



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

SCUOLA DI DOTTORATO DI RICERCA IN
SCIENZE DELLE PRODUZIONI VEGETALI
INDIRIZZO AGRONOMIA AMBIENTALE - CICLO XXII
Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali

ECOFISIOLOGIA DELLA PRODUZIONE VIVAISTICA DI SOLANACEE IN FUORI SUOLO

Direttore della Scuola : Ch.mo Prof. Andrea Battisti

Supervisore : Ch.mo Prof. Paolo Sambo

Cosupervisore : Ch.mo Prof. Claudio Galmarini

Cosupervisore : Ch.mo Prof. Ferdinando Pimpini

Dottorando : Adriana Elina Ortega

DATA CONSEGNA TESI

31 luglio 2010

Declaration

I hereby declare that this submission is my own work and that, to the best of my knowledge and belief, it contains no material previously published or written by another person nor material which to a substantial extent has been accepted for the award of any other degree or diploma of the university or other institute of higher learning, except where due acknowledgment has been made in the text.

31 July 2010

Adriana Elina Ortega

A copy of the thesis will be available at <http://paduaresearch.cab.unipd.it/>

Dichiarazione

Con la presente affermo che questa tesi è frutto del mio lavoro e che, per quanto io ne sia a conoscenza, non contiene materiale precedentemente pubblicato o scritto da un'altra persona né materiale che è stato utilizzato per l'ottenimento di qualunque altro titolo o diploma dell'università o altro istituto di apprendimento, a eccezione del caso in cui ciò venga riconosciuto nel testo.

31 luglio 2010

Adriana Elina Ortega

Una copia della tesi sarà disponibile presso <http://paduaresearch.cab.unipd.it/>

INDICE

RIASSUNTO.....	7
ABSTRACT	9
CAPITOLO 1	11
INTRODUZIONE GENERALE	13
Problemi	40
Ipotesi generale	42
Ipotesi specifiche.....	42
Obiettivi generali.....	42
Obiettivi specifici.....	42
Implicazioni della tesi.....	43
Approccio metodologico	44
Andamento climatico di salta (argentina) e di Padova (italia)	49
CAPITOLO 2	55
APPLICAZIONE DELL'OMBREGGIAMENTO	57
Introduzione	57
Obiettivi.....	61
Materiali e metodi	63
Risultati e discussione	67
Conclusioni.....	101
CAPITOLO 3	103
APPLICAZIONE DI BRACHIZZANTE CHIMICO: RITARDANTE DI CRESCITA.....	105
Introduzione	105
Obiettivi.....	111
Materiali e metodi	113
Risultati e discussione	119

Conclusioni.....	141
CAPITOLO 4	143
APPLICAZIONE DI BRACHIZZANTI FISICI: POTATURA/SPAZZOLATO/ARIA.....	145
Introduzione	145
Obiettivi.....	151
Materiali e metodi	153
Risultati e discussione	161
Conclusioni.....	187
CAPITOLO 5	189
CONCLUSIONI GENERALI	191
BIBLIOGRAFIA	195
ABBREVIAZIONI UTILIZATE NEL TESTO.....	207

RIASSUNTO

ECOFISIOLOGIA DELLA PRODUZIONE VIVAISTICA DI SOLANACEE IN FUORI SUOLO

La tecnica di produzione di semenzali in contenitori galleggianti (*floating system*) è un metodo facile e affidabile nel caso del tabacco, però in specie come il pomodoro, peperone, paprica dolce ed altre, le piante che si ottengono tendono ad un eccessivo allungamento degli steli, ad una perdita di resistenza meccanica e ad una disomogeneità delle piantine che peggiora la qualità della produzione in senso globale. Senza una tecnica di contenimento della crescita delle piantine il *floating system* non può essere usato per le produzioni vivaistiche.

Alla fine di ottimizzare i fattori produttivi, nell'allevamento in *floating system*, e ottenere semenzali di qualità, si è indagato sulla risposta delle diverse variabili di crescita ai fattori delle produzioni stessi. Le specie scelte per lo studio sono state la paprica dolce, il peperone, il pomodoro e il tabacco, solanacee di interesse economico per sia per Argentina che Italia.

I fattori allo studio sono stati l'ombreggiamento e i brachizzanti chimici (ritardante di crescita) e fisici (potatura/spazzolato/aria).

Sono state condotte diverse prove sperimentali eseguite in parte presso l'Azienda Agraria Sperimentale “ Lucio Toniolo” e i laboratori della Facoltà di Agraria dell'Università di Padova, sita a Legnaro (Italia) e in parte presso l'Azienda Agraria Sperimentale Salta (EEA Salta) dell'Istituto Nazionale di Tecnologia Agropecuaria (INTA) a Salta (Argentina), negli anni 2007, 2008 e 2009.

La coltivazione è avvenuta in un sistema flottante costituito da contenitori alveolati di polistirolo (da 160 fori per gli ortaggi e 288 per il tabacco) posti a galleggiare in vasche riempite con una soluzione nutritiva Hoagland.

Si è rispettata la durata dei cicli di ogni specie. Il pomodoro è una pianta che cresce velocemente e ha portato a termine il ciclo in vivaio in 20-25 giorni. La paprica e il peperone invece hanno avuto bisogno di circa 35-45 giorni mentre il tabacco di 50-65 giorni.

Si sono analizzate variabili quali la produzione di biomassa, parametri biometrici, parametri allometrici e la crescita cumulata. I dati raccolti sono stati elaborati mantenendo insieme i valori ottenuti nelle quattro le specie. Lo studio funzionale della crescita è stata eseguita previa trasformazione del tempo cronologico in tempo termico, radiante e termo-radiante e l'ASCPC (area sotto la curva di progresso della crescita).

Per quanto riguarda la prova di ombreggiamento, la diminuzione della radiazione fotosinteticamente attiva incidente per mezzo di rette con diversi livelli d'ombreggiamento, si è osservata una risposta diversa delle quattro specie in termini di

diametro del colletto, altezza e lunghezza d'internodi. Invece, è stata simile la risposta tra le specie, in termini di diminuzione della produzione di biomassa, aumento del numero di foglie e incremento del rapporto tra parte epigea e radice.

Il metodo di contenimento chimico della taglia con applicazione di CCC in dosi di 750 e 1500 mg L⁻¹ e diverse frequenze (1, 2 e 3 volte per ortaggi e 2, 3 e 5 per tabacco) ha portato a diverse dosi cumulate che sono variate da 0 a 7500 mg L⁻¹. L'applicazione di CCC ha permesso, anche se con intensità diversa a seconda del trattamento, di contenere l'accrescimento in altezza di tutte le specie e varietà, mentre non hanno influito sulla produzione di biomassa. In paprica si è osservato che è aumentato il peso secco delle radici, mentre in tabacco è diminuito il peso secco delle foglie. L'effetto osservato durante la produzione in vivaio si è protratto anche dopo il trapianto ma non oltre i 30 GDT.

L'effetto del tigio e sismorfismo indotti da stress meccanici artificiali, nei confronti dei comuni trattamenti brachizzanti (ritardante di crescita e sfalcio), sulle caratteristiche morfologiche delle piante durante la produzione in vivaio si è dimostrato scarso. Lo spazzolamento e l'aria non sono stati efficaci nel regolare il rapporto tra parte aerea e radicale o nel controllare la taglia, come invece sarebbe necessario per ottenere piantine di qualità. Gli effetti dello spazzolamento, seppur scarsi, sono stati comunque superiori a quelli dell'aria.

In tutte le specie il trattamento chimico con CCC è stato più efficiente nel controllare la taglia della pianta avendo prodotto una diminuzione della lunghezza degli internodi, un miglioramento del rapporto tra parte aerea-radice, una riduzione della produzione di biomassa, un contenimento del consumo idrico, un aumento della sostanza secca della pianta e un aumento nel contenuto di azoto delle foglie.

Nel tabacco la potatura è stata il metodo migliore per la produzione quantitativa e qualitativa delle piantine. Questo è stato, anche il metodo che ha inciso maggiormente su altezza, biomassa della piantina, contenuto di azoto, efficienza d'uso dell'acqua, consumo idrico e rapporto tra parte epigea ed ipogea.

Nel caso degli ortaggi, il trattamento chimico con CCC è stato il più efficiente nel controllare la taglia della pianta, bilanciare il rapporto tra parte epigea e radici, diminuire la lunghezza degli internodi, aumentare i contenuti di sostanza secca della pianta e di azoto nelle foglie. Conseguentemente, questo è risultato il più adeguato per ottenere, in un sistema flottante, piantine ortive di qualità e in tempi rapidi.

ABSTRACT

ECOPHYSIOLOGY OF SOLANACEAE NURSERY PRODUCTION IN FLOATING SYSTEM

The production in floating system is an easy and efficient method to produce tobacco transplants but it is not particularly suitable for other species such as sweet paprika, bell pepper and tomato as this intensive system lead to an excessive lengthening of shoots, a loss of mechanical resistance, a reduction of homogeneity among plantlets, and a overall decrease of quality of the production. Without a suitable techniques that can help on regulating the transplants growth the floating systems are not suitable for commercial transplant production.

With the aim to optimize the variables of production, when plants are grown in floating system, and improve transplant quality, the response of some growth parameters to the applied treatments where studied. The experiments were performs with some species belonging to the Solanaceae family, all interesting for economic purposes both in Argentina and in Italy.

The treatments studies were: shading and growth control by mean of chemical (growth regulators) or physical (clipping/ brushing/air).

Several experiments were carried out, part of which in Italy (University of Padova) and part in Argentina (Agricultural Experimental Station of Salta), during the years 2007, 2008 and 2009.

The cultivation was carried out in a floating system where polystyrene trays with 160 cells and 288 cells where adopted for the vegetables species and tobacco, respectively. These trays where placed to float on a Hoagland nutrient solution.

Plants were grown for a different period of time according to the common practice for the transplant production of each species or cultivar.

Data on the production of biomass, on some biometric and allometric parameters and on cumulate growth were collected and analyze. The functional study of growth was conducted analyzing each parameters against thermal, radiant, thermal-radiant time and ASCPC (area under the growth progress curve).

In the shading experiment the reduction of photosynthetic active radiation, by mean of nets with different degree of shading, a different response of species was observed at least on stem diameter, plant height and length of internode. At the opposite, a similar effect on reduction of biomass, increase of leaf number and shoot/root ratio was observed.

The chemical method of growth control, by mean of CCC application at the concentration of 750 and 1500 mg L⁻¹ and different frequencies (1, 2 and 3 times for the vegetables species and 2, 3 and 5 for tabacco) lead to the application of different

cumulate doses ranging from 0 to 7500 mg L⁻¹. The application of CCC reduced, even if with a different degree of efficacy, the plant height of all the species and/or varieties. Differently, no effect was observed on plant biomass. In Paprika an increase of dry weight of root and a reduction of dry weight of leaves was observed. During the following growth in open field, plant growth was still affected by CCC treatments but only until 30 DAT.

Tigmo and seismorfism effect induced by artificial mechanical stress, in relation to common retardant treatments (retarded growth and clipping), in the plants morphological characteristics during the nursery production was sparse. Brushing and air jet were not effective in regulating the shoot-root ratio or in controlling the height, despite the need for planting quality. The effects of brushing, even if limited, were still greater than those obtain with the air treatment.

In all species, the chemical treatment with CCC was more effective in controlling the size of the plant and produced a decrease in internode length, an improvement of the shoot-root ratio, a reduction of biomass production, a decrease of water consumption, an increase in plant dry weight and an increase in nitrogen content of leaves.

In tobacco, clipping was the best method for the production of seedlings in terms of number and quality of plantlets. This led to the highest reduction of plant height, plant biomass, nitrogen content, water use efficiency, water consumption and shoot-root ratio.

With the vegetables species, the chemical treatment with CCC was the most efficient in controlling the size of the plant, balancing the shoot/roots ratio, reducing the length of internodes, increasing the content of plant dry matter and leaves nitrogen. Consequently, this was most appropriate method to quickly obtain quality vegetable seedling in a floating system.

CAPITOLO 1

INTRODUZIONE GENERALE

Contesto generale

Il settore agricolo è costretto a cambiamenti costanti, veloci ed intensi, ed a seguito della globalizzazione, con l'apertura di nuovi mercati e l'arrivo di nuovi competitori. Questi fatti, lontani da essere un problema, possono essere visti come una sfida, sempre che i produttori e i settori collegati vedano questa situazione come un'opportunità per migliorare la competitività, producendo salti di qualità e riducendo i costi ed i tempi di produzione.

L'importanza della competitività sul tessuto economico impone di lavorare al miglioramento della produzione con un'attenzione sempre maggiore rivolta al rispetto dell'ambiente e della salute dei lavoratori. Così il perseguire l'innovazione tecnologica e l'efficienza economica, si rivela come un bisogno ineludibile.

Questa necessità di migliorarsi, comprende anche le operazioni e le fasi del processo produttivo, anche quelle che sembrano ormai consolidate. In particolare si ricorre sempre meno alla semina in pieno campo, mentre si fa sempre più affidamento al trapianto, sia per un miglior utilizzo temporale del terreno, grazie ad incalzanti successioni colturali altrimenti impossibili con la semina diretta, sia per vantaggi, gestionali ed economici. Infatti, per molte specie dotate di scarsa rusticità, la semina diretta in pieno campo può essere critica e portare a numerose fallanze; inoltre le piantine negli stadi più deboli della loro crescita, sarebbero sottoposte alle imprevedibili condizioni meteorologiche, alla competizione con la flora infestante, agli attacchi parassitari e alle possibili disomogeneità chimiche, fisiche e planimetriche del suolo e si potrebbe inoltre manifestare una diversa vigoria germinativa dei singoli semi (Sabin 2007).

Ancora, si ricorre sempre più all'uso di sementi altamente selezionate, i cui costi hanno un peso molto rilevante sul prodotto finale; perciò con la semina diretta, anche se di precisione, si aumenterebbero i costi, contenibili invece, con la semina in vivaio dove le condizioni ottimali di acqua, temperatura e luce nonché con la massima protezione verso parassiti e competitori, permettono di ottenere una maggiore quantità di piante utili e migliorarne l'omogeneità.

Di fronte a questa realtà, la ricerca e le innovazioni tecnologiche sono diventate un elemento chiave dello sviluppo futuro (Pozancos Gómez-Escolar 2002).

Tanto i paesi industrializzati che quelli in via di sviluppo cercano un'agricoltura che riduca l'impatto ambientale e i costi di produzione. In Argentina, oltre a ciò, si cerca un incremento delle rese e la conquista di altri mercati, mentre in Italia si tende al mantenimento delle rese in quanto già molto elevate. In entrambi i paesi è entrata la tecnologia dei vivai galleggianti (*floating system*) nella coltivazione del tabacco e questa è già stata adottata in maniera generalizzata in questi ultimi anni. In Argentina nella campagna 2003/04 già il 25% dei vivai veniva coltivato in *floating system* mentre

l'Italia ha la totalità dei suoi vivai in questo sistema. Attualmente, nei paesi europei e negli Stati Uniti il 90% della superficie coltivata con il tabacco, proviene da *floating system*.

A Salta e Jujuy si trova la principale zona produttiva di ortaggi da primizia dell'Argentina. Le colture principali sono pomodoro e peperone sia in pieno campo che in serra. Nelle valli temperate di Salta e Jujuy i sistemi produttivi principali sono solo tabacco, tabacco-ortaggi e ortaggi. In questa zona è stato evidenziato come uno dei problemi principali della coltura sia degli ortaggi sia del tabacco è la gestione del vivaio (Mollinedo 2009, Ortega 2009)

In Argentina si coltivano circa 80.000 ettari di tabacco, di cui il 62 % nelle provincie di Salta e Jujuy con una produzione del tipo virginia *bright* ed una resa media di 2100 kg ha⁻¹. Più di 20.000 agricoltori, che vanno dal piccolo coltivatore alla grande impresa, fanno del tabacco la loro principale fonte di reddito. Questo significa che si tratta di una coltivazione molto importante sia dal punto di vista economico che sociale (Piccolo 2004).

L'Argentina ha prodotto 115.838 tonnellate di tabacco durante la campagna 2002-03 con un'esportazione del 60%, mentre l'Italia con una produzione simile (106.250 Ton), ne esporta quasi la totalità (Piccolo 2004). Nel Veneto si coltivano circa 7000 ettari di tabacco.

Il vivaio per la produzione di ortaggi e tabacco

Con radici nude o piante a strappo

Il sistema di produzione delle piantine di solanacee a radici nude si fa con le seguenti operazioni di base: preparazione del terreno con terriccio e sua disinfezione, semina, installazione di un piccolo tunnel, irrigazione, controllo delle malerbe, perforazione della plastica, trattamenti contro le malattie, fino dall'inizio dell'allevamento delle piantine. (Zapata Nicolas et al. 1992). A Salta e Jujuy (Argentina) questo sistema è adatto per il tabacco, paprica dolce e per i piccoli produttori, anche per il pomodoro ed il peperone da consumo fresco (Figura 1-1). Per paprica dolce s'intende il peperone dolce usato per la produzione di polvere

Figura 1-1. Pianta da vivaio a radice nuda di paprica nel Nordovest dell' Argentina



Con pane di terra

I vantaggi connessi al pane di terra sono legati all'ottenimento di un maggior numero di piante che presentano facilità di radicamento e migliore precocità di coltivazione (Nuez 1995).

Sistema con seminiere sollevate

Per produrre piantine da trapianto con pane di terra, nelle solanacee, è normale utilizzare in Argentina contenitori alveolati di polistirolo espanso di dimensioni 74x48x7,5 cm con 228 alveoli a forma piramidale a sezione quadrata di 3 cm di base o tronco-conica, con un volume di 27 ml. Questi contenitori nei vivai industriali si riempiono con substrato e si seminano meccanicamente con un seme per ciascun alveolo che viene ricoperto con lo stesso substrato, oppure con vermiculite. Poiché il substrato è abbastanza umido, immediatamente dopo la semina i contenitori si trasportano in una cella di germinazione nella quale si impilano e si mantengono a temperatura di circa 25 °C e un'umidità relativa vicino alla saturazione. In queste condizioni, nello spazio di 5 giorni i semi germinano dopo di che i contenitori vengono portati in serra. L'irrigazione e la concimazione liquida si fanno normalmente per aspersione. La densità effettiva di coltivazione è di minimo 600 piante per m² (Nuez 1995). Attualmente, anche nei vivai argentini si usano altre misure di alveoli e contenitori a seconda delle specie e varietà di ortaggi, ed anche della richiesta dell'agricoltore (Figure 1-2 e 1-3).

Figura 1-2. Vivaio commerciale d'ortaggi con vassoi sollevati.



Figura 1-3. Vivai di paprica dolce nel Nordovest dell'Argentina con sistema misto: cella di germinazione, crescita iniziale sotto ombraio e finale sotto tunnel piccolo in *floating system*



Sistema galleggiante

I vantaggi del vivaio galleggiante sono di avere un maggior numero di piante per metro quadro (1087-1238 vs 400), piante più uniformi e con pane di terra, nessuna necessità di erbicidi e disinfestazione del terreno, diminuzione della mano d'opera necessaria, economia nell'uso di acqua e raggiungimento della fase di trapianto più rapida, comoda ed efficiente (Proyecto Prozono 2003).

La produzione di piantine in vivaio in contenitori galleggianti ha dimostrato di essere una tecnologia sostenibile in termini economici, tecnici e sociali (Figura 1-4).

Figura 1-4. Serre di tabacco da vivaio con *floating system* in Argentina (sopra) e in Italia (sotto)



La produzione in *floating system* si basa fundamentalmente sull'uso di contenitori di polistirolo espanso, che per le loro caratteristiche fisiche, galleggiano in acqua dalla semina al trapianto. Tale tecnica può venire adottata sia in vasche piccole in piccoli tunnel oppure in serre di ferro-vetro. Fondamentalmente la tecnica prevede l'istallazione di una vasca riempita con acqua nella quale in soluzione si trovano concimi e prodotti fitosanitari. In questa soluzione si mettono a galleggiare i contenitori di polistirolo riempiti di substrato e seminati, il tutto viene ricoperto con tessuto non tessuto; nel caso del tabacco le piantine, una volta cresciute, vengono trattate con prodotti fitosanitari soprattutto preventivi e successivamente sfalciate fino a che sono pronte per il trapianto. La tecnica di produzione di piante in *floating system* richiede l'osservazione costante delle piantine nelle vasche per prevenire il rischio di carenze nutrizionali e/o problemi sanitari durante tutto il processo, assicurando così il successo del sistema (Cristanini 2005, Proyecto prozono 2003).

Le caratteristiche generali del vivaio di tabacco virginia *bright* in *floating system* in Italia e in Argentina sono riportati in Tabella 1-1.

Tabella 1-1. Caratteristiche generali del vivaio di tabacco virginia *bright* in *floating system* in Italia e in Argentina (Cristanini 2005, Proyecto Prozono 2003).

Caratteristiche del vivaio di tabacco	Italia	Argentina
Quantità di fori per contenitore	253	288
Piante utili per contenitore	240	250
Volume del foro (ml)	16	17
Numero di piante per m ²	1087	1238
Altezza delle piantine (cm)	10-12	18-24
Caratteristiche delle piantine pronte per il trapianto	Flessibile	Turgide
Malattia principale	<i>Botritis sp</i>	<i>Phythium sp</i>
Semi	Confettati	Confettati
Varietà	PCR, PVH19	PVH09, K326
Uso della struttura del vivaio	Solo tabacco	Solo tabacco
Tempo di utilizzo della struttura (mesi)	3	3
Tempo di produzione di una piantina (giorni)	50 a 75	60 a 70
Concime	15-5-35 18-6-18	20-10-20 15-5-35
Si concima controllando	CE	N e CE
Resa media di tabacco tipo bright (kg/ha)	4000	2100
Riutilizzo del contenitore usato	No	Si (si lavano e si trattano con vapore, ipoclorito di sodio o ammonio quaternario)

In Italia, i contenitori vengono usati solo per una campagna di produzione e sono di polistirolo (polistirene espanso) o polipropilene la cui densità varia da 22 a 27 g L⁻¹ e la numerosità degli alveoli varia da 900 a 1250 per m² con un volume unitario da 18 a 31 ml e con un' altezza da 5 a 7 cm (Cristanini 2005).

In Argentina, invece, si usano contenitori di polistirolo espanso con una densità di polistirolo da 32 a 35 g L⁻¹, dimensioni di 68,6 x 35,1 x 6,1 cm con 288 alveoli di forma tronco-piramidale quadrata di 2,8 cm base con un volume da 17 ml (1196 alveoli m⁻²). Si riempiono di substrato a base di torba e si seminano meccanicamente con un seme confettato per alveolo, e vengono messi a galleggiare appena seminati. Sono necessari da 10 a 15 giorni per la germinazione (Proyecto Prozono 2003).

In Argentina i contenitori si riutilizzano e per questo si acquistano di maggiore densità. Per il riuso si devono sterilizzare con metodi fisici (vapore acqueo a 80-85 °C per 30 minuti) o chimici (ipoclorito di sodio commerciale 10% sommerso per tutta una notte) o sali quaternari d'ammonio al 0,5-2% di ammonio quaternari) (Proyecto Prozono

2003). Senza entrare troppo nel dettaglio è necessario ricordare che nei vivai galleggianti, comparati con altri sistemi di gestione, il maggiore impatto ambientale è legato all'uso di vassoi di polistirolo, giacché le soluzioni nutritive delle vasche si consumano totalmente.

Produzione attuale di piantine da vivaio: problemi e soluzioni

Dagli anni 70 si sono cominciate a diffondere le produzioni in vivaio in vassoi di semina, che permettono il trapianto meccanico. Nello stesso momento, per ragioni economiche, si sono ridotte le dimensioni degli alveoli ottenendo una maggiore densità di piante per m² che porta però ad un eccessivo allungamento degli steli. Così, uno dei principali problemi nella produzione commerciale di piantine è rappresentato dal contenimento della taglia, specialmente in estate. Tale eccessivo allungamento dello stelo delle piantine provoca una riduzione della sopravvivenza in campo e induce difficoltà nel trapianto meccanico (Pilatti, Bouzo e Chiossone 2005, Chen et al. 1999, Garner e Björkman 1999).

Sono necessarie piante basse e robuste da manipolare facilmente durante il trapianto, soprattutto nei sistemi meccanici (Chen et al. 1999).

Il controllo dell'altezza si gestisce con successo con i ritardanti di crescita come il CCC o daminozide (Alar) che permettono di ottenere piante più corte e con foglie di colore verde più intenso. Nel tempo questi prodotti sono stati tolti del mercato di alcuni paesi (Stati Uniti, Italia) mentre, fino al momento attuale possono essere impiegati in Argentina ma si ritiene opportuno quindi studiare metodi alternativi efficaci (Chen et al. 1999, Latimer 1990).

Per il controllo dell'altezza delle piante si possono utilizzare diverse tecniche alternative come riduzione degli interventi idrici, stress meccanici, modificazione della luce (in qualità o quantità), alternanza di temperature nelle serre, trattamenti con soluzioni acquose di rame molto concentrate e irrigazione con acqua a bassa temperatura (Pilatti, Bouzo e Chiossone 2005, Chen et al. 1999, Garner e Björkman 1999).

Restrizione degli interventi irrigui

La riduzione degli interventi idrici è comunemente praticata per preparare la pianta allo stress del trapianto. Si può usare, anche, per diminuire l'eziolamento delle piante da vivaio. Se tale riduzione è molto accentuata, può essere anche pregiudizievole per il tasso foto sintetico e la produzione di inibitori interni della pianta (Latimer 1990).

Latimer (1991) su broccoli, applicando stress idrico (appassimento visibile per 2 ore) ha potuto diminuire l'altezza delle piante e anche diminuire il peso secco e l'area fogliare.

Sharp (1996) ha studiato il ruolo dell'acido abscissico nella regolazione della crescita delle radici e il suo possibile ruolo come segnale radicale che inibisce la crescita delle foglie in assenza di deficit fogliare di acqua.

Alternanze di temperature all'interno delle serre

Il metodo DIF (Differenze di temperatura tra il giorno e la notte) fu proposto in 1989 da Erwin, Heins e Karlsson (citato da Chen et al. 1999) studiando la termomorfogenesi del *Lilium*. Tali autori trovarono che l'effetto della temperatura del giorno e della notte sull'allungamento dello stelo si poteva quantificare misurando le differenze di temperatura tra il giorno (Tg) e la notte (Tn)

$$DIF = (Tg - Tn) \quad [1-1]$$

La risposta dell'allungamento dello stelo al DIF si è trovata in diverse colture come *Lilium*, *Poinsettia* e patata, e la riduzione d'altezza è ottenuta quando la temperatura diurna è minore di quella notturna e il trattamento è applicato durante le 24 ore del giorno. Altra strategia può essere quella di abbassare la temperatura in uno specifico periodo del giorno. Si è visto che è sufficiente indurre nella mattina due ore di DIF negativo per *Poinsettia* e di nove ore per *Campanula*. Questi ultimi metodi permettono un cospicuo risparmio energetico comparato con il DIF originale (Chen et al. 1999).

Secondo Kuehny et al. (2001), il metodo DIF ha dato molti buoni risultati comparato con altri metodi per controllare l'altezza di piantine con pane di terra.

Temperatura dell'acqua d'irrigazione

Chen et al. (1999) dimostrarono che l'irrigazione con acqua fredda poteva essere un metodo efficace per migliorare la qualità delle piantine da trapianto. Le prove furono condotte con pomodoro e cavolo in contenitori di 240 fori irrigando una volta al giorno con acqua a diverse temperature per 24 gg. Utilizzando acqua fredda (5 a 15 °C) si riduce la lunghezza dello stelo di pomodoro del 28%-32% in comparazione con l'irrigazione con acqua a temperatura ambiente (27,5-30,5°C). Nel cavolo la riduzione dell'altezza è stata del 40% con acqua a 5°C. È stato osservato, anche, un aumento nella sostanza secca del fusto e della radice. Si ipotizza che la diminuzione dell'altezza provocata dallo shock termico potrebbe essere dovuto alla diminuzione dell'assorbimento nutrizionale, probabilmente per danni alle radici.

Gusta et al. (1996) studiando la tolleranza delle piante allo shock termico da basse temperature, hanno suggerito di usare i regolatori di crescita per aumentare la resistenza delle piante al freddo.

Kadri Bozokalfa (2008) lavorando con pomodoro, peperone e melanzana ha trovato diminuzioni dell'altezza di piantine da vivaio 17-58% irrigando con acqua fredda (3-9°C).

Condizionamento meccanico

Il condizionamento meccanico si riferisce a un'applicazione commerciale delle risposte allo stress meccanico naturale nelle produzioni di piantine da vivaio. Questo può essere impiegato vantaggiosamente per controllare la crescita delle piante da vivaio

(Latimer 1991).

Gli stress meccanici possono essere la stimolazione tattile (tigmiche) che prevede di toccare diverse parti delle piante, frizionare parte dello stelo con le dita o spazzolare dei fusti con la mano, con una spazzola o carta o altri materiali. Possono essere prese in considerazione anche stimolazioni non tattili (sismici) che prevedono l'agitazione dei vasi delle piante o la vibrazione dei contenitori di piante o delle piante per vento naturale o flusso d'aria forzato. In altri casi si possono considerare entrambi gli interventi come la forza di uno spruzzo d'acqua o l'agitazione manuale dello stelo delle piante (Latimer 1991).

Si applicano nelle serre vivaistiche usando macchinari scorrevoli che passano sopra gli apici vegetativi sfregandoli o applicazione d'aria con phon portatile per le foglie.

Gli unici problemi che le tecniche tigmiche potrebbero presentare sono relativi alle microlesioni che possono rappresentare le vie d'ingresso per virus e batteri, ma questi sono facilmente superabili con piccoli accorgimenti (lentezza nei movimenti e rotondità delle superfici).

Mitchell (1996) ha studiato come rispondono le piante allo stress meccanico (sismico e tigmico) e l'effetto sulla crescita e sviluppo delle piante ed ha individuato i geni che sono attivati dal tocco e i segnali di trasduzione nelle piante. La risposta delle piante allo stress sismico ha una tendenza a essere simile, ma non sempre identica, a quella dello stress tigmico.

Lo stress meccanico è stato indicato come un'alternativa fattibile ed efficace per ridurre la biomassa e le dimensioni delle piante, generalmente non danneggiate, adattabili alle tecniche di coltivazione e provocano effetti di breve durata, soltanto per 2 o 3 gg dopo il termine dell'applicazione (Latimer 1990, Latimer 1991). Tale tecnica ha indotto però un ritardo nella fioritura in pomodoro e una diminuzione di rese in patata.

Lo spazzolamento si è provato nella lattuga, nel cavolfiore e nel sedano producendo piante più compatte. Lo si usa nella produzione commerciale in Giappone di bietola da zucchero (Latimer 1991).

Il frizionamento o la flessione delle piante di fagioli, pomodoro e melanzana, ha provocato anche l'irrobustimento degli steli e piccioli (Latimer 1991).

L'applicazione del vento ha ridotto l'area fogliare e la lunghezza dello stelo delle piante (Latimer 1991). Si usa commercialmente dai vivaisti a Salta (Argentina) per la produzione di piantine di pomodoro.

L'agitazione degli steli di pomodoro ha provocato, anche, irrobustimento degli steli e piccioli (Latimer 1991).

Riduzione della disponibilità di nutrienti

La gestione dei nutrienti nella produzione di piantine da vivaio, praticata per una crescita lenta fino al trapianto, e così ottenere l'irrobustimento delle piantine per prepararle a resistere allo stress del trapianto, può portare al rischio di diminuire la resa

(Dufault e Schultheis 1994, Latimer 1991).

Nel pomodoro, l'azoto ha influito più che il fosforo nell'altezza, diametro dello stelo, quantità e superficie delle foglie, contenuto totale di clorofilla, peso fresco del fusto e peso secco di fusto e radice. Esiste anche una forte interazione tra N e P. In presenza di bassi livelli di N le dosi di P non hanno alcuna influenza, ma con un tasso medio o alto di N le variabili studiate sono aumentate in presenza di P. L'aumento dell'altezza delle piante risulta lineare all'aumentare delle dosi di P e di N. L'aumento della concentrazione di P non influisce nel peso secco delle radici a nessuna concentrazione di N (Dufault e Schultheis 1994)

Apparato radicale delle piantine

Si deve ricordare che in una pianta da vivaio la cosa più importante è lo sviluppo di un buon sistema di radici che aumenta il vigore e la produttività della pianta dopo il trapianto. Lo sviluppo delle radici avviene nelle prime fasi di crescita in vivaio (Wien 1997, Nuez Viñals et al. 1996). In questa fase per molte specie, tra le quali il peperone, l'accrescimento della radice avviene in maniera lineare (Stoffella et al. 1992).

Nelle radici vengono sintetizzati ormoni, specialmente citochinine, acido abscissico e giberelline che vengono trasferite allo stelo. Per contro la maggior parte delle auxine presenti nelle radici, proviene dallo stelo. Il principale luogo di sintesi di citochinine è nell'apice della radice dove si verifica la dominanza apicale e l'inibizione della crescita delle radici laterali (Nuez Viñals et al. 1996). Nel peperone, lo sviluppo del fittone avviene nelle prime fasi di crescita in vivaio (Wien 1997).

Nelle piante da vivaio la proporzione del sistema radicale rispetto alla biomassa totale è maggiore che nelle piante adulte, e nel peperone varia dal 7 al 17 % del peso totale della pianta a seconda della varietà e tipo di coltivazione. (Nuez Viñals et al. 1996).

Con la potatura viene eliminata la dominanza apicale e aumenta considerevolmente il numero di primordi con conseguente produzione di radici laterali che si sviluppano a partire dal sistema principale (Nuez Viñals et al. 1996). Al momento del trapianto, questa situazione si traduce in un sistema radicale più superficiale e più ramificato (Wien 1997).

Produzione di una piantina in vivaio

La produzione di una piantina in vivaio prevede due fasi ben distinte tra loro, germinazione e accrescimento.

Germinazione (Clarke 2001, Nuez Viñals 1996)

Questo è un processo complesso nel quale si distinguono tre fasi:

- 1) Idratazione: imbibizione dei tessuti dei semi e incremento dell'attività respiratoria.

- 2) Germinazione vera e propria: riduzione dell'assorbimento di acqua, incremento dell'attività enzimatica con mobilitazione delle sostanze di riserva e profondi cambiamenti metabolici.
- 3) Accrescimento: costante incremento dell'assorbimento, traslocazione dell'acqua e dell'attività respiratoria. Comparsa della radice.

Dal punto di vista strettamente fisiologico finisce qui la germinazione, ma dal punto di vista agronomico si includono anche le fasi fino all'emergenza della piantina dal suolo:

- 4) Accrescimento radicale: la radice continua il suo accrescimento, in profondità nel terreno (geotropismo positivo), forma peli assorbenti e inizia lo sviluppo del sistema radicale.
- 5) Accrescimento piumula: escono i cotiledoni e l'apice caulinare e la parte aerea si sviluppa a partire della piumula.

La temperatura e il potenziale osmotico dell'acqua influiscono, in maniera consistente e con effetti quantificabili, sulla percentuale e sul tempo di germinazione attraverso meccanismi fisiologici che interagiscono reciprocamente. Influiscono inoltre, la luminosità, l'umidità dell'aria e l'aerazione. Quando le condizioni ambientale si allontanano dei valori ottimali si riducono le piante che nascono e l'uniformità (Clarke 2001, Hartley et al. 2001, Nuez Viñals 1996, Dahal e Bradford 1994).

La maggior parte delle varietà di tabacco germina al buio, ma alcune richiedono la luce, anche se di poca intensità, tre ore di esposizione alla luce risultano sufficienti per iniziare la attività germinativa (Clarke 2001).

Hartley et al. (2002) hanno dimostrato, nel tabacco, che la temperatura è il più importante fattore per aumentare la velocità della germinazione. Con notti fresche, infatti, si ottiene una germinazione più lenta. Il regime di temperature alternate giorno/notte di 30/20°C risulta il più rapido per la germinazione e per l'emergenza anziché il solo con *osmo-priming*.

Páez, Paz y López (2000) riferiscono che il pomodoro richiede un regime di temperature alternativo per avere un accrescimento ottimale.

La formazione di radici nella piantina di pomodoro dipende dalla produzione di auxine nell'apice e dal suo trasferimento basipeto. L'auxina infatti è prodotta nei primordi fogliari e nelle foglie giovani esposte alla luce. Tyburski e Tretyn (2004) hanno dimostrato che una irradiazione di 18 ore promuove la nascita di radici avventizie in piantine di pomodoro. Nel buio o con mancanza di luce, lo sviluppo dello stelo e delle foglie è inibito o ridotto, e così la produzione e la traslazione di auxina.

La luce e l'auxina regolano l'allungamento dell'ipocotile in maniera antagonista. La crescita dell'ipocotile del pomodoro è dipendente dalla sensibilità all'auxina e alla sua traslazione al buio. La luce non regola la sensibilità delle piante all'auxina. La crescita delle piantine di pomodoro con 16 ore di luce al giorno ha indotto una diminuzione del 50 % della altezza delle piante che crescevano al buio (Kraepiel et al. 2001).

Per la produzione in vivaio di piantine di tabacco robuste ed uniformi con la tecnica del *floating system* sono considerati fattori critici un'alta percentuale di germinazione dei semi, la velocità di germinazione, e un uniforme accrescimento delle piantine (Clarke 2001).

Nel tabacco, le basse temperature ritardano l'emergenza aumentando la disformità mentre alte temperature provocano una riduzione della percentuale di germinazione (Hutchens 1999). Nel pomodoro la temperatura influisce sul tempo impiegato per germinare e sulle percentuali di piante regolarmente cresciute, mentre nel peperone e paprica soprattutto sul tempo di germinazione (Wien 1997, Dahal e Bradford 1994).

Le temperature minime ottimali di germinazione in *Capsicum annuum* L. sono state studiate da Choi (1985). L'autore ha trovato che le temperature possono variare significativamente nell'ambito delle varietà, con intervalli che vanno da 8 a 40°C. Molte di queste varietà presentano germinabilità superiore al 90% con temperature inferiori a 10°C. Il tempo di germinazione medio è compreso tra 15 e 46 giorni.

Una temperatura troppo elevata in sistemi galleggianti aumenta molto l'evaporazione dell'acqua, facendo accumulare sali minerali nella superficie del substrato, provocando diminuzione della percentuale di germinazione. Nel tabacco temperature maggiore a 35°C provocano inoltre danni perché bruciano le foglie e inducono morte delle piantine (Proyecto Prozono 2003).

Le condizioni termiche e luminose oltre che di UR che influenzano la germinazione delle specie studiate sono riportate nella Tabella 1-2.

Tabella 1-2. Condizioni ambientali per la germinazione di alcune specie di solanacee

Condizioni ambientale per la Germinazione						
Specie	Temperature (°C)			Umedità (UR%)	Luce	Bibliografia
	Minima	Ottimale	Massima			
PAPRICA DOLCE	13	20-30	37	50-70	Buio	Zapata Nicolas et al. 1992
PEPERONE	15	24	< 35		Buio	Wien 1996
		20-30				Nuez et al. 1996
POMODORO	8-11	18-24	35	50-60	Buio	Wien 1996
		15-29				Ruiz et al. 1999
	8,5-12	20-25	35-37			Nuez 1995
TABACCO	5-7	25-28	30-35		Buio o bassa intensità per 3 ore	Ballari 2005
		20-30				Tso 1990
		26-32 (serre)				Hawks and Collins 1986
	<i>floating system</i>	18-23	< 35			Hartley et al. 2002
		21-24	< 35			Clarke 2001
			Cristanini 2005			
				Proyecto Prozono 2003		

Accrescimento delle piantine e modelli di stima

La migliore rappresentazione grafica dell'intero periodo di crescita di una pianta è data per una funzione sigmoide che può essere divisa in tre fasi (Piccolo 2008, Sattin e Tei 2001):

- 1) Fase iniziale di accrescimento esponenziale. Durante questa fase i tassi di crescita sono proporzionali alla radiazione intercettata (o assorbita) e costante, giacché i fenomeni di auto ombreggiamento tra le foglie sono praticamente assenti. Le foglie rappresentano una parte importante del peso secco della pianta, il quale, se la plantula è correlata con il rapporto tra area fogliare e peso secco è costante (stesso LAR). I tassi assoluti di crescita (AGR, CGR) aumentano nel tempo. La funzione esponenziale generica

$$W = w_0 \cdot e^{bt} \quad [1-2]$$

dove W è il peso secco, w_0 è il peso iniziale della plantula, b è un parametro generico e t il tempo. Se l'Equazione [1-2] si trasforma nel logaritmo naturale, si ottiene

$$\ln W = \ln w_0 + b \cdot t \quad [1-3]$$

dove la pendenza b , della relazione lineare che lega le variazioni del peso su base logaritmica, rappresenta il tasso relativo di crescita (RGR) che durante questa fase è costante. Essendo il LAR approssimativamente costante in questa fase si ha anche che $RGR_w = RGR_L$. Le prime fasi di crescita dipendono strettamente dal peso iniziale della plantula (o dimensione semi) e dai tassi di crescita relativi iniziali. Questa fase è limitata nel tempo e corrisponde alla fase di vivaio. La sua durata varia con le condizioni ambientali, con la specie (dimensione del seme, dimensione della plantula, RGR) e con la tecnica colturale (sistema di coltivazione, densità semina, distribuzione spaziale delle piante, etc.). Per le piante originate da seme dura tra 20-65 giorni dall'emergenza. Questa crescita permette di ottenere una pianta "tipo" da vivaio (Tabella 1-3) (Piccolo 2008, Storkey 2004, Sattin e Tei 2001)

Tabella 1-3. Pianta tipo da trapianto per delle specie di solanacee

Specie	Altezza della piantina (cm)	Diametro del colletto (mm)	Foglie vere sviluppate	Altre	Bibliografia
Paprica dolce	25-35	spesso e duro	6-8		Zapata Nicolas et al. 1992
Peperone	15-20		6		Palmer 2008, Latimer 1994, Nuez Viñals et al. 1996
Pomodoro	15-20 12-16	4-5		Pane di terra formato Per trapianto meccanico	Nuez 1995 Garner and Björkman 1999
Tabacco	12-15	6-7	4-6	Falciati Libera TMV	Galli 2010, Cristanini 2005, Proyecto Prozono 2003, Hawks and Collins

- 2) Fase di crescita lineare. Inizia quando il mutuo ombreggiamento intra-pianta ed inter-pianta determina una progressiva riduzione dell'efficienza con cui la luce viene intercettata e convertita in biomassa. La curva di crescita passa da esponenziale ad approssimativamente lineare

$$W = w_0 + b \cdot t \quad [1-4]$$

dove W è il peso secco, w_0 è il peso iniziale della plantula, b è la pendenza che lega la variazione del peso nel tempo e rappresenta il tasso assoluto di crescita (AGR o CGR), t il tempo.

Questa fase comprende il periodo centrale della stagione di crescita durante la quale i tassi assoluti di crescita (AGR, CGR) rimangono costanti. I tassi di crescita relativa sono invece decrescenti, anche con ritmi diversi. Questo è dovuto a una pianta con una struttura più complessa.

- 3) Fase finale. La crescita è caratterizzata dai processi di senescenza delle foglie che sono associati a deboli incrementi di sostanza secca (fase asintotica). Esiste una progressiva diminuzione dei tassi di crescita sia assoluti che relativi, che tendono progressivamente a zero. È l'ultimo periodo del ciclo.

Una maniera semplice di modellizzare la crescita delle piante può essere effettuata considerando la crescita cumulata per tempo nominale (cronologico) o giorni dopo la semina, però sono funzioni che non si possono comparare tra diversi ambienti o stagioni.

La crescita di una pianta dipende dal suo assorbimento in carbonio e quindi da

tutti quei fattori che modificano l'intensità della fotosintesi e la respirazione. Tali fattori ambientali sono eventualmente cinque: luce, temperatura, acqua, nutrienti e gas (Fraszczak e Knaflowski 2009).

Modelli di crescita che catturino gli effetti più importanti dei fattori ambientali possono aiutare a gestire meglio le coltivazioni. I processi biologici e perciò anche la crescita, sono strettamente correlati alla radiazione ed alla temperatura dell'ambiente e quindi solo indirettamente al tempo.

Per altra parte, in molte specie è stato sperimentalmente verificato che una pianta arriva a diversi stadi fenologici soltanto se ha accumulato una certa quantità di calore o di fotoni e che tale quantità è ragionevolmente costante per anni e località diverse.

Radiazione

La quantità di radiazione intercettata e l'efficienza con cui è utilizzata dalla coltura influenzano la produzione di biomassa (Sattin e Tei 2001)

Solo una parte della radiazione globale generata nella massa gassosa del sole arriva alla superficie della Terra per poi essere utilizzata per le piante. La radiazione globale incidente che arriva a una coltivazione, dipende dalla latitudine, altitudine, epoca dell'anno, ora del giorno e dall'ambiente. In funzione dell'influenza della luce (maniera semplificata complessiva di riferirsi a tutte le radiazioni visibili) sul comportamento fisiologico di molti processi, è di grande importanza dimensionare la quantità e la qualità della luce, aspetti che possono caratterizzare e definire la capacità di un ambiente per la crescita e lo sviluppo di una coltivazione in particolare (Ballari 2005, FAO 1999).

La qualità della luce fa riferimento essenziale alle lunghezze d'onda intercettate dal messofilo fogliare (Ballari 2005). Per la vita delle piante, della radiazione globale incidente (da 0 a 3000 nm), è importante soprattutto quella fotosinteticamente attiva (PAR) che ha una lunghezza d'onda tra 400-700 nm (Kania e Giacomelli 2010, Papadopoulos e Pararajasingham 1997) e corrisponde a tutti i colori visibili dal violetto al rosso rispettivamente. Si trova al di fuori di questa banda, la radiazione ultravioletta al di sotto di 400 nm e l'infrarossa che invece si colloca al di sopra i 700 nm (Figura 1-5). Nella Figura 1-6 sono riportati gli spettri di assorbimento di alcuni pigmenti.

Figura 1-5. Lunghezze d'onda comparative della radiazione globale solare, PAR e dello spettro elettromagnetico

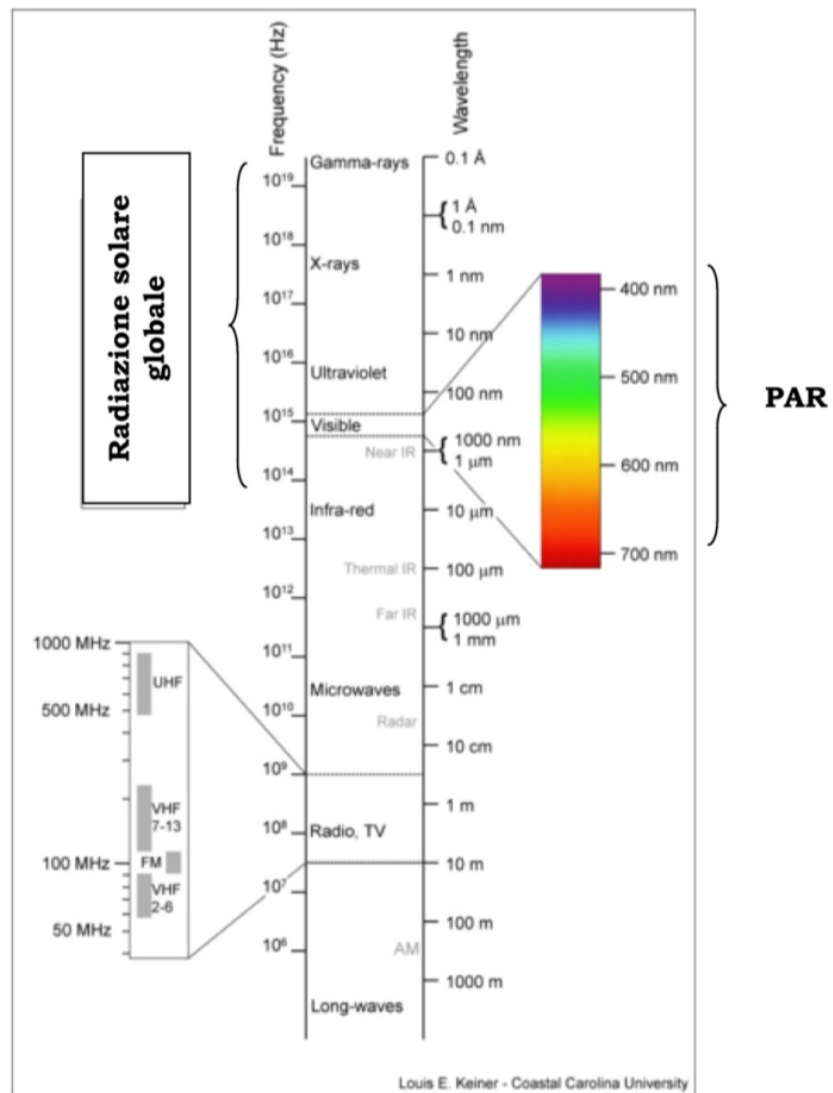
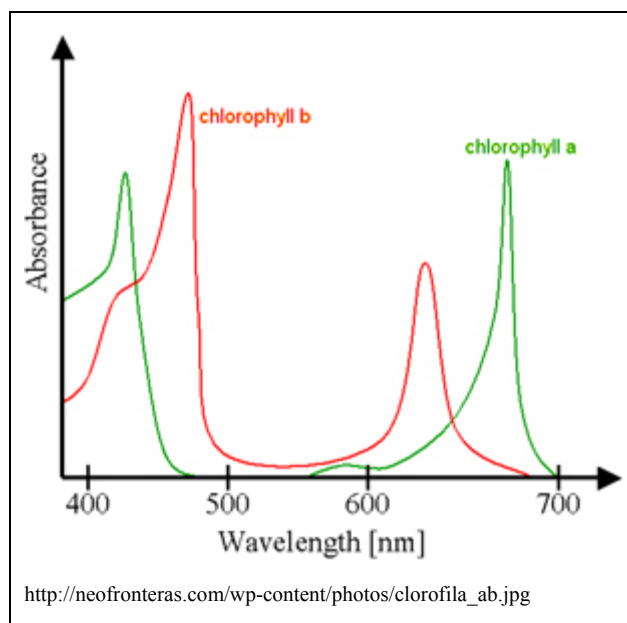


Figura 1-6. Lunghezze di onde assorbite per la clorofilla a e b (pigmenti principali fotosintetizzanti)



La PAR corrisponde circa alla metà dell'intensità della radiazione globale solare, 45% secondo Adams e Langton (2009), Morales-Rossales et al. (2006) e USA, 48% secondo Europa di Cavasassi (2006) e 50% per Sattin e Teil (2001). Latimer (1994) ha studiato la quantità di radiazione assorbita da reti ombreggianti, misurata a mezzogiorno. La riduzione del PAR con ombreggiamento del 30%, 50%, e 80% è stata, rispetto al pieno sole, del 47%, 58% e 77%, rispettivamente.

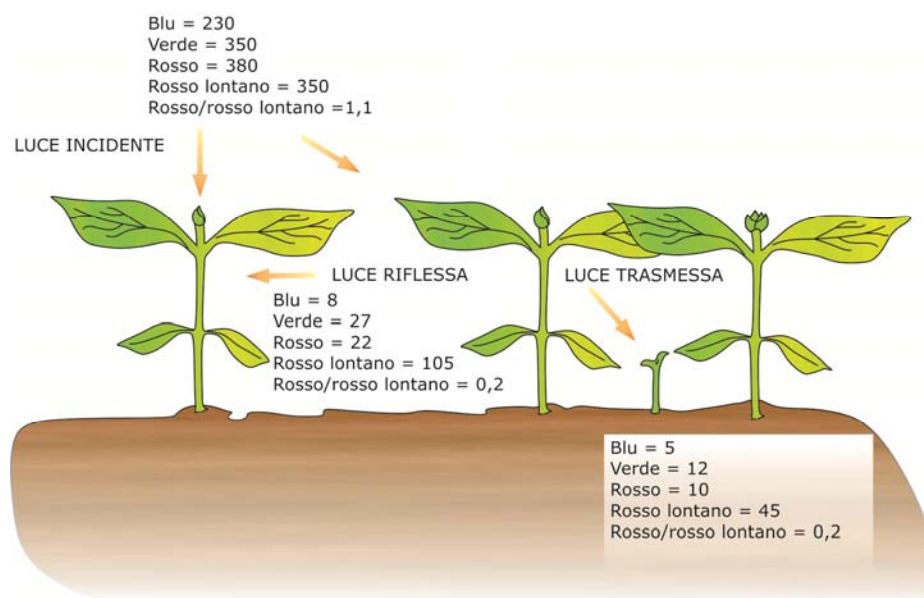
La quantità di luce assorbita dipende dall'intensità della stessa e dal tempo di esposizione. L'offerta della radiazione globale (somma della radiazione diretta e la diffusa) finisce per marcare il ritmo degli altri fattori di crescita e sviluppo delle piante. In generale, con l'aumento della radiazione globale e di quella incidente, si accelera l'accrescimento e la velocità con cui si evolve lo sviluppo. Se entrambi i processi sono comandati dalla radiazione ricevuta, anche il fabbisogno idrico e nutrizionale lo sono. Il consumo di diossido di carbonio, l'esportazione del vapore d'acqua nella traspirazione e l'asportazione di nutrienti, sono associati con la quantità di radiazione netta ricevuta (Kania e Giacomelli 2010, Ballari 2005).

Della radiazione incidente (I_0), non tutta è intercettata (I_I) e non tutta la radiazione intercettata viene assorbita (I_A), giacché una parte si perde per trasmissione attraverso la copertura fogliare (I_T) o per riflessione.

Le piante sono in competizione tra loro per la disponibilità della luce. La luce solare che incide sopra le coltivazioni si modifica per il contatto con le piante, in quanto la maggior parte della radiazione viene assorbita, cosa che determina una riduzione della quota disponibile per le foglie presenti sotto la superficie direttamente esposta alla luce. L'assorbimento fatto dalle foglie è selettivo, in quanto buona parte della luce rossa lontana viene riflessa o trasmessa dal fogliame. Come conseguenza si modifica la proporzione tra le radiazioni rosso/rosso lontano disponibili per gli strati di foglie

inferiori.

Figura 1-7. Flussi di luce nelle diverse bande spettrali secondo l'interferenza delle piante ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (Azcon-Bieto e Talón 2000)



La crescita delle piante può essere analizzata considerando che la biomassa (B) prodotta in un certo intervallo (AGR-tasso di accrescimento assoluto), è il prodotto della radiazione assorbita dalla coltura (I_A) accumulata nell'intervallo di tempo considerato per l'efficienza media di conversione della radiazione assorbita in sostanza secca (RUE, Radiation Use Efficiency oppure ϵ) (Sattin e Teil 2001).

$$B = \frac{dW}{dt} = I_A \cdot \epsilon \quad [1-5]$$

La radiazione assorbita (I_A) dalla copertura vegetale è pari a:

$$I_A = (I_0 - I_T) - I_R + I_S = I_I - I_R \quad [1-6]$$

dove I_0 è la radiazione incidente, I_T è quella trasmessa attraverso la copertura fogliare fino a livello del terreno, I_R è la radiazione riflessa dalla copertura fogliare (coefficiente di riflessione o albedo delle piante), I_S è la radiazione che viene riflessa dal terreno sotto la copertura ed assorbita dal fogliame e I_I è la radiazione intercettata (uguale a $I_0 - I_T$) (Sattin e Teil 2001).

La radiazione trasmessa dalla coltura dipende dell'indice d'area fogliare (LAI) e dell'architettura della coperta vegetale (inclinazione e orientamento delle foglie) in relazione all'inclinazione e provenienza dei raggi luminosi (Sattin e Teil 2001). In ultime analisi, si può affermare che la radiazione intercettata dipende del grado di copertura della coltivazione (Ballari 2005).

La radiazione riflessa dalla copertura vegetale (I_R), non varia molto con la specie ed è valutata in circa 20-25% della radiazione incidente (Allien et al. 1998). In tabacco è

circa 15-25% (Ballari 2005) ed in mais circa il 15% (UNER 2009).

La radiazione che viene riflessa dal terreno (coefficiente di riflessione o albedo del suolo) è trascurabile e relativamente costante ($\approx 3\%$ in Argentina) e pertanto normalmente la si omette (UNER 2009, Sattin e Teil 2001).

Tutto quanto riportato implica che la radiazione intercettata è una buona approssimazione della radiazione assorbita.

RUE (oppure ϵ) si può calcolare nelle prove come

$$RUE = \frac{W}{PAR_{acc}} \quad [1-7]$$

Dove, W è la produzione di biomassa o resa della coltura e PAR_{acc} è la radiazione fotosinteticamente attiva accumulata nel ciclo della coltivazione (Morales Rosales et al. 2006).

Misura della luce

L'irradianza, densità di flusso di energia radiante (Wm^{-2}), o densità di flusso di luce incidente ($mol\ m^{-2}s^{-1}$) è comunemente chiamata intensità della luce. L'irradianza è misurata in diversi modi: fotometricamente, radiometricamente e in termini di quanti, ognuno di questi componenti spiega le differenti proprietà della energia radiante. La radiazione fotosinteticamente attiva (PAR) o la radiazione solare al di sopra di una superficie è lo spettro attivo usato dalle piante per la fotosintesi (Seabrook 2005).

Normalmente per le ricerche sulla fotosintesi si fa riferimento alla densità del flusso di fotoni fotosintetici (PPFD- photosynthetic photon flux densities) o flusso di fotoni fotosintetici (PPF- photosynthetic photon flux) per misurare la radiazione solare in watts per metro quadro ($W\ m^{-2}$). Per la misura si usa il piranometro, chiamato anche solarimetro o actinometro. Queste due misure, radiometriche e piranometriche, della luce valutano tutte le forme di energia radiante, radiazione globale. L'uso di ceptometri può misurare il PPF incidente per unità di area per ottenere dopo l'integrale della luce giornaliera incidente (DLQI- daily quantum light integral) o PAR_{acc} (radiazione fotosinteticamente attiva accumulata) espressa come la somma della luce totale per giorno ($mol\ m^{-2}\ d^{-1}$ o $MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$). Le piante giovani sono particolarmente sensibili a DLQI. Ricerche nella morfogenesi delle piante richiedono invece l'uso di sensori quantici per misurare la luce in $mol\ m^{-2}\ s^{-1}$. Whimijan e Heins (1983) forniscono delle formule di conversione empiriche per unità fotometrica, radiometrica e quantica da usarsi come una guida per fonti comuni di luce riportata in bibliografia (Seabrook 2005)

PARacc (Photosintetic Active Radiation Accumulative- Radiazione foto sinteticamente attiva accumulata)

Le misure di radiazione (Rad) delle stazioni meteorologiche forniscono, in genere ogni mezz'ora o un'ora valori in $W m^{-2}$, per riferenziare la quantità di luce giornaliera (DLI-Daily Light Iintegral) chiamata anche somma di luce (*ligh sum*) espressa in $J m^{-2} d^{-1}$ calcolato per mezzo dell'integrazione trapezoidale di Riemann (DMA 2010, Kania e Giacomelli 2010).

Come

$$DLI = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{Rad_i + Rad_{i+1}}{2} \right) \cdot (t_{i+1} - t_i) \quad [1-8]$$

Dove, DLI è la luce integrale giornaliera in $J m^{-2} d^{-1}$, Rad è la radiazione globale solare misurata in $W m^{-2}$, t è il tempo in secondi dell'intervallo di lettura, n è il numero di letture fatte nel giorno.

Il numero di $J m^{-2} d^{-1}$ (dato energetico) può essere convertito a dato quantico ($mol m^{-2} s^{-1}$) moltiplicato per $4,57 \cdot 10^{-6}$ (Nieto-Ángel et al. 2001, Thimijan e Heins 1983 citato in Adams e Langton 2009).

Per ottenere la radiazione PAR (Photosintetic Active Radiation) a partire dalla radiazione globale solare, si moltiplica per un fattore (f) di conversione che varia tra i diversi autori ma che è circa 0,50.

Temperatura

La crescita delle colture è funzione diretta della temperatura, cioè del loro fabbisogno giornaliero di calore. La produttività di una coltivazione dipende dalla fotosintesi e dalla respirazione, ossia dell'interscambio netto di carbonio tra la coltura e l'atmosfera.

