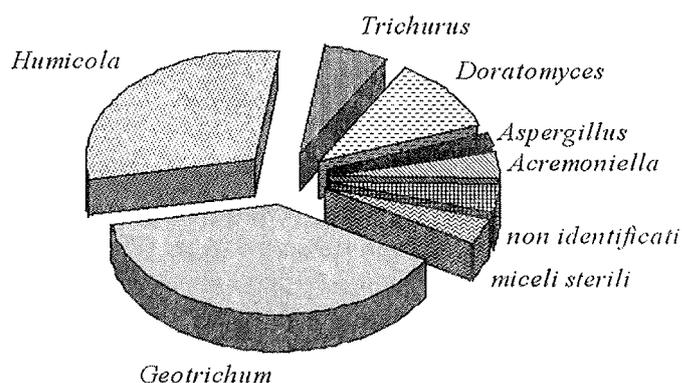


Figura 1. Composizione generica della popolazione di funghi miceliari dopo conservazione

Attinomiceti

Confrontando i risultati relativi alla composizione generica delle comunità nei due campioni (Figura 2) si può rilevare un variazione delle percentuali relative ai diversi generi. In entrambe le situazioni infatti la popolazione isolata risulta composta quasi esclusivamente da afferenti al genere *Streptomyces* e da miceli sterili, che tuttavia mostrano una diversa evoluzione durante la conservazione. Essi, infatti, costituiscono rispettivamente il 23 e il 70% della popolazione alla prima analisi e il 60 e 35% alla seconda. Si evidenzia in questo modo un apparente decremento delle forme sterili, che non è dovuto alla diminuzione in valore assoluto (tali forme anzi incrementano la loro presenza, da $5,8 \times 10^6$ ufc/g a $106,7 \times 10^6$ ufc/g) ma all'aumento preponderante del genere *Streptomyces*, che passa da $1,2 \times 10^6$ ufc/g a 183×10^6 ufc/g.

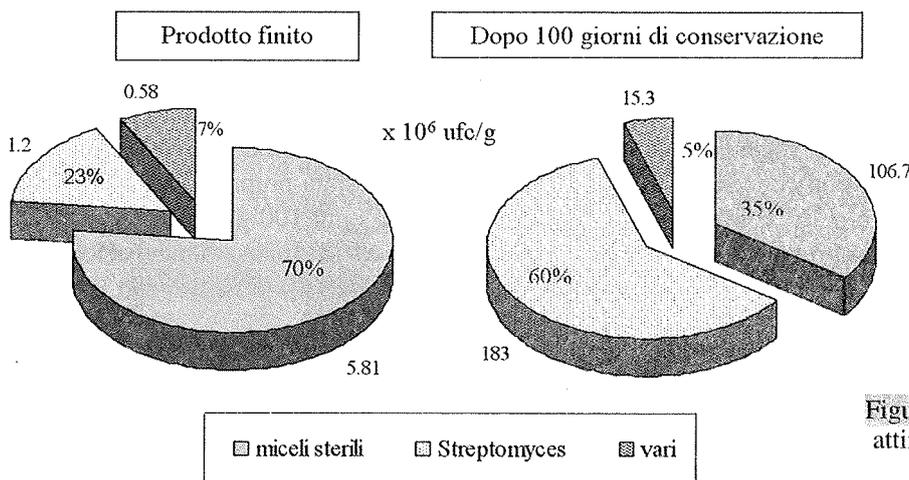


Figura 2. Composizione della popolazione di attinomiceti al momento della produzione e dopo conservazione

I risultati relativi alla caratterizzazione degli attinomiceti isolati dai campioni di compost alla produzione e dopo 100 giorni di conservazione hanno messo in evidenza la variabilità della comunità presente. Nella tabella 2 sono esposti, secondo i profili morfoculturali, i dati raccolti relativamente agli isolati dopo conservazione, che evidenziano le diffuse differenze osservate nei diversi profili a carico di tutte le caratteristiche determinate. Tale variabilità si osserva a volte anche per la medesima caratteristica determinata su substrati colturali diversi.

Esaminando la frequenza con cui ogni profilo è presente sul totale della popolazione, si può osservare come ciascun carattere sia presente in una quota variabile di microrganismi.

Tra gli streptomiceti, per esempio, il numero di profili che presentano sporofori retinacoli aperti è pari a quelli che li possiedono retto-flessuosi; considerando la frequenza di ciascuno di essi si osserva, invece, che 3/4 appartengono alla prima classe e 1/4 alla seconda.

Tabella 2. Caratteristiche dei profili morfoculturali degli attinomiceti isolati da compost lignino-cellulosico dopo 100 giorni di conservazione aerobia

Ceppo	Profilo		Classificazione	Spor.	CAY			T3		
	Tipo	%			Colore micelio aereo ¹	Colore retro colonia	Pigm. diff.	Colore micelio aereo ¹	Colore retro colonia	Pigm. diff.
VC024	B01	29	<i>Streptomyces</i>	RA	bianco	-	-	bianco	-	-
VC022	B04	17	<i>Streptomyces</i>	RA	bianco e grigio	grigio-nero	-	bianco e grigio	giallo-bruno	-
VC027	B18	2	<i>Streptomyces</i>	RA/S	bianco e grigio	-	-	bianco e grigio	grigio-nero	-
VC026	B39	2	<i>Streptomyces</i>	RF	grigio	-	-	grigio	giallo-bruno	g-b
VC032	B41	12	<i>Streptomyces</i>	RF	grigio	-	-	grigio	grigio-nero	-
VC029	B47	2	<i>Streptomyces</i>	RF	grigio e rosso	-	-	grigio e rosso	-	-
VC031	B54	4	micelio sterile		bianco	-	-	bianco e grigio	-	-
VC030	B57	15	micelio sterile		giallo*	giallo-bruno	-	giallo*	giallo-bruno	-
VC036	B60	<1	micelio sterile		bianco	rosso-arancio	r-a	grigio	-	-
VC033	B61	15	micelio sterile		grigio	giallo-bruno	r-a	grigio	-	g-b
VC035	B62	<1	micelio sterile		rosso	rosso-arancio	-	grigio	-	r-a
VC034	B63	2	<i>Rhodococcus</i>		rosso*	rosso-arancio	-	rosso*	rosso-arancio	-

Spor.= sporulazione; RF= retto-flessuosi; RA= retinacoli aperti; S= spiratati; *= micelio vegetativo; pigm.diff.= pigmento diffusibile; r-a= rosso-arancio; g-b= giallo-bruno; g-n= grigio-nero; v= violetto

Tabella 3. Attività antifungina dei profili morfoculturali degli attinomiceti isolati da compost lignino-cellulosico dopo 100 giorni di conservazione aerobia

Ceppo	Profilo		Classificazione	Funghi saggiati					
	Tipo	%		<i>Tielaviopsis basicola</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Colletotrichum sp.</i>	<i>Fusarium oxysporum f.sp. cyclaminis</i>	<i>Fusarium oxysporum f.sp. lactucae</i>	<i>Penicillium sp.</i>
VC024	B01	29	<i>Streptomyces</i>		+	+			
VC022	B04	17	<i>Streptomyces</i>		(+)				
VC027	B18	2	<i>Streptomyces</i>			(+)			
VC026	B39	2	<i>Streptomyces</i>		+	+			
VC032	B41	12	<i>Streptomyces</i>		+	+	+	+	
VC029	B47	2	<i>Streptomyces</i>		+	+	(+)	(+)	
VC031	B54	4	micelio sterile		+	+	+	+	
VC030	B57	15	micelio sterile			(+)			
VC036	B60	<1	micelio sterile		+	+	+	+	
VC033	B61	15	micelio sterile		+	+	(+)		
VC035	B62	<1	micelio sterile	+	+	+	+	+	
VC034	B63	2	<i>Rhodococcus</i>						

legenda: + attività presente; (+) attività variabile

Prove di attività

Le indagini relative alla determinazione dell'attività antifungina tal quale degli isolati hanno fornito risultati molto interessanti, che sono riassunti nella tabella 3.

Dai dati esposti in tabella si nota come l'attività antifungina sia largamente presente nella comunità esaminata e mostri notevole variabilità nei diversi profili.

I fitopatogeni maggiormente sensibili sono risultati *Rhizoctonia solani* e *Colletotrichum* sp., quello meno sensibile, invece, *Thielaviopsis basicola* che è stato inibito solamente da un singolo ceppo, che ha mostrato attività verso la maggior parte dei patogeni esaminati.

Circa il 40% circa dei ceppi isolati, è risultato attivo contro *Fusarium oxysporum* f.sp. *cyclaminis* e *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucae*.

Nessun ceppo, infine, è stato in grado di inibire *Penicillium* sp., inserito nello studio come rappresentante della micoflora saprofitaria del terreno.

La variabilità si è manifestata anche all'interno dei singoli profili morfoculturali. In diversi casi, infatti, ceppi appartenenti ad un medesimo profilo hanno evidenziato attività diverse.

Batterizzazione

I risultati relativi alle prove di batterizzazione del compost in esame con il ceppo S57 sono illustrati dai grafici A (batteri), B (funghi miceliari) e C (attinomiceti), riportati nella figura 3.

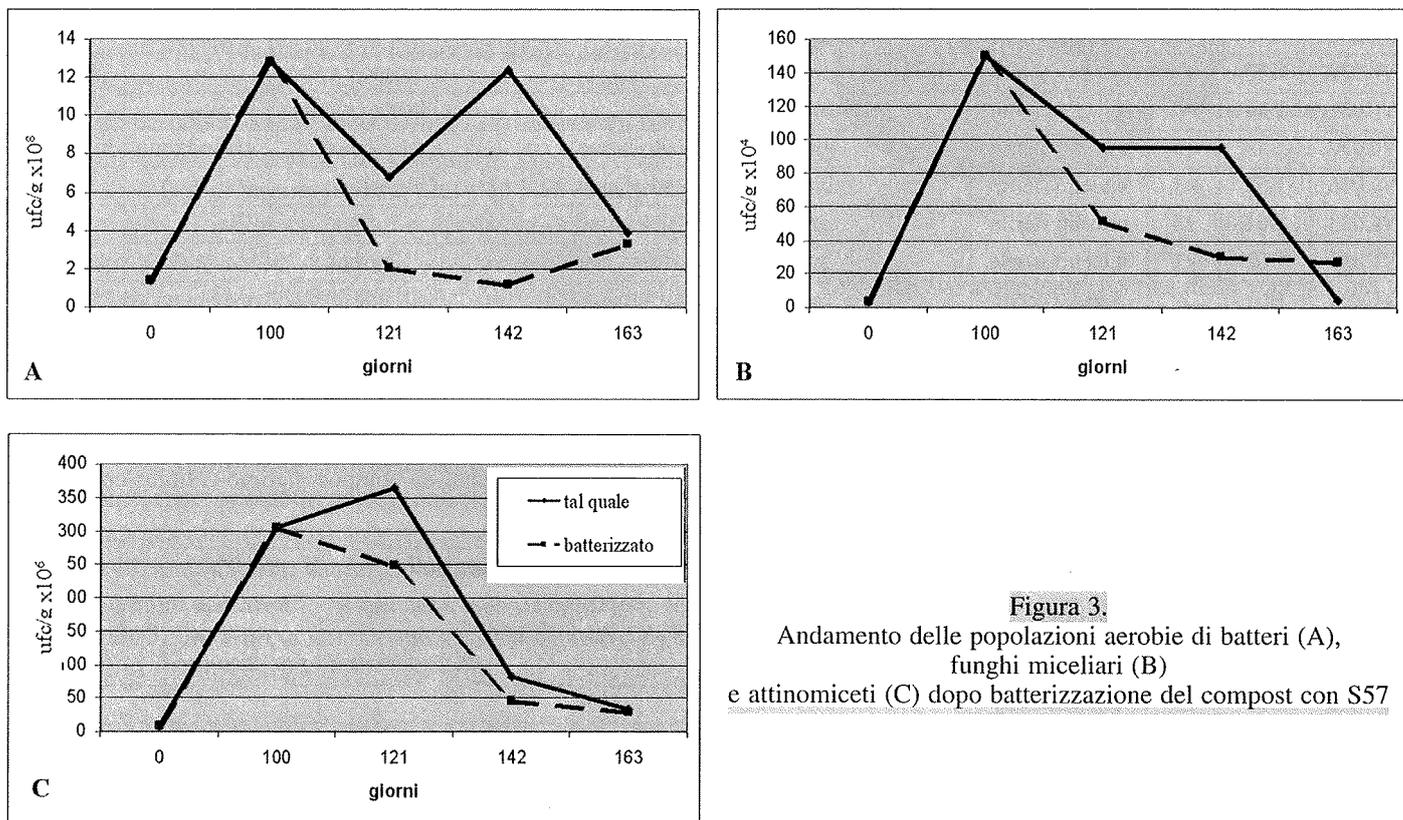


Figura 3.
Andamento delle popolazioni aerobiche di batteri (A),
funghi miceliari (B)
e attinomiceti (C) dopo batterizzazione del compost con S57

Il confronto tra i valori della carica microbica ottenuti dall'analisi del compost tal quale al momento della batterizzazione (a 100 giorni dalla produzione) con quelli forniti dai campioni, sottoposti e non al trattamento, permette di valutare l'andamento delle popolazioni dopo 3, 6 e 9 settimane di incubazione, evidenziando un effetto complessivamente deprimente del trattamento stesso. L'incubazione del campione di compost tal quale per un periodo di 3 settimane ha consentito un lieve incremento della concentrazione dei soli attinomiceti. Funghi e batteri, e di conseguenza la popolazione totale essendo i batteri la componente più cospicua, hanno subito invece una riduzione. Il trattamento di batterizzazione ha influito sulle comunità inducendo per tutte un decremento, più sensibile per funghi e batteri.

Tale tendenza si è mantenuta sostanzialmente costante fino al termine del periodo di osservazione, determinando dunque il decremento della popolazione aerobia coltivabile in tutte le sue componenti. Considerata l'entità del-

la carica totale, tale variazione non influisce sulla ricchezza complessiva del compost in microrganismi, mentre rappresenta un'importante indicazione relativamente alla scarsa capacità di singoli microrganismi, nel caso specifico di S57, di colonizzare efficacemente substrati complessi come i compost, inserendosi nelle comunità microbiche residenti.

Conclusioni

I risultati ottenuti in questa indagine hanno confermato come i substrati organici, il compost a componente prevalentemente vegetale in particolare, siano dotati di una numerosa popolazione microbica, in continua evoluzione anche oltre il termine del processo produttivo (De Bertoldi *et al.*, 1982, 1983).

La comunità di attinomiceti presenti, cui si è rivolta la maggiore attenzione, ha dimostrato inoltre grande diversità ed evidenziato una notevole attività antagonista nei confronti di funghi fitopatogeni tipici del suolo.

La batterizzazione del substrato con un ceppo selezionato di *Streptomyces* ha, inoltre, messo in luce la capacità della popolazione residente di limitare la colonizzazione del compost da parte di microrganismi esterni, anche aggiunti in quantità elevata.

Alla luce di tali considerazioni, si può affermare che il compost esaminato presenta caratteristiche, dal punto di vista microbiologico, che lo indicano come un mezzo potenzialmente utile nel controllo biologico delle malattie radicali e ne fanno ipotizzare l'impiego sia come componente di substrati di coltivazione, sia come ammendante.

Bibliografia

- BLOEMBERG G.V., LUGTENBERG B.J.J. (2001) – Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria. *Current Opinion in Plant Biology*, 4, 343-350.
- CHEN W., HOITINK H.A.J., SCHMITTHENNER A.F., TUOVINEN O.H., 1988. The role of microbial activity in suppression of damping off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathol.*, 78: 314-322
- CHEN W., HOITINK H.A.J., MADDEN L.V. (1988) – Microbial activity and biomass in container media for predicting suppressiveness to damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology*, 78, 1447-1450.
- DE BERTOLDI M., VALLINI G., PERA A. (1982) – Ecologia microbica del compostaggio. *Ann. Microbiol. Enzimol.*, 32, 121-135.
- DE BERTOLDI M., VALLINI G., PERA A. (1983) – Biology of composting: A review. *Waste Management & Research*, 1, 157-176.
- EL-TARABILY K.A. (2003) – An endophytic chitinase-producing isolate of *Actinoplanes missouriensis*, whit potential for biological control of root rot of lupin caused by *Plectosporium tabacinum*. *Australian Journal of Botany*, 51 (3), 257-266.
- EL-TARABILY K.A., SOLIMAN S.H., NASSAR A.H., AL-HASSANI H.A., SIVASITHAMPARAM K., MCKENNA F.M., HARDY G.E.St.J. (2000) – Biological control of *Sclerotinia minor* using a chitinolytic bacterium and actinomycetes. *Plant Pathology*, 49 (5), 573-583.
- FERRI M., QUARONI S., REGGIONI F., SARACCHI M., SARDI P., SIGNORINI E. (1994) – Crescita endofitica in radici di pomodoro di *Streptomyces* sp. e sua influenza sulla produzione: 5 anni di sperimentazione. " *Il Giornale Scientifiche SOI*", S. Benedetto del Tronto 22-24 giugno 1994, 139-140.
- FRANCO M., VALENCIA H. (2001) – Evaluation of actinomycetes as growth inhibitors of *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* in carnation (*Dianthus caryophyllus* var *rosana*). *Ascolfi Informa*, 27 (6), 40-43.
- HADAR Y., GORODECKI B. (1991) – Suppression of germination of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* in compost. *Soil Biol. Biochem.* 23, 303-306.
- HOITINK H.A.J., BOEHM M.J., HADAR Y. (1993) – Mechanisms of suppression of soilborne plant pathogens in compost-amended substrates. In: *Science and engineering of composting: design, environmental, microbiological and utilization aspects*. Hoitink H.A.J. and Keener M. (eds.), Wooster, Ohio, Ohio State Univ., 601-621.
- HOITINK H.A.J., STONE A.G., GREBUS M.E. (1996) – Suppression of plant diseases by composts. In: *The science of composting: Part I*. De Bertoldi M., Sequi P., Lemmes B., Papi T. (eds.). Blackie Academic & Professional, Glasgow, UK, 373-381.
- KUTER G.A., NELSON E.B., HOITINK H.A.J., MADDEN L.V. (1983) – Fungal population in container media amended with composted hardwood bark suppressive and conducive to Rhizoctonia damping-off. *Phytopathology*, 73, 1450-1456.
- LACEY J. (1973) – Actinomycetes in soil, composts and fodders. In: *Actinomycetales, Characteristics and Practical Importance*, Sykes G. and Skinner F.A. (eds.). Academic Press, London and New York, 231-251.
- LACEY J. (1978) – Ecology of actinomycetes in fodders and related substrates. In: Goodfellow M., Williams S.T. (1983).
- MANDELBAUM R., HADAR Y. (1990) – Effects of available carbon source on microbial activity and suppression of *Pythium aphanidermatum* in compost and peat container media. *Phytopathology*, 80, 794-804.
- MILLNER P.D., LUMSDEN R.D., LEWIS J.A. (1982) – Controlling plant disease with sludge compost. *BioCycle*, 23, 50-52.
- MOURA A.B., ROMEIRO R. DA S. (2000) – Use of actinomycetes pre-selected for the control of *Ralstonia solanacearum* as tomato plant growth promoters. *Revista Ceres*, 47 (274), 613-626.
- QUARONI S., SARACCHI M., SIGNORINI E. (1997) – Improvement of crop production induced by a root endophytic streptomycetes. *Atti "10th congress of the Mediterranean Phytopathological Union"*, Montpellier 1-5 giugno 1997, 449-452.
- SAHA B. (2002) – Evaluation of biological control potential of a thermophilic microbe against *Rhizoctonia solani*. *Journal of Mycopathological Research*, 40 (2), 121-123.
- SARACCHI M., QUARONI S., SARDI P., PETROLINI B. (1992) – Relationships between S57 *Streptomyces* sp. and roots and its utilization in the improvement of crop production. *Atti del convegno "New approaches in biological control of soil-borne plant diseases"* Jensen D.F., Hockenhull J., Fokkema N.J. (eds.), IOBC/WPRS Bulletin, XV/1, 110-112.
- TRESNER H.D., BACKUS E.J. (1963) – System of colour wheels for streptomycetes taxonomy. *Appl. Microbiol.*, 11, 335-338.

WILLIAMS S.T., LANNING S., WELLINGTON E.M.H. (1983) – Ecology of actinomycetes. In: *The Biology of the Actinomycetes*. Goodfellow M. *et al.* (eds.), Academic Press, London, 481-528.

WILLIAMS S.T., DAVIES F.L. (1965) – Use of antibiotics for selective isolation and enumeration of actinomycetes in soil. *J. Gen. Microbiol.*, 38, 251-261.

INDUSTRIA DEI SUBSTRATI: ASPETTI OPERATIVI, LUCI ED OMBRE

Giorgio Rampinini

VIGORPLANT ITALIA s.r.l. Via Volta 1 - 26861 Fombio (LO); e-mail: g.rampinini@libero.it

Riassunto

La produzione italiana di substrati per l'ortoflorovivaismo professionale è iniziata negli anni 70 e si è sviluppata successivamente, dal punto di vista tecnico e dimensionale, sulla spinta della evoluzione tecnica del settore e della concorrenza dei prodotti importanti.

L'ulteriore sviluppo appare limitato dalla mancanza di una legislazione specifica per i substrati che stabilisca una qualificazione dei materiali di base e dei prodotti finali.

Parole chiave: substrato, terriccio, torba.

Substrate industry: production problems, pros and cons

Abstract

The growing media production began, in Italy, in 1970's. Since then the substrate industry has been strongly expanding, driven by the horticulture overall development and by the competition with imported growing media. The further development is limited by the lack of a national specific legislation in which are stated the quality standards for raw materials and ready to use substrates.

Key words: growing medium, peat, substrate.

Introduzione

L'industria dei substrati ha come scopo quello di formulare, produrre e commercializzare materiali, costituiti da uno o più componenti organici e/o inorganici, destinati a sostenere, tali e quali, lo sviluppo del vegetale.

I destinatari della produzione sono:

- clienti professionali
- consumatori finali

Il tipo di clientela ha riflessi operativi per l'industria dei substrati in quanto determina:

- la scelta delle materie prime e la formulazione del substrato
- la organizzazione della distribuzione
- il packaging

I substrati per uso professionale sono destinati alla produzione orto-floro-vivaistica, alla formazione e manutenzione del verde pubblico e privato, in particolare:

- produzione floricola in vaso e contenitori alveolari
- riproduzione agamica e vegetativa di floricole; orticole, legnose ornamentali, frutticole, forestali
- fiori recisi ed ortaggi fuori suolo (convenzionali e biologici)
- formazione e manutenzione di tappeti erbosi
- formazione e manutenzione di verde pubblico e privato
- inverdimento di coperture e tetti pensili

Alle tipologie di impiego sopraelencate corrispondono substrati con formulazioni e caratteristiche strettamente pertinenti (substrati specifici) oppure adattabili a più situazioni od esigenze diverse (substrati standard).

Sviluppo dell'industria italiana dei substrati

Lo sviluppo dell'industria italiana dei substrati è determinato dall'evoluzione dei comparti della floricultura delle piante in vaso e del vivaismo che importa modelli di tecnica e di organizzazione produttiva dall'estero, principalmente dall'Olanda per il primo e dagli Stati Uniti per il secondo. Inoltre esercita una forte influenza la crescita e la evoluzione della produzione di substrati da parte dell'industria estera (tab. 1).

