

## Analisi tecnica e ambientale (LCA) del reimpiego dello scarto vegetale in vivaio

Stefano Lucchetti\*, Giulio Lazzerini e Francesco Paolo Nicese

Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente - DiSPAA, Università di Firenze, Polo Scientifico di Sesto Fiorentino (FI)

### Reuse of green waste in plant nurseries: a technical and environmental analysis (LCA)

**Abstract.** The present work had the purpose to evaluate the production and reuse of a green waste-based compost in plant nurseries from an environmental point of view. In several nurseries around Pistoia nursery district a bulk of green waste material was done in order to produce compost; the starting materials and those obtained with the composting process were monitored from the chemical and physical point of view to determine their quality. A Life Cycle Assessment (LCA) approach was used to evaluate the environmental impact (in terms of CO<sub>2</sub> emissions) of this process. The first results clearly indicate that the use of vegetable waste as a partial substitute of peat is possible and allows a substantial reduction in CO<sub>2</sub> emissions.

**Key words:** Life cycle analysis, CO<sub>2</sub>e emissions, compost, substrates, physical and chemical characterization.

### Introduzione

Le aziende vivaistiche, svolgendo la loro attività, producono naturalmente una serie di rifiuti, scarti e/o sottoprodotti che vengono gestiti in diversi modi. Una di queste categorie di scarti/sottoprodotti è rappresentata dagli "scarti vegetali", definizione con la quale si intende una varietà di materiali, tra cui le piante seccate o non vendibili, le svasature e le potature. La prevalenza di uno o più di questi materiali è legata alla tipologia di azienda vivaistica (Recchia *et al.*, 2013); infatti nelle aziende che hanno prevalentemente colti-

vazioni di pieno campo, la matrice degli scarti è rappresentata per lo più da piante secche e da potature, mentre per quelle in cui prevale la coltura in contenitore assumono grande rilevanza il terriccio e le svasature. Parlando del Distretto vivaistico pistoiese, le dimensioni del problema possono essere quantificate intorno alle 20.000 tonnellate/anno di scarto prodotto (Marzialetti, 2008). Le aziende vivaistiche nei riguardi di questi materiali, si sono trovate di fronte alla necessità di una loro gestione alternativa allo smaltimento oneroso come rifiuti aziendali (D.Lgs n° 205/2010). A partire dal Protocollo di Intesa della Provincia di Pistoia, del 13 luglio 2012 ("Riempiego ed utilizzo, come sottoprodotti, di alcune tipologie di residui derivati dalla produzione del settore vivaistico"), il riutilizzo di questi materiali è stato regolamentato nel Distretto vivaistico pistoiese. Lo scopo del presente lavoro è stato quindi quello di ottenere un materiale compostato a partire da diverse matrici, riutilizzabile come componente di substrati nelle aziende, valutando nel contempo le implicazioni ambientali di detta operazione. A tal fine si è deciso di utilizzare un approccio LCA (*Life Cycle Assessment*), in modo da quantificare le emissioni di CO<sub>2</sub>e (CO<sub>2</sub> equivalente) derivanti dalla produzione di questo materiale riciclato in confronto ad altri componenti di substrati vivaistici.

### Materiali e metodi

La sperimentazione si è svolta nell'ambito del progetto Vivacert (Vivaismo, Ambiente, Certificazione partecipata), finanziato dalla provincia di Pistoia. Una serie di 8 aziende vivaistiche, di piccole dimensioni (da 1-2 ha fino ai 6-7ha), si sono rese disponibili a fornire i propri scarti vegetali per la costituzione di cumuli caratterizzati da matrici e preparazioni diverse, come riportato in tabella 1.

\* lucchetti.stefano87@gmail.com

Tab. 1 - Caratteristiche generali del materiale di partenza.  
 Tab. 1 - General characteristics of the starting material.

