

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
“FEDERICO II”**

**DIPARTIMENTO DI ARBORICOLTURA, BOTANICA E
PATOLOGIA VEGETALE
SEZ. ARBORICOLTURA**

**DOTTORATO DI RICERCA IN
SCIENZE E TECNOLOGIE DELLE PRODUZIONI AGRO-ALIMENTARI**

Tesi

**Possibilità di controllo della crescita vegetativa in
piante di olivo (*Olea europaea* L.) attraverso l'utilizzo
del portinnesto: aspetti eco-fisiologici, accumulo e
ripartizione della sostanza secca**

**DOTTORANDO
Luigi Domenico Liberato Marra**

**TUTORE
Ch.mo Prof.
Claudio Di Vaio**

**COORDINATORE
Ch.mo Prof.
Salvatore Spagna Musso**

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUZIONE | 5 |
| 1.1 Aspetti eco-fisiologici coinvolti nel controllo della crescita vegetativa delle piante da frutto | 7 |
| <i>1.1.1 Attività fotosintetica di genotipi diversi</i> | <i>7</i> |
| <i>1.1.2 Bilancio del carbonio, accumulo e ripartizione della sostanza secca in combinazioni d'innesto</i> | <i>10</i> |
| <i>1.1.3 Architettura idraulica e relazioni idriche in combinazioni d'innesto</i> | <i>12</i> |
| <i>1.1.4 Espressione delle acquaporine in piante di olivo</i> | <i>17</i> |
| <i>1.1.5 Utilizzo dei fitoregolatori per il controllo della crescita</i> | <i>19</i> |
| 1.2 Caratteristiche e utilizzo dei portinnesti in olivicoltura | 22 |
| 1.3 Oliveti superintensivi | 24 |
| | |
| 2. SCOPI DELLA TESI | 30 |
| | |
| 3. MATERIALI E METODI | 32 |
| 3.1 Prova n°1 - “Attività vegetativa, stato idrico fogliare e scambi gassosi in due cloni di olivo (<i>Olea europaea</i> L.) con diverso vigore e sottoposti a due differenti regimi idrici” | 33 |
| 3.2 Prova n°2 - “Comportamento eco-fisiologico ed attività vegetativa in combinazioni d'innesto di olivo (<i>Olea europaea</i> L.)” | 35 |
| | |
| 4. RISULTATI E DISCUSSIONE | 39 |
| 4.1 Prova n°1 - “Attività vegetativa, stato idrico fogliare e scambi gassosi in due cloni di olivo (<i>Olea europaea</i> L.) con diverso vigore e sottoposti a due differenti regimi idrici” | 39 |
| 4.1 Prova n°2 - “Comportamento eco-fisiologico ed attività vegetativa in combinazioni d'innesto di olivo (<i>Olea europaea</i> L.)” | 53 |

| | |
|--------------------------|-----------|
| 5. CONCLUSIONI | 63 |
| 6. RINGRAZIAMENTI | 67 |
| 6. BIBLIOGRAFIA | 68 |

A mio padre

1. INTRODUZIONE

Come per gran parte delle specie arboree da frutto, anche per l'olivo, pianta sempreverde, capace di valorizzare ambienti siccitosi, la problematica connessa con il contenimento della mole dell'albero è divenuta oggetto di attività di ricerca presso importanti istituzioni scientifiche dei Paesi che si affacciano sul Mar Mediterraneo.

La possibilità di disporre di genotipi con ridotta crescita vegetativa rappresenta, infatti, uno strumento indispensabile per incoraggiare un'attività produttiva che da anni evidenzia segni di debolezza. Sulla base di quanto avvenuto in frutticoltura, anche per l'olivo si rende necessario rinnovare gli impianti, intensificandoli, per consentire la riduzione del periodo improduttivo, aumentare le produzioni unitarie e, in funzione della destinazione del prodotto, meccanizzare integralmente la raccolta (Tous *et al.*, 1999).

Per rilanciare lo sviluppo dell'olivicoltura diviene, pertanto, indispensabile disporre di cultivar caratterizzate da modesta crescita vegetativa e rapida messa a frutto. Recentemente, ai fini della scelta varietale, l'attenzione si è spostata maggiormente sui suddetti caratteri piuttosto che sulla produttività e sulla resa in olio, tanto che l'introduzione dell'olivicoltura in nuove aree del mondo (Argentina, Australia, Messico, Nuova Zelanda), avviene attraverso cultivar, quali "Arbequina", "Koroneiki" e "Arbosana", in passato considerate di secondaria importanza sia dal punto di vista della produttività che della qualità del prodotto. La tendenza a preferire le cultivar di modesto vigore e di precoce messa a frutto, sta investendo tutti i paesi olivicoli che, nell'ambito delle rispettive risorse genetiche, guardano con maggiore attenzione al

potenziale di crescita del proprio panorama varietale, privilegiando i genotipi di modesto vigore.

L'adozione del suddetto criterio di scelta varietale trova giustificazione laddove la coltivazione dell'olivo è recente, e quindi non è ancora consolidata la cultura dei prodotti tipici, mentre, nelle zone che vantano antiche tradizioni olearie, questo potrebbe portare a fenomeni di appiattimento varietale e, di conseguenza, ad un impoverimento della diversità dell'offerta basata prevalentemente sulla tipicità della produzione.

Il riconoscimento da parte dell'Unione Europea di 35 DOP e di 1 IGP all'Italia, conferma che il nostro paese è un mosaico di oli extravergine di oliva, con una loro ben precisa identità non limitata alla sola composizione organolettica e sensoriale, ma che consente riferimenti culturali, storici e paesaggistici legati al territorio di produzione.

La possibilità di intensificare gli impianti, in queste zone, è strettamente legata all'uso di portinnesti deboli, capaci di ridurre la mole delle piante e quindi di ridisegnare le configurazioni degli impianti stessi (densità, sesti, forme di allevamento, criteri di potatura, sistemi di raccolta).

In olivicoltura, ancora, non si dispone di una serie di portinnesti in grado di contenere la taglia della pianta come per esempio nel melo e, più recentemente, anche negli agrumi e nel ciliegio.

Nel settore dei portinnesti numerosi studi sono stati condotti in particolare su alcune specie frutticole (melo, pero, agrumi, pesco, vite, ciliegio), per le quali sono stati selezionati cloni in grado di conferire all'epibionte livelli diversi di vigoria. Un esempio per tutti è rappresentato dall'esperienza dell'attività di miglioramento genetico dei portinnesti di melo in Inghilterra (East Malling) attraverso la quale si dispone oggi di

genotipi di larga diffusione dotati di elevata capacità nanizzante nei confronti del nescio (Preston, 1958 a,b).

Combinazioni d'innesto di diverso vigore contribuiscono a modificare i rapporti di forza nella competizione per i metaboliti tra organi vegetativi e riproduttivi e tra porzione epigea ed ipogea della chioma. In funzione del relativo vigore le combinazioni d'innesto inducono grande dinamicità nel bilancio energetico interno alla pianta e possono contribuire a migliorare l'accumulo e la ripartizione dei carboidrati verso gli organi riproduttivi.

Studi eseguiti su specie arboree da frutto hanno evidenziato che combinazioni d'innesto di ridotto vigore hanno migliorato l'accumulo e la ripartizione dei carboidrati verso gli organi "utili", modificando la ripartizione della sostanza secca tra i diversi organi della pianta.

1.1 Aspetti eco-fisiologici coinvolti nel controllo della crescita vegetativa delle piante da frutto

1.1.1 Attività fotosintetica di genotipi diversi

Nonostante da diversi anni siano state avviate prove di valutazione agronomica in pieno campo, poche sono le informazioni sui meccanismi che intervengono sul controllo dello sviluppo vegetativo. In particolare, nell'olivo, non è ancora oggi noto se le riduzioni di crescita osservate nei genotipi di basso vigore siano riconducibili a limitazioni del "source", per una diversa attività fotosintetica delle foglie, oppure ascrivibili a limitazioni da "sink", in relazione ad un basso potenziale di crescita degli apici vegetativi.

Altri fattori di riduzione del potenziale di crescita vegetativa potrebbero, inoltre, risiedere nella scarsa funzionalità dei sistemi di assorbimento e di trasporto delle risorse (Tyree e Zimmerman, 2002) o nella diversa sensibilità a stress ambientali. Anche in altre specie arboree da frutto, per le quali sono stati segnalati genotipi con ridotto vigore vegetativo, il meccanismo di controllo della crescita è conosciuto solo in parte e, in genere, coinvolge sia gli aspetti relativi alle limitazioni da sink, che quelli che fanno riferimento ai source (Ho *et al.*, 1989). Così, ad esempio, nei genotipi “dwarf” di pesco (Corelli *et al.*, 1995), è stata rilevata una drastica riduzione nell'assimilazione netta dell'albero rispetto ai genotipi standard. Tale riduzione, più che essere legata ad una minore attività specifica del "source", è risultata determinata da una più contenuta attività fotosintetica complessiva della chioma in rapporto a fenomeni di ombreggiamento reciproco che si instaurano nel fogliame. Studi condotti su melo, da Brown *et al.* (1985 a, b) hanno rilevato alti tassi fotosintetici e un maggior livello di carboidrati in piante innestate su portinnesti vigorosi rispetto alle combinazioni più deboli.

Rieger e Marra (1994), in prove condotte su un portinnesto di pesco allevato in contenitori di diverse dimensioni, hanno ottenuto significative riduzioni in termini di peso secco e di tassi fotosintetici nelle piante allevate in contenitori di minor volume, simulando un effetto del vigore attraverso la possibilità di sviluppo dell'apparato radicale che, come è noto, è molto contenuto nei portinnesti nanizzanti. Al contrario nel susino, sebbene il vigore vegetativo sia stato modificato dal soggetto, il contenuto di carboidrati non sembra essere il fattore limitante (Gaudillere *et al.*, 1992).

Combinazioni cultivar-portainnesto che forniscono un elevato rapporto chioma/radici favoriscono un più precoce raggiungimento dello stadio di maturità.

Al contrario, portainnesti vigorosi che determinano un maggior accumulo di sostanza secca nell'apparato radicale favoriscono un buon attecchimento degli astoni dopo l'impianto ed una migliore resistenza agli stress abiotici, ma ritardano il raggiungimento dello stato di maturità (Di Vaio *et al.*, 2000). La luce è sorgente di energia per la fotosintesi, tuttavia, eccessi di luce possono risultare dannosi (fotoinibizione). La fotoinibizione riduce l'efficienza fotosintetica in misura differente in relazione alla specie ed all'ambiente di provenienza e di vita della pianta. In generale le piante sciafile sono più sensibili alla fotoinibizione di quelle eliofile (Horton *et al.*, 1996).

La fotoinibizione riduce la produttività e la crescita, soprattutto nelle prime fasi di sviluppo, e può risultare fattore critico per la sopravvivenza e/o l'acclimatazione in ecosistemi naturali e/o agrari. E' ormai accertato che alla base dei meccanismi fotoinibitori vi siano le specie reattive dell'ossigeno (Reactive Oxygen Species - ROS), prodotte durante la fotolisi dell'acqua operata dal fotosistema II (PSII) della membrana tilacoidale. Le ROS, prodotte a catena dall'acqua, sono: il radicale idrossile ($\bullet\text{OH}$), il perossido d'idrogeno (H_2O_2), il radicale superossido (O_2^-), ed il singoletto d'ossigeno (O_2). Queste specie chimiche, altamente reattive, ossidano molecole dei complessi proteici trans-membrana nel tilacoide del cloroplasto, inibendo parzialmente le ossidoriduzioni della catena fotosintetica. Inoltre inibiscono la sintesi della proteina D1 del PSII, che è essenziale per i processi di recupero post-fotoinibizione (Park *et al.*, 1995; Santabarbara *et al.*, 1999)

L'olivo è pianta eliofila, che può contare su efficienti sistemi enzimatici di protezione dall'ossidazione di origine fotoinibitoria. Tali enzimi, superossido dismutasi, ascorbato perossidasi, indolacetato e polifenol ossidasi, presentano elevata attività in condizioni altamente radiative, condizioni che innescano stress ossidativi da eccessi di luce.

1.1.2 Bilancio del carbonio, accumulo e ripartizione della biomassa in combinazioni d'innesto

Nell'analizzare il controllo della crescita vegetativa di piante arboree è pertanto necessario fare riferimento al complesso dei meccanismi che sono coinvolti nel processo, tenendo nella dovuta considerazione le interazioni che si stabiliscono tra i siti di produzione (source) e quelli di utilizzazione (sink) degli assimilati all'interno della pianta.

Diversi modelli eco-fisiologici sono stati realizzati per simulare lo sviluppo vegetativo e riproduttivo delle piante (Grossman e DeJong, 1995). In tali modelli, la crescita è espressa come il risultato dell'interazione tra processi fisiologici quali la fotosintesi, la respirazione, la traslocazione e l'accumulo di carbonio, che possono essere osservati a differenti livelli di organizzazione: cellula, organo e pianta. Secondo l'approccio meccanicistico che caratterizza le basi teoriche dei modelli, la pianta è costituita da un complesso di organi semi-autonomi ma interagenti e la ripartizione del carbonio è regolata dalla competizione tra gli organi (Grossman e DeJong, 1995).

Nel bilancio del carbonio, quindi, gli assimilati costituiscono l'"offerta", che sostiene la crescita e la respirazione delle varie parti della

pianta che rappresentano la "domanda". Modelli di simulazione del bilancio del carbonio e della crescita, sono stati utilizzati per analisi di fenomeni fisiologici anche complessi come la risposta dei frutti di pesco (DeJong e Grossman, 1995) ad interventi di riduzione della carica produttiva. Piante adattate a vivere in ambienti ombreggiati presentano una maggiore allocazione di biomassa a livello delle foglie ed una più alta area fogliare per unità di massa fogliare, nonché fusti più lunghi.

Cultivar di pesco che presentano un numero di foglie elevato ma di piccole dimensioni hanno una minore efficienza fotosintetica rispetto a quelle che hanno un numero più basso di foglie ma di dimensioni maggiori, ciò è dovuto sia ad un maggior peso specifico delle singole foglie che ad una loro migliore esposizione alla luce (Di Vaio *et al.*, 2000).

Le foglie d'ombra, infatti, hanno bassi tassi di respirazione, ovvero una bassa attività fisiologica, che permette loro di mantenere costi più bassi, ridurre le perdite di carbonio a favore di tassi di crescita potenziale relativa più alti. Al contrario, le piante adattate a vivere ad alta intensità luminosa investono molto nell'accumulo della massa radicale in modo da poter meglio compensare l'acqua perduta per un'attività traspirativa più elevata. In diversi studi è stato messo in evidenza che, soprattutto negli stadi giovanili, la condizione di pieno sole non sempre corrisponde alla massima produzione di biomassa soprattutto in condizione di stress idrico o nutritivo (Conhan *et al.*, 1996). In un recente studio, Poorter (1999) ha messo in evidenza che la crescita, nei genotipi da lui studiati, è rallentata sia da condizioni estreme di bassa che di elevata intensità luminosa.

Inoltre, sebbene siano già stati compiuti alcuni studi sull'analisi della crescita delle piante in funzione della radiazione luminosa, nessuna ricerca è stata ancora effettuata sulle risposte in termini di attività cambiale che

possa pertanto indurre modifiche sull'anatomia e sulla produzione del legno e del tessuto floematico di specie sottoposte a diversi gradienti luminosi. È ampiamente noto in letteratura, infatti, che la dimensione e la lunghezza dei vasi condiziona fortemente la capacità di condurre l'acqua della pianta (secondo la legge di Poiseuille) e che l'architettura idraulica della pianta rappresenta un fattore fortemente determinante la sua produttività.

1.1.3 Architettura idraulica e relazioni idriche in combinazioni d'innesto

La capacità idraulica del sistema vascolare della pianta occupa un ruolo centrale nella regolazione della conduttanza stomatica e di conseguenza del tasso fotosintetico (Sperry, 2000). A tal proposito negli ultimi anni numerosi studi sono stati fatti sulla relazione esistente tra la cavitazione dei condotti xilematici, il potenziale dell'acqua e la chiusura degli stomi (Trifilò *et al.*, 2003) e tra gli scambi gassosi fogliari, le proprietà idrauliche della foglia e la produttività (Lo Gullo *et al.*, 2000). L'embolia dei condotti xilematici corrisponde, quanto meno, alla chiusura stomatica (Trifilò *et al.*, 2003) in quanto permette alla pianta di prevenire l'embolia di altri vasi secondo un meccanismo di feedback negativo (Tyree e Sperry, 1988).

E' noto che lo stress idrico determina modificazioni della conduttanza idraulica delle radici (Lo Gullo *et al.*, 1998), fusti (Sperry e Tyree 1988) e foglie (Nardini *et al.*, 2001). In alcuni casi, le variazioni delle proprietà idrauliche delle piante sono attribuibili a fattori morfo-anatomici, come ad esempio il diametro dei vasi xilematici, questo si verifica nel caso di

prolungata esposizione dell'albero ad un determinato fattore ambientale, cosicchè il modello di sviluppo e accrescimento dello stesso ne risulta influenzato.

In numerose specie (Vite: Peterlunger *et al.*, 1990; Pesco: Marangoni *et al.*, 1989; Rieger 1995; Agrumi: Rieger, 1995), portinnesti di basso vigore, hanno mostrato una bassa conducibilità idrica dell'apparato radicale e del fusto. Insieme alla domanda evaporativa dell'ambiente, la conducibilità idrica, contribuisce a determinare i valori di potenziale dell'acqua che si realizzano nella pianta nel corso della traspirazione. Per tale motivo le piante poco vigorose potrebbero andare incontro più frequentemente a stati di deficit idrico con limitazione diretta degli scambi gassosi e, di conseguenza, dell'assimilazione netta. Tale fenomeno, non può che ripercuotersi sulla sintesi della sostanza secca complessivamente accumulata. Stati di deficit idrico possono inoltre essere causa di variazioni nei rapporti gerarchici dei sink e pertanto influenzare la ripartizione della sostanza secca.

Le relazioni acqua-pianta e gli scambi gassosi nelle combinazioni marza-portinnesto è uno dei più importanti aspetti da considerare nello studio che concerne il controllo vegetativo di un albero da frutto. L'effetto del portinnesto sugli scambi gassosi è dovuto alla complessa interazione tra fattori morfologici, conducibilità idraulica e relazioni source/sink.

La conducibilità idraulica della pianta (K_{plant}) influenza la crescita dell'albero attraverso la modificazione dello stato idrico fogliare e degli scambi gassosi (Sperry, 2000; Meinzer, 2002).

Cohen e Naor (2002) su piante innestate di melo hanno riscontrato una K_{plant} significativamente più bassa sulle marze innestate su portinnesti deboli comparate a quelle con soggetto vigoroso.

Atkinson *et al.* (2003) sempre su melo ha concluso che la regione d'innesto di piante allevate su portinnesto debole presenta una conducibilità idraulica più bassa rispetto alle combinazioni vigorose.

Conclusioni simili sono state ottenute da Basile *et al.* (2003b) su pesco dove piante innestate su portinnesti nanizzanti hanno mostrato una più bassa conducibilità idraulica dell'apparato radicale (K_{root}).

Al contrario, Clearwater *et al.* (2004) ha evidenziato una più alta K_{plant} nei portinnesti deboli.

Simons (1986) suggerisce che la riduzione di crescita indotta dai portinnesti nanizzanti potrebbe essere dovuta ad una perturbazione nel trasporto dell'acqua nel punto d'innesto, probabilmente causata da incompatibilità tra i due bionti.

In recenti studi circa la compatibilità d'innesto, Pina ed Errea (2005) hanno rilevato che dopo la formazione del callo si differenzia un nuovo tessuto cambiale con nuove funzionalità vascolari.

La reintegrazione del sistema vascolare rappresenta il requisito basilare per il successo di un innesto (Wang e Kollman, 1996), anche se cultivar incompatibili possono crescere per anni, a causa della presenza di alcuni collegamenti vascolari funzionali, per poi rompersi nel punto d'innesto (Errea *et al.*, 1994). In questi casi la maggior parte delle cellule del callo si sono differenziate in tessuto parenchimatico invece che in tessuto cambiale determinando un'interruzione del sistema vascolare (Hartman *et al.*, 2002).

Cinque cultivar di mandorlo innestate su due diversi portinnesti (GF 677 e Garrigues), hanno evidenziato un diverso comportamento per lo stato idrico della pianta e per gli scambi gassosi. Il valore più alto di potenziale idrico e di attività fotosintetica è stato riscontrato sulle piante

innestate su GF677, questo probabilmente era dovuto ad una migliore conducibilità idrica dell'apparato radicale (Matos *et al.*, 1997). Al contrario, negli agrumi, portainnesti con diversa vigoria non influenzano gli scambi gassosi ma inducono un più alto accumulo di carboidrati nei frutti e nelle radici delle piante “nanizzate” rispetto a quelle standard (Lliso *et al.*, 2004).