Tabella I. Evoluzione della composizione e produzione commerciale dei substrati per floricoltura in Germania ed in Italia

	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Terricci aziendali *	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX		
Substrati di torba ed argilla				XXX	XXXXXXXX	XXXXX
TKS						
Torba bionda + torba nera				XXXX	XXXXXXXXXX	XXXXX
Substrati con corteccia compostato o compost vegetale					XXXX	XXXXX
Substrati specifici					XXXX	XXXXX
Substrati per acidofile					XXXX	XXXXX
Fibra di cocco					XXXX	XXXXX

————— Germania
 XXXXXXXX Italia
 * = terriccio di prato, fogliami, terriccio di letame, terra di campo, terriccio di bosco

L'industria italiana dei substrati inizia la sua attività negli **anni '70** con lo sfruttamento e distribuzione di prodotti di origine naturale, disponibili localmente, quali le torbe erbacee dei laghi lombardi. Nello stesso periodo prende piede l'importazione di torba bionda dalla Germania e dall'Unione Sovietica ed inizia quella dei substrati pronti di origine tedesca ed olandese.

Negli stessi anni inizia anche la distribuzione dei prodotti destinati al consumatore finale.

Negli anni '70 la produzione delle piante in vaso è nella fase iniziale di diffusione e gran parte delle aziende producono internamente i substrati mescolando fogliami, letami, terra di campo, compostato degli scarti della produzione aziendale e torba. I "terricci" risultavano, spesso, disomogenei nelle caratteristiche fisico-chimiche e contaminati da malerbe e/o organismi nocivi, se non sottoposti a fumigazione o vaporizzazione. La artigianalità nella preparazione di un mezzo tecnico così importante si rifletteva in passato nella disomogeneità della produzione e, talora, in perdite accentuate di prodotto. Ma in quegli anni la situazione economica del settore era ancora florida ed il margine consentiva di compensare costi elevati di manodopera e quote significative di prodotto di seconda scelta o di scarto, peraltro assorbite dal mercato.

Nello stesso periodo inizia la sua crescita la produzione vivaistica in contenitore e quella delle giovani piante floricole.

Negli **anni '80** i floricoltori ed i vivaisti continuano a produrre in proprio i terricci utilizzando in proporzione sempre maggiore la torba bionda e scura. Solo quelli più avveduti ed i produttori di giovani piante, sulla scorta del modello di floricoltura olandese, si rivolgono ai substrati pronti, quasi esclusivamente di origine estera, motivati anche dal fatto che i costi di produzione, soprattutto l'energia e la manodopera, incominciano ad incidere pesantemente sul bilancio aziendale ed impongono di avere una produzione più sicura ed omogenea.

Le prime industrie italiane incominciano appena a vendere substrati professionali, ma sono limitate dalle scarse conoscenze, dal costo della materia prima principale, la torba tedesca, e dalla scarsa qualità di quella proveniente dall'Unione Sovietica.

Lo sviluppo della floricoltura del Nord Europa impone ai produttori locali di substrati di migliorare la qualità e di ampliare la gamma dei loro prodotti che penetrano il mercato italiano senza trovare concorrenza. A partire dagli **anni '90** la produzione floricola italiana si sviluppa notevolmente, così pure l'importazione delle piante estere la cui qualità diventa uno standard del mercato. La forte intensificazione tecnologica delle aziende floricole, la necessità di ottenere un ritorno economico dagli investimenti, una situazione di costi crescenti e di prezzi di vendita sta-

bili, la forte concorrenza esercitata dal prodotto importato impongono agli operatori del settore di ottenere produzioni programmate, di qualità media elevata e costante, attraverso l'adozione di procedure colturali e di mezzi tecnici sicuri ed affidabili. Si apre quindi il mercato per i substrati commerciali pronti, in quanto solo una minoranza di operatori rimane ancorata alla produzione aziendale del substrato ottenuto miscelando vari tipi di torba e componenti minerali come la perlite o la pomice. Anche i produttori di piante legnose in contenitore, che, per i volumi in gioco, per il basso costo della pomice e per la difficoltà di programmare le invasature, hanno persistito più a lungo nella preparazione interna del substrato, si rivolgono sempre più alle aziende esterne specializzate.

L'occasione offerta dalla apertura del mercato viene colta dalle aziende italiane che sono spinte a migliorare la loro produzione per cercare di ostacolare la penetrazione dei concorrenti esteri che, nel frattempo, ampliano la loro offerta proponendo formulazioni specifiche per pianta e per il cliente.

Le aziende italiane sono aiutate nel loro sforzo di progresso anche dalla maggiore disponibilità, dalla migliore qualità e dal minore costo della materia prima principale, la torba proveniente dalle torbiere privatizzate della area baltica.

L'interesse attuale per il mercato italiano dei substrati può essere valutato dal fatto che all'edizione 2004 del Salone Professionale per il florovivaismo Flormart di Padova erano presenti 25 aziende produttrici estere contro 12 italiane.

In realtà il numero delle industrie italiane di substrati è notevolmente superiore perché attorno ai centri di produzione floricola o vivaistica si sono sviluppati numerosi piccoli produttori, di basso livello tecnologico, che traggono profitto della vicinanza al mercato e dai bassi costi di investimento.

Aspetti operativi dell'industria dei substrati

L'industria dei substrati miscela vari componenti organici e minerali (tab. 2.), in modo da produrre substrati:

- con caratteristiche chimico-fisiche che consentano di ottimizzare l'alimentazione del vegetale;
- rispondenti alla tecnica colturale adottata e all'ambiente;
- con una struttura stabile per il tempo di coltivazione;
- indenni da organismi patogeni o concorrenti per la pianta e nocivi per gli addetti;
- con un prezzo accettabile;
- con costanza di qualità sensibile ed intrinseca fra una produzione e l'altra.

Il raggiungimento degli scopi sopra elencati viene ottenuto attraverso:

- la scelta, la lavorazione e il controllo fisico-chimico-biologico delle materie prime;
- il controllo sulle fasi del processo;
- l'analisi di alcuni parametri chimici del prodotto finale;
- la gestione dello stock del prodotto finale.

Per i prodotti personalizzati e per quelli di nuova introduzione la produzione è preceduta da una fase progettuale per tradurre in parametri fisico-chimici e, quindi, in una formula le indicazioni provenienti dalla clientela e da una preparazione di lotti test per poter valutare i risultati a livello di caratteristiche fisico chimiche finali, e per effettuare prove di coltivazione.

Tabella 2. Componenti più comuni utilizzati nella formulazione dei substrati

- Organici naturali:	<ul style="list-style-type: none"> - torbe - corteccia fresca o compostata - ammendante compostato verde - fibra di cocco - pula di riso parboiled - fibra di legno
- Organici sintetici:	<ul style="list-style-type: none"> - polistirene espanso - gommapiuma
- Inorganici da cava:	<ul style="list-style-type: none"> - pomice - lapillo - zeolite - sabbia - argilla
- Inorganici da trattamento termico:	<ul style="list-style-type: none"> - perlite - vermiculite - argilla espansa

Livello industriale

Un problema corrente e di gestione delicata è l'ottenimento della costanza di qualità, tra produzioni successive dello stesso substrato, a causa della variabilità di alcune materie prime. Il componente principale è la torba (bionda-bruna-nera) che viene importata dalle zone di produzione, principalmente l'area baltica, sotto forma di mattonelle o di prodotto semilavorato o di prodotto calibrato.

Per ragioni di sicurezza di approvvigionamento e di quantità la stessa tipologia di torba viene acquistata da più di un fornitore, per cui alla sua naturale variabilità dovuta alle origini, si aggiunge quella derivante dalla diversità del processo di estrazione e di lavorazione, dal grado di umidità e di maturazione, differenti fra torbiera e torbiera.

La torba è soggetta a disponibilità ciclica, ma lo stoccaggio di ingenti masse è reso difficoltoso, soprattutto alle nostre latitudini, dalla tendenza a fermentare, per cui gli arrivi vengono distribuiti cercando di equilibrare esigenze produttive e possibilità logistiche.

Anche altre materie prime naturali come la fibra di cocco ed il compost da verde, in maggiore ragione, presentano una accentuata variabilità a seconda della provenienza, della lavorazione, della maturazione. Lo stesso problema, sia pure in misura molto minore, si pone con i materiali minerali naturali che variano nelle caratteristiche fisiche a seconda della cava di estrazione.

Sia per le materie prime organiche che minerali esistono poi tensioni di mercato a livello di disponibilità e di prezzo, a causa dell'ingresso dei paesi baltici nella U.E., delle pressioni ambientaliste e della concorrenza per gli altri impieghi più remunerativi, (p.e. combustione per produrre energia nel caso della torba, pula di riso, cippato di legno).

La variabilità a livello delle materie prime obbliga l'industria di substrati oltre che a un programma di controllo qualitativo sui materiali in ingresso, anche a una costante gestione delle formulazioni in modo da compensare le variazioni e mantenere costante la qualità.

Livello commerciale

Lo sviluppo dell'industria italiana dei substrati è stato determinato dall'apertura progressiva del mercato, dovuta all'evoluzione del florovivaismo e del paesaggismo.

Questo mercato è ancora in fase di espansione perché si riduce sempre di più la convenienza economica dell'autoproduzione, (tab. 3.)

Tabella 3. Prospettive del mercato dei substrati

Settore	Valutazione dell'evoluzione
Floricoltura di piante in vaso e simili	stabile
Vivaismo in contenitore	espansione sul breve e medio termine
Ortaggio fuori suolo	espansione per ritiro del bromuro di metile
Fiore reciso fuori suolo	espansione, nel breve termine, per il ritiro del bromuro di metile
Verde pubblico e privato	forte espansione nel medio e lungo termine
Tappeti erbosi	forte espansione nel medio e lungo termine
Mercato hobbistico	stabile, espansione per il prodotto di qualità

Inoltre l'industria italiana dei substrati può trarre vantaggio da:

- minori costi di trasporto, rispetto al prodotto importato
- maggiore flessibilità e rapidità di consegna
- disponibilità di alcune materie prime importanti per settori specifici (p.e. materiali vulcanici)
- migliore contatto col cliente
- flessibilità produttiva per esigenze specifiche e settori particolari
- ampia gamma di offerta

Di contro la concorrenza delle aziende estere, soprattutto quelle tedesche ed olandesi, esercita una pressione sempre più forte sul mercato italiano perché i loro mercati interni sono in fase di stabilità, come dimostra l'apertura in Italia di stabilimenti appartenenti a gruppi esteri.

La concorrenza estera è anche rafforzata da:

- dimensione maggiore delle aziende
- disponibilità di materia prima a costi minori grazie alla vicinanza con i luoghi di estrazione e ai trasporti per acqua
- tradizione di produzione e crescita con un mercato più esigente

- sostegno di centri di ricerca consortili e pubblici con una forte competenza nel settore
- immagine di serietà
- certificazione di qualità di processo e di prodotto da parte di enti specifici (RHP, RAL)

Quest'ultimo aspetto è una discriminante di importanza attuale ma che avrà peso crescente nel medio e lungo periodo.

Aspetti legislativi

La difficoltà di qualificazione del prodotto deriva anche dalla mancanza di una legislazione specifica sui substrati.

Infatti la legge 748 del 19/X/1984 e le successive modifiche classificano i prodotti, che possono essere utilizzati come substrati professionali, come ammendanti organici naturali nei tipi:

- ammendante torboso composto
- torba acida
- torba neutra

Nel primo tipo sono ammessi come componenti dei materiali discutibili tecnicamente per la coltura fuori suolo, mentre sono esclusi altri, "inerti", che hanno una funzione positiva e spesso fondamentale dal punto di vista agronomico.

Nel tipo torba acida, possono ricadere solo i substrati per le acidofile che non contengono né concime né altri materiali come pomice o perlite o lolla che pure sono indicati per le colture di queste piante.

Nel tipo torba neutra, possono essere compresi i substrati a base di torba con pH superiore a 5, ma non quelli con aggiunte di argilla in quanto la legge ammette solo la presenza di materiale terroso presente in origine nel giacimento.

Inoltre per l'ammendante torboso composto è imposta la vendita a peso, mentre tutto il mondo dei substrati ragiona in termini di volume, per la determinazione del quale esistono norme ben precise (DIN 11540 del 1978, CEN 12580 del 1999).

Solo per le torbe la legge impone la vendita per volume ma non ne indica il modo di determinazione.

Questa mancanza di una legislazione specifica consente di impiegare nella produzione dei substrati materiali molto disparati, variabili, talora fitotossici, instabili, che determinano sul mercato confusione, concorrenza sleale, danni all'immagine del prodotto italiano.

La produzione di substrati contenenti materiali agronomicamente positivi ma esclusi dalla normativa, come i minerali da cava o da trattamento termico, ne comporta l'esclusione dalla categoria dei fertilizzanti ammendanti e quindi conseguenze anche a livello fiscale.

Bisognerebbe invece che fosse varata una normativa specifica, dotata dei relativi metodi di analisi ufficiali per i substrati e sulla loro qualificazione, nei riguardi di:

- materiali componenti;
- granulometria;
- densità apparente;
- caratteristiche ideologiche;
- pH;
- indice di salinità;
- elementi minerali solubili.

In tal modo la classificazione qualitativa diventerebbe più chiara ed uniforme, rendendo il mercato più trasparente.

PANORAMICA SUI SUBSTRATI PER LA COLTIVAZIONE IN "FUORI SUOLO"

Elvira Rea

CRA Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante Via della Navicella, 2 - 00184 Roma; e-mail: elvira.rea@entecra.it

Riassunto

Per allevamento in condizioni di "fuori suolo" si intende la coltivazione di una pianta su un substrato, inteso come l'ambiente in cui il sistema radicale si possa sviluppare, trovando l'ancoraggio, l'acqua e gli elementi nutritivi necessari. I substrati utilizzati, che fondamentalmente devono avere una scarsa dotazione di elementi nutritivi e proprietà costanti ed uniformi, sono potenzialmente numerosi e possono essere suddivisi in base alla loro natura (organici e minerali) e in funzione della loro origine (naturali e industriali). Scopo del lavoro è quello di un approfondimento sui substrati più utilizzati e l'individuazione di nuovi alternativi che possano essere sostitutivi della torba, substrato più comunemente utilizzato, ma in progressivo esaurimento in quanto fonte non rinnovabile.

Parole chiave: Torba, compost, sottoprodotti agroindustriali.

Soilless growing media

Abstract

The physical and chemical properties of different substrates used for soilless culture are discussed. Substrate is an important factor, a choice must be realized according to its chemical and physical properties in order to obtain the best growth of ornamental and vegetable plants. Many kinds of material can be used, organic and mineral, natural or industrial.

Keywords: Peat, compost, agroindustrial waste.

Introduzione

La tecnica della coltivazione in "fuori suolo", nel settore dell'orto-floricoltura è una realtà ormai consolidata soprattutto in nord Europa (Brun, 2000; van Os e Stanghellini, 2001); anche in Italia si contano ormai zone floreali ed orticole in Liguria, Toscana, Lazio, Campania, Sicilia, Sardegna, e Puglia (Tosco *et al.*, 2000; Farina e Volpi, 2000). Le motivazioni che hanno spinto verso questa espansione sono molteplici e sono di ordine produttivo, economico ed ambientale (Trentini, 1995). Da un lato, infatti, vive l'esigenza della standardizzazione della produzione, per rispondere ad un mercato che prevede una costanza di presenza di prodotti per tutto l'arco dell'anno, nel rispetto degli standard di qualità e secondo le ultime tendenze nutrizionistiche (Schnitzler e Gruda, 2003; Raffo *et al.*, 2003, Guler *et al.*, 1995). I sistemi di coltivazione devono inoltre rispondere ad esigenze ambientali, operando verso una riduzione e controllo delle emissioni. La tecnica ha comunque stentato a decollare per motivi diversi, in primo luogo gli alti costi di impianto accompagnati da una scarsa assistenza tecnica qualificata che ha costretto per anni gli operatori del settore a rivolgersi a tecnici stranieri.

I motivi dell'espansione sono da ricercare nei numerosi vantaggi che questa tecnica offre rispetto alla coltivazione tradizionale su suolo:

- possibilità di coltivazione anche in zone a scarsa fertilità o con elevato inquinamento dei suoli;
- ridotta manodopera (alcune pratiche tipiche della coltivazione su suolo sono completamente abolite, come le lavorazioni, la fumigazione, l'irrigazione);
- possibilità di massimizzare la produzione mediante una maggiore densità culturale;
- possibilità di ottimizzare le condizioni nutrizionali delle piante;
- possibilità di realizzare condizioni fitosanitarie migliori e più facilmente controllabili;
- possibilità di realizzare un sistema di coltivazione completamente automatizzato e computerizzato;
- risparmio di acqua, fertilizzanti, ed energia.

A questi vantaggi ne vanno aggiunti altri; fondamentale è la possibilità, offerta dai sistemi a "ciclo chiuso" senza dissipazione di fertilizzanti e antiparassitari nel terreno, di ridurre l'inquinamento ambientale. E' possibile inoltre, eliminare le perdite di acqua percolata, utilizzando al meglio quella disponibile. Ovviamente non ci sono solo vantaggi. Gli svantaggi sono:

- i costi iniziali piuttosto elevati;
- necessità di qualificare il personale addetto;
- la reazione delle piante ad eventuali squilibri nutrizionali può essere, in alcuni casi incredibilmente veloce, in tal caso sarebbero necessari controlli costanti nel tempo dell'impianto;
- non ultima, ma di primaria importanza, la necessità di maggiori finanziamenti per ricerche volte alla selezione di nuove varietà adatte alla coltivazione su fuori suolo.

L'allevamento in condizioni di "fuori suolo" prevede l'uso di un substrato che può essere di tipo organico, inorganico o di tipo misto. Viene definito substrato l'ambiente in cui il sistema radicale delle piante si sviluppa, trovando ancoraggio, acqua e gli elementi nutritivi necessari, consentendo lo svincolamento dalle condizioni pedologiche della realtà agronomica aziendale (Sogni, 1988).

Attualmente nella moderna ortofloricoltura si sono diffuse le tecniche di coltivazione in bancale e in contenitori di vario genere. La soluzione nutritiva viene somministrata periodicamente, a seconda del sistema di irrigazione scelto. Il più diffuso è costituito da gocciolatoi. Gli impianti possono essere a ciclo aperto e a ciclo chiuso. La differenza fondamentale è che in quest'ultimo la soluzione nutritiva, anziché essere scaricata al di fuori del sistema, viene raccolta attraverso un sistema di pompe, rimessa nel circuito e riutilizzata.

I substrati utilizzati per l'allevamento di piante che fundamentalmente devono avere una scarsa dotazione di elementi nutritivi e proprietà costanti ed uniformi, sono potenzialmente numerosi e possono essere divisi in base alla loro natura: organici e minerali, in funzione della loro origine: naturali e industriali (Benton Jones, 1997; Noto, 2002; Tesi, 1984).

Substrati naturali

Organici

Il substrato organico-naturale più utilizzato, è in assoluto la torba. si origina da residui dei vegetali di specie del genere *Sphagnum*, *Tricophorum*, *Carex*, *Eriophorum* ecc, in condizioni di anaerobiosi e basse temperature in ambienti saturi d'acqua (fondo di laghi, paludi e stagni), in condizioni cioè che rallentano la completa decomposizione della sostanza organica.

Le torbe si dividono in alte e basse, in dipendenza delle condizioni pedoclimatiche, in cui sono originate.

I paesi maggiori produttori di torbe sono: Russia, Paesi del Baltico, Inghilterra, Irlanda, Canada, Germania, Finlandia, Svezia, Norvegia.

Le torbe alte si dividono in torbe brune, originatesi dallo strato più profondo molto decomposto e torbe bionde originatesi dallo strato più superficiale di colore chiaro. Sono caratterizzate da scarsa concentrazione in elementi nutritivi, buona stabilità strutturale e pH acido.

Le torbe basse tipiche delle zone temperate, provengono principalmente da Italia e Francia Occidentale. Sono di colore molto scuro, infatti sono dette torbe nere, presentano porosità libera quasi nulla, salinità sovente eccessiva, pH lievemente superiore all'optimum, eccessiva concentrazione di elementi nutritivi.

Per l'allevamento in fuori suolo si preferiscono generalmente le torbe alte per le loro caratteristiche di pH e dotazione di elementi nutritivi. La torba, infatti, risulta essere il substrato più richiesto da coloro che operano nel settore, tale esigenza ha determinato, nel corso degli anni, un intenso sfruttamento delle già limitate torbiere con diminuzione della qualità, incremento del prezzo ed esaurimento progressivo delle fonti di approvvigionamento. Nasce così la necessità di sostituire questo materiale di coltura con altre fonti organiche di più opportune caratteristiche economiche.

La torba viene normalmente utilizzata in miscela, allo scopo di migliorarne le caratteristiche fisiche. I materiali più comunemente utilizzati a questo scopo sono sia naturali come le foglie e le lettiere e inorganici come pozzolana, pomice o sabbia, o di tipo industriale come la vermiculite e la perlite.

Altri substrati organici naturali sono i derivati della lavorazione del legno e i sottoprodotti dell'industria agroalimentare.

Inorganici

Tra i substrati naturali inorganici la sabbia è originata dalla frammentazione di rocce silicee o calcaree, da questo deriva che si possono avere sabbie tra loro diverse in dipendenza dalla roccia da cui provengono. I parametri maggiormente influenzati dalla provenienza sono: pH che varia da 6 a 8, la CSC, contenuto in sale (sabbia di duna), contenuto in cloruri (di mare).

La sabbia più comunemente utilizzata per la coltivazione, in miscele che vanno dal 10 al 30% in volume, con materiale organico è quella di fiume, dopo lavaggio.

La pozzolana, il tufo e la pomice, sono originati da materiali vulcanici; si presentano più o meno spugnosi per la presenza di cavità. La pozzolana presenta una CSC nulla, mentre è modesta per il tufo e la pomice.

A causa della loro lenta degradabilità pongono problemi di smaltimento anche se permettono di ottenere substrati di lunga durata e, almeno nella fase iniziale, risultano praticamente sterili. Vengono utilizzati anche in miscela con la torba.

Substrati Industriali

Organici

Tra i substrati industriali organici il polistirene o polistirolo si ottiene per polimerizzazione dello stirene, ha una struttura granulare che va da 4 a 10 mm, ed è un materiale estremamente leggero. La ritenzione idrica di questo substrato è molto limitata: è utilizzato in miscela comunemente con la torba per aumentare la permeabilità e l'aeraggio.

La schiuma poliuretana si ottiene dalla condensazione e polimerizzazione dell'iso-cianato. Ha una struttura porosa che contiene molta aria e acqua. L'acqua però non viene trattenuta, la CSC e potere tampone sono pressoché nulli; per l'allevamento in "fuori suolo" viene normalmente utilizzato sotto forma di lastre di coltivazione; può essere utilizzato anche da solo.

Inorganici

La perlite si ottiene da sabbie silicee di origine vulcanica. Dopo estrazione questo silicato di alluminio che costituisce la perlite grezza, viene sottoposto a frammentazione e a processi che prevedono elevate temperature.

L'insieme delle particelle porose di colore bianco che si formano durante il processo di riscaldamento viene detto perlite espansa ed è il prodotto che viene utilizzato, in particolare quello a granulometria tra 1,5 e 2,5 mm.

