

Substrati innovativi per l'allevamento dell'olivo in contenitore: effetti sull'attività vegetativa e sul microbiota del suolo

Luca Regni^{1*}, Luigi Nasini¹, Giovanni Gigliotti², Luisa Massaccesi², Daniela Pezzolla², Ermanno Federici³, Laura Fidati³ e Primo Proietti¹

¹ Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Università di Perugia

² Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università di Perugia

³ Dipartimento di Chimica, Biologia e Biotecnologie, Università di Perugia

Innovative substrates for growing olive trees in pot: effects on vegetation and soil microbiota

Abstract. A new type of olive mill by-product (paté) and the compost produced from it were used in nursery substrates, in partial (50% V/V) replacement of peat, for production of olive trees in pot. The compost allowed to obtain plants similar to the control, while the initial reduction of tree growing found for the substrate containing paté was not recovered. Paté caused an increase in bacterial growth and major changes in the structure of the community, with stimulation of some populations (*Burkholderiales*, *Flavobacteriales* and *Pseudomonadales*) and inhibition of others (*Sphingobacteriales*, *Myxococcales*, *Planctomycetales* and *Opitutales*). In substrate containing compost such effects were less marked or absent.

Key words: husk; compost; *Olea europaea*; peat; nursery substrates.

Introduzione

L'industria di estrazione dell'olio di oliva genera una grande quantità di sottoprodotti organici (sansa e acque di vegetazione) in un arco temporale alquanto ristretto, il cui accumulo e/o non corretto smaltimento può avere effetti dannosi sull'ambiente (Morillo *et al.*, 2009). Nell'ultimo decennio, la composizione e il volume dei sottoprodotti sono notevolmente cambiati, come conseguenza dell'introduzione di tecnologie di estrazione innovative (centrifugazione a due fasi),

finalizzate soprattutto alla riduzione dei quantitativi di acqua aggiunta durante le varie fasi di estrazione. In particolare, il tipo di sansa presa in considerazione in questo studio deriva da un innovativo sistema a due fasi "DMF" ("Gruppo Peralisi- MAIP" Jesi, Italia). Il sistema di estrazione DMF non prevede l'aggiunta di acqua durante il processo e produce due sottoprodotti: una sansa disidratata (simile al sistema a tre fasi) con un'umidità compresa tra il 45 e il 58% (p/p) e una sansa paté priva di nocciolino con un'umidità compresa tra il 64 e il 78% (Alfano *et al.*, 2008; Cayuela *et al.* 2008).

Per evitare lo smaltimento della sansa come rifiuto, sono stati proposti diversi metodi di reimpiego come lo spandimento diretto in campo, l'estrazione dell'olio residuo, la produzione di energia e biogas, e recupero di sostanze biologicamente attive (Morillo *et al.* 2009); tuttavia, molti di essi comportano un costo eccessivo per gli operatori del settore. Al momento attuale l'utilizzo della sansa tal quale o compostata come ammendante o come substrato vivaistico sembra una delle soluzioni più convenienti (Nasini *et al.* 2013). Il co-compostaggio della sansa, sansa paté in particolare, con materiali lignocellulosici con funzione strutturante, come residui di potatura, paglia e cascami di lana, è di particolare interesse per la sua capacità di trasformare questo sottoprodotto in un ammendante di elevata qualità caratterizzato da bassa fitotossicità, elevato contenuto in sostanza organica stabilizzata ed elementi nutritivi (Cayuela *et al.*, 2008; Del Buono *et al.* 2011; Federici *et al.* 2011). La sansa e il compost da essa derivato possono essere impiegati come ingredienti economici per la realizzazione di substrati da invasatura (Papafotiou *et al.* 2005). Tale modalità di valorizzazione è particolarmente interessante in quanto consente di ridurre lo sfruttamento