Nella vite, Iacono *et al.*, (1998) ha studiato l'influenza di tre portainnesti ibridi H1, H8 e H26 caratterizzati da diversa capacità di risposta agli stress idrici. Viti di Muller Thurgau innestate su H8 e sottoposte per due settimane a deficit idrico non hanno mostrato alcuna riduzione nell'assimilazione fotosintetica, comparate con quelle allevate su H1 e H26. La più alta efficienza fotosintetica delle viti innestate su H8 era attribuibile proprio al soggetto che conferisce alla marza una maggiore tolleranza alla siccità.

Nel melo, il minore sviluppo degli apparati radicali e la differente conducibilità idrica determinano un più basso potenziale idrico con ripercussioni negative sull'accrescimento dell'intera pianta (Olien e Lasko, 1984; Syversten e Graham, 1985; Rieger e Motisi, 1990).

Sull'assorbimento dell'acqua influiscono non solo la conducibilità ma anche le dimensioni e la morfologia dell'apparato radicale. Le radici più attive in questa funzione sembrano essere quelle con diametro inferiore ad 1 mm, ma il ruolo dell'età e del grado di suberificazione delle radici nell'assorbimento di acqua e nutrienti non è stato ancora approfonditamente indagato. Ancora nel melo, un ruolo importante sembra essere giocato anche dal trasporto dei soluti per via xilematica e da fattori di regolazione del trasporto di citochinine che risiedono all'interno della corteccia (Jones, 1973). Sulla stessa specie sono stati studiati anche

gli aspetti anatomici dei rapporti tra nesto e portinnesto. I portinnesti deboli selezionati dalla Stazione di East Malling (Beakbane, 1953; Beakbane e Rogers, 1956; Colby, 1935; McKenzie, 1961; Simmons e Chu, 1984) presentano precise caratteristiche anatomiche, quali un elevato rapporto corteccia/legno, un maggior numero di cellule parenchimatiche rispetto a quelle sclerenchimatiche e vascolari ed un minor numero di vasi xilematici a lume ridotto.

Sulla determinazione del numero e delle dimensioni dei vasi xilematici sembrano giocare un ruolo importante le auxine, responsabili dei processi di distensione cellulare.

Nel melo, gradienti nella dimensione dei vasi lungo la struttura secondaria dello xilema che, in altre specie (vite, olivo, pioppo) sono stati messi in relazione con la dominanza apicale (Salleo *et al.*, 1992).

Tuttavia, sono note anche variazioni a breve termine nelle capacità di trasporto dell'acqua dei vari organi vegetali indotte, ad esempio, da cicli di embolia xilematica e successivo 'refilling' (Salleo *et al.*, 2004) oppure da meccanismi di espressione e/o attivazione e regolazione di aquaporine che sono state recentemente riconosciute quali proteine di trasporto coinvolte nella regolazione delle proprietà idrauliche delle membrane delle cellule vegetali e quindi capaci di influenzare l'architettura idraulica complessiva della pianta (Maurel e Chrispeels, 2001).

Studi recenti hanno dimostrato come la luce rappresenti un fattore ambientale in grado di modulare le proprietà idrauliche di radici e foglie sia a lungo termine (Tyree *et al.*, 1998) che a breve termine (Nardini *et al.*, 2003; Tyree *et al.*, 2005). Fino ad ora, non è mai stato verificato sperimentalmente l'effetto dell'irradianza sulla conduttanza idraulica

complessiva della pianta e in particolare sulla ripartizione delle resistenze idrauliche nella via di trasporto dell'acqua dalle radici alle foglie.

1.1.4 Espressione delle acquaporine in piante di olivo

La acquaporine sono proteine di membrana che appartengono alle *Major Intrinsic Protein* (MIP), tra le principali ricordiamo le *Plasma membrane Intrinsic Protein* (PIP) e le *Tonoplast Intrinsic Protein* (TIP). Esse sono proteine caratterizzate dalla presenza di una sequenza di tre amminoacidi NPA (Asn-Pro-Ala) che formano un canale attraverso cui passano le molecole di acqua (Park e Saier, 1996). E' da sottolineare che questi canali sono trasportatori passivi, dove l'acqua si muove seguendo il gradiente di potenziale idrico interno alla pianta.

Di recente, sono state riconosciute, alle acquaporine, attività importanti nella regolazione delle relazioni idriche delle piante, soprattutto in presenza di stress idrico (Siefritz et al., 2002). Recentemente Secchi *et al.* (2004) hanno clonato in olivo due geni differenti codificanti per acquaporine: uno, OePIP1, che appartiene alla sottofamiglia delle PIP1, e l'altro, OePIP2 a quella delle PIP2.

Nella radice di molte specie vegetali sono state individuate fluttuazioni durante il giorno dell'espressione delle acquaporine, in dipendenza dei livelli d'illuminazione (Kaldenhoff e Eckert, 1999; Kjllborm *et al.*, 1999; Johansson *et al.*, 2000; Chrispeels *et al.*, 2001).

In particolare in *Arabidopsis* una PIP denominata AthH2 è altamente attivata dopo irraggiamento con luce bianca o blu (Kaldenhoff *et al.*, 1996), mentre non sembra essere influenzata dalla luce rossa.

Probabilmente non c'è una diretta induzione dei trascritti per la PIP da parte della luce, ma la sintesi del promotore di questa acquaporina potrebbe essere regolata dall'acido abscissico (Kaldernhoff *et al.*, 1996).

In diversi lavori è riscontrato un forte parallelismo tra livelli di espressione genica in cellule e tessuti radicali e regolazione del trasporto idrico radicale. Per esempio, in *Lotus japonicus*, Henzler e collaboratori (1999) hanno osservato fluttuazioni diurne della permeabilità delle radici in stretta corrispondenza con la maggior espressione di mRNA che codificavano per acquaporine della sottofamiglia PIP1. Tali fluttuazioni sono avvertite come segnale idraulico dagli stomi, che si chiudono al ridursi della conduttività idraulica dello xilema, prevenendo fenomeni di cavitazione ed embolizzazione del sistema di trasporto dell'acqua (Javot *et al.*, 2003).

Le conoscenze riguardo l'attivazione e/o disattivazione delle acquaporine in condizioni di illuminazione eccessiva e/o in presenza di ROS sono invece assai scarse. Le ROS risultano essere inibitori più efficienti dei mercuriali, queste infatti possono provocare una diminuzione della conduttività idraulica fino a valori del 90 %. Il meccanismo d'azione proposto prevede che i radicali idrossili ossidino direttamente le acquaporine, o indirettamente, attraverso l'ossidazione della matrice lipidica con formazione di radicali liberi secondari (Gerbeau *et al.*, 2002).

1.1.5 Utilizzo di fitoregolatori per il controllo della crescita

La denominazione generica “regolatore di crescita” è stata spesso utilizzata per indicare gli ormoni vegetali, sottolineando così le differenze che li distinguono da quelli animali.

Ora tale denominazione, abbreviata talvolta in PGRs (plant growth regulators), è sempre più in uso per indicare quelle “sostanze che somministrate in piccole quantità modificano lo sviluppo vegetativo delle piante, generalmente stimolando o inibendo parti del sistema di regolazione naturale della crescita”.

I PGRs trovano impiego nella moderna frutticoltura, caratterizzata da impianti ad alta densità, per il controllo della crescita e per promuovere e regolare il processo produttivo.

Per il contenimento della vigoria tra i diversi prodotti impiegati sono risultati particolarmente efficaci quei composti che interferiscono con la via di biosintesi delle gibberelline (GA). Questi, utilizzati con concentrazioni appropriate, influenzano l’architettura della pianta inibendo la crescita del germoglio (altezza, distensione degli internodi, area fogliare) mantenendo, tuttavia, invariato il numero di internodi e di foglie e senza inibire la crescita delle radici.

Tra gli inibitori della sintesi delle GA ricordiamo i derivati del triazolo quali il paclobutrazolo e l’uniconazolo.

Dalle numerose prove riportate in letteratura si evince che il paclobutrazolo controlla efficacemente l’attività vegetativa di numerose specie: melo (Forlani *et al.*, 1992; Bonomo *et al.*, 1986; Cobianchi, 1984; Costa e Biasi, 1986; Miller e Swietlik, 1986; Quinlan e Richardson, 1984), pero (Aldini e Cobianchi, 1986), pesco (Forlani *et al.*, 1989), ciliegio

(Bonomo e Neri, 1986), susino (Miller e Swietlik, 1986; Quinlan, 1984), albicocco (Gaash, 1986), olivo (Antognozzi e Preziosi, 1986), vite (Intrieri *et al.*, 1986; Shaltout *et al.*, 1986), arancio (Aron *et al.*, 1985).

In quasi tutte le prove il controllo della crescita è risultato associato ad una maggiore differenziazione a fiore. Sul pesco, in particolare, oltre a rilevarsi una minore crescita del germoglio (Aron *et al.*, 1985; Forlani *et al.*, 1989) ed un aumento dell'induzione a fiore (Forlani, 1986, Forlani *et al.*, 1989) sono stati ottenuti risultati contrastanti sul calibro dei frutti (Ramina *et al.*, 1986; Vitagliano *et al.*, 1986; Forlani *et al.*, 1989).

Il paclobutrazolo può essere somministrato per via fogliare o al suolo con efficacia variabile a seconda della specie (Costa e Biasi, 1986; Shearing e Jones, 1985).

Nel melo il paclobutrazolo controlla la crescita dei germogli in modo alquanto univoco, indipendentemente dal tipo di somministrazione e con effetti entro certi valori proporzionali alla concentrazione impiegata (Costa e Biasi, 1986; El-Khoreiby, 1990; Forlani *et al.*, 1992).

Di più difficile interpretazione sono gli effetti del fitoregolatore sul comportamento produttivo delle piante essendosi avute risposte contrastanti soprattutto circa l'entità della produzione e la pezzatura dei frutti (Antognozzi e Romani, 1989; Comai, 1990; Forlani *et al.*, 1992).

Sull'olivo la riduzione della crescita causata dal paclobutrazolo mostra risultati contraddittori (Navarro *et al.*, 1989). In molti casi non è stata riscontrata nessuna risposta dei germogli al trattamento con fitoregolatore, in altri, mentre, è stato rilevato un incremento della produzione.

Al contrario è stato dimostrato che l'acido gibberellico (GA₃) riduce la differenziazione delle gemme a fiore senza effetti sullo sviluppo vegetativo. La risposta uniforme delle piante di olivo alle applicazioni di

GA₃ era forse da attribuire alla limitata assunzione del principio attivo attraverso le foglie (Lavee, non pubblicato).

Lavee e Haskal (1993) evidenziarono una chiara riduzione della crescita in giovani piante di olivo trattate con paclobutrazolo, mentre in piante mature non notarono alcun effetto. Inoltre l'inibizione dello sviluppo vegetativo era molto forte durante le prime 4 settimane dall'applicazione, trascorso questo periodo la velocità di accrescimento era più alta rispetto alle piante non trattate (Wiesman e Lavee, 1993; Porlingis e Voyiatzis, 1986).

In uno studio condotto da Dag *et al.* (2006) su una cultivar da olio israeliana (Barnea) sono stati valutati gli effetti dell'uniconazolo come regolatore di crescita in impianti di olivo ad alta densità. In particolare le applicazioni al suolo hanno avuto un drastico effetto sulla taglia delle piante rispetto a quelle sulla chioma e inoltre per quattro stagioni consecutive il fitoregolatore ha ridotto l'altezza degli alberi e incrementato la produttività (Lavee e Haskal, 1993).

Ultimamente un nuovo fitoregolatore brachizzante è stato immesso sul mercato dalla ditta tedesca BASF e si tratta del Regalis[®] (p.a.: prohexadione-calcio), capace di influenzare sia gli aspetti vegetativi e riproduttivi delle piante che indurre una resistenza ad alcune importanti malattie che colpiscono le pomacee, quali “colpo di fuoco batterico” e ticchiolatura (Costa, 2006).

Il prohexadione inibisce la biosintesi delle giberelline, in particolare la conversione della GA₂₀ in GA₁.

L'uso dei regolatori di crescita, in definitiva, rappresenta uno degli strumenti utili al contenimento della taglia delle piante.

1.2 Caratteristiche ed utilizzo dei portinnesti in olivicoltura

Considerevoli progressi si sono ottenuti in frutticoltura nella selezione di cultivar compatte e portinnesti in grado di imprimere elevata precocità e produttività, consentendo forti aumenti di densità di impianto e sensibili incrementi produttivi; lo stesso non può dirsi in olivicoltura, dove la produzione è ancora affidata a cultivar tradizionali, normalmente di eccessivo vigore, a produttività medio-bassa, alternanti e non sempre resistenti alle comuni fitopatie.

Solo da pochi anni la ricerca si è indirizzata verso attività di miglioramento genetico rivolte alla selezione varietale e clonale, alla raccolta di germoplasma e, più recentemente, a programmi di incrocio intervarietale (Fontanazza *et al.*, 1990; Lavee *et al.*, 1986; Panelli *et al.*, 1990).

La possibilità di indurre un ridotto accrescimento a cultivar di notevole valore agronomico attraverso l'impiego di portinnesti clonali può rappresentare un decisivo passo avanti nel processo di intensificazione colturale, consentendo all'olivicoltura di seguire la stessa evoluzione della frutticoltura industriale, mentre una conoscenza più approfondita sul portamento della chioma, sulla distribuzione e dimensione delle radici (Mitov *et al.*, 1991; Baroni *et al.*, 1991), può fornire informazioni utili per una migliore scelta delle distanze d'impianto, delle forme di allevamento e della gestione del suolo.

Nell'olivo l'innesto è stato tradizionalmente utilizzato come semplice mezzo di propagazione per superare problemi di scarsa radicazione di alcune varietà, utilizzando come portinnesti semenzali di olivo coltivato (*Olea europaea* L. sativa).

Quest'ultimo è caratterizzato da un eccellente apparato radicale, in grado di esplorare suoli poveri, anche ciottolosi e, sin dai primi anni fornisce alla pianta un solido ancoraggio ed una elevata vigoria.

A partire dagli anni '40, furono intraprese indagini per verificare la possibilità di ridurre la crescita vegetativa attraverso l'impiego, come portinnesti, di altri generi della famiglia delle Oleaceae quali il lillà (*Syringa vulgaris* L.) e il frassino (*Fraxinus* spp.) (Morettini 1950).

Nell'ambito di tale attività Bonnet (1948) riscontrò una marcata azione del frassino ai fini della riduzione della mole della pianta, anche se detto effetto era più legato a fenomeni di non perfetta affinità piuttosto che ad effettiva capacità nanizzante del soggetto.

Alcune ricerche condotte da Hartmann (1958) e successivamente confermate da Crescimanno e collaboratori (1971), negli anni '70-'80, in merito a specifiche combinazioni d'innesto, sembrerebbero dimostrare che il nesto sia in grado di condizionare maggiormente lo sviluppo della pianta bimembre.

Nel 1989, Baldoni e Fontanazza proposero come possibile portinnesto nanizzante l' "FS 17" ma approfondimenti successivi degli stessi autori evidenziarono la forte dipendenza di questi effetti dalla specificità della cultivar impiegata come nesto.

L' "FS 17" usato come soggetto determina una drastica riduzione dell'accrescimento delle cultivar "Ascolana tenera" e "Giraffa". Tale riduzione si esprime sia in termini di volume della parte aerea che nelle dimensioni dell'apparato radicale (Fontanazza *et al.*, 1992).

Una svolta sembra essere stata data, nel 1996, da studi condotti da Rugini *et al.*, con l'isolamento di piante mixoploidi e tetraploidi ottenute per irraggiamento con raggi gamma di piante di cv. Leccino e Frantoio.

Ulteriori ricerche dimostrano che i mutanti “Leccino Compact” (LC) e “Leccino Dwarf” (LD) utilizzati come portainnesti delle cv “Moraiolo” (bassa vigoria) e “S. Felice” (alta vigoria), si sono mostrati in grado di ridurre drasticamente il vigore (Panelli *et al.*, 2002).

Un ulteriore passo in avanti verso il contenimento della taglia è rappresentato dalla cultivar “Urano”, contraddistinta da modesta crescita vegetativa la cui origine genetica è sconosciuta e per la quale è stata depositata domanda di brevetto. Tale genotipo utilizzato come portainnesto, ha mostrato di poter contenere la crescita del nesto (Sonnoli, 2001).

1.3 Oliveti superintensivi

L'olivicoltura italiana, soprattutto negli ultimi anni, ha visto crescere la competizione dei Paesi che si affacciano sul Mar Mediterraneo sia europei che africani, i primi forti dell'utilizzo di nuove tecnologie, i secondi altamente competitivi per i bassi costi di produzione. In una siffatta condizione, l'Italia dovrebbe mirare, fondamentalmente, a due obiettivi: il miglioramento degli aspetti qualitativi, con la valorizzazione del patrimonio autoctono, e l'abbassamento dei costi di produzione.

Per migliorare sia l'aspetto economico che quello qualitativo si dovrebbe disporre di una nuova olivicoltura circoscritta ad ambienti vocati, completamente meccanizzabile, con piante di ridotte dimensioni allevate in condizioni di alta densità colturale. Tale modello di coltivazione è basato sulla:

- limitata capacità di crescita degli alberi;

- precoce entrata in produzione degli oliveti;
- elevata e costante produttività;
- impiego di macchine per la raccolta integrale delle olive, operanti in continuo.

Il modello intensivo si prospetta con pareti fruttificanti continue e con frutti collocati su tutta la chioma, compresa la parte basale (Jackson e Middleton, 1987).

Questo tipo di impianto è apparso per la prima volta in California, agli inizi degli anni 90, più tardi è stato introdotto in diverse regioni della Spagna (Aragona, Andalusia, ecc.) e in altre nazioni, come la Tunisia, il Marocco, la California, l'Australia, il Portogallo, la Francia, il Cile, l'Argentina, ecc. (Tous *et al.*, 2006)

Ad oggi sono presenti nel mondo circa 30.000 ettari, di cui circa 20.000 in Spagna e gli altri in Argentina, Australia, Sud Africa ed Italia.

Un impianto superintensivo può essere considerato come investimento a breve termine (approssimativamente 15-20 anni) ed il suo vantaggio principale consiste in un'elevata riduzione dei costi di raccolta dovuti all'efficienza delle macchine raccogliatrici e al basso impiego di mano d'opera, a cui si associano produzioni molto consistenti.

Al contrario richiede alti costi d'impianto, speciali condizioni tecnico-agronomiche (varietà poco vigorose, dimensioni superiori ai 15 ettari, terreno in pianura, disponibilità di macchine scavallatrici per la raccolta, ecc.) e presenta maggiori problemi nel controllo fitosanitario (Tous *et al.*, 2004 e 2006; Mannino e Pannelli, 1990; Fontanazza e Cappelletti, 1993; Planas *et al.*, 1997).

Gli impianti superintensivi hanno bisogno di suoli profondi, ben drenati, in pianura o con una pendenza massima del 15-20 % per facilitare

l'azione delle macchine per la raccolta e la potatura, inoltre devono essere dotati di impianti di irrigazione.

Nella conduzione di questo tipo di oliveto molto importante è l'altezza, la larghezza e l'orientamento del filare in modo da ottenere la massima intercettazione luminosa e quindi la massima produttività.

Le distanze di impianto più usate sono di circa 4 - 4,5 m tra le file e 1,2-1,5 m sulla fila in modo da avere un numero di piante per ettaro compreso tra 1600 e 1850. A causa della bassa distanza tra gli alberi, la siepe produttiva si formerà entro 3-4 anni dall'impianto.

La forma di allevamento è costituita da un asse centrale (monocono) sostenuto da un tutore (generalmente di bambù, ma talvolta anche di ferro a cui viene fissato un filo che scorre sulla fila) e dallo sviluppo laterale dei rami lungo il filare.

La potatura è finalizzata a orientare lo sviluppo dei rametti nella direzione del filare, alla eliminazione della vegetazione superflua effettuata a mano con seghetti elettrici, avendo cura di rispettare i rametti fruttiferi per la produzione dell'anno successivo, e una potatura meccanica in cima (topping), effettuata con lame a disco.

La potatura meccanica ha la finalità, quando le piante hanno raggiunto il pieno regime produttivo, di contenere l'altezza, o, quantomeno, la loro parte lignificata entro i 2,20 metri, per consentire un corretto impiego della macchina scavallatrice in continuo utilizzata per la raccolta.

L'irrigazione avviene mediante sistemi a goccia, attraverso i quali si distribuiscono anche i fertilizzanti al terreno (concime complesso 20-10-10).

I volumi irrigui vanno, per gli impianti spagnoli, da un minimo di 2000 ad un massimo di 2500 m³/ha/anno (Tous *et al.*, 2006; Iannotta e Perri, 2006).

Un deficit irriguo controllato viene effettuato dopo il 4° anno di impianto per limitare il vigore, ridurre i consumi d'acqua e massimizzare la qualità dell'olio (Vossen, 2002). In California con regimi irrigui intermedi, pari al 33-40% dell'ETc, si produce un olio di "Arbequina" con ottime caratteristiche organolettiche e sensoriali (Berenguer *et al.*, 2006).

