



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

FLORE

Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

Recupero degli scarti verdi nei vivai.

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

Original Citation:

Recupero degli scarti verdi nei vivai / Daniele Sarri ; Marco Rimediotti ; Riccardo Lisci ; Marco Vieri. -
STAMPA. - (2013), pp. ...

Availability:

The webpage <https://hdl.handle.net/2158/814296> of the repository was last updated on

Publisher:

CESPEVI

Terms of use:

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

Publisher copyright claim:

La data sopra indicata si riferisce all'ultimo aggiornamento della scheda del Repository FloRe - The above-mentioned date refers to the last update of the record in the Institutional Repository FloRe

(Article begins on next page)



GESTIONE SOSTENIBILE DEI VIVAI



*Realizzato con il Progetto VIS - "Vivaismo Sostenibile"
(Progetto affidato con bando pubblico - BURT n.38 del 23.09.2009 -
al CE.SPE.VI. s.r.l. di Pistoia e finanziato dalla Regione Toscana)*

(Pagina lasciata intenzionalmente bianca)

MARZO 2013

GESTIONE SOSTENIBILE DEI VIVAI

Manuale realizzato con il Progetto VIS - “Vivaismo Sostenibile”

Suddivisione per argomenti, Istituti partner e responsabili del progetto:

Task 1 - Razionalizzazione dell'irrigazione e della concimazione

DBPA (*Alberto Pardossi*) Dipartimento di Biologia Piante Agrarie

Task 2 - Controllo della flora infestante

CIRAA (*Andrea Peruzzi*) Centro Interdipartimentale di Ricerche Agro-Ambientali “E. Avanzi”

Task 3 - Recupero degli scarti verdi

DEISTAF (*Marco Vieri*) Dipartimento di Economia, Ingegneria Scienze e Tecnologie Agrarie e Forestali – Sez. Ing. dei Biosistemi Agrari e Forestali.

Task 4 - Riutilizzo dei substrati esausti

DCDSL (*Giovanni Vannacci*) Dipart. Coltivazione e Difesa delle Specie Legnose “G. Scaramuzzi”
AGRIUM (*Giampiero Patalano*) Agrium Italia SpA, Sviluppo e produzione materiali per biofumigazione.

Task 5 - Analisi ambientale ed economica

DIPSA (*Francesco Paolo Nicese*) Dipartimento di Scienze delle produzioni vegetali, del suolo e dell'ambiente agroforestale.

Task 6 - Divulgazione e Task 7 - Coordinamento

CESPEVI (*Paolo Marzialetti*) Centro Sperimentale per il Vivaismo

Sommario

Presentazione	<u>7</u>
Introduzione	<u>9</u>
1. IRRIGAZIONE E CONCIMAZIONE (<i>L. Incrocci, A. Pardossi e P. Marzialetti</i>)	
1.1 Introduzione.....	<u>11</u>
1.2 Lo stato dell'arte.....	<u>11</u>
1.3 Florovivaismo e Direttiva Nitrati.	<u>16</u>
1.4 Il pilotaggio dell'irrigazione.....	<u>20</u>
1.5 Concimazione con concimi a rilascio controllato.	<u>32</u>
1.6 Considerazioni conclusive.....	<u>33</u>
1.7 Bibliografia essenziale.....	<u>34</u>
TEXTBOX 1.1 Evapotraspirazione delle colture e coefficienti colturali.....	<u>35</u>
TEXTBOX 1.2 Fertirrigatori intelligenti.....	<u>36</u>
TEXTBOX 1.3 I concimi a lento effetto.....	<u>37</u>
TEXTBOX 1.4 L'impatto ambientale della concimazione	<u>38</u>
TEXTBOX 1.5 L'irrigazione deficitaria (deficit irrigation) nel vivaismo ornamentale.....	<u>39</u>
2. IL CONTROLLO DELLA FLORA INFESTANTE (<i>C. Frascioni, S. Benvenuti, M. Fontanelli, L. Martelloni, M. Raffaelli e A. Peruzzi</i>)	
2.1 La flora infestante nei vivai di piante ornamentali.....	<u>41</u>
2.2 Controllo fisico della flora infestante in pieno campo	<u>45</u>
2.3 Controllo della flora infestante nei vivai in contenitore	<u>59</u>
2.4 Bibliografia citata.....	<u>64</u>
TEXTBOX 2.1 Il diserbo con l'aceto.....	<u>66</u>
TEXTBOX 2.2 Controllo termico della flora spontanea nelle piante in contenitore e nei piazzali.....	<u>67</u>
3 RECUPERO DEGLI SCARTI VERDI (<i>D.Sarri, M. Rimediotti, M. Vieri</i>)	
3.1 Introduzione.....	<u>69</u>
3.2 Lo stato dell'arte.....	<u>69</u>
3.3 Trattamento degli scarti verdi.....	<u>71</u>
3.4 Considerazioni conclusive.....	<u>84</u>
3.5 Bibliografia essenziale.....	<u>85</u>
TEXTBOX 3.1 Materiali biodegradabili per legare le piante, alternativi ai materiali plastici.....	<u>86</u>

4. RIUTILIZZO DEI SUBSTRATI

(S. Pecchia, G. Patalano, G. Vannacci)

4.1 Problemi fitopatologici dei substrati di recupero nel florovivaismo.....	89
4.2 La biofumigazione.....	101
4.3 Prospettive future.....	107
4.4 Bibliografia essenziale.....	109
TEXTBOX 4.1 Farine e pellet ad azione erbicida.....	111
TEXTBOX 4.2 Farine vegetali ad azione biofumigante.....	112

5 ANALISI AMBIENTALE ED ECONOMICA

(G. Lazzerini, F.P. Nicese)

5.1 Introduzione.....	114
5.2 Le relazioni tra impresa e ambiente.....	114
5.3 Definizione e applicazioni del metodo LCA.....	116
5.4 Analisi ambientale dei processi produttivi in vivaio.....	119
5.5 Esempio di applicazione di LCA.....	125
5.6 Considerazioni conclusive.....	129
5.7 Bibliografia essenziale.....	129
TEXTBOX 5.1 Fase di definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione dell'analisi del ciclo di vita (LCA) nel comparto vivaistico pistoiese.....	131
TEXTBOX 5.2 Il Global warming potential (GWP).....	132
TEXTBOX 5.3 Lo strumento per il calcolo del LCA.....	133
TEXTBOX 5.4 Il calcolo del sequestro del carbonio.....	134
TEXTBOX 5.5 Analisi economica-ambientale sulla possibile introduzione di alcune innovazioni nella coltura in contenitore.....	135

(Pagina lasciata intenzionalmente bianca)

Presentazione

Il progetto di ricerca triennale VIS – Vivaismo Sostenibile ha preso l'avvio nell'anno 2010 a seguito di un bando pubblico promosso dalla Regione Toscana, che ha condiviso con il mondo delle imprese vivaistiche una serie di istanze prioritarie e ne ha fatto oggetto di una intensa attività di ricerca applicata.

Questo manuale, realizzato nell'ambito del progetto, lungi dall'essere un mero esercizio scientifico, raccoglie una serie di esperienze sul campo e fornisce utili indicazioni per un processo produttivo vivaistico maggiormente compatibile con l'ambiente.

Il contenimento del consumo delle risorse, attraverso l'introduzione di sensori e software dedicati, e il reimpiego dei prodotti di scarto, i cosiddetti scarti verdi, rappresentano due dei principali temi affrontati nel corso delle ricerche e per i quali si è giunti a proporre soluzioni alternative ed efficaci.

Il progetto ha affrontato anche nuovi approcci a metodologie di diserbo sempre meno dipendente dai mezzi chimici di sintesi e ad analisi dei processi produttivi tipici del vivaismo toscano con l'applicazione della metodologia LCA (Life Cycle Assessment), utile strumento per la valutazione degli impatti ambientali nei percorsi di certificazione ambientale.

Dai tre anni di attività del progetto VIS nasce così questo manuale, utile strumento conoscitivo indirizzato in particolare a tecnici ed operatori del settore vivaistico, ricco sia di indicazioni immediatamente applicabili a livello aziendale e comprensoriale che di spunti per l'adattamento e l'ulteriore implementazione dei risultati sinora ottenuti, nella direzione di un vivaismo ornamentale toscano sempre più vicino all'ambiente.

Un ringraziamento particolare a ricercatori, imprenditori e tutti coloro i quali, a vario titolo, si sono prodigati per la realizzazione del progetto e di questo manuale e un "buona lettura" a chi vorrà avvicinarsi e mettere in pratica le soluzioni che propone.

Gianni Salvadori
Assessore Regionale all'Agricoltura

(Pagina lasciata intenzionalmente bianca)

Introduzione

(L. Incrocci, A. Pardossi e P. Marzialetti)

Il florovivaismo è un settore estremamente strategico per la Regione Toscana, se consideriamo che su 7.300 ettari, pari all'1% della superficie agricola utilizzata, viene realizzato il 20% della produzione agricola regionale. Gli ultimi dati pubblicati dal "Sistema statistico regionale" e relativi al 2007, mostrano purtroppo una contrazione della floricoltura, che tuttavia viene controbilanciata da una crescita anche superiore del vivaismo. In questo scenario, la provincia di Pistoia consolida la propria posizione di leader del comparto, raggruppando oltre il 70% della superficie vivaistica regionale (4.782 ettari).

Per questo motivo un progetto di ricerca per il settore non poteva che concentrare la sua attenzione su questa area della Toscana, anche in considerazione del fatto che vi è stato costituito nel 2005 il Distretto Rurale Vivaistico-ornamentale pistoiese (L.R. 21/2004). Questa concentrazione dell'attività vivaistica (il Distretto occupa un quadrato di circa 8 Km di lato) se da un lato costituisce un punto di forza per il settore, dall'altro pone una serie di problematiche soprattutto di natura ambientale in un'area fortemente urbanizzata come quella pistoiese. Tutto ciò ha fatto maturare l'esigenza di una valutazione di questo sistema produttivo soprattutto dal punto di vista della sostenibilità ambientale. Il Progetto "IDRI - Razionalizzazione dell'impiego delle risorse idriche e dei fertilizzanti nel florovivaismo" (www.cespevi.it/idri) (2003-2004) ed il Progetto "PROBIORN Produzione biologica di piante ornamentali" (www.cespevi.it/probiorn) (2004-2006) finanziati dall'ARSIA, ed il Progetto Equal "FLOVITUR – Sviluppo Rurale Sostenibile ed Integrato" (2005-2007) promosso dalla Provincia di Pistoia sono alcuni esempi di progetti di ricerca che testimoniano il crescente interesse per questi temi.

Gli argomenti di ricerca affrontati dal Progetto "VIS - Gestione sostenibile dei sistemi produttivi del florovivaismo" (www.cespevi.it/vis) riguardano appunto i temi del contenimento del consumo delle risorse e la riduzione degli input chimici, con speciale riferimento alla razionalizzazione dell'irrigazione e della concimazione, ed al controllo della flora infestante con mezzi diversi dagli erbicidi convenzionali. Inoltre, i problemi degli scarti e dei reflui aziendali, che recentemente sono stati più volte oggetto dell'attenzione dei *mass media* locali, impongono la ricerca di nuove metodologie per una loro corretta gestione e un efficiente recupero e riutilizzo, in particolare per quanto riguarda le componenti non rinnovabili come la torba dei terricci-

Riguardo all'energia, invece, a differenza della floricoltura il settore vivaistico non pone particolari problemi. Infatti, i vivai non usano serre e tunnel riscaldati, se non per uno sporadico soccorso invernale, né l'illuminazione supplementare o altre pratiche ad alto consumo energetico. I carburanti per le lavorazioni e l'elettricità per le pompe irrigue costituiscono gli unici impieghi di una certa entità, ma incidono scarsamente sul processo produttivo, come emerso dal Progetto FLORENER. Quindi, il tema dell'energia ha avuto uno spazio limitato nel progetto VIS.

Il forte interesse per le tematiche ambientali non viene dettato solo dalle esigenze di rispettare le normative vigenti e far convivere questo settore con la cittadinanza in un'area densamente abitata. Le aziende vivaistiche, infatti, stanno maturando un crescente interesse per l'adozione di certificazioni ambientali che consentano di mantenere la leadership sul mercato europeo.

Com'è noto, nei consumatori è cresciuta molto la sensibilità verso i temi ambientali, non solo per i prodotti alimentari. Da una recente indagine svolta nel Nord America da Veriflora, l'ente di certificazione ambientale per il settore florovivaistico (analogo ad altri europei come MPS), è emerso che quasi il 90% dei consumatori sono interessati ai prodotti "eco-friendly" e circa il 30% chiede espressamente articoli dotati di una certificazione ambientale. Non c'è motivo di pensare che non stia avvenendo la stessa cosa sul mercato europeo (il mercato principale per le piante toscane) e interno. Secondo quanto riportato nell'inserito economico del Corriere della Serra del 26/10/2009, più della metà degli italiani valutano l'impatto ambientale del processo produttivo prima dell'acquisto di un prodotto (54%) e ritengono importante un prodotto si fregi di una cosiddetta eco-etichetta (56%).

Dopo che diverse aziende vivaistiche sono approdate alla certificazione del sistema di gestione del processo produttivo (es. ISO 9000), il mercato richiede in maniera sempre più pressante l'adozione di un "sistema di gestione ambientale", cioè la certificazione della gestione del processo produttivo che assicuri la conformità alle norme in campo ambientale (EMAS, ISO 14000, MPS ecc.). Pertanto, a sostegno di questo nuovo orientamento è necessario che la ricerca e la sperimentazione metta a disposizione del settore il maggior numero di soluzioni tecniche che consentano di rendere sempre più sostenibile il processo produttivo e di conseguire gli obiettivi continuamente crescenti delle certificazioni in materia ambientale.

Il Progetto VIS, come abbiamo visto, è strutturato in Task, alcune delle quali sono dedicate alla razionalizzazione dell'irrigazione e della concimazione delle colture in contenitore, al controllo della flora spontanea, al trattamento degli scarti di produzione, al riutilizzo dei substrati di recupero e all'analisi economica e ambientale delle colture vivaistiche. I capitoli seguenti illustrano più in dettaglio lo stato dell'arte riguardante queste tematiche e i risultati emersi dall'attività del progetto VIS.

1. IRRIGAZIONE E CONCIMAZIONE

(L. Incrocci, A. Pardossi e P. Marzialesi)

1.1 Introduzione

[Sommaro](#)

La razionalizzazione dell'irrigazione e della concimazione delle piante ornamentali allevate a terra o in contenitore è stata oggetto di un progetto (IDRI; www.cespevi.it/idri) finanziato dalla Regione Toscana nel 2003-2004. Uno dei prodotti principali del progetto è stato il Quaderno ARSIA n. 5 "Uso razionale delle risorse nel florovivaismo: l'acqua", al quale rimandiamo il lettore. Questo manuale, infatti, tratta in dettaglio molti aspetti tecnici dell'irrigazione, della fertirrigazione e della concimazione in generale. Dal Quaderno abbiamo estratto gli interventi strutturali (**Tab. 1.1**) e le procedure operative (**Tab. 1.2**) in grado di aumentare significativamente l'efficienza dell'irrigazione e della fertilizzazione delle colture florovivaistiche

Nei paragrafi successivi di questo capitolo, oltre ad una breve trattazione generale dell'irrigazione e della concimazione delle colture florovivaistiche, illustreremo alcuni approcci innovativi (almeno per questo settore produttivo) al controllo dell'irrigazione sviluppati e/o testati nell'ambito del Progetto VIS (www.cespevi.it/vis) o di altri progetti condotti, più o meno contemporaneamente, dall'Università di Pisa in stretta collaborazione con il Ce.Spe.Vi di Pistoia ed alcune aziende private e con il supporto finanziario della Commissione Europea (Progetto EU-FP7 FLOWAID, www.cespevi.it/flowaid.htm), del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (FLORPRO; IRRIFLORVIVA, www.cespevi.it/irriflorviva) o della stessa Regione Toscana (Progetto VIS; www.cespevi.it/vis). Un paragrafo sarà dedicato alla concimazione con concimi a rilascio controllato di nuova generazione.

1.2. Lo stato dell'arte

Le piante ornamentali coltivate in vaso, in serra o in vivaio, sono generalmente caratterizzate da un veloce accrescimento e necessitano, pertanto, di un notevole rifornimento sia di elementi nutritivi (in particolare di azoto) sia di acqua, peraltro di buona qualità (con una conducibilità elettrica, EC, inferiore a 0.5-1.0 mS/cm) considerando che generalmente le specie ornamentali sono molto sensibili allo stress salino. I fabbisogni idrici e minerali sono particolarmente elevati nel caso delle colture in contenitore, sempre più diffuse anche nel vivaismo in pien'aria (**Figg. 1.1 - 1.2**).



Fig. 1.1 - *Coltivazione in contenitore di piante ornamentali in un vivaio pistoiese.*

I volumi irrigui erogati annualmente alle colture florovivaistiche sono assai variabili: da meno di 1000 m³/ha dei vivai di pieno campo fino ai 12-15 mila e più m³/ha nelle colture in vaso. Durante la stagione irrigua la quantità d'acqua distribuita giornalmente ad un vivaio è compresa fra 10 e 20 mm (100–200 m³/ha). Secondo quanto riportato da ARPAT nel 2001, solo in Provincia di Pistoia, con quasi 5000 ha di vivai, 1000 dei quali in contenitore, si stima un consumo annuale di oltre 12 milioni di m³ di acqua, fornita per oltre il 90% da pozzi e distribuita per il 75-80% alla vasetteria.

Nella zona di Pistoia l'evapotraspirazione potenziale (ETP), che approssimativamente corrisponde all'evapotraspirazione effettiva (ETE) delle colture, supera i 1100 mm/anno (11,000 mila m³/ha; fonte CESPEVI). Circa 2/3 dell'ETP annuale si concentra nella stagione irrigua (maggio-ottobre), quando il deficit idrico (differenza tra ETP e pioggia) ammonta a più di 400 mm. In realtà, nel caso delle colture in contenitore, a causa della scarsa capacità di intercettazione e ritenzione dell'acqua piovana da parte del substrato, il deficit idrico è assai più alto con evidenti ripercussioni sui volumi irrigui stagionali.



Fig. 1.2 - *Il vivaio sperimentale realizzato presso il Ce.Spe.Vi di Pistoia nel 2003 con il progetto IDRI e utilizzato in seguito per altre ricerche sull'irrigazione delle piante ornamentali in vaso (Progetti FLORPRO, FLOWAID, IRRIFLORVIVA e VIS)*

Anche se le colture in contenitore rimangono molto esigenti dal punto di vista idrico, l'efficienza irrigua può senz'altro migliorare, risolvendo almeno in parte alcuni punti critici legati ad esempio a:

1. la stima poco accurata dei fabbisogni irrigui delle piante su base giornaliera;
2. l'uso di substrati con una ridotta capacità di ritenzione idrica;
3. la pratica di disporre nello stesso settore irriguo piante con esigenze molto diverse (per caratteristiche botaniche, età e dimensioni, anche dei vasi; **Fig. 1.3**);
4. la necessità in molti casi di un turno fisso di irrigazione, per ragioni legate alla capacità di emungimento dell'acqua di falda; nei vivai, l'irrigazione è generalmente effettuata in modo automatico da centraline sulle quali vengono impostati gli orari e le durate degli interventi irrigui (di solito non più di 2-4 durante la giornata)

La stima dei fabbisogni irrigui è quasi sempre legata all'esperienza del vivaista ed inoltre l'uso delle centraline sopra descritte non consente – nonostante i frequenti aggiustamenti – di seguire in modo accurato le variazioni durante il giorno e da un giorno all'altro della ETE. La promiscuità colturale, inoltre, porta i tecnici incaricati a programmare le centraline irrigue sulla base della ETE della pianta più esigente.



Fig. 1.3 - *Coltivazione in contenitore di piante ornamentali in un vivaio pistoiese. Si noti la presenza di specie diverse nello stesso settore irriguo.*

Pertanto, nei vivai è diffusa la tendenza a sovrairrigare le colture in vaso con un *surplus* di acqua che mediamente si aggira sul 20-30% con punte fino al 50% e più con conseguenti perdite sia di acqua sia di nutrienti e fitofarmaci (aggiunti al substrato prima del trapianto o durante la stagione di crescita, a mano o tramite fertirrigazione) con un aggravio dei costi di produzione e dell'inquinamento dei corpi idrici profondi e superficiali. Secondo alcuni studi condotti nella zona di Pistoia, le quantità di acqua e di azoto perse per lisciviazione dalle colture in contenitore possono arrivare, rispettivamente, fino 2,000-4,000 m³/ha e 100-150 kg/ha, quando il vivaio non è attrezzato per il recupero delle acque di drenaggio. I rischi di natura fitopatologica legati alla sovra-irrigazione sono almeno in parte ridotti dall'impiego di substrati fortemente drenanti,.

Tab. 1.1. Interventi per la razionalizzazione dell'irrigazione e della concimazione nelle colture florovivaistiche, suddivisi in funzione del contenuto tecnologico e dei costi (fonte: Quaderno ARSIA, n. 5/2004, www.cespevi.it/idri).

<p>Interventi a ridotto contenuto tecnologico e/o di costo limitato</p> <ol style="list-style-type: none">1) Progettazione ottimale degli impianti irrigui.2) Organizzazione spaziale delle colture (suddivisione delle piante coltivate in funzione delle esigenze idriche).3) Cura dell'intervento irriguo: irrigazione ciclica; irrigazione mattutina; uso di temporizzatori con dispositivo per l'esclusione dell'irrigazione in caso di pioggia.4) Trattamento dell'acqua irrigua (filtrazione e acidificazione).5) Monitoraggio della coltura (analisi delle acque di drenaggio).6) Registrazione sistematica (ad esempio, attraverso l'uso di semplici contaltri, delle quantità di acqua e di fertilizzanti distribuite e disperse (monitoraggio del <i>runoff</i>)).
<p>Interventi a mezzo contenuto tecnologico e/o di costo relativamente elevato</p> <ol style="list-style-type: none">1) Introduzione o maggior impiego dell'irrigazione a goccia.2) Introduzione o maggior impiego della fertirrigazione.3) Impiego di sistemi per il controllo automatico dell'irrigazione basati sulla stima di <i>ETE</i>.4) Raccolta e stoccaggio delle acque piovane.
<p>Interventi ad elevato contenuto tecnologico e di costo particolarmente oneroso</p> <ol style="list-style-type: none">1) Controllo computerizzato degli interventi di climatizzazione (serra) e di irrigazione/fertirrigazione (incluso l'applicazione di sistemi esperti).2) Impiego dei sistemi di coltivazione fuori suolo (per le colture da fiore reciso a terra).3) Recupero e riutilizzo delle acque di drenaggio (sistemi chiusi o virtualmente chiusi, in serra od in vivaio).4) Trattamento di desalinizzazione delle acque (osmosi inversa).

Tab. 1.2. Alcune misure agronomiche utili per per la razionalizzazione dell'irrigazione e della concimazione nelle colture florovivaistiche (fonte: Quaderno ARSIA, n. 5/2004, www.cespevi.it/idri).

1. Conoscere le qualità dell'acqua irrigua a disposizione e le esigenze idriche e nutritive delle colture, anche per una più efficiente organizzazione spaziale della serra o del vivaio.
2. Curare la progettazione degli impianti irrigui per ottenere la massima efficienza idrica possibile per quel determinato sistema di irrigazione (obiettivo: massima uniformità di erogazione).
3. Prevedere i necessari trattamenti di affinamento dell'acqua irrigua, in particolare la filtrazione e l'acidificazione.
4. Usare componenti impiantistiche (filtri, gocciolatori, sensori,...), fertilizzanti e substrati di qualità (certificata).
5. Provvedere ad una regolare manutenzione delle attrezzature e dei dispositivi impiegati per l'irrigazione e la fertirrigazione (pompe di alimentazione e dosatrici, sistemi di filtrazione, parco dei sensori,), compreso la verifica periodica dell'uniformità di erogazione dell'acqua degli impianti
6. Definire in modo preciso il regime irriguo, cioè il volume di adacquamento sulla base delle caratteristiche idrologiche del terreno/substrato e della qualità dell'acqua irrigua (frazione di lisciviazione), e la frequenza (turno) sulla stima dell'evapotraspirazione effettiva della coltura.
7. Frazionare il più possibile il rifornimento nutritivo della coltura.
8. Ridurre il più possibile l'*ETE* e più in generale gli sprechi d'acqua attraverso l'irrigazione mattutina, l'irrigazione ciclica, la pacciamatura del terreno, l'uso di frangivento, la sospensione dell'irrigazione in presenza di vento forte e di pioggia, ecc..
9. Nelle colture in contenitore, monitorare regolarmente i volumi e le caratteristiche chimiche salienti (pH e EC) delle acque di drenaggio.
10. Registrare regolarmente i volumi dell'acqua e dei fertilizzanti distribuiti alle colture.

1.3 Florovivaismo e Direttiva Nitrati

[Sommar](#)io

E' importante ricordare che i vivai potrebbero ricadere nelle cosiddette zone vulnerabili ai nitrati (ZNV) ai sensi della Direttiva Nitrati della Commissione Europea.

La Direttiva Nitrati fu emanata nel 1991 allo scopo di tutelare la salute umana, proteggere gli ecosistemi acquatici e terrestri e salvaguardare gli usi legittimi dell'acqua. Secondo la Direttiva Nitrati, per ridurre l'inquinamento delle acque causato dai nitrati di origine agricola, sono necessari specifici provvedimenti riguardanti l'uso dei concimi azotati e, più in generale, la gestione delle colture e degli allevamenti. La Direttiva Nitrati ha inteso incoraggiare l'adozione delle buone pratiche agricole e ha chiesto agli Stati membri di individuare le ZVN, cioè *“le zone di territorio che scaricano direttamente o indirettamente composti azotati in acque già inquinate*

(concentrazione di nitrati superiore a 50 mg/L) o che potrebbero esserlo in conseguenza di tali di scarichi”. La Direttiva Nitrati ha previsto la definizione delle tecniche agronomiche da applicare in ciascuna ZVN e la redazione di specifici Programmi/Piani di azione, che comprendono le cosiddette Buone Pratiche Agricole (*Good Agricultural Practices*, GAP) tra le quali sono comprese, ad esempio:

- proibizione, in alcuni periodi, dell’applicazione di determinati tipi di fertilizzanti;
- limiti alle dosi di fertilizzanti distribuite alle colture;
- obbligo della predisposizione di piani di fertilizzazione e la tenuta di registri sulle applicazioni di fertilizzanti;
- limiti nell’applicazione di fertilizzante ai terreni in pendenza ripida e/o adiacenti ai corsi d’acqua;
- istruzioni per l’irrigazione e la fertirrigazione allo scopo di prevenire l’inquinamento delle acque dovuto allo scorrimento e alla percolazione dell’acqua oltre lo strato esplorato dalle radici nelle colture irrigue

L’Italia ha recepito la Direttiva nitrati l’11 maggio 1999 con il D.L. n. 152 “*Disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento e recepimento della Direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della Direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall’inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole*”.

Il D.L. è stato aggiornato nel 2000 (D.L. n. 258/2000) estendendo le disposizioni della Direttiva Nitrati a tutti i tipi di acqua e di inquinamento, e quindi nel 2006 (D.L. 52 /06). In base alla Direttiva Nitrati, il governo italiano ha elaborato il manuale di buona pratica agricola (Decreto Ministeriale 19 aprile 1999) e ha delegato alle Regioni la designazione delle ZVN e la predisposizione dei Programmi d’azione.

Ogni quattro anni le Regioni rivedono o completano le designazioni delle ZVN per tener conto dei cambiamenti e dei fattori non previsti al momento della precedente designazione. Nelle ZVN devono essere attuati i Programmi d’azione e le prescrizioni previste dalle GAP. La **Tab. 1.3** riporta alcune informazioni sull’applicazione della Direttiva Nitrati in Toscana.

In materia di concimazione azotata delle colture florovivaistiche, il Programma di Azione della Regione Toscana, obbligatorio come detto nelle ZVN, fa riferimento ai Disciplinari per le Produzioni Agricole Integrate (L.R. Regione Toscana 25/1999), che contengono anche alcune misure riguardanti l’irrigazione (**Tab. 1.4**).

Tab. 1.3. Applicazione della Direttiva Nitrati in Toscana: riferimento legislativo, indirizzo WEB dove è disponibile la documentazione e misure agronomiche previste dai Programmi di azione riguardanti la concimazione delle colture florovivaistiche.

Riferimento legislativo:

- Varie delibere del Consiglio Regionale a partire dal 2003 per la determinazione delle aree sensibili (con acque eutrofiche o ricche in nitrati) e delle zone vulnerabili.
- DPGR n.32/R del 13 luglio 2006 “Regolamento recante definizione del programma di azione obbligatorio per le zone vulnerabili” e successive modifiche (DPGR 16 febbraio 2010, n. 13/R; DPGR 21 aprile 2008 n. 17/R).
- Disciplinari di Produzione Integrata o DPI (L.R. 25/1999, con schede tecniche aggiornate ogni anno).

Documentazione (WEB): <http://risorseidriche.arsia.toscana.it>; <http://agriqualita.arsia.toscana.it>

Zone Vulnerabili:

1. “*Lago di Massaciuccoli*”: territori circostanti al lago di Massaciuccoli, nell’ambito delle Province di Lucca e di Pisa e include i Comuni di Lucca, Massarosa, Vecchiano e Viareggio.
2. “*Zona Costiera tra Rosignano Marittimo e Castagneto Carducci*”: territori della fascia costiera delle Province di Livorno e di Pisa e include i Comuni di Bibbona, Casale Marittimo, Castagneto Carducci, Castellina Marittima, Cecina, Guardistallo, Montescudaio, Riparbella, Rosignano Marittimo e San Vincenzo.
3. “*Zona Costiera tra San Vincenzo e la Fossa Calda*”: territori della fascia costiera della Provincia di Livorno e include i Comuni di Campiglia Marittima e San Vincenzo.
4. “*Zona Costiera della Laguna di Orbetello e del Lago di Burano*”: territori della fascia costiera della Provincia di Grosseto e include i Comuni di Capalbio, Monte Argentario e Orbetello.
5. “*Zona del canale Maestro della Chiana*”: territori dell’area circostante al Canale Maestro della Chiana, nell’ambito delle Province di Arezzo e di Siena ed include i Comuni di Arezzo, Castiglion Fiorentino, Chianciano Terme, Chiusi, Civitella in Val di Chiana, Cortona, Foiano della Chiana, Lucignano, Marciano della Chiana, Monte San Savino, Montepulciano, Sinalunga e Torrita di Siena.

Misure agronomiche:

- Per le aziende che utilizzano N minerale, c’è l’obbligo di un piano di concimazione che determini le quantità di N da distribuire sulla base dell’equilibrio tra il fabbisogno delle colture e l’apporto di azoto proveniente dalle precipitazioni atmosferiche, dal terreno (azoto derivante dalla mineralizzazione delle riserve organiche del terreno) e dalla fertilizzazione (effluenti zootecnici, concimi organici e minerali).
- Le asportazioni di N previste per le colture floricole, che di fatto, rappresentano le dosi massimi di N da distribuire sono indicate nel DPI e oscillano da 200 (fronde recise; tappeti erbosi; latifoglie e conifere allevate a terra) a 700 (colture da fiore in vaso o fuori suolo in serra).
- Divieto di concimare il giorno precedente l’intervento irriguo, nel caso di irrigazione per scorrimento e concimi non interrati.
- Divieto di concimare dal 1° dicembre per novanta giorni. Per le coltivazioni, ad eccezione delle colture permanenti, che vengono seminate o trapiantate nella stagione autunno-invernale (es. colture orticole), il periodo di divieto può essere anticipato o ritardato a livello aziendale fino ad un massimo di trenta giorni rispetto al 1° dicembre, purché venga rispettato una sospensione complessiva di 90 giorni. Nelle colture ortofloricole di pieno campo che utilizzano l’N in misura significativa anche nella stagione autunno-invernale, è possibile interrompere il divieto dal 1 al 15 dicembre e dal 15 al 30 gennaio. In questo caso il periodo di sospensione di 90 giorni deve tener conto del numero dei giorni di interruzione del divieto.

Tab. 1.4. Norme tecniche riguardanti l'irrigazione e la concimazione delle colture florovivaistiche contenute nel Disciplinare di Produzione Integrata delle colture florovivaistiche approvato dalla Regione Toscana (LR. 25/1999).

- Nelle colture a terra è obbligatoria un'analisi del terreno ogni 5 anni e ogni 5.000 mq, mentre nelle colture in vaso bisogna conoscere la composizione del substrato
- In ogni caso, il piano di fertilizzazione deve essere firmato da un tecnico accreditato. Il piano di fertilizzazione deve essere riferito a 1000 mq di superficie ed è sufficiente determinare unicamente il livello di fertilizzazione azotata.
- Nel caso di concimazione organica, per il conteggio dei quantitativi massimi di unità fertilizzanti deve essere considerato solo l'apporto di azoto. Le unità di fosforo e potassio apportate sono da considerare nei conteggi dei piani di concimazione, per cui se con la concimazione organica sono superate le soglie ammesse dalle schede tecniche colturali non sono consentite integrazioni minerali, diversamente sono possibili fino al raggiungimento delle soglie ammesse.
- Nelle colture a terra in campo è vietata l'irrigazione per scorrimento.
- Nelle colture in vaso in campo è obbligatoria l'irrigazione a goccia per i vasi con diametro >24 cm o di capacità >10 litri. E' ammessa l'irrigazione soprachioma come intervento di regolazione del microclima della coltivazione.
- Le quantità massime di unità fertilizzanti ammesse variano in funzione della coltura (v. tabella seguente). I valori sono riferiti ad un periodo di dodici mesi, pertanto nel caso di cicli di coltivazione inferiori all'anno il valore indicato deve essere ridotto proporzionalmente ed in considerazione della stagione. Nel caso di concimazione organica ogni apporto azotato deve essere considerato per il conteggio dei quantitativi massimi ammessi di unità fertilizzanti.

	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha
Fiore e fronda recisa in serra su terreno	500	250	500
Fiore e fronda recisa in serra su substrato (fuori suolo)			
Verdi in vaso in serra	700	300	800
Vaso fiorito in serra			
Vaso fiorito in pien'aria			
Fiore reciso in pien'aria	300	150	400
Fronde recise in pien'aria	200	100	200
Conifere su terreno			
Latifoglie e arbusti su terreno	200	100	170
Conifere in vaso			
Latifoglie e arbusti in contenitore	300	150	200
Erbacee perenni in contenitore	300	150	150
Tappeti erbosi	200	50	150

1.4 Il pilotaggio dell'irrigazione

Sommario

Con il termine pilotaggio dell'irrigazione o *scheduling* si intende la regimazione degli interventi irrigui, in pratica la determinazione del volume irriguo (quanta acqua dare ad ogni irrigazione) netto (VI_N) ed effettivo (o lordo, VI_L) e del turno irriguo o frequenza (ogni quanto la coltura viene irrigata).

Volume irriguo

Il VI_N (espresso in mm, L/m^2 o m^3/ha ; si ricorda che $1 L/m^2 = 1 mm$) dipende dalla ritenzione idrica e dal volume del terreno o del substrato esplorato dalle radici. La ritenzione idrica dipende, a sua volta, dalle caratteristiche fisiche del mezzo di crescita mentre il volume è proporzionale alla profondità delle radici, nelle colture a terra, o corrisponde approssimativamente al volume del vaso, nel caso delle colture in vaso. In realtà, nel secondo caso, il volume effettivo del substrato è circa il 90% del volume totale del vaso, a causa del non perfetto riempimento del vaso stesso e del fenomeno del restringimento, che si verifica dopo il trapianto.

In genere, il VI_L è superiore del 10-40% rispetto a VI_N : questa percentuale (definita anche come coefficiente di sicurezza) tende ad aumentare quando si usano acque relativamente saline (in modo da evitare l'accumulo di sali nel substrato) e/o c'è una discreta difformità nella portata dei singoli erogatori e/o nelle esigenze idriche delle piante. E' opportuno ridurre il più possibile il coefficiente di sicurezza usando acque di buona qualità ed impianti irrigui ben progettati e realizzati con materiali di qualità, e raggruppando nello stesso settore irriguo piante con consumi idrici il più possibile uguali.

La **Tab. 1.5** riporta i valori indicativi del VI_N di diversi tipi di terreno in funzione della profondità radicale della coltura, e per diversi tipi di contenitore riempiti con una miscela di torba e pomice (1:1, in volume), uno dei substrati più diffusi nei vivai pistoiesi. Per tipologie di vasi e/o substrati non considerati nella, si può utilizzare il software sviluppato da C. Bibbiani e L. Incrocci dell'Università di Pisa (calcolatore VI; incrocci@agr.unipi.it), disponibile gratuitamente alla pagina <http://www.cespevi.it/irriflorviva/software.htm>.

Il contenuto di acqua disponibile nel substrato può essere determinato empiricamente pesando alcuni vasi con le piante al termine del naturale sgocciolamento dopo un'abbondante irrigazione, e pesandoli di nuovo quando le piante iniziano a mostrare in primi sintomi di appassimento. Un valore pari alla metà o a due terzi della differenza tra le due pesate fornisce una buona indicazione del VI_N .

Tab. 1.5. Volume irriguo netto (in L/m² o mm) per diversi tipi di terreno in funzione della profondità radicale della coltura. I valori sono stati calcolati assumendo che il 50% dell'acqua disponibile nel terreno (determinata usando il software usato dal servizio agrometeorologico della regione Sardegna; <http://www.sar.sardegna.it/servizi/agro/idrosuoli.asp?312,74>) sia facilmente assorbita dalle radici.

Tipo di terreno	% sabbia	% argilla	% limo	Peso specifico apparente (gr/cm ³)	Acqua disponibile (% volume)	Volume irriguo netto (VI _N , mm)			
						Profondità radicale (m)			
						0.25	0.50	0.75	1.00
Sabbioso	90	5	5	1.55	6.4	8	16	24	32
Limoso	5	5	90	1.20	20.1	25	50	75	101
Franco	40	20	40	1.33	16.9	21	42	63	85
Argilloso	20	60	20	1.20	21.7	27	54	81	109

Tab. 1.6. Volume irriguo netto (VI) per alcuni tipi di vaso riempiti con un substrato torba/pomice (1:1 in volume). Il volume irriguo corrisponde alla acqua facilmente disponibile nel vaso, pari alla differenza fra l'acqua presente nel vaso alla cosiddetta capacità di contenitore, (la quantità che il sistema riesce a trattenere dopo un'abbondante ed uniforme irrigazione e successivo drenaggio) e quella presente alla tensione di 50 hPa sulla base del contenitore. I calcoli sono stati fatti con il programma VA Calculator ipotizzando che, a causa del restringimento, il volume effettivo del substrato sia pari al 90% del volume del vaso.

Tipo di vaso (diam inf. x diam sup. x altezza; cm)	Volume del vaso (L)	Volume del substrato (L/vaso)	Volume irriguo netto (VI _N)	
			(L/vaso)	(% volume del substrato)
11.9x 14x14	1.85	1.4	0.34	24.29%
12.1x16x16	2.5	2.5	0.39	15.60%
14.7x18x18	3.5	2.28	0.516	22.63%
16.6x20x20	5.3	3.89	0.85	21.85%
18.2x22x22	7	7.52	1.08	14.36%
21x24.2x24	9.6	7.4	1.51	20.41%
22.5x26x26	12	9.3	1.83	19.68%
22.4x28x28	14	9.93	1.89	19.03%
24.4x30x30	17.5	12.6	2.23	17.70%
23.7x32x32	19.6	12.7	2.26	17.80%
34x35x32	30	26.29	4.68	17.80%
35.6x45x39	50	35.92	5.58	15.53%
34.9x50x42	60	36.14	5.54	15.33%

Frequenza irrigua

La frequenza irrigua, espressa come giorni (o ore) tra un intervento e l'altro, è data dal rapporto tra ETE giornaliera e VI_N , o al rapporto inverso se la frequenza è espressa come numero di interventi al giorno (o all'ora).