* regni.luca.agr@gmail.com

delle torbiere che comporta sia l'alterazione di importanti habitat di alto valore paesaggistico ed ecologico (Alexander *et al.* 2008) sia ingenti emissioni di CO₂ legate al trasporto della torba su lunga distanza. Per tali motivi sta crescendo la domanda di substrati "peat free" e la Commissione della Comunità europea ha escluso dal rilascio del marchio *Ecolabel* i substrati che contengono torba o prodotti derivati. Tuttavia per l'utilizzo della sansa come substrato, specialmente se non compostata, si temono problemi legati all'elevato contenuto in acidi organici e sali solubili, al basso pH e alla presenza di numerosi composti fitotossici (Canet *et al.* 2008; Gigliotti *et al.* 2012; Del Buono *et al.* 2011). La sansa, inoltre, può avere degli effetti antimicrobici ascrivibili soprattutto alla frazione fenolica (Ntougias *et al.*, 2013). Una migliore comprensione dell'impatto della sansa tal quale o compostata sulla diversità microbica può essere quindi utile a sviluppare strategie di valorizzazione. A tal riguardo, la maggior parte degli studi riguardano l'utilizzo della sansa come ammendante in pieno campo e soltanto Siles *et al.* (2013) si sono occupati degli effetti della sansa utilizzata come substrato per la crescita delle piante in vaso sui microrganismi coltivabili. Tuttavia, l'approccio di tipo colturale fornisce informazioni incomplete poiché soltanto una frazione limitata delle comunità batteriche presenti nell'ambiente può essere coltivata in laboratorio, mentre le tecniche basate su un approccio molecolare, come PCR-DGGE (denaturing gradient gel electrophoresis) e qPCR (quantitative PCR), consentono di superare questa criticità (Federici *et al.* 2011).

L'obiettivo del presente lavoro è stato di valutare gli effetti dell'utilizzo della sansa paté e del compost da essa derivato in substrati vivaistici per la fase di allevamento dell'olivo in contenitore sull'attività vegetativa e sul microbiota del suolo.

Materiali e metodi

Le caratteristiche chimiche della sansa paté e del

Tab. 1 - Caratteristiche chimiche del paté e del compost da esso derivato (p/p).

Tab. 1 - Chemical properties of paté and the derived compost (w/w).

Parametri	Sansa paté	Compost paté
Umidità (%)	78,1 (3,8)	38,4 (0,8)
TOC (g kg ⁻¹) ^a	524,3 (9,3)	473 (1,3)
TKN (g kg ⁻¹) ^b	16,2 (0,6)	29 (0,5)
C/N	32,4	16,6
CE (dS m ⁻¹)	2,6 (0,08)	3,29 (0,24)

^acarbonio organico totale; ^bazoto totale Kjeldahl
In parentesi errore standard

compost da essa derivante sono riassunte in tabella 1. Per compostare in maniera appropriata tale matrice sono stati aggiunti materiali strutturanti (potature di olivo 22% e paglia di cereali 8% in peso p/p). Il compostaggio è stato condotto in un biocomposter sperimentale (volume di circa 1 m³) provvisto di un sistema di areazione forzata (20 L min⁻¹ per 10 minuti all'ora). Durante la fase attiva del compostaggio la temperatura e l'umidità sono state monitorate continuamente. Tale fase è stata considerata terminata (circa 50 giorni dall'inizio del processo) quando la temperatura della massa era simile a quella ambientale e non si verificavano più innalzamenti di temperatura. La successiva fase di stabilizzazione è stata condotta in un cumulo a sezione trasversale trapezoidale per circa 80 giorni, con rivoltamento della massa e bagnatura occasionale.

La sansa e il compost da essa derivato sono stati utilizzati per l'allevamento di barbatelle di olivo (cultivar Leccino). I substrati utilizzati sono stati i seguenti:

- controllo: 60% torba+40% pomice (V/V)
- sansa paté: 30% torba+40% pomice+30% sansa paté (V/V/V)
- compost paté: 30% torba+40% pomice+30% compost sansa (V/V/V)

L'esperimento è stato condotto mediante un disegno sperimentale a blocchi randomizzati con nove blocchi ciascuno contenente tre vasi per trattamento, per un totale di 27 vasi per ogni substrato.

