



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI



SCUOLA DI DOTTORATO DI RICERCA  
Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali  
e delle Produzioni Alimentari

Indirizzo: Agrometeorologia ed ecofisiologia dei sistemi agrari e forestali

CICLO XXVI

**INFLUENZA DELL'OMBREGGIAMENTO  
SULLA PROPAGAZIONE AGAMICA  
DI SPECIE DELLA MACCHIA MEDITERRANEA**

dr. Gian Paola Mura

<i>Direttore della Scuola</i>	prof. Alba Pusino
<i>Referente di Indirizzo</i>	prof. Donatella Spano
<i>Docente Guida</i>	prof. Maurizio Mulas

Anno accademico 2012-2013



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI

SCUOLA DI DOTTORATO DI RICERCA  
Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali  
e delle Produzioni Alimentari



Indirizzo: Agrometeorologia ed ecofisiologia dei sistemi agrari e forestali

CICLO XXVI

La presente tesi è stata prodotta durante la frequenza del corso di dottorato in “Scienze e Biotecnologie dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari” dell’Università degli Studi di Sassari, a.a. 2012/2013 - XXVI ciclo, con il supporto di una borsa di studio finanziata con le risorse del P.O.R. SARDEGNA F.S.E. 2007-2013 - Obiettivo competitività regionale e occupazione, Asse IV Capitale umano, Linea di Attività 1.3.1 “Finanziamento di corsi di dottorato finalizzati alla formazione di capitale umano altamente specializzato, in particolare per i settori dell’ICT, delle nanotecnologie e delle biotecnologie, dell’energia e dello sviluppo sostenibile, dell’agroalimentare e dei materiali tradizionali”.

Gian Paola Mura gratefully acknowledges Sardinia Regional Government for the financial support of her PhD scholarship (P.O.R. Sardegna F.S.E. Operational Programme of the Autonomous Region of Sardinia, European Social Fund 2007-2013 - Axis IV Human Resources, Objective 1.3, Line of Activity 1.3.1.)

*Mura Gian Paola*

*“Influenza dell’ombreggiamento sulla propagazione agamica di specie della macchia mediterranea”*

*Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari*

*Indirizzo in : Agrometeorologia e Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali*

## INDICE

RIASSUNTO .....	4
ABSTRACT .....	6
INTRODUZIONE	
L'ecosistema macchia mediterranea .....	7
Polifunzionalità delle piante mediterranee .....	9
La propagazione agamica delle specie legnose .....	11
Le specie considerate recalcitranti alla propagazione agamica .....	16
Il ruolo della luce e le modificazioni anatomiche sulla radicazione delle talee.	19
OBIETTIVI DELLA TESI .....	24
MATERIALI E METODI .....	25
RISULTATI .....	31
DISCUSSIONE E CONCLUSIONI.....	87
BIBLIOGRAFIA .....	92

## RIASSUNTO

Le attuali esigenze di conservazione dell'ambiente e della biodiversità, nonché la necessità di reperire sostanze e biomasse da fonti rinnovabili, hanno portato alla riscoperta e allo studio di specie vegetali finora sottovalutate, fra cui anche numerose piante appartenenti alla flora mediterranea. Tuttavia la produzione vivaistica di numerose specie della macchia mediterranea incontra notevoli difficoltà legate per lo più alla scarsa capacità di radicazione nella propagazione per talea. Infatti, se da un lato la propagazione sessuale consente di diversificare i prodotti mantenendo una ricchezza del patrimonio genetico, dall'altro allunga i tempi di ottenimento di un prodotto che può non corrispondere a determinati standard commerciali. In questo studio sono stati osservati gli effetti del diverso grado di ombreggiamento (70%, 60%, 50% e 30%) e dell'eziolamento di germogli sull'attitudine alla radicazione di sei specie legnose della macchia mediterranea ritenute recalcitranti (*Arbutus unedo* L., *Ceratonia siliqua* L., *Phillyrea latifolia* L., *Pistacia lentiscus* L., *Quercus ilex* L. e *Quercus suber* L.), mentre altre due specie (*Ilex aquifolium* L. e *Rhamnus alaternus* L.) con buona predisposizione naturale alla radicazione sono state utilizzate come controllo. Semestralmente è stato determinato l'accrescimento lineare delle piante sottoposte a ombreggiamento e l'accrescimento lineare dei germogli. Inoltre, una parte delle talee è stata sottoposta ad un trattamento eziolante. Per ogni tesi in esame è stata valutata la capacità di radicazione delle talee e sulle stesse si è provveduto ad effettuare le analisi chimiche ritenute più rilevanti: macro e microelementi minerali, amido, polifenoli, clorofilla *a*, clorofilla *b* e carotenoidi. Dalle analisi è emerso che le tecniche di ombreggiamento studiate non sono consigliabili in assoluto per una lunga permanenza (oltre 12-18 mesi) di piante madri destinate alla propagazione agamica, in quanto alcune specie hanno mostrato scarsa adattabilità alle condizioni di allevamento, come nel caso di leccio, sughera e alaterno. Altre specie si sono mostrate tolleranti nei confronti dei tassi di ombreggiamento più contenuti, come il lentisco, la fillirea, il carrubo e l'agrifoglio, non potendosi escludere che in tali condizioni le piante possano permanere per periodi più

Mura Gian Paola

*"Influenza dell'ombreggiamento sulla propagazione agamica di specie della macchia mediterranea"*

*Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari*

*Indirizzo in : Agrometeorologia e Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali*

lungi rispetto agli ombreggiamenti al 60 e 70%.

## ABSTRACT

The current requirements of environmental conservation and biodiversity, and the need to find materials and biomass from renewable sources, led to the discovery and study of plant species undervalued, including numerous plants of the Mediterranean flora. However, the nursery production of several species of the Mediterranean faces significant difficulties due to poor rooting ability in the propagation by cuttings. In fact, if on one hand sexual propagation allows to diversify the products retaining a wealth of genetic, the other lengthens the time required to obtain a product that may not correspond to certain commercial standards. In this study we observed the effects of different levels of shading (70%, 60%, 50% and 30%) and of etiolation on an attitude of rooting of shoots of six wood species of the Mediterranean maquis considered recalcitrant (*Arbutus unedo* L., *Ceratonia siliqua* L., *Phillyrea latifolia* L., *Pistacia lentiscus* L., *Quercus ilex* L. and *Quercus suber* L.), while the other two species (*Ilex aquifolium* L. and *Rhamnus alaternus* L.) with good natural ability to rooting were used as a control. Every six months, it was determined the linear growth of the plants subjected to shading and linear growth of the shoots. Moreover, a part of the cuttings has been subjected to an etiolating treatment. For each thesis in question the rooting ability of cuttings was rated and the same steps were taken to carry out chemical analysis considered most important: macro and micro minerals, starch, polyphenols, chlorophyll *a*, chlorophyll *b* and carotenoids. The analysis showed that the techniques of shading studied are not advisable for a long stay (over 12-18 months) in plant nurseries. In fact, some species have shown adaptability to shading, as in the case holm oak, cork oak and buckthorn. Other species have proven tolerant of shade lower rates, such as mastic tree, phillyrea, carob tree and holly, and cannot be excluded that under such conditions the plants can persist for longer periods than the shading thesis to 60 and 70%.

## INTRODUZIONE

### **L'ecosistema macchia mediterranea**

Il Mare Mediterraneo è circondato da una vasta area geografica che comprende regioni del Nord Africa, Asia Occidentale e Sud Europa. La sua caratteristica di bacino quasi completamente racchiuso da terre emerse gli conferisce peculiarità fisiche tali da determinare un forte condizionamento del clima dell'intera regione (Camarda, 2004). Il clima mediterraneo appartiene al gruppo dei climi temperati e può essere sinteticamente descritto come caratterizzato da un forte bistagionalismo, con estati calde e aride e inverni freddi e piovosi (Spano e Duce, 2004). Numerose varianti, dovute alla latitudine, altitudine delle terre, distanza dal mare e presenza di corpi idrici più o meno consistenti, contribuiscono a moltiplicare le possibili espressioni del clima mediterraneo, che nel suo riferimento concettuale fondamentale è reperibile anche in altre aree geografiche oltre a quella propria del Mediterraneo: California, Cile, Australia e Costa Atlantica del Sud America (Brasile, Uruguay e Argentina) (Mulas *et al.*, 2005).

Una tale variabilità di ambienti è anche caratterizzata da numerosi ecosistemi che trovano espressione nelle diverse macro e micro aree, oltre che naturalmente nell'evolversi del tempo e delle successive modificazioni climatiche (Camarda, 2004).

Tra le tante espressioni ecologiche generate del clima mediterraneo una delle prevalenti e in qualche modo caratterizzanti è la cosiddetta macchia mediterranea. Questa indica, generalmente, un tipo di vegetazione con prevalenza di specie arbustive sclerofille sempreverdi (Camarda e Satta, 1995). Possiamo avere diverse tipologie di macchia fortemente influenzate dal tipo di substrato, dal suolo, dalla quota e dall'esposizione, che in condizioni di piena naturalità danno luogo ad aspetti indicati come macchia-foresta (Camarda, 2004).

In particolare, la macchia può essere principalmente di due tipi:

- macchia alta, la cui altezza media non supera i quattro metri e nella quale, come specie

fondamentali, si riscontrano il leccio, la sughera, la fillirea, l'alaterno, il corbezzolo, il lentisco, i ginepri e l'alloro. Questo tipo di macchia può evolversi verso la macchia-foresta, ovvero un'associazione caratterizzata da lecci, lentischi, eriche e corbezzoli con altezze che vanno dai 4 ai 6 metri, soprattutto nelle zone montane dove la foresta vera e propria è stata tagliata da almeno 30-50 anni;

- macchia bassa, costituita da forme prettamente arbustive che non superano i due o tre metri di altezza, quali il mirto, le ginestre, il rosmarino, le eriche e lo stesso lentisco in forma poco sviluppata (Camarda, 2004).

Tali formazioni rappresentano non solo un ecosistema ricco di biodiversità, ma anche una notevole capacità di adattamento delle numerose specie alle condizioni climatiche mediterranee e soprattutto all'eventualità degli incendi come componente naturale ricorrente. Si tratta di ecosistemi spesso fortemente derivati dall'azione antropica, leggibili anche come forme in evoluzione verso la foresta di leccio, che è il tipo di vegetazione *climax* di molte regioni del Mediterraneo e della Sardegna in particolare (Mulas *et al.*, 2005) (Deidda e Mulas, 2010). Il leccio (*Quercus ilex* L.) è una specie sempreverde, si ritrova comunemente dal livello del mare fino ai 1400 m di altitudine e a maturità forma una foresta molto fitta ed ombrosa, che lascia penetrare al suolo pochissima luce. La specie è estremamente competitiva con tutte le altre specie vegetali e le leccete più mature fanno registrare una significativa riduzione della biodiversità, così ben espressa nelle formazioni evolute di macchia. In Sardegna la foresta di leccio si ritrova solamente nel Supramonte di Orgosolo e in piccole aree del centro e del sud dell'Isola, infatti per cause pedoclimatiche, ma soprattutto per l'azione antropica (pascolo, taglio, incendio), l'antica foresta è spesso in regressione e attualmente la maggior parte dei boschi di leccio è rappresentata da cedui (Mulas *et al.*, 2004a).

Nelle zone più umide e fredde possiamo avere in associazione al leccio la roverella (*Quercus pubescens* L.), presente ma solo con ruolo secondario. Questa specie diventa talvolta dominante nei confronti delle altre latifoglie eliofile, costituendo così boschi raramente puri, in zone comprese tra i 500 e 1400 m di altitudine.

In Sardegna le specie legnose sono oltre 200 (Camarda e Valsecchi, 1983). Le modificazioni della vegetazione naturale sono avvenute, in una società fondamentalmente agro-pastorale, da oltre quattro millenni (Camarda, 1984) e durante questo lungo periodo, certamente l'intera superficie dell'Isola è stata percorsa numerose volte dal fuoco. Ciò ha



fatto sì che molte specie e biotipi di esse risultino adattate a questo tipo di impatto (Mooney e Dunn, 1970).

Gli animali selvatici e, soprattutto, quelli domestici hanno contribuito ad orientare la selezione, favorendo una resistenza dei vegetali all'impatto del pascolamento, con strategie diversissime che vanno dall'accentuazione della spinescenza alla produzione di sostanze tossiche. Per tali motivi non si può né comprendere, né spiegare l'essenza della macchia mediterranea della Sardegna senza considerare l'influenza millenaria dell'uomo sulla vegetazione (Camarda e Satta, 1995; Mulas e Deidda, 1998).

### **Polifunzionalità delle piante mediterranee**

Le prime notizie scritte sull'utilizzazione delle piante in Sardegna risalgono al I secolo a.C. e si devono a Plinio il vecchio (Atzei *et al.*, 2004), che indica nella raccolta delle galle fogliari della quercia spinosa (*Quercus coccifera* L.) per la colorazione delle stoffe una delle attività dei sardi per pagare i tributi ai Romani in quell'epoca. Ancor prima, gli antichi popoli nuragici, sicuramente, usarono anche le piante della macchia per scopi alimentari (*Arbutus unedo* L., *Olea oleaster* Hoffgg. et Link, *Ceratonia siliqua* L., *Pistacia lentiscus*), medicinale e veterinario (*Rosmarinus officinalis* L.), per usi artigianali molto vari (*Phillyrea latifolia* L.), tintorio (*Rhamnus alaternus* L.), combustione (quasi tutte le specie), recinzioni vive o a secco (*Crataegus monogyna* Jacq., *Rubus ulmifolius* Schott.). Tali usi sono ancora vivi in gran parte dell'Isola (Camarda e Valsecchi, 1983; Atzei *et al.*, 2004). Molti Autori hanno affrontato diverse problematiche sugli usi tradizionali a livello sub regionale o generale, sino all'importante summa di Atzei (2003).

Le attuali esigenze di conservazione dell'ambiente e della biodiversità, nonché la necessità di reperire sostanze e biomasse da fonti rinnovabili, hanno portato alla riscoperta e allo studio di specie vegetali finora sottovalutate o addirittura dimenticate, fra cui anche numerose piante appartenenti alla flora mediterranea. Si tratta di specie spesso dotate di valenza polifunzionale e perciò adatte a modelli colturali ecosostenibili (Deidda e Mulas, 2004) interessanti per la forestazione ecologica, l'arboricoltura da legno (oleastro) e da biomassa legnosa combustibile (carrubo, oleastro e leccio), l'utilizzo ornamentale e paesaggistico (lentisco, corbezzolo), l'ingegneria ambientale e la lotta alla desertificazione

(lentisco, mirto, cisto, atriplex), la frutticoltura minore o alternativa (corbezzolo), l'impiego nell'alimentazione umana e animale (atriplex; ghiande delle querce), le proprietà aromatiche (mirto, rosmarino, alloro, timo) e medicinali (Mulas, 2002).

Recentemente un settore che ha avuto notevole incremento è stato quello vivaistico-ornamentale, dove le piante autoctone sono state utilizzate con successo nella creazione di giardini e aree verdi grazie al loro valore ornamentale, dovuto ad alcune caratteristiche morfologiche sviluppatasi con l'adattamento al clima, come sclerofillia, stenofillia, lucidità delle foglie, colorazioni particolari dovute a tomentosità, dimensioni medio-piccole, ramificazione accentuata, produzione di sostanze aromatiche e carattere sempreverde delle foglie, con notevole varietà di forme, colori e dimensioni anche dei fiori e dei frutti (Cervelli e De Lucia, 2004).

Tuttavia, va sottolineato che l'utilizzo di queste piante è stato trascurato negli ultimi tre secoli a favore di piante esotiche spesso dotate di fioriture vistose, ma poco armoniche in molti casi col paesaggio circostante. A partire dagli anni '70 del secolo scorso la progettazione del verde in ambiente mediterraneo ha riscoperto l'utilizzo delle risorse vegetali tipiche mediterranee grazie alle ridotte esigenze idriche, nutrizionali e di manutenzione, al loro adattamento ad ambienti difficili, la resistenza alle malattie e all'inquinamento (Bussotti *et al.*, 2004).

Gli ambienti terrestri del Mediterraneo hanno subito nel corso dei millenni, profondi mutamenti, il più delle volte determinati dalle attività umane. Negli ultimi decenni di questo secolo, la pressione antropica è notevolmente aumentata e i suoi effetti negativi si sono resi sempre più evidenti, in particolare nelle zone più sensibili, come quelle costiere (Troumbis, 1987).

Gli ecosistemi a macchia mediterranea costituiscono un patrimonio inestimabile poiché rappresentano, da un punto di vista ecologico, un importante fonte di biodiversità per le numerose specie presenti e i numerosi endemismi e, da un punto di vista sociale un essenziale elemento di arricchimento economico e culturale (Spano e Duce, 2004; Mulas, 2002).

Le specie mediterranee mostrano grandi capacità di adattamento a luoghi diversi e condizioni mutevoli, grazie ad elementi di variabilità genetica che costituiscono i presupposti della loro polifunzionalità. Tale caratteristica è peraltro ben testimoniata dalle numerose pubblicazioni che riprendendo e documentando il sapere popolare, spesso

affidato alla tradizione orale, propongono per numerose specie vegetali una infinità di usi alimentari, medicinali e aromatici, condimentari, industriali, fino ad arrivare alla riscoperta di queste piante come utilizzabili nella forestazione ecologica e nella ricostituzione ambientale, ovvero come ornamentali (Atzei *et al.*, 2004).

Molte di queste piante sono state sottoposte ad un processo di domesticazione, nel passato, che ha portato a forme di coltivazione più o meno estensiva, magari seguita da un regresso storico del loro utilizzo con conseguente abbandono della coltura. Questi processi sono stati piuttosto lunghi e hanno accompagnato la storia di generazioni di agricoltori (Deidda e Mulas, 2004). Oggi possiamo parlare di un approccio post-tecnologico allo sviluppo agricolo, che viene visto in armonia con la conservazione dell'ambiente e valorizza il recupero e impiego delle specie e varietà autoctone, in un tentativo di ridare sostenibilità al modello agroforestale delle generazioni future (Deidda e Mulas, 2004).

Si manifesta, quindi, anche un rinnovato interesse verso le specie della macchia mediterranea, magari ben conosciute, ma dimenticate (Mulas e Deidda, 1998). Questa riscoperta porta spesso alla necessità di riattivare un processo di domesticazione di specie selvatiche e necessariamente, lo sviluppo di alcuni passaggi metodologici imprescindibili tra cui: la messa a punto di una tecnica di propagazione (possibilmente agamica) (Deidda e Mulas, 2004). Tra gli esempi più importanti di specie della macchia mediterranea oggetto di rinnovato interesse possiamo citare alcune specie ritenute importanti come forestali per la produzione di biomassa legnosa combustibile e/o per l'arboricoltura da legno (carrubo, oleastro, corbezzolo, perastro, ginepro, leccio); specie arbustive, liane, suffrutici, ed erbe impiegabili nell'ingegneria ambientale e nella lotta alla desertificazione (lentisco, mirto, cisto, ginepro, atriplex); specie per la frutticoltura minore o alternativa (rovo, lampone, corbezzolo, gelso); specie aromatiche (alloro, rosmarino, timo, origano, lentisco); specie (iperico, inula) di uso medicinale (Mulas, 2002; Deidda e Mulas, 2004).

### **La propagazione agamica delle specie legnose**

La moltiplicazione, o propagazione agamica, si basa sulla capacità che vari organi vegetativi di una pianta hanno di formare radici (moltiplicazione per autoradicazione), oppure di unirsi tra loro (innesto) in modo da dare origine a un nuovo individuo bimembre,

completo sotto il profilo morfologico e funzionale sia nella sua parte ipogea che in quella epigea (Baldini, 1986).

La propagazione agamica rispetto a quella gamica offre tre vantaggi fondamentali:

- identità genetica, morfologica e funzionale tra progenie e pianta-madre;
- possibilità di costituire gruppi omogenei con evidenti vantaggi dal punto di vista colturale;
- velocità di propagazione (non è necessario aspettare che la pianta abbia raggiunto la fase di maturità riproduttiva).

Gli svantaggi che ne derivano sono:

- facile trasmissione delle eventuali malattie (virosi) di cui le piante-madri possono essere affette;
- tecnica più dispendiosa della riproduzione;
- assenza di variabilità genetica nella progenie.

Le tecniche che più frequentemente si impiegano per la propagazione agamica delle piante sono: talea, propaggine, margotta, micropropagazione e innesto.

La talea è una porzione di organo vegetativo di piante, lunga da qualche centimetro a qualche decina di cm, provvista di gemme caulinari, che posta in favorevoli condizioni emette radici e germogli e forma così una nuova pianta.

In arboricoltura sono utilizzate per questo tipo di moltiplicazione:

- le talee legnose (porzioni di ramo o di branca);
- le talee erbacee (ricavate da germogli ancora erbacei);
- le talee semilegnose (porzioni di germoglio più o meno lignificate);
- le talee radicali (porzioni di radici; di uso limitato, impiegate nella moltiplicazione di alcuni tipi di pioppo, di susino e di pero).

Particolari tipi di talee legnose sono il magliolo e la zampa di cavallo. Il magliolo è costituito da un ramo provvisto di un piccolo segmento della branca su cui era inserito. La talea assume così l'aspetto di un piccolo martello. La zampa di cavallo è una talea legnosa costituita da un ramo reciso con un taglio raso in corrispondenza della sua inserzione, la base slargata della talea ricorda così uno zoccolo equino (Baldini, 1986).

La talea forma ed estroflette dai propri tessuti i primordi radicali, i quali si originano da cellule parenchimatiche che riacquistano capacità meristemica (iniziali radicali). I primordi radicali in opportune condizioni, si accrescono, attraversano la

corteccia ed erompono all'esterno mentre all'interno si collegano con il sistema conduttore della talea. La differenziazione e l'emissione dei primordi radicali possono essere accompagnate dalla formazione, alla base delle talee, di un tessuto cicatriziale parenchimatico detto callo, che ostacola l'ingresso dei patogeni e funghi all'interno delle talee stesse.

L'attitudine rizogena varia da specie a specie per cui le piante arboree possono essere distinte in tre gruppi:

- piante che radicano facilmente poiché posseggono iniziali radicali preformate nei rami e nelle branche (cotogno, pioppo, salice);
- piante che solo in alcune situazioni formano gli abbozzi radicali (vite, olivo);
- piante che radicano con molta difficoltà, per cui si deve ricorrere ad altre forme di propagazione (innesto, margotta, propaggine).

In arboricoltura i materiali utilizzati per questo tipo di moltiplicazione sono: porzioni di ramo o di branca (talee legnose), porzioni di germoglio più o meno lignificate (talee erbacee o semi legnose) e porzioni di radici (talee radicali).

Le talee erbacee e quelle semilegnose sono provviste di foglie.

La struttura anatomica della corteccia può influire sulla capacità rizogena delle talee, così come l'attitudine fisiologica di alcune specie a passare velocemente dalla fase erbacea dei germogli alla lignificazione degli stessi attraverso l'accumulo di una quantità notevole di precursori della lignina di natura fenolica. E' nota, infatti, la correlazione negativa del contenuto elevato di fenoli dei tessuti di alcune specie con la loro attitudine ad emettere radici (Baldini, 1986).

Condizioni favorevoli alla radicazione delle talee sono, in termini generali, quelle che ostacolano la disidratazione delle stesse (nebulizzazione), temperature favorevoli nella zona di proliferazione del callo cicatriziale e di neoformazione delle radici (riscaldamento basale), la somministrazione di sostanze ormonali come le auxine o il favorire la loro biosintesi come nelle talee semilegnose dove le foglie mature devono essere mantenute. Ulteriori stimoli alla radicazione possono venire dall'azione di nutrienti, come l'azoto, e dalla generale buona dotazione di sostanze di riserva, principalmente amido, da parte dei tessuti parenchimatici delle talee. La luce è un fattore fondamentale per le talee erbacee e semilegnose, mentre le talee legnose in genere vengono mantenute al buio, in quanto in questo caso lo sviluppo delle gemme in riposo prima della formazione di nuove radici, con

forte consumo di sostanze di riserva, può essere pregiudizievole per il successo della radicazione

La capacità rizogena delle talee è quindi influenzata da vari fattori che riguardano in larga misura le piante da cui queste provengono: ambientali (radiazione solare, livelli termici, disponibilità); colturali (gestione dell'irrigazione, della concimazione, dello stato fitosanitario e conduzione del protocollo di propagazione); intrinseci (fasi biologiche, età delle piante madri, età fisiologica delle talee). I tessuti parenchimatici (periciclo) presenti nella struttura primaria dei giovani germogli (di età massima di un anno) favoriscono la fuoriuscita delle radici perché meno lignificati e disposti alternativamente rispetto ai vasi xilematici, mentre la formazione dell'anello continuo di accrescimento secondario al 2° anno ostacola tale fuoriuscita.

L'ombreggiamento e l'eziolamento sono tecniche che contribuiscono al mantenimento della fase giovanile e della struttura primaria, ad una buona idratazione del germoglio e allo sviluppo del parenchima, mentre l'insolazione agisce in maniera opposta portando alla sintesi di fenoli (precursori della lignina e della suberina) che favoriscono la formazione del legno a discapito del parenchima. Anche le concimazioni azotate abbondanti e le potature di ringiovanimento (Pignatti e Crobeddu, 2005) promuovono lo sviluppo da parte delle piante madri di germogli con caratteristiche giovanili, e quindi maggiormente adatte alla moltiplicazione.

Nell'olivo e in altre specie di non facile radicazione, è stato riscontrato che l'emissione delle radici può essere correlata con l'estensione delle aree sclerenchimatiche pericicliche presenti, a guisa di anello più o meno continuo, tra il floema e il parenchima corticale: più precisamente, quando le fibre sclerenchimatiche e le sclereidi formano una guaina pressoché continua, l'attitudine rizogena delle talee è molto bassa. Viceversa, quando i predetti elementi sono organizzati in isole distanziate e intervallate da ampie bande di tessuto parenchimatico, come avviene, ad esempio, nei polloni eziolati e nei semenzali, allora le talee radicano con maggiore facilità (Baldini, 1986; Pignatti e Crobeddu, 2005).

La differenziazione delle iniziali radicali è preceduta da importanti modificazioni del quadro anatomico e nutrizionale delle talee, un ruolo fondamentale è svolto dai fitoregolatori endogeni, in primo luogo dalle auxine. Queste si formano nella parte distale della talea e migrano in direzione basipeta attraverso il floema, determinando la

formazione delle iniziali radicali. La soppressione delle gemme o delle foglie impedisce la formazione delle radici, la capacità rizogena può però essere ripristinata somministrando auxine alle talee degemmate. Il meccanismo ormonale della rizogenesi è abbastanza complesso: insieme alle auxine intervengono diversi cofattori e altri fitoregolatori, tra i quali anche alcuni inibitori. Il processo di rizogenesi può essere distinto in due fasi: una preparatoria e una più avanzata nel corso della quale il livello auxinico alla base delle talee scende su livelli assai bassi. La rizogenesi è, invece, contrastata dagli inibitori la cui eliminazione, per immersione in acqua alla base delle talee, comporta un incremento del numero delle barbatelle ottenibili e un maggiore sviluppo delle radici (Baldini, 1986).

L'attitudine rizogena è influenzata dall'età delle talee. Le talee erbacee, fisiologicamente più attive e istologicamente più predisposte ai processi di differenziazione delle iniziali radicali, sono potenzialmente più idonee a emettere radici, d'altra parte esse sono più esigenti di quelle legnose per quanto riguarda le condizioni ambientali.