L'efficienza di conversione della radiazione assorbita in fotoassimilati (RUE oppure ϵ) (Formula [1-6]) è un indice influenzato dalla temperatura. La produttività fotosintetica ottiene il suo massimo a temperature ottimali e diminuisce con temperature inferiori alla temperatura base. Al di sopra della temperatura massima, in vegetazione, aumentano molto invece i processi respiratori. All'aumentare della temperatura, aumenta la respirazione e la fotorespirazione (respirazione promossa dalla luce in piante C3), con la quale, oltrepassando le temperature massime il guadagno di carbonio assimilato si va via via riducendo fino a rimanere invariabile (Ballari 2005). I limiti di temperatura minima, ottima e massima sono molto diversi in relazione alle diverse specie, alle varietà ed allo stadio di sviluppo (Fraszczak e Knaflewski 2009, Meza Sánchez y Martínez Rodríguez 2004, Sattin e Tei 2001). Tuttavia, in piante coltivate si può stimare un range di temperatura minima da 5 a 13°C, ottimale da 25 a 30°C e massima tra 25 a 55 °C (Curt 1999 cit. Meza Sánchez y Martínez Rodríguez 2004) (Tabella 1-4).

Tabella 1-4. Temperature per la crescita di alcune solanacee

Temperature (°C)							
Specie	Ottimali		Minime biologiche	Ottimale	Massime biologiche	Altre	Bibliografia
	Notturne	Diurne					
PAPRICA DOLCE	16-18	20-25	0	15	32 (clima secco) 40 (clima umido)		Zapata Nicolas et al. 1992
	18			7	29		FAO 1994
PEPERONE				10			Kadioglu and Saylan 2001, Wien 1996
	18			7	29	Intensa a moderata illuminazione	FAO 1994 cit. Ruiz et al. 1999
				> 8	< 35		Martinez Rodriguez 2004
	18-20	23-25		15		Alta intensità luminosa	Nuez et al. 1996 Sattin e Tei 2001
POMODORO				12,8	26,7		Sambo (com.pers.)
				10-15	29		Ruiz et al. 1999
	15-20	21-24		15	29	50-60% Sensibile al termoperiodo	Ruiz et al. 1999
	9-11°C percorso termico, 25-30°C ottimo fotosintesi			10	35		Benacchio, 1982 cit Ruiz et al. 1999
				> 7	< 35		Martinez Rodriguez 2004
		20-24		> -2	10-12	25-26	vivaio
TABACCO	18-21	29-32	0,5 (periodi corti)	10-12	34-36	43	Tso 1990 Hawks and Collins 1986
	12,5-15,5	26,6-29,4			< 35		Proyecto Prozoneo 2003
		27	5 10 var.K326		< 35		Cristanini 2005
		27-31	8-10	12		>32 diminuisce fotosintesi neta	Ballari 2005

La fotosintesi, che avviene soltanto di giorno, così come la fotorespirazione sono dipendenti dall'illuminazione, mentre la respirazione è un'attività permanente (giorno e notte). Il percorso termico giornaliero favorisce la produzione. La discesa notturna della temperatura rallenta la velocità di sviluppo e aumenta il tempo del ciclo della coltivazione (tempo di assorbimento di radiazione). Il percorso termico giornaliero è più inteso in luoghi con maggiore altitudine sopra il livello del mare (Ballari 2005).

Ogni pianta presenta due livelli termici al di sotto ed al di sopra dei quali arresta la sua attività di crescita oltre a temperature ottimali in presenza delle quali si realizza la massima attività dei processi biologici (Yuan e Bland 2005, Kadioglu e Saylan 2001, Sattin e Tei 2001).

GDD (Growing Degree Days - giorni gradi di crescita)

Il tempo termico o unità di calore è comunemente usato per valutare gli effetti della temperatura sulla crescita e sullo sviluppo delle piante. Le temperature osservate sono trasformate per essere usate in equazioni previsionali, in accordo con le funzioni di risposta ottenute sperimentalmente (Yuan e Bland 2005).

La trasformazione più comune è il calcolo della temperatura effettiva, che misura la

somma dei gradi al di sopra di una temperatura base predefinita (Yuan e Bland 2005, Radioglu e Saylan 2001, Sattin e Tei 2001).

$$GDD = \sum(T - T_b) \quad [1-9]$$

dove T è la temperatura media giornaliera, stimata come la media tra massima (T_{max}) e la minima (T_{min}), T_b è la temperatura base. L'equazione [1-9] può essere modificata per situazioni nelle quali le piante si accrescono al meglio, con l'utilizzazione di una temperatura ottimale (T_{opt}) e situazione dove la crescita è limitata al di sotto di una temperatura minima (T_n) o al di sopra di una massima (T_x):

$$GDD = \sum DD \quad [1-10]$$

Dove, $DD = 0$

$$se \ T \leq T_n \text{ o } T \geq T_x; 0$$

$$DD = (T_{opt} - T)$$

$$se \ T_n < T \leq T_{opt}; 0$$

$$DD = (T_x - T) \cdot \frac{(T_{opt} - T_n)}{(T_x - T_{opt})}$$

$$se \ T_{opt} < T \leq T_x$$

L'uso dei GDD con temperature ottime come quelle di Yuan e Bland (2005) tende a favorire situazioni con temperature vicine all'ottimale. Se la T_{opt} è giusta la metà dell'intervallo tra la T_n e T_x assume valore pari a uno. Quando si utilizza solo la T_b , non si tiene conto delle temperature massime che non dovrebbero essere sommate.

Dato che la ricerca in oggetto è stata svolta con specie estive la somma dei gradi utili è stata calcolata tenendo conto di temperature massime (T_x) e minime (T_n) di accrescimento e delle temperature medie giornaliere (T) calcolata come media tra massima e minima giornaliera:

$$GDD = \sum DD \quad [1-11]$$

Dove $DD = 0$

$$se \ T < T_n$$

$$DD = (T_x - T_n)$$

$$se \ T > T_x$$

$$DD = (T - T_n)$$

$$se \ T < T_x$$

P-time (Physiological time – tempo fisiologico)

Purtroppo la definizione di GDD utilizza una risposta lineare al variare delle temperature, che possono non essere sempre la migliore descrizione della dipendenza che hanno i processi fisiologici con la temperatura. Alcuni lavori su patata, propongono

un “tempo termico” non lineare chiamato tempo fisiologico (P-time). La dipendenza termica della crescita e dello sviluppo delle piante, P(T), è calcolata come

$$\begin{aligned}
 P(T) &= 0 && \text{se } T_i \leq T_n, \text{ o } T_i \geq T_x; \text{ o} \\
 P(T) &= 10 \cdot \left[1 - \frac{(T_i - T_n)^2}{(T_{opt} - T_n)^2} \right] && \text{se } T_n < T_i \leq T_{opt}; \text{ o} \\
 P(T) &= 10 \cdot \left[1 - \frac{(T_i - T_{opt})^2}{(T_x - T_{opt})^2} \right] && \text{se } T_{opt} < T_i \leq T_x
 \end{aligned}
 \tag{1-12}$$

Dove T_i è la temperatura istantanea (°C) e T_n , T_{opt} e T_x sono le temperature minima, ottima e massima (°C) per l'accrescimento e lo sviluppo come indicato nell'equazione [1-10]. La temperatura istantanea deve essere integrate per ottenere la misura giornaliera o di un periodo più lungo (Yuan and Bland 2005)

[1-13]

$$P_{day} = \frac{a}{24} \cdot \left[5P(T_{min}) + 8P\left(\frac{2T_{min}}{3} + \frac{T_{max}}{3}\right) + 8P\left(\frac{T_{min}}{3} + \frac{2T_{max}}{3}\right) + 3P(T_{max}) \right]$$

Dove $a = 1$ per un giorno e 7 per una settimana, T_{min} e T_{max} sono le temperature minima e massima osservati durante il giorno (per $a = 1$) o la media dei valori osservati durante una settimana ($a=7$).

Yan e Hunt in 1999 (citata per Yuan and Bland 2005) propongono l'uso del indice termale relativo (RTI- Relative Thermal Index):

$$\frac{r}{R_{max}} = \left(\frac{T_g - T}{T_x - T_{opt}} \right) \cdot \left(\frac{T}{T_{opt}} \right)^{\frac{T_{opt}}{T_x - T_{opt}}}
 \tag{1-14}$$

Dove il rapporto di $\frac{r}{R_{max}}$ rappresenta il tasso relativo di accrescimento o sviluppo in comparazione con un massimo, T è la temperatura media giornaliera (°C) e T_n , T_{opt} e T_x sono le temperature minima, ottima e massima (°C) per l'accrescimento e lo sviluppo come nell'equazione [1-10].

Energia: Radiazione e Temperatura

Tanto la radiazione come la temperatura sono diverse forme di energia, radiante e termica rispettivamente (Fraszczak e Knaflewski 2009) che influiscono sull'accrescimento delle piante, per cui diversi autori hanno proposto degli indici foto-termici che dovrebbero permettere una migliore descrizione ed un confronto più rigoroso della crescita per ambienti sensibilmente diversi (Sattin e Tei 2001).

Il concetto del rapporto tra energia radiante e termica (RRT) è stato sviluppato solo recentemente. Il suo principale obiettivo è di facilitare la determinazione

dell'interazione dell'effetto della luce e la temperatura sulla crescita, sviluppo e qualità delle piante. Non ci sono ancora sistemi universali di determinazione della combinazione di questi due fattori nella sua influenza sulle piante.

Fraszczak e Knaflowski (2009) propongono di applicare il RRT dal momento che hanno ottenuto relazioni lineari con la produzione di alcune specie aromatiche. Il RRT è calcolato con la formula [1-15]

$$RRT = \frac{DLI}{DTT} \quad [1-15]$$

Dove DLI è l'integrale della luce giornaliera

DDI è il numero di fotoni ricevuti durante un giorno, per unità di superficie da un'area di coltivazione, dove i fotoni sono caratterizzati per la lunghezza d'onda nella regione dello spettro della luce effettiva e misurabile per la fotosintesi (da 400 a 700 nm).

Yuan and Bland (2005) utilizzano per patata l'indice di tempo foto-termico chiamato gradi effettivi giornalieri (EDD-Effective Day-Degrees) calcolato come

$$EDD^{-1} = DD^{-1} + f \cdot PAR^{-1} \quad [1-16]$$

Dove DD è la temperatura effettiva calcolata con la formula [1-5], PAR è radiazione foto sinteticamente attiva ($MJ \ m^{-2} \ d^{-1}$) e f è una costante che definisce l'importanza relativa della luce e la temperatura ($DD \ m^2 \ MJ^{-1}$), ci sono valori di f per lattuga (0,09), cipolla (0,136), bietola rossa (0,0554), patata (0,4).

La parte cruciale del calcolo della somma di temperatura però è la scelta appropriata delle temperature cardinali delle coltivazioni (Ruml, Vuković and Milatović 2009).

Caratterizzazione del processo di crescita

Una forma semplice per caratterizzare la crescita delle piante in maniera globale è considerare l'area sottesa la curva di crescita (ASCPC). Queste curve possono avere anche funzione di regressione. Campbell and Madden (1990) citato per Mojerlou et al. (2009) propongono eseguire calcoli come

$$ASCPC = \sum_{t_i}^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) \cdot (t_{i+1} - t_i) \quad [1-17]$$

Dove, y è la variabile di studio, t è il tempo, n è il numero di valutazioni fatte della variabile y durante il ciclo di crescita.

Questo calcolo usa l'integrazione trapezoidale dell'integrale di Riemann (DMA 2010).

L'ASCPC è stato usato per descrivere funzione di regressione di crescita resa di

genotipi, indici di produttività ambientale ed altri. Attualmente, è molto applicato in fitopatologia per studi sui progressi delle malattie nelle prove di resistenza con diverse varietà (Mojerlou et al. 2009, Jeger and Viljanen-Rollinson 2001).

Nella ricerca applicata il suo utilizzo è un metodo semplice per ottenere un parametro sintetico, un solo valore per ogni tesi valutata con il quale comparare le crescite complessive con un'analisi della varianza.

Produttività vegetale

Le valutazioni delle produttività vegetali comprendono le ricerche dei livelli di peso secco prodotto durante il periodo di vegetazione. La produttività di una pianta sola o di una coltivazione risultano dipendenti dalla fotosintesi e dalla respirazione (intercambio netto di carbonio tra la coltura e l'atmosfera), e per carattere transitivo, di tutti i fattori che modificano la intensità di questi due processi. Sono cinque i fattori ambientali che influiscono: luce, temperatura, acqua, nutrienti e gas. (Fraszczak e Knaflewski 2009).

Acqua e gas nella coltivazione in *floating system* non sono limitanti, pertanto i principali fattori limitanti della produzione sono rappresentati dalla radiazione, dalla temperatura e dai nutrienti. Avendo trattato i due primi si prenderanno in considerazione i nutrienti.

Nascita delle coltivazioni fuori suolo e della nutrizione minerale

La soluzione edafica, come parte del suolo, è la fonte maggiore di nutrienti disponibili per le radici delle piante. La fase solida del suolo può essere totalmente ininfluenza per la nutrizione delle piante, come dimostrato nel 1860 dal botanico tedesco Julius von Sachs (Tabella 1-5).

Tabella 1-5. Composizione della soluzione nutritiva di Sachs (1860)
(Azcon-Bieto y Talón 2000)

Sali	Formula	Concentrazione approssimata (mM)
Nitrato potassico	KNO ₃	9,9
Fosfato calcico	CaPO ₄ H	1,6
Solfato magnesico	Mg SO ₄ .7H ₂ O	2,0
Solfato calcico	CaSO ₄	3,7
Cloruro sodico	NaCl	4,3
Solfato ferroso	FeSO ₄	Traccie

W. Knop, sempre negli anni 60, ha testato un'altra soluzione nutritiva per la coltivazione delle piante. Da quel momento questa pratica è stata come tecnica di ricerca in nutrizione vegetale, e con l'ottenimento di sali molto puri, ha facilitato lo studio degli elementi nutritivi essenziali e secondari che si indicano nella Tabella 1-6 (Epstein e Bloom 2005, Azcon-Bieto e Talón 2000)

Tabella 1-6. Elementi essenziali e secondari per le piante
(Azcon-Bieto e Talón 2000)

Classificazione	Elementi
Macroelementi essenziali o macronutrienti	C, O, H, N, P, S, K, Mg, Ca
Microelementi essenziali o micronutrienti	Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl, Ni
Elementi secondari	Na, Si, Co, I, V

La tecnica della coltivazione delle piante con radici libere in soluzione nutritiva senza suolo è stata chiamata “idroponica” (Taiz e Zeiger 2006, Azcon-Bieto e Talón 2000).

Hoagland e Broyer (1936) hanno formulato una delle prime soluzioni nutritive che più o meno modificata è ancora ampiamente usata nelle ricerche (Tabella 1-7). Questa soluzione ha il vantaggio di avere N sia come nitrato sia come ammonio che favorisce il mantenimento dell’equilibrio ionico (Epstein e Bloom. 2005).

Tabella 1-7. Concentrazione finale degli elementi nella soluzione Hoagland modificata da Epstein (1972)

Macronutrienti			Micronutrienti		
Elementi	μM	mg L^{-1}	Elementi	μM	mg L^{-1}
N	16000	224	Cl	50	1,77
K	6000	235	B	25	0,27
Ca	4000	160	Mn	2	0,11
P	2000	62	Zn	2	0,131
S	1000	32	Cu	0,5	0,032
Mg	1000	24	Mo	0,5	0,05
			Fe	20	1,12

Negli anni '30, parallelamente alla messa a punto delle prime soluzioni nutritive, si sono fatti i primi tentativi per sviluppare un sistema di coltivazione senza suolo che potesse essere applicata su scala produttiva. La prima di queste tecniche è stata il “Deep Water Culture” (Azcon-Bieto e Talón 2000).

Negli anni '70 si sono iniziati a diffondere a livello commerciale i primi sistemi di coltivazione senza suolo (Azcon-Bieto e Talón 2000).

Queste tecniche di coltivazione presentano vantaggi e svantaggi.

Tra i vantaggi si possono considerare:

- 1) Superamento dei vincoli legati all’impiego del terreno
- 2) Superamento dei problemi connessi con la proibizione del bromuro di metile
- 3) Incremento della produzione
- 4) Riduzione dei consumi
- 5) Attenzione crescente del mercato alla qualità delle produzioni

- 6) Salinizzazione dei terreni delle serre
- 7) Minore necessità di manodopera

Tra gli svantaggi si possono considerare:

- 8) Costi d installazione
- 9) Buona preparazione tecnica degli operatori
- 10) Scarsa disponibilità di assistenza
- 11) Scarsa ricerca e sperimentazione
- 12) Scarsa diffusione delle conoscenze

Attualmente, di norma, si fanno crescere le piante in un substrato inerte, come sabbia quarzosa, vermiculite o perlite, che non apportano nutrienti alla pianta e che fungono di supporto (Tabelle 1-8 e 1-9).

Tabella 1-8. Classificazione dei più conosciuti materiali organici impiegati per substrati in fuori suolo (Perelli 2009)

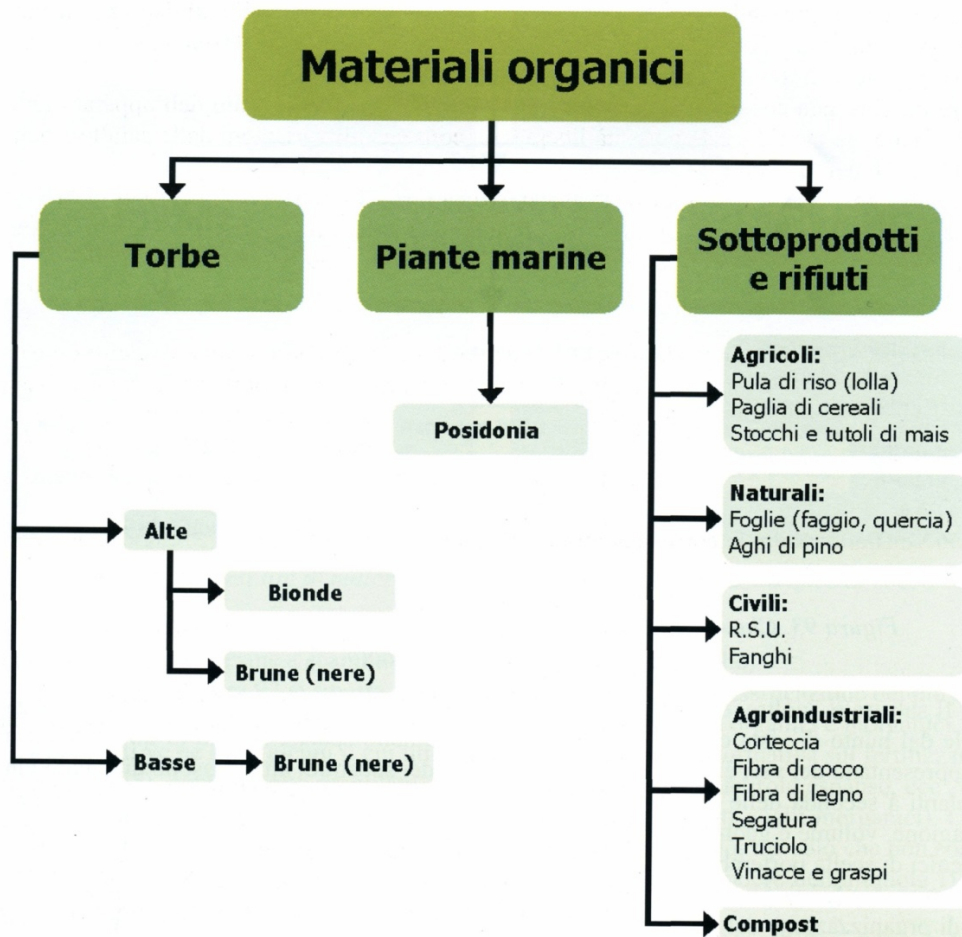
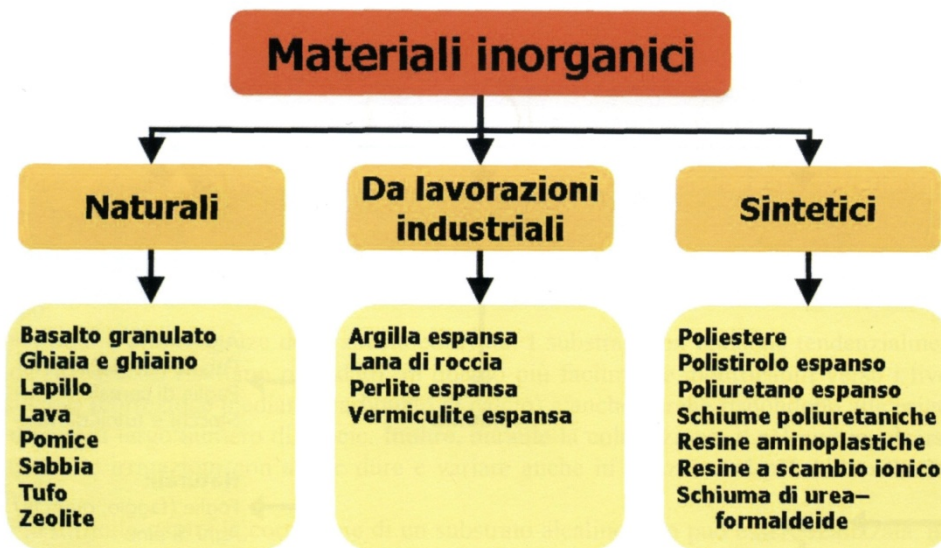


Tabella 1-9. Classificazione dei più conosciuti materiali inorganici impiegati per substrati in fuori suolo (Perelli 2009)



Nei sistemi idroponici puri non vengono utilizzati substrati in grande quantità, la pianta si sostiene su di una superficie plastica forata e le radici, che hanno uno sviluppo molto vigoroso, si trovano immerse nella soluzione nutritiva (Tabella 1-10) (Azcon-Bieto y Talón 2000).

Tabella 1-10. Diverse modalità di coltivazioni senza suolo (Pimpini 2004)

Coltivazione senza suolo	Coltivazione su substrato	In letto di sabbia o ghiaia (GFT)	
	Cotivazione in mezzo liquido	Idroponica	In sacco
In vasca con flusso e riflusso (EBB-Flood)			
In vaso con tappetino capillare			
Aeroponia			
		Film di soluzione	<i>Nutrient Film Technique-NFT</i>
		Pannello flottanti	<i>Floating system</i>
		Mezzo liquido statico	<i>Deep water cultivation</i>
		Mezzo liquido ricircolante	<i>Deep recirculating water cultivation</i>

Problemi

La tecnica di produzione in contenitori galleggianti è un metodo normalmente facile e affidabile per tabacco, però in specie come il pomodoro, peperone, paprica ed altre, le piante che si ottengono tendono all' eziolamento vale a dire un eccessivo allungamento degli steli associato alla diminuzione delle ramificazioni, ad una perdita

della resistenza meccanica e ad una disomogeneità che peggiora la qualità delle piante per il trapianto. Senza una tecnica efficace brachizzante delle piantine il floating system non può essere usato per l'allevamento in vivaio.

Nelle produzioni di piantine di tabacco, lo sfalcio, ovvero la pratica che rimuove alcune parti della sommità della foglia, con un tosaerba, è comunemente usata per controllare la taglia. Tecnica efficace per questo scopo ma che provoca l'espansione della virosi come il VMT (virus del mosaico del tabacco), malattia che colpisce in maniera importante soprattutto in Argentina.

Questa tecnica non può però essere usata per il controllo della taglia nelle altre solanacee, in quanto queste specie hanno un apice vegetativo nella parte apicale della pianta che può essere molto facilmente rimosso con il taglio della sommità.

Per queste specie, al pomodoro, si applicano ritardanti di crescita, nelle regioni produttive mentre per le altre specie non sono disponibili altre soluzioni.

D'altro lato non si conoscono neppure in maniera approfondita neanche le caratteristiche nutrizionali delle piantine in vivaio tanto da poter gestire con efficienza la fertirrigazione dei sistemi galleggianti e contenere lo sviluppo delle piante.

Alla fine di ottimizzare i fattori produttivi in floating system e ottenere una piantina di vivaio di qualità risulta molto interessante studiare e conoscere la risposta delle diverse variabili di crescita ai fattori delle produzioni stesse.

Ultimo aspetto di particolare interesse sono i tunnel o le serre destinati alla produzione delle piantine di tabacco. Questi apprestamenti protettivi si usano come massimo tre mesi l'anno, rimanendo poi le strutture non utilizzate per il resto dell'anno. I produttori potrebbero invece servirsene per periodi più lunghi se avessero le informazioni tecniche per la conduzione di attività agricole complementari. Potrebbero coltivare durante l'estate nei vivai col sistema galleggiante altre solanacee come pomodoro, peperone e paprica in maniera economicamente vantaggiosa.

Ipotesi generale

- Le solanacee studiate si comportano in maniera simile tra loro quando allevate in vivaio in *floating system*.
- Le solanacee studiate rispondono similmente alla nutrizione e agli altri fattori di crescita.

Ipotesi specifiche

- La stimolazione luminosa e l'ombreggiamento influiscono nello stesso modo su pomodoro, peperone, paprica dolce e tabacco.
- I ritardanti di crescita producono gli stessi effetti in pomodoro, peperone, paprica dolce e tabacco.
- I metodi di tigmomorfogenesi e sismomorfogenesi operano ugualmente su pomodoro, peperone, paprica dolce e tabacco.
- La cinetica di assorbimento dei macronutrienti funziona in maniera simile per pomodoro, peperone, paprica dolce e tabacco.

Obiettivi generali

- Studiare il comportamento di alcune solanacee nella produzione di piantine di vivaio in *floating system*.
- Valutare diversi fattori di crescita e nutrizione di queste specie nelle produzioni di piantine.

Obiettivi specifici

- Studiare la risposta del pomodoro, peperone, paprica dolce e tabacco a diverse condizioni di luminosità.
- Studiare la risposta del pomodoro, peperone, paprica dolce e tabacco

all'applicazione di ritardanti di crescita.

- Studiare la risposta del pomodoro, peperone, paprica dolce e tabacco all'applicazione di metodi tigmotropici.
- Studiare la cinetica nutrizionale del pomodoro, peperone, paprica dolce e tabacco.

Implicazioni della tesi

- Trovare metodi efficienti di brachizzazione di piante orticole in vivaio che consentano di attuare le produzioni su *floating system*.
- Messa a punto di tecniche alternative allo sfalcio e ai trattamenti chimici di controllo della crescita che permettano la riduzione dei costi produttivi e la diminuzione dei trattamenti in piante di tabacco in vivaio.
- Approfondire le conoscenze riguardanti la fisiologia della nutrizione dei principali rappresentanti della famiglia delle solanacee al fine di ottimizzare l'allevamento in vivaio in *floating system*, gli interventi colturali volti a favorire la produzione di qualità e limitare l'impatto ambientale.
- Modellizzare la crescita delle piantine di vivaio sulla base dei fattori ambientali più importanti.
- Maggior utilizzo delle strutture vivaistiche di tabacco per incrementare ed integrare il reddito dei produttori.

Approccio metodologico

Si è lavorato in vivaio col sistema galleggiante sulle quattro solanacee (paprica dolce, peperone, pomodoro e tabacco) e quattro fattori di studio: luce/temperatura (ombreggiamento), brachizzante chimico (ritardante di crescita) e fisici (sfalcio/spazzolato/aria), e nutrizione minerale.

Sono state condotte diverse prove sperimentali eseguite in parte presso l'Azienda Agraria Sperimentale “ Lucio Toniolo” e i laboratori della Facoltà di Agraria dell'Università di Padova, sita a Legnaro (Italia) e in parte presso l'Azienda Agraria Sperimentale Salta (EEA Salta) dell' Istituto Nazionale di Tecnologia Agropecuaria (INTA) a Salta (Argentina) negli anni 2007, 2008 e 2009.

Le specie di solanacee selezionate rispondono all'importanza economica sia in Argentina sia in Italia. Le varietà selezionate per tutti gli esperimenti sono le stesse per ogni specie e sono state scelte poiché già largamente diffuse in coltura e per le buone caratteristiche commerciali e per potenziale produttivo (Tabella 1-11).

Tabella 1-11. Solanacee studiate nelle prove

Specie	Nome botanico	Cultivar	Costitutori
Paprica Dolce	<i>Capsicum annuum</i> L.	UCO dulce	varietà INTA La Consulta
Peperone	<i>Capsicum annuum</i> L.	Fiume	ibrido F1 di Syngenta
Pomodoro	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Mose	ibrido F1 di Syngenta
Tabacco	<i>Nicotiana tabacum</i> L.	PVH09 semi confettati	Ibrido di alta resa di Profigen

Allevamento:

La coltivazione è avvenuta in un sistema flottante con soluzione Hoagland, substrato a base di torba in contenitori alveolati di polistirolo.

L'unità sperimentale è stata una vasca contenente una seminiera galleggiante con 160 fori per gli ortaggi e con 288 fori per il tabacco. La zona di valutazione è stata la parte centrale dei contenitori (si sono eliminate le piantine delle due file esterne per limitare l'effetto “bordo”).

Si è rispettata la durata dei cicli di ogni specie. Il pomodoro è una pianta che cresce velocemente; ha portato a termine il ciclo in vivaio in 20-25 giorni. La paprica e il peperone invece hanno avuto bisogno di circa 35-45 giorni mentre il tabacco di 50-65 giorni.

Valutazioni

Le variabili di risposta sono state valutate nelle diverse prove, secondo la pertinenza delle stesse (Tabella 1-12) e le prove sono state fatte sempre nel periodo primavera-estate-autunno tanto in Argentina come in Italia.

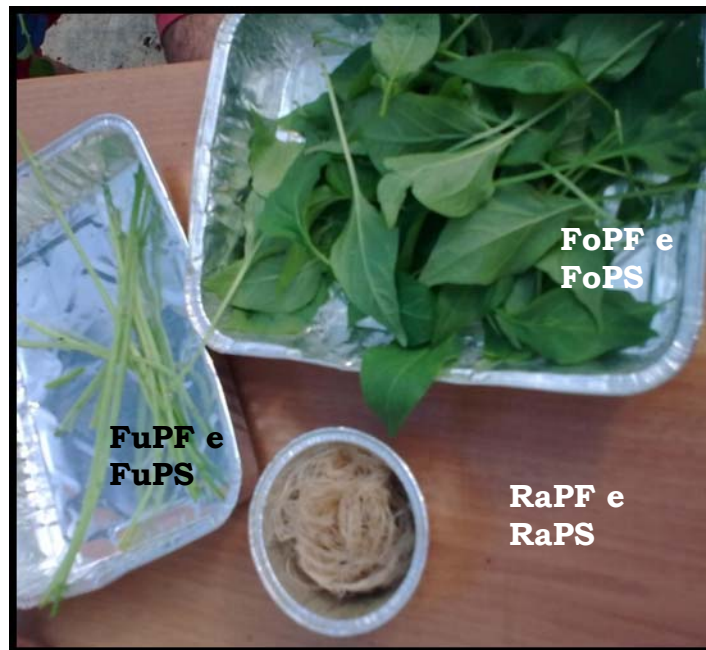
Tabella 1.12. Riassunto di specie, fattori e variabile da studiare.

Solanacee	Paprica dolce (<i>Capsicum annuum</i> L.) Peperoni (<i>Capsicum annuum</i> L.) Pomodoro (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Tabacco (<i>Nicotiana tabacum</i> L.)	
Fattori di studio	Ombreggiamento Ritardanti di crescita Sfalcio/spazzolatura/aria Nutrizione	
Variabile di risposta	Produzione biomassa	PF, PS e SS radici PF, PS e SS fusti PF, PS e SS foglie PF, PS e SS totale
	Fenometriche	Altezza della piantina Diametro del colletto Numero di foglie Lunghezza dell'ipocotile Lunghezza degli internodi Superficie fogliare
	Alometriche	PF parte aerea/radici PS parte aerea/radici Altezza/numero di foglie
	Nutrizionali	Asportazioni accumulate Rapporto tra i nutrienti Cinetica di assorbimento

Produzione di biomassa (PF e PS)

In un campione costituito di 10 piante o di tutta la porzione centrale del vassoi, alla fine dell'esperimento si è valutata la biomassa fresca prodotta e dopo essiccazione in forno (65 °C) fino a peso costante è stato rilevato il peso secco delle foglie, dei fusti e delle radici (Figura 1-9).

Foto 1-9. Produzioni biomassa delle piante di paprica in vivaio.

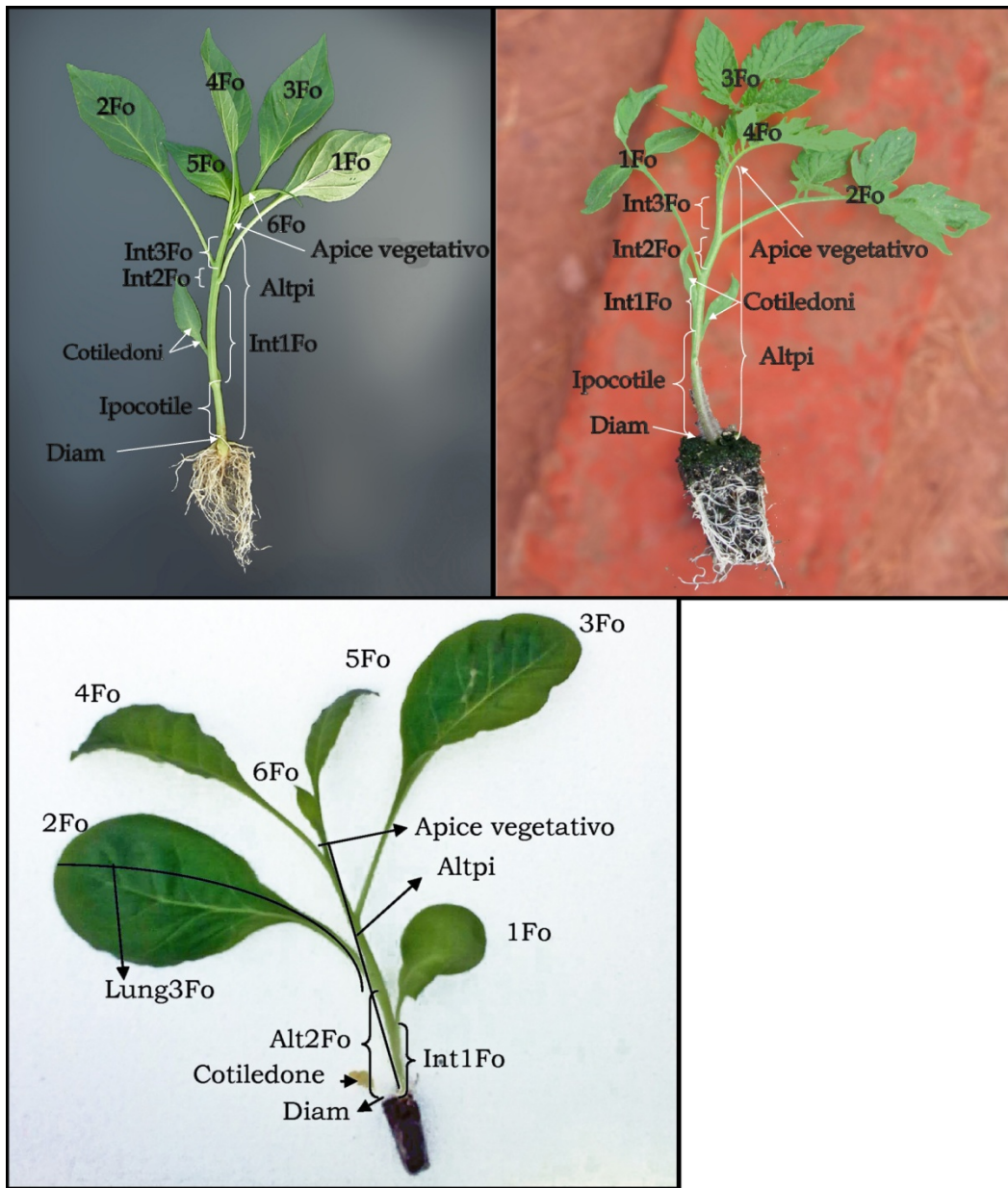


Valutazioni biometriche

In un campione costituito da 10 piante prelevate a caso da ciascuno dei contenitori alveolati si è valutata l'altezza di ogni singola piantina dal colletto all'apice vegetativo, il diametro del colletto, il numero di foglie, la lunghezza dell'ipocotile e degli internodi. Nel caso del tabacco si è misurato dapprima solo la lunghezza delle foglie, in quanto le piante nelle prime fasi crescono molto poco in altezza (difficilmente misurabile), dopo di che si è misurata anche l'altezza (Figura 1-10).

Si è valutato anche l'effetto residuale all'applicazione di CCC, monitorando l'altezza della pianta e il diametro del colletto in campo per circa un mese dopo il trapianto.

Figura 1-10. Valutazioni biometriche delle piante in vivaio: paprica, pomodoro e tabacco, da sinistra a destra, sopra a sotto.



Valutazioni allometriche

L'allometria è lo studio della crescita di una parte della pianta in rapporto con la crescita della pianta intera o una sua parte, ossia le variazioni subite in forma delle dimensioni della pianta. Nel caso delle piantine da vivaio è molto importante ottenere una crescita la più grande possibile per l'apparato radicale e minore per la parte epigea. Si sono analizzati i rapporti tra parte aerea e radici sul PS e PF.

Valutazioni nutrizionali

Si è studiata la cinetica di assorbimento, l'asportazione totale e il rapporto tra i tre macronutrienti principale (N, P, K) delle piantine da vivaio al momento di trapianto.

Crescita cumulata

Le variabili di altezza, diametro del colletto, lunghezza degli internodi, numero e lunghezza delle foglie sono stati misurati durante il ciclo di crescita delle piante a diverse date.

Elaborazione statistica dei dati

I dati raccolti sono stati elaborati, in una prima fase, insieme per tutte e quattro le specie, utilizzando l'analisi della varianza con un disegno sperimentale *split plot*.

Per i valori numerici, quando si sono evidenziate eterogeneità delle varianze, l'elaborazione è avvenuta previa loro trasformazione in radici quadrate o logaritmi, secondo pertinenza. Con un asterisco (*), due asterischi (**), e tre asterischi (***) vengono indicate differenze statisticamente significative per $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$, $P \leq 0,001$, rispettivamente.

La differenza tra le medie concernenti i parametri valutati delle diverse specie è stata saggiata con il test di Tukey – Kramer (significanza allo 0,05).

Nella rappresentazione dei risultati, oltre al valore medio è stato riportato l'errore standard della media come barra verticale nei grafici. Il confronto tra le medie è stato effettuato con il test di Tukey – Kramer e i valori senza alcuna lettera in comune indicano differenze significative tra le variabili studiate, con “ns” si intendono differenze non significative.

Per i dati valutati durante il ciclo di coltivazione, si è fatto lo studio dell'analisi del processo di accrescimento con il metodo funzionale, sapendo che la fase di vivaio risponde a una curva esponenziale potenzialmente lineare e la crescita posttrapianto ad una funzione lineare.

Il tempo cronologico è stato trasformato in tempo termico, radiante e termo-radiante per vedere se questi fattori ambientali influiscono o meno sulle variabili in studio, applicando le formule [1-8, 1-11, 1-15] Per studiare il processo di crescita in forma globale si è ottenuta l'ASCPC usando la formula [1-17].

Sucsesivamente, utilizzando regressioni lineari, integrazioni ed analisi di varianza, si sono confrontate le pendenze e l'ASCPC.

Le ipotesi classiche da applicare nelle misure seriali che rispondono a una funzione lineare sono:

- 1) Non c'è interazione tempo x trattamento. Le linee di crescita sono parallele, implica che hanno uguale pendenza. Il cambio medio della variabile di studio tra due date è lo stesso.
- 2) Non c'è effetto tempo. Le linee sono orizzontali.
- 3) Non c'è effetto trattamento. Le linee coincidono.

Per fare lo studio statistico si sono usati i programmi CoHort Versione 6.400, Copyright © 2009-2010 p.

Andamento climatico di salta (argentina) e di Padova (italia)

Elementi del clima

Cerrillos, Salta (Argentina)

Latitudine, 24° 53' 40" Sud

Longitudine, 65° 28' 16" Ovest

Altitudine 1240 m.s.l.m.

Le valli temperati di Salta e Jujuy (Valle di Lerma, Siancas e Perico) occupano una superficie de 380000 ha e comprendono il fondo delle valli pre-cordigliera. Le temperature medie variano tra 15,5 e 19,6°C, e le precipitazioni si verificano durante il periodo estivo con valori tra 500 e 1000 mm (Figura 1-12). Nelle Figure [1-13], [1-14] [1-15] si presentano i dati climatici degli anni 2007, 2008 e 2009, rispettivamente.

Figura 1-12. Dati climatici della media dal 1969 al 2009.

Stazione Meteorologica EEA Salta INTA
Cerrillos, Salta (Argentina)

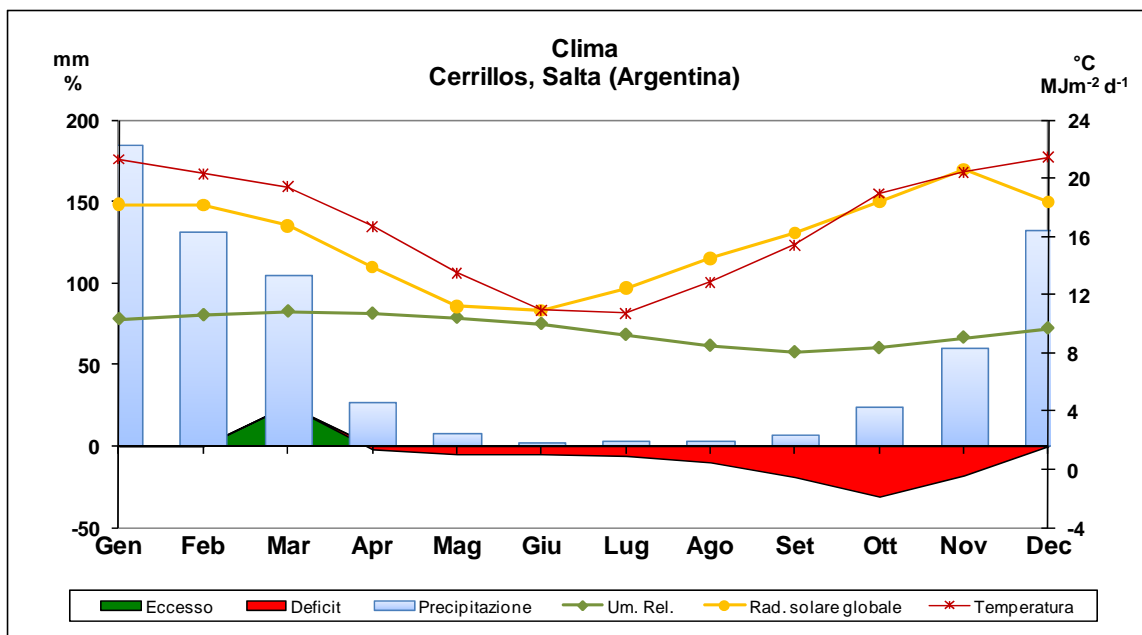


Figura 1-13. Dati meteorologici della Stazione Meteorologica EEA Salta INTA Cerrillos, Salta (Argentina) (Anno 2007)

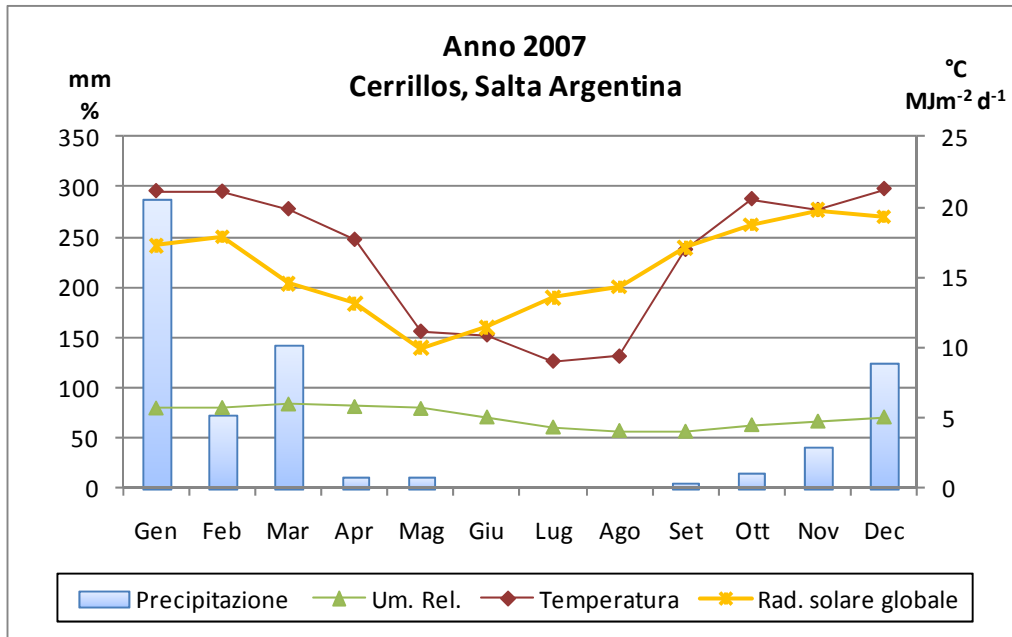


Figura 1-14. Dati meteorologici della Stazione Meteorologica EEA Salta INTA Cerrillos, Salta (Argentina) (Anno 2008)

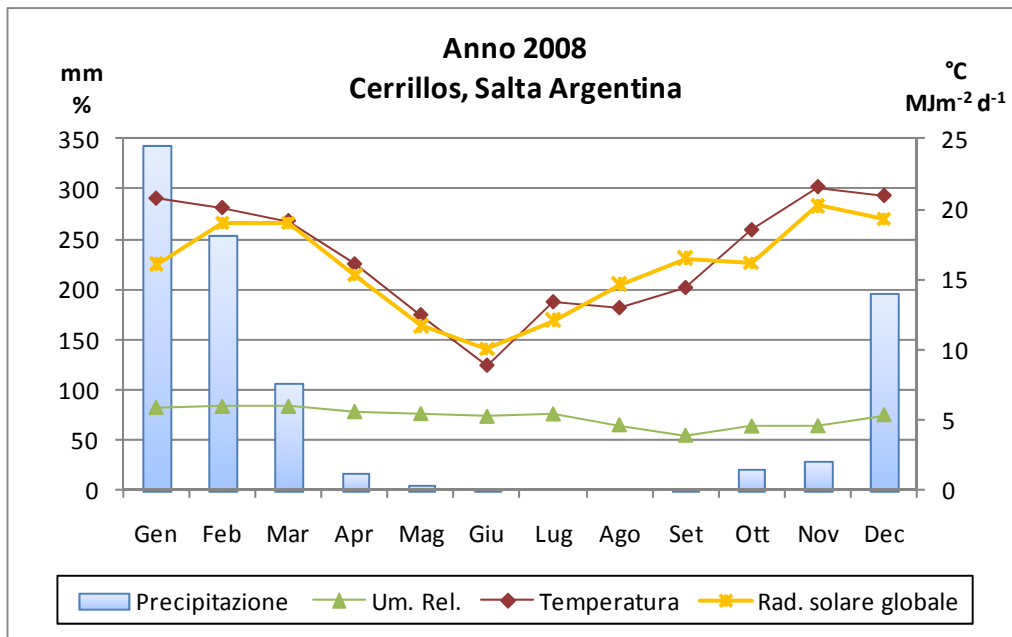
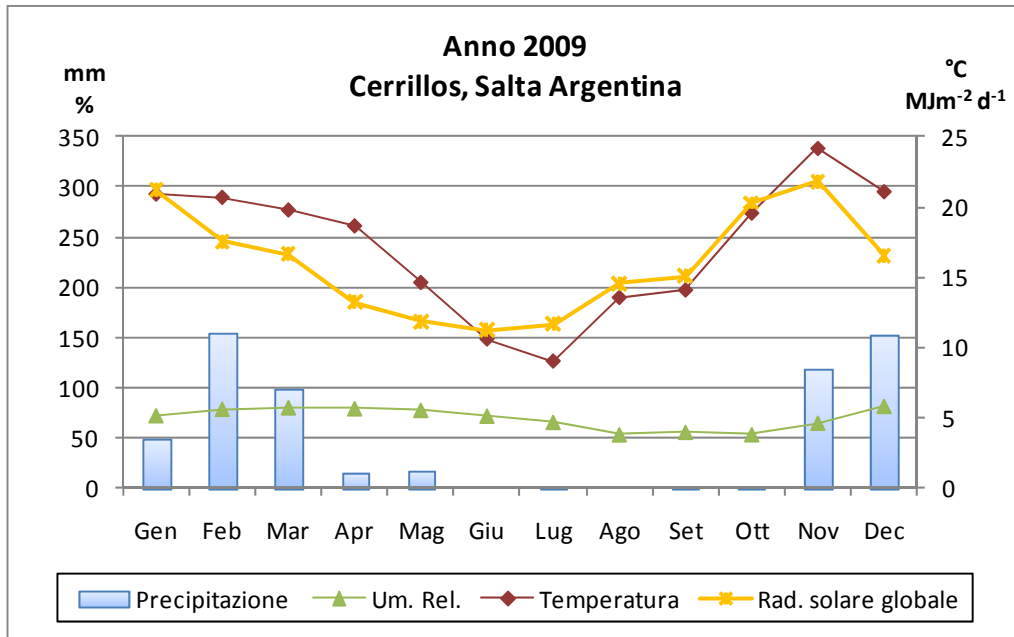


Figura 1-15. Dati meteorologici della Stazione Meteorologica EEA Salta INTA Cerrillos, Salta (Argentina) (Anno 2009)



Legnaro, Padova (Italia)

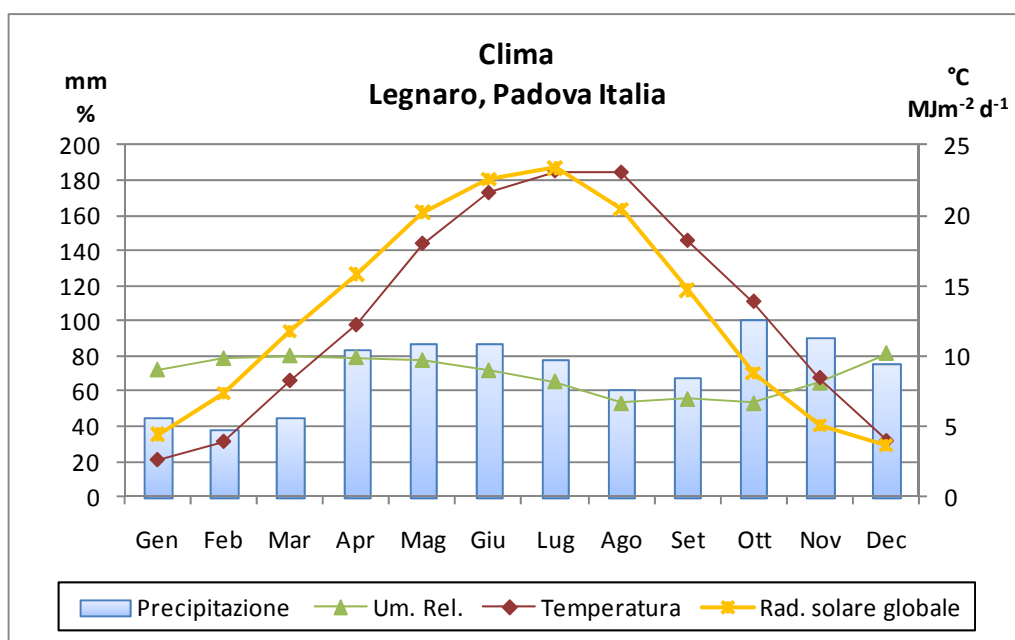
Latitudine, 45° 21' Nord

Longitudine, 11° 58' Est

Altitudine 6 m.s.l.m.

Padova ha un clima mediterraneo sub umido. La primavera e l'autunno sono temperate. L'inverno può essere freddo e l'estate calda. Le temperature medie invernali vanno da 5° a 15° C e in estate da 25° a 33° C. Le precipitazioni sono distribuite per tutto l'anno, con valori poco più elevati nelle stagioni autunnali e primaverili. Nell'anno i valori possono oscillare tra 600 e 1000 mm. Nella Figura [1-16] si sono riportati i dati climatici della media del decennio 1990-2000.

Figura 1-16. Dati climatici medi del decennio 1990-2000
Legnaro, Padova (Italia)



Nelle Figure [1-17], [1-18], [1-19] vengono riportati i dati delle anni 2007, 2008 e 2009, rispettivamente.

Figura 1-17. Dati meteorologici della Stazione Meteorologica di Legnaro, Padova (Italia) (Anno 2007)

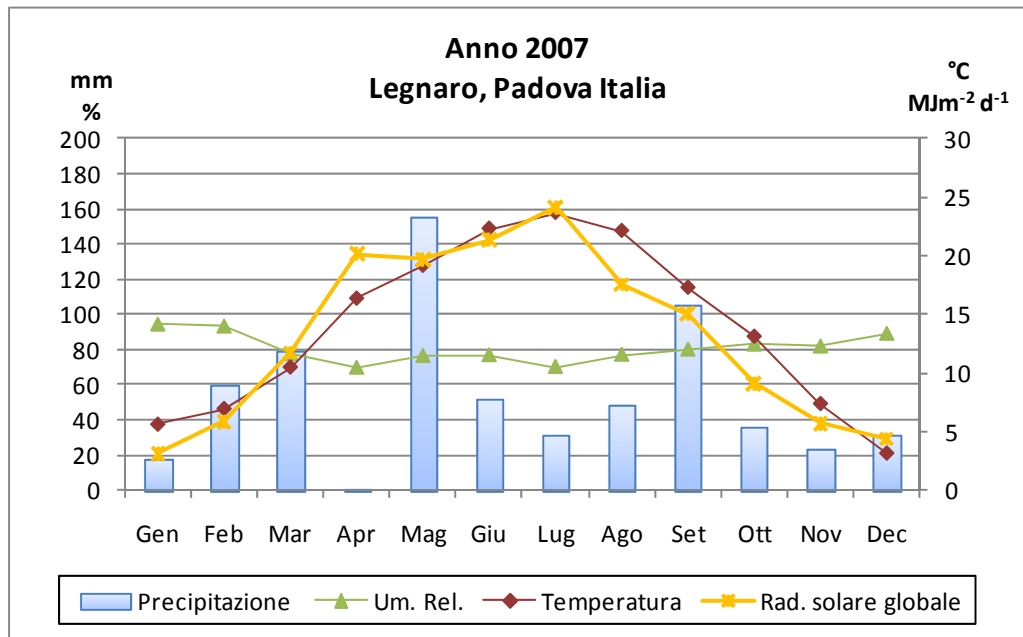


Figura 1-18. Dati meteorologici della Stazione Meteorologica di Legnaro, Padova (Italia) (Anno 2008)

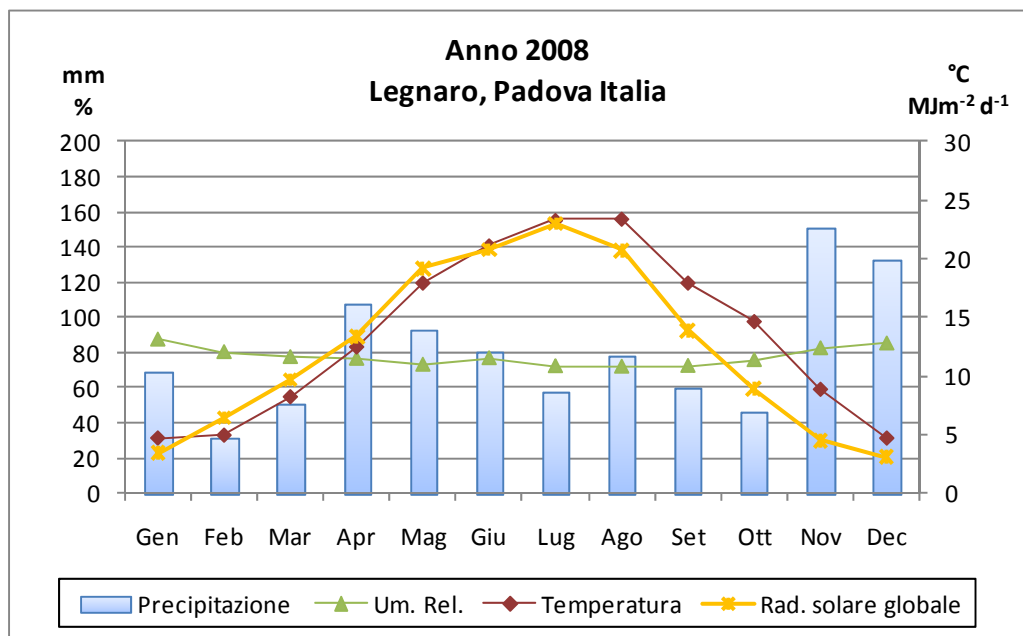
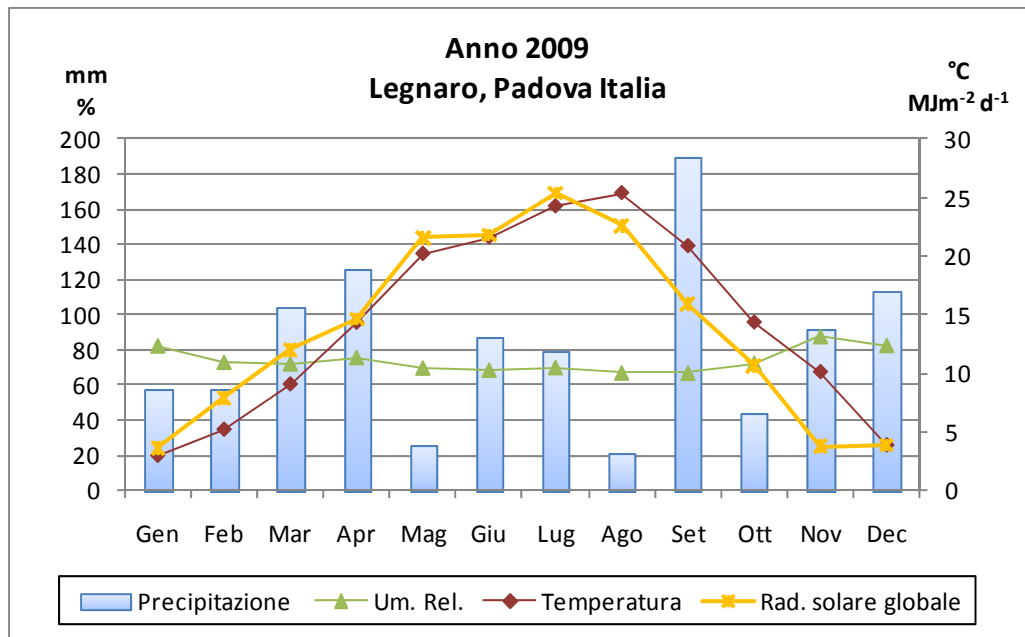


Figura 1-19. Dati meteorologici della Stazione Meteorologica di Legnaro, Padova (Italia) (Anno 2009)



CAPITOLO 2

APPLICAZIONE DELL'OMBREGGIAMENTO

Introduzione

Le variazioni nella produzione di biomassa durante il ciclo ontogenetico delle piante sono il risultato dell'accumulo di composti organici e minerali, ma anche di acqua. Le valutazioni della produttività dei vegetali interessano, in particolar modo, il peso secco prodotto durante il periodo di vegetazione. La produttività di una pianta sola, o di una coltura, risulta dipendente dalla fotosintesi e dalla respirazione (scambio netto di carbonio tra la coltura e l'atmosfera) e, per carattere transitivo, da tutti quei fattori che modificano l'intensità di questi due processi. Sono cinque i fattori ambientali che influiscono sulla crescita delle piante: luce, temperatura, acqua, nutrienti e gas. I primi due fattori non sono altro che due diverse forme di energia, radiante e termica rispettivamente (Fraszczak e Knaflowski 2009).

Da quando Reaumur introdusse il concetto di "tempo termico", nel secolo XIX, molti metodi di calcolo sono stati sviluppati. Il Growing Degree Days (GDD) è il metodo più utilizzato di valutazione del tempo termico, che si basa sul principio che, sopra un livello termico fissato, la crescita della pianta sia lineare. Sotto questa temperatura di base la crescita si arresta. Si tratta di un sistema semplificato, ma proprio per questo l'uso dei GDD si è molto diffuso (Ruml et al. 2009). Monteith, nel 1977, è stato il primo a dimostrare che la produzione di biomassa in coltivazioni senza limitazioni nutrizionali ed idriche, risponde linearmente alla quantità di luce assorbita (Fraszczak e Knaflowski 2009). Questa dipendenza è stata dimostrata per diverse colture, in vari paesi e condizioni climatiche (Kania e Giacomelli 2010, Fraszczak e Knaflowski 2009, Yuan e Bland 2005).

La luce e la temperatura influiscono infatti direttamente sull'accrescimento dello stelo delle piante (Ballari 2005).

