

Progetto misura 124 PSR 2007-2013 della Regione Toscana

TITOLO DEL PIF

PISTOIA: GLI STILISTI DEL VIVAISMO

ACRONIMO DEL PROGETTO MISURA 124

IRRIGO

TITOLO DEL PROGETTO MISURA 124

IRRIGAZIONE SOSTENIBILE NEL VIVAISMO ORNAMENTALE IN CONTENITORE

FILIERA/SETTORE DI RIFERIMENTO PREVALENTE

CEREALI e/o PROTEOLEAGINOSE

FILIERE ZOOTECNICHE

- Carne e/o latte bovino
- Carne e/o latte ovi-caprino
- Suini di razze autoctone
- Miele

ALTRE FILIERE

- Vitivinicola
- Florovivaismo
- Olivo-oleicola
- Ortofrutta

NB: Il progetto non può riguardare una filiera/settore non prevista dal bando PIF.

FORMA DI AGGREGAZIONE DEL PARTENARIATO MISURA 124

ATI/ATS

ACCORDO DI COOPERAZIONE

CONSORZIO (*)

SOCIETA' (*)

(*) La data di costituzione del soggetto deve essere successiva alla data di pubblicazione del bando PIF.

1 Obiettivi del PROGETTO IRRIGO

Il principale obiettivo del progetto è stato di carattere ambientale e volto a ridurre significativamente l'impatto del vivaismo ornamentale in contenitore, attraverso la progettazione, la sperimentazione ed il collaudo di soluzioni tecnologiche innovative nel pilotaggio dell'irrigazione e di nuovi processi produttivi. Si è cercato di ridurre la frazione di acqua persa per drenaggio, in modo da ridurre i consumi idrici e, al tempo stesso, ridurre la perdita di nutrienti e altre sostanze chimiche (fitofarmaci, erbicidi) liscivate dal drenaggio dei vasi.

In particolare gli obiettivi del presente progetto sono stati:

1. Progettare, realizzare e collaudare un **prototipo automatizzato (denominato prototipo IRRIGO) per la stima dei fabbisogni idrici** delle varie specie ornamentali, in modo da ridurre drasticamente la frazione di lisciviazione.
2. Verificare gli effetti indotti dall'applicazione di:
 - a. deficit irrigation, sia in termini di crescita che di risparmio idrico, facendo un confronto con la tecnica tradizionale;
 - b. polimeri idroritenti, quale soluzione per la riduzione della frazione di lisciviazione di acqua ed eventualmente di nutrienti.
 - c. micorrize nel processo produttivo delle piante ornamentali in vaso, in modo da poter sviluppare un protocollo facile ed efficace per un loro utilizzo routinario in vivaio.
3. Diffondere le conoscenze acquisite alle aziende del settore.

2 DESCRIZIONE DELLE FASI DI ATTUAZIONE DEL PROGETTO E DEI RISULTATI RAGGIUNTI

L'attività del progetto è iniziata il 23/09/2011 con la costituzione dell'accordo. Nel mese di settembre, a causa dell'andamento climatico avverso nella primavera 2013, che ha fortemente ritardato la costruzione del vivaio prototipo di Montecarlo-Lucca, (IRRIGO 03), è stata richiesta e accordata una proroga di 2 mesi, posticipando la scadenza del progetto al 21 febbraio 2014.

Il progetto era suddiviso in 5 fasi e ogni fase era suddivisa da un minimo di 2 ad un massimo di 3 sottofasi, ciascuna con un unico responsabile di fase, come riassunto nella tabella 1.

Qui di seguito fase per fase si descriverà l'attività svolta, elencando chiaramente le eventuali deviazioni e i motivi rispetto al piano previsto.

FASE 1.1: COSTITUZIONE DEL CONSORZIO (MESE 1, ATTIVITÀ A, RESPONSABILE VANNUCCI PIANTE)

Subito dopo l'approvazione del progetto, sono iniziati, a cura dell'azienda VANNUCCI PIANTE, i contatti per la costituzione effettiva dell'accordo di cooperazione fra la azienda agricola e l'ente di ricerca, che ha portato alla firma dell'accordo di cooperazione fra l'azienda privata e il DiSAAA-a.

Problemi incontrati nella realizzazione della fase 1.1 del progetto: nessuno.

Tabella 1. Fasi progettuali del progetto IRRIGO. per ogni fase è riportata una breve descrizione

Fase progettuale	Azioni previste per le varie fasi progettuali	Tipologia di intervento*	E/A (**)	Partner attuatore
Fase 1 Gestione	F1.1 Costituzione del consorzio (mesi 1)	a	E	VANNUCCI
	F1.2 Gestione e rendicontazione del progetto (mesi 1-18)	b	E	VANNUCCI
	F1.3 Coordinamento scientifico (mesi 1-18)	b		DBPA
Fase 2 Progettazione e realizzazione dei siti sperimentali	F2.1 Progettazione esecutiva del prototipo e elaborazione dettagliata del piano sperimentale dell'intero progetto (mesi 1-2)	e	E	DBPA
	F2.2 Allestimento dei siti sperimentali dove saranno condotti gli esperimenti e collaudato il prototipo (mesi 1-4)	e	E	VANNUCCI
Fase 3 Progettazione, realizzazione e collaudo del prototipo	F3.1 Sviluppo del software di controllo del prototipo, completo della rete di monitoraggio sensori wireless, prove sperimentali e validazione (mesi 3-17)	e	E	DBPA
	F3.2 Realizzazione e gestione delle parcelle nei siti sperimentali (mesi 2-17)	e	E	VANNUCCI
Fase 4 Studi agronomici e fisiologici sulle tecniche innovative	F4.1 Studio fisiologico sulla deficit irrigation (mesi 3-17)	d	E	DBPA
	F4.2 Studio fisiologico e agronomico sull'uso di idroretentori e/o materiali ad elevata capacità di scambio ionico mesi 3-17)	d	A	DBPA
	F4.3 Studio fisiologico e microbiologico sull'uso delle micorrize (mesi 3-17)	d	A	DBPA
Fase 5 Divulgazione dei risultati	F5.1. Organizzazione di 2-3 open day nelle aziende sperimentali e divulgazione presso la filiera (mesi 6-18)	g	E	VANNUCCI
	F5.2 Divulgazione via internet, pubblicazioni su riviste., convegno regionale sull'ottimizzazione della irrigazione nel florovivaismo (mesi 2-18)	g	E	DBPA

(*) Tipologia di intervento: a) Costituzione di nuovo soggetto giuridico - societario/ATI/partenariato; b) Gestione della rete di cooperazione; c) Progettazione/sviluppo/sperimentazione/collaudo nuovi prodotti; d) Progettazione/sviluppo/sperimentazione/collaudo nuovi processi produttivi e/o organizzativi; e) Progettazione/sviluppo/sperimentazione/collaudo nuove tecnologie, f) Riorganizzazione/creazione canali commerciali; g) Divulgazione dei risultati acquisiti e diffusione dell'innovazione

(**) Come essenziale (E) si indica un'azione che deve essere completamente realizzata per il raggiungimento degli obiettivi progettuali; come accessoria (A) si indica invece un'azione la cui mancata realizzazione non pregiudica la buona riuscita del progetto.

FASE 1.2 GESTIONE E RENDICONTAZIONE DEL PROGETTO (MESI 1-20, ATTIVITÀ B, RESPONSABILE VANNUCCI PIANTE).

Questa azione, la cui responsabilità è stata dell'azienda VANNUCCI, ha avuto una durata pari all'intera durata del progetto di sviluppo (20 mesi): entrambi i partner hanno preferito incaricare una ditta esterna (DREAM di Pistoia), la quale ha avuto lo scopo di gestire e preparare la documentazione necessaria alla corretta rendicontazione dell'intero progetto.

Problemi incontrati nella realizzazione della fase 1.2 del progetto: nessuno.

Fase 1.3 Coordinamento scientifico (mesi 1-20, responsabile, Attività b, responsabile DiSAAA_a.).

Il responsabile scientifico del progetto IRRIGO è stato il prof. Alberto Pardossi, professore ordinario del raggruppamento scientifico AGR/04, presso il DiSAAA-a.

L'azione in questione, ha avuto lo scopo di controllare se le attività svolte durante il progetto erano rispondenti al dettagliato piano sperimentale e di valutare ogni 3 mesi se il timing di progresso del progetto è rispondente con il piano originale sperimentale. Per questo motivo sono stati necessari periodici incontri e meeting di progetto da parte del personale ricercatore a tempo indeterminato del DBPA nei siti sperimentali.

Problemi incontrati nella realizzazione della fase 1.3 del progetto: nessuno.

FASE 2.1 PROGETTAZIONE ESECUTIVA DEL PROTOTIPO E ELABORAZIONE DETTAGLIATA DEL PIANO SPERIMENTALE DELL'INTERO PROGETTO (MESI 1-2, ATTIVITÀ, RESPONSABILE DISAAA-A)

Subito dopo l'inizio del progetto si è iniziato la stesura di un dettagliato progetto sperimentale operativo allo scopo di iniziare il prima possibile l'individuazione e la preparazione dei tre siti sperimentali.

L'idea progettuale ha previsto la realizzazione di un sistema centralizzato, denominato prototipo "IRRIGO", raggiungibile dal singolo agricoltore attraverso la rete Internet, capace di fornire, previa registrazione e inserimento di alcuni semplici *input* da parte dell'utente, informazioni sia sulle esigenze idriche (ET_0 , ET_c e K_c), sia sul volume irriguo e sulla frequenza ottimale per la gestione dell'irrigazione

Il prototipo IRRIGO è composto da:

- tre vivai (siti) sperimentali, appositamente realizzati nelle principali aree produttive della filiera, a Piuvica (IRRIGO-01), a Prato (IRRIGO-02) e a Montecarlo (IRRIGO-03), caratterizzati da settori irrigui di superficie ridotta (circa 120 metri quadrati), dove sono stati installati, oltre ad una centralina meteorologica, 4 sensori dielettrici per ogni settore irriguo, allo scopo di determinare il consumo idrico delle piante in vaso attraverso la misura della variazione del WVC del substrato;
- un database che raccoglie, anno dopo anno, i dati meteo, i K_c e le dimensioni medie quindicinali delle piante monitorate e tutte le informazioni necessarie al funzionamento del *software*;

- un *software* (*software* IRRIGO), accessibile dalla *Homepage* del sito aziendale di Vannucci Piante, in grado di calcolare e salvare nel *database* "IRRIGO" i *kc* e le dimensioni delle specie presenti nei siti sperimentali, fornendo a tutti gli utenti della filiera autorizzati, le informazioni sui consumi idrici previsti per la propria coltura e sui dati climatici provenienti dalle centraline metereologiche dei tre siti sperimentali (calcolo dell'evapotraspirazione potenziale).

Problemi incontrati nella realizzazione della fase 2.1 del progetto: nessuno.

FASE 2.2 ALLESTIMENTO DEI SITI SPERIMENTALI DOVE SONO STATI CONDOTTI GLI ESPERIMENTI ED IL COLLAUDATO IL PROTOTIPO (MESI 1-4, ATTIVITÀ E, RESPONSABILE VANNUCCI PIANTE)

In questa azione, si sono identificate le aree dove si dovevano preparare i relativi vivai sperimentali

Il progetto prevedeva tre siti o vivai sperimentali in aree tra loro diverse, sia per le condizioni microclimatiche, sia per la tipologia delle produzioni (Piuvica, Prato, Montecarlo), ognuno composto da 14 parcelle di circa mq 120 ognuna. L'azienda Vannucci Piante ha individuato per ogni sito le aree più adatte in funzione della disponibilità di superfici libere e della vicinanza degli impianti irrigui.

La progettazione e la direzione dei lavori è stata modificata riducendo l'attività del CE.SPE.VI ed integrandola con professionisti per l'espletamento delle pratiche burocratiche amministrative (Geom. Gori Associati per i vivai di Prato e Pistoia e l'Arch. Fantozzi per il vivaio di Montecarlo).

Piuvica: l'area sperimentale è stata individuata in una zona recentemente acquisita e libera da coltivazioni e apprestamenti. Questa caratteristica ci ha permesso di realizzare le parcelle in modo sequenziale, sviluppando le stesse per una lunghezza di 100 metri e una larghezza di 20. La vicinanza con un bacino di raccolta dell'acqua per l'irrigazione ci ha permesso di allestire l'impianto irriguo con il minore dispendio di materiali e tubazioni.

Prato: l'area è stata individuata in una zona di vivaio ancora in allestimento, posizionando le 14 parcelle in modo contrapposto tra loro: 7 per ogni lato. Il posizionamento delle file di coltivazione all'interno delle parcelle è avvenuto in modo ortogonale a come sono posizionate le file all'interno del vivaio. Anche in questo caso è stata sfruttata in modo positivo la vicinanza con un bacino di raccolta dell'acqua per l'irrigazione e con la stazione di pompaggio del settore del vivaio.

Montecarlo: l'area è stata individuata in una zona completamente libera da coltivazioni, utilizzata in precedenza come area di stoccaggio di piante in vaso da ricoltivare. Il posizionamento delle parcelle è avvenuto in modo contrapposto, così come allestito nel sito sperimentale di Prato. In questo vivaio il lago di raccolta per l'acqua è distante, ma era già esistente, nelle vicinanze del sito prescelto, una tubazione principale per l'approvvigionamento idrico.



Panoramica del sito sperimentale di Piuvica (Irrigo 01)



Panoramica del vivaio sperimentale di Prato (IRRIGO-02)



Panoramica del sito sperimentale di Montecarlo (IRRIGO-03).



Settore per i vasi di 10 litri: pozzetto di raccolta drenati aperto per l'ispezione ed adattato escludendo le file esterne che non ricevono acqua irrigua misurata dal sistema; i drenati raccolti appartengono solo alle file interne monitorate sia per l'irrigazione che per i drenaggi.



Particolari del lisimetri costruiti per per il collaudo dei consumi idrici calcolati dai sensori SMS. A sinistra pozzetto di raccolta del drenato di una intera fila di piante: si noti la pompa di sentina, i contatori elettronici per la misura della quantità di acqua distribuita e di quella drenata, raccolta dalla trincea con il grigliato. A sinistra sede del vaso, con rete anti-corpi estranei e naylon atto ad evitare l'evaporazione dalla trincea.

Prudenzialmente si è deciso di realizzare il primo prototipo nell'azienda Vannucci piante a Piuvica, in modo che la vicinanza al centro direzionale permettesse un capillare controllo delle ditte operanti. Il prototipo è servito come sistema di collaudo, in modo poi da evitare che eventuali errori nella progettazione fossero ripetuti anche negli altri due vivai. Il primo vivaio è stato collaudato nei primi giorni di agosto 2012. In particolare è stato verificato che il lisimetro fosse in grado effettivamente di raccogliere e misurare in modo corretto la quantità di drenato prodotta dalla fila oggetto di misura.

Lavori preliminari

Inizialmente, in tutti i siti, il terreno è stato spianato con una pendenza dell'1,5%. Nel caso di Piuvica, essendo tutte le parcelle disposte in modo sequenziale, la pendenza è stata realizzata da una sola parte e precisamente verso la fossa di confine che si raccorda, a sua volta, direttamente nel torrente Dogaia.

A Prato la pendenza è stata realizzata in modo contrapposto tra le parcelle: le pendenze convergono verso il centro. Qui è stato interrato un tubo da drenaggio di 200 mm di diametro, schermandolo esternamente con ghiaia e collegandolo, a valle, direttamente nello scarico di raccolta delle acque di drenaggio dell'intero vivaio.

Anche a Montecarlo, le parcelle sono state disposte in modo contrapposto, ma in questo caso le pendenze non convergono verso il centro, ma divergono verso l'esterno.

Da un lato le parcelle scaricano all'esterno in un tubo da drenaggio di 160 mm di diametro, schermato sempre con ghiaia e collegato con una fossetta in cui defluiscono le acque piovane, mentre, dall'altro lato, le parcelle opposte scaricano direttamente in una fossetta a loro vicina.

Costruzione dei lisimetri e palatura delle parcelle

Per ogni sito sperimentale è stato necessario costruire 7 lisimetri, cioè 7 trincee per ogni corrispondente parcella. Lo scavo della trincea ha previsto una pendenza del 2% che, sommata all'1,5% della parcella stessa, ha permesso d'ottenere una pendenza totale del 3,5%. Lo scavo iniziale è partito con una profondità minima di 20 cm e visto che ogni parcella era lunga circa 16-17 metri ha portato ad una profondità finale, nella parte opposta, di circa 50 cm.

La trincea è caratterizzata da una larghezza di 1 metro nella parte superiore, di circa 0,15-0,20 metri alla base e da un'inclinazione delle pareti di 45°.

Nella parte terminale più profonda della trincea, è stato realizzato un pozzetto di raccolta delle acque drenate, con dimensioni di cm 60 x 60 (lato interno) e profondo 1 metro.

L'impermeabilizzazione della trincea è stata ottenuta rivestendo la stessa con un telo di polietilene nero, di 0,18 mm di spessore e largo 3 metri al fine di coprire leggermente anche la zona laterale, immediatamente circostante.

Tutto il terreno esterno ai lisimetri e quello relativo alle parcelle senza lisimetri è stato interamente coperto con telo per pacciamatura, denominato "antialga", del tipo standard (105 g/mq).