Durante la fase di allevamento sono stati misurati conducibilità elettrica (CE) e pH delle acque percolate dai contenitori. Al trapianto, a 120 e 270 giorni di distanza sono stati misurati l'altezza e il diametro del fusto. Al trapianto e a 30, 120 e 210 giorni di distanza sono stati determinati la fotosintesi e il peso specifico fogliare. La fotosintesi è stata misurata in giorni privi di nuvole su sette foglie per pianta sviluppatesi nel corso della corrente stagione vegetativa ben illuminate scelte a random dalla parte mediana dei germogli su sette piante per ciascun trattamento. Le misurazioni sono state effettuate al mattino (dalle ore 9:00 alle 10:30) mediante un misuratore portatile IRGA (ADC-LCA-3, "Analytical Development", Hoddesdon, UK). Alla fine della prova, su nove piante per ogni trattamento, sono stati effettuati rilievi distruttivi al fine di determinare il peso fresco e secco delle diverse parti della pianta. I dati sono stati sottoposti ad analisi della varianza e quando l'effetto del trattamento è risultato significativo, le medie sono state separate con il test di Duncan (p<0,05).

Durante la prova, periodicamente sono stati recuperati campioni di substrato per analizzare gli effetti

dei diversi substrati sulle comunità microbiche dell'ecosistema suolo-pianta, utilizzando metodiche molecolari basate sull'estrazione del DNA microbico direttamente dal campione per svincolarsi dai tradizionali metodi colturali. Il DNA estratto è stato utilizzato per la PCR quantitativa (qPCR) la quale, permettendo di quantificare il numero di copie dei geni 16S, fornisce informazioni sull'abbondanza dei batteri presenti nei campioni. Inoltre, dallo stesso DNA sono stati amplificati i geni ribosomiali 16S per sottoporli al *Next Generation Sequencing* (NGS) su piattaforma Illumina per identificare le popolazioni batteriche presenti.

Risultati e discussione

Crescita delle piante

A 120 giorni dal trapianto, le piante cresciute nel substrato compost paté hanno mostrato un accrescimento in altezza inferiore rispetto al controllo (fig. 1). L'accrescimento delle piante allevate nel substrato sansa paté è risultato significativamente inferiore rispetto al substrato con compost e al controllo (42,06% e 59,05% rispettivamente). Successivamente (270 giorni dal trapianto) le piante allevate nel substrato compost paté hanno raggiunto un'altezza media di circa 110 cm, significativamente uguale al controllo, mentre l'altezza delle piante sansa paté è risultata ancora inferiore.

A 270 giorni dal trapianto il diametro medio del fusto nelle piante cresciute nel substrato controllo è risultato maggiore rispetto agli altri substrati (0,93, 0,64 e 0,83, rispettivamente nel controllo, e nei substrati con sansa paté e compost paté).

In accordo con altri autori (Papafiotiou *et al.* 2004; Wang e Blessington, 1990), è stato riscontrato un incremento iniziale della CE nell'acqua di percolazio-

ne (ad esclusione del controllo), seguito dopo un mese da una notevole riduzione. L'iniziale rallentamento della crescita delle piante potrebbe quindi essere imputato all'elevata salinità del substrato (0,56, 2,25, 3,90 e $mS\ cm^{-1}$ rispettivamente nel controllo, nel substrato con compost paté e con sansa paté). Successivamente, grazie alle frequenti irrigazioni, la CE è scesa per i substrati compost paté e sansa paté (0,82 $mS\ cm^{-1}$ e 0,77 $mS\ cm^{-1}$ rispettivamente) mentre è rimasta sostanzialmente stabile nel controllo. Garcia Gomez *et al.* (2003) hanno riscontrato che i substrati contenenti alte percentuali di compost derivante da acque di vegetazione e foglie hanno ridotto la crescita di specie sensibili alla salinità.

All'inizio dell'esperimento il pH era 4,6, 5,7 e 6,1, rispettivamente nei substrati con sansa paté, compost paté e nel controllo, mentre alla fine dell'esperimento il pH è risultato simile in tutti i substrati (intorno a 7,5).

A 270 giorni dal trapianto, il peso secco delle radici delle piante controllo è risultato significativamente più alto di quello delle piante cresciute nei substrati sansa paté e compost paté (fig. 2). Il rapporto parte epigea/ipogea è risultato più alto nelle piante compost paté rispetto al controllo (3,82 e 2,50 rispettivamente), probabilmente a causa di una più elevata disponibilità di nutrienti nel compost (tab. 1) che potrebbe aver indotto la pianta a investire minori risorse nella crescita dell'apparato radicale.