Si è visto che una bassa radiazione fotosinteticamente attiva (PAR), o un basso rapporto rosso vicino/rosso lontano, aumentano la dominanza apicale e promuovono l'allungamento degli internodi (Martorell 2002, Huber 1996). Condizioni di coltivazione con basso valore di PAR sono frequentemente associate a periodi vegetativi più lunghi e minori incrementi di biomassa (Fraszczak e Knaflowski 2009).

Quando l'illuminazione è uguale o superiore all'optimum, non si manifestano effetti sullo sviluppo dello stelo, però con valori subottimali (ad esempio un calo nell'illuminazione) si nota un aumento nell'allungamento dello stelo a spese di altri organi della pianta, provocando la formazione di steli più sottili e deboli con una proporzione maggiore di tessuto parenchimatico. Una luminosità troppo scarsa debilita le piante, che diventano più suscettibili ad attacchi di patogeni (Wien 1997, Nuez 1995).

Alte temperature, con valori diversi da specie a specie, favoriscono

l'allungamento degli internodi a spese di altri organi e delle radici in particolare, questo aumenta il rapporto tra parte epigea e radice delle piante e un diverso uso dei fotoassimilati (Ballari 2005). Tali condizioni accelerano lo sviluppo delle piante, diminuendo l'area fogliare con la conseguente riduzione di massa fresca (Fraszczak e Knaflewski 2009). La temperatura controlla anche l'allungamento dell'ipocotile (Von Arnim e Xing-Wang 1996).

La luce e la temperatura influiscono direttamente sull'accrescimento dello stelo delle piante. L'allungamento dell'ipocotile è controllato dalla luce e anche dalle gibberelline e alcuni studi hanno comprovato che la luce agisce alterando i livelli delle gibberelline attive (Von Arnim e Xing-Wang 1996).

In paprica dolce la mancanza di luce provoca l'eziolamento (filatura) delle piante, con l'allungamento degli internodi e degli steli che risultano anche più deboli (Zapata Nicolas et al. 1992).

In pomodoro, l'effetto della radiazione giornaliera sull'allungamento dello stelo è complessa; comunque si può dire che il pomodoro necessita di un'alta intensità luminosa che favorisce la crescita sia della parte aerea che delle radici riducendo, comunque, il rapporto tra le due; diversamente con alte temperature il rapporto parte aerea/radici aumenta (Wien 1997). Nel pomodoro ad accrescimento indeterminato esiste una forte competizione tra lo sviluppo delle foglie e dei meristemi apicali. L'elevata quantità di fotoassimilati prodotti in condizioni di alta intensità luminosa stimola sia l'attività dei meristemi che la crescita delle foglie, però quando le piante hanno risorse limitate (ad esempio con alte temperature e bassa intensità luminosa) è favorita la produzione di foglie piccole a spese dello sviluppo apicale (Wien 1997). La velocità di crescita dello stelo del pomodoro aumenta con la temperatura, producendo steli più sottili con una quantità maggiore di tessuto parenchimatico e minore concentrazione di sostanza secca (Nuez 1995).

Nel tabacco, normalmente l'alta densità di semina provoca la filatura delle piante a causa della carenza di luce. Le piantine sono deboli e con una minore probabilità di successo al trapianto (Hawks e Collins 1986). La massima crescita dello stelo si ha tra i 30 e i 32 °C di giorno e tra i 20 e i 22 °C di notte, sempre che le radici siano ad una temperatura minore di 21 °C. Alte temperature, provocano anche un aumento nella respirazione e il conseguente consumo di fotoassimilati (Ballari 2005).

La differenziazione e il ritmo di comparsa ed espansione delle foglie sono legati anch'essi alla temperatura. Temperature più elevate accelerano la differenziazione, la comparsa delle foglie e il tempo medio di espansione delle stesse (Ballari 2005).

Il peperone ha un tasso relativo di crescita più basso di circa il 25% e le foglie delle piantine sono più sottili rispetto a quelle del pomodoro. Con bassa intensità di luce aumenta l'area fogliare, le foglie sono più sottili e il tasso di crescita è più contenuto. Ciò nonostante, un ombreggiamento dal 25 al 50% in vivai provoca un aumento delle rese negli ambienti tropicali con una massimizzazione dell'area fogliare. Il tasso di crescita delle piante è particolarmente influenzato dalla temperatura dell'aria che agisce sia sul tasso di produzione di sostanza secca che sulla partizione della sostanza secca a

favore delle foglie. Basse temperature diminuiscono il rapporto tra l'area fogliare e il peso secco totale della pianta, cosa che provoca, a posteriori, una riduzione della resa (Wien 1997).

Nel peperone allevato sotto reti ombreggianti sono stati realizzate minori produzioni di peso secco del fusto (10-28%) rispetto al testimone non ombreggiato.

Ohyama et al. (2005) hanno osservato che le piantine di pomodoro avevano i cotiledoni totalmente espansi e senza clorosi o necrosi quando crescevano per 15 giorni a $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ di PAR, umidità relativa del 70%, regime termico giorno/notte di 26/16°C e ore di buio pari a 8, 12 o 16 ore. Invece hanno osservato la comparsa di clorosi fogliare quando la temperatura era stata mantenuta costante (a 16, 22 o 28°C).

L'iniziazione delle foglie di pomodoro si realizza con intervalli di 2 a 3 giorni, in funzione delle condizioni ambientali. In generale, la produzione di foglie e di primordi fogliari aumenta con l'aumentare della radiazione giornaliera e con la temperatura, rimanendo costante quando le condizioni ambientali sono costanti. La velocità di iniziazione delle foglie non risulta influenzata dalla radiazione giornaliera durante l'estate mentre lo è in inverno. Le foglie giovani, i primordi fogliari e i meristemi apicali competono per i fotoassimilati disponibili. L'aumento di fotoassimilati prodotto da una maggiore illuminazione promuove la produzione di primordi apicali e fogliari, mentre le temperature più elevate favoriscono prevalentemente questi ultimi. Le foglie di pomodoro sono più spesse quando crescono con una elevata illuminazione durante la fase d'iniziazione e all'inizio della loro espansione (Nuez 1995).

Nei contenitori di polistirolo impiegati nel *floating system* le piante sono allevate ad un'alta densità e la qualità e la quantità della luce che arriva ad una pianta o la temperatura sono influenzate dalle piante vicine dal momento che loro assorbono e riflettono parte di questa energia. Le piante reagiscono come se si trovassero in condizioni ambientali sub-ottimali, producendo cambiamenti plastici nella conformazione delle piante per migliorare, soprattutto, l'assimilazione della luce (Martorell 2002, Huber 1996).

Per normalizzare le differenti condizioni climatiche che si verificano durante lo stadio della crescita e sviluppo delle piante in diversi luoghi o anni, sono stati introdotti gli indici termici e radianti. Una maniera semplice per modellizzare la crescita delle piante consiste nel sostituire il tempo cronologico con funzioni che considerano l'evoluzione termica, radiante o foto-termica (Yuan e Bland 2005).

Il tempo termico (Thermal Time) è il più conosciuto e impiegato negli studi degli effetti della temperatura sull'accrescimento e sviluppo delle piante. Le temperature osservate vengono trasformate in temperature di significato fisiologico per essere usate nelle equazioni che descrivono la risposta di una specie a determinate condizioni verificatesi sperimentalmente. Una trasformazione comune è la somma termica (GDD), dove vengono considerati come utili, solamente i gradi superiori ad un valore minimo prefissato (Yuan e Bland 2005).

Morales Rosales e collaboratori (2006) propongono l'utilizzo dell'efficienza d'uso della radiazione (Radiation Use Efficiency, RUE) che può essere calcolata come

il rapporto tra la biomassa totale e il PAR accumulato nel ciclo di coltivazione considerato ($RUE = \text{Biomassa totale} / \text{PAR accumulata}$). Nel loro lavoro gli autori hanno verificato che esiste una relazione diretta tra RUE e la produzione di biomassa o la resa, e questa dipende anche dalla specie, dalla densità e dalla distribuzione delle piante.

Fraszczak e Knaflowski (2009) hanno utilizzato il rapporto tra l'energia radiante e l'energia termica (RTT) considerando che il flusso di fotoni e la temperatura hanno la grande influenza sulla resa. Un'elevata produzione di biomassa fresca è stata ottenuta per diverse specie aromatiche allevate in condizione di 2,9 o 3,8 mol m⁻² d⁻¹. La produzione di biomassa risponde linearmente alla quantità di fotoni assorbito dalle piante nel periodo di crescita della coltura. Il peso secco è stato messo in relazione diretta con RRT: maggiore era l'RRT maggiore è stata la produzione di peso secco. Con bassa intensità di luce, il livello di fotosintesi rilevato è stato uguale a temperature basse e alte; invece con un'alta intensità luminosa l'attività fotosintetica è stato considerevolmente più alto alla temperatura più elevata.

Storkey (2004) ha riscontrato, in uno studio su specie infestanti, che i gradi giorno effettivi (EDD) meglio descrivevano la crescita delle piantine rispetto al tempo termico giornaliero (DTT). La variabilità nel tasso relativo di crescita (RGR) misurati in autunno, è influenzato, in gran parte, dal tasso di assimilazione netta (NAR); invece in primavera è stato l'indice di area fogliare (LAR) ad essere maggiormente interessato. L'RGR in primavera è risultato correlato negativamente alle dimensioni dei semi. Le graminacee con cariossidi più grande avevano una maggiore allocazione di fotoassimilati nelle radici delle piantine.

Páez et al. (2000), studiando l'effetto dell'ombreggiamento in pomodoro, hanno visto che l'altezza delle piante e l'area fogliare sono aumentate in condizioni di ombra. La biomassa totale è diminuita in condizioni di luce naturale, così come il peso di radici, steli e foglie. La superficie fogliare specifica è aumentata all'ombra, con seguente produzione di foglie più sottili. La ripartizione dei fotoassimilati verso la parte aerea delle piante è stata favorita rispetto a quella verso le radici, aumentando in particolar modo il peso secco delle foglie. Nelle due settimane di crescita il rapporto parte aerea/radici è stata cinque volte più grande all'ombra rispetto che pieno sole. La velocità relativa di formazione delle foglie è stata maggiore nel trattamento ombreggiato. Al sole, la maggiore fotosintesi e conduttanza ha portato ad una maggiore traspirazione. Il pomodoro alle alte temperature ha aumentato di molto la respirazione e la fotorespirazione. Gli autori sono giunti alla conclusione che alle alte e costanti temperature si riduce l'accrescimento vegetativo.

Obiettivi

Caratterizzare il cambiamento dell'ambiente (luminosità, temperatura e umidità) sotto rete a diverso livello di ombreggiamento.

Valutare gli effetti di diversi livelli di ombreggiamento sulle caratteristiche morfologiche delle piantine in vivaio, in particolare in paprica, peperone, pomodoro e tabacco, allevate su pannelli galleggianti (*floating system*). Si intendeva inoltre verificare l'esistenza di modelli comuni di risposta delle specie studiate.

L'ipotesi della presente sperimentazione è che le diverse condizioni di ombreggiamento influiscano di maniera uguale nella crescita delle specie sopra indicate.

Materiali e metodi

Le prove sono state eseguite presso l'azienda dell'EEA - Salta (Stazione Sperimentale Agropecuaria Salta) dell'INTA (Istituto Nazionale di Tecnologia Agropecuaria) in Argentina, nel gennaio e febbraio 2009.

Sono state seminate le seguenti specie: paprica 'UCO', peperone 'Fiume', pomodoro 'Mose' e tabacco 'PVH09'.

Schema sperimentale

Lo schema sperimentale adottato è stato lo *split-plot* (3x4) con 4 repliche (Figure 2-1 e 2-2):

Parcellone:

Fattore 1: ombreggiamento.

Tesi S0: Testimone, pieno sole.

Tesi S35: 35 % ombra.

Tesi S65: 65 % ombra.

Il parcellone era costituito da un micro tunnel con rete ombreggiante nera contenente 4 vasche.

Parcella:

Fattore 2: Specie.

Quattro solanacee di cui tre di interesse orticolo - paprica dolce (Pa), peperone (Pe), pomodoro (Po) e tabacco (Ta).

L'unità sperimentale della parcella è stata un singolo contenitore (ortaggi 160 fori e tabacco 288 fori) che è stato posto su una vasca riempita con la soluzione nutritiva Hoagland.

Figura 2-1. Distribuzione dei trattamenti e delle specie nella prova di ombreggiamento (Argentina 2009)

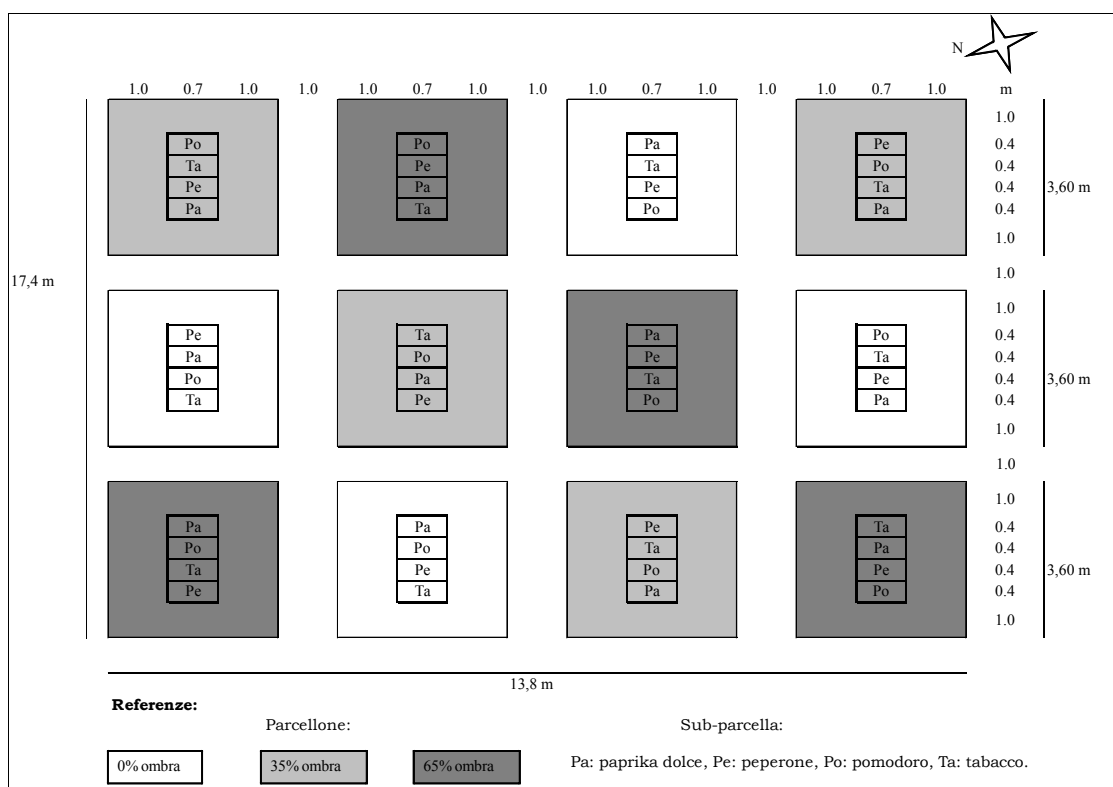


Figura 2-2. Prova di ombreggiamento con retti ombreggianti e pieno sole (Argentina 2009)



Coltivazione

La coltivazione è stata eseguita in un sistema flottante impiegando una soluzione nutritiva Hoagland. La semina è avvenuta in contenitori alveolati in polistirolo impiegando un substrato a base di torba.

Tutte le specie sono state seminate lo stesso giorno (13 gennaio 2009), messe a galleggiare in acqua e coperte con tessuto-non-tessuto fino alla germinazione (fuoriuscita dei cotiledoni). A questo punto è stata preparata la soluzione nutritiva Hoagland e su questa sono stati posti a galleggiando i contenitori fino alla fine della

prova. L'esperimento è terminato con una analisi distruttiva eseguita dopo 25 GDS per il pomodoro e 46 GDS per le altre specie, in accordo con i convenzionali tempi di coltivazione.

Valutazioni

Piante

Durante tutti il ciclo:

Misure non distruttive su un campione di 10 piante: diametro del colletto, altezza delle piante, numero di foglie, lunghezza di tutti gli internodi delle piante. Nel caso del tabacco è stata considerata anche la lunghezza dei cotiledoni e di tutte le foglie.

Alla fine della prova:

Misure distruttive sullo stesso campione di 10 piante: peso fresco, peso secco e sostanza secca di radici, fusti e foglie. Successivamente tutte le piantine di una stessa tesi sono state messe assieme e sottoposte ad analisi chimiche per la valutazione delle concentrazioni di N, P, K, Ca, Mg e Na totali.

Vasche

Si sono misurati i volumi di acqua o soluzione nutritiva consumata in ogni vasca, la salinità (CE mmhos cm^{-1} a 25°C), il pH e la temperatura (°C).

Ambientale

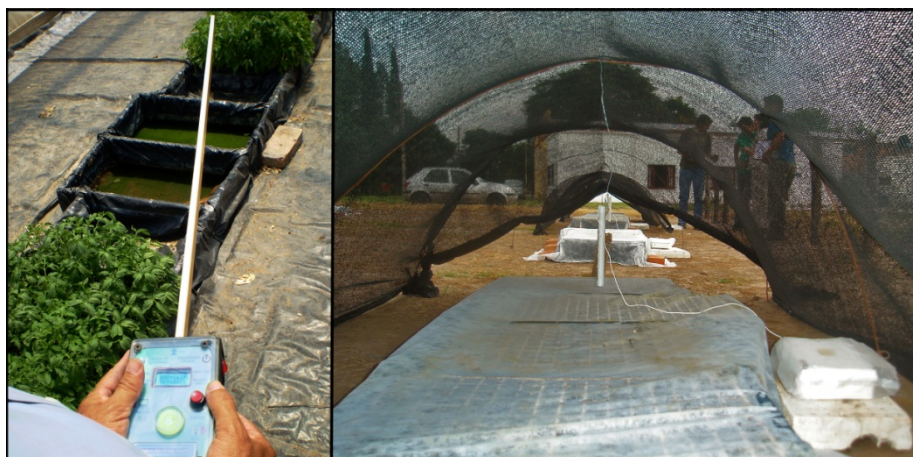
Con una EMA (Stazione Meteorologica Automatica), stazione Davis, modello Vantage Pro 2, ubicata a 200 m della prova è stata misurata la radiazione solare globale con un sensore fotovoltaico in W m^{-2} , la temperatura in °C e l'umidità relativa ambiente (HR-%).

In ogni tesi, all'altezza delle piantine, vi era un termoigrometro digitale modello Montrel electronics, con registrazione di massimi e minimi (°C e %) (Figura 2-3).

Si è misurata l'intensità della luce sei volte nel ciclo (all'inizio, a metà e alla fine), all'aperto (cielo aperto) e sotto le rete ombreggianti a mezzogiorno e con cielo sereno. La stessa è stata misurata anche sotto il tunnel nel settore centrale, dove veniva condotta successivamente la prova dei ritardanti di crescita (vedi capitolo 3). Nel dettaglio, si è determinata la radiazione PAR (photosintetic active radiation - radiazione fotosinteticamente attiva) in un range da 400 a 700 nm di lunghezza di onda con un ceptometro (Cavadevices.com; industria argentina, anno 2006) con sensori quantici che integrano il flusso di fotoni ricevuti in un metro lineare ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (Figura 2-3).

Con il fine di potere comparare le misure di radiazione si è fatta la trasformazione delle letture di EMA moltiplicando per 4,57 i dati energetici in W m^{-2} ($\text{J m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e trasformandoli in dati quantici in $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Thimijan e Heins 1983 citato in Adams e Langton 2009).

Figura 2-3. Ceptometro (sinistra) e termoisigrometro (destra) nella prova



Trasformazione del tempo cronologico

Le osservazioni periodiche di accrescimento delle specie studiate nella prova hanno prodotto una serie temporale per ogni variabile misurata (altezza, diametro di colletto, lunghezza dell'ipocotile e lunghezza delle foglie). La prima, ovvia, trasformazione del tempo nominale (variabile indipendente), dell'insieme dei dati è stata convertire in giorni dopo la semina (GDS), considerando come tempo zero il 13 gennaio 2009. Successivamente, sono stati considerati i metodi che prendono in considerazione il PAR_{acc} (Equazione 1-9), il GDD (Equazione 1-11) e il RTT (Equazione 1-16).

Elaborazione statistica dei dati

Si sono studiati gli effetti dei fattori ombreggiamento e specie utilizzando l'analisi della varianza. Le medie sono state testate con il test di Tukey – Kramer.

L'interazione tra le specie e le tesi di ombreggiamento sono state considerate significative quando $\alpha < 0,01$.

Qualora i valori osservati avessero presentato varianza eterogenea (test di Bartlett; $\alpha \leq 0,05$) i dati sono stati trasformati, previo studio statistico, mediante la radice quadrata (NFo25, RaPF, FuPS, FoPS, TotalPS, PARaPS), il logaritmo in base 10 (PARaPF, PAPPF), o il logaritmo in base 10 della variabile moltiplicata per 1000 (RaPS, PAPS).

Per quanto riguarda alle curve di crescita cumulata, si sono combinati i dati meteorologici e le variabili di risposta alle tesi provate in sistemi lineare (Equazione 1-2) e non lineare per predire l'altezza, diametro del colletto, lunghezza dell'ipocotile (per gli ortaggi) e delle foglie (per il tabacco) con GDD, PAR_{acc} e RTT. A queste curve ottenute se ha determinato l'ASCPC (Equazione 1-7) per dopo studiarlo con una analisi di varianza. Per raggiungere l'ASCPC si sono usate le variabili senza trasformazione.

Per fare lo studio statistico è stato usato il programma CoHort Versione 6.400, Copyright © 2009-2010 p.

Risultati e discussione

Caratterizzazione ambientale

A Cerrillos (Salta), Lat. 24°54' S - Long. 65°29' W - 1250 m slm, i dati ottenuti della misura della radiazione istantanea hanno mostrato che la PAR corrisponde a circa il 50% della radiazione globale (Tabella 2-1). I valori coincidono con quelli presentati da Sattin e Tei (2001) e sono leggermente maggiori (ovvero il 45%) rispetto a quelli di Adams e Langton (2009) e Morales-Rossales et al. (2006). Cavasassi (2006) riporta che in USA i valori medi sono del 45% mentre in Europa del 48%.

Per il calcolo del PAR_{acc} (Equazione 1-9) si è usata un fattore (f) pari a 0,4977.

Nel tunnel, i valori trovati sono in linea con quelli riportati da Iglesias e Muñoz (2007) con una diminuzione del PAR di circa il 25% (Tabella 2-1).

Tabella 2-1. Radiazione istantanea misurata durante la prova

	Radiazione solare					
	Global		PAR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)			
	(W m^{-2})	($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	S0%	S35%	S65%	Tunnel
Media	752,8	3440,4	1712,5	908,9	414,5	1269,5
Massima	1111,0	5077,3	2512,3	1355,3	634,3	1872,5
Minima	219,0	1000,8	496,0	251,3	121,3	386,0
			Rapporto dalla Rad. Globale (%)			
		100,0	49,77 ± 0,45	26,27 ± 0,66	12,04 ± 0,34	31,03 ± 0,36
			Rapporto della PAR (%)			
		100,0	52,77 ± 1,03	24,18 ± 0,61	75,28 ± 0,77	

La diminuzione del PAR dovuta alla rete è stata maggiore di circa il 10% rispetto ai valori teorici riportati in catalogo (Tabella 2-2). Latimer (1994) con in condizioni di ombreggiamento teorico dell'80 e 30% ha ottenuto una riduzione reale del 53% e il 23%, mostrando un diverso comportamento delle reti ombreggianti rispetto alla presente prova.

Tabella 2-2. Ombreggiamento teorico ed effettivo e PAR istantanea

Tesi	Ombreggiamento		PAR
	(%)		(%)
	Catalogo	Misurato	
S0	0	0	100
S35	35	47,23	52,77
S65	65	75,82	24,18

Analizzando le medie della temperatura misurata, si vede che trattamenti di ombreggiamento non hanno prodotto differenze sostanziali; le temperature massime e minime assolute sono state rilevate sotto la rete con il 65% teorico di ombreggiamento. Elevate sono, ovviamente, le differenze tra la radiazioni rilevata in condizioni diverse di ombreggiamento PAR del $47,23\% \pm 1,03$ e $75,82\% \pm 0,61$, rispettivamente per l'ombreggiamento teorico del 35 e del 65% (Tabelle 2-3 e 2-4, Figura 2-4).

Per quanto riguarda all'umidità relativa ambiente, si è avuto un aumento considerevole sotto le rete ombreggianti e leggero sotto il tunnel ($12\% \pm 2$ e $19\% \pm 2$ per il 35 e il 65% di ombreggiamento); i valori più bassi sono stati riscontrati all'aperto (Tabella 2-4).

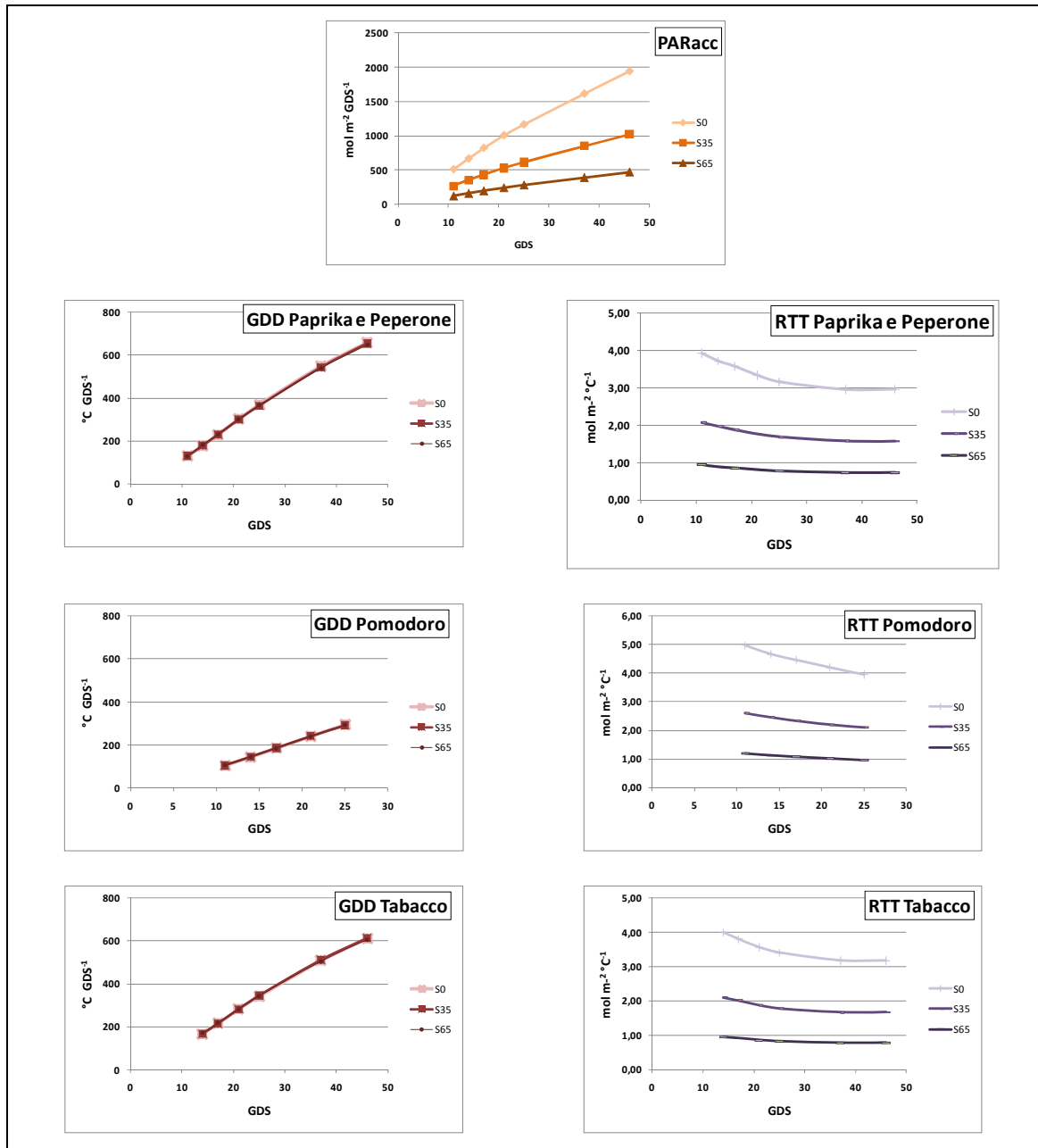
Tabella 2-3. PARacc, GDD e RTT durante la prova a diversi GDS in funzione delle tesi di ombreggiamento e delle specie studiate

TEMPO										
Conologico		Radiante			Termico			Radio-termico		
Tempo	PAR acc (mol m ⁻² GDS ⁻¹)			GDD (°C GDS ⁻¹)			RTT (mol m ⁻² °C ⁻¹)			
PAPRIKA DOLCE E PEPERONE										
GDS	S0	S35	S65	S0	S35	S65	S0	S35	S65	
11	510	269	123	130	130	130	3,92	2,07	0,95	
14	666	352	161	179	179	183	3,71	1,96	0,88	
17	819	432	198	230	231	232	3,57	1,88	0,85	
21	1005	530	243	301	301	302	3,33	1,76	0,81	
25	1163	614	281	369	365	366	3,15	1,68	0,77	
37	1611	850	390	547	543	539	2,94	1,57	0,72	
46	1940	1024	469	657	655	647	2,95	1,56	0,72	
POMODORO										
GDS	S0	S35	S65	S0	S35	S65	S0	S35	S65	
11	510	269	123	103	104	104	4,97	2,59	1,19	
14	666	352	161	143	143	144	4,66	2,45	1,12	
17	819	432	198	184	185	184	4,46	2,34	1,08	
21	1005	530	243	239	241	240	4,20	2,20	1,01	
25	1163	614	281	294	291	293	3,95	2,11	0,96	
TABACCO										
GDS	S0	S35	S65	S0	S35	S65	S0	S35	S65	
14	666	352	161	167	167	172	3,99	2,11	0,94	
17	819	432	198	216	215	218	3,79	2,01	0,91	
21	1005	530	243	282	282	283	3,56	1,88	0,86	
25	1163	614	281	342	346	344	3,40	1,77	0,82	
37	1611	850	390	508	512	505	3,17	1,66	0,77	
46	1940	1024	469	612	614	605	3,17	1,67	0,78	

Tabella 2-4. Umidità, temperatura e radiazione medie, massime e minime misurata durante la prova, per ogni tesi d'ombreggiamento

	Temperatura (°C)		Umidità relativa (%)		PAR (mol m ⁻² d ⁻¹)		Rad (J m ⁻² s ⁻¹)	
	Mass.	Min.	Mass.	Min.	Mass.	Min.	Mass.	Min.
All sole (S0)								
Media	33,9	15,9	91,7	50,0	42,1	9,5	912,5	4,2
Error std	0,7	0,4	0,5	1,9	2,4	0,01	0,8	0,01
Mass ass	42,1	19,3	96	78	62,9	34,1	1143,0	15,0
Min ass	17,8	10,7	78	26	5,9	2,3	238,0	1,0
All'ombra 35 % (S35)								
Media	34,3	15,9	99,4	59,8	22,2	5,0		
Error std	0,8	0,4	0,4	3,5	1,3	0,003		
Mass ass	40,9	19,5	100	100	33,2	18,0		
Min ass	17,9	11	88	28	3,1	1,2		
All'ombra 65 % (S65)								
Media	34,0	16,0	97,5	71,8	10,2	2,3		
Error std	0,6	0,3	0,9	3,0	0,6	0,001		
Mass ass	47,5	19,6	100	100	15,2	8,2		
Min ass	27,3	11,5	80	39	1,4	0,5		

Figura 2-4. Variazioni di PARacc, GDD e RTT durante la prova a diverse GDS in funzione delle tesi di ombreggiamento e delle specie studiate



Valutazioni sulla soluzione delle vasche e la germinazione

In Tabella 2-5 sono riportate le caratteristiche dell'acqua impiegata nella fase di germinazione.

Tabella 2-5. Salinità (CE in mmhos cm⁻¹ a 25°C) e pH all'inizio e alla fine della fase di germinazione

	CE (mmhos cm-1a 25°C)	pH
Acqua di irrigazione	0,28	6,90
Soluzione nel momento di germinazione	0,36	7,83

Si sono osservate differenze dovute alle tesi, con temperature dell'acqua delle vasche che sono progressivamente diminuite passando dal pieno sole, al 35% d'ombreggiamento e al 65% d'ombreggiamento (Figura 2-5).

Nei confronti della CE e del pH della soluzione, non si sono trovate differenze imputabili all'effetto dell'ombreggiamento o della specie (Figure 2-5 e 2-6).

Figura 2-5. Salinità (CE in mmhos cm⁻¹ a 25°C), pH e temperatura (°C) della soluzione nelle vasche in condizione di pieno sole (S0) e reti con il 35% e il 65% d'ombreggiamento, a 14 GDS

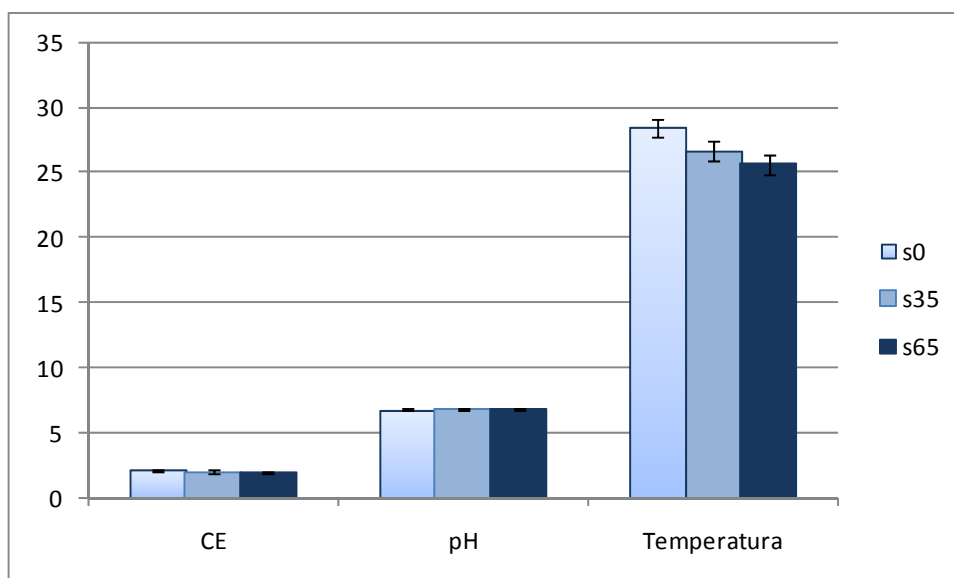
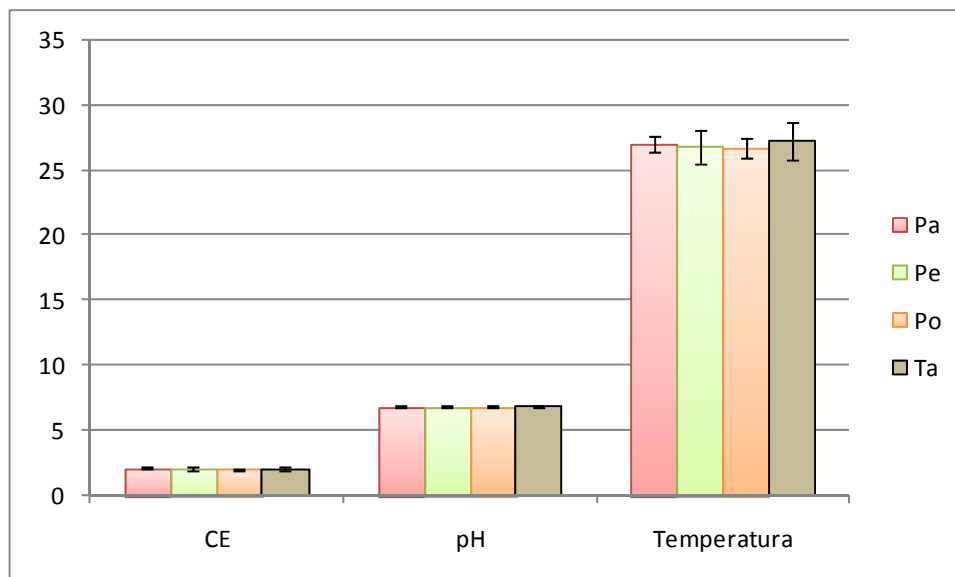


Figura 2-6. Salinità (CE in mmhos cm^{-1} a 25°C), pH e temperature ($^\circ\text{C}$) della soluzione nelle vasche di paprica dolce (Pa), peperone (Pe), pomodoro (Po) e tabacco (Ta), a 14 GDS

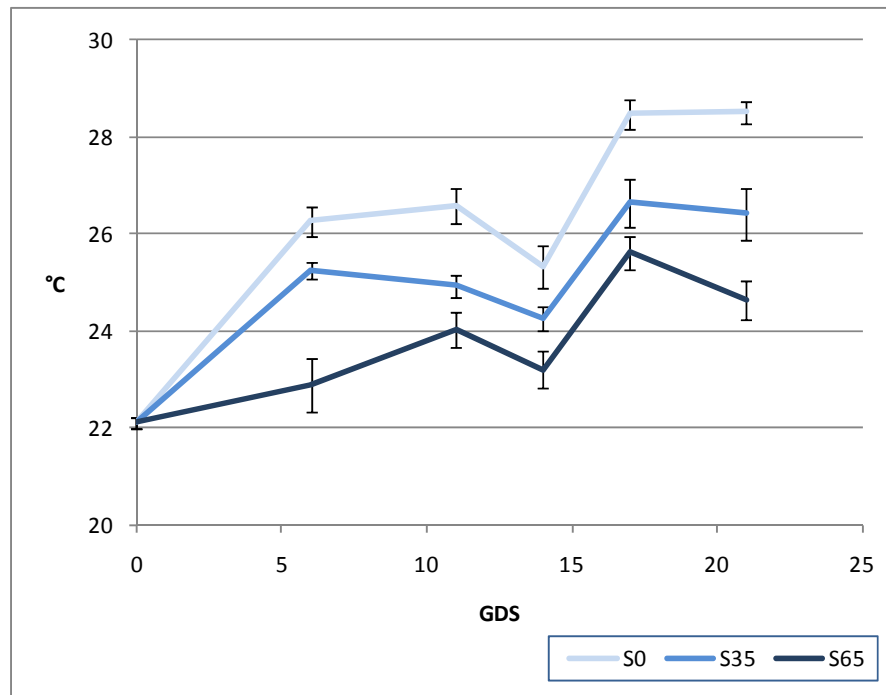


Durante il periodo di germinazione si sono verificati i giorni con il maggiori valori di radiazione (otto giorni con valori $> 1000 \text{ W m}^{-2}$) e maggiori temperature combinate con i valori più bassi di umidità relativa ambientale (minore al 50%); questo ha condizionato tutte le specie della tesi S0 (pieno sole) provocando una minore uniformità di germinazione e una minore germinazione assoluta rispetto agli altri trattamenti di ombreggiamento (circa un 65%), nonostante le vasche fossero state protette con tessuto non tessuto (Figure 2-7 e 2-8). La germinazione è stata anche influenzata dall'umidità ambientale che deve essere maggiore al 50% per il peperone (Zapata Nicolas at al. 1992) e il pomodoro (Nuez 1995). Le temperature sono state superiori a quelle ottimali, per cui si è probabilmente verificata una maggiore sensibilità delle piante alla bassa umidità, come evidenziato da Zapata Nicolas at al. (1992). Questo ha fatto allontanare la tesi S0 dalle condizioni ottimali per la germinazione e sono quindi germinati meno semi, meno uniformemente ed in tempi più lunghi, come anche osservato da Clarke (2001), Hartley et al. (2001), Nuez Viñals (1996) e Dahal e Bradford (1994).

Figura 2-7. Pomodoro in fase di cotiledoni spiegati sotto rette ombreggianti (sinistra) e in pieno sole (destra)



Figura 2-8. Variazioni delle temperature della soluzione nutritiva nella prova di ombreggiamento



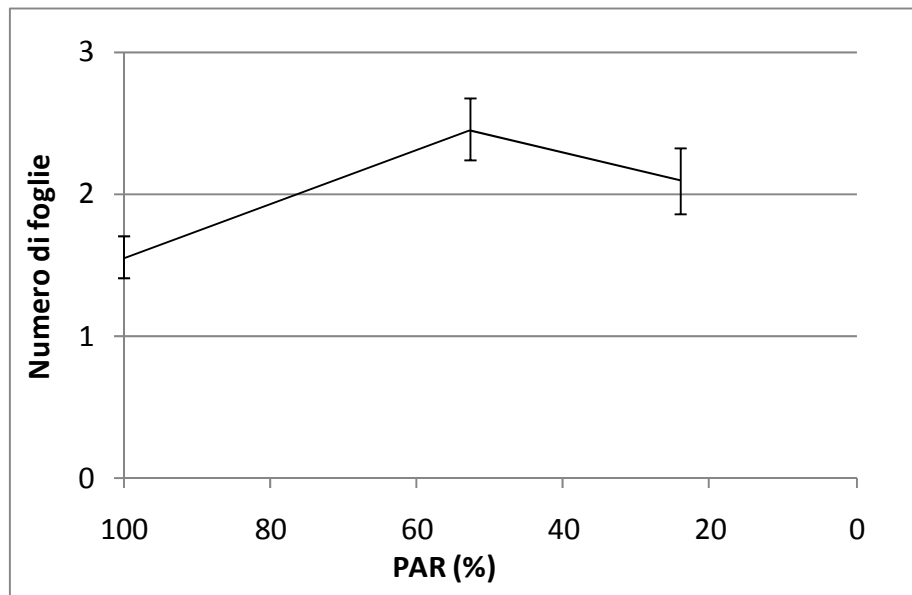
Fattore ombreggiamento

Numero di foglie

Il livello d'ombreggiatura ha influito sul numero di foglie delle piantine. In particolare, un ombreggiamento del 35% ha prodotto un aumento significativo di questo parametro rispetto al pieno sole; maggiori del testimone non ombreggiato, ma inferiore in termini assoluti rispetto alla tesi S35, sono state le foglie prodotte in condizioni di ombreggiamento del 65% (Figure 2-9). Nuez (1995) indica, per pomodoro, che il numero di foglie aumenta con l'aumentare della luminosità, invece nel presente esperimento la condizione ottimale si è realizzata con una diminuzione di circa il 50%

del PAR. Comunque si è avuto un maggiore aumento di biomassa in condizioni di pieno sole. Si è verificato un aumento nella velocità di differenziazione delle foglie, in accordo con quanto osservati in pomodoro da Páez et al. (2000). Tutto questo ha portato alla produzione di foglie più sottili (diminuzione della SS) in condizioni ombreggiate similmente a quanto riportati, per il pomodoro, da Páez et al. (2000) e, per paprica, da Wien (1997).

Figura 2-9. Numero di foglie a 25 GDS in funzione del PAR reale (%)

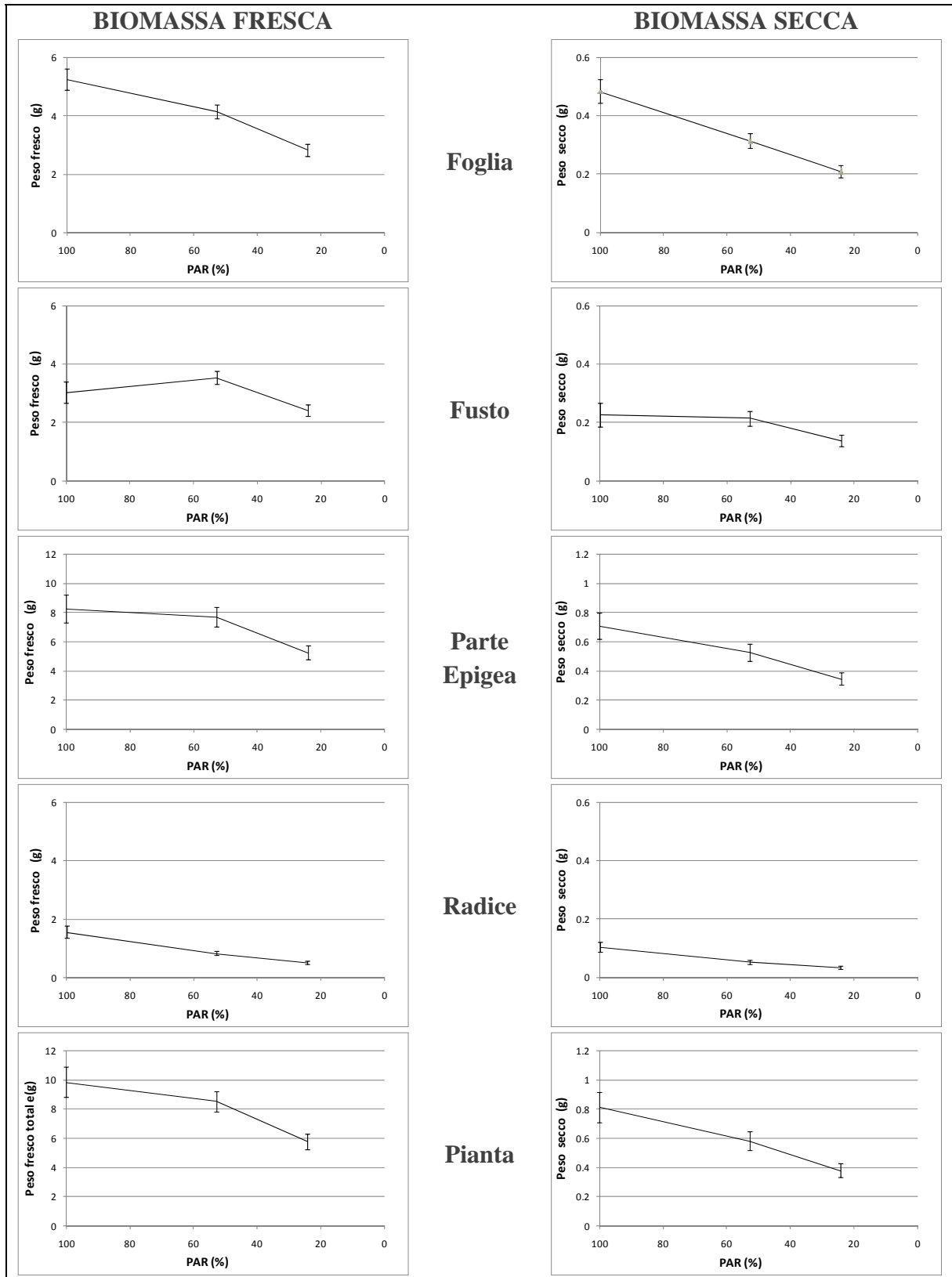


Produzione di biomassa

L'ombreggiamento ha influito più della specie sulla produzione di peso fresco (PF), mentre si è verificato il contrario nel peso secco (PS).

I PF e PS delle radici e delle foglie sono stati significativamente maggiori in condizioni di pieno sole, meno con il 35% d'ombreggiamento e ancora di meno con il 65% (Figure 2-10). Questo è in linea con quanto riportato da Wien (1997) e Nuez (1995), indicando che con l'ombreggiamento si sono realizzate condizioni sub ottimali nei riguardi del fattore luce.

Figura 2-10. Produzione di biomassa fresca e secca (g) alla fine della prova in funzione del PAR (%)



Nel PF e PS del fusto non si sono osservate, invece, differenze tra il pieno sole e

l'ombreggiamento del 35%, mentre si possono notare delle differenze tra queste e il 65% di ombreggiamento (Figure 2-10). In modo analogo, Wien (1997) e Nuez (1995) hanno osservato che con radiazione troppo bassa la crescita dello stelo è più contenuta.

I PF e PS totali della parte epigea della pianta sono stati significativamente minori con il 65% di ombreggiamento (Figure 2-10).

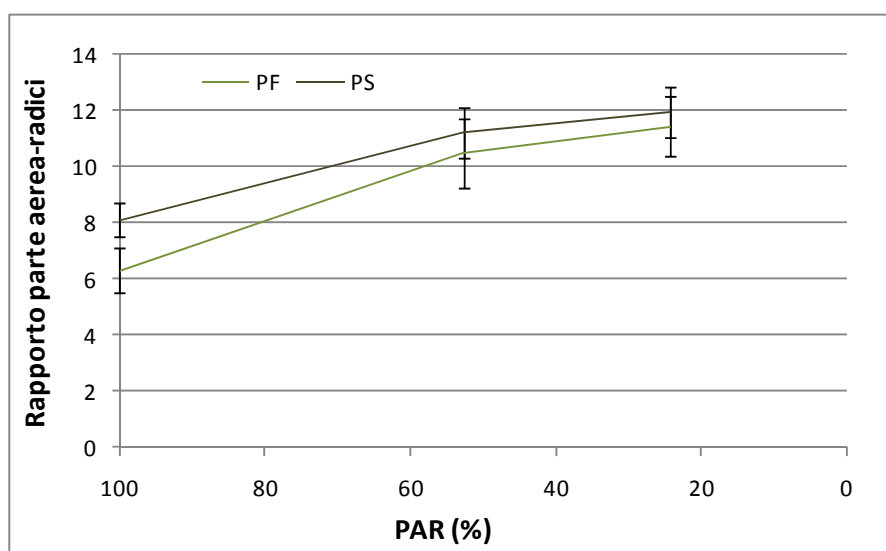
Analogamente, il PS totale della pianta è stato maggiore in condizioni di pieno sole, minore al 35% di ombra e ancora minore con il 65% di ombra (Figure 2-10).

La produzione di biomassa è, in definitiva, legata positivamente al PAR come è stato dimostrato anche da Monteith (1977), Kania e Giacomelli (2010), Fraszczak e Knaflewski (2009), Yuan e Bland (2005).

Valutazioni allometriche

Il rapporto tra parte epigea e ipogea della pianta, sia in termini di PF che di PS, ha mostrato il valore migliore (più basso) in condizioni di pieno sole (Figure 2-11). Wien (1997) riporta che l'alta luminosità, in condizioni di temperature normali, promuove un rapporto tra parte aerea e radici più basso, mentre il contrario avviene alle alte temperature.

Figura 2-11. Rapporto tra parte aerea e radici in termini di PF e PS, alla fine della prova di ombreggiamento

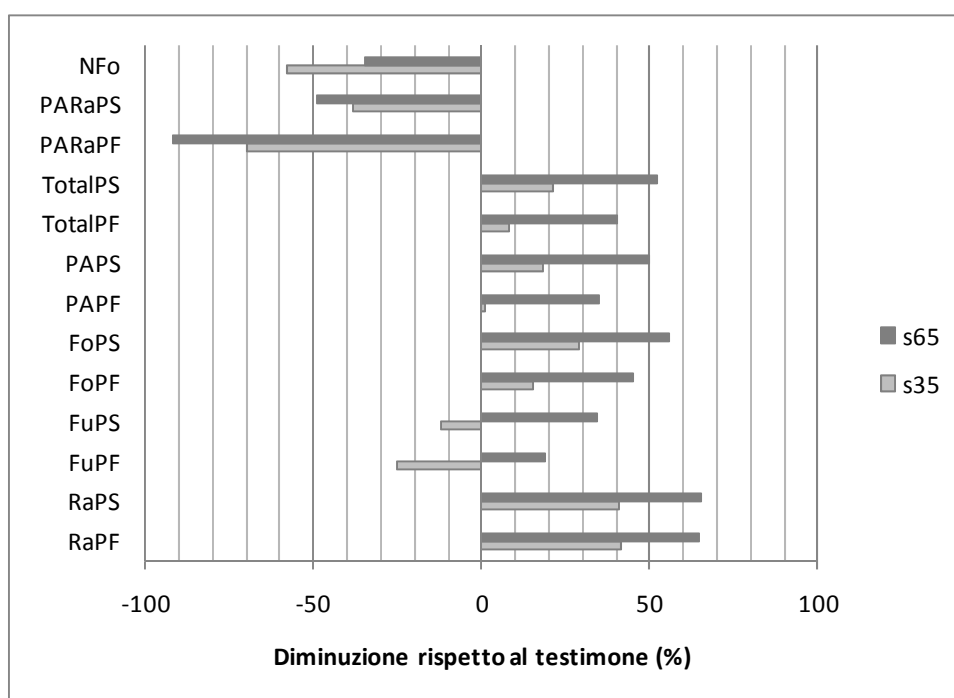


Sia l'ombreggiamento che la specie hanno influito significativamente sul rapporto parte epigea/radici per il PF, mentre solamente la specie ha influenzato su questo rapporto nel PS.

Quanto osservato in questa prova (Figura 2-12) è in linea con quanto riportato da Martorell (2002), Wien (1997), Huber (1996) e Nuez (1995) e in contrasto con quanto osservato in pomodoro da Páez et al. (2000). Questi ultimi autori, comunque, hanno

usato l'ombreggiamento per evitare temperatura eccessive, e il trattamento è risultato positivo in quanto ha permesso di realizzare una maggiore produzione di biomassa e un minore rapporto parte epigea/radice.

Figura 2-12. Diminuzione delle variabili influenzate dal fattore ombreggiamento, rispetto alla crescita in pieno sole.



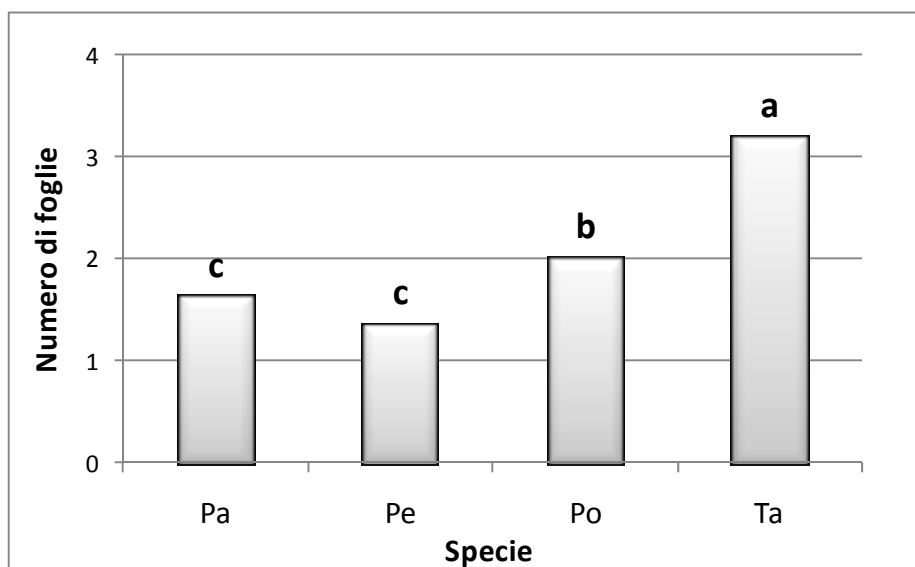
Fattore specie

Numero di foglie

La variazione del numero di foglie tra le specie è maggiore rispetto alla variazione dovuta all'effetto dell'ombreggiamento.

La maggiore quantità di foglie è stata rilevata nel tabacco, intermedia nel pomodoro e minore, e in eguale misura, nella paprica e nel peperone (Figure 2-13).

Figura 2-13. Numero di foglie in funzione della specie, a 25 GDS



Produzione di biomassa

L'analisi della varianza ha evidenziato che, nella produzione di peso secco, ha influito di più la specie che l'ombreggiamento.

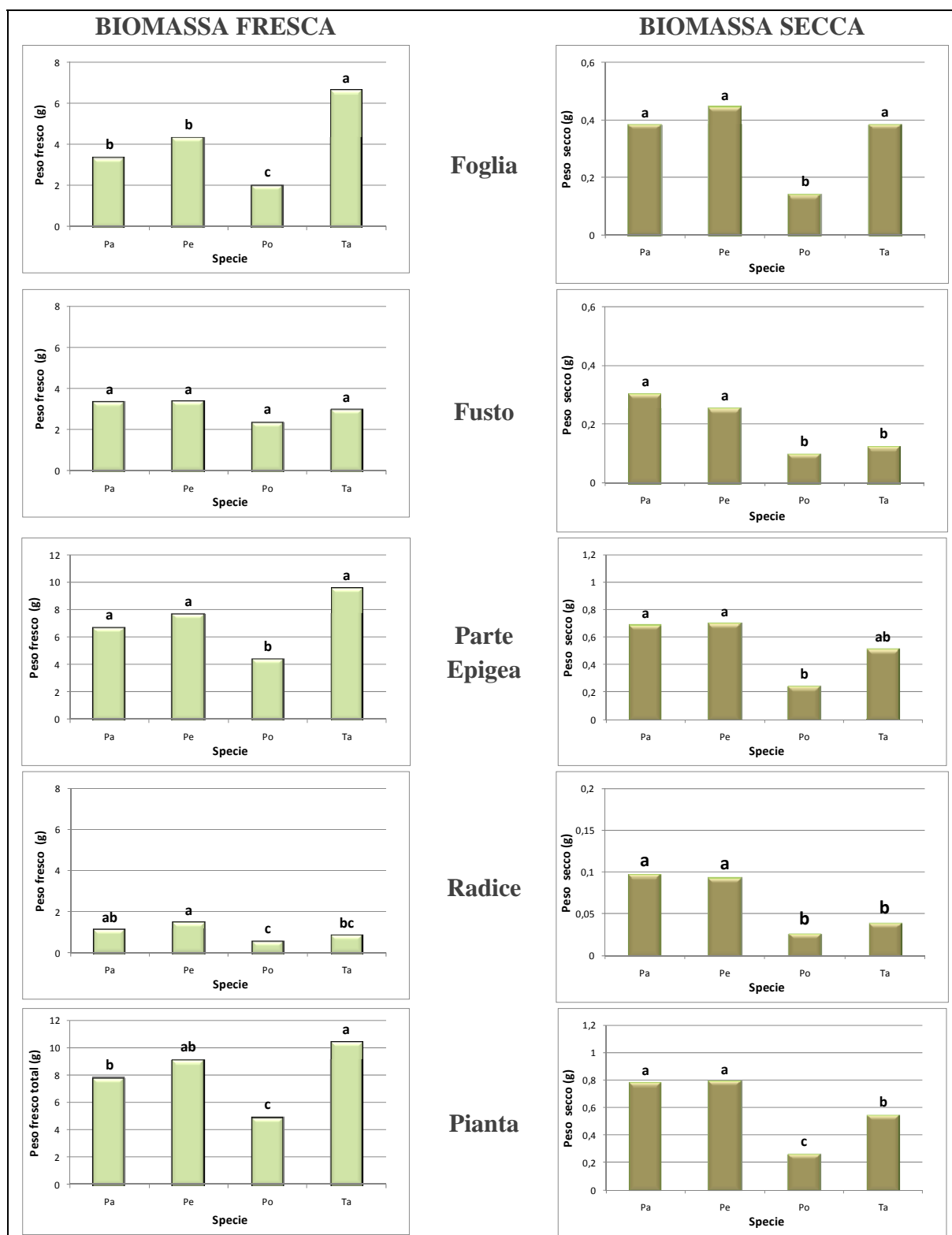
Il PF delle foglie è stato maggiore nel tabacco rispetto alla paprica e al peperone e, soprattutto, al pomodoro. Invece il PS delle foglie è risultato ugualmente superiore in tabacco, paprica e peperone rispetto al pomodoro (Figure 2-14).

Il PF del fusto non è stato diverso nelle quattro specie, mentre per quanto riguarda il PS del fusto si è visto che paprica e peperone si sono comportate nello stesso modo ($\alpha > 0,05$) con valori maggiori rispetto a pomodoro e tabacco (Figure 2-14).

Il PF e il PS della parte epigea della pianta è stato significativamente minore nel pomodoro (Figure 2-14).

Il PF e PS delle radici di paprica e peperone sono stati i più elevati di quelli di tabacco e pomodoro (Figure 2-14).