Le piante vengono fertilizzate 5-6 volte all'anno, tramite impianto irriguo, inoltre si effettuano varie concimazioni fogliari (essenzialmente azotate), insieme alle quali vengono fatti i trattamenti (5-6) contro la mosca (diemetoato) e le malattie crittogame più frequenti (rame).

La raccolta, in cui probabilmente risiede il successo del sistema intensivo, viene effettuata con una macchina scavallatrice in continuo.

Questa si ispira al principio di funzionamento delle vendemmiatrici ed è costituita da un telaio a quattro ruote motrici che precede a cavallo del filare e realizza con continuità la raccolta delle drupe, le quali vengono intercettate da un sistema di nastri trasportatori aderenti alla pianta e convogliate verso dei serbatoi di deposito. Prima di raggiungere tali serbatoi sono pulite attraverso l'azione combinata di due o più aspiratori.

L'apparato di distacco dei frutti è costituito da aspi pettinatori verticali capaci di fornire un'azione che può definirsi di "vibrazione e pettinamento" della chioma. Il numero di aspi rispetto ad una vendemmiatrice è normalmente aumentato da 4 a 9-10 coppie.

Questo tipo di macchine raccoglie ben oltre il 90 % del prodotto, con una velocità di avanzamento di 1,2 km/h, e la capacità di raccogliere 8.000 piante al giorno (pari a oltre 4 ha). Possiede una capacità di carico di circa

3000 kg di olive che vengono successivamente scaricate su un apposito carro raccogliatore trainato da una trattrice (Tous *et al.*, 2006; Iannotta e Perri, 2006). Anche questa operazione è totalmente meccanizzata, per cui il cantiere di lavoro è costituito da due soli operatori alla guida delle macchine.

Una comune scavallatrice usata in Spagna (Tous *et al.*, 2006; Iannotta e Perri, 2006) e in prove effettuate in Italia (Godini *et al.*, 2006; Arrivo *et al.*, 2006) è la New Holland-Braud che ha mostrato una notevole efficienza anche se collateralmente sono state registrate piccole danni alla corteccia delle piante, ferite che potrebbero aprire la via a infezioni batteriche e fungine.

Le produzioni iniziano già al 2° anno per poi entrare a regime al 3° - 4° anno dall'impianto per una durata complessiva di 15-20 anni.

In Spagna, un allevamento di "Arbequina" presenta una produzione media compresa tra 80 e 120 q/ha (De la Rosa *et al.*, 2006; Leon *et al.*, 2006; Pastor *et al.*, 2006; Iannotta e Perri, 2006).

Comunque una produzione di circa 90 q/ha risulta essere ottimale, nel caso delle cultivar "Arbequina" e "Arbosana", sia perché è facilmente ottenibile e sia perché i bassi costi per la raccolta determinerebbero un rapido ritorno del capitale inizialmente investito.

In Italia (Puglia), da quattro anni, si sta testando un impianto superintensivo utilizzando diverse varietà italiane (Cipressino, Coratina, Frantoio, Fs-17, Leccino e Urano) e due spagnole (Arbequina, Arbosana).

Le varietà Coratina, Frantoio, Leccino hanno ottenuto i risultati peggiori in termini di caratteristiche vegetative e precocità di messa a produzione, mentre Arbequina e Arbosana quelli migliori.

L' Fs-17 ha mostrato una buona compattezza della chioma e precocità di produzione, ma il suo habitus vegetativo lo rende inadatto agli impianti ad alta densità. Per quanto riguarda Cipressino e Urano, i riscontri ottenuti sono promettenti, ma per la valutazione definitiva di questi risultati ci vuole un periodo di sperimentazione più lungo (Godini, 2006; Godini *et al.*, 2006; Arrivo *et al.*, 2006).

L'impiego di genotipi a sviluppo contenuto e la raccolta integrale con macchine scavallatrici in continuo dovrebbe, quindi, migliorare la capacità operativa della manodopera e diminuire il numero degli operatori, per effetto dell'incremento delle operazioni colturali meccanizzabili.

In tali condizioni, il recupero dei capitali investiti sarà anticipato dal rapido collocamento a regime della produzione, dai costi ridotti per operazioni più agevoli e rapide (ridotte dimensioni degli alberi) e da un maggiore valore degli oli per le migliori caratteristiche organolettiche, esaltate da una raccolta eseguita nel momento ottimale e nel massimo rispetto dell'integrità dei frutti e (Rugini *et al.*, 2003).

2. SCOPO DELLA TESI

Disporre di portinnesti in grado di contenere la mole della pianta diventa necessario per rilanciare lo sviluppo dell'olivicoltura con l'introduzione di sistemi d'impianto ad alta efficienza produttiva, capaci di ottimizzare, dal punto di vista energetico, l'utilizzazione delle risorse ambientali.

L'intensificazione degli impianti, rappresenta un presupposto fondamentale per pervenire ad una drastica riduzione dei costi colturali e ad un rapido ammortamento dei capitali investiti mediante l'impiego di macchine semoventi ad elevata efficienza produttiva che permettono la meccanizzazione completa delle operazioni di raccolta.

Per l'olivo, sembra sussista qualche difficoltà in più, rispetto ad altri fruttiferi, circa la possibilità di contenere la mole dell'albero attraverso il portinnesto. Tuttavia, recentemente sono stati selezionati alcuni genotipi che, utilizzati come portinnesti, sin dalle prime sperimentazioni hanno mostrato di ridurre sensibilmente il vigore della pianta bimembre mantenendo, tra l'altro, un'elevata efficienza produttiva.

La disponibilità di questi genotipi apre nuove e interessanti prospettive che si potranno concretizzare qualora vengano migliorate le conoscenze relative ai processi biologici coinvolti nel controllo del vigore. Questi ultimi, dovranno essere presi in esame in rapporto al comportamento indotto nella pianta a livello di crescita, ripartizione della sostanza secca, contenuto di carboidrati, relazioni idriche e scambi gassosi. A questo proposito, particolarmente rilevante emerge dalla letteratura il ruolo dell'architettura idraulica della pianta sulla regolazione degli scambi gassosi e, in ultima analisi, sulla produttività primaria dell'albero.

Per l'olivo, le esperienze finora condotte non hanno fornito risposte univoche, evidenziando, di volta in volta un diverso ruolo della parte ipogea o di quella epigea nel comportamento vegetativo della pianta bimembre. Si ravvisa pertanto la necessità di una migliore comprensione dei processi biologici che possono intervenire nelle relazioni tra due bionti di differente vigore nel controllo della crescita vegetativa della pianta risultante dall'innesto.

Obiettivo di questo lavoro è stato di valutare l'effetto nanizzante di una selezione debole di "Leccino" ai fini dell'utilizzo come portinnesto. A tale scopo sono state analizzate le caratteristiche eco-fisiologiche e vegetative di tale genotipo mediante osservazioni sugli scambi gassosi, sull'assorbimento e trasporto dell'acqua e sull'accumulo e ripartizione della sostanza secca.

Per queste finalità lo studio è stato articolato su due prove:

Prova n° 1: "Attività vegetativa, stato idrico fogliare e scambi gassosi in due cloni di olivo (*Olea europaea* L.) con diverso vigore sottoposti a differenti regimi idrici"

Prova n° 2: "Comportamento eco-fisiologico ed attività vegetativa in combinazioni d'innesto di olivo (*Olea europaea* L.)"

3. MATERIALI E METODI

Le prove sono state condotte presso i campi sperimentali del Dipartimento di Arboricoltura, Botanica e Patologia vegetale siti nel Parco Gussone (Portici - NA) ed hanno interessato due selezioni clonali della cultivar “Leccino” contraddistinte da diverso vigore: una debole, ottenuta per mutagenesi indotta attraverso radiazioni ionizzanti, definita “Leccino dwarf” (D) ed una resistente al freddo “Leccino Minerva” (M), che presenta una crescita tipica della varietà per cui, con riferimento al vigore vegetativo, è stata assunta come standard.

Le piante sono state allevate in vasi di plastica da 17 litri, riempiti con un substrato costituito da torba, sabbia e terreno agrario (1/1/1) e arricchito con 2 g/litro di Osmocote (Scotts Italia) con titolo 16-8-12 a lenta cessione (8-9 mesi); 2 g/litro di Biotron (Cifo), ammendante organico di origine vegetale con 42% di carbonio organico e 0.7% di azoto organico. Inoltre, detti vasi sono stati coperti, in prossimità del bordo superiore, con film plastico (filmpack) per evitare l’evaporazione e gli apporti di acqua delle precipitazioni.

In seguito verranno riportati i materiali e le metodologie utilizzate nelle due prove oggetto di studio.

3.1 Prova n° 1 - “Attività vegetativa, stato idrico fogliare e scambi gassosi in due cloni di olivo (*Olea europaea* L.) con diverso vigore e sottoposti a differenti regimi idrici”

Su 24 piante autoradicate, di cui 12 di “D” e 12 di “M”, nel 2004, sono state impostate prove comparative in rapporto alla risposta a due diversi regimi idrici: uno che prevedeva l’apporto del 100% dell’acqua traspirata (T100); l’altro il 50% (T50). Ciascuno dei due regimi idrici è stato replicato su 12 piante, 6 per ogni genotipo, impostando uno schema sperimentale a blocco randomizzato. Il quantitativo di acqua traspirata è stato valutato, ogni 9 giorni, mediante pesata dei vasi. L’acqua da somministrare è stata erogata per tutta la stagione di crescita, da marzo a novembre, mediante un sistema a goccia. Le piante non sono state sottoposte ad alcun intervento di potatura.

L’effetto del genotipo e dei trattamenti sulla crescita vegetativa è stata valutata in quattro diverse epoche: 22 luglio, 30 agosto, 20 settembre e 18 ottobre, attraverso la misurazione dello sviluppo lineare di tutti gli organi vegetativi (fusto, rami, germogli), del numero di foglie e della relativa superficie. E’ stato così possibile valutare l’evoluzione della superficie fogliare complessiva di ciascuna pianta durante la stagione vegetativa.

Lo stato idrico delle piante e gli scambi gassosi sono stati determinati il 19 luglio, il 27 agosto, il 14 settembre e il 20 ottobre su 6 piante del clone “D” (3 sottoposte al trattamento T100 e 3 al T50) e su 6 del clone “M” (3 sottoposte al trattamento T100 e 3 al T50) attraverso le seguenti misurazioni:

- Potenziale idrico fogliare, effettuato in pieno giorno, mediante camera a pressione di tipo Scholander (Skye Instruments,

UK, model SKPM 1400). L'analisi ha interessato un germoglio di 2-3 mm di diametro, prelevato dalla parte mediana della chioma;

- Conduttanza stomatica, rilevata in pieno giorno, mediante porometro AP4 tipo "transit-time" (Delta-T devices, G.B.). Su ciascuna pianta sono state esaminate 4 foglie, inserite nella porzione mediana dei rametti, ben esposte alla luce;

- Assimilazione fotosintetica, traspirazione, fluorescenza e conduttanza stomatica fogliare, rilevata in pieno giorno, mediante analizzatore Licor-6400 (USA) con sistema aperto "steady-state". Su ogni pianta si è operato su 2 foglie, inserite nella porzione mediana dei rametti, e ben esposte alla luce. Gli scambi gassosi sono stati valutati in accordo con il modello di Von Caemmerer e Farquar (1981).

Alla fine della stagione vegetativa, e più precisamente il 10 novembre, su 6 piante del clone "D" (3 sottoposte al trattamento T100 e 3 al trattamento T50) e su altrettante 6 di "M" (3 piante sottoposte al trattamento T100 e 3 al trattamento T50) è stata studiata la ripartizione della sostanza secca tra la frazione ipogea (radici strutturali e assorbenti) e quella epigea (fusto, rami, germogli e foglie). Inoltre, sulle medesime, è stato altresì rilevato il numero di foglie, la relativa superficie, mediante leaf area meter (LI-COR, Lincoln, Nebraska, model Li-3100) e il diametro del tronco, mediante un calibro digitale.

3.2 Prova n° 2 - “Comportamento eco-fisiologico ed attività vegetativa in combinazioni d’innesto di olivo (*Olea europaea* L.)”

La prova è stata condotta nel 2005 su 36 piante di cui una parte autoradicate, una parte omoinnestate e un'altra ottenuta da combinazioni reciproche d’innesto come di seguito riportate:

- a) Autoradicate: D, M;
- b) Omoinnestate: D/D, M/M;
- c) Combinazioni d’innesto: D/M, M/D.

In totale le combinazioni a confronto sono state 6 ognuna replicata 6 volte.

Su tutti le piante in osservazione, in cinque diverse epoche: 6 aprile, il 3 maggio, il 28 giugno, il 18 luglio e il 20 settembre, è stato misurato lo sviluppo lineare dei germogli e la superficie fogliare.

Lo stato idrico e gli scambi gassosi mentre, sono stati valutati il 27 maggio, 28 giugno, 22 luglio, 14 settembre su 4 piante di tutte le combinazioni (D, M, D/D, M/M, D/M e M/D) attraverso la misura del potenziale idrico, dell’assimilazione fotosintetica, della traspirazione e conduttanza stomatica fogliare.

La ripartizione della sostanza secca è stata studiata, alla fine della stagione vegetativa (24 ottobre) su 3 piante per ogni combinazione; inoltre sulle stesse è stato rilevato il numero e la superficie totale fogliare e il diametro del tronco.

Tutte le misurazioni eco-fisiologiche e i rilievi vegetativi precedentemente descritti, sono stati effettuati con gli strumenti e le metodologie riportate nella prova precedente.

Infine, su 2 piante di M, D ed M/D, presso il CNR-ISAFOM di

Ercolano, sono stati seguiti gli andamenti giornalieri degli scambi gassosi (fotosintesi e traspirazione), mediante misurazioni in continuo, utilizzando il sistema “Rex Nemorensis” sviluppato dallo stesso istituto.

Detto sistema è conosciuto anche con il nome di “pallone” perché la camera di assimilazione avvolge completamente la pianta rendendo possibile la misura degli scambi gassosi di tutte le singole foglie della chioma.

Il sistema è essenzialmente simile a una camera fogliare: l’aria dall’esterno viene continuamente soffiata a flusso noto all’interno del “pallone” dove avvengono gli scambi gassosi.

Le differenze di concentrazione di vapore acqueo (ΔH_2O) e anidride carbonica (ΔCO_2) tra l’interno della camera (AN) e l’esterno (REF) sono misurate mediante un analizzatore di gas ad infrarosso, permettendo la misurazione della traspirazione (E) e della fotosintesi (A). Assumendo che i gas in uscita hanno la stessa concentrazione di quelli all’interno del pallone, si possono usare per il calcolo di E ed A , le seguenti equazioni (Field et al., 1989):

$$A = \frac{\phi \Delta CO_2}{S} = \frac{\phi ([CO_2]_{REF} - [CO_2]_{AN})}{S}$$

$$E = \frac{\phi \Delta H_2O}{S} = \frac{\phi ([H_2O]_{AN} - [H_2O]_{REF})}{S}$$

Dove A = fotosintesi ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); E = traspirazione ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); ϕ = flusso dell’aria (mol s^{-1}); $[CO_2]$ = concentrazione di anidride carbonica ($\mu\text{moli mol}^{-1}$); $[H_2O]$ = concentrazione vapore acqueo (mmoli mol^{-1}); S =

area fogliare della chioma (m_2). Entrambi i delta (Δ) delle equazioni sono positivi per piante che fotosintetizzano e traspirano normalmente.

La figura 1 mostra le caratteristiche del “Rex Nemorensis”.

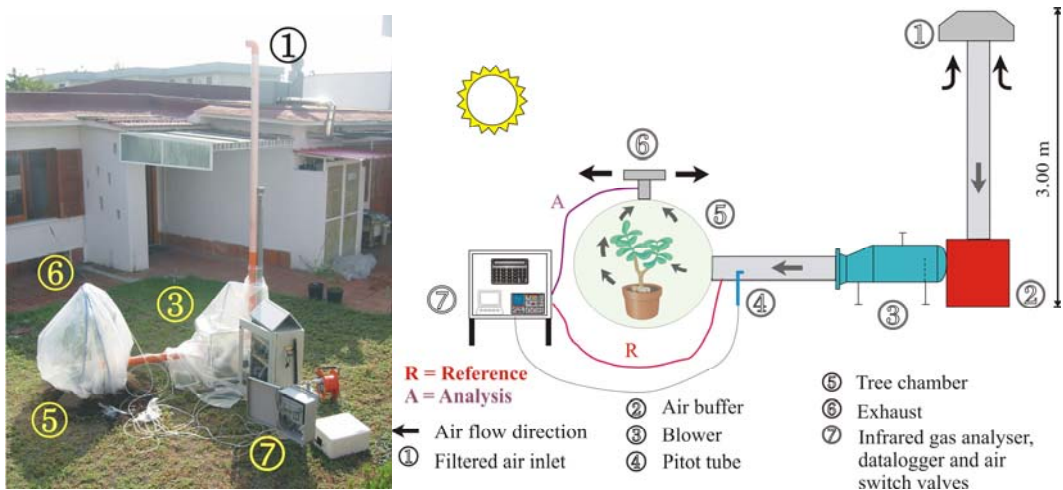


Fig. 1 - Immagine (sinistra) e schema di funzionamento (a destra) del “Rex Nemorensis”

Durante le misurazioni l’aria viene fatta entrare all’interno del sistema mediante un compressore (3) a corrente alterna (ORIEEMME, modello OIC122M, Milano) montata a valle del sistema di trasporto. Siccome la concentrazione di CO_2 deve essere stabile, l’aria viene prelevata attraverso un filtro (1) posto a circa 3 m di altezza e accumulata in una camera di 100 dm^3 (2) prima di entrare all’interno del pallone mediante un tubo rigido di PVC del diametro di 74 mm (4). Per avere una velocità del flusso d’aria costante (almeno 8.8 m s^{-1} , corrispondenti a $37\text{ dm}^3\text{ s}^{-1}$) il compressore è collegato ad un trasformatore-regolatore (ORIEEMME, model OS SCS, Milano).

La velocità dell'aria e la sua temperatura sono misurate all'interno del tubo, che collega il compressore alla camera, mediante un anemometro (DWYER, modello Pitot tube 167-6-CF, Michigan City, IN, USA) e una termocoppia in rame (Omega Engineering, Stamford, CT, USA) (4). Il tutto è connesso ad un misuratore di pressione LVDT (Lucas Schaevitz, model P3061, Hampton, VI, USA). Il barometro e la termocoppia sono connessi mediante moduli I/O ad un computer che fa da database.

Due piccoli diaframmi sono stati usati per pompare piccoli volumi di gas, prelevati all'entrata e all'uscita della camera, verso un analizzatore di gas ad infrarosso (LI-COR, model LI-6400, Lincoln, NE, USA) per la misura delle frazioni molari di CO₂ e H₂O. Il funzionamento del sistema è controllato da un computer che registra tutti i parametri dei tre palloni in esame.

Il volume del pallone è di circa 300 dm³ (120 cm in altezza e 60 cm in larghezza) ed è costituito da polietilene trasparente a bassa densità: quando il compressore è in funzione, esso assume una forma cilindrica.

Il polietilene è stato usato per il basso costo, per le buone caratteristiche spettrali e per la facile adattabilità alle diverse forme della chioma. Inoltre, un sensore esterno del LI-COR 6400 misura continuamente l'incidenza della radiazione fotosinteticamente attiva compresa tra 400 e 700 nm (PAR). Detto sensore è posto orizzontalmente su un palo in prossimità della camera. Infine, Le misure degli scambi gassosi sono state effettuate in automatico ad intervalli di 12 minuti e per 24 ore al giorno.

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1 Prova n°1 - “Attività vegetativa, stato idrico fogliare e scambi gassosi in due cloni di olivo (*Olea europaea* L.) con diverso vigore e sottoposti a differenti regimi idrici”

L'andamento pluviometrico dell'anno 2004, è stato caratterizzato da una scarsa piovosità nel mese giugno, luglio e agosto e di un accumulo delle precipitazioni nel periodo di ottobre e novembre pari, complessivamente, a circa 287 mm. Le temperature massime e minime mostrano i valori più alti nella seconda decade del mese di agosto raggiungendo, rispettivamente, 31 e 21°C; mentre quelli più bassi sono stati riscontrati agli inizi di marzo (Tmax 12.7°C, Tmin 4.6°C) (fig. 2).