Azienda / cumulo	Matrice	Macchinario di macinazione	Granulometria $\geq 4$ cm	Granulometria $< 4$ cm
1	Conifere	Cippatore	14,10%	85,90%
2	Conifere	Cippatore	31,30%	68,70%
3	Latifoglie	Cippatore	12,80%	87,20%
4	Misto latifoglie/conifere	Cippatore	23,70%	76,30%
5	Misto latifoglie/conifere	Biotrituratore	7,20%	92,80%
6	Latifoglie	Cippatore	15,20%	84,80%
7	Latifoglie	Cippatore	39,40%	60,30%
8	Misto latifoglie/conifere	Cippatore	21,80%	78,20%

Al fine di poter descrivere con la dovuta ampiezza di dettaglio i risultati della analisi LCA, vengono qui riportati i risultati completi riferiti a soli 2 cumuli, differenziati in base alla tipologia di lavorazione: B1 e C1 (rispettivamente corrispondenti ai numeri 3 e 5 in tabella 1).

#### *Creazione e gestione dei cumuli*

La triturazione dei materiali di partenza è stata eseguita con due tipologie di macchinari, un biotrituratore di potenza min. 15 hp alimentato da una trattrice da 65 CV e un cippatore a disco di potenza min. 28 hp con motore diesel. Durante la prova il biotrituratore si è dimostrato maggiormente idoneo a triturare materiale di calibro contenuto, ricco di foglie e non totalmente secco; il cippatore ha dato invece un buon risultato con matrici legnose di grosso calibro, tipo i resti di alberature non troppo ricche di foglie e componenti umide.

Il materiale vegetale di scarto dopo essere stato ridotto in particelle di 3-6 cm è stato “attivato” con 1 kg/m<sup>3</sup> di azoto (sotto forma di urea) per poi essere sistemato in cumuli. Ciò ha consentito l’attivazione del processo di compostaggio. Il volume del materiale ottenuto è stato pari a 1,9 m<sup>3</sup> per B1 e 4,3 m<sup>3</sup> nel caso di C1. Per entrambi i cumuli presi in considerazione, è stata mantenuta una temperatura di almeno 50 °C per 15 giorni, condizione necessaria alla biosterilizzazione. Il materiale in compostaggio è stato periodicamente arieggiato tramite ribaltamenti, al fine di fornire ossigeno ai microrganismi e quindi mantenere il processo attivo. Tali ribaltamenti si sono succeduti frequentemente nella prima fase, per andare a scemare via via che il compost maturava. L’andamento delle temperature ha dimostrato la buona riuscita sia della fase ossidativa sia di quella di maturazione.

#### *Caratterizzazione chimico fisica dei substrati*

Allo scopo di caratterizzare i materiali oggetto di

studio, sono stati monitorati i principali parametri chimico-fisici. Mediante i “Metodi di analisi dei compost” della Regione Piemonte (1998), sono stati valutati i seguenti parametri chimici: Conducibilità elettrica (CE), Carbonio organico (TOC), Azoto totale (N), Azoto organico (Norg) e Rapporto C/N. Il pH è stato misurato mediante metodologia IRSA-CNR (1985). I parametri fisici sono stati valutati secondo i metodi proposti da De Boodt e Verdonck (1972), e sono stati: la Densità apparente, la Porosità totale, la Porosità libera, la Capacità di ritenzione idrica, il Volume di acqua facilmente disponibile e il Volume di acqua di riserva.

#### *Analisi LCA*

La definizione di LCA si esprime come la “compilazione e valutazione attraverso tutto il ciclo di vita degli elementi in ingresso e in uscita, nonché i potenziali impatti ambientali di un sistema produttivo” (UNI EN ISO 14040 e 14044, 2006). In questo lavoro, l’analisi è stata applicata al processo di produzione degli scarti vegetali, in modo da valutare le performance ambientali, in termini di emissioni di CO<sub>2</sub>, di tale processo in relazione alla costituzione di substrati vivaistici. I passaggi fondamentali del processo produttivo esaminato, sono riportati nella figura 1.