Le trincee sono state coperte con grigliato “antitacco”, zincato, di m 1,20 di lunghezza, a fogli di 3-6 metri, sostenuti, ogni 1,5 metri, da barre trasversali (tubo carpenteria tondo, diam. 48 mm, spessore 3 mm), zincate, lunghe 2 metri.

Le parcelle in cui si era stata prevista la collocazione di piante alte più di 1,5 metri, sono state corredate di pali in legno, per la stesura dei fili a cui legare le piante per la sperimentazione. Pertanto, nella zona di collocazione dei pali, sono stati realizzati preliminarmente i fori (diam. 15-20 cm) con la trivella.

Nel caso dei siti di Piuvica e Montecarlo sono stati utilizzati pali di diametro 8/10 cm e lunghi 2,5 metri (lunghezza utile fuori terra di 1,5 metri), mentre per Prato, nelle parcelle che accoglievano piante ad alto fusto, sono stati usati pali di cm 12/14 di diametro, lunghi 3,5 metri (lunghezza utile fuori terra di 2,5 metri), cementati alla base.

La copertura finale delle trincee è stata realizzata con polietilene a doppia faccia (nero-lattato bianco), di 0,18 mm di spessore e largo 3 metri; la parte bianca è quella lasciata all'esterno, esposta alla luce

Tutta la superficie sperimentale, esclusa la zona del grigliato ricoperta con il telo lattato bianco, è stata ricoperta con ghiaia (pezzatura 2) per uno spessore di circa 5 cm.

Impianto irriguo

L'impianto per l'adduzione dell'acqua nelle parcelle è stato realizzato con una tubazione principale in polietilene nero PN10, di 40 mm di diametro, preceduto a monte da un filtro di 2 pollici, corredato di cartuccia filtrante a rete da 80 micron. Le derivazioni presenti nelle parcelle sono state realizzate con tubi adduttori in polietilene nero PN4, di 32 mm di diametro, ognuna preceduta da un'elettrovalvola AC, da 24 Volts (diametro entrata/uscita da 1 pollice e 1/4) e da un riduttore di pressione tarato a 1,8 bar; ogni derivazione è stata corredata, manualmente, sul posto (in funzione del numero dei vasi e del numero di erogatori previsti per vaso), di tubicini in pvc nero (diametro interno/esterno 2,8/5,2 mm) ed erogatori da 6 L/h per la bagnatura dei vasi.

Alle derivazioni presenti sui lisimetri sono stati associati inoltre, sempre a monte, un conta litri elettronico ed uno meccanico

In ciascuno dei pozzetti di raccolta dei drenati è stata inserita una pompa da drenaggio (HP 0,50; 220 V) in grado di aspirare l'acqua fino a 2 mm dal suolo e corredata di sonde di livello per lo scarico in automatico; la pompa svuota all'esterno i drenati, attraverso un tubo PN6 di 20 mm di diametro, a cui è stato associato un filtro a rete da 120 micron, un conta litri elettronico e uno meccanico ed una valvola di ritegno antireflusso terminale.

Per evitare che all'interno del pozzetto defluiscano anche materiali grossolani come foglie e terra (soprattutto dopo le piogge) è stato inserito, in fondo ad ogni trincea, una rete per il contenimento di tali materiali.

Ogni pompa è stata collegata ad un quadretto di comando, posto all'interno di ogni prefabbricato mobile, presente in ognuno dei tre siti sperimentali.

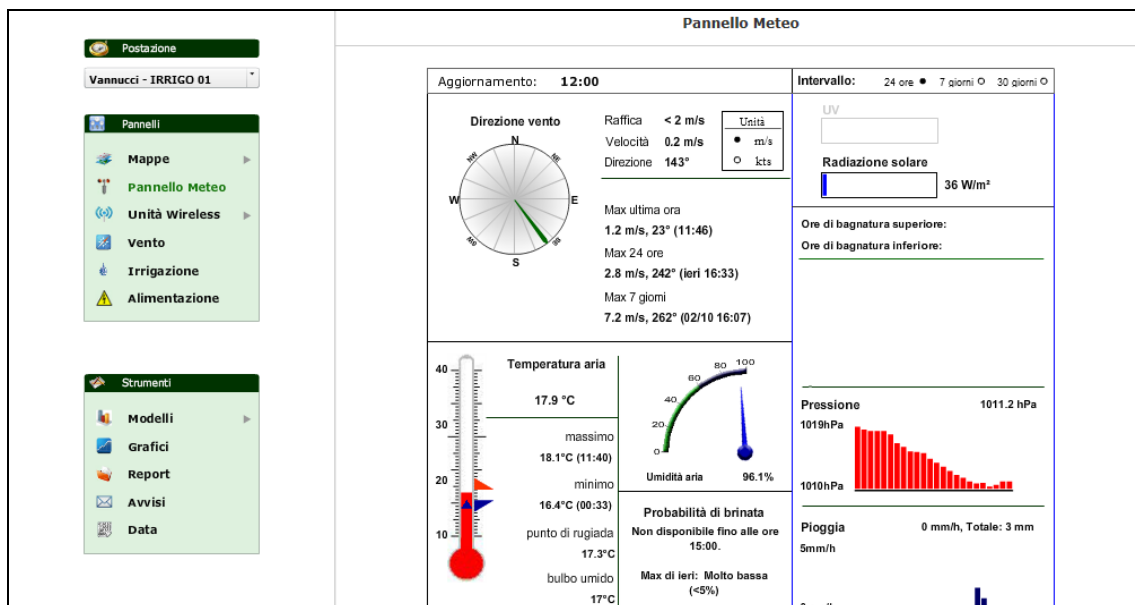
Sensoristica installata

In ogni vivaio sperimentale è stata installata una centralina meteorologica (Netsens, Sesto Fiorentino-Firenze) per il monitoraggio dei dati climatici quali temperatura e umidità relativa dell'aria, radiazione globale, piovosità, velocità e direzione del vento, pressione atmosferica.

In ogni settore irriguo sono stati posizionati 4 sensori dielettrici per la misura del contenuto idrico volumetrico del substrato (mod. TERRASENSE 2, Netsens), un flussimetro digitale per la misura della quantità di acqua somministrata su due file di piante e, nei primi 7 settori di ogni *plot*, anche 7 flussimetri digitali per la misura della quantità di drenato raccolta dai lisimetri. Tutti questi dati sono stati campionati ogni 15 minuti e trasmessi alla centralina meteo attraverso un sistema *wireless*, grazie a dei moduli alimentati a batteria.

Tutti i dati misurati dai sensori, dai flussimetri e quelli relativi alla capannina meteo sono stati inviati, tramite collegamento *GPRS*, ad un *server* gestito dalla NETSENS, dove era possibile consultare i dati in tempo reale (o di un dato periodo) via *WEB*, accedendo tramite l'inserimento di una *username* e di una *password*.

Dallo stesso sito era possibile anche gestire gli interventi irrigui del vivaio sperimentale, tramite programmazione in remoto dei tempi di irrigazione e della loro durata.



Pagina WEB per la programmazione, interrogazione dati raccolti dalla stazione meteo, dalla rete wireless dei sensori dielettrici nei vasi, dei flussimetri e delle valvole irrigue da ciascuna postazione (vivaio IRRIGO 01, Piuveca, Pistoia).

Problemi e deviazioni incontrate nella realizzazione della fase 2.2 del progetto.

La realizzazione dei campi sperimentali ha comportato una serie di accorgimenti non previsti nella fase progettuale dovuti alle seguente necessità:

-Contenere tutte le attrezzature elettriche ed elettroniche in un piccolo box, in modo da dare maggiore protezione agli agenti atmosferici alle attrezzature;

-maggiori spese per rendere funzionali i lisimetri ed eliminare i problemi di intasamento dei contatori meccanici ed elettronici: per questo motivo è stato necessario installare griglie di raccolta delle foglie, posizionare un telo di nylon per evitare le eccessive perdite per evaporazione delle trincee dei lisimetri, mettere dei filtri a valle della pompa di sentina per bloccare la sabbia e impurità che sporcavano i contatori.

Inoltre a causa dell'autunno 2012 e della primavera 2013 particolarmente piovosa, ci sono stati dei ritardi nel completamento dei vivai sperimentali, con il risultato che i dati sperimentali provenienti dal vivaio di Montecarlo (IRRIGO 03) sono cominciati solo dopo il 1 agosto 2013.

FASE 3. PROGETTAZIONE, REALIZZAZIONE, COLLAUDO E CALCOLO DEI COEFFICIENTI CULTURALI DI ALCUNE SPECIE ORNAMENTALI IN CONTENITORE.

L'obiettivo di questa fase è stata quella di progettare, verificare e collaudare il prototipo "IRRIGO". Per semplicità descrittiva si illustrerà prima la fase 3.2, relativa alla coltivazione e gestione delle particelle nei tre vivai sperimentali (responsabile azienda Vannucci Piante) e poi si procederà alla descrizione della fase 3.1, relativa alla progettazione, realizzazione e collaudo del software IRRIGO, e alla misura sperimentale dei coefficienti culturali.

FASE 3.2 REALIZZAZIONE E GESTIONE DELLE PARCELLE NEI SITI SPERIMENTALI (MESI 2-17; ATTIVITÀ E) RESPONSABILE VANNUCCI PIANTE)

Lo scopo di questa azione sarà la gestione agronomica e fitosanitari dei siti sperimentali dove poi il personale del DBPA andrà ad effettuare i rilievi. L'azione sarà chiaramente svolta dall'azienda **VANNUCCI Piante** quale esperta nella coltivazione e produzione delle piante ornamentali.

Durante l'autunno 2012, sono state scelte le piante che sarebbero state monitorate nella stagione di coltivazione 2013 (maggio-ottobre). Nella scelta delle specie da monitorare si sono seguiti i seguenti criteri:

- a) ripetere nei tre siti, cinque specie uguali (*Photinia x fraseri* 'Red Robin', *Viburnum tinus* 'Eve Price', *Bambusa aurea*, *Cedrus deodara*, *Cupressocyparis x leylandii*), tutte allevate in vasi da 18 litri (vasi vivaio $\varnothing = 30$ cm, H = 30 cm), in modo da poter evidenziare la variabilità nel calcolo del K_c fra i vivai sperimentali;
- b) scegliere per i restanti settori di ogni vivaio, colture e dimensioni dei contenitori maggiormente rappresentative dell'area produttiva. In questo caso le specie rimanenti a Piuveca (IRRIGO-01) sono state allevate in contenitore da 10 litri (vasi vivaio $\varnothing = 24$ cm, H = 24 cm), mentre quelle allevate a Prato (IRRIGO-02) e a Montecarlo (IRRIGO-03) hanno previsto rispettivamente l'utilizzo del vaso da 70 litri (mastelli vivaio $\varnothing = 55$ cm, H = 44 cm) e del vaso da 35 litri (mastelli vivaio $\varnothing = 40$ cm, H = 30 cm circa, Lucca). In tabella 2, 3 e 4 si riportano in particolare il nome della specie, le dimensioni del vaso utilizzato e la forma della chioma delle piante allevate in ogni settore irriguo dei tre vivai sperimentali.

Le operazioni colturali, effettuate sulle piante presenti nei vivai sperimentali, sono state quelle normalmente previste nel protocollo produttivo dell'azienda Vannucci Piante e delle aziende a lei collegate. In particolare le piante sono state rinvasate nel contenitore prescelto, utilizzando substrato contenente in volume il 40% di pomice e la restante parte rappresentata da una miscela fra torba, fibra di cocco e terriccio "riciclato".

La concimazione è stata effettuata ponendo un concime a lenta cessione nel substrato (titolo NPK 15:9:12, con cessione di 12-14 mesi) alla dose di 4-5,5 g/L di substrato, seguita nel periodo maggio-giugno da una riconcimazione sulla superficie del vaso con un fertilizzante a lenta cessione apposito, alla dose di 2-3 g/litro di substrato. Le dosi maggiori sono state utilizzate per le specie con maggiore resistenza alla salinità e/o caratterizzate da un più elevato ritmo di crescita. Sono poi stati effettuati i trattamenti fitosanitari e gli interventi di potatura verde, diversificati per i tempi e le modalità previsti per la coltivazione della stessa specie nei vivai commerciali.

L'irrigazione nel vivaio sperimentale è stata effettuata a cadenze giornaliere fisse, normalmente con uno o due interventi irrigui giornalieri, a seconda del fabbisogno idrico della specie e dell'evapotraspirazione potenziale del periodo, con volumi variabili in funzione della capacità idrica del vaso e della oscillazione del VWC, misurato dai sensori installati nei vasi monitorati. In generale, si è cercato di mantenere il più possibile le piante in ottime condizioni irrigue, in maniera che la loro evapotraspirazione non risultasse limitata.

FASE 3.1 SVILUPPO DEL SOFTWARE DI CONTROLLO DEL PROTOTIPO, COMPLETO DELLA RETE DI MONITORAGGIO SENSORI WIRELESS, PROVE SPERIMENTALI E VALIDAZIONE (MESI 3-17, ATTIVITÀ E, RESPONSABILE DISAAA-A).

A causa di ritardi nella preparazione dei vivai sperimentali dovuti all'andamento particolarmente piovoso della primavera 2013 e ad alcuni problemi di configurazione delle unità wireless e dei sensori nei vari vivai sperimentali, l'inizio dei rilievi sperimentali è stato possibile solo a partire dal primo giugno 2013 nel vivaio di Piuvica, il 15 luglio 2013 nel vivaio di Prato e dal 1° agosto 2013 nel vivaio di Montecarlo.

L'azione è stata articolata nelle seguenti attività, alcune di queste condotte in parallelo.

a) Rilievi sperimentali nei vivai prototipi

La sperimentazione ha avuto l'obiettivo di calcolare l'evapotraspirazione delle piante (ET_{VA}), calcolando poi successivamente il coefficiente colturale (Kc) per ognuna di esse come segue:

$$Kc = (ET_{VA} * NP) / ET0$$

Eq. 1

Tabella 2. Piante ornamentali testate (specie, dimensione del contenitore e tipo di forma della chioma) nei 14 settori irrigui del vivaio sperimentale di IRRIGO-01 a Piuvicca (PT). Le piante sono state messe a dimora nella tarda primavera e le misure sperimentali sono iniziate il 1 giugno 2013 e proseguite fino a fine ottobre 2013.





























				
1- <i>Photinia x fraseri</i> 'Red Robin' vaso 18 L	2- <i>Photinia x fraseri</i> 'Red Robin' vaso 18 L	3- <i>Viburnum tinus</i> 'Eve Price' vaso 18 L	4- <i>Bambusa aurea</i> vaso 18 L	5- <i>Cedrus deodara</i> vaso 18 L
Ellissoidale/Sfera	Ellissoidale/Sfera	Ellissoidale/Sfera	Cilindrica/ tronco di cono	Conica/Piramidale
				
6- <i>Cupressocyparis x leylandii</i> vaso 18 L	7- <i>Buxus sempervirens</i> vaso 10 L	8- <i>Prunus lusitanica</i> vaso 8 L vaso 18 L	9- <i>Acer palmatum</i> 'Atropurpureum' vaso 18 L	10- <i>Cytisus ibridi</i> vari Vaso 10 L
Conica/Piramidale	Ellissoidale/Sfera	Ellissoidale/Sfera	Cilindrica/ tronco di cono	Ellissoidale/Sfera
				
11- <i>Photinia x fraseri</i> 'Red Robin' Vaso 10 L	12- <i>Juniperus conferta</i> 'Blue Pacific' Vaso 10 L	13- <i>Pinus mugo</i> 'Mughus' Vaso 10 L	14- <i>Nandina domestica</i> Vaso 10 L	
Ellissoidale/Sfera	Cilindrica/ tronco di cono	Ellissoidale/Sfera	Ellissoidale/Sfera	

Tabella 3. Piante ornamentali testate (specie, dimensione del contenitore e tipo di forma della chioma) nei 14 settori irrigui del vivaio sperimentale di IRRIGO-2 a Prato. Le piante sono state messe a dimora nella tarda primavera e le misure sperimentali sono iniziate il 15 luglio 2013 e proseguite fino alla fine di ottobre 2013.

				
1- <i>Dracaena indivisa</i> vaso 18 L	2- <i>Photinia fraseri</i> 'Red Robin' vaso 18 L	3- <i>Viburnum tinus</i> 'Eve Price' vaso 18 L	4- <i>Bambusa aurea</i> vaso 18 L	5- <i>Cedrus deodara</i> vaso 18 L
Ellissoidale/Sfera	Ellissoidale/Sfera	Ellissoidale/Sfera	Cilindrica/ tronco di cono	Conica/Piramidale
				
6- <i>Cupressocyparis x leylandii</i> vaso 18 L Conica/Piramidale	7- <i>Carpinus betulus</i> 'Fastigiata' vaso 70 L Conica/Piramidale	8- <i>Albizia julibrissin</i> vaso 70 L Ellissoidale/Sfera	9- <i>Betula utilis</i> vaso 70 L Cilindrica/ tronco di cono	10- <i>Cedrus deodara</i> Vaso 70 L Conica/Piramidale
				
11- <i>Cercis siliquastrum</i> Vaso 70 L Cilindrica/ tronco di cono	12- <i>Cupressocyparis x leylandii</i> Vaso 70 L Conica/Piramidale	13- <i>Cupressus sempervirens</i> Vaso 70 L Conica/Piramidale	14- <i>Liquidambar styraciflua</i> Vaso 70 L Conica/Piramidale	

Tabella 4 Piante ornamentali testate (specie, dimensione del contenitore e tipo di forma della chioma) nei 14 settori irrigui del vivaio sperimentale di IRRIGO-03 a Montecarlo (LU). Le piante sono state messe a dimora nel mese di luglio e le misure sperimentali sono iniziate il 1 agosto 2013 e si sono protrate fino a fine ottobre 2013.