Figura 2-14. Produzione di biomassa fresca e secca (g) alla fine della prova in funzione della specie



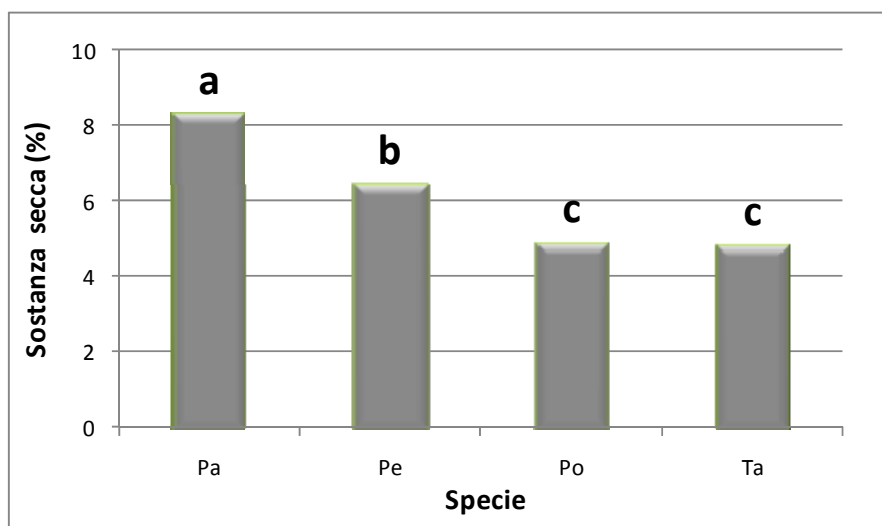
Per quanto riguarda il PF totale e della parte epigea della pianta, il tabacco ha riportato i valori maggiori, differenziandosi dalla paprica dolce e, a sua volta, questa dal pomodoro. Il peperone ha mostrato un comportamento intermedio tra il tabacco e la

paprica (Figure 2-14).

Il PS totale della pianta è stato maggiore nella paprica e peperone, seguito dal tabacco e, ultimo, il pomodoro (Figure 2-14).

La percentuale di sostanza secca (SS) delle radici è stata influenzata soltanto dalla specie. Il valore più alto è stato espresso nella paprica dolce, seguita dal peperone e quindi da pomodoro e tabacco, in eguale misura (Figure 2-15).

Figura 2-15. Sostanza secca delle radici alla fine della prova, in funzione della specie

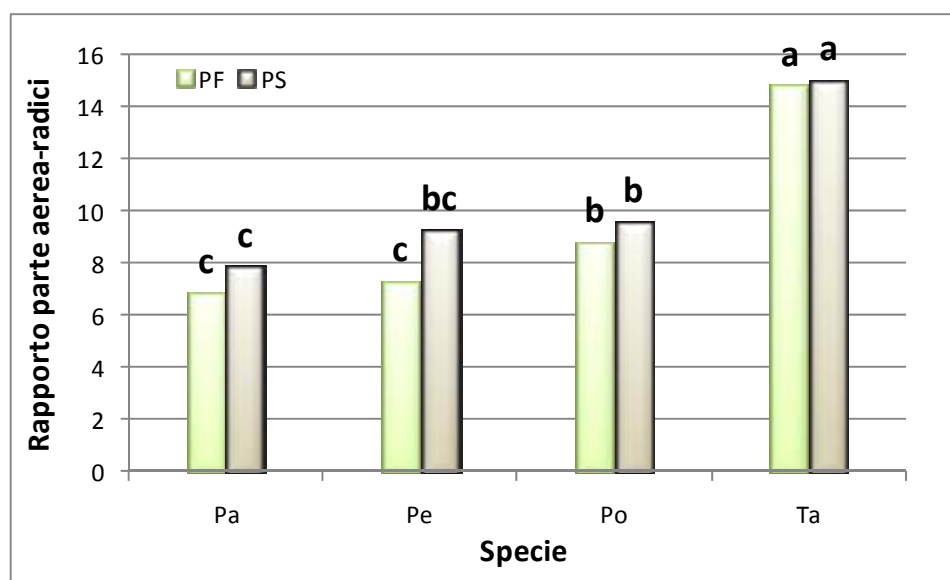


Valutazioni allometriche

Il rapporto tra parte epigea della pianta e le radici in termini di PF e PS, evidenzia valori migliori (più bassi) per paprica e peperone, intermedi per pomodoro intermedio e peggiore per tabacco (Figure 2-16).

Nel PS ha influito di più la specie, mentre nel PF i due fattori hanno avuto una importanza simile.

Figura 2-16. Rapporto parte epigea e radici in termini di PF e PS, alla fine della prova per le quattro specie



Interazione “ombreggiamento x specie”

Altezza e diametro

L'ombreggiamento ha influenzato ($\alpha < 0,01$) in maniera diversa le specie studiate mentre, in generale, è la specie che ha influito maggiormente sull'altezza delle piante e sul diametro del colletto.

Paprica e tabacco hanno visto diminuire il loro diametro al colletto con la diminuzione del PAR. Peperone e pomodoro hanno invece riportato il valore massimo in corrispondenza del 50% del PAR (Figura 2-17).

L'altezza della pianta è aumentata fino ad anche il 50% di riduzione del PAR, per dopo scendere alla ulteriore diminuzione della luce. Questo cambiamento non è stato significativo nella paprica (Figura 2-18). Secondo Nuez (1995) l'aumento della altezza indica una quantità sub-ottimale di luce, però oltre ad una certa riduzione, la riduzione è tale da risultare talmente limitante da compromettere la produzione di fotoassimilati. Questo si rifletterà, come si vedrà più avanti, anche sulla diminuzione della SS dei fusti.

Figura 2-17. Diametro del colletto in funzione del PAR e della specie

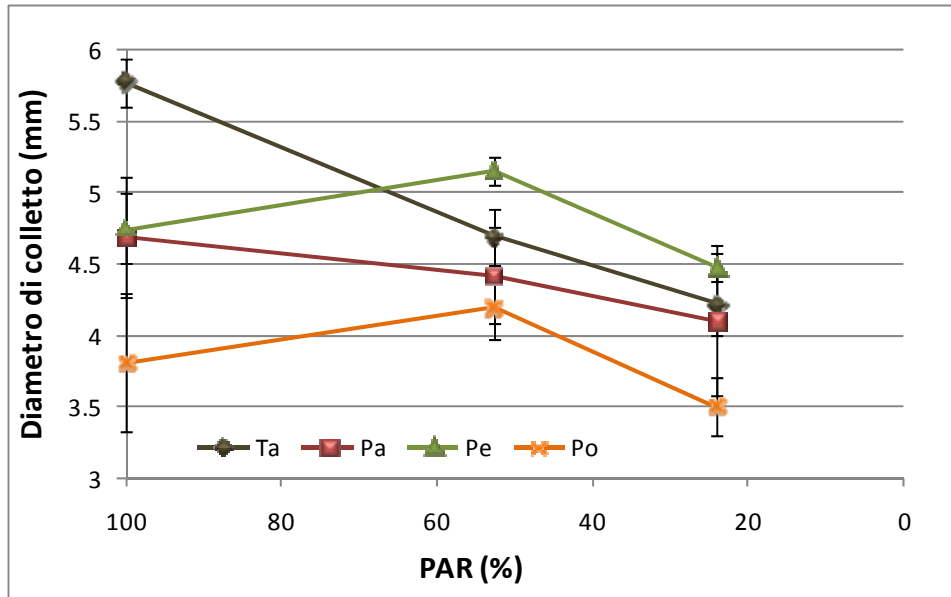
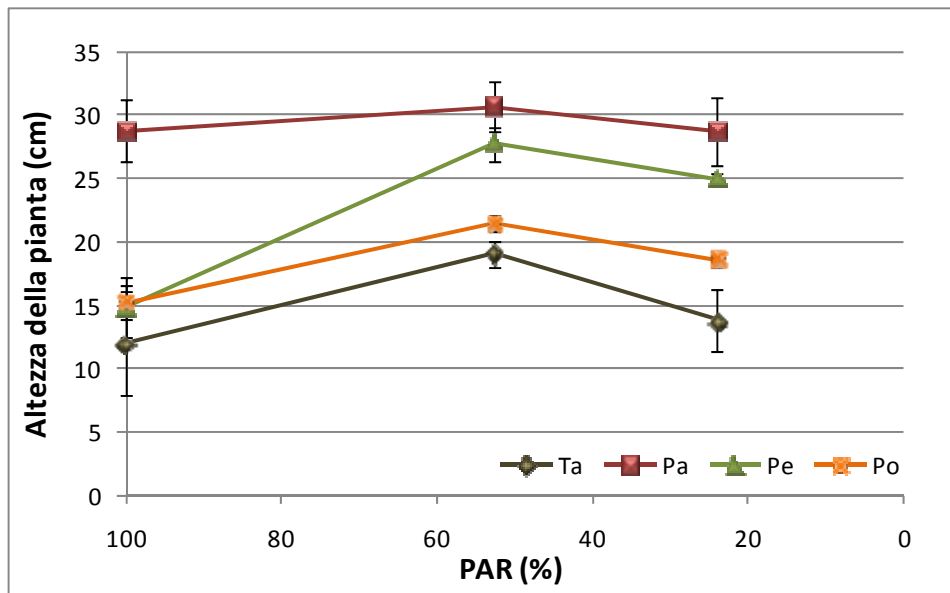


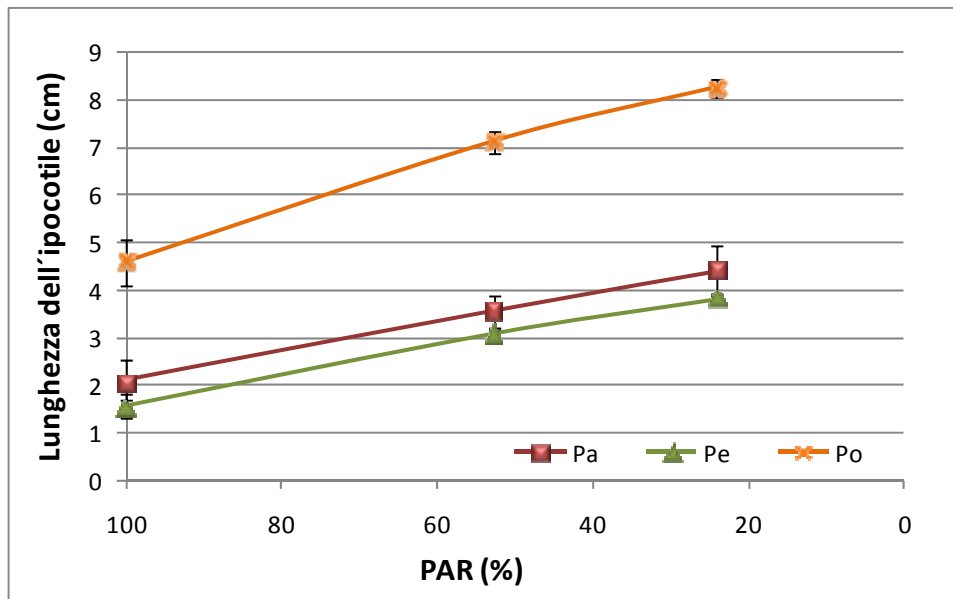
Figura 2-18. Altezza della pianta in funzione del PAR e della specie



Lunghezza degli internodi

L'ipocotile ha risposto all'ombreggiamento allungandosi significativamente al diminuire della luminosità (Figura 2-19). Ciò si è riscontrato in tutte le specie, compreso il tabacco (dati non riportati).

Figura 2-19. Lunghezza dell'ipocotile in funzione del PAR e della specie, a 25 GDS



Nel pomodoro, la lunghezza del 1° e il 2° internodo non ha mostrato differenze, invece la lunghezza del 3° internodo è diminuita ($\alpha < 0,05$) con l'ombreggiamento del 65% (Figure 2-20 e 2-21). In questi internodi, in tabacco non si sono osservati cambiamenti dovuti all'ombreggiamento (dati non mostrati).

Nella paprica e nel peperone, l'allevamento all'ombra ha fatto aumentare la lunghezza degli internodi dal 1° al 5°, risultando inoltre significativamente maggiore nella paprica rispetto al peperone. Come per pomodoro, alla maggiore riduzione del PAR si è assistito ad una contrazione della lunghezza del 1° e 2° internodo (Figure 2-20 e 2-21).

Figura 2-20. Lunghezza del primo internodo in funzione del PAR e della specie, a 25 GDS

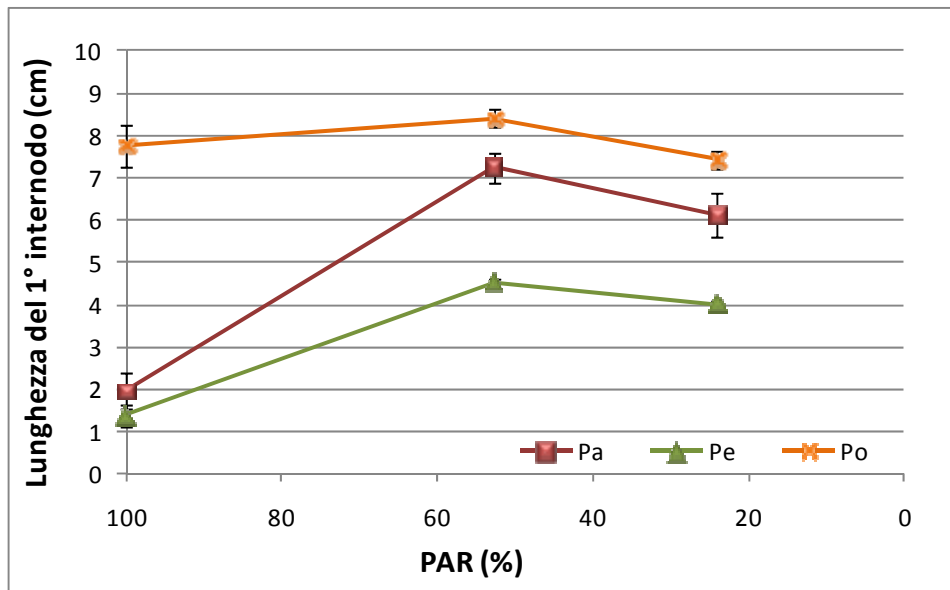
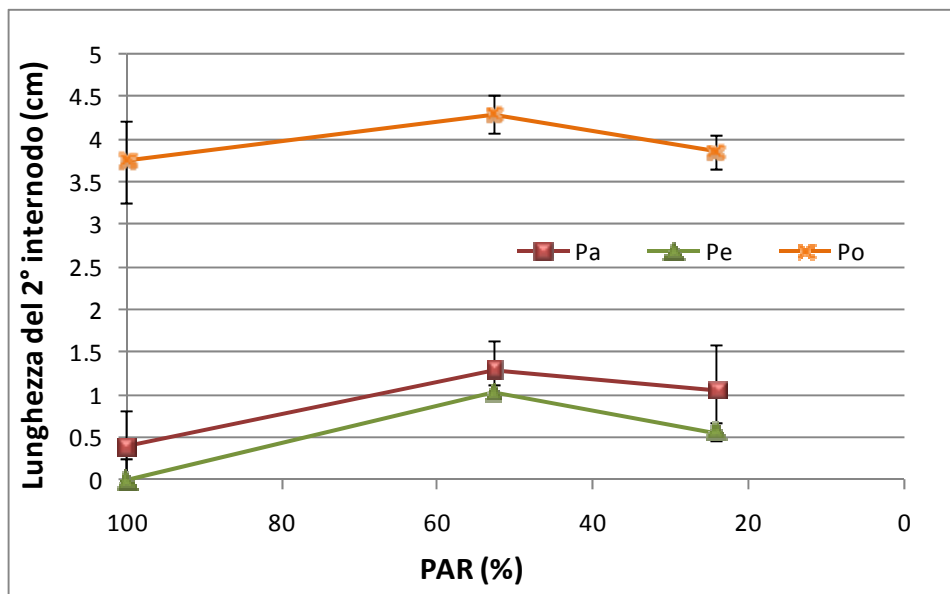


Figura 2-21. Lunghezza del secondo internodo in funzione del PAR e della specie, a 25 GDS



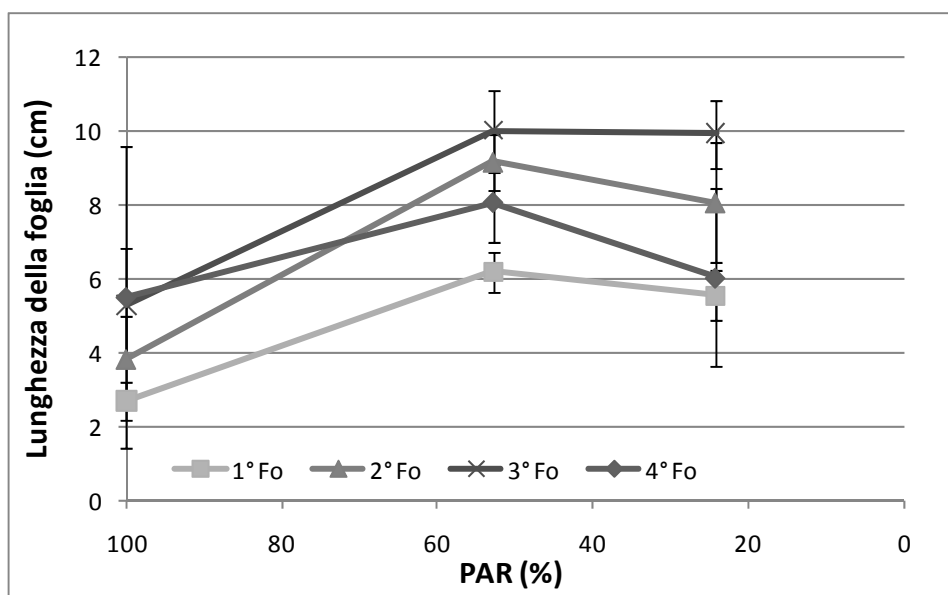
La specie sono state il fattore più importante nel determinare la lunghezza degli altri internodi superiori al 3° (dati non mostrati).

Lunghezza delle foglie (tabacco)

Nei riguardi della lunghezza cumulata delle foglie, si sono osservate differenze significative a 37 GDS, con il valore minore in condizioni di pieno sole. Alla fine della prova (46 GDS) queste differenze sono scomparse, però l'ombreggiamento del 65% ha prodotto una riduzione significativa della lunghezza della 4ª foglia; i valori maggiori

sono stati ottenuti con il 35% di ombreggiamento (Figura 2-22).

Figura 2-22. Lunghezza della foglia di tabacco in funzione del PAR e posizione della foglia, a 37 GDS



Tutte queste modificazioni morfologiche sarebbero dovute alle capacità plastiche delle piante che mettono in atto una serie di meccanismi atti a migliorare l'assimilazione della luce, come sostiene Martorell (2002) e Huber (1996).

Sostanza secca

Rispetto alla SS dei fusti e delle foglie, le specie hanno risposto diversamente all'ombreggiamento.

In condizioni di pieno sole, la paprica e il peperone hanno avuto un contenuto di SS di fusto e foglie più elevato (circa doppio) rispetto al pomodoro e al tabacco (Figure 2-23 e 2-24).

La SS delle foglie e del fusto, nella paprica e nel peperone, si è ridotta con il calo della luminosità; invece nel pomodoro e nel tabacco si è mantenuta quasi costante (Figure 2-23 e 2-24), in modo simile a quanto osservato da Nuez (1995).

Nuez (1995) sostiene che le foglie del pomodoro sono più spesse (maggiore SS) quando crescono con un'elevata illuminazione. Nella presente prova questo si è verificato in paprica e peperone ma non in pomodoro.

Figura 2-23. Sostanza secca delle foglie (%) in funzione del PAR e della specie, alla fine della prova

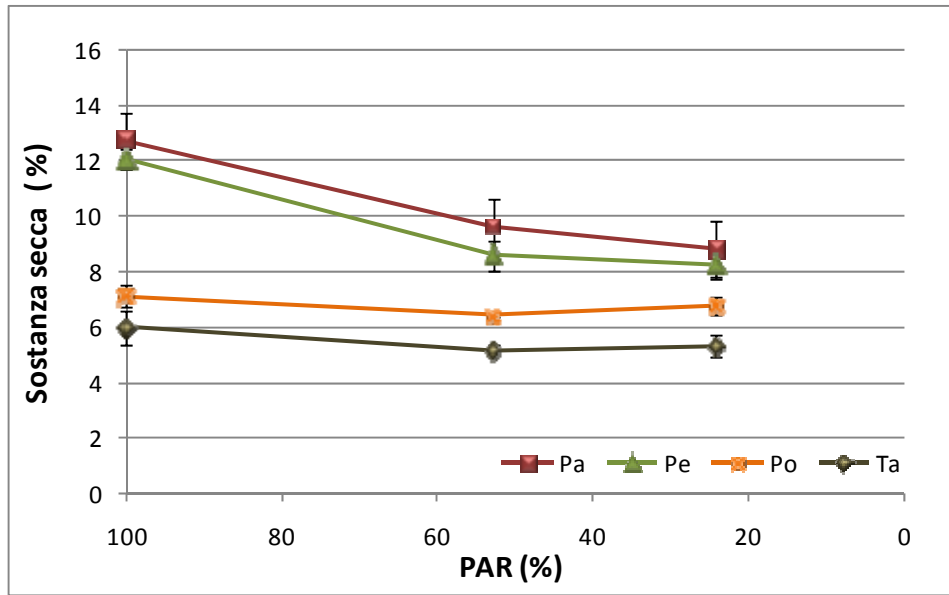
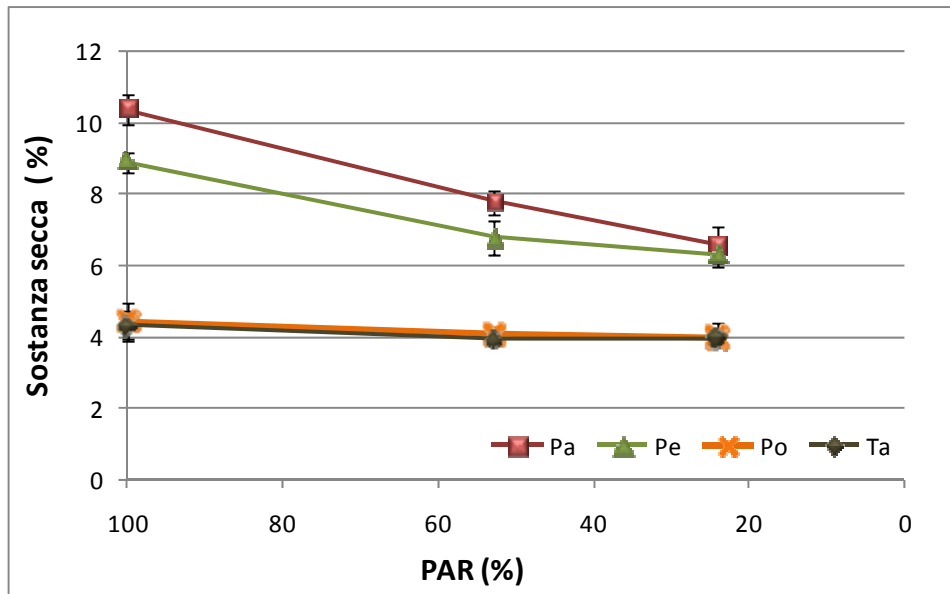


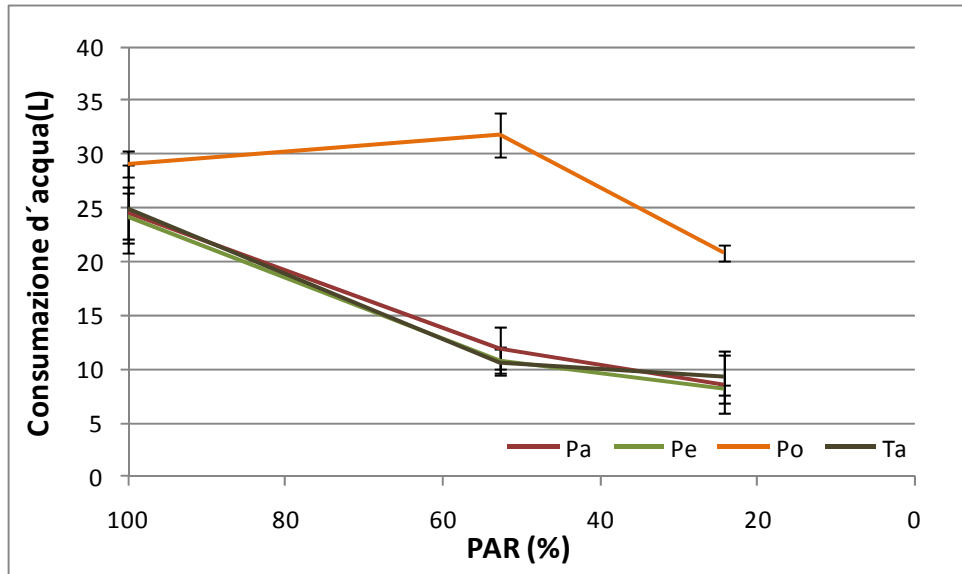
Figura 2-24. Sostanza secca dei fusti (%) in funzione del PAR e della specie, alla fine della prova



Consumo d'acqua

Con l'ombreggiamento si è ridotto significativamente anche il consumo d'acqua. Il pomodoro ha avuto un consumo molto maggiore rispetto alle altre specie, che non si sono differenziate tra loro (Figura 2-25).

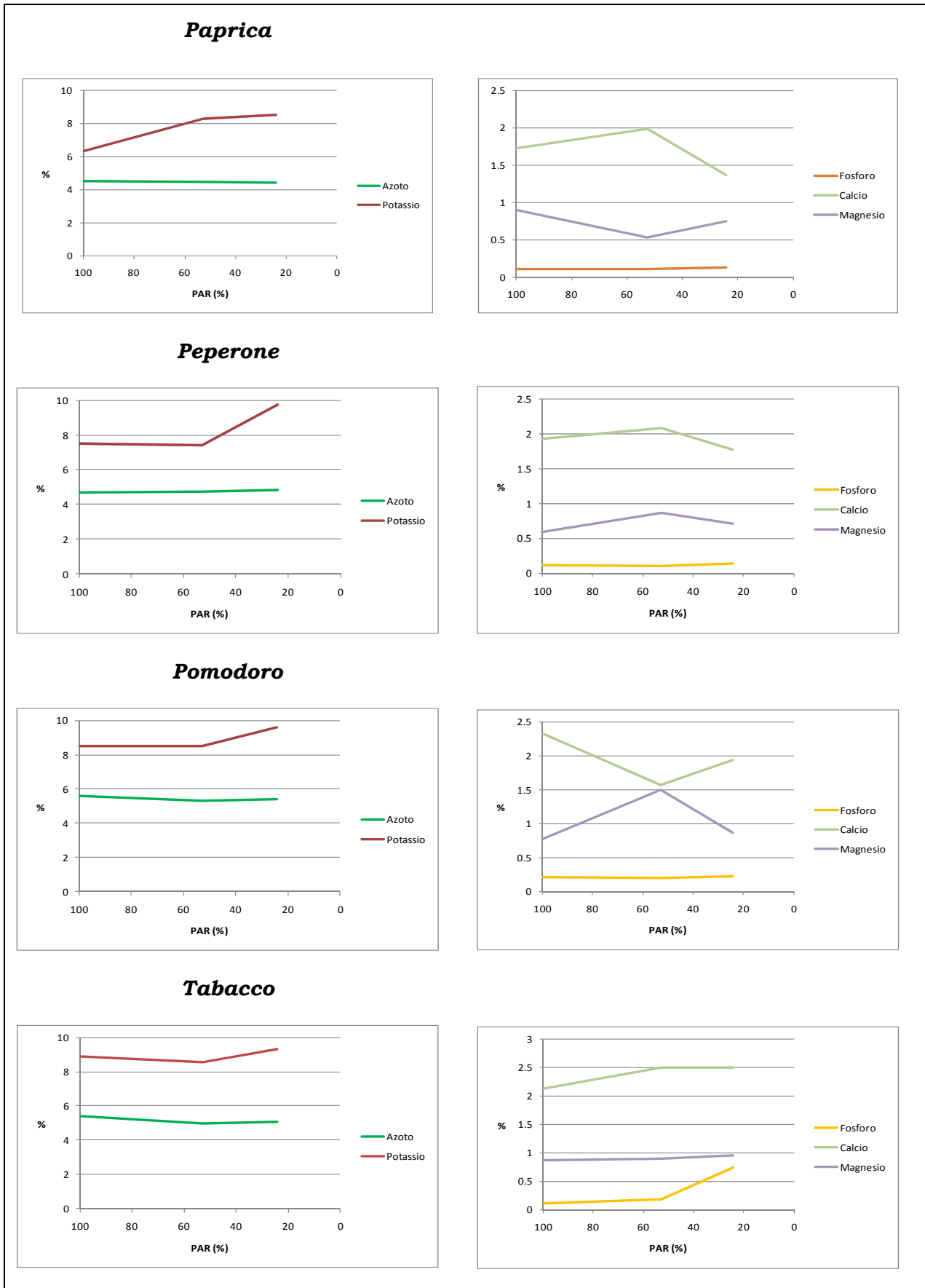
Figura 2-25. Consumazione d'acqua del tutto il ciclo di coltivazione per vasca



Composizione chimiche delle piante

La mancanza di ripetizioni nelle analisi dei contenuti di nutrienti delle piantine non permette l'applicazione di test statistici. Comunque si può osservare una tendenza all'aumento della concentrazione del potassio nelle piante sottoposte ad ombreggiamento, mentre l'azoto sembra rimanere invariato (Figura 2-26).

Figura 2-26. Concentrazione dei nutrienti nelle piante in funzione del PAR e della specie



Crescita cumulata

Nella fase di vivaio, le variabili altezza, diametro del colletto e lunghezza dell'ipocotile hanno presentato una crescita esponenziale. Nel tabacco anche la crescita delle foglie è stata ben descrivibile da una curva esponenziale.

Analizzando le relazioni tra le diverse espressioni del tempo (Figura 2-4) e tenendo in considerazione che l'ombreggiamento non ha avuto influenza sulle temperature, si può ritenere che sia equivalente usare il tempo cronologico e il tempo termico per lo studio delle curve di crescita. Gli effetti dei trattamenti su altezza della pianta, lunghezza dell'ipocotile e diametro del colletto delle specie orticole e la lunghezza delle foglie di tabacco risultano molto più evidenti quando la crescita della pianta viene messa in relazione con la PARacc (Tabelle 2-6, 2-7, 2-8, 2-9, 2-10, 2-11). Relativamente alle specie orticole, le analisi di regressione mettono in evidenza che l'ombreggiamento ha influito sul tasso di crescita di tutti i parametri considerati: con la riduzione della PARacc si è verificato un significativo aumento del tasso di crescita (anche del 400%) (Tabelle 2-9, 2-10, 2-11 e Figure 2-28, 2-29, 2-30). Analogamente, in tabacco, all'aumentare dell'ombreggiamento si è assistito ad un aumento del tasso di crescita della lunghezza di tutte le foglie e della lunghezza cumulata (Tabella 2-9 e Figura 2-31). Come si è evidenziato sopra, i trattamenti hanno indotto risposte significative in termini di accrescimento finale dei diversi parametri ma queste differenze non sono ampie così come ci si potrebbe aspettare dall'analisi delle curve di crescita. Questo, indica chiaramente che le piante hanno messo in atto dei cambiamenti morfo-fisiologici tali da migliorare l'efficienza dell'intercettazione e assimilazione della risorsa luce (Martorell 2002, Huber 1996).

La superficie che sottende la curva di crescita (ASCPC) costituisce un indice semplice, ma significativo, dell'intero processo di crescita. Come si può notare nella Tabella 2-12, in paprica e pomodoro l'effetto dell'ombreggiamento sull'accrescimento in altezza e lunghezza dell'ipocotile è risultato significativo solamente con l'ombreggiamento più elevato. Diversamente, il diametro al colletto è progressivamente diminuito all'aumentare dell'ombreggiamento. In peperone, l'integrale dell'accrescimento in altezza è risultato maggior, rispetto al pieno sole, nel caso dell'impiego di rete ombreggiante al 35%; un ulteriore aumento dell'ombreggiamento ha prodotto un drastico calo di questo parametro. Relativamente al diametro, aumentando l'ombreggiamento questo ha mostrato una progressiva diminuzione mentre la lunghezza dell'ipocotile ha presentato riduzioni significative solamente con il 65% di ombra. Infine, per il tabacco, l'integrale delle curve di crescita della lunghezza della lamina fogliare della 1^a, 2^a, 3^a, 4^a foglia e della loro sommatoria è sempre risultato significativamente inferiore, rispetto al testimone, soltanto al livello massimo di ombreggiamento.

Tabella 2-6. Parametri delle regressioni tra altezza della pianta in ortaggi o lunghezza di foglia in tabacco e GDD

GDD		PAPRICA DOLCE (Altpi)					
		S0		S35		S65	
		Media	Err. St.	Media	Err. St.	Media	Err. St.
Intercetta	a	-1,881	±0.1391	-0,524	±0.1407	-0,403	±0.1234
Pendenza	b _(x)	0,008	±0.0003	0,006	±0.0004	0,006	±0.0003
Coeficiente di correlazione	R ²	0,963		0,924		0,935	
		PEPERONE (Altpi)					
Intercetta	a	-1,706	±0.1890	-0,855	±0.1109	-0,605	±0.0961
Pendenza	b _(x)	0,007	±0.0004	0,007	±0.0003	0,006	±0.0002
Coeficiente di correlazione	R ²	0,905		0,955		0,959	
		POMODORO (Altpi)					
Intercetta	a	-0,616	±0.1334	0,034	±0.1213	0,553	±0.0905
Pendenza	b _(x)	0,012	±0.0006	0,011	±0.0006	0,009	±0.0004
Coeficiente di correlazione	R ²	0,946		0,950		0,954	
		TABACCO (Lung1Fo)					
Intercetta	a	-3,183	±0.3280	-1,060	±0.1916	-0,874	±0.1770
Pendenza	b _(x)	0,009	±0.0007	0,006	±0.0004	0,005	±0.0003
Coeficiente di correlazione	R ²	0,914		0,934		0,933	
		TABACCO (Lung2Fo)					
Intercetta	a	-3,408	±0.5046	-1,838	±0.2256	-1,652	±0.1706
Pendenza	b _(x)	0,010	±0.0011	0,008	±0.0005	0,007	±0.0003
Coeficiente di correlazione	R ²	0,848		0,946		0,966	
		TABACCO (Lung3Fo)					
Intercetta	a	-3,247	±0.6409	-2,571	±0.1747	-2,993	±0.2020
Pendenza	b _(x)	0,010	±0.0013	0,009	±0.0004	0,010	±0.0004
Coeficiente di correlazione	R ²	0,851		0,977		0,973	
		TABACCO (Lung4Fo)					
Intercetta	a	-4,244	±0.4232	-3,685	±0.2525	-2,554	±0.3552
Pendenza	b _(x)	0,011	±0.0008	0,011	±0.0005	0,008	±0.0008
Coeficiente di correlazione	R ²	0,945		0,965		0,891	
		TABACCO (LungFoTot)					
Intercetta	a	-3,747	±0.2752	-2,750	±0.2858	-2,581	±0.2824
Pendenza	b _(x)	0,013	±0.0007	0,012	±0.0007	0,012	±0.0007
Coeficiente di correlazione	R ²	0,940		0,929		0,923	

Tabella 2-7. Parametri delle regressioni tra diametro di colletto in ortaggi e GDD

GDD		PAPRICA DOLCE (Diam)					
		S0		S35		S65	
		Media	Err. St.	Media	Err. St.	Media	Err. St.
Intercetta	a	-0,649	±0.0458	-0,374	±0.0418	-0,420	±0.0412
Pendenza	b _(x)	0,003	±0.0001	0,003	±0.0001	0,003	±0.0001
Coeficiente di correlazione	R ²	0,975		0,964		0,962	
		PEPERONE (Diam)					
Intercetta	a	-0,589	±0.0511	-0,400	±0.0436	-0,479	±0.0383
Pendenza	b _(x)	0,003	±0.0001	0,003	±0.0001	0,003	±0.0001
Coeficiente di correlazione	R ²	0,967		0,967		0,974	
		POMODORO (Diam)					
Intercetta	a	-0,625	±0.0767	-0,286	±0.0736	-0,272	±0.0597
Pendenza	b _(x)	0,007	±0.0003	0,006	±0.0003	0,005	±0.0003
Coeficiente di correlazione	R ²	0,950		0,941		0,947	

Tabella 2-8. Parametri delle regressioni tra lunghezza del ipocotile in ortaggi e GDD

GDD		PAPRICA DOLCE (Ipoc)					
		S0		S35		S65	
		Media	Err. St.	Media	Err. St.	Media	Err. St.
Intercetta	a	-0,812	±0.1544	0,134	±0.0962	0,229	±0.1108
Pendenza	b _(x)	0,003	±0.0004	0,002	±0.0002	0,003	±0.0003
Coeficiente di correlazione	R ²	0,755		0,774		0,745	
		PEPERONE (Ipoc)					
Intercetta	a	-0,881	±0.1538	-0,090	±0.1196	0,009	±0.1170
Pendenza	b _(x)	0,003	±0.0004	0,002	±0.0003	0,003	±0.0003
Coeficiente di correlazione	R ²	0,737		0,696		0,754	
		POMODORO (Ipoc)					
Intercetta	a	0,123	±0.0742	0,818	±0.0749	1,116	±0.0641
Pendenza	b _(x)	0,005	±0.0004	0,004	±0.0004	0,004	±0.0003
Coeficiente di correlazione	R ²	0,926		0,880		0,887	

Tabella 2-9. Parametri delle regressioni tra altezza della pianta in ortaggi o lunghezza di foglia in tabacco e PARacc

PAR		PAPRICA DOLCE (Altpi)					
		S0		S35		S65	
		Media	Err. St.	Media	Err. St.	Media	Err. St.
Intercetta	a	-2,512	±0.1667	-0,977	±0.1638	-0,790	±0.1422
Pendenza	b _(x)	0,003	±0.0001	0,005	±0.0002	0,009	±0.0004
Coeficiente di correlazione	R ²	0,962		0,924		0,934	
		PEPERONE (Altpi)					
Intercetta	a	-2,227	±0.2202	-1,328	±0.1265	-0,993	±0.1098
Pendenza	b _(x)	0,003	±0.0001	0,005	±0.0001	0,009	±0.0003
Coeficiente di correlazione	R ²	0,906		0,957		0,960	
		POMODORO (Altpi)					
Intercetta	a	-1,190	±0.1691	-0,486	±0.1376	0,132	±0.0914
Pendenza	b _(x)	0,003	±0.0001	0,006	±0.0003	0,010	±0.0004
Coeficiente di correlazione	R ²	0,943		0,956		0,969	
		TABACCO (Lung1Fo)					
Intercetta	a	-1,1896	±0.1691	-0,486	±0.1376	0,1324	±0.0914
Pendenza	b _(x)	0,00336	±0.0001	0,006	±0.0003	0,0103	±0.0004
Coeficiente di correlazione	R ²	0,94257		0,9563		0,9685	
		TABACCO (Lung2Fo)					
Intercetta	a	-4,124	±0.5730	-2,379	±0.2681	-2,104	±0.1887
Pendenza	b _(x)	0,003	±0.0003	0,005	±0.0003	0,011	±0.0005
Coeficiente di correlazione	R ²	0,852		0,942		0,967	
		TABACCO (Lung3Fo)					
Intercetta	a	-3,919	±0.7265	-3,207	±0.2343	-3,562	±0.2739
Pendenza	b _(x)	0,003	±0.0004	0,006	±0.0003	0,014	±0.0007
Coeficiente di correlazione	R ²	0,851		0,968		0,961	
		TABACCO (Lung4Fo)					
Intercetta	a	-4,981	±0.5181	-4,417	±0.3337	-3,048	±0.4084
Pendenza	b _(x)	0,004	±0.0003	0,007	±0.0004	0,012	±0.0011
Coeficiente di correlazione	R ²	0,936		0,953		0,887	
		TABACCO (LungFoTot)					
Intercetta	a	-4,689	±0.3266	-3,651	±0.3486	-3,301	±0.3329
Pendenza	b _(x)	0,005	±0.0002	0,008	±0.0005	0,017	±0.0010
Coeficiente di correlazione	R ²	0,938		0,923		0,919	

Tabella 2-10. Parametri delle regressioni tra diametro di colletto in ortaggi e PARacc

PAR		PAPRICA DOLCE (Diam)					
		S0		S35		S65	
		Media	Err. St.	Media	Err. St.	Media	Err. St.
Intercetta	a	-0,906	±0.05379	-0,575	±0.0469	-0,594	±0.0448
Pendenza	b _(x)	0,001	±0.00004	0,002	±0.0001	0,004	±0.0001
Coeficiente di correlazione	R ²	0,976		0,966		0,966	
		PEPERONE (Diam)					
		S0		S35		S65	
		Media	Err. St.	Media	Err. St.	Media	Err. St.
Intercetta	a	-0,842	±0.0546	-0,620	±0.0492	-0,673	±0.0441
Pendenza	b _(x)	0,001	±0.0000	0,002	±0.0001	0,005	±0.0001
Coeficiente di correlazione	R ²	0,973		0,969		0,973	
		POMODORO (Diam)					
		S0		S35		S65	
		Media	Err. St.	Media	Err. St.	Media	Err. St.
Intercetta	a	-0,975	±0.0924	-0,574	±0.0871	-0,521	±0.0726
Pendenza	b _(x)	0,002	±0.0001	0,003	±0.0001	0,006	±0.0003
Coeficiente di correlazione	R ²	0,952		0,945		0,948	

Tabella 2-11. Parametri delle regressioni tra lunghezza del ipocotile in ortaggi e GDD

PAR		PAPRICA DOLCE (Ipoc)					
		S0		S35		S65	
		Media	Err. St.	Media	Err. St.	Media	Err. St.
Intercetta	a	-1,051	±0.1824	-0,038	±0.1084	0,066	±0.1249
Pendenza	b _(x)	0,001	±0.0001	0,002	±0.0001	0,004	±0.0004
Coeficiente di correlazione	R ²	0,752		0,787		0,753	
		PEPERONE (Ipoc)					
		S0		S35		S65	
		Media	Err. St.	Media	Err. St.	Media	Err. St.
Intercetta	a	-1,107	±0.1821	-0,268	±0.1351	-0,168	±0.1316
Pendenza	b _(x)	0,001	±0.0001	0,002	±0.0002	0,004	±0.0004
Coeficiente di correlazione	R ²	0,733		0,713		0,764	
		POMODORO (Ipoc)					
		S0		S35		S65	
		Media	Err. St.	Media	Err. St.	Media	Err. St.
Intercetta	a	-0,132	±0.0865	0,611	±0.0842	0,926	±0.0671
Pendenza	b _(x)	0,001	±0.0001	0,002	±0.0001	0,005	±0.0003
Coeficiente di correlazione	R ²	0,934		0,898		0,917	

Tabella 2-12. Analisi de comparazione di media multiple di Tukey-Kramer per ASCPC
 referenziata a
 PARacc

	Paprica	Peperone	Pomodoro		Tabacco
Altezza	10772 a	17713 a	4268 a	Lunghezza 1ª foglia	3243 a
	9696 a	25778 b	3796 a		3036 a
	4083 b	33262 c	1677 b		1299 b
Diametro	2975 a	2889 a	1476 a	Lunghezza 2ª foglia	4679 a
	1742 b	1936 b	906 b		4010 b
	717 c	789 c	350 c		1724 c
Ipcotile	2387 a	2067 a	2066 a	Lunghezza 3ª foglia	5233 a
	2392 a	1971 a	1868 a		4173 ab
	1303 b	1146 b	1041 b		1785 b
				Lunghezza 4ª foglia	4307 a
					3269 ab
					1143 b
				Lunghezza totale foglie	20386 a
					17097 a
					6477 b

Figura 2-28. Curva di crescita di paprica tra diametro di colletto, altezza della pianta e lunghezza del ipocotile e PARacc

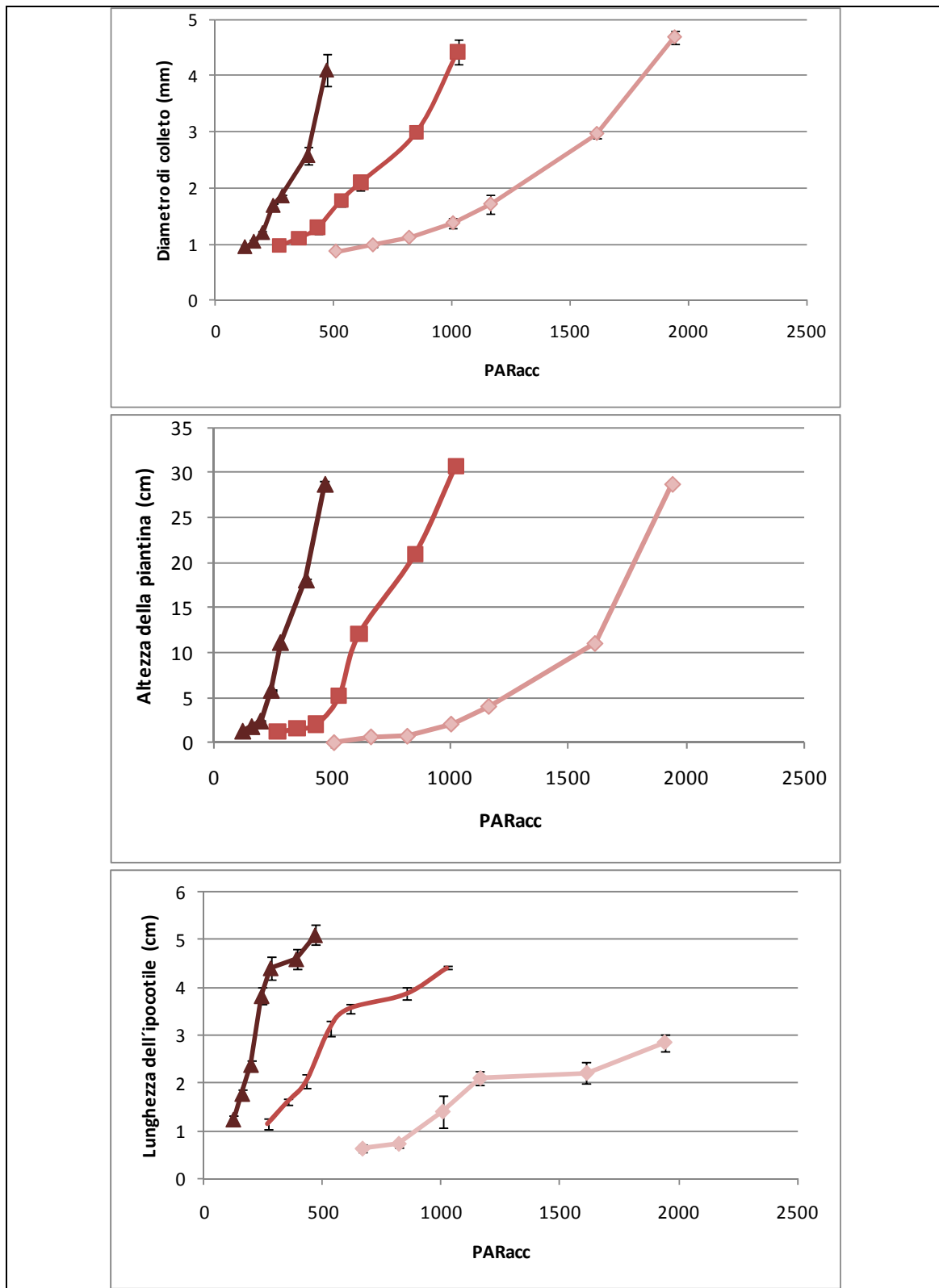


Figura 2-29. Curva di crescita di peperone tra diametro di colletto, altezza della pianta e lunghezza del ipocotile e PARacc

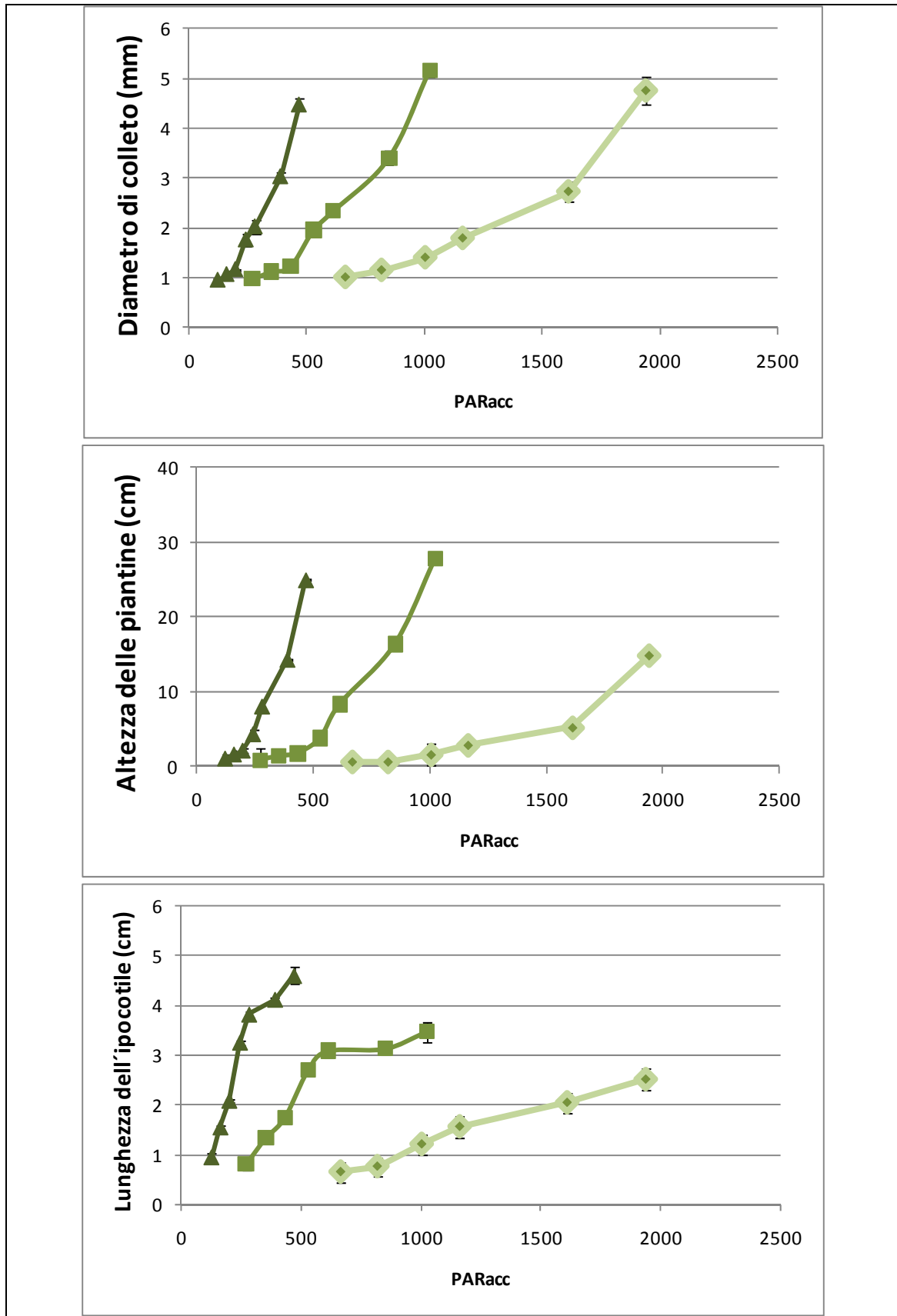


Figura 2-30. Curva di crescita di pomodoro tra diametro di colletto, altezza della pianta e lunghezza del ipocotile e PARacc

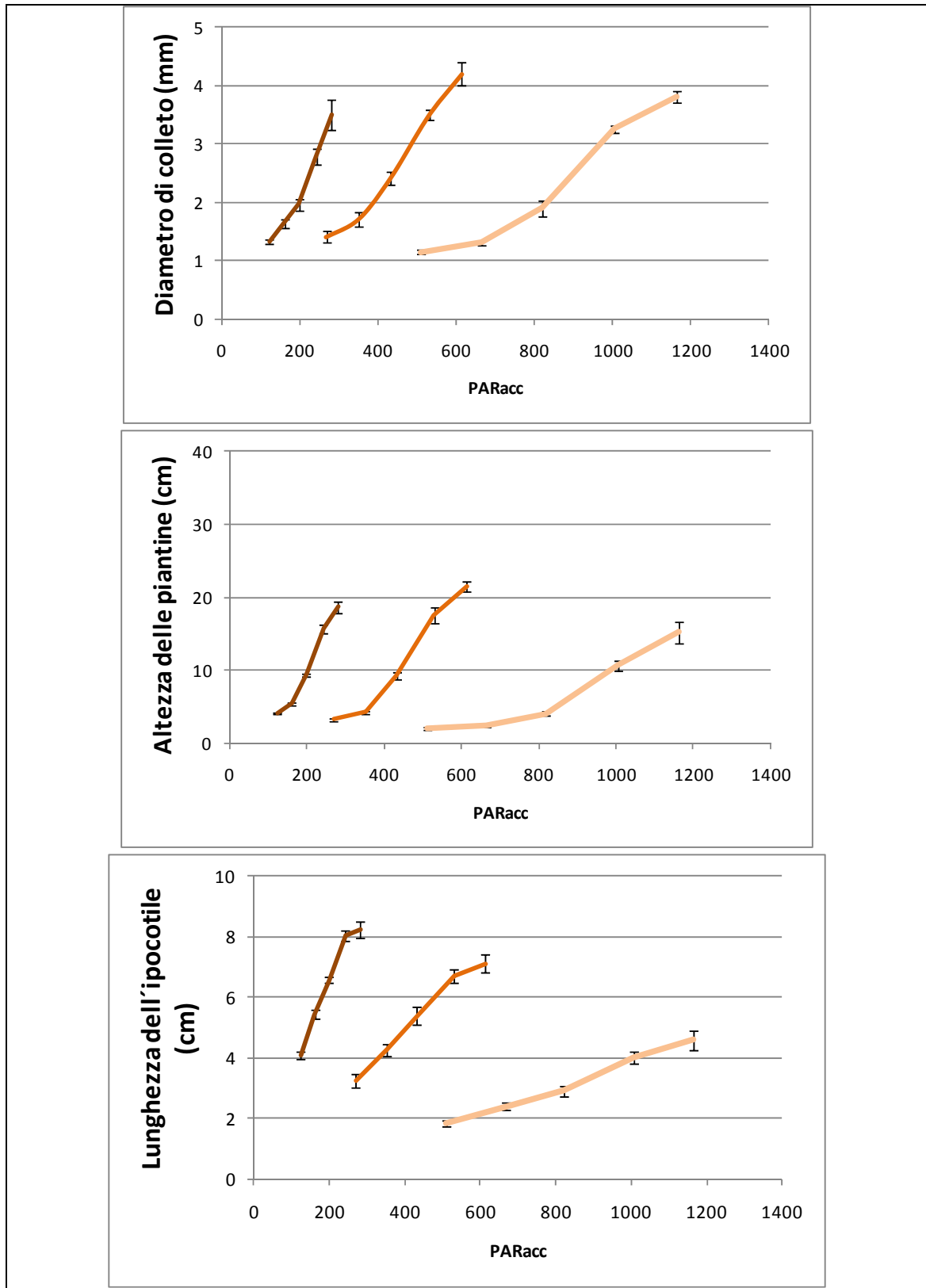
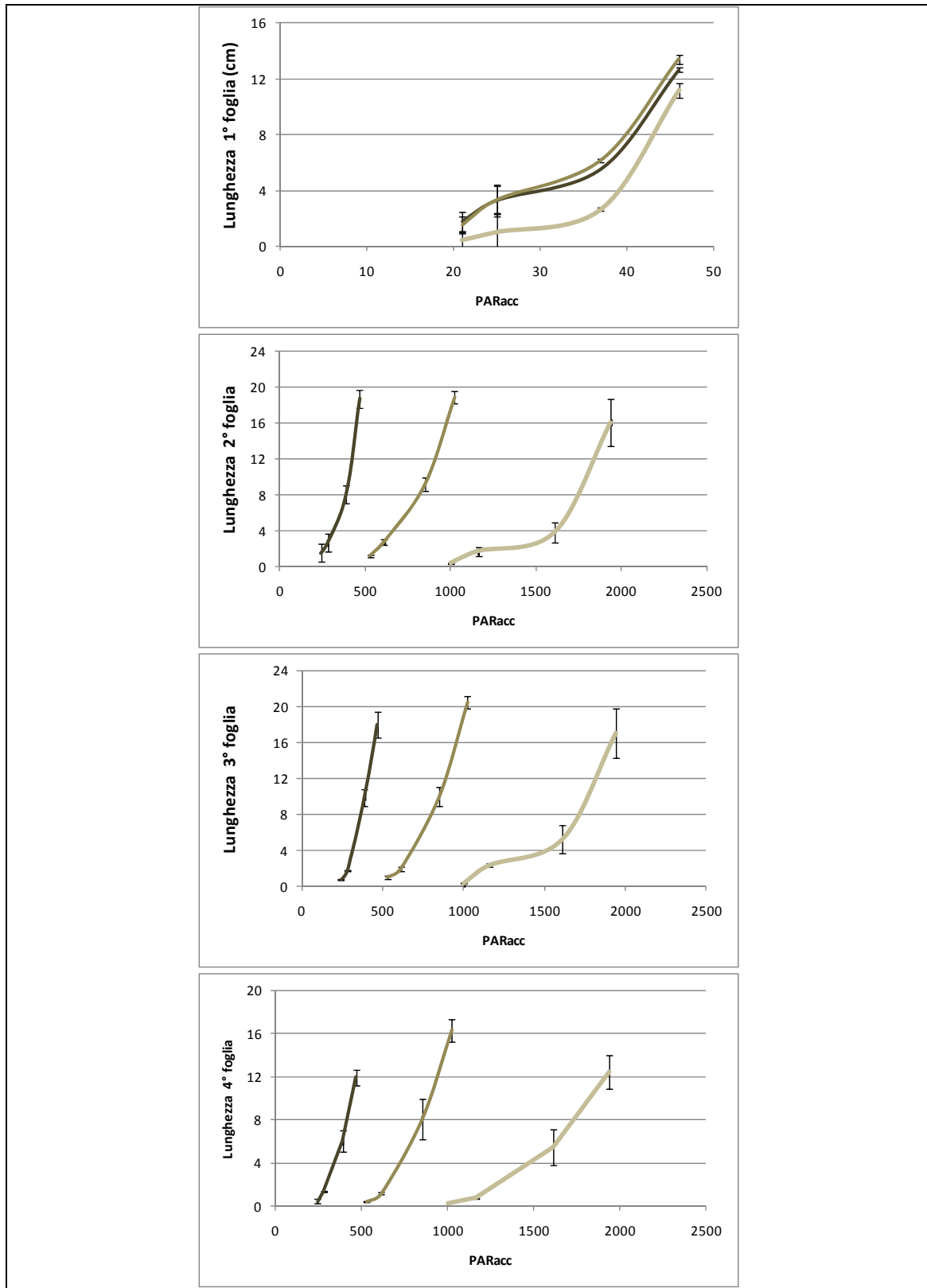


Figura 2-31. Curva di crescita di pomodoro tra diametro di colletto, altezza della pianta e lunghezza del ipocotile e PARacc



Conclusioni

Nella coltivazione in vivaio di paprica dolce, peperone, pomodoro e tabacco, su pannelli galleggianti con diminuzione di radiazione fotosinteticamente attiva per mezzo dell'applicazione di rette con diversi livelli d'ombreggiamento:

- si è osservata una buona germinazione sotto le rette ombreggianti; le condizioni di pieno sole sono state particolarmente negative in quanto la germinazione del seme è stata ridotta e meno uniforme ed si è protratta per tempi più lunghi; l'effetto sarebbe da ricondurre all'eccessiva radiazione e alla diminuzione dell'umidità relativa ambientale e alle alte temperature;

- nella crescita delle piantine si è riscontrato un aumento nella crescita in altezza, nella velocità di differenziazione e accrescimento delle foglie e una riduzione nel contenuto di SS. Si è osservata una partizione degli assimilati a favore dello stelo che ha condizionato negativamente lo sviluppo degli altri organi ed, in particolare, delle radici. L'influenza dell'ombreggiamento è stata più sentita nella produzione di sostanza secca che nel peso fresco. Questo ha provocato uno sbilanciamento verso un maggior accrescimento della parte aerea con aumento del rapporto parte aerea/radici, riducendo la qualità delle piantine soprattutto in vista dello stress da trapianto;

- il tabacco ha avuto una differenziazione più veloce delle foglie, in termini di superficie fogliare maggiore e uno sviluppo delle radici minore, aspetti che rendono l'ombreggiamento poco adatto a sistemi colturali particolarmente intensivi come la coltivazione su pannelli galleggianti. Tutto questo ha portato a valori del rapporto tra parte epigea e radici assolutamente sbilanciato a favore della chioma;

- il pomodoro, invece, ha mostrato una crescita contenuta e veloce in termini di biomassa della parte epigea e radicale che ha portato ad una pianta più bilanciata con un miglior rapporto tra parte epigea e radicale. Di conseguenza, questa specie è pronta per il trapianto in un tempo inferiore di circa il 70% rispetto a quello impiegato da paprica e peperone e del 50% nel caso del tabacco;

- paprica e peperone hanno presentato una elevata crescita della massa fogliare che però è stata accompagnata anche da un adeguato sviluppo delle radici; ciò si è tradotto in un rapporto parte epigea/radice più basso;

- si è vista una maggiore filatura degli steli in paprica e tabacco, con diminuzione del diametro del colletto e allungamento dello stelo che hanno seguito un andamento lineare e inversa rispetto alla quantità di PAR ricevuta. In peperone e pomodoro si è visto un aumento in altezza che però è stato accompagnato da un ingrossamento del diametro del colletto. Paprica è la specie che ha presentato la maggiore altezza, differenziandosi anche dal peperone;

- con l'aumento dell'ombreggiamento si è avuto un allungamento degli ipocotili di tutte le specie, mentre in paprica e peperone sono anche aumentate le lunghezze degli internodi (dal primo al quinto). Invece nel tabacco l'effetto dell'ombreggiamento si è

evidenziato soprattutto sulla crescita delle foglie, dalla prima alla quarta.