Come conseguenza del maggior diametro del fusto (e limitatamente alla sansa paté anche della maggiore altezza dello stesso) e del maggior numero di rami laterali, nel controllo è stato rilevato un maggior peso secco di fusto e rami rispetto al compost paté e soprattutto alla sansa paté.

Peso specifico fogliare e attività fotosintetica

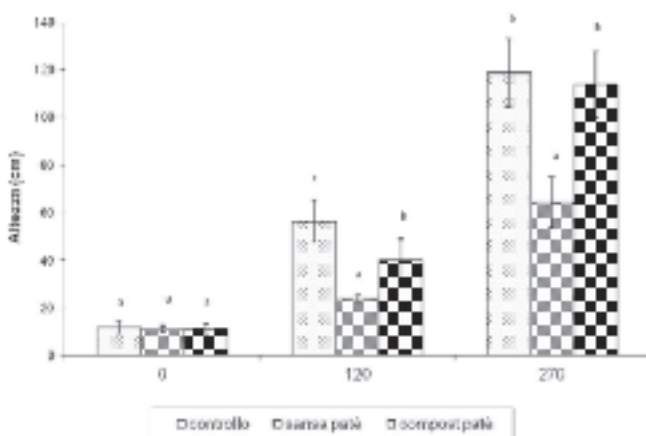


Fig. 1 - Altezza media delle piante a diversi giorni dal trapianto (0, 120 e 270 giorni).

Fig. 1 - Average height of plants at different days from transplanting (0, 120 and 270 days).

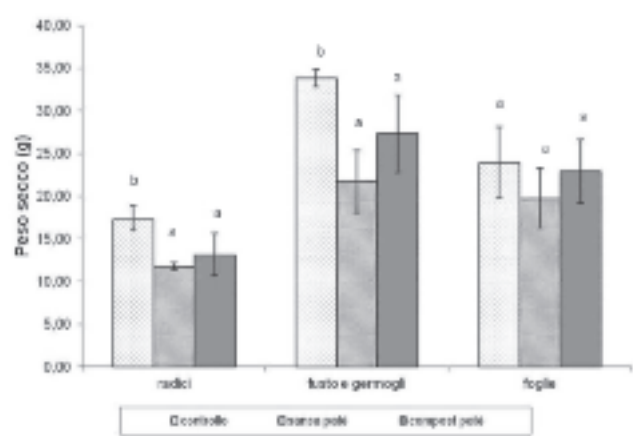


Fig. 2 - Peso secco delle diverse parti delle piante allevate nei differenti substrati

Fig. 2 - Dry weight of the different components of plants grown in different substrates.

A 120 giorni dal trapianto, non sono state riscontrate differenze significative nel peso specifico fogliare fra le piante cresciute nei diversi substrati. Al contrario, dopo 210 giorni, il peso specifico fogliare è risultato più alto nelle piante cresciute nel substrato compost (21,09 mg cm⁻²) rispetto al controllo (18,94 mg cm⁻²) e ciò può spiegare l'elevato rapporto foglie legno riscontrato nelle piante allevate in substrato contenente compost (tab. 2).

L'attività fotosintetica a 120 giorni dal trapianto non è risultata significativamente differente fra le piante allevate nel substrato contenente compost rispetto al controllo. Dopo 210 giorni dal trapianto la fotosintesi è aumentata, probabilmente anche grazie al maggior peso specifico fogliare (5,73 e 5,12 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, rispettivamente per il substrato con compost e il controllo). La fotosintesi nelle piante cresciute nel substrato contenente sansa paté inizialmente è risultata inferiore al controllo (8,64 e 12,00 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, rispettivamente), poi a 210 giorni dal trapianto le differenze sono scomparse (tab. 3).

Tenendo conto che l'attività fotosintetica di una pianta fornisce informazioni non solo sulla potenzialità produttiva dell'albero, ma anche sulle sue reazioni a fattori ambientali e colturali (Bongi *et al.*, 1988), i dati riportati in tabella 3 confermano che inizialmente la sansa paté ha indotto nelle piante uno stato di stress, superato dopo alcuni mesi.