				
1- <i>Viburnum tinus</i> 'Eve Price' D.I. vaso 18 L	2- <i>Photinia fraseri</i> x Robin' vaso 18 L	3- <i>Viburnum tinus</i> 'Eve Price' vaso 18 L	4- <i>Bambusa aurea</i> vaso 18 L	5- <i>Cedrus deodara</i> vaso 18 L
Ellissoidale/Sfera	Ellissoidale/Sfera	Ellissoidale/Sfera	Cilindrica/ tronco di cono	Conica/Piramidale
				
6- <i>Cupressocyparis</i> x <i>leylandii</i> vaso 18 L	7- <i>Arbutus unedo</i> vaso 35 L	8- <i>Elaeagnus</i> x <i>ebbingei</i> vaso 35 L	9- <i>Cornus kousa</i> vaso 35 L	10- <i>Chamaerops</i> <i>exelsa</i> Vaso 35 L
Conica/Piramidale	Ellissoidale/Sfera	Ellissoidale/Sfera	Cilindrica/ tronco di cono	Ellissoidale/Sfera
				
11- <i>Thuja orientalis</i> 'Pyramidalis Aurea' Vaso 35 L	12- <i>Ligustrum texanum</i> Vaso 35 L	13- <i>Pistacia</i> spp. Vaso 35 L	14- <i>Ligustrum jonandrum</i> Vaso 35 L	
Ellissoidale/Sfera	Cilindrica/ tronco di cono	Ellissoidale/Sfera	Ellissoidale/Sfera	

dove: ET_{VA} è la evapotraspirazione giornaliera della pianta in vaso monitorata (espressa in L/vaso), NP è la densità della coltura (N° piante /m²) e $ET0$ è l'evapotraspirazione potenziale, calcolata dalla centralina meteorologica presente sul sito sperimentale.

Il valore di Kc è stato calcolato, con tre differenti modalità, secondo quanto descritto nei paragrafi successivi: l'uso di sensori SMS (Kc_{SE}), l'uso dei lisimetri (solo per i primi 7 settori irrigui di ogni vivaio, Kc_{LIS}) e attraverso misure mensili della variazione giornaliera in peso sulle piante monitorate con i sensori dielettrici, Kc_{GRA}).

Calcolo del Kc_{SE} - Il calcolo del Kc_{SE} è fatto per ciascuna pianta monitorata dal sensore SMS, applicando la seguente formula:

$$Kc_{SE} = [(VWC1 - VWC2) * Ke] * NP / ET0 \quad \text{Eq. 2}$$

dove: $VWC1$ e $VWC2$ sono i valori medi percentuali di due letture consecutive (cadenza di 15') riferite rispettivamente al contenuto idrico volumetrico rilevato da sensore dielettrico, dopo la fine del primo intervento irriguo e prima della successiva irrigazione; NP è la densità della coltura, $ET0$ è la evapotraspirazione potenziale nel periodo considerato; Ke (ml/% WVC) è il coefficiente specifico del sensore dielettrico indicante il volume (ml) di acqua evapotraspirata dal vaso per la variazione unitaria percentuale di WVC del substrato, rilevata dal sensore. In pratica si calcola pesando il sistema pianta-vaso sensore dopo un'irrigazione e prima della successiva, registrando il valore di WVC.



Sensore dielettrico posizionato in zona del substrato molto asciutta (a sinistra): in questo caso la variazione di umidità del substrato misurata, non è rappresentativa della evapotraspirazione della pianta. A destra, sensore dielettrico correttamente inserito in zona umida del substrato.

La determinazione del K_e , da effettuarsi ad ogni nuovo posizionamento del sensore nel vaso, è definita anche calibrazione *in-situ* e viene effettuata tramite una doppia pesata del sistema pianta-vaso-sensore dopo un'irrigazione e prima della successiva: la calibrazione è sempre necessaria nei vasi con dimensioni superiori ai 2 litri, in quanto il volume di substrato effettivamente misurato dal sensore è di circa 600-700 ml.

Essendo questo un punto molto importante per la corretta stima della ET_c , è stata condotta una sperimentazione allo scopo di dare dei consigli pratici su come cercare di ottenere una buona stima dell'evapotraspirazione della pianta dalle misure di variazione del VWC misurate dal sensore dielettrico.

Importante è la posizione in cui il sensore deve essere inserito nel vaso: per avere una buona stima, questo deve essere inserito nella parte dove maggiore è la densità radicale e dove maggiore è l'oscillazione del contenuto idrico volumetrico: questa è stata identificata in prossimità dell'erogatore, a circa 3-4 cm da questo, messo in posizione verticale in maniera tale che i pin del sensore risultino completamente immersi nel substrato.

In genere è necessario effettuare una nuova calibrazione quando:

- i) la variazione di VWC , letta dal sensore dielettrico dopo un'irrigazione e prima della successiva è inferiore al 4-5%;
- ii) quando si estrae e si riposiziona nuovamente il sensore dal substrato;
- iii) quando il substrato tende ad asciugarsi rapidamente a causa di una eccessiva richiesta evapotraspirativa.

Nella esperienza maturata nei vivai IRRIGO, si consiglia di effettuare il calcolo del K_e , circa 15 giorni dopo l'inserimento del sensore, in modo che questo si sia ben assestato nel substrato e programmare, comunque, nel periodo estivo (mese di giugno-luglio) una verifica ulteriore.

Utilizzando i dati registrati dai sensori dielettrici è stata calcolata la ET_{VA} per ogni pianta e per ogni giorno e utilizzando la formula 3.5 si è calcolato il K_{CSE} .

I valori di K_{CSE} ottenuti per ogni settore (al massimo 60 valori) sono stati mediati al fine di ottenere un K_{CSE} medio quindicinale, escludendo prima dal calcolo tutti i valori registrati nei giorni in cui si era manifestata una pioggia superiore ai 2 mm.

Calcolo del K_{CGR} - Su base mensile, per ogni sensore è stato calcolato il suo K_e , effettuando il peso del vaso-pianta-contenitore, dopo la fine del drenaggio conseguente l'irrigazione e prima della irrigazione successiva. La variazione di peso rappresenta la ET_c della pianta e da questi dati può essere calcolato un coefficiente colturale su base gravimetrica (K_{CGR}) utilizzando la seguente formula:

$$K_{CGR} = ((P1-P2) \times NP) / ET0 \quad \text{Eq. 3}$$

dove $P1$ e $P2$ sono rispettivamente i pesi della pianta dopo la fine del drenaggio conseguente ad un irrigazione e prima della successiva irrigazione, NP è la densità colturale e $ET0$ è la evapotraspirazione cumulata nel periodo di tempo compreso fra le due pesate.

Calcolo del K_{CLIS} - Utilizzando i lisimetri costruiti sulla metà dei settori irrigui di ogni vivaio sperimentale è stato possibile calcolare su base giornaliera il dato medio dell'evapotraspirato, calcolato su una intera fila di piante. In questo caso la ET_c media e di conseguenza il K_{CLIS} per il calcolo della ET_c per ciascuna pianta è stato effettuato applicando la seguente formula:

$$K_{CLIS} = ((VI-V2)/NF \times NP) / ET0 \quad \text{Eq. 4}$$

dove VI e $V2$ sono rispettivamente il volume espresso in litri di acqua fornita giornalmente alla fila di piante posizionate sul lisimetro e il volume di drenato percolato giornalmente nel lisimetro ed evacuato dalla pompa di sentina (pompa da drenaggio), NF sono le piante presenti sulla fila monitorata, NP la densità colturale e $ET0$ la evapotraspirazione potenziale misurata dalla centralina meteo.

I dati dei coefficienti colturali calcolati con il metodo dei sensori dielettrici (K_{cSE}), con il metodo lisimetrico (K_{CLIS} , nei settori dotati di lisimetro) e con quello gravimetrico (K_{cGRAV}), per i tre siti sperimentali sono riportati nelle tabelle da 4 a 9.

In generale, si può notare la buona sovrapposibilità dei coefficienti colturali ottenuti con il metodo del calcolo con i sensori dielettrici e quelli ottenuti con il metodo lisimetrico, confermando in maniera soddisfacente la validità del metodo proposto nel prototipo.

b) sviluppo dell'algoritmo e scrittura del software gestionale per il monitoraggio e il calcolo automatico dei coefficienti colturali delle piante ornamentali in vaso.

Il software IRRIGO è una parte fondamentale del prototipo sviluppato nell'omonimo progetto e serve per:

- creare un'interfaccia semplice per poter gestire, immagazzinare e/o calcolare in maniera semi-automatica i coefficienti colturali, i dati meteo, dei sensori SMS e dei flussimetri, provenienti dai tre vivai sperimentali;
- permettere di ottenere informazioni sulle esigenze idriche delle specie ornamentali in contenitore, presenti nel catalogo Vannucci Piante.

Lo sviluppo degli algoritmi del *software* è stato effettuato dall'Università di Pisa, dietro indicazioni dei responsabili dell'azienda Vannucci Piante e con l'assistenza tecnica del personale della ditta NETSENS, incaricata della realizzazione "materiale" (scrittura e *debug*) del *software*.

Il principale problema che ci si è trovati a risolvere è stata l'enorme eterogeneità delle produzioni presenti nel catalogo dell'azienda Vannucci Piante: a titolo d'esempio, il catalogo 2013/2014 presenta circa 2.000 prodotti diversi (intendendo con la voce prodotti una singola specie o varietà diversa) che salgono a quasi 8.000 voci differenti se si considerano che una determinata varietà viene spesso coltivata in vaso di dimensioni diverse, forme della pianta e della chioma differenti (portamento della pianta, Tab.10). A questo va poi sommato il fatto che nelle varie aziende della filiera, le dimensioni iniziali delle piante e dell'epoca di trapianto possono variare anche notevolmente, creando un numero di combinazioni veramente alto e comunque impossibile da misurare sperimentalmente, anche nell'arco di più anni, in quanto

potenzialmente il prototipo IRRIGO può, ogni anno, determinare i coefficienti colturali di 42 specie differenti.

È stato quindi necessario ideare un *software* che fosse in grado di ricavare dai coefficienti colturali misurati (K_{CSE}) sui vivai sperimentali per una determinata specie, informazioni sufficienti per poter poi estrapolare un coefficiente colturale su piante della stessa specie o affini, ma di diversa forma e/o dimensione della chioma. Dalla bibliografia e da alcune prove preliminari effettuate durante il progetto, si è arrivati alla conclusione che, nella maggior parte dei casi, il rapporto fra coefficiente colturale e le dimensioni della pianta (coefficiente colturale normalizzato per le dimensioni della pianta, K_{CSE}/DIM), è un parametro abbastanza indipendente dalla forma e dalla dimensione della chioma. I tre parametri dimensionali della pianta che possono essere maggiormente correlati con il proprio Kc sono l'altezza, la superficie esterna della chioma e eventualmente il suo volume. Non potendo al momento avere la possibilità di fare uno *screening* di quale parametro dei tre per ogni specie potesse essere il più adatto, si è deciso scegliere quale metodo utilizzare direttamente al momento della scelta della specie per cui si sta facendo il calcolo del K_{CSE} .

Tabella 10. Classificazione delle principali forme di allevamento delle piante ornamentali e del loro portamento (forma della chioma) riscontrabili nelle aziende della filiera Vannucci Pianta.

Classificazioni forma allevamento delle piante ornamentali	Classificazioni del tipo di portamento (forma della chioma)
cespuglio	-tronco conica
-mezzo fusto	-conica
-alto fusto	-cilindrica
-ramificato/ceppaia	-ellissoide/sfera globosa
-spalliera	-parallelepipedo
-altro	-altro

Il *software* IRRIGO si compone di tre moduli fra loro comunicanti, ma abbastanza indipendenti e di un *database*, dove si trovano archiviate tutte le informazioni necessarie per i calcoli: 1) modulo per la gestione dei campi sperimentali e calcolo del Kc sperimentale, accessibile solo ad utenti registrati come amministratori del sistema; 2) modulo per il calcolo personalizzato del Kc , e 3) modulo per il calcolo del numero di irrigazioni giornaliere e dei volumi irrigui ottimali, accessibile via WEB, previa registrazione e formale autorizzazione al suo utilizzo. Qui di seguito si fornisce una breve descrizione dei tre *software*.

1) software IRRIGO-gestione dei vivai sperimentali. Questa parte del *software*, riservata solo alla figura di amministratore dei vivai sperimentali, serve ad archiviare e visualizzare i dati meteo, i dati dei sensori SMS, le letture dei flussimetri e a programmare gli interventi irrigui per ognuno dei tre siti sperimentali. Il software di gestione dei vivai comprende anche una

sub-routine necessaria per effettuare i calcoli di evapotraspirazione giornaliera, in base alle oscillazioni di umidità del substrato misurate dai sensori *SMS*. In pratica, all'inizio della stagione sperimentale, si prepara la configurazione del settore irriguo, fornendo le seguenti informazioni che sono registrate nel *database* "coefficienti colturali sperimentali":

a) settore irriguo e sito sperimentale; b) numero identificativo dei sensori *SMS* abbinati al settore irriguo, i cui dati misurati saranno utilizzati per il calcolo del K_{cSE} quindicinale; c) genere, specie e varietà, scelta fra quelle previste nel catalogo Vannucci Piante; d) data di rinvaso e dimensione del vaso (in litri); e) densità colturale; f) forma di allevamento e g) forma della chioma della specie oggetto di misura, selezionabile da un elenco prestabilito (Tab 3.10).

Successivamente, è possibile inserire il K_e di ogni singolo sensore dielettrico abbinato al settore irriguo e successivamente, è possibile attivare la procedura per il calcolo del K_{cSE} , scegliendo una delle 24 quindicine in cui è suddiviso l'anno. Naturalmente esistono blocchi che impediscono di selezionare una quindicina prima della data di trapianto, successiva alla data in cui si sta facendo il calcolo.

Il sistema effettua per ogni giorno della quindicina e per ogni sensore *SMS* abbinato allo specifico settore irriguo, il calcolo del K_{cSE} utilizzando l'equazione 3.6, e propone una tabella riassuntiva di tutti i K_{cSE} calcolati relativi a quel settore irriguo e al periodo scelto, ordinati per giorno: assieme ai coefficienti il *software* visualizza anche i valori giornalieri (medi o cumulati) dei principali parametri climatici. Attraverso l'attivazione di un filtro automatico, l'operatore può effettuare una eliminazione dei valori di K_{cSE} calcolati nei giorni di pioggia, di quelli che sono negativi. Successivamente è possibile anche escludere manualmente ogni singolo valore. Una volta che l'operatore ritiene che il K_{cSE} sia stato calcolato correttamente procede alla al consolidamento del dato calcolato che verrà registrato nel *database* contemporaneamente all'abbinamento di misure della altezza e del diametro medio della chioma della pianta. Dette informazioni serviranno al *software* per calcolare il rapporto K_{cSE}/DIM , dove DIM a seconda della scelta effettuata dall'operatore può essere rispettivamente l'altezza, la superficie esterna oppure il volume della chioma della pianta. Le grandezze di superficie o del volume della pianta sono calcolate con formule adeguate e diverse a seconda del tipo di chioma selezionata dall'utente.

2) *software IRRIGO-Calcolo Kc Utenti filiera*. Questa parte del *software* sarà accessibile a tutti gli utenti della filiera e potranno accedervi solo dopo l'autenticazione con *username* e *password*. L'utente potrà effettuare due tipi di richieste al *software*:

i) richiesta di un K_c per una determinata quindicina di coltivazione. In questo caso, l'utente deve selezionare attraverso una serie di menù a tendina successivi, il genere, la specie, la varietà (se esiste), la densità colturale, la forma, il tipo di forma della chioma, la dimensione del vaso, la quindicina dell'anno (indicata secondo la seguente sigla: numero del mese- I o II quindicina) e le dimensioni medie della pianta per cui richiede l'informazione. A questo punto, il software cerca nel database, nell'ambito della stessa specie, la pianta con le

caratteristiche più simili a quelle dell'utente e procede al calcolo del coefficiente colturale, moltiplicando il K_{cSE}/DIM della quindicina per il rapporto fra la densità della specie dell'utente e quella della coltura nel vivaio sperimentale su cui è stato calcolato il K_{cSE} medio della quindicina.

ii) richiesta di un piano previsionale dei consumi idrici stagionale. In questo caso l'utente richiede al sistema la creazione di un piano dei consumi idrici stagionali che servirà in tutti quei casi in cui è necessario sapere con approssimazione i consumi idrici quindicinali della coltura (ad esempio per programmare su quale area del vivaio sia necessario fare una produzione che richiede consumi idrici stagionali più elevati). Gli *input* che vengono richiesti sono gli stessi elencati nel punto precedente e in aggiunta si richiede anche la data di trapianto, inizio e fine coltivazione nel *plot*, le dimensioni iniziali e finali stimate della coltura ed eventualmente la quindicina in cui sono effettuate eventuali interventi di potatura verde. Il sistema creerà un *report* dove per ogni quindicina, oltre al K_c calcolato, fornisce anche la *ETc* media giornaliera, applicando l'equazione 3.3. E' chiaro che poi, in fase di coltivazione, il coltivatore dovrà verificare il piano *previsional*, interrogando il *software* utilizzando le vere dimensioni medie delle piante in coltivazione.