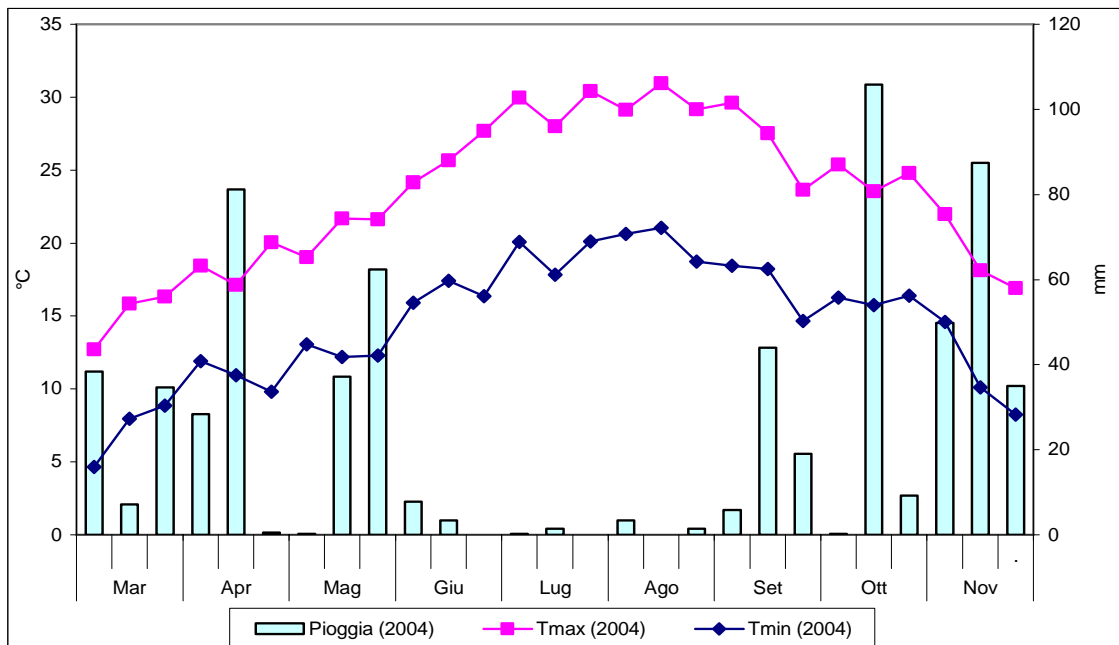


Fig.2 - Andamento termo-pluviometrico, da marzo a novembre 2004, relativo al “Parco Gussone”.

Nel corso della stagione vegetativa l'accrescimento dei germogli è andato chiaramente differenziandosi in relazione al genotipo e al regime irriguo.

Nelle piante del clone M, alle quali è stata restituita interamente l'acqua traspirata (T100), i germogli hanno raggiunto una lunghezza pressoché doppia rispetto a quelli del clone D (49 vs 25 cm). La riduzione di crescita, in seguito al dimezzamento degli apporti idrici (T100 vs T50) è risultata più accentuata nella selezione M (32%) rispetto al D (21%) (Fig. 3).

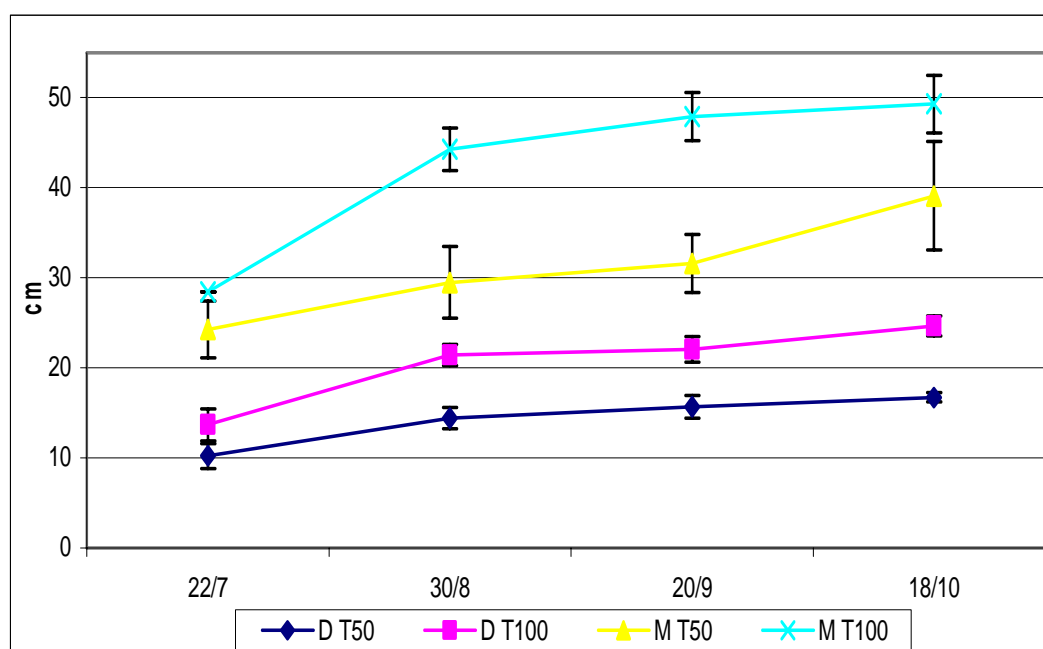


Fig. 3 - Effetto della variazione del regime idrico sull'accrescimento dei germogli della cv. "Leccino Dwarf"(D) e "Minerva"(M) (media \pm ES).

Osservando la figura 3, si nota come lo standard di riferimento (M) manifesta sin dai primi rilievi (22/7 e 30/8) una maggiore lunghezza dei germogli; inoltre per entrambe le cultivar in piena estate si è avuto un abbassamento del tasso di sviluppo vegetativo.

Anche con riferimento all'accrescimento diametrico del tronco, le piante di M hanno mostrato un maggiore vigore, però, hanno risentito in modo più marcato delle condizioni di moderato stress idrico; infatti si è passati dai 36 mm² per la T100 ai 29 mm² per la T50 contro 21 e 17 mm², per le rispettive tesi del leccino "D" (Fig. 4).

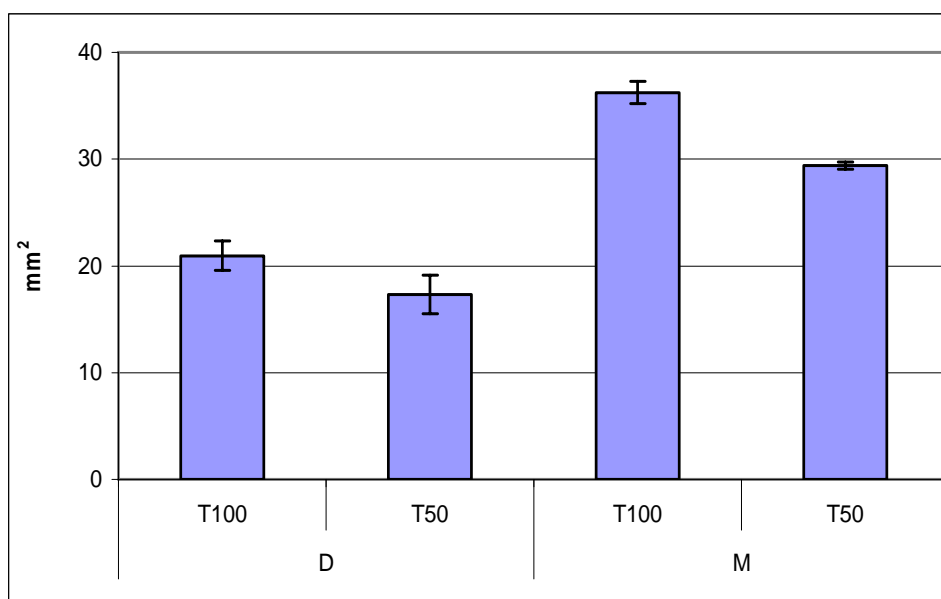


Fig. 4 - Area della sezione del tronco delle tesi T100 e T50 per le cultivar in esame (Media ± ES).

La caratterizzazione morfologica della foglia, mette in evidenza come nel genotipo vigoroso (M) si abbia una maggiore lunghezza (3 contro 2.39 cm del D), larghezza (1.11 contro 0.89 cm del D) e superficie della lamina fogliare (2.61 contro 1.53 cm² del D) (Fig. 5).

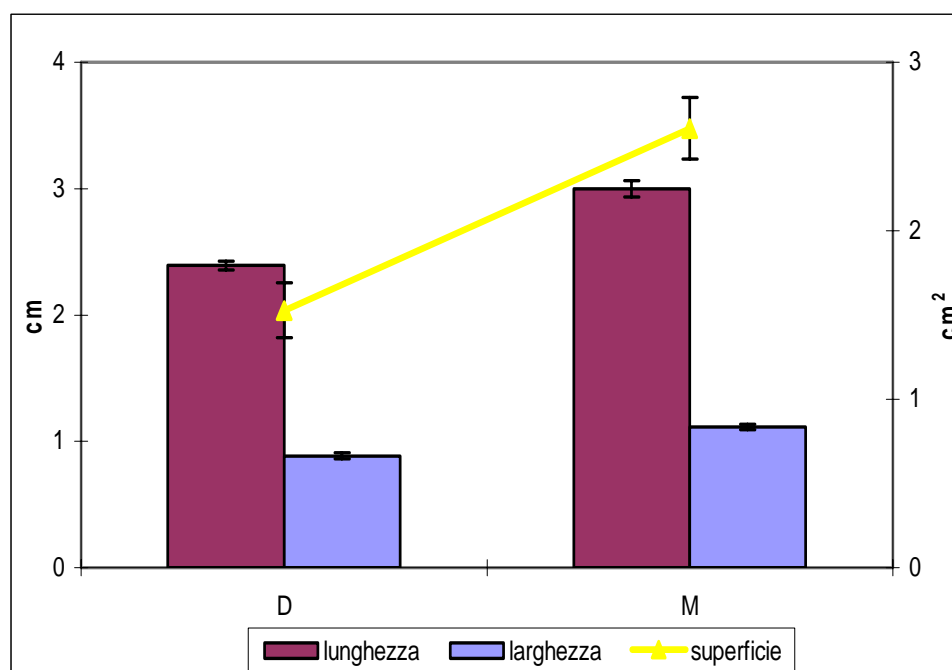


Fig. 5 - Caratterizzazione morfologica delle foglie per la cv. "Leccino Dwarf" (D) e "Minerva" (M) (Media \pm ES).

I dati relativi al numero di foglie e alla superficie fogliare totale sono, a parità di regime idrico, superiori in M, il quale risulta essere più sensibile agli stress idrici. Difatti, è stata rilevata una più marcata riduzione della superficie fogliare totale passando dal regime idrico T100 a quello T50, per effetto di un minor sviluppo e numero delle foglie. Il Leccino D mentre, non ha praticamente risentito del deficit idrico (Fig. 6).

Le tesi T100 di entrambi i genotipi hanno mostrato di incrementare regolarmente la superficie fogliare nel corso dell'intera stagione vegetativa, mentre in quelle sottoposte ad un moderato deficit idrico (T50) si è verificata una riduzione del tasso di accrescimento nel periodo di settembre - ottobre (Fig. 7).

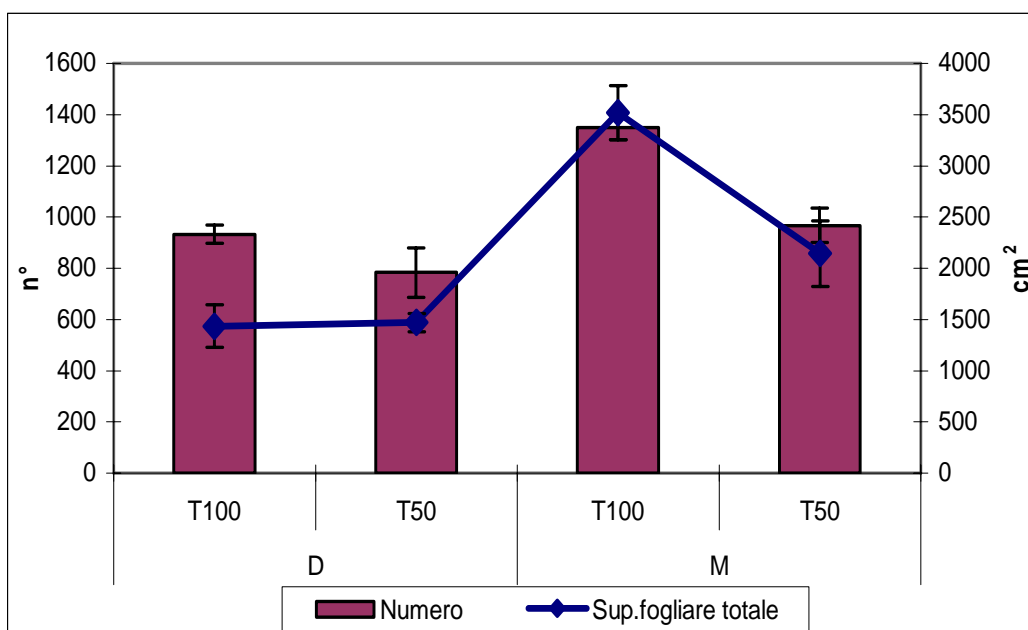


Fig. 6 - Numero di foglie e superficie folgiare totale per le tesi T50 e T100 delle cv. "Leccino Dwarf"(D) e "Minerva" (M (Media \pm ES).

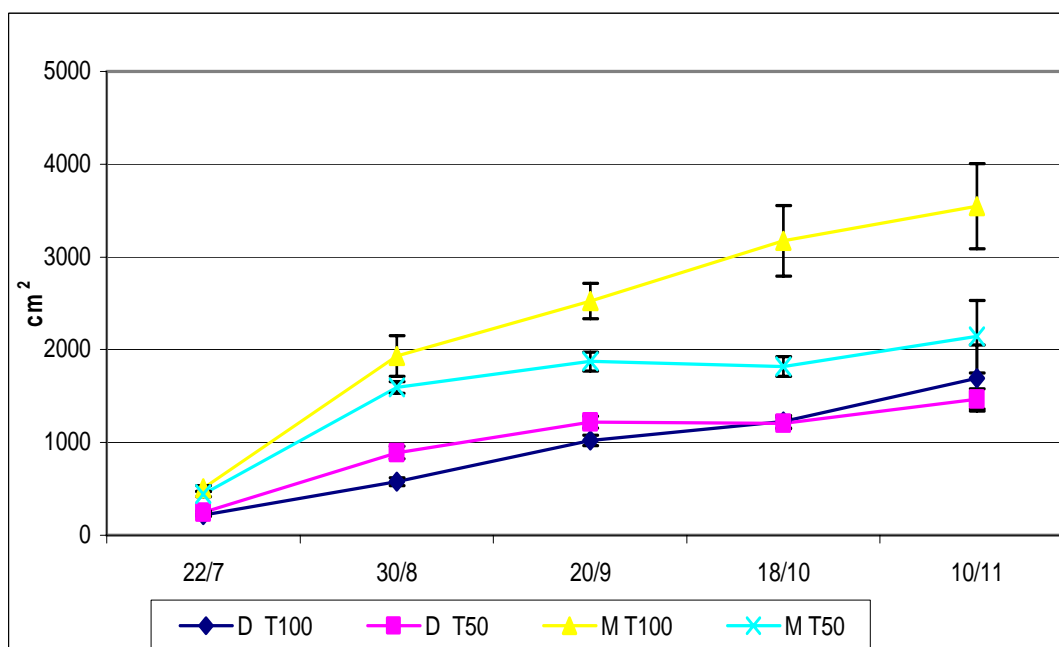


Fig. 7 - Effetti del regime idrico sulla superficie folgiare totale della cv. "Leccino Dwarf"(D) e "Minerva"(M) (Media \pm ES).

Dato il minor sviluppo vegetativo, la cultivar debole (D) presenta una densità fogliare superiore (in media 1.89 foglie/cm) rispetto a quella più vigorosa (M) (in media 0.96 foglie/cm). Per quest'ultimo parametro non è stato rilevato alcun effetto del regime idrico (Fig. 8).

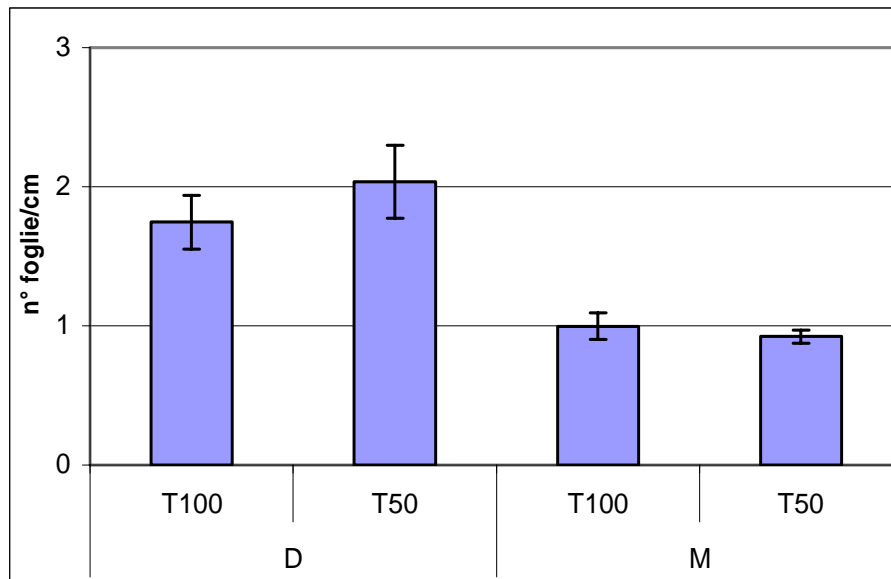


Fig. 8 - Effetto del regime idrico sulla densità fogliare delle cv. "Leccino Dwarf"(D) e "Minerva"(M) (media ± ES).

In piena estate entrambi i genotipi hanno presentato nella tesi T50 un potenziale idrico fogliare (ψ_l , MPa) significativamente più basso rispetto alla tesi T100, con valori minimi osservati nel genotipo M sottoposto a deficit idrico. A metà settembre, nelle piante T100, ψ_l ha raggiunto -1.75 MPa in M, -2.00 MPa in "D", mentre nelle T50 sono stati registrati valori sensibilmente più bassi, (-3.18 e -2.50 Mpa, rispettivamente per M e D) (Fig. 9).

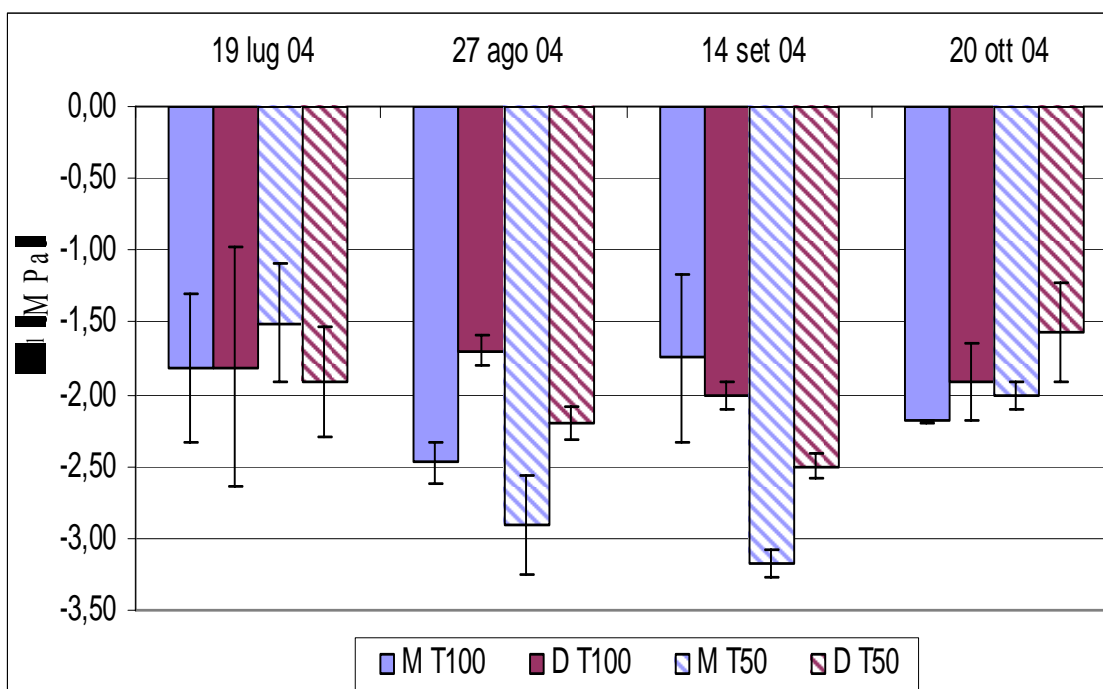


Fig. 9 - Potenziali idrici misurati in pieno giorno durante l'estate-autunno 2004 su foglie di piante in vaso di "Leccino Minerva"(M) e "Dwarf"(D) sottoposte a piena (T100) e ridotta (T50) irrigazione (media \pm edv.std.).

Questo indica una maggiore sensibilità del clone vigoroso agli stress idrici, in accordo con quanto affermato da Goncalves *et al.* (2005), secondo il quale, alberi di ciliegio innestati su portinnesti nanizzanti hanno avuto un ψ_l più basso rispetto a quelli con soggetto vigoroso. Tali differenze, nel caso specifico, sono da attribuire ad una diversa profondità dell'apparato radicale tra i portinnesti in esame che determina una differente capacità di approvvigionamento idrico.