Essendo VI_N e VI_L fissi e variando invece di giorno in giorno l'ETE, la frequenza dovrebbe essere variata di conseguenza in base alla stima di ETE. Il metodo di stima dell'ETE più facilmente applicabile nei vivai, dove si coltivano centinaia o migliaia di piante diverse, è quello basato sulla determinazione della ETP e sull'impiego di un cosiddetto coefficiente culturale, il quale è in funzione dell'area fogliare della coltura e del tipo di tecnica culturale adottata:

$$ETE = ETP \times K_C$$

L'ETP è un dato che può essere fornito, anche in tempo reale e su base oraria, da comunissime stazioni meteo aziendali, il cui costo è di qualche migliaio di euro, oppure distribuito automaticamente in vario modo (via Internet o SMS sul cellulare) dai servizi agrometeorologici consortili o regionali agli utenti registrati.

Più problematica è invece la stima dei K_C delle colture. Questi coefficienti sono noti per molte colture agrarie (oscillano tra 0.3 e 1.5) mentre non sono disponibili per moltissime delle colture ornamentali, considerando che dipendono non solo dalla specie botanica, ma anche dalle dimensioni della singola pianta, dalla densità culturale, dalla tecnica culturale (a terra o in contenitore).

La Tab. 1.7 riporta, indicativamente, i valori del K_C medio per alcune specie ornamentali, allevate a terra negli ambienti tipici del Nord America. Pur non essendo perfettamente applicabili alle nostre condizioni e, soprattutto alle colture in contenitore, forniscono comunque indicazioni utili, ad esempio per il raggruppamento di specie diverse nello stesso settore irriguo. Per una determinazione più precisa sono necessarie prove sperimentali abbastanza complesse che devono essere condotte per l'intera stagione irrigua e per più anni, in modo da stabilire delle relazioni tra la variazione stagionale del K_C e l'andamento climatico e/o individuare dei parametri facili da determinare che siano correlati al K_C . Pardossi e collaboratori, ad esempio, hanno trovato una buona relazione tra l'altezza della pianta e il K_C in alcune specie di arbusti ornamentali (**Textbox 1.1**).

In mancanza di valori più accurati, gli operatori possono utilizzare quelli riportati nella **Tab. 1.7** ricordando che:

1) i valori tendono ad aumentare con il procedere della stagione di crescita. Ad es., Pardossi e collaboratori hanno osservato che il K_C variava tra l'inizio (maggio) e la fine della coltivazione in contenitore (ottobre): da 0.5 a 1.3 in *Forsythia intermedia*; da 0.2 a 0.8 in *Photinia x fraseri*; da 0.2 a 0.7 in *Prunus laurocerasus*; da 0.2 a 0.5 in *Viburnum tinus*.

2) Gli interventi di potatura riducono l'area fogliare e quindi il K_c .

3) Il periodico monitoraggio della frazione di drenaggio (cioè il rapporto tra il volume dell'acqua di drenaggio e il volume irriguo) consente di stabilire se, per una determinata fase (relativamente breve) della coltura, il K_c è eccessivo (frazione di drenaggio troppo alta rispetto a quella desiderata) o al contrario troppo piccolo (frazione di drenaggio troppo bassa).

Nei vivai con una limitata capacità di emungimento dell'acqua di falda e, al tempo stesso, un elevato numero di settori irrigui (fino ad alcune centinaia nelle aziende più grandi) può essere necessario adottare un'irrigazione a turno fisso e, in molti casi, non è possibile irrigare lo stesso settore più di una-due volte al giorno. In queste condizioni, per migliorare l'efficienza irrigua occorre aggiustare il volume irriguo, entro certi limiti e ovviamente in funzione dell'ETE giornaliera. Il metodo sviluppato nell'ambito del Progetto IRRIFLORVIVA dal Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie, dal Ce.Spe.Vi. e dalla ditta "Nuova A. Guastapaglia" di Pescia (PT) presuppone una correzione automatica del volume irriguo impostato sulle centraline di controllo: sarebbe impensabile che tutti i giorni l'addetto all'irrigazione riprogrammi decine di temporizzatori. Il metodo prevede tre passaggi:

1) Il piano di irrigazione è definito in base a: ETE giornaliera massima (ETE_{max}) della coltura durante tutta la stagione irrigua; VI_N , che è determinato in funzione del vaso e del substrato e che di fatto definisce il numero massimo di interventi giornalieri (N), con $N = ETE_{max} / VI_N$; coefficiente di sicurezza e quindi VI_L , che determina la durata degli N interventi irrigui.

2) Periodicamente (ogni 7 – 10 giorni), a partire dal trapianto, l'operatore attiva o disattiva i vari interventi irrigui variandone eventualmente anche la durata sulla base della stima dell'ETE massima della coltura nel periodo considerato, cercando di impostare VI_L vicini a quello ottimale.

3) Per tener conto della variabilità da un giorno all'altro del clima e quindi della ETP e della ETE, il VI_L (quindi, la durata delle irrigazioni) distribuito agli orari prestabiliti sono corretti in automatico con un coefficiente correttivo, che è pari al rapporto tra l'ETP del giorno precedente e la media dei valori massimi di ETP registrati in quella settimana (o decade) negli ultimi 20 anni.

Ovviamente, lo step 3 deve essere automatizzato. Il progetto IRRIFLORVIVA ha consentito lo sviluppo di una centralina irrigua in grado di ricevere via GPRS il coefficiente correttivo, che è calcolato in base all'ETP fornita da una stazione meteo consortile o aziendale e ai dati meteo nel periodo 1990 – 2011 nella zona di Pistoia (dati forniti dal Ce.Spe.Vi.). Ovviamente, il sistema può utilizzare altri database climatici per altre zone. Il software di corredo alla centralina offre inoltre la possibilità di costruire un database con i regimi irrigui (orari e durate delle irrigazioni) realizzati durante l'intera stagione di coltivazione in ciascuno dei settori irrigui sotto controllo, opportunamente identificati (ad esempio con specie e varietà, tipo di vaso e substrato, data di

trapianto, ecc.). Dati di questo tipo sono ovviamente molti utili per una migliore definizione dei parametri da impostare negli step 1 e 2.

Tab. 1.7. Coefficienti colturali per diversi tipi di specie ornamentali. (fonte: WUCOLS 2000, Water Use Classification of Landscape Species; ucce.ucdavis.edu/files/filelibrary/1726/15359.pdf)

Alberi con consumo idrico molto basso (KS<0.1)

Acacia pennatula, Cupressus arizonica, Cupressus arizonica, Eucalyptus loxophleba, Eucalyptus macranda, Eucryphia glutinosa, Parrotia persica, Quercus buckleyi, Quercus douglasia, Quercus fusiformis

Alberi con consumo idrico basso (KS=0.1-0.3)

Abies pinsapo, Acacia aneura, Acacia baileyana, Acacia boormanii, Acacia constricta, Acacia craspedo carpa, Acacia cultriformis, Acacia dealbata, Acacia decurrens, Acacia farnesiana, Acacia greggii, Acacia longifolia, Acacia melanoxylon, Acacia salicina, Acacia saligna, Acacia schaffneri, Acacia smallii, Acacia stenophylla, Acacia subporosa, Acacia willardiana, Acca sellowiana, Aesculus californica, Ailanthus altissima, Albizia distachya, Allocasuarina torulosa, Arbutus menziesii, Banksia ericifolia, Brachychiton populneus, Brahea armata, Brahea edulis, Bursera hindsiana, Butia capitata, Castanopsis cuspidata, Casuarina cunninghamiana, Catalpa bungei, Celtis reticulata, Ceratonia siliqua, Cercidium microphyllum, Cercidium praecox, Cercis mexicana, Cercis occidentalis, Cercis reniformis, Chilopsis linearis, Chionanthus virginicus, Chionanthus X chitalpa, Cupressus guadalupensis, Dracaena draco, Erythrina americana (E.coralloides), Erythrina caffra, Erythrina falcata, Erythrina X sykesii, Erythrina X bidwillii, Eucalyptus camaldulensis, Eucalyptus campaspe, Eucalyptus cinerea, Eucalyptus cladocalyx, Eucalyptus formanii, Eucalyptus globulus, Eucalyptus gunnii, Eucalyptus kruseana, Eucalyptus largiflorens, Eucalyptus lehmannii, Eucalyptus leucoxyton, Eucalyptus microtheca, Eucalyptus polyanthemus, Eucalyptus preissiana, Eucalyptus robusta, Eucalyptus rudis, Eucalyptus sargentii, Eucalyptus sideroxylon, Eucalyptus spathulata, Eucalyptus torquata, Eucalyptus vicinali, Eucalyptus woodwardii, Gleditsia triacanthos, Grevillea robusta, Jatropha integerrima, Juglans cali fornica, Juglans hindi, Lagunaria patersonii, Larix decidua, Laurus 'Saratoga', Leptospermum rotundifolium, Leucadendron argenteum, Leucadendron hybrida, Lithocarpus densiflorus, Lyonothamnus floribundus, Melaleuca lanceolata, Melaleuca linariifolia, Melaleuca nesophila, Melaleuca raphiophylla, Melaleuca squamea, Melaleuca styphelioides, Melaleuca thymifolia, Melia azedarach, Olea europaea, Olneya tesota, Parkinsonia aculeata, Parkinsonia florida, Phoenix canariensis, Phoenix dactylifera, Pinus attenuata, Pinus brutia, Pinus canariensis, Pinus coulteri, Pinus edulis, Pinus halepensis, Pinus jeffreyi, Pinus monophylla, Pinus montezumae, Pinus pinea, Pinus ponderosa, Pinus sabiniana, Pinus torreyana, Pistacia chinensis, Pistacia vera, Pithecellobium flexicaule, Pithecellobium pallens, Prosopis alba, Prosopis glandulosa, Prosopis glandulosa, Prosopis juliflora, Prosopis pubescens, Prosopis velutina, Pseudobomax ellipticum, Quercus agrifolia, Quercus chrysolepis, Quercus engelmannii, Quercus ilex, Quercus lobata, Quercus muhlenbergii, Quercus suber, Quercus tomentella, Quercus wislizeni, Quillaja saponaria, Radermachera sinica, Rhus lancea, Rhus lanceolata, Rhus typhina, Robinia pseudoacacia, Robinia X ambigua, Schinus polygamous, Sophora secundiflora, Sorbus hupehensis, Tagetes lemmoni, Ziziphus obtusifolia

Alberi con consumo idrico medio (KS=0.4-0.6)

Abies spp., Acacia berlandieri, Acacia cognata, Acacia pendula, Acer buergerianum, Acer campestre, Acer circinatum, Acer grisou, Acer macrophyllum, Acer negundo, Acer oblongum, Acer paxii, Acer saccharinum, Acer saccharum, Acer tataricum, Acer truncatum, Acer X freemanii, Aesculus pavia, Aesculus X carnea, Afrocarpus gracilior, Agathis australis, Agathis robusta, Agonis flexuosa, Albizia julibrissin, Alectryon excelsus, Allocasuarina verticillata, Alnus cordata, Angophora cordifolia, Annona cherimola, Araucaria araucana, Araucaria bidwillii, Araucaria heterophylla, Arbutus marina, Archontophoenix cunninghamiana, Azadirachta indica, Bauhinia forficata, Bauhinia variegata, Bauhinia X blakeana, Bischofia javanica, Brachychiton acerifolius, Brachychiton discolor, Brachychiton rupestris, Brachychiton x hybridus, Brahea brandegeei, Calocedrus decurrens, Calodendrum capense, Carpinus betulus, Carya illinoensis, Casimiroa edulis, Cassia leptophylla, Castanospermum australe, Catalpa speciosa, Cedrus atlantica, Cedrus deodora, Cedrus libani, Celtis australis, Celtis occidentalis, Celtis sinesi, Cercidiphyllum japonicum, Cercidium 'Sonorae', Cercis canadensis, Chimonobambusa quadrangularis, Chionanthus retusus, Chorisia insignis, Chorisia speciosa, Cinnamomum camphora, Cordyline australis, Cornus alba, Cornus capitata, Cornus 'Eddie's, Cornus kousa, Cornus nuttallii, Corylopsis spicata, Crataegus spp., Crinodendron patagua, Cupaniopsis anacardioides, Cupressus macrocarpa, Cupressus sempervirens, Cussonia pani culata, Dalbergia sissoo, Dendriopoterium menendezii, Diospyros kaki, Dombeya cacuminum, Drimys lanceolatarimys winteri, Elaeocarpus decipiens, Eryobotrya deflexa, Eryobotrya japonica, Erythrina humeana, Eucalyptus citriodora, Eucalyptus deglupta, Eucalyptus erythrocorys, Eucalyptus ficifolia, Eucalyptus maculata, Eucalyptus nicholii, Eucalyptus pulverulenta,

Eucryphia lucida, *Eucryphia X intermedia*, *Euphorbia cotinifolia*, *Ficus auricolata*, *Ficus barteri*, *Ficus carica*, *Ficus florida*, *Ficus macrophylla*, *Ficus micro carpa*, *Ficus rubiginosa*, *Franklinia alatamaha*, *Fraxinus americana*, *Fraxinus griffithii*, *Fraxinus latifolia*, *Fraxinus moraine*, *Fraxinus oxycarpa*, *Fraxinus pennsylvanica 'Marshal'*, *Fraxinus uhdei*, *Fraxinus velutina*, *Geijera parvi flora*, *Ginkgo biloba*, *Harpephyllum caffrum*, *Harpullia arborea*, *Hymenosporum flavum*, *Jacaranda mimosifolia*, *Jubaea chilensis*, *Juglans major*, *Juglans nigra*, *Juglans regia*, *Juniperus scopulorum 'Tolleson'*, *Juniperus spp.*, *Koelreuteria bipinnata*, *Koelreuteria elegans*, *Koelreuteria paniculata*, *Laburnum X watereri*, *Leucadendron alpini*, *Ligustrum lucidum*, *Liquidambar styraciflua*, *Lithocarpus edulis*, *Livistona australis*, *Livistona chinensis*, *Lophostemon confertus*, *Macadamia spp.*, *Magnolia grandiflora*, *Magnolia hybrida*, *Magnolia stellata*, *Magnolia X soulangiana*, *Magnolia X veitchii*, *Malus ibrido*, *Malus spp.(commestibile)*, *Markhamia lutea*, *Maytenus boaria*, *Melaleuca viridiflora*, *Meryta sinclairii*, *Metrosideros excelsa*, *Michelia champaca*, *Michelia doltsopa*, *Michelia X foggi*, *Morus alba*, *Nageia nagi*, *Neodypsis decaryi*, *Nyssa sylvatica*, *Olmediella betschleriana*, *Oxydendrum arboreum*, *Pachycormis discolor*, *Pachypodium lamerei*, *Paulownia kawakamii*, *Paulownia tomentosa*, *Persea americana*, *Phoenix reclinata*, *Phoenix roebelenii*, *Phoenix rupicola*, *Picea abies*, *Picea glauca*, *Picea mariana*, *Picea omorika*, *Picea pungens*, *Pinus contorta*, *Pinus densiflora*, *Pinus flebili*, *Pinus muricata*, *Pinus nigra*, *Pinus parvi flora*, *Pinus patula*, *Pinus pinaster*, *Pinus radiata*, *Pinus roxburghii*, *Pinus strobus*, *Pinus sylvestris*, *Pinus thumbergii*, *Pinus X attenuradiata*, *Pisonia umbellifera*, *Pittosporum phillyraeoides*, *Platanus occidentalis*, *Platanus racemosa*, *Platanus X acerifolia*, *Podocarpus henkelii*, *Podocarpus latifolius*, *Podocarpus macrophyllus*, *Podocarpus totara*, *Populus alba*, *Populus balsami fera*, *Populus fremontii*, *Populus nigra*, *Populus trichocarpa*, *Prunus sargentii*, *Prunus spp.*, *Punica granatum*, *Pyrus calleryana*, *Pyrus communis*, *Pyrus kawakamii*, *Quercus coccinea*, *Quercus kelloggii*, *Quercus palustris*, *Quercus robur*, *Quercus rubra*, *Quercus shumardii*, *Quercus texana*, *Quercus virginiana*, *Ravanea rivularis*, *Rhaphiolepis majestic*, *Sabal spp.*, *Sapium sebiferum*, *Schinus molle*, *Schinus terebinthefolius*, *Schotia latifolia*, *Sciadopitys verticillata*, *Sequoiadendron giganteum*, *Sophora japonica*, *Sorbus aucuparia*, *Sparmannia africana*, *Spathodea campanulata*, *Stenocarpus sinuatus*, *Strelitzia nicolai*, *Styrax japonicum*, *Syagrus romanzoffiana*, *Tabebuia impetiginosa*, *Taxodium distichum*, *Taxodium mucronatum*, *Taxus baccata*, *Tecoma X smithii*, *Thevetia peruviana*, *Thevetia thevetioides*, *Tilia americana*, *Tilia cordata*, *Tipuana spp.*, *Toona sinesi*, *Trachycarpus fortunei*, *Trachycarpus takil*, *Tristaniopsis laurina*, *Ulmus americana*, *Ulmus parvifolia*, *Ulmus pumila*, *Umbellularia cali fornica*, *Villebrunea pedunculata*, *Vitex agnus-castus*, *Washingtonia filifera*, *Washingtonia robusta*, *Zelkova serrata*, *Ziziphus jujuba*

Alberi con consumo idrico alto (KS=0.7-0.9)

Acer palmatum, *Acer platanoides*, *Acer rubrum*, *Alnus glutinosa*, *Alnus oregona*, *Alnus rhombifolia*, *Betula fontinalis*, *Betula nigra*, *Betula pendula*, *Betula platyphyla japonica*, *Betula utilis*, *Caryota mitis*, *Cornus florida*, *Corynocarpus laevigata*, *Fagus sylvatica*, *Gordonia arillari*, *Gordonia lasianthus*, *Liriodendron tulipifera*, *Metasequoia glyptostroboides*, *Platanus wrightii*, *Populus 'Mohavensis'*, *Populus X canadensis*, *Schefflera pueckleri*, *Sequoia sempervirens*, *Tsuga canadensis*.

Arbusti con consumo idrico molto basso (KS<0.1)

Adenostoma fasciculatum, *Adenostoma sparsifolium*, *Arctostaphylos diversiloba*, *Atriplex spp.*, *Bougainvillea spp.*, *Calliandra californica*, *Calliandra eriophylla*, *Cercocarpus betuloides*, *Cercocarpus minutiflorus*, *Chrysothamnus nauseosus*, *Cleome isomeris*, *Euphorbia rigida*, *Fallugia paradoxa*, *Isocoma spp.*, *Lupinus excubitus*, *Quercus berberidifolia*, *Quercus dumosa*, *Simmondsia chinensis*, *Spartium junceum*.

Arbusti con consumo idrico basso (KS=0.1-0.3)

Abutilon palmeri, *Acacia abyssinica*, *Acacia glaucoptera*, *Acacia podalyriifolia*, *Acacia vestita*, *Adenanthos drummondii*, *Aeonium spp.*, *Agave spp.*, *Aloe spp.*, *Aloysia machrostachya*, *Aloysia triphylla*, *Alyogyne hakeifolia*, *Alyogyne huegelii*, *Ambrosia deltoidea*, *Ambrosia dumosa*, *Anisacanthus spp.*, *Arbutus unedo*, *Arctostaphylos cultivars*, *Arctostaphylos spp.*, *Baccharis pilularis*, *Baccharis sarothroides*, *Banksia praemorsa*, *Buddleja marrubiifolia*, *Caesalpinea cacalaco*, *Caesalpinea gilliesii*, *Caesalpinea mexicana*, *Callistemon citrinus*, *Callistemon pinifolius*, *Callistemon subulatus*, *Calocephalus brownii*, *Calostemma purpureum*, *Calycanthus floridus*, *Carnegiea gigantea*, *Cassia eremophila*, *Cassia wizlizeni*, *Cephalocereus spp.*, *Cereus peruvianus*, *Cneoridium dumosum*, *Convolvulus cneorum*, *Cordia boissieri*, *Cordia parvifolia*, *Cordyline indivisa*, *Correa spp.*, *Cortaderia sellowana*, *Corylus cornuta*, *Corylus maxima*, *Cotinus coggygria*, *Cotinus obvatus*, *Cotyledon spp.*, *Coursetia arillari*, *Cowania mexicana*, *Crassula spp.*, *Dalea bicolor*, *Dasyliirion spp.*, *Dendromecon spp.*, *Dodonaea viscosa*, *Dodonaea viscosa 'Purpurea'*, *Doryanthes palmeri*, *Dorycnium hirsutum*, *Drepanostachyum falcatum*, *Echinocactus spp.*, *Edraianthus graminifolius*, *Elaeagnus angustifolia*, *Elaeagnus pungens*, *Eleagnus X ebbene*, *Encelia farinosa*, *Eremophila maculata*, *Eremophila racemosa*, *Ericameria laricifolia*, *Eriogonum spp.*, *Erythrina crista-galli*, *Espositoa lantana*, *Euphorbia lambii*, *Euphorbia pulcherrima*, *Euphorbia tirucalli*, *Euryops pectinatus*, *Ferocactus spp.*, *Forestiera neomexicana*, *Fouquieria splendens*,

Fremontodendron spp., *Furcraea* spp., *Garrya eliptica*, *Garrya flavescens*, *Garrya fremontii*, *Gaultheria mucronata*, *Graptopetalum* spp., *Grevillea* spp., *Gutierrezia sarothrae*, *Hakea laurina*, *Hakea suaveolens*, *Halimium lasianthum*, *Halmiostictus X wintonensis*, *Hamelia patens*, *Helianthemum appenium*, *Hesperaloe funifera*, *Hesperaloe parvi flora*, *Hesperantha* spp., *Heteromeles arbutifolia*, *Jasminum nudiflorum*, *Jasminum parkeri*, *Justicia spicigera*, *Lambertia intermis*, *Lantana camara*, *Laurus nobilis*, *Lavandula* spp., *Lavatera assurgenti flora*, *Lechenaultia formosa*, *Leonotis leonurus*, *Leptospermum laevigatum*, *Leptospermum polygalifolium*, *Leucophyllum* spp., *Leucospermum cordifolium*, *Leucothoe fontanesiana*, *Lonicera hispidula*, *Lonicera subspicata*, *Luculia pinceana*, *Lupinus albifrons*, *Lycium exertum*, *Lycium fremontii*, *Lysiloma microphylla*, *Mahonia nevinii*, *Maireana sedlii*, *Malacothamnus fasciculatus*, *Malacothamnus fremontii*, *Malosma laurina*, *Melaleuca wilsonii*, *Mimulus* spp., *Myoporum parvifolium*, *Myrica cali fornicata*, *Myrica rubra*, *Myrsine africana*, *Nerium oleander*, *Nolina recurvata*, *Nolina* spp., *Opuntia* spp., *Phlomis cashmeriana*, *Phlomis fruticosa*, *Phlomis italica*, *Phlomis tuberosa*, *Pinus mugo*, *Plumeria rubra*, *Prostanthera rotundifolia*, *Prunus ilicifolia*, *Prunus lusitanica*, *Prunus lyonii*, *Psilostrophe tagetina*, *Psoralea spinosa*, *Rhamnus californicus*, *Rhamnus croceus*, *Rhamnus croceus*, *Rhus integrifolia*, *Rhus lentii*, *Rhus ovata*, *Rhus trilobata*, *Rhus virens*, *Rhynchelytrum neriglume*, *Ribes aureum*, *Ribes indecorum*, *Ribes malvaceum*, *Ribes sanguineum*, *Ribes speciosum*, *Rosa cali fornicata*, *Ruellia cali fornicata*, *Salvia apiana*, *Salvia argentea*, *Salvia clevelandii*, *Salvia greggii*, *Salvia involucrata*, *Salvia leucantha*, *Salvia leucophylla*, *Salvia mellifera*, *Salvia microphylla*, *Salvia munzii*, *Sambucus* spp., *Senecio flaccidus*, *Senna artemesiodoides*, *Senna bicapsularis*, *Senna didymobotrya*, *Senna multiglandulosa*, *Senna odorata*, *Senna phyllodenia*, *Senna polyantha*, *Senna spectabilis*, *Senna splendida*, *Senna sturtii*, *Shepherdia argentea*, *Styrax officinale*, *Swainsonia galegifolia*, *Symphoricarpos albus*, *Symphoricarpos mollis*, *Tanacetum coccinum*, *Tecoma stans*, *Teucrium fruticans*, *Teucrium marum*, *Teucrium scorodonia*, *Trichostema lanatum*, *Ungnadia speciosa*, *Viburnum X pragense*, *Viguiera laciniata*, *Westringia fruticosa*, *Westringia longifolia*, *Westringia raleighi*, *Westringia Wynyabbie Gem*, *Yucca* spp..

Arbusti con consumo idrico medio (KS=0.4-0.6)

Abelia chinensis, *Abelia floribunda*, *Abelia sherwoodii*, *Agapetes Ludgvan*, *Agapetes serpens*, *Amorpha fruticosa*, *Anisodonteia scabrosa*, *Anisodonteia X hypomadarum*, *Arenga engleri*, *Athanasia acerosa*, *Aucuba japonica*, *Azaliadendron hardjizer*, *Azara dentata*, *Azara integrifolia*, *Azara microphylla*, *Bambusa* spp., *Banksia integrifolia*, *Banksia speciosa*, *Barleria obtusa*, *Bauhinia alpini*, *Boronia* spp., *Brugmansia* spp., *Buddleja alternifolia*, *Buddleja davidii*, *Buxus microphylla*, *Buxus sempervirens*, *Caesalpinia pulcherrima*, *Calliandra haematocephala*, *Calliandra tweedii*, *Callicarpa bodinieri*, *Callicarpa dichotoma*, *Callicarpa japonica*, *Callistemon salignus*, *Callistemon speciosus*, *Callistemon vicinali*, *Calluna vulgaris*, *Calothamnus quadrifidus*, *Calycanthus occidentalis*, *Camellia japonica*, *Camellia sasanqua*, *Cantua buxifolia*, *Capparis spinosa*, *Carissa* spp., *Carpenteria cali fornicata*, *Caryopteris incana*, *Caryopteris X clandonensis*, *Caryota urens*, *Ceratostigma abyssinicum*, *Ceratostigma griffithii*, *Ceratostigma willmottianum*, *Cercis chinensis*, *Cercis siliquastrum*, *Cestrum elegans*, *Cestrum fasciculatum*, *Cestrum nocturnum*, *Chaenomeles* spp., *Chamaecyparis* spp., *Chamaerops humilis*, *Chamelaucium uncinatum*, *Chimonanthus praecox*, *Chimonobambusa marmorea*, *Choisya ternata*, *Citrus* spp., *Clematis integrifolia*, *Clerodendrum trichotomum*, *Clerodendrum ugandense*, *Clethra alnifolia*, *Cleyera japonica*, *Clianthus puniceus*, *Cocculus laurifolius*, *Coleonema album*, *Coleonema pulchrum*, *Coprosma petriei*, *Coprosma repens*, *Cordyline stricta*, *Cordyline terminalis*, *Corokia cotoneaster*, *Corokia X virgata*, *Corylus avellana contorta*, *Cotoneaster* spp., *Crotalaria agatiflora*, *Cuphea micropetala*, *Cycas revoluta*, *Cytisus* spp., *Daboecia cantabrica*, *Dahlia imperialis*, *Dalea frutescens*, *Dalea lutea*, *Dalea pulchra*, *Dalea versicolor*, *Daphne caucasica*, *Daphne odora*, *Daphne X burkwoodii*, *Deutzia* spp., *Dioon* spp., *Dombeya* spp., *Drepanostachyum hookerianum*, *Duranta erecta*, *Duranta stenostachya*, *Epacris gunii*, *Eremophila glabra*, *Escallonia* spp., *Euonymus alatus*, *Euonymus japonicus*, *Euonymus kiautschovicus*, *Euphorbia milii*, *Euryops pectinatus*, *Fabiana imbricaria*, *Fatsia japonica*, *Felicia amelloides*, *Felicia fruticosa*, *Ficus benjamina*, *Ficus elastica*, *Forsythia X intermedia*, *Fothergilla gardenii*, *Galvesia juncea*, *Galvesia speciosa*, *Gardenia* spp., *Gaultheria shallon*, *Genista* spp., *Grewia occidentalis*, *Griselinia littoralis*, *Griselinia lucida*, *Hamamelis virginiana*, *Hebe* spp., *Hibbertia cunifolmis*, *Hibbertia vestita*, *Hibiscus mutabilis*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Hibiscus syriacus*, *Holodiscus discolor*, *Howea forsterana*, *Hydrangea pani culata*, *Hydrangea serrata*, *Hymenoclea monogyra*, *Hypericum beanii*, *Hypericum empetrifolium*, *Hypericum frondosum*, *Hypericum 'Hidecote'*, *Hypericum olympicum*, *Hypericum 'Rowallane'*, *Hypericum X inodorum*, *Hypoestes aristata*, *Ilex aquifolium*, *Ilex cornuta*, *Ilex crenata*, *Ilex dimorphophilla*, *Ilex vomitoria*, *Ilex X altaclarensis*, *Ilex X meserveae*, *Ioichroma cyanea*, *Ioichroma fuchsoides*, *Itea ilicifolia*, *Ixora coccinea*, *Jasminum angulare*, *Jasminum azoricum*, *Jasminum floridum*, *Jasminum humile*, *Jasminum mesnyi*, *Jasminum nitidum*, *Jasminum officinale*, *Jasminum sambac*, *Justicia brandegeana*, *Justicia cali fornicata*, *Justicia candicans*, *Justicia sonoreia*, *Kerria japonica*, *Kolkwitzia amabili*, *Kunzea* spp., *Lagerstroemia indica*, *Lagerstroemia* spp., *Lavatera hybrida*, *Lavatera maritima*, *Lepechinia hastata*, *Leptospermum petersonii*, *Leptospermum scoparmi*,

Ligustrum japonicum, *Ligustrum ovalifolium*, *Ligustrum X vicaryi*, *Lobelia laxiflora*, *Lobostemon fruticosus*, *Lonicera nitida*, *Loropetalum chinense*, *Luma apiculata*, *Lupinus arboreus*, *Lycianthus rantonnetii*, *Lysiloma candida*, *Mackaya bella*, *Magnolia sieboldii*, *Magnolia X loebneri*, *Mahonia aquifolium*, *Mahonia bealei*, *Mahonia fortunei*, *Mahonia Golden abundance'*, *Mahonia lomariifolia*, *Mahonia nervosa*, *Mahonia pinnata*, *Malvaviscus arboreus*, *Mandevilla splendens*, *Melaleuca armillaris*, *Melaleuca decussata*, *Melaleuca elliptica*, *Melaleuca fulgens*, *Melaleuca huegelii*, *Melaleuca incana*, *Melianthus major*, *Michelia figo*, *Montanoa grandiflora*, *Murraya pani culata*, *Myoporum laetum*, *Myoporum x pacificum*, *Myrica pennsylvanica*, *Myrtus communis*, *Nandina domestica*, *Ochna serrulata*, *Odontonema strictum*, *Osmanthus spp.*, *Otatea acuminata*, *Ozothamnus rosemarinifolius*, *Pavonia praemorsa*, *Perityle incana*, *Perovskia spp.*, *Philadelphus lewisii*, *Philadelphus mexicanus*, *Philadelphus X virginalis*, *Philodendron bipinnatifidum*, *Phormium hybrids*, *Phormium tenax*, *Photinia serratifolia*, *Photinia X fraseri*, *Phygelius X rectus*, *Phyllostachys spp.*, *Pieris formosa*, *Pieris japonica*, *Pimelea ferruginia*, *Pimelea prostrata*, *Pistacia lentiscus*, *Pittosporum crassifolium*, *Pittosporum eugenioides*, *Pittosporum rhombifolium*, *Pittosporum tenuifolium*, *Pittosporum tobira*, *Platycladus orientalis*, *Plecostachys serpyllifolia*, *Plumbago auriculata*, *Plumbago scandens*, *Podocarpus nivalis*, *Polygala spp.*, *Potentilla fruticosa*, *Prunus caroliniana*, *Prunus lauroceracus*, *Pseudopanax lessonii*, *Pseudosasa japonica*, *Psidium guajava*, *Psidium littorale*, *Psoralea pinnata*, *Punica granatum*, *Rhamnus alaternus*, *Rhaphiolepis indica*, *Rhaphiolepis umbellata*, *Rhapis excelsa*, *Rhopalostylis baueri*, *Ribes thacherianum*, *Rosa hybrida*, *Rosa minutifolia*, *Rosa rugosa*, *Rosa woodsii*, *Rosmarinus officinalis*, *Rubus lineatus*, *Rubus pentalobus*, *Rubus ursinus*, *Ruellia macrantha*, *Ruellia peninsularis*, *Ruellia X brittoniana*, *Salvia confertiflora*, *Salvia elegans*, *Salvia fulgens*, *Salvia gesneriflora*, *Salvia iodantha*, *Salvia karwinskii*, *Salvia mexicana*, *Salvia muelleri*, *Salvia officinalis*, *Salvia penstemonoides*, *Salvia regla*, *Salvia spathacea*, *Sarcococca confusa*, *Sarcococca hookerana humilis*, *Sarcococca ruscifolia*, *Sasa spp.*, *Schefflera elegantissima*, *Schefflera actinophylla*, *Serissa foetida*, *Sinarundinaria nitida*, *Skimmia reevesiana*, *Solanum crispum*, *Spiraea spp.*, *Strelitzia reginae*, *Streptosolen jamesonii*, *Styrax officinale*, *Symphoricarpus orbiculatus*, *Symphylandra spp.*, *Syringa patula*, *Syringa vulgaris*, *Syringa X chinensis*, *Syringa X hyacinthiflora*, *Syringa X persica*, *Syzygium paniculatum*, *Syzygium smithii*, *Tabebuia chrysotricha*, *Taxus cuspidata*, *Taxus meyeri*, *Taxus X media*, *Tecoma Orange Jubilee*, *Tephrosia grandiflora*, *Ternstroemia gymnanthera*, *Tetraneuris acaulis*, *Thuja occidentalis*, *Tiarella wherryi*, *Tibuchina heteromalla*, *Trixis cali fornica*, *Ugni molinae*, *Vaccinium moupinense*, *Vaccinium ovatum*, *Vaccinium parvifolium*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Vauquelinia cali fornica*, *Viburnum Anne Russel'*, *Viburnum awabuki*, *Viburnum carlesii*, *Viburnum davidii*, *Viburnum japonicum*, *Viburnum 'Mohawk'*, *Viburnum odoratissimum*, *Viburnum opulus*, *Viburnum plicatum*, *Viburnum rhytidophyllum*, *Viburnum setigerum*, *Viburnum suspensum*, *Viburnum tinus*, *Viburnum trilobum*, *Viburnum X bodnantense*, *Viburnum X burkwoodii*, *Viburnum X rhytidophylloides*, *Viguiera deltoidea*, *Weigela coraensis*, *Weigela florida*, *Westringia glabra*, *Xylococcus bicolor*, *Xylosma congestum*, *Zamia pumila*.

Arbusti con consumo idrico alto (KS=0.7-0.9)

Abutilon X hybridum, *Andromeda polifolia*, *Breynia nivos*, *Brunfelsia pauciflora*, *Chamaedorea spp.*, *Cornus stolonifera*, *Cryptomeria japonica*, *Dicksonia antarctica*, *Enkianthus campanulatus*, *Ensete ventricosum*, *Gamolepis chrysanthemumoides*, *Hibbertia aspera*, *Hydrangea anomala*, *Hydrangea arborescens*, *Hydrangea aspera*, *Hydrangea macrophylla*, *Hydrangea quercifolia*, *Impatiens uguensis*, *Indigofera decora (incanata)*, *Isopogon formosus*, *Justicia aurea*, *Justicia carnea*, *Lobelia ricardii*, *Metrosideros collinia*, *Rhododendron spp.*, *Rhopalostylis sapida*, *Salix spp.*, *Schefflera arboricola*, *Skimmia japonica*, *Tibuchina urvilleana*.

Rampicanti con consumo idrico molto basso (KS<0.1)

Clematis pauciflora, *Parthenocissus henryana*.

Rampicanti con consumo idrico basso (KS=0.1-0.3)

Antigonon leptopus, *Araujia serici fera*, *Berberidopsis corallina*, *Cissus trifoliata*, *Clematis lasiantha*, *Clematis ligusticifolia*, *Macfadyena unguis-cati*, *Polygonum aubertii*, *Solanum xantii*.

Rampicanti con consumo idrico medio (KS=0.4-0.6)

Akebia quinata, *Allamanda cataractica*, *Ampelopsis brevipedunculata*, *Anemopaegma chamberlaynii*, *Aristolochia cali fornica*, *Aristolochia durior*, *Aristolochia elegans*, *Asarina antirrhini flora*, *Asarina barclaiana*, *Asarina erubescens*, *Bauhinia corymbosa*, *Bignonia capreolata*, *Campsis spp.*, *Cestrum auranticum*, *Cissus antarctica*, *Cissus rhombifolia*, *Clematis armandii*, *Clematis hybrida*, *Clytostoma callistigioides*, *Cobaea scandens*, *Combretum fruticosum*, *Distictis buccinatoria*, *Euonymus fortune*, *Ficus pumila*, *Gelsemium rankinii*, *Gelsemium sempervirens*, *Hardenbergia comptoniana*, *Hardenbergia violacea*, *Hedera canariensis*, *Hedera helix*, *Hedera nepalensis*, *Hibbertia scandens*, *Ipomea indica*, *Jasminum leratii*, *Jasminum polyanthum*, *Jasminum X stephanense*, *Labab purpureus*, *Lonicera confusa*, *Lonicera hildebrandiana*, *Lonicera japonica*, *Lonicera periclymenum*, *Lonicera sempervirens*, *Lonicera tatarica*, *Mandevilla spp.*, *Mandevilla laxa*, *Mascagnia lilacina*, *Mascagnia macroptera*, *Merremia aurea*, *Merremia quinquefolia*, *Milletia reticulata*, *Milletia taiwanensis*, *Pandorea jasminoides*, *Pandorea pandorana*, *Passiflora spp.*

Petrea volubilis, *Pithecoctenium crucigerum*, *Podranea ricasoliana*, *Pseudogynoxys chenopodiodes*, *Pyrostegia venusta*, *Rhoicissus capensis*, *Rosa banksiae*, *Rosa hybrida*, *Solandra maxima*, *Solanum jasminoides*, *Solanum wendlandii*, *Stephanotis floribunda*, *Stigmaphyllon ciliatum*, *Tecomanthe speciosa*, *Tecomaria capensis*, *Tetrapanax papyrifer*, *Thunbergia alata*, *Thunbergia battiscombei*, *Thunbergia grandiflora*, *Thunbergia gregorii*, *Thunbergia mysorensis*, *Trachelospermum asiaticum*, *Vigna caracalla*, *Vitis cali fornica*, *Vitis girdiana*, *Vitis labrusca*, *Vitis vinifera*, *Wisteria spp.*

Rampicanti con consumo idrico alto (KS=0.7-0.9)

Actinidia arguta, *Actinidia deliciosa*, *Beaumontia grandiflora*, *Fatsyhedera X lizei*, *Sollya parvifolia*

Specie perenni (incluse felci, erbe e bulbose) con consumo idrico molto basso (KS<0.1)

Athyrium nipponicum, *Centaurea rupestris*, *Cheilanthes lanosa*, *Darmera peltata*, *Eriophyllum confertiflorum*, *Lupinus sparsiflorus*, *Nassella lepida*, *Nassella pulchra*, *Nassella tenuissima*, *Nauplius sericeus*, *Ranunculus californicus*, *Scilla mughi*, *Sinningia tubiflora*, *Sisyrinchium convolutum*, *Teucrium hyrcanicum*.