3) *software IRRIGO-Calcolo volume irriguo e frequenza ottimale*. Una volta effettuato il calcolo del coefficiente K_c per la coltura per una data quindicina dell'anno o dopo aver prodotto un piano previsionale dei consumi idrici, il *software* chiederà all'utente se desidera calcolare anche i volumi irrigui e la frequenza (n° di interventi al giorno) ritenuti ottimali per la coltura. Per fare ciò si accederà nella terza parte del *software* IRRIGO dove si richiede all'utente informazioni sul tipo di impianto irriguo che sta utilizzando (a goccia o per aspersione, portata degli erogatori), la tipologia di substrato fra quelli previsti dai protocolli produttivi dell'azienda Vannucci Piante e il tipo di vaso utilizzato, da scegliere attraverso un *database* che raccoglie le dimensioni di circa 200 differenti tipi di contenitore e che l'utente selezionerà in base alla forma (vaso tondo, vaso quadrato, mastello o cassetta) e alle dimensioni interne. Questa selezione permetterà al *software* di calcolare la quantità di acqua facilmente disponibile nel vaso e di conseguenza, in base ai dati di consumo idrico giornaliero già precedentemente calcolati, di indicare il numero di interventi irrigui e il volume irriguo lordo, utilizzando rispettivamente le equazioni 3.2 e 3.1.

Alla fine del calcolo il *software* produrrà un *report* di stampa che l'utente potrà salvare sul proprio *computer* come *file .pdf*.

Problemi e deviazioni incontrate nella realizzazione della fase 3.1 e 3.2 del progetto.

Il ritardo nell'allestimento dei vivai sperimentali ha causato un ritardo nella partenza della sperimentazione e quindi è stato necessario una richiesta di proroga di due mesi al fine di raccogliere dati anche per il mese di ottobre 2013.

Inoltre a causa del ritardo nella sperimentazione, sono stati effettuati meno missioni per il controllo dei campi sperimentali. Durante lo svolgimento della prova si sono resi necessari piccoli aggiustamenti fra i consumabili.

Tabella 5. Coefficienti colturali medi delle piante presenti su tutti e 3 i vivai sperimentali, calcolati con il metodo dei sensori dielettrici (Kc_{SE}), con il metodo lisimetrico (Kc_{LIS}) e con quello gravimetrico, presente solo quando è stata effettuata la calibrazione in-situ dei sensori Per ogni specie sono riportate le dimensioni di altezza, diametro medio della chioma, e il rapporto fra Kc e la superficie esterna della figura geometrica della pianta, calcolata in base alle dimensioni di questa.

			I ^a	II ^a	I ^a	II ^a	I ^a	II ^a	I ^a	II ^a	I ^a	II ^a
			GIUGNO	GIUGNO	LUGLIO	LUGLIO	AGOSTO	AGOSTO	SETTEMBRE	SETTEMBRE	OTTOBRE	OTTOBRE
Specie												
02 <i>Photiniax fraseri</i>	Altezza	m	0,51	0,64	0,65	0,68	0,68	0,70	0,84	0,96	0,98	1,09
	Diametro	m	0,42	0,55	0,56	0,60	0,60	0,63	0,72	0,90	0,90	1,02
	Kc_{SE}		0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,48	0,55	0,62	0,68
	kc_{lis}						0,35	0,60		0,49		
	kc_{grav}						0,26	0,33		0,57		
	$Kc_{Se/sup}$		0,19	0,17	0,24	0,27	0,34	0,35	0,26	0,16	0,19	0,14
03 <i>Viburnum tinus</i>	Altezza	m	0,48	0,49	0,49	0,48	0,48	0,49	0,48	0,49	0,50	0,54
	Diametro	m	0,47	0,50	0,50	0,50	0,50	0,54	0,51	0,51	0,51	0,58
	Kc_{SE}		0,64	0,48	0,36	0,29	0,27	0,28	0,35	0,45	0,60	0,79
	kc_{lis}				0,34		0,29			0,52		
	kc_{grav}				0,32		0,17			0,31		
	$Kc_{Se/sup}$		1,44	0,95	0,72	0,57	0,51	0,47	0,65	0,83	1,11	1,05
04 <i>Bambusa aurea</i>	Altezza	m	2,38	2,29	2,29	2,21	2,32	2,40	2,32	2,45	2,42	2,37
	Diametro	m	0,64	0,94	0,94	1,21	1,25	1,42	1,25	1,30	1,32	1,40
	Kc_{SE}		0,35	0,41	0,48	0,54	0,61	0,67	0,74	0,80	0,87	0,93
	kc_{lis}									0,97		1,14
	kc_{grav}									0,64		0,73
	$Kc_{Se/sup}$		0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,07	0,07	0,08	0,08
05 <i>Cedrus deodara</i>	Altezza	m	0,73	0,79	0,79	0,81	0,97	0,98	0,90	0,98	0,94	0,95
	Diametro	m	0,53	0,68	0,68	0,81	0,94	1,00	0,96	1,00	1,03	1,04
	Kc_{SE}		0,10	0,19	0,26	0,32	0,36	0,39	0,40	0,40	0,38	0,35
	kc_{lis}						0,31	0,45		0,41		
	kc_{grav}						0,33	0,42		0,36		
	$Kc_{Se/sup}$		0,06	0,08	0,11	0,10	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,07
06 <i>Cupressocyparis x leylandii</i>	Altezza	m	1,56	1,49	1,49	1,53	1,64	1,81	1,88	1,97	2,03	2,05
	Diametro	m	0,57	0,54	0,54	0,53	0,60	0,67	0,71	0,75	0,84	0,84
	Kc_{SE}		0,16	0,30	0,44	0,58	0,72	0,86	1,00	1,14	1,28	1,42
	kc_{lis}							1,12		0,37		1,47
	kc_{grav}							0,60		0,44		1,37
	$Kc_{Se/sup}$		0,05	0,10	0,15	0,19	0,20	0,19	0,20	0,21	0,20	0,22

Tabella 6. Coefficienti colturali medi delle piante presenti sul vivaio sperimentale di Piuvica, calcolati con il metodo dei sensori dielettrici (K_{cSE}) e con quello gravimetrico, presente solo quando è stata effettuata la calibrazione in situ dei sensori Per ogni specie sono riportate le dimensioni di altezza, diametro medio della chioma, e il rapporto fra coefficiente colturale e la superficie della pianta.

Settore e specie			I ^a	II ^a	I ^a	II ^a	I ^a	II ^a	I ^a	II ^a	I ^a	II ^a
			GIUGNO	GIUGNO	LUGLIO	LUGLIO	AGOSTO	AGOSTO	SETTEMBRE	SETTEMBRE	OTTOBRE	OTTOBRE
07 <i>Buxus sempervirens</i>	Altezza	m	0,32	0,31	0,31	0,32	0,34	0,34	0,35	0,37	0,33	0,37
	Diametro	m	0,36	0,37	0,37	0,39	0,36	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36
	K_{cSE}		0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,56	0,63	0,70
	kc_{grav}							0,40				0,49
	$K_{cSe/sup}$		0,41	0,78	1,18	1,39	1,91	2,20	2,48	2,80	3,54	3,59
08 <i>Prunus lusitanica</i>	Altezza	m	0,90	0,95	0,95	0,96	0,97	0,97	1,01	1,03	1,00	1,02
	Diametro	m	0,72	0,77	0,77	0,83	0,81	0,86	0,83	0,89	0,89	0,89
	K_{cSE}		0,29	0,31	0,32	0,31	0,31	0,32	0,35	0,43	0,54	0,54
	kc_{grav}							0,35				0,57
	$K_{cSe/sup}$		0,13	0,14	0,14	0,11	0,12	0,11	0,12	0,12	0,25	0,25
09 <i>Acer Palmatum</i> “atropurpureum”	Altezza	m	1,15	1,18	1,18	1,19	1,24	1,27	1,23	1,26	1,26	1,26
	Diametro	m	1,18	1,22	1,22	1,17	1,21	1,21	1,22	1,24	1,00	1,00
	K_{cSE}		0,26	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29	0,32	0,38	0,49	0,65
	kc_{grav}							0,31				0,62
	$K_{cSe/sup}$		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,13!	0,13
10 <i>Cytisus ibridi</i>	Altezza	m	0,59	0,61	0,61	0,84	0,84	0,84	0,88	0,87	1,00	1,07
	Diametro	m	0,60	0,62	0,62	0,60	0,60	0,57	0,69	0,62	0,78	0,80
	K_{cSE}		0,20	0,22	0,22	0,21	0,21	0,22	0,25	0,29	0,38	0,50
	kc_{grav}							0,25				0,48
	$K_{cSe/sup}$		0,21	0,22	0,22	0,17	0,17	0,19	0,14	0,21	0,17	0,18
11 <i>Photiniax fraseri</i>	Altezza	m	0,55	0,58	0,58	0,69	0,85	1,05	1,16	1,26	1,45	1,57
	Diametro	m	0,48	0,50	0,50	0,55	0,69	0,78	0,88	0,78	0,83	0,89
	K_{cSE}		0,20	0,22	0,22	0,21	0,21	0,22	0,25	0,29	0,38	0,50
	kc_{grav}							0,25				0,48
	$K_{cSe/sup}$		0,35	0,36	0,36	0,25	0,12	0,08	0,06	0,09	0,09	0,10
12 <i>Juniperus conferta</i>	Altezza	m	0,18	0,21	0,21	0,19	0,20	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20
	Diametro	m	0,60	0,63	0,63	0,69	0,71	0,70	0,72	0,73	0,73	0,72
	K_{cSE}		0,20	0,22	0,22	0,21	0,21	0,22	0,25	0,29	0,38	0,40
	kc_{grav}							0,20				0,37
	$K_{cSe/sup}$		0,29	0,30	0,30	0,27	0,25	0,26	0,29	0,34	0,34	0,36

Tabella 7. Coefficienti colturali medi delle piante presenti sul vivaio sperimentale di Prato, calcolati con il metodo dei sensori dielettrici (Kc_{SE}) e con quello gravimetrico, presente solo quando è stata effettuata la calibrazione in situ dei sensori Per ogni specie sono riportate le dimensioni di altezza, diametro medio della chioma, e il rapporto fra coefficiente colturale e la superficie della pianta.

Settore e specie			I ^a	II ^a	I ^a	II ^a	I ^a	II ^a	I ^a	II ^a	I ^a	II ^a
			GIUGNO	GIUGNO	LUGLIO	LUGLIO	AGOSTO	AGOSTO	SETTEMBRE	SETTEMBRE	OTTOBRE	OTTOBRE
01 <i>Dracaena indivisa</i>	Altezza	m	1,31	1,34	1,34	1,32	1,32	1,32	1,30	1,29	1,30	1,40
	Diametro	m	1,19	1,29	1,36	1,36	1,40	1,41	1,35	1,40	1,39	1,46
	Kc_{SE}					0,11	0,11	0,20	0,34	0,51	0,68	0,83
	kc_{grav}					0,08						0,95
	$Kc_{Se/sup}$					0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06	0,06
07 <i>Carpinus Betulus</i> "Fastigiata"	Altezza	m	2,54	2,65	2,66	2,79	3,20	3,36	3,41	3,38	3,45	3,36
	Diametro	m	0,83	0,87	0,90	0,92	0,90	0,89	0,87	0,92	0,86	0,91
	Kc_{SE}					0,89	0,90	0,92	0,94	0,96	0,97	0,99
	kc_{grav}					0,85						0,95
	$Kc_{Se/sup}$					0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
08 <i>Albizia julibrissin</i>	Altezza	m	1,23	1,26	1,24	1,22	1,34	1,33	1,35	1,25	1,25	1,26
	Diametro	m	1,95	2,05	2,07	2,07	2,04	2,13	1,82	1,91	1,91	1,92
	Kc_{SE}					0,32	0,32	0,33	0,37	0,45	0,57	0,75
	kc_{grav}					0,29						0,72
	$Kc_{Se/sup}$					0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
09 <i>Betula utilis</i>	Altezza	m	3,02	3,05	3,06	3,09	3,26	3,32	3,39	3,38	3,37	3,37
	Diametro	m	1,20	1,26	1,49	1,50	1,69	1,74	1,93	1,92	1,92	1,91
	Kc_{SE}					0,32	0,32	0,33	0,37	0,45	0,57	0,75
	kc_{grav}					0,30						0,70
	$Kc_{Se/sup}$					0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
10 <i>Cedrus deodara</i>	Altezza	m	1,90	2,01	2,10	2,18	2,18	2,32	2,37	2,52	2,50	2,48
	Diametro	m	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	1,02	1,01	1,06	1,05	1,04
	Kc_{SE}					0,32	0,32	0,33	0,37	0,45	0,57	0,75
	kc_{grav}					0,30						0,71
	$Kc_{Se/sup}$					0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,08
11 <i>Cercis Siliqua- strum</i>	Altezza	m	2,03	2,04	2,04	2,04	2,15	2,13	2,01	2,15	0,00	2,11
	Diametro	m	0,93	0,98	1,07	1,07	1,35	1,36	1,39	1,41	0,00	1,40
	Kc_{SE}					0,32	0,32	0,33	0,37	0,45	0,57	0,75
	kc_{grav}					0,30						0,72
	$Kc_{Se/sup}$					0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,07

Tabella 8. Coefficienti colturali medi delle piante presenti sul vivaio sperimentale di Montecarlo, calcolati con il metodo dei sensori dielettrici (K_{cSE}) e con quello gravimetrico, presente solo quando è stata effettuata la calibrazione in situ dei sensori Per ogni specie sono riportate le dimensioni di altezza, diametro medio della chioma, e il rapporto fra coefficiente colturale e la superficie della pianta.

Settore e specie			I ^a	II ^a	I ^a	II ^a	I ^a	II ^a	I ^a	II ^a		
			GIUGNO	GIUGNO	LUGLIO	LUGLIO	AGOSTO	AGOSTO	SETTEMBRE	SETTEMBRE	OTTOBRE	OTTOBRE
07 <i>Arbutus unedo</i>	Altezza	m					1,28	1,28	1,26	1,43	1,49	1,47
	Diametro	m					0,84	0,84	0,85	0,95	0,99	0,97
	K_{cSE}						0,11	0,03	0,15	0,36	0,54	0,56
	kc_{grav}						0,09				0,50	
	$K_{cSe/sup}$						0,03	0,01	0,04	0,07	0,10	0,11
08 <i>Elaeagnus x ebbingei</i>	Altezza	m					1,73	1,73	1,76	1,77	1,80	1,83
	Diametro	m					0,81	0,81	0,92	1,09	0,93	0,93
	K_{cSE}						0,20	0,21	0,23	0,28	0,35	0,47
	kc_{grav}						0,16				0,31	
	$K_{cSe/sup}$						0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,07
09 <i>Cornus kousa</i>	Altezza	m					1,25	1,24	1,25	1,26	1,26	1,26
	Diametro	m					1,12	1,10	1,12	1,08	0,99	0,99
	K_{cSE}						0,29	0,30	0,34	0,31	0,32	0,40
	kc_{grav}						0,26				0,65	
	$K_{cSe/sup}$						0,15	0,16	0,16	0,13	0,14	0,15
10 <i>Chamaerops exelsa</i>	Altezza	m					0,99	0,99	1,05	1,07	1,09	1,10
	Diametro	m					2,01	2,01	1,99	1,96	1,98	2,00
	K_{cSE}						0,29	0,30	0,34	0,41	0,52	0,69
	kc_{grav}						0,26				0,48	
	$K_{cSe/sup}$						0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04
11 <i>Thuya orientalis</i> "Pyramidalis Aurea"	Altezza	m					1,34	1,38	1,40	1,42	1,43	1,45
	Diametro	m					2,01	0,63	1,99	1,96	1,98	2,00
	K_{cSE}						0,29	0,30	0,34	0,41	0,52	0,69
	kc_{grav}						0,26				0,49	
	$K_{cSe/sup}$						0,02	0,07	0,02	0,04	0,04	0,04
12 <i>Ligustrum texanum</i>	Altezza	m					1,45	1,45	1,38	1,54	1,57	1,60
	Diametro	m					1,52	1,52	1,51	1,50	1,43	1,44
	K_{cSE}						0,29	0,30	0,34	0,41	0,52	0,59
	kc_{grav}						0,18				0,49	
	$K_{cSe/sup}$						0,03	0,03	0,04	0,03	0,05	0,05

Tabella 9. Coefficienti colturali medi delle piante presenti sul vivaio sperimentale di Piuvica (I01), di Prato (I02 e di Montecarlo (I03), calcolati con il metodo dei sensori dielettrici (Kc_{SE}) e con quello gravimetrico, presente solo quando è stata effettuata la calibrazione in-situ dei sensori Per ogni specie sono riportate le dimensioni di altezza, diametro medio della chioma.