- la SS delle radici è dipesa principalmente dalla specie considerata, però la SS degli steli e delle foglie è stata influenzata anche dall'ombreggiamento, diminuendo i valori nella parte epigea. Si è evidenziata la paprica per la significativa maggiore concentrazione di SS rispetto alle altre specie;

- le differenze riscontrate tra la paprica dolce e il peperone hanno riguardato la SS (radici, fusto e foglie), il diametro del colletto, l'altezza delle piantine e la lunghezza del primo internodo, con i valori maggiori ottenuti dalla paprica. L'ombreggiamento ha influito più negativamente sul peperone che sulla paprica;

- le curve di regressione dei diversi parametri fenometrici più importanti rispetto il PARacc, e l'integrale delle curve stesse, hanno bene posto in evidenza l'influenza dell'ombreggiamento e in modo differente nella specie. In particolare, limitante è sempre stato l'ombreggiamento con il 65% mentre non sempre l'ombreggiamento con il 35% ha evidenziato effetti statisticamente diversi rispetto al pieno sole.

Per quanto evidenziato dalla prova, si può concludere che le diverse condizioni di ombreggiamento influiscono diversamente sulla crescita delle piante di paprica dolce, pomodoro, peperone e tabacco quando allevate su pannelli galleggianti. In particolare le specie rispondono diversamente, in termini di valutazioni fenometriche quali il diametro di colletto, l'altezza e la lunghezza d'internodi, a livelli diversi d'ombreggiatura. Invece, la risposta in termini di produzione di biomassa, numero di foglie e rapporto tra parte epigea e radice è stata simile tra le specie.

CAPITOLO 3

APPLICAZIONE DI BRACHIZZANTE CHIMICO: RITARDANTE DI CRESCITA

Introduzione

L'impiego di contenitori alveolati con ridotto volume induce la produzione di piantine con eccessiva altezza, suscettibili a danni durante il trapianto.

Le caratteristiche morfologiche e fisiologiche delle piante durante la coltivazione (altezza, numero di foglie, reazione a fattori climatici, ecc.) possono essere modificate variando gli apporti nutrizionali (concimazione), il genotipo o i fattori specifici della regolazione dello sviluppo (fitoregolazione) (Silva Garza et al. 2001).

In orticoltura, su specie ad alto valore economico come il pomodoro, coltivato sia all'aperto che in ambiente protetto, si possono presentare inconvenienti dovuti ad un eccessivo allungamento degli internodi, originando piante deboli nel vivaio prima e nella coltivazione dopo, con un ridotto numero di infiorescenze e grappoli per pianta, e piante più sensibili a condizioni di siccità o a sbalzi termici. Alcuni di questi inconvenienti possono essere risolti con un uso adeguato di composti fitoregolatori (Panelo e al. 1992).

L'utilizzo di regolatori di crescita permette ottenere piantine compatte, di taglia ridotta e rendono più omogenee le piante (Kuehny 2001, Latimer 1990). È una delle tecniche più semplici che però, in alcuni Paesi, non può essere impiegata su specie eduli (Latimer 1990), sebbene, in alcuni ortaggi non si siano trovati residui nelle piante al momento della raccolta, né alterazioni delle caratteristiche fisiche, chimiche e organolettiche dei frutti (Pilatti et al, 2005).

L'efficacia dei ritardanti di crescita usati per controllare la taglia può essere condizionata da diversi fattori come il tempo, il numero, la dose e il volume di applicazione, la temperatura nella serra e la dimensione della pianta al momento dell'trattamento. Tutti questi fattori possono essere controllati dall'agricoltore (Kuehny 2001)

Sostanze fitoregolatrici

Le sostanze fitoregolatrici possono essere fitormoni e regolatori della crescita (inibitori o ritardanti).

I primi studi su ormoni vegetali sono stati condotti da Charles Darwin (1880) realizzando prove sull'influenza della luce nelle graminacee valutando l'esistenza di composti che determinavano la trasmissione degli input luminosi ai diversi organi della pianta, ipotizzava anche l'esistenza di meccanismi che ritardavano la crescita dell'ipocotile.

I fitormoni sono molecole che agiscono sul sistema genetico, reprimendo o attivando geni che, contestualmente, sintetizzano molecole che accelerano o inibiscono

aspetti dello sviluppo delle piante. Tra gli ormoni vegetali si annoverano le gibberelline. La loro struttura di base è data dal gruppo gibbano. Una delle gibberelline più conosciute è l'acido gibberellico (GA₃), identificato da un indice che indica approssimativamente l'ordine in cui fu scoperto nelle piante. La sintesi delle gibberelline nelle piante superiori include, come precursori, composti come il mevalonato e altre come il kaureno(-) e l'estasio, inoltre vengono sintetizzate sostanze che possono bloccare le reazioni che portano alla loro produzione; questo gruppo di sostanze si riconosce come ritardanti della crescita. L'azione dei ritardanti di crescita è notoriamente contraria alle gibberelline (Tabella 3-1). Esistono molecole sintetiche, simili ai fitormoni in struttura e funzione, che sono i fitoregolatori ormonali. Esistono anche altri prodotti di sintesi diversi dai fitormoni che determinano risposte nello sviluppo vegetale che sono i fitoregolatori non ormonali, inibitori e ritardanti (Tabella 3-2) (Silva Garza et al. 2001).

Un fitoregolatore di crescita è un composto chimico che rallenta l'attivazione del meristema subapicale responsabile dell'allungamento dei fusti ed è ininfluenza al meristema apicale, alcune volte promuovono la fioritura nelle piante ma in altre la rallenta (OHP © 2007, Labourdette et al. 1996).

Tabella 3-1. Alcune azioni delle gibberelline e dei ritardanti di crescita (OHP © 2007)

Gibberelline	Ritardanti di crescita
<ul style="list-style-type: none"> . Stimolano la crescita (allungamento del fusto e internodi). . Stimolano la divisione cellulare. . Provocano la fioritura in certe specie e in certe condizioni. . Controllano l'espressione sessuale verso maschilità. . Controllano la mobilitazione dei nutrienti. . Possono aiutare a stimolare la germinazione. . Provocano partenocarpia. 	<ul style="list-style-type: none"> . Inibiscono l'allungamento del fusto (si possono usare per evitare la caduta delle piante). . Inibiscono la divisione cellulare. . Possono provocare la fioritura in frutteti. . Controllano l'espressione sessuale verso femminilità. . Permettono portare alla fine una deviazione dei nutrienti.

Tabella 3-2. Composizione degli inibitori e ritardanti di crescita
(OHP © 2007, Silva Garza et al. 2001)

Inibitori Naturali	Sostanze organiche aromatiche		Biozyme,
	Sostanze derivanti da lattoni		
Inibitori e Ritardanti Sintetici	Estratti di alghe marine		
	Cytozime, Cytex		
Inibitori e Ritardanti Sintetici	Inibitori di crescita		Idrazide maleica Morfactine
	Ritardanti di crescita	Carbammati	Amo 1618
		Derivati fosforici	Fosfon D
		Analoghi della colina	CCC
		Acidi succinamici e maleanici	Alar o B9

All'interno della gamma dei prodotti sperimentati, il gruppo di ritardanti di crescita è stato uno dei più studiati. I suoi effetti sono stati analizzati sia nelle coltivazioni estensive (grano, girasole, riso, avena, soia, cotone ed altri), che in quelle intensive (crisantemo, azalea, poinsettia, vite, melo, pomodoro, cavolo di Bruxelles). I risultati dipendono dal prodotto usato, dalla specie trattata, dalla coltivazione scelta, dalla concentrazione e dose impiegata, dalla modalità e momento di applicazione, dalle condizioni ambientali e dalla gestione della coltivazione (Panelo et al. 1992).

Sia le gibberelline sia i ritardanti della crescita hanno molte applicazioni in agricoltura (Silva Garza et al. 2001, Panelo et al. 1992).

L'uso di regolatori di crescita sono spesso criticati per il probabile effetto sulla salute umana (Ramirez et al. 2005, Sanchez 2003) o effetti tossici (Ramirez et al. 2005). Per esempio, con l'Alar è stato sufficiente il probabile effetto cancerogeno per essere revocato dal mercato (Sanchez 2003).

Il CCC non è consentito in vari Paesi e in quelli dove si è usato ripetutamente per vari anni in coltivazioni perenni, si è riscontrato un accumulo nei frutti nonostante sia stato impiegato a concentrazioni consentite (Sanchez 2003). Negli ortaggi questi prodotti presentano l'inconveniente di una lunga permanenza nei tessuti vegetali e per questo hanno delle restrizioni nel loro uso (Ramirez et al. 2005), tuttavia Gonçalves Martins et al. (1999), Nuez (1995) e Panelo et al. (1992) riportano che la permanenza del CCC non è elevata in quanto sospendendo le applicazioni la pianta ritorna all'altezza del testimone. Ci sono diverse normative d'impiego nei diversi Paesi per il suo utilizzo, in Italia per esempio non è consentito sugli ortaggi contrariamente a quanto avviene in Argentina.

CCC o chlormequat

Il CCC o chlormequat è il cloruro di cloro colina o cloruro di (2-cloroetil) trimetilamonio. Appartiene al gruppo degli ammoni quaternari. La formula del principio attivo è $\text{Cl CH}_2\text{-CH}_2\text{N(CH}_3)_3+\text{Cl}$ (1M = 158,076).

Viene venduto principalmente con due marchi commerciali; Cycocel è una marca registrata da OHP, Inc. trademark di Basf Corp. Alemania o Belcocel Taminco NB Belgi. Le caratteristiche del prodotto: periodo di carenza non è descritto, il tempo di non entrata nella coltivazione (REI-Restricted entry interval) è di 12 ore, tossicità Gruppo II Prodotto moderatamente pericoloso con LD 50 prodotto commerciale orale di 522 mg kg⁻¹ e dermale di 1250 mg kg⁻¹, le dosi indicate sono tra 200 e 4000 mg L⁻¹ mentre le dosi più usate sono tra 750 e 1500 mg L⁻¹.

È venduto negli Stati Uniti con una percentuale dell'11,8%, in Canada del 66% mentre in Argentina ed in Italia nella misura del 75%.

Il CCC è un ritardante di crescita che agisce come antigibberelico, inibisce la sintesi di gibberellina nelle piante influenzando il bilancio ormonale e inducendo modifiche a livello morfologico. La crescita delle piante con internodi corti è la prima alterazione dell'applicazione del CCC. Questo effetto può essere totalmente annullato con l'applicazione di piccola quantità di gibberellina GA₃, sia in vivo che in vitro (Wang et al. 2009, Labourdette et al. 1996, Tanaka e Tolbert 1966). Altri cambi morfologici sono la riduzione della parte epigea delle piante e l'aumento del sistema radicale (Pilatti et al. 2005). Altri effetti riportati sono l'incremento della capacità di fotosintesi dovuto all'aumento del contenuto di clorofilla. Piante trattate con CCC possono aumentare l'assorbimento di nutrienti dal suolo e migliorano inoltre il bilancio idrico e la sintesi proteica negli organi di crescita. Il CCC cambia la ripartizione dei fotoassimilati tra source e sink (Wang et al. 2009). inoltre induce resistenza alla siccità in alcune piante, per la chiusura degli stomi o minore superficie fogliare o diverso numero e funzione degli stomi nel lato abassiale o adassiale della pianta (Amoabin, Paleg e Aspinall 1985).

Il CCC è il regolatore di crescita più sperimentato ed affidabile nel mercato di oggi, e può essere usato in qualsiasi coltivazione sia all'aperto che in serra. È usato comunemente nella Stella di Natale (*Poinsettia pulcherrima*), *Hibiscus*, gerani, e azalee al fine di ridurre l'allungamento di fusti, indurre fioritura veloce, migliorare la fioritura, compattare le piante o produrre piante con più boccioli per ramo (OHP © 2007).

Gonçalves Martin et al. (1999) hanno concluso che lo stato nutrizionale della pianta svolge un importante effetto nei cambiamenti morfologici indotti per i fitoregolatori. In genere, viene usato nei trattamenti al suolo, e può essere anche spruzzato (Panelo et al.1992). Labourdette et al. (1996) lavorando con lattuga e applicando CCC alla dose di 1400 mg L⁻¹ spruzzata a 7 o/e 27 GDT (0,7 e 1,4 ml per pianta rispettivamente) per rallentare la fioritura hanno osservato che la produzione di PS non è stata influenzata e che la dose era bassa.

Quanto più precoce ripetute sono le applicazioni del regolatore di crescita, maggiore è la riduzione di altezza delle piante di maniera indipendente alla quantità

totale del prodotto usato. Mondino e Peterlin (2002) in cotone, hanno registrato che la riduzione dell'altezza è basata sulla diminuzione della lunghezza degli internodi e non sulla riduzione del loro numero.

Wang et al. (2009) applicando CCC alle foglie di patata con 1500 mg L⁻¹ a 25 e 30 GDS hanno dimostrato un accrescimento significativo nel contenuto di pigmenti fotosintetici (clorofilla a e b, carotenoidi) nelle foglie dal 79 al 120% e queste hanno assimilato il 22% in più di CO₂ per peso secco della foglia e hanno esportato il 14,6% in più di foto assimilati orientando verso i tuberi. Inoltre si è osservata una diminuzione della biomassa di steli e foglie.

L'allungamento dell'ipocotile e dello stelo delle piante è controllato dalle gibberelline. Diversi studi hanno comprovato che la luce altera livelli di gibberelline attivi. In tabacco, si sono registrate anche, alterazioni nel livello di fitocromo (che può essere anche genetico) (Von Arnim e Xing-Wang 1996).

Il CCC opera principalmente nel primo stadio della biosintesi di gibberelline e richiede di un certo tempo per agire, che però può essere in parte compensato con una maggiore concentrazione d'impiego. L'efficacia dell'applicazione di CCC diminuisce con l'età e la dimensione della pianta, probabilmente per lo sviluppo di una cuticola più spessa soprattutto in piante ornamentali. Altra possibile ragione può essere l'aumento della competizione per la luce tra le piantine. Questa interferenza di piante vicine accresce la proporzione di luce nel rosso lontano diminuendo il rapporto rosso/rosso lontano e incrementando la sintesi di gibberelline. Quando il CCC è applicato dopo questi eventi fotomorfogenici la sua attività è ridotta per l'abbondanza di gibberelline già sintetizzate (Pilatti et al. 2005).

Knavel (1969) ha studiato l'influenza dell'applicazione di CCC (momento fenologico terza foglia vera) sul contenuto nutrizionale e rese di pomodoro. Il CCC ha determinato l'ottenimento di piante più resistenti a stress idrici con maggiore efficienza d'uso dell'acqua, foglie verdi più scure, maggiore contenuto di N, P, Ca, Mg e meno K nei confronti del testimone. Non sono stati rilevati effetti sulla resa.

Amoabin et al. (1985) hanno studiato la resistenza degli stomi alla traspirazione in pomodoro applicando al suolo 150 ml per pianta in vaso con 1 kg di substrato, una soluzione con 1000 mg L⁻¹ di CCC a 14-21 GDS. Tale trattamento ha indotto un aumento nella resistenza fogliare nella fascia abassiale. Gli stomi nella pagina adassiale avevano una chiusura parziale che diminuiva la traspirazione dalla superficie delle foglie. Tutto questo si è manifestato prima di avere effetti di brachizzazione sulle piante.

Mishra e Pradhan (1972) hanno spruzzato una soluzione di 800 mg L⁻¹ di CCC a piante di pomodoro a 37 GDS per 7 volte, settimanalmente. L'apertura stomatica è stata ridotta dell'80% immediatamente dopo l'applicazione e del 30 al 40% 6 gg dopo. L'appassimento delle piante è stato osservato a 4 gg dopo il testimone quando si è interrotta l'irrigazione dopo la ultima spruzzatura.

Nel pomodoro si sono usate dosi da 1000 ppm con delle applicazioni a 10 o a 25 GDS e con 2000 ppm a 25 GDS provocando un aumento della resa (Grande Mera 1976).

Gallo Celis (1974) ha condotto una prova su tabacco eseguendo il trattamento brachizzante con CCC (a 2 ml L⁻¹) in diversi momenti durante la fase di vivaio o di coltivazioni. I migliori risultati, in termini di resa finale, sono stati ottenuti quando il trattamento era stato eseguito un giorno dopo il trapianto. Ininfluenti sono stati i trattamenti eseguiti a 35 GDS, 1 giorno prima del trapianto e 25 GDT.

Lo studio di dosi e frequenze (1, 2 e 3 L/ha Cycocel a 5, 20, 35, 50 GDT) in coltivazione di tabacco ha consentito di evidenziare che la dose di 3 L ha⁻¹ a 5 GDT ha fornito i migliori risultati (Díaz Reyes 1974).

Pilatti et al. (2005) hanno applicato sul pomodoro, CCC in 200, 1000 e 2000 mg L⁻¹ spruzzato al fogliame a 7, 14 o 21 GDG e i trattamenti hanno ridotto la lunghezza dello stelo con un maggiore effetto al momento dell'applicazione. Quando si è nebulizzato a 21 GDG le concentrazioni più efficaci sono state da 1000 e 2000 mg L⁻¹. Il CCC non ha avuto effetto sul numero di foglie, area fogliare né peso secco totale, però ha influito sulla biomassa secca diminuendo il rapporto parte epigea-radice tra 3,5 e 4,2. La dose di 2000 mg L⁻¹ ha prodotto fitotossicità ai margini delle foglie con deterioramento della clorofilla. Questi autori riportano che la tossicità del CCC può, anche, essere più generalizzata in pomodoro con un ingiallimento di tutte le foglie. Tale risposta è stata osservata anche in geranio (*Pelargonium peltatum*) e Stella di natale (*Poinsettia pulcherrima*) con dosi superiori a 1500 mg L⁻¹ di CCC.

Nel pomodoro con crescita indeterminata, l'effetto del ritardante è più prolungato quando lo si applica precocemente, varia tra i 15 gg e i 25 gg se si adopera in 2° o 6° foglia espansa. Ciò si è registrato nell'inflessione delle curve di crescita rispetto al testimone. Tutti i trattamenti hanno ridotto la lunghezza del fusto e l'effetto brachizzante è stato più elevato con applicazione precoce (Panelo et al. 1992).

Si sono usati ritardanti di crescita come il CCC in pomodoro (soprattutto a crescita determinata) con lo scopo di ridurre la velocità di allungamento degli steli per l'ottenimento di piante più piccole, con rapida entrata in produzione, tolleranti a condizioni di deficit idrico, accrescimento vegetativo minore e una modificazione nel trasloco degli assimilati. Nonostante ciò variano considerevolmente tra gli autori le concentrazioni saggiate e momenti d'applicazione (Ramirez et al. 2005, Gonçalves Martins et al. 1999, Nuez 1995, Panelo et al. 1992).

Si è visto inoltre che trattamenti che riducono la crescita delle piante potrebbero avere un effetto prolungato dopo il trapianto, come osservato nell'applicazione del daminozide (Garner e Björkman 1999).

Obiettivi

Valutare gli effetti del CCC, in tre diversi dosaggi e con tre frequenze di applicazione, sulle caratteristiche morfologiche delle piante da vivaio nella fattispecie pomodoro, peperone, paprica e tabacco, sottoposte alla sperimentazione in agricoltura galleggiante (*floating system*). Si cercano, anche, se esistono modelli comuni tra le diverse specie studiati.

L'ipotesi di questa sperimentazione è che questo regolatore di crescita possono bilanciare il rapporto tra parte aerea e radici delle piante sopra citate in modo analogo.

Materiali e metodi

Le prove sono state eseguite presso l'azienda dell'EEA Salta (Stazione Sperimentale Agropecuaria Salta) dell'INTA (Istituto Nazionale di Tecnologia Agropecuaria) in Argentina in gennaio e febbraio di 2009.

Sono state seminate le seguenti culture: paprica dolce 'UCO dulce', peperone 'Fiume', pomodoro 'Mose' e tabacco 'PVH09'.

Schema sperimentale

Per tutte e quattro le specie lo Schema sperimentale adottato è stato a blocchi randomizzati con 3 repliche (Figure 3-1 e 3-2).

I trattamenti applicati sono stati 7 e diversificati tra le orticole e il tabacco, ottenuti combinando due dosi e tre frequenze di distribuzione più il testimone non trattato.

L'unità sperimentale è stata un contenitore (ortaggi 160 fori e tabacco 288 fori) che era posto su vasca riempita con soluzione nutritiva Hoagland.

In tabella 3-3 e 3-4 e in figura 3-1 sono riportati i trattamenti.

Tabella 3-3. Dose, frequenza e numero di applicazioni per tesi e specie

Tesi	Dose accumulata		Dose	Numero di Applicazioni		Frequenza (giorni)	
	Ortaggi	Tabacco		Ortaggi	Tabacco	Ortaggi	Tabacco
1	0	0	0	0	0	0	0
2	3	5	1	3	5	4	4
3	2	3	1	2	3	8	8
4	1	2	1	1	2	0	16
5	6	10	2	3	5	4	4
6	4	6	2	2	3	8	8
7	2	4	2	1	2	0	16


Tabella 3-4. Dose, frequenza e numero di applicazioni per tesi e specie

Dose accumulata di CCC		
Ortaggi	Tabacco	mg L ⁻¹
0	0	0
1		750
2	2	1500
3	3	2250
4	4	3000
	5	3750
6	6	4500
	10	7500

Figura 3-1: Distribuzione di trattamenti e specie nella prova di CCC (Argentina 2009)

Tesi			Tesi			Tesi		
Vasca	Blocco 3	CCC	Vasca	Blocco 2	CCC	Vasca	Blocco 1	CCC
57	Pi	2	29	To	3	1	Pp	7
58	Pp							
59	Ta							
60	To							
61	Pi	4	33	Pp	7	5	Pp	5
62	Pp							
63	To							
64	Ta							
65	Ta	1	37	To	4	9	Pp	3
66	Pi							
67	Pp							
68	To							
69	Ta	3	41	Ta	5	13	Pi	2
70	Pi							
71	To							
72	Pp							
73	To	7	45	To	1	17	Pi	6
74	Ta							
75	Pi							
76	Pp							
77	To	5	49	To	6	21	Ta	1
78	Pi							
79	Ta							
80	Pp							
81	To	6	53	To	2	25	To	4
82	Pp							
83	Ta							
84	Pi							
			56	Pp		28	Ta	

3 m	0,80 m	1m	0,80 m	1m	0,80 m	3 m
4,4 m						



 9,8m

Figura 3-2. Prova d'applicazione di CCC in tunnel e
(Argentina 2009)



Coltivazione:

Le specie sono state seminate su substrato a base di torba in contenitore alveolato di polistirolo successivamente posizionati su sistema flottante con soluzione Hoagland.

Tutte le specie sono state seminate nello stesso giorno (13 gennaio) e poste in vasche individuali con sola acqua sotto un tunnel. Quando presentavano i cotiledoni espansi (19-Gen per pomodoro e 21-Gen per le altri) le vasche sono state riempite con soluzione Hoagland.

Il CCC è stato applicato usando una pompa a spalla a pressione costante e pastiglia di cono vuoto con una media di applicazione di 50 ml per contenitore o 225 ml m⁻² per ortaggi e 196 ml m⁻² per tabacco. Il testimone è stato trattato con lo stesso volume di acqua distillata (Figura 3-3).

Figura 3-3. Spruzzato di CCC in tunnel



I trattamenti sono iniziati quando le piante presentavano la prima foglia vera. Il numero di applicazioni massime per gli ortaggi è stato pari a tre e per il tabacco pari a cinque.

L'esperimento è terminato dopo 25 GDS per il pomodoro, 29 GDS per la paprica e il peperone, e 41 GDS per il tabacco, quando le piante risultavano idonee per il trapianto.

Per vedere l'effetto residuale dei trattamenti, dieci piante dalla parcella centrale sono state trapiantate in campagna mantenendo il disegno sperimentale e dove sono rimaste per almeno un mese.

Valutazioni

Piante

Durante tutto il ciclo:

Misure non distruttive di un campione di 10 piante: diametro al colletto, altezza delle piante, numero di foglie, lunghezza di tutti gli internodi delle piante. Nel caso del tabacco è stata registrata la lunghezza del cotiledone e di tutte le foglie.

Alla fine della prova (tunnel):

Misure distruttive dello stesso campione di 10 piante: peso fresco, peso secco e sostanza secca delle radici, dei fusti e foglie. In seguito si sono raggruppate le parti di pianta corrispondenti a ogni tesi, si sono portati al laboratorio per le analisi del contenuto di N, P, K, Ca e Mg.

Dopo il trapianto (campagna):

Misure non distruttive di un campione di 10 piante: altezza della pianta e il diametro del colletto per un mese dal trapianto.

Vasche

Si sono misurati il volume di acqua o soluzione nutritiva consumata in ogni vasca, salinità (CE mmhos cm^{-1} a 25°C), pH e temperatura (°C).

Ambiente

Sono state registrate la temperatura giornaliera e umidità all'altezza delle piantine, con un termidrogri digital modello Montrel electronics, con cattura di massimi e minimi misurando in °C e %.

Sotto il tunnel, nel settore centrale, si è misurata l'intensità della luce sei volte durante il ciclo colturale (all'inizio, a metà e alla fine), a mezzo giorno e con cielo senza nuvole. In dettaglio, si è determinata la radiazione PAR (photosintetic active radiation - radiazione fotosinteticamente attiva) in un range da 400 a 700 nanometri di lunghezza di onda con uno strumento Cavadevices.com (industria argentina, anno 2006) con sensori quantici che integrano il flusso di fotoni ricevuti in un metro lineare ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Questi dati sono riportati nel Capitolo 2 con la prova di ombreggiamento.

Elaborazione statistica dei dati

Si è studiata l'interazione dei fattori dose accumulata e specie con le variabili comuni, utilizzando l'analisi della varianza e successivamente una comparazione multipla di medie.

Nel caso dell'interazione ($\alpha < 0,01$) tra le specie e le tesi provate (applicazione di CCC), si è dovuto invece fare uno studio separato per ogni specie (Paprica dolce, Peperone, Pomodoro, Tabacco).

Le variabili che hanno presentato varianza eterogenea ($\alpha \leq 0,05$) con il test di

Bartlett sono state trasformate, previa la realizzazione dell'analisi statistica, con la radice quadrata dei rispettivi valori (NFo25).

Di seguito sono riportati i risultati della prova di vivaio nel tunnel successivamente quelli della prova dopo il trapianto in campo.

L'analisi statistica è stata realizzata con il CoHort Version 6.400, Copyright © 2009-2010.

Risultati e discussione

Fase di vivaio

Caratterizzazione ambientale

Per quanto riguarda la PAR in tunnel si è registrata una sua diminuzione di circa il 25%, questi valori coincidono con quelli riportati da Iglesias e Muñoz (2007) (Tabella 2-1). Si riportano i dati di temperatura, umidità e PAR nella Tabella 3-5 e la PAR_{acc}, GDD e RTT nella Tabella 3-6 e Figura 3-4.

Tabella 3-5. Umidità, temperatura PAR, massime e minime misurate durante la prova all'altezza delle piantine

	Temperatura (°C)		Umedità relativa (%)		PAR (mol m ⁻² d ⁻¹)	
	Mass.	Min.	Mass.	Min.	Mass.	Min.
Media	39,2	18,7	93,6	66,0	31,7	7,2
Error std	6,1	2,1	0,4	1,8	1,8	0,004
Mass ass	50,4	21,6	98	82	47,3	25,7
Min ass	21,4	13,4	80	30	4,4	1,7

Tabella 3-6. PAR_{acc}, GDD e RTT durante la prova per GDS nelle specie studiate

TEMPO				
	Conologico	Radiante	Termico	Radio-termico
Luogo	GDS	PAR acc (mol m ⁻² GDS ⁻¹)	GDD (°C GDS ⁻¹)	RTT (mol m ⁻² °C ⁻¹)
PAPRIKA DOLCE E PEPPERONE				
Tunnel	13	467	191	2.44
	17	617	271	2.28
	21	756	350	2.16
	25	876	429	2.04
	29	966	497	1.94
Pieno campo	51	1831	774	2.37
	59	2073	815	2.54
	69	2470	909	2.72
POMODORO				
Tunnel	10	345	104	3.31
	13	467	146	3.20
	17	617	201	3.07
	21	756	257	2.94
	25	876	313	2.80
Pieno campo	35	1243	391	3.18
	45	1629	463	3.52
	56	2011	560	3.59
TABACCO				
Tunnel	29	966	492	1.96
	33	1065	568	1.88
	37	1213	637	1.90
	41	1321	712	1.86
Pieno campo	51	1714	829	2.07
	59	1956	892	2.19
	69	2353	977	2.41
	80	2797	1099	2.54

Valutazione della soluzione delle vasche

La condizione dell'acqua d'irrigazione nelle vasche, inizio e fine della germinazione, sono riportati in Tabella 3-7.

Tabella 3-7. Salinità (CE in mmhos cm⁻¹ a 25°C), pH all'inizio e al termine della germinazione

	Specie	CE	pH
		(mmhos cm ⁻¹ a 25°C)	
Acqua di irrigazione	Tutti	0,28	6,90
Soluzione nel momento di germinazione	Po	0,32	8,20
	Pa, Pe, Ta	0,35	10,00

Non si sono osservate differenze tra le tesi nei confronti di temperatura, pH o CE delle soluzioni nelle vasche, ne per le tesi di CCC ne per le specie (Figure 3-5 e 3-6).

Figura 3-4. Andamento di PAR_{acc}, GDD e RTT durante la prova di ombreggiamento nelle specie studiate

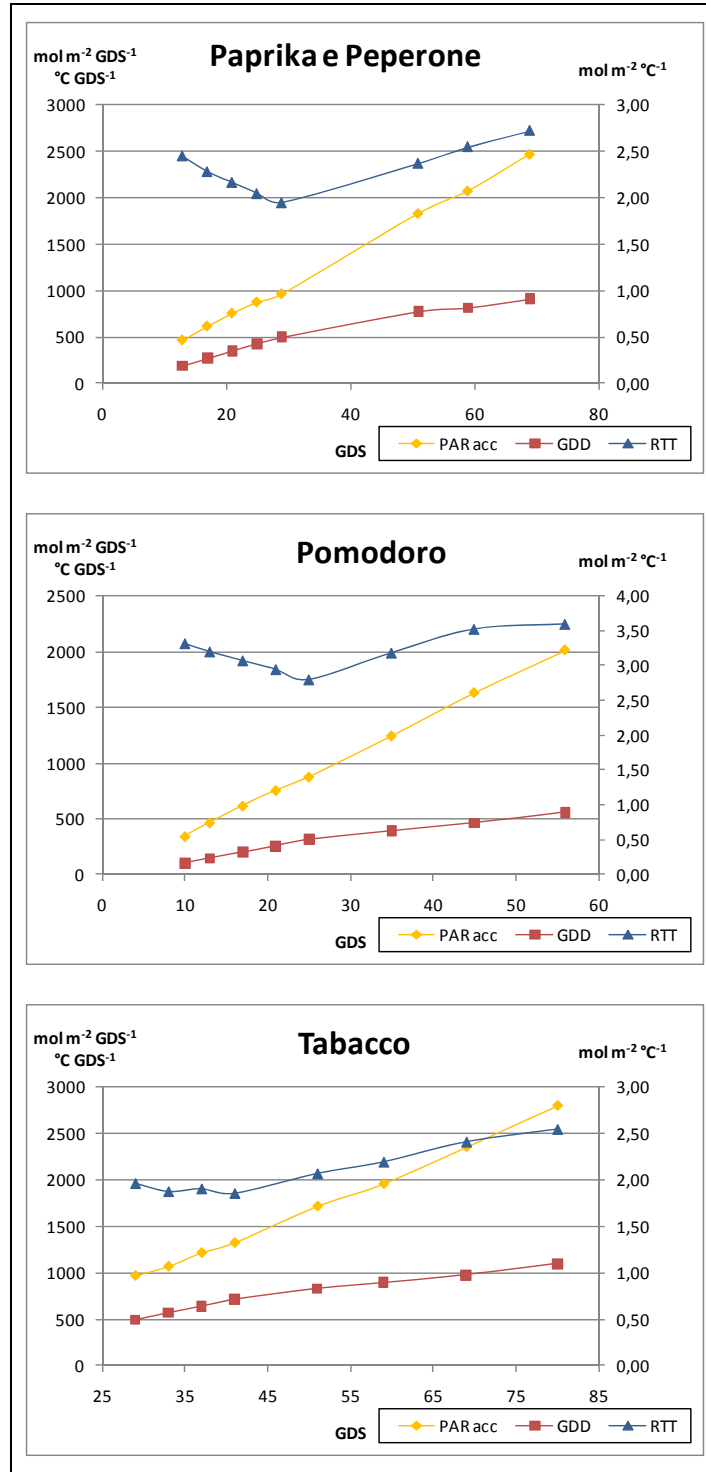


Figura 3-5. Salinità (CE in mmhos cm^{-1} a 25°C), pH e temperatura (°C) della soluzione nelle vasche delle prove secondo la dose accumulata di CCC a 15 GDS

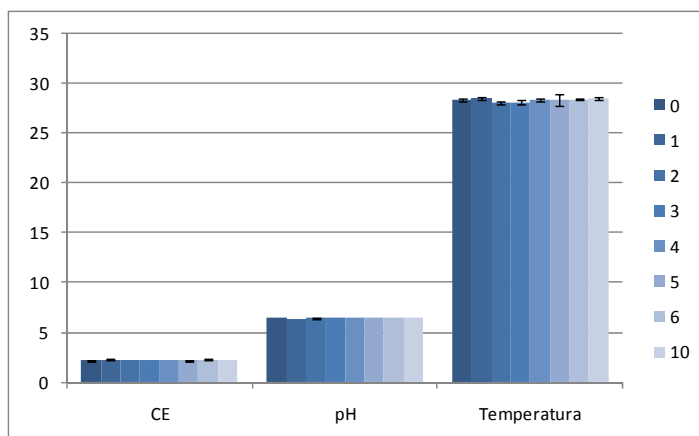
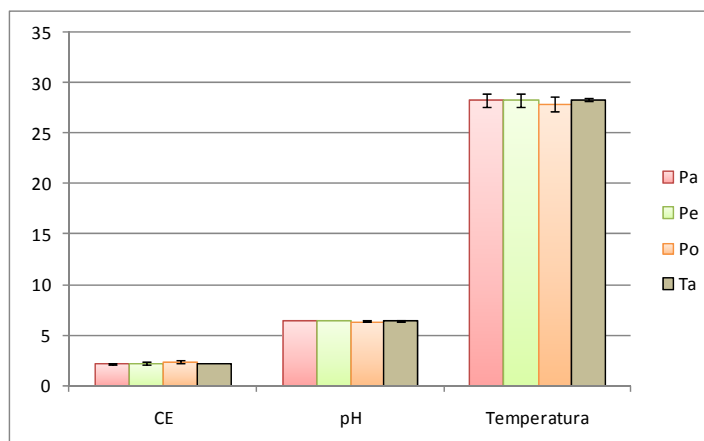


Figura 3-6. Salinità (CE in mmhos cm^{-1} a 25°C), pH e temperatura (°C) della soluzione nelle vasche delle prove di paprica dolce (Pa), peperone (Pe), pomodoro (Po) e tabacco (Ta) a 15 GDS



Fattore applicazione di CCC in dose accumulata

Valutazioni fenometriche

L'unica variabile influenzata dall'applicazione di CCC è stata l'altezza della piantina al momento del trapianto (Figure da 3-7 al 3-13). In forma assoluta (Figura 3-7) (espressa in centimetri) sono state più marcate le variazioni per la specie, invece, come percentuale del testimone (Figura 3-13) ha influito più il CCC. La diminuzione della altezza per applicazione di CCC in pomodoro è riportato Pilatti et al. (2005) Ramirez et al. (2005), Gonçalves Martins et al. (1999), Nuez (1995), Panelo et al. (1992) e in generale Wang et al. (2009), Labourdette et al. (1996), Tanaka & Tolbert (1966).

Figura 3-7. Altezza della piantina di tutte le specie e tabacco in funzione della dose di CCC

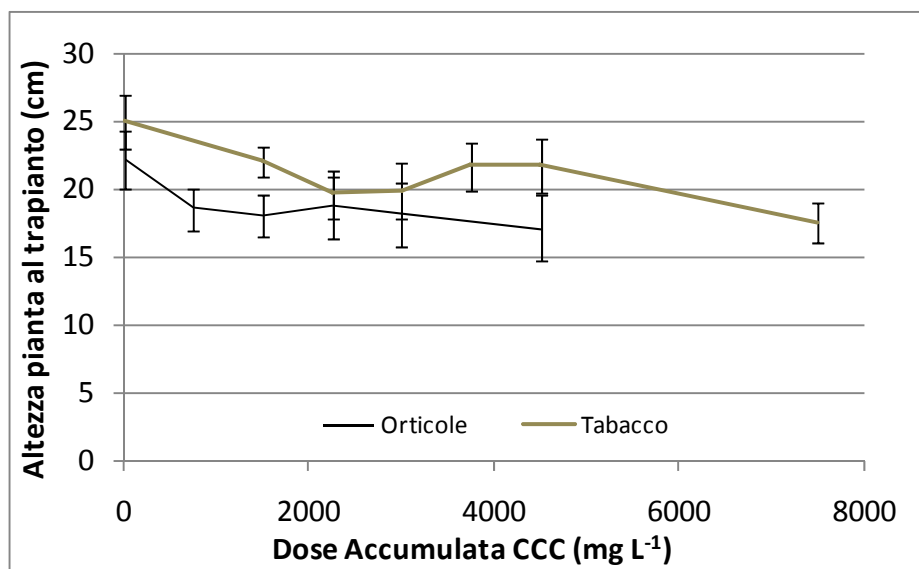


Figura 3-8. Piantine di pomodoro a 15 GDS trattate con 750 mg L⁻¹ CCC (sinistra) e testimone (destra).



Figura 3-9. Piantine di tabacco a 27 GDS trattate con 750 mg L⁻¹ CCC (sinistra) e testimone (destra).



Figura 3-10. Piantine di peperone trattate con 2250 mg L⁻¹ CCC e 1500 mg L⁻¹ CCC (sinistra e centro) e di paprica trattate con 1500 mg L⁻¹ CCC (destra) al momento del trapianto.



Al momento di trapianto:

- Nella paprica si è osservata una diminuzione del 15% dell'altezza, questo è dovuto al significativo accorciamento dell'internodo della prima foglia vera dalla seconda applicazione in poi.
- Nel peperone la riduzione è stata pari al 27%. La dose ha influito significativamente sulla lunghezza dell'internodo della seconda foglia vera mentre il numero di applicazioni è stata efficace solo all'internodo della terza foglia vera
- Nel pomodoro si è registrata una riduzione dal 13% al 28% rispetto al testimone, con la dose semplice e doppia rispettivamente. La riduzione dell'altezza si è attenuata già dalla prima applicazione. Questo è dovuto all'accorciamento significativo dell'ipocotile e degli internodi della prima e della seconda foglia. L'effetto si è dimostrato indipendente dalla frequenza.
- Nel tabacco la massima percentuale di riduzione dell'altezza è stata pari al 30% (7500 mg L⁻¹) e 20% (2250-3000 mg L⁻¹). Questo è stato dovuto alla contrazione della lunghezza del 1°, 3° e 6° internodo nel momento di trapianto. Si è anche osservato un decremento a carico della lunghezza della 3° e 4° foglia.

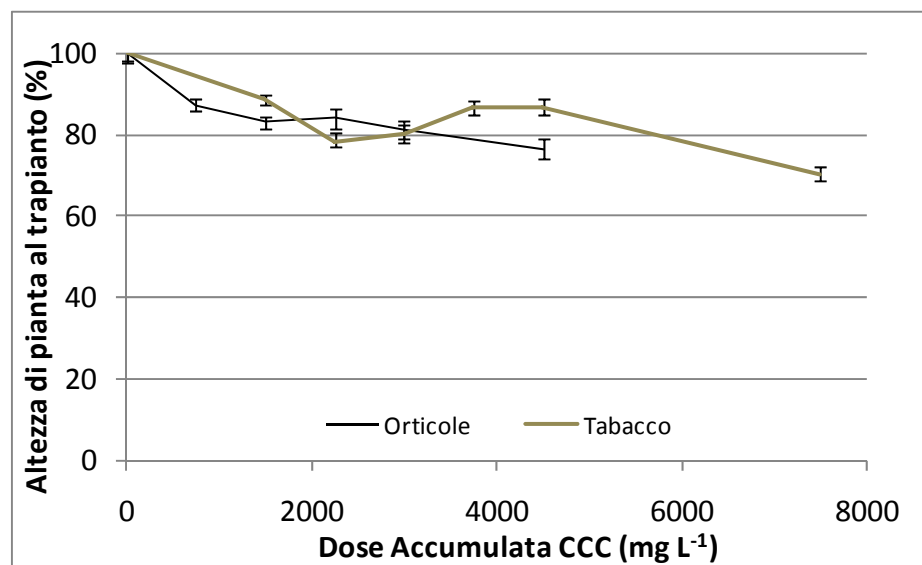
Figura 3-11. Piantine di paprica trattate con 4500 (sinistra) e 2250 mg L⁻¹ CCC (centro) e testimone (destra) al momento del trapianto



Figura 3-12. Piantine di pomodoro trattate con 4500 (sinistra) e 2250 mg L⁻¹ CCC (centro) e testimone (destra) al momento del trapianto



Figura 3-13. Altezza della piantina di tutte le specie e tabacco come percentuale del testimone per dose di CCC



Dose e frequenza ottimale raccomandate nell'applicazione di CCC per ottenere la massima influenza nella riduzione dell'altezza per le specie testate sono riportate in Tabella 3-8.

Tabella 3-8. Dose e frequenza ottimale raccomandate nell'applicazione di CCC per ottenere la massima influenza nella riduzione dell'altezza per specie

SPECIE	DOSE (mg L ⁻¹)	FREQUENZA	mg CCC pianta⁻¹
PAPRICA DOLCE	750	3 applicazioni ogni 4 giorni	2,32
PEPERONE	750	2 applicazioni ogni 8 giorni	1,56
POMODORO	1500	1 applicazione	1,42
TABACCO	1500	5 applicazioni ogni 4 giorni	4,14

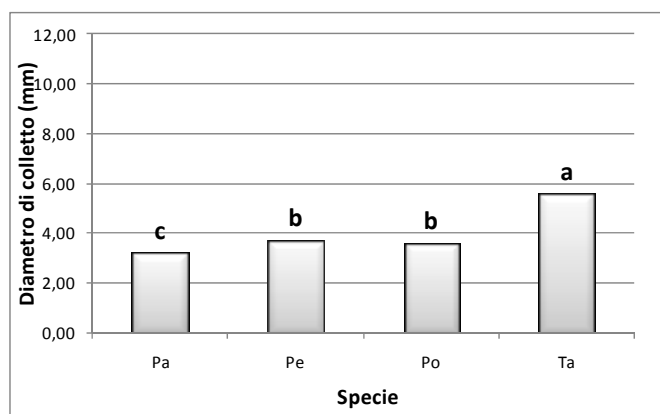
Fattore specie

Valutazione fenometriche

Diametro del colletto

Il tabacco ha presentato il diametro del colletto significativamente più elevato al momento di trapianto, la paprica il più sottile e peperone e pomodoro intermedi (Figura 3-14). Ramirez et al. (2005), Gonçalves Martins et al. (1999), Nuez (1995), Panelo et al. (1992) hanno riportato come effetto della applicazione del CCC l'ingrossamento del colletto, che in questa prova non si è verificato.

Figura 3-14. Diametro del colletto al momento di trapianto per specie



Altezza della pianta

L'altezza della pianta al momento del trapianto è stata influenzata dalla specie

(Figura 3-15), in particolare il peperone ha fornito i valori inferiori e il tabacco quelli più elevati. La paprica si è differenziata dal peperone (Figura 3-16). La paprica è stata la specie che significativamente ha ridotto di meno l'altezza come percentuale del testimone non trattato (Figura 3-17).

Figura 3-15. Altezza della piantina al momento di trapianto per specie

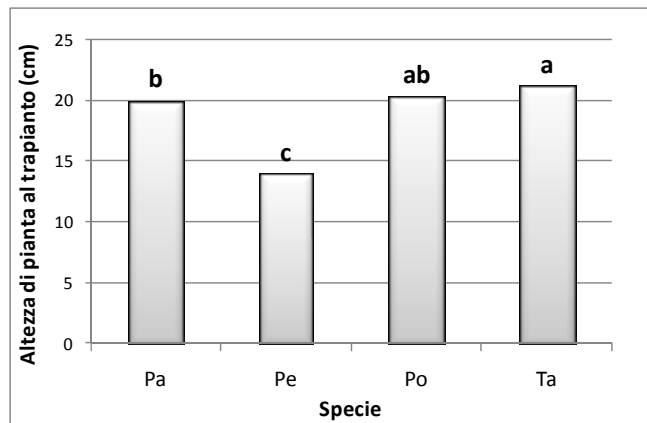
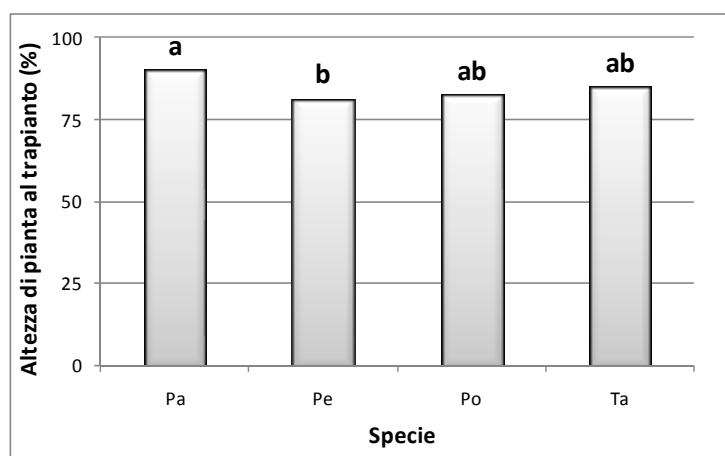


Figura 3-16. Piantine al momento del trapianto con 3000 mg L⁻¹ CCC di peperone e paprica, da sinistra a destra.



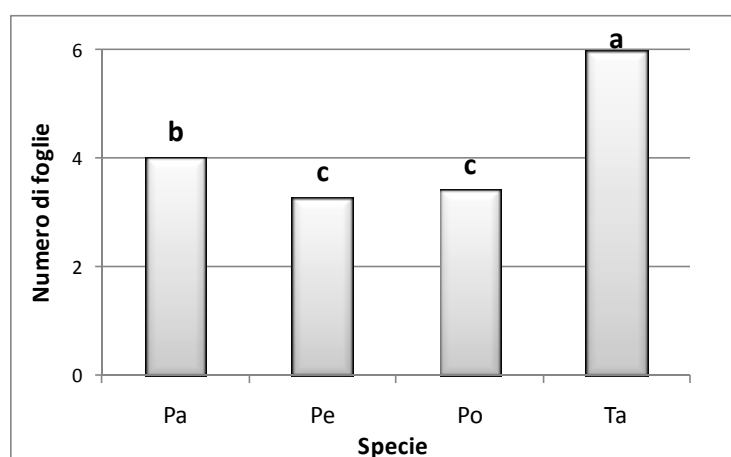
Figura 3-17. Altezza della piantina come percentuale del testimone per specie



Numero di foglie

Il tabacco ha presentato la maggiore quantità di foglie, seguito da paprica, peperone e pomodoro (Figura 3-18). La riduzione osservata del numero di foglie è in linea con quanto riportato da Pilatti et al. (2005).

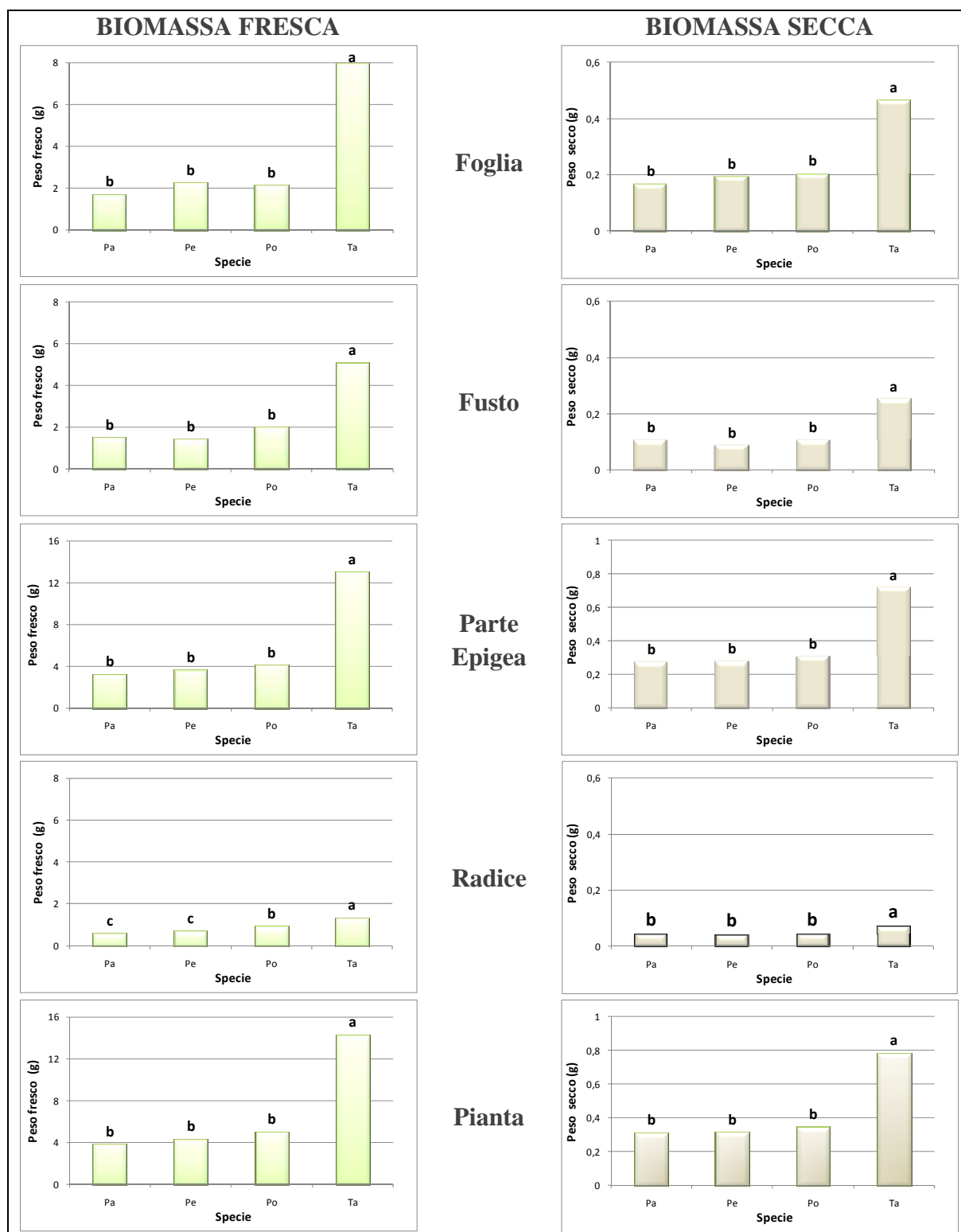
Figura 3-18. Numero di foglie della piantina per specie



Produzione di biomassa

Nella produzione di biomassa, fresca secca, il tabacco ha fornito le risposte più elevate. Per quanto riguarda le radici, quelle del tabacco hanno manifestato dimensioni più marcate rispetto a pomodoro, meno paprica e peperone. La maggiore produzione di biomassa si è registrata a carico delle foglie, essendo queste un sink importante per i fotoassimilati (Figura 3-19).

Figura 3-19. Produzione di biomassa fresca e secca (g) al trapianto per specie.



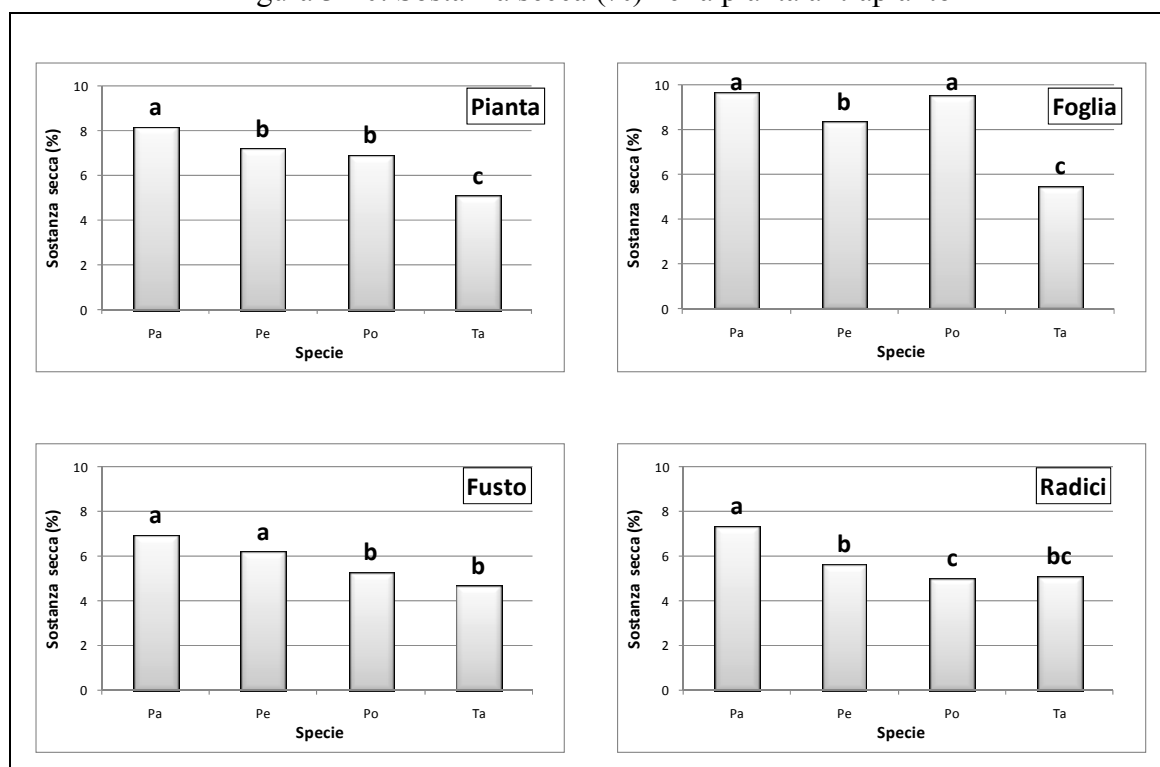
In diversi studi (Pilatti et al. 2005, Labourdette et al. 1996) si evidenziano che la produzione di biomassa totale della pianta quando si applica CCC rimane invariata. Pilatti et al. (2005) hanno riportato che in pomodoro aumenta il peso secco delle radici e diminuisce nella parte epigea e nello stelo, risposta non osservata in questa ricerca. La ripartizione di fotoassimilati non è variata, ad eccezione della paprica che nelle piante

trattate ha fatto registrare un aumento significativo del peso secco e fresco delle radici.

Nel tabacco, la dose doppia di CCC ha comportato un significativo decremento del 15% nei confronti del peso secco delle foglie al momento del trapianto.

Per quanto riguarda la sostanza secca, il tabacco ha presentato i valori minori (Figure 3-20). Wang et al. (2009), Ramirez et al. (2005), Gonçalves Martins et al. (1999), Nuez (1995) e Panelo et al. (1992) hanno segnalato un aumento della sostanza secca delle foglie, essendo queste più spesse, con maggiore quantità di pigmenti e colore verde scuro quando si applica CCC. Qui non si sono visti cambiamenti di SS delle foglie però, nei confronti del colore, si è osservato un lieve aumento.

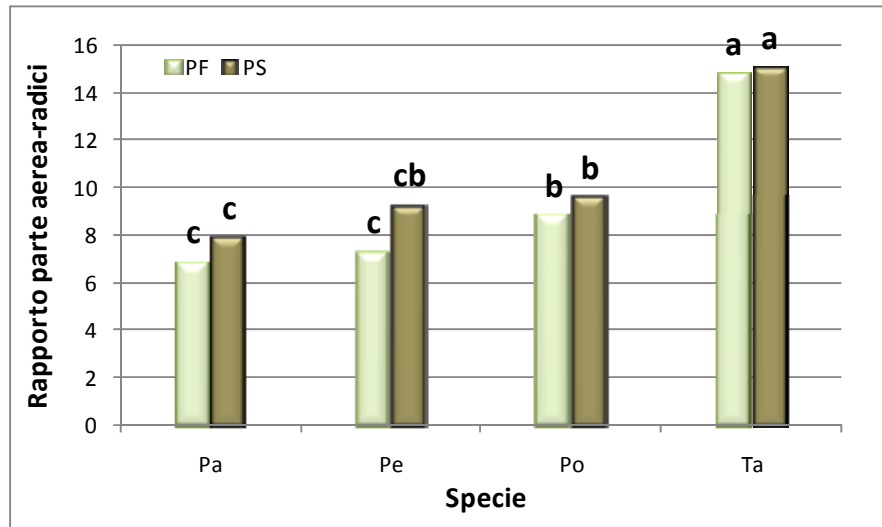
Figura 3-20. Sostanza secca (%) nella pianta al trapianto



Valutazioni allometriche

La migliore relazione parte epigea-radice si è riscontrata in pomodoro seguito da paprica e peperone (Figura 3-21). Pilatti et al. (2005) hanno evidenziato, nel pomodoro, una diminuzione di questo rapporto a valori intorno a 3,5 e 4,2 quando si applica CCC. In questa ricerca i valori sono stati vicino a 4, senza differenze tra testimone piante trattate.

Figura 3-21. Rapporto parte epigea-radici in PF e PS al trapianto per specie



Consumo idrico

Il tabacco ha presentato un consumo idrico molto più elevato delle altre specie. Non si sono trovate differenze fra trattamenti di CCC (Figura 3-22) contrariamente all'aumento della efficienza del uso d'acqua riportato da Knavel (1969).

Composizione chimica delle piante

Con l'applicazione di CCC si è osservata una tendenza all'aumento della concentrazione di potassio e fosforo, tuttavia il primo è diminuito in tabacco e il secondo in pomodoro. L'azoto rimasto invariato in pomodoro e tabacco, si è invece ridotto in paprica e peperone. Il Ca si è accresciuto nella paprica e peperone e ridotto nel pomodoro e tabacco. Per quanto riguarda il Mg, ha manifestato una contrazione nella paprica e pomodoro e un incremento in peperone e tabacco (Figura 3-23). Questi risultati non confermano quelli riscontrati da Knavel (1969) dove il K era l'unico elemento a ridursi. Inoltre, sempre lo stesso autore, riferisce che le piante trattate avevano un colore verde scuro che, in questo caso, non si è osservato. Wang et al. (2009) hanno evidenziato dice un aumento generale nell'assorbimento di nutrienti minerali.

Figura 3-22. Consumo idrico durante il ciclo di coltivazione per specie.