L'iniziale effetto di riduzione sulla crescita delle piante e su fotosintesi e peso specifico fogliare causato dalla sansa paté, rispetto al compost, è in accordo con quanto riportato da Del Buono *et al.* (2011) e Gigliotti *et al.* (2012) i quali osservarono che il processo di compostaggio è in grado di ridurre fortemente la fitotossicità della sansa grazie alla degradazione

di composti tossici, presenti per lo più nella frazione organica solubile in acqua, dei fenoli e dei lipidi.

Effetti sulla comunità batterica del substrato

La valutazione dell'abbondanza dei batteri nei campioni del substrato effettuata grazie alla quantificazione (qPCR) del numero di copie del frammento genico 16S rRNA, ha mostrato come l'utilizzo dei diversi substrati da invasatura non abbia avuto effetti deleteri sulla crescita dei batteri. Al contrario, è stato rilevato che, rispetto al controllo, la sansa e, in misura minore, il compost, hanno avuto un effetto di stimolazione della crescita batterica. Questi effetti, tuttavia, sono stati di entità limitata (fino ad un massimo di 50 volte rispetto al controllo) e sono scomparsi dopo 270 giorni dall'inizio della prova.

L'osservazione che la sansa tal quale ha causato, rispetto alla sansa compostata e specialmente nelle fasi iniziali di coltivazione in vaso, un evidente rallentamento della crescita delle piante, ha suggerito di indagare le modificazioni a breve termine (30 giorni) della composizione della comunità batterica del substrato mediante l'utilizzo del NGS con tecnologia Illumina, metodica che sta progressivamente diffondendosi nell'ecologia microbica perché in grado di fornire informazioni tassonomiche accurate su tutte le popolazioni batteriche presenti in un dato campione.

Il raggruppamento dei campioni, effettuato grazie a dendrogrammi di similarità tra le composizioni delle comunità batteriche, ha messo in evidenza effetti molto marcati sulla biodiversità batterica in substrati contenenti sansa. Le comunità batteriche presenti nei substrati contenenti compost apparivano, invece, molto simili a quelle dei substrati controllo.

Tab. 2 - Peso specifico fogliare a 0, 30, 120 and 210 giorni dal trapianto.
Tab. 2 - Area dry mass 0, 30, 120 and 210 after transplanting.

Peso specifico fogliare (mg cm ⁻²)	0 giorni	30 giorni	120 giorni	210 giorni
Controllo	8,13 (1,90)a	9,76 (1,86)a	12,32 (1,82)a	18,94 (0,67) ab
Sansa paté	7,47 (0,32)a	8,05 (0,18)a	13,27 (3,48)a	15,09 (2,18)a
Compost paté	8,87 (1,75)a	8,74 (0,03)a	11,25 (2,43)a	21,09 (1,62)b

In ogni colonna le medie seguite dalle stesse lettere non sono statisticamente differenti (p<0,05). In parentesi l'errore standard.

Tab. 3 - Attività fotosintetica a 0, 30, 120 and 210 giorni dal trapianto.
Tab. 3 - Photosynthetic activity 0, 30, 120 and 210 after transplanting.

Fotosintesi (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	0 giorni	30 giorni	120 giorni	210 giorni
Controllo	2,06 (0,36) a	3,23 (2,65) a	12,00 (0,62) a	5,12 (0,08) a
Sansa paté	0,27 (0,06) b	- 0,80 (0,25) b	8,65 (0,82) b	5,71 (0,40) a
Compost paté	1,34 (0,48) a	1,17 (0,21) a	11,64 (2,52) a	5,33 (1,03) a

In ogni colonna le medie seguite dalle stesse lettere non sono statisticamente differenti (p<0,05). In parentesi l'errore standard.