Specie perenni (incluse felci, erbe e bulbose) con consumo idrico basso (KS=0.1-0.3)

Achillea clavennae, *Achillea filipendulina*, *Achillea millefolium*, *Achillea X kellerii*, *Adenophora liliifolia*, *Alyssum montanum*, *Amaryllis belladonna*, *Anigozanthos flavidus*, *Anigozanthos viridis*, *Aristea major*, *Asclepias spp.*, *Asphodeline taurica*, *Babiana stricta*, *Baileya multi radiata*, *Ballota pseudodictamnus*, *Baptista australis*, *Blechnum penna-marina*, *Bothriochloa barbinoidea*, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis*, *Brodiaea spp.*, *Bulbine frutescens*, *Calyophus drummondii*, *Centranthus ruber*, *Chasmanthe aethiopica*, *Convolvulus sabatius*, *Coreopsis auriculata 'Nana'*, *Coreopsis gigantea*, *Coreopsis lanceolata*, *Coreopsis maritima*, *Coreopsis verticillata*, *Corethrogyne californica*, *Crocrosmia hybrids*, *Dudleya spp.*, *Dyckia spp.*, *Echinopsis spp.*, *Elymus spp.*, *Erianthus ravennae*, *Erigeron speciosus*, *Eriophyllum lanatum*, *Erodium corsicum*, *Eryngium variifolium*, *Erysimum helveticum*, *Erysimum hypericifolium*, *Erysimum 'Jubilee'*, *Erysimum linifolium*, *Erysimum menziesii*, *Erysimum pulchellum*, *Erysimum suffrutescens*, *Erysimum 'Wenlock'*, *Eschscholzia cali fornica*, *Eucomis bicolor*, *Euphorbia characias*, *Euphorbia cyparissias*, *Euphorbia myrsinites*, *Euphorbia polychroma*, *Festuca idahoensis*, *Festuca tenuifolia*, *Galtonia candicans*, *Gasteria spp.*, *Gladiolus spp.*, *Globularia cordifolia*, *Globularia X indubia*, *Goniolimon incanum*, *Grindelia camporum*, *Haworthia spp.*, *Helenium hoopesii*, *Helianthemum nummularium*, *Helianthus maximiliani*, *Ipeion uniflorum*, *Ipomopsis rubra*, *Juniperus cali fornica*, *Kalanchoe spp.*, *Kirengeshoma koreana*, *Kniphofia triangularis*, *Kniphofia uvaria*, *Larrea tridentata*, *Lewisia hybrids*, *Limonium commune*, *Linaria supina*, *Lotus scoparsi*, *Lychnis coronaria*, *Melampodium leucanthum*, *Mirabilis multiflora*, *Muscari macrocarpum*, *Narcissus spp.*, *Nassella cernua*, *Nerine spp.*, *Oenothera caespitosa*, *Oenothera fruticosa*, *Oenothera pallida*, *Oenothera rosea*, *Origanum spp.*, *Ornithogalum thyrsoides*, *Panicum spp.*, *Pennisetum alopecuroides*, *Pennisetum orientale*, *Pennisetum setaceum*, *Pennisetum setaceum*, *Penstemon spp.*, *Phlomis caballeri*, *Phlomis cretica*, *Phlomis lanata*, *Phlomis purpurea*, *Poliomintha longiflora*, *Polyanthes tuberosa*, *Polypodium (subtropical spp.)*, *Portulacaria afra*, *Puya spp.*, *Pyrethropsis hosmariense*, *Pyrrosia spp.*, *Ranunculus cortusaefolius*, *Ranunculus repens*, *Rodgersia aesculifolia*, *Rodgersia pinnata*, *Romneya coulteri*, *Rosemarinus prostratus*, *Salvia azurea*, *Salvia californica*, *Salvia chamaedryoides*, *Salvia chiapensis*, *Salvia dorrii*, *Salvia madrensis*, *Salvia roemeriana*, *Salvia thymoides*, *Santolina spp.*, *Satureja chandleri*, *Satureja mexicana*, *Sempervivum spp.*, *Senecio cineraria*, *Sisyrinchium bellum*, *Sphaeralcea spp.*, *Sporobolus airoides*, *Sprekelia formosissima*, *Stachys albo tomentosa*, *Stenocereus thurberi*, *Stipa cernua*, *Stipa gigantea*, *Stipa lepida*, *Stipa pulchra*, *Stipa stipa*, *Stipa tenuissima*, *Sutera spp.*, *Talinium calcynium*, *Tamarix spp.*, *Tanacetum haradjanii tansy L.*, *Thalictrum aquilegifolium*, *Thalictrum fendleri*, *Tricyrtis hirta*, *Tritelia laxa*, *Urginea maritima*, *Verbascum phoeniceum*, *Wachendorfia thrysiflora*, *Wahlenbergia gloriosa*, *Xanthorrhoea spp.*, *Xerophyllum tenax*, *Zaluzianskya katherinae*

Specie Perenni (incluse felci, erbe e bulbose) con consumo idrico medio (KS=0.4-0.6)

Acanthus mollis, *Achillea ageratifolia*, *Aethionema armenium*, *Agapanthus africanus*, *Agapanthus campanulatus*, *Agapanthus inapertus*, *Agapanthus praecox*, *Agastache aurantica*, *Agastache cana*, *Agastache coccinea*, *Agastache rugosa*, *Allium spp.*, *Alonsoa warscewiczii*, *Alopecurus pratensis*, *Alstroemeria spp.*, *Androsace lanuginosa*, *Anemone sylvestris*, *Anemone X hybrida*, *Angelonia angustifolia*, *Antennaria rosea*, *Anthoxanthum odoratum*, *Aquilegia spp.*, *Arabis spp.*, *Arctotis hybrids*, *Arenaria montana*, *Argyranthemum frutescens*, *Aristea ecklonii*, *Armeria caespitosa*, *Armeria setacea*, *Arnica montana*, *Arrhenatherum bulbosum*, *Arthropodium cirrhatum*, *Arum italicum*, *Arundinaria gigantea*, *Arundo donax*, *Asclepias tuberosa*, *Asparagus spp.*, *Aspidistra elatior*, *Asplenium nidus*, *Asplenium scolopendrium*, *Astelia nervosa*, *Astelia nivicola*, *Aster spp.*, *Asteriscus maritimus*, *Astrantia major*, *Aubrieta deltoidea*, *Aurinia saxatilis*, *Begonia fuchoides*, *Begonia grandis*, *Begonia 'Richmondensis'*, *Begonia semperflorens*, *Bellis perenis*, *Berlandiera lyrata*, *Bidens triplinervia*, *Billbergia spp.*, *Blechnum spicant*, *Bletilla striata*, *Brachycome spp.*, *Brachyglottis greyi*, *Briza media*, *Calamagrostis spp.*, *Calamintha spp.*, *Calceolaria spp.*, *Camissonia cherianthifolia*,

Campanula spp., *Canna* spp., *Carex* spp., *Catananche caerulea*, *Catharanthus roseus*, *Centaurea cineraria*, *Centaurea dealbata*, *Centaurea gymnocarpa*, *Centratherum punctatum*, *Chaenorrhinium glareosum*, *Chasmanthium latifolium*, *Chondropetalum tectorum*, *Clerodendrum bungei*, *Clivia miniata*, *Colchicum agrippium*, *Cosmos atrosanguineus*, *Craspedia globosa*, *Crinum* spp., *Cuphea hyssophylla*, *Cuphea ignea*, *Cyclamen hederifolium*, *Cyclamen persicum*, *Cyrtanthus brachysephyus*, *Cyrtanthus purpureus*, *Cyrtomium falcatum*, *Dalechampia dioscorifolia*, *Dampiera trigona*, *Delphinium* spp., *Deschampsia caespitosa*, *Dianella intermedia*, *Dianella tasmanica*, *Dianthus* spp., *Diascia* spp., *Dicentra* spp., *Dichelostemma capitatum*, *Dichroa febrifuga*, *Dicliptera suberecta*, *Dictamnus* spp., *Dierama* spp., *Diets bicolor*, *Diets iridioides*, *Digitalis lutea*, *Digitalis X mertonensis*, *Doronicum orientale*, *Dryopteris arguta*, *Dryopteris dilatata*, *Dryopteris erythrosora*, *Dryopteris felix-mas*, *Dyssodia pentachaeta*, *Echinacea* spp., *Echinops exaltus*, *Encelia cali fornica*, *Epilobium* spp.(*Zauchneria*), *Erigeron divergens*, *Erigeron formosissimus*, *Erigeron glaucus*, *Erigeron karvinskianus*, *Erodium reichardii*, *Erysimum 'Bowles Erysimum cheiri*, *Eupatorium* spp., *Evolvulus pilosus*, *Festuca cali fornica*, *Festuca cinerea*, *Festuca glauca*, *Festuca muelleri*, *Francoa ramosa*, *Francoa sonchifolia*, *Gaillardia grandiflora*, *Gaura lindheimeri*, *Gentiana scabra*, *Geranium* spp., *Gerbera jamesonii*, *Geum* spp., *Gladiolus hybrida*, *Goniolimon tataricum*, *Gypsophila cerastioides*, *Gypsophila paniculata*, *Gypsophila repens*, *Habranthus robustus*, *Habranthus tubispathus*, *Hakonechloa macra*, *Helenium bigelovii*, *Helichrysum bracteatum*, *Helichrysum petiolare*, *Helictotrichon sempervirens*, *Heliotropum arborescens*, *Helleborus* spp., *Hemerocallis* spp., *Heuchera maxima*, *Heuchera micrantha*, *Heuchera sanguinea*, *Hibanobambusa tranquillano*, *Hibiscus moscheutos*, *Hibiscus trionum*, *Hippeastrum* spp., *Homeria* spp., *Hosta* spp., *Houttuynia cordata*, *Hunnemannia fumarifolia*, *Hypericum kelleri*, *Hypericum X moseranum*, *Hyptis emoryi*, *Iberis sempervirens*, *Ilex integra*, *Imperata cylindrica 'Rubra'*, *Iris* spp., *Isolepis cernua*, *Ixia* spp., *Juncus* spp., *Kirengeshoma palmata*, *Koelaria glauca*, *Lachenalia* spp., *Leontopodium alpinium*, *Leucanthemum X superbum*, *Leucojum aestivum*, *Lewisia cotyledon*, *Leymus* spp., *Liatris spicata*, *Libertia* spp., *Lilium (ibridi da giardino)*, *Limonium perezii*, *Linaria purpurea*, *Linum* spp., *Liriope* spp., *Lithodora diffusa*, *Lobelia richmondensis*, *Lomandra longifolia*, *Lupinus* spp., *Luzula nivea*, *Luzula sylvatica*, *Lychnis alpina*, *Lychnis chalcedonica*, *Macleaya* spp., *Manfreda* spp., *Mentha* spp., *Microlepis strigosa*, *Milium effusum*, *Mirabilis californica*, *Mirabilis jalapa*, *Miscanthus sinensis*, *Miscanthus transmorrisonensis*, *Monarda didima*, *Monardella linoides*, *Monardella macrantha*, *Monardella odoratissima*, *Monardella villosa*, *Monochaetum volcanicum*, *Moraea* spp., *Morina longifolia*, *Muhlenbergia capillaris*, *Muhlenbergia dumosa*, *Muhlenbergia emersleyi*, *Muhlenbergia lindheimeri*, *Muhlenbergia pubescens*, *Muhlenbergia rigens*, *Myosotis scorpioides*, *Neomarica caerulea*, *Nepeta* spp., *Nephrolepis cordifolia*, *Nephrolepis exaltata*, *Nierembergia hippomanica*, *Omphalodes cappadocica*, *Onoclea sensibilis*, *Ophiopogon clarkii*, *Ophiopogon jaburan*, *Ophiopogon japonicus*, *Ophiopogon planiscapus*, *Orthosiphon labiatus*, *Orthrosanthus multiflorus*, *Otholobium fruiticans*, *Oxalis* spp., *Oxera pulchella*, *Paeonia* spp., *Panicum virgatum*, *Papaver orientale*, *Papaver pilosum*, *Parahebe* spp., *Pattersonia drummondii*, *Pelargonium cordifolium*, *Pelargonium domesticum*, *Pelargonium peltatum*, *Pelargonium tomentosum*, *Pelargonium X hortorum*, *Pellaea mucronata*, *Pellaea rotundifolia*, *Penstemon hybridus*, *Phalaris* spp., *Phlebodium aureum*, *Phlomis russe liana*, *Phlox* spp., *Phlox subulata*, *Physostegia virginiana*, *Pinellia ternata*, *Platycodon grandiflorus*, *Pleioblastus* spp., *Polemonium* spp., *Polygonatum odoratum*, *Polystichum californicum*, *Polystichum munitum*, *Protea* spp., *Prunella* spp., *Pseudosasa japonica*, *Pteris* spp., *Pulmonaria* spp., *Pulsatilla vulgaris*, *Ratibida columnifera*, *Rehmannia elata*, *Rhodohypoxis* spp., *Rhodophiala bifida*, *Rohdea japonica*, *Roscoea purpurea*, *Rudbeckia* spp., *Rumohra adiantiformis*, *Ruscus* spp., *Salvia blepharophylla*, *Salvia buechananii*, *Salvia cacaliaefolia*, *Salvia coahuilensis*, *Salvia coccinea*, *Salvia discolor*, *Salvia dorisiana*, *Salvia farinacea*, *Salvia glechomaefolia*, *Salvia koyamae*, *Salvia 'Maraschino'*, *Salvia patens*, *Salvia pratensis*, *Salvia reptans*, *Salvia sinaloensis*, *Salvia sonomensis*, *Salvia uliginosa*, *Salvia verticillata*, *Salvia X superba*, *Saponaria ocymoides*, *Satureja douglasia*, *Scabiosa* spp., *Schizostylis coccinea*, *Scilla peruviana*, *Selliera radicans*, *Semiaquilegia ecalcarata*, *Semiarundinaria fastuosa*, *Sesleria* spp., *Setaria palmifolia*, *Shibatea kumasasa*, *Sidalcea* spp., *Sideritis syriaca*, *Silene* spp., *Sisyrinchium californicum*, *Sisyrinchium striatum*, *Stachys byzantina*, *Stenomesson variegatum*, *Stokesia laevis*, *Tagetes lucida*, *Tanacetum parthenium*, *Telopea speciosissima*, *Thalictrum coreanum*, *Thalictrum flavum*, *Thalictrum polycarpum*, *Thamnocalamus spathaceus*, *Thymus* spp., *Thysanolaena maxima*, *Todea barbara*, *Trachelium caeruleum*, *Tradescantia fluminensis*, *Tradescantia pallida*, *Tradescantia* spp., *Tritonia* spp., *Trollius* spp., *Tropaeolum majus*, *Tulbaghia fragrans*, *Tulbaghia violacea*, *Veltheimia bracteata*, *Verbascum bombiciferum*, *Verbena bonariensis*, *Verbena hybrida*, *Verbena rigida*, *Veronica* spp., *Veronicastrum virginicum*, *Viola adunca*, *Viola cornuta*, *Viola japonica*, *Viola sempervirens*, *Watsonia* spp., *Woodwardia fimbriata*, *Zantedeschia aethiopia*, *Zantedeschia* spp., *Zephyranthes* spp., *Zexmenia hispida*, *Zinnia grandiflora*,

Specie perenni (incluse felci, erbe e bulbose) con consumo idrico alto (KS=0.7-0.9)

Aconitum napellus, *Acorus gramineus*, *Adenophora bulleyana*, *Adiantum* spp., *Alocasia* spp., *Alpinia zerumbet*, *Anagallis monellii*, *Asplenium bulbiferum*, *Astilbe hybrids*, *Athyrium filix-femina*, *Baumea rubiginosa*, *Bergenia*

cordifolia, *Bergenia crassifolia*, *Beschorneria yuccoides*, *Blechnum occidentale*, *Brunnera macrophylla*, *Cautleya spicata*, *Chusquea coronalis*, *Cibotium glaucum*, *Cotula lineariloba*, *Cotula* spp., *Cyathea cooperii*, *Cyperis* spp., *Cyperus albostrigatus*, *Dahlia* spp., *Davallia trichomanoides*, *Dichorisandra thyrsifolia*, *Epidendrum* spp., *Equisetum* spp., *Farfugium japonicum*, *Fascicularia pitcairniifolia*, *Filipendula vulgaris*, *Fuchsia* spp., *Galium odoratum*, *Gunnera magellanica*, *Hedychium coccinium*, *Hedychium coronarium*, *Hedychium flavescens*, *Hedychium garnerianum*, *Hedychium greenii*, *Impatiens sodeni*, *Inula ensifolia*, *Iris* spp., *Lobelia 'Brightness'*, *Lobelia fulgens*, *Maianthemum dilatatum*, *Matteuccia struthiopteris*, *Mimulus* spp., *Molinia caerulea*, *Musa* spp., *Osmunda cinnamomea*, *Osmunda regalis*, *Polypodium* spp., *Polystichum polyblepharum*, *Polystichum X setigerum*, *Sagina subulata*, *Sagina subulata*, *Saxifraga* spp., *Schoenoplectus lacustris*, *Setcreasea pallida*, *Spathiphyllum* spp., *Thalictrum delavayi*, *Thalictrum rochenbrunianum*, *Woodwardia radicans*, *Xeronema calistemon*

Tappezzanti con consumo idrico basso (KS=0.1-0.3)

Acacia redolens, *Achillea tomentosa*, *Aptenia cordifolia*, *Aptenia* spp., *Baccharis 'Centennial'*, *Baccharis pilularis*, *Berberis* spp., *Carpobrotus* spp., *Cephalophyllum* spp., *Cistus* spp., *Dalea greggii*, *Dalea forcuti*, *Delosperma* spp., *Dodonaea procumbens*, *Drosanthemum* spp., *Dymondia margaretae*, *Iva hayesiana*, *Keckiella antirrhinoides*, *Keckiella cordifolia*, *Lampranthus* spp., *Lantana montevidensis*, *Mahonia repens*, *Maleophora* spp., *Oenothera macrocarpa*, *Oenothera speciosa*, *Oenothera stubbei*, *Osteospermum* spp., *Pelargonium sidoides*, *Pyracantha* spp., *Ribes viburnifolium*, *Sedum* spp., *Sollya heterophylla*, *Teucrium chamaedrys*, *Teucrium cossonii*, *Verbena gooddingii*, *Verbena lilacina*, *Verbena peruviana*, *Verbena tenuisecta*.

Tappezzanti con consumo idrico medio (KS=0.4-0.6)

Abelia X grandiflora, *Arctotheca calendula*, *Armeria maritima*, *Artemisia* spp., *Berberis X stenophylla*, *Calyophus hartwegii*, *Campanula poscharskyana*, *Carissa macrocarpa*, *Ceanothus* spp., *Cerastium tomentosum*, *Ceratostigma plumbaginoides*, *Chamaemelum nobile*, *Coprosma X kirkii*, *Cornus canadensis*, *Cotoneaster* spp., *Cuphea llavea*, *Cytisus X kewensis*, *Dalea capitata*, *Dampiera diversifolia*, *Dichondra argenta*, *Dichondra micrantha*, *Duchesnea indica*, *Epimedium grandiflorum*, *Erica* spp., *Euonymus fortunei*, *Fragaria* spp., *Gaultheria procumbens*, *Gazania* spp., *Genista lydia*, *Genista pilosa*, *Glechoma hederaceae*, *Herniaria glabra*, *Hibbertia pedunculata*, *Hypericum calycinum*, *Lamiastrum galeobdolon*, *Lamium maculatum*, *Laurentia fluviatilis*, *Lonicera japonica*, *Lotus corniculatus*, *Melissa officinalis*, *Microbiota decussata*, *Muehlenbeckia arillari*, *Muehlenbeckia complexa*, *Odontospermum hybrida*, *Pachysandra terminalis*, *Parthenocissus quinquefolia*, *Parthenocissus tricuspidata*, *Phyla nodiflora*, *Plectranthus* spp., *Potentilla neumanniana*, *Rhagodia deltophylla*, *Sasaella masamuniana*, *Scaevola aemula*, *Scaevola 'Mauve'*, *Senecio mandraliscae*, *Tetrastigma voinieranum*, *Trachelospermum jasminoides*, *Trifolium fragiferum*, *Vancouveria* spp., *Verbena stricta*, *Verbena tenera*, *Veronica repens*, *Vinca major*, *Vinca minor*, *Viola hederacea*, *Wedelia trilobata*, *Zoysia tenuifolia*

Tappezzanti con consumo idrico alto (KS=0.7-0.9)

Ajuga reptans, *Anemopsis californica*, *Ardisia japonica*, *Asarum caudatum*, *Cymbalaria muralis*, *Festuca rubra*, *Lysimachia* spp., *Mazus reptans*, *Pratia angulata*, *Soleirolia soleirolii*, *Trifolium repens*, *Viola labradorica*, *Viola odorata*.

La frequenza dell'irrigazione può essere determinata in modo automatico anche attraverso l'uso di **sensori dell'umidità** del terreno o del substrato. Ormai esistono in commercio dispositivi che attivano l'irrigazione quando la tensione d'umidità sale sopra una determinata soglia, indicativamente, da 5 – 10 kPa nel caso di colture su substrato e da 10 – 50 kPa nel caso di colture a terra. Occorre ricordare che, da un punto fisiologico, la pianta risponde alla tensione più che al contenuto idrico volumetrico e che, d'altra parte, la relazione tra il contenuto idrico volumetrico e la tensione è tipica per ogni mezzo di crescita e può essere facilmente determinata in laboratorio. Ad esempio, per due miscugli molto usati nel settore vivaistico si possono utilizzare i seguenti valori:

- 1) torba e pomice (1:1 in volume): 5 kPa = 37% vol.; 10 Kpa = 33% vol.
- 2) torba e perlite (1:1 in volume): 5 kPa = 40 % vol.; 10 Kpa = 35% vol.



Fig. 1.4 - Alcuni esempi di sensori per la misura dell'umidità del terreno e del substrato: tensiometro idraulico (a sinistra), che misura il potenziale idrico; sensore dielettrico SM200 (Delta-T Devices, Burwell, UK), che misura il contenuto idrico volumetrico; sensore WET, (Delta-T Devices, Burwell, UK) in grado di misurare, oltre al contenuto idrico volumetrico, la temperatura e la salinità del substrato.

Molto diffusi nel controllo dell'irrigazione sono i sensori dielettrici, meno costosi e meno esigenti in termini di manutenzione dei tensiometri (**Fig. 1.4**). Alcuni di questi sensori, come ad es. il sensore WET, sono in grado anche di misurare la temperatura e la salinità (EC) del mezzo di crescita (**Textbox 1.2**). I sensori dielettrici reagiscono molto rapidamente alla variazione di umidità e potrebbero essere utilizzati anche per modulare il volume irriguo: in pratica, l'irrigazione è attivata quando si scende sotto una soglia di umidità e disattivata quando questa sale sopra un'altra soglia, chiaramente superiore alla soglia di intervento. Un simile approccio è molto interessante nel caso di irrigazioni a turno fisso, ma la realizzazione pratica non è così facile come potrebbe sembrare.

L'uso dei sensori di umidità in ambito vivaistico presenta comunque delle difficoltà. Per ogni settore irriguo sono necessari almeno due sensori, sotto un reciproco controllo (uno dei due potrebbe smettere di funzionare). Tutti i sensori installati nelle decine o centinaia di settori irrigui devono essere collegati al computer centrale in una rete *wireless*; sarebbe impensabile pensare di interfacciarli al sistema di controllo via cavo. Occorre, infine, un software di controllo che preveda tutta una serie di misure di sicurezza e di allarmi, per evitare che malfunzionamenti di varia natura provochino situazione di grave stress idrico alle colture. Il progresso in questo settore è comunque

molto rapido e ci sono oggi diverse aziende, anche italiane, in grado di installare reti *wireless* di sensori per il controllo dell'irrigazione in campo e in vivaio.

1.5 Concimazione con concimi a rilascio controllato

[Sommar](#)

Obiettivo della fertilizzazione è mantenere una costante e adeguata quantità di nutrienti nella soluzione circolante (nel terreno o nel contenitore) per sostenere una crescita ottimale delle piante ed ridurre il più possibile le perdite per lisciviazione dei nutrienti per ovvie ragioni economiche ed ambientali. Il raggiungimento di questo obiettivo non è facile. Infatti, la necessità di irrigare spesso, soprattutto nelle piante in contenitore, provoca un continuo dilavamento di elementi nutritivi producendo una condizione di carenza nella soluzione circolante, carenza che viene prevenuta con la somministrazione di grosse (a volte eccessive) dosi di concime. Questo approccio tecnico riduce l'efficienza d'uso dei fertilizzanti, determina l'inquinamento delle falde acquifere soprattutto con l'azoto (nel caso di colture in contenitore anche con il fosforo) e può provocare danni alle colture, a causa dell'aumento di salinità nella zona radicale (**Fig. 1.5**) e/o di uno squilibrio vegetativo (nel caso di piante da fiore).



Fig. 1.5 - Disseccamenti fogliari provocati da stress idrico in *Prunus laurocerasus*.

L'introduzione della fertirrigazione in vivaio presenta certamente molti vantaggi di ordine pratico derivanti dal fatto di impiegare il sistema di irrigazione per veicolare i prodotti fertilizzanti alle piante. La sua efficienza è però funzione diretta dell'efficienza irrigua, spesso piuttosto bassa: ad esempio, nel caso di fertirrigazione accoppiata a sistemi di irrigazione sovrachioma la perdita di prodotti fertilizzanti può giungere fino al 70%. Appare chiaro quanto sia difficile la gestione della fertilizzazione delle piante in vivaio, stretta tra l'esigenza di mantenere elevati i livelli nutritivi nella soluzione circolante nel mezzo di crescita e la necessità di non perdere prodotto con l'acqua di drenaggio. L'usodi concimi a rilascio lento (CRL) o controllato (CRC) (**Textbox 1.3**), eventualmente accoppiato alla fertirrigazione, rappresenta probabilmente la risposta migliore alle problematiche sopra citate.

Nei vivai, in particolare in quelli in contenitore, la concimazione con CRC è effettuata all'inizio della stagione vegetativa: sono aggiunti al substrato prima dell'invasatura o sulla superficie del vaso se non si effettua invasatura. In genere, nel corso della stagione vegetativa, si interviene nuovamente con somministrazioni aggiuntive in copertura (*top-dressing*) o si integra la concimazione di fondo con la fertirrigazione. Per la maggior parte delle specie allevate in vivaio, i CRC sono aggiunti al substrato in quantità che oscillano tra 2-3 Kg fino a 5-6 Kg per metro cubo di substrato; si usano prodotti granulari dotati di macro e microelementi che hanno una durata di 5-6 mesi almeno, oppure miscele CRC con diversi tempi di rilascio (es. 3-4 mesi + 8-9 mesi).

I CRC sono assai costosi ma il loro impiego presenta una serie di vantaggi, rendendo più facile la concimazione (soprattutto se si usano prodotti a lungo rilascio che quindi evitano il *top-dressing*) e riducendo notevolmente la lisciviazione dei nutrienti (in particolare nitrati e fosfati) con le acque di drenaggio (**Textbox 1.4**). Inoltre, il CRC può costituire una riserva residua di nutrienti per la pianta anche dopo la commercializzazione, preservando così la qualità della piante per alcuni mesi dopo la vendita, anche senza concimazione.

1.6 Considerazioni conclusive

[Sommar](#)

Le strategie per aumentare l'efficienza irrigua nelle colture vivaistiche e per ridurre la dipendenza dall'acqua di buona qualità - sempre più carente - sono diverse e consistono, sinteticamente, nello sfruttamento delle acque piovane e nell'impiego delle acque reflue di varia origine, comprese quelle di drenaggio nei cosiddetti "sistemi chiusi" e, ultimo ma non per importanza, l'impiego di tecnologie in grado di stimare le esigenze idriche e minerali delle piante.

I sistemi chiusi possono consentire un risparmio d'acqua fino al 30-50% (**Tab. 2**), ma richiedono un notevole impegno finanziario (soprattutto nelle colture in serra) ed una maggiore preparazione professionale dei coltivatori. In alcuni casi, inoltre, possono esserci dei vincoli di natura legislativa

ad ostacolare l'impiego dei sistemi chiusi. Ad esempio, un vincolo importante per i vivai di piena aria di alcune zone della piana pistoiese è costituito dal rispetto del cosiddetto indice di impermeabilizzazione del terreno (cioè, la percentuale massima della superficie dell'azienda che può essere impermeabilizzata con asfaltature, teli anti-alga o pacciamatura), evidentemente necessaria al recupero ed al reimpiego successivo delle acque di drenaggio.

Diversamente dal ciclo chiuso, l'introduzione di altre tecniche sono in grado di ridurre sensibilmente i fabbisogni idrici (fino al 30%) ed le perdite di fertilizzanti per lisciviazione senza far lievitare i costi di produzione, senza stravolgere l'organizzazione aziendale e senza richiedere agli operatori un particolare know-how: l'irrigazione a goccia, il pilotaggio automatico dell'irrigazione o, ancor più semplicemente, l'impiego dell'irrigazione ciclica e/o di quella mattutina, l'applicazione della cosiddetta *deficit irrigation* (**Textbox 1.5**) e il semplice uso dei dispositivi che chiudono l'irrigazione in caso di pioggia. E' anche vero, d'altra parte, che l'irrigazione a pioggia è talvolta difficilmente sostituibile con quella a goccia, come nel caso della piccola vasetteria o per quelle colture che si avvantaggiano dell'effetto climatizzante dell'aspersione.

1.7 Bibliografia essenziale

Sommario

- Balendonck J. 2010. FLOWAID brochure. http://www.cespevi.it/pdf/FlowAid_LR.pdf
- Baroncelli P. Landi S., Marzialetti P., 2004. Uso razionale delle risorse nel florovivaismo: i fertilizzanti". Quaderno ARSIA 2/2004. ISBN: 88-8295-056-5. http://www.demetralab.it/download/Q.-2_2004.pdf.
- Incrocci I., Incrocci G., Pulizzi R., Malorgio F., Pardossi A., Spagnol S., M Marzialetti P. (2009). Più efficienza all'irrigazione con i sensori dielettrici. L'Informatore Agrario 40, 39-41.
- Pardossi A., Incrocci L., Incrocci G., Malorgio F., Battista P., Bacci L., Rapi B., Marzialetti P., Hemming J., Balendonck J. (2009). Root Zone Sensors for Irrigation Management in Intensive Agriculture. Sensors 9, 2809-2835.
- Pardossi A., Incrocci L., Marzialetti P., 2004. Uso razionale delle risorse nel florovivaismo: l'acqua". Quaderno ARSIA 5/2004. http://www.cespevi.it/idri/Q.5_2004floroAc.pdf
- University of California Cooperative Extension, 2000. Irrigation Water Needs of Landscape Plantings in California. The Landscape Coefficient Method and WUCOLS III. www.water.ca.gov/wateruseefficiency/docs/wucols00.pdf.

Evapotraspirazione delle colture e coefficienti colturali

Nell'ambito del progetto europeo FLOWAID (*Farm Level Optimal Water Management: Assistant for Irrigation under Deficit*), Pardossi e collaboratori hanno condotto un studio per verificare la possibilità di pilotare l'irrigazione in vivaio sulla base dell'ETE della coltura stimata in funzione dell'ETP e di un coefficiente colturale specifico, a sua volta determinato misurando semplicemente l'altezza delle piante (H). Lo studio è stato condotto nel 2008 su quattro specie (*Forsythia intermedia*, *Photinia x fraseri*, *Prunus laurocerasus* e *Viburnum tinus*) coltivate in vasi (diametro 24 cm) riempiti con un miscuglio di torba e pomice (1:1 v:v) e con una densità colturale di 2.4 p/m². L'analisi statistica dei dati ha consentito di ottenere le seguenti relazioni tra H e K_C:

- *Forsythia*: $K_C = (1.09 \times H) - 0.10$
- *Photinia*: $K_C = (1.29 \times H) - 0.36$
- *Prunus*: $K_C = 1.11 \times \exp^{(1.96 \times H)}$
- *Viburnum*: $K_C = (1.64 \times H) - 0.22$

Pardossi e colleghi hanno utilizzato le quattro equazioni per stimare il K_C e quindi l'ETE giornaliera delle stesse specie in altri esperimenti condotti durante l'estate (giugno-settembre) del 2009 e del 2010. L'obiettivo di questi esperimenti era valutare le possibilità offerte da un sistema di controllo dell'irrigazione basato sulla stima automatica (via computer) dell'ETE oraria e quindi della frequenza irrigua a confronto con la pratica attualmente diffusa nelle aziende vivaistiche di usare dei semplici temporizzatori, quindi di irrigare le piante con una frequenza fissa.

Gli esperimenti prevedevano due trattamenti a confronto: nel primo trattamento l'irrigazione veniva effettuata automaticamente quando si raggiungeva una quota al raggiungimento di valore cumulato dell'ETE orario pari al VI_N; nel trattamento di controllo le piante erano irrigate una o due volte al giorno ad orari prestabiliti.

Il controllo basato sulla stima di ETE ha ridotto il numero degli interventi irrigui e il volume irriguo stagionale del 40% circa rispetto al trattamento con il temporizzatore, senza effettivi significativi sulla crescita e sul valore commerciale delle piante valute a fine stagione.

Fertirrigatori intelligenti

Nell'ambito del progetto di ricerca europeo FLOW-AID (*Farm Level Optimal Water Management: Assistant for Irrigation under Deficit*), l'azienda privata Spagnol Greenhouse Technologies (Vidor, TV), il Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie (confluito in seguito nel Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali) dell'Università di Pisa e il CESPEVI di Pistoia hanno sviluppato un fertirrigatore computerizzato che, grazie a dei sensori dielettrici (WET, Delta-T Device), è in grado di modulare sia la frequenza delle irrigazioni (effettuate in corrispondenza di una predeterminata soglia di umidità del substrato) sia la EC dell'acqua o della soluzione nutritiva erogata alle piante. L'EC è modulata dal fertirrigatore miscelando in diverse proporzioni le sorgenti di acqua irrigua a disposizione (acqua di pozzo, piovana e/o reflua) e variando la concentrazione dei concimi idrosolubili iniettati nell'acqua. Il fertirrigatore è stato testato simulando la disponibilità di acque reflue urbane depurate (EC = 1.5 dS/m) e di acqua di pozzo (EC = 0.5 dS/m) per l'irrigazione di piazzali con quattro di specie ornamentali (*Forsythia intermedia*, *Photinia x fraseri*, *Prunus laurocerasus* e *Viburnum tinus*) con ottimi risultati. Infatti, rispetto al regime irriguo di controllo (irrigazione con acqua di pozzo sotto il controllo di un semplice temporizzatore), il nuovo fertirrigatore ha consentito un risparmio idrico superiore al 30% o al 45% se si considera la riduzione del consumo di acqua di pozzo (sostituita in parte dall'acqua reflua).

Nel 2010 e nel 2011, nell'ambito del progetto VIS, l'esperimento è stato ripetuto su *Photinia x fraseri* inserendo nello schema sperimentale un trattamento che prevedeva un controllo della frequenza irrigua sulla base della stima di ETE, come descritto in precedenza, e della EC della acqua di fertirrigazione sulla base della misura dell'EC dell'acque di drenaggio (realizzata con normalissime sonde EC installate nel pozzetto di raccolta delle acque di sgrondo). Anche questo esperimento ha dimostrato la possibilità di ridurre notevolmente il consumo d'acqua e l'inquinamento ambientale legato ai fertilizzanti dispersi con l'acqua di drenaggio attraverso una stima più precisa della frequenza irrigua, che invece non è permessa dall'uso di semplici timer.

I concimi a lento effetto

Nel caso dei concimi, i termini “a lenta cessione (CLR)” o “a cessione controllata (CRC)” fanno riferimento alla loro capacità di ritardare il rilascio in forme solubili dell’azoto (N), l’elemento nutritivo più importante per le piante ma anche il più mobile (almeno nelle forma nitrica, quella preferita generalmente dalle piante) e molto pericoloso dal punto di vista ambientale. Nell’uso comune i termini CRL e CRC sono spesso utilizzati indifferentemente per indicare lo stesso concime. In realtà, nei CRL il rilascio del nutriente è dipendente da meccanismi non facilmente controllabili (es. bassa solubilità, necessità di attacco microbiologico), mentre nei CRC i tempi di rilascio sono più facilmente prevedibili.

L’impiego di questo tipo di concimi è in costante crescita, anche se, paragonato all’uso totale di fertilizzanti in agricoltura, si tratta di percentuali irrisorie, ben al di sotto dell’1%. E’ però altrettanto vero che la maggior parte dei CRL e CRC sono utilizzati prevalentemente nel settore vivaistico.

Tra i CRL troviamo: 1) prodotti inorganici a bassa solubilità, poco utilizzati nei vivai per il basso titolo di N; 2) prodotti con N organico di sintesi, solubilizzato in seguito a processi biologici (es. urea-formaldeide) o chimici (es. iobutilidendiurea o IBDU; crotonilidendiurea (CDU); 3) concimi organici azotati di origine animale o vegetale. Questi prodotti hanno un rilascio proporzionale alla temperatura ambientale meno prevedibile rispetto a prodotti di origine chimica.

Tra i CRC troviamo i concimi rivestiti da una membrana semipermeabile polimerica in grado di consentire la fuoriuscita del fertilizzante in modo lento e relativamente costante. A differenza dei CRL, il rilascio controllato riguarda tutti gli elementi nutritivi e non solo l’N.

I principali tipi di polimeri utilizzati per i CRC sono resine di tipo alchidico (ad es. Osmocote®) o poliuretano (ad es. Plantacote®, Multicote®) oppure composti termoplastici (es. Nutricote®). Lo spessore e la composizione di queste resine determinano la durata del prodotto. La permeabilità dei rivestimenti a base di resine aumenta con la temperatura. Nel caso di concimi del tipo Nutricote®, una miscela di polimeri a diversa permeabilità all’acqua è spruzzata sul granulo di concime, rendendo la cessione dei nutrienti meno influenzata dalla temperatura rispetto agli altri tipi di CRC.

L'impatto ambientale della concimazione

Nel 2011, nell'ambito di una collaborazione fra EVERRIS e il Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie di Pisa e con il supporto del progetto VIS, si sono svolte presso il CESPEVI alcune prove su fotinia e lauroceraso per mettere a confronto la concimazione con CRC e la fertirrigazione in termini di crescita e qualità commerciale delle piante, costi di produzione ed impatto ambientale.

Le piante sono state coltivate in vasi di 24 cm (10 L) con torba e pomice (densità di 3.9 p/m²) per 28 settimane a partire dalla metà di aprile. I trattamenti a confronto sono stati i seguenti:

- 1) Fertirrigazione continua con concime idrosolubile alla concentrazione di 0,33 g/L;
- 2) Concimazione con CRC Hi.End (12-14 mesi), aggiunto al substrato prima del trapianto (6 g/L);
- 3) Concimazione con CRC Exact (8-9 mesi), aggiunto al substrato prima del trapianto (4 g/L) e a settembre (top-dressing; 2 g/L).

La temperatura media giornaliera dell'aria nel periodo è stata di circa 21 °C. La stagione è stata mediamente piovosa con circa 270 mm distribuiti in 27 giorni, su un totale di 203 giorni di prova.

Il regime di concimazione non ha influenzato la crescita delle piante né il loro valore commerciale; però, l'uso dei CRC ha ridotto notevolmente la perdita di azoto e fosforo con le acque di drenaggio. Questo risultato è molto interessante considerando la necessità di ridurre l'impatto ambientale legato alla concimazione dei vivai per rispettare eventuali vincoli ambientali (ad es. quelli imposti dalla Direttiva Nitrati) e/o per ottenere una certificazione ambientale. La fertirrigazione ha determinato anche un assorbimento di lusso dei nutrienti da parte delle piante. L'uso di Hi.End ha permesso anche di evitare l'onerosa operazione del *top-dressing* verso la fine dell'estate.

Tabella. Bilancio dell'azoto e del fosforo nella coltura in vaso di fotinia e lauroceraso condotta con diversi sistemi di concimazione.