Ha una buona capacità idrica, ma assicura una modesta disponibilità di acqua; viene utilizzata in miscela con la torba, generalmente al 50% (v/v).

La lana di roccia è uno dei substrati più utilizzati. E' di natura fibrosa e, per l'allevamento in fuori suolo, viene utilizzata sotto forma di lastre. E' un materiale chimicamente inerte, con buona capacità idrica e facilità di sgrondo, utilizzata in miscela, migliora le caratteristiche del substrato. Le lastre normalmente utilizzate sono di dimensioni (100 x 20 x 7,5) e con orientamento della struttura fibrosa e quindi della capacità di ritenzione idrica, in funzione dell'ambiente di coltivazione.

Principali caratteristiche dei substrati

La scelta di un substrato deve essere operata in base alle sue caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche e contestualmente alla scelta della composizione e modalità di somministrazione della soluzione nutritiva.

Tutti questi fattori sono indipendenti: per un determinato substrato esiste una composizione e somministrazione della soluzione nutritiva ottimale. Nel caso in cui uno di questi fattori venga modificato, gli altri due devono essere attentamente valutati allo scopo di limitare gli eventuali danni alle colture (Lamaire, 1995).

Tra le caratteristiche fisiche sono importanti la porosità e la capacità di ritenzione idrica. La porosità, per un dato substrato, non assume valori costanti, per tutto il ciclo vegetale. Questo a causa di diversi fattori che possono intervenire come la compressibilità del materiale, e per l'evoluzione biologica della sostanza organica (Tesi *et al.*, 1985).

Tra le caratteristiche chimiche è di fondamentale importanza la capacità di scambio che indica la capacità del substrato di trattenere i micro e macro elementi utilizzati come fertilizzanti.

Gioca un ruolo importante nella nutrizione minerale, in quanto regola gli scambi tra ioni adsorbiti e quelli in soluzione.

Substrati che non posseggono CSC sono ad esempio la perlite, la sabbia, le fibre al contrario della torba.

Tra le altre caratteristiche chimiche possiamo ricordare l'eventuale immobilizzazione dovuta a precipitazioni degli elementi minerali, il pH, il potere di fissare il fosforo.

Le caratteristiche biologiche dei substrati riguardano i substrati organici e sono da tenere in grande considerazione, in quanto influenzano anche le caratteristiche chimico-fisiche. La stabilità della sostanza organica dipende dal tasso di degradazione da parte dei microrganismi con conseguente formazione di nuovo materiale organico (Lamaire, 1993).

La mineralizzazione della sostanza organica, porta a diverse variazioni come diminuzione della porosità, aumento del pH e della CSC, aumento della compattezza, con conseguente diminuzione di porosità e diminuzione del-

la dimensione delle particelle, aumento di salinità e sintesi di nuovi composti organici (Lamaire, 1993). Per questi motivi è di fondamentale importanza conoscere la stabilità del materiale organico che viene utilizzato come substrato.

Un parametro sufficientemente attendibile per questo scopo è il rapporto carbonio/azoto (C/N), un più alto rapporto C/N significa un lento processo di mineralizzazione e una maggiore stabilità organica e quindi una maggiore stabilità del substrato durante il ciclo di allevamento; presupposto essenziale per la conduzione di un allevamento su substrato.

Substrati alternativi

Da quanto precedentemente detto, l'esigenza attuale più pressante è quella di un approfondimento sulle caratteristiche dei diversi substrati che possano essere utilizzati soprattutto per limitare l'uso della torba, fonte non rinnovabile. Numerosi sono i lavori presenti in letteratura che prevedono l'ottimizzazione d'uso di diversi substrati, utilizzando sia specie orticole che floricole (Allaire *et al.*, 2004; Garcia-Gomez, *et al.*, 2002; Gruda e Schnitzler, 2001; Inden e Torres, 2004; Park *et al.*, 2004; Riviere e Caron, 2001; Salerno *et al.*, 2004; Stepowska e Kowalczyk, 2001). In quest'ottica, numerose ricerche sono in corso anche presso il nostro Istituto, allo scopo di individuare substrati alternativi che diano gli stessi risultati dal punto di vista qualitativo e quantitativo. La prima problematica affrontata, è stata quella di una riduzione dei quantitativi di torba, quando utilizzata in miscela con perlite. Dai dati presenti in letteratura risulta che la percentuale di torba più comunemente utilizzata è al 50%, nelle nostre prove è stata utilizzata al 30% in volume, riducendone notevolmente la quantità. I risultati produttivi e qualitativi sono stati del tutto paragonabili a quelli ottenuti sul substrato torba/agriperlite al 50% (Rea *et al.*, 1999; Rea *et al.*, 2002).

Un altro filone di ricerca ha riguardato l'individuazione di substrati alternativi. Si riportano i risultati di una ricerca condotta su zucchino svolta in collaborazione con il dipartimento di Produzione Vegetale dell'Università della Tuscia (Colla *et al.*, 2001; Roupheal *et al.*, 2004, Roupheal *et al.*, 2004).

La prova sperimentale è stata condotta in serra, presso l'Azienda Sperimentale dell'Università degli Studi della Tuscia (Viterbo). Il tunnel destinato alla coltivazione senza suolo era costituito da due settori entrambi attrezzati con quattro bancali fissi e un sistema per il recupero della soluzione nutritiva. In una seconda serra è stata effettuata la coltivazione su un suolo di medio impasto, di buona fertilità chimica. I trattamenti sono stati ottenuti variando il substrato colturale: lana di roccia (Grodan), perlite (perlite italiana), e fibra di cocco (Cocco Ter). La cv Afrodite (Sandoz Seeds) è stata trapiantata allo stadio di prima foglia vera sia su terreno che in senza suolo. La biomassa secca di peponidi, foglie, steli e totale è stata significativamente influenzata dai trattamenti (tab.1).

Tabella 1. Effetto dei trattamenti sulla produzione di sostanza secca di peponidi, foglie, steli, fiori maschili e femminili e totale (Lettere diverse indicano differenze significative per $P \leq 0,05$)

Trattamento	Sostanza secca (g/pianta)					
	Peponidi	Foglie	Steli	Fiori maschili	Fiori femmine	Totale
Fibra di cocco	121,4 a	207,4 ab	33,3 ab	2,6 a	6,9 a	371,6 ab
Pomice	116,8 a	201,5 ab	33,4 ab	2,9 a	6,4 a	361,0ab
Perlite	112,9 a	186,0 ab	30,4 ab	2,4 a	6,3 a	338,0 ab
Lana di roccia	98,6 b	168,9 b	26,6 b	2,4 a	5,2 a	301,7 b
Terreno	94,1 b	268,9 a	37,6 a	2,5 a	5,6 a	408,7 a

Poiché nessuna differenza significativa è stata osservata per la percentuale di sostanza secca nelle diverse componenti della pianta, gli andamenti della produzione di sostanza secca di peponidi hanno ricalcato quelli della produzione fresca, con valori più elevati per le piante coltivate in senza suolo su FC, PE e PO rispetto a quelli ottenuti LR e terreno. La biomassa secca delle foglie, steli e totale è risultata più elevata nel terreno che nella LR, mentre gli altri substrati hanno fornito valori intermedi non statisticamente diversi da quelli ottenuti sugli altri. La minore produzione di peponidi e l'elevata biomassa epigea delle piante coltivate su terreno hanno determinato una riduzione dell'indice di raccolta rispetto a quello delle piante coltivate in senza suolo (da 0,22 a 0,32). I risultati di questa sperimentazione confermano la possibilità di incrementare la produzione di peponidi e l'efficienza d'uso dell'acqua rispetto al sistema tradizionale su terreno mediante la coltivazione senza suolo con sistema a ciclo chiuso.

Lo zucchino ha mostrato una buona adattabilità a tutti i substrati a confronto, anche se le piante coltivate su LR hanno evidenziato una maggiore suscettibilità a danni da freddo rispetto a quelle coltivate sugli altri substrati.

I risultati di questa ricerca indicano anche che se è possibile raggiungere ottimi livelli produttivi in senza suolo a ciclo chiuso con tutti i substrati valutati, per le aree produttive del Lazio si consiglia l'uso della PO per l'elevata disponibilità in loco, il costo piuttosto contenuto e per la facilità di smaltimento del materiale.

L'Italia inoltre, è uno dei principali paesi produttori di agrumi del bacino del Mediterraneo; le specie maggiormente coltivate nel nostro Paese sono arance, limoni e clementine. Tutti i processi di trasformazione utilizzati nell'industria agrumaria danno origine a tre prodotti principali: succo, olio essenziale e pastazzo (scorze, polpa e semi). I primi due costituiscono i prodotti principalmente vendibili, il terzo viene, invece, considerato sottoprodotto a basso valore o scarto della lavorazione. Oltre ai residui solidi, l'industria agrumaria produce una quantità rilevante di reflui costituiti dalle acque di lavaggio dei frutti, delle apparecchiature, dei pavimenti e dalle acque e dai fanghi provenienti dalle centrifughe impiegate per la separazione delle essenze. Ricerche effettuate in passato avevano mostrato sia l'elevata qualità del pastazzo e del fango per quanto riguarda la composizione chimica sia la fattibilità tecnica della produzione di un compost di qualità (Rapisarda *et al.*, 1998). Scopo della ricerca condotta è stato quello di valutare la possibilità di utilizzo di due compost prodotti con i residui dell'industria agrumaria come substrato per l'allevamento di piante in condizioni di "fuori suolo" (Calabretta *et al.*, 2004; Tittarelli *et al.*, 2003). La prova è stata condotta in serra, le piante sono state allevate in contenitori di polistirolo espanso riempiti con le miscele dei substrati oggetto di studio. Sono stati utilizzati due compost: convenzionale (C-Conv) al quale oltre al pastazzo ed ai residui verdi sono stati aggiunti fanghi di depurazione; biologico (C-biol) senza aggiunta di fanghi di depurazione. Tutti i compost utilizzati nella prova sono stati addizionati con agriperlite in rapporto 1:2; il controllo era costituito da torba in miscela con agriperlite (1:2) (tab. 2).

Tabella 2. Composizione dei substrati utilizzati nella prova

Tesi	Substrati
Con	Torba bionda ed agriperlite (1:2)
C-conv	Compost convenzionale [Pastazzo (40%), fanghi di depurazione dell'industria agrumaria (20%), residui verdi (40%)] miscelato con agriperlite (1:2)
C-biol	Compost biologico [Pastazzo (60%), residui verdi (40%)] miscelato con agriperlite (1:2)

I parametri chimico-fisici dei compost utilizzati vengono riportati in tab. 3, la prova è stata condotta su indivia riccia (*Cichorium endivia*). Le piante allevate su entrambi i compost hanno mostrato un aumento, statisticamente significativo, del peso fresco, peso secco e della superficie fogliare rispetto alle piante allevate su torba. Per quanto riguarda invece il numero di foglie per pianta, le tesi che hanno previsto l'uso di compost convenzionale e biologico, hanno presentato un numero inferiore di foglie; le piante allevate su entrambi i compost presentavano quindi meno foglie ma di dimensioni maggiori rispetto alle piante allevate su torba. Questo in modo più evidente nelle piante allevate su compost biologico rispetto al compost convenzionale. I risultati ottenuti indicano la possibilità di poter utilizzare compost derivati da prodotti di scarto dei processi di trasformazione dell'industria agrumaria nell'allevamento delle piante in condizioni di fuori suolo con notevoli vantaggi sia per gli operatori del settore sia per gli operatori dell'industria agrumaria. Le maggiori regioni produttrici di agrumi quali la Sicilia, la Calabria, la Basilicata, la Puglia e la Sardegna si trovano di fronte, ogni anno, al problema sempre più grave dello smaltimento di notevoli quantità di pastazzo e di effluenti che essendo sottoposti a trattamento di depurazione, generano fanghi. Tale smaltimento ha pesanti ricadute economiche ed ambientali (Intrigliolo *et al.*, 2001). Quindi la possibilità di poter riutilizzare questi prodotti di scarto, previo compostaggio, come substrati per l'allevamento in idroponia costituisce una soluzione a tale problema, facendo diventare una voce di costo per le amministrazioni di queste regioni, una fonte di reddito attraverso la loro commercializzazione. Ma questo non sarebbe l'unico vantaggio. Essi risolverebbero anche il problema spinoso dell'esaurimento delle torbiere. Tali substrati alternativi, risultando addirittura più efficaci nel migliorare le caratteristiche produttive della coltura in oggetto rispetto all'allevamento tradizionale su torba, possono sostituire pienamente e brillantemente quest'ultima. E' bene sottolineare che a differenza degli altri substrati ottenuti da residui di attività industriali compostati (Sogni, 1988), questi hanno contenuti di metalli pesanti che rientrano nei limiti imposti dalla legge 748/84, permettendone così l'utilizzo non solo su colture floricole ed ornamentali ma anche su colture destinate al consumo, come nel caso da noi analizzato. I risultati da noi ottenuti, rivestono un'importanza rilevante in quanto la ricerca ha previsto la sostituzione totale della torba. Si rende necessaria comunque una più accurata caratterizzazione di questi substrati in termini di porosità totale, capacità di ritenzione idrica ed acqua facilmente disponibile. Devono, inoltre, essere individuate le condizioni ottimali per una ottimizzazione d'uso; vanno condotte ulteriori esperienze di allevamento su altre colture per studiare la versatilità del substrato, condizione fondamentale per un loro riutilizzo su più colture in successione.

Tabella 3. Parametri chimico-fisici dei compost e limiti di legge (Intrigliolo *et al.*, 2001)

Parametro	C-conv	C-biol	Legge 748/84- Circ. Mipaf 8/99 (*)
PH	8.4	8.5	8.5
Ceneri (%)	37.5	24.6	-
C. org. Tot. (%)	31	38	<25
N tot. (%)	2.8	2.5	-
P ₂ O ₅ (%)	2.3	0.7	-
K ₂ O (%)	0.8	0.7	-
C/N	12	15	>25
C da acidi umici e fulvici (%)	14	18	<7
Cd tot. (mg/kg)	1.5	<0.5	1.5
He tot. (mg/kg)	<0.1	<0.1	1.5
Cu tot. (mg/kg)	37	32	150
Zn tot. (mg/kg)	320	99	500
Ni tot. (mg/kg)	31	20	50
Pb tot. (mg/kg)	10	13	140
Cr(VI) tot. (mg/kg)	Non rilevabile	Non rilevabile	0.5
Cond. Elett. (mS/cm)	2.08	1.78	-

I valori sono riferiti alla sostanza secca a 105 °C

(*) Per le tipologie di compost che non prevedono la presenza esclusiva di sostanza organica di Rsu proveniente da raccolta differenziata, non sono previste ulteriori limitazioni rispetto alla legge 748/84 per i parametri sopra riportati.

Bibliografia

- ALLAIRE, S., CARON, J., MÉNARD, C. AND DORAIS, M. 2004. Growing media varying in particle size and shape for greenhouse tomato. In: B. Alsanius et al., (ed.) Growing Media and Hydroponics Acta Hort. Proc. Inter. Symp. Alnarp, Sweden February 2004 Acta Horticol. 644:307-311.
- BENTON JONES J., 1997. Hydroponics, a practical guide for the soilless grower. St. Lucie Press, Boca Raton, Florida U.S.A. pp.230.
- BRUN R., 2000. Colture floricole fuori suolo in Francia. In: Strategie per la riduzione dell'impatto ambientale - Convegno sulle colture floricole fuori suolo. Ercolano, Italia 25 novembre 2000, Atti n. 19:9-21.
- CALABRETTA M.L., TITTARELLI F., TRINCHERA A., DI BARTOLOMEO E., GIUFFRIDA A., DE SIMONE C., PIERANDREI F., SALERNO A., REA E., INTRIGLIOLO F. (2004) Citrus waste as matrix for compost production Proc. Xth Int. Citrus Congress, Agadir, Marocco in press.
- COLLA G., ROUPHAEL Y., PIERANDREI F., REA E., SALERNO A., MARUCCI A., GUSMAN A., SACCARDO F. 2001 Produttività ed accrescimento dello zucchini in fuori suolo su diversi substrati a confronto con la coltivazione su suolo. Atti Convegno "La coltivazione degli ortaggi senza suolo" Italus Hortus 8(6), 52-54.
- FARINA E., VOLPI L., 2000. Fuori suolo per le specie ornamentali in Italia: stato dell'arte e interventi a supporto. In: Strategie per la riduzione dell'impatto ambientale - Convegno sulle colture floricole fuori suolo. Ercolano, Italia 25 novembre 2000, Atti n. 19:33-40.
- GARCIA-GOMEZ A., BERNAL M.P., ROIG A: 2002 Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes. Biresurs Technology 83:81-87.
- GRUDA N., SCHNITZLER W.H: 2001. Physical properties of wood fiber substrates and their effect on growth of lettuce seedling (*Lactuca sativa* var. capitata L.). In: E. Maloupa, D. Gerasopoulos (ed.) Growing Media and Hydroponics Proc. Inter. Symp. Kassandra, Macedonia, Greece, March 2001, Acta Horticol. 548: 415-424.
- GULER H.G., OLYMPIOS C., GERASOPOULOS D., 1995. The effects of the substrate on the fruit quality of hydroponically grown melons (*Cucumis melo*, L.) In: D. Gerasopoulos et al.(ed.) Quality of Fruit and Vegetables: Influence of Pre- and Post- Harvest Factors and Technology. Proc. Inter. Symp., Chania, Crete, Greece, June 1995, Acta Horticol. 379:261-265.
- INDEN H., TORRES A. 2004. Comparison of four substrates on the growth and quality of tomatoes In: B. Alsanius et al., (ed.) Growing Media and Hydroponics Acta Hort. Proc. Inter. Symp. Alnarp, Sweden February 2004 Acta Horticol. 644: 205-210.
- INTRIGLIOLO F., CALBRETTEA M.L., GIUFFRIDA A., TORRISI B., RAPISARDA P., TITTARELLI F., ANSELMINI M., ROCCUZZO G., TRINCHERA A., BENEDETTI A., 2001. Compost degli scarti dell'industria agrumaria. L'informatore Agrario, LVII 4:35-39.
- LEMAIRE F., 1995. Physical, chemical and biological properties of growing medium. In: T. Ito et al. (ed.) Hydroponics and Transplant Production. Proc. Inter. Symp., Kyoto, Japan, Marzo 1995 Acta Horticol. 396:273-284.
- NOTO G. 2002. I substrati di coltivazione per i sistemi fuori suolo. In: "Elementi tecnici per la coltivazione idroponica in floricoltura". Ace International Ed. ISBN 88-87387-03-6. Pag.27-48.
- PARK H.J., JUNG Y.K., KIM K.H., SON J.E. 2004. Comparison of physical and chemical properties of growing media based on the european standard method and the self-compaction method. In: B. Alsanius et al., (ed.) Growing Media and Hydroponics Acta Hort. Proc. Inter. Symp. Alnarp, Sweden February 2004 Acta Horticol. 644:225-230.
- RAFFO A., SALUCCI M., AZZINI E., BERTONE A., QUAGLIA G.B. LA MALFA G., FOGLIANO V., GRAZIANI G. 2003. Nutritional characteristics of greenhouse cherry tomatoes. In: G. La Malfa et al. (ed.) Protected cultivation in mild winter climate: product and process innovation. Proc. Inter. Symp., Ragusa-Sicilia Italy, 5-8 Marzo 2002, Acta Horticol. 614, Vol. II: 681-686.
- RAPISARDA P., INTELISANO S., FANELLA F., INTRIGLIOLO F., TITTARELLI F., CANALI S., BENEDETTI A., SEQUI P., 1998. Utilizzo degli scarti di lavorazione dell'industria agrumaria. L'informatore Agrario, 11:93-97.

- REA E., PIERANDREI F., CANTONE P., MALETTA M. 1999. Contenuto degli elementi nutritivi in gerbera coltivata su substrato. *Colture Protette*, 6: 71-75.
- REA E., SALERNO A., PIERANDREI F., 2002. Prove di allevamento di Gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) su senza suolo in condizioni di limitata disponibilità di elementi nutritivi. Atti del Convegno "Colture floricole fuori suolo: strategie per la riduzione dell'impatto ambientale, Ercolano Novembre 2000, 19: 159-162.
- RIVIERE L.M., CARON J. 2001 Research on substrates: state of the art and need for the incaming 10 yers. In: E. Maloupa, D. Gerasopoulos (ed.) *Growing Media and Hydroponics Proc. Inter. Symp. Kassandra, Macedonia, Greece, March 2001, Acta Horticol.* 548:29-42.
- ROUPHAEL Y., CARDARELLI M., FANASCA S., SALERNO A., REA E., COLLA G. 2004. Water use efficiency of greenhouse summer squash in relation to the method of culture: soil vs. soilless. *International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics.* 14-19 Novembre 2004 Almeria (Spagna) in press.
- ROUPHAEL Y., COLLA G., BATTISTELLI A., MOSCATELLO S., PROIETTI S., REA E. 2004. Yield, water requirement, nutrient uptake and fruit quality of zucchini squash grown in soil and closed soilless culture. *J. Horticulture Science Biotechnology*, 79 (3) 423-430.
- SALERNO A., PIERANDREI F., COLLA G., SACCARDO F., Rea E. 2004. Floating system cultivation of radish (*Raphanus sativus* L.): production and quality. *International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics.* 14-19 Novembre 2004 Almeria (Spagna), in press.
- SCHNITZLER W.H., GRUDA G.B. 2002. Quality Issues of Greenhouse Production. In: G. La Malfa et al. (ed.) *Protected cultivation in mild winter climate: product and process innovation. Proc. Inter. Symp., Ragusa-Sicilia Italy, 5-8 Marzo 2002, Acta Horticol.* 614, Vol. II: 663-674.
- SOGNI S., 1988. Substrati tradizionali e substrati alternativi per la coltivazione in contenitore. *L'informatore Agrario* 1:79-88.
- STEPOWSKA A.J., KOWALCZYK W. 2001. The effects of growing media on yield and nitrate in lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.) In: E. Maloupa, D. Gerasopoulos (ed.) *Growing Media and Hydroponics Proc. Inter. Symp. Kassandra, Macedonia, Greece, March 2001, Acta Horticol.* 548:503-510.
- TESI R., 1984. Substrati in ortofloricoltura. *Colture Protette.* 12:23-28.
- TESI R., TOGNONI F., GIUSTINIANI L., 1985. Caratteristiche fisiche e fisico-chimiche dei substrati destinati alle colture in contenitore. *Colture protette.* 4:21-27.
- TITTARELLI F., TRINCHERA A., INTRIGLIOLO F., PIERANDREI F., CALABRETTA M.L., DE SIMONE C., REA E., 2003. Production and utilization of compost from citrus wastes of industrial processing. *Proc. of ORBIT:* 818-826.
- TOSCO D., DI DONNA A., FONTANA N., 2000. Colture floricole fuori suolo in campania: aspetti economici, agroambientali e normative. In: *Strategie per la riduzione dell'impatto ambientale - Convegno sulle colture floricole fuori suolo. Ercolano, Italia 25 novembre 2000, Atti n.* 19:41-54.
- TRENTINI L., 1995. Orticole e fiori: è vantaggioso coltivarli "fuori suolo"? *Agricoltura* 24-25.
- VAN OS E.A., STANGHELLINI C., 2001. Diffusion and Enviromental Aspects of soilless growing systems. *Atti Conv. Naz. La coltivazione degli Ortaggi Senza Suolo, Mola di Bari, Italia 15-16 novembre 2001, Italus Hortus* Vol. 8, n. 6: 9-23.