Settore e specie			I ^a	II ^a	I ^a	II ^a	I ^a	II ^a	I ^a	II ^a	I ^a	II ^a
			GIUGNO	GIUGNO	LUGLIO	LUGLIO	AGOSTO	AGOSTO	SETTEMBRE	SETTEMBRE	OTTOBRE	OTTOBRE
I01 13 <i>Pinus mugo</i>	Altezza	m	0,25	0,26	0,26	0,25	0,24	0,25	0,24	0,26	0,26	0,26
	Diametro	m	0,34	0,35	0,35	0,32	0,34	0,36	0,33	0,35	0,33	0,32
	Kc_{SE}		0,20	0,22	0,22	0,21	0,21	0,22	0,25	0,29	0,32	0,35
	kc_{grav}							0,20				0,30
	$Kc_{Se/sup}$		1,62	1,62	1,64	1,99	1,79	1,64	2,27	2,13	2,25	2,36
I01 14 <i>Nandina domestica</i>	Altezza	m	0,66	0,66	0,66	0,66	0,68	0,68	0,64	0,70	0,72	0,74
	Diametro	m	0,58	0,60	0,60	0,60	0,68	0,68	0,67	0,65	0,68	0,72
	Kc_{SE}		0,20	0,22	0,22	0,21	0,21	0,22	0,25	0,29	0,32	0,36
	kc_{grav}							0,20				0,32
	$Kc_{Se/sup}$		0,21	0,22	0,22	0,21	0,16	0,17	0,21	0,24	0,25	0,28
I02 12 <i>Cupressocyparis x leylandii</i>	Altezza	m	3,00	3,09	3,12	3,21	3,36	3,45	3,49	3,64	3,68	3,68
	Diametro	m	0,65	0,69	0,41	0,42	0,90	0,85	0,96	1,08	1,03	1,09
	Kc_{SE}					0,32	0,32	0,33	0,37	0,45	0,57	0,75
	kc_{grav}							0,31				0,72
	$Kc_{Se/sup}$					0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05
I02 13 <i>Cupressus sempervirens</i>	Altezza	m	2,90	2,95	2,99	3,04	3,15	3,15	3,16	3,22	3,29	3,33
	Diametro	m	0,34	0,38	0,41	0,41	0,44	0,48	0,51	0,52	0,53	0,54
	Kc_{SE}					0,51	0,50	0,52	0,58	0,70	0,90	1,19
	kc_{grav}							0,48				1,15
	$Kc_{Se/sup}$					0,12	0,11	0,10	0,11	0,12	0,17	0,20
I02 14 <i>Liquidambar styraciflua</i>	Altezza	m	0,00	3,70	3,76	3,79	3,82	3,86	3,75	3,81	3,80	3,76
	Diametro	m	0,00	1,62	1,62	1,62	1,66	1,77	1,63	1,63	1,61	1,61
	Kc_{SE}					0,32	0,32	0,33	0,37	0,45	0,57	0,75
	kc_{grav}							0,30				0,71
	$Kc_{Se/sup}$					0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
I03 13 <i>Pistacia spp.</i>	Altezza	m					1,32	1,32	1,29	1,29	1,35	1,42
	Diametro	m					1,05	1,05	1,08	1,18	1,20	1,22
	Kc_{SE}						0,29	0,30	0,34	0,41	0,52	0,69
	kc_{grav}						0,25				0,49	
	$Kc_{Se/sup}$						0,06	0,06	0,06	0,06	0,08	0,10

FASE 4.1 STUDIO FISILOGICO SULLA DEFICIT IRRIGATION APPLICATA ALLE PIANTE ORNAMENTALI IN CONTENITORE (MESI 4-17, ATTIVITÀ D, RESPONSABILE DISAAA-a)

Scopo di questa azione è quello di verificare la possibilità della sottoporre ad uno stress idrico controllato le piante ornamentali nel momento in cui è massima la traspirazione effettiva, allo scopo di risparmiare acqua e nutrienti in momenti dell'anno in cui la disponibilità idrica aziendale può essere bassa (ad esempio mesi estivi). Dalle indicazioni ottenute sarà possibile anche creare una quantificazione della possibile riduzione di crescita, che può essere utilizzata in caso di necessità per distribuire le risorse idriche aziendali alle piante più sensibili e con maggiore valore economico in modo da minimizzare il danno economico per il vivaista.

La *deficit irrigation* (*DI*) consiste nell'esposizione delle piante ornamentali ad uno stress idrico controllato, nel momento in cui è massima la traspirazione effettiva, con lo scopo di risparmiare acqua e nutrienti in periodi dell'anno in cui la disponibilità idrica aziendale può essere limitata (ad esempio nei mesi di luglio e agosto).

L'idea nasce dal fatto che, spesso, in questo periodo, le condizioni per la crescita della pianta non sono ottimali a causa dell'alta temperatura e quindi l'eventuale riduzione della crescita imputabile allo stress idrico risulterebbe minima. Inoltre, la *DI* può avere conseguenze positive sulla morfologia della pianta e/o sulla sua capacità di tollerare il trapianto post-coltivazione. La *DI* prevede una sostanziale diminuzione del volume irriguo (fino al 50% in meno rispetto ad una coltura irrigata normalmente), riducendo sistematicamente le dosi applicate rispetto all'evapotraspirazione della coltura (*ETc*), oppure irrigando solo in certe fasi o in certe condizioni fisiologiche della coltura, come già visto nel caso della vite. I presupposti fisiologici su cui si basa la *DI* sono la diversa sensibilità allo stress idrico della fotosintesi e della crescita per espansione e il fatto che, almeno in alcune specie arboree, la crescita degli organi verdi e dei frutti mostra cinetiche diverse durante la stagione di coltivazione. Uno stress idrico (moderato) influenza la crescita delle parti verdi più della fotosintesi e, se applicato in certi periodi, riduce lo sviluppo della chioma più di quello dei frutti. La *DI* è stata valutata e quindi proposta soprattutto per il settore viticolo e frutticolo. Ridotto, invece, è il numero di lavori sulle specie ornamentali, che in ogni caso dimostrano gli effetti positivi sortiti da questa tecnica sia dal punto di vista dell'efficienza irrigua che della qualità estetica delle piante a fine ciclo (più compatte e accestite) (Beeson, 2006; Cameron et al., 2006; Suleiman et al., 2003).

Nell'ambito del progetto IRRIGO, sono state effettuate delle valutazioni sul possibile utilizzo in vivaio della tecnica di *DI*, realizzando prove su:

- piante di *Photinia x fraserii* "Red Robin" in vaso 18 L, rinvasate nel maggio del 2013 e poste nel vivaio sperimentale alla fine dello stesso mese. Le piante sono state collocate nei settori irrigui 1 e 2. Il trattamento di *DI* è iniziato il 1 agosto 2013 ed è terminato il 31 ottobre 2013 nel sito di Piuvica (PT);
- piante di *Viburnum tinus* in vaso 18 L, posizionate nei settori irrigui 1 e 3 del vivaio di Montecarlo. In questo vivaio, a causa del prolungarsi della cattiva stagione primaverile, le piante sono state messe a dimora in ritardo (metà luglio 2013) e dopo solo 1 mese sono state sottoposte al regime di *DI* (14 agosto 2013).

In entrambi i casi, il trattamento deficitario è consistito nel mantenere costante la frequenza irrigua, riducendo del 30% il volume di acqua distribuita. Questo intervento ha ridotto drasticamente, ma non annullato, la percentuale di drenaggio.

Alla fine dell'esperimento (31 ottobre 2013), è stata effettuata un'analisi di crescita distruttiva su un campione di 8 piante per ciascun trattamento, al fine di valutare l'eventuale riduzione di crescita. I risultati ottenuti sono fra loro discordanti.

In fotinia (Tab. 10), la *DI* non ha prodotto significative differenze nella crescita della pianta e ha favorito un forte risparmio idrico (32%), mentre nel viburno (Tab. 11) la *DI* ha indotto una riduzione di crescita intorno al 40%. Non si può escludere che la severità nella riduzione della crescita registrata sul viburno sia, almeno in parte, da attribuire alla eccessiva vicinanza dell'epoca di rinvaso con l'inizio del trattamento di *DI*, il che non ha permesso un adeguato sviluppo dell'apparato radicale.

Tabella 10. Effetto della deficit irrigation, (-30%) applicata nel periodo 1/08/2013-31/10/2013 sulla crescita di piante di fotinia "Red Robin". Le piante sono state trapiantate il 13 maggio 2013. Per ogni riga, a lettera differente corrisponde differenza significativa per $P < 0,05$ (test della minima differenza significativa, LSD).

			STD	Deficit Irrigation	
Dimensioni medie delle piante	Diametro max	m	1,10 a	1,00 a	-9,3%
	Diametro min	m	0,96 a	0,90 a	-5,9%
	Altezza	m	1,11 a	1,11 a	0,1%
	Volume	m ³	6,06 a	5,54 a	-8,5%
	Superficie	m ²	4,88 a	4,17 a	-14,6%
Dati Analisi di crescita	Peso fresco fusti	g	450,0 b	466,7 a	3,7%
	Peso fresco foglie	g	484,7 a	484,5 a	-0,1%
	Peso secco fusti	g	186,33 a	185,66 a	-0,4%
	Peso secco foglie	g	188,77 a	184,75 a	-2,1%
	Peso fresco totale	g	934,75 a	951,25 a	1,8%
	Peso secco totale	g	375,10 a	370,42 a	-1,2%

Tabella 11. Effetto della deficit irrigation, (-30%) applicata nel periodo 14/08/2013-31/10/2013 sulla crescita di piante di viburno. Le piante sono state trapiantate il 15 luglio 2013. Per ogni riga, a lettera differente corrisponde differenza significativa per $P < 0,05$ (test della LSD).

			STD	Deficit Irrigation	
Dimensioni medie delle piante	Diametro max	m	0,83 b	0,64 a	-23,5%
	Diametro min	m	0,78 b	0,57 a	-27,6%
	Altezza	m	0,77 a	0,70 a	-9,7%
	Volume	m ³	3,35 b	2,21 a	-34,0%
	Superficie	m ²	2,08 b	1,05 a	-49,4%
Dati Analisi di crescita	Peso fresco fusti	g	598,7 b	325,7 a	-45,6%
	Peso fresco foglie	g	613,5 b	340,5 a	-44,5%
	Peso secco fusti	g	253,7 b	140,0 a	-44,8%
	Peso secco foglie	g	211,8 b	123,5 a	-41,7%
	Peso fresco totale	g	1212,2 b	666,2 a	-45,0%
	Peso secco totale	g	465,5 b	263,4 a	-43,4%

Deviazioni incontrate nella realizzazione della fase 4.1 del progetto: nessuna in particolare.

FASE 4.2: STUDIO DELL'EFFETTO DELLA DEFICIT IRRIGATION SULLA CRESCITA DELLE PIANTE ORNAMENTALI E BENEFICI SUL RISPARMIO IDRICO (MESE 3-17: RESPONSABILE DISAAA-A).

Gli idroritettori sono polimeri idrofili reticolati (Super Absorbent Polymer, SAP) in grado di assorbire grandi quantità di acqua o di soluzioni acquose (Buchholz and Graham, 1998). Tali polimeri non sono idrosolubili; durante l'imbibizione, infatti, aumentano in volume ma conservano la loro struttura tridimensionale, senza disgregarsi.

Da un punto di vista chimico, la maggior parte degli idrogel superassorbenti appartiene ad una delle seguenti categorie (Pó R., 1994):

- poliacrilati e poliacrilammidi reticolati;
- copolimeri idrolizzati dell'innesto amido/poliacrilonitrile (PAN) o amido/PAN;
- copolimeri reticolati di anidride maleica.



Idroretentore prima (a sinistra) e dopo l'imbibizione (a destra) con acqua deionizzata (conducibilità elettrica 0,01 dS/m): la ritenzione è di circa 200 volte il suo peso iniziale pari ad 1 grammo.

Attualmente, la maggior parte dei SAP utilizzati è di origine sintetica. Gli idroritettori maggiormente impiegati, ossia quelli a base di poliacrilato di sodio o di potassio, sono polimeri leggermente reticolati in cui le catene polimeriche sono poli - elettroliti che portano due gruppi: il carbonile (COOH) ed il sodio o il potassio. Quando il polimero è in presenza di un liquido, il sodio o il potassio si dissociano dal gruppo carbonile creando così due ioni: l'anione carbossile (COO⁻) ed il catione sodio o potassio (Na⁺ o K⁺). I gruppi carbossilici, avendo la stessa carica negativa iniziano a respingersi; il risultato della repulsione tra le cariche è la distensione della catena di poliacrilato che aumenta il proprio volume e dà origine ad una sostanza gelatinosa.

La capacità del poliacrilato di sodio o di potassio di assorbire i liquidi è dovuta a tre importanti fattori:

1. la presenza nella catena polimerica dei gruppi carbossilici (COO⁻) e del sodio o del potassio, rende il polimero idrofilo perché capace di attrarre le molecole di acqua;

2. la repulsione presente tra i gruppi carbossilici permette al polimero di aprirsi e di interagire con le altre molecole di acqua;
3. i legami reticolati tra le catene polimeriche impediscono al polimero di sciogliersi in acqua o in altri liquidi e quindi di muoversi in modo casuale.

La sintesi del primo polimero idroretentore risale al 1938, quando l'acido acrilico e il divinilbenzene furono polimerizzati termicamente in un mezzo acquoso (Buchholz and Graham, 1998). Tuttavia, solo agli inizi degli anni ottanta, i polimeri superassorbenti sono stati commercializzati in Giappone per la realizzazione di prodotti igienici monouso, quali assorbenti igienici femminili e, successivamente, pannolini per bambini.

Fino a 15 anni fa l'utilizzo degli idroritettori in agricoltura è stato piuttosto sporadico, sia a causa del costo elevato, sia per la presenza di notevoli quantità di sodio che potevano risultare fitotossiche per le piante. Successivamente, il problema è stato risolto utilizzando idroritettori contenenti solo potassio ed oggi, sempre di più, le ditte produttrici di superassorbenti ne propongono l'uso agricolo. I principali vantaggi del loro impiego sono infatti:

- aumento della capacità di immagazzinamento dell'acqua nel terreno, soprattutto nei terreni sabbiosi e nei climi aridi;
- risparmio idrico, grazie ad una minore frequenza irrigua, che permette di controllare meglio la frazione di drenaggio;
- aumento della sofficità del terreno, legata all'effetto decompattante del polimero durante i cicli di idratazione-deidratazione nel suolo;
- incremento dell'efficienza dell'uso dei nutrienti, ottenuti grazie ad un loro minore dilavamento connesso all'azione di ritenzione idrica da parte del gel.

Recentemente gli idroritettori sono stati impiegati anche per aumentare la riserva idrica delle piante in vaso, con lo scopo di incrementare la resistenza alla siccità delle piante in contenitore, e quindi stipulare una specie di "assicurazione" contro eventuali guasti degli impianti di irrigazione, accrescendo la probabilità di sopravvivenza della pianta in caso di ridotta disponibilità idrica. La maggiore capacità idrica presente nel vaso grazie all'idroretentore, permette anche di aumentare il numero di giorni in cui la pianta può sopravvivere senza irrigazione, consentendo così di aumentare il raggio di spedizione, cioè il numero di giorni di trasporto necessari a raggiungere la destinazione commerciale.

L'introduzione di nuove molecole ha recentemente promosso la loro diffusione nella gestione del verde, nella riforestazione, nei vivai, dove alcuni operatori del settore già li utilizzano mescolandoli al substrato comunemente utilizzato ed ottenendo risultati soddisfacenti. L'unico inconveniente sembra rappresentato dagli elevati costi del materiale, che però fornisce buoni risultati anche a dosi ridotte (Hafle et al., 2008).

Nell'ambito del progetto IRRIGO, la sperimentazione relativa agli idrogel ha avuto lo scopo di quantificare il reale incremento della riserva idrica nel vaso, testando alcuni dei più noti prodotti commerciali a dosi diverse, in contenitori di dimensioni fra le più comunemente utilizzate nella filiera. I prodotti oggetto di sperimentazione sono stati il Luquasorb 1280 nella formulazione RL (granulometria media), commercializzato dalla BASF (Germania), attualmente utilizzato dalla azienda Vannucci Piante, e lo Stockosorb 660 nella formulazione XL (granulometria media) e Medium (granulometria fine), distribuito da EVONIK industries, GmbH (Germania).

La sperimentazione ha interessato i seguenti argomenti:

- a) determinazione delle proprietà fisico-chimiche dei materiali a confronto;
 b) determinazione delle modifiche delle proprietà fisiche del substrato maggiormente utilizzato nelle condizioni operative del vivaio, indotte dall'aggiunta di idroritettori;

Caratterizzazione delle proprietà fisiche-chimiche dei idroretentori a confronto

E' noto che la capacità di ritenzione idrica degli idroretentori è fortemente influenzata dal contenuto salino dell'acqua assorbita. Il primo obiettivo è stato quindi lo studio del grado di rigonfiamento dell'idroretentore in funzione del contenuto salino dell'acqua assorbita e la verifica di eventuali differenze indotte dall'uso di una soluzione a base di cloruro di sodio o di una soluzione contenente un concime idrosolubile, condizione molto frequente nella pratica produttiva.