Per ogni fase del processo produttivo sono state raccolte le informazioni necessarie alla analisi dell’inventario (LCI - *Life Cycle Inventory*), e cioè le materie prime e l’energia coinvolte nei singoli passaggi (ad es. gasolio, azoto). Tutti i dati raccolti sono stati riferiti a una precisa unità funzionale, come richiesto dal protocollo della LCA (Baldo *et al.*, 2008). Nel nostro caso l’unità scelta è stata 1 m<sup>3</sup> di prodotto. Sono state escluse dalla analisi le emissioni relative ai processi di degradazione di N e C che avvengono durante il processo di compostaggio. I dati rilevati sono poi stati analizzati da un software specifico per il calcolo della LCA, GaBi 6, della PE International.

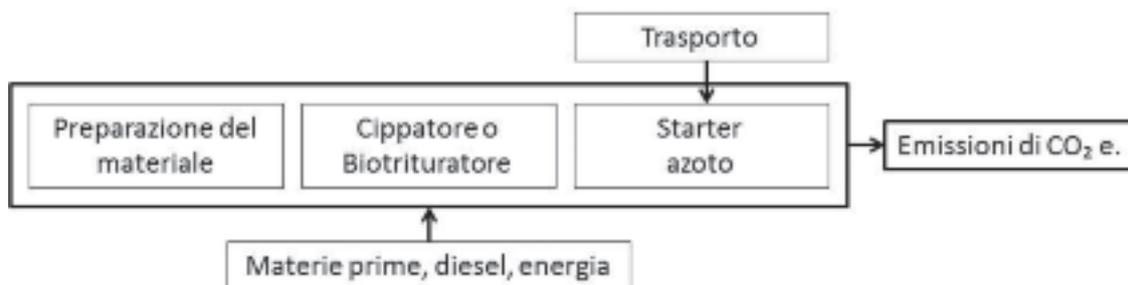


Fig. 1 - Diagramma di flusso del processo produttivo degli scarti vegetali.

Fig. 1 - Flow-chart of the green waste production process.

## Risultati e discussione

### Monitoraggio parametri chimico-fisici

Nella tabella 2 sono descritti i risultati del monitoraggio dei parametri chimici durante il processo di compostaggio dei cumuli B1 e C1.

Il pH è aumentato in entrambi i casi durante il processo di compostaggio, raggiungendo valori finali tipici dei compost e rispettanti i valori limite previsti dalla normativa di riferimento (d.lgs. 75/2010). Il pH ottenuto è più alto rispetto ai substrati convenzionalmente utilizzati nel vivaismo ornamentale (pH 4.5-6; Marzioletti, 2008).

Le due matrici nella fase iniziale avevano una conducibilità elettrica molto diversa (2795,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  per B1 e 963,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  per C1), ciò nonostante è stata osservata una sensibile riduzione di questo parametro durante il processo di compostaggio. Nella fase finale è stata rilevata una conducibilità elettrica leggermente più alta rispetto alla fase intermedia; il valore del materiale maturo è risultato comunque molto più basso rispetto ai limiti di legge, ed è paragonabile in entrambi i casi a quello riscontrabile nelle torbe di sfagno (200-600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; Marzioletti, 2008).

Il C organico è nettamente più alto rispetto al limite > del 20% SS imposto dalla normativa. Tali valori sono stati raggiunti a causa dell'abbondante compo-

nente legnosa delle matrici di partenza. Per quanto riguarda l'N, la frazione organica è ben più alta dell'80% previsto dai limiti di legge. Valori di sostanza organica totale superiore all'80% sono adeguati ad un uso di tali materiali compostati come substrati di coltivazione in contenitore (Abad *et al.*, 2001).

Il rapporto C/N di B1 è risultato leggermente più alto rispetto al valore massimo del 25%. Rosen *et al.* (1993) affermano comunque che un rapporto C/ N tra 15 e 20 è ideale per l'uso del compost come substrato di coltivazione.

In generale i valori osservati per le caratteristiche chimiche analizzate (pH, EC, C organico e C/N) sono in linea con quelli osservati in prove di compostaggio con materiali vegetali derivanti dal verde pubblico (Benito *et al.* 2006).