Parametri	Fertirrigazione	Osmocote Exact Hi.end	Osmocote Exact
N distribuito (Kg/ha)	522.6	337.7	380.3
N lisciviato (kg/ha)	100.1	21.5	18.7
N assorbito* (kg/ha)	422.5	316.2	361.6
P fornito (kg/ha)	139.9	100.4	87.9
P lisciviato (kg/ha)	16.9	4.9	7.5
P assorbito* (kg/ha)	123.0	95.5	80.4

* Comprende le quantità effettivamente assorbite dalla coltura e quelle residue nel substrato alla fine della prova.

L'irrigazione deficitaria (*deficit irrigation*) nel vivaismo ornamentale

Una tecnica interessante per gli indubbi vantaggi in termini di efficienza di uso dell'acqua irrigua è la cosiddetta *deficit irrigation* (DI), cioè la possibilità di ridurre il volume irriguo (fino al 50% in meno rispetto ad una coltura irrigata normalmente) reintegrando solo in parte l'ETE. I lavori sperimentali sulla DI applicata alle specie ornamentali sono pochi, ma in genere dimostrano gli effetti positivi di questa tecnica sia dal punto di vista dell'efficienza nell'uso dell'acqua sia della qualità estetica delle piante a fine ciclo (il moderato stress idrico, infatti, rende le piante più compatte e ramificate). La tecnica appare particolarmente interessante se applicata ai mesi più caldi (luglio e agosto), quando l'ETP è molto alta (fino a 6-7 mm/giorno) e il tasso di crescita delle piante è spesso non ottimale a causa delle alte temperature dell'aria e del substrato nei vasi. A fine estate – inizio autunno, quando le temperature e i livelli di radiazione sono ancora favorevoli alle piante ma i valori di ETP sono decisamente più bassi, si può tornare al normale regime irriguo.

Nell'ambito del progetto VIS, il Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie (confluito recentemente nel Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agroambientali) dell'Università di Pisa e il CESPEVI hanno condotto alcuni esperimenti con *Photinia x fraseri* e *Prunus laurocerasus* e *Viburnum tinus*) allo scopo di verificare gli effetti della DI, applicata nel periodo luglio-settembre. In questo caso, la DI è stata realizzata in due modi: 1) innalzando del 25% la soglia di ET cumulata che attivava l'irrigazione, mantenendo però il volume irriguo erogato nella tesi di controllo (2.1 L·m⁻²); 2) diminuendo del 25% il volume irriguo, mantenendo però la stessa frequenza del controllo. In entrambe le specie, i due regimi di DI hanno ridotto del 20-25% il consumo stagionale di acqua in conseguenza di una riduzione dell'ETE della coltura e soprattutto delle perdite per drenaggio. Nella *Photinia x fraseri*, la DI non ha avuto effetti importanti sulla crescita e sul valore commerciale delle piante a fine stagione. Al contrario, le piante di *Prunus laurocerasus* irrigate meno o meno frequentemente rispetto al controllo si sono accresciute meno e, a fine ciclo, presentavano un'incidenza molto elevata del disseccamento fogliare, che ne ha ridotto il valore commerciale.

(Pagina lasciata intenzionalmente bianca)

2. IL CONTROLLO DELLA FLORA INFESTANTE

(C. Frascioni, S. Benvenuti, M. Fontanelli, L. Martelloni, M. Raffaelli e A. Peruzzi)

2.1 La flora infestante nei vivai di piante ornamentali

[Sommar](#)

La corretta gestione della flora spontanea risulta essenziale anche nella produzione vivaistica. Infatti, le infestanti competono direttamente con le piante coltivate per la luce, l'acqua e gli elementi nutritivi. Inoltre, le malerbe sono molto aggressive e riescono ad adattarsi bene alle condizioni ambientali dei vivai, ad es. possono svilupparsi senza problemi anche sopra i teli anti-alghe, che mantengono l'umidità necessaria per la germinazione dei semi. Alcune specie, come il quadrello (*Cyperus esculentus* L.), riescono addirittura ad emergere dal terreno forando i teli. In alcune ricerche su diverse essenze arboree ornamentali è stato osservato come la corretta gestione della flora spontanea sulla superficie di terreno attorno agli alberi abbia influenzato positivamente il loro sviluppo, concretizzandosi in un aumento del diametro del fusto (Boyd e Robbin, 2006). Una crescita incontrollata delle infestanti può danneggiare anche indirettamente l'allevamento in pieno campo delle piante ornamentali, creando delle condizioni microclimatiche conduttive allo sviluppo di malattie da microrganismi fitopatogeni o all'infestazione di artropodi dannosi (Kuhns et al., 2007).

Nel vivaismo ornamentale, il problema del controllo della flora infestante è sentito anche nelle colture in contenitore. Infatti, la presenza delle malerbe nei 'piazali' e soprattutto all'interno dei vasi presenta numerose implicazioni di ordine economico e ambientale, determinando un rallentamento della crescita delle specie coltivate e un peggioramento del loro valore estetico e commerciale (**Fig. 2.1**).



Fig. 2.1 - Decadimento qualitativo di piante in vaso causato dalla presenza di numerose malerbe.

Non è facile poter calcolare con esattezza il danno economico arrecato dall' indesiderata presenza delle malerbe nel vivaismo ornamentale, ma secondo alcuni studi potrebbe ammontare a diverse migliaia di euro per ha. La difficoltà di questa quantificazione economica deriva dal fatto che, mentre nelle colture erbacee di pieno campo il danno è facilmente individuabile con il calo di resa (oltre ad un eventuale deprezzamento qualitativo), nel caso delle piante ornamentali in vaso il danno è costituito non solo dalla riduzione di crescita ma anche dal suo decadimento qualitativo (valore estetico). Il prodotto commercializzato, deve infatti, essere privo di qualsiasi difetto, compresa la presenza di malerbe (Benvenuti *et al.*, 2009). L' assenza delle infestanti è importante anche considerando che, durante la stagione vegetativa, i vivai sono spesso visitati dai clienti.

Dal punto di vista dell' interazione tra la pianta coltivata e le malerbe (molto spesso, nei vasi si ritrovano due o più individui di specie diverse), la coltura in contenitore rappresenta un micro-agroecosistema particolare essendo caratterizzato dal limitato volume di un substrato molto fertile, abbondantemente irrigato e privo di una *seedbank* (la dotazione naturale di semi prontamente germinabili oppure dormienti) iniziale, almeno nelle colture allevate sempre in contenitore (diverso è il caso delle colture da zolla). Inoltre, rispetto ad una condizione di campo (periodicamente lavorato), nella coltura in contenitore non c' è inversione o rimescolamento del suolo e di conseguenza viene favorita la germinazione dei semi presenti sulla superficie dei contenitori.

Queste particolari condizioni aggravano sia la competizione per i nutrienti e l' acqua tra la pianta coltivata e le malerbe sia i fenomeni di allelopatia. Molte infestanti, infatti, producono e rilasciano nel substrato di crescita sostanze allelopatiche in grado di inibire la crescita della vegetazione circostante.

Le caratteristiche della coltura in vaso portano all' evoluzione spazio-temporale di associazioni floristiche del tutto particolari. Anche se, in linea teorica, tutte le specie spontanee possono infestare i contenitori, sono poche in realtà quelle che lo fanno. In genere, siamo di fronte a specie con meccanismi di disseminazione adatti a raggiungere la superficie dei vasi, quali:

- i) l' anemocoria (disseminazione tramite il vento), tipica di molte Asteracee (o Composite);
- ii) l' autodisseminazione ballistica, che caratterizza specie come ad esempio *Oxalis corniculata* e *Cardamine hirsuta*;
- iii) la mirmecocoria ovvero la disseminazione mediata dalle formiche.

Alcune specie, come le euforbiaceae (ad esempio *Euphorbia maculata*, *E. helioscopia* e *E. peplus*) hanno semi con un appendice, chiamata "elaiosoma", che non è necessaria per la germinazione e che, ricca in lipidi ed altre sostanze nutritive, serve ad attirare gli animali, come le formiche o più di rado gli uccelli, responsabili della dispersione in senso orizzontale e/o verticale (basti pensare alla disseminazione sulle vecchie mura delle città dei semi di capperò).

Questi meccanismi sono fondamentali nella contaminazione dei cumuli di substrato presenti nei vivai in attesa del rinvaso, prima ancora della infestazione diretta nei vasi nei piazzali. Nei vivai occorre tenere presente anche la disseminazione definita “*raindrop dispersal*”, che scaturisce dall’energia cinetica delle gocce di pioggia che riescono (soprattutto durante precipitazioni intense) a lanciare i semi delle malerbe negli ambienti immediatamente limitrofi ai contenitori. E’ questa una delle strategie di disseminazione delle specie definite “barocore”, cioè prive di particolari meccanismi di disseminazione.

Non deve essere dimenticata, inoltre, la pressione selettiva svolta dai prodotti erbicidi che avvantaggiano le specie di malerbe resistenti a quel determinato principio attivo. Gli erbicidi registrati per l’attività vivaistica sono infatti pochi e il loro uso ripetuto ha contribuito allo sviluppo di una flora infestante aggressiva e poco diversificata.

La conoscenza delle malerbe e delle dinamiche di infestazione è cruciale per lo sviluppo di un’efficace strategia di contenimento. Nell’ambito di un progetto finanziato dalla Regione Toscana (Progetto ERBEVIVE; www.cespevi.it/erbevive), l’Università di Pisa ha condotto, in collaborazione con il Ce.Spe.Vi di Pistoia e l’Associazione Vivaisti Pistoiesi, uno studio che ha consentito di chiarire, almeno in parte, le complesse interazioni tra i fattori biologici (esigenze fisiologiche e meccanismi di disseminazione delle diverse specie infestanti) e agronomici (diserbo, irrigazione, operazioni colturali ecc..) che favoriscono la diffusione delle malerbe nei vivai di piante ornamentali, in modo particolare nelle colture in contenitore.

In una serie di sopralluoghi in diversi vivai dell’area di Pistoia, sono state identificate circa 100 specie di piante infestanti. Alcune di esse sono occasionali, mentre altre sono assai importanti nella realtà vivaistica, come ad esempio le specie a disseminazione anemocora appartenenti alla famiglia delle Asteracee. La flora infestante delle colture da zolla, cioè realizzate trapiantando in vaso piante allevate per qualche anno in campo, è diversa dalle colture condotte esclusivamente in contenitore. Nel primo caso, le zolle di terra portano con sé la *seedbank* tipica del pieno campo. Nel secondo caso, la *seedbank* - almeno quella iniziale - del substrato è pressoché nulla, come già detto in precedenza. Pertanto, nelle colture da zolla, oltre alle tipiche malerbe da contenitore sono presenti anche quelle che infestano le colture in campo, sono presenti soprattutto le specie a ciclo annuale e le monocotiledoni, rappresentate quasi esclusivamente dalle Graminacee.

Nelle colture in contenitore le specie perenni si ritrovano molto più frequentemente che nelle colture di campo. Alcune di queste, come *Oxalis corniculata* e *Cynodon dactylon*), sono in grado di persistere in modo pressoché continuo nel tempo nei contenitori.

Nelle colture in campo, le lavorazioni del terreno tendono a favorire la presenza di specie annuali che si riproducono per seme. Il seme, infatti, è un organo di propagazione poco vulnerabile alla

lavorazione meccanica al contrario degli organi vegetativi (es. rizomi e tuberi) con i quali si propagano più facilmente le specie perenni.

Un altro dato emerso dall'indagine è il numero esiguo di famiglie botaniche. Circa il 99% delle specie campionate appartengono a otto famiglie soltanto, di seguito elencate in ordine di diffusione decrescente: Asteracee, Onagracee, Crucifere, Portulacacee, Cariofillacee, Euforbiacee, Oxalidacee e Graminacee. Le specie più importanti sono soltanto una decina: *Cardamine hirsuta* (crescione dei prati; Crucifere); *Euphorbia maculata* (euforbia macchiata, Euforbiacee); *Oxalis corniculata* (acetosella dei campi; Oxalidacee); *Epilobium hirsutum* (garofano d'acqua; Onagracee); *Portulaca oleracea* (erba porcellana; Portulacacee); *Senecio vulgaris* (senecione comune; Composite); *Sonchus oleraceus* (cicerbita; Composite); *Eclipta prostrata* (eclipta; Composite); *Stellaria media* (centocchio; Cariofillacee); *Sagina probumbens* (sagina; Cariofillacee).

Questo ristretto spettro botanico è simile a quello dei vivai situati in aree geografiche assai lontane dall'Italia (es. USA e Australia) e indica chiaramente la presenza di una fitocenosi molto specializzata, comprendente specie in grado di colonizzare, accrescersi e propagarsi (per disseminazione) nei contenitori molto facilmente anche in condizioni ambientali assai diverse.

Normalmente la gestione delle infestanti nel comparto vivaistico si realizza con diserbanti chimici, che rappresentano un importante fattore di inquinamento; nel caso delle colture in contenitore si ricorre spesso anche alla costosissima scerbatura manuale. Il consumo medio annuo di agrofarmaci nel comprensorio del vivaismo Pistoiese si aggira intorno ai di 40 kg/ha ed è per il 75% (quasi 30 kg/ha) rappresentato da diserbanti di sintesi (Kovacic, 2008). I formulati maggiormente utilizzati sono caratterizzati da principi attivi ad azione residuale o sistemica, e vengono impiegati sia nel caso di vivai di pieno campo sia nel caso di piante in contenitore e dei piazzali che ospitano i vasi (Kovacic, 2008). Queste sostanze, durante e dopo i trattamenti sono soggette a dispersione per deriva, lisciviazione e percolazione e rappresentano un rischio elevato di contaminazione ambientale, con gravi ripercussioni sulla salute (intossicazioni acute o croniche) degli operatori, dei cittadini che risiedono in prossimità delle aziende vivaistiche e in generale di tutte quelle persone esposte a contatto "accidentale" (acquirenti o visitatori) (Kovacic, 2008). Risulta pertanto necessario individuare dei metodi alternativi per il controllo delle infestanti con l'obiettivo di migliorare la sostenibilità ambientale dei processi produttivi del comparto vivaistico pistoiese. Nel caso dei vivai in contenitore il controllo delle malerbe deve essere interessato sia i singoli vasi sia i piazzali di coltivazione.

2.2. Controllo fisico della flora infestante in pieno campo

[Sommar](#)

La definizione di una corretta strategia di controllo delle malerbe deve prevedere una preliminare analisi floristica, volta ad identificare le tipologie di piante avventizie che si presentano più frequentemente durante il ciclo colturale. In questo modo sarà possibile determinare il loro ciclo biologico caratterizzandone lo stadio fenologico più sensibile. Segue quindi l'individuazione dei trattamenti e delle macchine operatrici più opportune per il contesto colturale preso in esame (Kuhns *et al.*, 2007). Inoltre, un programma efficace di gestione della flora spontanea in un vivaio di pieno campo deve prendere anche in considerazione il controllo delle infestanti presenti nelle aree limitrofe all'appezzamento dove sono allevate le essenze ornamentali (bordi, capezzagne, fossi etc.) (Kuhns *et al.*, 2007).

In linea generale il controllo non chimico delle infestanti prevede (Peruzzi *et al.*, 2005; 2006):

- metodi preventivi volti a ridurre l'emergenza in campo delle piante spontanee;
- metodi indiretti volti a migliorare l'abilità competitiva della coltura;
- metodi diretti finalizzati a devitalizzare le piante avventizie già emerse o quantomeno a ridurre l'abilità competitiva.

Un'efficace strategia di gestione della flora spontanea dovrebbe prevedere una sinergica interazione tra le varie tecniche con l'obiettivo di contenere la presenza delle avventizie al di sotto della soglia di danno per la coltura.

Metodi preventivi

I metodi preventivi di controllo non-chimico delle infestanti sono volti a ridurre la densità della flora reale (rappresentata dalle avventizie effettivamente presenti sul terreno) mediante la riduzione della flora potenziale (rappresentata dall'insieme di semi e organi di riproduzione vegetativa presenti nel profilo di terreno coltivabile e potenzialmente in grado di svilupparsi).

Nelle colture erbacee e orticole di pieno campo tra le varie tecniche preventive applicabili è possibile annoverare la falsa semina (Peruzzi *et al.*, 2005; 2006), ma questa metodologia non sembra applicabile al vivaismo di pieno campo a causa della lunghezza dei cicli colturali. Anche l'avvicendamento colturale rientra tra i metodi preventivi di gestione non-chimica delle infestanti. Al riguardo, infatti, una corretta rotazione non solo può eludere tutti quei fenomeni riconducibili alla cosiddetta "stanchezza del terreno", ma può anche evitare l'instaurarsi di una flora spontanea specializzata ed altamente competitiva.

Sempre in un'ottica preventiva, si deve porre attenzione alla scelta delle tecniche di lavorazione del terreno effettuate prima dell'impianto. L'aratura e lo scasso sono tecniche diffuse per la

preparazione dei terreni delle aree di propagazione e di coltivazione. Queste tipologie di lavorazioni prevedono l'inversione degli strati di terreno e sono quindi in grado di interrare efficacemente le infestanti emerse ed i loro semi germinabili presenti negli strati più superficiali del suolo. In relazione alla specie di appartenenza, della profondità di lavorazione e delle permanenze in strati di terreno profondi, i semi interrati potranno perdere la loro capacità di germinazione o mantenerla più o meno inalterata sin a quando lo strato di terreno che li ospita non viene riportato di nuovo in superficie, ripristinando così le condizioni idonee alla loro germinazione. Nel lungo periodo queste tecniche di lavorazione possono determinare il mantenimento di un apprezzabile "stock" di semi infestanti potenzialmente germinabili ed un'inaccettabile perdita di sostanza organica (Peruzzi *et al.*, 2005; 2006). Un'alternativa a questa tipologia di operatrici è rappresentata dai discissori e dai coltivatori, che effettuano un controllo più limitato delle infestanti emerse, ma permettono un ridotto interrimento dei loro semi, stimolandone, in alcuni casi, la germinazione. Le avventizie emerse potranno quindi essere successivamente devitalizzate con metodi diretti. Per i lavori di rifinitura pre-impianto del terreno è abitualmente previsto un passaggio con zappatrice rotativa, che consente di sminuzzare le zolle create con le precedenti lavorazioni (Beretta *et al.*, 2007). Tuttavia, le operatrici azionate dalla presa di potenza (come zappatrici rotative ed erpici rotanti) sminuzzando gli organi vegetativi delle infestanti (rizomi, tuberi, bulbi etc.) ne possono favorire la propagazione trasformando così un'infestazione localizzata in un'infestazione diffusa su tutto l'appezzamento (Altland, 2005). Pertanto, l'utilizzo di questo tipo di operatrici è consigliato solo se, dopo un'attenta analisi floristica, è esclusa la presenza di specie di malerbe che si propagano per via vegetativa.

Un altro metodo preventivo è rappresentato dall'impiego di colture di copertura ("*cover crops*"). Si tratta di colture di specie erbacee (appartenenti principalmente alla famiglia delle Graminacee, delle Brassicacee e delle Leguminose) che riescono a controllare lo sviluppo e la diffusione delle infestanti inibendone la germinazione (mediante la produzione di sostanze allelopatiche) ed entrando con queste in competizione per fattori quali la luce, l'acqua e gli elementi nutritivi. Nel caso del vivaismo di pieno campo, queste essenze erbacee devono essere seminate tra le file dell'impianto lasciando libera una striscia di terreno sulla fila delle piante ornamentali coltivate (Zeleznik e Zollinger, 2004). La larghezza della striscia di terreno nudo sulla fila della coltura varia in accordo con la tipologia e la dimensione della specie ornamentale coltivata e dei sestri di impianto adottati. Oltre a controllare le infestanti, le colture di copertura assolvono molteplici funzioni positive: proteggono il terreno dall'erosione; apportano sostanza organica; migliorano le condizioni di trafficabilità consentendo di entrare nell'appezzamento anche con terreno bagnato. Lo sviluppo delle "*cover crops*" deve essere gestito con periodici sfalci lasciando i residui vegetali sulla superficie del terreno. L'azione dei composti allelopatici può protrarsi per un periodo che va dai 30

ai 75 giorni, in funzione della specie adottata e dalla quantità di biomassa vegetale prodotta (Zeleznik e Zollinger, 2004). Le colture di copertura presentano, d'altra parte, lo svantaggio di avere un effetto molto variabile sulla flora infestante e di rappresentare un costo esplicito per l'azienda vivaistica (Peruzzi *et al.*, 2005).

Un'alternativa (a basso costo) alle "cover crops" è rappresentata dall'inerbimento naturale tra le file dell'impianto. Questa tecnica dovrebbe consentire di ottenere vantaggi assimilabili a quelli di una "cover crops" con una spesa decisamente contenuta (Kuhns *et al.*, 2007). Tuttavia per il contenimento della specie spontanee utilizzate per l'inerbimento è necessario intensificare gli interventi di sfalcio: infatti, molte di queste specie sono dotate di stoloni o altri organi di propagazione vegetativa e sono in grado di invadere anche la striscia di terreno sulla fila della coltura ornamentale, che invece deve invece rimanere libera (Kuhns *et al.*, 2007).

Metodi indiretti

I metodi indiretti hanno la finalità di migliorare l'abilità competitiva della coltura nei confronti delle avventizie. I fattori agronomici che possono essere presi in considerazione per il controllo indiretto della flora spontanea nei vivai ornamentali di pieno campo sono il sesto di impianto, l'irrigazione e la fertilizzazione.

I sestini di impianto idonei e le forme di allevamento da adottare in un vivaio dovrebbero essere individuati, quando ciò è possibile, come un compromesso tra diversi fattori, cercando di: favorire l'ombreggiamento del terreno, evitare un'elevata competizione tra gli individui della specie coltivata, considerare gli ingombri dei cantieri meccanizzati per le principali operazioni colturali ed in particolar modo per il controllo diretto della flora spontanea.

Un'applicazione mirata dell'irrigazione e della fertilizzazione può contribuire al contenimento delle infestanti. Infatti distribuendo questi fattori in prossimità della pianta coltivata, si realizza un uso più efficiente di queste risorse da parte della coltura, rendendole più difficilmente disponibili per le piante infestanti (Beretta *et al.*, 2007).

Metodi diretti

I metodi fisici di controllo diretto delle infestanti prevedono l'uso di mezzimeccanici o termici.

Mezzi meccanici

I mezzi meccanici rappresentano una delle più antiche strategie per il contenimento delle infestanti e si pongono come obiettivo quello di ridurre la competitività delle piante avventizie sradicandole, separando la porzione epigea dall'apparato radicale, lacerandone i tessuti. Nel caso di vivai di

specie arboree ornamentali la gestione meccanica delle infestanti tra le file della coltura può essere attuata impiegando macchine che effettuano lo sfalcio o una leggera lavorazione del terreno (tecnica assimilabile ad una sarchiatura). Le attrezzature per lo sfalcio sono comuni trinciatrici che devono essere caratterizzate da una larghezza di lavoro consona ai sestri d'impianto ed alla morfologia della pianta ornamentale, in modo tale da non provocare danni alla coltura. A questo proposito, nel caso di adozione di strategie che prevedano l'uso di "cover crop" o di un inerbimento naturale tra le file appare molto interessante una tipologia innovativa di trinciatrici prodotte dalla ditta Nobili S.p.A, (modelli "BNE-SDS"). Queste operatrici eseguono lo sfalcio e la trinciatura delle infestanti, dei residui di potatura, di colture di copertura e scaricano la biomassa vegetale triturrata in andane al di sotto dei fusti delle piante, costituendo una vera e propria pacciamatura che permette di controllare la flora spontanea anche sulla fila della coltura (**Fig. 2.2**). Il trasporto e lo scarico del materiale vegetale trinciato è assicurato da una o più coclee presenti all'interno del carter dell'operatrice ed azionate da motori idraulici in modo tale da consentire una puntuale regolazione della velocità di rotazione in accordo alla quantità di biomassa presente ed alla velocità d'avanzamento dell'operatrice (Pagni *et al.*, 2010).



Fig. 2.2 - Operatrice trincia-andanatrice BNE-SDS della ditta Nobili S.p.A. al lavoro in un frutteto.

Il controllo meccanico delle infestanti tra le file della coltura arborea si realizza mediante una lavorazione superficiale del terreno. A questo scopo possono essere adottate operatrici non azionate (zappatrici ed erpici rotanti) o meno (coltivatori leggeri) dalla presa di potenza. Tuttavia, come già evidenziato in precedenza, in alcuni casi l'uso di attrezzature che lavorano il terreno "dinamicamente" è sconsigliato.

Le operatrici per il controllo meccanico delle infestanti che si sviluppano sulla fila della coltura devono essere progettate in modo tale da non recare danni al fusto delle piante coltivate. Queste macchine riescono a lavorare anche in prossimità della coltura, consentendo di sfalciare le avventizie o devitalizzarle lavorando il terreno ed evitando di danneggiare il tronco mediante meccanismi idraulici che permettono di far rientrare gli utensili con movimento diretto verso l'interno della zona interfilare (**Fig. 2.3**). Gli organi lavoranti di queste macchine possono essere fissi o azionati (derivando il moto da appositi motori idraulici).



Fig. 2.3 - Operatrice per la lavorazione “intra-ceppo” della ditta Clemens al lavoro in un vigneto.

Le varie soluzioni costruttive esistenti sul mercato propongono diverse tipologie di utensili (lame, denti elastici, fili di elevato diametro realizzati in materiale plastico, spazzole) che devono essere correttamente individuati e scelti in base allo specifico contesto malerbologico. Nella maggior parte dei casi la presenza della coltura viene individuata mediante appositi dispositivi meccanici (“tastatori”) (**Fig. 2.4**).

Molte di queste operatrici sono state progettate per la frutticoltura, ma appaiono idonee ad essere efficacemente utilizzate anche nei vivai di pieno campo. Alcune di queste macchine sono allestite in modo tale da poter operare contemporaneamente tra le file e sulla fila della coltura, consentendo la gestione delle infestanti con un numero ridotto di passaggi (**Fig. 2.5**).

Sul mercato sono presenti anche attrezzature appositamente progettate per il controllo meccanico

delle infestanti sulla fila delle colture in vivaio, come ad esempio il “Finger-weeder” (diserbatore a dita) ampiamente diffuso nelle coltivazioni di alberi di Natale nel Nord Europa, ma adattabile anche ad altri contesti del vivaismo ornamentale e delle colture orticole (**Fig. 2.6**).



Fig. 2.4 - *Particolare dell'organo lavorante e del dispositivo tastatore dell'operatrice per la lavorazione intra-ceppo prodotta dalla ditta Clemens.*



Fig. 2.5 - *Operatrice prodotta dalla ditta Damcon in grado di effettuare, in un unico passaggio, la lavorazione del terreno tra le file e sulla fila degli impianti arborei.*



Fig. 2.6 - Modello di diserbatore a dita (*finger weeder*) della ditta Kress al lavoro in un vivaio.

Gli organi lavoranti di questa tipologia di operatrice possono avere diverse conformazioni (**Fig 2.7**). Generalmente, però, sono composti da piatti metallici rotanti montati folli su un asse inclinato rispetto alla superficie del terreno e collegati al telaio principale mediante bracci regolabili. Il moto del diserbatore a dita è garantito dalla resistenza offerta dal terreno durante l'avanzamento dell'operatrice verso specifici spuntoni metallici, montati sulla parte inferiore del piatto in modo da penetrare per pochi centimetri all'interno del suolo. Lungo la circonferenza esterna dei piatti rotanti sono montati gli elementi (dita) flessibili, realizzati in materiale plastico in modo da non danneggiare il fusto della coltura. Sono proprio questi utensili che smuovendo il terreno attuano un'azione di controllo meccanico sulle avventizie. Queste operatrici possono incontrare difficoltà in caso di utilizzo in terreni pesanti in presenza di un elevato livello di compattazione.

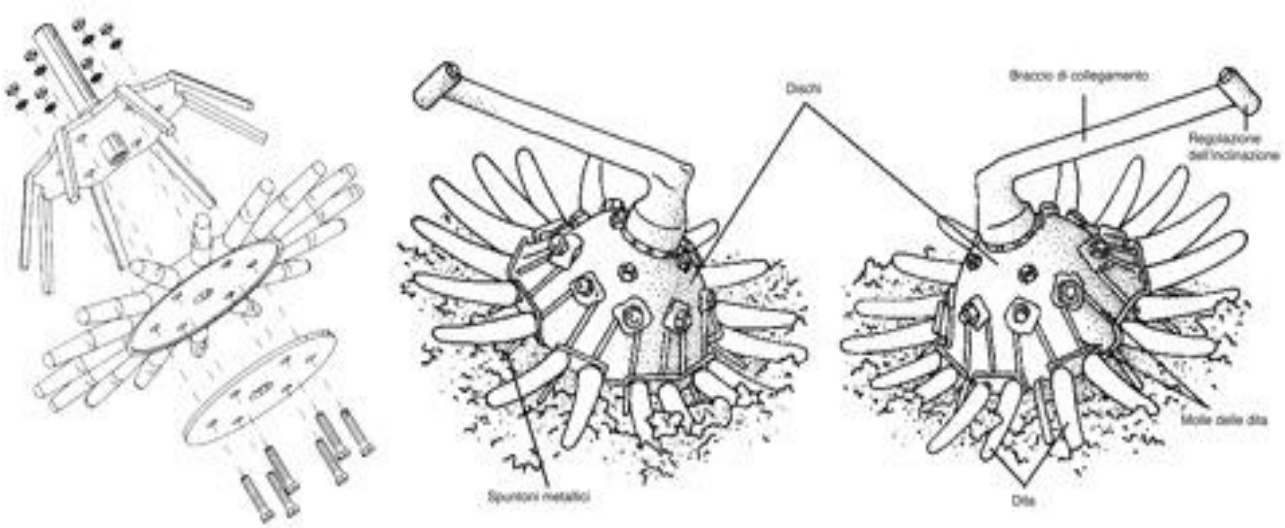


Fig. 2.7 – Schemi di diverse tipologie costruttive dei diserbatori a dita (*finger weeder*).

Sullo stesso principio d'azione (organi rotanti montati folli) si basa l'innovativa gamma di operatrici "Rotosark" prodotta dalla ditta Oliver (**Fig 2.8**). L'organo lavorante è costituito da una serie di vomeri piegati ad uncino e saldati tra loro in modo da ottenere un elemento circolare, inclinabile in varie posizioni in accordo alle diverse esigenze. Questi elementi operano la lavorazione dell'interfila arrivando molto vicini al tronco delle piante, ma le operatrici possono essere equipaggiate con una numerosa serie di utensili accessori, che possono garantire il controllo meccanico e selettivo delle infestanti anche sulla fila.

Inoltre sono disponibili modelli con telai idonei ad essere accoppiati a mezzi semoventi scavallanti, cioè con un'elevata luce libera, in grado di operare anche nell'ambito delle specie ornamentali ad habitus cespuglioso e comunque in tutti quei casi ove i sestri di impianto siano più fitti e ci sia l'impossibilità di utilizzare le comuni trattrici (**Fig 2.9**).

A questo riguardo appare opportuno far notare come trattrici e porta-attrezzi scavallanti siano molto diffusi nelle aziende vivaistiche del Nord Europa (**Fig 2.10**). Queste operatrici consentono di poter operare agevolmente ed in tempi ridotti, in tutti quei contesti del vivaismo in cui di solito vengono utilizzati mezzi semoventi con operatore al seguito (es. motocoltivatori).



Fig. 2.8 - Operatrice Rotosark prodotta dalla ditta Oliver al lavoro in un vivaio frutticolo.



Fig. 2.9 - Operatrice Rotosark della ditta Oliver idonea per trattori scavallanti.



Fig. 2.10 - Porta attrezzi scavallante della ditta Damcon al lavoro in un vivaio di abeti di Natale.

Tali attrezzature sono molto costose, ma bisogna considerare che consentono di contenere i costi per la manodopera necessari non solo per il controllo delle infestanti, ma anche per tutte le altre operazioni necessarie all'allevamento in pieno campo delle piante ornamentali.

Mezzi termici

I mezzi termici rappresentano un valido strumento per il controllo diretto delle infestanti e possono essere utilizzati in alternativa o in maniera integrata con i mezzi meccanici, nell'ottica di una gestione non-chimica della flora spontanea. Tutte le attrezzature per il controllo termico (o pirodiserbo) basano il loro principio di azione sull'impiego del calore per indurre un rapido innalzamento della temperatura delle parti verdi delle piante, che a sua volta determina un più o meno rapido disseccamento degli organi colpiti. A livello fisiologico e metabolico, l'esposizione delle piante al calore causa la disidratazione dei tessuti, la denaturazione delle proteine, il cambiamento della conformazione delle membrane cellulari con conseguente aumento della permeabilità, l'alterazione della conduttività stomatica e quindi della fotosintesi, nonché l'alterazione dei processi respiratori e della divisione cellulare (Peruzzi *et al.*, 2009). In pratica, il calore determina una sorta di "scottatura" o "lessatura" delle parti verdi e l'effetto prodotto dai mezzi termici sulla vegetazione è in tutto simile a quello di un erbicida chimico ad azione disseccante della parte aerea. La differenza tra i vari tipi di attrezzature per la gestione termica delle infestanti risiede nei mezzi impiegati per trasmettere il calore ed innalzare la temperatura della zona trattata. I metodi più comuni utilizzati in agricoltura sono: a) la fiamma libera; b) il vapore; c) l'acqua calda (Peruzzi *et al.*, 2009).

Sono state sperimentate macchine operatrici in grado di utilizzare altri mezzi rispetto a quelli ora elencati (es. raggi infrarossi, microonde, laser); queste però presentano un elevato dispendio energetico, una ridotta capacità di lavoro, un'insufficiente azione rinettante e, come nel caso delle microonde, anche potenziali rischi per la salute degli operatori.

Ad oggi una delle applicazioni più efficienti, anche dal punto di vista energetico, per il controllo della flora infestante nei vivai di pieno campo sembra il pirodiserbo a fiamma libera, che consiste nell'espone i tessuti vegetali a temperature di circa 1500°C per pochi decimi di secondo. In questo caso i tessuti sono devitalizzati per uno "shock" termico.

Contrariamente a quanto si crede, il controllo delle avventizie mediante pirodiserbo non è un'applicazione recente. Il primo brevetto di una operatrice a fiamma libera risale infatti al 1852, ad opera di John Craig in Arkansas. Verso la fine degli anni trenta del '900, negli stati sud-occidentali degli USA si diffusero macchine provviste di bruciatori alimentati da combustibili liquidi o gassosi ottenuti dalla distillazione frazionata del petrolio (kerosene, benzina, GPL). Queste macchine

venivano impiegate per effettuare la gestione della flora spontanea su argini, massicciate ferroviarie ed altre aree non agricole. Nel 1935 il colonnello Price C. McLemore iniziò ad utilizzare il pirodiserbo nei suoi appezzamenti di cotone in Alabama e, nel tempo, adottò questa tecnica anche su altre colture depositando nel 1939 un brevetto che fu approvato nel 1943. In questo periodo furono presentati molti brevetti di macchine per il pirodiserbo, in considerazione del fatto che tale tecnica era divenuta una pratica comune per il cotone ed altre colture. La maggior parte delle operatrici erano alimentate a GPL, che aveva totalmente soppiantato l'uso di combustibili liquidi. Questo cambiamento influenzò naturalmente anche la progettazione dei bruciatori e dei sistemi di impiego del combustibile. La tecnica del pirodiserbo subì un forte declino alla fine degli anni sessanta del secolo scorso, a causa dell'innalzamento del costo dei prodotti petroliferi, della concomitante crescente disponibilità di erbicidi di sintesi ad azione selettiva. Negli ultimi anni le crescenti preoccupazioni legate all'impatto ambientale degli agrofarmaci, il costo elevato degli erbicidi, l'insorgenza di fenomeni di resistenza da parte di molte infestanti ed il crescente sviluppo dell'agricoltura biologica, ha portato il mondo della ricerca e quello operativo ad una riscoperta dei metodi fisici di controllo della flora spontanea.

La necessità di trovare soluzioni alternative all'impiego degli erbicidi ha indotto i ricercatori dell'Università di Pisa ad effettuare, nel corso degli ultimi venti anni, numerosi studi sul controllo non chimico delle infestanti. A tale riguardo, nel corso di specifici progetti di ricerca sono state studiate, progettate, realizzate, testate ed ottimizzate una serie di attrezzature (manuali, spalleggiate, carrellate, o semoventi e portate dalla trattrice) pienamente idonee ad effettuare trattamenti di pirodiserbo in diversi contesti agricoli italiani. Tutte le operatrici sono state costruite assemblando le diverse componenti con tecnica modulare, partendo dai bruciatori per arrivare allo scambiatore di calore. Le diverse parti delle macchine sono state quindi realizzate seguendo un'unica idea progettuale, ma con forme e dimensioni tali da accordarsi con i vincoli e con le necessità connesse con la costruzione delle diverse attrezzature preposte ad effettuare i trattamenti termici in modo efficiente e appropriato in condizioni operative anche molto diverse.

Tutti i prototipi sono dotati di bruciatori a bacchetta e di un miscelatore esterno provvisto di ugello che sfrutta l'effetto "Venturi" per permettere l'ingresso dell'aria primaria. Successivamente, in seguito a approfonditi studi di fluidodinamica, la conformazione dei bruciatori è stata modificata, aggiungendo specifiche aperture nel carter esterno, in modo da utilizzare anche aria secondaria e quindi migliorare la combustione GPL. Questa tipologia di bruciatori consente di ottenere una fiamma "spazzolata" che si appiattisce sulla superficie del terreno ed è in grado di garantire un elevato trasferimento di calore e quindi una notevole efficacia dei trattamenti termici.

Gli elementi principali di una moderna macchina operatrice per il pirodiserbo sono: telaio; serbatoio

del combustibile; scambiatore termico (non presente sulle attrezzature spalleggiate ed in genere anche su tutte quelle manuali); dispositivi di regolazione e di sicurezza; bruciatori; dispositivi per l'accensione dei bruciatori; dispositivi per consentire il mantenimento della corretta distanza tra il bruciatore ed il terreno (non sempre presenti sulle attrezzature manuali); dispositivi per la regolazione del flusso di GPL.

Lo scambiatore termico è impiegato soltanto nelle macchine semoventi o portate dalla trattrice e la sua funzione è quella di fornire energia alle bombole durante il trattamento, favorendo il passaggio di stato ed il corretto afflusso del GPL ai bruciatori anche quando si usano elevate pressioni di esercizio (0,3-0,5 MPa). Nei prototipi motorizzati e portati realizzati dall'Università di Pisa è stata adottata una particolare soluzione progettuale, che permette di utilizzare i gas di scarico del motore endotermico per riscaldare l'acqua che a sua volta cede energia al GPL, consentendo di operare in modo continuativo e di utilizzare tutto il gas contenuto nei serbatoi. I dispositivi di sicurezza consistono di solito in una termocoppia collegata ad un'elettrovalvola posta nel circuito di alimentazione di ciascun bruciatore, con la funzione di bloccare la fuoriuscita del GPL in caso di assenza di fiamma. Le attrezzature manuali ovviamente non presentano tutti questi dispositivi, ma sono comunque dotate di regolatore di pressione e di manometro, mentre la quantità di gas in uscita è regolata attraverso dei rubinetti di massimo e minimo e il grilletto sull'impugnatura della lancia.

Nel 2009 è iniziata una collaborazione tra l'Università di Pisa e la ditta Maito S.r.l. di Arezzo, nell'ambito di uno specifico progetto denominato "PIROGESI", finanziato dalla Regione Toscana con fondi dell'Unione Europea. Il progetto ha avuto come scopo principale l'industrializzazione e la commercializzazione dei prototipi realizzati dall'Università di Pisa per il pirodiserbo a fiamma libera, in considerazione dei vantaggi offerti da questa tecnica in termini di tutela dell'ambiente e della salute dei cittadini e di riduzione dei tempi di intervento e dei costi legati al controllo della flora spontanea. Le attrezzature manuali ottimizzate ed industrializzate sono il PiroBag-One (attrezzatura spalleggiata) ed il Pirorolley (attrezzatura carrellata). Le altre due macchine che completano la gamma sono il Pirotruck (operatrice semovente con operatore al seguito) ed il Pirotractor (operatrice portata), entrambe provviste di un dispositivo d'accensione dei bruciatori completamente automatizzato.