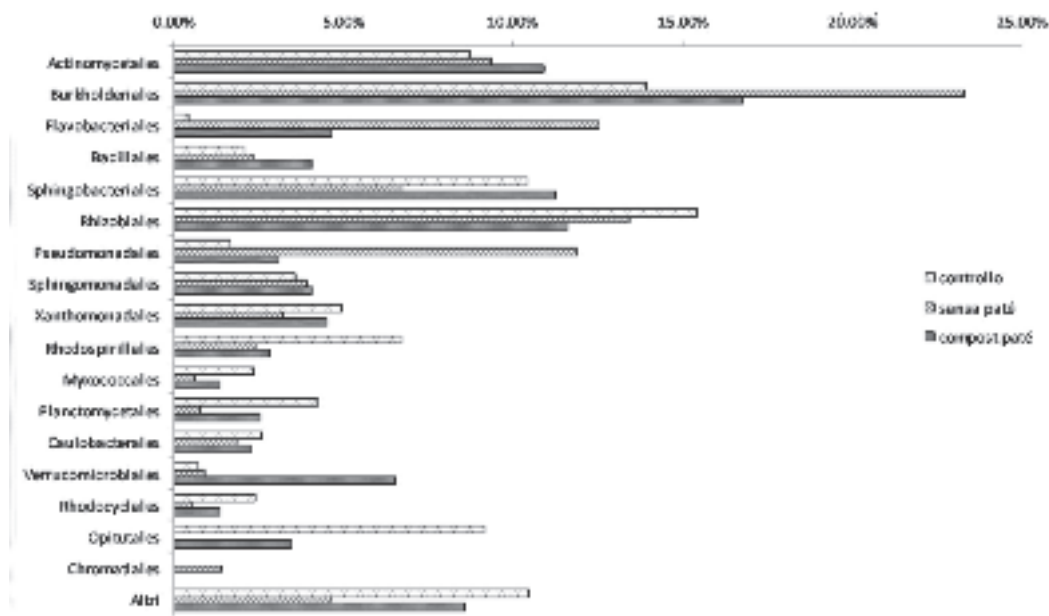


Fig. 3 - Distribuzione percentuale degli ordini batterici identificati.
Fig. 3 - Percentage distribution of identified bacterial orders.

L'identificazione delle popolazioni batteriche presenti nei diversi campioni ha permesso di individuare le popolazioni più influenzate dall'utilizzo dei diversi substrati. In figura 3 sono riportate le distribuzioni percentuali delle popolazioni batteriche identificate a livello di ordine.

Gli ordini *Burkholderiales*, *Flavobacteriales* e *Pseudomonadales* hanno subito un forte incremento in substrati contenenti sansa tal quale, mentre l'effetto opposto è stato osservato per *Rhodocyclales*, *Sphingobacteriales*, *Xanthomonadales*, *Rhodospirillales* e *Planctomycetales*, i quali venivano fortemente inibiti dall'aggiunta di sansa. In casi estremi, come per *Opitutales*, la sansa ha avuto un effetto totalmente inibitorio.

Nel substrato con compost di sansa sono state osservate situazioni simili al substrato controllo, come ad esempio per *Pseudomonadales*, *Sphingobacteriales*, *Xanthomonadales*, e *Burkholderiales*. Per *Flavobacteriales*, invece, il compost ha avuto un effetto di stimolazione rispetto al controllo, seppure di entità molto inferiore a quello prodotto dalla sansa tal quale. Per *Verrucomicrobiales*, infine, il substrato contenente compost è risultato quello più stimolante, rispetto sia al controllo sia al substrato contenente sansa.

Conclusioni

I risultati del presente studio indicano buone potenzialità di impiego del compost derivante da sansa paté come materiale per la realizzazione di sub-

strati per l'allevamento dell'olivo in contenitore in parziale (50%) sostituzione della torba. Pertanto, in accordo con Papafotiou *et al.* (2004), si può concludere che l'utilizzo della sansa, previo compostaggio, può contribuire alla valorizzazione di questo materiale nel vivaismo olivicolo. L'utilizzazione della sansa non compostata, al contrario, non può essere raccomandata in quanto la crescita delle piante in tale substrato è risultata insoddisfacente. La sansa e in misura molto minore il compost, nel breve periodo, stimolano la crescita batterica. I substrati con sansa presentano un profilo della comunità microbica, nel breve periodo, molto diverso rispetto al controllo.

Sono necessarie ulteriori indagini per verificare se la combinazione di diverse percentuali di compost e/o sansa paté con altri componenti, come ad esempio il terreno agrario, può consentire un ulteriore riduzione dell'utilizzo della torba senza compromettere l'entità di accrescimento e la qualità delle piante.