La prova è stata effettuata su due diversi idroretentori, entrambi con granulometria media (Luquasorb 1280 RL e Stockosorb 660 XL), effettuando una imbibizione di 3 grammi di idroretentore (peso secco) sia con una soluzione di un concime idrosolubile (Everris, Universol 18.11.18) a concentrazione di 0, 1, 2, 3 e 4 g/L che con una soluzione di NaCl a concentrazione di 0, 1, 2, 3, 4, 5 e 10 g/L. Nel primo caso, le soluzioni utilizzate hanno avuto una conducibilità elettrica (CE) variabile fra 0,01 e 5,10 dS/m, e i dati relativi alla ritenzione idrica sono riportati in Tab. 12. I dati mostrano un forte effetto della salinità sulla capacità di assorbimento degli idroretentori, che oscilla da circa 200 volte (con acqua deionizzata) fino a 60 volte il proprio peso (con soluzione a 4g/L di concime). I dati ottenuti sperimentalmente concordano con quelli dichiarati dalle ditte produttrici.

Tabella 12. *Quantità di acqua assorbita da 1 g di idroretentore Luquasorb 1280 RL e Stockosorb 660 XL, con soluzioni a differenti concentrazioni (0-4 g/L) di concime idrosolubile (Everris,Universol 18.11.18).*

Trattamento	g di H ₂ O deionizzata assorbiti	g di soluzione fertirrigua assorbita alla concentrazione di:			
		1 g/L	2 g/L	3 g/L	4 g/L
C.E. (dS/m)	0,01	1,40	2,83	3,88	5,10
1 g Luquasorb 1280 RL	196,6	96,8	81,4	69,0	65,9
1 g Stockosorb 660 XL	187,7	108,7	86,8	76,4	64,4

Tabella 13. *Quantità di acqua assorbita da 1 g di idroretentore Luquasorb 1280 RL e Stockosorb 660 XL, con differenti concentrazioni di soluzioni di NaCl.*

Trattamento	g di H ₂ O deionizzata assorbita	g di soluzione di NaCl assorbita alla concentrazione di:					
		1 g/L	2 g/L	3 g/L	4 g/L	5 g/L	10 g/L
C.E. (dS/m)	0,01	2,09	3,71	5,45	7,58	9,36	18,03
1 g Luquasorb1280 RL	196,7	75,2	64	52,4	49,3	43,1	35
1 g Stockosorb660 XL	192,5	77,3	64,7	51,4	47,8	43,2	36,4

Nel secondo caso (uso di NaCl) le soluzioni utilizzate hanno avuto una CE variabile fra 0,01 e 18,03 dS/m e i dati relativi alla ritenzione idrica sono riportati in Tab 13. L'assorbimento di acqua da parte dell'idroretentore diminuisce con la concentrazione crescente della soluzione di NaCl.

Quindi in mezzi salini, la differenza di pressione osmotica tra il reticolo del gel e la soluzione esterna diminuisce all'aumentare della concentrazione della soluzione salina; come risultato, l'assorbimento di acqua diminuisce.

Sono state effettuate anche misure per determinare le curve di ritenzione idrica, nel campo di potenziali matriciali variabile tra 0 e -330 hPa, relative ai seguenti materiali: Luquasorb 1280 RL; Stockosorb 660 XL; substrato costituito da una miscela di torba/pomice 1:1 (V/V) a cui sono stati aggiunti 2 g/L dell'idroretentore Luquasorb 1280 RL; controllo, costituito da una miscela di torba/pomice 1:1 (V/V) senza idroretentore.

Trattandosi di substrati a volume variabile (rigonfiamento; ritiro), la curva di ritenzione idrica fornisce solamente una parte delle informazioni per poter calcolare il volume di acqua invasata nel substrato in funzione del potenziale matriciale. Infatti, il dato va messo in relazione al reale volume occupato. Dunque, è dall'analisi simultanea dei due grafici (Fig. 1 e 2) che si può evidenziare come l'aggiunta di idroretentore a parità di pF , modifichi positivamente il volume di acqua nei substrati rispetto al Controllo, e quindi modifichi significativamente anche i parametri differenziali quali acqua facilmente disponibile e acqua di riserva, ovvero nel campo di potenziali matriciali fra 0 e -100 hPa ed oltre.

Il calcolo del volume di acqua disponibile all'interno di un contenitore di forma prismatica (vaso cilindrico o a sezione quadra) va condotto effettuando la differenza fra il prodotto 'Umidità volumetrica * Volume occupato' calcolato ai due potenziali fra cui si vuole conoscere l'acqua invasata. Per esempio:

$$\Delta H_2O_{10-100hPa} = \theta_{10hPa} * V^{10hPa}_{Occupato} - \theta_{100hPa} * V^{100hPa}_{Occupato}$$

dove:

$V^{10hPa}_{Occupato}$ = è il valore del volume occupato dal substrato a potenziale -10 hPa;

$V^{100hPa}_{Occupato}$ = è il valore del volume occupato dal substrato a potenziale -100 hPa;

θ_{10hPa} = è il contenuto volumetrico di umidità a potenziale -10 hPa;

θ_{100hPa} = è il contenuto volumetrico di umidità a potenziale -100 hPa.

Applicando questa metodologia di calcolo, si evidenzia che la differenza fra volume di acqua invasata fra capacità di contenitore e -100 hPa, nelle due tesi a confronto (Fig. 1 e 2, trattamento Substrato+Luquasorb 2g/L vs. Controllo), è quantificabile in circa il 20% in più rispetto al Controllo, un valore quindi non trascurabile.

Proseguendo verso potenziali superiori, si evidenzia che, mentre nel Controllo rimane pochissima acqua invasata, nella tesi Substrato+Luquasorb 2g/L fra i potenziali -100/-330 hPa permane una quantità di acqua estraibile, di valore anch'esso non trascurabile e stimabile in circa il 10% di quella già estratta fra 0/-100 hPa, per questa particolare miscela utilizzata.

Inoltre, l'aggiunta di idroretentore fa rigonfiare il volume in funzione della dose dell'idroretentore stesso fino a circa il 40-60% in più del volume iniziale (per dosi di 2 e 3 g/L di idroretentore). Successivamente, applicando la suzione, il volume si contrae fino ad un minimo di circa 80% del volume rigonfiato, in funzione del tipo e della quantità di idroretentore.

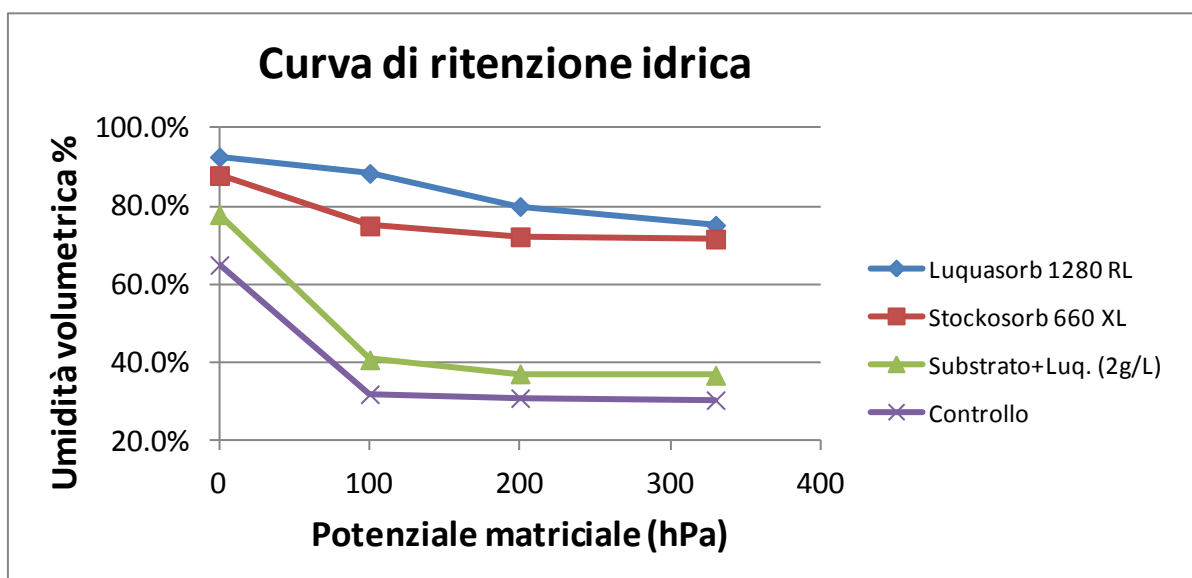


Figura 1. Curva di ritenzione idrica dei materiali: idroritettori puri Luquasorb 1280 RL; Stockosorb 660 XL; substrato costituito da una miscela di torba/pomice 1:1 (V/V) a cui è stato aggiunto 2 g/L dell'idroretentore Luquasorb 1280 RL (Substrato+Luq.); controllo, costituito da una miscela di torba/pomice 1:1 (V/V) senza idroretentore.

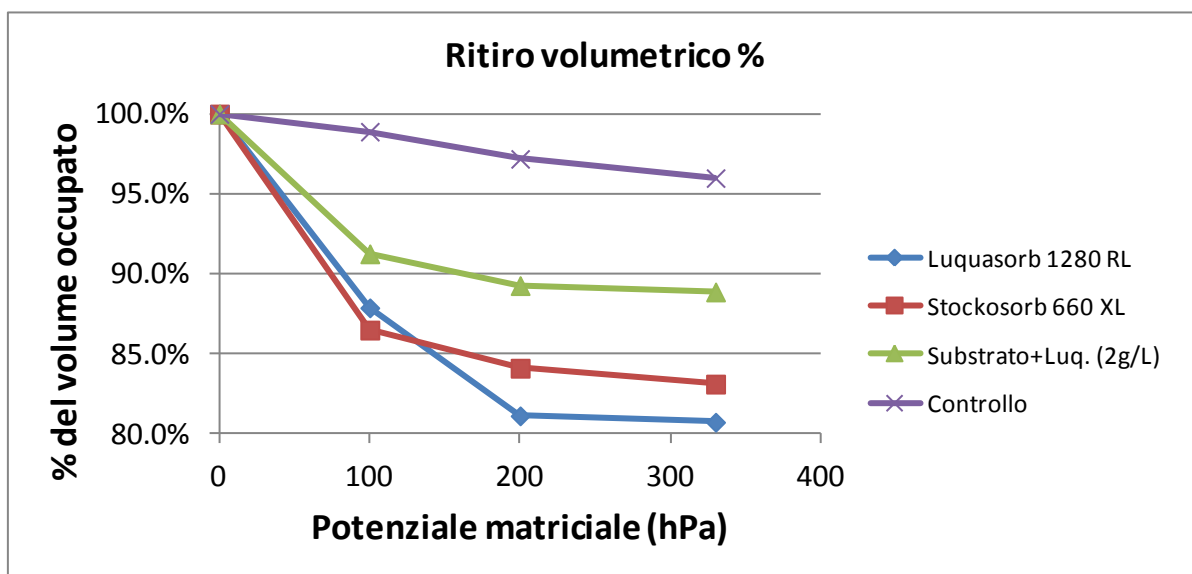


Figura 2. Curva di riitiro percentuale dei materiali: idroritettori puri Luquasorb 1280 RL; Stockosorb 660 XL; substrato costituito da una miscela di torba/pomice 1:1 (V/V) a cui è stato aggiunto 2 g/L dell'idroretentore Luquasorb 1280 RL (Substrato+Luq.); controllo, costituito da una miscela di torba/pomice 1:1 (V/V) senza idroretentore.

Caratterizzazione delle proprietà fisiche-chimiche degli idroritettori in condizioni operative

Lo scopo di queste prove sperimentali è stato quello di determinare operativamente l'incremento di riserva idrica rispettivamente in un vaso di piccole dimensioni (3 litri, Ø 16 cm) e di medie dimensioni (vaso da 15 litri, Ø 28 cm).

I trattamenti a confronto sono stati:

- controllo (C), costituito da substrato torba/pomice 1:1 (V/V);

- trattamento con substrato tipo controllo, a cui sono stati aggiunti 1, 2, 3 o 5 g/L di Luquasorb 1280 RL, a granulometria media (LM1, LM2, LM3, LM5);
- trattamento con substrato tipo controllo, a cui sono stati aggiunti 1, 2, 3 o 5 g/L di Stockosorb 660 XL, a granulometria media (SM1, SM2, SM3, SM5);
- trattamento con substrato tipo controllo, a cui sono stati aggiunti 1, 2, 3, o 5 g/L di Stockosorb 660 Medium, a granulometria fine (SF1, SF2, SF3, SF5).

I vasi sono stati rivestiti internamente da uno strato di tessuto-non tessuto per impedire la perdita di prodotto durante la fase di imbibizione. Nei vasi Ø 16 cm è stata invasata una quantità di substrato pari a 1 L, corrispondente ad un peso di 430,5 g avente un'umidità pari all'83%, calcolata dal rapporto fra la quantità di acqua contenuta e il peso secco del substrato. Nei vasi Ø 28 cm è stata invasata una quantità di substrato pari a 5 L corrispondente ad un peso di 2.007 g, avente un'umidità pari all' 83%. Sono state condotte due prove: la prima in condizioni ottimali per la completa idratazione del substrato, attraverso la sua completa immersione in acqua per due giorni, mentre la seconda ha simulato la condizione di vivaio, con idratazione dei vasi attraverso l'uso di un sistema irriguo con gocciolatori; quest'ultima prova è stata condotta solo sui vasi Ø 16 cm. I dati ottenuti sono riportati nella Brochure conclusiva del progetto IRRIGO, e in questa relazione, per brevità non vengono presentati, ma solo commentati.

I dati sperimentali mostrano una correlazione lineare tra l'incremento volumetrico del substrato rispetto al controllo ed i corrispondenti aumenti ponderali di acqua ritenuta in funzione dei diversi quantitativi di idroritettori aggiunti, come mostrato nelle Fig. 3 e Fig.4.

Dall'analisi dei dati riferiti al sistema di irrigazione per immersione si ricava che il coefficiente di correlazione lineare vale 0,92 per i trattamenti in vasi con Ø 16 cm e 0,98 per i trattamenti in vasi con Ø 28 cm, quindi indicando una correlazione molto elevata. Il trattamento *SM* in vaso di Ø 16 cm si discosta dall'andamento lineare.

Dall'analisi dei dati riferiti al sistema di irrigazione a goccia si ricava che il coefficiente di correlazione lineare vale 0,96 per i trattamenti in vasi con Ø 16 cm e il coefficiente angolare della retta di regressione ha un valore simile a quello della prova con l'irrigazione ad immersione completa (1,52 irrigazione per immersione completa; 1,62 irrigazione a goccia). Dalla comparazione dei dati si può affermare che i due sistemi di irrigazione hanno comportamento simile, ma nel sistema a goccia difficilmente si raggiunge una completa idratazione dell'idroretentore.

Dunque, dall'analisi dei dati, si può vedere come, ad esempio, per un vaso Ø 16 cm (3L), dosi di 2g/L di idroritettori e irrigazione a goccia, si abbia una quantità di acqua ritenuta alla capacità di contenitore di circa 2.350 g, mentre il Controllo ne tiene solo circa 1.950 g, cioè vi è un incremento di 400 g di acqua ritenuta.

Inoltre, la quantità di acqua estraibile fino al potenziale -100 hPa risulta superiore del 20% rispetto al Controllo, passando da 1.000 g (Controllo) a 1.220 g circa (Substrato + Idroritettori 2g/L). La quantità di acqua estraibile fino dal potenziale -100 hPa al potenziale -200 hPa risulta essere circa 45 g nel Controllo e circa 120 g nel Substrato + Idroritettori 2g/L, garantendo così una capacità tampone agli stress idrici più elevata. Comparativamente si è osservato che i prodotti idroritettori testati non presentano, fra di loro, differenze significative.

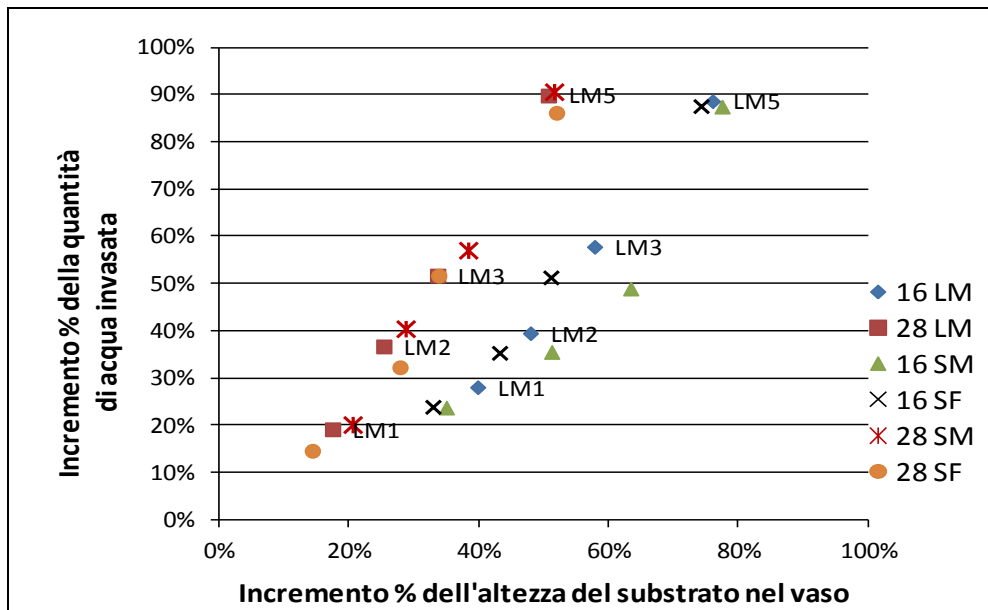


Figura 3. Correlazione tra incremento volumetrico, espresso come incremento % in altezza rispetto al controllo, ed incremento ponderale % dell'acqua assorbita rispetto al controllo in funzione delle diverse concentrazioni di soluzione fertirrigua con 1,2,3,5 g/L (etichette riportate solo per LM). Miscela di substrato torba/pomice 1:1 (V/V). Irrigazione per immersione completa. Vasi Ø 16 cm e Ø 28 cm. Luquasorb 1280 RL (LM), Stockosorb 660 XL (SM), Stockosorb 660 Medium (SF).