In tabella 3 sono riportati i parametri fisici riscontrati sui compost B1 e C1, confrontati con le caratteristiche di un substrato convenzionalmente utilizzato nel vivaismo ornamentale. La densità apparente ottenuta è più bassa rispetto al substrato tipico, caratteristica apprezzata sia sotto il profilo tecnico che sotto quello commerciale. La porosità totale è in linea con il substrato torba-pomice. Sia B1 che C1 hanno porosità libera sensibilmente più alta rispetto al substrato di riferimento, di conseguenza hanno capacità di ritenzione idrica, volume di acqua facilmente disponi-

Tab. 2 - Parametri chimici riscontrati in B1 e C1 nelle diverse fasi di compostaggio.  
Tab. 2- B1 and C1 chemical parameters detected in the different composting phases.

Parametro	Unità di misura	Valori limite	Fase iniziale	Fase intermedia	Fase finale	Fase iniziale	Fase intermedia	Fase finale
			B1			C1		
pH		6-8,5 <sup>a</sup>	5,4	7,2	7,4	6,1	7,9	7,8
Conducibilità elettrica (EC)	$\mu\text{S}/\text{cm}$	1500-3000 <sup>b</sup>	2795,5	128,5	150,5	963	208,5	363,5
Carbonio organico (TOC)	% su ss	>20% <sup>a</sup>	-	-	44,46	-	-	39,13
Azoto totale (N)	% su ss	da dichiarare <sup>a</sup>	-	-	1,67	-	-	2,12
Azoto organico (Norg)	% su ss	>80% del totale <sup>a</sup>	-	-	1,66	-	-	2,11
Rapporto C/N		<25% <sup>a</sup>	-	-	26,62	-	-	18,46

<sup>a</sup> d.lgs. 75/2010; <sup>b</sup> Marzioletti, 2008

Tab. 3 - Parametri fisici del materiale finale riscontrati nei compost B1 e C1.  
 Tab. 3 - Final physical parameters detected in B1 and C1 compost.

Parametro	Valore torba-pomice (40%-60%)	B1	C1
Densità apparente (g/cm <sup>3</sup> )	0,21	0,14	0,12
Porosità totale (% V/V)	89,3	91,3	92,8
Porosità libera (vol. aria a pF1) (% V/V)	36,6	60,5	57,3
Capacità ritenzione idrica (vol. acqua a pF1) (% V/V)	52,6	30,8	35,5
Volume d'acqua facilmente disponibile (% V/V)	16,7	5	3,8
Volume di acqua di riserva (% V/V)	4,9	0,4	1,9

bile e di riserva, più bassi (De Boedt e Verdonck, 1972). Benito *et al.* (2006) mettono in evidenza inoltre che con una porosità libera alta l'acqua deve essere applicata frequentemente, e in piccole quantità per evitare lisciviazione.

Le curve di ritenzione idrica di B1 e C1 riassumono i valori mostrati nella tabella 3: in entrambi i casi il rapporto aria/acqua si attesta a valori di circa 57-60%/30-35%, per restare pressoché costante a tensioni crescenti fino ai 100 cm di colonna di acqua.

#### LCA

Per l'analisi LCA si è deciso di calcolare le emissioni non soltanto dei compost oggetto di studio, ma anche di due substrati comunemente utilizzati nel vivaismo ornamentale, una miscela torba-pomice (50-50 V/V) e una fibra di cocco al 100%. I risultati relativi ai cumuli B1 e C1 indicano una emissione di CO<sub>2</sub>e che va da poco più di 14 fino a oltre 17 kg/m<sup>3</sup> di materiale compostato (tab. 4), con differenze tra i due campioni dovute sia a una diversa preparazione preliminare del materiale vegetale, sia a una diversa efficienza di lavorazione del biotrituratore rispetto al cippatore. I risultati relativi alla analisi dei substrati

Tab. 4 - Emissione di CO<sub>2</sub>e (kg/m<sup>3</sup>) nei compost B1 e C1, e nei substrati a base di torba/pomice e di fibra di cocco.