Una notevole influenza sul potere rizogeno delle talee è esercitata anche dalle condizioni fisiologiche delle piante madri da cui viene prelevato il materiale di propagazione. Le talee presentano, innanzitutto, sistematiche variazioni stagionali della radicazione, in evidente rapporto con il mutare del quadro ormonico e nutrizionale dei rami destinati alla loro preparazione, e in particolare, con il grado di quiescenza fisiologica delle loro gemme durante il periodo di riposo autunno-invernale.

Di solito le talee legnose prelevate in autunno radicano meglio di quelle prelevate nel pieno dell'inverno. L'attitudine rizogena delle talee è inoltre influenzata dall'età delle piante-madri. In conclusione le talee prelevate da piante giovani radicano meglio di quelle provenienti di piante adulte delle medesime specie. Le tecniche di ringiovanimento (potatura energica), il pre-eziolamento dei rami e le stesse pratiche colturali (concimazione, irrigazione) dirette ad esaltare l'attività vegetativa delle piante-madri si traducono in un incremento della potenzialità rizogena delle talee. Piante-madri ben nutrite forniscono talee che radicano con maggiore facilità, probabilmente perché più ricche di sostanze di riserva.

Anche le talee semilegnose delle specie sempreverdi si possono prelevare durante il periodo autunno-invernale; alcune specie hanno peraltro un periodo ottimale di raccolta piuttosto limitato nel tempo. Le talee semilegnose delle specie a foglia caduca si prelevano, di preferenza, a fine primavera-inizio estate, cioè non appena i germogli hanno raggiunto un sufficiente grado di maturazione e le foglie sono completamente sviluppate (Baldini,

1986)

### **Le specie considerate recalcitranti alla propagazione agamica**

La produzione vivaistica di numerose specie incontra notevoli difficoltà legate per lo più alla scarsa capacità di radicazione nella propagazione per talea. Infatti, se da un lato la propagazione sessuale consente di diversificare i prodotti mantenendo una ricchezza del patrimonio genetico, dall'altro allunga i tempi di ottenimento di un prodotto che può non corrispondere a determinati standard commerciali (La Viola *et al.*, 2004).

Tra queste alcune specie caratteristiche della macchia mediterranea, pur essendo al centro di notevoli interessi e molteplici potenzialità, hanno decisamente caratteristiche di recalcitranti alla radicazione (Mulas e Deidda, 1998). Di queste citiamo in particolare sei specie per le quali viene fornita una sintetica descrizione.

#### *Arbutus unedo* L. Corbezzolo.

Arbusto che può diventare un piccolo albero sempreverde, alto da 1 a 12 metri, pollonifero, con corteccia dei rami giovani rossiccia e vellutata, in seguito più scura e squamata. Le foglie sono alterne, ovali, lunghe fino a 10 cm, dentate ai margini, di colore verde-scuro e lucide sulla pagina superiore, più chiare inferiormente. I fiori sono piccoli, di colore bianco-giallastro. I frutti sono bacche globose, con superficie rugosa, di colore rosso-arancio, commestibili, con polpa chiara, succosa e di sapore dolciastro. Fruttifica tra settembre e novembre, contemporaneamente alla nuova fioritura che darà i frutti l'anno successivo (Mulas *et al.*, 1997; 1999; Deidda e Mulas, 1999).

Cresce dal livello del mare sin oltre i 1000 metri di altitudine in Sardegna, ma solo fino a 800 m nella penisola; specie eliofila, preferisce i climi caldo-aridi, ma in realtà si trova anche in zone ombrose. La presenza di questa specie è essenziale soprattutto nelle aree percorse dal fuoco, data la sua capacità di rigenerarsi attraverso l'emissione di numerosi polloni (Mulas *et al.*, 2004b).

#### *Ceratonia siliqua* L. - Carrubo.

Il Carrubo come luogo d'origine ha probabilmente il Medio Oriente, da cui poi si



diffuse e naturalizzò in tempi remotissimi in tutto il bacino del Mediterraneo. Albero sempreverde alto fino a 15 m con chioma densa ed espansa; foglie coriacee, paripennate, con 6-8 segmenti ellittici, pagina superiore lucida di colore verde scuro, quella inferiore più pallida e opaca; fiori maschili, femminili ed ermafroditi, riuniti in piccoli racemi inseriti direttamente sui rami e solitamente portati su piante distinte. I frutti (carrube) sono grossi legumi penduli ed appiattiti bruno scuri a maturità.

*Phillyrea latifolia* L. - Fillirea.

La fillirea è una pianta diffusa in tutto il bacino del Mediterraneo, specie indifferente al substrato geologico, vegeta in prevalenza nelle zone litoranee essendo eliofila e termofila. In Sardegna la si può ritrovare anche oltre i 1000 m. È un piccolo albero sempreverde molto ramificato alto 10-12 m con chioma di colore verde intenso e corteccia liscia grigio-brunastra, screpolata o fessurata solo nei rami più vecchi; foglie opposte brevemente picciolate, coriacee, a lamina ovato-lanceolata con 6-12 paia di nervature secondarie e margine seghettato, pagina superiore lucida, di colore verde scuro, quella inferiore più chiara e opaca; fiori biancastri in piccoli racemi ascellari; i frutti sono drupe rotondeggianti con apice compresso, del diametro di circa 7-10 mm, blu-nerastre a maturità.

*Pistacia lentiscus* L. - Lentisco.

Arbusto o piccolo albero sempreverde molto ramificato alto fino a 5-6 m; foglie paripennate con odore resinoso composte da 4-5 paia di foglioline ellittico-lanceolate a margine intero; fiori unisessuali su piante distinte riuniti in pannocchie cilindrico-spiciformi, quelli femminili verdastri e rosso-bruno i maschili; i frutti sono drupe subsferiche di circa 3-5 mm di diametro, dapprima rossastre poi nere a maturità. In Sardegna è decisamente più frequente rinvenire questa specie nella forma arbustiva, ma non mancano, esemplari arborei. Di norma non supera i 500 m sul mare, ma in alcune zone può essere osservato anche a quote superiori, vicine agli 800 m (Mulas *et al.*, 1999).

*Quercus ilex* L. - Leccio.

Albero sempreverde alto fino a 30 m con chioma espansa verde scura; tronco eretto e robusto con corteccia scura; foglie coriacee, lanceolate o ellittiche, pagina superiore di

colore verde lucido, quella inferiore grigio-tomentosa, margine intero o dentato, spinoso nelle piante giovani; fiori unisessuali sulla stessa pianta, i maschili in amenti penduli giallastri, quelli femminili disposti in spighe ascellari; il frutto è una ghianda ovoidale parzialmente avvolta da una cupula provvista di squame grigio-tomentose. Il portamento è generalmente arboreo con chioma densa e ampia anche se lo possiamo ritrovare come arbusto e più raramente come cespuglio.

#### *Quercus suber* L. - Sughera

Albero sempreverde alto fino a 15-20 m con chioma rada ed espansa; tronco irregolare, contorto, con corteccia spessa e suberosa profondamente fessurata; foglie coriacee, brevemente picciolate, da ovate a ovato-lanceolate, di colore verde lucente sulla pagina superiore, grigio-tomentose inferiormente, margine liscio, dentato o pungente specialmente nella parte bassa della pianta; fiori unisessuali sulla stessa pianta, i maschili in amenti penduli giallastri, quelli femminili disposti in spighe ascellari; i frutti sono ghiande lunghe 2-3 cm con punta breve, inserite in una cupola provvista di squame grigio-tomentose.

Specie legnose che, invece, hanno mostrato una discreta attitudine alla propagazione agamica sono invece l'agrifoglio e l'alaterno, che citiamo perchè comunque inserite nei programmi di domesticazione a cui fa riferimento la presente ricerca.

#### *Ilex aquifolium* L. - Agrifoglio.

L'agrifoglio deve il nome del genere a quello di specie del leccio (*Quercus ilex*), in relazione alla somiglianza delle foglie di queste due specie, e soprattutto alla tendenza di quelle che crescono in basso ad avere spine sul margine. Arbusto o albero sempreverde alto 10-15 m con chioma piramidale di colore verde scuro; tronco eretto con rami tendenzialmente orizzontali; corteccia liscia, dapprima verde poi brunastra; foglie coriacee e lucide a lamina ellittica, con il margine liscio nei rami superiori ma dentato-spinoso nei rami più bassi; fiori unisessuali su piante distinte riuniti in grappoli all'ascella delle foglie, quelli femminili con corolla bianca, i maschili con la corolla orlata di rosso; i frutti sono drupe subsferiche del diametro di 8-10 mm, di colore rosso vivo a maturità.

#### *Rhamnus alaternus* L. - Alaterno.

Mura Gian Paola

"Influenza dell'ombreggiamento sulla propagazione agamica di specie della macchia mediterranea"

Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari

Indirizzo in : Agrometeorologia e Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali

Arbusto o piccolo albero sempreverde alto fino a 5 m (raramente oltre), con foglie alterne coriacee, ovato-lanceolate, con il margine cartilagineo biancastro e seghettato; fiori unisessuali su piante distinte riuniti in cime ascellari, sono di piccola dimensione, verdastri e di odore sgradevole; frutti drupe subsferiche di 4-6 mm di diametro, rosso-brune, tendenti al nero a maturità.

### **Il ruolo della luce e le modificazioni anatomiche sulla radicazione delle talee.**

La disponibilità di luce negli ambienti naturali è molto variabile. Le fluttuazioni di luce possono avvenire sia all'interno della chioma di una singola pianta che all'interno di coperture vegetali, quindi è fondamentale che tutte le specie vegetali siano in grado di affrontare le differenze per quanto riguarda questo fattore ambientale (Valladares e Niinemets, 2008).

Le piante utilizzano la radiazione solare, non solo come fonte di energia ma anche come fonte di informazione sull'ambiente. Esempi ben documentati di raccolta di informazione includono la capacità delle piante di percepire e rispondere ai tempi, alla durata, alla lunghezza d'onda, alla dose e alla direzione della luce, e questo è alla base dei processi di fotoperiodicità, fototropismo e fotomorfogenesi (Kendrick e Kronenberg, 1994).

La cattura della luce può essere regolata da cambiamenti nella morfologia fogliare e nell'esposizione delle foglie alla radiazione incidente, nonché da alterazioni del rapporto clorofilla *a*/clorofilla *b* e dalla composizione in carotenoidi (Calatayud *et al.*, 2007).

I raggi UV inducono molteplici alterazioni morfologiche. Tra le più importanti si annoverano le modifiche sullo spessore delle foglie, sulla lunghezza dei piccioli, l'arrotolamento delle foglie, alterazione della forma e della larghezza delle stesse, decresce l'allungamento degli steli, aumentano le ramificazioni ascellari e l'accestimento. Inoltre si ha l'alterazione del rapporto tra radici e germogli e della struttura dell'infiorescenza. (Jansen, 2002; Furness *et al.*, 2005; Hectors *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2008; Wargent *et al.*, 2009a,b; Klem *et al.*, 2012; Robson e Aphalo, 2012).

E' probabile che l'azione dei raggi UV sulla parte epigea della pianta influenzi anche la radice, infatti in seguito al trattamento con raggi UV è stata riscontrata una

maggior ripartizione della biomassa a favore delle radici (Bussel *et al.*, 2012). Tale effetto può essere riscontrato confrontando le piante poste in ambiente ombreggiato con quelle esposte al sole (Robson *et al.*, 2014).

Per quanto riguarda le modifiche sulle foglie indotte dalla luce, come accennato precedentemente, è stato dimostrato che l'area fogliare, la densità e la massa di queste varia significativamente a seconda che ci si trovi in un habitat soleggiato o all'ombra (Marques *et al.*, 1999). Infatti, in seguito ad un esperimento su *Sebastiania myrtilloides*, Marques e altri (1999) affermano che le foglie esposte al sole si presentavano più dense e più spesse, questo era dovuto ad un aumento dello spessore sia dell'epidermide adassiale che delle cellule del tessuto a palizzata e del parenchima spugnoso.

In presenza di elevata irradianza e di una bassa umidità del suolo le piante presentano foglie più spesse e sclerofilliche con tessuto spugnoso meno spesso. Al contrario, con bassa irradianza, alta umidità del suolo ed elevata disponibilità di elementi nutritivi, le piante presentano foglie più sottili e un'elevata superficie fogliare (Witkowski e Lamont 1991; Thompsom *et al.*, 1992). Lo spessore delle foglie è influenzato dalle variazioni dello spessore della cuticola, dal numero degli strati della cuticola, dall'ipoderma, del mesofillo (numero degli strati del mesofillo, lunghezza del tessuto a palizzata e di quello spugnoso), nonché da un aumento della dimensione delle cellule. (Esau, 1977; Fahn e Cuttler, 1992; Garnier e Laurent, 1994; Sims e Pearcy, 1992, Thompson *et al.*, 1992; Witkowski e Lamont, 1991). Chazdon e Kaufmann (1993) hanno dimostrato che la variazione dello spessore dell'epidermide, in seguito ad un gradiente naturale di disponibilità di luce, suggerisce un ruolo di protezione contro l'alta irradianza da parte degli strati spessi dell'epidermide. Anche in *Sebastiania myrtilloides*, in seguito all'esposizione al sole, è stato registrato un aumento dello spessore del tessuto a palizzata e del parenchima spugnoso. Inoltre, nella stessa specie, la superficie fogliare delle foglie delle piante tenute all'ombra era del 217% superiore rispetto a quella delle piante esposte al sole. Allo stesso modo, il peso secco delle foglie in habitat ombroso, era del 118% superiore rispetto a quelle tenute alla luce (Marques *et al.*, 1999). Anche in *Quercus robur* L. lo spessore delle foglie all'ombra si riduce di 2/3 rispetto a quelle prive di schermatura; così come lo spessore del parenchima a palizzata è ridotto per più della metà, mentre le cellule del tessuto a palizzata diventano più ampie all'aumentare dell'ombreggiamento. L'epidermide superiore e inferiore non seguono alcun gradiente lineare, ma mostrano il

massimo spessore al di sotto del 25% di intensità luminosa relativa. Con l'aumento del grado di ombreggiamento (dal 50% al 75%) si passa da due a uno strato di tessuto a palizzata (Ziegenhagen e Kausch, 1995). Inoltre, è stato sperimentato che le querce allevate in piena ombra producono solo la metà della sostanza secca prodotta per m<sup>2</sup> rispetto alle querce allevate alla luce. Colpisce il fatto che la produttività più alta di germogli non si verifica nelle querce esposte completamente alla luce ma in condizioni di ombreggiamento pari al 75%. Alcuni autori hanno dimostrato che in piantine di quercia, con l'aumento dell'ombreggiamento aumentava la lunghezza dei germogli (Plaisance, 1955, Ovington e MacRae, 1960; Jarvis, 1964). Al contrario Rohrig (1967) e Suner e Rohrig (1980), in seguito all'ombreggiamento, hanno trovato una riduzione della lunghezza del germoglio.

L'energia luminosa è un fattore limitante per le piante che vivono all'ombra. Al fine di massimizzare l'assorbimento di fotoni, le piante, all'ombra, producono foglie con una maggiore superficie fogliare e con un più alto contenuto in clorofilla per cloroplasto. Altri elementi del loro apparato fotosintetico, come le catene di trasporto degli elettroni, sono presenti in quantità relativamente basse (Valladares e Niinemets, 2008; Rochaix, 2011). L'adattamento alla luce coinvolge anche cambiamenti nella chimica fogliare. Infatti, una parte di azoto fogliare è investito sottoforma di proteine fotosintetiche ed è stata trovata una correlazione positiva tra contenuto di azoto nelle foglie e irradianza (Mendes *et al.*, 2001). Anche il contenuto di carboidrati non strutturali delle foglie tende a relazionarsi positivamente con l'irradianza, questo riflette un aumento della produzione fotosintetica giornaliera anche a causa dell'elevata conduttanza stomatica che consente una maggiore acquisizione di carbonio. Tuttavia altri autori confrontando foglie di sclerofille sempreverdi tenute al sole con foglie all'ombra non hanno trovato differenze significative nella concentrazione di zuccheri solubili, anzi, in alcune specie hanno riscontrato un tenore di amido superiore nelle foglie tenute in condizioni di scarsa luminosità (Mendes *et al.*, 2001).

Un altro effetto che la luce esercita sulle piante riguarda l'accumulo di pigmenti fenolici (Jenkins, 2009; Hideg *et al.*, 2013). Nell'orzo l'analisi della morfogenesi indotta dai raggi UV ha rilevato una forte relazione inversa tra il contenuto di flavonoli nelle foglie e area specifica fogliare, ciò sta a significare che le foglie con alto contenuto in flavonoidi risultavano relativamente più spesse (Klem *et al.*, 2012).

Inoltre, in alcuni studi effettuati su alberelli di betulla argentata, la concentrazione di flavonoidi glicosidici è risultata correlata negativamente con l'altezza della pianta (Mutikainen *et al.*, 2002). Altri studi non hanno confermato tale tendenza (Lavola *et al.*, 2000; Robson e Aphalo, 2012).

Le modifiche morfologiche esercitate dalla luce, o più precisamente dall'ombreggiamento sulle piante, possono essere sfruttate per facilitare la propagazione agamica di alcune specie vegetali recalcitranti alla radicazione.

Per aumentare l'efficienza della radicazione può essere utilizzato il pretrattamento delle piante madri con assenza di luce. L'ombreggiatura è una tecnica nota fin dall'inizio di questo secolo e già nel 1936, Gardner descrisse un metodo efficiente per la radicazione di cultivar difficili da propagare.

Il processo di eziolamento consiste nella crescita di tutta la pianta o di pochi rami in assenza di luce (Bassuk e Maynard, 1987). Tuttavia, non è necessario raggiungere il 100% di oscurità, è sufficiente un ombreggiamento superiore al 90% (Bassuk *et al.*, 1987).

Gli effetti morfologici più evidenti dell'ombreggiamento includono la perdita di clorofilla, l'allungamento degli internodi e la formazione della maggior parte dei tessuti succulenti caratterizzati da minor resistenza meccanica dovuta a una minore lignificazione, suberificazione e spessore delle pareti cellulari (Maynard & Bassuk, 1988).

L'inibizione della lignificazione da auxine serve come meccanismo per indurre l'allungamento. I composti precursori della lignina sono polimerizzati dalle perossidasi altri sistemi fenolici ossidanti. Come la formazione di lignina dipende dalle perossidazioni, l'auxina influenza il processo per il suo effetto sulle attività e sui livelli di perossidasi (Galston e Purves, 1960).

L'ombreggiamento provoca anche cambiamenti fisiologici che coinvolgono il metabolismo del trasporto dell'auxina, cambiamenti nella sensibilità dei tessuti all'auxina e cambiamenti nel contenuto di composti fenolici (Maynard e Bassuk, 1988). Alcuni autori citati da Economou e Read (1987) hanno proposto che l'effetto inibitorio della formazione delle radici dalla luce potrebbe essere correlato alla sintesi inadeguata di AIA (acido indoloacetico) o addirittura dalla sua distruzione, alla fotoinattivazione di elementi promotori della formazione delle radici, all'inattivazione della sintesi di cofattori di radicamento o dallo stimolo alla distruzione dei cofattori. Kawase (1965) ha dimostrato che la degradazione della AIA è maggiore in presenza di luce, in cui circa l'80% del

contenuto viene distrutto dopo 24 ore di luce, mentre dopo 48 ore di buio ne viene degradato solo il 56%.

L'eziolamento sembra anche promuovere la radicazione grazie all'attivazione dell'inibizione del sistema enzimatico AIA ossidasi, infatti, Konishi e Galston (1964) hanno dimostrato che nei tessuti eziolati di *Ipomea purpurea* la presenza di inibitori fenolici di IAA-ossidasi era più abbondante rispetto a quelli non eziolati.

Al Barazi e Schwabe (1984) lavorando con *Pistacia vera* hanno osservato che l'attività dell'AIA-ossidasi non è stata incrementata dall'ombreggiamento, mentre la polifenolo-ossidasi è stata incrementata del 100%. Si sospetta che questo enzima sia coinvolto nella produzione di un cofattore responsabile della capacità di radicazione del melo (Bassuk *et al.*, 1981).

Germogli di azalee coltivate in vitro in presenza di basso irraggiamento hanno mostrato un'attività della perossidasi più elevata durante la fase di induzione di radici, e una percentuale di radicazione più alta dei germogli di culture mantenute con maggiore luminosità. E' stata trovata una forte correlazione tra l'attività della perossidasi e la capacità di radicazione dei germogli (Economou e Read, 1987).

I composti fenolici giocano un ruolo importante nella sintesi della lignina, della suberina, e sul metabolismo dell'auxina, in quanto agiscono come cofattori dell'auxina e come stimolatori e inibitori dell'AIA-ossidasi (Maynard e Bassuk, 1988). Ciò si verifica poiché diversi tipi di fenoli agiscono diversamente sull'attività di AIA-ossidasi. Generalmente i monofenoli come l'acido p-cumarico, fungono da cofattori dell'AIA-ossidasi, stimolando la distruzione dell'AIA, mentre i polifenoli come l'acido clorogenico, il floroglucinolo, l'acido caffeico e il catecolo inibiscono la distruzione dell'AIA (Zenk e Müller, 1963 ). Il floroglucinolo è stato usato per stimolare la radicazione di germogli di piante in vitro. James e Thurbon (1981) hanno anche osservato che questo composto ha mostrato effetto sinergico con l'auxina nella stimolazione della formazione delle radici in espianti di melo.

## **OBIETTIVI DELLA TESI**

Molte specie appartenenti alla macchia mediterranea hanno una grande rilevanza ecologica: efficacia nel rapido recupero di aree distrutte dal fuoco, protezione del suolo da erosione ed elevata resistenza a condizioni atmosferiche che permettono di contenere l'avanzamento dei processi di desertificazione. L'importanza di queste specie, deriva dal fatto di rappresentare un'emergente risorsa economica, legata in parte al commercio di prodotti da esse estraibili: essenze per l'industria liquoristica, per l'industria profumiera, nonché essenze aromatiche per condimenti e come piante officinali.

Sono inoltre dotate di una considerevole valenza ornamentale, utilizzabile sia per la progettazione di aree verdi in ambito urbano e non, sia come prodotto in vaso e come fronda verde.

La produzione vivaistica di molte specie della macchia mediterranea, tuttavia, non è sempre agevole, soprattutto per quanto riguarda la possibilità di ricorrere alla propagazione agamica. In questo studio saranno osservati gli effetti dell'ombreggiamento e dell'eziolamento di germogli sulla attitudine alla radicazione di sei specie legnose della macchia mediterranea ritenute recalcitranti, mentre altre due specie con buona predisposizione naturale alla radicazione saranno utilizzate come controllo.



## MATERIALI E METODI

La prova si è svolta negli anni tra il 2011 e 2014 nell'Azienda didattica sperimentale "Antonio Milella" sita in località San Quirico a Fenosu (Oristano), in un ombrario appositamente approntato, dotato di impianto di irrigazione per aspersione soprachioma e suddiviso in quattro settori caratterizzati ciascuno da un diverso grado di ombreggiamento (70%, 60%, 50% e 30%), con adiacente un quinto settore in piena luce dove erano state disposte le tesi di controllo.

Le specie studiate considerate recalcitranti alla radicazione erano: *Arbutus unedo* L. (corbezzolo, fam. Ericaceae); *Ceratonia siliqua* L. (carrubo, fam. Leguminosae); *Phillyrea latifolia* L. (fillirea o ilatro sottile, fam. Oleaceae); *Pistacia lentiscus* L. (lentisco, fam. Anacardiaceae); *Quercus ilex* L. (leccio, fam. Fagaceae); e *Quercus suber* L. (sughera, fam. Fagaceae). Le specie di controllo invece erano: *Ilex aquifolium* L. (agrifoglio, fam. Aquifoliaceae); e *Rhamnus alaternus* L. (alaterno, fam Rhamnaceae)

Le piante erano allevate in contenitori plastici della capacità di 20 litri, con un substrato composto per 1/3 da terra, 1/3 da perlite e 1/3 da terriccio vegetale. Da esse veniva prelevato il materiale per le talee che venivano poste a radicare (previo trattamento ormonale standard con IBA (acido 3 indol-butirrico allo 0,5%) su perlite in appositi bancali dotati di riscaldamento basale e irrigazione nebulizzata.

La densità di piante all'interno dell'ombrario era di 3 piante/m<sup>2</sup> e ciascuna parcella comprendeva un bordo di oltre due metri di larghezza per avere la massima omogeneità del trattamento ombreggiante. La maggior parte delle piante oggetto di studio sono state fornite dall'Ente Foreste della Sardegna di Massama (Oristano) e solo quelle delle specie agrifoglio e lentisco erano di produzione aziendale. Più volte sono state concimate e curate con antiparassitari al fine di mantenere il materiale da destinare alla radicazione in buono stato fitosanitario.

Semestralmente è stato determinato il tasso di crescita relativo della parte aerea delle piante attraverso la misurazione lineare dei rametti e di tutte le loro successive

ramificazioni. Tali misure biometriche della biomassa sono state ripetute per quattro volte.

Nella fase iniziale della prova, non essendo ancora le piante ben ambientate alle condizioni di ombreggiamento, le talee sono state tutte sottoposte ad un trattamento eziolante con un film di plastica nera che ne avvolgeva la base per tutto il periodo di accrescimento delle stesse (3 mesi).

Sono state effettuate numerose prove di radicazione previo trattamento ormonale con IBA (acido 3-indol-butirrico) in miscela polverulenta con talco alla dose standard dello 0,5%.

In periodi diversi è stata misurata più volte l'intensità della radiazione solare globale nelle diverse parcelle tramite l'utilizzo del Piranometro (Kahl Scientific Instrument Corporation; El Cajon, CA - USA.), al fine di verificare con misurazioni dirette l'effettiva capacità di ombreggiamento delle reti predisposte.

Alcune delle piante presenti in ombrario sono state destinate alle analisi di laboratorio dei tessuti dei rametti simili a quelli utilizzati per la formazione delle talee. I campioni di tessuti vegetali, una volta prelevati, sono stati trasferiti nel laboratorio del Dipartimento di Scienze della Natura e del Territorio dell'Università di Sassari. I campioni di talee sono stati essiccati in stufa per 2 giorni a 60 °C. La biomassa secca è stata utilizzata a sua volta per la determinazione delle ceneri e della composizione minerale.

Per ottenere le ceneri dei campioni da analizzare, 1 g della biomassa precedentemente essiccata e macinata è stato posto all'interno di capsule di porcellana resistenti alle elevate temperature, trasferita successivamente in muffola per 12 ore a 500 °C. Una volta ottenute le ceneri, a queste sono stati aggiunti 5 ml di acido cloridrico 4 N, il tutto è stato trasferito in matracci da 100 ml tramite ripetuti lavaggi delle capsule con acqua deionizzata per far in modo che tutto l'acido cloridrico utilizzato passasse dalla capsula al matraccio. Successivamente i matracci sono stati portati a volume con acqua deionizzata e in questo modo è stato possibile ottenere la soluzione madre dei diversi cloni. A partire dalla soluzione madre è stato possibile effettuare le altre analisi e determinare il contenuto dei principali macro e microelementi. La composizione della frazione minerale è stata effettuata mediante lettura allo spettrofotometro ad assorbimento atomico (Perkin Elmer AAnalyst 100).