La serie di operatrici portate Pirotractor risulta particolarmente idonea ad effettuare trattamenti nel settore del vivaismo arboreo di pieno campo, anche in considerazione del fatto che la struttura modulare e l'elevata versatilità ne garantiscono l'adattabilità dei modelli ai diversi sestri di impianto. In particolare, questa attrezzatura è stata realizzata in modo da poter ruotare lateralmente i telai che supportano i bruciatori, ottenendo quindi due distinte conformazioni e consentendo di operare sia tra le file che sulla fila delle colture ornamentali arboree (**Fig 2.11**). In questo caso il criterio di

selettività del pirodiserbo a fiamma libera effettuato sulla fila si basa sul fatto che i tessuti lignificati che costituiscono il fusto della pianta, sono caratterizzati da una molto più elevata resistenza al calore rispetto ai tessuti erbacei delle avventizie.



Fig. 2.11. *Possibili conformazioni dell'operatrice Pirotractor della ditta Maito: per trattamenti tra le file (a sinistra) o sulla sulla fila (a destra).*

Nel caso di specie ornamentali con forme di allevamento ad alberello i trattamenti termici eseguiti sulla fila della coltura possono consentire anche di devitalizzare i giovani polloni che si sviluppano dalla base del fusto (piro-spollonatura). Senza una opportuna copertura dei bruciatori, i trattamenti termici a fiamma libera effettuati sulla fila sarebbero da sconsigliare, in quelle specie caratterizzate da un fusto facilmente infiammabile (ad es. *Chamaerops humilis* L.) e in quelle forme di allevamento che prevedono la presenza dell'apparato fogliare molto vicino alla superficie del suolo; in questi casi, il pirodiserbo potrebbe causare danni estetici al prodotto.

La pacciamatura

La tecnica della pacciamatura ha come scopo la creazione di una barriera fisica sulla superficie del suolo che ostacoli l'emergenza delle piante infestanti contenendone la capacità competitiva. Nell'ottica della classificazione delle metodologie di controllo delle infestanti, questa pratica agronomica può essere annoverata sia nelle tecniche preventive che in quelle dirette.

Nel caso del vivaismo ornamentale di pieno campo la pacciamatura dovrebbe essere applicata in prossimità della pianta coltivata, ed in molti casi viene realizzata la copertura di un'intera striscia di terreno proprio sulla fila dell'impianto (Beretta *et al.*, 2007). La pacciamatura oltre al controllo

delle infestanti può portare anche altri vantaggi agronomici quali (Zeleznik e Zollinger, 2004):

- conservazione dell'umidità del suolo mediante la riduzione dell'evaporazione;
- riduzione dei rischi di erosione del suolo;
- incremento dell'infiltrazione dell'acqua meteorica all'interno del terreno;
- mantenimento di livelli di temperatura del terreno più alti nel periodo autunno-invernale.

Per la pacciamatura per il vivaismo di pieno campo si possono usare materiali incoerenti (prevalentemente di natura organica) oppure tessuti permeabili all'acqua realizzati con fibre plastiche di origine sintetica.

Pacciamatura con materiali organici

I pacciamanti di origine organica più comunemente utilizzati sono paglia, cippato di legno, residui di sfalcio, corteccia di conifere, sovrillo di compost. L'uso di questi materiali, che nel tempo vanno incontro ad una lenta degradazione, sembra influenzare positivamente le caratteristiche chimico-fisiche e biologiche del suolo, aumentando la sostanza organica, migliorandone la struttura, incrementando la microflora del terreno ed in particolare di tutti quei microrganismi che hanno azione antagonista verso i patogeni (Amoroso *et al.*, 2007). Tuttavia, gli effetti della pacciamatura organica dipendono dal tipo di materiale impiegato, dalla sua quantità e dal suo grado di affinamento. Ad esempio, l'utilizzo di sostanze ad alto contenuto di lignina (elevato rapporto C/N), può portare all'immobilizzazione dell'azoto, riducendone la disponibilità per le piante. In questa ottica appare molto promettente l'uso di sovrillo di compost, un sottoprodotto della filiera produttiva dell'ammendante compostato verde. Questo materiale, dopo essere stato sottoposto ai processi di compostaggio, viene separato dal compost vero e proprio mediante una vagliatura. Il sovrillo di compost è caratterizzato da un pH subalcalino ed un rapporto C/N relativamente elevato (di solito compreso tra 50 e 100), ma in ogni caso molto inferiore a quello della corteccia di conifere o di materiali legnosi cippati. L'effetto pacciamante del sovrillo, che costa intorno a 15 € m⁻³, dura circa due anni (Amoroso *et al.*, 2007).

Lo spessore dello strato pacciamante organico deve essere attentamente valutato attentamente per ottenere la massima efficacia di controllo delle avventizie e minimizzare il rischio che insorgano condizioni di ipossia e/o marciumi radicali. Generalmente l'altezza dello strato di materiale oscilla tra 7 e 10 cm; valori maggiori possono essere adottati nel caso di materiali con una elevata granulometria (Zeleznik e Zollinger, 2004).

Pacciamatura con materiali plastici

La pacciamatura con materiali inorganici può essere utilizzata per il controllo delle infestanti sulla fila dell'impianto e può essere realizzata con film plastici o con tessuti sintetici (geotessuti). Nel

vivaismo di pieno campo l'uso di film plastici non appare pienamente idoneo, poiché nella maggior parte dei casi questi materiali hanno una durata nettamente inferiore all'intero ciclo colturale delle essenze arboree ornamentali.

I geotessuti sono composti da fibre di polipropilene resistenti ai raggi ultravioletti, sono contraddistinti da una elevata resistenza meccanica e una buona permeabilità all'acqua e all'ossigeno, con effetti positivi sull'apparato radicale della coltura. Queste caratteristiche e la loro "vita utile" decisamente più elevata rispetto ai film plastici rende questi prodotti particolarmente adatti al controllo della flora spontanea in pieno campo.

I tessuti in polipropilene destinati all'uso vivaistico sono commercializzati in rotoli di larghezza e lunghezza variabile e la loro stesura in campo avviene con apposite macchine operatrici dotate di vomeri laterali, che "interrano" i lembi del telo assicurandolo stabilmente alla superficie del suolo. Nei vivai di pieno campo la disposizione dei geotessuti deve essere effettuata prima del trapianto ed è necessario creare apposite aperture dove sarà successivamente collocata la pianta ornamentale. I tagli possono essere di diversa forma (a "C" a "J" a "L" o a croce) e devono avere dimensioni idonee a permettere l'agevole accrescimento della specie coltivata (Zelevnik e Zollinger, 2004). Questi prodotti, generalmente, garantiscono un efficace controllo delle infestanti per periodi di tempo relativamente elevati e vengono comunemente impiegati nei piazzali in cui vengono conservate le piante ornamentali allevate in contenitore, ma il loro uso in pieno campo è fortemente limitato dagli alti costi di acquisto.

2.3 Controllo della flora infestante nei vivai in contenitore

[Sommaro](#)

Misure preventive e erbicidi non convenzionali.

Nei vivai, il controllo delle malerbe, sia annuali che perenni, è affidato normalmente alla distribuzione dei pochi prodotti erbicidi registrati per questo settore agricolo che sono a base di pendimetalin, oxifluorfen, oxadiazon e isoxaben (non di rado in miscela tra di loro). Oltre a questi erbicidi da applicare in pre-emergenza, talvolta in formulati a lento rilascio, è largamente impiegato anche il glyphosate (erbicida non selettivo di post-emergenza) per la sua elevata efficacia nei confronti di molte specie di malerbe. Questo prodotto viene distribuito schermato sulla superficie dei contenitori oppure a tutta superficie nelle aree dei piazzali non direttamente coperti dalla vasetteria.

Per ragioni facilmente comprensibili, considerando anche che in vivai sono spesso vicini ai centri abitati, è di primario interesse lo sviluppo di strategie di controllo della vegetazione spontanea alternative all'uso dei classici diserbanti o comunque in grado di ridurre l'impiego in modo significativo.

Tab. 1. Misure preventive contro le malerbe dei vivai in contenitore

- Copertura o stoccaggio in locali coperti dei substrati prima del trapianto.
- Eliminazione (chimica e/o meccanica) delle malerbe diffuse nelle aree adiacenti ai piazzali.
- Uso di frangivento per limitare la disseminazione anemocora dalle aree coltivate o incolte adiacenti ai vivai.
- Uso di dischi pacciamanti per vasi, di vario materiale (fibra di cocco, carta, etc.).
- Eliminazione dei ristagni di acqua nei piazzali per prevenire la disseminazione “idrocora” (per galleggiamento e movimento orizzontale nell’acqua) dei semi.
- Tempestiva eliminazione delle specie infestanti auto-disseminanti, cioè prima della maturazione dei semi.
- Gestione della flora infestante nelle colture a terra destinate al rinvaso (colture in contenitore da zolla), soprattutto per quanto riguarda le specie a ciclo perenne (*Convolvulus arvensis*, *Calystegia sepium*, *Cyperus esculentus*, etc.).

Oltre alle misure preventive finalizzate a limitare la contaminazione dei substrati con i semi o i propaguli delle varie specie di malerbe (**Tab. 1**), è possibile ricorrere ad erbicidi non convenzionali come ad esempio l’acido acetico (aceto). Questa sostanza è prodotta industrialmente a costi relativamente ridotti ed è di facile applicazione (**Fig. 2.12**). Questo prodotto è apparso assai efficace per il controllo della vegetazione spontanea non solo nelle aree urbane ma anche nel caso di colture industriali (es. cotone) e orticole. L’aceto ha un’azione caustica e i suoi effetti sulle piante infestanti sono evidenti già pochi minuti dopo l’applicazione (**Fig. 2.13**).

I costi di applicazione dell’aceto sono circa dieci volte superiori rispetto a quelli per l’applicazione del glifosate, secondo quanto riportato da un ricercatore americano (Young, 2004). Occorre comunque sottolineare che lo studio di Young fu condotto per testare il prodotto in ambiente urbano e quindi in un contesto ben diverso da quello di un vivaio di piante ornamentali. Un recente studio effettuato da Benvenuti e colleghi (2012) ha condotto dei test e dimostrato l’efficacia di un prodotto a base di acido acetico al 20% su molte delle specie di malerbe presenti nei vivai di piante ornamentali (**Textbox 2.1**).



Fig. 2.12 - *Distribuzione di aceto per il diserbo naturali mediante una nebulizzazione schermata del prodotto (Minimantra)*



Fig. 2.13 - *Rapido appassimento di plantule di Taraxacum officinale già pochi minuti dopo la distribuzione dell'aceto.*



Fig. 2.14 - Evidente “imbianchimento” di plantule di *Stellaria media* (a destra, mentre a sinistra è mostrato il controllo) pochi giorni dopo la distribuzione dell’aceto.

Particolarmente promettente è anche l’impiego degli olii essenziali. In alcune prove condotte nell’ambito del Progetto VIS dall’Università di Pisa si sono dimostrati particolarmente efficaci gli olii essenziali estratti dalla menta. Il loro costo, però, li rende al momento proponibili solo per interventi in ambiente urbano contro particolari specie come ad esempio quelle ad azione allergenica come *Parietaria officinalis* e *Ambrosia artemisiifolia*. Il protocollo sperimentale ha previsto per gli oli essenziali le medesime metodologie già descritte per i test effettuati con l’aceto (medesimi dosaggi micro-distribuiti con un’attrezzatura spalleggiata equipaggiata con un ugello centrifugo azionato da un motore elettrico, denominata mini-mantra su plantule ai primi stadi di sviluppo). Anche in questo caso l’attività fitocida è stata molto rapida; infatti, i sintomi di tossicità si sono evidenziati già pochi minuti dopo il trattamento. Rispetto all’aceto, gli oli essenziali esercitano la loro azione fitotossica su molte specie ed anche su piante adulte in quanto la loro efficacia è poco influenzata dalle caratteristiche di cerosità e/o tomentosità delle foglie e dallo stadio di sviluppo delle piante.

Come già accennato, i costi molto elevati dei prodotti impediscono al momento l’opportunità di registrare un formulato commerciale a base di oli essenziali. Gli oli essenziali estratti da piante officinali facili da coltivare (es. *Mentha piperita*, *Cinnamomum zeylanicum*, *Thymus vulgaris*, *Satureja hortensis*; Tworkoski, 2002) o spontanee (es. *Artemisia verlotorum*, *Artemisia annua*, *Xanthium strumarium*, *Inula viscosa*) oppure da scarti dell’industria alimentare (ad esempio, dai residui della lavorazione degli agrumi e delle erbe officinali) potrebbero essere molto meno costosi e consentire il loro uso su scala commerciale come bio-erbicidi (Benvenuti et al., 2010).

La gestione termica delle infestanti nei contenitori

Anche nel caso delle piante ornamentali allevate in contenitore, i mezzi termici possono rappresentare una valida alternativa all'uso di erbicidi di sintesi per la gestione delle infestanti. In questo contesto è necessario individuare le strategie, i metodi e le operatrici con l'obiettivo di massimizzare l'efficacia e l'efficienza dei trattamenti ed evitare di danneggiare la coltura. Le attrezzature dovranno essere caratterizzate da ingombri ridotti e da un'elevata maneggevolezza. In particolare per la gestione delle avventizie che si sviluppano sulla superficie del substrato all'interno dei vasi dovranno essere utilizzate attrezzature manuali che cedono calore ai tessuti vegetali mediante fiamma libera o vapore.

I trattamenti a fiamma libera, se correttamente eseguiti, risultano essere caratterizzati da tempi di esposizione molto bassi, pertanto non creano danni ai contenitori realizzati in materiali plastici. Tuttavia, nel caso in cui sia presente un impianto per l'irrigazione localizzata, sussiste il rischio di poter danneggiare i gocciolatori e soprattutto i tubetti a cui questi sono collegati. Per ovviare a questo inconveniente è sufficiente rimuovere temporaneamente questi dispositivi prima del trattamento di pirodiserbo, altrimenti è possibile optare per forme di calore associate a livelli di temperatura più bassa come il vapore. Le macchine per il controllo termico delle infestanti mediante vapore sono costituite da un serbatoio per l'acqua, un generatore di vapore e lance con speciali diffusori. Anche in questo caso l'attrezzatura dovrà essere compatta e maneggevole, inoltre, è possibile adottare generatori di vapore elettrici nei vivai che sono connessi alla rete elettrica.

Per evitare danni all'apparato fogliare delle piante ornamentali, durante i trattamenti termici, i bruciatori e i diffusori di vapore possono essere provvisti di carter in modo da contenere il calore solo sulla superficie trattata. In ogni caso, appare opportuno evidenziare come i criteri di selettività dei trattamenti termici presentati in precedenza, siano forse ancora più importanti nello specifico contesto delle piante allevate in contenitore, pertanto essi sono decisamente sconsigliabili nel caso di essenze ornamentali erbacee o con forme di allevamento che comportino una elevata vicinanza dell'apparato fogliare alla superficie del substrato.

I trattamenti termici possono essere utilizzati anche per contenere la flora spontanea che si sviluppa nei piazzali dei vivai. Questi interventi possono essere effettuati con le stesse attrezzature che vengono utilizzate per il controllo delle infestanti in area urbana su superfici dure e considerando la limitatezza degli spazi liberi tra le file dei contenitori, risulta consigliabile l'adozione di macchine semoventi con operatore al seguito.

Nell'ambito del progetto VIS il Centro di Ricerche Agro-Ambientali "Enrico Avanzi" (CIRAA) dell'Università di Pisa sta conducendo diverse attività sperimentali sui trattamenti termici nel settore vivaistico delle piante allevate in contenitore, (v. **Textbox 2.2**).

2.4 Bibliografia citata

- Altland, J. 2005. Weed Control in Nursery Field Production, Oregon State University Extension Service EM 8899-E, pp 16.
- Amoroso G., Fini A., Frangi P., Piatti R. (2007). Tecniche innovative di gestione sostenibile del florovivaismo e del verde ornamentale. Quaderni della ricerca della Regione Lombardia, n° 75, Spazio Stampa (Cantù) Como, pp 88.
- Benvenuti S. 2007. Weed seed movement and dispersal strategies in the agricultural environments. *Weed Biology and Management*, 7, 141–157
- Benvenuti S., Grassia M.E., Flamini G., Cioni P.L. 2010. Bioerbicidi per il controllo delle malerbe nell'ecosistema urbano. Atti giornate Fitopatologiche Cervia (RA) 9 marzo 2010, vol.1, 487-494.
- Benvenuti S., Stohrer M., Marzialetti P., Pardossi A. 2012. Efficacia erbicida in vivaio di un prodotto a base di aceto. *L'Informatore Agrario* 25, 2-6.
- Benvenuti S., Stohrer M., Marzialetti P., Pardossi A. 2012. Manuale di riconoscimento delle principali malerbe dell'attività vivaistica in contenitore. Pistoia, aprile 2012, 85 p.
- Benvenuti S., Stohrer M., Pardossi A., Marzialetti P. 2009. Pacciamare le piante in vaso per combattere le malerbe. *L'Informatore Agrario* 28, 2-6.
- Beretta, D., Vavassori, A., Favoino E. 2007. Tecniche di coltivazione delle piante ornamentali sistemi colturali, Scuola Agraria del parco di Monza, Regione Lombardia, pp 106.
- Boyd, J., Robbin J. 2006. Effect of Weed Control on the Growth of Field-grown Shade Trees in Central Arkansas after Four Years, Atti del Southern Nursery Association Research Conference, Volume 51, p 110-112
- Kovacic L. 2008. I risultati del monitoraggio degli impieghi delle sostanze chimiche 2005-2007, Convegno Regionale "Prevenzione, Igiene e Sicurezza nel comparto florovivaistico. Risultati del Piano Mirato Regionale, 23-24 Ottobre 2008, Pistoia.
- Kuhns L. J., Harpster T., Selmerr J., Guiser S. 2007. Controlling Weeds in Nursery and Landscape Plantings, The Pennsylvania State University Extension Bulletin #UJ236. pp 44.
- Pagni P. P., Montanari M., Vieri M. 2010. Nobili BNE-SDS, inerbimento sostenibile in arboricoltura, *Macchine e Motori Agricoli*, 9, p 45-47.
- Peruzzi A., Ginanni M., Mazzoncini M., Raffaelli M., Fontanelli M., Di Ciolo S., Verna P., Casaccia D., Recinelli E. 2005. La gestione fisica delle infestanti su carota biologica e su altre colture tipiche dell'Altopiano del Fucino, Editoriale Pisana, Pisa pp 143.

- Peruzzi A., Ginanni M., Mazzoncini M., Raffaelli M., Fontanelli M., Di Ciolo S. 2006. Il Controllo fisico delle infestanti su spinacio in coltivazione biologica ed integrata nella Bassa Valle del Serchio, Editoriale Pisana, pp 111.
- Peruzzi A., Lulli L., Raffaelli M., Del Sarto R., Frascioni C., Ginanni M., Plaia C., Sorelli F., Fontanelli M. 2009. La gestione fisica della flora spontanea in area urbana. Felici Editore, Pisa pp 171.
- Tworkoski T. 2002. Herbicide effects of essential oils. *Weed Science* 50, 425-431.
- Young S.L. 2004. Natural Product Herbicides for Control of Annual Vegetation Along Roadsides. *Weed Technology* 18, 580-587.
- Zeleznik J., Zollinger R. 2004. Weed Control in Tree Planting, North Dakota State University pp 1-4, <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/weeds/w1097w.htm>.

Il diserbo con l'aceto

Nell'ambito del Progetto VIS, il Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie dell'Università di Pisa ha testato un prodotto (gentilmente fornito dall'Acetificio Scaligero di Verona) contenente acido acetico al 20% (l'aceto ad uso alimentare ne contiene circa il 5%) e con un pH di 2,25.

La prova ha preso in considerazione 26 diverse specie di infestanti, comprese tutte quelle maggiormente diffuse nei vivai pistoiesi: *Anagallis arvensis*, *Aster squamatus*, *Cardamine hirsute*, *Cerastium glomeratum*, *Conyza Canadensis*, *Cynodon dactylon*, *Digitaria sanguinalis*, *Eclipta prostrata*, *Eleusine indica*, *Epilobium hirsutum*, *Euphorbia celioscopia*, *Euphorbia maculata*, *Euphorbia peplus*, *Fumaria officinalis*, *Galinsoga parvi flora*, *Lamium amplexicaule*, *Mercurialis annua*, *Oxalis capreolata*, *Poa annua*, *Polygonum aviculare*, *Sagina procumbens*, *Senecio vulgaris*, *Sonchus oleraceus*, *Stellaria media*, *Taraxacum officinalis*, *Veronica persica*. Il prodotto è stato distribuito su piante un mese dopo l'emergenza utilizzando un'attrezzatura spalleggiata equipaggiata con un ugello centrifugo azionato da un motore elettrico (Minimantra Plus, gentilmente fornito dalla società Agricenter di Verona) e due dosaggi: 1 o 3 g per m².

L'aceto ha mostrato una completa efficacia ad entrambi i dosaggi, ma agendo per contatto non ha impedito che alcune specie recuperassero nel tempo dopo i danni subiti (resilienza). Una significativa resilienza è stata mostrata da sei specie alla dose più bassa (*Aster squamatus*, *Cynodon dactylon*, *Eclipta prostrata*, *Eleusine indica*, *Epilobium hirsutum*, *Mercurialis annua* e *Polygonum aviculare*, *Sonchus oleraceus* e *Taraxacum officinalis*) e solo da tre specie (*Cynodon dactylon*, *Sonchus oleraceus* e *Taraxacum officinalis*) alla dose più alta.

L'aceto agisce per contatto (come un disseccante chimico di sintesi) e in modo rapido: sono sufficienti dieci minuti per uccidere o danneggiare seriamente la pianta trattata. Pertanto l'efficacia dell'aceto è indipendente dall'azione dilavante delle eventuali piogge dopo il trattamento come nel caso, invece, degli erbicidi convenzionali da applicare in pre-emergenza.

Il controllo termico della flora spontanea nelle piante in contenitore e nei piazzali

La sperimentazione condotta dal CIRAA per valutare l'efficacia dei trattamenti termici sulle infestanti tipiche dei vivai in contenitore è stata condotta su *Photinia × fraseri* coltivata in vasi di 25 cm di diametro in un terriccio a base di torba infestato artificialmente a fine inverno con porzioni (4 per vaso) di *Oxalis corniculata* L.. I diversi trattamenti che sono stati posti a confronto sono:

- Trattamento termico a fiamma libera effettuato con attrezzatura carrellata dotata di una lancia manuale e di un piccolo bruciatore a bacchetta della larghezza di 10 cm;
- Trattamenti termici effettuati mediante un generatore di vapore con una potenza di 2,4 kW, dotato di una caldaia in grado di fornire una portata di 3,12 kg h⁻¹ e di un apposito diffusore.

Per entrambe le tipologie di pirodiserbo sono state confrontate due diverse frequenze dei trattamenti (6 trattamenti anno⁻¹ e 3 trattamenti anno⁻¹).

Una seconda prova è stata condotta presso l'Istituto Professionale di Stato per l'Agricoltura e l'Ambiente "Barone Carlo De Franceschi" per verificare l'efficacia del pirodiserbo a fiamma libera sulle infestanti di superfici inghiaiate simili a quelle dei piazzali di coltivazione nei vivai pistoiesi.

I trattamenti di pirodiserbo sono stati effettuati con un prototipo di operatrice semovente equipaggiata con un motore a ciclo Otto a quattro tempi con potenza massima pari a 4,5 kW, cambio meccanico a cinque rapporti (più la retromarcia) e velocità compresa tra 1 e 5 km/ora. Questa macchina operatrice presenta cinque bruciatori a bacchetta larghi 25 cm e alimentati da due bombole di GPL (inserite frontalmente su di un piccolo telaio). L'operatrice è inoltre provvista di una lancia per trattamenti di rifinitura manuale in punti particolarmente difficili; la lancia è dotata di un bruciatore a bacchetta largo 15 cm. Anche in questo caso si sono confrontate due diverse frequenze di trattamenti: 6 e 12 trattamenti all'anno.

I dati ottenuti durante la sperimentazione condotta presso l'istituto "Barone Carlo De Franceschi" sono stati molto positivi e sembrano aver confermato i risultati conseguiti in precedenti ricerche sul controllo termico della flora spontanea in area urbana su analoghe tipologie di superfici dure (Peruzzi *et al.*, 2009).

I risultati della ricerca sulla gestione non chimica delle infestanti in piante ornamentali allevate in contenitore appaiono molto promettenti evidenziando che il controllo termico delle avventizie mediante vapore, sembra avere delle ottime potenzialità, tuttavia sarebbero necessarie ulteriori verifiche di lungo periodo in modo tale da poter definire rigorosamente la tipologia di gestione connessa con la maggior efficacia rinettante e il minor numero di interventi. Risulta altresì necessario sviluppare attrezzature a vapore per il controllo termico delle infestanti specifiche per questo particolare contesto, in modo da poter ottenere livelli più elevati di efficienza, riducendo nel contempo i tempi operativi ed i costi di esercizio.



Figura. *Pirodiserbo nei vivai in contenitore: trattamenti a fiamma libera (A) o con vapore (B).*

3 RECUPERO DEGLI SCARTI VERDI

(D.Sarri, M. Rimediotti, M. Vieri)

3.1 Introduzione

[Sommar](#)

La progressiva evoluzione della gestione del vivaio dalla coltivazione a terra a quella in vaso ha determinato un incremento dei fabbisogni dei fattori di produzione, primi fra tutti i substrati. La torba è la materia prima maggiormente impiegata nell'ambito vivaistico, ma la crescente sensibilità del settore verso nuove soluzioni sostenibili e la necessità di contenimento dei costi ha spinto verso l'individuazione di materiali alternativi che, opportunamente gestiti e trattati, possono essere impiegati in sostituzione, parziale o totale, della torba senza indurre peggioramenti qualitativi sul prodotto finale. Una di queste soluzioni è relativa al recupero degli scarti verdi ed il loro reimpiego nel processo produttivo.

3.2. Lo stato dell'arte

Le aziende vivaistiche, producono una serie di rifiuti, scarti e sottoprodotti che possono essere gestiti con diverse modalità. Gli scarti verdi, ossia le piante vendibili invendute (per vari motivi, tecnici o commerciali), le svasature e le potature, costituiscono un importante quantitativo di materiale organico ottenuto dall'attività vivaistica. La gestione attuale prevede diverse modalità di trattamento in funzione della loro composizione. Infatti, nelle aziende caratterizzate da coltivazioni di pieno campo, gli scarti sono costituiti per lo più da piante morte e sottoprodotti della potatura; in quelle dove prevale la coltura in contenitore, le componenti principali sono invece il terriccio e le svasature. Generalmente, la maggior parte degli scarti legnosi viene bruciata; oggi, però, ci sono severe restrizioni normative e la bruciatura diretta in campo è vietata (Comune di Pistoia, Regolamento d'igiene, 2007). Inoltre, i residui di potatura sono considerati sottoprodotti delle colture (Legge 13 Agosto 2010, n°129).

Con l'espandersi della coltivazione in contenitore ed il conseguente aumento degli scarti prodotti, alcune aziende hanno iniziato ad allestire cantieri per la gestione del materiale accumulato in azienda attraverso la triturazione e il successivo interrimento, oppure attraverso il recupero del terriccio, riutilizzato per la coltivazione in miscela con substrati vergini.

Tuttavia, è necessario considerare che quasi tutte le aziende vivaistiche coltivano sia in a terra sia in contenitore e gestiscono separatamente gli scarti provenienti dal campo o dai piazzali, per ragioni economiche e logistiche. Pertanto, lo stoccaggio di scarti verdi è attualmente gestito ammassando terra, parti legnose di piante, terriccio delle svasature, piante secche e potature. La parte di terra

delle zolle e il terriccio delle svasature, che è preponderante nelle vasetterie dove vengono prodotti i quantitativi più elevati, potrebbe aggirarsi intorno al 75-80%, considerando che le piante secche, le potature e la vegetazione in genere, una volta disidratate, si riducono molto sia in peso sia in volume. Pertanto, la maggior parte di questo materiale di scarto è costituito da terra e terriccio, cioè da materiali che non necessitano un trattamento di compostaggio e che quindi sono facilmente reimpiegabili. Infatti, la loro separazione dalla massa non risulta troppo difficile ed è realizzabile, ad esempio, attraverso una frantumazione/macinatura grossolana seguita da una vagliatura.

La restante parte legnosa, o comunque di essiccata materiale vegetale disseccato, potrebbe essere avviata al compostaggio o alla biotriturazione a fini energetici

La prima soluzione è sicuramente più difficile e complessa. La matrice legnosa tal quale impiega tempi molto lunghi se non è miscelata ad altri materiali organici facilmente fermentescibili (quindi più umidi). Inoltre, il compostaggio necessita di operazioni aggiuntive (umidificazione, arieggiamento, recupero e riciclo dei liquidi che drenano dai cumuli) e strutture progettate allo scopo. Infine, gli impianti di compostaggio producono cattivi odori (sprigionati dai processi fermentativi) e quindi la loro localizzazione in un territorio fortemente urbanizzato è molto difficile. L'abbattimento della putrescibilità durante il compostaggio è una condizione essenziale imprescindibile per la realizzazione di questi impianti (Centemero M., 2001). Attualmente si utilizzano impianti altamente tecnologici, completamente isolati dall'esterno, con atmosfera e condizioni controllate che pilotano il processo di compostaggio velocizzandolo in tempi più brevi. Queste installazioni hanno però costi molto elevati se confrontati con il ridotto valore commerciale del compost; inoltre, hanno una resa bassa, indicativamente del 40-50%.

La seconda soluzione è sicuramente più semplice e prevede il passaggio dei residui vegetali in un biotrituratore ed, eventualmente un' essiccazione del materiale così ottenuto, quando è impiegato a fini energetici. A questo proposito, ricordiamo che la produzione di energia dai residui colturali rappresenta una potenziale risorsa per le aziende e negli ultimi anni è stata oggetto di numerose ricerche (Spinelli., 2004; Spinelli et al., 2006; Recchia., 2006). L'impiego come combustibile delle biomasse legnose risulta sempre più diffuso grazie all'avvento di soluzioni innovative in grado di ottimizzare l'energia prodotta. Le soluzioni già disponibili vanno dal semplice bruciatore per la produzione di acqua calda (con rendimenti energetici medi) all'impianto di cogenerazione che, con l'ausilio di una turbina, genera contemporaneamente acqua calda ed energia elettrica, massimizzando la resa energetica. Esistono anche impianti tecnologicamente più avanzati di gassificazione delle biomasse, con rese ancor più elevate, ma si tratta di strutture di grandi dimensioni, molto complesse e costose, che richiedono grandi quantitativi di materiale.

Le grandi aziende vivaistiche potrebbero allestire un proprio impianto di riciclaggio degli scarti verdi grazie alla maggiore disponibilità di verde materiale alla maggiore capacità di investimento.

Le piccole e medie aziende vivaistiche, invece, hanno più difficoltà a gestire un'attività del genere, anche nel caso in cui si avvalgano di attrezzature e servizi conto-terzi, poiché quantitativi di scarti e lo spazio da destinare a questa attività sono limitati. Pertanto questa attività potrebbe essere gestita più proficuamente da un consorzio consortile.

3.3 Trattamento degli scarti verdi

[Sommar](#)

Le tecnologie attualmente disponibili per il recupero e la valorizzazione dei sottoprodotti dell'attività vivaistica possono essere suddivise in funzione della tipologia di scarto, dei volumi da gestire e degli investimenti necessari. Nello specifico sono state individuate le seguenti soluzioni:

1. Piccoli cantieri mobili;
2. Cantieri industriali;
3. Cantieri aziendali di tipo mobile;

I piccoli cantieri mobili si applicano per il recupero a fini energetici dei sottoprodotti della potatura. La tipologia di materiali recuperabili sono i residui vegetali che possono essere destinati alla combustione in caldaie dedicate con focolari progettati per gestire rotopresse cilindriche o materiale sfibrato con soluzioni per l'ottimizzazione della fase di alimentazione continua dell'impianto e del processo di combustione. Questi impianti si caratterizzano per l'impiego di macchine trincia-caricatrici, imballatrici, cippatrici e sfibratrici.

Le macchine trincia-caricatrici sono una evoluzione delle trinciasarmenti tradizionali, modificate con l'obiettivo di recuperare il triturato. A tale scopo le macchine sono allestite con serbatoi di accumulo del materiale con capacità variabili da 1 fino a 7 m³, elevabili idraulicamente per agevolare lo scarico su rimorchi (altezza oltre 2500 mm).



Fig. 3.1 - Esempi di Macchinari per la trinciatura e il recupero dei residui di potatura.



Fig. 3.2 - Rotoimballatrice per la gestione dei residui di potatura delle colture arboree, sulla destra rotoballa di ramaglie di olivo prodotta dalla macchina.

Le trincia-caricatrici possono essere portate o semiportate e dotate di ruote pivottanti o fisse. Gli elementi di triturazione variano fra i costruttori, ma comunque con configurazioni che vanno dai tradizionali rotori a martelli o mazze oscillanti a soluzioni che prevedono cilindri ruotanti muniti di lame fisse e controcotelli a pettine. L'azionamento avviene per mezzo della presa di potenza del trattore (PTO) con regime di rotazione 540 o 1000 r.p.m. con una potenza media richiesta di 60-65 kW. I diametri massimi lavorabili sono di 50 mm.

Le macchine imballatrici rappresentano una ulteriore soluzione per la raccolta delle potature in balle cilindriche. Tali macchine, dimensionalmente ridotte rispetto alle originarie rotoimballatrici, adottano lo stesso principio di funzionamento di quelle standard grazie alla miniaturizzazione di tutte le proprie componenti. La massa dell'utensile è ridotta e quindi presenta minori problemi di transitabilità e di compattamento del suolo. Per l'azionamento sono sufficienti piccoli trattori con potenze da 25-40 kW. Il sottoprodotto è imballato in rotopresse con dimensioni medie di 600 x 400 mm (larghezza, diametro) con pesi da 25 a 35 kg risultando di facile movimentazione e stoccaggio.

Le sfibratrici sono macchinari che adottano il principio della triturazione irregolare. Il mercato offre soluzioni per la gestione di tutti i contesti produttivi. In questa tipologia di macchinari il sistema di triturazione è formato da un rotore a lame dentate progettato per tagliare il legno nella direzione delle fibre, differentemente dalle configurazioni dei cippatori, in cui il taglio del legno avviene perpendicolarmente alle fibre. Ciò si traduce in minori potenze necessarie ed in una maggiore velocità dell'operazione, inoltre, la configurazione del rotore a più lame limita i danni in caso di introduzione accidentale di impurità quali sassi e terra, rispetto ad un cippatore dotato di tamburo a coltelli. Quindi si possono adottare due soluzioni per il recupero:

- 1) trinciatura con macchine trincia-caricatrici, sfibratrici e recupero del cippato in big-bags, in bins o in rimorchio (Fig. 3.2);
- 2) confezionamento con raccogli-imballatrici modificate ;

I cantieri di tipo industriale ad elevata produttività sono costituiti da: 1) strutture dedicate per l'accettazione di materiale eterogeneo (terra, torba, scarto verde), le lavorazioni preliminari e lo stoccaggio; 2) macchinari per la movimentazione ed il trattamento di grandi quantità di rifiuti organici per il compostaggio o la termovalorizzazione. Tali tecnologie sono indicate per le grandi imprese vivaistiche, conto-terzisti, cooperative e/o consorzi di smaltimento. Tali cantieri sono in grado di tritare anche materiali legnosi fino a circa 600 mm di diametro con una capacità di lavoro tra 200 e 350 m³/h. Il prodotto ottenuto può essere diversificato in termini di pezzatura mediante griglie a maglie. I cantieri di lavoro sono costituiti da macchinari per il caricamento delle tramogge quali pale gommate o escavatori allestiti con pinze "ragno", da macchine per la biotriturazione degli scarti verdi e da separatori.

La logistica operativa del cantiere si compone di fasi di lavorazioni principali ed accessorie. Le

prime sono rappresentate dal caricamento del materiale grezzo all'interno del biotrituratore, la sua sminuzzatura e quindi la separazione delle diverse frazioni. Le fasi accessorie consistono in operazioni per l'ottimizzazione della logistica, che prevedono lo spostamento dei cumuli in prossimità del cantiere di lavoro, e per il mantenimento quali-quantitativo delle frazioni legnose con arieggiamento dei depositi di stoccaggio.

La sminuzzatura iniziale del materiale viene effettuata con un biotrituratore regolabile in base alle specifiche esigenze del prodotto richiesto. La successiva separazione consente di ottenere:

1. una frazione grossolana costituita da tronchetti di circa 10-15 cm di lunghezza e 3-4 cm di diametro, utilizzabile per la realizzazione di biofiltri;
2. cippato eterogeneo per caratteristiche dimensionali, destinato all'alimentazione di caldaie industriali automatiche di elevata capacità;
3. substrato, da riutilizzare per la coltivazione in contenitore o come ammendante per le colture in campo.

Per quel che concerne la problematica relativa alla gestione delle contaminazioni da materiali metallici, minerali e plastici sono disponibili tecnologie in grado di garantire un elevato livello di separazione. Si può, ad esempio, utilizzare un separatore ad induzione sul nastro trasportatore dotato di un rotore magnetico. Il rotore ad induzione, girando molto velocemente su se stesso, genera un potente campo magnetico: quando il metallo non ferroso (alluminio, rame, ottone etc.) arriva in prossimità del campo magnetico, viene sollevato ed espulso lontano dalla macchina, mentre i materiali inerti (pietre ed elementi minerali) cadono seguendo la normale traiettoria in un differente contenitore di raccolta. I metalli ferrosi invece, sono trattenuti dal campo magnetico.

Per la separazione delle componenti plastiche, invece, si può impiegare un separatore eolico. Questo sistema consente di separare i materiali più leggeri da quelli più pesanti mediante un sistema vibrante e due correnti d'aria in successione: una longitudinale di sollevamento e una trasversale di espulsione. Attraverso la regolazione della portata e della direzione dell'aria prodotta dai ventilatori e dell'intensità della vibrazione è possibile effettuare l'operazione di separazione estraendo il materiale più leggero direttamente da un portello laterale. Il materiale leggero (carta, plastica o nylon) viene estratto dal portello laterale e raccolto su idoneo contenitore, il materiale più pesante viene espulso mediante un nastro trasportatore e raccolto in cumuli o in idonei contenitori. La capacità di lavoro dell'impianto di 30-60 t/h

La necessità di soluzioni per la gestione degli scarti verdi a livello aziendale ha portato alla individuazione di cantieri innovativi sviluppati nell'ambito del progetto VIS.. Queste soluzioni nascono conseguentemente alla necessità di superare da un lato i limiti tecnici dei piccoli cantieri mobili, rappresentati dall'impossibilità di recuperare il terriccio dalle piante in vaso, dall'altro dalla incapacità di sostenere gli investimenti necessari per i cantieri industriali. Le componenti

recuperabili nei cantieri industriali, in seguito al processo di bio-triturazione, assumono caratteristiche che rendono difficoltoso l'ottenimento di due frazioni qualitativamente ottimali.

Sulla base di queste considerazioni, la unità di ricerca dell'Università degli Studi di Firenze ha condotto uno studio per la identificazione di soluzioni finalizzate alla separazione del terriccio dalla componente vegetale con processi che non implicano la loro interazione. L'analisi svolta ha portato alla identificazione di un sistema di separazione delle componenti basato sulla vibrazione inferta al tronco delle piante da smaltire. Il concetto si basa sulla constatazione che le piante per essere trattate devono in ogni caso essere movimentate. Pertanto, possono essere efficacemente afferrate per mezzo di una pinza che sia in grado di conferire al tronco una potente vibrazione in grado di operare il distacco del materiale terroso dalle radici della pianta. Così facendo, si tende a sfruttare l'omogeneità della pianta per separarla dalla zolla tramite una vibrazione applicata al tronco. Le due componenti possono così essere gestite separatamente, come scarto verde e come terriccio reimpiegabile nel processo produttivo.