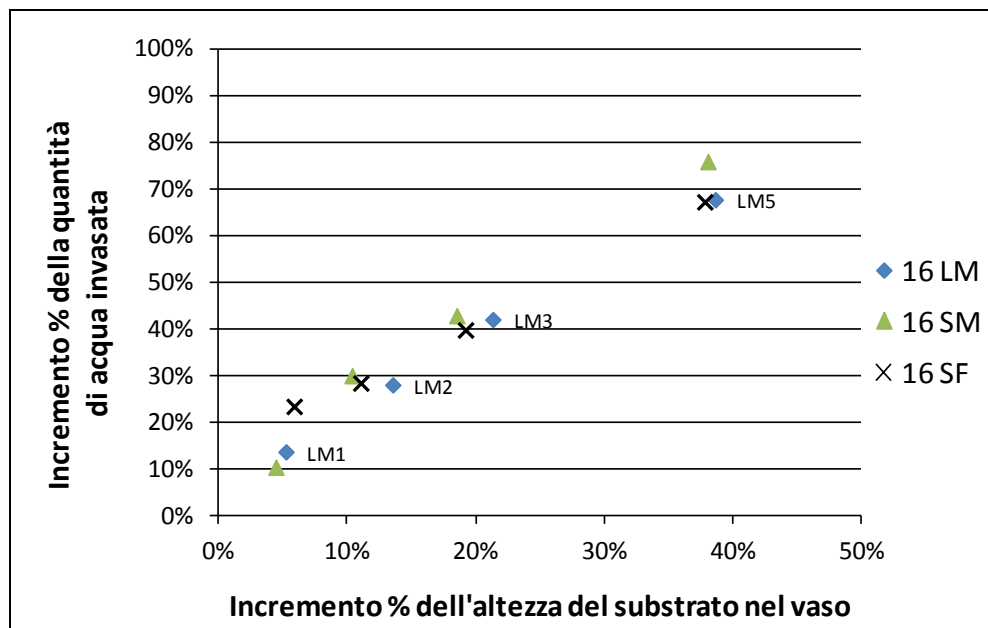


Figura 4. Correlazione tra incremento volumetrico, espresso come incremento % in altezza rispetto al controllo, ed incremento ponderale % dell'acqua assorbita rispetto al controllo in funzione delle diverse concentrazioni di soluzione fertirrigua con 1,2,3,5 g/l (etichette riportate solo per LM). Miscela di substrato torba/pomice 1:1 (V/V). Irrigazione a goccia. Vasi Ø 16 cm e Ø 28 cm. Luquasorb 1280 RL (LM), Stockosorb 660 XL (SM), Stockosorb 660 Medium (SF).

Effetto dell'uso di idroritettori aggiunti al substrato sulla traspirazione della pianta.

Nella primavera 2013 è stato condotto un esperimento su piante di *Photinia x fraserii* allo scopo di indagare il reale incremento dell'acqua disponibile per la pianta derivante dall'aggiunta dei materiali idroritettori al substrato di coltivazione,.

Piante di *Photinia x fraserii* sono state invase nella prima decade di aprile 2013 in vaso Ø 16 cm, contenente un volume di substrato pari a circa 3 litri.

Gli idroritettori posti a confronto sono stati i seguenti:

- 1) Luquasorb 1280, commercializzato dalla BASF, nella formulazione RL (granulometria media) o RM (granulometria fine), idroritettore già in parte utilizzato dall'azienda Vannucci Piante,
- 2) Stocksorb 660 commercializzato dalla EVONIK industries (Krefeld, D), testato nel formulato XL (granulometria media).

Il substrato impiegato è quello normalmente utilizzato nel processo produttivo dell'azienda "Vannucci Piante" (40% in volume, 60% miscela di torba, fibra di cocco e terriccio riciclato) arricchito con 5g/L di concime a lenta cessione (tempo di rilascio 12-14 mesi, con titolo 15:9:11) cui sono stati aggiunti 1, 2 o 3 g/L dell'idroritettore testato.

Quindi sono stati posti a confronto le seguenti tesi sperimentali, ciascuna composta da 10 piante di fotinia re-invasate con substrati differenti per tipo e dose di idroritettore :

- **controllo**, rappresentato dal terriccio utilizzato tipicamente nel Distretto Vivaistico di Pistoia;
- **trattamento A1, A2, A3**, rappresentato dal terriccio di controllo, cui è stato aggiunto l'idroritettore Luquasorb 1280 a granulometria media (3-4mm) rispettivamente nelle dosi di 1, 2, 3, g/L;
- **trattamento B1, B2, B3**, con substrato di tipo controllo, cui è stato aggiunto Luquasorb 1280 a granulometria fine (RM, 1-2mm) rispettivamente alle dosi di 1, 2 e 3 g/L;
- **trattamento C1, C2, C3**, con substrato di tipo controllo, cui è stato aggiunto Stocksorb 660 XL a granulometria media (3-4 mm), sempre alle dosi di 1, 2 e 3 g/L.

Dopo circa due mesi di normale coltivazione, necessari per ottenere una pianta con un buon sviluppo vegetativo, si sono attuati dei cicli di stress idrico controllato.

Ogni ciclo di stress iniziava con una settimana di abbondanti irrigazioni effettuate allo scopo di portare i vasi alla capacità di campo; successivamente l'irrigazione veniva sospesa fino al raggiungimento del punto di appassimento, valutato empiricamente dalla comparsa dei sintomi di appassimento sulle foglie giovani ed i germogli erbacei. Durante questo periodo i vasi sono stati pesati con cadenza giornaliera e i dati raccolti sono stati elaborati, allo scopo di ottenere la quantità totale di acqua evapotraspirata dalla pianta.

L'analisi dell'*ETc* cumulata (Tab.14) mostra che le piante cresciute alla dose di 3 g/L hanno evapotraspirato maggiormente, il che significa che il volume d'acqua effettivamente disponibile per la pianta era superiore .

Tutti gli altri trattamenti non presentano differenze significative rispetto al Controllo, indipendentemente dalla dose di polimero utilizzata.



Piante di fotinia utilizzate nella prova svolta presso l'Università di Pisa sulla modifica della capacità di ritenzione idrica da parte di idroritettori aggiunti nel substrato alla concentrazione di 1, 2 o 3 g/L.

Tabella 14. Evapotraspirazione totale (ETc), determinata al raggiungimento del punto di appassimento mediante sommatoria delle ETc giornaliere. Nell'ambito di ogni colonna, a lettera differente, corrisponde differenza

Trattamento	N° necessari l'appassimento	giorni per	ETc cumulata (ml/pianta)	Aumento rispetto al controllo	% al
A1 Luquasorb fine 1g/l	4.3 a		900.4 ab	3.5%	
A2 Luquasorb fine 2g/l	4.7 ab		960.9 b	10.5%	
A3 Luquasorb fine 3g/l	5.2 b		1024.6 c	17.8%	
B1 Luquasorb medio 1g/l	4.3 a		916.5 ab	5.4%	
B2 Luquasorb medio 2g/l	4.7 ab		970.4 b	11.6%	
B3 Luquasorb medio 3g/l	5.2 b		1050.3 c	20.7%	
C1 Stocksorb medio 1g/l	4.3 a		917.8 ab	5.5%	
C2 Stocksorb medio 2g/l	4.7 ab		987.9 bc	13.6%	
C3 Stocksorb medio 3g/l	5.2 b		1063.3 c	22.2%	
Controllo	4.3 a		869.9 a	0.0%	
Significatività	0.04		0.000 ***		

Deviazioni incontrate nella realizzazione della fase 4.2 del progetto: nessuna in particolare.

FASE 4.3 STUDIO FISILOGICO E MICROBIOLOGICO SULL'USO DELLE MICORRIZE PER L'AUMENTO DELL'EFFICIENZA IDRICA E NUTRITIVA (MESI 3-17, ATTIVITÀ D, RESPONSABILE DISAAA-A)

La produzione di piante di qualità ottenute con processi sostenibili dal punto di vista ambientale, è un'esigenza sentita non solo dai consumatori ma anche dai produttori agricoli, consapevoli che l'attenzione alle problematiche ambientali può consentire risparmi di risorse in grado di tradursi in benefici economici. La pratica della micorrizzazione associata ad una corretta

tecnica agronomica rappresenta una via efficace per la sostenibilità dei sistemi vivaistici in quanto può portare alla riduzione dell'utilizzo di fertilizzanti chimici e di pesticidi. Le micorrize infatti determinano numerosi vantaggi quali un incremento della capacità di assorbimento di acqua e dei nutrienti, una maggiore resistenza alla siccità e a livelli di salinità elevati (Smith and Read 2008; Marulanda et al., 2007). I vantaggi che le piante micorrizzate traggono dalla simbiosi hanno indotto a produrre inoculi di funghi micorrizici ed utilizzarli come *biofertilizzanti* e *bioenhancers* (Giovannetti e Avio, 2002).

La sperimentazione svolta in questo progetto ha valutato la possibilità di utilizzare la tecnica di micorrizzazione a livello aziendale. Le prove sperimentali sono state condotte per valutare la risposta alla micorrizzazione di due specie arbustive, *Photinia x fraseri* e *Lantana camara* "Calippo Gold®", sottoposte a due diversi livelli nutrizionali (Esp. 1) e a due diversi regimi idrici (Esp. 2).

Descrizione delle prove preliminari

Materiale vegetale e fungino

Per le prove sperimentali, sono state utilizzate talee radicate di *Photinia x fraseri* e *Lantana camara* fornite dall'azienda vivaistica Vannucci Piante (Pistoia). Come formulati micorrizici sono stati utilizzati: un inoculo commerciale, Symbivit® (MYBATEC srl, Novara), e un formulato preparato presso il laboratorio di Microbiologia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali (DiSAAA-a), costituito da due endofiti della collezione, *Funneliformis mosseae* IMA1 e *Rhizophagus intraradices* IMA6 e durante le prove identificato come MicroLab.

Valutazione del potenziale micorrizico degli inoculi

L'attività dei simbionti presenti nei formulati MicroLab e Mybatec è stata valutata utilizzando il biosaggio di valutazione del potenziale di inoculo micorrizico (MIP) e il metodo *gridline intersect* (Giovannetti e Mosse, 1980).

Substrato di crescita

Le piante sono state allevate in vasi della capacità di 3,3 L contenenti un substrato costituito da torba e pomice 50:50 (v:v). Al substrato è stata aggiunta dolomite (8 g/L), in modo da portare il pH a valori compresi tra 6,5 e 7, per favorire lo sviluppo dei funghi MA.

Esperimento 1: Risposta alla micorrizzazione di piante di *Photinia* e *Lantana*, in condizioni nutrizionali ottimali e ridotte

La prova è stata effettuata arricchendo il substrato con due livelli di fertilizzante. Il concime utilizzato è un prodotto a rilascio controllato con formula 15N-9P₂O₅-11K₂O + 2MgO + TE, oligoelementi (Osmocote® Exact Standard 8-9M, Everris Italia srl, Treviso). Sono stati utilizzati 5 g/L per la dose ottimale e 1,7 g/L per la dose ridotta. In questo esperimento sono stati confrontati due diversi formulati micorrizici: MicroLab e Mybatec. La micorrizzazione è stata effettuata al momento del usando 330 mL di inoculo micorrizico MicroLab per pianta. La tesi di controllo è stata preparata distribuendo l'inoculo micorrizico sterilizzato in autoclave. La micorrizzazione con Mybatec è stata effettuata con la stessa procedura, utilizzando 49,5 g di inoculo, corrispondente alla dose indicata dalla ditta produttrice. Per ciascun trattamento sono state allestite 12 repliche. Per ciascuna pianta ospite, i trattamenti erano costituiti dalle combinazioni dei fattori inoculo

micorrizico e fertilizzazione per i rispettivi livelli, MicroLab, Mybatec, controllo, e ottimale, ridotta, per un totale di sei trattamenti.

Esperimento 2: Risposta alla micorrizzazione di piante di *Photinia* e *Lantana*, in condizioni irrigue ottimali e ridotte

Sono stati confrontati due regimi idrici, uno ottimale e uno ridotto del 40%. Per impostare lo stress idrico sono stati utilizzati due tensiometri **SWT-4** (Delta-T Devices Ltd, Cambridge, UK) collegati ad un registratore di dati **GP1 Data Logger** (Delta-T Devices Ltd), al fine di misurare il potenziale idrico del substrato (misurato in hPa) e di monitorare l'andamento e la frequenza delle irrigazioni. Come substrato di crescita è stata impiegata la miscela di torba e pomice descritta precedentemente, con un livello di fertilizzazione pari a 5 g/L Osmocote® Exact 8-9M. In questo esperimento è stato utilizzato solo il formulato MicroLab, inoculato come descritto precedentemente. Per ciascun trattamento sono state allestite 12 repliche. Per ciascuna pianta ospite, i trattamenti erano costituiti dalle combinazioni dei fattori inoculo micorrizico e irrigazione per i rispettivi livelli, MicroLab, controllo, e ottimale, ridotta, per un totale di quattro trattamenti.

Parametri di crescita analizzati

In entrambe le prove, dopo 120 giorni dal trapianto sono state effettuate misurazioni dei seguenti parametri di crescita: altezza delle piante, calibro del fusto, contenuto fogliare di clorofilla (SPAD), numero dei fiori (solo *Lantana*), peso fresco della parte aerea e dell'apparato radicale. Dopo la rilevazione del peso fresco della radice, due aliquote sono state pesate e conservate in frigorifero per la determinazione del peso secco e della percentuale di colonizzazione micorrizica.

Risultati

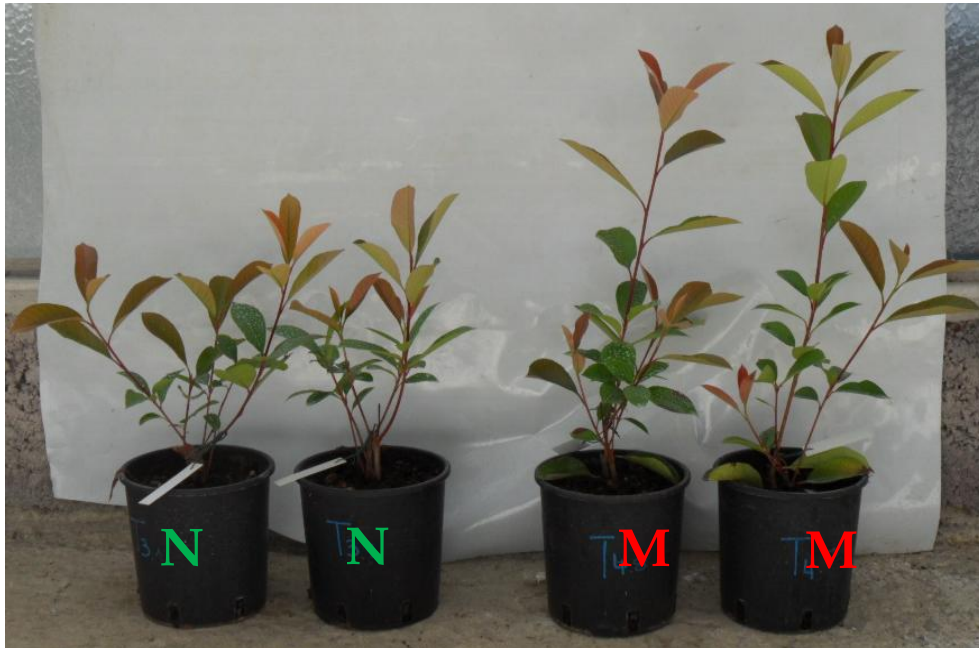
Valutazione del potenziale micorrizico degli inoculi

I risultati mostrano andamenti dei valori di colonizzazione micorrizica diversi in funzione dell'inoculo, ma sempre superiori al 30%. I valori più alti sono stati osservati per l'inoculo MicroLab ($56,62\% \pm 0,05$), mentre quelli più bassi sono stati registrati per l'inoculo Mybatec ($32,83\% \pm 0,06$). I dati ottenuti hanno permesso di procedere con l'inoculo nelle prove sperimentali.

Esperimento 1: Risposta alla micorrizzazione di piante di *Photinia* e *Lantana*, in condizioni nutrizionali ottimali e ridotte

I due formulati micorrizici hanno colonizzato le radici di entrambe le specie arbustive, mostrando andamenti diversi in relazione alla specie allevata, livello di fertilizzazione e tipo di inoculo.