La diversa sensibilità al deficit idrico tra M e D era quasi aspettata visto che il genotipo meno vigoroso presenta maggiori caratteristiche di adattamento alle condizioni di stress quali il numero più basso di foglie per pianta ed un minore rapporto di chioma/radici (Paleg ed Aspinall, 1981).

La conduttanza stomatica (misurata con il porometro) è risultata costantemente e significativamente più alta in D rispetto a M e ciò a prescindere del regime idrico (dati non mostrati).

I parametri dello scambio gassoso hanno andamenti in accordo con quanto sopra riportato per lo stato idrico. Infatti, l'assimilazione della CO₂ (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) è rimasta nella tesi pienamente irrigata, per entrambi i genotipi, piuttosto stabile e con valori intorno a $15 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Valori inferiori sono stati osservati nelle tesi meno irrigate (T50) e soprattutto per il genotipo più vigoroso (M), per il quale a metà settembre il valore di A si è ridotto a $5.4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Fig. 10 a, b).

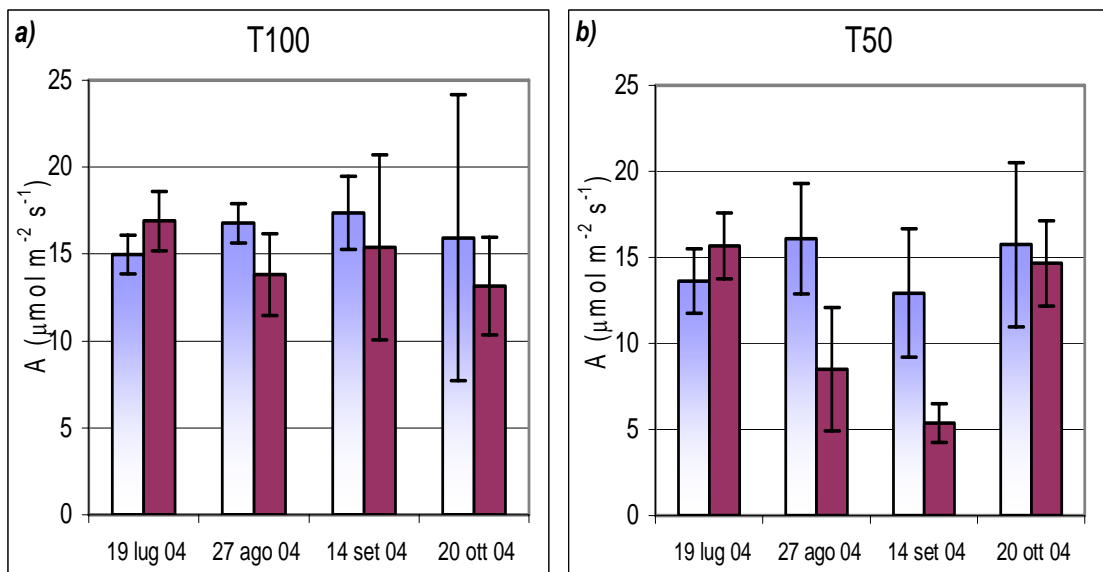


Fig. 10 - Assimilazione fotosintetica misurata in pieno giorno durante l'estate-autunno 2004 su foglie di piante in vaso di "Leccino Minerva" (barra marrone) e "Dwarf" (barra blu) sottoposte a piena (T100) e ridotta (T50) irrigazione. (media \pm dev. std).

La conduttanza stomatica alla CO₂ (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) misurata con il sistema aperto "steady-state" Licor-6400, ha confermato quanto rilevato

con il succitato porometro. Il Leccino M ha avuto, nella tesi T100, una g_s tendenzialmente minore rispetto a quella della stessa tesi del Leccino D (Fig. 11 a). Per la T50 nel periodo agosto - settembre, lo stesso genotipo, ha mostrato i valori più bassi in assoluto (addirittura inferiori a $0.10 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Fig. 11 b).

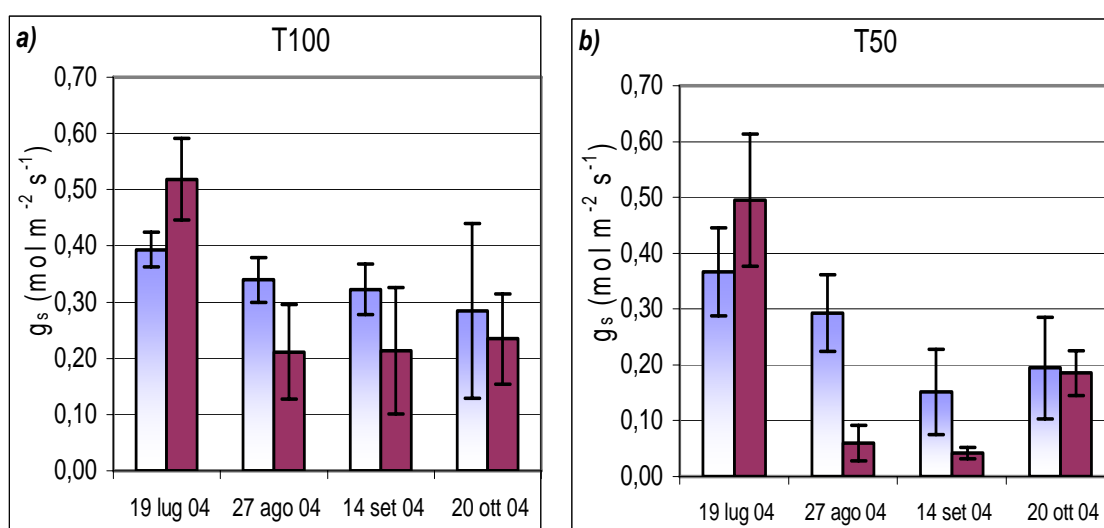


Fig. 11 - Conduttanza stomatica la vapore acqueo misurata in pieno giorno durante l'estate-autunno 2004 su foglie di piante in vaso di "Leccino Minerva" (barra marrone) e "Dwarf" (barra blu) sottoposte a piena (T100) e ridotta (T50) irrigazione. (media \pm dev. std).

I dati della concentrazione sottostomatica di CO_2 (C_i , $\mu\text{mol mol}^{-1}$), sono in accordo con quanto osservato per A e g_s , indicando che la riduzione del tasso fotosintetico riscontrato nella stagione estiva sulle piante sottoposte a deficit idrico (T50) è da imputare essenzialmente ad una limitazione stomatica (Giorio *et al.*, 1999) (Fig. 12 a, b).

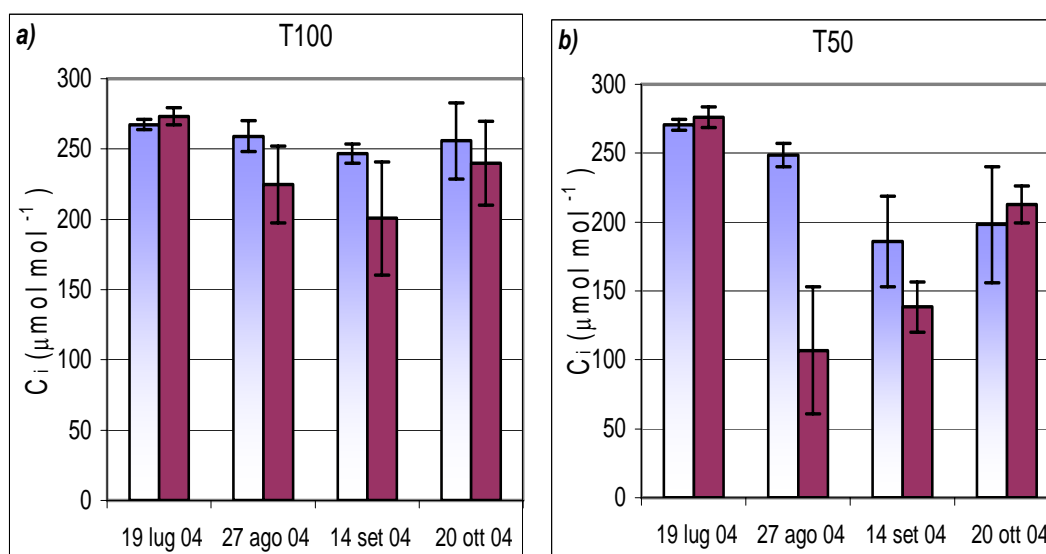


Fig. 12 - Concentrazione stomatica di CO₂ misurata in pieno giorno durante l'estate-autunno 2004 su foglie di piante in vaso di "Leccino Minerva" (barra marrone) e "Dwarf" (barra blu) sottoposte a piena (T100) e ridotta (T50) irrigazione. (media ± dev. std).

A differenza dei parametri dello scambio gassoso, le misure di fluorescenza della clorofilla *a* non hanno evidenziato alcun effetto del deficit idrico sull'efficienza del fotosistema 2 (PSII). I valori di Φ_{PSII} sono risultati leggermente più elevati alla fine di ottobre ma non hanno mai raggiunto il valore di 0.35 (Fig. 13 a, b).

L'efficienza intrinseca d'uso dell'acqua (iWUE), ovvero il rapporto tra assimilazione e conduttanza (A/g_s , $\mu\text{mol mol}^{-1}$), è risultata tendenzialmente più alta per il genotipo di controllo (M) sottoposto a deficit idrico, con un valore massimo di $150 \mu\text{mol mol}^{-1}$ (Fig. 14). Detti dati sono in armonia con quelli del potenziale idrico misurato (Fig. 9).

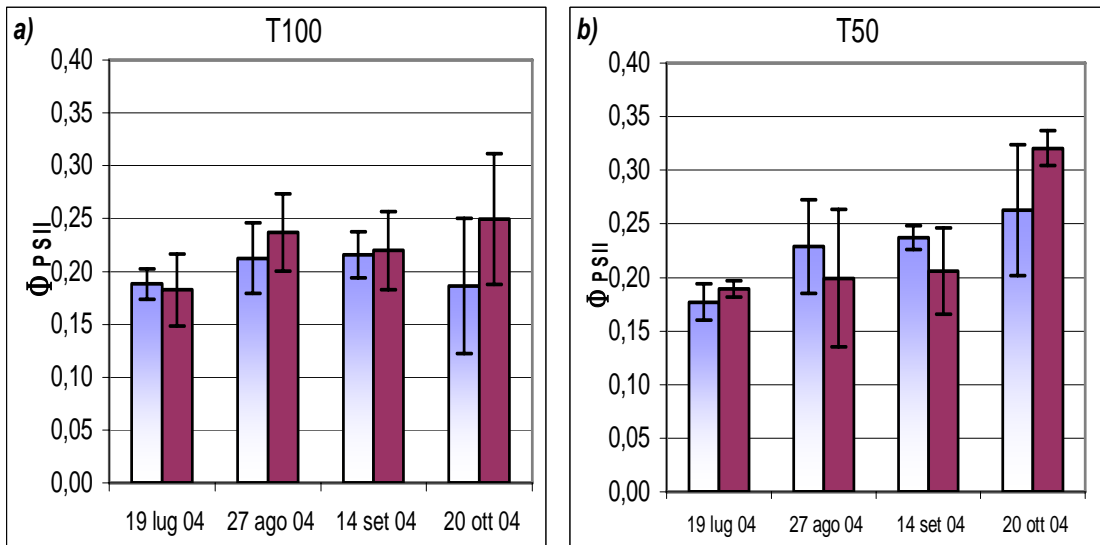


Fig. 13 - Efficienza del fotosistema PSII misurata in pieno giorno durante l'estate-autunno 2004 su foglie di piante in vaso di "Leccino Minerva" (barra marrone) e "Dwarf" (barra blu) sottoposte a piena (T100) e ridotta (T50) irrigazione. (media \pm dev. std).

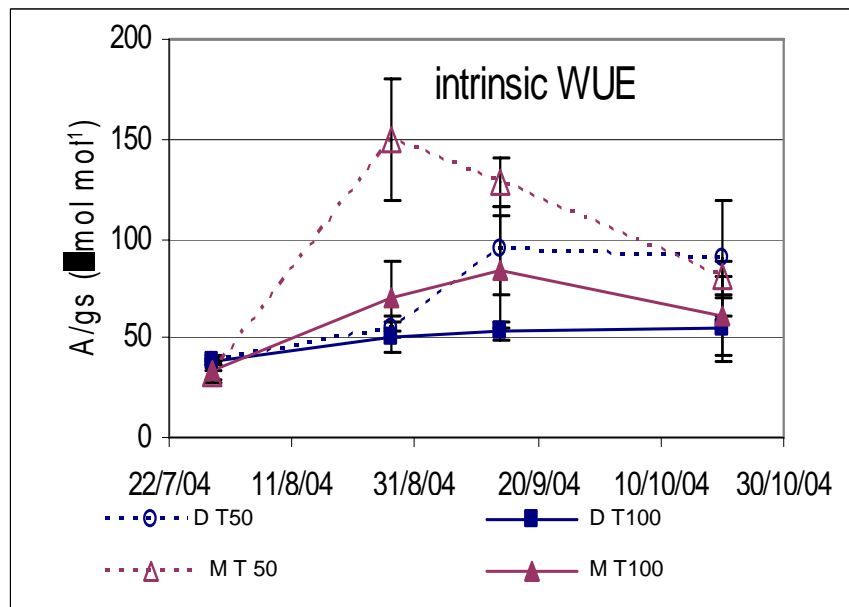


Fig. 14 - Efficienza intrinseca d'uso dell'acqua misurata in pieno giorno durante l'estate-autunno 2004 su foglie di piante in vaso di "Leccino Minerva" (M) e "Dwarf" (D) sottoposte a piena (T100) e ridotta (T50) irrigazione. (media \pm dev. std).

Il deficit idrico induce marcati effetti sul potenziale idrico e sugli scambi gassosi del “Leccino Minerva” rispetto al “Dwarf”, nel quale le differenze sono lievi. Il diverso comportamento di M viene confermato da Tognetti *et al.* (2002), secondo il quale il “Leccino” presenta una maggiore efficienza d’uso dell’acqua rispetto al “Frantoio” e tale efficienza risulta essere correlata alla diversa vigoria tra le due cultivar.

Per quanto riguarda l’accumulo e la ripartizione della sostanza secca, i risultati mostrano un differente comportamento tra i due cloni, in rapporto ai due diversi regimi idrici (T100; T50).

La diversa crescita vegetativa tra i due genotipi emerge chiaramente raffrontando le piante delle tesi T100; infatti la produzione di sostanza secca totale di M è risultata nettamente superiore a quella di D (157.91 contro 69.77 g) (Fig. 15).

Sia nelle piante del clone M che in quelle di D è stata riscontrata una maggiore incidenza della sostanza secca accumulata nelle radici e nelle foglie rispetto agli altri organi della pianta (Fig. 15, 16).

Gli alberi di entrambe le cultivar, in seguito a deficit idrico (T100 vs T50) hanno presentato, un calo di circa il 19% della quantità di sostanza secca complessivamente prodotta (Fig. 15). Tale riduzione è dovuta, nel caso del genotipo vigoroso (M), soprattutto ad una minore quota di materiale secco destinato al fusto (da 41.77 g della T100 a 30.58 g della T50) e alle foglie (da 45.86 g della T 100 a 35.74 g della T50).

Nel genotipo debole (D), invece, la diminuzione è causata principalmente da un minor accumulo di sostanza secca alle radici (da 24.35 g della T100 a 19.98 g della T50) e al fusto (da 14.74 g della T100 a 10.67 della T50) (Fig. 15, 16).

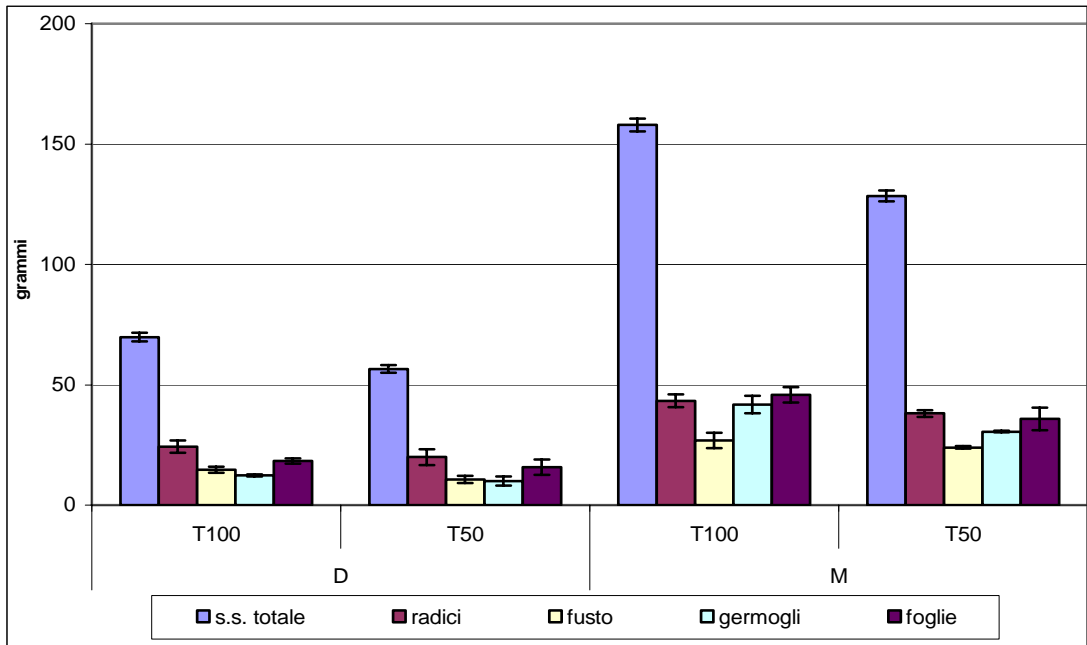


Fig. 15 - Effetto della variazione del regime idrico sulla ripartizione della sostanza secca (radici, fusto, germogli e foglie) in piante della cv Leccino "Dwarf"(D) e "Minerva" (M) (media \pm ES)

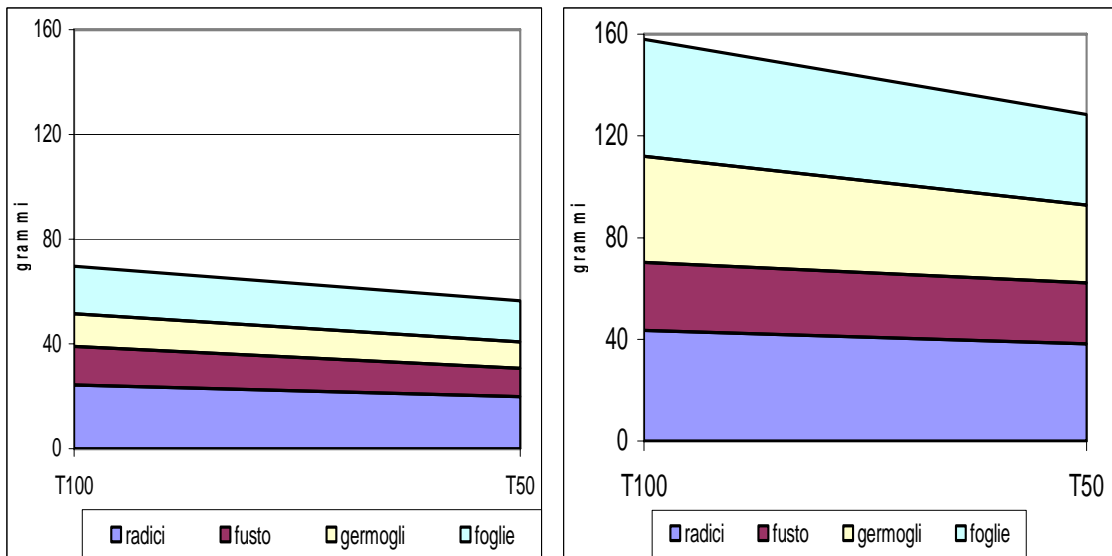


Fig. 16 - Effetto della variazione del regime idrico sulla ripartizione della sostanza secca (radici, fusto, germogli e foglie) in piante della cv. Leccino "Dwarf" (a sinistra) e Leccino "Minerva" (a destra).

Lo sviluppo complessivo della parte aerea è risultato maggiore nella cultivar di riferimento (M) come dimostrano i dati relativi al rapporto chioma/radici.

In particolare, con riferimento alle piante T100, è stato riscontrato per il parametro in argomento, un valore superiore del 41% rispetto alla medesima tesi di D, nel quale, tuttavia, la riduzione degli apporti idrici ha prodotto minori effetti sulle dimensioni della chioma. In M, invece, si nota, passando dalla tesi T100 a quella T50, una maggiore riduzione dell'apparato aereo, come confermano i valori della superficie fogliare totale e dell'area della sezione del tronco (fig. 17).