Il fosforo è stato determinato a partire dalla soluzione madre. Quest'ultima è stata fatta reagire con 5 ml di acido solforico 7,5 N, 5 ml di molibdato di ammonio e 1 ml di

idrazina, il tutto all'interno di matracci da 100 ml. Per accelerare la reazione i matracci sono stati posti a bagnomaria a 80 °C per 30 minuti. In queste condizioni si forma un complesso di colore blu, di intensità crescente al crescere della concentrazione di fosforo, dosabile quindi tramite lettura allo spettrofotometro UV-VIS (Hitachi model 100-60) ad una lunghezza d'onda di 650 nm.

L'azoto è stato determinato mediante il metodo Kjeldahl, che consiste nell'ossidazione a caldo del campione (precedentemente essiccato e finemente macinato) tramite l'acido solforico e successiva distillazione.

#### *Determinazione dell'amido totale*

La percentuale di amido totale è stata determinata su campioni ottenuti da talee prelevate da piante delle otto differenti specie sottoposte a diversa intensità di ombreggiamento. Le talee sono state prelevate nel periodo primaverile, in particolare sono state ottenute a partire dai rametti di un anno. In questo caso è stato possibile anche confrontare rametti sottoposti ad eziolamento e non eziolati.

Il campione, una volta in laboratorio, è stato liofilizzato e sottoposto a macinazione al fine di ottenere una polvere con diametro delle particelle inferiori a 0,5 mm. L'amido totale è stato determinato mediante l'utilizzo del kit Megazyme. Tale analisi si basa sull'uso di  $\alpha$ -amilasi termostabili e di amiloglicosidasi (McCleary *et al.*, 1997).

I kit enzimatici Megazyme permettono l'analisi quantitativa, semplice e affidabile, dell'amido totale, amido danneggiato e amido resistente, secondo i metodi ufficiali e riconosciuti. Dopo un'estrazione dell'amido dal campione e il trattamento con gli enzimi forniti nel kit, la determinazione si esegue mediante uno spettrofotometro operante nel visibile. Il kit Megazyme propone differenti procedure da seguire a seconda della tipologia di campione da analizzare. La metodologia che abbiamo deciso di seguire e che più si adattava al nostro campione era la procedura b.

Le principali fasi per la determinazione dell'amido totale presente nel campione, seguendo la su detta metodologia, possono essere così sintetizzate:

- pretrattamento del campione con etanolo acquoso all'80% (0,2 ml);
- trattamento, a 100 °C per 6 minuti, con una soluzione costituita da  $\alpha$ -amilasi termostabile e MOPS buffer;
- trattamento del campione con 4 ml di sodio acetato buffer e 0,1 ml di amiloglicosidasi e

incubazione a 50 °C per 30 minuti

- trasferimento dell'intero contenuto della provetta in matracci da 10 ml, portando a volume con acqua distillata;
- centrifugazione per 10 minuti a 3000 rpm di un'aliquota della soluzione;
- dal surnatante si preleva, in doppio, un'aliquota di 0,1 ml alla quale vengono addizionati 4 ml di GOPOD reagente enzima (costituito da glucosio ossidasi, perossidasi, 4-amminoantipirina e GOPOD reagente buffer) che conferisce al campione una colorazione di colore rosa più o meno intensa;
- incubazione a 50 °C per 20 minuti;
- lettura allo spettrofotometro dell'assorbanza alla lunghezza d'onda di 510 nm.

Per ogni serie di determinazioni è stato necessario introdurre, tra le analisi, il bianco e lo standard del glucosio, per quest'ultimo 4 repliche. In particolare, il bianco era costituito da 0,1 ml di acqua distillata e 3 ml di GOPOD reagente enzima mentre lo standard da 0,1 ml di soluzione standard di glucosio e 3 ml di GOPOD reagente enzima. Inoltre per ogni serie di determinazione, come suggerito nelle istruzioni del kit, è stato opportuno inserire come controllo un campione di farina di mais fornita dallo stesso kit. La percentuale di amido totale di ogni campione è stata determinata tramite la seguente formula:

$$\% \text{ amido totale} = (\Delta A) \times (F/W) \times (FV) \times 0,9$$

dove:

$\Delta A$  = assorbanza del campione letta contro il bianco;

F = 100 microgrammi glucosio (standard)/assorbanza di 100 microgrammi di glucosio;

W = peso del campione;

FV = volume finale.

### *Analisi sulle foglie*

La determinazione del contenuto in clorofilla nelle foglie è stata effettuata attraverso il metodo spettrofotometrico. Il metodo si basa sulla proprietà della clorofilla di assorbire la luce nella zona del rosso dello spettro visibile. In particolare è stato utilizzato il metodo di Lichtenthaler (1987) e lo spettrofotometro CARY 50 Scan Uv-Vis VARIAN.

L'analisi della clorofilla è stata effettuata su foglie provenienti dalle otto specie sottoposte a diverso grado di ombreggiamento. In particolare per ogni specie e per ogni tesi

sono state campionate 20 foglie per replicazione, per un totale di 3 replicazioni per tesi.

Dalle 20 foglie sono stati estratti 20 dischetti di diametro noto, sottoposti a pesatura per la determinazione del peso fresco degli stessi. I dischetti, quindi, sono stati posti in infusione con 10 ml di acetone all'80% per 48 ore a 4 °C. Dopo il periodo di estrazione ciascun campione è stato filtrato e sottoposto a lettura allo spettrofotometro. In particolare è stata determinata l'assorbanza del campione a differenti lunghezze d'onda (470, 664,5 e 647 nm) corrispondenti ai picchi massimi di assorbimento dei carotenoidi, della clorofilla *a* e della clorofilla *b*. Infine per ricavare il contenuto in clorofilla *a*, in clorofilla *b* e in carotenoidi sono state applicate le seguenti formule (Lichtenthaler, 1983):

$$C_a = 12,25 * A_{663,2} - 2,79 * A_{646,8}$$

$$C_b = 21,50 * A_{646,8} - 5,10 * A_{663,2}$$

$$\text{Carotenoidi} = (1000 * A_{470} - 2,27 * C_a - 81,4 * C_b) / 227$$

Da tali analisi è stato possibile determinare ulteriori parametri, tra cui: il contenuto in clorofille (Cl a + Cl b), il rapporto tra clorofilla *a* e clorofilla *b* e il rapporto tra clorofille (Cl a + Cl b) e carotenoidi.

#### *Analisi dei polifenoli totali dei rami*

Il campione sul quale sono state eseguite le analisi era costituito da rami di un anno provenienti da piante delle otto differenti specie della macchia mediterranea sottoposte a diverso grado di ombreggiamento. I polifenoli totali sono stati determinati mediante il metodo colorimetrico di Folin-Ciocalteu. Questo metodo sfrutta la reazione redox in ambiente basico tra composti fenolici e il reattivo di Folin-Ciocalteu. Da tale reazione si formano complessi blu di ossidi di  $W_8O_{23}$  e  $Mo_8O_{23}$  che presentano un massimo di assorbimento nel visibile a circa 750 nm.

Ciascun campione era costituito da 5 g di rametti macinati, posti in infusione in 50 ml di etanolo acidificato con HCl, al buio per una notte intera. Trascorso il tempo d'infusione, si è provveduto alla filtrazione dell'estratto mediante imbuto e carta da filtro cercando di recuperare solo la fase liquida. In seguito, a seconda del campione, l'estratto ottenuto è stato diluito con acqua deionizzata (diluizione 2:10 o 5:10). Successivamente 0,5 ml di estratto diluito è stato posto in matracci da 50 ml, a questo sono stati addizionati 35 ml di acqua deionizzata, 2,5 ml di reattivo di Folin-Ciocalteu e, dopo 3 minuti, 5 ml di Carbonato di Sodio al 20%. La soluzione è stata successivamente riscaldata a 70 °C per 20

minuti, lasciata quindi raffreddare e portata a un volume di 50 ml con acqua deionizzata. Infine i campioni sono stati filtrati per eliminare l'eventuale torbidità conferita dalla deposizione del Carbonato di Sodio. A questo punto è stata effettuata la lettura dell'assorbanza alla lunghezza d'onda di 750 nm usando come riferimento l'acqua deionizzata.

I dati sono stati sottoposti ad analisi della varianza per mezzo del software MSTAT-C al fine di valutare la significatività delle variabili principali costituite dalle specie, dall'intensità dell'ombreggiamento e dall'eventuale eziolamento dei rametti.

La separazione delle medie è stata effettuata mediante applicazione del Multiple Range Test di Duncan.

## RISULTATI

Le misurazioni riguardanti la percentuale di accrescimento dei germogli sono ricavate da due campionamenti effettuati nel periodo di giugno 2012 e nel periodo di aprile 2013 (10 mesi dopo) e confrontati singolarmente per specie nei rispettivi settori dell'ombrario e nella tesi di controllo in piena luce (Fig. 1).

Nel corbezzolo la percentuale di accrescimento più bassa è stata riscontrata nel settore di controllo e nella tesi ombreggiata al 50% rispettivamente con il 23,1% e il 22,7%, mentre era più alta nella tesi al 60% (40,0%) e aumentava ulteriormente al 46,5% e 49,3% rispettivamente nelle tesi al 30% e al 70%.

Nell'alaterno la percentuale più bassa di accrescimento dei germogli era nel settore della tesi al 50% (35,7%), mentre negli altri settori si attesta su valori di 55,0% (tesi al 30%), 57,1% (tesi controllo) e aumentava sino a 58,1% e 59,3% rispettivamente nelle tesi al 70% e al 60%.

La fillirea mostrava un tasso percentuale di accrescimento molto basso nel settore di controllo (4,1%), mentre registrava le percentuali più alte nella tesi ombreggiata al 30% (38,2%) e nella tesi al 60% (35,5%).

L'agrifoglio ha fatto registrare un tasso di accrescimento di 30,1% (tesi controllo), di 48,1% (tesi al 30%) e di 39,2% (tesi al 50%), mentre le percentuali più alte sono state nei settori ombreggiati al 70% e al 60% con, rispettivamente, tassi di 49,6% e di 60,0%.

Nel lentisco il settore di controllo era quello con il tasso di accrescimento più basso (17,0%). I valori oscillavano poi tra 41,0% e 44,0% nelle tesi al 30% e al 50% e raggiungevano il 46,0% nella tesi al 70%. Il valore più alto si aveva infine nella tesi al 60% con il tasso di accrescimento del 56,6%.

Il carrubo faceva registrare i tassi di accrescimento dei germogli più elevati nei settori delle tesi al 30% e al 60% (sino al 68,1%), mentre i valori più bassi erano quelli delle tesi al 70%, al 50% e nel controllo dove arrivava sino al 28,9%.

La sughera mostrava una percentuale di accrescimento del 45,9% nella tesi di

controllo e del 57,0% nella tesi al 30%. Nei settori delle tesi al 50% e al 60% oscillava tra 48,0% e 52,0%, sino ad arrivare al 61,7% nel settore della tesi ombreggiata al 70%.



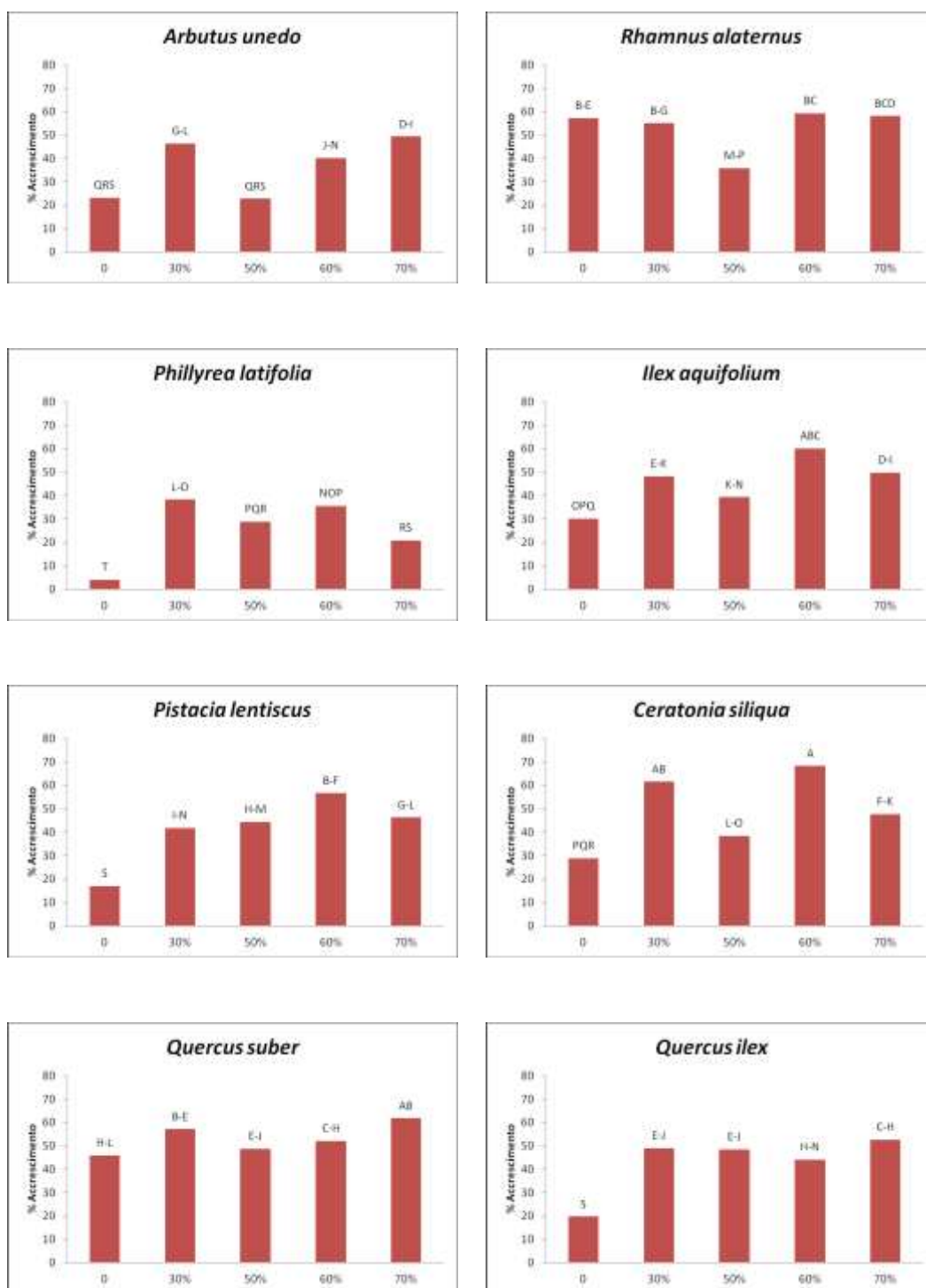


Figura 1. Tasso di accrescimento di germogli campione in 10 mesi di trattamento. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Mura Gian Paola

*“Influenza dell’ombreggiamento sulla propagazione agamica di specie della macchia mediterranea”*

Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari

Indirizzo in : Agrometeorologia e Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali

Il leccio mostrava un tasso di accrescimento nella tesi di controllo del 19,7% mentre erano più alti i valori delle tesi al 30% e al 50% di ombreggiamento, rispettivamente del 49,0 e 48,0%. Il settore della tesi al 60% ha fatto registrare un tasso di accrescimento del 44,1% e nella tesi al 70% è stato osservato il valore più alto (52,5%).

Le osservazioni riguardanti la lunghezza, la larghezza e la superficie fogliare hanno portato all'elaborazione dei dati successivamente rappresentati nelle Figure 2 e 3.

Una prima serie di misurazioni sulle foglie risale a marzo del 2011 alla quale è seguita una più recente effettuata a marzo del 2013.

I campioni sono stati prelevati e confrontati singolarmente nei rispettivi settori dell'ombrario e nella tesi di controllo in piena luce.

Nella prima serie il corbezzolo presentava una superficie fogliare maggiore nel settore ombreggiato al 30% (6 cm<sup>2</sup>) e i valori più bassi si riscontravano nelle tesi al 70% e 60% (4 cm<sup>2</sup>), mentre nella seconda misurazione erano proprio questi ultimi due settori ad avere i valori più alti sino a 9 cm<sup>2</sup> contro i 5 cm<sup>2</sup> della tesi di controllo.

L'alaterno nella prima serie faceva registrare una superficie fogliare maggiore nella tesi al 30% (2,4 cm<sup>2</sup>) e minore nei settori delle tesi al 60% e al 50% (1,4 cm<sup>2</sup>); nella seconda serie di misurazioni, come per la specie precedente, si registravano i valori più alti nelle tesi al 70% e al 60% (3 cm<sup>2</sup>), mentre i valori più bassi sono stati riscontrati nella tesi di controllo (2,1 cm<sup>2</sup>).

La fillirea mostrava valori più alti nella tesi al 30% (6,9 cm<sup>2</sup>) e in quella di controllo, mentre faceva registrare i valori più bassi nelle tesi ombreggiate al 70% e al 60% (4 cm<sup>2</sup>); nella seconda serie di misurazioni era invece il settore al 70% quello con il valore maggiore (1,9 cm<sup>2</sup>) e il settore di controllo quello con il valore più basso (0,9 cm<sup>2</sup>).

L'agrifoglio ha fatto registrare valori della superficie fogliare più alti nel settore della tesi al 60% (10,3 cm<sup>2</sup>) nella prima serie e nella tesi al 70% nella seconda serie (9,2 cm<sup>2</sup>). Entrambe le serie avevano valori minori nelle tesi meno ombreggiate e nella tesi di controllo sino a, rispettivamente, 6 cm<sup>2</sup> nella prima e 3 cm<sup>2</sup> nella seconda serie.

Nel lentisco avevamo il valore più alto nella tesi al 50% di ombreggiamento (15 cm<sup>2</sup>) e quelli più bassi nel settore al 70% (10 cm<sup>2</sup>) e del controllo. Si riscontrava un comportamento simile nella seconda serie di misurazioni, dove però era il settore al 60% quello che faceva registrare il valore più alto (14,6 cm<sup>2</sup>) e il settore di controllo quello più basso con 10,9 cm<sup>2</sup>.

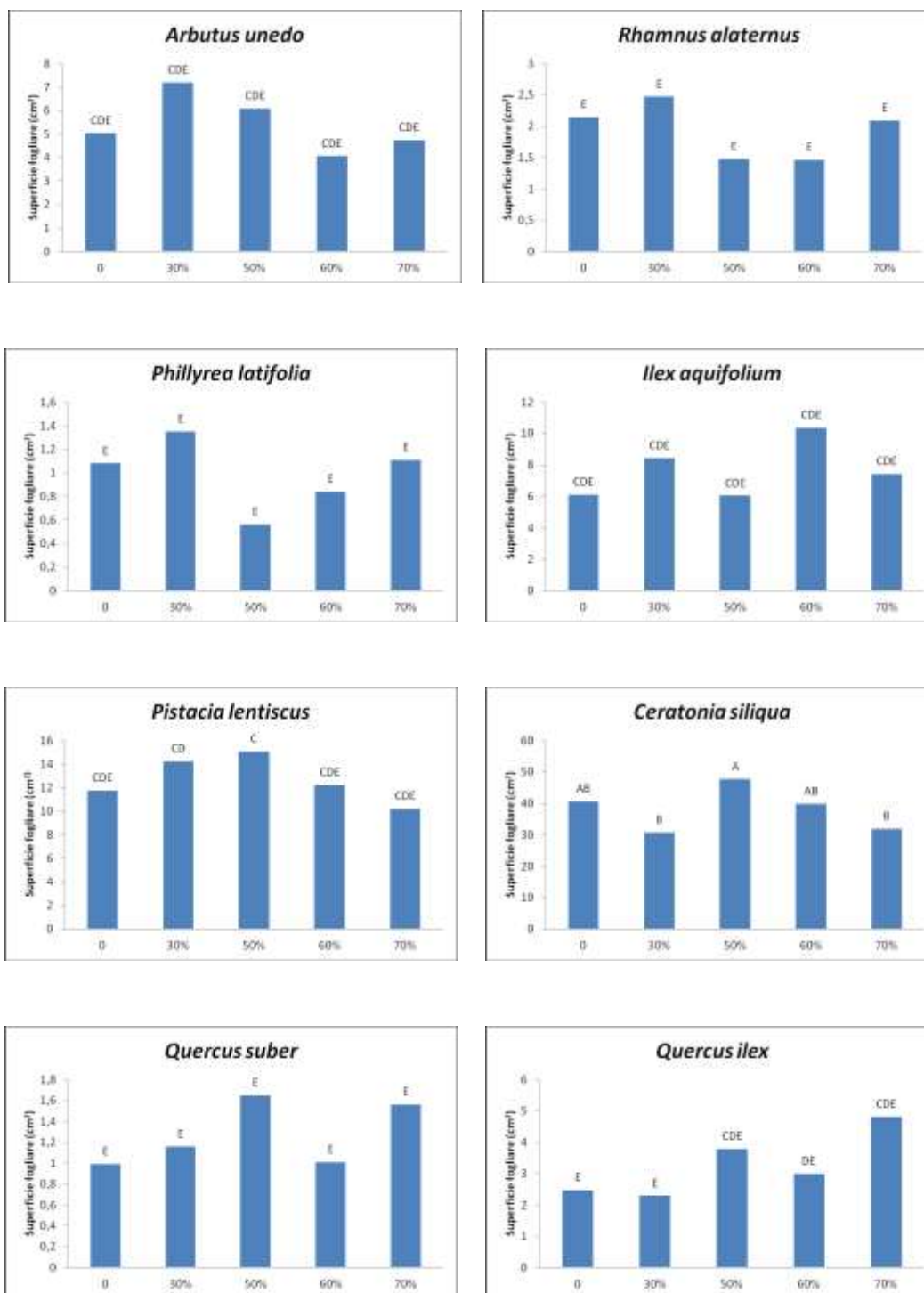


Figura 2. Superficie fogliare. Prima serie di misurazioni, marzo 2011. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Mura Gian Paola

“Influenza dell’ombreggiamento sulla propagazione agamica di specie della macchia mediterranea”

Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari

Indirizzo in : Agrometeorologia e Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali

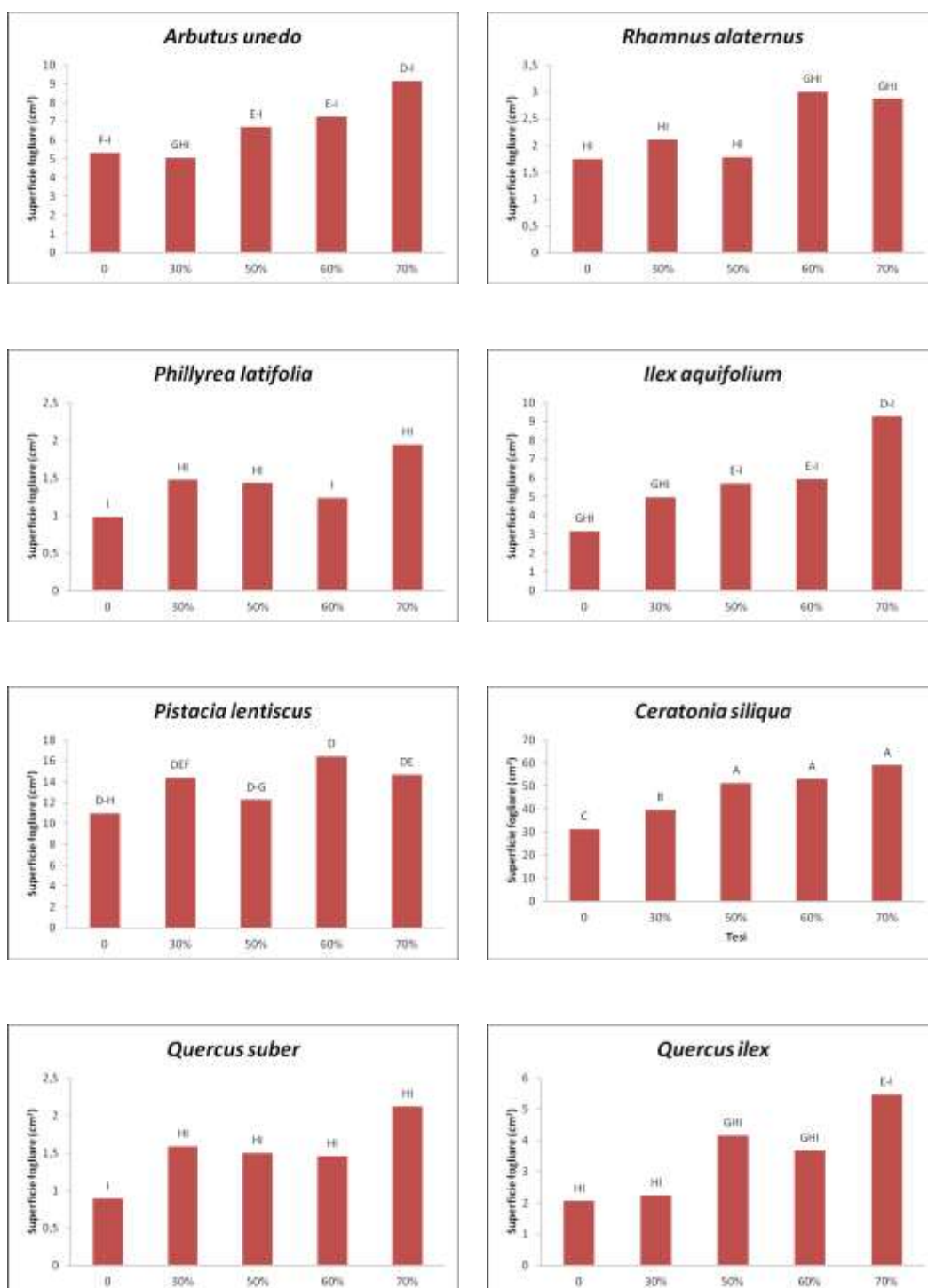


Figura 3. Superficie fogliare. Seconda serie di misurazioni, marzo 2013. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Mura Gian Paola

“Influenza dell’ombreggiamento sulla propagazione agamica di specie della macchia mediterranea”

Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari

Indirizzo in : Agrometeorologia e Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali

Anche il carrubo nella prima serie riportava i valori maggiori nel settore al 50% ( $47,6 \text{ cm}^2$ ) e quelli minori nel settore della tesi al 30% ( $30,7 \text{ cm}^2$ ), mentre nella seconda serie erano le tesi al 70% e al 60% quelle con i valori più alti (sino a  $16,4 \text{ cm}^2$ ) che andavano a scalare sino alla tesi di controllo con il valore più basso ( $10,9 \text{ cm}^2$ ).

Nella sughera i valori minori si riscontravano in entrambe le serie nella tesi di controllo ( $0,9 \text{ cm}^2$  e  $0,8 \text{ cm}^2$ ) e i valori più alti nella tesi al 50% della prima serie ( $1,6 \text{ cm}^2$ ) e nella tesi del settore al 70% della seconda serie ( $2,1 \text{ cm}^2$ ).

La stessa tendenza si osservava nel leccio, dove il valore più basso, nella prima serie, si aveva nei settori delle tesi di controllo e nella tesi al 30% ( $2,2 \text{ cm}^2$ ), mentre i valori più alti si avevano nel settore al 70% (sino a  $4,8 \text{ cm}^2$ ). Anche nella seconda serie si passava dal valore minore del settore di controllo ( $0,8 \text{ cm}^2$ ) a quello maggiore del settore al 70% ( $2,1 \text{ cm}^2$ ).

Durante il periodo di osservazione sono state rilevate semestralmente le misure biometriche di alcune piante campione per poter stabilire le percentuali di accrescimento relativo tra la prima misurazione risalente a maggio 2011 e la seconda risalente a novembre 2011 (Fig. 4); tra la seconda misurazione e la terza risalente a maggio del 2012 (Fig. 5), e tra la terza e la quarta misurazione effettuata a novembre del 2012 (Fig. 6).