DIMENSIONE E PROSPETTIVE DEL MERCATO DEI SUBSTRATI COLTURALI

Guido Sali

Dipartimento di Economia e Politica Agraria, Agro-alimentare e Ambientale
Università degli Studi di Milano Via Celoria, 220133 Milano: e-mail: guido.sali@unimi.it

Riassunto

L'evoluzione del mercato dei substrati colturali è condizionata da alcuni fattori, tecnici ed economici, tra i quali meritano attenzione il costo di produzione, la domanda finale, l'evoluzione della disponibilità delle materie e il miglioramento tecnologico.

Nella presente relazione viene preso in considerazione il mercato dei principali componenti dei substrati, quali la torba e il compost, attraverso i quali si evidenzia sia il crescente impiego di substrati registrato negli ultimi anni, sia l'evoluzione nell'impiego delle materie prime, che vede un crescente uso di compost in vari tipi di ammendanti.

A questa progressiva sostituibilità tra torba e compost, che comporta rilevanti conseguenze positive per l'ambiente, occorre affiancare l'analisi delle funzioni economiche di produzione, che indagano cioè le relazioni tra il costo dei fattori ed il valore della produzione che, come è noto, dipende dalle variabili quantitative e qualitative del prodotto.

Parole chiave: substrati colturali, torba, compost, mercato, domanda.

The cultivation substrates trend market

Abstract

The cultivation substrates trend market is affected by some factors, both technical and economic. A few of them, like the production costs, the effective demand (or aggregate demand), the commodity supply trend and the technological progress are worth attention.

In the current report, the main components market of substrates as peat and compost are considered. Relating to them, it's pointed out both the raising use of substrates registered in the last few years and the trend of commodity use. All these relevant factors make the compost and soil improvers' use increase, as it happens.

This progressive replaceability of peat and compost, that brought positive effects to the environment, requires the economic analysis of the production functions. The aim of these functions is to look into the input cost and outcome value intercourse, which is dependent on quantitative and qualitative variables of the product, as it is well known.

Key words: cultivation substrates, peat, compost, market, demand

Introduzione

L'interesse per la formulazione e l'impiego di substrati colturali tradizionali e innovativi appare crescente negli ultimi anni, stimolato soprattutto da un sensibile aumento del mercato e dalle buone opportunità economiche per gli operatori del settore.

Ma se la ricerca si è sviluppata intorno alle funzioni tecniche, riguardanti le caratteristiche e le potenzialità legate al processo produttivo sia in termini quantitativi che qualitativi, decisamente minore è l'analisi dell'efficienza economica relativa ad un fattore della produzione così importante nel settore dell'ortoflorovivaismo. Infatti il contributo del costo dei substrati sul costo totale di produzione in questo settore è compreso, a seconda dei materiali impiegati e dei processi interessati, tra l'8 e il 15% (Centemero, 2001).

E' dunque importante considerare sia l'efficienza tecnica, ossia la capacità di ottenere il massimo output (anche in termini qualitativi) a partire da un dato insieme di input, sia l'efficienza economica, consistente nell'utilizzo ottimale di un insieme di input, dati i rispettivi prezzi. Per quanto riguarda i substrati colturali ci troviamo di fronte ad un prodotto intermedio che presenta un costo di produzione, dipendente strettamente dalla composizione merceologica, ed una funzione produttiva sulla quale valutare l'efficienza tecnica ed economica. Dal punto di vista della composizione la varietà di formulati ottenibili è elevata, dato che possono essere utilizzate materie prime organiche insieme a materie prime inorganiche. Tra le prime sono comprese le torbe, la fibra di cocco, i compost e i fanghi, le cortecce, la pula e la lolla di riso, ecc.; tra le seconde vengono impiegate la perlite, la pomice, l'argilla espansa, la vermiculite, la sabbia, la lane di roccia, ecc.

I substrati colturali appartengono alla categoria degli *ammendanti organici naturali*, facenti parte a loro volta degli *ammendanti e correttivi*, disciplinati dalla legge 748/84, modificata dal DM 27/03/98. Tra gli ammendan-

ti organici naturali impiegati come substrati troviamo le torbe, l'ammendante torboso composto, l'ammendante vegetale semplice, l'ammendante compostato misto e l'ammendante compostato verde. Tra questi riveste un ruolo del tutto prevalente l'ammendante torboso composto, che comprende la maggior parte dei substrati per colture in contenitore. Questa tipologia di ammendante ha un contenuto minimo di torba pari al 50, mentre la rimanente quota deve essere costituita da ammendante compostato verde e/o misto. Anche l'ammendante vegetale semplice prevede la presenza di torba in misura non superiore al 20%. Appare quindi chiara l'importanza che rivestono oggi la torba e il compost, i principali costituenti organici dei substrati.

Le tendenze di mercato

La torba

La torba ha avuto negli ultimi anni un deciso incremento negli utilizzi agricoli, erodendo gradualmente gli impieghi per scopi energetici che, pur rimanendo i più rilevanti in termini quantitativi, utilizzano oggi poco più della metà della torba importata. Dal 1999 al 2003 l'importazione di torba è rimasta pressoché costante, oscillando tra i 5,0 e i 5,8 milioni di quintali. Per contro l'uso agricolo è passato da 1,2 a 2,3 milioni di quintali, coprendo una quota via via crescente che dal 22% del 1999 è arrivata al 43% nel 2003 (figura 1).

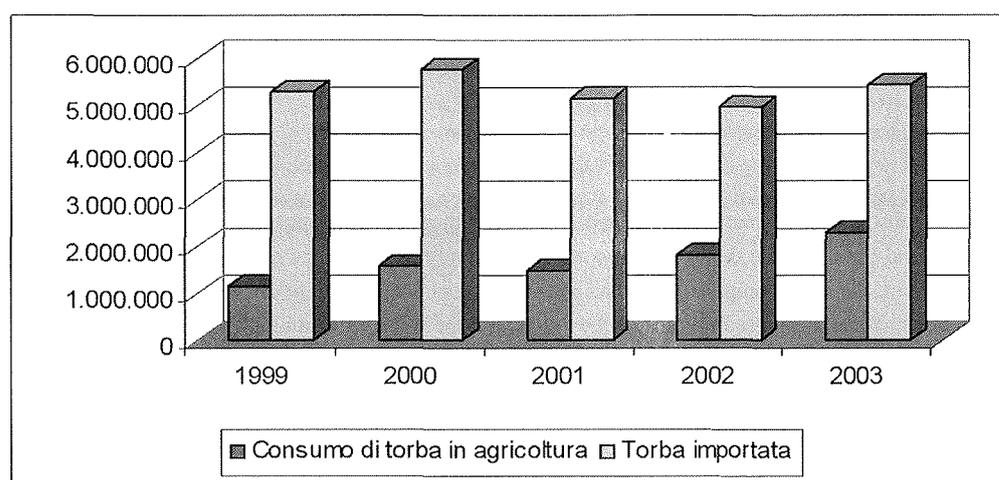


Figura 1. Confronto tra consumi di torba per usi agricoli e importazione di torba

Il forte incremento dell'uso di torba è ascrivibile soprattutto all'impiego per la formulazione degli ammendanti torbosi e di quelli vegetali il cui consumo è aumentato rispettivamente di 2 e 14 volte (tabella 1 e figura 2). La quantità di torba stimata nei substrati appartenenti agli ammendanti vegetali semplici e agli ammendanti torbosi è stata ricavata dalle percentuali previste per legge, attribuendo rispettivamente il 20% e il 50% di torba.

Tabella 1. Consumo di torba in agricoltura (quintali)

	1999	2000	2001	2002	2003
Torba	687.140	1.043.030	768.220	827.501	1.038.606
Ammendanti torbosi	896.945	908.008	1.249.630	1.476.442	1.685.019
di cui torba	448.473	454.004	624.815	738.221	842.510
Ammendanti vegetali	154.391	424.489	538.246	1.291.567	2.227.745
di cui torba	30.878	84.898	107.649	258.313	445.549
Totale torba	1.166.491	1.581.932	1.500.684	1.824.035	2.326.665
Torba importata	5.317.579	5.807.708	5.184.709	4.977.714	5.461.360
% torba per agricoltura	21,9%	27,2%	28,9%	36,6%	42,6%

Fonte: nostra elaborazione dati Istat e Starnet-Unioncamere

Le rilevazioni della statistica ufficiale rileva nel contempo un deciso incremento dei prezzi dei concimi e ammendanti, sia rispetto ai prezzi dei consumi intermedi, sia rispetto all'indice generale dei prezzi alla produzione. Si rileva infatti che mentre i consumi intermedi e i costi alla produzione nel periodo 1994-2002 mostrano un aumento dei prezzi compreso tra il 15% e il 18%, concimi e ammendanti registrano una variazione del 31,8%, evidenziando una tendenza decisamente più marcata (figura 3).

La distribuzione territoriale del consumo di torba presenta forti disomogeneità. Le regioni nelle quali il consumo è più elevato sono la Lombardia, il Veneto, la Liguria, il Lazio, la Toscana e l'Emilia Romagna; complessivamente in queste regioni vengono utilizzati i due terzi della torba consumata in Italia (tabella 2). Nel periodo 1998-2002 si evidenzia il significativo incremento della quota della Lombardia, che aumenta di tre punti percentuali, e del Lazio, mentre la Campania scompare dalle regioni con il maggior consumo. Complessivamente lei sei regioni a maggiore consumo mantengono nel 2002 una quota simile al 1998, mentre in valore assoluto si assiste al raddoppio delle quantità di torba utilizzate.

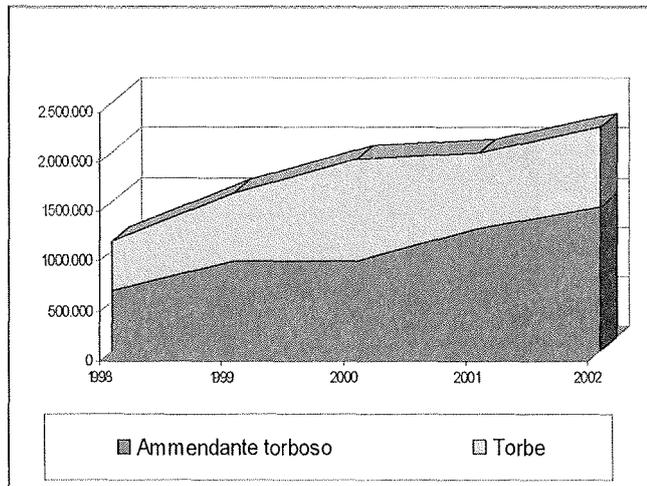


Figura 2. Dinamica del consumo di torbe e ammendanti torbosi

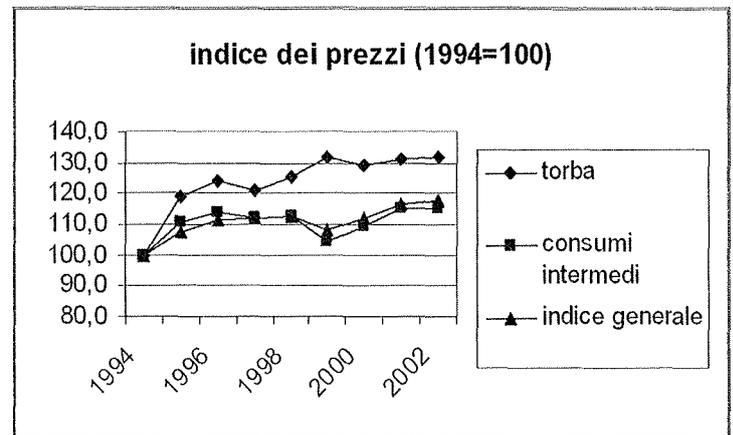


Figura 3. Indice del prezzo della torba in relazione agli indici dei prezzi dei consumi intermedi e dell'indice generale dei prezzi alla produzione in agricoltura

Tabella 2. Consumo di torba nelle principali regioni italiane (quintali)

	1998		2002	
Lombardia	153.016	16,88%	Lombardia	345.636 19,29%
Veneto	136.260	15,03%	Veneto	289.927 16,18%
Liguria	110.478	12,19%	Liguria	173.360 9,68%
Toscana	73.621	8,12%	Lazio	158.737 8,86%
Campania	62.299	6,87%	Toscana	123.010 6,87%
Emilia Romagna	60.599	6,68%	Emilia Romagna	117.584 6,56%
Totale	596.272	65,77%	Totale	1.208.254 67,45%

Fonte: ns elaborazione dati Istat

La torba è importata quasi totalmente ed il bilancio commerciale coincide quasi per intero con il dato relativo alle importazioni. Nell'ultimo decennio le importazioni sono passate da 420.000 a 546.000 tonnellate, con un incremento del 30% (figura 4). Nel corrispondente periodo il costo delle importazioni è aumentato del 18%, grazie principalmente ad uno spostamento dei flussi d'importazione che in questo periodo si sono concentrati sulle repubbliche baltiche da cui oggi si importa il 30% della torba (figura 5). Fino all'anno 2000 i paesi dell'Ue-15 erano i quasi esclusivi fornitori di torba (tabella 3). Successivamente il forte incremento del prezzo, dovuto anche alle misure di conservazione messe in atto da molti paesi (tra cui la Germania, la Svezia e la Danimarca) nei confronti delle torbiere, ha reso conveniente l'approvvigionamento presso quei paesi, tra cui le repubbliche baltiche, che presentano prezzi competitivi (figura 6).

Tabella 3. Principali paesi esportatori verso l'Italia (milioni di euro)

1995			2003		
Germania	25,5	51,7%	Germania	26,7	46,0%
Paesi Bassi	7,7	15,7%	Lettonia	8,7	15,1%
Lituania	3,2	6,5%	Paesi Bassi	4,9	8,4%
Irlanda	3,0	6,1%	Estonia	4,4	7,6%
Svezia	2,9	6,0%	Lituania	4,1	7,1%
Danimarca	1,9	3,8%	Irlanda	2,9	5,1%
Totale	44,3	89,7%	Totale	51,8	89,3%

Fonte: ns elaborazione dati Istat

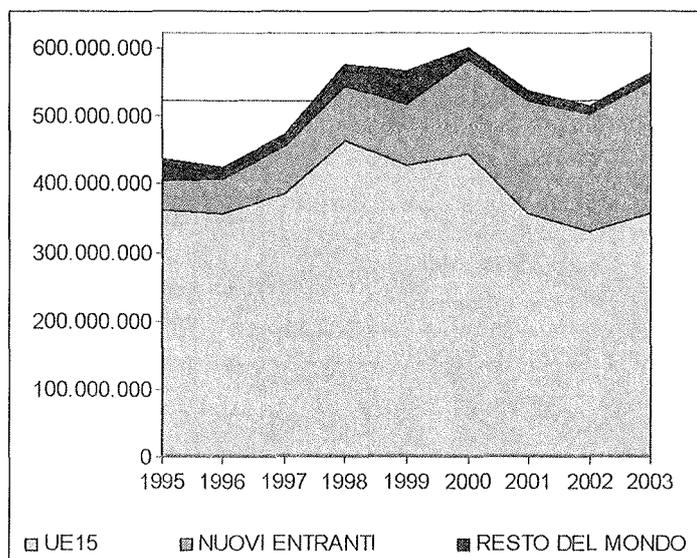


Figura 4. Importazioni di torba (chilogrammi)

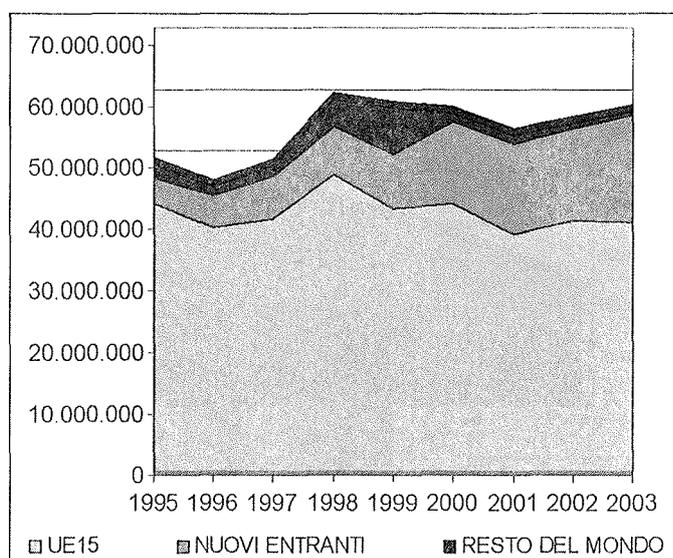


Figura 5. Importazioni di torba (euro)

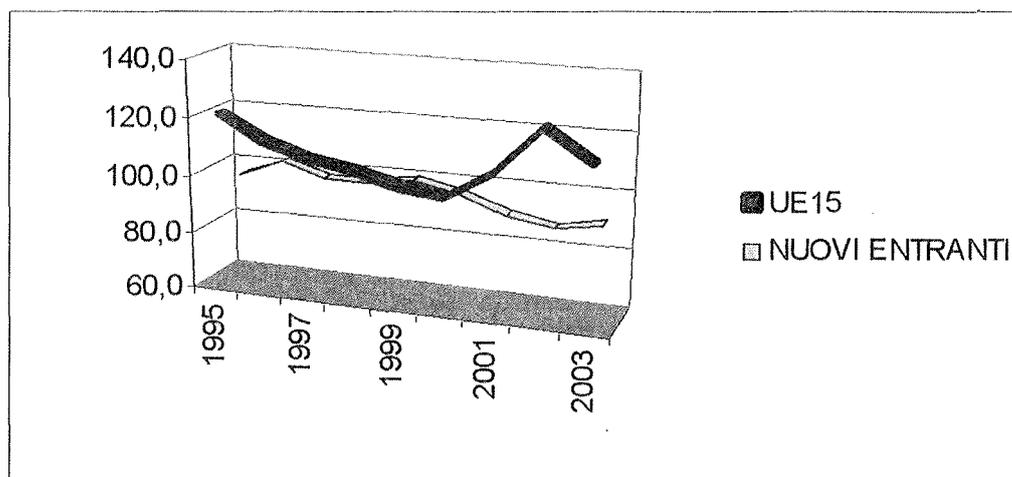


Figura 6. Prezzo della torba importata (euro/tonnellata)

Il compost

Anche il compost ha subito negli ultimi anni un deciso aumento sia nella produzione che negli impieghi. La raccolta differenziata della frazione organica dei rifiuti è in costante aumento, secondo la programmazione adottata dagli enti locali in attuazione del decreto Ronchi. Dalle 400.000 tonnellate annue di compost prodotto nel 1997 si è arrivati alle 600.000 tonnellate del 2001, crescita accompagnata da una progressiva diffusione di centri di compostaggio che peraltro rimangono concentrati al centro-nord (tabella 4).

Il mercato di riferimento per gli ammendanti compostati è soprattutto quello dei terricci per uso hobbistico, verso il quale è destinato circa il 50% della produzione; la rimanente quota è destinata agli operatori professionali, produttori orto-florovivaisti, professionisti del giardinaggio e agricoltori per impiego in pieno campo.

I canali distributivi variano a seconda del destinatario finale. Se questo è costituito dall'impresa orto-florovivaistica generalmente il canale è diretto con il produttore dei substrati. Nel caso invece dell'utilizzatore hobbistico diventa rilevante il ruolo della grande distribuzione e dei garden center che consentono una diffusione capillare a livello territoriale.

Tabella 4. Diffusione e capacità produttiva degli impianti di compostaggio

Regione	N. impianti	Potenzialità totale (t/anno)	Rifiuti verdi trattati (t/anno)
Piemonte	37	354.290	111.443
Lombardia	39	515.050	181.793
Trentino A.A.	15	96.568	9.731
Veneto	10	370.000	90.452
Friuli V.G.	3	7.315	2.193
Liguria	2	26.000	10.909
Emilia Romagna	15	351.060	50.308
Toscana	9	105.148	42.511
Marche	2	65.000	5.505
Abruzzo	2	73.539	5.420
Campania	1	3.000	600
Puglia	2	213.250	2.474
Totale Italia	137	2.180.220	513.339

La domanda

Le considerazioni legate ai canali distributivi portano a porre l'attenzione al lato della domanda, ossia agli utilizzatori di substrati colturali. In termini schematici la domanda può essere suddivisa in due categorie: l'agricoltura professionale e l'hobbistica. Nel primo caso i substrati colturali fanno parte dei fattori produttivi e rappresentano prodotti intermedi che contribuiscono a formare il costo di produzione dei prodotti finali; nel caso dell'impiego hobbistico sono da considerarsi beni di consumo.

Per quanto riguarda l'impiego professionale può essere utile esaminare l'evoluzione dei comparti di riferimento, ed in particolare il comparto florovivaistico che rappresenta quello dimensionalmente più significativo. La produzione florovivaistica ha seguito un trend di crescita fino al 1995, per poi ripiegare negli anni successivi attestandosi nel 2003 intorno ai 1.600 milioni di euro (figura 7).

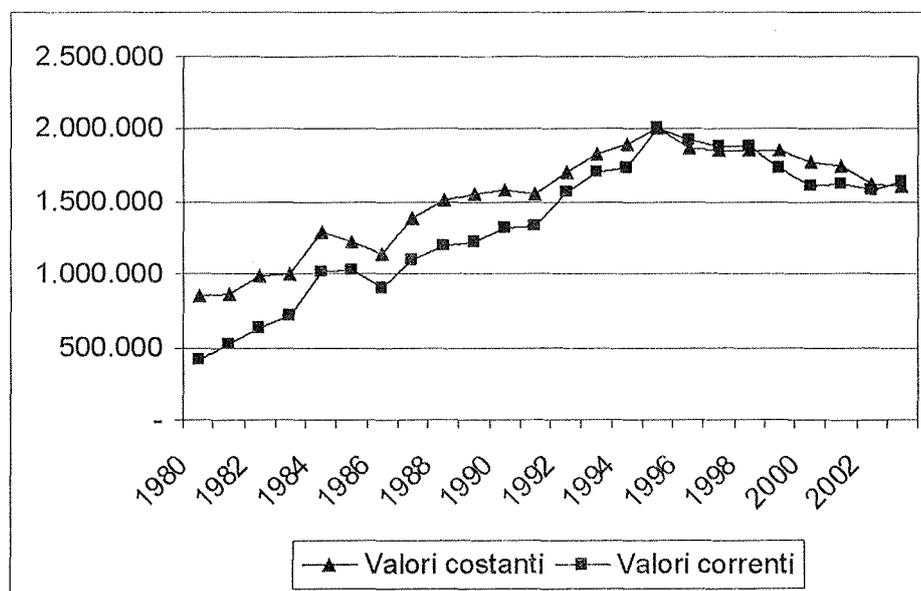


Figura 7. Produzione florovivaistica (migliaia di euro)

Nel contempo si è verificato un forte impulso nel settore hobbistico il quale, oltre ad assorbire una quota rilevante dei terricciati (50%), consente di realizzare prezzi elevati grazie alle modalità di vendita, alle dimensioni delle confezioni destinate al consumo e alla segmentazione del mercato attraverso il moltiplicarsi dei formulati commerciali. Va anche rilevato che la domanda si mantiene vivace anche a fronte del sensibile incremento della produzione di substrati e che i prezzi non manifestano tensioni al ribasso anche in presenza di una continua espansione dell'offerta in atto da diversi anni.