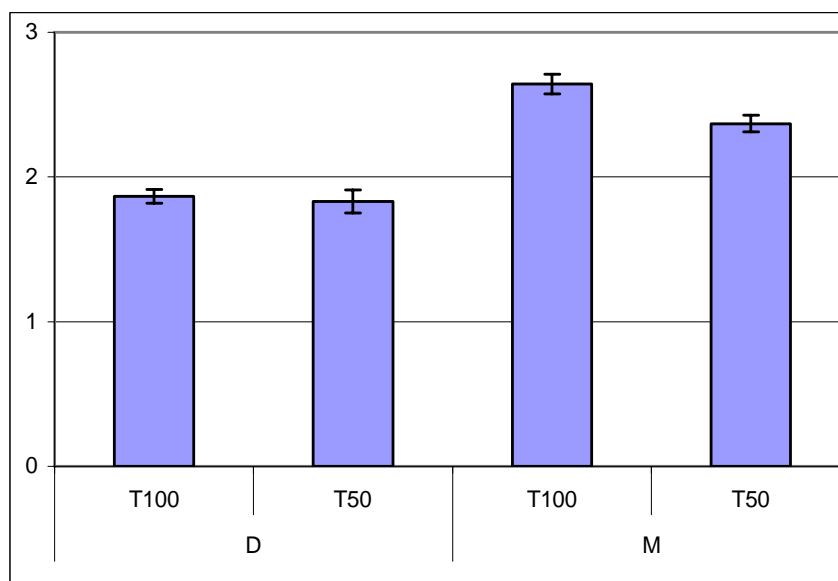


Fig. 17 - Rapporto chioma/radice di piante della cv. Leccino "Dwarf"(D) e Leccino "Minerva" (M) al variare del regime idrico (media ± ES).

4.2 Prova n°2 - “Comportamento eco-fisiologico ed attività vegetativa in combinazioni d’innesto di olivo (*Olea europaea* L.)”

L’andamento termo-pluviometrico dell’anno 2005 differisce da quello del 2004; difatti si è caratterizzato per una maggiore piovosità dalla fine di agosto a novembre raggiungendo complessivamente circa 415 mm, al contrario è possibile individuare un prolungato periodo di scarse precipitazioni dalla fine aprile a metà agosto. Le temperature massime e minime mostrano i valori più alti nel mese di luglio e agosto (Tmax circa 30 °C, Tmin circa 20 °C) e quelli più bassi agli inizi di marzo (Tmax 11.2 °C, Tmin 2.1 °C) (fig. 18).

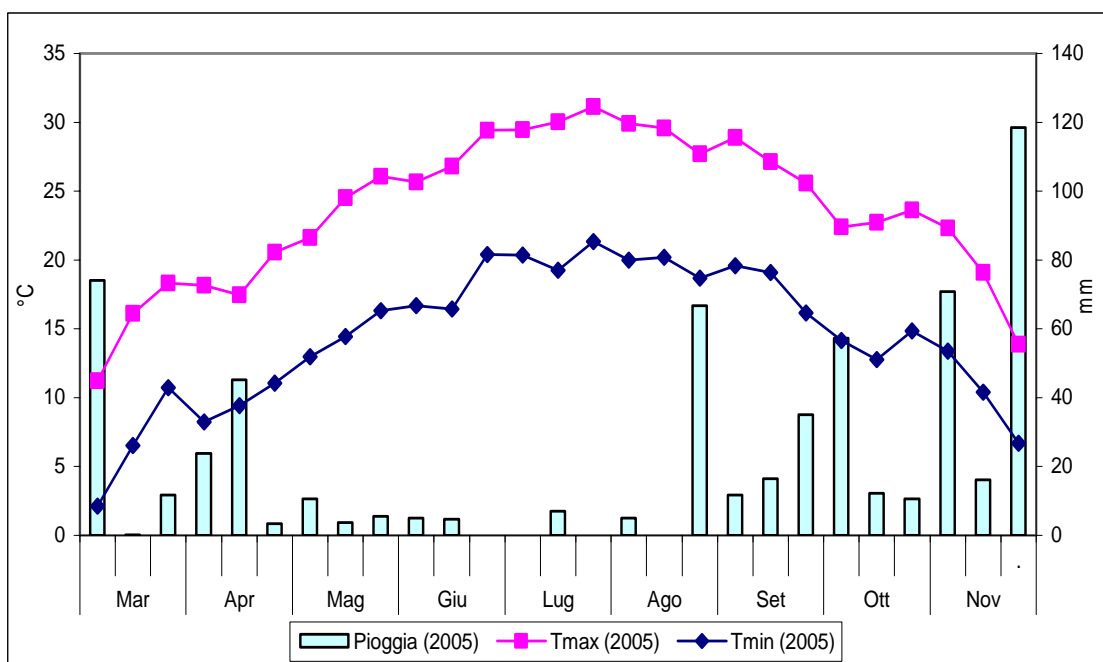


Fig.18 - Andamento termopluiometrico, da marzo a novembre 2005, relativo al “Parco Gussone”.

Le caratteristiche morfologiche delle piante, in accordo con i dati del 2004, rispecchiano un diverso potenziale di crescita vegetativa tra i due cloni in esame.

Con riferimento alla superficie fogliare per pianta, la tesi D (1468.2 cm²) ha mostrato un minore sviluppo vegetativo rispetto alla tesi "M" (1773.5 cm²). Tali differenze sono più marcate nelle combinazioni in cui D viene utilizzato come portinnesto, difatti in D/D (867.8 cm²) e in M/D (1432 cm²) si ha una riduzione della superficie fogliare, rispetto allo standard di riferimento (M), pari al 51.1 e 19.2%, rispettivamente.

Le piante che hanno come soggetto M hanno evidenziato, invece, una maggiore superficie fogliare: M/M (1755.2 cm²) e D/M (1666.5 cm²) (fig. 19).

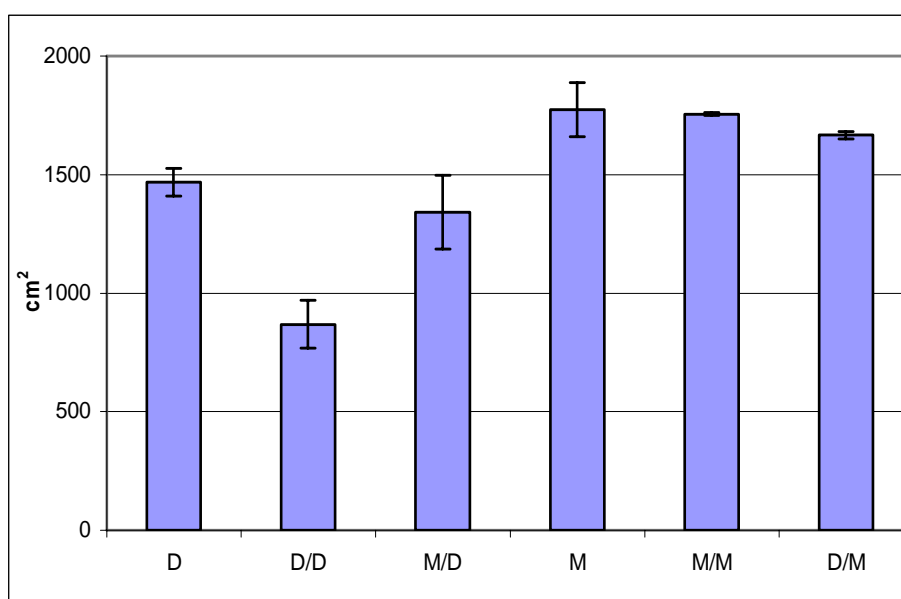


Fig. 19 - Superficie fogliare totale di piante autoradicate, omoinnestate e innestate della cv. "Leccino Dwarf" e "Minerva" (media ± ES).

Anche per l'accrescimento diametrico del tronco, i valori più bassi vengono riscontrati nelle combinazioni in cui il D viene utilizzato come portinnesto (fig. 20).

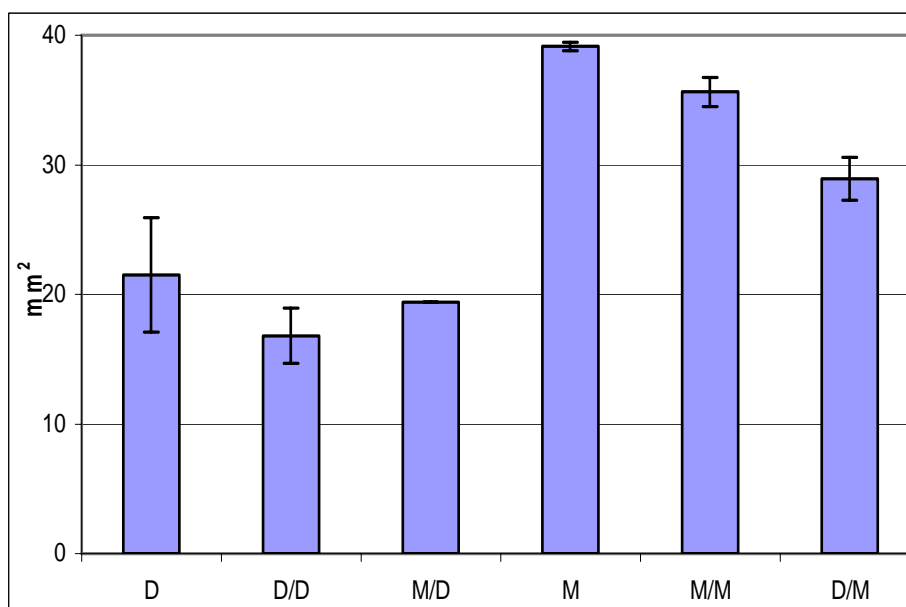


Fig. 20 - Area della sezione del tronco di piante autoradicate, omoinnestate e innestate della cv. "Leccino Dwarf" e "Minerva" (media \pm ES).

Per quanto concerne la superficie della lamina fogliare, questa è stata superiore in M (2.57 cm^2) rispetto a D (1.81 cm^2). In generale per le combinazioni d'innesto le dimensioni della foglia non sono state influenzate dal soggetto, difatti hanno conservato le caratteristiche tipiche dell'epibionte (fig. 21).

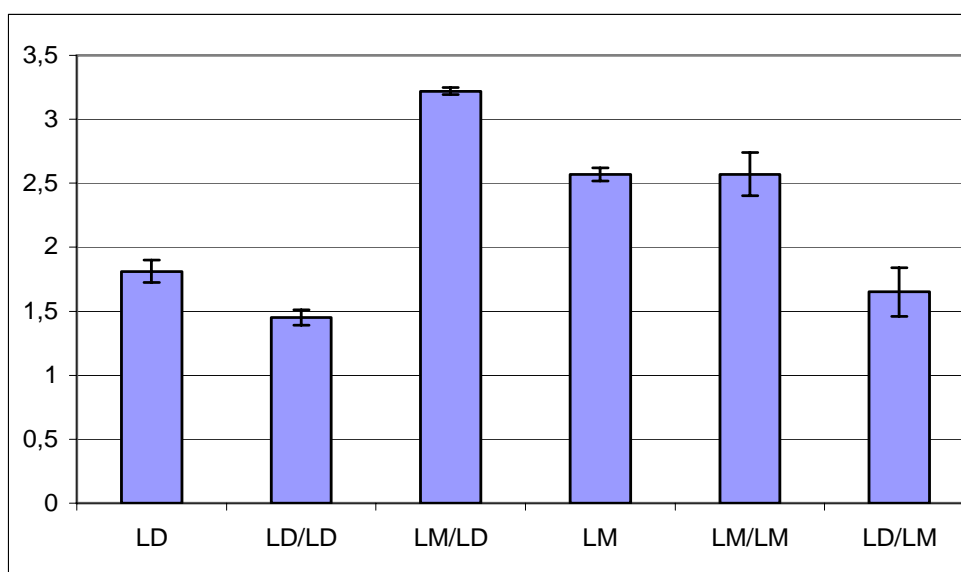


Fig. 21 - Superficie singola foglia di piante autoradicate, omoinnestate e innestate della cv. "Leccino Dwarf" e "Minerva" (media \pm ES).

Nel corso del 2005 l'andamento meteorico stagionale caratterizzato da frequenti piogge non ha determinato, per le tesi in esame, differenze significative sui valori di potenziale idrico fogliare; infatti durante la stagione vegetativa questo indice si è attestato su una media di -1.87 MPa (dev. Std. 0.26).

I parametri dello scambio gassoso determinati su singole hanno mostrato valori tendenzialmente più alti per le tesi aventi M come nesto.

L'assimilazione fotosintetica della CO_2 (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) a fine luglio 2005 è stata di $16.1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ in M/D e circa $12 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ sia in M che in M/M, mentre, per le altre tesi è stata più bassa, ma sempre superiore a $5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (fig. 22).

L'andamento della conduttanza (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ha confermato quello di A , difatti è risultato simile nelle piante autoradicate di M di D. I picchi massimi di g_s sono stati osservati a fine luglio in M/D ($0.281 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e a metà settembre in M/M ($0.245 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (fig. 23).

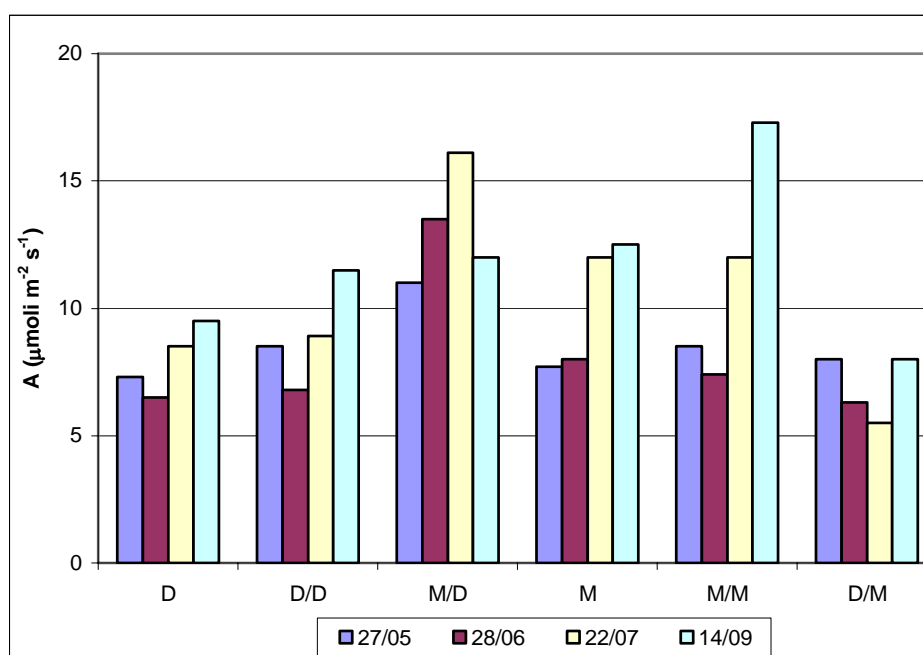


Fig. 22 - Assimilazione fotosintetica misurata in pieno giorno su foglie di piante autoradicate, omoinnestate e innestate della cv. "Leccino Dwarf" e "Minerva".

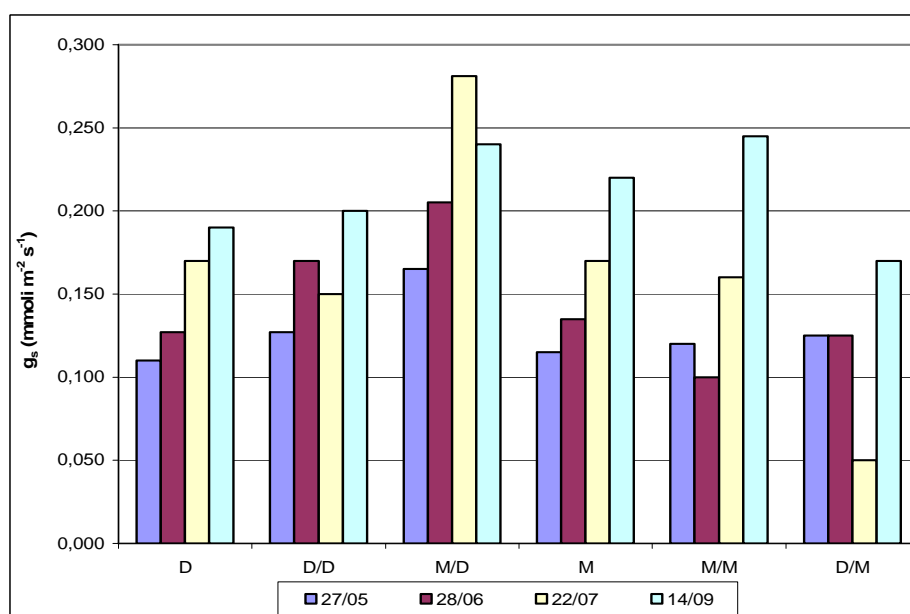


Fig. 23 - Conduttanza stomatica al vapore acqueo misurata in pieno giorno su foglie di piante autoradicate, omoinnestate e innestate della cv. "Leccino Dwarf" e "Minerva".

L'efficienza d'uso dell'acqua, ovvero il rapporto tra assimilazione e conduttanza stomatica (A/g_s , $\mu\text{moli moli}^{-1}$) è risultata più alta nel bionte di controllo M, con valori massimi osservati per la combinazione D/M (fig. 24).

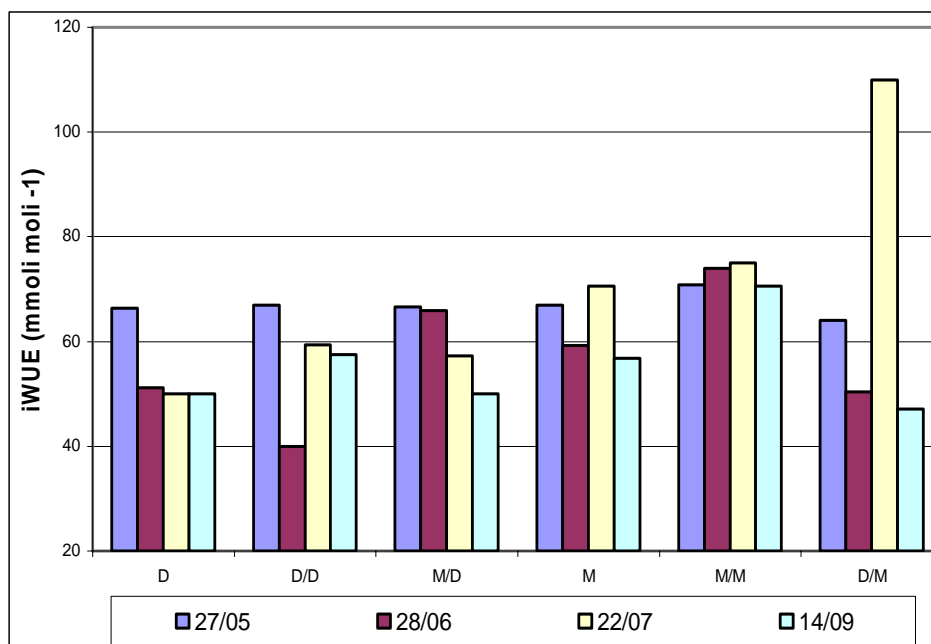


Fig. 24 - Efficienza intrinseca d'uso dell'acqua ($iWUE$) misurata in pieno giorno su foglie di piante autoradicate, omoinnestate e innestate della cv. "Leccino Dwarf" e "Minerva".

Le misure in continuo degli scambi gassosi complessivi della pianta effettuati con il "Rex Nemorensis", non hanno evidenziato differenze significative nei valori di fotosintesi e traspirazione per le tesi in esame.

Le figure 25 e 26 mostrano l'andamento degli scambi gassosi di CO_2 (NCER) e della traspirazione (E) del Leccino Minerva durante il corso della giornata. Ogni pallone è stato adattato a due giovani piante dalla superficie fogliare totale di 0.35 m^2 e il flusso d'aria soffiato all'interno della camera di assimilazione è stato di 12 litri s^{-1} .

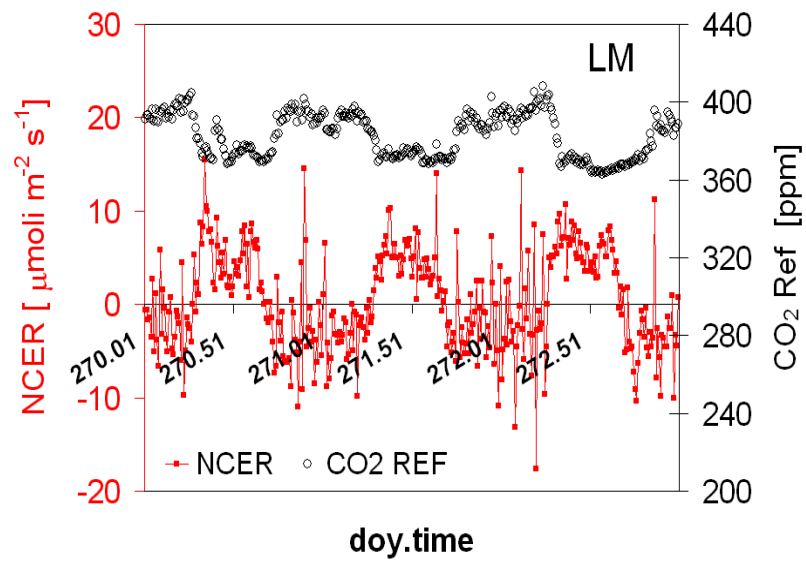


Fig. 25 - Andamento degli scambi gassosi di CO₂ misurati in continuo ad intervalli di 12 minuti e concentrazione di CO₂ dell'aria all'ingresso della camera su piante di Leccino Minerva. Il tempo è espresso in ore ed è relativo al 273° giorno dell'anno (Doy.time).