Nel primo confronto il corbezzolo aveva una percentuale di accrescimento maggiore nel settore della tesi al 60% (145%) e ha fatto registrare la percentuale minore nel settore della tesi al 30% (42%).

L'alaterno nel settore al 50% ha raggiunto i valori più alti (873%), mentre nel settore di controllo è stato osservato un valore di accrescimento negativo (-31%).

La percentuale di accrescimento nella fillirea è stata alta in tutti i settori e in particolare nel settore al 60% (419%).

L'agrifoglio ha beneficiato dell'ombreggiamento registrando percentuali di accrescimento via via crescenti a partire dal settore di controllo sino alla tesi al 60% (367%), per poi calare nella tesi al 70% con il valore più basso (110%).

Il lentisco ha segnato la percentuale di accrescimento più alta nel settore di controllo (153%), mentre le altre tesi hanno fatto registrare gli accrescimenti più bassi sino al 7% nel settore della tesi al 70%.

Il carrubo nel settore al 50% ha raggiunto il valore più alto (131%), mentre ancora una volta è stato il settore della tesi al 70% quello che ha fatto registrare il valore più

basso(40%).

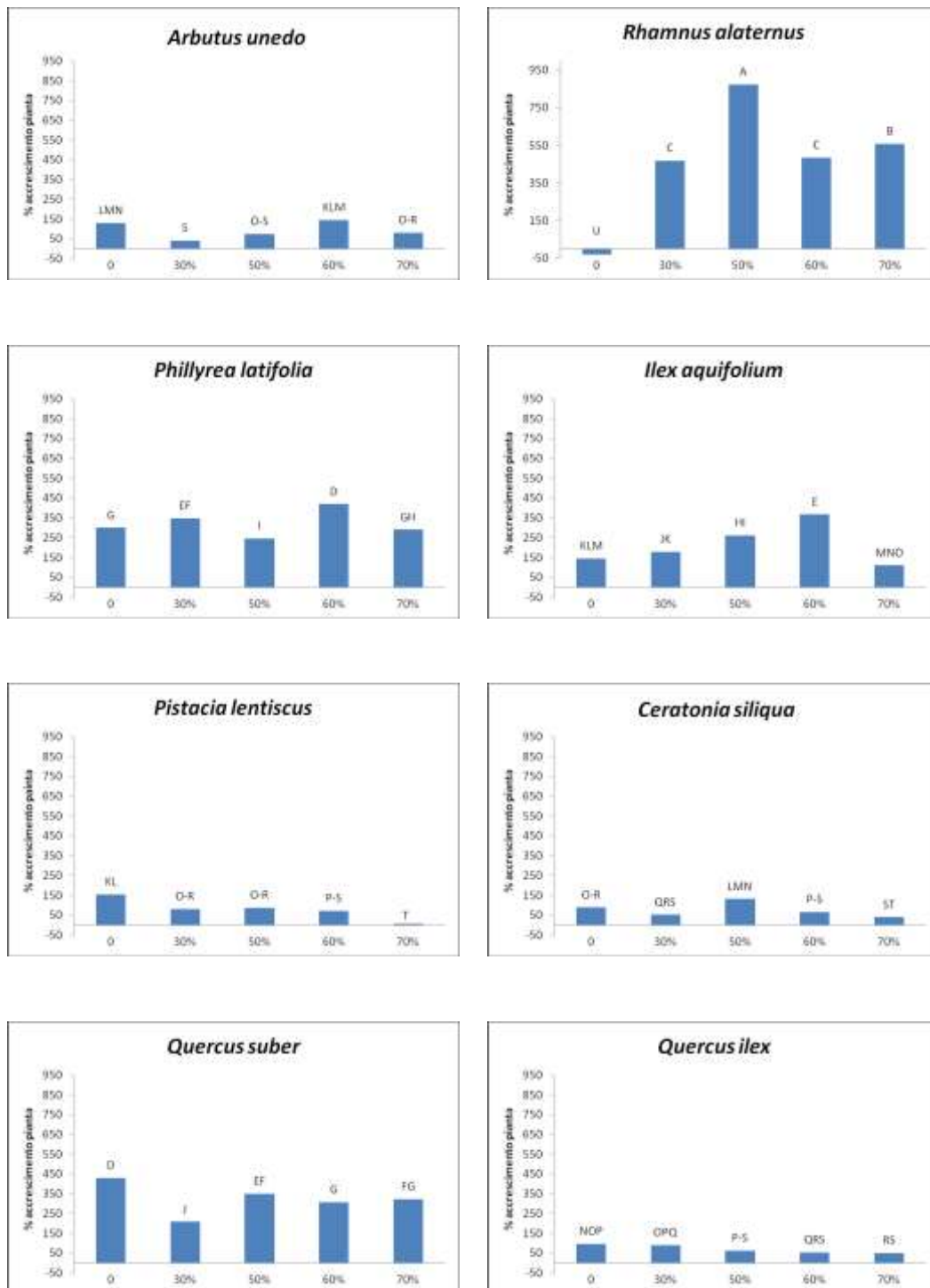


Figura 4. Percentuali di accrescimento relativo delle piante intere. Prima misurazione semestrale tra maggio 2011 e novembre 2011. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Mura Gian Paola

*“Influenza dell’ombreggiamento sulla propagazione agamica di specie della macchia mediterranea”*

Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari

Indirizzo in : Agrometeorologia e Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali

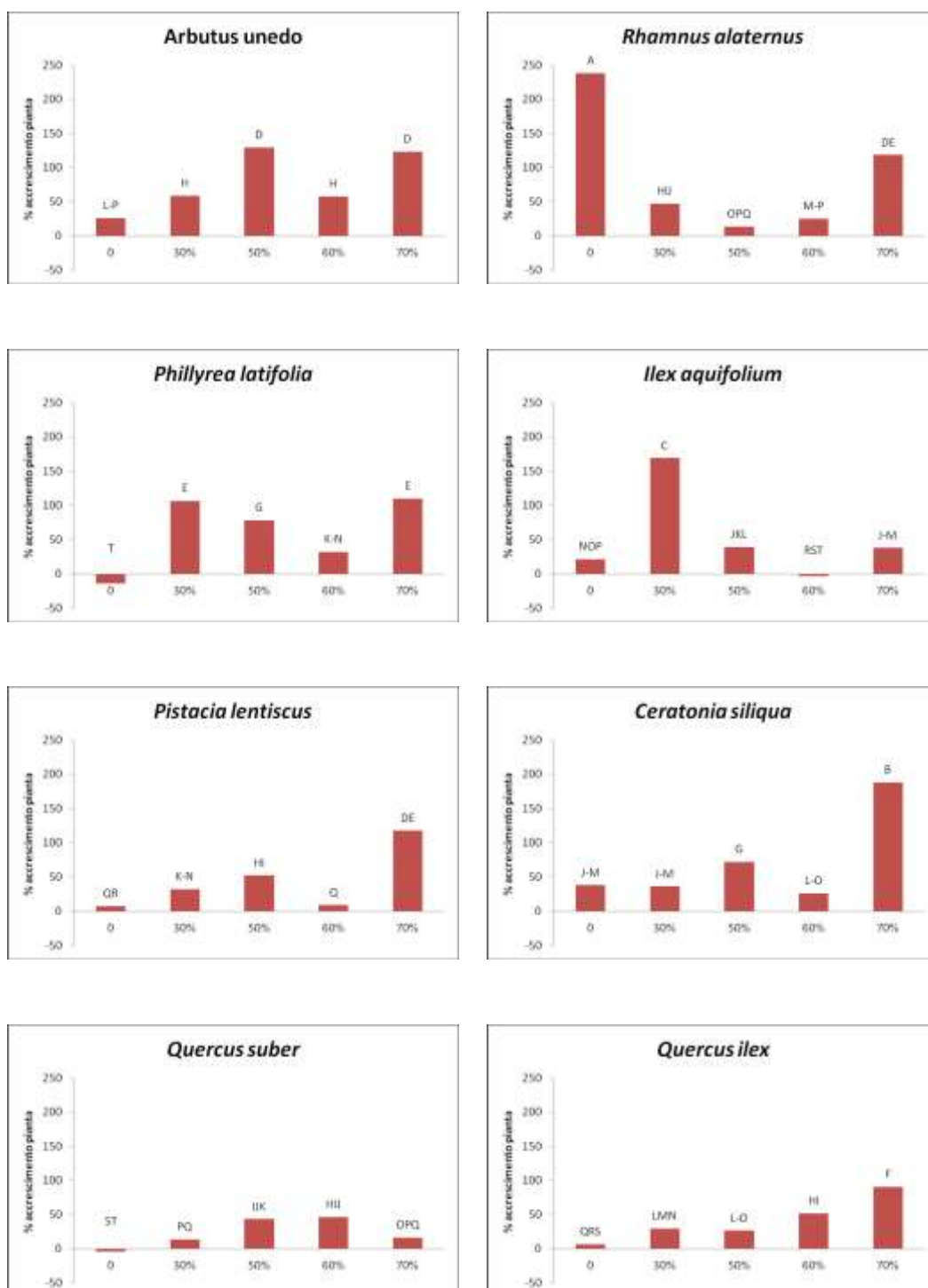


Figura 5. Percentuali di accrescimento relativo delle piante intere. Seconda misurazione semestrale tra novembre 2011 e maggio 2011. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Mura Gian Paola

*“Influenza dell’ombreggiamento sulla propagazione agamica di specie della macchia mediterranea”*

Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari

Indirizzo in : *Agrometeorologia e Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali*



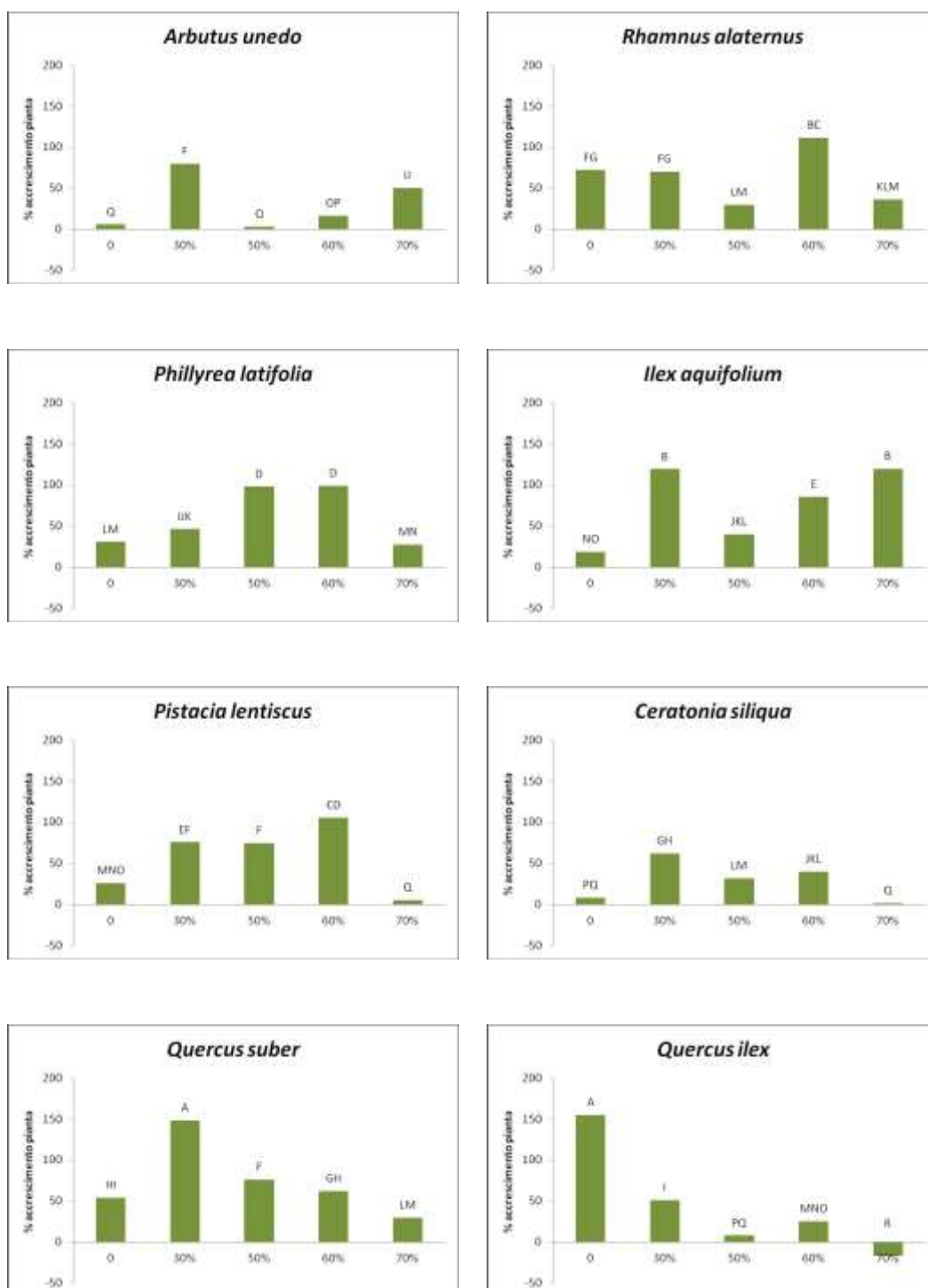


Figura 6. Percentuali di accrescimento relativo delle piante intere. Terza misurazione semestrale tra maggio 2011 e novembre 2012. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Mura Gian Paola

*“Influenza dell’ombreggiamento sulla propagazione agamica di specie della macchia mediterranea”*

Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari

Indirizzo in : Agrometeorologia e Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali

Nella sughera il settore di controllo (429%) era quello con il valore del tasso di accrescimento più alto, mentre il settore con il 30% di ombreggiamento era quello con la percentuale di accrescimento minore (208%). Anche nel leccio si aveva il valore più alto nel settore di controllo (97%) e quello più basso veniva registrato nella tesi al 70% (51%).

Nella seconda serie di misurazioni il corbezzolo si è accresciuto maggiormente nel settore al 50% (129%), mentre nel settore di controllo ha fatto registrare il valore più basso (25%).

L'alaterno aveva una percentuale di accrescimento alta nella tesi di controllo (238%) e un accrescimento basso nella tesi al 50% (13%).

Per quanto riguarda la fillirea è stata la tesi al 70% (109%) quella con la percentuale di accrescimento maggiore, mentre nella tesi di controllo si è registrato un valore negativo (-13%).

L'agrifoglio nella tesi al 30% presentava il valore maggiore (168%) e nella tesi al 60% (-3%) il valore minore.

Nel lentisco era basso il valore della percentuale di accrescimento nel settore di controllo (7%), mentre il valore più alto si aveva nella tesi al 70% (117%).

Anche nel carrubo il valore maggiore si aveva nel settore della tesi al 70% (187%), mentre nel settore della tesi al 60% si registrava il valore minore (26%).

La sughera faceva registrare un valore negativo nel settore di controllo e i valori più alti nei settori al 50% e al 60% con un accrescimento sino al 46%.

Nel leccio era il settore della tesi al 70% (90%) quello che segnava il valore più alto, mentre ancora una volta era il settore di controllo quello con il valore più basso (6%).

Nella terza serie di misurazioni il corbezzolo ha fatto registrare una percentuale di accrescimento più alta nei settori al 70% e al 30% (sino al 79%) e una percentuale più bassa nei settori di controllo e della tesi al 50% (3%).

L'alaterno nel settore ombreggiato al 60% mostrava il valore maggiore (111%) mentre era nel settore al 50% la percentuale di accrescimento minore (29%).

La fillirea presentava un andamento crescente dal settore di controllo sino al settore al 60% (98%) e il valore più basso nel settore della tesi al 70% (27%).

L'agrifoglio ha fatto registrare un valore basso nel settore di controllo (18%) e i

valori più alti nei settori delle tesi al 30% e al 70% (119%).

Il lentisco nella tesi al 60% aveva la percentuale di accrescimento più alta (105%) mentre nella tesi al 70% ha fatto registrare il valore più basso (5%).

Anche il carrubo mostrava una percentuale di accrescimento bassa (1,7%) nel settore al 70%, mentre nel settore al 30% ha fatto segnare il valore più alto (62%).

La sughera nel settore della tesi al 30% faceva registrare una percentuale maggiore di accrescimento (148%), per andare poi a diminuire sino alla tesi al 70% dove si registrava il valore minore (29%).

Il leccio si è accresciuto maggiormente nel settore di controllo (154%), mentre nel settore al 50% ha fatto registrare un valore negativo (-16%).

Nel periodo di sperimentazione sono state condotte prove di radicazione dove sono state confrontate e riportate sui grafici le percentuali di radicazione di talee eziolate e non eziolate (Fig. 7)

Nel corbezzolo la percentuale più alta di talee radicate e sottoposte a trattamento eziolante è stata riscontrata nel settore della tesi al 60% (13%), mentre non c'è stata praticamente alcuna radicazione nel settore di controllo; ancora peggio è andata alle talee non sottoposte a trattamento eziolante dove non si è riscontrata radicazione in quasi tutti i settori tranne che per la tesi al 50% (5,5%).

L'alaterno ha manifestato la percentuale più alta di radicazione delle talee eziolate nel settore al 50% (100%) e nel settore di controllo quella più bassa (22%). Le talee non eziolate hanno radicato meglio nel settore di controllo (56%), mentre non hanno radicato affatto nel settore maggiormente ombreggiato della tesi al 70%.

La fillirea si è avvantaggiata dell'ombreggiamento, ma molto meno dell'eziolatura poiché è passata da assenza di radicazione nel settore di controllo sino ad un 27% nel settore al 70%; mentre le talee non eziolate hanno presentato percentuali di radicazione superiori soprattutto nel settore di controllo e nel settore della tesi 70% raggiungendo anche il 55 % di radicazione.

L'agrifoglio sottoposto ad eziolatura non ha radicato nel settore della tesi ombreggiato al 30%, mentre la percentuale più alta di radicazione è stata riscontrata nella tesi al 50% (55,5%); le talee non eziolate non hanno radicato nel settore di controllo mentre hanno raggiunto il 23% di radicazione nella tesi al 70%.

Il lentisco eziolato non ha radicato nel settore della tesi al 60%, mentre ha raggiunto

un 14,8% nel settore della tesi al 30%; le talee non eziolate hanno raggiunto una percentuale alta di radicazione nel settore della tesi al 70% (96%), basse percentuali negli altri trattamenti e non hanno radicato nel settore al 30%.

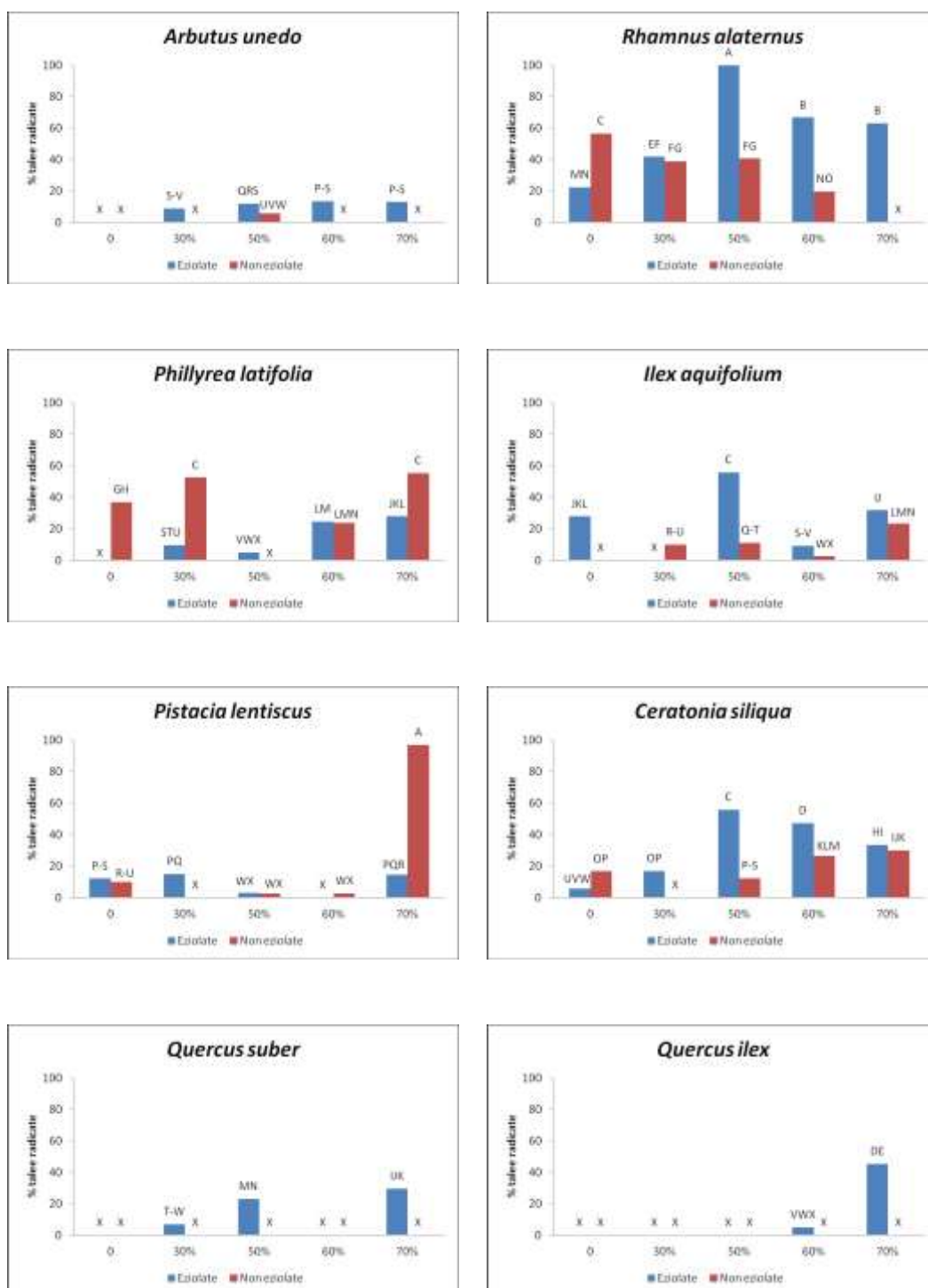


Figura 7. Percentuali di radicazione su talee eziolate e non eziolate. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Mura Gian Paola

*“Influenza dell’ombreggiamento sulla propagazione agamica di specie della macchia mediterranea”*

*Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari*

*Indirizzo in : Agrometeorologia e Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali*

Il carrubo eziolato ha radicato poco (5,5%) nel settore di controllo, mentre ha fatto registrare una percentuale di radicazione più alta (55,5%) nel settore ombreggiato al 50%. Le talee di carrubo non eziolate non hanno radicato nel settore al 30%, mentre hanno mostrato la percentuale più alta nel settore della tesi al 60% (26,0%).

Le talee di sughera eziolate non hanno radicato nei settori di controllo e nel settore della tesi al 60%, mentre le percentuali più alte sono state registrate nei settori al 50% e al 70% (29,0%). Risultati ancor più negativi per la sughera sono stati riscontrati con le talee non eziolate dove non è stata osservata alcuna radicazione.

Molto simile alla specie precedente, il leccio ha dato solo qualche risultato di radicazione nelle talee eziolate della tesi al 70% (45%), mentre per le talee non eziolate non è stata riscontrata alcuna radicazione.

Nel mese di luglio del 2012 sono state fatte analisi di laboratorio per stabilire la composizione chimica in macro e micro elementi delle talee. Sono stati così determinati i contenuti percentuali di azoto, fosforo, sodio, potassio, calcio e magnesio, e il contenuto (in ppm) di alcuni microelementi quali zinco, ferro e manganese.

L'azoto è stato determinato mediante il metodo Kjeldahl, che consiste nell'ossidazione a caldo di 1 grammo di campione (precedentemente essiccato e finemente macinato) tramite l'acido solforico e successiva distillazione; i campioni sono stati prelevati sia da talee sottoposte a trattamento eziolante che da talee non eziolate; i risultati (trasformati in percentuale) sono riportati nei diversi grafici (Fig. 8).

Il corbezzolo eziolato nel settore della tesi al 50% aveva il valore percentuale minore del contenuto di azoto per le talee di questa specie (0,69%), mentre i valori più alti erano nei settori di controllo e nel settore della tesi al 30% (1,14%). Nelle talee di corbezzolo non sottoposte ad eziolamento i valori erano molto simili e variavano leggermente da 1,19% del settore di controllo a 1,25% del settore della tesi al 70%.

L'alaterno eziolato segnava il valore più alto del contenuto di azoto delle talee (1,38%) nel settore della tesi ombreggiata al 30% e quello più basso (1,04%) nel settore della tesi al 50%. Le talee non eziolate mostravano valori da 1,03% del settore al 50% a 1,64 del settore al 30%.

La fillirea eziolata aveva il valore più basso del contenuto di azoto delle talee nel settore della tesi al 50% (0,83%) e il valore più alto (1,44%) nella tesi al 30%. Le talee non eziolate hanno fatto registrare molto simili variando sensibilmente da 1,19% del settore

della tesi al 50% a 1,75% della tesi al 60%.

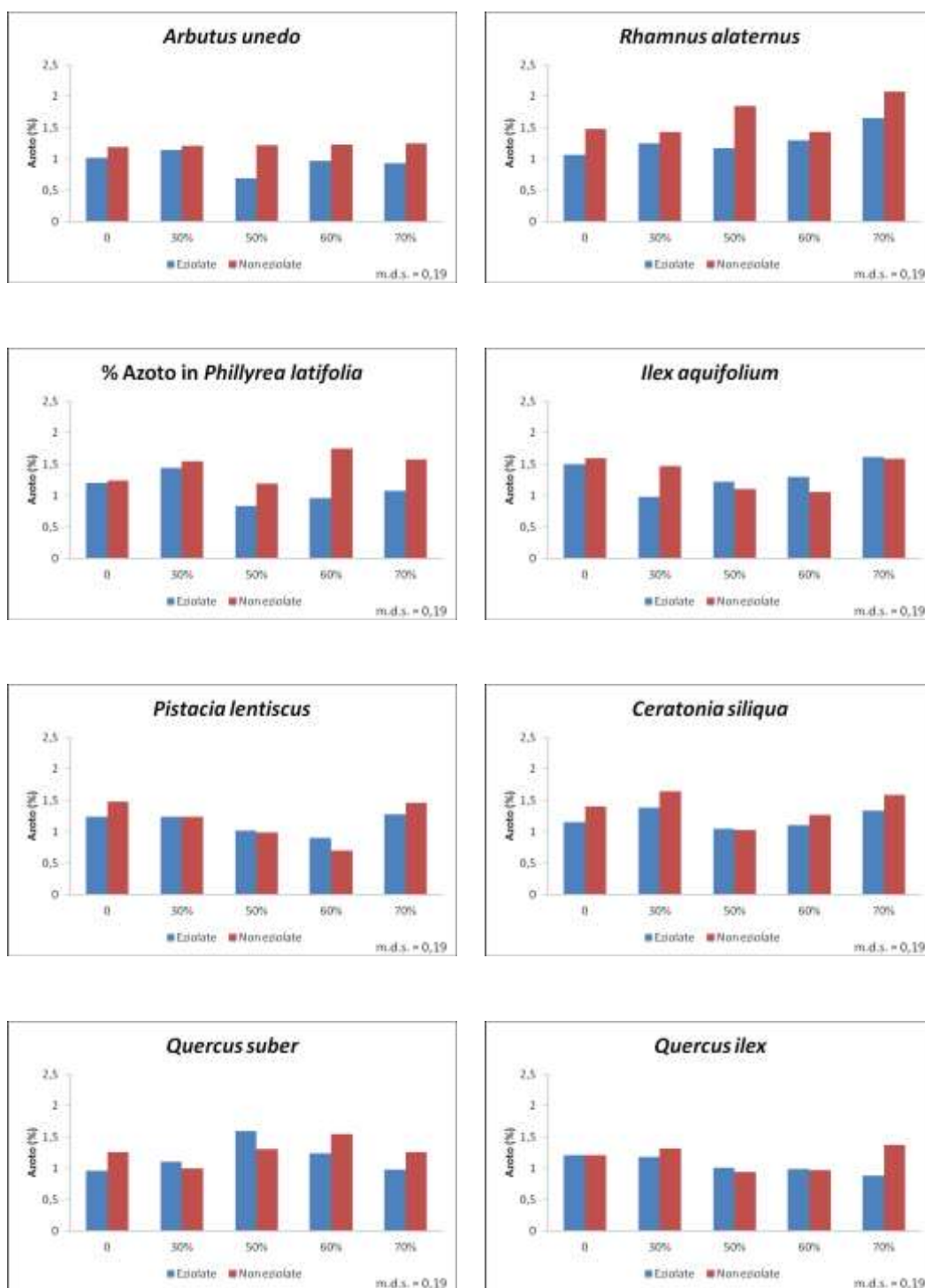


Figura 8. Contenuto di azoto (%) di talee eziolate e non eziolate. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .



Le talee di agrifoglio eziolate avevano contenuto di azoto più alto nella tesi ombreggiata al 70% (1,61%) e quello più basso (0,98%) nel settore della tesi al 30%. Le talee non eziolate di agrifoglio mostravano valori compresi tra 1,05% nel settore della tesi ombreggiata al 60% e 1,59% nella tesi di controllo.

Il lentisco eziolato passava da contenuto di azoto delle talee di 0,9% nella tesi al 60% a 1,28% nel settore al 70%. Le talee di lentisco non eziolate del settore di controllo avevano il valore più alto (1,48%) e quelle del settore della tesi al 60% il valore più basso pari allo 0,7%.

Nel carrubo eziolato la percentuale più bassa di azoto è stata riscontrata nel settore della tesi al 50% (1,04%), mentre la percentuale più alta era nel settore della tesi al 30% (1,38%). Le talee di carrubo non eziolate passavano dall'1,03% della tesi al 50% all'1,64% della tesi al 30%.

La sughera eziolata segnava il valore maggiore (1,59%) nel settore della tesi al 50% e il valore minore (0,96%) nella tesi di controllo. Le talee di sughera non eziolate mostravano il settore al 60% con il valore più alto (1,54%), mentre il valore più basso si registrava nel settore della tesi al 30% (1,0%).

Il leccio eziolato segnava nel settore maggiormente ombreggiato della tesi al 70% il valore più basso (0,88%) e il valore più alto (1,21%) nel settore di controllo. Le talee di leccio non eziolate, invece, mostravano il settore ombreggiato al 50% con il valore più basso (0,94%), mentre nel settore della tesi al 70% si registrava il valore più alto (1,37%).

Per quanto riguarda il contenuto di fosforo delle talee i risultati sono riportati nella Figura 9. Nelle talee eziolate di corbezzolo la percentuale più bassa di fosforo è stata osservata nel settore di controllo (0,09%) e quelle più alte nei settori delle tesi al 60% e al 70% (0,15%). Le talee non eziolate passavano dal valore minore della tesi al 70% (0,10%) al valore più alto della tesi di controllo (0,14%).

L'alaterno eziolato passava da valori minori (0,11%) nei settori delle tesi al 60% e di controllo a valori maggiori (0,17%) nel settore della tesi al 70%. Le talee non eziolate avevano una percentuale di fosforo pari a 0,13% nel settore al 60% ed una superiore (0,21%) nel settore di controllo.

La fillirea eziolata segnava uno 0,09% nel settore di controllo e una percentuale più alta nel settore al 30% (0,15%). Le talee di questa specie non eziolate passavano da una percentuale dello 0,1% del settore al 70% ad una superiore (0,19%) nel settore di controllo.

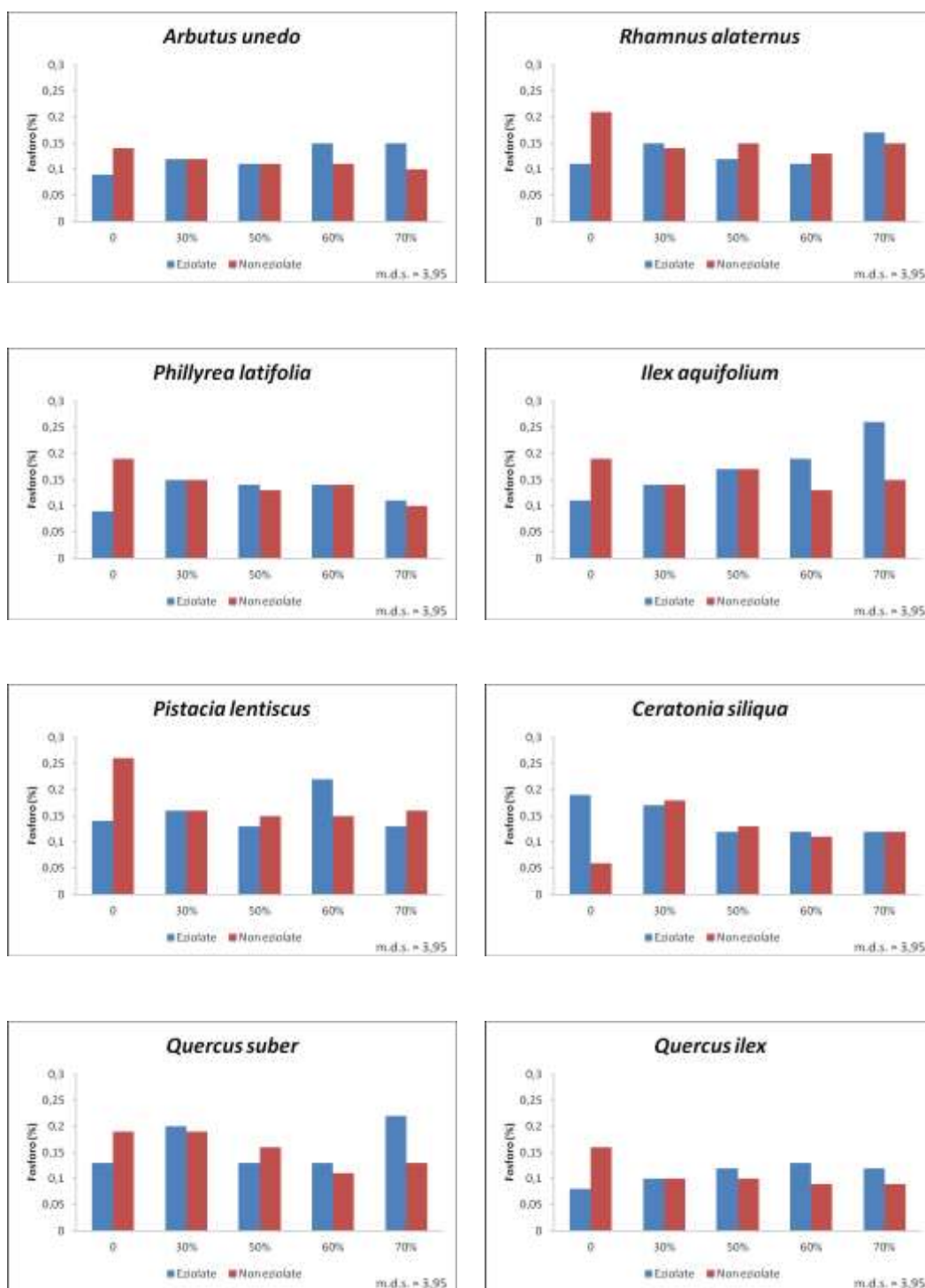


Figura 9. Contenuto di fosforo (%) di talee eziolate e non eziolate. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Mura Gian Paola

*“Influenza dell’ombreggiamento sulla propagazione agamica di specie della macchia mediterranea”*

Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari

Indirizzo in : Agrometeorologia e Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali

Le talee di agrifoglio eziolate mostravano nel settore di controllo il valore più basso (0,11%) e nel settore al 70% quello più alto (0,26%). Le talee di agrifoglio non eziolate avevano contenuto di fosforo nel settore di controllo con il valore superiore (0,19%) contro lo 0,15% del settore della tesi al 60%.

Nel lentisco si registravano i valori minori del contenuto di fosforo delle talee (0,13%) nei settori delle tesi al 50% e al 70%, mentre il valore maggiore era nel settore al 60% (0,22%). Le talee di lentisco non eziolate con il contenuto di fosforo più elevato (0,26%) provenivano dal settore di controllo, mentre è nei settori al 50% e al 60% si riscontrano i valori minori (0,15%).

Nelle talee di carrubo eziolate erano i settori più ombreggiati (50%, 60% e 70%) a far registrare le percentuali più basse (0,12%) del contenuto di fosforo, mentre nel settore di controllo avevamo la percentuale maggiore (0,19%). Le talee di carrubo non eziolate passavano da 0,06% del settore di controllo al valore più alto (0,18%) del settore della tesi al 30%.

Le talee di sughera eziolate avevano un contenuto minore di fosforo (0,13%) nei settori delle tesi al 50%, al 60% e di controllo, mentre nel settore della tesi al 70% si osservava il valore superiore (0,22%). Per le talee di sughera non eziolate si passava da un valore più basso (0,11%) nel settore al 60% a un valore più alto (0,19%) nel settore al 30% e nel settore di controllo.

Nelle talee di leccio eziolate è stato rilevato un contenuto di fosforo pari allo 0,08% nel settore di controllo e uno più alto (0,13%) nel settore della tesi ombreggiata al 60%. Le talee di leccio non eziolate mostravano i valori più bassi (0,09%) nei settori delle tesi al 60% e al 70%, mentre il valore più alto era nel settore di controllo (0,16%).

Per quanto riguarda il contenuto di potassio i dati espressi in percentuale sono riportati nella Figura 10.

Le talee di corbezzolo sottoposte ad eziolamento avevano il valore più elevato (1,76%) nella tesi al 60% e quello più basso (0,71%) nella tesi di controllo. Le talee di corbezzolo non eziolate con il contenuto di potassio minore (0,65%) erano ancora quelle del controllo, mentre nella tesi ombreggiata al 70% si registrava il valore maggiore (1,32%).

La fillirea eziolata mostrava il valore più alto del contenuto di potassio nelle talee nella tesi al 70% (1,83%) e quello più basso (1,16%) nella tesi al 50%. Per quanto riguarda

le talee di fillirea non eziolate era la tesi di controllo quella con il contenuto di potassio minore (1,3%), mentre nella tesi al 60% si registrava il valore maggiore (2,14%).

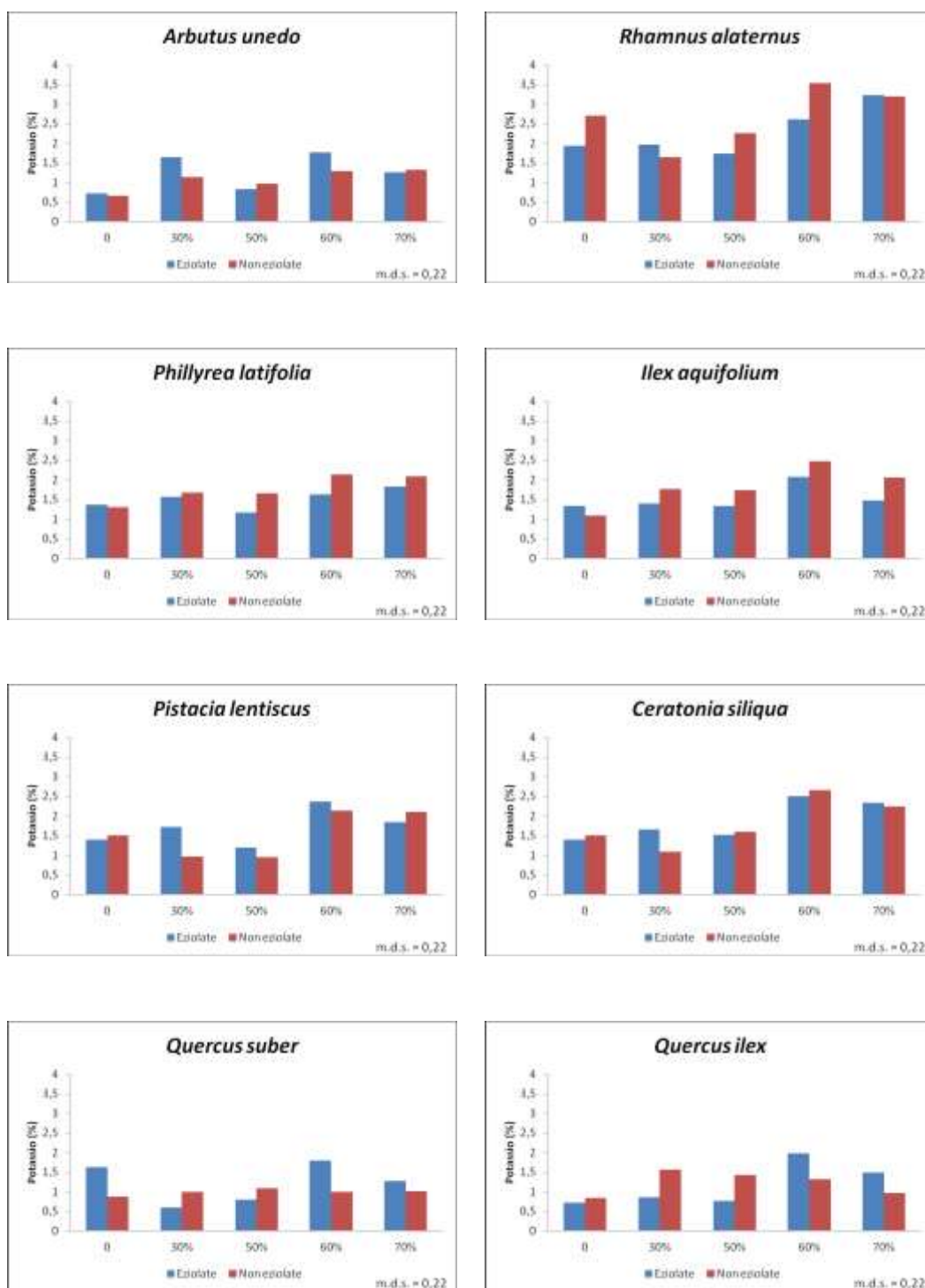


Figura 10. Contenuto di potassio (%) di talee eziolate e non eziolate. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Mura Gian Paola

*“Influenza dell’ombreggiamento sulla propagazione agamica di specie della macchia mediterranea”*

Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari

Indirizzo in : Agrometeorologia e Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali

Le talee di alaterno eziolate avevano il valore di potassio più basso nella tesi al 50% (1,74%) e il valore più alto (3,22%) nel settore della tesi al 70%. Le talee di alaterno non eziolate che provenivano dal settore della tesi al 60% erano quelle con il maggiore contenuto di potassio (3,54%), mentre quelle con il contenuto minore si osservavano nel settore al 30% (1,64%).

Le talee di agrifoglio eziolate mostravano il contenuto di potassio più basso nella tesi di controllo (1,33%) e il valore più alto (2,07%) nel settore della tesi al 60%. Le talee di agrifoglio non eziolate con il contenuto di potassio maggiore (2,47%) erano nel settore della tesi al 60%, mentre quello minore era nel settore di controllo (1,09%).

Le talee di lentisco eziolate mostravano il contenuto di potassio più basso nella tesi ombreggiata al 50% (1,2%) e il valore più alto (2,36%) nel settore della tesi al 60%. Le talee di lentisco non eziolate provenienti dal settore della tesi al 60% erano quelle con il valore maggiore (2,14%), mentre quello minore si aveva nel settore al 50% (0,95%).

Le talee di carrubo eziolate avevano il contenuto di potassio più basso nella tesi di controllo (1,04%) e il valore più alto (2,51%) nel settore della tesi ombreggiata al 60%. Le talee di carrubo non eziolate del settore della tesi al 60% erano quelle con il valore maggiore (2,66%), mentre quello minore si aveva nel settore della tesi al 30% (1,09%).

Le talee di sughera eziolate avevano il contenuto di potassio minore (0,59%) nel settore delle tesi al 30%, mentre nel settore della tesi 60% si osservava il valore superiore (1,79%). Le talee di sughera non sottoposte ad eziolamento passavano dal valore più basso (0,87%) nel settore di controllo al valore più alto (1,08%) nel settore al 50%.

Le talee di leccio eziolate mostravano il contenuto di potassio più basso nella tesi di controllo (0,71%) e il valore più alto (1,98%) nel settore della tesi 60%. Le talee di leccio non eziolate con il contenuto di potassio maggiore (1,56%) erano nel settore della tesi al 30%, mentre il contenuto minore si aveva nel settore di controllo (0,84%).

Anche il contenuto di calcio è stato riportato in percentuale e i dati delle letture sono stati trasferiti nei grafici (Fig. 11). Le talee di corbezzolo eziolate avevano il contenuto di calcio più alto (3,39%) nella tesi al 60% e quello più basso (0,83%) nella tesi di controllo. Le talee di corbezzolo non eziolate con il contenuto di calcio minore erano ancora quelle della tesi di controllo (0,86%), mentre nella tesi al 70% si registrava il valore maggiore (4,42%).

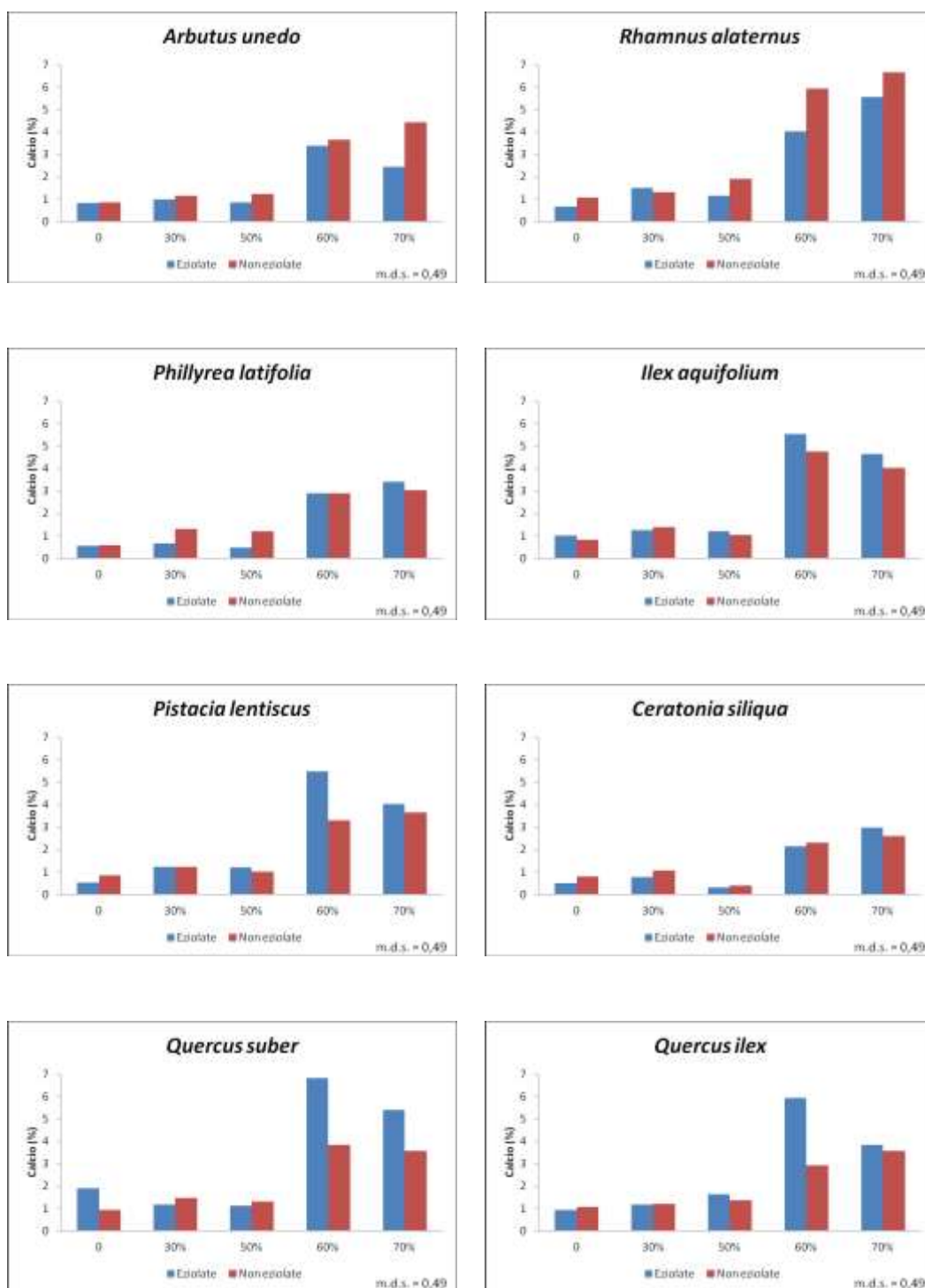


Figura 11. Contenuto di calcio (%) di talee eziolate e non eziolate. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Mura Gian Paola

“Influenza dell’ombreggiamento sulla propagazione agamica di specie della macchia mediterranea”

Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari

Indirizzo in : Agrometeorologia e Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali

Le talee di alaterno eziolate mostravano il contenuto di calcio più basso nella tesi di controllo (0,66%) e il valore più alto (5,57%) nel settore della tesi al 70%. Le talee non eziolate del settore della tesi ombreggiata al 70% erano quelle con il contenuto di calcio maggiore (6,67%), mentre quello minore si osservava nel settore di controllo (1,08%).

Le talee di fillirea eziolate facevano registrare un contenuto di calcio dello 0,47% nel settore della tesi al 50% e la percentuale più alta nel settore al 70% (3,42%). Le talee di fillirea non eziolate passavano da un contenuto di calcio dello 0,57% nel settore di controllo ad uno di 3,02% nel settore della tesi al 70%.

Le talee di agrifoglio eziolate nel settore di controllo mostravano il contenuto di calcio più basso (1,01%) e nel settore ombreggiato al 60% quello più alto (5,55%). Le talee di agrifoglio non eziolate con il contenuto di calcio più elevato erano sempre nel settore al 60% (4,76%), contro lo 0,82% del settore di controllo.

Per quanto riguarda il lentisco, nelle talee eziolate si registrava il valore minore del contenuto di calcio (0,54%) nel settore di controllo, mentre il valore maggiore era nel settore al 60% (5,47%). Le talee di lentisco non sottoposte ad eziolamento provenienti dal settore di controllo erano quelle con il contenuto di calcio inferiore (0,86%), mentre era nel settore ombreggiato al 70% che si riscontrava il valore maggiore (3,65%).

Le talee di carrubo eziolate con il contenuto di calcio più basso provenivano dal settore al 50% (0,31%), mentre nel settore della tesi al 70% si aveva la percentuale maggiore (2,99%). Le talee non eziolate passavano da 0,39% del settore della tesi al 50% al valore più alto (2,59%) del settore della tesi al 70%.

Le talee di sughera eziolate mostravano il contenuto di calcio minore (1,12%) nel settore della tesi al 50%, mentre nel settore della tesi al 60% si registrava il valore più elevato (6,82%). Le talee non eziolate passavano dal valore più basso (0,94%) nel settore di controllo al valore più alto (3,84%) nel settore al 60%.

Le talee di leccio eziolate facevano registrare un contenuto di calcio dello 0,94% nel settore di controllo e quello più alto (5,93%) nel settore della tesi al 60%. Le talee di leccio non eziolate avevano il contenuto di calcio più basso (1,08%) nel settore della tesi di controllo, mentre il valore più alto era nella tesi al 70% (3,57%).

Così come per gli altri elementi anche il contenuto di magnesio è stato riportato in percentuale e i dati delle letture sono stati trasferiti nei grafici (Fig. 12).



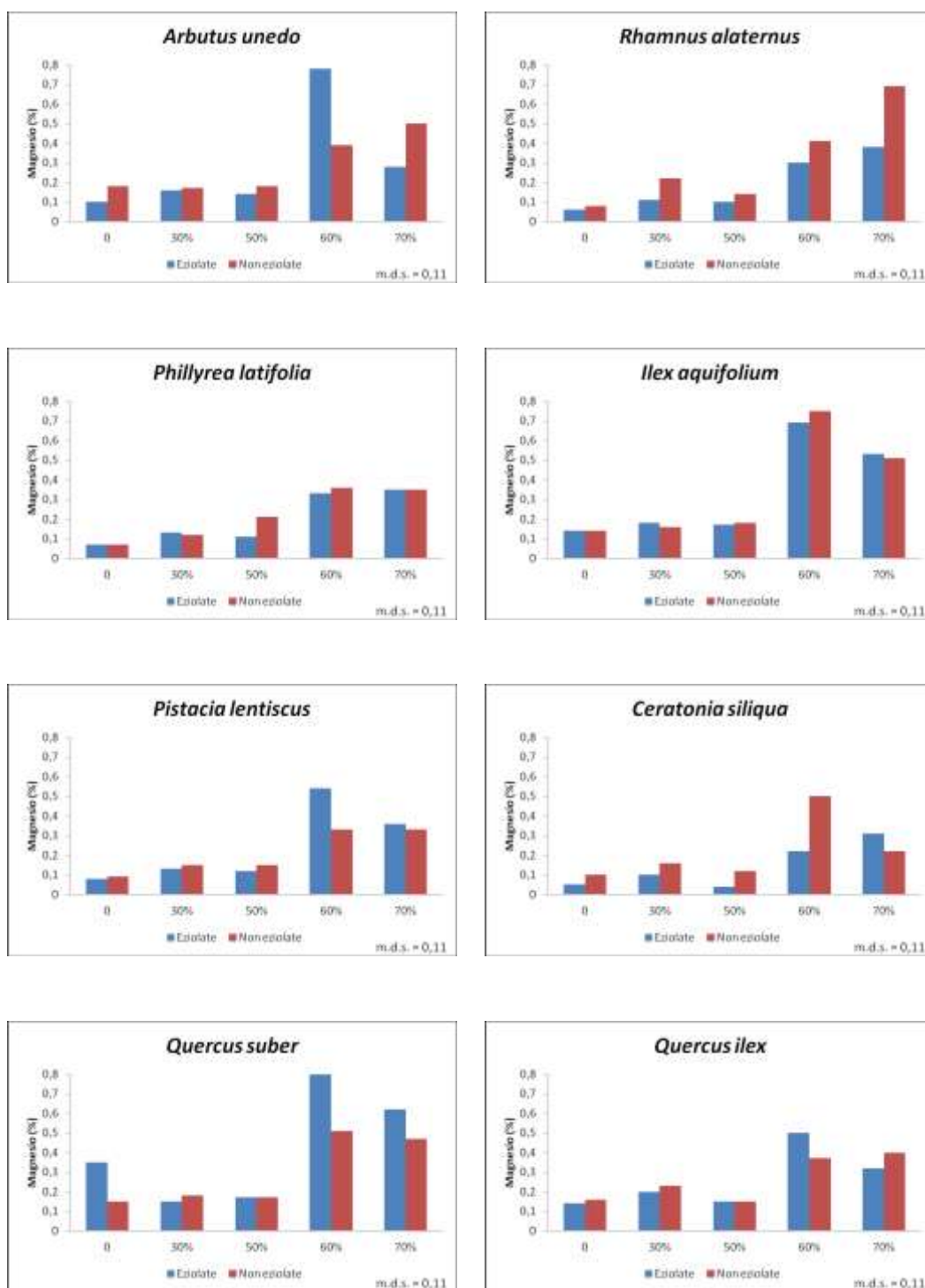


Figura 12. Contenuto di magnesio (%) di talee eziolate e non eziolate. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Mura Gian Paola

*“Influenza dell’ombreggiamento sulla propagazione agamica di specie della macchia mediterranea”*

*Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari*

*Indirizzo in : Agrometeorologia e Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali*

Le talee di corbezzolo eziolate mostravano il contenuto di magnesio più alto (0,78%) nella tesi al 60% e quello più basso (0,1%) nella tesi di controllo. Le talee di corbezzolo non eziolate avevano il contenuto di magnesio più basso (0,17%) nella tesi al 30%, mentre nella tesi al 70% si registrava il valore maggiore (0,5%).