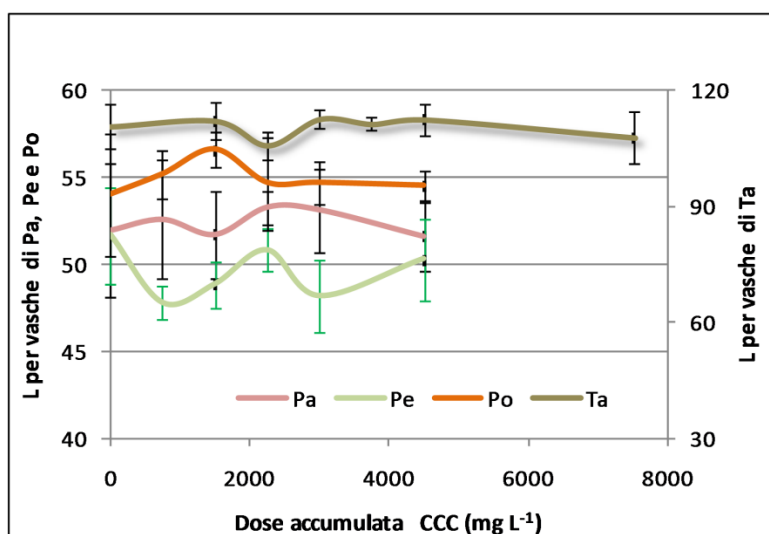
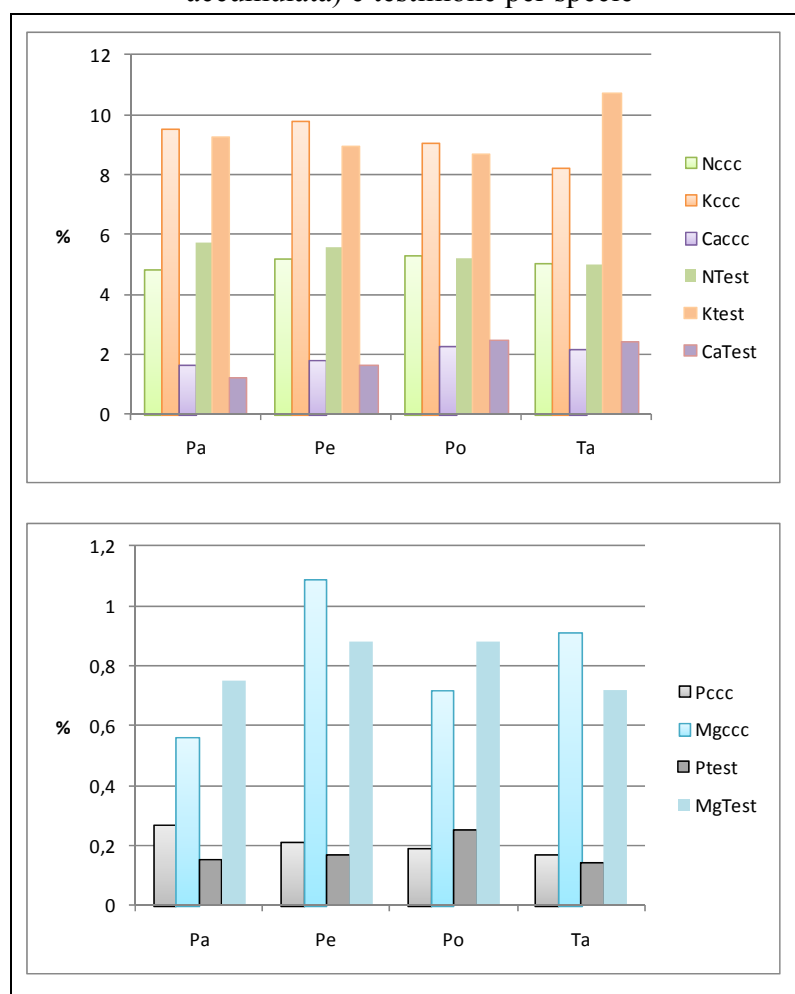


Figura 3-23. Concentrazione di nutrienti nelle piante trattate con CCC (massima dose accumulata) e testimone per specie



Tossicità del CCC

La dose doppia (1500 mg L^{-1}) ha provocato tossicità in tutte le specie nei primi stadi di crescita a partire dalla seconda applicazione (3000 mg L^{-1} dose cumulata). I principali sintomi sono stati dapprima clorosi, poi sbiancamento e, infine, una necrosi dei margini fogliari. Nel tabacco è stato colpita maggiormente la punta della foglia e questi effetti si possono osservare anche sulle nervature, con foglie a cucchiaio (Figura 3-24). Tali fenomeni concordano con quanto citato da Pilatti et al. (2005) a proposito di tossicità nel pomodoro.

Figura 3-24. Sintomi di tossicità del CCC in diverse specie solanacee.



Fase post-trapianto

Fattore applicazione di CCC in dose accumulata

Altezza della pianta

Si sono conservate le differenze d'altezza nelle piante trattate con CCC che sono rimaste più basse (Figure 3-25 e 3-26) fino a 30 GDT. In seguito tale divario è venuto meno e non si sono più osservati effetti del CCC. Tale risposta coincide con Ramirez et al. (2005), Gonçalves Martins et al. (1999), Nuez (1995), Panelo et al. (1992) che riferiscono del recupero dell'altezza dopo un determinato periodo di tempo dall'applicazione.

Figura 3-25. Altezza della pianta a 10 GDT di tutte le specie e tabacco per dose di CCC

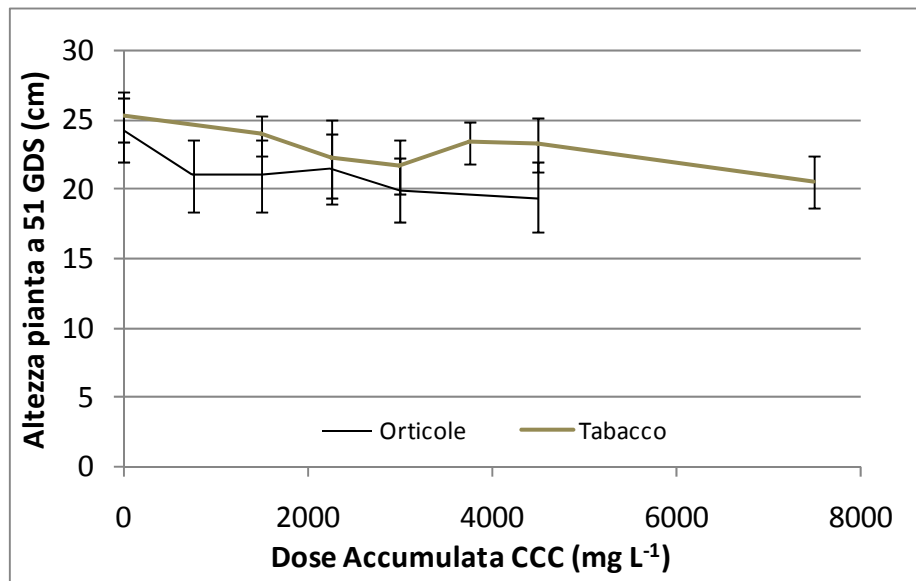
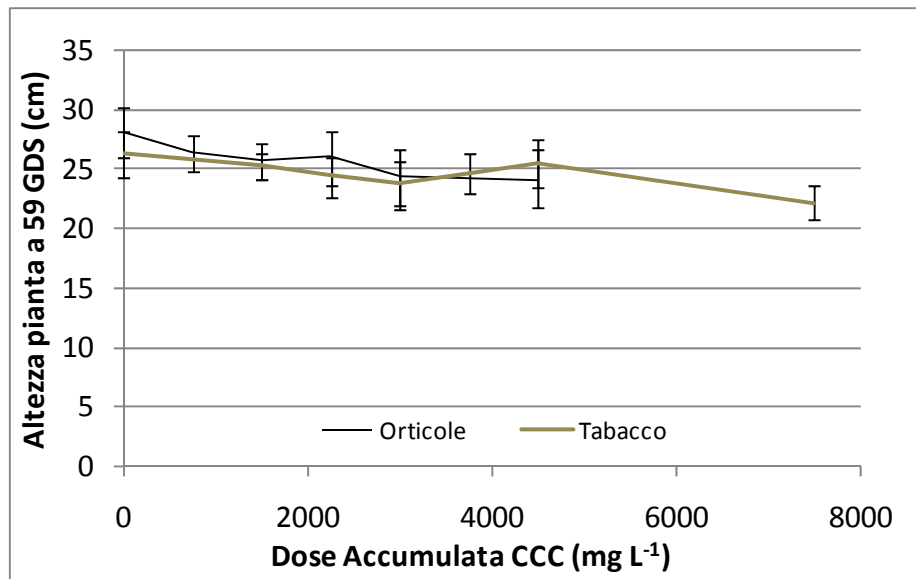


Figura 3-26. Altezza della pianta a 20 GDT di tutte le specie e tabacco per dose di CCC

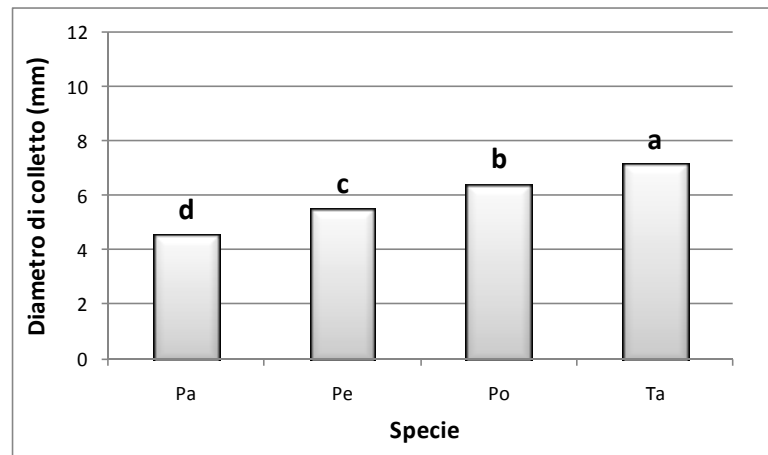


Fattore specie

Diametro del colletto

Lo studio del diametro di colletto a 30 GDT ha consentito di osservare che tale parametro non è influenzato dai trattamenti con CCC (Figura 3-27).

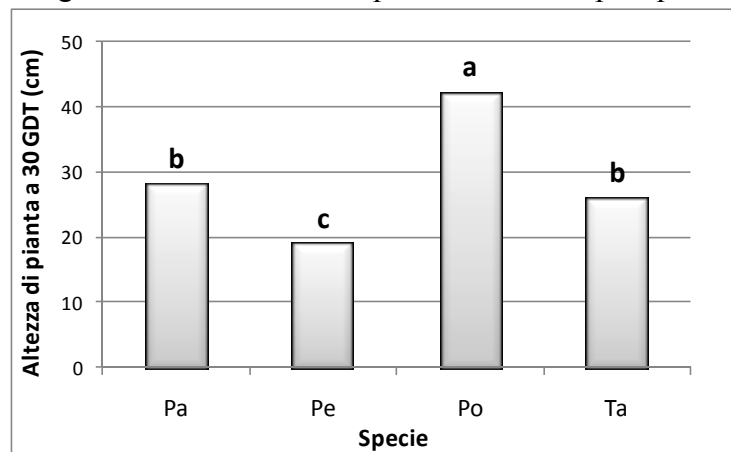
Figura 3-27. Diametro di colletto della pianta a 30 GDT per specie



Altezza della pianta

A 30 GDT si è riscontrata un'altezza maggiore nelle piante di pomodoro, intermedia in quelle di paprica e tabacco, e la più modesta in peperone (Figura 3-28), queste differenze hanno risentito maggiormente dell'effetto delle specie che per quello del CCC.

Figura 3-28. Altezza della pianta a 30 GDT per specie



Crescita cumulata

Durante le fasi di vivaio gli accrescimenti in altezza e diametro delle piantine di paprica e peperone sono stati di tipo esponenziale. Nel caso del tabacco questo tipo di risposta è stato osservato solo nell'altezza. L'altezza e diametro del pomodoro e il diametro del tabacco sono aumentate invece in modo lineare.

In campagna, dopo il trapianto, l'accrescimento è stato lineare in tutte le specie.

Nelle figure da 3-29 a 3-33 sono riportati gli andamenti dei diversi parametri per le diverse specie messe a confronto.

Figura 3-29. Crescita cumulata di diametro, altezza della pianta e lunghezza degli internodi di paprica dolce con diversi dosaggi di CCC per GDS (Argentina 2009)

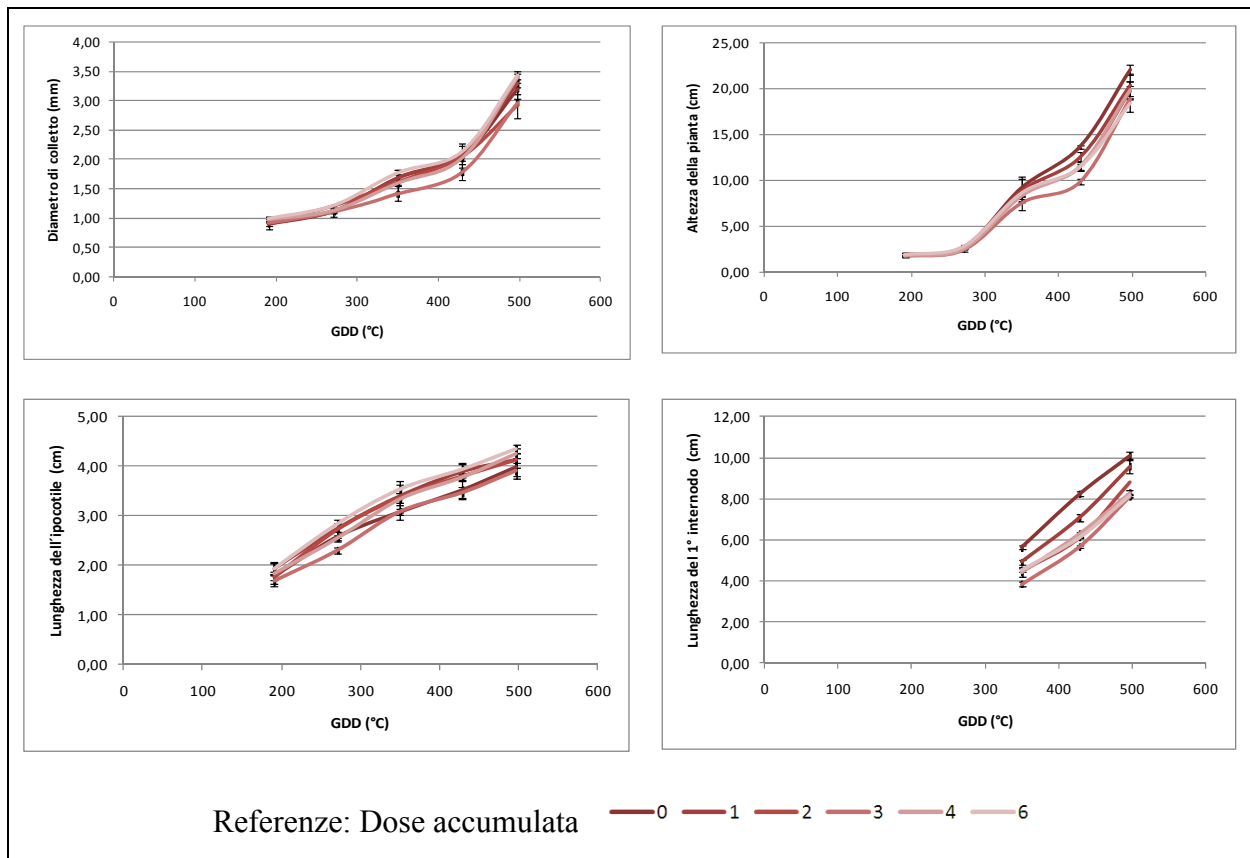


Figura 3-30. Crescita cumulata di diametro, altezza della pianta e lunghezza degli internodi di peperone con diversi dosaggi di CCC per GDS (Argentina 2009)

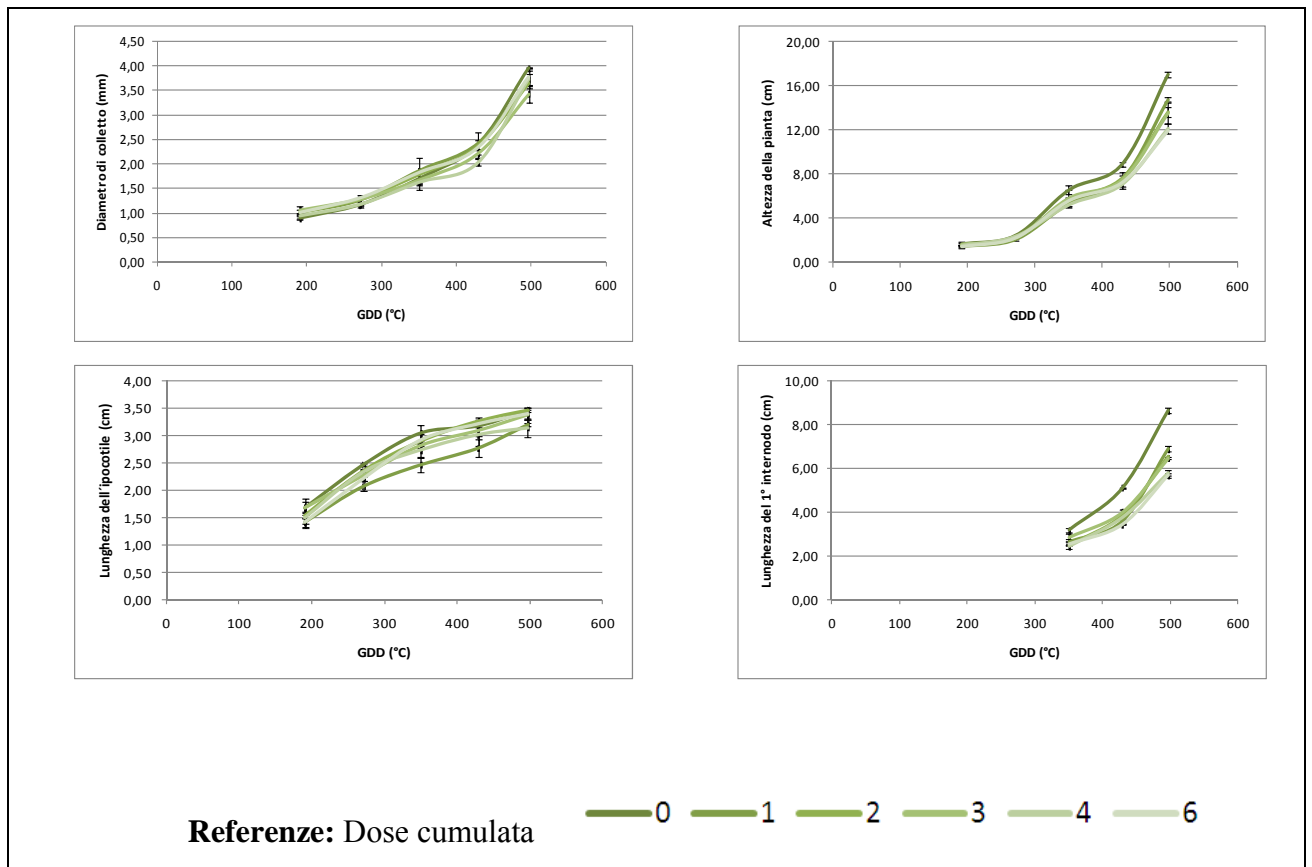


Figura 3-31. Crescita cumulata di diametro, altezza della pianta e lunghezza degli internodi di pomodoro con diversi dosaggi di CCC per GDS (Argentina 2009)

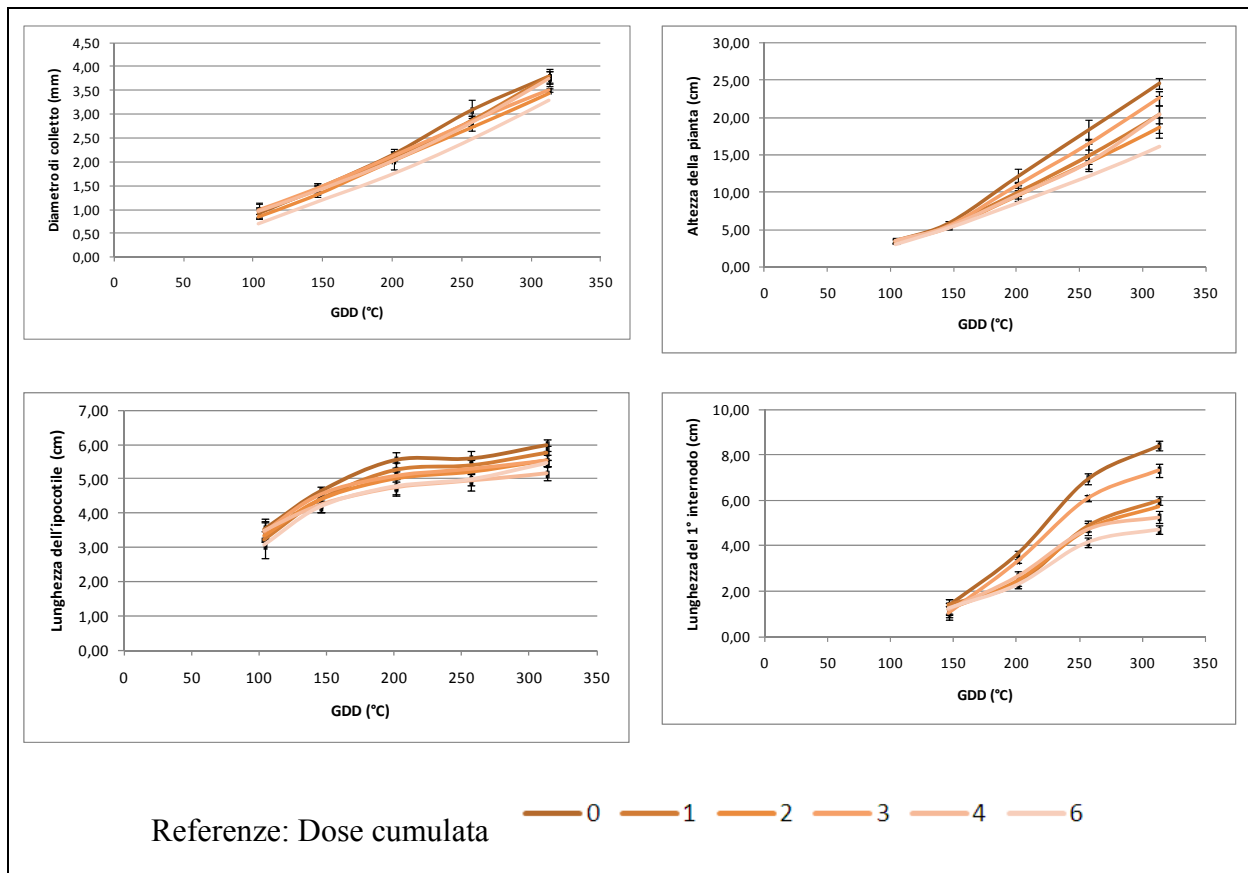


Figura 3-32. Crescita cumulata di diametro, altezza della pianta e lunghezza delle foglie di tabacco con diversi dosaggi di CCC per GDS (Argentina 2009)

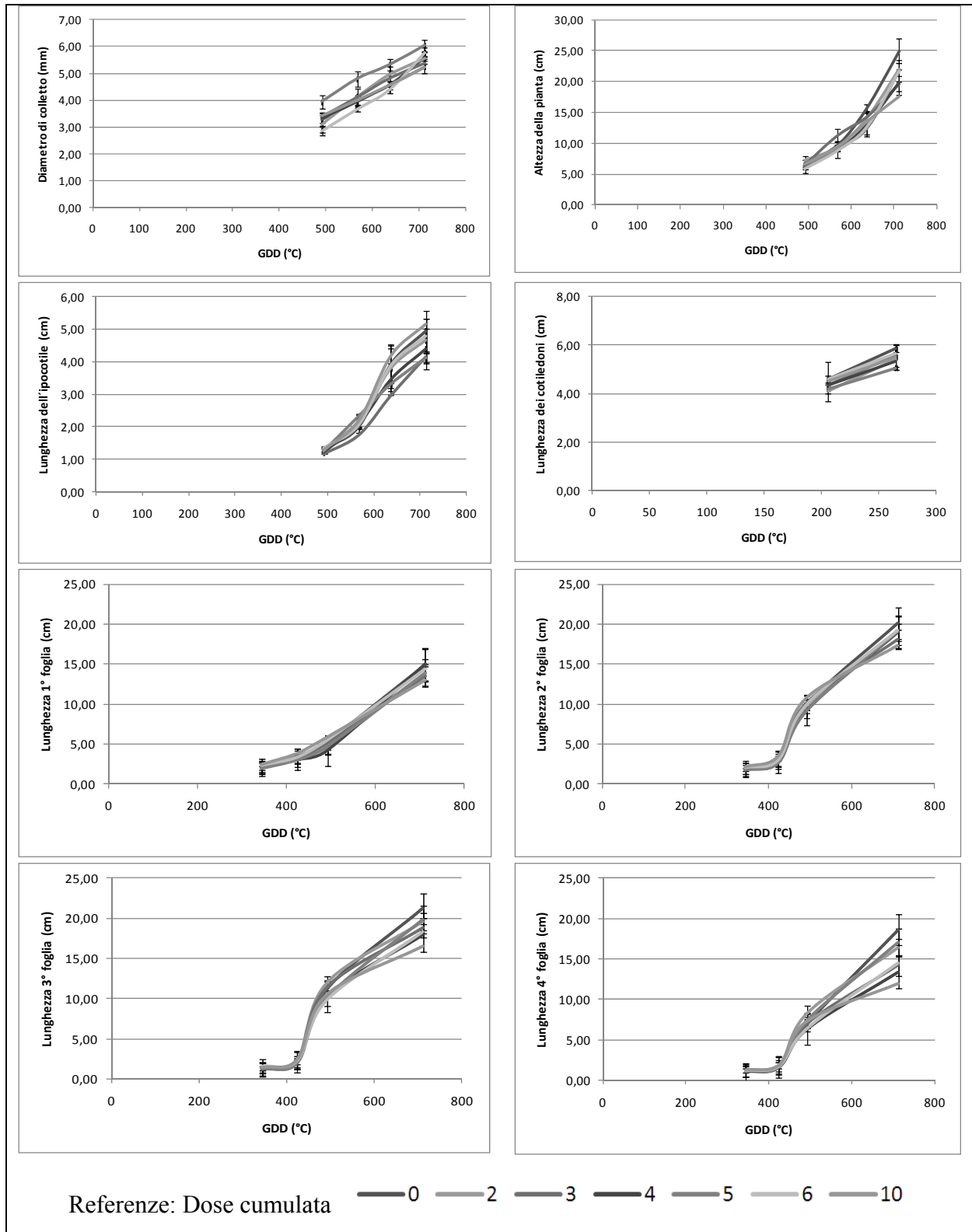
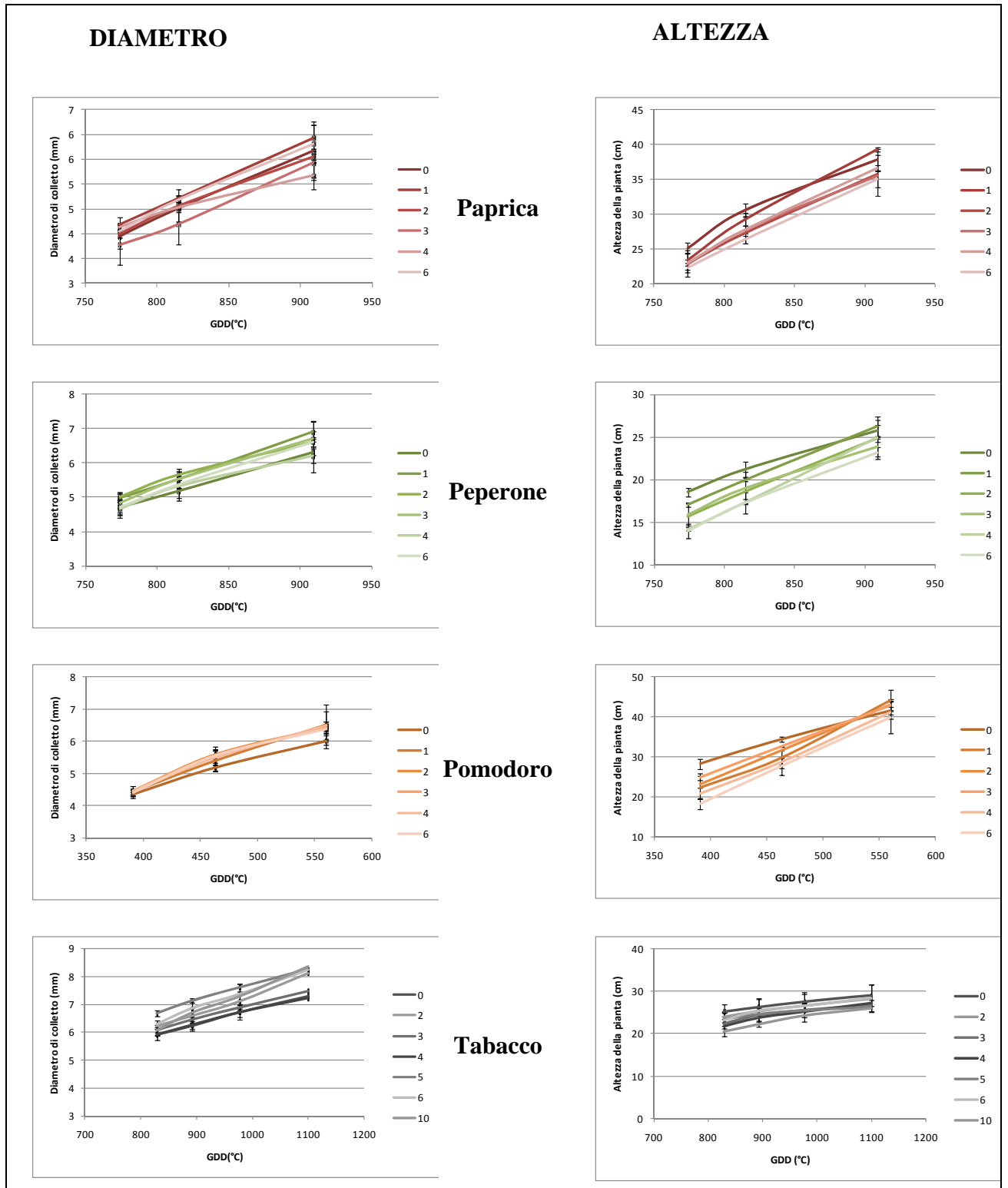


Figura 3-33. Crescita cumulata di diametro e altezza della pianta dopo il trapianto con diversi dosaggi di CCC per specie e per GDS (Argentina 2009)



Conclusioni

Il metodo di contenimento chimico della taglia di piante da vivaio con applicazione di ritardanti di crescita CCC in dosi di 750 e 1500 mg L⁻¹ e diverse frequenze (1, 2 e 3 volte per gli ortaggi e 2, 3 e 5 per il tabacco) o dose cumulata da 0 a 7500 mg L⁻¹ spruzzate sul paprica dolce, peperone, pomodoro e tabacco sottoposte alla sperimentazione in agricoltura galleggiante (*floating system*) consente di affermare che:

- ha funzionato in tutte le specie influenzando ugualmente e di maniera significativa l'altezza al momento del trapianto, diminuendola tra 15 e 30% rispetto al testimone.

- Questo è dovuto alla ridotta lunghezza degli internodi che è diminuita in tutte le specie e dell'ipocotile solo nel pomodoro. Nel tabacco si è riscontrata anche la diminuzione della lunghezza delle foglie.

- Non si sono registrate differenze tra le tesi, nei confronti del peso secco totale delle piante, per nessuna specie valutata, indicando così che i trattamenti non hanno avuto alcuna influenza. Nella paprica si è osservato che è aumentato il peso secco delle radici, mentre in tabacco è diminuito il peso secco delle foglie.

- La dose cumulata uguale o maggiore a 3000 mg L⁻¹ ha provocato tossicità su tutte le specie.

- I cambiamenti che si sono verificati in altezza sono continuati anche dopo il trapianto, evidenziano un prolungamento dell'effetto dell'applicazione di CCC che si è annullato dopo 30 GDT.

Nella presente sperimentazione si conclude che il regolatore di crescita CCC nelle dosi e frequenze provate non ha potuto migliorare il rapporto tra la parte aerea e radici delle piante di paprica dolce, peperone, pomodoro e tabacco in peso fresco o secco, però lo ha fatto di maniera simile considerando l'altezza.

CAPITOLO 4

APPLICAZIONE DI BRACHIZZANTI FISICI: POTATURA/SPAZZOLATO/ARIA

Introduzione

Le piante in natura sono esposte a condizioni ambientali e influenze biotiche definiscono il loro potenziale di crescita. L'effetto di condizioni non ottimali sulle piante è chiamato stress ambientale e biotico. Appena le piante sono poste in condizione di stress, cominciano a esprimere una serie di risposte, scalate nel tempo, che implicano aggiustamenti biochimici e morfologici che inducono la tolleranza o possibilità di evitare lo stress da parte delle piante. Numerosi ricercatori stanno studiando i meccanismi degli stress abiotici con il fine di sviluppare pratiche di gestione specifiche che minimizzano le risposte detrimentalmente dello stress o alternativamente lo si usano come un vantaggio in orticoltura (Wisniewski 1996).

Il processo di crescita delle piante è molto sensibile anche a brevi episodi di stress meccanico, specialmente avviene in ambiente controllato (Mitchell 1996). Le piante rispondono a diversi disturbi meccanici quali vento, pioggia, alterazione di peso o per l'attività d'insetti e animali erbivori. La forma della risposta delle piante viene definita "toco-regolazione" (rivista per Jaffe et al. 2002, Braam 2005).

Anche le condizioni ambientali influiscono sull'effetto dei trattamenti fisici. In inverno, per esempio la bassa luminosità, provoca filatura in piante di pomodoro, soia e patata. Con le applicazioni di stress fisici, però anche solo pochi secondi al giorno, si ottengono steli forti ed eretti, con maggiore elasticità (in pomodoro per aumento del contenuto di cellulosa). Ogni specie ha una temperatura ottima per aumentare l'effettività del trattamento. Per esempio nel fagiolo è di 24°C (Mitchell 1996).

La sensibilità allo stress meccanico è inversamente proporzionale all'intensità di luce. Con una PAR maggiore a 300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, la soia è stata influenzata fortemente da un stimolo di agitazione giornaliero riducendo la lunghezza degli internodi. Se però, ombreggiamento del 25%, 50% e 75% veniva applicato si aumenta la risposta (Mitchell 1996).

Tigmomorfogenesi

L'alterazione della morfologia e della composizione di una pianta provocata da una stimolazione meccanica tattile prolungata è stata chiamata da Jaffe (1973), tigmomorfogenesi (dal greco, *thigma* contatto).

Esistono altre risposte "tigmo", che esplicano la risposta tigmonastica della "venus" e della mimosa (piante sensibili al tatto), molto rapidamente e indipendentemente dalla direzione dello stimolo. Il tigmotropismo, invece, è una crescita direzionata determinata dalla posizione dello stimolo. Questi fenomeni sono

alla base per esempio dall'abilità delle radici di crescere circondando oggetti nel suolo (Jaffe 1973).

Il cambiamento morfologico provocato per tigmomorfogenesi più comune è una diminuzione della velocità di crescita che provoca un ridotto allungamento degli internodi con una riduzione della lunghezza totale dello stelo, diminuzione dell'area fogliare e del peso secco dal fusto (25%-43%). Si è rilevato, anche, un allungamento degli steli laterali, con crescita radiale, con maggiore resistenza meccanica delle piante (Porter et al. 2009, Braam 2005, Mitchell 1996, Latimer 1991). La tigmomorfogenesi può quindi essere usata per fortificare le piantine prodotte in vivaio (Latimer 1991).

Altri processi spesso influenzati dallo stress meccanico sono: il tempo di fioritura, la senescenza, il contenuto di clorofilla, la resistenza alla siccità, i livelli di acido abscissico, la resistenza a basse temperature, l'apertura stomatica e la resistenza ai patogeni (Baam 2005).

I meccanismi di ricezione primaria responsabili della mecano-ricezione sono ancora allo studio.

Alcune ipotesi indicano che la risposta allo stress meccanico potrebbe essere mediata dall'etilene. L'applicazione esogena dell'etilene può indurre cambi morfologici e fisiologici che sembrerebbero essere simili alla risposta tigmomorfogenica. È vero anche che la produzione di etilene avviene dopo la stimolazione meccanica delle piante ed è in relazione ad aspetti della espansione radiale, ma non con la diminuzione dell'altezza. Si pensa quindi alla produzione di etilene come a una delle possibili risposte ai disturbi meccanici, ma non come alla molecola di segnalazione primaria che controlla tutte le risposte (Braam 2005, Jaffe 1973).

La lignificazione ha un ruolo diretto nelle risposte tigmomorfogenica della crescita dato che si verifica una diminuzione della riduzione degli internodi quando si viene inibita la sintesi di lignina. Sono state riscontrate anche alterazioni nel contenuto della clorofilla a seguito di perturbazioni meccaniche; la spazzolatura ha aumentato il contenuto di clorofilla in lattuga e in sedano e una diminuzione in cavolfiore (Biddington and Dearman 1985).

Il calcio potrebbe avere un ruolo primario nel recepire e segnalare il contatto (Porter et al. 2009, Baam 2005).

Ci sono differenze significative nelle risposte tra specie, a indicare la diversità genetica che regola il fenomeno della tigmomorfogenesi. L'identificazione dei geni di toco-regolazione ha permesso di avere un'idea sulle proteine e sulla rete di segnali coinvolti nei cambi morfologici. I primi geni toco-inducibili conosciuti decodificano per un calmoduline (TCH1), proteine tipo calmoduline (TCH2 e TCH3) e una endotransglucosilasi/idrolasi xyloglucano (TCH4). I livelli di trascrittori di questi geni cresce nei 10-30 minuti seguenti al trattamento di stimolazioni. Tre dei geni TCH trascrivono per calmoduline (CaM) o proteine CaM-tipo (CML), il che fa pensare che queste proteine possano avere un ruolo centrale nella trasduzione del segnale. Più recentemente, analisi molto precise furono usate per fare vedere che circa 2,5% del genoma di *Arabidopsis* aumentava almeno due volte la sua funzionalità 30 minuti dopo

la stimolazione. Questi geni altamente regolati codificano per le proteine con diversi categorie funzionali, includendo chinasi, fattori di trascrizione e proteine resistenti a malattie putative (Porter 2009)

Seismomorfogenesi

Quando si provoca uno stress meccanico non tattile come vento, vibrazioni, agitazione; la sua risposta è stata chiamata da Mitchell, Severson, Wott e Hammer (1975) seismomorfismo (dal greco, *seismòs* scossa) e il processo che lo provoca, seismomorfogenesi.

L'effetto generale di piante "scosse" è il ritardo nell'allungamento degli internodi e l'inibizione della espansione fogliare con formazione di piante nane in dimensioni e massa, in funzione della dose di stress ricevuta (Mitchell 1996).

La seismomorfogenesi emerge per la facilità d'applicazione comparata con gli stress tigmomorfogenici. Per realizzare i trattamenti in piccole piante, sono stati fabbricati anche banchi brivanti (Mitchell 1996).

Lo stress per vibrazione ha provocato la diminuzione dell'altezza e riduzione, fino al 50%, delle rese in piselli per minore numero di bacelli e di semi. Nella patata ha ridotto la pianta ma anche la resa di tuberi (Mitchell 1996).

Condizionamento meccanico

Il condizionamento meccanico (stress meccanico intenzionale applicato per influenzare la crescita delle piantine) è un metodo efficace per ridurre l'eccessiva elongazione dello stelo delle piante durante la produzione di piantine da vivaio. Le piante sono più facili da manipolare e meno suscettibili ai danneggiamenti durante il trapianto (*Solanaceae*, *Cucurbitaceae*, *Cruciferae*), sono piante più forti e con steli più elastici, che resistono alla rottura per vento ed all'inclinazione verso le piacciamature, meno suscettibili a malattie di suolo, stress termici e idrici. Tale trattamento non possiedono effetti residuali. Così, Johijima e Latimer (1992) non hanno evidenziato effetti dannosi nella produzione di pomodoro in serra (Garner e Björkman 1999, Latimer 1994). Nonostante, nel caso di condizionamento meccanico, alcuni autori hanno evidenziato un ritardo nella fioritura o rottura di fiori, riduzione dell'assorbimento nutrizionale e ferite nei meristemi apicali (Garner e Björkman 1999). Latimer (1994) ha avuto un danno severo (foglie sgarrate e rotte, stelo spaccato, crescita deforme) dal 48 al 93% delle piante di peperone. I danni sono molto maggiori nella primavera che durante l'estate, cosa che potrebbe essere legata alla condizione di bassa luminosità.

Garner and Björkman (1999) hanno lavorato con trattamenti meccanici di spazzolamento fatto con un attrezzo di legno duro di 25 mm di spessore passato sul fusto 20 volte, alle 8:30 ore di ogni giorno fino al trapianto (15 gg). Questo veniva comparato con un trattamento d'impedenza, fatto mettendo un foglio di materiale acrilico (4 mm spessore) appena più basso della copertura vegetale durante la notte. Le piante trattate furono 3-4 cm più basse mentre quelle sottoposte a "impedenza" avevano un diametro dello stelo di circa il 20% più grosso. Dopo il trapianto, le piantine di pomodoro hanno avuto una crescita e uno sviluppo della parte aerea uguale al non

trattato. La prova ripetuta per 4 anni ha sempre dato risultati simili. Il pomodoro per consumare fresco ha avuto più danni che quello per l'industria senza in ogni caso indurre conseguenze sulla resa. Le piante trattate con lo spazzolamento e con l'impedenza hanno resistito alla flessione dello stelo a seguito di venti da 4 a 12 km h⁻¹ più veloci rispetto al testimone e con un vento di 70 km h⁻¹ soltanto il 2% di piante sono state danneggiate. Latimer (1991) applicando diversi metodi branchizzanti su piantine da vivaio di broccoli, come aria (7 m s⁻¹ per 5 minuti e 2 volte al giorno), mancanza d'acqua (approssimativamente per 2 ore al giorno) e spazzolamento con un cartone (40 passate, 1 minuto 2 volte al giorno), ha visto sia un'influenza stagionale sia dalle condizioni ambientali. Tutti i trattamenti di condizionamento hanno ridotto l'area fogliare, il peso secco di stelo, foglie, parte epigea e radici, e l'altezza in autunno e hanno avuto una risposta uniforme in primavera.

Latimer (1994) ha studiato in peperone due varietà con diversi gradi d'ombreggiamento (0%, 30%, 50%, 80%), e diverso momento d'inizio dello spazzolamento (cotiledoni, 1° e 2° foglia vera) con 80 passate due volte il giorno fatte con un legno. Le piante hanno avuto tra 28- 30% di diminuzione dell'altezza su rete 50% ombra e trascurabile riduzione a 0 e 80% ombra.

Nel pomodoro lo stress meccanico ha ridotto più l'altezza applicato d'inverno piuttosto che in estate a pari condizioni di luminosità. Su condizione di bassa luminosità (ombreggiamento) si sono trovati maggiori riduzioni dell'altezza (>17% di sotto sole). Si è visto comportamento simile in soia (Latimer 1994)

Lo stress meccanico influenza anche il peso secco dello stelo e della radice e la ripartizione del peso secco. Il rapporto tra peso secco tra parte epigea-radice in broccoli aumenta durante una mancanza d'irrigazione (Latimer 1990). In *Lilium* si è visto un aumento lineare del peso secco dello stelo con l'incremento del DIF, la percentuale di partizione verso lo stelo è dipendente dalla temperatura del giorno (Chen et al. 1999).

L'N è uno dei fattori che più condiziona la crescita delle piantine da vivaio. L'N determina la maggior parte delle variazioni di altezza e contenuto di clorofilla nelle piantine di pomodoro (Chen et al. 1999)

Jaffe (1973) ha eseguito uno spazzolamento su piantine per 10 secondi una 1/2 volte al giorno e osservando che l'allungamento è stato significativamente ritardato in *Hordeum vulgare*, *Bryonia dioica*, *Cucumis sativus*, *Phaseolus vulgaris*, *Mimosa pudica* e *Ricinus communis*, ma non influenzata in *Cucurbita pepo*, *Pisum sativum* e *Triticum aestivum*.

Biddington e Dearman (1985) lavorarono con cavolfiore, lattuga e sedano realizzando uno spazzolamento con carta per 1,5 minuti ogni giorno per 11-13, 10-12 e 21-28 giorni, rispettivamente, ottenendo piante più compatte e più piccole con minore pesi fresco e secco della parte epigea rispetto alle non trattate. In lattuga, il diametro dell'ipocotile e la percentuale di sostanza secca della parte aerea sono aumentati con lo spazzolamento. Il peso secco della radice, la sua lunghezza e le sue ramificazioni sono diminuite con la spazzolatura. Il rapporto parte epigea-radice è aumentato in sedano, diminuito in lattuga e invariato in cavolfiore. Per la durata dell'effetto dello

spazzolamento, si ipotizza sia dovuto ad uno stress fisico e anche fisiologico.

Coutand et al. (2010) lavorando con piantine arboree ha dimostrato la diversa sensibilità meccanica intraspecifica e ha messo a punto un sistema per studiare questa variabilità nelle piante.

Porter et al. (2009) hanno identificato una risposta multi genica con un meccanismo di ricezioni e variazioni morfologiche, contribuendo così a una maggiore comprensione della tigmomorfogenesi nelle piante. Sempre gli stessi autori hanno studiato nelle piantine di *Carica papaya* la stimolazione meccanica per 25 gg. vedendo che esiste una nuova crescita ipertrofica (peridermi e suberina) nella parte abassiale dei piccioli dovuta allo stress meccanico, senza ferite. Si è visto, anche, un aumento della lignina come meccanismo d'indurimento contro il movimento del picciolo. Inoltre, minore quantità di antocianina e clorofilla dell'ipocotile e accrescimento del suo diametro; decremento della larghezza della foglia, della lunghezza dello stelo e del peso fresco delle radici.

Sambin (2007) studiando l'effetto dell'applicazione d'aria (10 e 20 secondi giornaliero per 30 gg), dello spazzolamento (10 e 20 secondi giornaliero per 30 gg) e CCC (1770 mg L^{-1} 5 volte ogni 4 gg) in piantine da vivaio di pomodoro, ha ottenuto una riduzione di altezza pari al 24-33%, 39% e 49% rispettivamente. La lunghezza dell'ipocotile è, ugualmente, diminuita e si è riscontrata la riduzione del diametro del colletto con l'applicazione di CCC, la diminuzione di pesi freschi e la riduzione della SS.

Potatura del tabacco

Lo sfalcio è una pratica molto importante che favorisce il vigore, l'altezza e il diametro uniformi degli steli. Una potatura appropriata è anche essenziale per l'utilizzo di trapiantatrice meccanica per l'uniformità delle piantine e quantità di foglie. I migliori risultati si sono ottenuti con 3 a 4 sfalci durante il ciclo colturale (Proyecto Prozono 2003).

Si considera una prima potatura normale quando è eseguita a 3,5-3,8 cm dal colletto. Si raccomanda d'iniziare la potatura quando la piantina presenta un'altezza da 5 a 6 cm (3-5 settimane dopo emergenza) e con una frequenza da 3 a 10 giorni. La barra sfalciante deve avere un'altezza minima di taglio tra 2,5 e 3,8 cm sopra il colletto della piantina o 1 cm sopra il bocciolo per non danneggiarlo (Galli 2010, Proyecto Prozono 2003).

Esistono diversi sistemi di sfalcio e la scelta dipende dalla scala di produzione, che va da quella manuale con forbici o coltello a un tosaerba che possa controllare l'altezza di taglio e rimuovere le parti delle piante sfalciate. Sempre si deve disinfestare gli attrezzi di taglio con ipoclorito di sodio commerciale al 50% e in seguito effettuare un trattamento fitosanitario alle piante (Galli 2010, Proyecto Prozono 2003).

Una potatura drastica (1,3 cm sul colletto) diminuisce l'altezza dello stelo e mantiene invariato il diametro di colletto. I residui del taglio delle foglie devono essere rimossi per prevenire probabili malattie (Proyecto Prozono 2003).

Obiettivi

Valutare l'efficacia dei fenomeni tigmomorfici e sismomorfici, indotti da stress meccanici artificiali, da comuni trattamenti brachizzanti (ritardante di crescita e sfalcio) sulle caratteristiche morfologiche e di produzione delle piante da vivaio di pomodoro, peperone, paprica e tabacco, coltivate in *floating system*. Si è verificato, anche, se esistano modelli comuni tra le diverse specie studiate.

L'ipotesi della sperimentazione è che i metodi di condizionamento meccanico possano sostituire o essere complementari al fine di ottenere piantine da vivaio di qualità considerando la relazione tra la parte aerea e le radici delle piante e in maniera simile tra le specie studiate.

Materiali e metodi

Le prove sono state eseguite presso l'Azienda Agraria Sperimentale "Luciano Toniolo" della Facoltà di Agraria dell'Università di Padova, sita a Legnaro (Italia) tra Agosto e Ottobre 2009.

Schema sperimentale

Per tutte e quattro le specie lo Schema sperimentale adottato è stato a *split-plot* con 4 repliche in blocchi randomizzati (Figure 4-1 e 4-2):

Parcelloni:

Fattore 1: Metodo brachizzante.

I trattamenti con diversi brachizzanti applicati sono stati:

Tesi 1: Testimone non trattato.

Tesi 2: Spazzolatura 1 volta al giorno (15 passate per 15 secondi).

Tesi 3: Aria 1 volte al giorno (15 secondi).

Tesi 4: CCC 1500 mg L⁻¹ (50 ml per contenitore ogni 4 gg).

Il parcellone era contenuto da un insieme di 4 vasche con le rispettive specie oggetto dello studio, e l'applicazione di un metodo brachizzante.

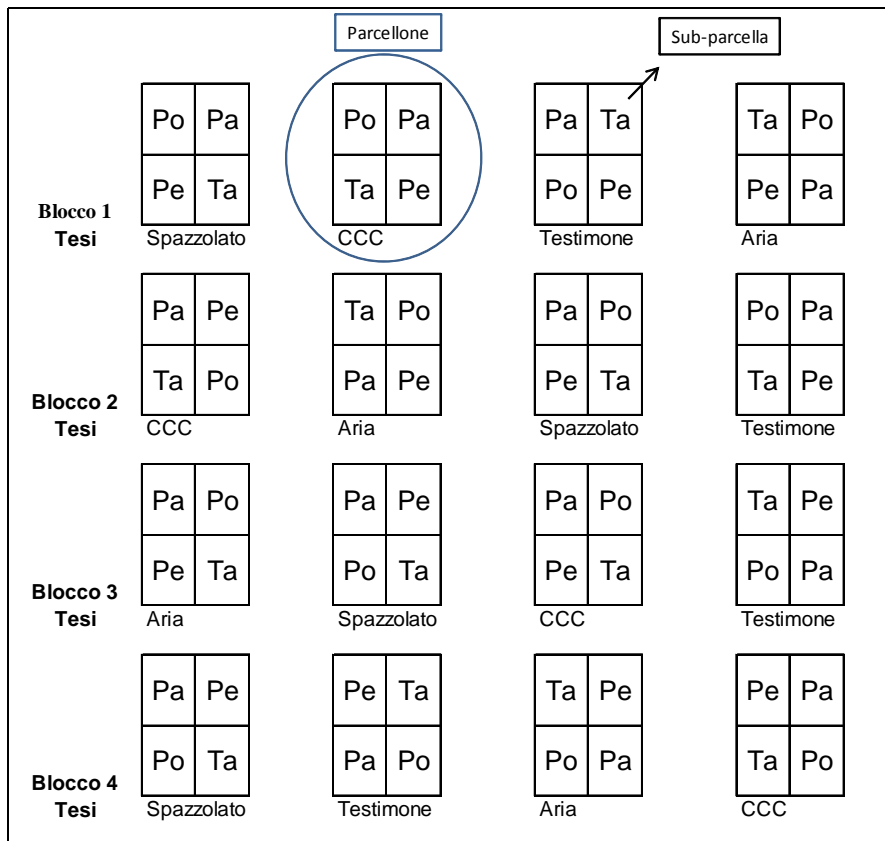
Sub-parcelle:

Fattore 2: Specie.

Quattro solanacee di cui tre ortaggi -Paprica dolce (Pa), peperone (Pe), pomodoro (Po)- e tabacco (Ta).

L'unità sperimentale della sub-parcella è stata un contenitore alveolato (ortaggi 160 fori e tabacco 224 fori) che era posto su vasca riempita con soluzione nutritiva Hoagland.

Figura 4-1. Distribuzione di trattamenti e specie nella prova di brachizzanti (Italia 2009)



Successivamente è stata condotta un'altra prova solamente con tabacco, per valutare oltre ai trattamenti citati, anche una quinta tesi consistente nello sfalcio.

Figura 4-2. Prova d'applicazione di brachizzanti in tunnel (Italia 2009)



Figura 4-3. Prova d'applicazione di brachizzanti nel tabacco (Italia 2009).
a. Panoramica della prova b. Testimone c. Potato d. Pianta testimone e potata.



Figura 4-4. Aspetti di alcune tesi applicate a *Capsicum annum*.
Paprica dolce: a. testimone, b. CCC.
Peperone: a. testimone, b. spazzolato.



Figura 4-5. Pomodoro: a. CCC, b. spazzolato.



Valutazioni

Piante

Durante tutto il ciclo: numero di piante nate e pesata dei residui di potatura nel tabacco.

Alla fine della prova: altezza delle piante, diametro di colletto e numero di foglie in un campione di 10 piante. Per tutte le piante della parte centrale del contenitore si è valutato il numero di piante utili, fori vuoti, peso verde, peso secco e sostanza secca dei radici, dei fusti e foglie. Dopo aver registrato il peso secco, si sono raggruppate le parti delle piante corrispondenti a ogni tesi e su queste è stato determinato il contenuto di N organico tramite metodo Kjeldhall.

Vasche

Si è misurato il volume di soluzione nutritiva consumata in ogni vasca, salinità (CE mmhos cm⁻¹ a 25°C), pH e temperatura (°C).

Ambiente

Con un termografo si è misurata la temperatura (°C) all'interno del tunnel, dov'era presente la prova.

Coltivazione

Quattro specie di solanacee (paprica dolce, peperone, pomodoro e tabacco) sono

state seminate in contenitore alveolato di polistirolo e gli interventi eseguiti durante il ciclo culturale sono riportati in Tabella 4-1.

Tabella 4-1. Date fenologiche e di applicazione di trattamenti brachizzanti

	Paprika dolce	Peperone	Pomodoro	Tabacco	Osservazioni
Sembra	31-Ago	11-Set	7-Set	4-Set	
Germinazione	4-Set	18-Set	11-Set	8-Set	
Cot. Spiegati	10-Set	20-Set	14-Set	11-Set	Messa a galleggiare
1° Foglia vera	14-Set	22-Set	18-Set	14-Set	
1° CCC	17-Set	29-Set	18-Set	25-Set	1° Spazzolato 1° Aria
2° CCC	21-Set	3-Ott	22-Set	29-Set	1-Ott 1° sfalcio
3° CCC	25-Set	7-Ott	26-Set	3-Ott	6-Ott 2° sfalcio
4° CCC	.	.	.	7-Ott	
5° CCC	.	.	.	11-Ott	12-Ott 3° sfalcio
Raccolta	1-Ott	12-13 Ott	29-Set	15-Ott	

I contenitori sono stati coperti con tessuto non tessuto e l'irrigazione è stata realizzata con un annaffiatoio a doccia leggera. I vassoi sono stati poi posti nelle vasche quando i cotiledoni erano totalmente spiegati nell'80% delle piante.

I trattamenti sono iniziati quando la prima foglia vera era appena formata, tranne nel caso del tabacco dove la potatura è stata effettuata quando la pianta aveva raggiunto 5 cm di altezza.

I trattamenti di spazzolamento dell'apice sono stati eseguiti mediante un pannello di polistirolo di dimensioni 0,60 m x 0,40 m dello spessore di 10 mm, che veniva fatto passare, in posizione verticale, sulla sommità delle giovani piante per 15 secondi (15 passate). Nella tesi 3, invece, la stimolazione è avvenuta mediante flusso d'aria fredda creato da un phon (Valera Super Silent 1600W), mantenuto a circa 15 cm degli apici e passato ripetutamente sopra le piantine per 15 secondi (Figure 4-6).

Figura 4-6. Applicazione di metodi tigmotropici alle piantine di paprica dolce
 a. Spazzolato con un pannello di polistirolo b. Sotto gettato con aria da un phon



La tesi 4 si è trattata applicando Cycocel 75% (clorquet= cloruro di cloroetile-trimetile ammonio), alla dose di 2 ml L⁻¹ di prodotto (1500 mg L⁻¹ CCC, 50 ml per contenitore) in tre trattamenti per gli ortaggi e cinque per il tabacco a cadenza regolare di quattro giorni, spruzzando per 15 secondi.

Per il tabacco, lo sfalcio è stato eseguito soltanto quando le piantine avevano raggiunto 5 cm di altezza, con una forbice di acciaio inossidabile tagliando di maniera netta ad una distanza dall'apice pari ad un centimetro. Tutte le parti tagliate sono state essiccate e pesate.

Per evitare deriva o effetti d'interazione tra i trattamenti, si sono posizionati pannelli di polistirolo lungo il perimetro dei vassoi trattati (Figura 4-6).

La prova si è conclusa con un rilievo distruttivo di fine prova, che è avvenuto in diversa data per ogni specie dal momento che presentavano diversa velocità di crescita (Tabella 4-1).

Le temperature registrate nel periodo in cui si è svolta la prova sono riportate nella Tabella 4-2.

Tabella 4-2. Temperature massime e minime misurate durante la prova nell'ambiente del tunnel sperimentale

Temperature	Mass.	Min.
Media	31,9	13,9
Error std	0,9	0,9
Mass ass	41,0	23,0
Min ass	20,0	4,0

Elaborazione statistica dei dati

Si è studiata l'interazione dei fattori metodi branchizzanti e specie con le variabili comune, utilizzando l'analisi della varianza e successivamente una comparazione multipla delle medie.

Nel caso di interazione significativa ($\alpha < 0,01$) tra le specie e le tesi provate (diversi brachizzanti), si è dovuto eseguire uno studio separato per ogni specie (Paprica dolce, Peperone, Pomodoro, Tabacco).

Le variabili che hanno presentato varianza eterogenea ($\alpha \leq 0,05$) con il test di Bartlett sono state trasformate, previa la realizzazione dello studio statistico, con la radice quadrata dei rispettivi valori (NF025).

Per eseguire lo studio statistico è stato impiegato il programma CoHort Version 6.400, Copyright © 2009-2010.

Risultati e discussione

Fattore metodo brachizzanti

Valutazioni biometriche

L'altezza della pianta ha espresso differenze significative in tutti trattamenti rispetto al testimone. Il maggior controllo dell'altezza è stato riscontrato nelle tesi di tabacco sfalciato seguite dall'applicazione con CCC (Figure 4-7, 4-8 e 4-9). Si sono osservate diminuzioni di altezza pari al 15%, 24%, 41% trattate con aria, spazzolamento e CCC, risultati simili sono stati riportati da Sabin (2007) sia nei confronti della riduzione dell'altezza che dell'intensità degli effetti.

Figura 4-7. Effetto del trattamento brachizzante sull'altezza delle piantine

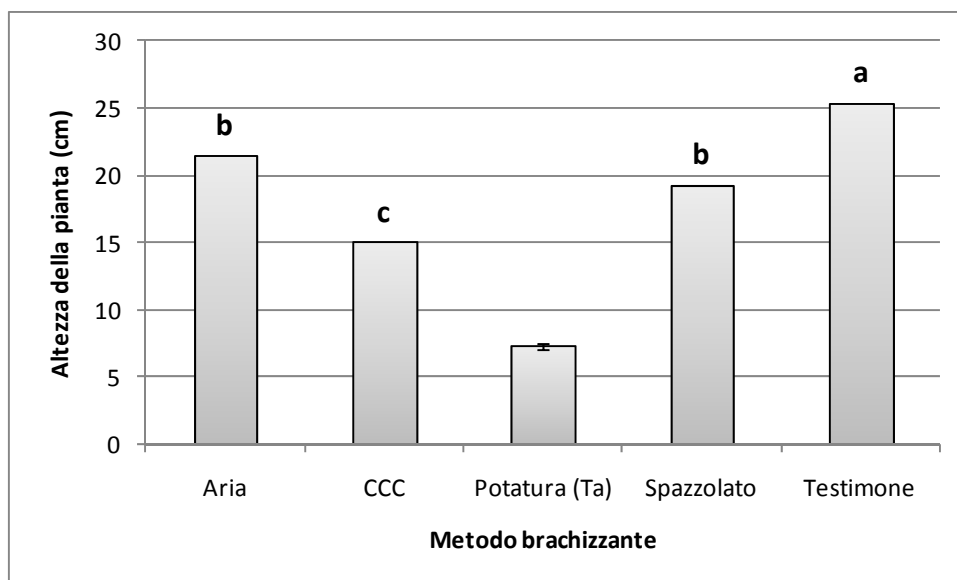


Figura 4-8. Altezza delle piantine per metodo brachizzante e per specie.
a. Paprica dolce-Testimone, CCC, Aria, Spazzolato- b. Peperone-CCC, Testimone,
Spazzolato, Aria- c. Pomodoro-CCC, Aria, Testimone, Spazzolato- d. Tabacco-
Potatura, Spazzolato, Aria, Testimone, CCC-
Da sinistra a destra.