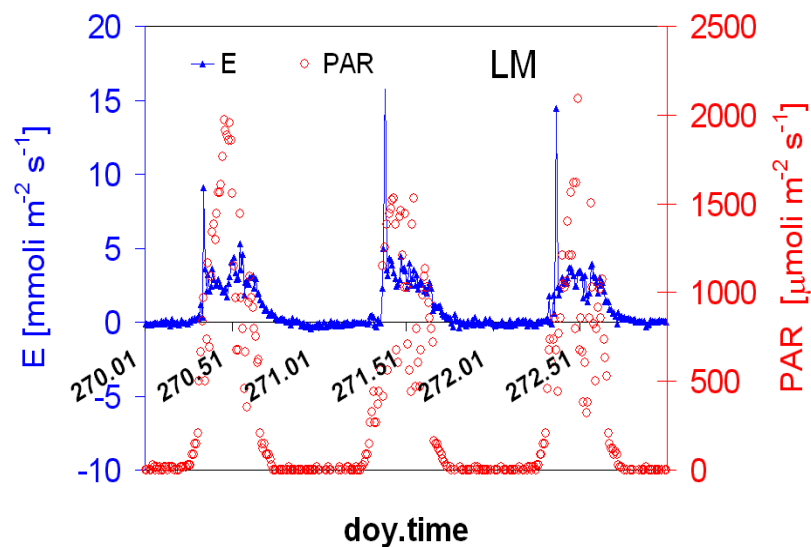


Fig. 26 - Andamento della traspirazione e del PAR misurati in continuo ad intervalli di 12 minuti su piante di Leccino Minerva. Il tempo è espresso in ore ed è relativo al 273° giorno dell'anno (Doy.time).

I dati relativi di NCER e di E, come atteso, seguono quelli del PAR; in particolare, i valori massimi per entrambi i parametri sono stati riscontrati a metà pomeriggio ($10 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ e $4 \text{ mmol m}^2 \text{s}^{-1}$ rispettivamente per NECR ed E). Le misurazioni in continuo degli scambi gassosi su piante intere potrebbero essere usate come dati per la stima della traspirazione e del bilancio del carbonio di un intero oliveto.

La diversa vigoria tra le tesi oggetto di studio emerge chiaramente confrontando i dati relativi alla produzione di sostanza secca; difatti la crescita vegetativa del D è risultata pari a circa il 43% di quella registrata sul M. Quando utilizzati come soggetti, sia M che D hanno mostrato di poter influenzare la crescita complessiva della pianta.

In particolare, nelle piante innestate su D è stato osservato un accumulo di sostanza secca inferiore rispettivamente di circa il 55 (D/D vs M/M) e 33 % (M/D vs D/M) rispetto alle combinazioni di innesto che avevano come soggetto M. In dettaglio si assiste ad un aumento del vigore di D se innestato su M, al contrario si verifica un contenimento della attività vegetativa di M se innestato su D. Si rileva inoltre che l'omoinnesto del D ha determinato una riduzione della crescita rispetto all'autoradicato di circa il 37%; sul M, invece, il comportamento delle piante omoinnestate non è risultato differente da quelle autoradicate (fig. 27).

In generale, per tutte le combinazioni in esame è stata riscontrata una maggiore incidenza della sostanza secca accumulata nelle branche (fusto) rispetto ai restanti organi, mostrando l'assenza di effetti del portinnesto sulla ripartizione della biomassa (fig. 27).

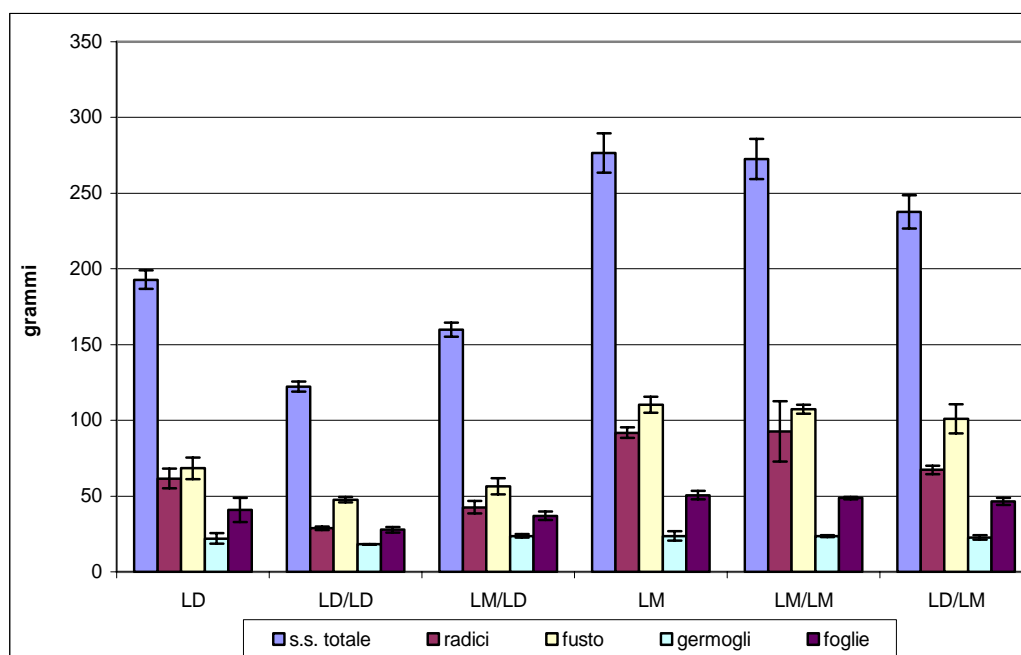


Fig. 27 - Ripartizione della sostanza secca (radici, legno e foglie) in piante autoradicate, omoinnestate e innestate della cv. "Leccino Dwarf" e "Minerva" (media \pm ES).

Facendo riferimento al rapporto chioma-radici, non sono state riscontrate differenze statisticamente significative tra le piante autoradicate del clone M (2.01) e D (2.12); mentre si è avuto un maggiore sviluppo della chiome rispetto all'apparato radicale nelle combinazioni D/D ed M/D (fig. 28).

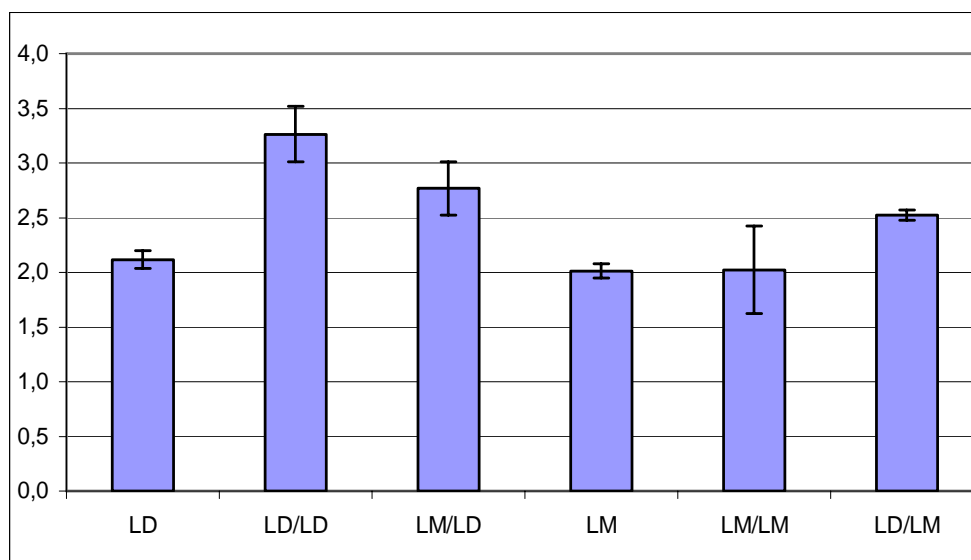


Fig. 28 - Rapporto chioma/radici di piante autoradicate, omoinnestate e innestate della cv. "Leccino Dwarf" e "Minerva" (media \pm ES).

5. CONCLUSIONI

Il controllo della crescita vegetativa in olivo attraverso l'uso del portinnesto, generalmente dipende dalla combinazione marza/soggetto utilizzata. Alcune ricerche condotte in merito a specifiche combinazioni d'innesto, sembrerebbero dimostrare che il nesto sia in grado di condizionare maggiormente lo sviluppo della pianta bimembre (Hartmann, 1958; Crescimanno *et al.*, 1971).

I risultati ottenuti, indicano, effettivamente, un minore sviluppo vegetativo da parte del "Leccino Dwarf" rispetto al "Leccino Minerva", come dimostrano i dati relativi all'accrescimento dei germogli, alla superficie fogliare totale e alla quantità di sostanza secca prodotta. Tale riduzione risulta essere più marcata se il clone debole D viene usato come portinnesto.

Il "Leccino Dwarf", anche in condizioni di stress idrico, ha mantenuto invariato il rapporto chioma/radici mostrando una relazione tra la parte epigea ed ipogea della pianta più equilibrata e una maggiore capacità di adattamento agli stati di carenza idrica.

In altre specie da frutto, per le quali sono già disponibili una serie di portinnesti nanizzanti, i meccanismi che controllano la crescita sono parzialmente ignoti e, generalmente, riguardano gli aspetti relativi alle limitazioni nei rapporti tra i sink e i source (Ho *et al.*, 1989; Grossman e DeJong, 1995; DeJong e Grossman, 1995). Per esempio genotipi brachitici di pesco hanno mostrato una riduzione dell'assimilazione fotosintetica rispetto a quelli standard (Corelli *et al.*, 1995).

Gli scambi gassosi hanno valori tendenzialmente più alti per le tesi aventi M come nesto; difatti l'assimilazione fotosintetica e la conduttanza

stomatica sono più alte nelle combinazioni M/D ed M/M. Si rileva, inoltre, una riduzione del tasso fotosintetico nella tesi meno irrigata di M, specialmente in piena estate. Tale riduzione è da imputare essenzialmente ad una limitazione stomatica.

L'efficienza intrinseca d'uso dell'acqua è stata più alta nel bionte di controllo M, con i valori massimi osservati nella combinazione D/M. Le tesi meno irrigate mostrano un moderato stress idrico, reso evidente dai dati relativi al potenziale idrico fogliare, soprattutto durante il periodo estivo ed in particolare per quella della selezione più vigorosa (M).

Per quanto riguarda le misurazioni in continuo degli scambi gassosi su piante intere, possono essere utilizzate per la stima della traspirazione e del bilancio del carbonio di un intero oliveto.

Tra gli aspetti presi in esame nella presente tesi, quelli che coinvolgono la capacità di assorbimento e di trasporto dell'acqua dalle radici alla chioma hanno dimostrato di svolgere un ruolo importante. Che il meccanismo di controllo della crescita risieda nell'apparato radicale è confermato dal fatto che le limitazioni alla crescita osservate nella parte epigea del "Dwarf" venivano meno quando esso era innestato sul "Minerva".

Difatti, un ruolo fondamentale nel trasporto dell'acqua è stato svolto dalla resistenza idraulica dell'apparato radicale che rappresenta il 60-70% di quelle che si generano complessivamente nella pianta (R_p) (Caruso *et al.*, 2006, Nardini *et al.*, 2006, Guascó *et al.*, 2006).

In altre parole le radici costituiscono la principale resistenza al trasporto dell'acqua in olivo sia quando franco di piede che quando innestato, mentre, irrilevante sembra ai fini del controllo della crescita (1-3% di R_p) la discontinuità vascolare rappresentata dal punto di innesto, diversamente da

quanto riscontrato per altre specie come, ad esempio, il melo (Webster, 2004).

Le piante meno vigorose vanno più facilmente soggette a deficit idrico, mostrando una risposta di tipo adattativo, con una maggiore espressione di due acquaporine (OePIP1 e OePIP2) che sono specifiche per l'olivo (Caruso *et al.*, 2006; Buffa *et al.*, 2006).

L'espressione di entrambe le proteine è risultata costantemente maggiore in tutti i tessuti prelevati dalle piante che avevano D come apparato radicale (D, D/D, M/D). Probabilmente il debole apparato radicale del clone D e, di conseguenza, la sua ridotta disponibilità ad assorbire acqua, è stata compensata con maggiore espressione delle acquaporine nei tessuti della pianta (Caruso *et al.*, 2006).

L'espressione delle acquaporine, inoltre, è risultata dipendente dal regime idrico cui erano sottoposte le piante, con un livello, di attività via via decrescente all'aumentare dell'intensità delle condizioni di stress (Caruso *et al.*, 2006).

La minore spinta vegetativa delle radici del D si è espressa, in maniera più o meno indiretta, sull'architettura della chioma attraverso una modifica sia della lunghezza dei germogli e degli internodi che dell'angolo di inserzione dei rami (Caruso *et al.*, 2006; Buffa *et al.*, 2006).

In sintesi, la ricerca effettuata ha contribuito ad evidenziare, tra i possibili meccanismi, quelli che hanno dimostrato una certa importanza nel controllo della crescita vegetativa dell'olivo e che possono essere utilizzati nelle valutazioni che si effettuano per la selezione di portinnesti clonali con capacità di controllo della crescita del nesto.

Lo sviluppo dei nuovi sistemi di impianto, soprattutto quelli ad elevata intensificazione colturale, si potrà avvantaggiare notevolmente dalle

disponibilità di piante con mole ridotta e più in generale di tecniche che consentono di controllare la crescita vegetativa.

Per l'olivicoltura italiana sarebbe importante poter perseguire gli obiettivi del contenimento della taglia attraverso l'uso di portinnesti nanizzanti senza rinunciare alle numerose cultivar che caratterizzano la tradizione olivicola italiana e in generale la tipicità delle nostre produzioni.

In conclusione, il "Leccino Dwarf" usato come portinnesto potrebbe rappresentare un mezzo per il controllo della crescita vegetativa di piante d'olivo per un nuovo approccio ad un'olivicoltura intensiva e sostenibile. La definitiva valutazione del Leccino Dwarf come portinnesto "nanizzante" dovrà attendere ulteriori verifiche agronomiche condotte su piante in fruttificazione ed in condizioni di pieno campo che sono in corso di attuazione.

6. RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare tutti coloro che mi hanno aiutato nella realizzazione di questa tesi: il professore Claudio Di Vaio per avermi trasmesso una grande passione per la ricerca, per avermi offerto questa grande opportunità e per il tempo dedicatomi; il prof. Eddo Rugini dell'Università della Tuscia e il dott. Giorgio Pannelli dell'Istituto per l'Olivicoltura di Spoleto per aver messo a disposizione della sperimentazione il clone di Leccino Dwarf; i ricercatori del CNR Pasquale Giorio, Giuseppe Sorrentino, Giovanni Alterio per l'aiuto fornitomi e per la loro competenza e disponibilità; i tecnici Gennaro Acunzo e Giustino Bocchetti della sezione di Arboricoltura, per il loro aiuto nelle rilevazioni di campo, per la simpatia e per il rapporto umano e di stima che si è creato.

Mia madre per il tanto amore, la tanta collaborazione e il tanto aiuto che mi ha dato nel superare momenti difficili.

Anna per la comprensione, il sostegno, l'aiuto e per tutto l'amore che mi ha dato e che continua a darmi.

Tutti i miei amici per l'allegria e la serenità che mi hanno trasmesso.

8. BIBLIOGRAFIA

Aldini A., Cobianchi D. (1986) - *Osservazioni preliminari sugli effetti del Paclobutrazolo nel pero*. In “Controllo della fruttificazione delle piante da frutto”, Bologna 18/6/1986.

Antognozzi E., Preziosi P. (1986) - *Effects of Paclobutrazol (PP 333) on nursery tree of olive*. Acta Horticulturae, 179: 583-586.

Antognozzi E., Romani F. (1989) - *Effects of Paclobutrazol and pruning on growth and yield of Golden Delicious apple*. Acta Horticulturae, 239: 171-174.

Aron Y., Monselise S.P., Goren R., Casto J. (1985) - *Chemical control of vegetative growth in Citrus trees by paclobutrazol*. Hort. Science, 20: 96-98.

Arrivo A., Bellomo F., D'Antonio P. (2006) - *Raccolta meccanica nell'oliveto superintensivo*. L'informatore Agrario, 1: 68-71.

Atkinson C.J., Else M.A., Taylor L., Dover C.J. (2003) - *Root and stem hydraulic conductivity as determinants of growth potential in grafted trees of apple (Malus pumila Mill.)*. J. Exp. Bot. 54:1221-1229.

Baldoni L., Fontanazza G. (1989) - *Preliminary results on olive clonal rootstocks behaviour in the field*. Acta Hort., 286: 37-40.

Baroni G., Massai R., Piccotino D., Xiloyannis C., Sotiropoulos V. (1991) - *Influenza del portinnesto sullo sviluppo dell'apparato radicale, dell'area fogliare e della chioma di piante di pesco*. Riv. di Frutticoltura, 4: 45-50.

Basile B., Marsal J., Solari L.I., Tyree M.T., Bryla D.R., DeJong T.M. (2003b) - *Hydraulic conductance of peach trees grafted on rootstocks with differing size-controlling potential*. J. Hortic. Sci. Biotech. 78:768-774.

Beakbane A. B. (1953) - *Anatomical structure in relation to rootstock behaviour*. Rep. 13th Int. Hort. Congr. Vol. 1: 152-158.

Beakbane A. B., Rogers W. S. (1956) - *The relative importance of stem and root in determining rootstock influence in apples*. J. Hort. Sci., 31: 99-110.

Berenguer M.J., Vossen P.M., Grattan S.R., Connell J.H., Polito V.S. (2006) - *Tree irrigation level for optimum chemical and sensory properties of olive oil*. Hort. Science, 41 (2): 427-432.

Bonnet P. (1948) - *L'innesto dell'olivo sul Frassino*. Atti del XII Congresso Internazionale di Olivicoltura. Algeri.

Bonomo R., Montalti P., Palara U. (1986) - *Time of Paclobutrazol foliar application in young Golden Delicious apple trees*. Acta Horticulturae, 179: 553-554.

Bonomo R., Neri D. (1986) - *Influenza del paclobutrazolo sul pero*. In “Controllo della fruttificazione delle piante da frutto”, Bologna 18/6/1986.

Brown C. S., Young E., Pharr D. M. (1985a) - *Rootstock and scion effects on the seasonal distribution of dry weight and carbohydrates in young apple trees*. Journal American Society for Horticultural Science, 110, (5): 696-701.

Brown C. S., Young E., Pharr D. M. (1985b) - *Rootstock and scion effects on carbon partitioning in apple leaves*. Journal American Society for Horticultural Science, 110, (5): 701-705.

Buffa R., Motisi A., Cutino I., Caruso T. (2006) - *Effect of rootstock vigour on dry matter partitioning in olive (Olea europaea L.)*. Proc. II Internat. Sem. On “Biotechnology and quality of olive tree products around the Mediterranean basin”, OLIVEBIOTEQ 2006. Marsala-Mazzara del Vallo, 5-10 November, II: 371-376.

Caruso T., Motisi A., Buffa R., Lo Gullo M.A., Ganino T., Secchi T., Salleo S. (2006) - *Meccanismi coinvolti nel controllo della crescita vegetativa dell'olivo attraverso l'impiego del portinnesto*. Frutticoltura, 3: 51-55.

Chrispeels M.J., Morillon R., Maurel C., Gerbeau P., Kjellbom P., Johansson I. (2001) - *Aquaporins in plants: structure, function, regulation and roles in plant water relations*. Current Topics in

Mambranes, 51: 277-334.

Clearwater M.J., Lowe R.G., Hofstee B.J., Barclay C., Mandemaker A.J., Blattman P. (2004) - *Hydraulic conductance and rootstock effects in grafted vines of kiwifruit*. J. Exp. Bot. 55:1371-1382.

Cobianchi D. (1984) - *Indagine preliminare sull'effetto del PP 333 e dell'EXP 3634 sul comportamento produttivo della cultivar di melo "Heavy-stripe"*. Notiz. di Ortoflorofrutt., 4: 174-177.

Cohen S., Naor A. (2002) - *The effect of three rootstocks on water use, canopy conductance and hydraulic parameters of apples trees and predicting canopy from hydraulic conductance*. Plant Cell Environ. 25:17-28.

Colby H. L. (1935) - *Stock-scion chemistry and the fruiting relationships in apple trees*. Plant Physiol., 19: 483-498.