Conclusioni

L'evoluzione del mercato dei substrati colturali è condizionata da alcuni fattori, tecnici ed economici, tra i quali meritano attenzione:

- la domanda finale
- la funzione tecnica e il miglioramento tecnologico
- il costo di produzione
- l'evoluzione della disponibilità delle materie prime

Questi fattori sono strettamente legati fra di loro e la loro analisi consente di avanzare alcune considerazioni che coinvolgono sia il mercato sia gli strumenti conoscitivi per un monitoraggio efficace del comparto. Va innanzitutto evidenziato che se la domanda degli utilizzatori rappresenta il primo presupposto per un'evoluzione positiva del mercato, le modalità con le quali si va incontro a tale domanda costituiscono la chiave della sostenibilità economica. In questo contesto il vincolo che traspare in tutta evidenza è la caratteristica di esauribilità della materia prima fondamentale, ossia la torba. In una prospettiva futura occorrerà fare i conti con tale vincolo e indirizzare la spinta dell'innovazione tecnologica verso prodotti in grado di sostituire le funzioni tecniche della torba, sostituzione parzialmente avviata con il progressivo miglioramento delle tecniche di compostaggio. In questo campo la ricerca e la sperimentazione sono ad uno stadio avanzato, tanto che le funzioni tecniche di produzione sono analizzate sotto ogni aspetto. Sicuramente meno numerosa è la casistica delle funzioni economiche di produzione, che indagano cioè le relazioni tra il costo dei fattori, ed in particolare dei substrati utilizzati, ed il valore della produzione che, come è noto, dipende dalle variabili quantitative e qualitative del prodotto. In questo senso appare importante affiancare ai risultati tecnici quelli economici, in modo da evidenziare le ricadute reddituali delle funzioni di produzione.

In un'ottica di lungo periodo non può essere sottaciuto il valore ambientale di una progressiva sostituibilità tra torba e compost, grazie al doppio risultato conseguibile: da un lato si frena la distruzione delle torbiere, il cui valore ambientale è ormai unanimemente riconosciuto; dall'altro si incentiva il processo di riutilizzo e valorizzazione di rifiuti con gli ovvi vantaggi dovuti al risparmio di risorse e di energia.

Occorre infine rimarcare che la mancanza di una classificazione statistica adeguata impedisce di disporre di informazioni puntuali sul mercato di substrati colturali, che meriterebbero invece una classificazione merceologica autonoma; solo così sarebbe possibile il monitoraggio degli impieghi e l'analisi delle relazioni di filiera.

Bibliografia

- ANPA, 2001. I fertilizzanti commerciali. Aspetti normativi e primi risultati sulla caratterizzazione analitica di alcuni prodotti in commercio, Rapporti 3/2001.
- CENTEMERO M., 1998. Analisi dimensionale ed economica del mercato potenziale. In: Genevini P.L. (a cura di) Compost e agricoltura, Fondazione Lombardia per l'Ambiente.
- CENTEMERO M., 2001. Il compost nei terricci per il florovivaismo, Fertilizzanti, n.3.
- GENEVINI P.L., 1998. Compost e agricoltura, Fondazione Lombardia per l'Ambiente.

ANALISI DELLA COMPOSIZIONE DEI SUBSTRATI COLTURALI TRAMITE SPETTROSCOPIA NEL VICINO INFRAROSSO (NIR)

Patrizia Zaccheo, Daria Orfeo, Giovanni Cabassi, Laura Crippa, Valeria Messa, Pierluigi Genevini

Dipartimento di Produzione Vegetale, Università di Milano, Via Celoria 2, 20133 Milano; e-mail: patrizia.zaccheo@unimi.it

Riassunto

In questo lavoro sono riportati i risultati di uno studio relativo alla risposta spettrale dei più comuni componenti i substrati colturali e alla stima della composizione dei substrati stessi. Sono stati registrati spettri NIR di 75 campioni di torbe bionde, brune, nere, pomice, perlite, sabbia, bentonite e montmorillonite. La variabilità spettrale dei materiali è stata valutata attraverso l'analisi delle componenti principali (PCA). Il modello predittivo della composizione percentuale di un substrato colturale a quattro componenti è stato ottenuto con 126 combinazioni (v/v) di perlite, torba bionda, torba bruna e torba nera. Le calibrazioni per la stima della percentuale di ciascun componente nella miscela sono state sviluppate mediante PLS (Partial Least Square). I risultati ottenuti possono essere considerati soddisfacenti ai fini di un controllo di qualità dei prodotti commerciali.

Parole chiave: Substrato colturale, spettroscopia NIR, torba, stima della composizione

Prediction of growing media composition by NIR spectroscopy

Summary

This paper reports the results of a study on the NIR spectral responses of the most common ingredients of potting media and on the prediction of media formulation. NIR spectra were recorded for 75 samples representing light, dark and black peats, pumice, perlite, sand, bentonite and montmorillonite. Principal Component Analysis (PCA) was applied in order to evaluate the spectral variability of the materials. The prediction of the percentage formulation of a four component potting media was performed on 126 combinations (v/v) of perlite and light, dark and black peats. Calibration equations were developed by Partial Least Square (PLS) in order to estimate the percentage of each constituent in the mixtures. The obtained results can be regarded as acceptable for a quality control of potting media.

Keywords: Growing media, Near infrared spectroscopy, Peat, Prediction of growing media composition

Introduzione

La spettroscopia nel vicino infrarosso (NIR) è una tecnica analitica che ha rivoluzionato negli ultimi 25 anni l'analisi qualitativa e quantitativa di numerosi materiali; oggi viene routinariamente impiegata nel settore alimentare, agrario, farmaceutico, tessile, ecc...

Recenti lavori hanno evidenziato che la spettroscopia NIR può essere impiegata con successo per la caratterizzazione analitica di suoli e compost (Reeves *et al.* 2000; Sharma & Kilpatrick 2000; Chodack *et al.* 2002; Moron & Cozzolino 2003), suggerendone l'applicazione anche allo studio della composizione e delle proprietà dei terricci per l'allevamento delle piante in contenitore.

Il lavoro riportato esplora la potenzialità della spettroscopia NIR nel distinguere i più comuni costituenti dei substrati e di stimarne la loro percentuale in una miscela.

Materiali e metodi

Sono stati prelevati da tre aziende produttrici del Nord Italia due gruppi di campioni. Il primo gruppo è costituito da 66 campioni di differenti tipologie di torba, nello specifico 14 torbe bionde, 11 torbe brune, 2 torbe nere e 29 torbe definite commercialmente "pesanti", ottenute dalla miscelazione di torba bionda e nera. Il secondo gruppo è costituito da 9 campioni dei materiali inorganici più utilizzati nella preparazione dei substrati (tabella 1).

Tutti i campioni sono stati essiccati in stufa ventilata a 105 °C per 24 ore e macinati a 1 mm. Gli spettri NIR sono stati acquisiti mediante uno strumento FOSS-TECATOR modello 5000, dotato di monocromatore a scansione di tipo olografico con campo di lettura da 1100 a 2500 nm e risoluzione a 2 nm.

Per ogni materiale sono stati acquisiti due spettri riempiendo due volte il porta campioni con 20 g di materiale macinato. Lo spettro finale è ottenuto dalla media delle due acquisizioni. Per l'elaborazione dei dati spettrali ci si è avvalsi del software WINISI II (Infrasoft International - Foss Tecator).

Per ridurre gli effetti di scattering gli spettri sono stati trattati matematicamente applicando l'algoritmo SNV (*Standard Normal Variate*), per eliminare le anomalie (offset) della linea di base si è provveduto al calcolo della derivata prima (fig. 1).

Tabella 1. Popolazione campionaria

C.	Tipo	Origine	C.	Tipo	Origine	C.	Tipo	Origine
1	pomice	Italia	FT4	torba pesante	Lettonia	FT29	torba bruna	Lettonia
2	pomice	Italia	FT5	torba pesante	Lettonia	FT30	torba bruna	Lettonia
4	sabbia	Italia	FT6	torba bionda	Lettonia	FT31	torba pesante	Lettonia
6	montmorillonite	Italia	FT7	torba pesante	Lettonia	FT32	torba bruna	Lettonia
7	perlite	Italia	FT8	torba pesante	Lettonia	FT33	torba pesante	Lettonia
8	sabbia	Italia	FT9	torba pesante	Lettonia	FT34	torba pesante	Lettonia
9	pomice	Italia	FT10	torba bionda	Lettonia	FT35	torba bionda	Lettonia
11	bentonite	Italia	FT11	torba pesante	Lettonia	FT36	torba pesante	Lettonia
12	perlite	Italia	FT12	torba bruna	Lettonia	FT37	torba bionda	Lettonia
T1	torba bruna	Irlanda	FT13	torba bruna	Lettonia	FT38	torba bionda	Lettonia
T2	torba bionda	Lituania	FT14	torba bruna	Lettonia	FT39	torba bionda	Lettonia
T3	torba bionda	Lituania	FT15	torba bionda	Lettonia	FT40	torba pesante	Lettonia
T4	torba nera	Lituania	FT16	torba bruna	Lettonia	FT41	torba pesante	Lettonia
T5	torba pesante	Lituania	FT17	torba pesante	Lettonia	FT42	torba pesante	Lettonia
T6	torba bionda	Lituania	FT18	torba pesante	Lettonia	FT43	torba pesante	Lettonia
T7	torba bionda	Lituania	FT19	torba pesante	Lettonia	FT44	torba pesante	Lettonia
T8	torba nera	Lettonia	FT20	torba bruna	Lettonia	FT45	torba pesante	Lettonia
T9	torba bruna	Irlanda	FT21	torba pesante	Lettonia	FT46	torba bionda	Lettonia
T10	torba bionda	Lettonia	FT22	torba pesante	Lettonia	FT47	torba pesante	Lettonia
T11	torba bionda	Lettonia	FT23	torba pesante	Lettonia	FT48	torba pesante	Lettonia
T12	torba pesante	Lettonia	FT24	torba bruna	Lettonia	FT49	torba bionda	Lettonia
T13	torba bionda	Lettonia	FT25	torba bruna	Lettonia	FT50	torba pesante	Lettonia
FT1	torba pesante	Lettonia	FT26	torba bruna	Lettonia	FT51	torba bionda	Lettonia
FT2	torba bionda	Lettonia	FT27	torba pesante	Lettonia	FT52	torba bionda	Lettonia
FT3	torba bionda	Lettonia	FT28	torba bruna	Lettonia	FT53	torba pesante	Lettonia

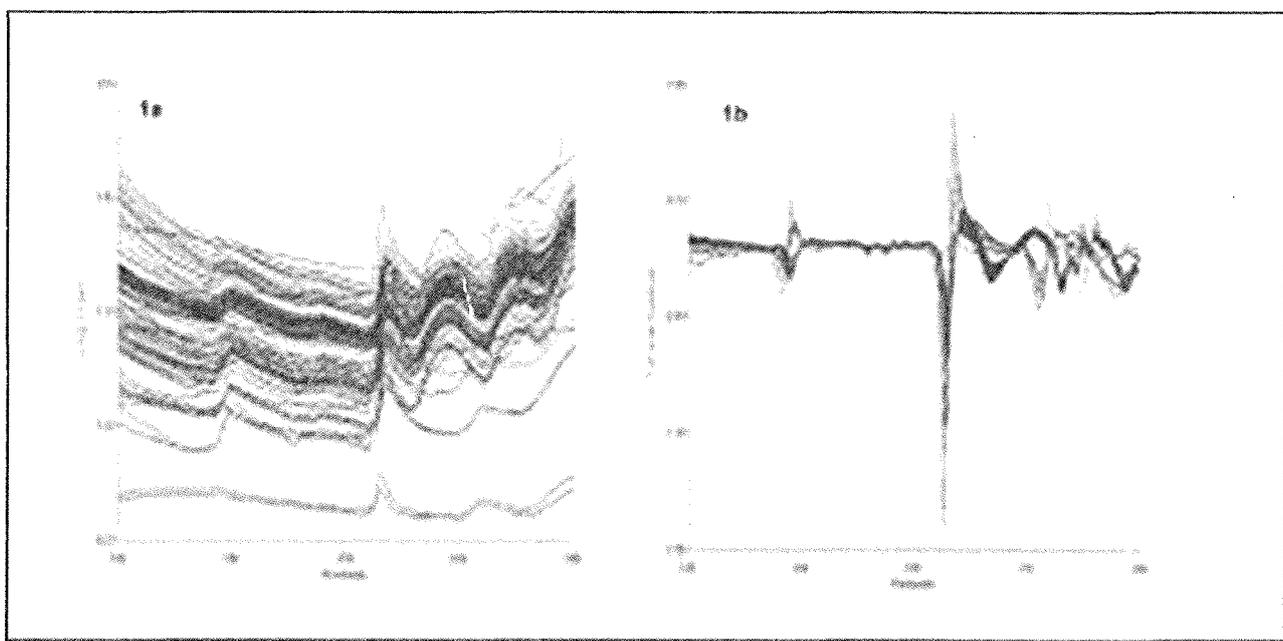


Figura 1. Spettri di tutti i materiali originali (a) e dopo preprocessamento (b)

Risultati

Studio della variabilità spettrale

Per descrivere e valutare la variabilità spettrale dei set campionari si è proceduto all'analisi delle componenti principali (PCA). Il parametro utilizzato per stimare le differenze spettrali è stata la distanza di Mahalanobis, che misura, la distanza dei campioni dal centroide dello sciame di punti. I punti rappresentano i campioni nello spazio definito dai fattori derivanti dalle combinazioni lineari delle più significative lunghezze d'onda. Tutti i campioni con una distanza di Mahalanobis maggiore di tre appartengono al secondo gruppo di campioni costituito dai materiali inorganici, che pertanto mostra caratteristiche spettrali nettamente differenti da quelle delle torbe (Fig. 2).

Attraverso lo spettro della deviazione standard ottenuto dallo spettro medio delle torbe e quello dei materiali inorganici (figura 3) è possibile studiare la variabilità complessiva. Per ciascun numero d'onda (k) è stata calcolata la deviazione standard delle assorbanze (a_{SDk}) secondo l'equazione:

$$a_{SDk} = \sqrt{[\sum(a_{iK} - \bar{a}_k)^2 / (n-1)]}$$

dove a_{SDk} è la deviazione standard del campione al numero d'onda k , a_{iK} è l'assorbanza di ciascun campione e \bar{a}_k è la media delle assorbanze.

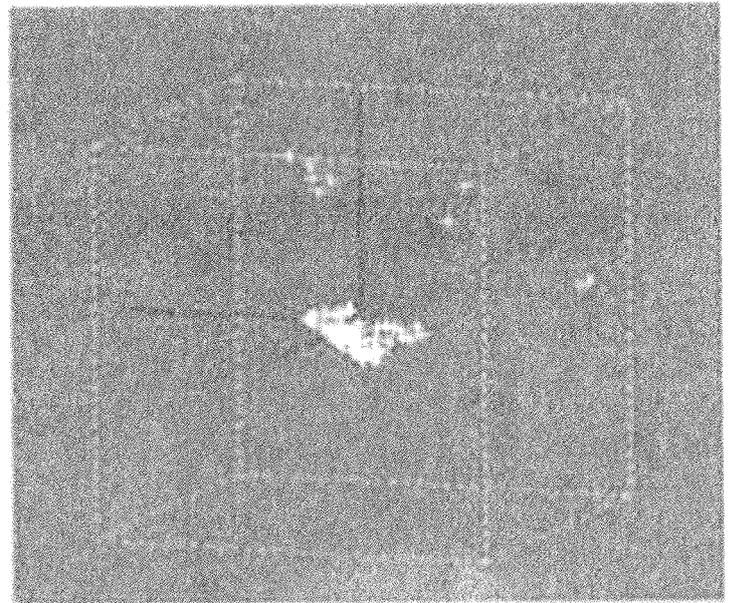


Figura 2. Distribuzione dei campioni nello spazio dei fattori. I campioni in verde sono i materiali inorganici

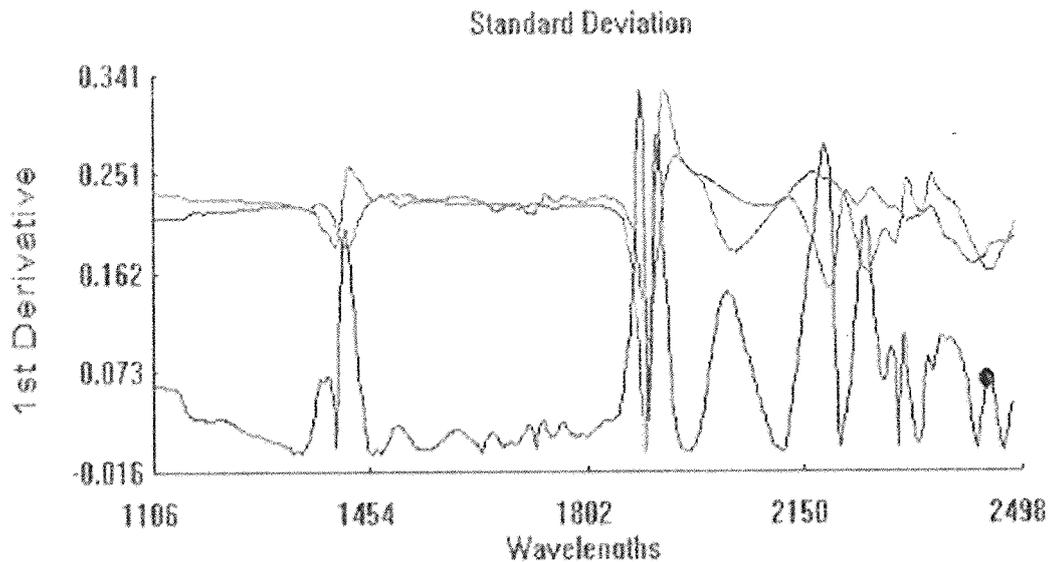


Figura 3. Spettro della deviazione standard (linea rossa). Spettri medi dei materiali inorganici e delle torbe (linee grigie)

Lo spettro della deviazione standard ha evidenziato alcune regioni spettrali con elevata variabilità. Secondo quanto suggerito da Barton II *et al.* (1992) è possibile dare un'interpretazione agli spettri NIR mediante l'utilizzo dell'informazione contenuta nei segnali MIR (medio infrarosso). L'approccio suggerito dall'autore è totalmente statistico, e si basa sulla correlazione bidimensionale tra i segnali registrati nella regione NIR e i corrispondenti nella regione MIR, originati da vibrazioni fondamentali ben note ed interpretate. Grazie a questa tecnica è possibile, secondo la definizione dell'autore, proporre un'attribuzione di alcune bande. Applicando allo spettro della deviazione standard le informazioni ottenute in un precedente lavoro (Cabassi, 2001), nel quale è stata studiata la correlazione tra i segnali MIR e NIR di campioni di compost, sono state ipotizzate le seguenti attribuzioni: 1415 nm, vibrazione

degli OH nei silicati; 1898,2050 e 2188 nm, combinazioni e overtones (transizione energetica non fondamentale) dei carbonati; 2166 nm combinazione del gruppo C=O in amide I a amide II. L'intensità di queste bande può distinguere le torbe dai materiali inorganici; infatti le proteine sono costituenti strutturali di materiali di origine vegetale mentre la presenza di silicati e/o carbonati caratterizza i materiali inorganici.

Applicando l'analisi delle componenti principali al primo set di campioni, si osservano valori di GH superiori a 2 per tutte le torbe brune, che si distinguono quindi nettamente dalle altre tipologie di torba. (fig. 4).

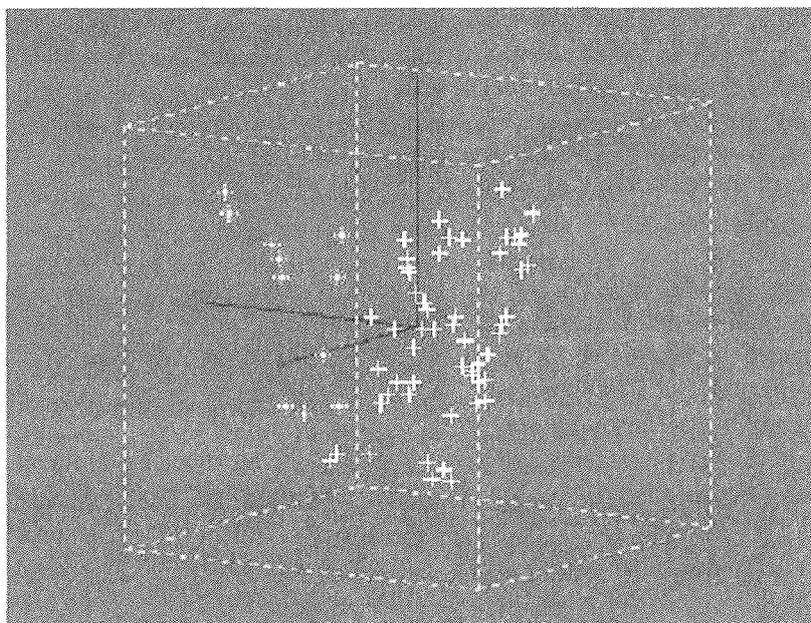


Figura 4. Distribuzione dei campioni di torba nello spazio dei fattori. I campioni in verde sono le torbe brune

Stima della composizione percentuale di una miscela sperimentale

Per verificare le potenzialità della spettroscopia NIR nella determinazione delle quote percentuali dei singoli elementi presenti in un substrato sono state preparate 126 combinazioni a quattro componenti: torba nera (T4), torba bruna (FT13, FT25, FT26, FT32), torba bionda (FT37, FT46, FT49, FT51) e perlite (12), in differenti rapporti v/v, secondo un disegno fattoriale completo. I campioni di torba bruna e bionda utilizzati sono stati scelti sulla base della distanza di Mahalanobis, per introdurre nel modello la variabilità delle due tipologie di torba.

Dalla PCA sul set spettrale è risultato che il 99,59 % della varianza totale è descritta dai primi sette fattori. Le distanze di Mahalanobis più elevate sono state ottenute dai campioni con il 100 % di un componente e da quelli con un elevato contenuto di perlite (tab. 2).

Tabella 2. Combinazioni con elevato valore di distanza di Mahalanobis

Num. combinazione	Dist. Mahalanobis	Perlite	Torba nera	Torba bionda	Torba bruna
		%	%	%	%
20	1,735	67,2	12,8	12,8	7,2
5	1,839	50	50	0	0
4	1,988	0	0	0	100
4	2,410	0	0	0	100
3	2,435	0	0	100	0
4	2,438	0	0	0	100
7	2,662	50	0	50	0
3	2,721	0	0	100	0
2	3,032	0	100	0	0
4	3,852	0	0	0	100
1	5,022	100	0	0	0

Le correlazioni tra i costituenti e i fattori (tab. 3) hanno mostrato che ciascun materiale è ben descritto da uno specifico fattore.