Le talee di alaterno eziolate avevano il contenuto di magnesio più basso nella tesi di controllo (0,06%) e il valore più alto (0,38%) nel settore della tesi al 70%. Le talee non eziolate del settore della tesi ombreggiate al 70% erano quelle con il contenuto di magnesio maggiore (0,69%), mentre quello minore si aveva nel settore di controllo (0,08%).

Le talee di fillirea eziolate facevano registrare un contenuto di magnesio dello 0,07% nel settore di controllo e la percentuale più alta nel settore ombreggiato al 70% (0,35%). Le talee di fillirea non eziolate passavano da una percentuale di magnesio dello 0,07% del settore di controllo ad contenuto dello 0,36% nel settore della tesi al 60%.

Le talee di agrifoglio eziolate hanno fatto registrare nel settore di controllo il valore più basso del contenuto di magnesio (0,14%) e nel settore al 60% quello più alto (0,69%). Le talee di agrifoglio non eziolate del settore ombreggiato al 60% erano quelle con il contenuto di magnesio superiore (0,75%), contro lo 0,14% del settore di controllo.

Le talee di lentisco eziolate facevano registrare il contenuto di magnesio più basso (0,08%) nel settore di controllo, mentre il valore maggiore era per le talee provenienti dal settore al 60% (0,54%). Le talee non eziolate del settore di controllo erano quelle con il contenuto di magnesio inferiore (0,09%), mentre era nei settori al 60% e al 70% che si riscontrava il valore maggiore (0,33%).

Le talee di carrubo eziolate del settore al 50% facevano registrare il contenuto di magnesio più basso (0,04%), mentre nel settore della tesi al 70% si osservavano le talee con il contenuto più elevato (0,31%). Le talee di carrubo non eziolate avevano contenuto di magnesio compreso tra 0,1% nel settore della tesi di controllo e il valore più elevato (0,22%) del settore della tesi al 70%.

Le talee di sughera eziolate mostravano il contenuto di magnesio inferiore (0,15%) nel settore della tesi al 30%, mentre nel settore della tesi al 60% si registrava il valore superiore (0,82%). Le talee di sughera non eziolate passavano da un valore più basso (0,15%) nel settore di controllo a un valore più alto (0,51%) nel settore al 60%.

Le talee di leccio eziolate avevano un contenuto di magnesio di 0,14% nel settore di controllo e uno più alto (0,32%) nel settore della tesi al 70%. Le talee di leccio non eziolate

avevano il valore più basso (0,15%) nel settore della tesi al 50%, mentre il valore più alto era nella tesi al 70% (0,4%).

Anche il contenuto di sodio delle talee è stato riportato in percentuale e i dati sono stati trasferiti nei grafici (Fig. 13).

Le talee di corbezzolo eziolate avevano il contenuto di sodio più elevato (0,28%) nella tesi ombreggiata al 60% e quello più basso (0,05%) nella tesi di controllo. Anche le talee non eziolate di questa specie mostravano la concentrazione di sodio minore nel controllo (0,04%), mentre nella tesi al 70% si registrava il valore maggiore (0,22%).

Le talee di alaterno eziolate mostravano il contenuto di sodio più basso nella tesi di controllo (0,06%) e il valore più alto (0,32%) nel settore della tesi al 70%. Per quanto riguarda le talee non eziolate era sempre il settore della tesi al 70% quello con il contenuto di sodio maggiore (0,47%), mentre quello minore si aveva nel settore di controllo (0,09%).

Le talee di fillirea eziolate facevano registrare un 0,06% nel settore di controllo e il contenuto di sodio più alto nel settore al 70% (0,28%). Le talee non eziolate passavano da una percentuale del 0,05% del settore di controllo a quella più elevata (0,26%) nel settore della tesi al 60%.

Le talee di agrifoglio eziolate facevano rilevare il contenuto di sodio più basso nel settore della tesi al 30% (0,16%) e nel settore al 70% quello più alto (0,26%). Le talee di agrifoglio non eziolate mostravano il settore al 70% con il valore maggiore della concentrazione di sodio (0,37%), contro lo 0,06% del settore di controllo.

Anche nelle talee di lentisco eziolate si registrava la concentrazione di sodio minore (0,12%) nel settore di controllo, mentre il valore maggiore era nel settore ombreggiato al 70% (0,3%). Le talee non eziolate facevano rilevare il valore minore nel settore di controllo (0,04%), mentre era nel settore al 70% che si riscontrava il valore maggiore (0,35%).

Nel caso delle talee di carrubo eziolate era ancora il settore di controllo (0,05%) a far registrare la percentuale più bassa di sodio, mentre nel settore della tesi al 70% si riscontrava la percentuale maggiore (0,22%). Le talee non eziolate passavano da 0,04% del settore della tesi di controllo al valore più alto (0,17%) del settore della tesi al 70%.

Le talee di sughera eziolate avevano il contenuto di sodio minore (0,06%) nel settore di controllo, mentre nel settore della tesi al 60% si osservava il valore superiore (0,33%). Le talee di sughera non eziolate passavano dal valore più basso (0,04%) nel

settore di controllo al valore più alto (0,24%) nel settore al 50%.

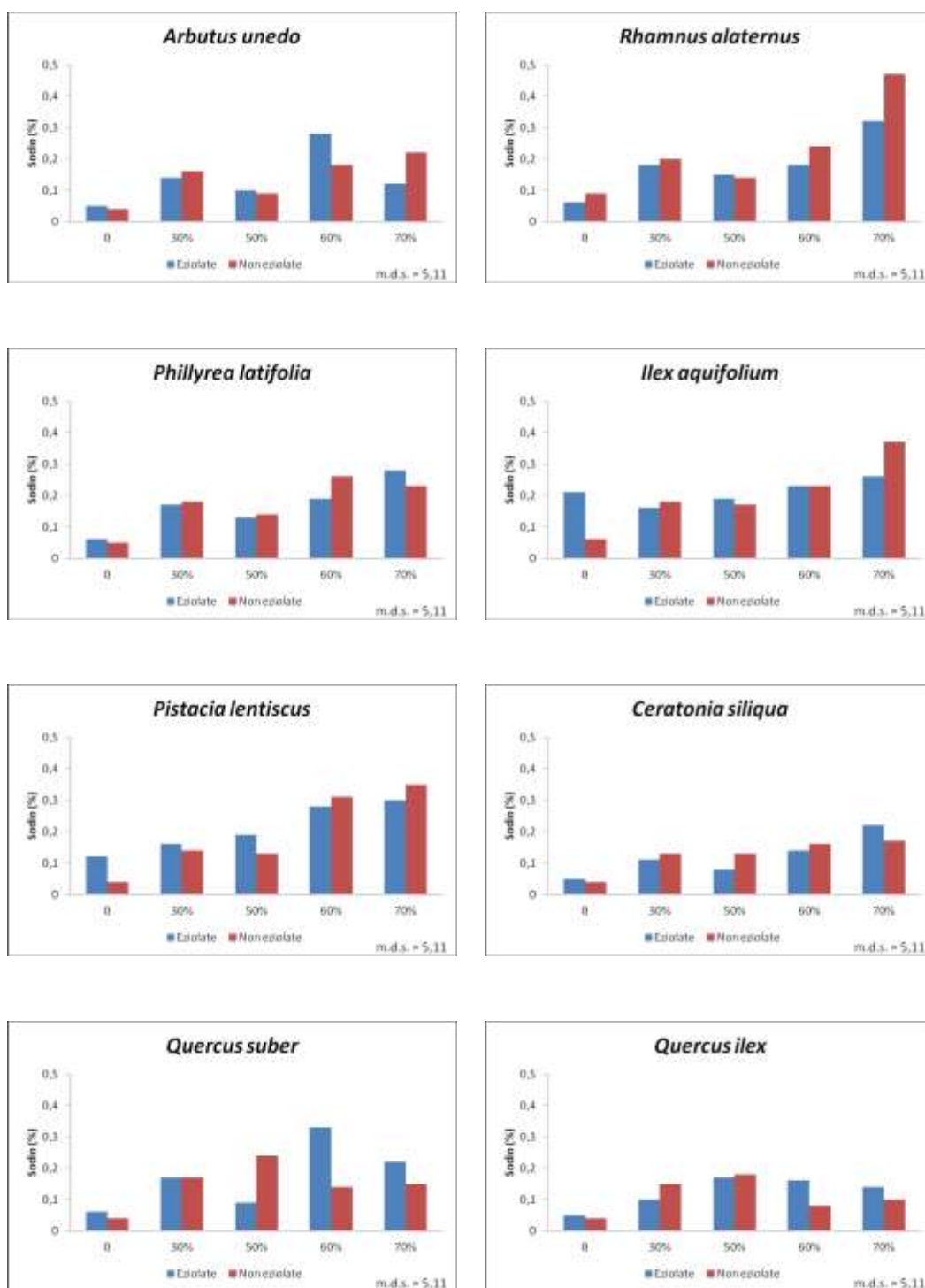


Figura 13. Contenuto di sodio di talee eziolate e non eziolate. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Mura Gian Paola

*“Influenza dell’ombreggiamento sulla propagazione agamica di specie della macchia mediterranea”*

Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari

Indirizzo in : Agrometeorologia e Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali

Le talee di leccio eziolate avevano un contenuto di sodio 0,05% nel settore di controllo e quello più elevato (0,17%) nel settore della tesi al 50%. Le talee non eziolate facevano registrare il valore più basso (0,04%) nella tesi di controllo, mentre il valore più alto era nella tesi al 50% (0,18%).

I valori del contenuto di zinco sono stati riportati in ppm e rappresentati graficamente con il consueto confronto tra dati provenienti da campioni di talee eziolate e non eziolate (Fig. 14)

Le talee di corbezzolo eziolate avevano la concentrazione di zinco più alta (0,27 ppm) nella tesi al 60% e quella più bassa (0,12 ppm) nella tesi di controllo. Le talee non eziolate mostravano il valore minore (0,12 ppm) nella tesi di controllo, mentre nella tesi al 60% si registra il valore maggiore (0,24 ppm).

Le talee di alaterno eziolate avevano il valore di zinco più basso nella tesi di controllo (0,05 ppm) e il valore più alto (0,13 ppm) nel settore della tesi al 70%. Per quanto riguarda le talee non eziolate era sempre il settore della tesi al 70% quello con il valore maggiore (0,14 ppm), mentre quello minore si aveva nel settore di controllo (0,06 ppm).

Le talee di fillirea eziolate mostravano 0,015 ppm di zinco nel settore della tesi al 50% e un valore più alto nel settore al 70% (0,17 ppm). Le talee di fillirea non eziolate passavano da un valore dello 0,11 ppm del settore di controllo a 0,24 ppm nel settore della tesi al 60%.

Le talee di agrifoglio eziolate facevano registrare nel settore della tesi di controllo il valore più basso della concentrazione di zinco (0,16 ppm) e nel settore al 60% quello più alto (0,4 ppm). Le talee non eziolate avevano nel settore al 60% il valore superiore (0,46 ppm), contro lo 0,12 ppm del settore di controllo.

Nelle talee eziolate di lentisco si registrava il valore minore di concentrazione di zinco (0,08 ppm) nel settore di controllo, mentre il valore maggiore era nel settore al 70% (0,41 ppm). Le talee di lentisco non eziolate mostravano il valore inferiore (0,07 ppm) nel controllo, mentre era nel settore al 70% che si riscontrava il valore maggiore (0,16 ppm).

Le talee di carrubo eziolate della tesi al 50% (0,04 ppm) facevano registrare il valore più basso dello zinco, mentre nel settore della tesi al 60% avevamo il valore maggiore (0,11 ppm). Le talee non eziolate si passavano da 0,04 ppm del settore della tesi di controllo al valore più alto (0,11 ppm) del settore della tesi al 50%.

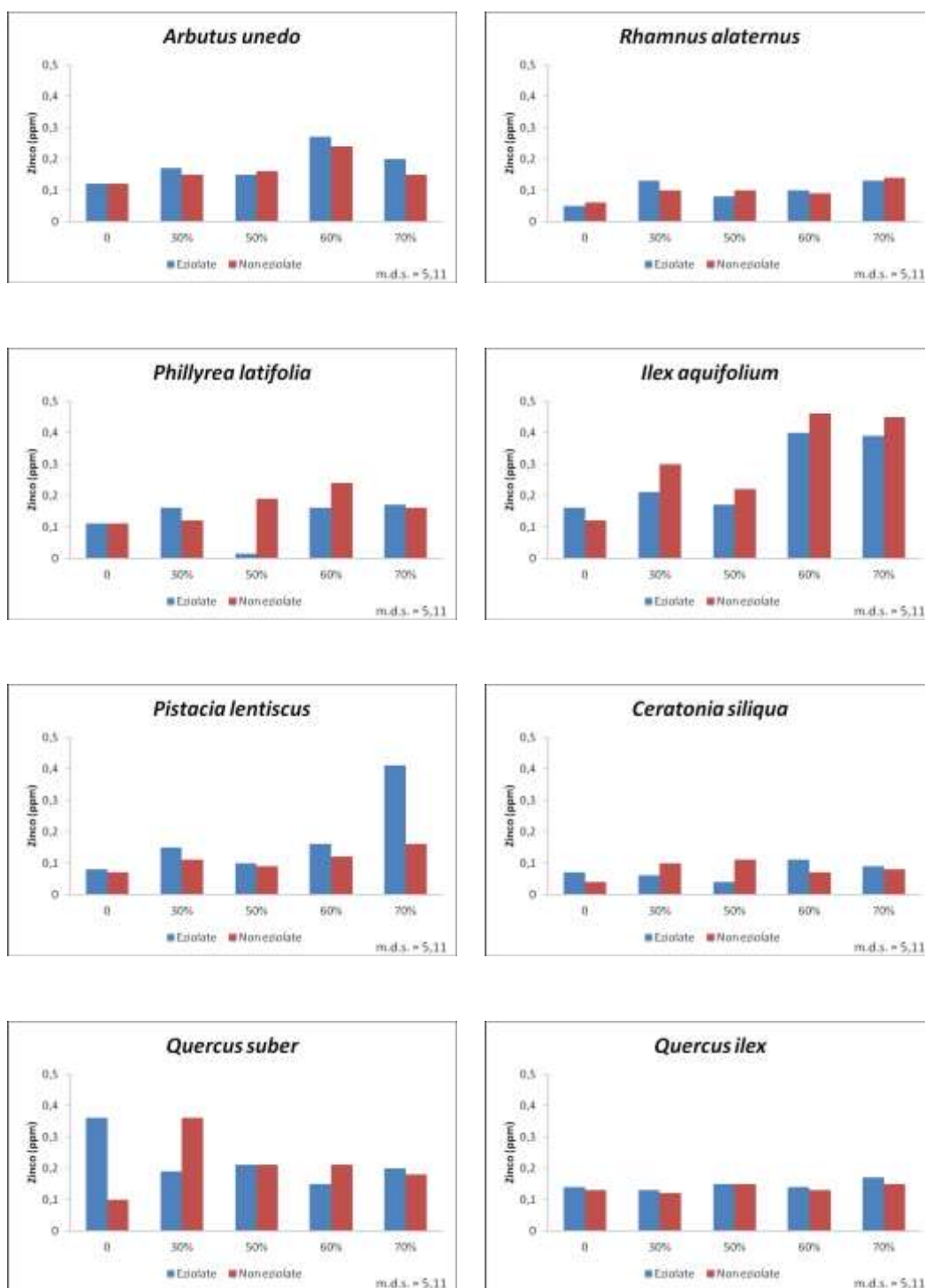


Figura 14. Contenuto di zinco (ppm) di talee eziolate e non eziolate. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Mura Gian Paola

*“Influenza dell’ombreggiamento sulla propagazione agamica di specie della macchia mediterranea”*

Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari

Indirizzo in : Agrometeorologia e Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali

Le talee di sughera eziolate avevano il valore minore della concentrazione di zinco (0,15 ppm) nel settore della tesi al 50%, mentre nel settore della tesi di controllo si osservava il valore più elevato (0,36 ppm). Le talee di sughera non eziolate passavano dal valore più basso (0,1 ppm) nel settore di controllo al valore più alto (0,36 ppm) nel settore al 30%.

Le talee di leccio eziolate avevano una concentrazione di zinco pari 0,13 ppm nel settore della tesi al 30% e quella più alta (0,17 ppm) nel settore della tesi al 70%. Le talee non eziolate mostravano il valore più basso (0,12 ppm) nel settore della tesi al 30%, mentre il valore più alto era nella tesi al 50% (0,15 ppm).

I valori del contenuto di ferro sono stati riportati in ppm e rappresentati graficamente con il consueto confronto tra dati provenienti da campioni di talee eziolate e non eziolate (Fig. 15).

Le talee di corbezzolo eziolate avevano la concentrazione di ferro più elevata (0,47 ppm) nelle tesi ombreggiate al 50%, 60 e 70% e quella più bassa (0,40 ppm) nella tesi al 30%. Le talee non eziolate facevano rilevare la tesi al 60% con il valore minore (0,32 ppm), mentre nella tesi al 70% si registra il valore maggiore (0,51 ppm).

Le talee di alaterno eziolate avevano la concentrazione di ferro più bassa nelle tesi ombreggiate al 30% e 50% (0,37 ppm) e il valore più alto (1,08 ppm) nel settore della tesi al 70%. Nelle talee non eziolate era sempre il settore della tesi al 70% quello con il valore maggiore (1,19 ppm), mentre quello minore si aveva nel settore della tesi al 30% (0,27 ppm).

Le talee di fillirea eziolate facevano registrare un contenuto di ferro di 0,31 ppm nel settore della tesi al 50% e il valore più alto nel settore al 60% (0,68 ppm). Le talee non eziolate passavano da un valore di 0,24 ppm nel settore della tesi al 50% ad uno di 0,81 ppm nel settore della tesi al 70%.

Le talee di agrifoglio eziolate mostravano il valore più basso nel settore della tesi al 30% (0,28 ppm) e nel settore al 70% quello più alto (0,67 ppm). Le talee di agrifoglio non eziolate avevano la concentrazione di ferro più elevata nel settore ombreggiato al 70% (0,9 ppm), contro il valore di 0,28 ppm nel settore della tesi al 50%.

Nelle talee di lentisco eziolate si registrava il contenuto di ferro più basso (0,33 ppm) nel settore di controllo, mentre il valore maggiore era nel settore al 70% (0,81 ppm). Le talee non eziolate mostravano il settore della tesi al 30% con il valore inferiore (0,25



ppm), mentre era nel settore al 70% che si riscontrava il valore maggiore (0,86 ppm).

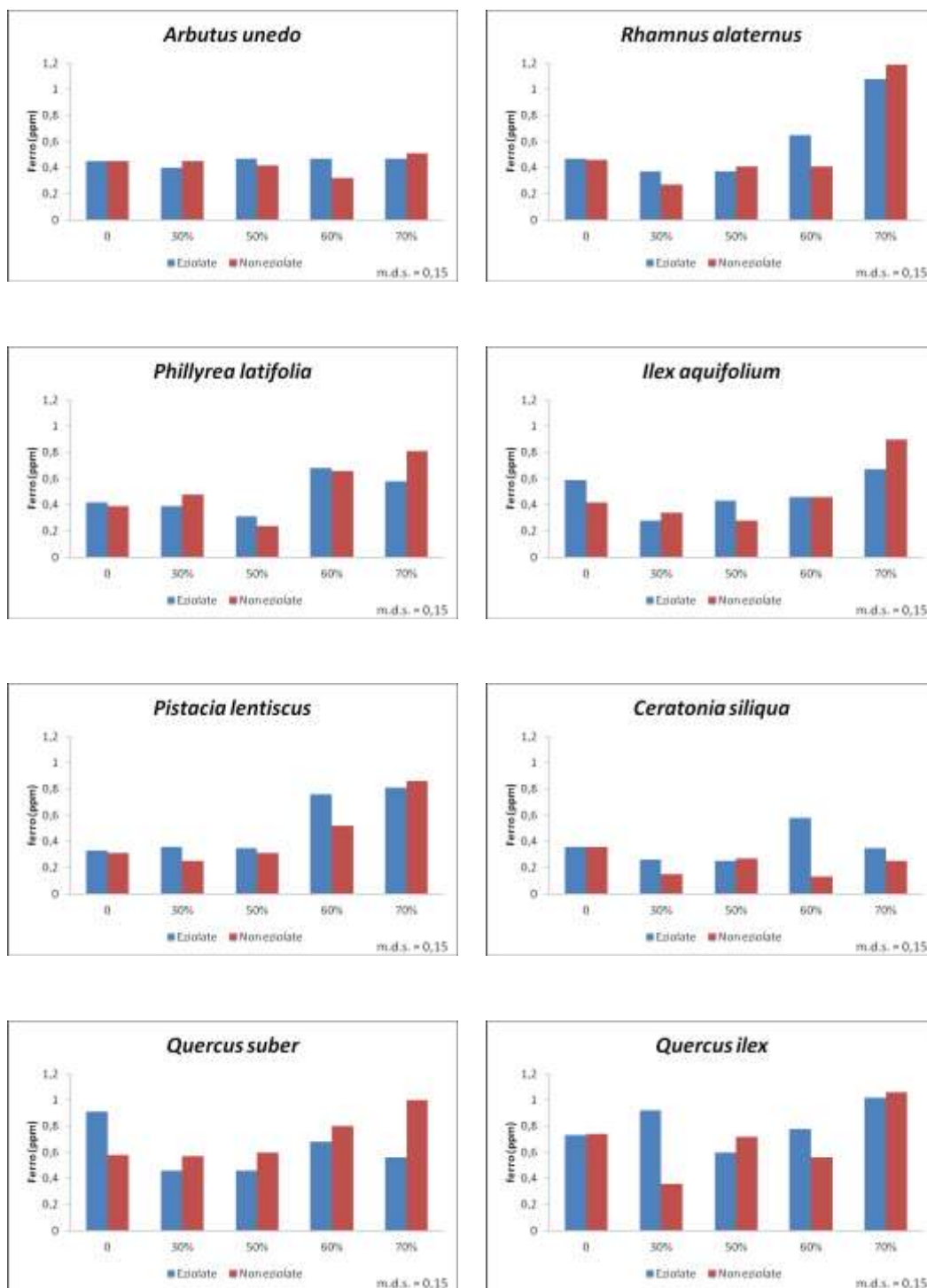


Figura 15. Contenuto di ferro (ppm) di talee eziolate e non eziolate. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Le talee di carrubo eziolate avevano il contenuto di ferro più basso nel settore della tesi al 50% (0,25 ppm), mentre nel settore della tesi al 60% avevamo il valore maggiore (0,58 ppm). Le talee di carrubo non eziolate passavano da 0,13 ppm nel settore della tesi al 60% al valore più alto (0,36 ppm) nel settore di controllo.

Le talee di sughera eziolate avevano la concentrazione di ferro minore (0,46 ppm) nei settori delle tesi al 30% e 50%, mentre nel settore della tesi di controllo si osservava il valore superiore (0,91 ppm). Le talee non eziolate passavano dal valore più basso (0,57 ppm) nel settore della tesi al 30% al valore più alto (1 ppm) nel settore al 70%.

Le talee di leccio eziolate avevano un valore di 0,6 ppm nel settore della tesi al 50% e quello più alto (1,02 ppm) nel settore della tesi al 70%. Le talee di leccio non eziolate mostravano la concentrazione di ferro più bassa (0,36 ppm) nel settore della tesi al 30%, mentre il valore più alto era nella tesi al 70% (1,06 ppm).

Anche i valori del contenuto di manganese sono stati riportati in ppm e rappresentati graficamente con il consueto confronto tra dati provenienti da campioni di talee eziolate e non eziolate (Fig. 16)

Le talee di corbezzolo eziolate avevano la concentrazione di manganese più elevata (0,1 ppm) nella tesi al 50% e quella più bassa (0,04 ppm) nelle tesi di controllo e ombreggiata al 30%. Le talee non eziolate avevano il contenuto inferiore nella tesi al 30% (0,02 ppm), mentre nella tesi al 70% si registrava il valore maggiore (0,07 ppm).

Le talee di alaterno eziolate avevano il valore più basso nella tesi di controllo (0,03 ppm) e il valore più alto (0,2 ppm) nel settore della tesi al 70%. Le talee non eziolate mostravano il valore maggiore (0,28 ppm) nel settore della tesi al 70%, mentre quello con contenuto minore si aveva nel settore della tesi di controllo (0,04 ppm).

Le talee di fillirea eziolate mostravano concentrazione di manganese pari a 0,03 ppm nel settore della tesi di controllo e il valore più alto nel settore al 70% (0,22 ppm). Le talee non eziolate passavano da un valore dello 0,02 ppm nel settore della tesi di controllo ad uno superiore (0,29 ppm) nel settore della tesi al 70%.

Le talee di agrifoglio eziolate avevano nel settore di controllo (0,19 ppm) il valore più basso e nel settore al 60% quello più alto (0,64 ppm). Le talee non eziolate con il valore superiore (0,77 ppm) erano ancora nel settore al 60%, contro il valore di 0,2 ppm del settore della tesi al 50%.