Figura 4-9. Altezza delle piantine per metodo brachizzante e per specie. a. Paprica dolce-CCC, Testimone, Spazzolato, Aria-, b. Pomodoro -CCC, Testimone- c. Tabacco- CCC, Testimone, Aria, Spazzolato, Potatura-
Da sinistra a destra.



Latimer (1994) riporta una diminuzione dell'altezza intorno al 30% provocata dallo spazzolamento in peperone e in pomodoro, e Garner e Björkman (1999) una riduzione di 3-4 cm di meno per il pomodoro trattato rispetto al testimone.

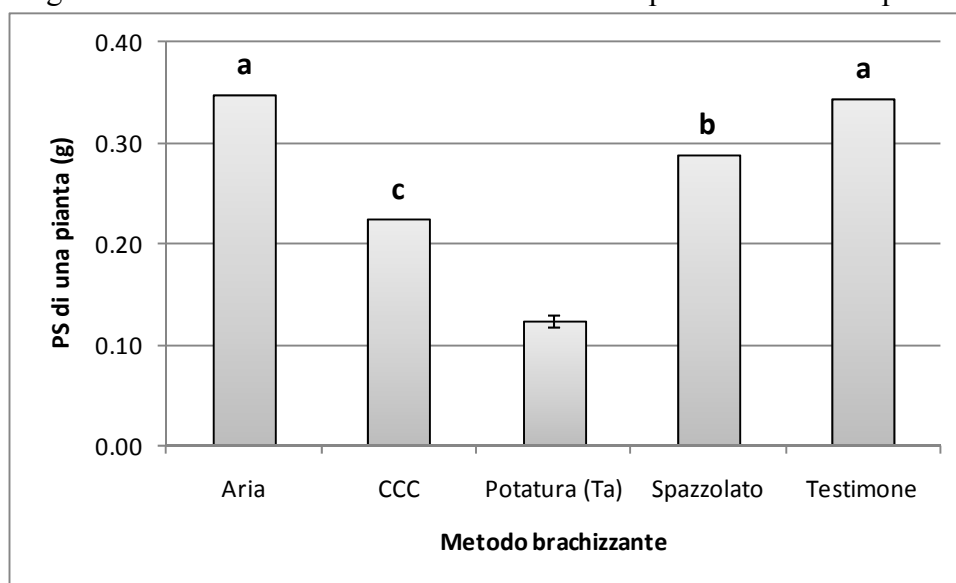
Porter et al. (2009), Braam (2005), Mitchell (1996), Latimer (1991) evidenziano la diminuzione dell'altezza in diverse specie, tra le quali anche le solanacee. Garner e Björkman (1999) e Latimer (1994) hanno considerato il condizionamento meccanico come un metodo efficace per ridurre l'eccessivo allungamento dello stelo delle piante durante la produzione di piantine da vivaio delle famiglie di *Solanaceae*, *Cucurbitaceae*, *Cruciferae*, come osservato in questa esperienza.

Produzione di biomassa

I trattamenti branchizzanti hanno diminuito il PS della pianta intera, ad eccezione del trattamento con aria che non si è differenziato dal testimone. La potatura del tabacco ha determinato piante di peso secco minore, in secondo posto l'applicazione di CCC e intermezzo lo spazzolato (Figura 4-10).

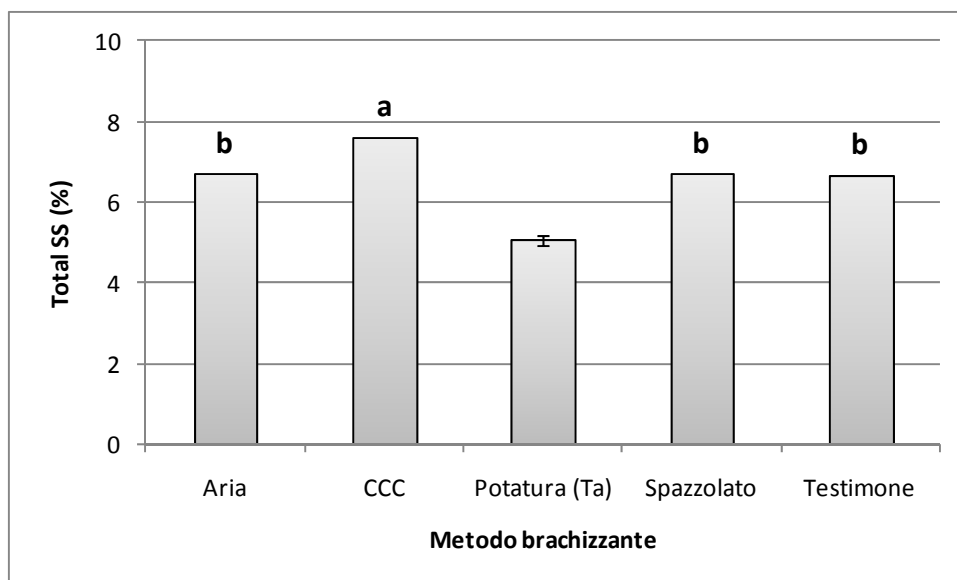
Latimer (1991) lavorando con altre specie ha riscontrato analoghe risposte nei confronti della riduzione della produzione di biomassa con lo spazzolamento o aria, ciò è in disaccordo con questa sperimentazione.

Figura 4-10. Effetto del metodo brachizzante sul peso secco di una pianta



Nei confronti della sostanza secca totale, le piante nebulizzate con CCC hanno fornito il valore più elevato. Le piante trattate con aria e le spazzolate non si sono differenziate dal testimone (Figura 4-11). Questo è stato osservato anche da Latimer (1991) su cavolfiori e sedano.

Figura 4-11. Effetto del metodo brachizzante sulla percentuale di sostanza secca nella pianta intera



Valutazioni allometriche

Il minore rapporto PA/Ra, sia sul PS che sul PF, è stato determinato dall'applicazione di CCC. Gli altri trattamenti non si sono differenziato del testimone, come lo riportato per cavolfiore da Latimer (1991) (Figure 4-12 e 4-13).

Figura 4-12. Effetto del metodo brachizzante sul rapporto parte epigea-radice di PF

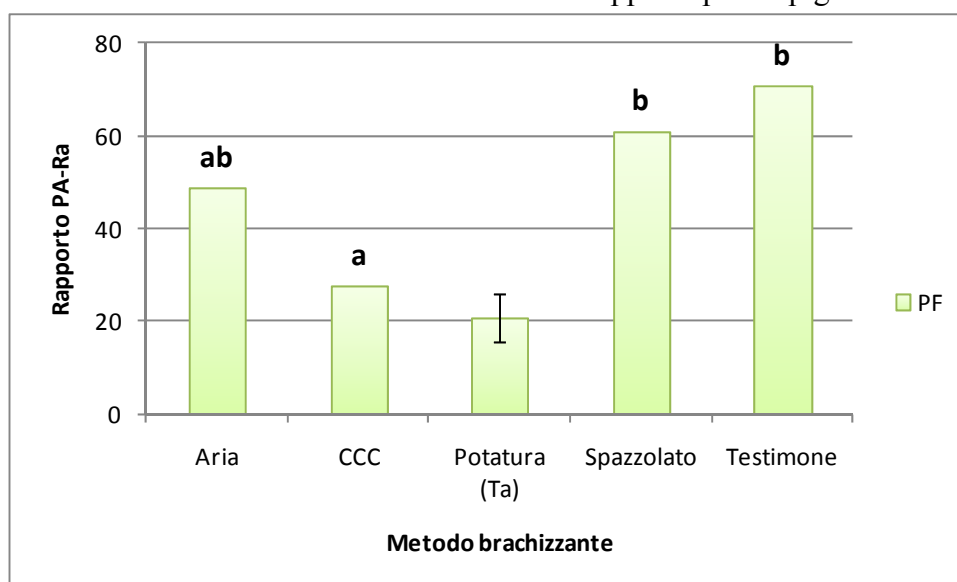
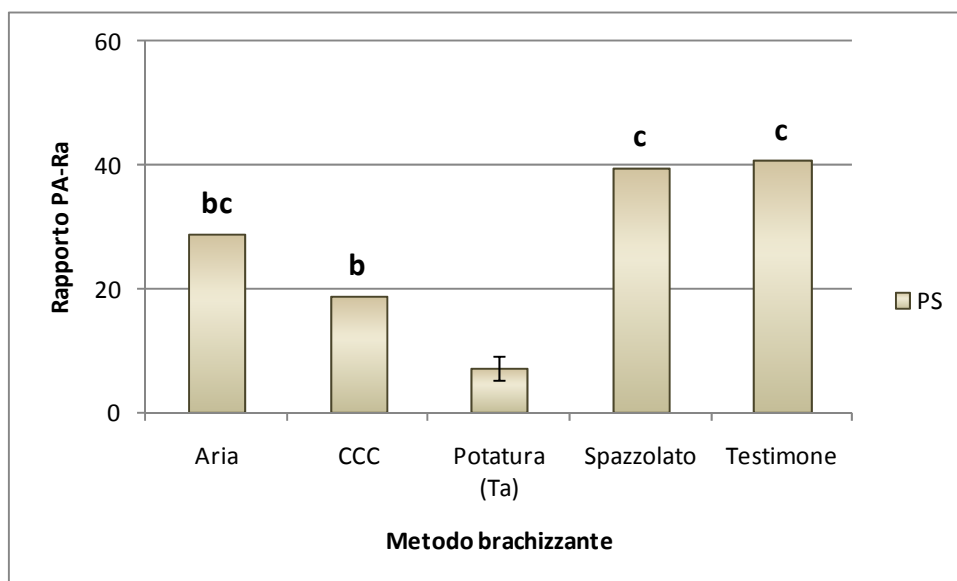


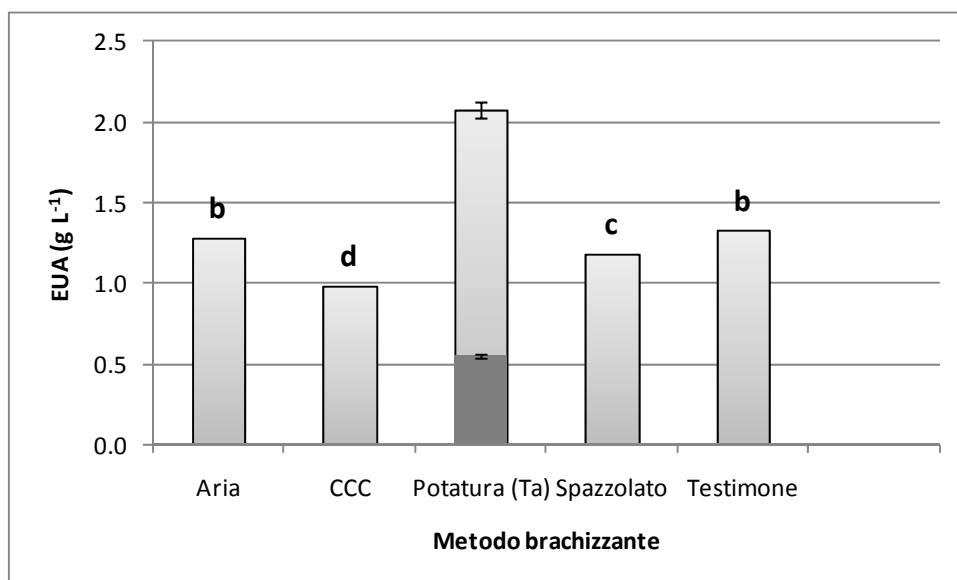
Figura 4-13. Effetto del metodo brachizzante sul rapporto parte epigea-radice di PS



Consumo idrico

L'efficienza dell'uso dell'acqua (EUA) è stata influenzata maggiormente dal metodo brachizzante piuttosto che dalla specie. L'applicazione d'aria non si è differenziata dal testimone, invece le tesi spazzolata e con CCC hanno presentato valori inferiori (Figura 4-14). Con rispetto alla potatura in tabacco, se si considera tutta la biomassa prodotta, l'EUA è stata la maggiore, se non consideriamo le foglie tagliate, la minore (Figura 4-14).

Figura 4-14. Effetto del trattamento brachizzante nell'efficienza d'uso dell'acqua



Composizione chimica delle piante

Il contenuto di N nel fusto è risultato significativamente elevato nelle tesi trattate

con CCC e tale risposta è stata osservata anche nelle foglie, coincidendo con l'aumento nell'intensità del colore verde del fogliame (Figure 4-15 e 4-16). Le piante potate (tabacco) hanno avuto un colore più chiaro e anche una concentrazione di N minori circa il 25% dal testimone). Garner e Björkman (1999) hanno riportato una riduzione nell'assorbimento nutrizionale con il condizionamento meccanico della pianta, risposta non verificata nella presente sperimentazione. Come descritto nel Capitolo 3, l'applicazione di CCC ha portato ad un aumento nella concentrazione di N.

Figura 4-15. Contenuto di azoto in fusto per metodo brachizzante

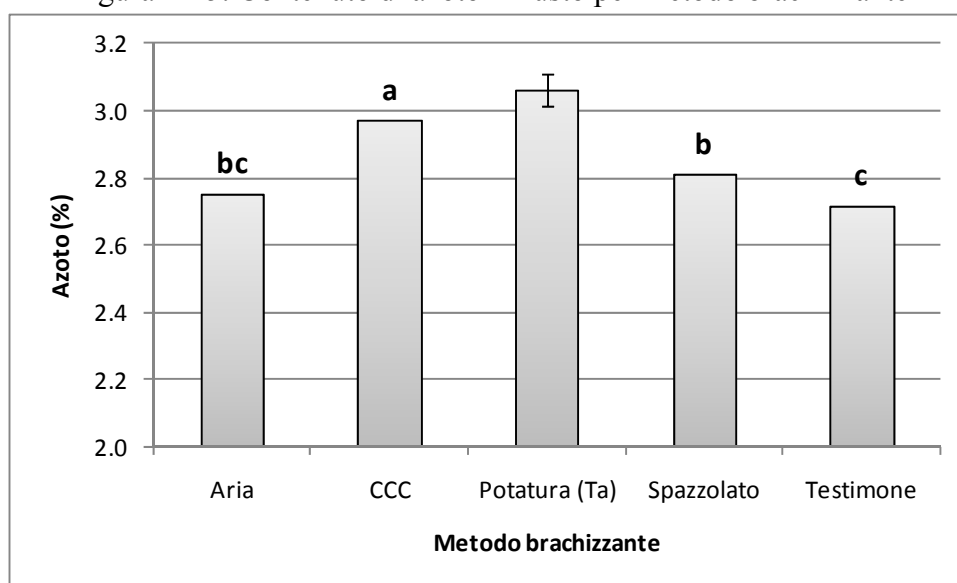
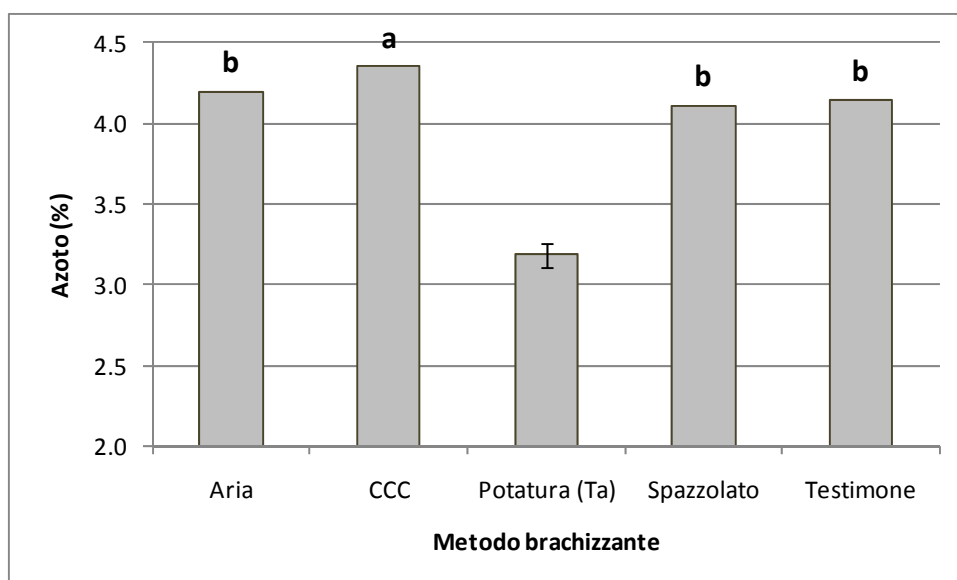


Figura 4-16. Contenuto di azoto in foglia per metodo brachizzante



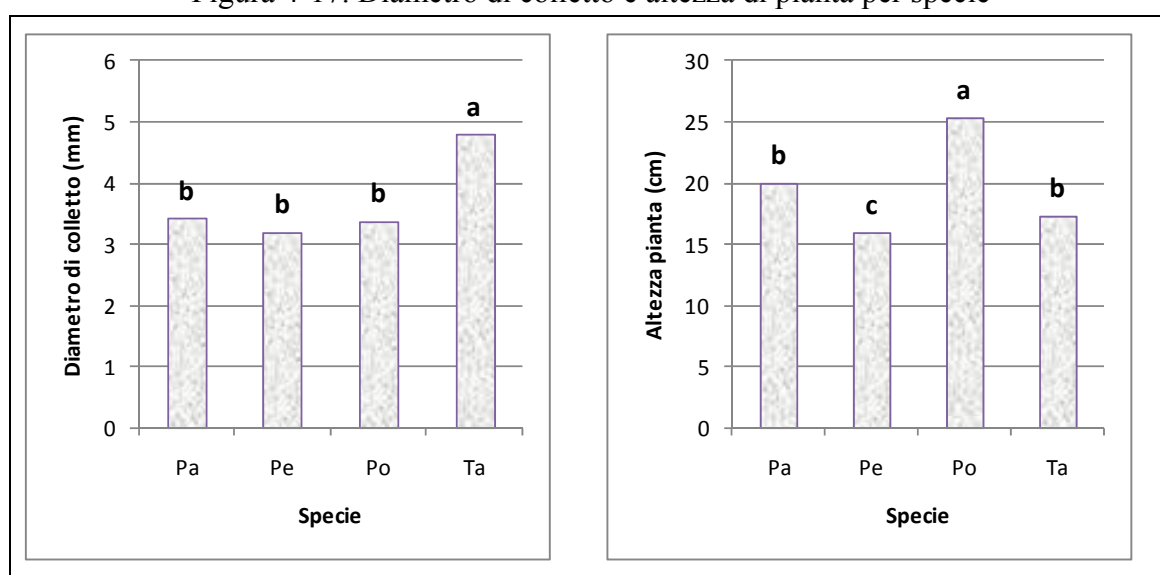
Fattore specie

Valutazioni biometriche:

La specie è risultata essere il fattore determinante per quanto riguarda il diametro del colletto, con il maggiore risultato ($\square \leq 0,05$) nel tabacco (Figura 4-17). Sabin (2007) ha riportato una diminuzione nel diametro del colletto in pomodoro quando trattato con CCC e Latimer (1991) ha registrato un aumento in lattuga, contrariamente a quanto osservato in questa prova.

Per quanto riguarda l'altezza, è stata significativamente più elevata (Figura 4-17). Non si sono riscontrati differenze nella diminuzione dell'altezza provocata per condizionamento meccanico tra le specie, contrariamente a quanto descritto da Jaffe (1993).

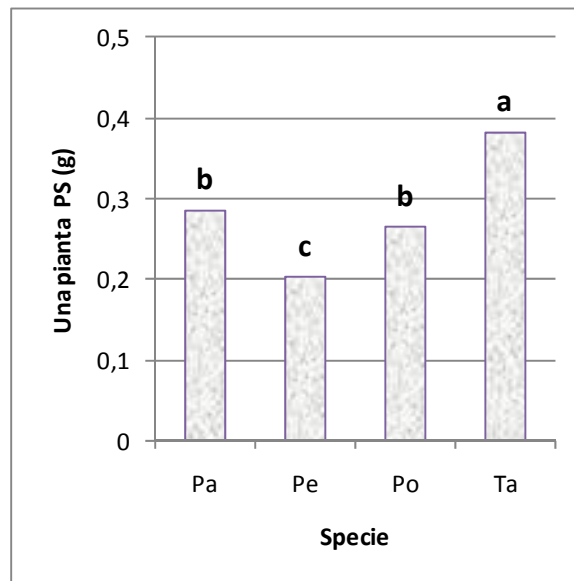
Figura 4-17. Diametro di colletto e altezza di pianta per specie



Produzione di biomassa

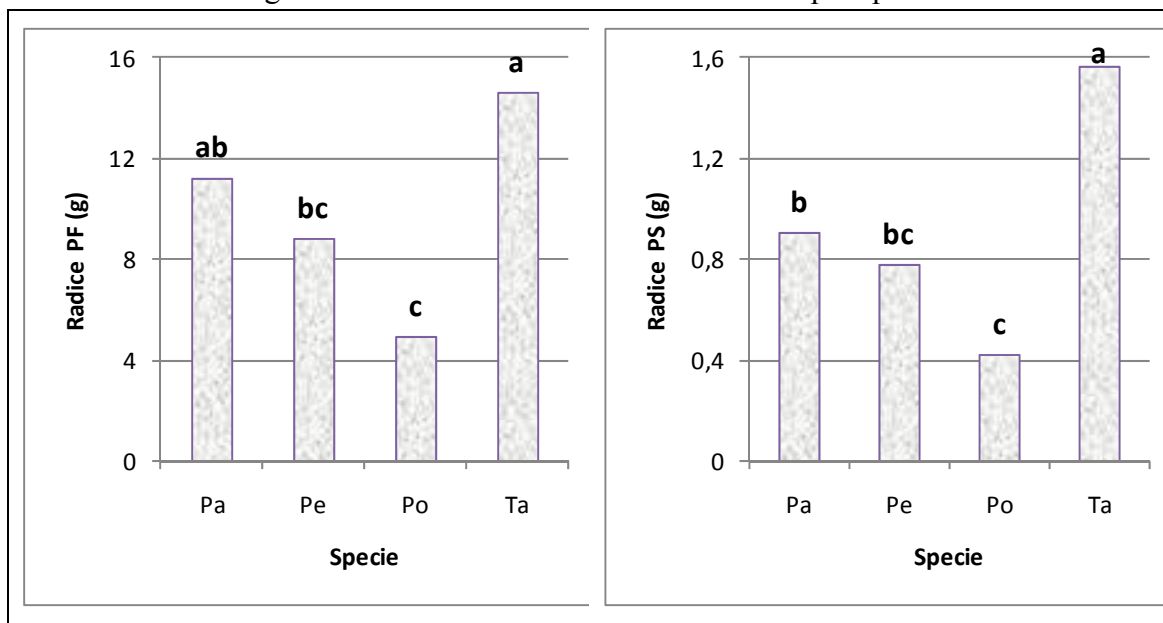
Anche per questo parametro la specie è stata il fattore più influente, che ha determinato il peso secco di una pianta, ottenendo i valori più elevati per tabacco, intermedi per paprica e pomodoro e, con il peso minore, in peperone (Figura 4-18)

Figura 4-18. Peso secco di una pianta per specie



Il PF e PS delle radici sono dipesi delle specie, con il valore più elevato nel tabacco, il più basso per pomodoro e intermedio per paprica e peperone (Figura 4-19).

Figura 4-19. Peso fresco e secco delle radici per specie



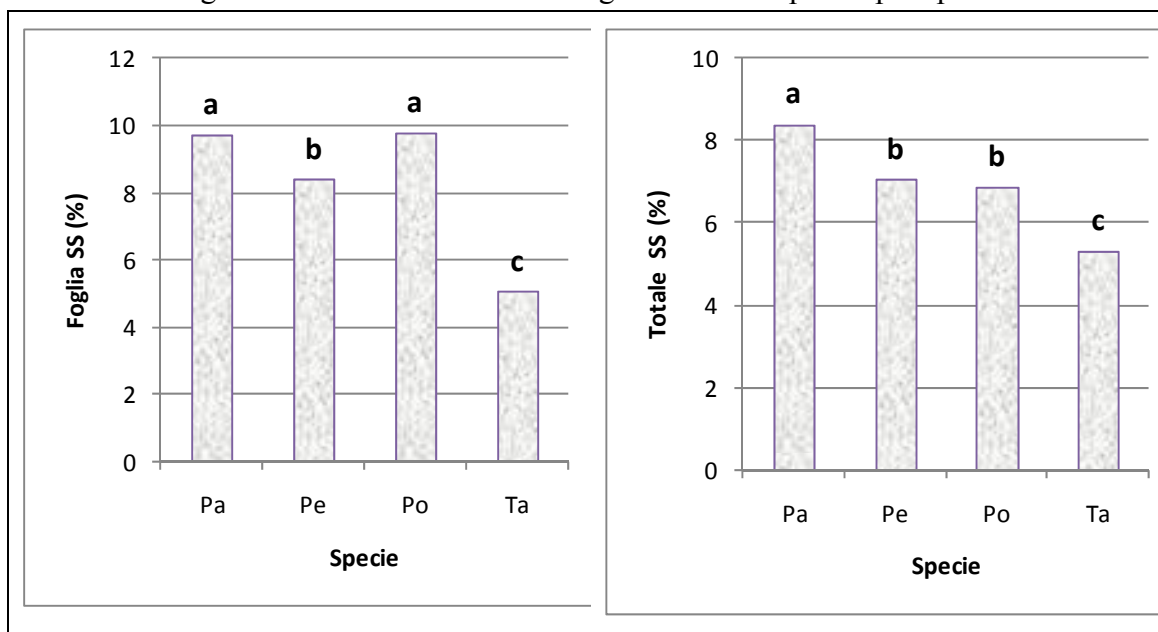
La SS delle radici non ha presentato differenze significative né con i trattamenti brachizzanti né con la specie. Con il condizionamento meccanico delle piante si sono riportati riduzione nella biomassa delle radici in lattuga (Latimer 1991) e in vivaio di papaya (Porter et al. 2009).

La SS delle foglie è stata più ridotta per il tabacco, superiore per il pomodoro e la paprica, e si è differenziata significativamente in peperone che ha ottenuto una quantità intermedia (Figura 4-20).

La SS totale è risultata più elevata per la paprica e inferiore per il tabacco

(Figura 4-20).

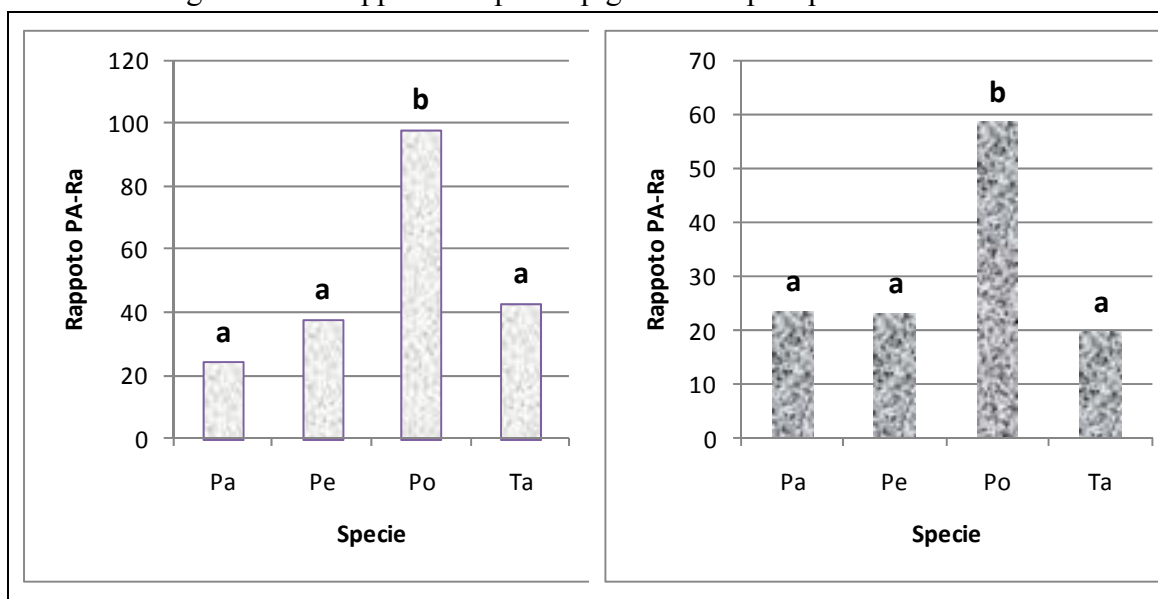
Figura 4-20. Sostanza secca di foglia e totale di pianta per specie



Valutazioni allometriche

Il rapporto PA/Ra in PF e PS, sebbene sia stato influenzato anche dal metodo brachizzante lo è stato maggiormente dalla specie. Il pomodoro ha fornito i valori più elevati, differenziandosi significativamente dalle altre specie (Figura 4-21).

Figura 4-21. Rapporto tra parte epigea-radice per specie in PF e PS



Consumo idrico

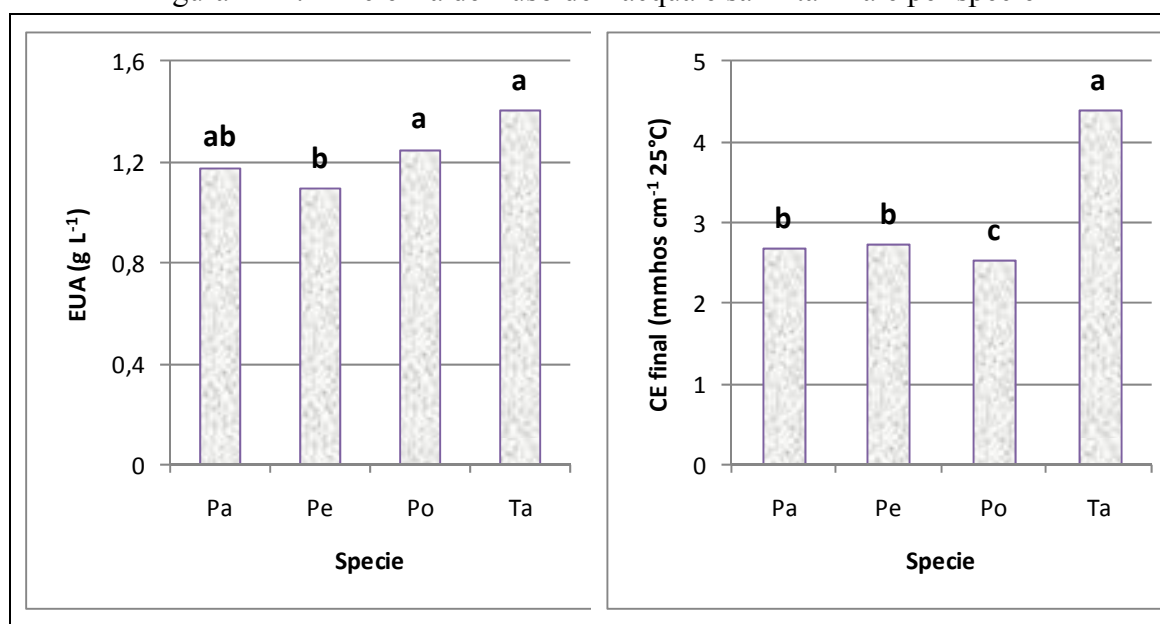
Sebbene, nell'EUA ha avuto maggiore influenza il metodo brachizzante, si sono osservate differenze anche nell'ambito delle specie. Il peperone ha presentato EUA

inferiore, intermedio per paprica e elevato per pomodoro e tabacco (Figura 4-20).

Salinità della soluzione nutritiva alla fine della prova

Per quanto riguarda l'aumento della concentrazione dei sali nelle vasche (CEFinale), ha influito la specie. In tabacco si è osservato il valore più elevato, seguito dal peperone che non si differenzia dalla paprica e dal pomodoro (Figura 4-22). Il metodo brachizzante con CCC ha determinato una minore concentrazione finale di sali nella soluzione nutritiva delle vasche mentre la maggiore è stata riscontrata con l'aria (dati non riportati).

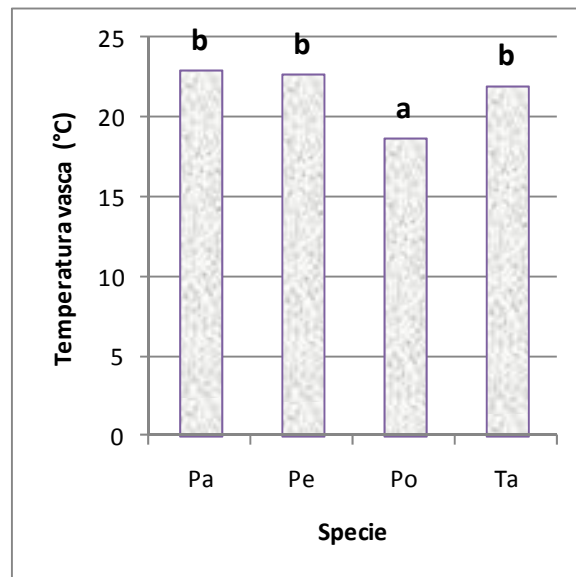
Figura 4-22. Efficienza dell'uso dell'acqua e salinità finale per specie



La temperatura media della soluzione nutritiva nelle vasche è stata diversa per specie. Il pomodoro è stato caratterizzato da temperature minori, nonostante il suo ciclo colturale sia avvenuto nel periodo più caldo (Figura 4-23).

Il pH non ha manifestato differenze significative nella soluzione nutritiva ed è stato pari a circa $6,5 \pm 0,4$ in tutte le vasche e durante l'intero ciclo.

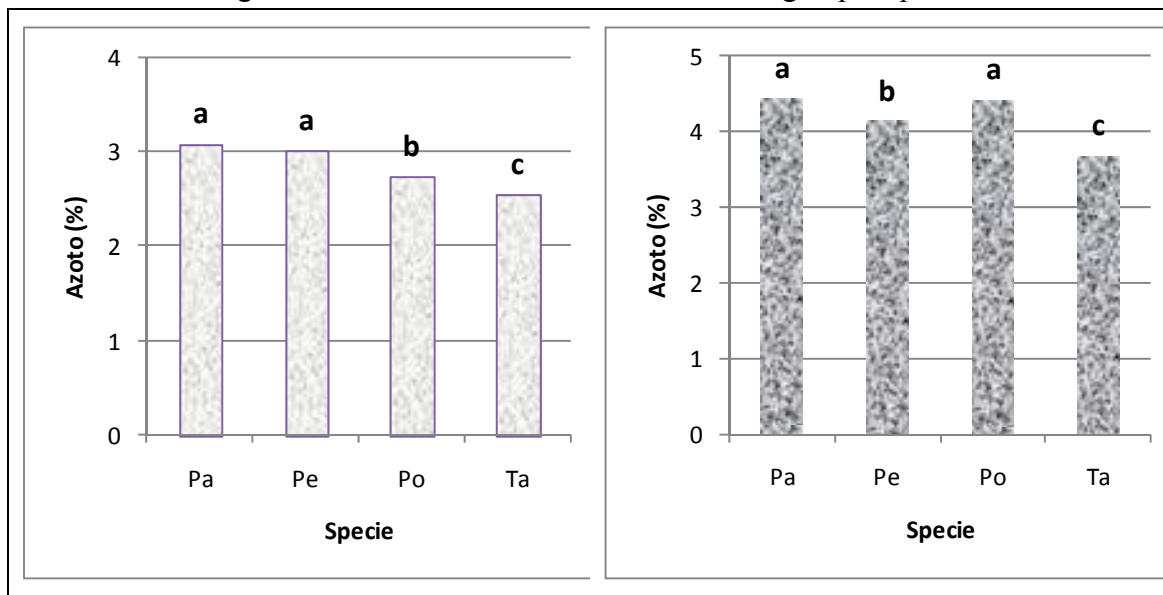
Figura 4-223. Temperatura media della soluzione nutritiva nelle vasche per specie



Composizione chimica delle piante

Il fusto della paprica e del peperone hanno espresso una maggiore quantità di N, seguito da pomodoro e tabacco. Anche nelle foglie, la paprica ha presentato una concentrazione elevata di N (Figure 4-24).

Figura 4-24. Contenuto di azoto in fusto e foglia per specie



Interazione tra fattori

L'ottenimento di PF, PS e SS del fusto e totale della pianta, il PS e SS delle foglie, lunghezza media di internodi, evapotraspirazione e consumo d'acqua hanno evidenziato una interazione statisticamente significativa, a dimostrazione che le specie studiate rispondono in maniera diversa ai metodi di branchizzazione applicati.

Paprica dolce

Per quanto riguarda la produzione di biomassa, i valori inferiori si sono osservati nel trattamento con CCC sia per il PF che PS delle foglie, fusto e totale della pianta. La stessa risposta è stata osservata con lo spazzolato, avendo ottenuto un valore intermedio tra il testimone e il CCC, con l'eccezione del PS del fusto che non si è differenziato dal testimone. Invece la ventilazione (aria) non si è differenziata dal testimone (Figura 4-25). La SS del fusto è aumentata con l'applicazione di CCC (Figura 4-26).

La lunghezza media dell'internodo è diminuita significativamente con l'applicazione di CCC (Figura 4-27), si è anche ridotta l'evapotraspirazione e il consumo idrico per pianta (Figura 4-28).

Figura 4-25. Peso fresco o peso secco delle foglie, fusto e pianta in funzione del metodo brachizzante, in paprica

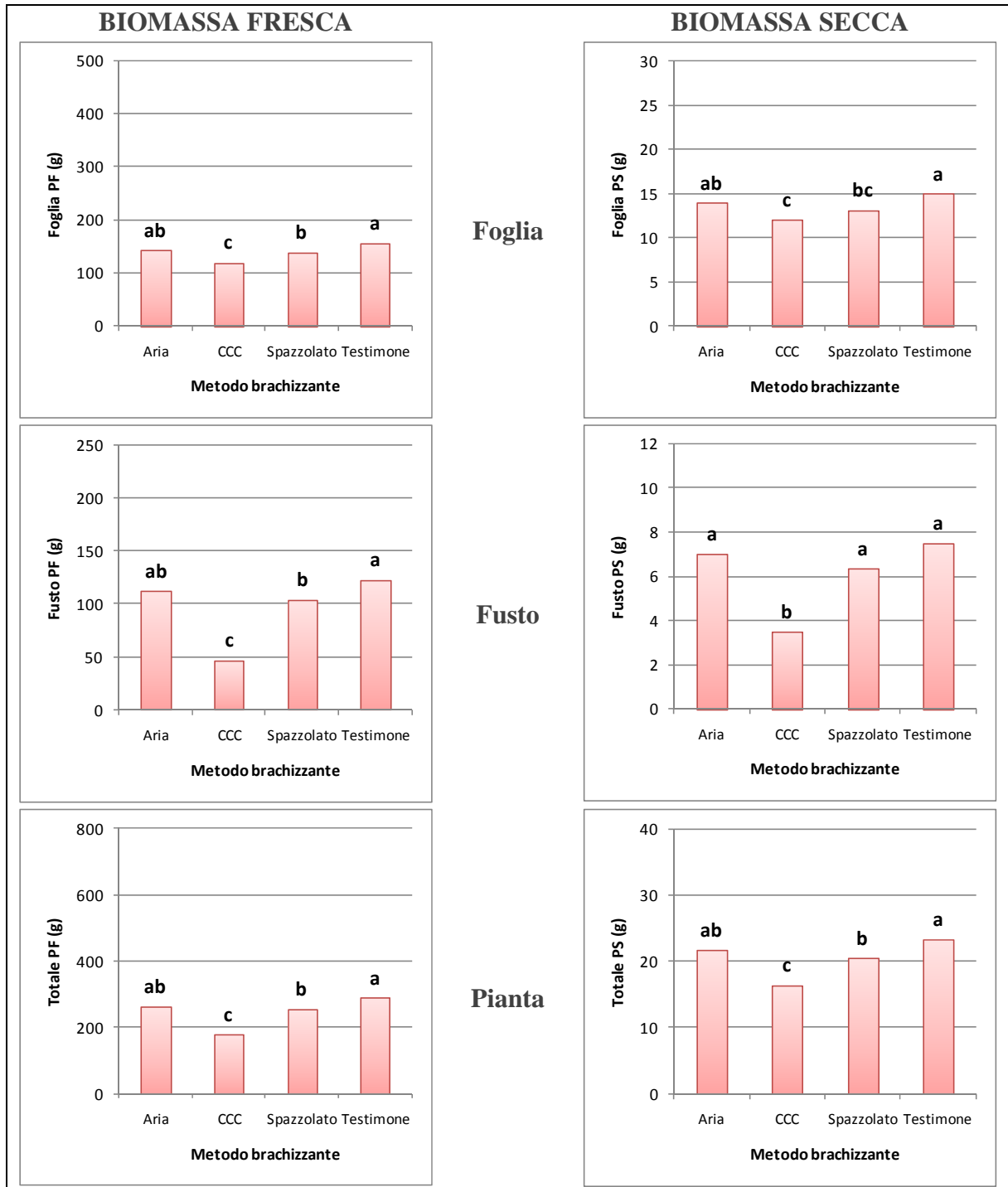


Figura 4-26. Sostanza secca del fusto in funzione del metodo brachizzante, in paprica

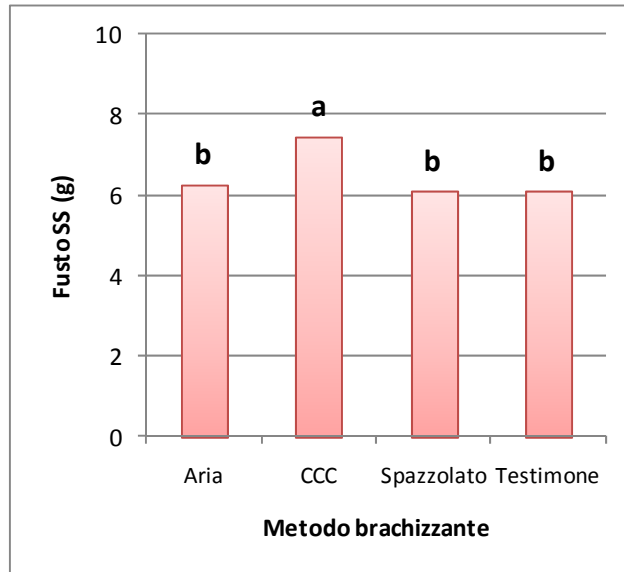


Figura 4-27. Lunghezza media dell' internodio in funzione del metodo brachizzante, in paprica

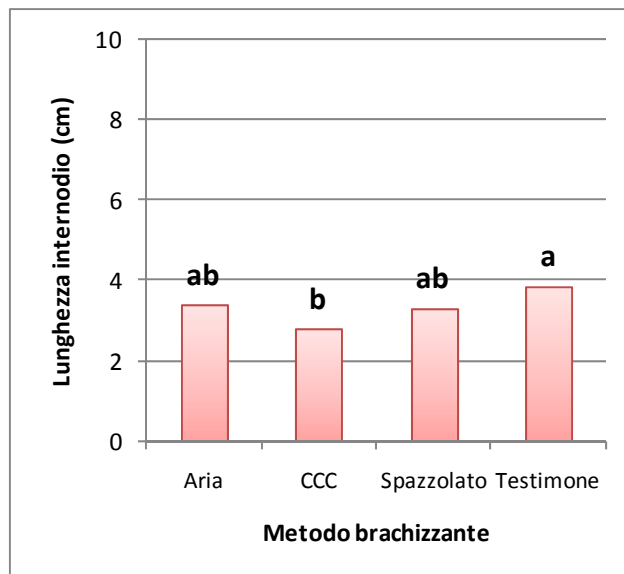
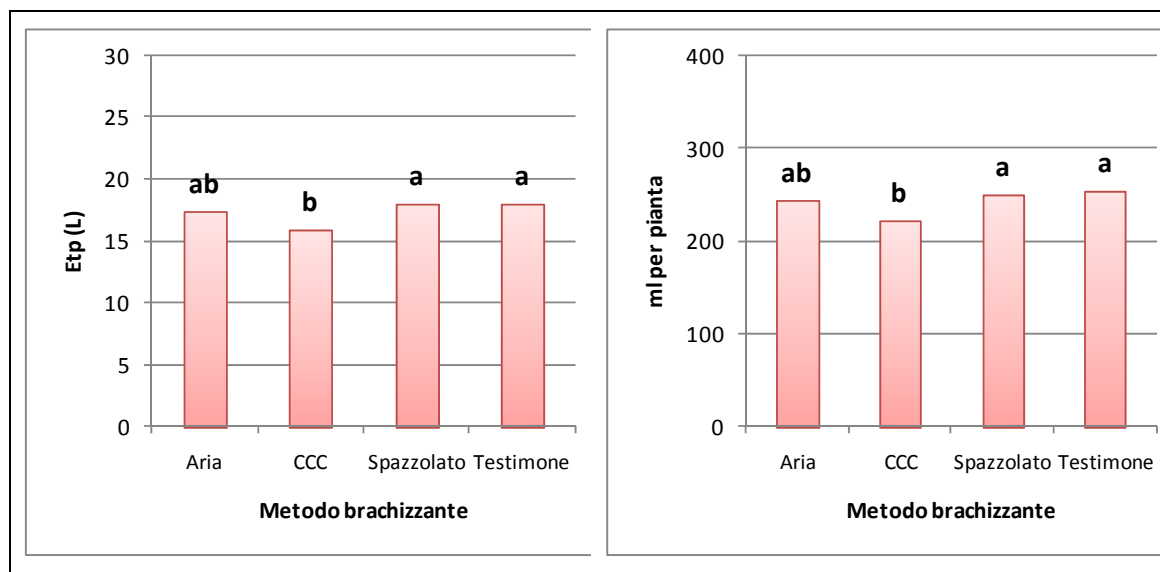


Figura 4-28. Evapotraspirazione e consumazione idrica per pianta in funzione del metodo brachizzante, in paprica



Peperone

Il PS delle foglie non è stato influenzato dai trattamenti branchizzanti. Però, il PF delle foglie e anche il PF e PS del fusto ed il totale della pianta è diminuita in corrispondenza della tesi CCC. L'applicazione d'aria, invece, non ha avuto nessuna influenza sulla produzione di biomassa. Lo spazzolamento, soltanto nel PF e PS del fusto e il PF della pianta, ha ridotto la produzione (Figura 4-29). La SS del fusto è aumentata con l'applicazione di CCC (Figura 4-30).

La lunghezza media dell'internodo è diminuita significativamente con l'applicazione di CCC e con lo spazzolamento (Figura 4-31). La tesi CCC ha ridotto anche il consumo d'acqua (Figura 4-32), mentre l'evapotraspirazione non è stata influenzata dai trattamenti (Figura 4-32).

Figura 4-29. Peso fresco o peso secco delle foglie, fusto e pianta in funzione del metodo brachizzante, in peperone

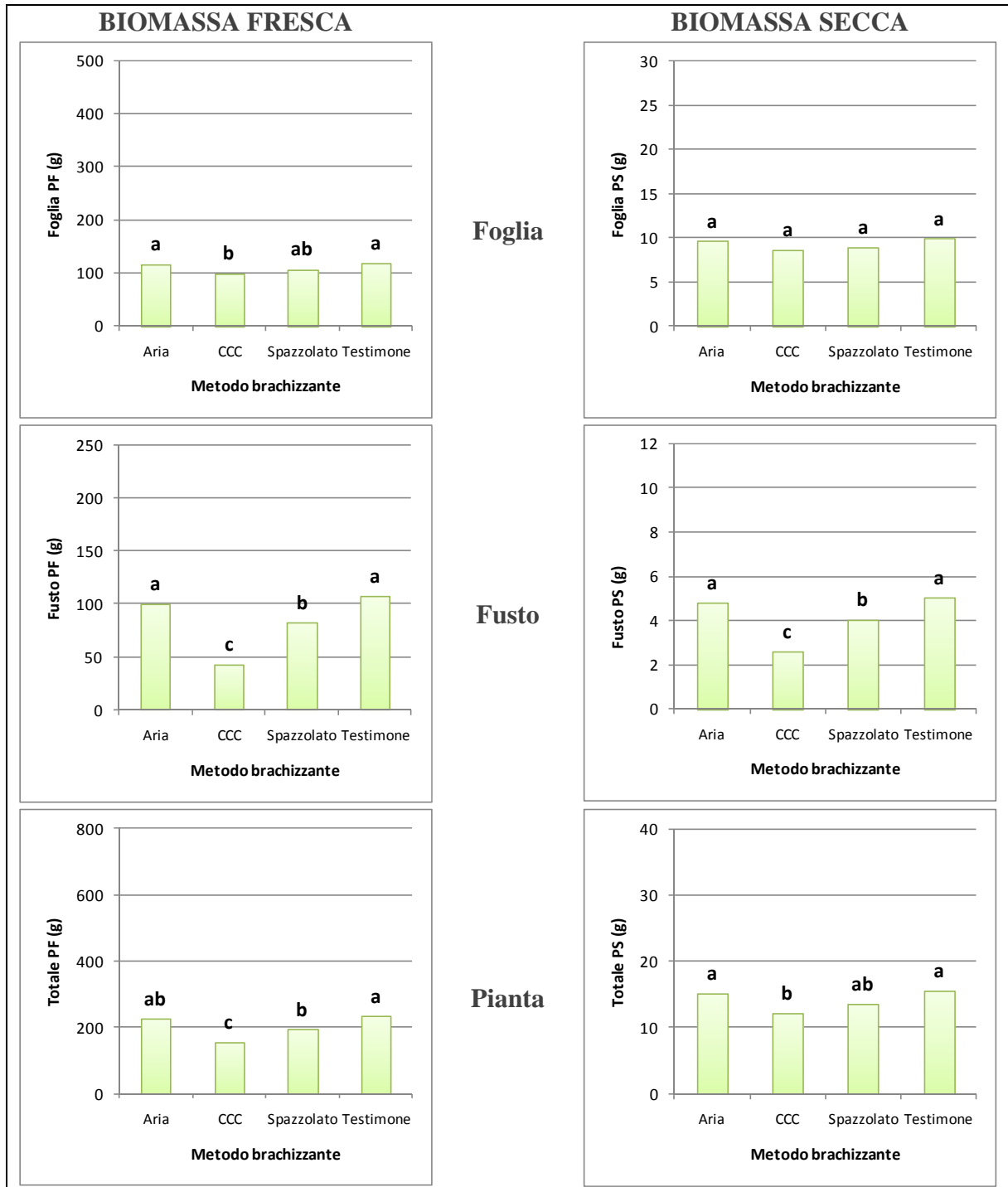


Figura 4-30. Sostanza secca del fusto in funzione del metodo brachizzante, in peperone

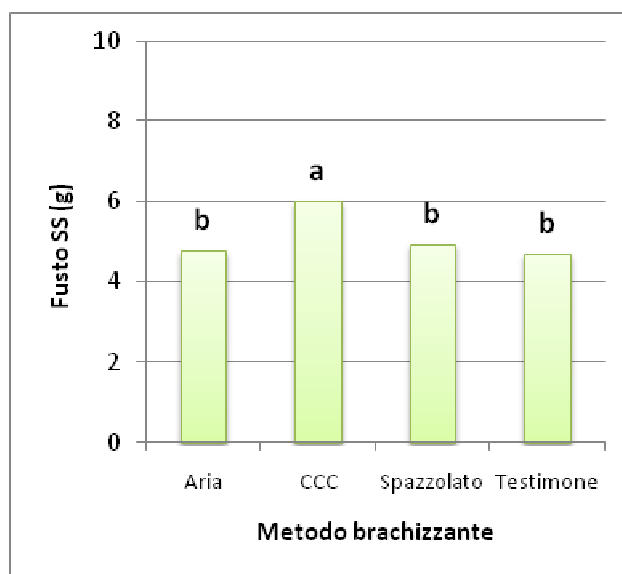


Figura 4-31. Lunghezza media dell'internodio in funzione del metodo brachizzante, in peperone

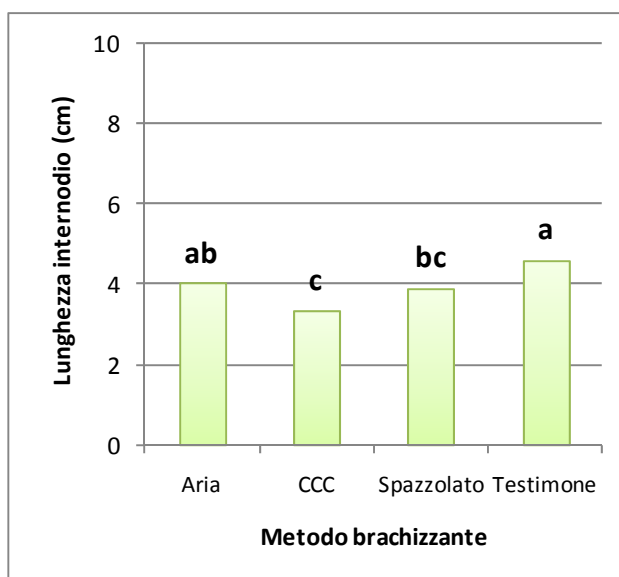
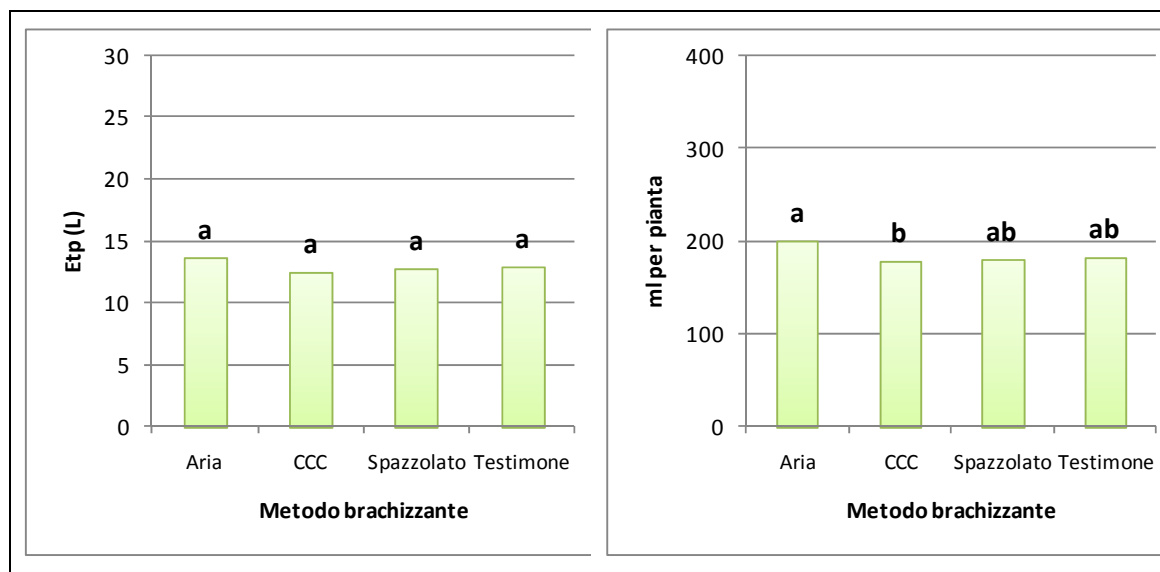


Figura 4-32. Evapotraspirazione e consumo idrico per pianta in funzione del metodo brachizzante, in peperone



Pomodoro

La produzione di biomassa, si è differenziata significativamente nel trattamento con spruzzato di CCC, sia nel PF che PS delle foglie, fusto e totale della pianta. Le stesse risposte si sono registrate nelle tesi spazzolato nei riguardi del PS, avendo ottenuto un valore intermedio tra il testimone e il CCC. La SS del fusto è aumentata, anche per questa specie, con l'applicazione di CCC (Figura 4-33).

La lunghezza media dell'internodo è diminuita significativamente con l'applicazione di CCC (Figura 4-34), si è anche ridotta l'evapotraspirazione e il consumo idrico per pianta (Figura 4-35).

Il trattamento con aria non si è differenziato dal testimone in nessuna delle variabili studiate (Figura 4-36).