Tabella 3. Correlazione tra fattori e componenti

Componente	Fattore	R ²
Perlite	1	0.537
	3	0.049
Torba nera	5	0.375
	6	0.321
Torba bionda	2	0.603
	1	0.205
Torba bruna	3	0.495
	5	0.402

Le calibrazioni sono state sviluppate utilizzando la regressione PLS Partial Least Square (Partial Least Square), che prevede di scomporre la matrice delle assorbanze A in una matrice di scores T, una di fattori B e una di residui spettrali Ea, secondo il modello

$$A = TB + Ea \text{ (Haaland, 1988).}$$

Il numero ottimale di fattori è stato individuato tramite validazione incrociata, tecnica chemiometrica che consiste nell'esclusione, un gruppo per volta, di alcuni campioni dal set spettrale utilizzando i rimanenti per la stima dei parametri analitici dei campioni esclusi. Per valutare il grado di affidabilità del modello è stato utilizzato il metodo della validazione indipendente. La popolazione spettrale è stata suddivisa in due gruppi, il set di calibrazione e il set di validazione, dai quali sono state escluse le miscele con il 100% di una componente. Il set di calibrazione comprende 62 combinazioni costituite con i campioni FT 51, FT 46, FT 37 per la torba bionda, FT 32, FT 25, FT 13 per la torba bruna; il set di validazione è costituito da 40 combinazioni di cui 24 contenenti gli stessi campioni presenti nelle miscele del set di calibrazione e 16 costituite con i campioni FT 49 per la torba bionda e FT 26 per la torba bruna. In tal modo il modello è stato validato da campioni diversi di torbe aumentando così l'efficacia della stima.

In tabella 4 sono riportate le statistiche descrittive per il set di calibrazione e validazione.

Tabella 4. Descrittori set di calibrazione e validazione

Componente	Set calibrazione		Set validazione	
	%		%	
	Media	dev std	Media	dev std
Perlite	26.9	18.9	24.4	15.1
Torba nera	25.5	16.9	25.4	15.1
Torba bionda	24.4	16.7	25.6	15.1
Torba bruna	23.2	16.9	24.6	15.1

Perlite

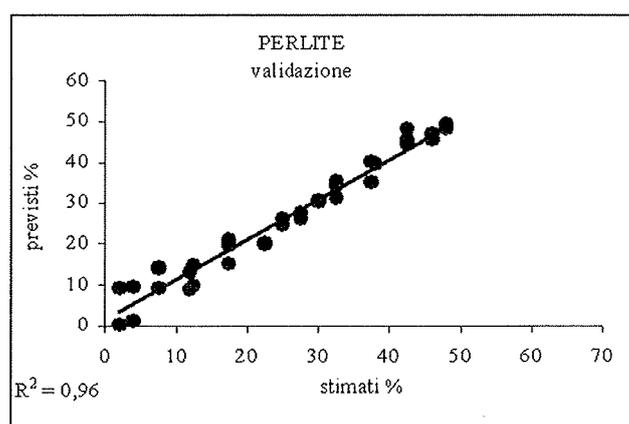
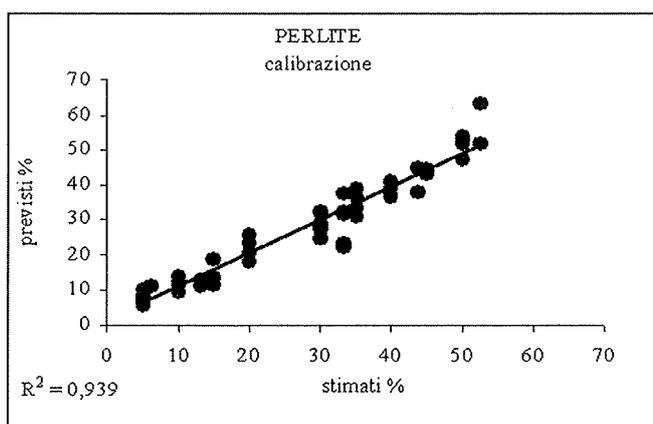


Figura 5. Rette di regressione ottenute in calibrazione e in validazione tra i valori di perlite previsti e quelli misurati

Il modello di calibrazione è stato sviluppato utilizzando 7 fattori. Le combinazioni con il 67.2 % di perlite sono risultate outliers (statisticamente diverse), avendo una distanza di Mahalanobis ≥ 3 , esse contengono rispettivamente due differenti campioni di torba bionda e bruna, pertanto è possibile ipotizzare che il comportamento spettrale anomalo sia dovuto all'elevata concentrazione della perlite. La regressione PLS ha riportato un SECV (Standard Error of Cross Validation) di 4.06 %. In fase di validazione indipendente si sono ottenuti risultati soddisfacenti: SEP (Standard Error of Prediction) di 3.02 % e R^2 di 0.96. In figura 5 sono riportate le rette di regressione calcolate in calibrazione e in validazione.

Torba nera

Il modello di calibrazione è stato costruito con 4 fattori. Le miscele risultate outliers sono due combinazioni la cui composizione è metà torba bruna, metà torba nera, nelle quali i campioni di torba bruna utilizzati sono differenti (FT 32 e FT 13). La regressione PLS per la torba nera ha dato un errore in cross validazione (SECV) pari a 5.72 %. In fase di validazione si è ottenuto un SEP pari a 6.15 % e un R^2 di 0.80. In figura 6 sono riportate le rette di regressione calcolate in calibrazione e in validazione.

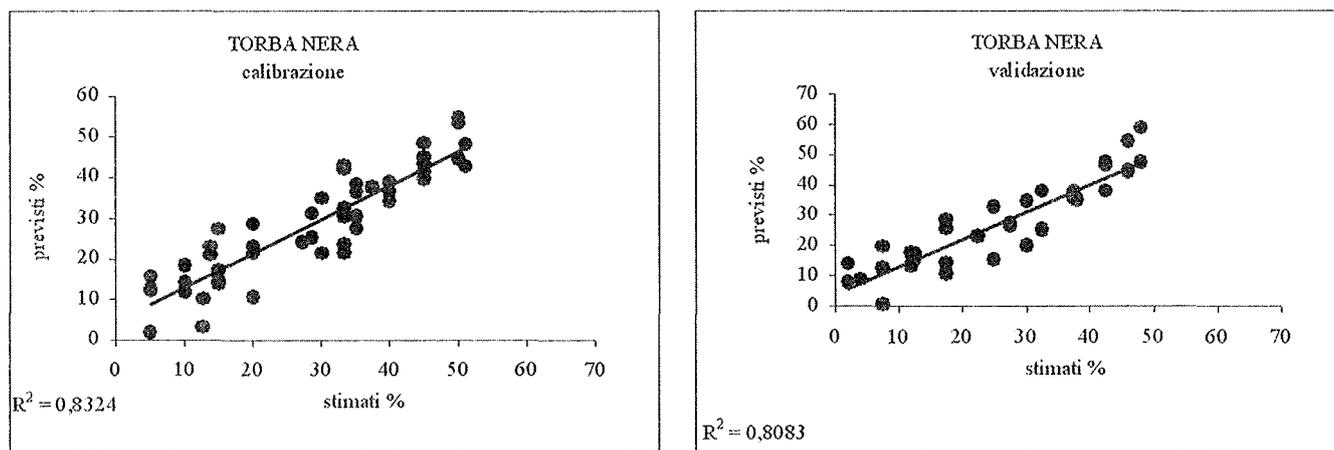


Figura 6. Rette di regressione ottenute in calibrazione e in validazione tra i valori di torba nera previsti e quelli misurati

Torba bruna

Il modello di calibrazione è stato sviluppato utilizzando 7 fattori. Le miscele che si sono distinte come outliers sono due, entrambe sono composte dal 50% di torba bionda e il 50% di torba bruna, ma per la loro costituzione sono stati impiegati campioni di torba appartenenti a differenti forniture (FT 37, FT 51 per la torba bionda, FT 13, FT 32 per la torba bruna) La regressione PLS per la torba bruna ha dato un errore in cross validazione (SECV) pari a 4.66 %. In fase di validazione si è ottenuto un SEP pari a 4.47 % e un R^2 di 0.94. In figura 7 sono riportate le rette di regressione calcolate in calibrazione e in validazione.

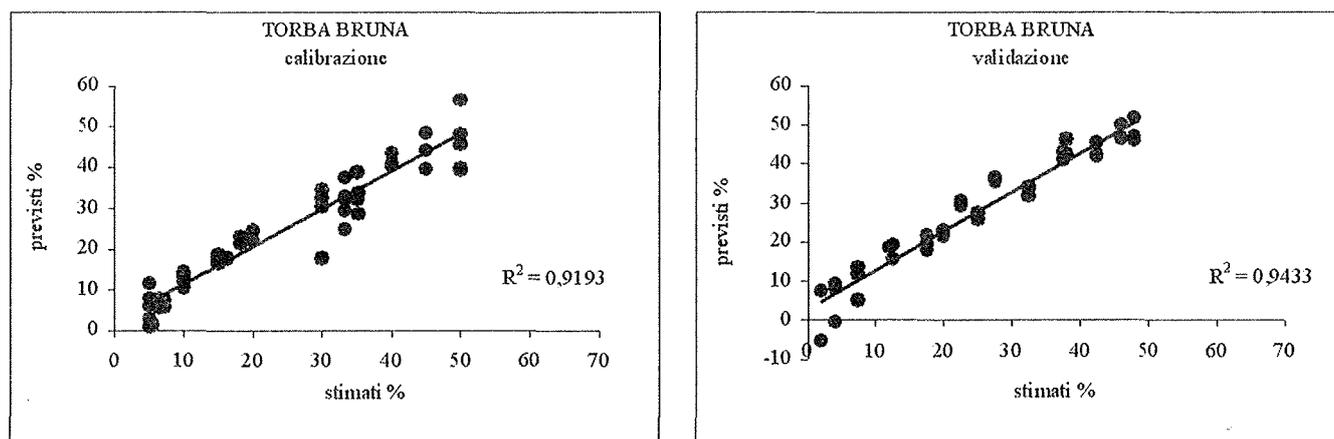


Figura 7. Rette di regressione ottenute in calibrazione e in validazione tra i valori di torba bruna previsti e quelli misurati

Torba bionda

Il modello di calibrazione è stato costruito utilizzando 7 fattori. Non si sono registrate miscele outliers. La regressione PLS per la torba bruna ha dato un errore in cross validazione (SECV) pari a 4.92 %. In fase di validazione si è ottenuto un SEP pari a 7.08 % e un R^2 di 0.72. In figura 8 sono riportate le rette di regressione calcolate in calibrazione e in validazione.

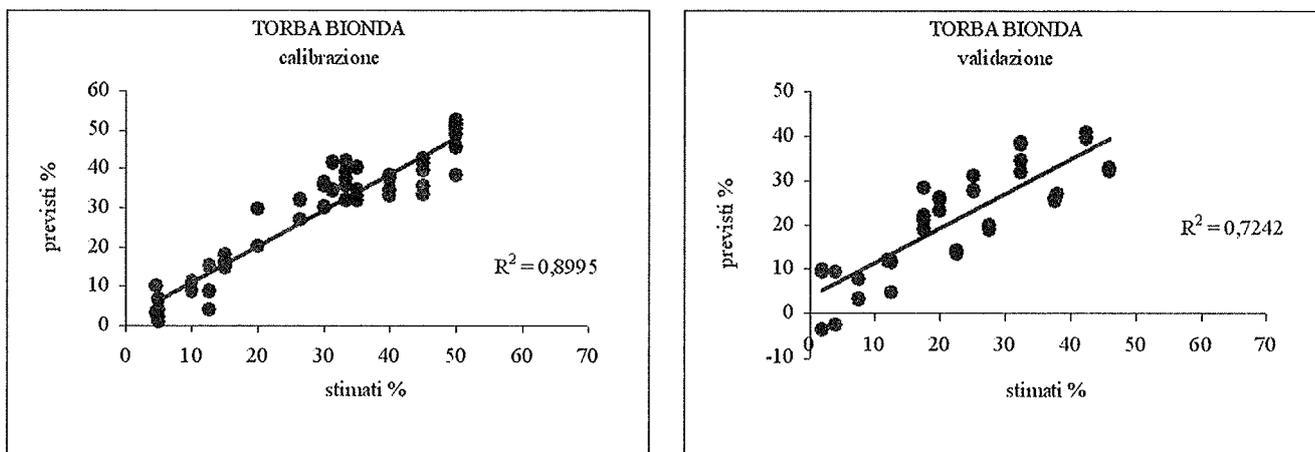


Figura 8. Rette di regressione ottenute in calibrazione e in validazione tra i valori di torba bionda previsti e quelli misura

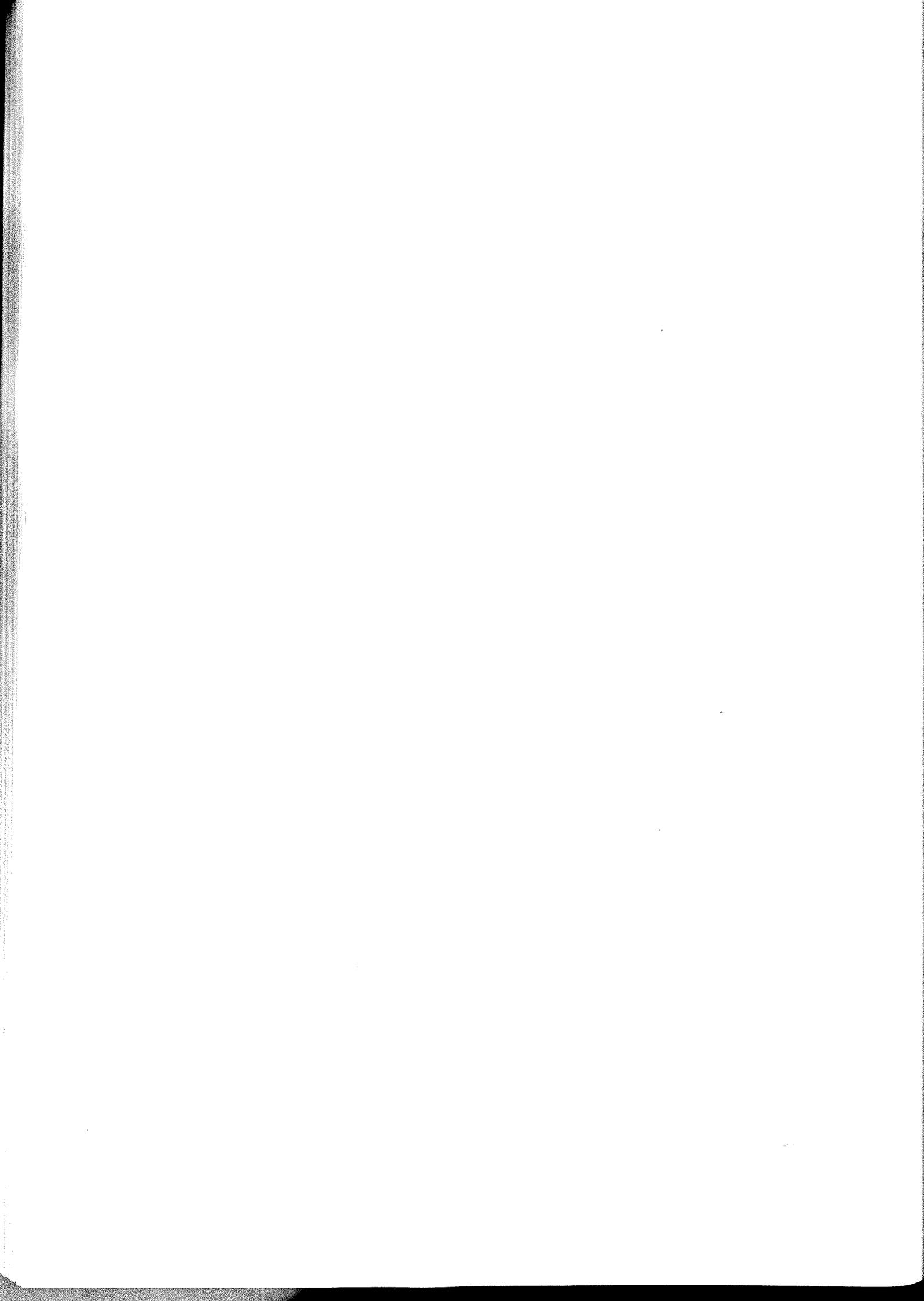
Conclusioni

I materiali che possono essere impiegati per la costituzione dei substrati sono numerosi con caratteristiche e costi differenti, tuttavia la torba rimane il componente essenziale per quasi tutti i substrati. La spettroscopia NIR ha consentito di differenziarla dai materiali inorganici e di distinguerne le diverse tipologie.

I risultati ottenuti sulle miscele sperimentali hanno dimostrato che i modelli costruiti per la determinazione delle singole componenti di un substrato sono affidabili e validi. Infatti, gli errori relativi alla stima del set di campioni indipendenti si sono mantenuti nell'ordine di quelli ottenuti nella calibrazione del metodo. Considerando la composizione media di un terriccio, in cui la torba è presente per almeno il 25 % un errore di più o meno quattro punti percentuali è da considerarsi accettabile.

Bibliografia

- BARTON II, F.E., HIMMELSBACH, D.S., DUCKWORTH, J.H. & SMITH, M.J. (1992) Two-dimensional vibration spectroscopy: correlation of mid- and near-infrared regions. *Applied Spectroscopy* 46: 420-429.
- CABASSI, G. (2001) Applicazioni delle tecniche spettroscopiche nel medio infrarosso (MIR) e nel vicino infrarosso (NIR) all'analisi dei compost. Tesi di Laurea. Università di Milano.
- CHODAK, M., LUDWIG, B., KHANNA, P. & BEESE, F. (2002) Use of near infrared spectroscopy to determine biological and chemical characteristics of organic layers under spruce and beech stands. *Journal of Plant Nutrition & Soil Science* 165: 27-33.
- COZZOLINO, J. (2003) Exploring the use of near infrared reflectance spectroscopy to study physical properties and microelements in soils. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 11: 145-154.
- HAALAND D., & THOMAS E. (1988) Partial Least-Squares methods for special analysis. 1. Relation to other quantitative calibration methods and the extraction of qualitative information. *Analytical Chemistry* 60: 1193-1197.
- Moron, A. & Reeves III, J.B., McCarty, G.W., & Meisinger, J.J. (2000) Near infrared reflectance spectroscopy for the determination of biological activity in agricultural soils. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 8: 151-160.
- SHARMA H.S.S., KILPATRICK M., BURNS L. (2000) Determination of phase II mushroom (*Agaricus bisporus*) compost quality parameters by near infrared spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 8: 11-19



VERBALE DELLA TAVOLA ROTONDA: "ASPETTI ANALITICI"

14 Ottobre 2004

Il professor **Genevini**, dopo le relazioni della I sessione, dà inizio alla Tavola Rotonda introducendo la problematica sui substrati colturali.

Parecchi aspetti, afferma il professore, sono stati già presi in considerazione circa la parametrizzazione dei substrati colturali. Sulla stabilità dei compost sono state condotte parecchie ricerche che ormai si possono considerare giunte alla conclusione, con le proposte di diversi metodi. Anche dalla collaborazione con il dottor Frangi è stato dimostrato che il compost si può utilizzare nella preparazione dei substrati colturali, sebbene si deve fare un distinguo a seconda delle specie da coltivare; per quanto riguarda la stabilità, sono attualmente disponibili ottimi compost. La ricerca dunque, per quanto rimanga da approfondire qualche aspetto, ha in gran parte assolto i suoi compiti, ma l'aspetto normativo è in ritardo.

Spesso, continua il professor Genevini, il legislatore recepisce a posteriori ciò che è ormai consolidato, sebbene in questo settore dovrebbe essere un po' più attento, perché la tendenza è quella di utilizzare sempre più rifiuti, di qualità più o meno buona. Ovviamente non si possono mettere sullo stesso piano le coltivazioni di piante ornamentali con quelle di piante destinate al consumo. Sono da considerare i problemi relativi ai nitrati, alla mineralizzazione della sostanza organica, alla cessione dell'azoto, ai metalli pesanti. È vero che i prodotti di partenza sono abbastanza 'puliti' ma è anche vero che troviamo il 50% di carbonio, pertanto inevitabilmente aumenta la concentrazione dei metalli. Sono anche importanti le caratteristiche idrologiche del terriccio. Al momento si hanno buone acquisizioni dal punto di vista scientifico, con esperienze ormai più che decennali, nonostante i molti ritardi dal punto di vista impiantistico.

Il mondo scientifico, rammenta inoltre, è alla ricerca di metodi che evitino la lungaggine analitica. In questo senso vanno le ricerche, come ad esempio quelle presentate in questa occasione dal professor Adani, dalla dott.ssa Zaccheo e dalla dott.ssa Marchionni, che rappresentano un contributo per quanto riguarda gli aspetti analitici dei substrati colturali.

Si deve inoltre monitorare il contenuto di nitrati, ricorda il prof. Genevini, nonché, facendo riferimento all'intervento del prof. de Bertoldi, di anticrittogamici e antiparassitari, almeno per le produzioni orticole. A questo proposito si deve tenere presente che in coltura protetta le condizioni di umidità e temperatura favoriscono processi di mineralizzazione.

Concludendo il suo intervento, indica come possibile tema fondamentale della Tavola rotonda: "fino a che punto le normative sono al passo con le acquisizioni scientifiche?"

Il dottor **Tittarelli** interviene affermando di trovarsi d'accordo con la premessa del professor Genevini. L'Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante (ISNP), che ora fa parte del Consiglio della Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura, ha sempre svolto ricerca e sperimentazione ma anche ruolo di consulenza per il Ministero delle Politiche Agricole e Forestali ed è quindi coinvolto, anche in ambito normativo, nei lavori della Commissione tecnico-consulativa sui fertilizzanti. Il tentativo di introdurre i substrati colturali negli Allegati della legge 748/84 in passato non è riuscito. Negli ultimi mesi, dagli incontri con il dottor Centemero della Scuola Agraria di Monza e con alcuni produttori di substrati colturali, è nata l'idea di creare un tavolo tecnico di consultazione sui substrati colturali che metta in contatto gli operatori del settore e le istituzioni e proporre eventuali modifiche degli allegati della legge 748/84 per inserire i substrati colturali. C'è la ferma volontà dell'ISNP di trovare soluzioni concrete al problema di normare i substrati colturali: si ha infatti l'intenzione di raggiungere questo obiettivo, entro un anno da oggi, assieme a coloro che operano nella produzione dei substrati colturali, di lavorare per un nuovo inserimento nell'Allegato 1.C sulla base delle restrizioni che vengono imposte dalla legge 748, o per trovare altre possibili soluzioni per queste tipologie di prodotti.

Questo tavolo tecnico di consultazione si va ad inserire nell'ambito di un discorso più ampio che riguarda la gestione delle biomasse in generale, e mette inoltre in contatto il mondo produttivo con il comitato tecnico CEN/TC223. Il CEN, Comitato Europeo di Standardizzazione, è stato istituito nel 1961 e dal 1985 ha un ruolo più importante perché, a organizzazioni come il CEN, viene affidata la stesura delle specifiche tecniche necessarie per l'applicazione delle direttive e, sebbene gli standard non siano obbligatori, i prodotti realizzati secondo questi standard armonizzati godono di una specie di conformità ai requisiti legali essenziali previsti dalle direttive.