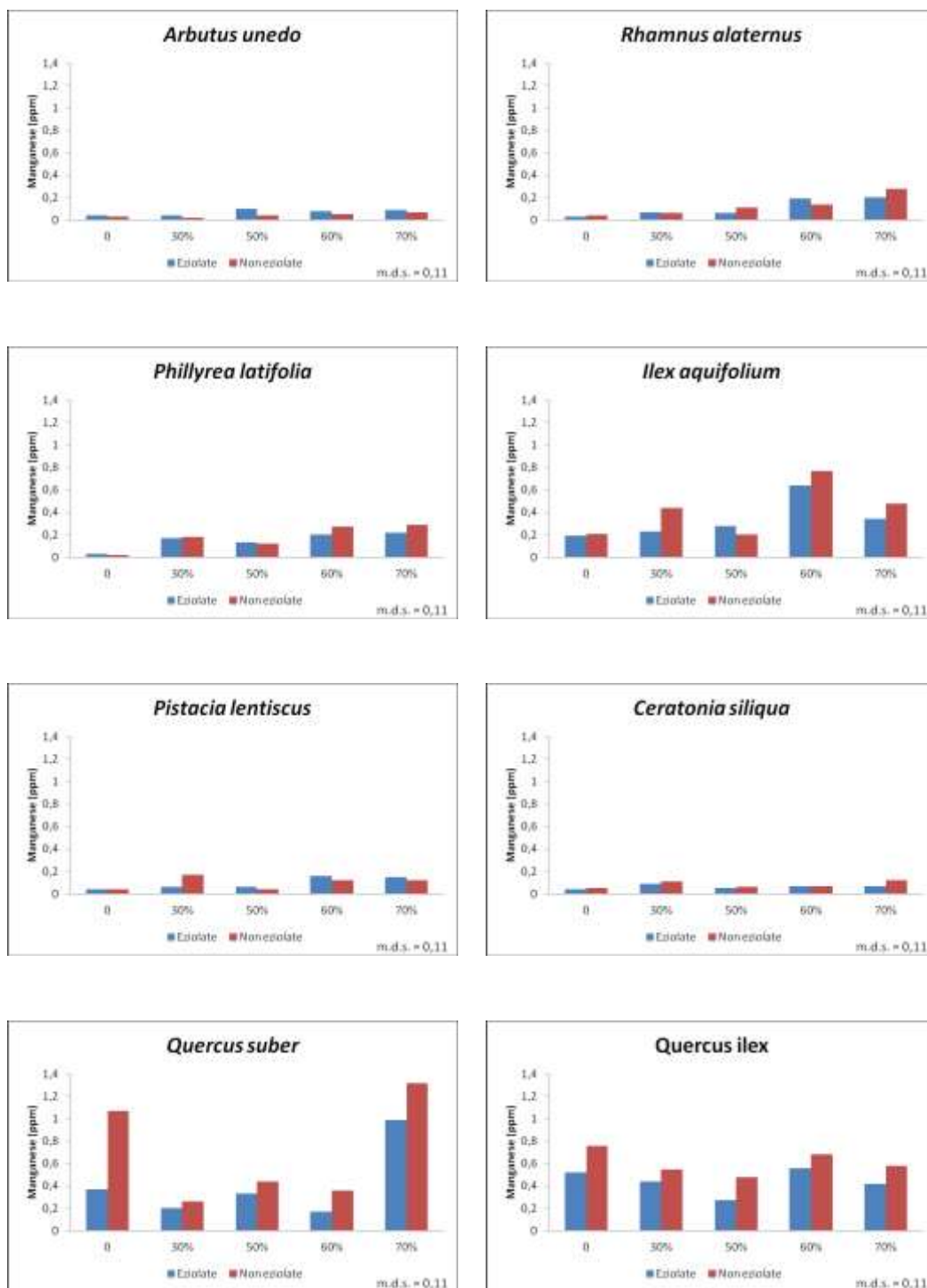


Figura 16. Contenuto di manganese (ppm) di talee eziolate e non eziolate. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Mura Gian Paola

“Influenza dell’ombreggiamento sulla propagazione agamica di specie della macchia mediterranea”

Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari

Indirizzo in : Agrometeorologia e Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali

Le talee di lentisco facevano registrare la concentrazione di manganese minore (0,04 ppm) nel settore di controllo, mentre il valore maggiore era nel settore al 60% (0,16 ppm). Le talee non eziolate avevano la concentrazione inferiore (0,04 ppm) nei settori della tesi di controllo e della tesi ombreggiata al 50%, mentre era nel settore al 30% che si riscontrava il valore maggiore (0,17 ppm).

Le talee di carrubo eziolate facevano registrare la concentrazione di manganese più bassa nella tesi di controllo (0,04 ppm), mentre nel settore della tesi al 30% avevamo il valore maggiore (0,9 ppm). Le talee non eziolate passavano da 0,05 ppm del settore della tesi di controllo al valore più alto (0,12 ppm) del settore della tesi al 70%.

Le talee di sughera eziolate avevano la concentrazione minore (0,17 ppm) nel settore della tesi al 60%, mentre nel settore della tesi al 70% si osservava il valore superiore (0,99 ppm). Le talee non eziolate passavano dal valore più basso (0,26 ppm) nel settore della tesi al 30% al valore più alto (1,32 ppm) nel settore al 70%.

Le talee di leccio eziolate mostravano valore di 0,27 ppm nel settore della tesi al 50% e quello più elevato (0,56 ppm) nel settore della tesi al 60%. Le talee non eziolate avevano contenuto di manganese più basso (0,48 ppm) nel settore della tesi al 50%, mentre il valore più alto era nella tesi di controllo (0,76 ppm).

Nella Figura 17 sono riportati i dati relativi al contenuto di amido delle talee semilegnose utilizzate nelle prove di propagazione.

Le talee di corbezzolo eziolate avevano la concentrazione di amido più elevata (6,5%) nella tesi di controllo e quella più bassa (3,6%) nella tesi ombreggiata al 70%. Le talee non eziolate avevano il contenuto inferiore nella tesi al 30% (3,0%), mentre nella tesi di controllo si registrava il valore maggiore (5,2%).

Le talee di alaterno eziolate avevano il valore più elevato nella tesi di controllo (22,0%) e il valore più basso nel settore ombreggiato al 30% (7,2%) e nel settore della tesi al 70% (8,3%). Le talee non eziolate mostravano il valore maggiore (17,9%) nel settore della tesi al 70%, mentre quello minore si aveva nel settore della tesi al 60% (8,0%).

Le talee di fillirea eziolate mostravano concentrazione di amido pari a 3,6% nel settore della tesi di controllo e il valore più elevato nel settore al 50% (9,5%). Le talee non eziolate passavano da un valore del 5,6% nel settore della tesi al 60% ad uno superiore (8,7%) nel settore della tesi al 30%.

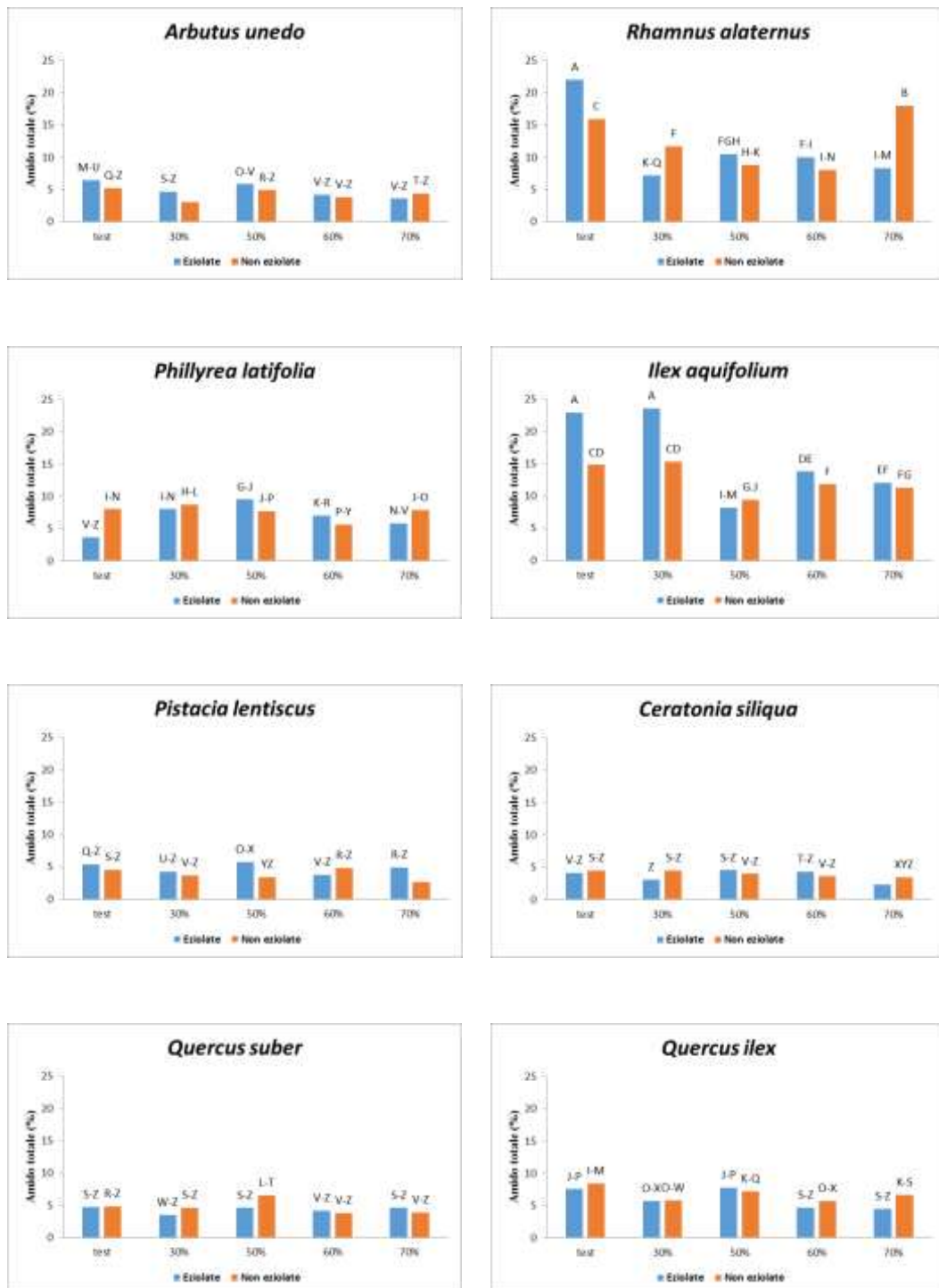


Figura 17. Contenuto di amido totale delle talee semilegnose utilizzate nelle prove di propagazione. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Le talee di agrifoglio eziolate avevano nel settore ombreggiato al 50% il valore più basso (8,2%) e nel settore al 30% quello più alto (23,5%). Le talee non eziolate con il valore superiore (15,3%) erano nel settore al 30%, contro il valore di 9,4% del settore della tesi al 50%.

Le talee di lentisco facevano registrare la concentrazione di amido minore (3,8%) nel settore ombreggiato al 60%, mentre il valore maggiore era nel settore al 50% (5,8%). Le talee non eziolate avevano la concentrazione inferiore (2,6%) nel settore della tesi al 70%, mentre era nel settore al 60% che si riscontrava il valore maggiore (4,8%).

Le talee di carrubo eziolate facevano registrare la concentrazione di amido più bassa nella tesi ombreggiata al 70% (2,3%), mentre nel settore della tesi al 50% avevamo il valore maggiore (4,5%). Le talee non eziolate passavano da 3,5% del settore della tesi al 70% al valore più alto (4,5%) del settore della tesi al 30%.

Le talee di sughera eziolate avevano la concentrazione minore (3,5%) nel settore della tesi al 30%, mentre nel settore della tesi di controllo si osservava il valore superiore (4,7%). Le talee non eziolate passavano dal valore più basso (3,8%) nel settore della tesi al 60% al valore più alto (6,5%) nel settore al 50%.

Le talee di leccio eziolate mostravano valore di 4,5% di amido nel settore della tesi al 70% e quello più elevato (7,8%) nel settore della tesi al 50%. Le talee non eziolate avevano contenuto di amido più basso (5,7%) nel settore della tesi al 60%, mentre il valore più alto era nella tesi di controllo (8,4%).

Nelle Figura 18 sono riportati i dati relativi al contenuto di clorofilla *a* nelle foglie delle talee semilegnose prelevate per le prove di propagazione.

Nel corbezzolo il più basso contenuto di clorofilla *a* è stato registrato nel settore al 30% (0,32 mg/g) mentre il contenuto più alto era nel settore al 70% (0,96 mg/g).

Nell'alaterno il contenuto di clorofilla *a* più basso nelle foglie delle talee era nel settore di controllo (0,89 mg/g), mentre negli altri settori aumentava sino a 1,59 mg/g nella tesi al 70%.

La fillirea mostrava lo stesso andamento con il valore più basso nel settore di controllo (0,54 mg/g), mentre registrava il contenuto più alto nella tesi ombreggiata al 70% (1,45 mg/g).

Nell'agrifoglio la tesi al 70% registrava il contenuto più elevato di clorofilla *a* (0,70 mg/g), mentre le differenze tra le altre tesi non sono risultate statisticamente significative.

Nel lentisco il settore di controllo era quello con il contenuto di clorofilla *a* più basso (0,42 mg/g) e il valore più alto si aveva nella tesi al 50% (1,76 mg/g).



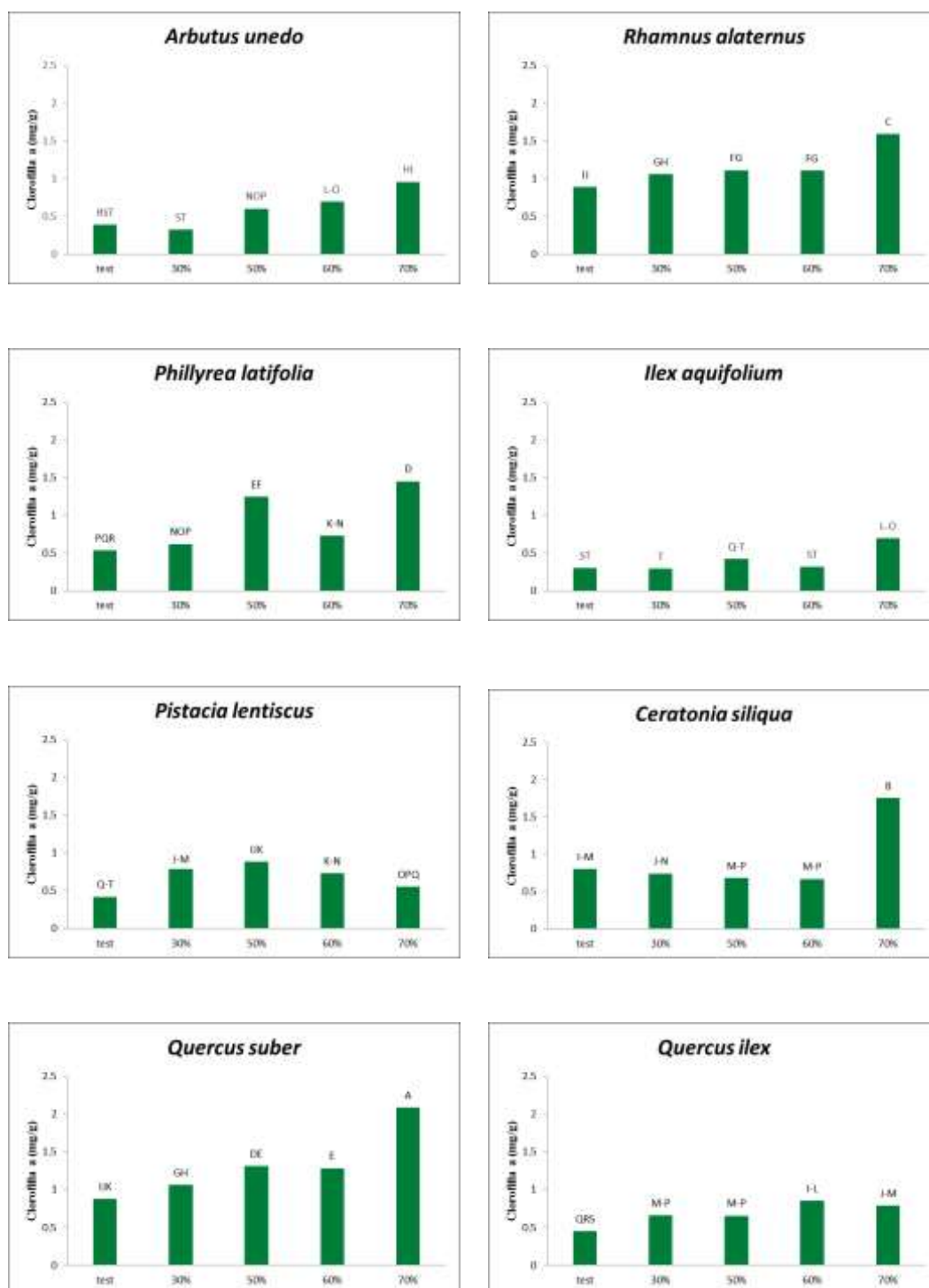


Figura 18. Contenuto di clorofilla *a* nelle foglie delle talee semilegnose utilizzate nelle prove di propagazione. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Il carrubo faceva registrare contenuto di clorofilla *a* nelle foglie più elevato nel settore della tesi al 70% (1,76 mg/g), mentre i valori più bassi erano al 60% (0,67 mg/g).

La sughera mostrava un contenuto di clorofilla *a* di 0,88 mg/g nella tesi di controllo e di 2,09 mg/g nella tesi al 70%.

Il leccio aveva valore più basso nella tesi di controllo (0,45 mg/g), mentre il settore della tesi al 60% ha fatto registrare il valore più alto (0,85 mg/g).

Nelle Figura 19 sono riportati i dati relativi al contenuto di clorofilla *b* nelle foglie delle talee semilegnose prelevate per le prove di propagazione.

Nel corbezzolo il settore al 70% era quello con il contenuto più elevato di clorofilla *b* (0,35 mg/g), mentre il settore al 30% era quello che registrava i valori più bassi (0,11 mg/g). Nell'alaterno il contenuto di clorofilla *b* più basso nelle foglie delle talee era nel settore di controllo (0,31 mg/g), mentre negli altri settori aumentava sino a 0,59 mg/g nella tesi al 70%.

La fillirea mostrava lo stesso andamento con il valore più basso nel settore di controllo (0,20 mg/g), mentre registrava il contenuto più alto nella tesi ombreggiata al 70% (0,64 mg/g).

Anche l'agrifoglio, come la maggior parte delle specie analizzate, registrava i valori più elevati di clorofilla *b* nella tesi al 70% di ombreggiamento (0,22 mg/g), mentre i valori più bassi erano quelli relativi alla tesi al 30% (0,09 mg/g).

Nel lentisco il settore di controllo era quello con il contenuto di clorofilla *b* più basso (0,16 mg/g) e il valore più alto si aveva nella tesi al 50% (0,36 mg/g).

Il carrubo faceva registrare contenuto di clorofilla *b* nelle foglie più elevato nel settore della tesi al 70% (0,57 mg/g), mentre i valori più bassi erano nei settori al 50 e al 60% (0,21 mg/g).

La sughera mostrava un contenuto di clorofilla *b* di 0,27 mg/g nella tesi di controllo e di 0,70 mg/g nella tesi al 70%.

Il leccio aveva valore più basso nella tesi di controllo (0,17 mg/g), mentre i settori delle tesi al 60 e 70% hanno fatto registrare il valore più alto (0,27 mg/g).

Nelle Figura 20 sono riportati i dati relativi al contenuto di carotenoidi nelle foglie delle talee semilegnose prelevate per le prove di propagazione.

Nel corbezzolo il contenuto maggiore di carotenoidi è stato registrato nella tesi al 70% (0,21 mg/g), mentre quello minore nella tesi al 30% (0,09 mg/g).

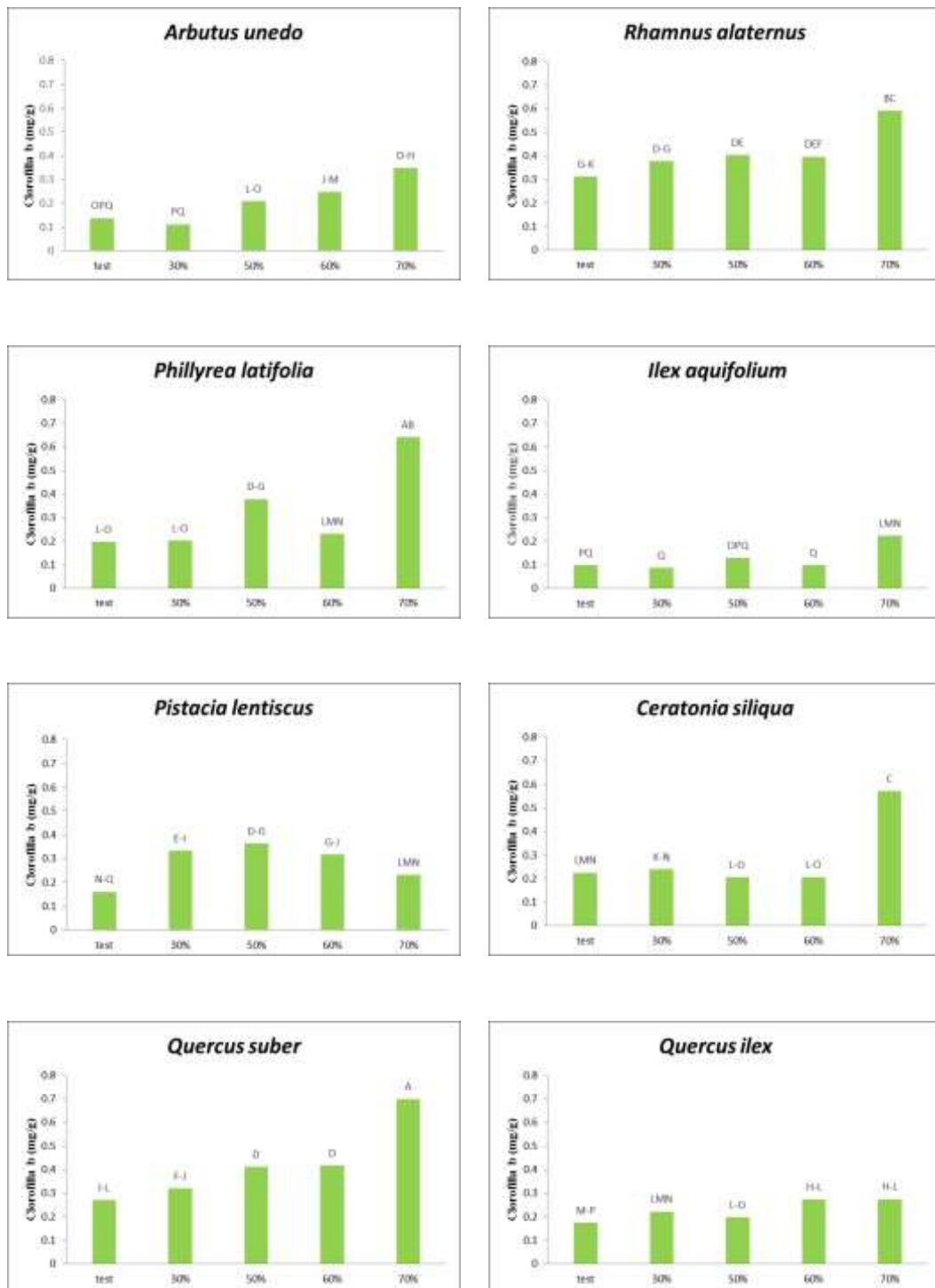


Figura 19. Contenuto di clorofilla *b* nelle foglie delle talee semilegnose utilizzate nelle prove di propagazione. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Mura Gian Paola

*“Influenza dell’ombreggiamento sulla propagazione agamica di specie della macchia mediterranea”*

Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari

Indirizzo in : Agrometeorologia e Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali

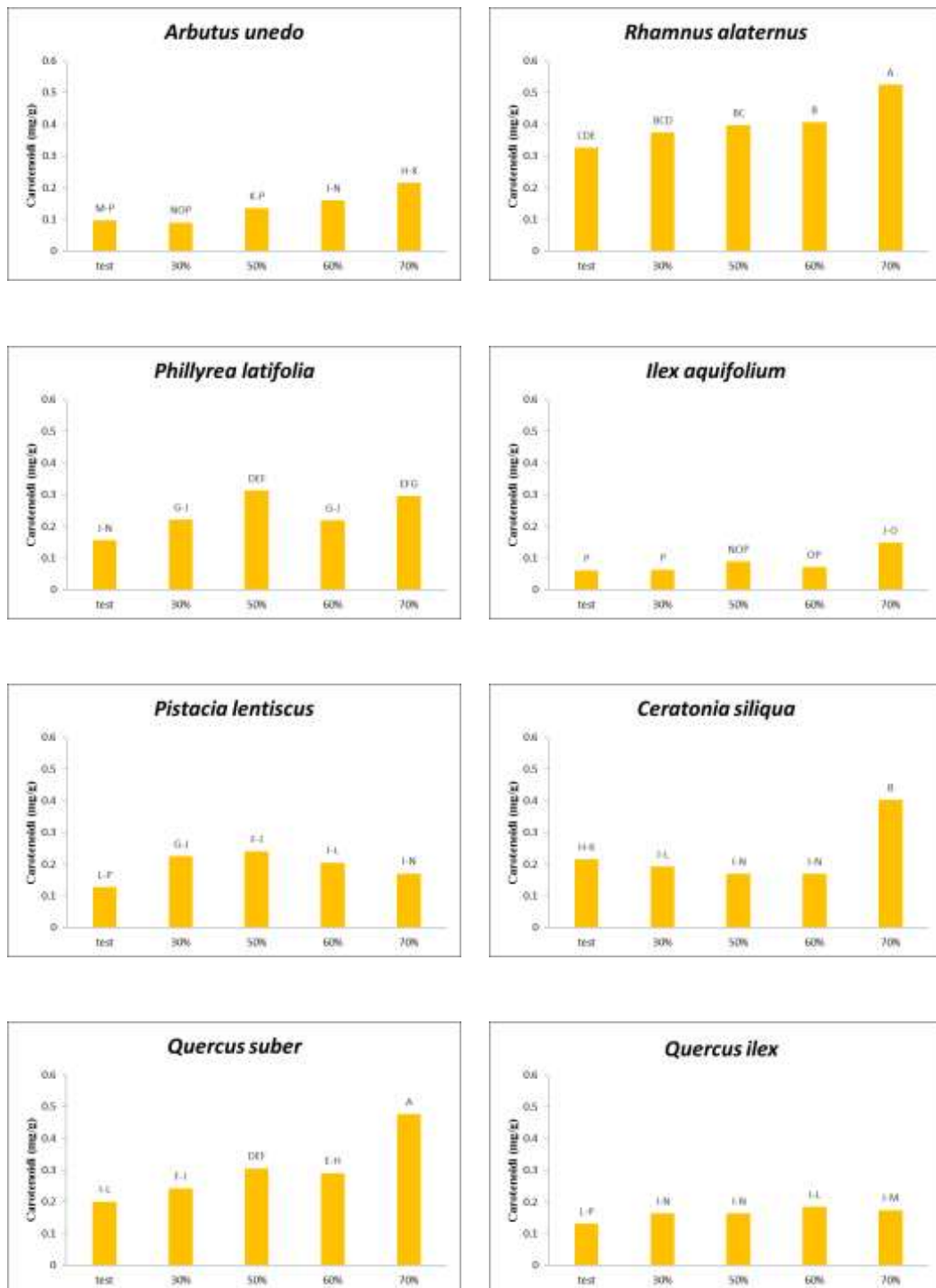


Figura 20. Contenuto di carotenoidi nelle foglie delle talee semilegnose utilizzate nelle prove di propagazione. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Nell'alaterno il contenuto di carotenoidi più basso nelle foglie delle talee era nel settore di controllo (0,33 mg/g), mentre negli altri settori aumentava sino a 0,52 mg/g nella tesi al 70%.

La fillirea mostrava lo stesso andamento con il valore più basso nel settore di controllo (0,16 mg/g), mentre registrava il contenuto più alto nella tesi ombreggiata al 50% (0,31 mg/g).

Nell'agrifoglio il contenuto maggiore di carotenoidi si registrava nella tesi al 70% (0,15 mg/g), mentre il contenuto minore era quello relativo al test (0,06 mg/g).

Nel lentisco il settore di controllo era quello con il contenuto di carotenoidi più basso (0,13 mg/g) e il valore più alto si aveva nella tesi al 50% (0,24 mg/g).

Il carrubo faceva registrare contenuto di carotenoidi nelle foglie più elevato nel settore della tesi al 70% (0,17 mg/g), mentre i valori più bassi erano nei settori al 50 e al 60% (0,17 mg/g).

La sughera mostrava un contenuto di carotenoidi di 0,20 mg/g nella tesi di controllo e di 0,48 mg/g nella tesi al 70%.