Per assolvere agli scopi enunciati sono state individuate due testate scuotitrici con caratteristiche tali da poter essere impiegate efficacemente su piante con un peso fino a 800 kg. Per i piccoli vivai e per piante pesanti non più di 100 kg, è stata identificata una testata scuotitrice derivata dalla pinza "Andreucci", a sua volta realizzata ed impiegata per la prima volta nella macchina SR12, primo esempio storico (1967) di cantiere meccanico integrato per la raccolta delle olive.



Fig. 3.3 - Cantiere *DEISTAF-UNIFI*



Fig. 3.4 - *Macchinari per il caricamento (alto) e la biotriturazione (separatore a tamburo ruotante; basso), posti in serie*



Fig. 3.5 - *A sinistra cumulo di scarti verdi, a destra cantiere in fase di lavorazione*



Fig. 3.6 - Cantieri allestiti per la gestione degli scarti verdi: a sinistra piccolo mezzo cingolato allestito con pinza "Andreucci; sulla destra trattore con pinza vibrante della ditta A. Spedo.



Fig. 3.7 - *Cantiere A.Spedo per la gestione delle piante in vaso.*



Fig. 3.8 - *Sequenza operativa del cantiere per lo scuotimento delle piante in vaso allestito e sviluppato in collaborazione con la ditta A.Spedo*

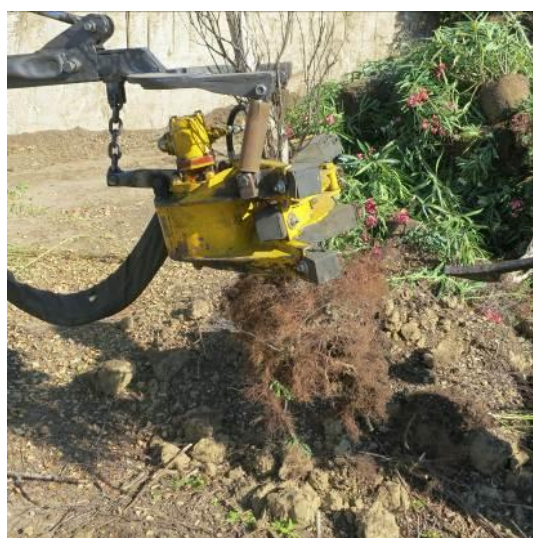


Fig. 3.9 - *Prototipo sviluppato in fase li lavoro: recupero vaso, presa e scuotimento della pianta per la separazione del terriccio dall'apparato radicale.*

Il corpo pinza del peso di circa 150 kg è accoppiato alla ganascia di chiusura e consente di lavorare piante con un tronco fino a 200 mm di diametro. Il sistema di vibrazione è del tipo a masse eccentriche ed è azionato da un motore idraulico alimentato dall'impianto del minicingolato; nella configurazione con motore idraulico da 16 cm³ la forza centrifuga del dispositivo vibrante è di circa 12.000 daN e la frequenza di 69 Hz. Per il funzionamento è richiesto un impianto idraulico con portata di 45 l/min¹. Inoltre, il cantiere è allestito con un complesso per la scuotitura composto da un telaio in acciaio con funzione di supporto e regolazione del posizionamento, e dalla pinza vibrante. Le movimentazioni della pinza vibrante sono rese possibili da un braccio con forcella a sfilo orizzontale regolabile manualmente, accoppiato mediante un pistone idraulico alle colonne di sollevamento, anche esse comandate idraulicamente da leve. Tale configurazione permette una regolazione di posizionamento della pinza da 300 fino a 1000 mm in altezza rispetto al piano di campagna e altri 500 mm con la regolazione in inclinazione.

L'unità motrice del modulo è costituita da una piccolo mezzo cingolato, dotato di sollevatore idraulico per l'uso di attrezzi portati, di una presa di potenza per l'azionamento di utensili e di una pompa idraulica con sistema oleopneumatico indipendente dalle altre funzioni della macchina, per il comando di attrezzature. Il minicingolato è una unità motrice polifunzionale per la meccanizzazione di molteplici settori produttivi. La versatilità della centrale mobile di potenza e le dimensioni contenute ne fanno il trattore ideale per azionare numerose macchine operatrici.

Per la gestione di piante con masse superiori a 100 kg è stata sviluppata in collaborazione con la ditta A. Spedo e Figli di Badia Polesine (RO) una pinza vibrante in grado di gestire piante con una massa fino a 800 kg e con un limite diametrico operativo di 400 mm. Le specifiche tecniche di questo cantiere permettono di affrontare tutte le tipologie di piante scartate che possono riscontrarsi in una azienda vivaistica.

Allo scopo è stato allestito un cantiere costituito da un trattore da 110 kW di potenza predisposto con caricatore frontale avente la pinza al posto della benna. Questo cantiere si configura come soluzione adottabile per i vivai medio grandi o per attività conto-terzi. La testata vibrante, del tipo a doppia ganascia contrapposta, è azionata con motore idraulico. La configurazione progettuale adottata permette una ampia possibilità di rotazione (60°), consentendo una facile presa e movimentazione delle piante afferrate. La micro-vibrazione, regolabile in ampiezza e frequenza, viene gestita autonomamente dallo scuotitore in base al diametro della pianta afferrata garantendo il completo distacco del "pane" di terra. La pinza può essere manovrata dalla cabina del trattore tramite un joystick facilmente dall'operatore con precisione e in sicurezza o da radiocomando e da dispositivi elettroidraulici che consentono movimenti a velocità proporzionale. Questo assicura la precisione e la sicurezza dell'operazione.

Le ganasce di chiusura della pinza sono state modificate rispetto alla configurazione originaria con

l'aggiunta di profilature e speroni in rilievo di acciaio tali da consentire un serraggio costante durante la fase di scuotitura.

La logistica operativa prevede le seguenti fasi: i) afferraggio della pianta; ii), recupero della vasetteria; iii) scuoti tura; iv) accatastamento della biomassa. Apparentemente la gestione per singola pianta risulta onerosa, tuttavia va evidenziando che questa operazione non implica alcun successivo passaggio mentre nella conduzione attuale ogni pianta viene afferrata e sollevata con muletti per il recupero della vasetteria.

Le prime prove condotte hanno evidenziato per piante della specie *Cedrus atlantica pendula*, da circa 5 anni in vaso (240 a 300 litri) e con un'altezza di 4,5 m, valori medi di 40 kg di scarto verde e di 250 kg di substrato. Nel caso di piante della specie *Cupressocyparis leylandii allevate in contenitori da 50 l* e con una altezza di 3,5 m, sono medi ottenuti mediamente 18 kg di verde materiale vegetale e 34 kg di substrato.

3.4 Considerazioni conclusive

[Sommar](#)

L'adozione delle tecnologie innovative per il recupero degli scarti verdi sopra descritte può permettere da una parte la valorizzazione di un sottoprodotto (residui di potatura) che fino ad oggi non è considerato una risorsa ma un costo per l'azienda, dall'altro di ottenere notevoli benefici in termini di salvaguardia ambientale grazie al recupero delle biomasse per scopi energetico.

I vantaggi conseguibili dalle aziende vivaistiche che operano una ottimale gestione degli scarti verdi possono essere schematicamente riassunti nei seguenti punti:

- reimpiego di risorse non rinnovabili come torbe e terricci;
- produzione di energia pulita da risorse rinnovabili e di recupero;
- riduzione dei costi di produzione;
- aumento delle opportunità aziendali con la possibilità di creare reti di impresa per il servizio di valorizzazione.

La valorizzazione degli scarti verdi può essere effettuata con diverse modalità e attrezzature, pertanto occorre un'attenta riflessione sul cantiere più adatto al contesto produttivo aziendale. In particolare, occorre esaminare i seguenti fattori:

- gli spazi a disposizione in azienda e la sostenibilità economica: il dimensionamento dei cantieri dipende dalle condizioni strutturali ed organizzative dell'impresa vivaistica, ma anche dalla sua capacità di investimento e dalle quantità di scarti prodotti annualmente;
- le caratteristiche degli scarti, in termini di specie botaniche e dimensioni delle piante, che condizionano la scelta delle macchine.

Lo scenario delle aziende vivaistiche italiane si trova ad affrontare un difficile periodo in cui è necessario individuare soluzioni che aumentino produttività ed efficienza attraverso nuove pratiche gestionali. Parallelamente allo sviluppo di nuove tecnologie e macchinari, risulta indispensabile l'aggregazione degli investimenti e il loro impiego su aree sufficienti ad ammortizzarli con soluzioni quali la creazione di "reti d'impresa", la formazione di esperti e operatori tecnici e l'aggregazione territoriale;

3.5 Bibliografia essenziale

[Sommar](#)

- Avirovic L. e J. Dodds (1993) (a cura di), *Atti del Convegno internazionale "Umberto Eco, Claudio Magris. Autori e traduttori a confronto" (Trieste, 27-28 novembre 1989)*, Udine, Campanotto.
- Baroncelli P. Landi S., Marzialetti P., 2004. Uso razionale delle risorse nel florovivaismo: i fertilizzanti". Quaderno ARSIA 2/2004. ISBN: 88-8295-056-5.
http://www.demetralab.it/download/Q.-2_2004.pdf.
- Marzialetti P., Pardossi A., Pozzi A., 2006. Progetto Probiorn - materiali alternativi alla torba per la preparazione dei substrati di coltura impiegati nel vivaismo professionale
<http://www.cespevi.it/art/compost3.htm>
- Sarri D., Rimediotti M., Lisci R., Vieri M., 2010. Progetto "biocord": studio preliminare per l'utilizzo di materiali innovativi per la legatura ecosostenibile in agricoltura, EIMA Bologna, 10-14 novembre 2010.
- Vieri M. Cresti G., Gucci R., Omodei Zorini L., Polidori R., 2009 Progetto MATEO – modelli tecnici ed economici per la riduzione dei costi di produzione nelle realtà olivicole della Toscana Ed. Cantagalli srl, Siena. Luglio 2009.
- Vieri M., Rimediotti M. (2005). Tecnologie per il trasporto e la distribuzione del compost di qualità. Seminario ARSIA "Iniziativa di collaudo di tecniche idonee per l'impiego del compost di qualità in agricoltura" Firenze, 25 febbraio 2005.

Materiali biodegradabili per la legatura delle piante, alternativi ai materiali plastici

La necessità di rendere il vivaismo maggiormente sostenibile e di qualità ha condotto le ricerche verso l'individuazione di materiali alternativi di natura organica, biodegradabili non provenienti da fonti fossili per le operazioni di legatura, con caratteristiche tecniche del tutto simili ai materiali sintetici impiegati nella maggior parte dei contesti produttivi.

Oggi giorno i legacci impiegati nei vivai sono principalmente di plastica e solo in piccola parte di materiali naturali a causa dei loro costi molto elevati; in ogni caso, si tratta di fili a perdere, di resistenza limitata, con tempi di decomposizione variabili da alcuni anni fino oltre 50 anni. Una problematica connessa con l'impiego di fili sintetici è la necessità di doverli asportare manualmente prima dello smaltimento.



*Comuni impurità di materiali plastici riscontrabili negli scarti verdi (alto).
Filati in carta impiegati per le operazioni di legatura delle piante (basso)*

Lo studio effettuato nell'ambito del progetto Vis per la individuazione di materiali alternativi è portato alla individuazione di fili realizzati in carta biodegradabile (pura cellulosa), quali:

- Biocord 3x35: cordoncino a tre capi, diametro esterno 4 mm;
- Biocord 2x35: cordoncino a due capi, diametro esterno 2,5 mm;
- Biocord 3x35 (old): cordoncino a tre capi, diametro esterno 4 mm, già utilizzato per un anno in un vigneto per la palizzata della parete fogliare.

Questi tre tipi di legaggi sono stati confrontati con un tradizionale filo di nylon in una serie di prove meccaniche condotte presso il laboratorio sperimentale di Ingegneria dei Biosistemi Agroforestali della Facoltà di Agraria di Firenze. Ogni test ha previsto l'utilizzo di un campione di 50 cm di filo opportunamente teso tra i due ancoraggi del sistema di acquisizione. Su ciascun tipo di legaccio sono state condotte cinque prove utilizzando fili sia asciutti sia bagnati, in modo da simulare l'effetto delle piogge.

Mentre il filo di nylon ha fatto registrare un carico di rottura di 72.2 kg, nel caso dei fili biodegradabili i valori di questo parametro sono stati compresi tra 29.2 e 37.2 kg nel caso delle prove in asciutta, e tra 8.9 e 21.1 kg nel caso delle prove con i fili bagnati. Il miglior risultato, cioè il valore più alto, è stato ottenuto con il filo Biocord 2x35 (nuovo).

I primi dati ottenuti dalle prove meccaniche, dimostrano la buona versatilità di impiego dei fili di carta per le più comuni operazioni di legatura ed anche una buona longevità, considerando che i valori del carico di rottura dei fili già usati non erano molto inferiori a quelli dei fili nuovi, almeno nel caso delle prove condotte con materiali asciutti.

(Pagina lasciata intenzionalmente bianca)

4. RIUTILIZZO DEI SUBSTRATI

(S. Pecchia, G. Patalano, G. Vannacci)

[Sommaro](#)

4.1. Problemi fitopatologici dei substrati di recupero nel florovivaismo.

Il substrato tipico impiegato nel vivaismo ornamentale in Toscana è composto da torba (materiale fossile, quindi una risorsa non rinnovabile) e pomice (materiale drenante) che sono componenti sempre più scarsi e costosi. Poter riutilizzare il substrato recuperato dagli scarti di produzione (piante invendute) appare, pertanto, una operazione molto interessante per gli evidenti riflessi sui costi di produzione (i substrati hanno costi che si aggirano su 50-100 euro/m³) e di smaltimento in discarica e più in generale sul consumo di torba nel settore vivaistico.

Poiché il procedimento più diffuso di recupero degli scarti di produzione è costituito da una triturazione degli scarti (seguito da una vagliatura), il terriccio riciclato ha in genere una granulometria molto fine ed è abbastanza compatto. Pertanto, può essere necessario prevedere nella miscela una maggiore quantità di materiale drenante (pomice) e/o modificare *ad hoc* il regime irriguo (irrigando, ad esempio, meno frequentemente).

In letteratura non sono molti i lavori condotti per valutare gli effetti di una coltivazione relativamente lunga (molti mesi, come accade nel caso delle piante ornamentali in vivaio) e non si conoscono lavori su substrati sottoposti, a fine coltura, a trattamenti meccanici relativamente drastici come quelli sopra indicati. Le modificazioni delle proprietà fisico-chimiche nel sistema sono provocate dall'irrigazione, dalla concimazione, dall'accrescimento delle radici e dalle escursioni termiche. Tali trasformazioni consistono, in genere, nel compattamento, nella perdita del materiale, nell'alterazione della dimensione delle particelle, nella modifica dei rapporti volumetrici tra i diversi materiali (deriva in basso delle particelle più piccole), nella diminuzione della capacità dell'aria (diminuzione della porosità libera) e nel conseguente aumento della capacità di ritenzione idrica. Nei substrati a base di torba si ha, nel tempo, una notevole diminuzione della capacità per l'aria, soprattutto nel caso di materiali poco fibrosi, con rischi di asfissia radicale per la pianta. Si hanno anche modifiche chimiche, costituite in genere da un aumento del pH e della salinità, che sono comunque più facili da correggere attraverso opportune correzioni dell'acqua irrigua o di fertirrigazione.

Uno dei punti critici individuati nel processo produttivo della filiera florovivaistica è quello relativo ai substrati delle piante allevate in contenitore. Tali substrati infatti, prima di un loro eventuale riutilizzo, dovrebbero essere rigenerati e sterilizzati per prevenire l'insorgenza di numerose problematiche fitopatologiche e di flora spontanea.

Molti funghi fitopatogeni sopravvivono infatti nei terricci e nel suolo nei residui vegetali presenti con clamidospore, sclerozi o altri propaguli resistenti alle avversità climatiche. Tali strutture aumentano nel suolo con il ripetersi della coltura, o con l'utilizzo di substrati riciclati non opportunamente sterilizzati e danno, nel tempo, attacchi sempre più gravi. I danni possono essere quindi endemici in un vivaio e diventare molto gravi in particolari annate, quando l'andamento climatico è favorevole ad uno o più dei patogeni e sfavorevole alle piante.

I principali fattori ambientali che influenzano lo sviluppo delle malattie sono il pH del suolo, l'umidità e la temperatura; gli effetti di questi fattori variano con i patogeni prevalenti nel singolo vivaio e con le specie in esso coltivate. Generalmente i patogeni ad *habitus* tellurico hanno la maggior attività quando il pH del suolo (pH compreso tra 5,2 e 5,8) è superiore all'optimum di crescita delle piante. Terreni freddi ed umidi, inoltre, rallentano lo sviluppo delle piante prolungando la loro suscettibilità e favorendo lo sviluppo di molti funghi patogeni con un notevole aumento dei danni.

Anche la tessitura del suolo ed il suo contenuto in sostanza organica e sali minerali influenzano lo sviluppo della malattia. I terreni pesanti, con alto contenuto in particelle più sottili, si scaldano più lentamente in primavera, mentre le concimazioni organiche migliorano tale aspetto ed apportano anche microflora utile, che entra in competizione con i patogeni e ne frena l'azione. Anche piccole variazioni locali nelle caratteristiche del suolo, soprattutto quelle che influenzano il drenaggio superficiale, hanno notevole impatto nella diffusione e gravità della malattia, spiegando l'evidenziarsi della mortalità a macchia di leopardo.

Tra i patogeni che vivono nel suolo o nei substrati colturali, alcuni sono agenti di marciumi radicali o del colletto, altri sono causa di malattie vascolari. In una rapida elencazione, si può ritenere che i principali generi o specie di patogeni che si insediano, agiscono e si perpetuano in un vivaio siano i seguenti: *Phytophthora* spp., *Pythium* spp., *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Verticillium dahliae* e *V. albo-atrum*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Macrophomina phaseolina*, *Sclerotium rolfsii*.

Pythium. Al genere *Pythium* afferiscono specie la cui diffusione avviene a partire da sporangi di forme diverse (allungati, globosi o sferici) che possono produrre un micelio (germinazione diretta) o emettere zoospore, mobili in acqua per la presenza di flagelli.

Le specie di interesse per le piante sopravvivono nel suolo e nei residui vegetali grazie ad oospore, sporangi o clamidospore. Le specie di *Pythium* (più di 120) hanno goduto, in tempi diversi, di considerazione variabile. Come patogeni di vivaio *Pythium ultimum*, *P. irregolare*, *P. aphanidermatum* e *P. debaryanum* sono le specie più frequentemente riportate in bibliografia. Esse si sviluppano in presenza di elevata umidità atmosferica e di acqua libera nel terreno. I terreni

pesanti e poco drenati, i ristagni d'acqua, le zone umide e le piogge temporalesche sono tutte condizioni favorevoli agli attacchi della malattia. Nelle giovani piante il patogeno penetra attraverso i tessuti del colletto e si propaga rapidamente nell'apparato radicale producendo marciumi molli, sia a livello della radice sia del colletto. Le piante infette avvizziscono, si piegano sul terreno e muoiono producendo ampie fallanze. Sulle piante adulte, invece, il fungo infetta gli apici delle radici producendo marciumi radicali.



Fig. 4.1 - *Danni da Pythium sp. su Poinsettia* (fonte: <http://hort.uwex.edu>)

Phytophthora. La maggior parte delle specie attacca l'apparato radicale causando marciume e necrosi del colletto, con conseguente appassimento ed avvizzimento della chioma. I sintomi dipendono dallo stadio di sviluppo della pianta ospite, nelle fasi giovanili i sintomi sono molto simili alle alterazioni causate da *Pythium* spp. Su piante adulte, *Phytophthora* spp. possono causare marciume delle gemme o dei frutti, più spesso causano appassimento del fogliame e dei germogli, rarefazione della chioma, microfillia, ingiallimento fogliare, ripiegamento a coppa della lamina fogliare, ovvero apoplezia.

Generalmente, la malattia si presenta con una sintomatologia di generale sofferenza, che viene spesso attribuita a carenze nutrizionali o idriche, ovvero a fenomeni di asfissia, dando così luogo a diagnosi non tempestive che consentono la diffusione del patogeno con conseguenti gravi danni.

Ambiente ideale per l'insediamento e la diffusione di *Phytophthora* spp. è il vivaio, per la presenza di materiale di varia origine (es. geografica) allevato in spazi piuttosto ristretti con condivisione dell'acqua di irrigazione e quella di scolo.

Diverse sono le specie di *Phytophthora* segnalate nel nostro Paese in ambiente vivaistico. Per lo più si tratta di specie polifaghe eterotalliche. Tra quelle più comunemente isolate si riportano ad esempio *P. nicotianae* su pittosporo, forsithia, mirto, eucalipto lavanda; *P. palmivora* su edera pittosporo, mirto, lavanda ed altre specie ornamentali; *P. cryptogea* su lentisco; *P. cinnamomi* su *Chamaecyparis* e su viburno; *P. ramorum* (patogeno considerato da quarantena) su rododendro. Tra le specie omotalliche si ricorda *P. cactorum* su viburno e come segnalazioni sporadiche *P. italica* su mirto e *P. hedraiaandra* su viburno.

La trattazione degli ospiti e dei danni legati a infestazioni di specie polifaghe di *Phytophthora* potrebbe essere molto più lunga ed includere anche *P. cactorum*, e *P. citricola*, oltre alla già menzionata *P. cinnamomi*, tra le specie più comunemente presenti sul materiale vivaistico del nostro Paese. Di fatto, la potenziale diffusione di queste specie su ospiti nuovi, ovvero in aree ancora indenni, come pure il rischio di ibridazione tra specie diverse in un ambiente come il vivaio, così ricco di specie vegetali, spesso provenienti da paesi diversi, allevate con elevata densità e non di rado sovra-irrigate, costituisce un tema allarmante che andrebbe tenuto ben presente, al fine di evitare diffuse e gravi morie a carico del patrimonio verde nazionale originate dalla semplice commercializzazione di materiale infetto.

Sia in vaso sia in pieno campo, gli attacchi più gravi avvengono in presenza di elevati valori termigrometrici (tipici delle serre) ed in terreni eccessivamente umidi e con frequenti ristagni d'acqua. Le prime infezioni sono prodotte dalle oospore presenti nel terreno mentre la diffusione della malattia avviene, per mezzo di altre forme di spore, tramite l'acqua di irrigazione e le piogge. Il patogeno presente nel terreno si insedia sulla pianta ospite attraverso le ferite create nella regione del colletto durante il trapianto o nel corso delle operazioni colturali. Le piante colpite avvizziscono e muoiono in breve tempo.

***Verticillium dahliae* e *V. albo-atrum*.** Si tratta di due specie che si caratterizzano per la produzione di abbondanti conidi su conidiofori portati in "verticilli". Dei due patogeni tracheomicotici, *V. dahliae* è il più termofilo e nel suolo produce microsclerozi, organi di sopravvivenza di diametro di 50-200 μm . *V. albo-atrum* è presente in climi più freschi e non forma microsclerozi ma solo micelio durevole, ispessito e scuro. I patogeni infettano numerosissime specie, provocando deperimento ed avvizzimento, essendo agenti di tracheomicosi. La penetrazione nella pianta avviene tramite l'apparato radicale e anche per ferite causate nella zona del colletto. Anche i nematodi possono

diffondere la malattia durante la loro attività trofica sempre a livello dell'apparato radicale. Entrambi i miceti, una volta penetrati nei vasi linfatici, rallentano o impediscono il movimento del flusso idrico, in quanto occludono i vasi legnosi. Inoltre determinano alterazioni dell'equilibrio ormonale e della produzione di metaboliti da parte della pianta.



Fig. 4.2 - *Phytophthora* sp. su rododendro (fonte: <http://www.plantmanagementnetwork.org>)



Fig. 4.3 - *Tracheoverticilliosi* su acero (fonte: <http://www.entomology.umn.edu>)

Fusarium. Sono descritte almeno un centinaio di specie, alcune con specificità di ospite o di area geografica, altre polifaghe ed ubiquitarie. Si hanno innumerevoli notizie e segnalazioni su *Fusarium* spp. presenti nei vivai. Tra le principali specie si elencano: *F. avenaceum*, *F. equiseti*, *F. moniliforme*, *F. oxysporum*, *F. poae*, *F. proliferatum* e *F. sambucinum*.

Le specie in esame possono essere presenti nel suolo, come clamidospore o masse di conidi nei detriti vegetali, e sono in grado di colonizzare le piantine non ancora lignificate, rimanendo poi attive sugli apparati radicali, in cui causano necrosi che compromettono le capacità di assorbimento. Escludendo i marciumi del colletto, i sintomi dell'attacco da *Fusaria* sono simili al danno da siccità (ridotto accrescimento, seccume delle parti apicali, avvizzimento di parte o di tutta la chioma, morte delle piante nel periodo estivo), ma essi derivano invece dalle necrosi presenti sulle radici, specie negli apici, e le piantine spesso presentano lesioni ed aree con colore e consistenza alterati nella parte basale del fusto

Le tracheofusariosi causate da numerose forme speciali di *Fusarium oxysporum*, patogeno vascolare responsabile di tracheomicosi su oltre 100 specie di piante, sono tra le malattie emergenti nei vivai. I sintomi della malattia consistono in perdita di turgore delle foglie, ingiallimento, avvizzimento e disseccamento della parte aerea della pianta ed imbrunimento del tessuto vascolare. La penetrazione del patogeno avviene passivamente, mediante ferite, ed una volta all'interno della pianta esso si localizza nei vasi legnosi nei quali si diffonde.

Talvolta nei vivai possono essere rinvenute anche nuove forme speciali di *Fusarium oxysporum*. Le possibili cause sono riconducibili essenzialmente a:

- i) aumento delle specie coltivate che comporta la presenza di più ospiti suscettibili al patogeno;
- ii) globalizzazione dei mercati che aumenta la probabilità di importare materiale infetto;
- iii) evoluzione delle tecniche colturali con l'impiego di sistemi irrigui a ciclo chiuso, come il flusso-riflusso, che favoriscono la diffusione di queste patologie;
- iv) cambiamenti climatici come l'aumento della CO₂ e della temperatura che possono modificare la distribuzione geografica delle malattie.

Rhizoctonia solani. È uno dei patogeni più diffusi e noti tra i diversi Basidiomiceti ad *habitus* tellurico. In particolare, la specie che si presenta come micelio sterile denominato *R. solani* è ulteriormente suddivisa in gruppi di anastomosi, con capacità patogenetiche diverse. Si tratta di un patogeno polifago molto attivo nel causare danni alle radici ed al fusto delle specie più disparate, anche con notevole mortalità. Il sintomo più tipico si osserva al colletto, con imbrunimenti che si diffondono anche allo stelo, che diventano poi marciumi.

Le radici possono presentare macchie necrotiche brunastre e, in fase finale della malattia, anch'esse sono marcescenti. Questo tipo di fungo colpisce prevalentemente le giovani piante, dopo il trapianto ed è favorito da eccessi di umidità, coltivazione fitta, eccesso di sali nel substrato.

In vivaio, tali fenomeni possono essere notati su gruppi di piante, con il formarsi di fallanze, dovute al veloce espandersi del fungo da una pianta attaccata all'altra, specialmente in corrispondenza di aumenti di temperatura e senza necessità di forti quantità d'acqua.

Il patogeno produce rapidamente un gran numero di sclerozi scuri, grigio-bruni sulle piante attaccate. Essi sono il principale mezzo di sopravvivenza, nei residui di coltivazione che restano nel terreno, e di diffusione, tramite movimenti di terriccio infetto e con l'uso di strumenti per lavorazioni contaminati.



Fig. 4.4 - Marciume del colletto causato da *Rhizoctonia solani* su *Poinsettia*
(fonte: <http://sfservices.syngenta.com>)

Sclerotinia sclerotiorum. Il fungo è un microrganismo in grado di attaccare numerose specie di piante del comparto florovivaistico. *S. sclerotiorum* vive nel terreno: gli sclerozi sono strutture altamente resistenti grazie alle quali il fungo può conservarsi allo stato latente anche per diversi anni (fino a 9-10). Un'alternanza di periodi secchi e umidi induce al contrario la devitalizzazione degli sclerozi presenti sulla superficie del suolo. Il patogeno colpisce con maggiore frequenza gli impianti coltivati in zone umide causando marciumi del colletto; è favorito da abbassamenti termici e da frequenti irrigazioni. In queste condizioni

, gli sclerozi germinano producendo un micelio in grado di attaccare direttamente i tessuti della pianta ospite o differenziano la forma sessuata, costituita da apotecii giallo-bruni a forma di coppa pedicellata. Sugli apotecii si formano gli aschi contenenti ciascuno otto ascospore che, giunte a maturità, vengono liberate e diffuse nell'ambiente ad opera del vento. La formazione degli apotecii e la successiva liberazione delle ascospore sono in genere favorite da temperature basse. I tessuti colpiti perdono la naturale colorazione verde e assumono una tinta biancastra; la presenza sulla parte infetta di micelio bianco inframmezzato da corpiccioli neri (sclerozi) è un segno caratteristico della malattia. L'assenza di rotazioni o rotazioni con altre colture suscettibili a *S. sclerotiorum* aumentano il potenziale di inoculo, come pure la presenza di piante ospiti nella flora infestante.

A conferma del graduale cambiamento dei patogeni del suolo in risposta all'aumento delle temperature medie osservate negli ultimi 15 anni, vi sono alcuni esempi di patogeni tellurici che, considerati emergenti in Italia ed in Europa e nelle regioni temperate degli Stati Uniti, agli inizi degli anni 90, sono divenuti economicamente importanti dopo il 2000, fra questi:

Sclerotium rolfsii. E' un micete fitopatogeno notevolmente polifago, in grado di infettare oltre 200 specie di piante, principalmente angiosperme, sia erbacee che arbustive ed arboree, ma anche gimnosperme, pteridofite e briofite. Tra le piante di interesse agrario sono colpite in particolare le colture ortive, ma anche cereali, fruttiferi e piante ornamentali. Le infezioni, generalmente, si instaurano a livello del suolo per poi estendersi per alcuni centimetri (massimo una quindicina) al di sopra e al di sotto del punto di penetrazione. Trattandosi di un micete abbastanza termofilo, che predilige temperature estive comprese tra i 25 e 35°C, risulta dannoso soprattutto nelle zone tropicali e temperate calde, pur non mancando segnalazioni di infezioni in zone più fredde. Ad esempio, negli Stati Uniti *S. rolfsii* si è spostato in zone tipicamente più fredde rispetto a 20-30 anni fa, quando rappresentava un patogeno di importanza economica solo negli stati del sud, in zone subtropicali o caldo-aride.

Oltre alle temperature elevate, altri fattori predisponenti all'infezione sono un elevato contenuto di sostanza organica ed una elevata umidità del suolo. Il fungo si perpetua in forma di micelio sulle

piante infestanti e in forma di sclerozi sui residui colturali. La sua diffusione avviene principalmente per disseminazione degli sclerozi operata dall'acqua, dal vento e dalle pratiche colturali.



Fig. 4.5 - *Sclerotium rolfsii* su viburno (fonte: <http://jpkc.jluhp.edu.cn>)

***Macrophomina phaseolina*.** *M. phaseolina* (sinonimo *Sclerotium bataticola*) è un fungo che attacca più di 300 specie di piante, includendo specie di interesse agrario, piante erbacee spontanee e piante forestali nei primi stadi di sviluppo, sia conifere che latifoglie e può sopravvivere nel terreno per oltre 15 anni come saprofita. È un fungo termofilo di origine tropicale agente di marciume carbonioso, che sta divenendo un patogeno economicamente importante in Spagna e nelle zone temperate degli Stati Uniti. Il patogeno è presente e causa danni notevoli solo nelle aree a clima caldo-temperato, come nelle nostre regioni centro-meridionali, ed eventualmente in aree più fredde in condizioni protette (serre): nel periodo caldo dell'estate, l'apparato radicale viene gradualmente distrutto, le piante hanno una crescita ridotta ed una evidente clorosi e in molti casi la vitalità delle piante è compromessa. Anche solo con una lente d'ingrandimento 10× è possibile osservare i microsclerozi di *M. phaseolina*, formati sotto la corteccia e l'epidermide della parte inferiore del fusto e nelle radici delle piante attaccate. Essi, con i picnidi, che producono conidi unicellulari ialini, sono i principali mezzi di diffusione del patogeno.

Il settore florovivaistico, inoltre, è particolarmente esposto al rischio di emergenza di nuove malattie in conseguenza del dinamismo, dell'ampia gamma di prodotti, della continua innovazione di procedimento e di prodotto e dell'impiego di tecniche di coltivazione intensive che lo caratterizzano.

Altri aspetti peculiari del settore vivaistico sono la rapida sostituzione delle varietà per adeguarsi alle esigenze del mercato e l'impiego di resistenze mono ed oligogeniche alle malattie, che favorisce l'insorgenza di nuove forme speciali e razze dei patogeni. La comparsa improvvisa e quasi contemporanea in diversi continenti di malattie delle piante ornamentali è riconducibile, infine, a motivi strutturali. In questa filiera produttiva, infatti, il materiale di propagazione è prodotto in pochi vivai di grandi dimensioni che riforniscono piccoli vivai ubicati in altre regioni o in paesi lontani. Per ridurre il rischio di diffusione di nuove malattie occorrerebbe, pertanto, intercettare i patogeni nei punti nodali della filiera.

Tab. 4.1. Principali specie fungine fitopatogene ad habitus tellurico descritte nel testo: tipo di malattia causata, modalità di conservazione nel terreno, strategie fitoiatriche adottabili, principi attivi ammessi per le specie floricole e ornamentali e loro limitazioni d'uso (modificato da "Linee Guida nazionali per la produzione integrata delle colture: difesa fitosanitaria e controllo delle infestanti", Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, 2012).

Fitopatie	Propaguli	Criteri di intervento	Principi attivi biologici o chimici	Limitazioni d'uso e note
Marciumi basali e radicali				
<i>Phytophthora</i> spp. <i>Pythium</i> spp.	<ul style="list-style-type: none"> - Oospore - Sporangii - Clamidospore - Residui di piante infette 	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminare i ristagni idrici - Distruggere le piante infette - Disinfettare il terreno con il vapore o con la solarizzazione - Biofumigazione - Agrofarmaci biologici - Interventi chimici in presenza di sintomi 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Streptomyces griseoviridis</i> (1) - <i>Trichoderma</i> spp. - <i>Trichoderma harzianum</i> - Dimetomorf (2) - Fosetil alluminio (3) - Metalaxil-M (4) - Benalaxil (4) - Propamocarb 	<ul style="list-style-type: none"> (1) Autorizzato solo su ciclamino, gerbera e garofano (2) Autorizzato solo su garofano e gerbera contro <i>Phytophthora</i> spp. (3) Autorizzato solo su ornamentali (4) Max 1 intervento per ciclo colturale
Marciumi				
<i>Sclerotinia</i> spp., <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Sclerotium rolfsii</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Sclerozi - Microsclerozi - Residui di piante infette 	<ul style="list-style-type: none"> - Eseguire un accurato drenaggio ed equilibrate concimazioni - Controllare l'umidità nella serra - Distruggere le piante infette - Eliminare le piante infestanti ospiti - Disinfettare il terreno con il vapore o con la solarizzazione - Biofumigazione - Agrofarmaci biologici - Interventi chimici in presenza di sintomi 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Coniothyrium minitans</i> (*) - <i>Trichoderma</i> spp. - <i>Trichoderma harzianum</i> - Procloraz (1, 2, *) - Mancozeb (3) - Tolclofos-metile (4) 	<ul style="list-style-type: none"> (*) Autorizzato solo contro <i>Sclerotinia</i> spp. (1) Autorizzato solo su rosa e garofano (2) Max 3 interventi per coltura (3) Autorizzato solo in pieno campo su garofano (4) Max. 1 intervento per ciclo colturale

Continua

Fitopatie	Propaguli	Criteri di intervento	Principi attivi biologici o chimici	Limitazioni d'uso e note
Fusariosi, tracheofusariosi e tracheovorticilliosi				
<i>Fusarium</i> spp..	<ul style="list-style-type: none"> - Clamidospore - Residui di piante infette 	<ul style="list-style-type: none"> - Interventi agronomici - Evitare le lesioni - Impiegare materiale di propagazione sano e certificato ai sensi della normativa vigente - Adottare cultivar meno suscettibili - distruggere le piante infette - Interventi fisici e/o biologici - Disinfettare il terreno con il vapore o con la solarizzazione - Biofumigazione - Agrofarmaci biologici 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Streptomyces griseoviridis</i> (1) - <i>Trichoderma</i> spp. 	(1) Autorizzato solo su ciclamino, gerbera e garofano
<i>Verticillum</i> spp.	<ul style="list-style-type: none"> - Microsclerozi - Micelio durevole - Residui di piante infette 			
Altri				
Marciume carbonioso <i>Macrophomina phaseolina</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Microsclerozi - Residui di piante infette 	<ul style="list-style-type: none"> - Interventi agronomici - Impiegare re materiale di propagazione sano e certificato ai sensi della normativa vigente - Limitare le concimazioni azotate - Interventi fisici e/o biologici - Disinfettare il terreno con il vapore o con la solarizzazione - Biofumigazione 		

4.2. La biofumigazione

Principi generali

Nel 1987 il bromuro di metile (BM), un fumigante largamente utilizzato in Italia per la disinfestazione del terreno, è stato incluso nel Protocollo di Montreal tra le sostanze ritenute responsabili della distruzione della fascia di ozono stratosferico il cui consumo va posto sotto controllo. Tale provvedimento ha scatenato, a livello internazionale, tutta una serie di iniziative legislative volte a ridurre in modo graduale e ad eliminare a partire dal 2005 il Bromuro di Metile in agricoltura. Contemporaneamente si è verificato un rapido sviluppo di ricerche volte a mettere a punto metodologie alternative di disinfestazione del terreno per il controllo di alcuni patogeni del terreno (funghi, nematodi) non solo in agricoltura biologica, ma anche in quella convenzionale in seguito ad una crescente spinta da parte del legislatore a cancellare la registrazione di molecole ad elevata tossicità (Regolamento R.E.A.C.H) ed ad incentivare l'adozione di pratiche sostenibili ed a ridotto impatto ambientale (Regolamento CE 1234 del 2007).

Il mercato globale dei fumiganti è in crescita tuttavia esistono molte difficoltà in ambito registrativo per la scarsa rispondenza dei fumiganti ai requisiti della normativa Europea e, inoltre, alcuni di essi possono essere impiegati per uso di emergenza solo per un numero limitato di colture ornamentali.

In questo contesto, la ricerca di alternative con alta efficacia, basso costo ed impatto ambientale contenuto rappresenta una vera e propria sfida per un'agricoltura moderna in chiave eco-sostenibile. Le alternative proposte includono metodi come la solarizzazione, l'applicazione di agenti di biocontrollo e di sostanza organica e la biofumigazione.