A differenza degli altri Paesi Europei, l'Italia non supporta questo tipo di attività, che viene svolta quasi a livello volontaristico. Allora, è bene affrontare il problema partendo dalla normativa nazionale ma cominciando a ragionare in un'ottica di più ampio respiro se non si vogliono accettare passivamente le decisioni prese da altri Paesi. Ad esempio, dalla consultazione dei vari esperti dei differenti Paesi, è stato deciso quali parametri si dovranno svi-

luppate nei prossimi anni, fra questi il frazionamento biochimico e lo studio della stabilità biologica, della distribuzione delle dimensioni delle particelle, di un nuovo test sulla fitotossicità, del carbonio e dell'azoto potenzialmente mineralizzabili sotto incubazione, e così via. Gli esperti italiani dovrebbero seguire lo sviluppo dei metodi ciascuno per le sue competenze, mantenendo il contatto con i laboratori, in modo da affrontare le problematiche in modo positivo e concreto. Il messaggio pertanto è: affrontiamo il problema della normativa dall'interno, ma ragioniamo in un'ottica di medio-lungo periodo, nell'intento di rimediare a quanto non è stato fatto negli anni passati.

Quindi il dottor **Frangi**, della Fondazione Minoprio, ente di formazione professionale e di sperimentazione nel florovivaismo, porta l'esperienza sui substrati colturali in termini di sperimentazione e verifica dei metodi analitici in laboratorio. Nei comitati e nei consigli della Fondazione Minoprio prendono parte rappresentanti del mondo della produzione dei substrati colturali. In base alla loro esperienza specialistica sui substrati per la coltivazione in vaso, essi hanno verificato possibilità alternative alla torba come compost, fibra di cocco, fibra di legno ed altri, nonché gli aspetti analitici, inclusi i nuovi metodi CEN.

I tentativi di normare questi prodotti finora non sono andati a buon fine pertanto, continua il dott. Frangi, la proposta del dottor Tittarelli di andare avanti mediante un tavolo tecnico è positiva perché potrebbe consentire di superare l'annoso problema del vuoto legislativo in Italia che va anche a scapito della qualità delle produzioni.

Il professor **Ciavatta** interviene relativamente agli aspetti analitici, che sono tuttavia legati a quelli normativi, facendo una necessaria precisazione: è fondamentale che i 'parametri legati alla coltivazione', rispetto ai 'parametri di controllo sotto il profilo igienico, sanitario o ambientale' debbano essere condivisi dai produttori. Si deve dare una 'carta d'identità precisa dei materiali per consentire una scelta consapevole. Se si esclude l'utilizzo di certi tipi di ammendanti, è chiaro che si deve avere il metodo analitico per rilevarne la presenza. Non esiste in linea di massima un substrato che non possa andare bene, è importante sapere quali sono le sue caratteristiche, si tratta semmai di utilizzarlo al meglio.

Secondo il prof. Ciavatta, si debbono inserire in legge tutti quei parametri che possono aiutare l'utilizzatore al migliore uso di quel substrato. Successivamente serviranno parametri di controllo; ad esempio, anni fa, per evitare l'aggiunta di fanghi di depurazione che sono vietati nei concimi organici, fu scelto di introdurre la determinazione del piombo totale (30 mg/kg) che non ha alcun significato ambientale ma consente il controllo del processo. Questi parametri 'di controllo' non intervengono sulla parte relativa all'utilizzo agronomico. Per quanto riguarda i metodi analitici già esistenti, sarà possibile verificarne la loro applicabilità a questi prodotti.

Il professor **de Bertoldi** lamenta di aver preso parte per anni a commissioni miste con competenze complementari, di aver partecipato a riunioni e convegni e aver collaborato alla stesura di numerosi documenti prima che un'altra commissione subentrasse e portasse avanti altri concetti, vanificando il lavoro svolto in precedenza e trascurando di considerare le raccomandazioni fatte in merito alle leggi.

La dott.ssa **Bargiacchi**, rappresentante del Consorzio interuniversitario per la scienza e la tecnologia dei materiali, riguardo ai parametri da inserire in legge, è dell'opinione che sono i parametri fondamentali quelli che consentono di discriminare i prodotti che determinano un impatto negativo da un punto di vista igienico, sulla catena alimentare e sull'ambiente. Per quanto riguarda le caratteristiche colturali, agronomiche di un substrato, queste dovrebbero essere inserite tra le 'indicazioni facoltative' per il produttore. E' bene evitare parametri del prodotto che costringono i produttori a stare in una 'griglia' ristretta: ad esempio, perché porre un limite al valore di conducibilità elettrica se, per produzioni di un certo tipo, come per quella del pomodoro ciliegino, sono richiesti valori elevati?

Inoltre, la dott.ssa Bargiacchi fa notare che nella proposta di Assofertilizzanti manca qualsiasi riferimento a materiali di origine sintetica, polimerica, il cui impiego è ampiamente diffuso (es. polistirolo). Altre osservazioni riguardano il contenuto massimo di elementi totali, anch'esso limitante per forme di azoto a rilascio controllato e certe materie organiche.

Il prof. **Ciavatta** precisa che è del parere di richiedere al produttore di dichiarare i valori relativi ai parametri necessari, semplicemente perché il consumatore possa poi scegliere il substrato colturale che ritiene più adatto.

Viene quindi fatto osservare che sarebbe bene non fosse un solo istituto ad occuparsi delle normative sui substrati colturali ma un tavolo di lavoro al quale partecipano competenze di tipo agronomico, chimico, microbiologico, ed un'adeguata rappresentanza dei terriccianti, al fine di suggerire una serie di norme e di vincoli ai quali i produttori di substrati si dovranno attenere.

Il dott. **Tittarelli** interviene per sottolineare che il tavolo tecnico è 'aperto'.

Nel suo intervento il dott. **Nigro** osserva che non sono ancora disponibili le tecniche analitiche che consentono di individuare certe tipologie di materiali, pertanto non si comprende come si può sostenere che alcune debbano essere escluse dalla preparazione dei substrati. Inoltre, ammettere l'aggiunta di concimi complica l'inquadramento dei substrati in legge, poiché tale aggiunta non è prevista ed è contraria a tutto il sistema della 748.

La dott.ssa **Benedetti**, coordinatore dell'Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti della Società Italiana della Scienza del Suolo (società scientifica senza fini di lucro), sottolinea che la giornata di studio è

stata voluta dall'Osservatorio per contribuire al dibattito in corso. L'Osservatorio è stato istituito nel 1999 proprio per svincolarsi da qualsiasi tavolo amministrativo, burocratico, legato a nomine ufficiali e istituzionali, e per coinvolgere nel minor tempo possibile i reali esperti scientifici della materia. La proposta quindi è quella di costituire nell'ambito dell'Osservatorio tavoli tecnici per conseguire, entro un anno, la predisposizione di un documento atto a soddisfare una esigenza di normazione da più parti sollecitata da sottoporre agli esperti della Commissione tecnico-consultiva. Prioritariamente si dovrebbero individuare, in termini legislativi, le possibili integrazioni agli Allegati della 748. La dott.ssa Benedetti ricorda che ai Gruppi di lavoro dell'Osservatorio ci si associa liberamente, anche senza essere soci della Società Italiana della Scienza del Suolo (SISS). I capifila dei differenti gruppi si dovrebbero coordinare tra di loro nell'intento di portare contributi costruttivi alla normazione di questi prodotti. Inoltre annuncia che nel prossimo futuro verranno organizzate riunioni ad hoc.

Il prof. **Genevini** invita la dott.ssa Marchionni e la dott.ssa Zaccheo, che indipendentemente hanno lavorato sulle metodologie analitiche per i substrati colturali, a presentare il tipo di lavoro svolto e le prospettive future.

La dott.ssa **Marchionni** presenta quindi il lavoro di dottorato di ricerca illustrato anche nei poster e incentrato sulla caratterizzazione di substrati colturali organici e di matrici utilizzate nella loro preparazione attraverso metodiche atte a rilevare la quantità e la qualità della componente organica. La conoscenza della componente organica consente di individuare criteri idonei per distinguere le matrici nei substrati colturali anche ai fini di reprimere possibili frodi commerciali. Dal confronto delle determinazioni del contenuto in sostanza organica di una ventina di materiali diversi utilizzati nella preparazione di substrati colturali, mediante Springer-Klee e incenerimento in muffola a 450°C (metodo di riferimento europeo), si è evidenziato che il fattore, comunemente utilizzato per la trasformazione del carbonio organico del suolo in sostanza organica (1,724) è, con poche eccezioni, piuttosto basso e produce sottostime.

Il prof. **Genevini** interviene per rilevare che in effetti si dovrebbe cambiare questo valore con uno più reale, prossimo a due.

Riallacciandosi a quanto raccomandava poco prima il prof. Ciavatta, riguardo all'individuazione dei parametri necessari, la dott.ssa **Marchionni** sottolinea come la stabilità della sostanza organica sia da considerare un 'parametro irrinunciabile' in particolar modo per substrati colturali in contenitore. Dai risultati della ricerca qui presentata, diversi parametri che rendono conto in particolare della frazione organica meno stabile, finora poco considerati, appaiono correlati inversamente con l'indice di germinazione ottenuto dal test di fitotossicità. Sembra quindi possibile determinare in maniera indiretta la stabilità della sostanza organica mediante la misura della sua attività biologica oppure, in alternativa, di parametri come questi, i cui corrispondenti metodi presentano ciascuno vantaggi diversi.

La dott.ssa **Zaccheo** rende noto il lavoro che si sta svolgendo presso il Dipartimento di Produzione Vegetale dell'Università di Milano, i cui risultati sono mostrati nei quattro poster in sala, sull'impiego della tecnica di spettroscopia nel vicino infrarosso (NIR) nella caratterizzazione analitica e nell'identificazione dei componenti dei substrati colturali. Questa tecnologia, che fornisce informazioni qualitative e quantitative (impiegando modelli chemiometrici) risulta particolarmente promettente per stimare sia la composizione dei substrati che alcune variabili analitiche che caratterizzano i substrati. In questo modo è stato possibile distinguere, sulla base della differente risposta spettrale, i componenti organici dai componenti inorganici, e nell'ambito dei componenti organici le torbe dai compost, e i differenti tipi di torbe tra loro. Inoltre, attraverso il NIR è possibile stimare alcune caratteristiche fisiche o chimiche qualificanti i substrati, come la densità, la porosità, i rapporti con l'acqua, la stabilità strutturale. Si sta altresì valutando se sia possibile, dal contenuto in fibre o lignina, valutare la stabilità nel tempo di questi materiali. L'analisi spettroscopica promette di essere quindi un valido strumento nel controllo della qualità di un substrato florovivaistico.

Il Prof. Genevini invita quindi ad intervenire il prof. **Piccone** dell'Università di Torino, esperto di aspetti analitici nonché di norme, in particolare relativamente all'impiego agricolo di fanghi di depurazione. Il prof. Piccone sottolinea l'importanza di operare una scelta dei parametri e dei metodi di analisi relativi, ma anche dei materiali da utilizzare, mediante particolare attenzione ai processi di trattamento di tali materiali, come la depurazione o il compostaggio, per garantire una determinata qualità. Riguardo ai metodi, le analisi enzimatiche, come riportato nel poster, consentono di definire in modo semplice e rapido la qualità di un compost da destinarsi al florovivaismo. Inoltre rileva la difficoltà, evidentemente maggiore a livello nazionale piuttosto che a livello regionale, di superare le carenze normative.

Il prof. **Genevini**, per riassumere, rileva un lamento generale sulla lentezza normativa e, nell'intento di trovare una possibile soluzione, suggerisce di stabilire quelli che sono i parametri più importanti, distinguendo l'impiego in pieno campo da quello per colture in vaso. Raccomanda inoltre di valutare se norme troppo restrittive impediscano a chi gestisce gli impianti di ottenere un prodotto nei limiti, o portino a costi di produzione insostenibili. In sostanza, si devono analizzare tutti i problemi per non creare difficoltà insormontabili a chi trasforma e valorizza i rifiuti per l'impiego in agricoltura.

Il dott. **Rampinini**, in rappresentanza della Vigorplant Italia, interviene obiettando che si dovrebbe discutere di substrati e non di rifiuti.

Il prof **Genevini** risponde che si tende alla graduale diminuzione dell'impiego di torba nei substrati, in quanto risorsa esauribile, ed è razionale l'utilizzo del 'rifiuto carbonioso' che può diventare compost o anche substrato. Egli suggerisce di scegliere, per essere pragmatici, alcuni parametri per cui la legge deve essere severa, lasciando gli altri parametri alle competenze agronomiche dell'utilizzatore. Invita a riflettere sul fatto che attualmente il produttore non riesce a stare dentro i limiti imposti dalle leggi per rispettare le quali egli mette in commercio un compost non completamente maturo, perché quando questo è completamente maturo il contenuto in carbonio organico scende al di sotto del limite minimo. Un produttore di substrati interviene per definire con precisione i termini di una questione: nell'ambito dei 'terricciatori', cui si sta facendo riferimento, si deve operare una distinzione importante tra produttori di compost e produttori di substrati che utilizzano compost. Lamenta inoltre che finora si è parlato di parametri per identificare il compost, non di parametri che identificano un substrato attualmente sul mercato. Per un eventuale contenzioso, al produttore di compost interessano parametri chimici e biologici, mentre al produttore di substrati essenzialmente parametri fisici. I parametri importanti per i substrati oggi sul mercato sono le caratteristiche idrologiche, il pH, mentre la sostanza organica può interessare meno.

In risposta, il prof. **Genevini** afferma che esistono ormai competenze e metodi che danno risultati comprovati per tutti gli aspetti riguardanti il substrato, ma nonostante questo non è ancora risolto il problema della normazione di questi prodotti.

Verbale a cura della dott.ssa Marchionni

VERBALE DELLA TAVOLA ROTONDA: "CARATTERISTICHE QUALIFICATIVE DEI SUBSTRATI E PROPOSTE DI NORMAZIONE"

15 Ottobre 2004

Il dott. **Manstretta** (Assofertilizzanti) dà inizio alla discussione presentando l'attività del CEN in merito alla definizione della qualità dei substrati colturali e alla elaborazione di metodi di riferimento per la determinazione delle loro proprietà. Passando in rassegna i metodi CEN, il dott. Manstretta fa rilevare che una CEN Resolution, e non una EN, si traduce in una raccomandazione. Inoltre sottolinea l'esigenza per l'industria di investire e sperimentare sui nuovi materiali, anche perché la torba potrebbe prima o poi essere bandita dal settore biologico.

Il prof. **Miele** osserva che la definizione data ai substrati di coltura "Materiali diversi dai suoli *in situ*, dove vengono coltivati vegetali" non definisce le caratteristiche di questi prodotti, ed è troppo semplicistica. Altri esperti presenti tuttavia sono di parere contrario e intervengono per dichiarare che la definizione è sufficiente per indicare le caratteristiche essenziali.

Riprende il dott. **Manstretta** ricordando che il Parlamento ha delegato il governo a mettere mano alla normativa sui fertilizzanti dopo che lo scorso anno è stato pubblicato il Regolamento CE 2003/2003 relativo ai concimi. A tal proposito Assofertilizzanti ha presentato una proposta d'inserimento in legge dei substrati colturali, distinguendo due tipologie: 'substrato colturale per contenitore' e 'substrato colturale per verde ornamentale, ricreativo e sportivo', di cui mostra lo schema relativo a requisiti e caratteristiche da dichiarare, meno restrittivo per la seconda tipologia. Fa notare che nella proposta manca la parte che escluderebbe quei materiali che nella preparazione dei substrati, i produttori non vorrebbero. Esistono ormai metodi validi per analizzare parametri come la conducibilità elettrica o la densità apparente, che possono indicare che cosa è contenuto nel substrato. Anche il metodo per misurare il volume commerciale in litri esiste (metodo di legge per la Germania), si potrebbe quindi adottarlo subito. Rileva inoltre il punto debole della proposta, riguardo all'aggiunta di elementi nutritivi: soltanto per l'aggiunta di concimi organo-minerali agli ammendanti (con l'eccezione della torba) è fatto divieto esplicito dalla legge. Su questa base di proposta, rappresentando Assofertilizzanti, il dott. Manstretta invita le parti interessate a partecipare ad un tavolo comune di confronto dei vari punti di vista.

Il prof. **Ciavatta** quindi risponde, sottolineando l'importanza di individuare i parametri che servono ai produttori di substrati colturali ma anche, nel contempo, i corrispondenti metodi analitici, poiché è inutile scegliere parametri che non si possono determinare e, quindi, controllare. E' bene scegliere parametri fisici, chimici, biologici, nonché parametri di controllo, ad evitare aggiunte di sostanze indesiderate, sia per motivi fiscali che per tutelare gli utilizzatori di questi prodotti, ma è chiaro che devono essere disponibili opportune tecniche analitiche. Per la stessa ragione, è poco sensato escludere alcune tipologie di ammendanti dalla preparazione dei substrati, come nella proposta di Assofertilizzanti del 2001, perché il controllo si effettua sul prodotto finale, e se non si è in grado di riconoscere la presenza di un materiale nel substrato, alcuni produttori potrebbero non rispettare le norme senza che sia possibile rilevarlo. Inoltre, si deve porre attenzione ai limiti da imporre, come per la conduttività elettrica del substrato che il produttore deve dichiarare: essendo questo un requisito variabile a seconda della coltura, non è il caso di fissare un limite molto restrittivo, altrimenti si finisce per togliere mezzi di produzione dal mercato.

Prende la parola il dott. **Nigro**, affermando che si deve ancora lavorare ai parametri analitici che consentono di caratterizzare i substrati colturali e che la torba è da considerarsi un prodotto irrinunciabile per la loro preparazione. Spiega inoltre che il problema dell'aggiunta degli elementi nutritivi si pone per i concimi organominerali che sono già normati, pertanto questa possibilità è assolutamente da escludere perché andrebbe a far crollare i pilastri su cui si regge la Legge 748/84.

Infine interviene il prof. **Sequi**, che rileva come i problemi che devono affrontare oggi i produttori di substrati colturali siano davvero numerosi. Egli si sofferma sui seguenti aspetti che sono alla base o si collegano comunque a questi problemi:

1) La Legge 748/84 non consente oggi di conoscere con precisione l'esatta composizione di tutti le matrici utilizzate ed in particolare di quelle organiche impiegate per ottenere miscele di concimi organici N ed NP e di conseguenza delle varie categorie di concimi organo-minerali che li contengono; alcuni concimi organici fra quelli disponibili oggi in maggiore quantità fra l'altro, come le farine di carne, non hanno più neppure un preciso riscontro negli allegati alla legge. E' chiaro che questi problemi investono soprattutto i produttori di concimi organici ed organo-minerali, ma è anche ben noto che alcune di queste matrici vengono di fatto utilizzate nella produzione di substrati colturali. Sarebbe pertanto importante prevedere, possibilmente nel breve periodo, un intervento normativo in proposito.

2) Un secondo aspetto, spesso trascurato, riguarda le indagini sui fertilizzanti ed in particolare sugli ammendanti attualmente proposti per l'impiego in agricoltura. Si assiste oggi ad una accentuazione dei controlli se non

addirittura di forme di particolare attenzione da parte della magistratura, accompagnate a volte dai consueti scandali sui mezzi di comunicazione, e viene a volte il dubbio maligno che sia in gioco in qualche caso la concorrenza non solo di altre forme di smaltimento come quella, cui siamo abituati, delle solite discariche, ma anche di nuove forme di utilizzazione come l'incenerimento, o la termovalorizzazione, come si dice oggi. Si può registrare anche la circostanza che sugli stessi prodotti vengono operati controlli non solo da parte dell'Ispettorato Centrale Repressione Frodi ma anche, e apparentemente senza alcun coordinamento, dai NOE, dai NAS, dalle ARPA, dalla Forestale, dai Servizi delle Dogane e dalla Guardia di Finanza, se non dimentico qualche altra Autorità di controllo. Solo il pensiero di capire chi e perché è abilitato ai controlli è dunque un aspetto non secondario da tener presente e possibilmente da risolvere.

3) Un terzo punto di discussione riguarda la possibile sostituzione della torba nei substrati colturali. Si deve considerare che anche se i giacimenti di torba si autorigenerano lentamente, oggi non possiamo correre il rischio di danneggiare se non distruggere alcuni ambienti naturali, come tempo fa si faceva, senza urtare in alcun modo l'opinione pubblica. Non sempre la sostituzione è impossibile, come prima ha sostenuto qualche collega: è noto che esistono alcuni ammendanti, ed in alcuni casi anche quelli compostati, utilizzabili a volte proficuamente in luogo della torba. Esistono inoltre, come è altrettanto noto, nei paesi fiamminghi anche materiali a base di composti inorganici studiati appositamente per sostituire la torba a questo scopo, come per esempio il Grodan.

4) Riguardo alle sostanze indesiderate presenti in alcuni ammendanti prodotti con materiali di recupero, ricordiamoci che esse sono spesso presenti anche nella torba: chi non ha mai sentito parlare di danni alle colture determinati dagli erbicidi utilizzati nel diserbo delle torbiere! Fino ad oggi sono state emanate molte norme che regolamentano i tenori delle sostanze indesiderate relativamente agli ammendanti compostati e di alcuni altri materiali che si affacciano sul mercato in sostituzione della torba (e ben raramente per i parametri agronomici positivi!). Si rileva una posizione che potrebbe essere descritta perfino come fondamentalista da parte di alcune autorità politiche quando fissano parametri tanto restrittivi. Per fare un esempio, il decreto sui biostabilizzati, prima citato dal rappresentante dell'ECODECO, o le normative in gestazione a Bruxelles per fanghi e compost stabiliscono valori limite per certe sostanze indesiderate francamente a mio avviso improponibili. Ma torneremo su questo argomento in altre occasioni.

5) Un quinto ed ultimo punto di discussione: le Regioni hanno la possibilità di imporre ulteriori limiti a quelli imposti dalle leggi nazionali. E' il caso dei requisiti che devono possedere i fanghi degli impianti di depurazione per potere essere utilizzati sui terreni agricoli. La differenza di rigidità delle normative può determinare e determina la migrazione di rifiuti da una regione all'altra, ed anche se attualmente questo fenomeno riguarda in prevalenza solo certi fanghi esso potrebbe riguardare qualsiasi rifiuto utilizzabile nella produzione di substrati.

Si domanda infine se ci sono ancora interventi in merito e la dott.ssa **Bargiacchi** chiede di avere una risposta al problema di prevedere l'inserimento in legge di materiali di sintesi come il polistirolo, normalmente utilizzato nella preparazione dei substrati colturali, nonché al problema del limite massimo del contenuto in azoto per i substrati organici e della densità apparente per i substrati minerali, che creano distorsioni di mercato.

Risponde il prof. **Genevini** che tali limiti sono ancora necessari per evitare l'uso di materiali di scarto, tuttavia si dovrebbe passare da una logica di vincoli da far rispettare ad una logica di assunzioni di responsabilità.

La dottoressa **Benedetti** conclude ricordando che l'Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti ha proposto di costituire gruppi di lavoro, cui si può partecipare liberamente, per portare contributi costruttivi e giungere, entro un anno, a proposte di normazione per questi prodotti.