Figura 4-33. Peso fresco o peso secco delle foglie, fusto e pianta in funzione del metodo brachizzante, in pomodoro

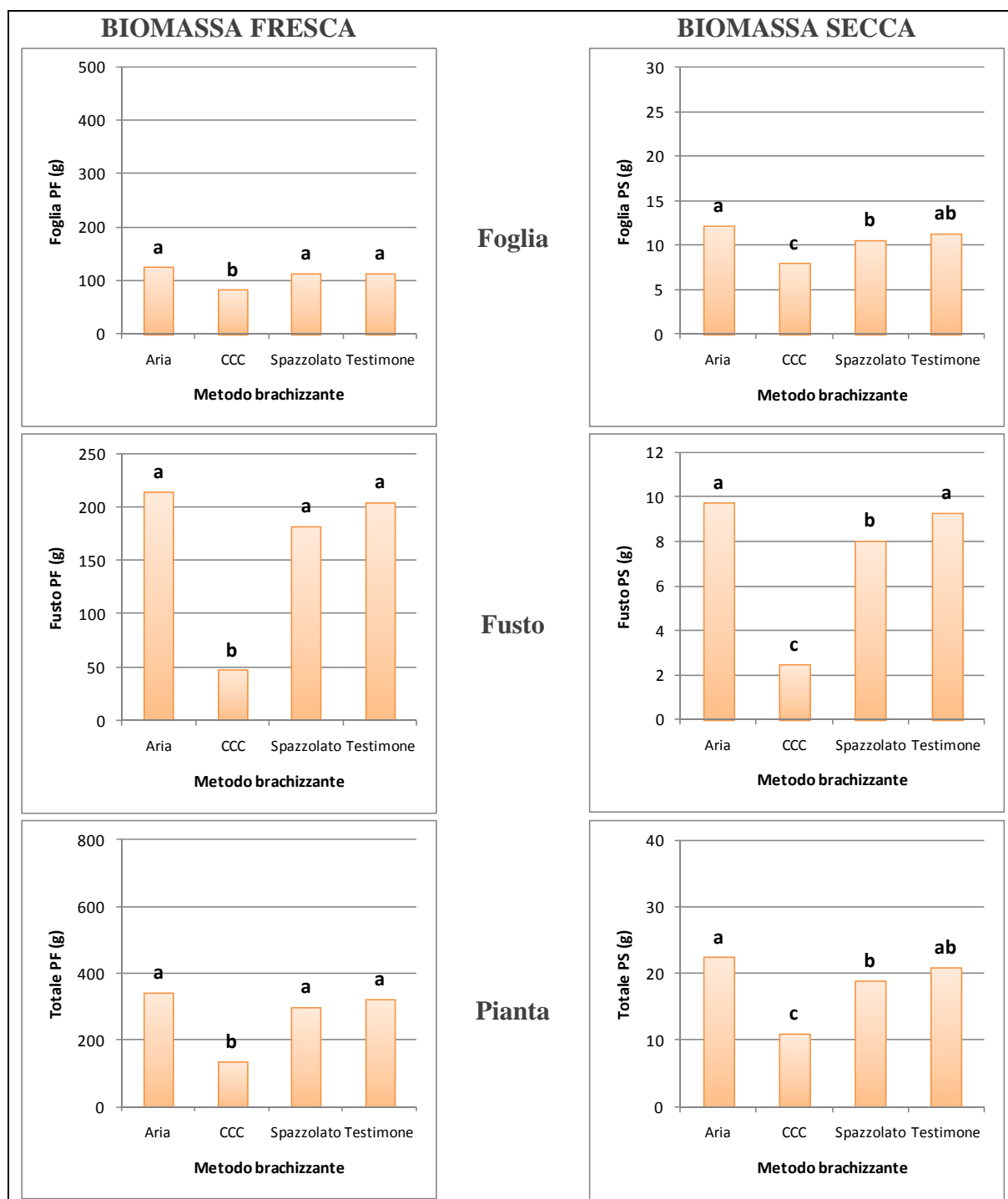


Figura 4-34. Sostanza secca del fusto in funzione del metodo brachizzante, in pomodoro

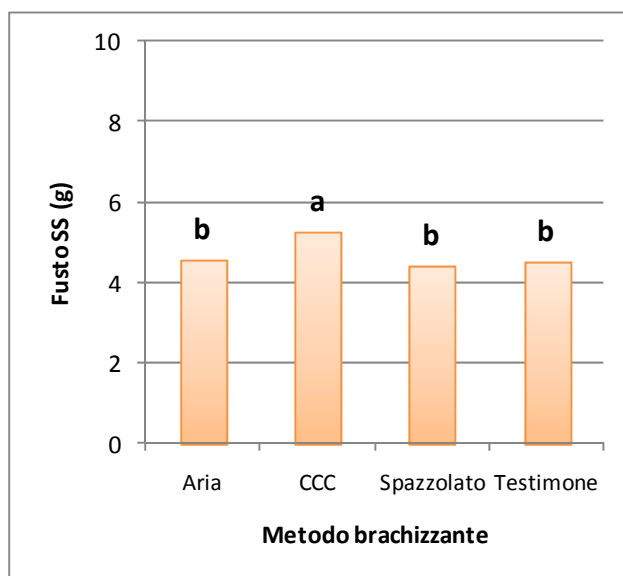


Figura 4-35. Lunghezza media dell'internodio in funzione del metodo brachizzante, in pomodoro

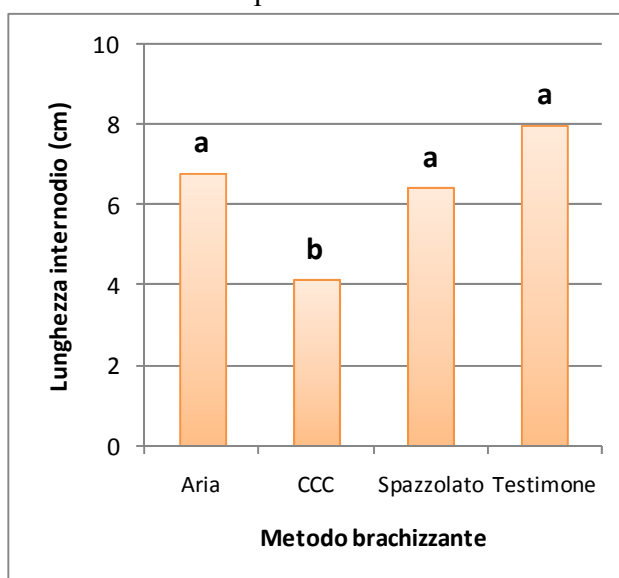
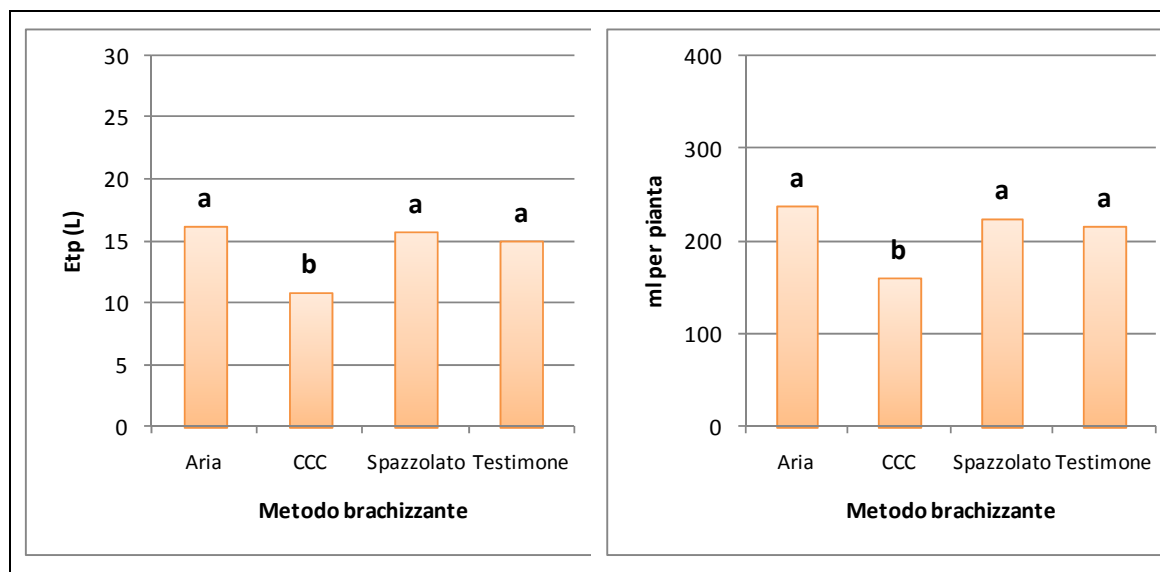


Figura 4-36. Evapotraspirazione e consumo idrico per pianta in funzione del metodo brachizzante, in peperone



Tabacco

La potatura ha presentato la maggiore riduzione di produzione di biomassa, seguita dal trattamento con CCC e dallo spazzolamento, sia in PF che PS delle foglie, fusto e totale della pianta. La SS del fusto è diminuita in seguito all'applicazione di CCC e allo spazzolamento (Figura 4-37). Il trattamento aria non si è differenziato dal testimone nella produzione di biomassa (Figure 4-37 e 4-38). Se si considera inoltre la biomassa prodotta per il tabacco e rimossa dallo sfalcio, il trattamento potatura ha generato la maggiore produzione.

La lunghezza media dell'internodo è stata significativamente la più modesta in seguito alla potatura (Figura 4-39).

L'evapotraspirazione ed il consumo d'acqua non sono stati condizionati dall'applicazione d'aria, invece la potatura ha comportato i valori minori (Figura 4-40).

La maggior quantità di piante utili per contenitore è stata registrata con la potatura e la più bassa con l'applicazione di CCC +15% e -7%, rispettivamente nei confronti del testimone (Figura 4-41).

Figura 4-37. Peso fresco o peso secco delle foglie, fusto e pianta in funzione del metodo brachizzante, in tabacco

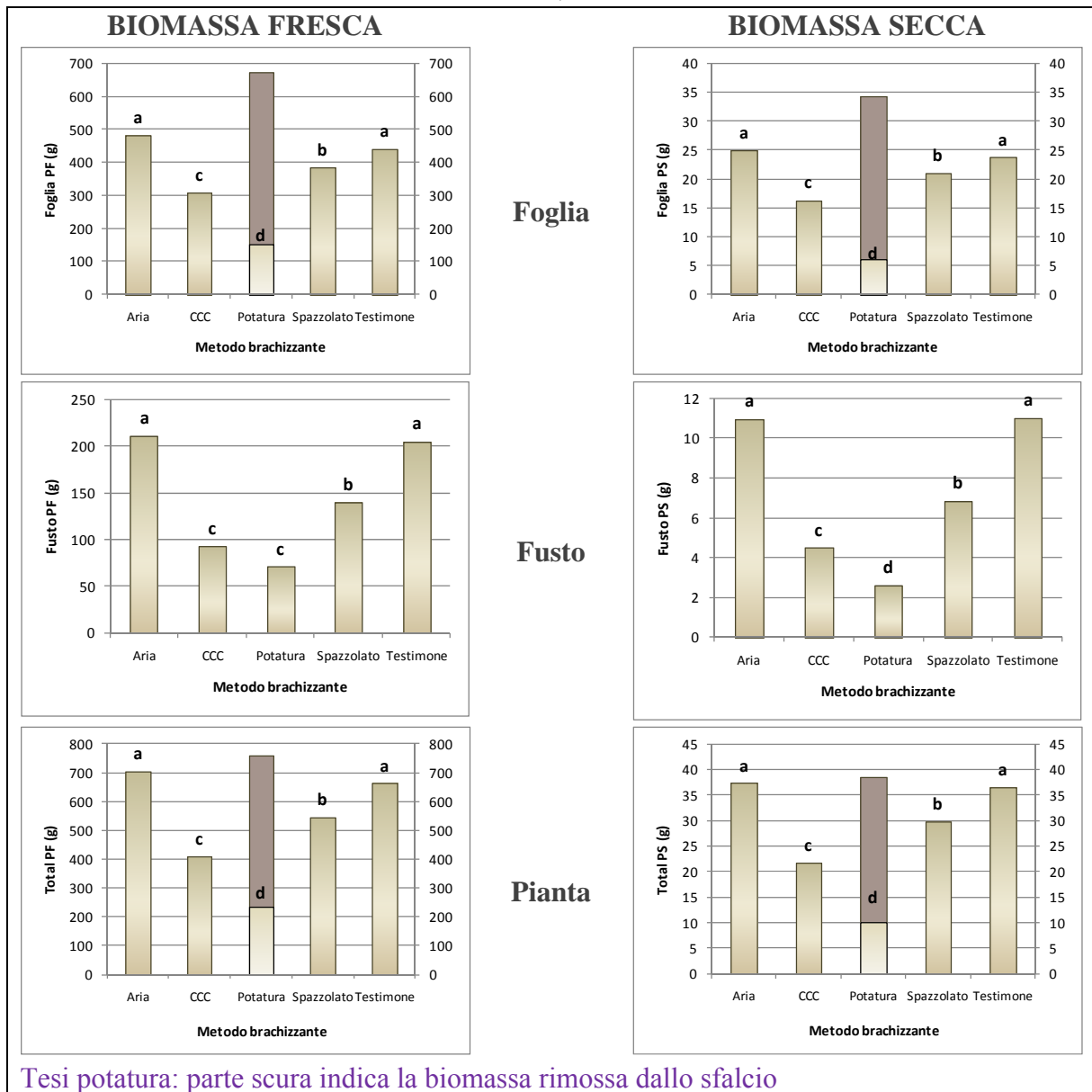


Figura 4-38. Sostanza secca del fusto in funzione del metodo brachizzante, in tabacco

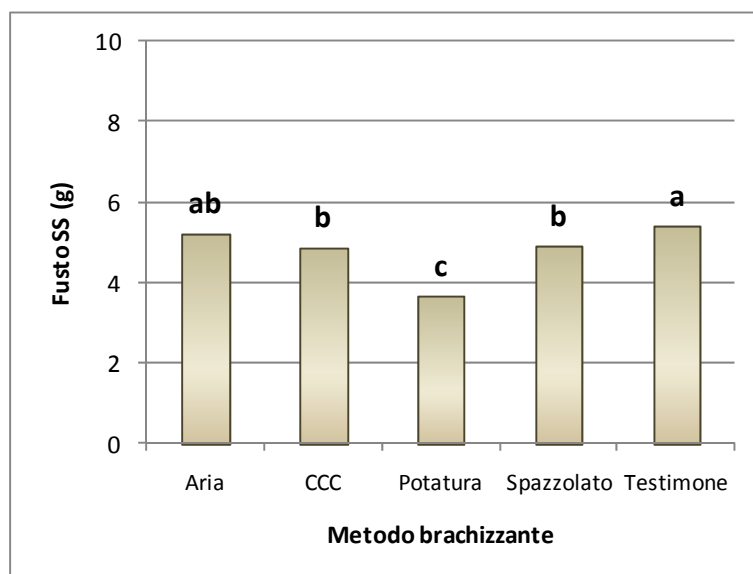


Figura 4-39. Lunghezza media dell'internodio in funzione del metodo brachizzante, in tabacco

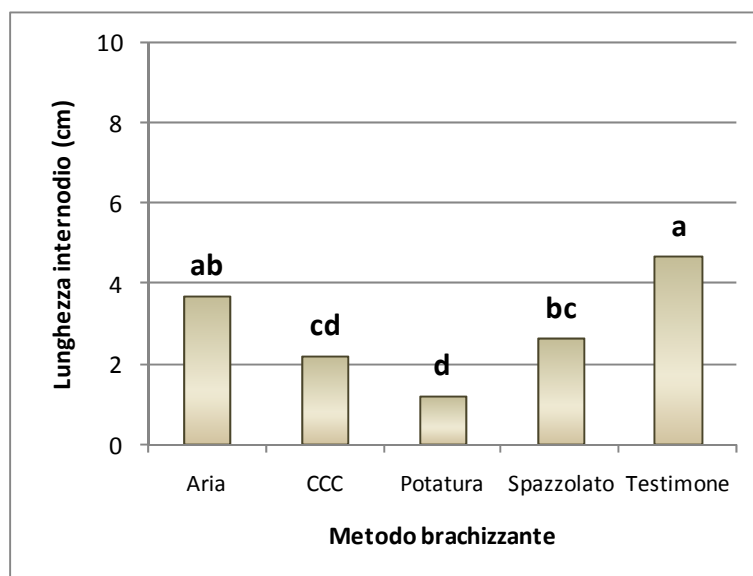


Figura 4-40. Evapotraspirazione e consumo idrico per pianta in funzione del metodo brachizzante, in tabacco

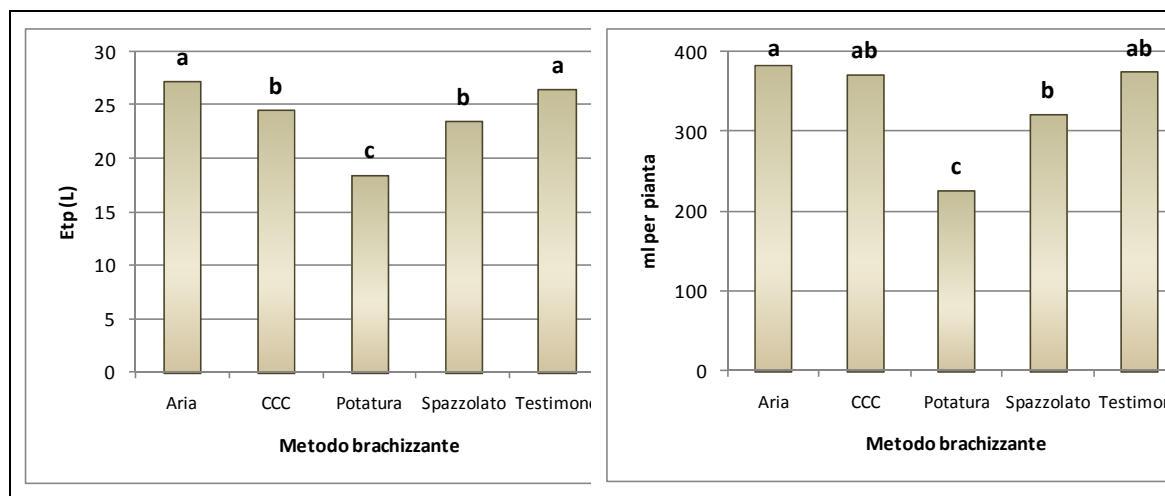
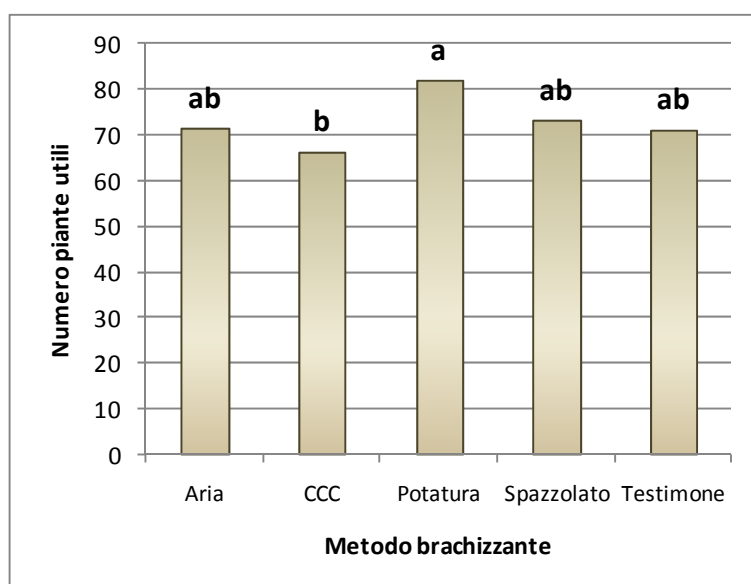


Figura 4-41. Numero di piante utili in funzione del metodo brachizzante, in tabacco



Per quanto riguarda il trattamento con spazzolamento, tale modalità operativa ha provocato ferite nelle foglie di tabacco (Figura 4-42). Questo è stato citato anche da Latimer (1994) su peperone e da Garner e Björkman (1999) in pomodoro, mentre in questa esperienza è stato osservato solo in tabacco. Si deve considerare che loro applicavano un trattamento più energetico strofinando un pezzo di legno per 80 e 20 volte, rispettivamente.

Figura 4-42. Ferite provocate per lo spazzolato nelle foglie di tabacco.



Conclusioni

L'efficacia del tigio e sismorfismo indotti da stress meccanici artificiali, nei confronti dei comuni trattamenti brachizzanti (ritardante di crescita e potatura), sulle caratteristiche morfologiche delle piante da vivaio, di pomodoro, peperone, paprica dolce e tabacco in *floating system*, hanno dimostrato di non essere efficaci nel regolare il rapporto tra parte aerea e radicale o nel controllare la taglia, come invece sarebbe necessario per ottenere piantine di qualità. Lo spazzolamento e l'applicazione d'aria potrebbero però rappresentare un aiuto per ridurre gli input chimici.

In tutte le specie si è riscontrata una maggiore efficienza dello spazzolamento rispetto alla ventilazione nella riduzione di altezza, produzione di biomassa e consumo idrico. Invece, lo spazzolamento ha presentato una minore efficienza dell'applicazione del flusso d'aria nei confronti del bilancio tra parte epigea e radici ed EUA.

Tutti i diversi trattamenti atti all'induzione di stress meccanici, come pure quelli chimici, sono stati efficaci a ridurre l'altezza delle piantine da vivaio anche se si sono trovate influenze del metodo brachizzante sul diametro di colletto delle piantine.

In tutte le specie il trattamento chimico con CCC è stato, il più efficiente nel controllare la taglia della pianta con: diminuzione della lunghezza degli internodi, miglioramento del rapporto tra parte aerea-radice, riduzione della produzione di biomassa, riduzione del consumo idrico, aumento della sostanza secca della pianta e aumento nel contenuto di azoto nelle foglie.

Nel tabacco la potatura è stata il metodo migliore che ha formato piante di maggiore qualità, quantità e omogeneità. Questo metodo, rende fattibile l'impiego di contenitori galleggianti con molti alveoli giacché permette l'entrata di luce tra le piante e ridurre la loro competizione. È stato, anche il metodo che ha inciso maggiormente su altezza, biomassa della piantina, contenuto di N, EUA, consumo idrico e rapporto tra parte epigea ed ipogea.

Nel caso degli ortaggi, il trattamento chimico con CCC è stato il più efficiente nel controllare la taglia della pianta, bilanciare il rapporto tra parte epigea e radici, diminuzione della lunghezza degli internodi, aumentare i contenuti di sostanza secca della pianta e di azoto nelle foglie. Conseguentemente, questo risulta adeguato per ottenere, in un sistema flottante, piantine ortive in tempi rapidi e di qualità.

CAPITOLO 5

CONCLUSIONI GENERALI

Nel presente lavoro sono state presi in considerazione diversi aspetti di tecnica colturale al fine di migliorare le tecniche di produzione in *floating system* di alcune specie solanacee in vivaio.

La riduzione dell'intensità luminosa con reti ombreggianti ha inizialmente prodotto effetti positivi promuovendo i processi germinativi di tutte e quattro le specie. Successivamente, durante le fasi di crescita, questi trattamenti hanno mostrato i loro limiti. Innanzitutto, la riduzione della intensità luminosa con un ombreggiamento del 65% ha fortemente compromesso la crescita, riducendo in modo particolare la produzione di biomassa e mantenendo in taluni casi invariati parametri quali l'altezza o il diametro al colletto. Con la tesi d'ombreggiamento più contenuto (35%), in taluni casi, aspetti morfometrici quali altezza e diametro al colletto sono aumentati, mentre la produzione di biomassa fresca e secca è tendenzialmente diminuita. In particolare questa diminuzione è stata più accentuata nei riguardi dell'apparato radicale. La conseguenza è stata la produzione di piante eziolate, con superfici fogliari più ampie e sottili, con una minore percentuale di sostanza secca e un peggioramento del rapporto chioma/radice. In definitiva, la produzione è risultata peggiorata dal punto di vista qualitativo facendo ipotizzare un più difficile affrancamento delle piantine una volta poste a dimora.

Le quattro specie presentano ovviamente differenze nelle potenzialità produttive (es. produzione di foglie e di biomassa nel tempo) che deriva dal proprio patrimonio genetico che può essere espresso in modo diverso al variare delle condizioni ambientali. Ad esempio, paprica e peperone, piante molto vicine dal punto di vista genetico, hanno mostrato una simile e molto accentuata diminuzione della sostanza secca di foglie e fusti all'aumentare dell'ombreggiamento. Pomodoro e tabacco, invece, si sono dimostrate, per alcuni aspetti, più rustiche. Infatti pur avendo risposto all'ombreggiamento aumentando il rapporto tra parte epigea e radici in modo simile alle altre specie, non hanno sostanzialmente visto ridursi la percentuale di sostanza secca di foglie e fusti.

Nella produzione di piantine da trapianto in *floating system* l'ombreggiamento appare essenziale durante la germinazione mentre nelle successive fasi di crescita sembra opportuno rimuovere l'ombreggiamento per aumentare il tasso di crescita e migliorare la qualità delle piantine. In particolare, questo appare maggiormente opportuno per paprica e peperone che sono parse essere le specie che peggio rispondere alle condizioni di ombreggiamento.

L'applicazione di CCC ha avuto effetto principalmente nel contenimento dell'accrescimento in altezza delle piante. Gli altri aspetti biometrici rilevati non sono stati influenzati dai trattamenti con rare eccezioni come l'aumento del peso secco delle radici in paprica e diminuzione del peso secco delle foglie in tabacco. Ciò nonostante

l'applicazione del CCC è da considerarsi positiva in quanto ha permesso di ottenere piantine più compatte e quindi più facilmente maneggiabile. Tutte le combinazioni di dose e numero di interventi hanno permesso di contenere l'altezza delle piante, ma la combinazione migliore è risultata diversa da specie a specie. Paprica e peperone hanno mostrato comportamento simile, come ci si aspettava vista la vicinanza genetica. Infatti i migliori risultati sono stati ottenuti con la dose inferiore (750 mg L^{-1}) anche se paprica ha risposto meglio con tre applicazioni, mentre peperone con due. Pomodoro e tabacco hanno invece risposto meglio alla dose più elevata con, però, risposta diametralmente opposta nei confronti del numero di interventi più opportuni: uno solo in pomodoro e 5 in tabacco. Il trattamento con CCC deve in ogni caso essere eseguito con cautela sia nella scelta delle concentrazioni che del numero di applicazioni in quanto questo prodotto causa facilmente fenomeni di citotossicità.

Dalla prova è emerso che, in pomodoro, il successo nella riduzione dell'altezza totale della pianta è da attribuirsi principalmente al contenimento dell'allungamento dell'ipocotile. Questo evidenzia la necessità di intervenire molto precocemente con il brachizzante perché questo espleti al massimo le proprie potenzialità.

Gli effetti brachizzanti dei trattamenti hanno manifestato una certa residualità, valutata nell'accrescimento in altezza e diametro del colletto, che però non si è protratta oltre i 30 GDT.

Nella prova di brachizzazione fisica il trattamento con CCC ha dato risultati diversi rispetto alla prova precedente, probabilmente per le diverse condizioni climatiche che si sono realizzate nei due ambienti. Parallelamente alla diminuzione dell'altezza e della lunghezza media degli internodi delle piante, rispetto a quelle del testimone non trattato, si è assistito anche ad una diminuzione di produzione di biomassa fresca e secca. In alcuni casi questo ha migliorato anche la concentrazione di sostanza secca come ad esempio nei fusti e ridotto il rapporto tra parte epigea ed ipogea. Il miglioramento qualitativo ottenuto con questa tecnica è anche stato confermato dalla migliore nutrizione della pianta (maggiore contenuto di azoto). Inoltre, con questo trattamento si è realizzato un abbassamento dell'efficienza dell'uso dell'acqua. Va tenuto presente che questo aspetto non è da considerarsi negativo in senso assoluto dal momento che con lo stesso trattamento si sono comunque realizzati i minori consumi assoluti di acqua.

I trattamenti di condizionamento meccanico (spazzolamento e aria) hanno anch'essi ridotto l'accrescimento in altezza delle piante ma con intensità inferiore rispetto al trattamento chimico. In generale, l'effetto sugli altri aspetti biometrici indagati sono stati contenuti e talvolta significativamente diversi nel caso dello spazzolamento. Il ricorso a questi sistemi di controllo pare quindi poco opportuno quando considerato come unico sistema di controllo della crescita. Le crescenti pressioni circa la diminuzione dell'impiego di prodotti chimici nell'ambiente agricolo possono comunque forzare gli operatori a impiegare questi metodi in un sistema integrato di controllo della crescita abbinandoli a strategie agronomiche (controllo dell'ambiente) e chimiche.

In questa prova, più che nelle altre, è stata osservata una diversa risposta delle specie ai trattamenti. Mentre il controllo chimico è parso sempre ed ugualmente efficace in tutte le specie, i sistemi di controllo fisico hanno prodotto effetti più lievi che, nel caso dell'aria, non sono quasi mai risultati significativi. Tra i trattamenti fisici, apparentemente più consistenti sono stati gli effetti dello spazzolamento, che comunque, qualora significativi, sono risultati talora efficaci per un parametro in una specie, e talora per un altro parametro in un'altra specie.

Nei riguardi del tabacco, la tecnica della potatura è risultata ampiamente migliore, rispetto a qualsiasi altra strategia, per la produzione di piantine di accrescimento contenuto, ottimo rapporto tra parte epigea e radici, buona nutrizione azota, maggiore omogeneità tra le piante e numero di piante utile prodotte per unità di superficie. Va evidenziato, inoltre, che lo spazzolamento, seppur in parte efficace, ha prodotto dei danni meccanici evidenti alle foglie che sono da ritenersi negativi in quanto, al pari della potatura, possono contribuire alla diffusione di virosi. La potatura, in definitiva, è apparso l'unico sistema applicabile per questa specie.

In conclusione, i ritardanti di crescita applicati hanno consentito di realizzare con successo la produzione vivaistica di specie orticole (paprica, peperone e pomodoro) allevate in *floating system* su una soluzione nutritiva bilanciata (Hoagland). L'ombreggiamento ha permesso di migliorare la germinazione, tanto in tabacco come in ortaggi, aumentando la quantità di piantine trapiantabili e la qualità delle stesse. Infine, per ottimizzare i fattori produttivi nell'allevamento di solanacee in *floating system* e ottenere semenzali di qualità, le analisi di crescita, produzione di biomassa, biometrici e allometrici hanno consentito di confrontare bene le diverse tecniche testate.

BIBLIOGRAFIA

- ADAMS S. AND LANGTON A. 2009. ENERGY MANAGEMENT IN PROTECTED CROPPING : HORTICULTURAL LIGHTING. FACTSHEET 09/09 PROTECTED CROPS. PROJECT N° PC 92,92^E, 128,176,270 & DEFRA HH3603 SPC. HDC (HORTICULTURAL DEVELOPMENT COMPANY).UK, 11 pp.
- ALLEN R. G., PEREIRA L.S., RAES D., SMITH M. 1998. EVAPOTRANPIRACION DEL CULTIVO. GUIAS PARA LA DETERMINACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE AGUA DE LOS CULTIVOS. MANUAL 56. ESTUDIO FAO RIEGO Y DRENAJE. FAO- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, ROMA. 322 pp.
- AMOABIN S., PALEG L.G., ASPINALL D. 1985. THE EFFECT OF 2-CHLOROETHYLTRIMETHYL AMONIUM CHLORIDE (CCC) ON STOMATAL DIFFUSIVE RESISTANCE IN TOMATO. J. PLANT PHYSIOL. VOL .122 : 437-444.
- ANAPE (ASOCIACION NACIONAL DEL POLIESTIRENO EN ESPAÑA). 2010. PROYECTO ECO-EPS. [HTTP://WWW.ANAPE.ES/ENVASAR_RR.HTM](http://www.anape.es/envasar_rr.htm):23 DI MAGGIO DI 2010
- ARTECA R.N. 1996. PLANT GROWTH SUBSTANCES . PRINCIPLES AND APPLICATIONS. ED. CHAPMAN & HALL. NEW YORK. 332 pp.
- AZCON-BIETO J. Y TALÓN M. (ED.) 2000. FUNDAMENTOS DE FISILOGIA VEGETAL. ED. MCGRAW-HILL INTERAMERICANA. MADRID (ESPAÑA). 522 pp.
- BALLARI, M.H. 2005. TABACO VIRGINIA: ASPECTOS ECOFISIOLOGICOS Y DE LA NUTRICION EN CONDICIONES DE CULTIVO. ED. ALEJANDRO GRAZIANI S. A. CORDOBA. 224 pp.
- BARTOLINI, GIORGIO; GIORGIO BINI; SANDRA GEMMATO; ANNARITA COSIMA LEVA (EDS.). 1981. ATTI DEL CONGRESSO “I FITOREGOLATORI IN AGRICOLTURA” CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE PROGETTO FINALIZZATO “FITOFARMACI E FITOREGOLATORI” FIRENZE PALAZZO DEI CONGRESSI. 26-27 NOVEMBRE 1981. ED. F.&F.P.PARRETTI GRAFICHE FIRENZE
- BIDDINGTON N. L. AND DEARMAN A. S. 1985. THE EFFECT OF MECHANICALLY INDUCED STRESS ON THE GROWTH OF CAULIFLOWER, LETTUCE AND CELERY SEEDLINGS. ANNALS OF BOTANY 55: 109-119.
- BORSATO D. 2000. CINETICA DI ASSORBIMENTO DELL'AZOTO IN ORTICOLE

« IPERACCUMULATRICI » DI NITRATI : SPINACIO (*SPINACIA OLEREACEA* L.) E RUCULA (*ERUCA SATIVA* MILL.). TESI DI LAUREA DI AGRONOMIA. DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA AMBIENTALE E PRODUZIONI VEGETALI. FACOLTA DI AGRARIA. UNIVERSITA DEGLI STUDI DI PADOVA. 117 PP.

BRAAM J. 2005. IN TOUCH: PLANT RESPONSES TO MECHANICAL STIMULI. NEW PHYTOLOGIST 165: 373–389.

BRETELER H., NISSEN P. 1982. EFFET OF EXOGENOUS AND ENDOGENOUS NITRATE CONCENTRATION ON NITRATE UTILIZATION BY DWARF BEAN. PLANT PHYSIOLOGY 70 (3) : 754-759.

CATALDO, D.A., HAROON, M., SCHRADER, L.E. AND YOUNGS, V.L., 1975. RAPID COLORIMETRIC DETERMINATION OF NITRATE IN PLANT TISSUE BY NITRATION OF SALICYLIC ACID. SOIL SCI. PLANT ANAL. 6, 71–80.

CAVASASSI J.L. 2006. MANUAL DE BAR-RAD CAVADEVICES.COM. CAPITAL FEDERAL, ARGENTINA, 10 PP.

CHEN J.J., SUN Y.W. AND SHEEN T.F. 1999. USE OF COLD WATER FOR IRRIGATION REDUCES STEM ELONGATION OF PLUG-GROWN TOMATO AND CABBAGE SEEDLINGS. HORTSCIENCE 34(5):852–854.

CHOI, K.S. 1985. PHYSIOLOGICAL AND ECOLOGICAL STUDIES ON THE GERMINABILITY OF PEPPER (*CAPSICUM ANNUUM* L.) SEEDS AT LOW TEMPERATURE. RESEARCH REPORTS - RURAL DEVELOPMENT ADMINISTRATION (KOREA R.)V. 27-1(H) P. 46-87

CLAASEN N., BARBER S.A. 1974. A METHOD FOR CHARACTERIZING THE RELATION BETWEEN NUTRIENT CONCENTRATION END FLUX INTO ROOTS OF INTACT PLANTS. PLANT PHYSIOL. 54 : 564-568.

CLARKE, J. 2001. Development of a greenhouse tobacco seedling performance index. Thesis submitted to the Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Crop and Soil Environmental Sciences. Virginia, 73 pp.

COPIM. 2010. POLISTIROLO.IT. [HTTP://WWW.POLISTIROLO.IT/](http://www.polistirolo.it/): 23 DI MAGGIO DI 2010.

COUTAND C., CHEVOLOT M., LACOINTE A., ROWE N. AND SCOTT I. 2010. MECHANOSENSING OF STEM BENDING AND ITS INTERSPECIFIC VARIABILITY IN

- FIVE NEOTROPICAL RAINFOREST SPECIES ANNALS OF BOTANY 105(2):341-347.
- CRESS W.A., THRONEBERRY G.O., LINDSEY D.L. 1979. KINETICS OF PHOSPHORUS ABSORPTION BY MYCORRHIZAL AND NONMYCORRHIZAL TOMATO ROOTS. PLANT PHYSIOL. 64, 484-487.
- CRISTANINI, G. 2005. Il tabacco virginia bright. Una produzione responsabile e competitiva. Ed. Arvan srl. Venezia. 132 pp.
- DARWIN, C. R. 1880. The Power of Movement in Plants. London: Murray.
- DAHAL P. AND BRADFORD K.J. 1994. HYDROTHERMAL TIME ANALYSIS OF TOMATO SEED GERMINATION AT SUBOPTIMAL TEMPERATURE AND REDUCED WATER POTENTIAL. SEED SCIENCE RESEARCH 4:71-80.
- DARWIN, C. R. 1880. THE POWER OF MOVEMENT IN PLANTS. LONDON: MURRAY.
- DEPARTAMENTO DE MATEMATICA APLICADA (DMA). 2010. LA INTEGRAL DE RIEMANN. VISUALIZACION DEL PROCESO (JAVA). FACULTAD DE INFORMATICA. UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID
[HTTP://WWW.DMA.FI.UPM.ES/JAVA/CALCULO/INTEGRACION/](http://www.dma.fi.upm.es/java/calculo/integracion/) 12 DI MAGGIO DI 2010.
- DIAZ REYES, E. R. 1974. EFECTO DEL REGULADOR DE CRECIMIENTO CHLORO-ETHYL-TRYMETHYL-AMMONIUM CHLORIDE (CCC) EN CAMPO DEFINITIVO DE PLANTACIONES DE TABACO (N. TABACUM L.) EN TINGO MARIA. TESIS DE GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA (UNAS) PERU.
- DUFAULT R. J. AND SCHULTHEIS J. R. 1994. BELL PEPPER SEEDLING GROWTH AND YIELD FOLLOWING PRETRANSPLANT NUTRITIONAL CONDITIONING. HORTSCIENCE 29(9):999-1001.
- EPSTEIN E & A BLOOM. 2005. MINERAL NUTRITION OF PLANTS: PRINCIPLES AND PERSPECTIVES. ED. SINAUER, 2DA. ED. MASSACHUSETTS. 400 PP
- FERNÁNDEZ J.A. Y MALDONADO J.M. 2000. ABSORCION Y TRANSPORTE DE NURIENTES MINERALES. CAPITULO 7 IN AZCON-BIETO J. Y TALÓN M. (ED.). FUNDAMENTOS DE FISILOGIA VEGETAL. ED. MCGRAW-HILL INTERAMERICANA. MADRID (ESPAÑA).
- FERRARI G. 1981. LA FABBRICA METABOLICA. I FONDAMENTI CHIMICI DELLA

PRODUZIONE AGRARIA. ED. EDAGRICOLE. BOLOGNA, ITALIA. 129 PP.

FAO. 1994. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Version 1.0. AGLS. Rome, FAO.

FRASZCZAK B. AND KNAPLEWSKI M. 2009. EFFECT OF LIGHT CONDITIONS AND TEMPERATURE ON FRESH YIELD OF SOME SPICE PLANTS GROWN IN CONTAINERS. VEGETABLE CROPS RESEARCH BULLETIN 71 :59-67.

GALLI, J.A. 2010. GUIA PRACTICA PARA EL MANEJO EN ALMACIGOS FLOTANTES DE TABACO VIRGINIA. ED. INTA, EEA SALTA. 28 PP.

GALLO CELIS, L. S. 1974. EFECTO DEL CLORURO DE 2-CLOROETIL TRIMETIL AMONIO (CYCOCEL) EN TRANSPLANTE DE TABACO EN TINGO MARIA. TESIS DE GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA PERU.

GARCIA BREIJO L. F. 2002. TEMA 14 : REGULADORES DEL CRECIMIENTO.1. LAS AUXINAS. CATEDRA DE BIOLOGIA Y BOTANICA. ESCUELA TECNICA SUPERIOR DEL MEDIO RURAL Y ENOLOGIA. UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA . 44 PP.

[HTTP://WWW.PLANT-HORMONES.INFO/REFERENCES.HTM](http://www.plant-hormones.info/references.htm)

GARNER L.C. AND BJÖRKMAN T. 1999. MECHANICAL CONDITIONING OF TOMATO SEEDLINGS IMPROVES TRANSPLANT QUALITY WITHOUT DELETERIOUS EFFECTS ON FIELD PERFORMANCE. HORTSCIENCE 34(5):848–851.

GONÇALVES MARTINS M. B., DE CAMARGO E. E CASTRO P. R. 1999. REGULADORES VEGETAIS E A ANATOMIA DA FOLHA DE TOMATE (LYCOPERSICON ESCULENTUM MILL.) CV. ÂNGELA GIGANTE. SCI. AGRIC. VOL.56 N.3 PIRACICABA

GRÄFE J., KUCHENBUCH R.O. 2002. SIMPLIFIED PROCEDURE FOR STEADY-STATE ROOT NUTRIENT UPTAKE WITH LINEARIZED MICHAELIS-MENTEN KINETICS. PLANT NUTR. SOIL SCI. 165 : 719-724.

GRANDE MERA, J. L. 1976. ÉPOCAS Y DOSIS DEL CLORURO DE 2-CLOROETILTRIMETIL AMONIO (CYCOCEL) EN ALMACIGOS DE TOMATE (LYCOPERSICON ESCULENTUM MILL.) Y COL (BRASSICA OLERACEA L.). TESIS DE GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA PERU.

Gusta et al. (1976)

- HARTLEY M.D., SPEARS J. F., SMITH W. D., FISHER L. R., SCHULTHEIS J. R. (2002) RESPONSE OF FLUE-CURED TOBACCO CULTIVARS NC 71 AND NC 72 TO SEED PRIMING: I. LABORATORY EVALUATIONS OF LIGHT AND TEMPERATURE EFFECTS ON GERMINATION RATE AND SYNCHRONY. TOBACCO SCIENCE (2001/2002) 45:6-10
- HAWKS S.N. (JR) AND COLLINS W.K. 1986. TABACO FLUE-CURED: PRINCIPIOS BASICOS DE SU CULTIVO Y CURADO. TRAD. DE LA 1ERA. ED. ED. MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. MADRID. 408 PP.
- HOLE D.J., EMRAN A.M., FARES Y., DREW M.C.. 1990. INDUCTION OF NITRATE TRANSPORT IN MAIZE ROOTS, AND KINETICS OF INFLUX, MEASURED WITH NITROGEN-131. PLANT PHYSIOL. (1990) 93, 642-647
- HUBER H. 1996. PLASTICITY OF INTERNODES AND PETIOLES IN PROSTRATE AND ERECT POTENTILLA SPECIES. FUNCTIONAL ECOLOGY 10:401-409.
- HUTCHENS, T.W. 1999. TOBACCO SEED. P. 66-9. IN D.L. DAVIS AND M.T. NIELSEN (ED.) TOBACCO: PRODUCTION, CHEMISTRY, AND TECHNOLOGY. BLACKWELL SCIENCE, LONDON, UK.
- IGLESIAS N. Y MUÑOZ A. 2007. COMPARACION DE LA TRANSMISION DE LA RADIACION FOTOSINTETICAMENTE ACTIVA (PAR) EN INVERNADEROS DEL NORTE DE LA PATAGONIA. HORTICULTURA ARGENTINA 26(60): 10-17 PP.
- INTA. 2010. ESTADISTICAS CLIMATICAS Y TIEMPO METEOROLOGICO ANUAL. PRORENOA EEA SALTA. CERRILLOS, ARGENTINA. [HTTP://WWW.INTA.GOV.AR/PRORENOA/](http://www.inta.gov.ar/prorenea/) : 14 DI MAGGIO DI 2010.
- JAFFE M. J. 1973. THIGMOMORPHOGENESIS: THE RESPONSE OF PLANT GROWTH AND DEVELOPMENT TO MECHANICAL STIMULATION. BERLIN. PLANTA 114(2): 143-157.
- JAFFE M.J., LEOPOLD A.C., STAPLES R.C. 2002. THIGMO RESPONSES IN PLANT AND FUNGI. AMERICAN JOURNAL OF BOTANY 89: 375-382.
- JEGER M. J. AND VILJANEN-ROLLINSON S. L. H.. 2001. THE USE OF THE AREA UNDER THE DISEASE-PROGRESS CURVE (AUDPC) TO ASSESS QUANTITATIVE DISEASE RESISTANCE IN CROP CULTIVARS. THEOR APPL GENET 102:32-40
- JOHIJIMA T. AND LATIMER J.G.. 1992. BRUSHING INFLUENCES TRANSPLANT GROWTH

AND SUBSEQUENT YIELD OF FOUR CULTIVARS OF TOMATO AND THEIR HYBRID LINES. J. AMER. SOC. HORT. SCI. 117:384–388.

KADIOGLU M. AND SAYLAN L. 2001. TRENDS OF GROWING DEGREE-DAYS IN TURKEY. WATER, AIR, AND SOIL POLLUTION 126: 83–96.

KADRI BOZOKALFA M. 2008. IRRIGATION TEMPERATURE EFFECTS ON SEEDLING GROWTH AND TRANSPLANT QUALITY OF TOMATO, PEPPER AND EGGPLANT. SHORT COMMUNICATION. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA AGRARIA Y ALIMENTARIA (INIA) SPANISH JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH. 6(1), 120-124.

KANIA S. AND GIACOMELLI G. 2010. SOLAR RADIATION AVAILABILITY FOR PLANT GROWTH IN ARIZONA CONTROLLED ENVIRONMENT AGRICULTURE SYSTEMS. CEAC (CONTROLLED ENVIRONMENT AGRICULTURE CENTER) THE UNIVERSITY OF ARIZONA. [HTTP://WWW.AZRANGELANDS.ORG/CEAC/RESEARCH/ARCHIVE/SOLAR-RADIATION_KANIA.PDF](http://www.azrangelands.org/ceac/research/archive/solar-radiation_kania.pdf) : 13 DI MAGGIO DI 2010.

KRAEPIEL Y., AGNES C., THIERY L., MALDINEY R., MIGINIAC E., DELARUE M. 2001. THE GROWTH OF TOMATO (*LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL.) HYPOCOTYLS IN THE LIGHT AND IN DARKNESS DIFFERENTIALLY INVOLVES AUXIN. PLANT SCIENCE 16: 1067–1074.

KNAVEL, D.E. 1969. INFLUENCE OF GROWTH RETARDANTS ON GROWTH, NUTRIENT CONTENT, AND YIELD OF TOMATO PLANTS GROWN AT VARIOUS FERTILITY LEVELS. AMER. SOC. HORT. SCI. 94 :32-35.

KUEHNY J.S., PAINTER A. AND BRANCH P.C. 2001. PLUG SOURCE AND GROWTH RETARDANTS AFFECT FINISH SIZE OF BEDDING PLANTS HORTSCIENCE 36(2):321–323.

LABOURDETTE B., FERRATTO J., PICARDI L., TIZIO R. 1996. XIX CONGRESO ARGENTINO DE HORTICULTURA. TRABAJO N° 75.

LACCI, F. 2003. MEJORAS DE LA PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DEL PIMIENTO PARA PIMENTON EN LA ZONA DE LOS VALLES CALCHAQUIES SALTEÑOS. CATEDRA DE ECONOMIA AGRARIA, CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA, FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA, ARGENTINA. 18 PP.

- LATIMER J.G. 1990. DROUGHT OR MECHANICAL STRESS AFFECTS BROCCOLI TRANSPLANT GROWTH AND ESTABLISHMENT BUT NOT YIELD. HORTSCIENCE 25(10):1233-1235. 1990
- LATIMER J.G. 1991. MECHANICAL CONDITIONING FOR CONTROL OF GROWTH AND QUALITY OF VEGETABLE TRANSPLANTS HORTSCIENCE 26(12):1456-1461.
- LATIMER J.G. 1994 PEPPER TRANSPLANTS ARE EXCESSIVELY DAMAGED BY BRUSHING. HORTSCIENCE 29(9):1002-1003.
- LESKOVAR, DANIEL IVAN. 2001. PRODUCCION Y ECOFISIOLOGIA DEL TRASPLANTE HORTICOLA. TEXAS A & UNIVERSITY, USA. 24 PP.
- MARSCHNER H. 1995. MINERAL NUTRITION OF HIGHER PLANTS. ED. ACADEMIC PRESS, 2DA. ED. CAMBRIDGE. 889 PP.
- MARTORELL M. 2002. INFLUENCIA DE LA LUZ SOBRE LA ARQUITECTURA DE HIERBAS TESIS DE GRADO DE LA LIC. BIODIVERSIDAD, PROF. BIOLOGIA. SANTA FE, ARGENTINA.
- MEZA SANCHEZ R. Y MARTINEZ RODRIGUEZ J.G. 2004. CARACTERISTICAS AMBIENTALES Y ÁREAS POTENCIALES PARA CULTIVOS EN EL MUNICIPIO DE LA PAZ, B.C.S. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL DEL NOROESTE CAMPO EXPERIMENTAL TODOS SANTOS MEXICO.PUBLICACION TECNICA NUM. 2
- MISHRA D. AND PRADHAN G. C. 1972. EFFECT OF TRANSPIRATION-REDUCING CHEMICALS ON GROWTH, FLOWERING, AND STOMATAL OPENING OF TOMATO PLANTS PLANT PHYSIOL. (1972) 50, 271-274
- MITCHELL C. 1996. RECENT ADVANCES IN PLANT RESPONSE TO MECHANICAL STRESS: THEORY AND APPLICATION. HORTSCIENCE, VOL. 31(1): 31-35.
- MOJERLOU S., SAFAIE N., ALIZADEH A., KHELGHATIBANA F. 2009. MEASURING AND MODELING CROP LOSS OF WHEAT CAUSED BY SEPTORIA LEAF BLOTCH IN SEVEN CULTIVARS AND LINES IN IRAN. JOURNAL OF PLANT PROTECTION RESEARCH. VOL. 49, No. 3

- MOLLINEDO V (COORD.). 2009. CONTRIBUCION A LA PRODUCCION INTEGRADA EN LOS SISTEMAS HORTICOLAS DE LAS PROVINCIAS DE SALTA Y JUJUY. PROYECTO REGIONAL SALJU-320071. CENTRO REGIONAL SALTA-JUJUY. INTA
- MONDINO, M.H. Y PETERLIN, O.A. 2002. DIFERENTES CRITERIOS DE DECISION PARA LA APLICACION DE REGULADORES DE CRECIMIENTO Y SU INFLUENCIA SOBRE EL RENDIMIENTO Y EL CRECIMIENTO DEL ALGODON (*Gossypium Hirsutum* L.). *RIA*, 31 (2): 117-126. INTA, ARGENTINA
- MORALES-ROSALES E.J., ESCALANTE-ESTRADA J. A., TIJERINA-CHAVEZ L., VOLKE-HALLER V. Y SOSA-MONTES E. 2006. BIOMASA, RENDIMIENTO, EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA Y DE LA RADIACION SOLAR DEL AGROSISTEMA GIRASOL-FRIJOL. UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO. MEXICO. *TERRA LATINOAMERICANA*, 24(1): 55-64.
- NIETO-ÁNGEL R., NIETO-ÁNGEL D., BARRIENTOS-PRIEGO A. F. 2001. UNIDADES DE MEDIDA, SÍMBOLOS Y TERMINOLOGÍA IMPORTANTES UTILIZADOS EN FISIOLOGÍA VEGETAL. *REVISTA CHAPINGO SERIE HORTICULTURA* 7(1): 5-20.
- NORSWORTHY J.K., OLIVEIRA M.J., JHA P., MALIK M., BUCKELEW J. K., JENNINGS K.M., MONKS D.W. 2008. PALMER AMARANTH AND LARGE CRABGRASS GROWTH WITH PLASTICULTURE-GROWN BELL PEPPER. *WEED TECHNOLOGY* 22: 296–302
- NUEZ F (ED). 1995. EL CULTIVO DEL TOMATE. ED. MUNDI-PRENSA, ESPAÑA, 793 PP.
- NUEZ VIÑALS F., GIL ORTEGA R., COSTA GARCIA J. 1996. EL CULTIVO DE PIMIENTOS, CHILES Y AJIES. ED. MUNDI-PRENSA, ESPAÑA, 607 PP.
- OHP . 2007. SOLUCIONES PARA EL CONTROL. INVERNADERO. VOLUMEN VII. OHP PARTNERS WITH SOLUTIONS. ED. OHP, INC. SFC-GH-S 5/0
- OHYAMA K., OMURA Y. AND KOZAI T. 2005. EFFECTS OF AIR TEMPERATURE REGIMES ON PHYSIOLOGICAL DISORDERS AND FLORAL DEVELOPMENT OF TOMATO SEEDLINGS GROWN UNDER CONTINUOUS LIGHT. *HORTSCIENCE* 40(5): 1304-1306.
- ORTEGA A. (COORD.). 2009. PRODUCCION Y MANEJO SUSTENTABLE DE SISTEMAS TABACALEROS EN LOS VALLES TEMPLADOS DE SALTA Y JUJUY. PROYECTO

REGIONAL SALJU-320122. CENTRO REGIONAL SALTA-JUJUY. INTA

- PAEZ A., PAZ V. Y LOPEZ J. C. 2000. CRECIMIENTO Y RESPUESTAS FISIOLÓGICAS DE PLANTAS DE TOMATE CV. RIO GRANDE EN LA ÉPOCA MAYO-JULIO. EFECTO DEL SOMBREADO REV. FAC. AGRON. (LUZ). 2000, 17: 173-184.
- PANELO M., YAKAYAMA F. Y MORANDI E.. 1992. EFECTOS RETARDANTES DEL CRECIMIENTO EN TOMATE. PESQ. AGROPEC. BRAS., BRASILIA, 27(4):561-573.
- PERELLI, M. 2009. NUTRIRE LE PIANTE. TRATTATO DI SCIENZA DEI FERTILIZZANTI. ED. ARVAN. VENEZIA. 809 PP.
- PICCOLO, M.A. 2004. PRODUCCION Y COMERCIALIZACION MUNDIAL Y NACIONAL DE TABACO. ED. EEA SALTA INTA. 12 PP.
- PICCOLO, R. 2008. MODELOS Y MODELACION EN MATERIAL DIDACTICO DEL CURSO DE EPIDEMIOLOGIA. EEA LA CONSULTA . INTA. MENDOZA, ARGENTINA.
- PILATTI R.A., BOUZO C.A. Y CHIOSSONE J.L. 2005. EVALUACION DE CONCENTRACIONES Y OPORTUNIDAD DE APLICACION DE CLORURO DE CLORMEQUAT SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLANTULAS DE TOMATE. HORTICULTURA ARGENTINA 24 (56-57) : 8-12.
- PIMPINI F. (ED.)2004. PRINCIPI TECNICO-AGRONOMICI DELLA FERTIRRIGAZIONE E DEL FUORI SUOLO. ED. VENETO AGRICOLTURA. PADOVA. 204 PP.
- PAPADOPOUOS A. P. AND PARARAJASINGHAM S. 1997. THE INFLUENCE OF PLANT SPACING ON LIGHT INTERCEPTION AND USE IN GREENHOUSE TOMATO (LYCOPERSICON ESCULENTUM MILL.) : A REVIEW. SCIENTIA HORTICULTURAE 69 :1-29.
- PORTER B.W., ZHU Y. J., WEBB D. T. AND CHRISTOPHER D. A. 2009. NOVEL THIGMOMORPHOGENETIC RESPONSES IN CARICA PAPAYA: TOUCH DECREASES ANTHOCYANIN LEVELS AND STIMULATES PETIOLE CORK OUTGROWTHS. ANNALS OF BOTANY 103(6):847-858.
- POZANCOS GOMEZ-ESCOLAR J.M. 2002. LOS RETOS DEL FUTURO DEL SECTOR HORTOFRUTICOLA ESPAÑOL. LA AGRICULTURA MEDITERRANEA EN EL SIGLO XXI. MEDITERRANEO ECONOMICO, INSTITUTO CAJAMAR. ESPAÑA, PAG. 139-158

- PROYECTO PROZONO. 2003. PRODUCCION DE PLANTAS DE TABACO EN BANDEJAS FLOTANTES / PROYECTO PROZONO: ALTERNATIVAS AL BROMURO DE METILO. EDICIONES INTA, BUENOS AIRES.139 pp.
- RAMIREZ H, PERALTA MANJARREZ RM, BENAVIDES MENDOZA A, SÁNCHEZ LÓPEZ A, ROBLEDO TORRES V, HERNÁNDEZ DAVILA J. 2005. EFECTOS DE PROHEXADIONA-CA EM TOMATE Y SU RELACION COM LA VARIACION DE LA CONCENTRACION DE GIBERELINAS Y CITOCININAS. REVISTA CHAPINGO. SERIE HORTICULTURA. UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO, MEXICO. 11 (002): 283-290.
- RUIZ C., J.A.; G. MEDINA G.; I.J. GONZALEZ A.; C. ORTIZ T.; H.E. FLORES L.; R. MARTINEZ P. YK.F. BYERLY M. 1999. REQUERIMIENTOS AGROECOLOGICOS DE CULTIVOS. LIBRO TECNICO No.3. SAGAR-INIFAP-CIR DEL PACIFICO CENTRO. MEXICO. 324 p.
- RUML M, VUKOVIC A AND MILATOVIC D. 2009. EVALUATION OF DIFFERENT METHODS FOR DETERMINING GROWING DEGREE-DAY THRESHOLDS IN APRICOT CULTIVARS. INT J BIOMETEOROL.
- SAMBIN, ALESSANDRO. 2007. NUOVI TRATTAMENTI ECOCOMPATIBILI PER IL CONTROLLO DELL'ACCRESIMENTO DELLE PIANTE IN VIVAIO. TESI DI LAUREA TRIENNALE IN SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE. DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA AMBIENTALE E PRODUZIONE VEGETALI. FACOLTA DI AGRARIA. UNIVERSITA DEGLI STUDI DI PADOVA.
- SAMBO, P. 1999. ASSORBIMENTO ED UTILIZZAZIONE DELL'AZOTO IN SPECIE ERBACEE DIVERSE. TESI DEL DOTTORATO DI RICERCA IN AGRONOMIA AMBIENTALE. CICLO XI DELLA FACOLTA DI AGRARIA DELLA UNIVERSITA DEGLI STUDI DI PADOVA. 153 pp.
- SANCHEZ, E. 2003. REGULADORES DE CRECIMIENTO USADOS EN LA FRUTICULTURA. ROMPECABEZAS Tecnológico (39):16-22, 2003.
- SATTIN, M E TEI, F. 2001.CAPITOLO 3. MALERBE COMPONENTE DANNOSA DEGLI AGROECOSISTEMI IN CATIZONE, P. E ZANIN G. MALERBOLOGIA. ED. PATRON . BOLOGNA. 171-200 pp.
- SEABROOK J.E.A. 2005. LIGHT EFFECTS ON THE GROWTH AND MORPHOGENESIS O F POTATO (SOLANUM TUBEROSUM) IN VITRO: A REVIEW AMER J OF POTATO

SHARP R. 1976.

SILVA GARZA, MARIO; HILDA GÁMEZ GONZÁLEZ; FRANCISCO ZAVAL GARCÍA; BALTAZAR CUEVAS HERNÁNDEZ; MANUEL ROJAS GARCIDUEÑAS. 2001. EFECTO DE CUATRO FITOREGULADORES COMERCIALES EN EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL GIRASOL. ED. CIENCIA UANAL (UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVA LEON) , ENERO-MARZO, AÑO/VOLUMEN IV, NUMERO 001, MONTERREY, MEXICO. IV(001):69-75.

STOFFELLA P.J., DI PAOLA M.L., PARDOSSI A. AND TOGNONI F. 1992. SEEDLING ROOT MORPHOLOGY AND GROWTH AFTER SEED PRIMING OR PREGERMINATION OF BELL PEPPER HORTSCIENCE 27(3):214-215.

STORKEY J. 2004. MODELLING SEEDLING GROWTH RATES OF 18 TEMPERATE ARABLE WEED SPECIES AS A FUNCTION OF THE ENVIRONMENT AND PLANT TRAITS. ANNALS OF BOTANY 93: 681-689.

TAIZ L & E ZEIGER. 2004. PLANT PHYSIOLOGY. ED. SINAUER ASSOCIATES, INC., 3ERA ED. USA. 719 pp.

TANAKA K. AND TOLBERT N. E. 1966. EFFECT OF CYCOCEL DERIVATIVES AND GIBBERELLIN ON CHOLINE KINASE AND CHOLINE METABOLISM. PLANT PHYSIOL. 41: 313-318.

TSO, T.C. 1990. PRODUCTION, PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY OF TOBACCO PLANT. ED. IDEALS, INC. MARYLAND. 785 pp.

TYBURSKI J. AND TRETYN A. 2004. THE ROLE OF LIGHT AND POLAR AUXIN TRANSPORT IN ROOT REGENERATION FROM HYPOCOTYLS OF TOMATO SEEDLING CUTTINGS. PLANT GROWTH REGULATION 42: 39-48

UNER. 2009. ENERGIA SOLAR. CÁTEDRA DE CLIMATOLOGÍA AGRÍCOLA. FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RIOS (UNER), ARGENTINA.

UT (UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA). 2001. FISIOLÓGIA VEGETAL. ED. COORDINACION GENERAL DE UNIVERSIDADES TECNOLÓGICAS CHAPULTEPEC, MEXICO, 122 pp.

VAN TICHELEN K. K. AND COLPAERT J. V. 2000. KINETICS OF PHOSPHATE ABSORPTION BY MYCORRHIZAL AND NON-MYCORRHIZAL SCOTS PINE SEEDLINGS.

PHYSIOLOGIA PLANTARUM 110: 96–103.

VON ARNIM A. AND XING-WANG D. 1996. LIGHT CONTROL OF SEEDLING DEVELOPMENT. ANNU. REV. PLANT PHYSIOL. PLANT MOL. BIOL. 47 :215-243.

WANG H., LI H., LIU F., XIAO L. 2009. CHLOROCHOLINE CHLORIDE APPLICATION EFFECTS ON PHOTOSYNTHETIC CAPACITY AND PHOTOASSIMILATES PARTITIONING IN POTATO (*SOLANUM TUBEROSUM* L.). SCIENTIA HORTICULTURAE 119 : 113-116.

WIEN H.C.(ED.). 1997. THE PHYSIOLOGY OF VEGETABLE CROPS. CAB INTERNATIONAL. 657 PP.

WISNIEWSKI M. 1996. RECENT ADVANCES IN PLANT RESPONSES TO STRESS: BRIDGING THE GAP BETWEEN SCIENCE AND TECHNOLOGY: INTRODUCTION TO THE COLLOQUIUM. IN PROCEEDINGS OF THE COLLOQUIUM RECENT ADVANCES IN PLANT RESPONSES TO STRESS: BRIDGING THE GAP BETWEEN SCIENCE AND TECHNOLOGY. AS A SPECIAL INSERT IN HORTSCIENCE 31(1): 30-31.

WRONA A.F. AND EPSTEIN E. 1985. POTASSIUM TRANSPORT IN TWO TOMATO SPECIES. *LYCOPERSICON ESCULENTUM* AND *LYCOPERSICON CHEESMANII*. PLANT PHYSIOL. 79: 1068-1071.

YUAN F.M.AND BLAND W.L. 2005. COMPARISON OF LIGHT- AND TEMPERATURE-BASED INDEX MODELS FOR POTATO (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) GROWTH AND DEVELOPMENT. AMER J OF POTATO RES. 82:345-352

ZAPATA NICOLAS M., BAÑON ARIAS S., CABRERA FERNANDEZ P. 1992. EL PIMIENTO PARA PIMENTON. AGROGUIAS MUNDI-PRENSA. ED. MUNDI-PRENSA, MADRID, 240 PP.

ABBREVIAZIONI UTILIZATE NEL TESTO

ASCPC	Area sotto la curva progressiva della crescita
CCC	Cycozel o cloromequat
GDS	Giorni dopo semina
GDT	Giorni dopo trapianto
GDP	Giorni dopo piantagione
GDG	Giorni dopo germinazione
N	Azoto
Pa	Paprika dolce
Pe	Peperone
PF	Peso fresco
Po	Pomodoro
PS	Peso secco
SS	Sostanza secca
Ta	Tabacco
P	Fosforo
EUA	Efficienza dell'uso dell'acqua
PA	Parte aerea
Ra	Radici
PAR	Radiazione fotosinteticamente attiva
ANOVA	Analisi della varianza

CE	Conduttività elettrica
LAR	Leaf area ratio
F	Leaf area ratio
CO ₂	diossido di carbonio
gg	giorni
TMV	Tobacco mosaic virus
TCH1	Calmoduline
TCH2	Proteina tipo calmoduline
TCH3	Proteina tipo calmoduline
(NH ₄ ⁺)	ammonio
(NO ₃ ⁻)	nitrate
H ⁺	protone