Tab. 4 - CO<sub>2</sub>e (kg/m<sup>3</sup>) emissions in B1 and C1 compost, and in peat/pumice and coconut fiber substrates.

Fasi del ciclo	Compost		Substrati	
	B1	C1	Torba: Pomice	Cocco
Processo produttivo	-	-	2,98	27,6
Preparazione	0,54	2,14	-	-
Biotrit./Cippat.	9,78	5,74	-	-
Attivazione con N	6,82	6,82	-	-
Trasporto	0	0	46,8	7,85
Totale	17,14	14,7	49,78	35,45

vivaistici ha evidenziato un livello di emissioni di CO<sub>2</sub>e mediamente molto più elevato rispetto ai compost, con valori totali variabili tra più di 35 fino a quasi 50 kg/m<sup>3</sup> di prodotto. I risultati ottenuti trovano conferma nelle conclusioni di altre ricerche: già nel 2013 De Lucia *et al.* hanno messo in evidenza una importante riduzione di CO<sub>2</sub> emessa in atmosfera impiegando substrati "peat-free" a base di compost e materiali di recupero. Un'ulteriore conferma arriva dagli Stati Uniti, dove Kendall e McPherson (2012), applicando la metodologia LCA ad un ciclo di produzione di una pianta arborea, hanno calcolato emissioni legate ai substrati inferiori a quelle ottenute nel vivaismo europeo. Questa differenza è imputabile al fatto che in Nord America vengono impiegati terricciati da fonte rinnovabile quali compost, corteccia e cippati. Da notare in tabella 4 l'elevato costo in termini di emissioni del trasporto del substrato torba: pomice, rispetto al cocco, dovuto al fatto che i primi viaggiano su camion, mentre il trasporto del cocco avviene per lo più via nave. Questi risultati sono confermati da precedenti studi condotti sul territorio pistoiese dagli autori del presente lavoro in differenti produzioni vivaistiche in contenitore (Lazzerini *et al.*, 2014 e 2015 a-b).

A livello di comprensorio pistoiese Recchia *et al.* (2013) hanno dimostrato, inoltre, che le aziende vivaistiche possono ridurre le loro pressioni ambientali se implementano procedure adeguate di gestione delle biomasse residue oltre che promuovendo il loro recupero come substrato di coltivazione, producendo biocarburanti utilizzati al fine di limitare il consumo di gasolio e di ottenere prodotti redditizi per il mercato locale.

#### Conclusioni

Dall'insieme dei risultati ottenuti, emerge innanzitutto un giudizio positivo sulla qualità dei materiali compostati. Essi presentano caratteristiche tali da

poter essere considerati tra le componenti utilizzabili come substrato nella coltivazione in vaso. I parametri fisici riscontrati dimostrano la natura “drenante” dei compost ottenuti, questo rende necessaria la miscelazione con materiali con maggiore ritenzione idrica per la creazione di un substrato ottimale per le diverse colture. L’analisi LCA ha evidenziato un basso livello di emissioni dei processi produttivi di questo materiale compostato, con valori sensibilmente inferiori rispetto alle emissioni legate ai substrati vivaistici standard. Ciò suggerisce che l’impiego di questi materiali compostati nei substrati vivaistici, attualmente in fase di sperimentazione, oltre a rappresentare una alternativa al fatto di considerare questi materiali come rifiuti da smaltire, porterebbe a una globale riduzione del livello di emissioni di CO<sub>2</sub> del processo produttivo.

## Riassunto

Il presente lavoro ha lo scopo di valutare sotto il profilo ambientale la produzione ed il reimpiego nel vivaismo di compost ottenuto da scarti vegetali. In diversi vivai pistoiesi sono stati prodotti cumuli di compostaggio; i materiali di partenza e quelli compostati sono stati monitorati dal punto di vista chimico-fisico per stabilirne la loro qualità. La valutazione dell’impatto ambientale è stata effettuata determinando le emissioni di CO<sub>2</sub> utilizzando l’analisi del ciclo di vita (LCA).