[Verbale a cura della dott.ssa Marchionni]

Indice generale volume 54 (2005)

Numero 1-2

Atti del Convegno annuale "Suolo e dinamiche ambientali"

Viterbo, 22-25 giugno 2004

Sessione 1 - Il Suolo Risorsa Vulnerabile - Chaiman: F. Terribile

- | | | |
|---|-----|--|
| C. Dazzi | 7 | Relazione Introduttiva |
| G. Bacchetta, M. Orrù,
G. Serra, A. Vacca | 16 | Studio pedologico-forestale dei boschi e delle boscaglie ripariali del Sulcis (Sardegna sud-occidentale) |
| C. Beni, B. Felici, R. Aromolo,
A. Marcucci, F. Pierandrei | 25 | Utilizzo di fertilizzanti a base di borlanda vitivinicola. Nota I: effetti sulla qualità del suolo e sulla produzione di cavolo broccolo |
| A. Buscaroli, M. Gherardi, S. Lorito | 31 | Morfolitosequenza di suoli della formazione alloctona di Monghidoro (BO) |
| A. Castrignanò, R. Puddu | 37 | Fattori fisico-chimici e topografici che influenzano la stima della salinizzazione e sodicizzazione dei suoli della piana costiera di Muravera-Villaputzu (Sardegna sud-orientale) |
| R.M. Cenci, A. Benedetti,
L. Pompili, A. S. Mellina,
E. Beccaloni, E. Stacul, L. Musmeci | 45 | Contaminanti organici e inorganici presenti in muschi e suoli urbani: i parchi della città di Roma |
| R.M. Cenci, C. Barbante,
J. Lintelmann, C. Capodaglio,
G. Cattaneo, M. Zanvettore | 56 | Transetti autostradali: elementi in traccia e contaminanti organici (IPA) valutati mediante muschi e suoli superficiali |
| P. Lorenzoni, M. Raglione,
A. Castrignanò | 62 | Indagine pedologica nelle aree coricole del viterbese colpite dalla fitopatìa "moria del nocciolo" |
| S. Lorito, G. Vianello, B. Basso,
V. Bassan | 77 | Sistema Informativo Pedologico finalizzato allo studio dell'attitudine dei suoli allo spargimento dei liquami zootecnici |
| G. Mecella, C. Piccini,
M.A. Delicato, G. Fabrizio, U. Neri | 84 | Effetto dell'utilizzo irriguo dei reflui zootecnici sul contenuto dei metalli pesanti nel suolo: risultati preliminari |
| A. Nassisi, C. Baffi, G.M. Beone,
C. Corti, G. Fricano, S. Silva | 89 | Il suolo presente in ambiente ofiolitico: sua specificità e biodiversità |
| S. Pellegrini, N. Vignozzi,
E. Batistoni, A. Rocchini | 96 | Valutazione della suscettibilità all'incrostamento tramite torbidimetria |
| S. Raimondi, A. Indorante | 103 | Il fabbisogno invernale in surplus idrico (FISI) per valutare i processi di salinizzazione-lisciviazione e salificazione-dissalazione dei suoli. Un nuovo indice per il controllo della desertificazione |
| M. Rubino, E. Coppola, A. Benedetti,
C. Dazzi, P. Odierna, F. Previtali,
S. Vacca, A. Buondonno | 110 | Indagini sul ruolo pedogenetico dei polifenoli. 2. Variabilità delle forme polifenoliche in relazione a genesi, orizzontazione e uso del suolo |
| V.M. Sellitto, G. Palumbo,
A. Di Cerce, C. Colombo | 117 | Relazione tra proprietà spettrali e mineralogia di suoli vulcanici |
| O. Ursini, E. Lilla, R. Montanari | 122 | Suoli inquinati da metalli pesanti: nuova strategia di decontaminazione mediante elettrobonifica e trappola selettiva di zeoliti. Studio, in scala di laboratorio, di terreni simulati |
| C. Zucca, S. Solaro, F. Previtali | 128 | Un approccio micromorfologico per lo studio dei processi di degradazione dei suoli in contesto agropastorale |
| A. Bonfante, A. Basile,
M. Buonanno, P. Manna, F. Terribile | 135 | Un esempio metodologico di utilizzo della modellistica idrologica e delle procedure GIS nella di zonazione viticola |
| E. Bernardelli, R. Comolli,
F. Previtali | 144 | L'importanza degli orizzonti diagnostici nello studio degli elementi in traccia - L'esperienza della Valchiavenna (SO) |
| Sessione 2 - Gestione Sostenibile del Suolo - Chaiman: E. Costantini, C. Dazzi | | |
| F. Caporali | 155 | Relazione Introduttiva |
| M.C. Andrenelli, R. Papini,
S. Pellegrini, D. Torri | 161 | Evoluzione delle caratteristiche chimiche e fisiche del suolo e della vegetazione su piste temporanee di esbosco |
| R. Aromolo, C. Beni, R. Gorga,
B. Felici, A. Marcucci, F.A. Biondi | 168 | Dinamica di macronutrienti in un suolo trattato con fanghi in ambiente controllato |
| G. Battaglia, E. Coppola,
E. De Nicola, G. Pagano, A. Buondonno | 176 | Prospettive di impiego dei test di biotossicità con ricci di mare (<i>Paracentrotus lividus</i>) per la valutazione della contaminazione dei suoli |
| L. Bianchi, G. Delogu, E. Gregori,
S. Pallanza, G. Zorn | 185 | Valutazione degli effetti del rimboschimento in zone aride della Sardegna. Suoli ed erosione idrica |

- C. Bini, A. Romanin 200 Vulnerabilità dei suoli nel triangolo industriale Arzignano-Montecchio- Montorso (VI), con particolare riferimento al cromo
- G. Diana, R. Aromolo, U. Neri 207 Relazione tra le frazioni del boro e le proprietà dei suoli in un areale del Lazio
- C. Gamba, A.E. Agnelli, 215 Variazioni in alcuni parametri microbiologici e nel contenuto di sostanza organica nel profilo di suoli sottoposti a diversa gestione
- C. Glorioso, C. Buondonno, G. Cicia, 221 Ricostituzione dei suoli nelle aree di cava: un approccio multidisciplinare
- E. Coppola, C. de Lauro,
T. Del Giudice, F. Previtali,
S. Vacca, A. Buondonno
- A. Lagomarsino, P. De Angelis, 229 Determinazione della respirazione di diverse componenti del suolo in condizioni di elevata CO₂ e fertilizzazione
- S. Grego
- A. Lagomarsino, P. De Angelis, 233 Curve di temperatura della respirazione microbica invernale in risposta all'elevata CO₂ atmosferica e alla fertilizzazione azotata
- M. C. Moscatelli, S. Grego
- R. Mancinelli, E. Campiglia, 239 Effetto delle colture di copertura sulla lisciviazione dell'azoto in ambiente mediterraneo
- S. Marinari, R. Paolini
- R. Papini, G. Valboa, F. Favilli, 245 Influenza dell'uso del suolo su alcune proprietà chimiche di suoli evoluti su argille plioceniche in aree collinari dell'Italia centrale e meridionale
- G. Brandi, G. Montagna, G. L'Abate
- F. Pieruccetti, R. Casa, 253 Fertilizzazione sostenibile in un'area orticola intensiva mediante l'utilizzo di compost da biomasse vegetali di scarto: risultati primo anno
- B. Lo Cascio, S. Carrano
- R. Puddu, P. Mulè, M. G. Mameli, 259 Osservazioni su suoli ammendati con zeoliti naturali: caratterizzazione pedologica e primi dati sulle prove sperimentali di coltivazione
- F. Sanna, M. Melis
- S. Selvi, R. Angelucci, S. Marconi, 267 Prove di tossicità e di antimutagenicità su terreno agrario sottoposto a trattamento triennale con compost da RSU
- C. Beni, D. Ferri, C. De Simone
- P. Servadio, A. Marsili 273 La suscettibilità al compattamento di un suolo dell'Italia meridionale soggetto al traffico del macchinario agricolo sottoposto a differenti sistemi di fertilizzazione
- L.V. Antisari, G. Vianello, 279 Influenza dei fattori clima e tempo sull'evoluzione di suoli bruni acidi delle formazioni arenacee silicoclastiche alloctone dell'Appennino bolognese
- A. Simoni, C. Giovannini
- P. Fumagalli, R. Comolli, 287 Qualità biologica e fertilità dei suoli: valutazione per boschi igrofilo naturali e seminaturali
- G. Caimi, F. Calabrese
- Sessione 3 - Relazione clima-suolo-pianta - Chaiman: S. Grego**
- E. Campiglia, R. Mancinelli, 297 Influenza del prato di erba medica di differente età sulle proprietà fisiche e chimiche del suolo
- S. Marinari, F. Caporali, S. Grego
- A. Ciampa, O. Masetti, A. Benedetti, 302 Attività microbiologica del suolo di siti di produzione tipica della mela annurca IGP e della fragolina degli Alburni
- M.T. Dell'Abate
- G. de Dato, P. De Angelis, 310 Impatto dell'aridità e della temperatura sul tasso di respirazione del suolo in una gariga mediterranea
- G. Scarascia-Mugnozza
- A. Marchetti, F. Riccioni, 316 Indicatori di qualità dei suoli agricoli. Valutazione e rappresentazione tramite GIS
- R. Francaviglia, M. Pirisi
- R. Marchetti, V. Biagioni, 323 Procedura per la definizione di un indicatore di carico azotato da reflui zootecnici
- G. Ponzoni
- R. Marchetti, G. Ponzoni, 331 Ruolo dei criteri di definizione dei parametri di ritenzione idrica nella stima del contenuto idrico del terreno mediante modelli di simulazione
- N. Laruccia, M. Guermandi
- S. Marinari, M.C. Moscatelli, 338 Effetto della fertilizzazione azotata e dell'elevata CO₂ sulla composizione chimica delle foglie di pioppo e relazione con il contenuto di elementi nutritivi del suolo
- P. De Angelis, C. Calfapietra
- M.C. Moscatelli, A. Lagomarsino, 341 Effetto dell'elevata concentrazione di CO₂ atmosferica sulla disponibilità di frazioni di carbonio ottenute con diverse modalità di estrazione
- P. De Angelis, S. Grego
- E. Palazzolo, M. Panno, A. Piotrowska, 345 Un suolo antropogenico a confronto con un suolo originario non disturbato: andamento di vari bio-indicatori
- E. Bazan, L. Badalucco
- L. Pompili, A. Benedetti, 350 Studio della diversità metabolica, analisi molecolare e attività enzimatica di comunità microbiche del suolo, in una piantagione di *Populus spp.* esposta ad elevata concentrazione di CO₂
- M.C. Moscatelli, S. Grego
- L. Sebastiani, M. Borghi, 359 Crescita ed assorbimento di nutrienti minerali in piante di loietto (*Lolium perennis* var. Bright Star) fertilizzate con borlanda vitivinicola
- C. Vitagliano, C. Beni, G. Rossi
- Sessione 4 - Gli OGM nei rapporti pianta-suolo - Chaiman: A. Benedetti, L. Badalucco**
- S. Chersich, L. Frizzera 367 Evoluzione del suolo negli ecosistemi forestali di pecceta: ruolo e influenza degli humus studiati secondo un approccio morfologico
- S. Grego, K. Liburdi, S. Marinari, 376 Impiego della cromatografia liquida ad elevate prestazioni a fasi inverse (RP-HPLC) nella caratterizzazione e lo studio della sostanza organica del suolo
- S. Sgrulletti, D. Corradini
- S. Marinari, K. Liburdi, 383 Modifiche delle caratteristiche chimiche di residui colturali del pomodoro transgenico (RC332)
- D. Corradini, S. Grego

S. Marinari, G. Masciandaro, C. Macci, B. Ceccanti, S. Grego	388	L'uso degli indici metabolici e della tecnica della pirolisi per lo studio della sostanza organica in suoli ammendati e fertilizzati
S. Mocali, L. Nisini, L. Pompili, A. Benedetti	393	Approccio multidisciplinare di monitoraggio di suoli con colture gm in ambiente mediterraneo: primi risultati
E. Sturchio, C. Riccardi, P. Boccia, B. Ficociello, S. Spicaglia, C. Conti, M. Zanellato, L. Casorri, M. Pezzella	407	PCR Fingerprinting per l'analisi di comunità microbiche presenti in un sito inquinato da idrocarburi

Numero 3

Convegno "Substrati colturali: proposte per una loro normazione"

Piacenza, 14-15 ottobre 2004

F. Adani	419	Stabilità biologica e maturità dei substrati
E. Calcaterra	426	Biostabilizzati: tecnologie di produzione
L. Cavazza, A. Patruno, E. Cirillo	432	Proprietà fisiche dei substrati per l'orto-floro-vivaismo. Osservazioni.
M. Contin, M. De Nobili	435	Rilascio e immobilizzazione di nutrienti nei substrati colturali
L. Crippa, D. Orfeo, P. Marino, P. Zaccheo, P. Genevini	440	Applicabilità della spettroscopia NIR per la caratterizzazione analitica delle torbe
M. de Bertoldi	447	Proposte normative per una valutazione microbiologica dei substrati colturali
A.M. D'Onghia, K. Djelouah, Y. El Gharras, A. Fanelli, M. Raeli	451	Substrati colturali per il vivaismo biologico degli agrumi
E. Farina	455	Panoramica su substrati per orto - floro vivaismo
P. Frangi, A. Pozzi	461	Substrati di coltivazione: materie prime per l'utilizzo in campo florovivaistico. Esperienze presso la Fondazione Minoprio
M. Marchionni	467	Proposta di metodi analitici per la caratterizzazione dei substrati colturali organici
M. Marchionni, M.T. Dell'Abate, F. Alianiello	477	Caratterizzazione quali-quantitativa della sostanza organica di substrati colturali a fini identificativi
M. Marchionni, A. Benedetti, C. Nigro	486	Individuazione e caratterizzazione di substrati colturali per orto - floro - vivaismo: aspetti legislativi
C. Nigro	488	Azione delle matrici organiche di diversa natura sulla solubilità del cadmio: nuove prospettive per i concimi organo-minerali
A. Pozzi, M. Valagussa, P. Frangi, M. Castelnuovo	491	Innovazione metodologiche per la caratterizzazione chimico-fisica dei substrati: applicazione, interpretazione e confronto presso il laboratorio Mac S.r.l. - Fondazione Minoprio
S. Quaroni, M. Saracchi, P. Sardi	497	Capacità patogeno-repressiva di substrati organici
G. Rampinini	505	Industria dei substrati: aspetti operativi, luci ed ombre
E. Rea	510	Panoramica sui substrati per la coltivazione in "fuori suolo"
G. Sali	517	Dimensione e prospettive del mercato dei substrati colturali
P. Zaccheo, D. Orfeo, G. Cabassi, L. Crippa, V. Messa, P. Genevini	523	Analisi della composizione dei substrati colturali tramite spettroscopia nel vicino infrarosso (NIR)
	531	Verbale della Tavola rotonda: "Aspetti analitici"
	535	Verbale della tavola rotonda: "Caratteristiche qualificative dei substrati e proposte di normazione"
Indice generale volume 54	I	
Indice degli autori	V	

Indice degli Autori							
Volume 54							
(in parentesi il numero del fascicolo)							
Adani F.	419 (3)	Ceccanti B.	388 (1-2)	L'Abate G.	245 (1-2)	Piotrowska A.	345 (1-2)
Agnelli A.E.	215 (1-2)	Cenci R.M.	45, 56 (1-2)	Lagomarsino A.	229, 233, 341 (1-2)	Piovanelli C.	215 (1-2)
Alianiello F.	477 (3)	Chersich S.	367 (1-2)	Landi S.	401 (1-2)	Pirisi M.	316 (1-2)
Andrenelli M.C.	161 (1-2)	Ciampa A.	302 (1-2)	Laruccia N.	331 (1-2)	Pompili L.	45, 350, 393 (1-2)
Angelucci R.	267 (1-2)	Cicia G.	221 (1-2)	Liburdi K.	376, 383 (1-2)	Ponzoni G.	323, 331 (1-2)
Antisari L.V.	279 (1-2)	Cirilillo E.	432 (3)	Lilla E.	122 (1-2)	Pozzi A.	461, 491 (3)
Aromolo R.	25, 168, 207 (1-2)	Colombo C.	117 (1-2)	Lintelmann J.	56 (1-2)	Previtali F.	110, 128, 144, 221 (1-2)
Bacchetta G.	16 (1-2)	Comolli R.	144, 287 (1-2)	Lo Cascio B.	253 (1-2)	Puddu R.	37, 259 (1-2)
Badalucco L.	345 (1-2)	Conti C.	407 (1-2)	Lorenzoni P.	62 (1-2)	Quaroni S.	497 (3)
Baffi C.	89 (1-2)	Contin M.	435 (3)	Lorito S.	31, 77 (1-2)	Raeli M.	451 (3)
Barbante C.	56 (1-2)	Coppola E.	110, 176, 221 (1-2)	Macci C.	388 (1-2)	Raglione M.	62 (1-2)
Basile A.	135 (1-2)	Corradini D.	376, 383 (1-2)	Mameli M.G.	259 (1-2)	Raimondi S.	103 (1-2)
Bassan V.	77 (1-2)	Corti C.	89 (1-2)	Mancinelli R.	239, 297 (1-2)	Rampinini G.	505 (3)
Basso B.	77 (1-2)	Crippa L.	440, 523 (3)	Manna P.	135 (1-2)	Rea E.	510 (3)
Batistoni E.	96 (1-2)	D'Onghia A.M.	451 (3)	Marchetti A.	316 (1-2)	Riccardi C.	407 (1-2)
Battaglia G.	176 (1-2)	Dazzi C.	7, 110 (1-2)	Marchetti R.	323, 331 (1-2)	Riccioni F.	316 (1-2)
Bazan E.	345 (1-2)	De Angelis P.	229, 233, 310, 338, 341 (1-2)	Marchionni M.	467, 477, 486 (3)	Rocchini A.	96 (1-2)
Beccaloni E.	45 (1-2)	de Bertoldi M.	447 (3)	Marconi S.	267 (1-2)	Romanin A.	200 (1-2)
Benedetti A.	45, 110, 302, 350, 393 (1-2); 486 (3)	de Dato G.	310 (1-2)	Marcucci A.	25, 168 (1-2)	Rossi G.	359 (1-2)
Beni C.	25, 168, 267, 359 (1-2)	de Lauro C.	221 (1-2)	Marinari S.	239, 297, 338, 376, 383, 388 (1-2)	Rubino M.	110 (1-2)
Beone G.M.	89 (1-2)	De Nicola E.	176 (1-2)	Marino P.	440 (3)	Sali G.	517 (3)
Bernardelli E.	144 (1-2)	De Nobili M.	435 (3)	Marsili A.	273 (1-2)	Sanna F.	259 (1-2)
Biagioni V.	323 (1-2)	De Simone C.	267 (1-2)	Masciandro G.	388 (1-2)	Santomassimo F.	401 (1-2)
Bianchi L.	185 (1-2)	Del Giudice T.	221 (1-2)	Masetti O.	302 (1-2)	Saracchi M.	497 (3)
Bini C.	200 (1-2)	Delicato M.A.	84 (1-2)	Mecella G.	84 (1-2)	Sardi P.	497 (3)
Biondi F.A.	168 (1-2)	Dell'Abate M.T.	302 (1-2); 477 (3)	Melis M.	259 (1-2)	Scarascia-Mugnozza G.	310 (1-2)
Boccia P.	407 (1-2)	Delogu G.	185 (1-2)	Mellina A.S.	45 (1-2)	Sebastiani L.	359 (1-2)
Bonfante A.	135 (1-2)	Di Cerce A.	117 (1-2)	Messa V.	523 (3)	Sellitto V.M.	117 (1-2)
Borghi M.	359 (1-2)	Diana G.	207 (1-2)	Miclaus N.	401 (1-2)	Selvi S.	267 (1-2)
Brandi G.	245 (1-2)	Djelouah K.	451 (3)	Mocali S.	393 (1-2)	Serra G.	16 (1-2)
Buonanno M.	135 (1-2)	El Gharras Y.	451 (3)	Montagna G.	245 (1-2)	Servadio P.	273 (1-2)
Buondonno A.	110, 176, 221 (1-2)	Fabiani A.	401 (1-2)	Montanari R.	122 (1-2)	Sgrulletti S.	376 (1-2)
Buondonno C.	221 (1-2)	Fabrizio G.	84 (1-2)	Moscatelli M.C.	233, 338, 341, 350 (1-2)	Silva S.	89 (1-2)
Buscaroli A.	31 (1-2)	Fanelli A.	451 (3)	Mulè P.	259 (1-2)	Simoncini S.	215 (1-2)
Cabassi G.	523 (3)	Farina E.	455 (3)	Musmeci L.	45 (1-2)	Simoni A.	279 (1-2)
Caimi G.	287 (1-2)	Favilli F.	245 (1-2)	Nassisi A.	89 (1-2)	Solaro S.	128 (1-2)
Calabrese F.	287 (1-2)	Felici B.	25, 168 (1-2)	Neri U.	84, 207 (1-2)	Spicaglia S.	407 (1-2)
Calcaterra E.	426 (3)	Ferri D.	267 (1-2)	Nigro C.	486, 488 (3)	Stacul E.	45 (1-2)
Calfapietra C.	338 (1-2)	Ficociello B.	407 (1-2)	Nisini L.	393 (1-2)	Sturchio E.	407 (1-2)
Campiglia E.	239, 297 (1-2)	Francaviglia R.	316 (1-2)	Odierna P.	110 (1-2)	Terribile F.	135 (1-2)
Capodaglio C.	56 (1-2)	Frangi P.	461, 491 (3)	Orfeo D.	440, 523 (3)	Torri D.	161 (1-2)
Caporali F.	155, 297 (1-2)	Fricano G.	89 (1-2)	Orrù M.	16 (1-2)	Ursini O.	122 (1-2)
Carrano S.	253 (1-2)	Frizzera L.	367 (1-2)	Pagano G.	176 (1-2)	Vacca A.	16 (1-2)
Casa R.	253 (1-2)	Fumagalli P.	287 (1-2)	Palazzolo E.	345 (1-2)	Vacca S.	110, 221 (1-2)
Casorri L.	407 (1-2)	Gamba C.	215 (1-2)	Pallanza S.	185 (1-2)	Valagussa M.	491 (3)
Castaldini M.	401 (1-2)	Genevini P.	440, 523 (3)	Palumbo G.	117 (1-2)	Valboa G.	245 (1-2)
Castelnuovo M.	491 (3)	Gherardi M.	31 (1-2)	Panno M.	345 (1-2)	Vianello G.	77, 279 (1-2)
Castriignanò A.	37, 62 (1-2)	Giovannini C.	279 (1-2)	Paolini R.	239 (1-2)	Vignozzi N.	96 (1-2)
Cattaneo G.	56 (1-2)	Glorioso C.	221 (1-2)	Papini R.	161, 245 (1-2)	Vitagliano C.	359 (1-2)
Cavazza L.	432 (3)	Gorga R.	168 (1-2)	Patruno A.	432 (3)	Zaccheo P.	440, 523 (3)
		Grego S.	229, 233, 297, 341, 350, 376, 383, 388 (1-2)	Pellegrini S.	96, 161 (1-2)	Zanellato M.	407 (1-2)
		Gregori E.	185 (1-2)	Pezzella M.	407 (1-2)	Zanvettore M.	56 (1-2)
		Guermanni M.	331 (1-2)	Piccini C.	84 (1-2)	Zorn G.	185 (1-2)
		Indorante A.	103 (1-2)	Pierandrei F.	25 (1-2)	Zucca C.	128 (1-2)
				Pieruccetti F.	253 (1-2)		