È noto che nel mondo vegetale sono presenti vari sistemi naturali di difesa che in alcuni casi rappresentano dei veri sistemi chimici in grado di produrre composti ad elevata attività biologica. Fra questi, il sistema glucosinolati-mirosinasi, tipico della famiglia delle *Brassicaceae*, delle *Capparidaceae* e di altre 10 famiglie minori delle Dicotiledoni, ha mostrato fin dai primi anni del secolo alcune interessanti caratteristiche biologiche. I glucosinolati sono una classe di circa 120 diversi glicosidi caratterizzati da un gruppo funzionale comune e da una catena laterale che può essere di natura alifatica, aromatica o eteroaromatica. Tali composti, in presenza di acqua e dell'enzima endogeno mirosinasi, sono rapidamente idrolizzati con formazione di b-D-glucosio, ione idrogeno-solfato e una serie di prodotti di idrolisi che, in funzione delle condizioni in cui avviene la reazione, possono essere isotiocianati, nitrili o tiocianati. Enzima (mirosinasi) e substrato (glucosinolati), nella cellula sana, sono compartimentalizzati in zone diverse e solo dove si verificano lesioni cellulari causate da fattori abiotici e/o biotici, entrano in contatto con produzione, in situ, dei corrispondenti prodotti di idrolisi che svolgono una azione di prevenzione e/o di

controllo, e comunque di difesa, da alcuni agenti patogeni. I prodotti di idrolisi sono composti solforati caratterizzati da una discreta volatilità e da un'elevata attività biologica nei confronti di batteri, funghi, nematodi, insetti e come inibitori di germinazione. L'elevata volatilità, se da un lato rende tali molecole poco persistenti nel terreno, dall'altro consente loro un'estrema mobilità e quindi la possibilità di raggiungere agevolmente l'organismo bersaglio.

Le caratteristiche chimico-fisiche dei prodotti d'idrolisi, la loro attività biologica e la presenza di buone quantità di glucosinolati e mirosinasi in tutti gli organi delle *Brassicaceae*, hanno suggerito la possibilità di ammendare il terreno con tali composti attraverso la coltivazione ed il sovescio di piante caratterizzate da un elevato contenuto in glucosinolati ad elevata attività biocida per il controllo di *Sclerotinia* spp., *Fusarium* spp., *Verticillium* spp., *Pythium* spp., *Phytophthora* spp., nematodi, elateridi e perfino erbe infestanti.

Campi di applicazione

Le attuali conoscenze sull'utilizzo del sistema 'glucosinolati-mirosinasi' in agricoltura derivano da una serie di studi sistematici condotti dalla ricerca Italiana che hanno dato un impulso fondamentale alla tecnica, conosciuta da molto tempo, ma applicata sempre a livello empirico. Tali studi sono sostanzialmente schematizzabili in tre fasi:

1. Studi di miglioramento genetico: condotti senza il ricorso a tecnologie OGM attraverso i quali è stata selezionata una gamma di varietà specificatamente create per l'impiego di biofumigazione e caratterizzate da elevate produzioni di biomassa e/o di seme, contenuto in glucosinolati e varia adattabilità anche a condizioni pedoclimatiche non ottimali
2. Studi sull'ottenimento di materiali secchi a partire da tessuti vegetali e/o da semi delle *Brassicaceae* selezionate. Proprio basandosi su queste ricerche, a partire dal 2004 una nuova tecnologia brevettata consente di ottenere formulati secchi con attività biofumigante a partire da farine di semi di Brassicacee. Questi vengono disoleati seguendo una tecnologia che consente di conservare praticamente inalterate le componenti biotossiche e successivamente di formulare i prodotti garantendo una cinetica di reazione costante.

Basandosi su questa tecnologia sono stati prodotti biofertilizzanti in pellet (Biofence) che hanno trovato impiego in orticoltura e frutticoltura sia in Italia che all'estero e sono inseriti nei piani di sviluppo rurale tra le misure per il miglioramento della qualità dei suoli.

3. Studi sull'ottenimento di emulsioni stabili basate sulla miscelazione di farine, olii vegetali aminoacidi e acqua in grado di prevenire malattie fungine o attacchi di insetti e di mettere la pianta in condizione di respingere infestazioni già in atto.

Le attuali conoscenze sulla biofumigazione naturale, ottenute nell'ambito di ricerche nazionali e regionali pongono la Società AGRIMUM Italia (ex Cerealtoscana), partner del Progetto VIS, in una posizione di leader del settore al livello nazionale ed internazionale, come dimostrato dalla concessione del Brevetto Europeo concesso nel dicembre 2008. Partendo dalle conoscenze acquisite, la Società ha messo a punto una gamma di formulati in forma di polveri o pellet che al momento sono classificati come concimi organici e sono già commercializzati nel settore orticolo sia in coltura protetta sia in pieno campo (www.triumphitalia.com).

In Italia, la biofumigazione è stata applicata su fragola, patata, lattuga, riso, carota, pomodoro e vite. Negli Stati Uniti, nel 2004, oltre 15.000 ettari sono stati trattati con materiali biofumiganti e sono note anche esperienze dell'applicazione di tale tecnica in altri paesi d'Europa (Olanda, Inghilterra, Francia, Finlandia, Svezia, Danimarca), in Africa (Marocco, Kenia,) in Giappone e in Israele.

Le modalità di applicazione sono sempre estremamente pratiche e meccanizzabili: i sovesci freschi vengono interrati in fioritura, quando la quantità di glucosinolati interrata per ettaro è massima. I sovesci secchi in pellet possono essere distribuiti attraverso uno spandiconcime e successivamente interrati nello strato superficiale del terreno e sottoposti ad una leggera irrigazione. In tal modo l'azione ammendante avviene totalmente nel terreno, senza dispersioni e con un'efficienza molto elevata, soprattutto in coltura protetta. I pellet esercitano anche un'azione fertilizzante e fitostimolante legata all'apporto di sostanza organica, azoto non facilmente dilavabile, fosforo e microelementi (**TEXTBOX 4.1**).

Numerosi sono gli studi che hanno messo in evidenza l'attività biofumigante delle *Brassicaceae* appositamente selezionate nei confronti di diversi patogeni tellurici.

Il livello di controllo della malattia può essere migliorato selezionando le varietà di *Brassica* con un elevato contenuto di isotiocianati che siano particolarmente attivi nei confronti di specifici patogeni e maggiormente persistenti nel terreno. Inoltre, la dimensione delle particelle e l'affinamento di alcune pratiche agronomiche quali la quantità di materiale per volume di terreno, la sua bagnatura e/o il suo interrimento al fine di aumentare il rilascio degli isotiocianati riducendone la perdita, possono contribuire a migliorare le "rese fitoiatriche" di tale strategia.

Il termine biofumigazione è stato coniato per meglio definire il controllo di organismi patogeni di origine tellurica da parte degli isotiocianati che vengono liberati dall'idrolisi dei glucosinolati contenuti in molte *Brassicaceae*. Oggi è tuttavia un termine riduttivo in quanto si è compreso come l'azione non possa essere identificata con il mero effetto di contenimento dei patogeni, quanto più estesamente con un incremento complessivo del livello di fertilità del substrato. Infatti, benché sia tecnicamente possibile estrarre gli isotiocianati puri dalle biomasse, ottenendo dei veri e propri biopesticidi, si preferisce utilizzare i formulati vegetali tal quali utilizzando l'effetto sinergico della

sostanza organica e di composti bioattivi presenti nei semi di *brassicacee* e non riconducibili al sistema glucosinolati – mirosinasi.



Fig. 4.6 - Interramento di sovescio biofumigante ISCI 20

Il grande interesse suscitato dalla biofumigazione risiede anche nel fatto che essa è considerata una tecnica eco-compatibile e a basso impatto ambientale.

I pellet biofumiganti (es. Biofence) sono costituiti esclusivamente da materiale vegetale. Pertanto sono completamente rinnovabili e completamente degradabili. Recentemente sono stati compiuti anche studi sul bilancio della CO₂ che ne ha messo in luce un bilancio positivo. Un interramento di formulati secchi ai dosaggi consigliati in etichetta permette di conservare quantitativi di gas serra pari a qualche centinaio di kg per ettaro che diventano migliaia se si aggiungono i mancati utilizzi dei fumiganti chimici.

I formulati secchi per biofumigazione sono ovviamente di nessuna tossicità per l'uomo e recenti studi ne hanno messo in evidenza anche una scarsa sensibilità da parte di microrganismi antagonisti o saprofitari. Per tale motivo recentemente sono stati condotti studi per valutare eventuali effetti indesiderati sia dei glucosinolati che degli isotiocianati nei confronti della micoflora del terreno residente o introdotta che degli organismi non-target. Recenti studi hanno evidenziato una minore sensibilità di alcune specie di *Trichoderma* ai volatili tossici rilasciati da semi sfarinati di *Brassica carinata*, rispetto ad alcuni patogeni tellurici, resta tuttavia ancora da chiarire se gli agenti di

biocontrollo possano essere utilmente impiegati assieme al trattamento biofumigante per un controllo integrato delle malattie

La biofumigazione nel florovivaismo

L'impegno della biofumigazione per la disinfezione del terreno è una tecnica relativamente recente, ma già ampiamente diffusa e consolidata su numerose colture ortofrutticole. La nuova tecnologia per applicare la tecnica di biofumigazione al settore florovivaistico attraverso l'uso di formulati secchi in farine è, al contrario, un'opportunità più recente e oggetto di studi che possono migliorarne ulteriormente l'efficacia.

I vantaggi pratici dell'utilizzo dei formulati secchi risiedono nella velocità dell'operazione che non richiede – rispetto al sovescio fresco – i tempi necessari alla coltivazione della pianta. Inoltre interrando le farine nel terreno prima della bagnatura migliora notevolmente l'efficienza del trattamento. La composizione tipica (% sostanza secca) dei formulati secchi utilizzati in biofumigazione è la seguente:

- Olio 9 - 12%
- Azoto 5 - 6%
- Fosforo 0,7 - 1%
- Potassio 1 - 1,5%
- Carbonio 40 - 45%
- Zolfo 1 - 1,5%
- Sostanza Organica 80 - 85%
- Glucosinolati 4,1 – 4,7
- Nell'utilizzo in bancale o direttamente nel suolo, la pratica della biofumigazione è in grado di creare un migliore ambiente di coltivazione in cui viene ripristinato il livello di fertilità e una composizione della microflora assai più equilibrata e favorevole allo sviluppo di una pianta sana.
- Anche l'impiego di tali formulati in vaso, oltre ad ampliare le conoscenze sulla loro efficacia in un nuovo settore, ha ricadute pratiche immediate di notevole interesse. Il basso impatto ambientale della tecnica porta infatti benefici sia per la difesa delle colture che per il riciclo di substrati esausti altrimenti non utilizzabili senza incorrere in gravi rischi fitopatologici che in molti casi si ripercuotono negativamente sulle produzioni da un punto di vista qualitativo e quantitativo. Allo scopo di ottimizzare l'utilizzo dei formulati per biofumigazione nel florovivaismo sia in vaso, sia in bancali, sia su terreno per il risanamento dei substrati esausti è

stato necessario mettere a punto l'utilizzo di formulati farine ad azione biofumigante e una tecnica di utilizzo adeguata al contesto operativo (**TEXTBOX 4.1**).



Fig. 4.7 - *Pellet e farina ad azione biofumigante*

L'utilizzo di formulati in polvere ad azione biofumigante deve essere inquadrata in una innovazione del processo produttivo aziendale attuabile nel florovivaismo senza la necessità di acquistare macchinari o modificare la normale pratica. Questo sicuramente va a favore della diffusione della biofumigazione anche nelle Aziende piccole e medie che in tal modo sono in grado di ottenere prodotti di qualità elevata, mantenendo una buona competitività e garantendo al tempo stesso un alto indice di rispetto dei parametri ambientali.

4.3 Prospettive future

[Sommar](#)

Lo sviluppo di formulati sfarinati caratterizzati da un'elevata standardizzazione del prodotto finale e dotati di modulazione del rilascio nel tempo dei composti naturali biofumiganti tipici della famiglia delle *Brassicaceae* è stato già sperimentato con successo in terreni e substrati utilizzati per la coltivazione di fiori recisi (crisantemo o gerbera ecc.).

Il sempre maggior impiego, favorito anche dalla mancanza di alternative tradizionali, fornirà conoscenze, metodologie e strumenti agli operatori del settore florovivaistico anche per l'utilizzo di substrati riciclati con elevata qualità da un punto di vista fitosanitario, utilizzando metodi alternativi ed ecocompatibili a basso impatto ambientale per la risoluzione di tali problematiche.

I benefici per la sostenibilità che possono derivare dall'utilizzo di formulati di farine vegetali ad azione biofumigante nell'attività di florovivaismo potranno avere ricadute interessanti non solo sul comparto produttivo, ma anche sull'intero territorio circostante. L'applicazione della tecnica di biofumigazione rappresenta per il settore vivaistico una grande novità che potrà avere ricadute significative anche in termini occupazionali e di salute degli ambienti di lavoro.



Fig. 4.8 - *Spargimento della farina per biofumigazione*



Fig. 4.9 - *Interramento della farina per biofumigazione*



Fig. 4.10 - *Irrigazione fino a portare il terreno alla capacità di campo*



Fig. 4.11 - *Prime emergenze su ranuncolo. Dopo solo 7 giorni dallo spargimento della farina è possibile procedere alla semina*



Fig. 4.12 - Risultato della biofumigazione su crisantemo

4.4. Bibliografia essenziale

[Sommaro](#)

- Bluformula brand for commercialisation of biocidal green manure and meal formulations. *Agroindustria* 3,409-412
- Galletti S., Sala E., Leoni O., Burzi P.L., Cerato C. 2008. *Trichoderma* spp. tolerance to *Brassica carinata* seed meal for a combine use in biofumigation. *Biological Control*, 45: 319-327.
- Gaudet D.A., Tronsmo A.M., Tanino K.K. 2012. Climate change and plant diseases. In: Temperature adaptation in a changing climate: nature at risk. Storey K.B., Tanino K.K. Eds., CABI Climates change series, Vol. 3, 144-159.
- Kirkegaard J.A., Matthiessen J.N. 2004. Developing and refining the biofumigation concept. *Agroindustria* 3: 233–239.
- Larkin R.P., Griffin T.S. 2007. Control of soilborne potato diseases with *Brassica* green manures. *Crop Protection* 26: 1067–1077.
- Lazzeri L., Leoni O., Bernardi R., Malaguti L, Cinti S. 2004. Plants, techniques and products for optimising biofumigation in the full field. *Agroindustria*, 3: 281-287.
- Lazzeri L., Leoni O., Manici L.M., Palmieri S., Patalano G., 2002. Brevetto N. BO 2002 A 000544. Uso di farine vegetali come agenti biotossici ad azione ammendante. Ufficio Italiano Brevetti e Marchi

- Lazzeri L., Leoni O., Palmieri S., Cinti S., Malaguti L., Curto G., Patalano G., 2007. Brevetto N. BO 2007° 000233. Ammendante agricolo a base di farine vegetali ed uso di tale ammendante. Ufficio Italiano Brevetti e Marchi.
- Marzialetti P. 2009. Resoconto della Giornata dimostrativa su “Come riciclare gli scarti verdi dei vivai”, 17 settembre 2009 – Ce.Spe.Vi. Notiziario Centro Sperimentale per il Vivaismo. Pistoia, N° 169 Luglio-Agosto 2009, 5-6. <http://www.cespevi.it/pdf/N19.pdf>
- Matthiessen J.N., Kirkegaard J.A 2006. Biofumigation and Enhanced Biodegradation: Opportunity and Challenge in Soilborne Pest and Disease Management. *Critical Reviews in Plant Sciences* 25: 235–265.
- Patalano G, 2004. New practical perspectives for vegetable biocidal molecules in Italian agriculture:
- Rani N., D. Rani, 2008. Advances in soil borne plant diseases. New India Publishing Agency, New Delhi, xiv+427 pp.<http://dx.doi.org/10.1080/07352680600611543>
- Sarrocco S. (2012) La Biofumigazione. *Clamer Informa*. Anno XXXVII, N. 3: 70-72
- Vannacci G., Sarrocco S., Pecchia S., Vergara M. 2009. [Innovazioni nella difesa delle colture con mezzi a basso impatto ambientale: malattie da funghi](#). Giornata di Studio dell'Accademia dei Georgofili, Firenze. Vol. VII: 27-54.

Farine e pellet ad azione biocida

Il prodotto è una formulazione in polvere derivata da estratti di Brassicacee.

Modalità di utilizzo di **formulato in polvere** ad azione biofumigante :

1. Distribuzione: in pre-semina o pre-trapianto su terreno asciutto ed già preparato per la semina o il trapianto Il dosaggio medio è di 25 q/ha, ma può essere aumentato o diminuito a seconda delle condizioni fitosanitarie del terreno e della sensibilità della varietà impiegata.

2. Lavorazioni: mescolare al terreno (interramento a 15-20 cm) o al substrato e bagnare leggermente per attivare la reazione biofumigante. In tal modo verrà interessata dalla biofumigazione la porzione di terreno dove vive la maggior parte delle radici attive.

ATTENDERE circa 5-7 giorni prima di effettuare la semina o il trapianto della coltura.

Modalità di utilizzo di **pellet** ad azione biofumigante:

1. Distribuzione: in pre-semina pre-trapianto su terreno asciutto ed affinato. La distribuzione e lo spargimento può essere completamente meccanizzata attraverso l'impiego di uno spandiconcime e una fresa.

Dose: 20-30 q/ha.

2. Lavorazioni: incorporare nei primi 15-25 cm di terreno e bagnare con cura per attivare la reazione biofumigante.

ATTENDERE circa 7 giorni prima di effettuare la semina o il trapianto della coltura.

- La tecnica della **biofumigazione** ha già mostrato risultati comprovati da prove sperimentali anche condivise a livello internazionale, nel contenimento di numerosi funghi patogeni del terreno ed in particolare: *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp., *Verticillium* spp., *Phytophthora* spp., *Sclerotinia minor* e *S. sclerotiorum*.
- Estremamente interessante è la selettività dei composti: i più comuni funghi antagonisti quali *Trichoderma harzianum* e l'iperparassita *Coniothyrium minitans* hanno mostrato una sensibilità significativamente inferiore rispetto ai funghi patogeni, offrendo interessanti prospettive anche per un uso sinergico delle due tecniche di contenimento a ridotto impatto ambientale, nel miglioramento della fertilità biologica dei terreni.

Farine vegetali ad azione biofumigante

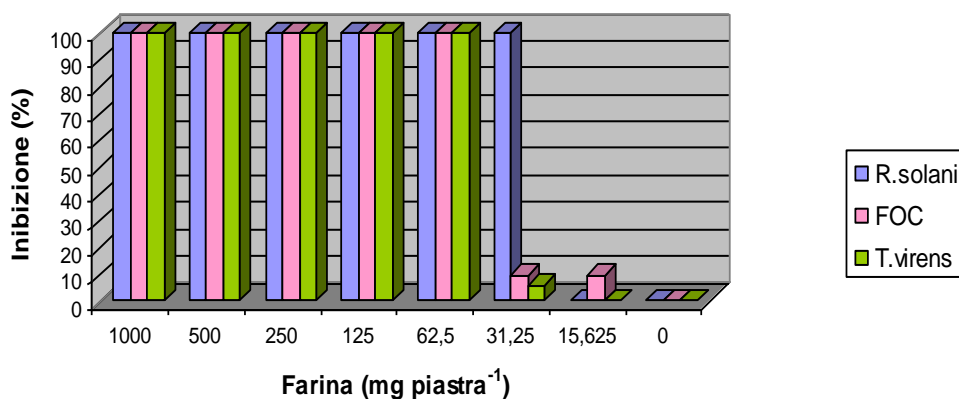
Nell'ambito del progetto VIS l'obiettivo delle ricerche del Dipartimento di Coltivazione e Difesa delle Specie Legnose dell'Università di Pisa è stato quello di ottimizzare la dose di impiego di "farine vegetali" brevettate ad azione biofumigante per il recupero dei substrati esausti da riutilizzare nelle produzioni florovivaistiche.

Il livello di controllo della malattia può essere migliorato attraverso: i) le dimensioni delle particelle, ii) l'affinamento di alcune pratiche agronomiche quali la bagnatura e/o l'interramento del materiale al fine di aumentare il rilascio degli isotiocianati riducendone la perdita, iii) la definizione dei quantitativi ottimali da utilizzare per unità di volume di terreno.

In collaborazione con AGRIMUM Italia sono state allestite prove sperimentali con farine ad azione biofumigante a diversa granulometria (1mm, 300µm) per la valutazione *in vitro* della loro efficacia nei confronti di funghi patogeni ad habitus tellurico importanti in ambito vivaistico.

E' stata allestita una prova sperimentale per la valutazione dell'attività biofumigante delle farine oggetto di indagine sull'accrescimento di funghi fitopatogeni e antagonisti. La sensibilità agli isotiocianati è stata valutata mettendo a punto un biosaggio *in vitro* che prevede l'esposizione del micelio fungino in attivo accrescimento agli isotiocianati rilasciati dalle farine inumidite.

Nel grafico sono riportati alcuni risultati relativi a due funghi fitopatogeni *Rhizoctonia solani* (R. solani) e *Fusarium oxysporum* f.sp. *canariensis* (FOC) e un fungo antagonista *Trichoderma virens* (T. virens). Interessante notare come, dopo 5 giorni, alla dose di 31,25 mg il fungo fitopatogeno *R. solani* sia inibito al 100% nel suo accrescimento mentre le percentuali di inibizione di FOC e *T. virens* siano inferiori al 10%. La dose 15,625 mg di farina biofumigante (1 mm) risulta inibitoria solamente per il fungo fitopatogeno FOC. Le restanti dosi hanno completamente inibito sviluppo di tutti e tre i microrganismi.



(Pagina lasciata intenzionalmente bianca)

5 ANALISI AMBIENTALE ED ECONOMICA

(G. Lazzerini, F.P. Nicese)

5.1 Introduzione

[Sommar](#)

L'introduzione di strumenti di gestione ambientale in ambito vivaistico è un tema di grande attualità non solo perché sono il mezzo attraverso il quale è possibile gestire in modo più efficiente i processi produttivi, ma anche per il forte impatto positivo che questi strumenti hanno in termini comunicativi. Questo presuppone che le aziende si dotino di strumenti di monitoraggio e di analisi del loro comportamento ambientale. L'utilizzo del LCA (- *Life Cycle Assessment* o analisi del ciclo di vita di un prodotto) è ancora poco applicata al settore vivaistico ma può diventare una metodologia interessante sia per la singola azienda, sia per il distretto vivaistico.

In questo capitolo, oltre ad una breve trattazione delle relazioni tra impresa e ambiente, saranno evidenziate le problematiche riguardanti la adozione di strumenti di gestione ambientale. Sarà poi definita la metodologia LCA quale strumento utile a valutare il comportamento ambientale delle imprese vivaistiche. Saranno anche individuate, per i principali sistemi di produzione vivaistica (coltura in piena terra o in contenitore, produzione di piccole piante o di esemplari, ecc.) le varie "voci" del bilancio ambientale necessario alla applicazione del metodo LCA, tentando quindi di quantificare i fattori di emissione (limitatamente al potenziale di riscaldamento globale e quindi in termini di CO₂ equivalente), per le varie fasi del processo produttivo. Inoltre, si descriverà una metodologia semplificata per la quantificazione dell'immobilizzazione della CO₂ nelle piante coltivate, sia in contenitore sia in pieno campo.

Nell'ultimo paragrafo sarà effettuata un'analisi LCA su un set di dati rilevati in alcune aziende del distretto vivaistico pistoiese, valutando sia le emissioni sia il sequestro di CO₂, con l'obiettivo di definire i punti critici della gestione ambientale aziendale. Infine sarà fatta una analisi economico-ambientale sulla individuazione di alcune possibili innovazioni tecnologiche per le coltivazioni in contenitore.

5.2 Le relazioni tra impresa e ambiente

Negli ultimi anni il rapporto tra impresa e ambiente si è andato modificando. Si sta infatti passando da una concezione che vede l'ambiente come un contenitore di risorse da sfruttare senza coglierne un intrinseco valore economicamente quantificabile, a una visione dell'ambiente come "fattore produttivo". Inoltre, la crescita della sensibilità dell'opinione pubblica nei confronti della

salvaguardia dell'ambiente ha orientato il sistema economico e quindi le singole imprese verso una gestione più sostenibile delle proprie attività.

Questo nuovo scenario affida alle singole aziende un ruolo determinante nella ricerca di accordi ambientali di tipo volontario (quindi non previsti obbligatoriamente da disposizioni di legge) relativi a standard di prodotto e/o di processo. È, infatti, l'azienda che attraverso un processo di miglioramento continuo e di autocontrollo dovrà dimostrare alle cosiddette parti interessate o stakeholders (opinione pubblica, autorità pubbliche, clienti, fornitori) il proprio impegno verso l'ambiente, sfruttandolo anche in termini comunicativi.

Anche il settore florovivaistico non potrà sfuggire a questa logica, tenuto anche conto che per l'elevata intensità di coltivazione e per un gestione non sempre razionale delle risorse (in particolare per quanto riguarda acqua, fertilizzanti e fitofarmaci) e dei rifiuti aziendali (es. scarti di produzione), è ritenuto responsabile di un impatto ambientale non trascurabile, non sempre mitigato dagli indiscutibili effetti positivi prodotti, quali la riqualificazione del paesaggio e l'assorbimento di CO₂.

La razionalizzazione delle risorse ambientali di un'azienda vivaistica può essere perseguita attraverso l'introduzione delle migliori innovazioni tecnologiche. Ciò al fine di raggiungere obiettivi di miglioramento ambientale concreti nel tempo e compatibili con le esigenze economiche di gestione aziendale. Tali obiettivi possono essere raggiunti o intervenendo volontariamente sulla struttura gestionale aziendale (strumenti di gestione di processo) e quindi introducendo in azienda un sistema di gestione ambientale così come previsto per esempio dalla Norma ISO 14001 o dal Reg. EMAS III, oppure orientandosi verso una certificazione di prodotto (strumenti di prodotto) che svincola l'azienda dall'agire sulla struttura gestionale aziendale, ma riguarda specificatamente le fasi di realizzazione del prodotto.

In letteratura esistono numerose metodologie per la valutazione dell'impatto dei processi produttivi sull'ambiente; tutte hanno come riferimento il calcolo del bilancio ambientale. Il bilancio ambientale rappresenta una tecnica di *reporting* gestionale atta a raccogliere e organizzare i dati quantitativi relativi alla gestione ambientale dell'azienda nelle aree critiche in cui essa si manifesta. Attraverso il bilancio ambientale sono raccolti, elaborati e comunicati gli obiettivi, le risorse impiegate e i risultati conseguiti dall'impresa. Un esempio di bilancio ambientale specifico per il settore vivaistico è stato sperimentato nell'ambito del progetto FISIAgri della Provincia di Pistoia (Lazzerini et al., 2008).

La redazione del bilancio ambientale ha finalità prevalentemente di carattere informativo interno e in tal senso di controllo gestionale interno; esso può però diventare anche uno strumento di comunicazione rivolto verso l'esterno.

Uno degli strumenti innovativi per il settore vivaistico, per valutare l'impatto dei processi produttivi sull'ambiente e definire obiettivi di miglioramento ambientale, di cui si avvalgono anche i protocolli di certificazione ambientale sopra menzionati, è l'LCA. Questa è una metodologia di calcolo che permette di valutare le interazioni che ha un certo prodotto con l'ambiente e con l'uomo durante tutto il suo ciclo di vita.

5.3 Definizione e applicazioni del metodo LCA

[Sommaro](#)

Secondo le Norme 14040-14044 (2006), l'LCA è 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.

L'approccio LCA alle valutazioni ambientali ha origine negli anni '60. In questo periodo iniziarono le prime ricerche scientifiche riguardanti l'utilizzo di risorse e la produzione di rifiuti dei processi produttivi. I ricercatori si resero conto che l'unico approccio efficace per studiare i processi produttivi in un'ottica ambientale, era quello di seguire *“step by step”* il flusso delle materie prime, dalla loro estrazione, trasformazione e trasporto, fino all'ultima fase, sotto forma di rifiuto. Così nacque il concetto base della logica LCA: *“from cradle to grave”* (dalla culla alla tomba). Nella LCA ogni processo produttivo è considerato integralmente e non analizzato solo nei suoi singoli componenti, per evitare di avere un risultato parziale.

I primi esempi applicativi della metodologia LCA sono riconducibili ai primi anni '70, quando alcune grandi aziende statunitensi e l'agenzia per la protezione dell'ambiente americana (EPA) iniziarono questo tipo di analisi come supporto alle decisioni. Il termine LCA venne coniato solo nel 1990 al congresso SETAC (*Society of Environmental Toxicology and Chemistry*) negli Stati Uniti (Baldo et. al., 2008).

L'LCA può essere applicata utilizzando due approcci diversi:

Approccio 1: *“dalla culla al cancello”* (in inglese: *“from cradle to gate”*).

Ogni prodotto e/o servizio porta con sé una *“storia”*, sia a monte sia a valle della fase del proprio utilizzo. Tale percorso inizia con l'estrazione e la lavorazione delle materie prime e prosegue mediante successive trasformazioni arrivando alla vera e propria fase di produzione e di assemblaggio del prodotto nell'azienda che lo immette sul mercato.

Approccio 2: *“dalla culla alla tomba”* (in inglese: *“from cradle to grave”*).

Una volta uscito dalla azienda, il prodotto è distribuito sul mercato e pronto per il suo uso. Tale fase del ciclo di vita dura per il tempo utile del prodotto, che è ovviamente estremamente variabile a seconda del prodotto medesimo. Poi viene dismesso e diventa un rifiuto o viene riutilizzato.

Il secondo approccio, anche se va oltre il nostro obiettivo (cioè quello di confrontare scenari che adottano tecnologie produttive diverse), potrebbe essere applicato alle piante prodotte in vivaio, la cui vita non si esaurisce all'uscita dal vivaio ma prosegue nel luogo di messa a dimora (un parco per esempio), continuando a svolgere una importante attività di fotosintesi e quindi sequestro di CO₂.

Le aziende possono decidere di sottoporsi ad una LCA per vari motivi:

- monitorare la propria gestione nei confronti dell'ambiente, individuando indicatori pertinenti di prestazione ambientale con le relative tecniche di misurazione;
- definire i punti critici della gestione ambientale, in un ottica di miglioramento delle performance dei processi produttivi;
- definire strategie di marketing: per comunicare ai clienti, fornitori, enti pubblici, ecc. il proprio impegno nei confronti dell'ambiente. Questo impegno può essere tradotto nella elaborazione di una etichetta ecologica o nella implementare di un sistema di gestione ambientale.

L'LCA è definito dalle norme ISO 14040 e ISO 14044 del 2006, che individuano il seguente schema di valutazione, composto di quattro fasi (**Fig.5.1**):

1. Fase di definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione: sono definite le finalità del sistema considerato, il tipo e l'affidabilità dei dati (**Textbox 5.1**).
2. Fase di analisi di inventario (LCI): ciascun impatto (input e output delle fasi del ciclo di vita), quantificato nella fase di inventario, viene "classificato" sulla base dei problemi ambientali (cambiamenti climatici, eutrofizzazione, ecc.) a cui può potenzialmente contribuire.
3. Fase di valutazione degli impatti (LCIA): prevede lo studio e l'elaborazione di ciò che è stato calcolato nella fase di inventario. E' il momento di comprensione dell'impatto ambientale del processo in esame.
4. Fase di interpretazione: è la conclusione dello studio. I risultati ottenuti dalle fasi precedenti sono interpretati in relazione allo scopo dello studio presentato nella fase di definizione dell'obiettivo.

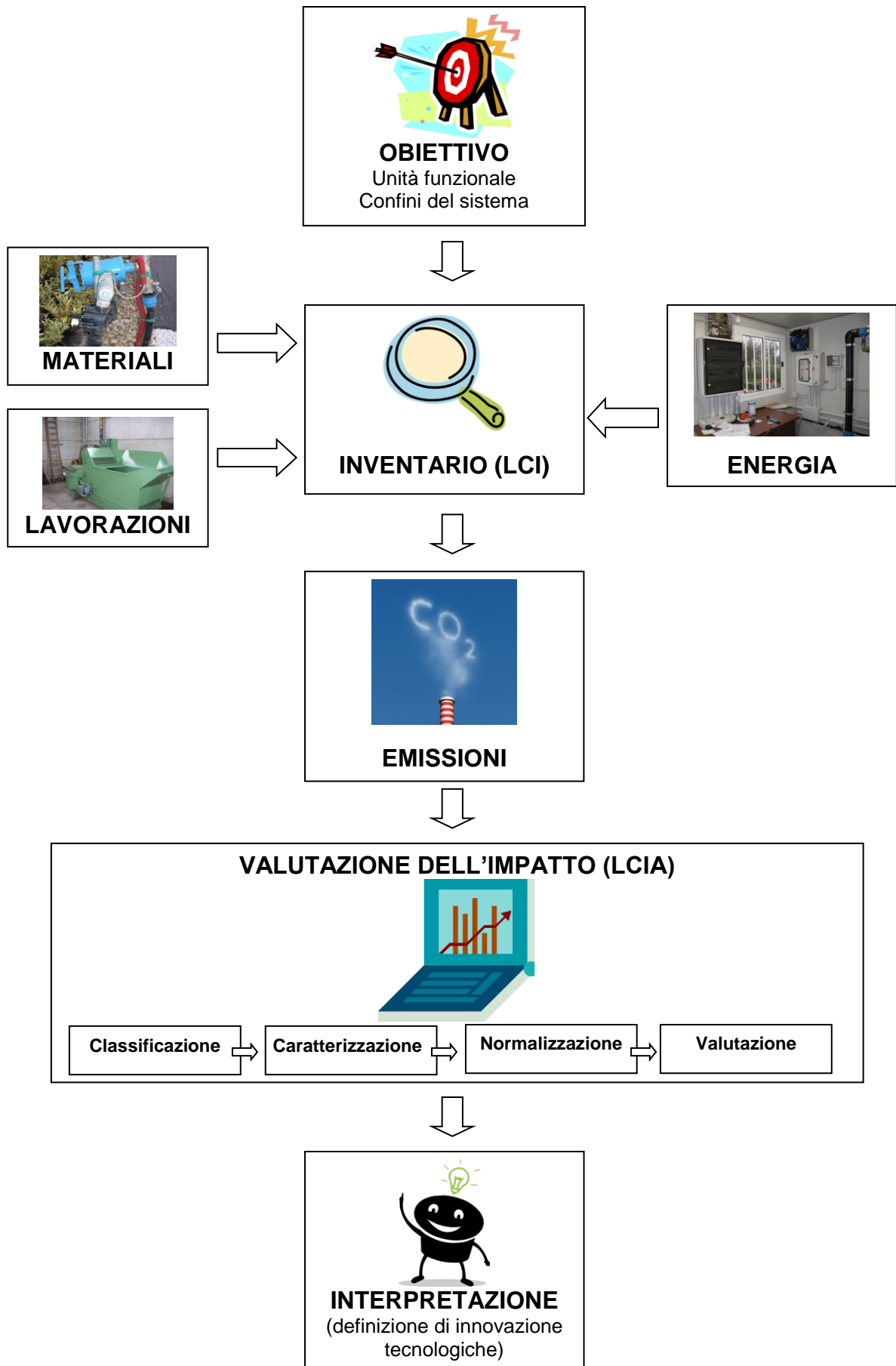


Fig. 5.1 - Le fasi dell'analisi del ciclo di vita dei prodotti (LCA) secondo la Norma ISO 14040.

La metodologia LCA ha come scopo quello di quantificare l'impatto ambientale causato da un processo produttivo, attribuendone un valore numerico. L'LCA valuta tale impatto da più punti di vista (definite come categorie di impatto) (**Tab. 5.1**):

Nell'applicazione che è stata proposta è stato valutato l'impatto dell'azienda vivaistica, per il momento solo in termini di riscaldamento globale (in inglese *Global Warming Potential* o GWP) (**Textbox 5.2.**).

Un'analisi LCA può essere fatta o utilizzando banche dati (come ad esempio la Banca dati italiana LCD, quella svizzera Ecoinvent, ecc.) o informazioni contenenti fattori di emissione per i diversi input aziendali, derivanti da organismi internazionali o da pubblicazioni scientifiche. Tali informazioni spesso non sono ufficiali. L'LCA può essere applicata anche attraverso l'utilizzo di software dedicati. Uno di questi è GaBi 4, un software sviluppato dalla compagnia di consulenze tedesca "PE International" in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria (IKP) dell'Università di Stoccarda. Le banche dati contenute in GaBi 4 sono standardizzate in base alle norme ISO 14040-14044; per questo sono da considerarsi ufficiali. Alla luce delle prime elaborazioni condotte con il progetto VIS, l'applicazione del software GABi ad un'azienda vivaistica presenta delle interessanti potenzialità ma anche alcuni punti critici, come descritto nel **Textbox 5.3.**

5.4 Analisi ambientale dei processi produttivi in vivaio

[Sommaro](#)

L'analisi ambientale dei processi produttivi consiste nella descrizione quantitativa dei flussi di input e di output riferibile alle diverse fasi del processo produttivo. Le categorie di dati necessari per l'inventario (LCI) dello studio LCA sono:

1. Dati primari, cioè quelli raccolti nelle singole aziende:

A) Dati di base:

- tipo di impianto (vasetteria, pieno campo)
- superfici coltivate (settore di vasetteria, appezzamento pieno campo)
- numero vasi e loro diametro, numero piante

B) Strutture e dotazioni (materiali):

- dotazioni lago, impianto vasetteria sopra suolo e sotto suolo (telo antialga, tubazioni impianto di irrigazione e elettrico, ecc.)
- impianti di fertirrigazione (pompe, tubazioni, quadri elettrici, ecc.)

C) Consumi fase di coltivazione:

- substrati (torba e altri substrati, scarti verdi)
- consumi dei fertilizzanti (kg e % di nutrienti N, P₂O₅, K₂O)
- altre sostanze chimiche impiegate per la fertirrigazione (acido nitrico, rame, ecc.)
- consumi di pesticidi (kg e % di principio attivo)
- input energetici (corrente elettrica, carburante serre e mezzi agricoli)
- imballi piante (juta, rete di plastica, reti metalliche, ecc.).

Nella foto seguente sono riportati alcuni esempi dei materiali relativi alle strutture e dotazioni di un settore di vasetteria.



Fig. 5.2 - *Alcuni materiali ed impianti usati nei vivai di piante ornamentali a Pistoia e usati per l'analisi del ciclo di vita delle produzioni vivaistiche.*

2. Dati secondari: tutti quei dati che sono stati utilizzati per completare l'analisi e sono stati reperiti da banche dati, da studi precedentemente svolti, pubblicati e da abachi delle ditte produttrici:

- produzione di elettricità
- processi di trasporto
- produzione di materiali plastici (polietilene, PVC, ecc.)
- produzione di sostanze chimiche (acido nitrico)
- produzione acciaio e ferro di strutture (serre, capannoni, paleria, ecc.)
- produzione pompe di irrigazione (acciaio, ghisa).

Per quanto riguarda i dati relativi al calcolo dell'immobilizzazione della CO₂ è stata quantificata la biomassa delle piante (suddivise tra tronco, branche e radici), mentre la biomassa delle foglie non è stata considerata perché poco efficace ai fini dello stock durevole del carbonio. Per la descrizione della metodologia di determinazione della CO₂ immobilizzata si rimanda al (Textbox 5.4.).