Dai primi risultati emerge che l’impiego di scarti vegetali in sostituzione della torba sia possibile e consenta una riduzione rilevante delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

**Parole chiave:** Analisi del ciclo di vita, emissioni di CO<sub>2</sub>e, compost, substrati, caratterizzazione chimico-fisica.

## Bibliografia

ABAD, M., NOGUERA, P., BURE’S, S., 2001. *National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain*. Bioresour. Technol., 77: 197–200.

- BALDO G.L., MARIONO M., ROSSI S., 2008. *Analisi del ciclo di vita LCA*. Manuali di progettazione sostenibile, Edizioni Ambiente.
- BENITO M., MASAGUER A., MOLINER A., DE ANTONIO R., 2006. *Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability*. Bioresource Technology, 97: 2071-2076.
- DE BOODT M., VERDONCK O., 1972. *The physical properties of the substrates in horticulture*. Acta Horticulturae, 26: 37- 44.
- DE LUCIA, B., VECCHIETTI, L., RINALDI, S., RIVERA, C.M., TRINCHERA, A., REA, E., 2013. *Effect of Peat-Reduced and Peat-Free Substrates on Rosemary Growth*. Journal of Plant Nutrition, 36: 863-876
- Decreto Legislativo 29 aprile 2010, n.75 “Riordino e revisione della disciplina in materia di fertilizzanti, a norma dell’articolo 13 della legge 7 luglio 2009, n. 88” (Gazzetta Ufficiale n. 121 del 26 maggio 2010).
- IRSA-CNR, 1985. *Quaderni Istituto di Ricerca Aque N°64*. Metodi Analitici per i fanghi.
- KENDALL A., MCPHERSON E G., 2012. *A life cycle greenhouse gas inventory of a tree production system*. Int J Life Cycle Assess, 17: 444–452.
- LAZZERINI G., LUCCHETTI S., NICESE F.P., 2014. *Analysis of greenhouse gas emissions from ornamental plant production: a nursery level approach*. Urban Forestry e Urban Greening, 13 (3): 517-525.
- LAZZERINI G., LUCCHETTI S., NICESE F.P., 2015a. *GHG emissions from the ornamental plant nursery industry: a LCA approach in a nursery district in center Italy*. Journal of Cleaner Production, in press.
- LAZZERINI G., LUCCHETTI S., NICESE F.P., 2015b. *Progetto pilota per la realizzazione di un percorso di certificazione ambientale e di LCA per le aziende vivaistiche ornamentali*. 71 pp. ISBN: 978-88-87553-19-2.
- MARZIALETTI P., 2008. *Riutilizzo degli scarti verdi dei vivai pistoiesi*. Notiziario Ce.Spe.Vi., 161, marzo aprile 2008, pagg. 6-9.
- PROVINCIA DI PISTOIA, 2012. *Protocollo d’intesa: “Reimpiego ed utilizzo, come sottoprodotti, di alcune tipologie di residui derivanti dalle produzioni nel settore vivaistico”*. Deliberazione della Giunta Provinciale del 13 luglio 2012, n° 96.
- REGIONE PIEMONTE, Assessorato all’ Ambiente Torino, 1998. *Metodi di analisi dei compost*.
- RECCHIA L., SARRI D., RIMEDIOTTI M., BOCCINELLI P., VIERI M., CINI E., 2013. *Environmental benefits from the use of the residual biomass in nurseries*. Resource, Conservation and Recycling, 81: 31-39.
- ROSEN, C.J., HALBACH, T.R., SWANSON, B.T., 1993. *Horticultural uses of municipal solid waste components*. Hortic. Technol., 3: 167–173.
- UNI EN ISO 14040:2006 Gestione Ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Principi e quadro di riferimento.
- UNI EN ISO 14044:2006 Gestione Ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Requisiti e linee guida.