Riassunto

Una nuova tipologia di sansa (paté) e il compost da essa derivato sono stati utilizzati per la realizzazione di substrati vivaistici, in sostituzione parziale (50%, V/V) della torba, per l'allevamento dell'olivo in contenitore. L'accrescimento delle piante è risultato simile al controllo nel compost ed inferiore nel substrato paté. Il paté ha determinato un incremento della crescita batterica e modificazioni importanti nella struttura della comunità microbica, con stimolazione di alcune popolazioni (*Burkholderiales*,

Flavobacteriales e *Pseudomonadales*) e inibizione di altre (*Sphingobacteriales*, *Myxococcales*, *Planctomycetales* e *Opitutales*). Nel substrato compost tali effetti sono risultati meno marcati o assenti.

Parole chiave: sansa; compost; *Olea europaea*; torba; substrati vivaistici

Bibliografia

- ALEXANDER P.D., BRAGG N. C., MEADE R., PADELOPOULOS G., WATTS O., 2008. *Peat in horticulture and conservation: the UK response to a changing world*. Mires and Peat, 3: 1–10.
- ALFANO G., BELLI C., LUSTRATO G., RANALLI G., 2008. *Pile composting of two-phase centrifuged olive husk residues: technical solutions and quality of cured compost*. Bioresource Technology, 98: 4694–4701.
- CAYUELA M.L., MILLNER P.D., MEYER S.L.F., ROIG A., 2008. *Potential of olive mill waste and compost as biobased pesticides against weeds, fungi, and nematodes*. Science of the Total Environment, 399: 11–18.
- DEL BUONO D., SAID-PULLICINO D., PROIETTI P., NASINI L., GIGLIOTTI G., 2011. *Utilization of olive husks as plant growing substrates: Phytotoxicity and plant biochemical responses*. Compost Science and Utilization, 19: 52–60.
- DICKSON R.E., 1991. *Assimilate distribution and storage*. In: Raghavendra, A.S. ed., *Physiology of trees*, John Wiley and Sons (New York-Chichester-Brisbane-Toronto-Singapore): 51–85.
- FEDERICI E., PEPI M., ESPOSITO A., SCARGETTA S., FIDATI L., GASPERINI S., ALTIERI R., CENCI G. 2011. *Two-phase olive mill waste composting: Community dynamics and functional role of the resident microbiota*. Bioresource technology, 102(23): 10965–10972.
- GARCIA-GOMEZ A., ROIG A., BERNAL M.P., 2003. *Composting of the solid fraction of olive mill wastewater with olive leaves: organic matter degradation and biological activity*. Bioresource Technology, 86: 59–64.
- GIGLIOTTI G., PROIETTI P., SAID-PULLICINO D., NASINI L., PEZZOLLA D., ROSATI L., PORCEDDU P.R., 2012. *Co-composting of olive husks with high moisture contents: Organic matter dynamics and compost quality*. International Biodeterioration and Biodegradation, 67: 8–14.
- MORILLO J.A., ANTIZAR-LADISLAO B., MONTEOLIVA-SANCHEZ M., RAMOS-CORMENZANA A., RUSSELL N.J., 2009. *Bioremediation and biovalorisation of olive-mill wastes*. Applied Microbiology Biotechnology, 82: 25–39.
- NASINI L., GIGLIOTTI G., BALDUCCINI M.A., FEDERICI E., CENCI G., PROIETTI P., 2013. *Effect of solid olive-mill waste amendment on soil fertility and olive (*Olea europaea* L.) tree activity*. Agriculture Ecosystems and Environment, 164: 292–297.
- NTOUGIAS S., BOURTZIS K., TSAMIS G., 2013. *Review Article The Microbiology of Olive Mill Wastes*. Biomed Research International, 2013: 1–17.
- PAPAFOTIOU M., PHSYHALOU M., KARGAS G., CHATZIPAVLIDIS I., CHRONOPOULOS J., 2004. *Olive-mill wastes compost as growing medium component for the production of poinsettia*. Scientia Horticulturae, 102: 167–175.
- SILES J.A., PASCUAL J.A., GONZÁLEZ-MENÉNDEZ V., SAMPEDRO I., GARCÍA-ROMERA I., BILLS G.F., 2013. *Short-term dynamics of culturable bacteria in a soil amended with biotransformed dry olive residue*. Systematic and Applied Microbiology, 37(2): 113–120.
- WANG Y.T., BLESSINGTON T.M., 1990. *Effect of paclobutrazol and uniconazole on growth of four tropical foliage species*. Horticultural Science, 25: 202–204.