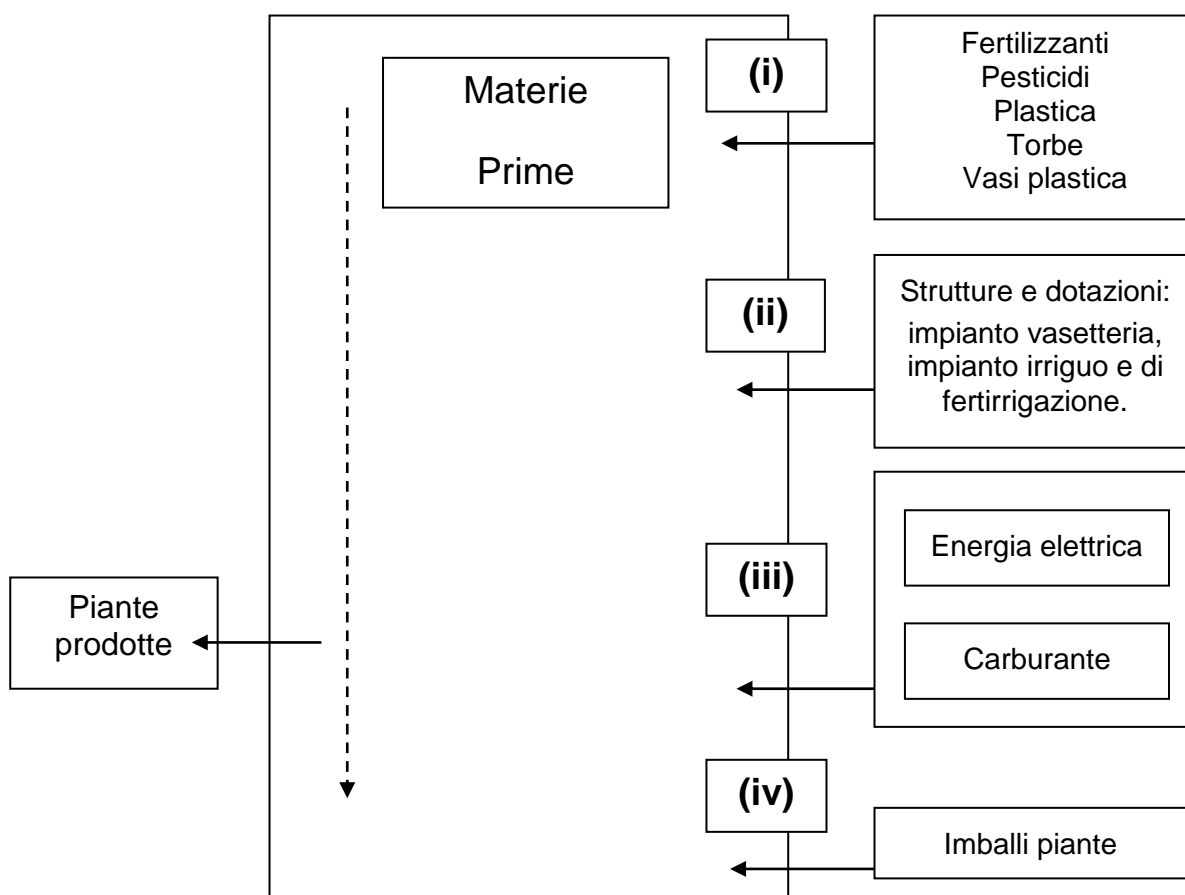


Fig. 5.3 - Flowchart dell'analisi del ciclo di vita (LCA "dalla culla al cancello") per un sistema produttivo vivaistico. Lo schema rappresenta le unità di produzione tipiche di una azienda vivaistica.

Tab. 5.1. Le categorie di impatto con le quali valutare l'impatto del ciclo di vita di un prodotto.

Categorie di impatto	Fenomeno	Cause	Sigla	Indicatore
Cambiamento climatico	Effetto serra	Aumento CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	GWP 100	kg CO ₂ eq.
Distruzione dell'ozonosfera	Buco dell'ozono	Riduzione O ₃	ODP	kg CFC* -11 eq.
Acidificazione	Piogge acide	Aumento SO _x , NO _x	AP	kg SO ₂ eq.
Eutrofizzazione	Inquinamento acque	Riduzione COD, BOD	EP	kg di PO ₄ ⁻³ eq.
Formazione di ossidanti fotochimici	Inquinamento aria	Aumento NO _x VOC	POCP	kg di etilene eq.
Consumo di energia primaria non rinnovabile	Consumo di energia rinnovabile	Consumo di energia e materiali	Energy	MJ
Esaurimento delle risorse abiotiche	Ecotossicità umana e organismi	Concentrazione mercurio, rame, cromo, benzene, pesticidi, ecc.	ADP	Kg Sb.(antimonio) eq.

*clorofluorocarburi (CFC)

Tab.5.2. Principali caratteristiche e uso di risorse per i processi oggetto di indagine

N.	Processo produttivo	Specie coltivata	Ciclo colturale	Substrato	Sup. settore (m ²)	Densità di impianto (piante/m ²)
<i>Vasetteria</i>						
1	Riproduzione vaso 12	<i>Acer platanoides</i>	da talea	50% t., 50% p.	470,6	47,17
2	Riproduzione vaso 12	<i>Quercus phellos</i>	da seme	50% t., 50% p.	361,8	34,13
3	Vaso 24	<i>Nandina domestica</i>	vaso - vaso	58% t., 37% p., 5 % s.v.	526,5	5,13
4	Vaso 45 - 50	<i>Pinus pinea</i>	piena terra - vaso	58% t., 16% p., 26% l.v.	369,2	0,99
5	Vaso 24	<i>x Cupressocyparis leylandii</i>	piena terra - vaso	26% t., 17% p., 17% l.v., 16% c., 10% l.r., 14% s.v.	996,5	3,63
6	Vaso 22	<i>Cupressus m. goldcrest</i>	piena terra - vaso	26% t., 17% p., 17% l.v., 16% c., 10% l.r., 14% s.v.	1670,8	3,34
7	Vaso 24	<i>Magnolia g. gallisoniensis</i>	vaso - vaso	26% t., 17% p., 17% l.v., 16% c., 10% l.r., 14% s.v.	864,5	3,56
8	Vaso 24	<i>Pyracantha navaho,</i> <i>Photinia x fraseri</i>	vaso - vaso	65% t., 35% p.	1422,6	4,34
<i>Pieno campo</i>						
9	Pieno campo 0 - 5 anni	<i>Picea gl. globosa,</i> <i>Cupressus sempervirens</i>			3527,3	1,18
10	Pieno campo 0 - 5 anni	<i>Ilex aq. aurea, Magnolia</i> <i>g. gallisoniensis</i>			2853,6	0,42
11	Pieno campo 0 - 5 anni	<i>Gleditsia tr. sunburst, Acer</i> <i>rubrum</i>			3000,0	0,22
12	pieno campo 5 - 10 anni	<i>Pyrus call. Chanticleer</i>			3000,0	0,15

t. = torba; p. = pomice; l.v. = lapillo vulcanico; c. = fibra di cocco; l.r. = lolla di riso; s.v.= scarti verdi

Tab. 5.3. Emissioni in CO₂eq calcolate (kg m² a⁻¹) per ciascun processo

	Vasetteria								Pieno Campo			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Impianto	1,56	0,89	0,07	0,23	0,16	0,16	0,04	0,05	0,01	0,01	0,06	0,00
Dotazioni aziendali	0,01	0,01	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Fertilizzanti	0,96	0,7	1,67	1,71	0,31	0,29	0,52	0,55	0,18	0,18	0,01	0,27
Prodotti fitosanitari	0,06	0,06	0,08	0,1	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,04	0,04
Gasolio	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Energia elettrica	1	1	0,14	0,14	0,62	0,62	0,62	0,47	0,02	0,02	0,02	0,02
Substrato	9,43	6,83	6,71	1,13	1,46	1,35	2,39	6,29	-	-	-	-
Vaso	7,0	4,84	3,27	1,61	2,51	1,48	2,46	3,00	-	-	-	-
Inballaggio	0,43	0,31	0,37	0,01	0,26	0,26	0,26	0,08	0,55	0,40	0,16	0,19
Totale emissioni	20,49	14,66	12,42	4,96	5,36	4,20	6,34	10,50	0,88	0,63	0,32	0,56

5.5 Esempio di applicazione di LCA

Sommario

L'analisi LCA è stata applicata a 12 diversi processi produttivi rappresentativi del vivaismo pistoiese (pieno campo, riproduzione, vasetteria) (Tab.5.2. e Fig.5.4.), con la quantificazione delle emissioni di CO₂eq. Per quattro di questi processi è stato effettuato il bilancio del carbonio confrontando le emissioni di CO₂ con la CO₂ immobilizzata. Di seguito vengono riportati i risultati derivanti dalla applicazione della metodologia LCA (in termini di GWP, kg CO₂eq) descritti in Tab.5.4.

Tab. 5.4. Sequestro di CO₂ calcolato (Kg m² a⁻¹) per ciascun processo

	Processo 1	Processo 3	Processo 7	Processo 12(*)
Totale CO ₂ sequestrata	1,18	4,33	1,36	0,93
SD	0,25	1,06	1,87	0,22
Campioni (<i>n</i>)	5	5	5	30

(*): sequestro calcolato su piante vecchie 10 anni

Innanzitutto è possibile osservare che i processi di vasetteria hanno una emissione di CO₂eq circa 10 volte più alta rispetto ai processi di piena terra.

Per quanto riguarda la produzione di vasetteria, le dotazioni e gli impianti contribuiscono in modo irrilevante al risultato finale in ogni processo. Nelle colture in vaso la fonte di maggior emissioni riguarda sempre la fase di coltivazione, mentre in quelle in piena terra riguarda la fase di imballaggio delle piante.

Per la vasetteria, le maggiori emissioni di CO₂ sono prodotte durante la fase di coltivazione soprattutto a causa dell'impiego della torba per la preparazione dei substrati e dei vasi di plastica. Il consumo di energia elettrica non svolge mai un ruolo rilevante sull'impatto finale; in ogni caso, l'impatto ambientale è superiore nei vivai in contenitore (legato al consumo di acqua di irrigazione) rispetto a quelli in pieno campo. Quindi questo rappresenta un indicatore indiretto dell'efficienza dell'uso dell'acqua di irrigazione. Le emissioni legate all'uso del gasolio sono in ogni caso ridotte perché ci si è limitati a considerare emissioni solo quelle legate alla produzione escludendo invece quelle derivate dalla combustione nelle macchine agricole.



Fig. 5.4 - *Esempi di vivaio in contenitore, in pieno campo e sotto tunnel o ombrario (per la propagazione).* (Foto Lucchetti)

Per la vasetteria, confrontando i processi produttivi 5 e 6 (con fertirrigazione) con il processo produttivo 7 (senza fertirrigazione), è possibile osservare che i primi hanno valori di emissioni legate alle concimazioni minori rispetto al secondo, che fa maggiore uso di fertilizzanti aggiunti direttamente al substrato in fase di preparazione (**Tab.5.3.**). I settori di piena terra mostrano in generale valori assoluti più bassi di emissione per l'impiego di fertilizzanti.

Sia in pieno campo che nella vasetteria i prodotti fitosanitari, utilizzati in quantità sempre molto contenute, non generano emissioni importanti e non ci sono differenze riconducibili al sistema produttivo (**Tab.5.3.**).

E' possibile osservare inoltre che i processi produttivi con piante prodotte in piccoli vasi hanno emissioni per unità di superficie maggiori rispetto ai processi con piante prodotte in vaso più grandi in quanto: (**Tab.5.3.**):

- le piante di grandi dimensioni derivano spesso da precedenti cicli in piena terra; questo comporta che vengano poste nei vasi con una zolla di notevoli dimensioni e che quindi ci sia un ridotto impiego (-40% circa) di nuovo substrato rispetto al volume totale del contenitore;
- le zone di coltivazione con piante in vaso di grandi dimensioni hanno densità di impianto molto più basse rispetto a quelli con piante coltivate nei piccoli vasi.

Lo studio condotto ha consentito di definire alcune misure per mitigare l'impatto ambientale delle produzioni vivaistiche, ad esempio per la vasetteria:

- 1) sostituzione (anche solo parziale) della torba con materiali organici di recupero, ad esempio i substrati recuperati dal trattamento degli scarti verdi aziendali;
- 2) uso di vasi diversi da quelli tradizionali, ad esempio più leggeri o fabbricati con plastica riciclata o biodegradabile (es. Mater-Bi[®]) (**Textbox 5.5.**).

Nelle colture in pieno campo le emissioni derivante dalle dotazioni di impianto sono più basse rispetto alla coltivazione in contenitore. Analizzando i valori della **Tab.5.3.**, si può inoltre osservare che abbassando la densità di impianto si abbassano proporzionalmente anche le emissioni derivanti dall'imballaggio delle piante. Per la fase di coltivazione delle piante allevate in pieno campo i fertilizzanti sono la maggiore fonte di emissioni.

Nella coltivazione in piena terra le emissioni di CO₂ sono abbastanza contenute e non sembrano necessari particolari miglioramenti della tecnica colturale.

Nella **Tab. 5.4.** sono riportate le concentrazioni di CO₂/m² immobilizzata per quattro degli undici processi analizzati per le emissioni di CO₂eq. Il risultato peggiore, in termini di CO₂ fissata, è quello del processo 1 riguardante la produzione in contenitore di piante giovani, che ovviamente hanno un ridotto tasso di crescita. I processi produttivi 3 e 7, relativi alla produzione in contenitore,

mostrano un maggior tasso di accrescimento e quindi di fissazione di CO₂, con valori che oscillano tra 1,356 e 4.335 kg/m² per anno. Il processo 12, in pieno campo, mostra invece una capacità di fissazione inferiore (0.933 kg m² a⁻¹) a causa del lungo periodo di coltivazione (10 anni) e della ridotta biomassa finale relativamente ridotta. (**Textbox 5.4.**)

La **Fig. 5.5** mostra le differenze tra la CO₂ emessa rispetto a quella sequestrata nei processi produttivi considerati. Come è logico, il processo produttivo relativo alla coltivazione di piccole piante (processo 1) evidenzia il peggior bilancio, a causa di un livello di emissione più elevato rispetto al classico vivaio in contenitore e con un valore di sequestro del carbonio poco efficiente, dovuto al limitato sviluppo delle piante. Per quanto riguarda i due processi analizzati per la vasetteria (3 e 7), l'elevata performance in termini di sequestrazione della CO₂ del processo 3 non è sufficiente a bilanciare le sue emissioni; un miglior risultato si è ottenuto per il processo 7 che, a fronte di un minore assorbimento di CO₂, mostra una emissione molto inferiore dovuta in gran parte al minor contenuto di torba nel substrato di coltivazione. L'unico processo con un bilancio favorevole (fissazione della CO₂ superiore all'emissione) è essere quello del vivaio in piena terra (il numero 12), che presenta un livello molto basso di emissioni.

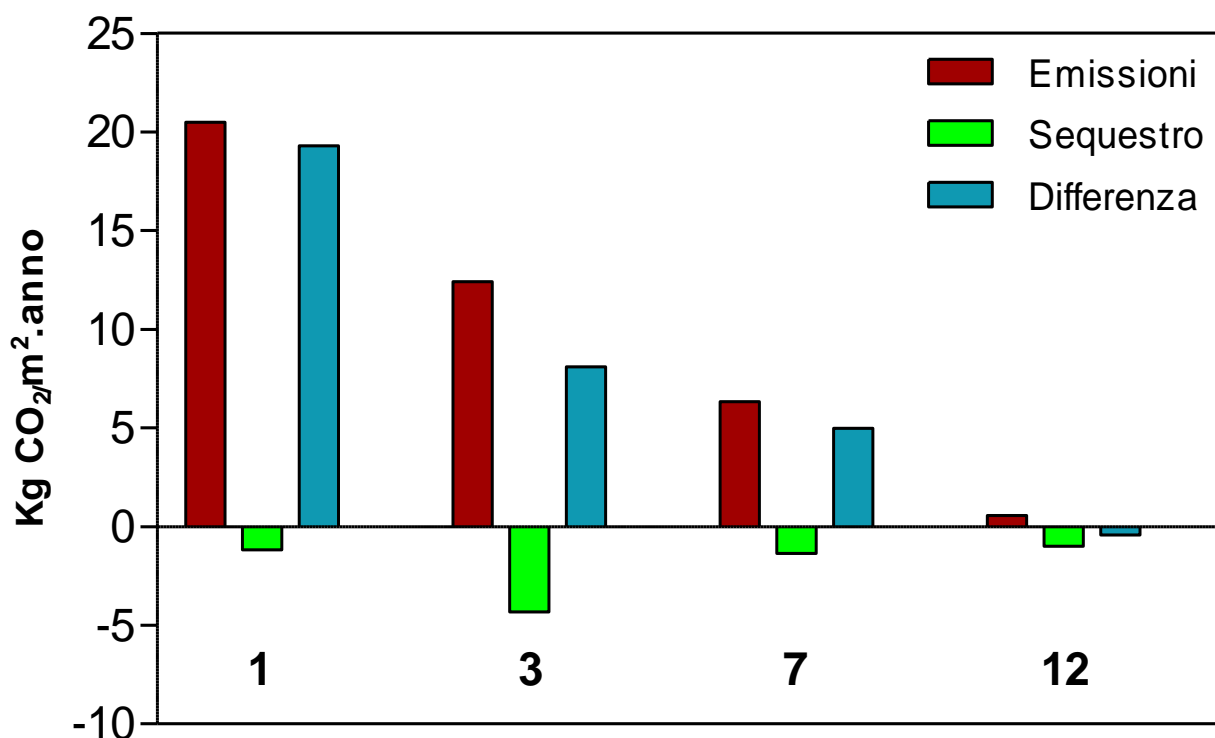


Fig. 5.5 - Differenza della CO₂ nei quattro processi produttivi indagati (1, produzione di giovani piante; 3 e 7: produzioni di piante in vaso diametro 24 cm; 12, produzione in piena terra).

5.6 Considerazioni conclusive

Sommario

Il lavoro condotto ha dimostrato innanzi tutto che il metodo LCA può misurare l'impatto ambientale di una azienda vivaistica con un buon livello di precisione. Ovviamente sono necessari un adattamento e una revisione della metodologia sin qui elaborata, cercando soprattutto di risolvere le problematiche riscontrate nell'applicazione del software GABI alle colture vivaistiche.

Dall'analisi effettuata risulta che il vivaismo in contenitore, per effetto soprattutto del largo uso di torba e plastica (per i vasi), ha un maggiore impatto ambientale (soprattutto nel caso della propagazione) rispetto a quello in pieno campo, che presenta un saldo positivo fra CO₂ sequestrata e sequestrata emessa e soprattutto un ridottissimo livello di emissioni.

Dai risultati ottenuti si è evidenziato infine come l'LCA possa supportare la implementazione di sistemi di certificazione ambientale sia di prodotto sia di processo, come del resto è ampiamente evidenziato in letteratura.

5.7 Bibliografia essenziale

- ARPAT, 2001. Analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment, LCA) delle filiere produttive dei distretti toscani dei settori tessile, cartario e vivaistico. Roma, febbraio 2001. (www.arpato.toscana.it).
- Baldo G.L., Marino M., Rossi S., 2008. Analisi del Ciclo di Vita – LCA. Edizioni Ambiente, 268 pp.
- Bert, D. and Danjon, F., 2006. Carbon concentration variations in the roots, stem and crown of mature Pinus pinaster (Ait.). Forest Ecology and Management, 222: 279-295.
- Blonk H., Kool A., Luske B., Ponsioen T., Scholten, J., 2010. Methodology for assessing carbon footprints of horticultural products. A study of methodological issues and solutions for the development of the Dutch carbon footprint protocol for horticultural products. Blonk Milieu Advies BV, Kattensingel 3 2801 CA Gouda, The Netherlands
- Gifford, R.M. 2000. Carbon contents of above-ground tissues of forests and woodland trees. National Carbon Accounting System, Tech. Report No. 22, Australian Greenhouse Office, Canberra.
- 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., Nicese F.P., Vazzana C., 2008. Relazione finale Progetto “FISIAagri” - Progetto Pilota “Monitoraggio ambientale della gestione vivaistica, per l’implementazione di un sistema di gestione ambientale”. Progetto finanziato dal Fondo Sociale Europeo e dalla Provincia di Pistoia su Bando Multimisura 2006/2007 FSE POR Ob.3 Mis. D1, C3 - Progetti Integrati di Comparto.”, Provincia di Pistoia, 2008.
- LIFE BIOMASS, 2007. TECHNICAL FINAL REPORT “Biodegradable Materials for Sustainable Agriculture and tourism”. LIFE04 ENV/IT/463, Reporting Date 31/12/2007.
- Nicese F.P., Lazzerini G., 2012. CO₂ sources and sink in ornamental plant nurseries. 2nd ISHS Symposium on Woody Ornamentals of the Temperate Zone. 1 - 4 July 2012, Ghent, Belgium. Acta Horticulturae, in press.
- Russo G., Scarascia Mugnozza G., 2005. LCA Methodology Applied to Various Typology of Greenhouses. Acta Hort. 691, ISHS 2005.
- Russo G., Scarascia Mugnozza G., De Lucia Zeller B., 2008. Environmental Improvements of Greenhouse Flower Cultivation by Means of LCA Methodology. Acta Hort. 801, ISHS 2008.
- Thomas, S.C. and Malczewski, G. 2007. Wood carbon content of tree species in Eastern China: Interspecific variability and the importance of the volatile fraction. Journ. of Environmental Management, 85: 659-662.
- UNI EN ISO 14040, 2006. Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento (http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=38498)
- UNI EN ISO 14044, 2006. Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida (http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=38498)
- Warner D. J., Davies M., Higgs N, Osborne N., Tzilivakis J., Lewis K. A, 2010. Greenhouse gas emissions and energy use in UK-grown short-day strawberry (*Fragaria xananassa* Duch) crops. Journal of Agricultural Science, 1 -15.
- Williams, A. G., Audsley, E. & Sandars, D. L., 2006. Determining the Environmental Burdens and Resource Use in the Production of Agricultural and Horticultural Commodities. Final Report on DEFRA Research Project IS0205. London: DEFRA.

Fase di definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione dell'analisi del ciclo di vita (LCA) nel comparto vivaistico pistoiese

1. Obiettivi della LCA e livello di dettaglio dello studio:

- quantificare i carichi ambientali di produzioni vivaistiche tipiche del distretto di Pistoia, al fine di individuarne le criticità;
- permettere un confronto tra diverse modalità produttive al fine di promuovere buone pratiche ambientali;
- creare una banca dati di inventario di LCA per le produzioni vivaistiche tipiche del distretto di Pistoia da utilizzare con un software semplificato per le analisi del ciclo di vita;
- contribuire allo sviluppo di criteri produttivi per ipotizzare un marchio di qualità delle piante pistoiesi.

2. Campo di applicazione della analisi LCA

Le produzioni vivaistiche del distretto di Pistoia presentano organizzazioni produttive differenziate, e quindi l'indagine è stata condotta considerando:

- produzioni in pieno campo
- produzioni in contenitore
- attività di propagazione

3. Funzioni del sistema e unità funzionale dello studio LCA

- funzioni del sistema in esame: produzione e imballaggio di piante per le differenti tipologie produttive.
- unità funzionale: lo scopo principale dell'unità funzionale è di fornire un riferimento a cui legare gli elementi in ingresso e in uscita. Questo riferimento è necessario per consentire la comparabilità dei risultati dell'LCA. I lavori riportati in letteratura utilizzano differenti unità funzionali, che non consentono purtroppo di confrontare i risultati. Per esempio per le produzioni floricole con il progetto ECOFLOWER, Terlizzi sono state definite le seguenti unità funzionali: 100 steli recisi per la coltivazione della rosa, oppure 6 vasi per la coltivazione del ciclamino (Russo e Scarascia Mugnozza, 2005; Russo et al., 2008). Nel caso del vivaismo è difficile definire l'unità di prodotto ai cui riferire i dati perché, per esempio, in un settore di vasetteria spesso non c'è un'unica specie ma specie diverse (con differenti dimensioni del vaso) e quindi per questo motivo si è deciso di scegliere come unità funzionale la superficie coltivata del settore indagato, esprimendo il dato in termini di $\text{CO}_2\text{eq}/\text{m}^2 \text{a}^{-1}$.

4. Confini del sistema dello studio LCA

Il sistema di prodotto così come viene definito dalle norme ISO 14040-14044 include i confini fisici dei diversi processi che compongono il ciclo di vita di un prodotto (**Fig.5.3**).

Le macchine agricole e i fabbricati non sono stati considerati, perché già in fase preliminare si è era visto che il loro impatto specifico era irrilevante rispetto a quello totale. I fabbricati sono ammortizzati considerando sia una vita utile di 100 anni sia tutta la superficie aziendale; per i macchinari, invece, si considerano le ore di lavoro effettivamente impiegate sulla superficie in questione. Il gasolio è stato inoltre analizzato come mezzo di consumo, cioè è stato considerato l'impatto ambientale della sua produzione, ma non quello originato dalla sua combustione nelle macchine agricole impiegate in vivaio.

La stesura dei confini di processo ci ha permesso di progettare la struttura (piani – processi – flussi) all'interno del software GaBi 4.

Il Global warming potential (GWP)

Il riscaldamento globale del nostro pianeta è uno degli argomenti più discussi dalla comunità scientifica internazionale. La principale causa del riscaldamento globale è l'alterazione provocata dall'attività antropica a naturale "effetto serra" naturale. Secondo gli studi dell'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) la temperatura media del nostro pianeta aumenterà di tra 1,4 e 5,8 °C entro un secolo; si tratterebbe del cambiamento climatico più rapido negli ultimi diecimila anni. Si stima che dal 1750 vi sia stato un incremento dei gas serra (GHG) nel tempo del 36% per la CO₂, del 15% del CH₄ e del 35% del N₂O (IPCC, 2001).

Per capire le dinamiche del riscaldamento globale e per quantificare i suoi effetti negativi, risulta necessario conoscere le dinamiche dei principali GHG, quali:

- **Anidride carbonica** o **biossido di carbonio** (CO₂): l'anidride carbonica di origine antropica è quella originata dalla combustione dei carburanti (olio, gas naturale, carbone), dalla produzione di energia elettrica e da molte altre attività quotidiane. L'anidride carbonica è rimossa dall'atmosfera (fissata o sequestrata) quando è assimilata dalle piante attraverso il processo fotosintetico (ciclo biologico del carbonio).
- **Metano** (CH₄): le emissioni di metano derivano principalmente dalla decomposizione della materia organica, dalle discariche e dalla normale attività biologica degli animali. Il CH₄ è emesso anche durante la produzione e il trasporto di carbone, gas naturale e olio.
- **Protossido di azoto** (N₂O): azoto questo gas è emesso in atmosfera in gran parte per effetto dei processi microbiologici. Nei terreni e nelle acque l'emissione di N₂O deriva dai processi di denitrificazione.

I gas serra non presenti in natura sono **alocarburanti** come i clorofluorocarburanti (CFC), gli idroclorofluorocarburanti (HCFC) e gli idrofluorocarburanti (HFC). Questi gas sono emessi da vari processi industriali e hanno un effetto-serra molto superiore a quello della CO₂.

Per meglio definire l'apporto che ogni gas serra fornisce al fenomeno del riscaldamento globale, si è definito il GWP. Questo valore rappresenta il rapporto fra il riscaldamento globale causato in un determinato periodo di tempo (di solito 100 anni) da una particolare sostanza ed il riscaldamento provocato dalla stessa quantità in peso della CO₂ (IPCC, 1996). Ad esempio, definendo il GWP della CO₂ pari a 1, quello del N₂O è di 310, quello del CH₄ di 21 e quello degli alocarburanti anche di 20,000. Una misura metrica utilizzata per comparare le emissioni dei vari gas serra sulla base del loro potenziale di riscaldamento globale sono gli equivalenti di CO₂ (CO₂eq). Le emissioni di CO₂eq per ciascun gas (CO₂, N₂O and CH₄) sono sommate per ottenere l'emissione totale di CO₂eq.

Lo strumento per il calcolo del LCA

Durante le analisi effettuate nell'ambito del progetto VIS sono stati riscontrati alcuni aspetti del software che hanno limitato il suo campo di applicazione per le aziende vivaistiche:

1) Nella banca dati "Agricoltura" non sono presenti i processi di produzione di alcuni materiali organici come la torba, il compost e il letame. Con GaBi 4 è comunque possibile creare dei piani o processi che in qualche modo li rappresentano. E' necessario comunque tener presente che le emissioni di questi materiali sono legate alla loro fabbricazione o estrazione (per esempio la torba), al trasporto e alla loro degradazione. Con GaBi 4 è possibile ricreare solo le prime due fasi, ma non la terza (la più cospicua) perché è strettamente legata alla composizione organica del materiale stesso. Per questi motivi, nell'analisi dei vivai pistoiesi non sono stati considerati il letame usato nelle colture a terra e lo scarto verde utilizzato in alcune colture in vaso. Per la torba, invece, essendo una componente fondamentale per la coltivazione in contenitore, è stato creato un apposito "piano" che ne ha considerato sia l'estrazione, sia il trasporto.

- Nella banca dati "Agricoltura" inoltre, sono presenti solo pochi "processi" per i fertilizzanti e i prodotti fitosanitari. In entrambi i casi è molto difficile creare dei "processi" rappresentano per calcolarne le emissioni di CO₂:l'operatore dovrebbe conoscere quali sono le materie prime di partenza e quale è il processo chimico-industriale con cui essi sono prodotti. In alcuni casi, ad es. per i fertilizzanti a lenta cessione (Osmocote, Nutricote, ecc.) i processi sono coperti da segreto industriale.

Per la LCA riportata in questo manuale sono stati utilizzati i processi presenti nella banca-dati o, quando non erano presenti come nel caso dei fertilizzanti e dei fitofarmaci, processi affini per gli effetti ambientali. Il compromesso utilizzato appare accettabile perché i fertilizzanti e i prodotti fitosanitari hanno bassa incidenza sulle emissioni totali di CO₂eq delle colture vivaistiche rispetto a quelle di altre componenti del processo produttivo. Se si fossero prese in considerazione altre categorie di impatto (l'eutrofizzazione, per esempio) l'errore sarebbe stato sicuramente maggiore e quindi sarebbe stato necessario utilizzare altre banche dati oltre a quelle presenti nel software.

- Il software considera la combustione di carburanti consumati nelle lavorazioni del terreno. In pieno campo è possibile quantificare il consumo di carburanti in quanto si riescono a quantificare le ore di lavorazione delle singole macchine; questo calcolo non è invece possibile nel caso della vasetteria. Quindi tenendo conto solo del consumo di gasolio aziendale (che è possibile determinare sia per la coltivazione in pieno campo che per quella in contenitore) non si riescono ad appezzare le emissioni relative alla combustione del carburante. Se nella banca dati di GaBi 4 ci fosse un processo "combustione carburante", si potrebbe utilizzare questo legato alla produzione del carburante, per ricostruire uno specifico piano dell'impiego di carburante.

Il calcolo del sequestro del carbonio

Il dato principale necessario per il calcolo della quantità di CO₂ sequestrata nelle piante è la determinazione della loro biomassa e quindi del loro peso secco.

Per le piante in vasi di piccole e medie dimensioni, la biomassa prodotta si può facilmente determinare misurando il peso secco totale (anche delle radici) di alcuni campioni di piante prelevati a fine stagione.

Per le piante in campo la biomassa totale non può essere misurata agevolmente con misure distruttive, ma può essere stimata indirettamente usando i metodi comunemente usati in ambito forestale. Quelli più comunemente usati sono le equazioni allometriche basate sulla misura del diametro all'altezza del petto (DBH - 130 cm). In letteratura troviamo numerosi algoritmi che permettono il calcolo della biomassa, uno di questi è proposto da Jia and Akiyama (2005):

$$\log_{10}(y) = 2.32\log_{10}(x) - 0.95 \quad (1)$$

$$\log_{10}(y) = 2.35\log_{10}(x) - 1.84 \quad (2)$$

$$\log_{10}(y) = 1.98\log_{10}(x) - 1.10 \quad (3)$$

dove y è il peso secco (kg) del tronco (1), delle branche (2) e delle radici (3) e x è DBH (cm).

Queste equazioni sono state ottenute in ecosistemi forestali e per essere applicate al settore vivaistico devono essere validate..

Una volta nota la biomassa prodotta dalla coltura, occorre stimare il suo contenuto medio di carbonio, numerosi lavori riportano un valore del 50% (Gifford, 2000; Bert and Danjon, 2006; Thomas and Malczewski, 2007).

Il sequestro di CO₂ si calcola quindi usando la seguente formula:

$$CO_2 \text{ (kg m}^2 \text{ a}^{-1}) = [(N \times TDM) \times 0,5] \times 3.67 \quad (4)$$

dove N è il numero di piante a m², TDM (Total Dry Mass) è il peso secco medio per pianta (kg) per ciascuna pianta e 3.67 è il rapporto CO₂/C in peso.

Analisi economica-ambientale sulla possibile introduzione di alcune innovazioni nella coltura in contenitore

Dall'analisi del ciclo di vita (LCA) applicata ai processi produttivi considerati dal Progetto VIS è emerso che, nel caso dei vivai in contenitore, le maggiori emissioni di CO₂ equivalente derivano dall'uso della torba nei substrati e dei vasi di plastica. Ad esempio, nel caso di una coltivazione di fotinia in vaso 24 cm incidono per circa il 90% sull'emissioni dell'intero processo produttivo considerato (pari a 10.50 Kg CO₂eq/m² per anno). Per il miglioramento della *performance* ambientale, quindi, un'azienda vivaistica con coltivazioni in contenitore dovrebbe diminuire l'uso della torba, sostituendola con altri materiali (in percentuale del 10-20 % con compost, fibra di cocco, substrato riutilizzato ecc.) e sostituire i vasi di plastica con altri di materiale biodegradabile (es. Mater-Bi[®]) o di plastica riciclata. Queste due modifiche della tecnica colturale non comportano alcun investimento strutturale da parte dell'azienda ma solo una modifica dei costi variabili; inoltre, non hanno alcun effetto negativo sulla coltura come dimostrato da alcune prove sperimentali condotte nel progetto PRO-BIORN (<http://www.cespevi.it/probiorn/sap8f.htm>).

I vivai producono a fine stagione una notevole quantità di scarti commerciali (pari al 5-15% delle piante prodotte) per vari motivi (attacchi parassitari, stress abiotici come quello idrico, ecc.). I cosiddetti "scarti verdi" sono ovviamente costituiti dal substrato, dal materiale vegetale e dal vaso di plastica. Normalmente le aziende vivaistiche conferiscono in discarica questo materiale con un costo che attualmente si aggira intorno a 47 €/t. Il terriccio degli scarti potrebbe essere recuperato attraverso una specifica lavorazione affidata ad un consorzio esterno, al quale l'azienda vivaistica conferisce gli scarti invece di smaltirli in discarica (v. Capitolo 3), e riutilizzato per la preparazione dei substrati, almeno in parte. Per le aziende vivaistiche, oltretutto, rispetto allo smaltimento in discarica, il conferimento degli scarti al consorzio è assai meno costoso (il costo espresso per tonnellata di scarto è circa la metà), ma in questo caso è necessario che vengano eliminati prima del conferimento le parti in plastica (vasi, eventuali legacci). I vasi poi possono essere smaltiti in discarica oppure, se in buono stato, riutilizzati in azienda previa disinfezione.

La Tabella seguente riporta un'analisi del risultato economico e ambientale prodotto dall'adozione di alcune soluzioni tecniche per la coltivazione in vaso di specie ornamentali come ad es. *Pyracantha navaho* e *Photinia x fraseri*. In particolare, sono stati confrontati tre scenari tecnici, oltre a quello di riferimento, differenziati per l'opzione del riutilizzo del 20% del substrato proveniente dagli scarti verdi, l'uso di vasi biologici o l'adozione di entrambe le opzioni:

Scenario 1: re-impiego del substrato recuperato dalla lavorazione degli scarti verdi nella misura del 20% del volume totale del substrato impiegato per la coltivazione. Vaso di plastica recuperato, smaltito interamente in discarica.

Scenario 2: Impiego di vasi in plastica biodegradabile (Mater-Bi[®]) invece del vaso in PELD.

(segue)

Scenario 3: combinazione degli scenari 1 e 2.

Per l'analisi si sono ipotizzati i seguenti parametri:

- Peso unitario e prezzo del singolo vaso (diametro 24 cm; 9.5 L/vaso di substrato) in PELD e in Mater-Bi, rispettivamente, di 0,29 e 0,20 kg, e di 0,345 e 0,90 €;
- densità colturale di 43.440 vasi/ha, pari ad una quantità di plastica PELD e Mater-Bi di 12,597 e 8,688 t/ha;
- fabbisogno di substrato vergine (miscela di torba e pomice, rapporto 3:1, in volume) di 412.3 m³/ha pari a 206.1 t/ha (assumendo una densità apparente di 0.5 t/m³);
- percentuale e peso delle piante di scarto a fine stagione pari a, rispettivamente, 10% e 34.9 t/ha. Per lo scenario di riferimento, tutto lo scarto verde (compreso i vasi) va in discarica, mentre nello scenario 1 occorre separare il vaso di plastica (1 ora di lavoro al costo di 12 €/h ogni 500 vasi recuperati, smaltiti poi in discarica, pari ad un peso di 1.26 t di materiale plastico). Questa operazione, ovviamente, non è necessaria negli scenari 2 e 3, per i quali si prevede l'uso di un vaso biodegradabile (compostabile). In questi dei due casi, tutto lo scarto verde, comprensivo del vaso biologico (peso complessivo leggermente inferiore per il minor peso dei vasi compostabili rispetto a quelli di plastica), è smaltito in discarica (scenario 2) oppure è conferito al consorzio (scenario 3);
- un costo dello smaltimento in discarica degli scarti verdi o del loro conferimento al consorzio, rispettivamente, di 47 e 27 €/ton.
- una capacità produttiva degli impianti consortili di trituratura e vagliatura degli scarti verdi di 16.6 t/ora (75 m³/ora); un consumo di gasolio di 300 litri/giorno (8 ore di lavoro); una distanza tra il vivaio e l'impianto consortile per il trattamento degli scarti di 10 km;
- un prezzo del substrato di recupero e vergine, rispettivamente, di 56 e 110 €/t (28 e 55 €/m³);
- un fattore di emissione totale di 2.384 kg CO₂ per kg di materiale per il vaso in PELD (fonte: banca-dati del software GaBi 4; <http://www.gabi-software.com>) e di 1,01 kg CO₂ /kg per quello in Mater-Bi[®] (fonte: “Valutazione del ciclo di vita di granulato plastico in Mater-Bi[®], tipologia PE - Rapporto Finale”; <http://www.materbiwave.com/dichiarazione.pdf>).

Dall'analisi (Tab. 1) emerge che l'uso del substrato di recupero e dei vasi biodegradabili presenta indubbi vantaggi dal punto di vista ambientale. Dal punto di vista economico, invece, l'uso dei vasi biodegradabili è ovviamente meno conveniente in quanto sono assai più costosi di quelli normalmente usati dai vivai. D'altra parte, l'azienda potrebbe aumentare il prezzo di vendita delle piante di circa 0,50-0,60 €/vaso, soprattutto se il prodotto fosse collocato sul mercato con etichetta che ne attesti la (maggiore) sostenibilità ambientale in termini di riduzione delle emissioni di Gas Serra (come ad esempio la *carbon foot-print* o la Dichiarazione Ambientale di prodotto “Climate Declaration”).

(segue)

Tabella.5.5. Analisi economica-ambientale dei tre scenari ipotizzati per una riduzione dell'impatto ambientale descritto nel testo.

	Scenario di riferimento	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
<i>Analisi economica – costi per vasi, substrato e trattamento degli scarti verdi (€/ha)</i>				
Costo dei vasi (43.400 vasi/ha)	14.973,00	14.973,00	39.096,00	39.096,00
Costo del substrato vergine (110 €/t)	22.676,50	18.141,20	22.676,50	18.141,20
Costo del substrato di recupero (56€/t)	-	2.308,88	-	2.308,88
Costo del trattamento degli scarti verdi (discarica o consorzio) escluso trasporto	1.640,30	672,80	1.621,50	690,00
Costo totale per separazione e smaltimento dei vasi plastica	-	267,55		-
Totale	39.289,80	36.363,43	63.358,00	60.200,08
Differenza		-2.926,37 (-7.4%)	24.068,20 (+61.3)	20.910,28 (+53.2)
<i>Analisi ambientale - emissione di CO₂ equivalente (t/ha)</i>				
Fertilizzanti, fitofarmaci, carburanti, energia elettrica e impianto irriguo, piazzale	12,1	12,3	12,1	12,3
Substrato	62,9	50,4	62,9	50,4
Vasi	30,0	30,0	8,8	8,8
Totale	105,0	92,7	83,8	71,5
Differenza	-	-12,3 (-12%)	-21,2 (-20.%)	-33,5 (-32%)



*Coltivazione di lavanda in vaso biodegradabile.
Il vaso, se compostato, si distrugge nell'arco di 7-8 mesi.*

**Finito di editare
a marzo 2013**