L'inoculo MicroLab si è dimostrato compatibile con *Photinia x fraseri*, pur risentendo dell'alto livello di fertilizzazione. MicroLab, in condizioni di fertilizzazione ridotta, ha incrementato altezza, peso fresco della parte aerea e delle radici rispetto al controllo, sostituendo almeno in parte l'apporto di fertilizzante. In *Lantana camara*, MicroLab ha determinato un buon livello di colonizzazione micorrizica che non è stata influenzata dai livelli di fertilizzazione. L'inoculo ha apportato benefici all'accrescimento degli arbusti ad entrambi i livelli nutrizionali almeno per il peso fresco della parte aerea.



Arbusti di *Photinia x fraseri* inoculati e non inoculati in condizioni nutrizionali ridotte 75 giorni dopo il trapianto. A sinistra tesi non micorrizata (NM). A destra tesi micorrizata (M) con formulato micorrizico MicroLab.



Arbusti di *Lantana camara* inoculati e non inoculati in condizioni nutrizionali ridotte 75 giorni dopo il trapianto. A sinistra tesi non micorrizata (NM). A destra tesi micorrizata (M) con formulato micorrizico Mybatec.

L'inoculo Mybatec, ha mostrato una scarsa compatibilità con gli arbusti di *Photinia x fraseri* dove la percentuale di colonizzazione ad entrambi i livelli di fertilizzazione risultava molto bassa. Inoltre le piante trattate presentavano sempre un accrescimento inferiore rispetto agli altri trattamenti. Al contrario, Mybatec, si è dimostrato compatibile con *Lantana camara* anche se diversi livelli di fertilizzazione ne hanno influenzato la percentuale di colonizzazione. L'inoculo ha aumentato, ad entrambi i livelli nutrizionali, l'altezza ed il peso fresco della parte aerea rispetto a controllo ed al formulato MicroLab.

I risultati ottenuti mostrano che i due formulati, Mybatec e MicroLab, costituiti da comunità di diverse specie fungine micorriziche hanno una diversa capacità di insediarsi nelle radici delle piante e di stabilire un'efficiente simbiosi micorrizica. Questo risultato indica specifici livelli di adattamento fisiologico ed ecologico dei funghi micorrizici alle particolari piante ospiti utilizzate, e sottolinea l'importanza di selezionare l'inoculo più efficace e idoneo per ciascuna specie.

Esperimento 2: Risposta alla micorrizzazione di piante di *Photinia* e *Lantana*, in condizioni irrigue ottimali e ridotte

In questo esperimento MicroLab ha determinato una diversa colonizzazione radicale delle specie arbustive in relazione all'irrigazione. I dati confermano, così come osservato nell'esperimento precedente, una scarsa colonizzazione radicale di *Photinia x fraseri*. Tuttavia, il peso fresco della parte aerea era significativamente influenzato dalla micorrizzazione. Al contrario, in *Lantana camara*, MicroLab ha determinato un buon livello di colonizzazione micorrizica che tuttavia è influenzata significativamente dal livello ridotto di irrigazione. MicroLab, in questo caso, sembra contrastare l'effetto negativo della riduzione irrigua nei trattamenti non inoculati, incrementando alcuni parametri di crescita che risultano simili ai valori del controllo a irrigazione ottimale.

Questi dati confermano, come già osservato in altri studi, che diverse specie vegetali micorrizzate rispondono diversamente allo stress idrico. In generale, lo stress idrico ha ridotto il vigore e lo sviluppo degli arbusti micorrizzati e non micorrizzati rispetto al controllo. Tuttavia le piante micorrizzate hanno tollerato meglio lo stress idrico, mediante vari meccanismi come una maggiore capacità di estrazione dell'acqua dal suolo dovuta ad una più elevata superficie di contatto del sistema ife-radici con le particelle del suolo, o una maggiore crescita dell'apparato radicale, osservata in questo esperimento negli arbusti micorrizzati di *Lantana camara*.

Protocollo di produzione di inoculi fungini da utilizzare nel settore vivaistico

Il protocollo di produzione massiva di funghi *MA* prevede la realizzazione di un substrato di crescita costituito da una miscela 1:1 (V/V) di suolo sabbioso e Terragreen minerale argilloso usato per ridurre la concentrazione di elementi nutritivi troppo elevata e per ottenere un rapporto ottimale aria/acqua nel substrato di coltivazione. A questo substrato sarà poi aggiunto un inoculo *starter* che dovrà essere richiesto presso istituti specializzati (**Box 1**). Prima dell'allestimento della coltura, al fine di eliminare lo scheletro del suolo, il terreno dovrà essere setacciato utilizzando una griglia con maglia del diametro di 0,5 centimetri. Successivamente, entrambi i materiali (suolo sabbioso e Terragreen) dovranno essere sottoposti a due cicli di sterilizzazione ciascuno a 121°C per 30 min. in modo da eliminare gli eventuali patogeni del terreno. Dopo la sterilizzazione e il raffreddamento, i substrati dovranno essere mescolati con l'inoculo *starter* ed infine distribuiti in vaso dove dovranno essere seminate le "piante ospiti" in grado di stabilire simbiosi con i funghi *MA* (*pot-cultures*); è consigliabile allestire dei vasi da 5/7 L che dovranno contenere 5/10 piante di girasole (*Helianthus annuus*) e di trifoglio alessandrino, (*Trifolium alexandrinum*), specie molto micotrofiche, in grado di stabilire simbiosi con i funghi *MA* (vedi paragrafo 5.2). Il ciclo produttivo delle colture dovrà essere condotto in serra per un periodo di 4 mesi con periodiche annaffiature e senza l'aggiunta di fertilizzanti che potrebbero inibire la crescita dei funghi *MA*. Dopo 4 mesi di crescita, la parte aerea delle piante dovrà essere eliminata mentre il substrato contenente le radici dovrà essere collocato in vassoi di plastica, dove verrà omogeneizzato avendo cura di tagliare le radici in frammenti di circa 1 cm. Tutto il substrato ottenuto rappresenterà il nuovo inoculo che potrà essere utilizzato per

micorrizzare e per apportare numerosi vantaggi alla coltivazione di molte specie arbustive come *Buxus sempervirens*, *Ilex crenata*, *Berberis buxifolia*, *Berberis darwinii*, *Pistacia lentiscus*, *Nerium oleander*, *Rosmarinus officinalis*, *Ligustrum vulgare*, *Lantana camara*, *Viburnum tinus* ecc., che in ambiente naturale, presentano associazioni mutualistiche con una o più specie di micorrize arbuscolari (Wang e Qiu, 2006).

Per una maggiore efficienza è preferibile utilizzare prima possibile l'inoculo ottenuto o conservarlo in un luogo fresco e asciutto lontano da fonti di calore, al massimo per 12-18 mesi in quanto la sua vitalità potrebbe decrescere nel tempo.

La quantità di inoculo da utilizzare e il momento nel quale eseguire la micorrizzazione sono due fattori chiave che determinano il successo di questa pratica. E' consigliabile utilizzare l'inoculo fungino alla semina o al trapianto al fine di permettere la colonizzazione delle radici nelle prime fasi del ciclo colturale.

Tabella 5.5. *Quantità di inoculo da utilizzare in base alla tipologia di contenitore alveolato usato in vivaio per preparare piantine a radice protetta.*

Contenitore e alveoli/ contenitore (n.)	Volume substrato (cm ³ /alveolo)	Dose di inoculo da utilizzare (L/contenitore)
60	57	0,34
104	33	0,34
160	20	0,32
228	10	0,23

Tabella 5.6. *Quantità di inoculo da utilizzare in base al volume del vaso in fase di trapianto.*

Volume vaso	Dose per pianta (ml)	Numero di piante trattate con un volume di inoculo pari a litri			
		10	20	50	100
0,3 L	30	333	666	1666	3333
1 L	100	100	200	500	1000
3 L	300	33	66	166	333
5 L	500	20	40	100	200
10 L	1000	10	20	50	100

Nel primo caso l'inoculo potrà essere mescolato al substrato prima della semina in vivaio o distribuito insieme al seme nel caso si adotti la semina diretta in vaso. Nel secondo caso, al trapianto, l'inoculazione dovrà essere effettuata distribuendo il preparato il più vicino possibile all'apparato radicale in modo tale che il contatto tra inoculo e radici favorisca una rapida

Box 1

Collezioni nazionali e internazionali dove reperire l'inoculo *starter* di funghi MA.

Per avviare la produzione massiva di funghi MA è necessario reperire presso centri specializzati, che certificano autenticità e sanità del materiale richiesto, l'inoculo *starter* costituito da spore o da un insieme di spore e frammenti di radici micorrizzate.

Le collezioni internazionali presso le quali richiedere i funghi MA sono l'INVAM, International Cultures Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi (<http://invam.caf.wvu.edu/index.html>), la BEG, International Bank for the Glomeromycota, (<http://www.i-beg.eu>). Visitando le pagine web è possibile consultare il database delle specie conservate nelle collezioni e conoscerne caratteristiche e disponibilità.

In Italia è possibile reperire diversi isolati da utilizzare come inoculo *starter* presso i Laboratori di Microbiologia del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali dell'Università di Pisa (disaaa@agr.unipi.it). Per ordinare uno o più specie di funghi MA sarà necessario seguire le indicazioni fornite da ciascun istituto ed inviare mediante posta elettronica la richiesta d'ordine.

colonizzazione. Affinché l'inoculo resti vitale è importante conservarlo in luogo fresco e aerato, al riparo dalla luce del sole e dagli sbalzi termici.

È bene evidenziare che questi prodotti non presentano controindicazioni poiché non hanno alcun effetto negativo sulla salute umana. Affinché l'apporto di funghi micorrizici determini dei benefici alla coltura da trattare, l'inoculo prodotto dovrà contenere un numero di propaguli sufficiente a colonizzare la radice; per questo si consiglia di somministrare una dose di inoculo pari al 10% del volume dell'alveolo o del vaso da utilizzare (Tab. 5.5 e 5.6) che si traduce in una quantità pari a 100 L/m³ di substrato.

Conclusioni relative alla fase 4.3.

I risultati presentati in questa relazione hanno dimostrato la capacità da parte dei funghi micorrizici utilizzati di stabilire una simbiosi con le radici di *Photinia x fraseri* e *Lantana camara* confermando la loro capacità di sopravvivere in ambiente vivaistico. Tuttavia è stata osservata una notevole variabilità di comportamento delle due specie alla micorrizzazione in termini sia di entità della colonizzazione degli apparati radicali sia di risposta produttiva.

L'impiego di funghi micorrizici arbuscolari può rappresentare un valido approccio per ridurre l'applicazione di fertilizzanti chimici richiesti per ottenere raccolti con alti profitti, assicurando gli stessi livelli di produzione e riducendo, nel contempo, la perdita di nutrienti nell'ambiente, con ricadute positive sia sul bilancio aziendale sia sull'ecosistema.

Deviazioni incontrate nella realizzazione della fase 4.3 del progetto: nessuna in particolare.

FASE 5.1. ORGANIZZAZIONE DI OPEN-DAYS NELLE AZIENDE SPERIMENTALI E DIVULGAZIONE PRESSO LA FILIERA (MESI 6-20; RESPONSABILE VANNUCCI PIANTE)

Nella fase di progettazione del software IRRIGO, ci sono stati numerosi incontri con i tecnici responsabili nell'azienda per l'irrigazione e la coltivazione delle specie ornamentali in contenitore.

Scopo della presente azione è stata quella di informare la filiera produttiva dei risultati sperimentali raggiunti. Per questo motivo presso il Centro Sperimentale per il Vivaismo di Pistoia (CE.SPE.VI), l'11 ottobre 2013 è stato organizzato un 1 Open day dal titolo: **“Ottimizzare l'irrigazione nel vivaismo: progetto Irrigo”**. L'open-day si è svolto durante la mattina presso la sala riunioni del CESPEVI a Pistoia e ha visto la partecipazione di circa 50 persone, fra ricercatori, agenti rappresentanti di aziende di mezzi tecnici, agricoltori appartenenti alla filiera produttiva dell'azienda Vannucci Pianta. Alla fine del congresso i partecipanti sono stati accompagnati a visitare i vivai sperimentali di Piuvica, presso la sede della ditta Vannucci Pianta (IRRIGO 01) e di quello di Prato (IRRIGO 02).

Deviazioni incontrate nella realizzazione della fase 5.1 del progetto: In questa fase erano più open days. A causa del ritardo accumulato per le condizioni meteo avverse, la costruzione dei vivai sperimentali ha subito dei ritardi e così è stato deciso di unire al convegno finale una dimostrazione pratica del software IRRIGO, eliminando di fatto la necessità di fare ulteriori Open day.

Fase 5.2 Sito internet, pubblicazioni su riviste scientifiche e divulgative e congresso regionale sull'ottimizzazione della irrigazione nel florovivaismo (mesi 2-18, azione g, responsabile DBPA)

CONVEGNO CONCLUSIVO: Altro momento di divulgazione è stato il congresso finale, dal titolo **“Risultati conclusivi del progetto IRRIGO”**, svoltosi presso l'azienda Vannucci Piante, il 18 febbraio 2014.

Il convegno è stato suddiviso in due parti: nella mattinata sono stati presentati i principali risultati ottenuti con le attività del progetto IRRIGO, mentre nel pomeriggio il congresso è continuato con una sessione pratica che ha previsto la visita al vivaio sperimentale “IRRIGO-01” e una dimostrazione di calcolo del software IRRIGO, sviluppato per fornire consigli sulla gestione del volume idrico e del numero di interventi giornalieri ottimali, in base alle dimensioni della pianta da irrigare. Al congresso hanno partecipato più di 50 persone, fra ricercatori, agenti rappresentanti di aziende di mezzi tecnici, agricoltori appartenenti alla filiera produttiva dell'azienda Vannucci Piante. Alla fine del congresso i partecipanti sono stati accompagnati a visitare anche il Nursery Park, opera realizzata nell'ambito del PIF. “Pistoia: gli stilisti del vivaismo”



Invito del congresso conclusivo dei risultati ottenuti con il progetto IRRIGO

SITO INTERNET. Contemporaneamente è stato realizzato sulla *home page* del sito Vannucci Piante, un pulsante che permette di accedere a delle pagine dedicate alla visibilità del progetto IRRIGO. In particolare da qui sarà possibile scaricare le presentazioni in formato pdf del congresso conclusivo.

BROCHURE PROGETTO IRRIGO.

A conclusione del progetto sono state stampate delle brochure in cui sono descritti i principali risultati del progetto IRRIGO. La brochure, dopo una prima parte introduttiva sulla attuale efficienza nell'uso dell'acqua nel Distretto Vivaistico Pistoiese, illustra brevemente le varie fasi di realizzazione del progetto Irrigo, con i principali risultati raggiunti. La brochure è liberamente scaricabile dal sito Web del progetto IRRIGO.

Deviazioni incontrate nella realizzazione della fase 5.2 del progetto: nessuna in particolare.

BIBLIOGRAFIA

- Giovannetti M. and Mosse B. (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist* 84: 3,489-500.
- Giovannetti M., Avio L. (2002). Biotechnology of arbuscular mycorrhizas. In "Applied Mycology and Biotechnology". Vol. 2 .Agriculture and Food Production, Elsevier, pp. 275-310.
- Marulanda A., Porcel R., Barea J.M. and Azcón R. (2007). Drought tolerance and antioxidant activities in lavender plants colonized by native drought-tolerant or drought-sensitive *Glomus* species. *Microbial ecology* 54: 3,543-552.
- Phillips J.M. and Hayman D.S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British mycological Society* 55: 1,158-IN18.
- Smith S.E. and Read D.J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press, London.
- Beeson, R. C., Jr. (2006) Relationship of plant growth and actual evapotranspiration to irrigation frequency based on management allowed deficits for container nursery stock. *Journal American Society for Horticultural Science* 131: 1, 140-148.
- Brannon-Peppas L, Harland R.S. (1990). *Absorbent Polymer Technology*, Elsevier, Amsterdam, C 1-4.
- Buchholz F.L., Peppas NA, (1994). *Superabsorbent Polymers Science and Technology*, ACS Symposium Series, 573, American Chemical Society, Washington, DC, C 2, 7, 8, 9, 1994.
- Buchholz F.L., Graham A.T. (1998). *Modern Superabsorbent Polymer Technology*; Wiley VCH. New York, 1998.
- Cameron R.W.F., Harrison-Murray R.S., Atkinson C.J., Judd H. L. (2006). Regulated deficit irrigation - a means to control growth in woody ornamentals. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 81: 3,435-443.
- Dayal U, Mehta SK, Choudhari MS, Jain R. (1999). Synthesis of acrylic superabsorbents, *J Macromol Sci-Rev Macromol Chem Phys*, C 39, 507-525.
- Kabiri, K. (2003). Synthesis of fast – swelling superabsorbent hydrogels: effect of crosslinker type and concentration on porosity and absorption rate. *European Polymer Journal* 39: 1341- 1348.
- Pó, R. (1994). C: *Polymer Reviews*. *Journal of Macromolecular Science*, Part 34, 607-662.
- Suleiman M. K., Bhat N. R., Bellen R. R. (2003). Performance of ornamental plants under deficit irrigation. *Journal of Applied Horticulture (Lucknow)*. 5: 2, 96-99.