Comai M. (1990) - *Influenza del Paclobutrazolo su sviluppo vegetativo e produttività di "Golden Delicious"*. L'Inf. Agr., 20: 89-92.

Corelli Grappedelli L., Giovannini D., Magnanini E., Ravaglia G. (1995) - *Gas exchange of genetically dwarf peach trees*. Conferenza "Control of Photosynthesis in Tree Species", Bordeaux 27-29 Agosto:13.

Costa G. (2006) - *I bioregolatori in frutticoltura: gli sviluppi della ricerca e le applicazioni pratiche*. Frutticoltura, 1: 56-61.

Costa G., Biasi R. (1986) - *Impiego di brachizzanti per il controllo vegetativo e produttivo del melo*. In “Controllo della fruttificazione delle piante da frutto”, Bologna 18/6/1986.

Costa G., Biasi R. (1986) - *Impiego di brachizzanti per il controllo vegetativo e produttivo del melo*. Riv. Ortoflorofrutt., 70: 125-134.

Crescimanno F. G., Sottile I. (1971) - *Osservazioni effettuate su sette combinazioni d'innesto della cultivar di olivo "Frantoio"*. Scienza e tecnica agraria.

Dag. A., Avidan B., Birger R., Lavee S. (2006) - *High-density olive orchards in Israel*. Proc. II Internat. Sem. On “Biotechnology and quality of olive tree products around the Mediterranean basin”, OLIVEBIOTEQ 2006. Marsala-Mazzara del Vallo, 5-10 November, II: 31-35.

De la Rosa R., Leon L., Guerrero N., Barranco D., Rallo L. (2006) - *Resultados preliminares de un ensayo de densidades de plantacion en olivar en seto*. Fruticultura Profesional (Especial Olivicultura IV), 160: 43-46.

DeJong T.M., Grossman Y.L. (1995) - *Quantifying sink and source limitation on dry matter partitioning to fruit growth*. Physiologia Plantarum, 95:437-443.

Di Vaio C., Buccheri M., Caruso T. (2000) - *Ripartizione della sostanza secca e del contenuto minerale in rapporto alla forma di allevamento e al vigore del portainnesto nel pesco*. Atti V giornate scientifiche S.O.I.- Sirmione - 28-30 Marzo 2000.

Di Vaio C., Buccheri M., Iannini C. (2000) - *Effetto del portainnesto e della cultivar sulla ripartizione della sostanza secca di astoni di pesco in vivaio*. Atti V giornate scientifiche S.O.I.- Sirmione - 28-30 Marzo 2000.

Errea P., Felipe A., Herrero M. (1994) - *Graft establishment between compatible and incompatible Prunus ssp.* J. Exp. Bot. 45, 393-401.

Fontanazza G., Baldoni L. Corona C. (1990) - *Osservazioni preliminari sul valore agronomico di una cultivar da olio: "Fs 17"*. Atti del Convegno: Problematiche qualitative dell'olio di oliva. Sassari, 6 nov.

Fontanazza G., Baldoni L., Corona C. (1992) - *Osservazioni sull'impiego di portinnesti clonali negli olivi "Ascolana tenera" e "Giaraffa"*. Riv. Frutticoltura, 11: 65-69.

Fontanazza G., Cappelletti M. (1993) - *Evolucion sistemas de cultivo del olivo: de los Olivares intensivos mecanizados a las plantaciones densas*. Olivae, 48 (10): 28-36.

Forlani M. (1986) - *Effetti del paclobutrazolo sulla differenziazione delle gemme e sulla produttività del pesco allevato a frutteto prato*. Riv. Ortoflorofrutt., 1: 57-64.

Forlani M., Di Vaio C., Carella D. (1992) - *Effetti del paclobutrazolo sulla varietà di melo "Annurca" in funzione del numero dei trattamenti e del portinnesto adottato.* Agricoltura Ricerca, 140: 37-44.

Forlani M., Di Vaio C., Pilone N. (1989) - *Esperienze sull'impiego del paclobutrazolo sul pesco (cv. "Armking").* Agricoltura Ricerca, 95: 17-26.

Gaash D. (1986) - *Growth retardation of apple, plum and apricot trees by Paclobutrazol in a Mediterranean climate.* Acta Horticulturae, 179: 559-562.

Gascó A., Nardini A., Raimondo F., Gortan E., Motisi A., Lo Gullo M.A., Salleo S. (2006) - *Hydraulic kinetics of the graft union in different Olea europaea L. scion/rootstock combination.* Tree Physiol. (in press).

Gaudillere J., Moing A., Carbonne F. (1992) - *Vigour and non-structural carbohydrates in young prune trees.* Scientia Horticulturae, 51: 197-211.

Gerbeau P., Amodeo G., Henzler T., Santoni V., Ripoche P., Maurel C. (2002) - *The water permeability of Arabidopsis plasma membrane is regulated by divalent cations and pH.* Plant J., 30: 71-81.

Giorio P., Sorrentino G., d'Andria R. (1999) - *Stomatal behaviour, leaf water status, and photosynthetic response in field-grown olive trees under water deficit.* Environmental and Experimental Botany 42:95-104.

Godini A. (2006) - *The Apulian olive growing: between tradition and innovation*. Proc. II Internat. Sem. On “Biotechnology and quality of olive tree products around the Mediterranean basin”, OLIVEBIOTEQ 2006. Marsala-Mazzara del Vallo, 5-10 November, II: 115-122.

Godini A., Camposeo S., Scavo V. (2006) - *Gli aspetti agronomici dell'olivicoltura superintensiva*. L'informatore Agrario, 1: 65-67.

Goncalves B., Moutinho-Pereira J., Santos A., Silva A.P., Bacelar E., Correia C., Rosa E. (2005) - *Scion-rootstock interaction affects the physiology and fruit quality of sweet cherry*. Tree Physiology 26:93-104.

Grossman Y.L., DeJong T.M. (1995) - *Maximum vegetative growth potential and seasonal patterns of resource dynamics during peach growth*. Annals Botany 76:473-485.

Hartman H.T., Kester D.E., Davies F.T., Geneve R.L. (2002) - *Plant propagation. Principles and Practices*. Seventh ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

Hartmann H.T. (1958) - *Rootstock effects in the olive*. American Society for Horticultural Science V.72: 242-251.

Henzler, T., Waterhouse R.N., Smyth A.J., Carvajal M., Cooke D.T., Schäffner A.R., Steudle E., Clarkson D.T. (1999) - *Diurnal variations in hydraulic conductivity and root pressure can be correlated with the*

expression of putative aquaporins in the roots of Lotus japonicus. *Planta*, 210: 50-60.

Ho L.C., Grange R.I., Shaw A.F. (1989) - *Source-sink regulation*. In: *Transport of Photoassimilates*. Eds. D.A. Baker and J.A. Milburn. Longman Scientific and Technical, Harlow, Essex, UK, pp. 306-344.

Horton, P., Ruban A. V., Walters R. G. (1996) - *Regulation of light harvesting in green plants*. *Annu. Rev. Plant. Physiol. Mol. Biol.* 47, 665-684.

Iacono F., Buccella A., Peterlunger E. (1998) - *Water stress and rootstocks influence on leaf gas exchange of grafted and ungrafted grapevines*. *Scientia Horticulture* 75: 27-39.

Iannotta N., Perri E. (2006) - *L'esperienza della Spagna nell'olivicoltura superintensiva*. *L'Informatore Agrario* 1: 59-63.

Intrieri C., Silvestroni O., Poni S. (1986) - *Preliminary experiment on Paclobutrazol effects on potted grapevines (V. vinifera L., cv "Trebiano")*. *Acta Horticulturae*, 179: 589-592.

Jackson J.E., Middleton S.G. (1987) - *Progettazione del frutteto per la massima produzione di qualità*. *Frutticoltura*, 9-10: 27-33.

Jones O.P., (1973) - *Effects of cytoKinins in xylem sap from apple trees on apple shoot growth.* J. Hortic. Sci., 48: 181-188.

Javot H., Lauvergeat V., Santoni V., Martin-Laurent F., Guclu J., Vinh J., Heyes J., Franck K.I., Schaffner A.R., Bouchez D., Maurel C. (2003) - *Role of a single aquaporin isoform in root water uptake.* Plant Cell, 15: 509–522.

Johansson I., Karlsson M., Johansson U., Larsson C., Kjellborn P. (2000) - *The role of aquaporins in cellular and whole plant water balance.* Biochimica et Biophysica Acta, 1465: 324-342.

Kaldenhoff R., Eckert m. (1999) - *Features and function of plant aquaporins.* J. Photochem. Photobiol. B: biol., 52: 1-6.

Kaldenhoff R., Kolling A., Richter G., (1996) - *Regulation of Arabidopsis thaliana aquaporin gene AtH2 (PIP1b).* J. Photochem. Photobiol. B: Biol., 36: 351-354.

Kjellbom P., Larsson C., Johansson I., Karlsson M., Johansson U. (1999) - *Aquaporins and water homeostasis in plant.* Trends in Plant Science 4: 308-314.

Lavee S., Haskal A. (1993) - *Partial fruiting regulation of olive trees (Olea europaea L.) with Paclobutrazol and Gibberellic acid in the orchard.* Adv. Hort. Sci., 7:83-86.

Lavee S., Haskal A., Wodner M. (1986) - *“Barnea”*: new olive cultivar from first breeding generation. *Olea*, 17: 95-99.

Leon L., De la Rosa R., Guerrero N., Rallo L., Tous J., Romero A., Hermoso J.F. (2006) - *Ensayo de variedades de olivo en plantación de alta densidad. Comparación de resultados entre Andalucía y Cataluña.* *Fruticultura Profesional (Especial Olivicultura IV)*, 160: 21-26.

Lliso I., Forner J.B., Talon M. (2004) - *The dwarfing mechanism of citrus rootstocks F&A 418 and #23 is related to competition between vegetative and reproductive growth.* *Tree Physiology* 24:225-232.

Lo Gullo M.A., Trifilò P., Raimondo F. (2000) - *Hydraulic architecture and water relations of *Spartium junceum* branches affected by a mycoplasma disease.* *Plant, Cell and Environment (Oxford, Gran Bretagna)*, 23: 1079-1088.

Mannino P., Pannelli G. (1990) - *Fully mechanized harvesting of olive fruit. Technical and agronomical preliminary evaluations.* *Acta Horticulturae*, 286 (12): 437-440.

Marangoni B., Peterlunger E., Scudellari D. (1989) - *Root hydraulic conductivity of peach rootstocks.* *Acta-Horticulturae.*, No. 254, 205-211; Second international peach symposium, Clemson, South Carolina, USA, 19-23 June 1988.

Matos M.C., Matos A.A., Mantas A., Cordeiro V., Vieira Da Silva J.B. (1997) - *Photosynthesis and water relations of almond tree cultivars grafted on two rootstocks*. *Photosynthetica* 34 (2): 249-256.

Maurel C., Chrispeels M.J. (2001) - *Aquaporins: A molecular entry into plant water relations*. *Plant Physiol.*, 125:135-138.

McKenzie D. W. (1961) - *Rootstock-scion interaction in apples with special reference to root anatomy*. *J. Hort. Sci.*, 36: 40-47.

Meinzer F.C. (2002) - *Co-ordination of vapour and liquid phase water transport properties in plants*. *Plant Cell Environ.* 25:265-274.

Miller S.S., Swietlik D. (1986) - *Growth and fruiting response of deciduous fruit trees treated with Paclobutrazol*. *Acta Horticulturæ*, 179: 563-566.

Mitov P., Diakov D., Licev V., Ghovedarov G. (1991) - *Sviluppo e distribuzione del sistema radicale di portinnesti da seme e clonali del pesco*. *Riv. di frutticoltura*, 6: 51-55.

Morettini A. (1950) - *Olivicoltura*. Reda.

Nardini A. (2001) - *Are sclerophylls and malacophylls hydraulically different?* *Biol. Plant.* 44:239-245.

Nardini, A., Gascó, A., Raimondo, F., Gortan, E., Lo Gullo, M.A., Caruso, T., Salleo, S. (2006) - *Is rootstock-induced dwarfing in olive an effect of reduced plant hydraulic efficiency?* Tree Physiol., 26: 1137-1144.

Nardini, A., Salleo S., Trifilò P., Lo Gullo M.A. (2003) - *Water relations and hydraulic characteristics of three woody species co-occurring in the same habitat.* Ann. For. Sci. 60:297-305.

Navarro C., Benlloch M., Fernandez-Escobar (1989) - *Effect of Paclobutrazol on growth of rooted olive cutting.* Acta Horticulturae, 239: 265.268.

Olien W.C., Lasko A.N. (1984) - *A comparison of the dwarfing character and water relations of five apple rootstocks.* Acta Hort. 146:151-158.

Paleg L. G., Aspinall D. (1981) - *The physiology and biochemistry of drought resistance in plants.* (Paleg L.G. and Aspinall D. Eds). Academic Press Australia.

Panelli G., Famiani F., Rugini E. (1990) - *The change of ploidy levels and anatomy on olive gamma irradiated mutants.* XXIII Int. Hort. Cong., Firenze, 27 Ago - 1 Sett.

Park J.H., Saier Jr M.H. (1996) - *Phylogenetic characterization of the MIP family of transmembrane channel proteins.* J. Membr. Biol., 53 (3).

Park Y.-I., Chow W. S., Anderson J. (1995) - *Light inactivation of functional photosystem II in leaves of peas grown in moderate light depends on photon exposure.* Planta 196, 401411.

Pastor M., Vega V., Hidalgo J.C. (2006) - *Densidades de plantación en olivar de reagdio. El caso de las plantaciones superintensivas de Andalucía.* Fruticultura Profesional (Especial Olivicultura II), 88: 106-111.

Peterlunger E., Marangoni B., Cipriani G. (1990) - *Conducibilità idrica radicale di portinnesti di vite.* Vignevini. 1990, 17: 6, 43-46.

Pina A., Errea P. (2005) - *A review of new advances in mechanism of graft compatibility-incompatibility.* Sci. Hort. 106, 1-11.

Planas S., Fillat A., Pelegrí C. (1997) - *Avances en la recolección mecanizada del olivar.* Fruticultura Profesional (Especial Olivicultura II), 88: 106-111.

Porlingis I.C., Voyiatzis D.G. (1986) - *Influence of Paclobutrazol plant growth regulator on vegetative and reproductive growth of olive (Olea europaea L.).* Acta Horticulturae, 179: 587-588.

Preston A. P. (1958a) - *Apple rootstock studies: thirty-five years' results with Lane's Prince Albert on clonal rootstocks.* J. hort. Sci., **33**, 29.

Preston A. P. (1958b) - *Apple rootstock studies: thirty-five years' results with Cox's Orange Pippin on clonal rootstocks*. J. hort. Sci., **33**, 194.

Quinlan J.D., Richardson P.J. (1984) - *Effect of Paclobutrazol (PP 333) on apple shoot growth*. Acta Horticulturae, 146: 105-111.

Ramina A. Tonutti P., Baroni G. (1986) - *Effetti del Paclobutrazolo sul pesco*. In "Controllo della fruttificazione delle piante da frutto", Bologna 18/6/1986.

Rieger M. (1995) - *Offsetting effects of reduced root hydraulic conductivity and osmotic adjustment following drought*. Tree Physiology, 15: 6, 379-385.

Rieger M., Marra F. (1994) - *Responses of young peach trees to root confinement*. Journal of the American Society for Horticultural Science. 119: 2, 223-228.

Rugini E., Pannelli G., Ceccarelli M., Muganu M. (1996) - *Isoolation of triploid and mutants by in vivo and in vitro selection*. Plant Breeding, 115: 23-27.

Rugini E., Pannelli G., Sonnoli A., Bartolini G., De Angelis S. (2003) - *Impiego di olivi a sviluppo contenuto per la raccolta integrale con macchine scavallatrici*. Frutticoltura 1: 57-60.

Salleo S., Lo Gullo M.A., Trifilò P., Nardini A. (2004) - *New evidence for a role of vessels-associated cells and phloem in the rapid xylem refilling of Laurus nobilis L. cavitad stems.* Plant Cell and Environment (Oxford, Gran Bretagna), 27, 1065-1066.

Salleo T.M., Hinckley S.B., Kikuta M.A., Lo Gullo P., Weilgony T., Myung Yoon, Richter H. (1992) - *A method for inducing xylem emboli in situ: experiments with a field grown tree.* Plant, Cell and Environment (Oxford, Gran Bretagna), 15, 491-497.

Santabarbara S., Garlaschi F. M., Zucchelli G., Jennings R. C. (1999) - *The effect of excited state population in photosystem II on the photoinhibition-induced changes in chlorophyll fluorescence parameters.* Biochim. Biophys. Acta 1409, 165170.

Secchi F, Lovisolo C, Schubert A. (2004) - *Individuation of putative aquaporin-like PIP1 and PIP2 genes in Olea europaea L..* Atti 43° Congresso SIFV-SIGA, Lecce 15-18/IX: 260.

Shaltout A.D., Salem A.T., Kilany A.S. (1986) - *Effect of prebloom spray and soil-applied paclobutrazol (PP 333) on Roumi red grapes.* 83 rd Annual Meeting A.S.H.S., program e Abstract n.1458 Hort. Science, 3: 860.

Siefritz F., Tyree M.T., Lovisolo C., Schubert A., Kaldenhoff R. (2002) - *PIP1 Plasma Membrane Aquaporins in Tobacco: From Cellular Effects to the Function in Plant*. Plant Cell, 14: 869-876.

Simmons R. K., Chu M. C. (1984) - *Tissue development within the graft union as related to dwarfism in apple*. Acta Hort., 146: 203-210.

Simons R.K. (1986) - *Graft-union characteristics as related to dwarfing in apple (Malus domestica Borkh.)*. Acta Hort. 160:57-66.

Sonnoli A. (2001) - *Una nuova varietà di olivo a dimensioni ridotte*. Olive, 88: 46-49.

Sperry J.S. (2000) - *Hydraulic constraints on plant gas exchange*. 1° Agric. For. Meteorol. 104:13-23.

Syversten J. P., Graham J.H. (1985) - *Hydraulic conductivity of roots, mineral nutrition and leaf gas exchange of citrus rootstocks*. Journal. Amer. Soc. Hort. Sci., 100: 865-869.

Tognetti R., Costagli G., Minnocci A., Gucci R. (2002) - *Stomatal behaviour and water use efficiency in two cultivars of Olea Euopaea L.* Agricoltura Mediterranea. Vol. 132: 90-97.

Tous J., Romero A., Hermoso J.F. (2006) - *High density planting system, mechanization and crop management in olive*. Proc. II Internat.

Sem. On “Biotechnology and quality of olive tree products around the Mediterranean basin”, OLIVEBIOTEQ 2006. Marsala-Mazzara del Vallo, 5-10 November, I: 423-430.

Tous J., Romero A., Plana J., Baiges F. (1999) - *Planting density trial with “arbequina” olive cultivar in Catalonia (Spain)*. Acta Hort., 474:177-179.

Tous J., Romero A., Plana J., Hermoso J.F. (2004) - *Olive oil cultivars suitable for very-high density planning condition*. 5th International Symp. on Olive Growing. Izmir, Turkey. Acta Horticulturæ (in press).

Trifilò, P., Nardini A., Lo Gullo M.A., Salleo S. (2003) - *Vein cavitation and stomatal behaviour of sunflower (Helianthus annuus) leaves under water limitation*. Physiol. Plant. 119:409-417.

Tyree M.T., Nardini A., Salleo S., Sack L., El Omari B. (2005) - *The dependence of leaf hydraulic conductance on irradiance during HPFM measurements, any role for stomatal response?* J. Exp. Bot., 56: 737-744.

Tyree M.T., Velez V., Dalling J.W. (1998) - *Growth dynamics of root and shoot hydraulic conductance in seedlings of five neotropical tree species: scaling to show possible adaptation differing light regimes*. Oecol., 114:293-298.

Tyree M.T., Zimmermann M.H. (2002) - *Xylem structure and the ascent of sap (2nd ed.)*. Springer, Berlin, 2002.

Tyree, M.T. and J.S. Sperry. (1988) - *Do woody plants operate near the point of catastrophic xylem dysfunction caused by dynamic water stress?* Plant Physiol. 88:574-580.

Vitagliano C., Pezzarossa B., Bartolini S. (1986) - *Effetti del Paclobutrazolo (PP 333) sulla attività e produttività della cv "Glohaven".* In "Controllo della fruttificazione delle piante da frutto", Bologna 18/6/1986.

Von Caemmerer S., Farquhar G.D. (1981) - *Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves.* Planta, 153: 376-387.

Vossen P. (2002) - *The potential for super-high-density olive oil orchards in California.* Olint magazine, 1.

Wang Y., Kollman R. (1996) - *Vascular differentiation in the graft union of in vitro-grafts with different compatibility. Structural and functional aspects.* J. Plant Physiol. 147, 521-533.

Wiesman Z., Lavee S. (1993) - *Vegetative growth retardation, improved rooting and viability of olive cutting.* Submitted to J. Palnt growth regulation.