Il leccio aveva valore più basso nella tesi di controllo (0,13 mg/g), mentre il settore della tesi al 60% ha fatto registrare il valore più alto (0,19 mg/g).

Nelle Figura 21 sono riportati i dati relativi al contenuto di clorofilla ( $a+b$ ) nelle foglie delle talee semilegnose prelevate per le prove di propagazione.

Nel corbezzolo il più basso contenuto di clorofilla totale è stato registrato nel settore al 30% (0,44 mg/g) mentre il contenuto più alto era nel settore al 70% (1,30 mg/g).

Nell'alaterno il contenuto di clorofilla più basso nelle foglie delle talee era nel settore di controllo (1,19 mg/g), mentre negli altri settori aumentava sino a 2,18 mg/g nella tesi al 70%.

La fillirea mostrava lo stesso andamento con il valore più basso nel settore di controllo (0,73 mg/g), mentre registrava il contenuto più alto nella tesi ombreggiata al 70% (1,89 mg/g).

Nell'agrifoglio la tesi al 70% registrava il contenuto più elevato di clorofilla ( $a+b$ ) (0,92 mg/g), mentre la tesi al 30% faceva registrare i valori più bassi (0,38 mg/g).

Nel lentisco l'andamento è risultato differente dalle altre specie, infatti il contenuto maggiore di clorofilla ( $a+b$ ) era quello relativo alla tesi al 50% di ombreggiamento (1,25 mg/g), mentre i valori più bassi sono stati registrati nel test e nella tesi al 70% con valori

rispettivamente di 0,58 (mg/g) e 0,78 (mg/g).

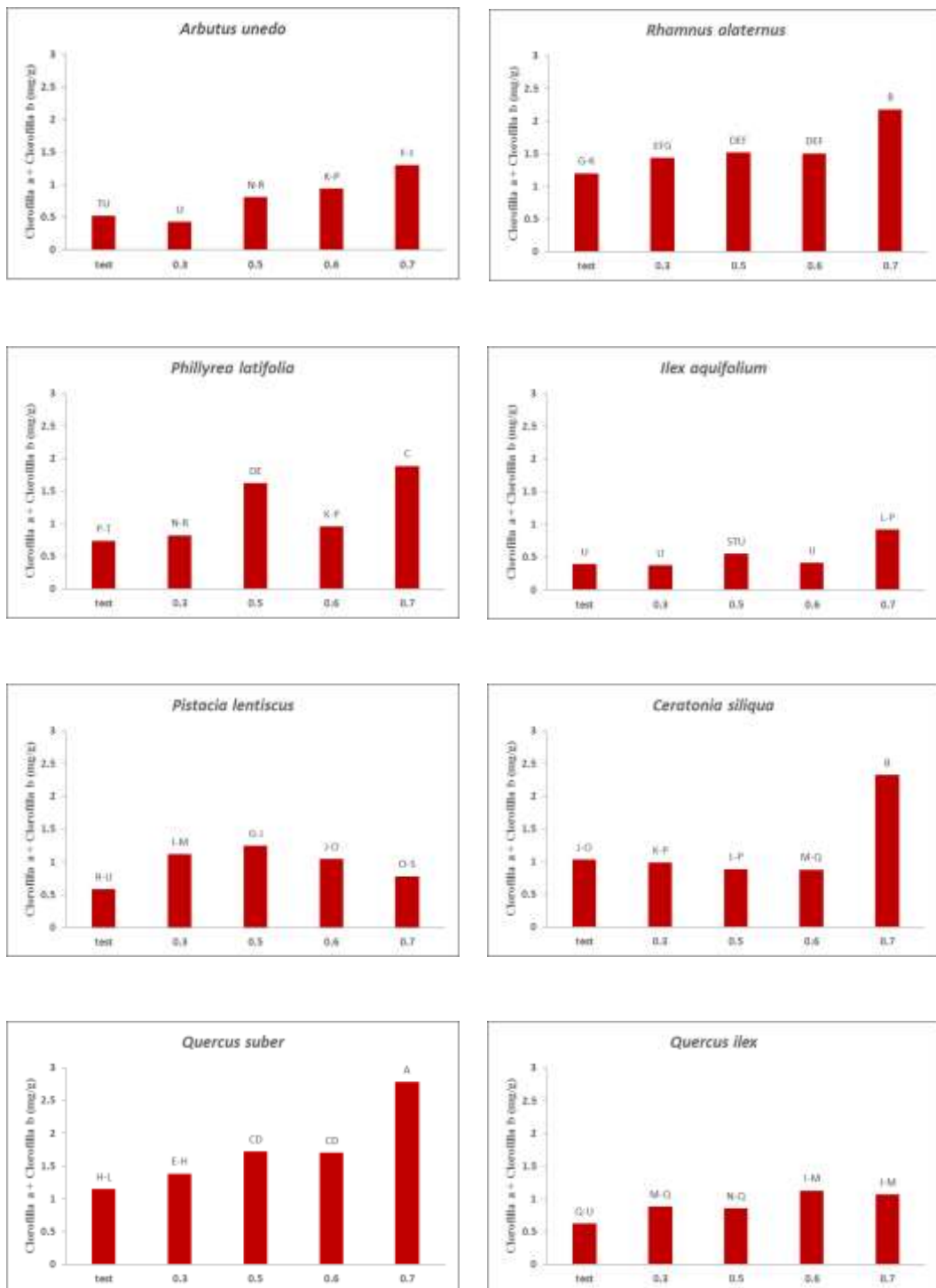


Figura 21. Contenuto di clorofilla (Cla +Clb) nelle foglie delle talee semilegnose utilizzate nelle prove di propagazione. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Il carrubo faceva registrare il valore più elevato nel settore della tesi al 70% (2,33 mg/g), mentre i valori più bassi erano nella tesi al 60% (0,88 mg/g).

La sughera mostrava un contenuto di clorofilla ( $a+b$ ) di 1,15 mg/g nella tesi di controllo e di 2,79 mg/g nella tesi al 70%.

Il leccio aveva valore più basso nella tesi di controllo (0,62 mg/g), mentre il settore della tesi al 60% ha fatto registrare il valore più alto (1,12 mg/g).

Nelle Figura 22 sono riportati i dati relativi al rapporto tra il contenuto in clorofilla  $a$  e il contenuto in clorofilla  $b$  ( $Cl_a / Cl_b$ ) nelle foglie delle talee semilegnose prelevate per le prove di propagazione.

Nel corbezzolo il settore al 70% era quello che presentava un ( $Cl_a / Cl_b$ ) più basso (2,74), mentre il settore al 30% era quello che registrava i valori più elevati (2,90).

Nell'alaterno, tale rapporto, è risultato più basso nel settore al 70% (2,69), mentre negli altri settori aumentava sino a un massimo di 2,85 della tesi al 70%.

La fillirea mostrava i valori più bassi nel settore di controllo (2,76) e quelli più elevati nella tesi al 50% (3,29).

L'agrifoglio registrava i valori più elevati di  $Cl_a / Cl_b$  nel settore al 30% di ombreggiamento (3,29), mentre i valori più bassi erano quelli relativi al settore di controllo (3,06).

Nel lentisco il settore di controllo era quello con il più alto rapporto tra clorofilla  $a$  e clorofilla  $b$  (2,62), mentre il settore al 60% era quello che registrava i valori più bassi (2,29).

Il carrubo faceva registrare i valori più elevati di  $Cl_a / Cl_b$  nel settore di controllo (3,57), mentre i valori più bassi erano quelli relativi alla tesi al 70% di ombreggiamento (3,07).

La sughera mostrava i valori più elevati di ( $Cl_a / Cl_b$ ) nel settore al 30% (3,26), mentre il settore al 70% era quello con i valori più bassi (2,98).

Il leccio presentava i valore più bassi nella tesi di controllo (2,57), mentre il settore al 50% di ombreggiamento ha fatto rilevare i valori più elevati (3,33).

Nelle Figura 23 sono riportati i dati relativi al rapporto tra clorofilla totale e contenuto in carotenoidi nelle foglie delle talee semilegnose prelevate per le prove di propagazione.



Nel corbezzolo il valore più elevato riguardava la tesi ombreggiata al 70% (6,08), quello più basso era relativo alla tesi al 30% (4,88).

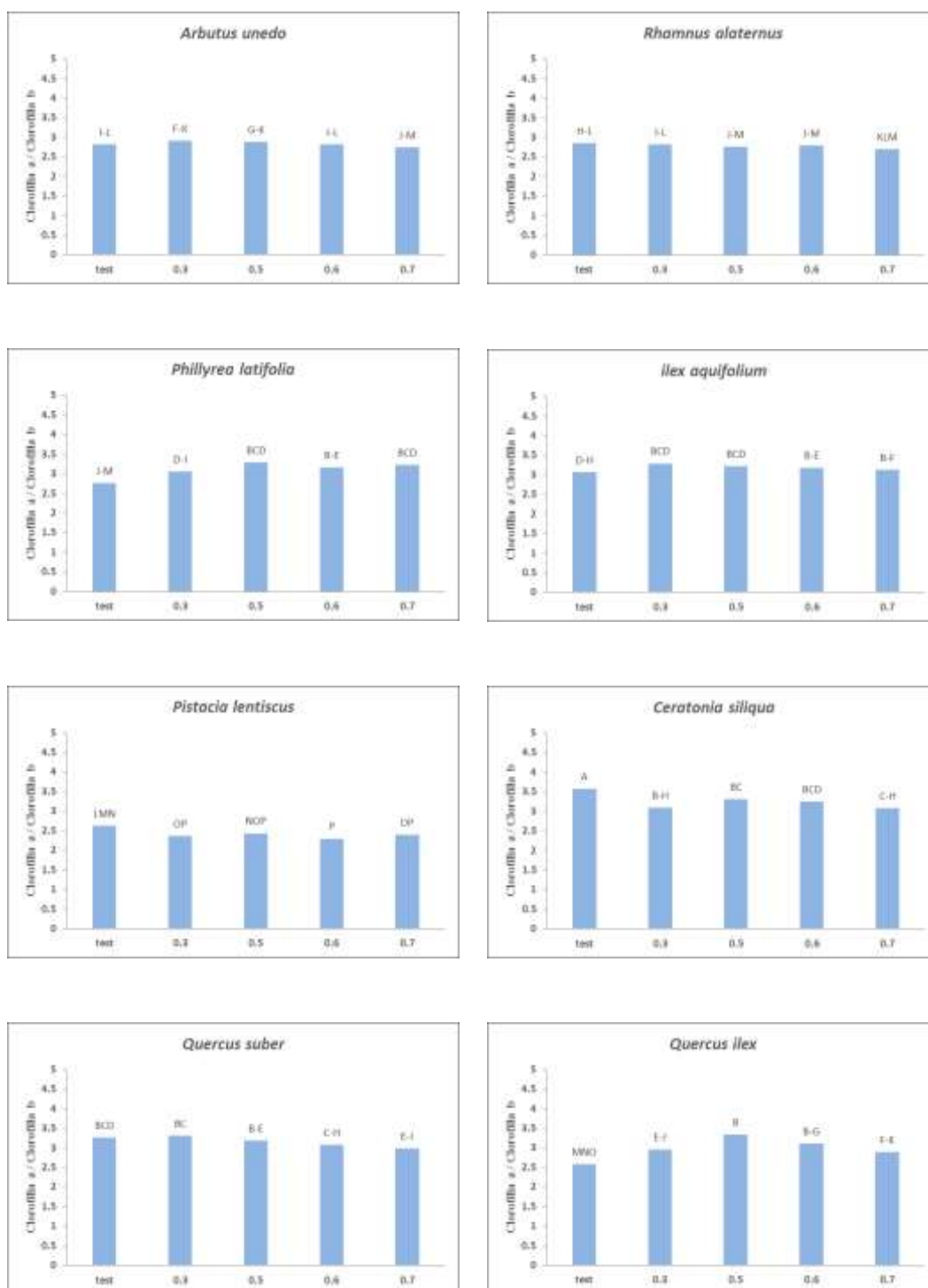


Figura 22. Rapporto tra contenuto di clorofilla *a* e contenuto di clorofilla *b* nelle foglie delle talee semilegnose utilizzate nelle prove di propagazione. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Mura Gian Paola

“Influenza dell’ombreggiamento sulla propagazione agamica di specie della macchia mediterranea”

Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari

Indirizzo in : Agrometeorologia e Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali

Nell'alaterno il valore più basso era nel settore di controllo (3,68), mentre quello più elevato si registrava nel settore ombreggiato al 70% (4,16).

La fillirea mostrava valori nettamente superiori nella tesi al 70% (7,41), i valori più bassi erano quelli della tesi al 30% (3,68).

Nell'agrifoglio il valore più alto era quello del settore di controllo (6,55), mentre il valore più basso era quello registrato nel settore al 60% (5,78).

Nel lentisco il settore al 50% era quello con un rapporto tra clorofilla totale e carotenoidi più elevato (5,17), i valore più basso si avevano nella tesi al 70% (4,58) e nel settore di controllo (4,57).

Il carrubo faceva il valore più elevato nel settore della tesi al 70% (5,78), mentre il valore più basso era relativo al settore di controllo (4,77).

La sughera mostrava valori più o meno costanti in tutte le tesi, tuttavia la tesi al 60% presentava i valori più elevati (5,86), mentre la tesi al 50% presentava il valore più basso (5,65).

Il leccio registrava il valore più basso nella tesi di controllo (4,76), mentre il settore della tesi al 70% faceva registrare il valore più alto (6,11).

Nelle Figura 24 sono riportati i dati relativi al contenuto di polifenoli nelle parti legnose delle talee semilegnose prelevate per le prove di propagazione.

Nel corbezzolo il contenuto più basso di polifenoli era quello relativo alla tesi al 70% (16,57 g/kg), mentre nella tesi di controllo e in quella al 30% si registravano i valori più elevati (23,18 e 25,02 g/kg).

Nell'alaterno il contenuto di polifenoli più basso nelle talee era nel settore di ombreggiato al 30% (10,16 g/kg), mentre nel settore di controllo era pari a 12,60 g/kg.

La fillirea mostrava il valore più basso nel settore di ombreggiato al 60% (7,35 g/kg), mentre registrava il contenuto più alto nella tesi di controllo (12,06 g/kg).

L'agrifoglio mostrava il contenuto in polifenoli più basso rispetto a tutte le altre specie. Nella tesi di controllo la quantità di polifenoli è risultata leggermente più elevata (3,33 g/kg) rispetto alle altre tesi, tuttavia tali differenze non sono risultate statisticamente significative.

Nel lentisco il settore al 60% era quello con il contenuto di polifenoli più basso (10,58 g/kg) e il valore più alto si aveva nella tesi al 70% (24,09 g/kg).

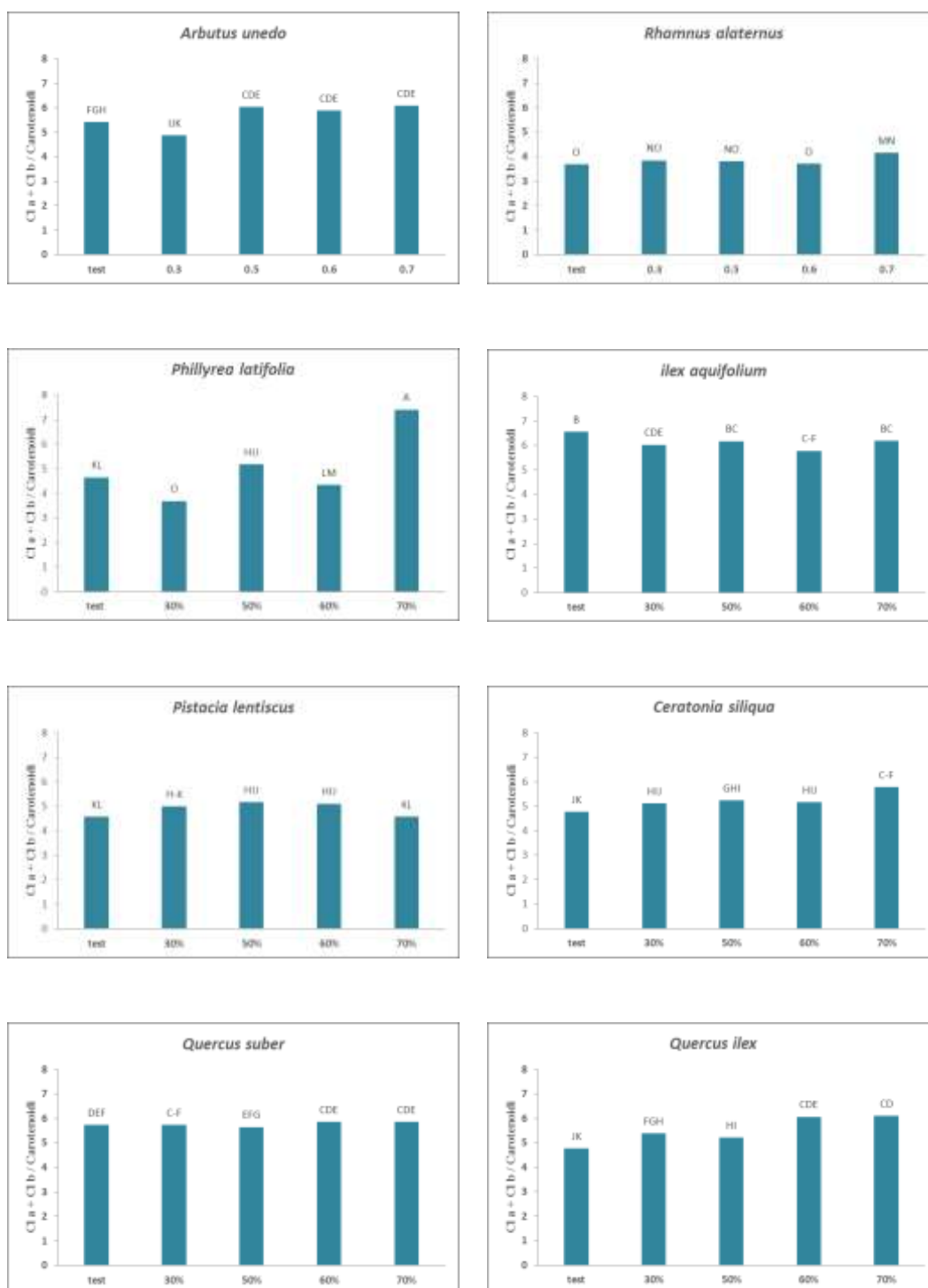


Figura 23. Rapporto tra contenuto in clorofille (Cl a + Cl b) e contenuto in carotenoidi nelle foglie delle talee semilegnose utilizzate nelle prove di propagazione. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Mura Gian Paola

“Influenza dell’ombreggiamento sulla propagazione agamica di specie della macchia mediterranea”

Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari

Indirizzo in : Agrometeorologia e Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali

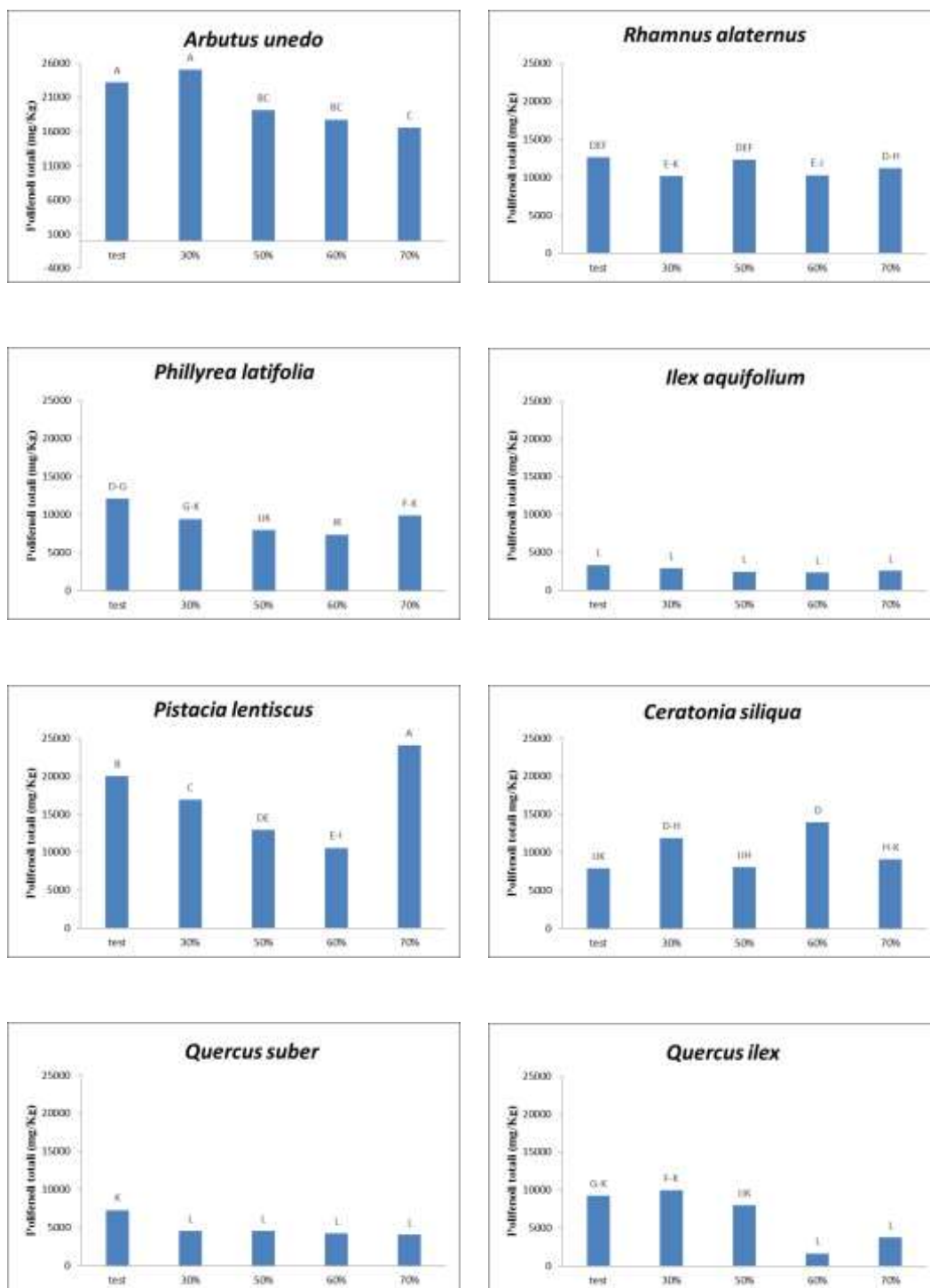


Figura 24. Contenuto di polifenoli nelle parti lignificate delle talee semilegnose utilizzate nelle prove di propagazione. Le differenze sono statisticamente significative per  $p \leq 0,05$ .

Il carrubo faceva registrare contenuto di polifenoli nelle talee più elevato nel settore della tesi al 60% (13,92 g/kg), mentre i valori più bassi erano nel settore di controllo (7,89 g/kg).

La sughera mostrava un contenuto di polifenoli di 7,27 g/kg nella tesi di controllo e di 4,04 g/kg nella tesi al 70%.

Il leccio aveva valore più basso nella tesi di al 70% (3,76 g/kg), mentre il settore della tesi al 30% ha fatto registrare il valore più alto (9,98 g/kg).

## DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Tra i principali effetti dell'ombreggiamento sulla vegetazione delle specie considerate vi è sicuramente un aumento del tasso di accrescimento della nuova vegetazione. Tale incremento è documentato dalla misura del tasso di accrescimento dei germogli campione (Fig. 1), per il quale solo la specie alaterno mostra assenza di differenze tra le tesi, e dalle misure di accrescimento complessivo delle piante appositamente misurate (Figg. 4, 5 e 6). Queste ultime sono risultate più influenzate dalle tesi di ombreggiamento nel periodo di osservazione compreso tra 6 e 12 mesi dall'inizio della prova, mantenendo solo l'alaterno, il leccio e la sughera un comportamento complessivamente anomalo. Le differenze nel tasso di accrescimento vegetativo delle piante, principalmente riconducibili all'allungamento degli internodi e alla filatura dei germogli, si sono mostrate attenuate nell'ulteriore semestre di permanenza delle piante nelle condizioni sperimentali. I raggi UV, infatti, inducono molteplici alterazioni morfologiche. Tra le più importanti si annoverano le modifiche sullo spessore delle foglie, sulla lunghezza dei piccioli, l'arricciamento delle foglie, alterazione della forma e della larghezza delle stesse, decresce l'allungamento degli steli, aumentano le ramificazioni ascellari e l'accestimento. Inoltre si ha l'alterazione del rapporto tra radici e germogli e della struttura dell'infiorescenza (Jansen, 2002; Furness *et al.*, 2005; Hectors *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2008; Wargent *et al.*, 2009a,b; Klem *et al.*, 2012; Robson e Aphalo, 2012).

Anche nel presente studio le dimensioni medie del lembo fogliare sono risultate sensibilmente maggiori nelle piante mantenute sotto ombreggiamento, con particolare evidenza alla seconda data di controllo di questo parametro. Nel corbezzolo, la superficie fogliare, relativa alla seconda serie di misurazioni, è risultata maggiore nella tesi al 70% mostrando valori di 9 cm<sup>2</sup> contro i 5 cm<sup>2</sup> della tesi di controllo. Questo comportamento è stato osservato anche nell'alaterno, nella fillirea, nell'agrifoglio, nel lentisco, nel carrubo, nella sughera e nel leccio. Tali dati sono in accordo con quelli trovati da Cardillo e Bernal (2006) su piantine di sughera. Anche in *Sebastiania myrtilloides*, Marques e altri (1999)

hanno trovato che la superficie fogliare delle foglie provenienti da piante tenute in habitat ombreggiato era del 217% superiore a quelle delle piante tenute al sole. Anche nella specie *Myrtus communis* è stato dimostrato che le piante che crescono in condizioni di scarsa luminosità presentano una superficie fogliare maggiore per unità di massa secca (Mendes *et al.*, 2001).

Complessivamente, quindi, la giovane vegetazione cresciuta e stabilizzata nelle condizioni di ombreggiamento maggiore era in linea di massima costituita da germogli più lunghi e dotati di foglie più grandi, mostrando una più lunga permanenza dei caratteri giovanili della vegetazione. Non sempre, tuttavia, a tali evidenze morfologiche è risultata conseguente una aumentata capacità di radicazione delle talee ottenute dai germogli di età inferiore ad un anno. I risultati dei test di radicazione delle talee semilegnose fogliate mostrano, infatti, che solo la specie alaterno, di cui era già nota la discreta attitudine alla radicazione, ha fatto registrare discrete percentuali di radicazione. In questo caso, però, l'ombreggiamento ha determinato un peggioramento dei risultati sperimentali, mentre l'impiego dell'eziolamento combinato con l'ombreggiamento è risultato migliorativo rispetto alla percentuale di radicazione delle talee prelevate dalle piante di controllo in piena luce.

Anche la gran parte delle altre specie hanno mostrato miglioramento del tasso di radicazione molto modesto per effetto del solo ombreggiamento, come nel caso della fillirea, agrifoglio, lentisco e carrubo. Decisamente più interessanti sono risultati i dati forniti dalla combinazione dell'eziolamento dei germogli con l'ombreggiamento, particolarmente per le specie leccio, sughera, corbezzolo, fillirea e carrubo. Il leccio ha dato solo qualche risultato di radicazione nelle talee eziolate della tesi al 70% (45%), mentre per le talee non eziolate non è stata riscontrata alcuna radicazione. Le talee di sughera eziolate non hanno radicato nei settori di controllo e nel settore della tesi al 60%, mentre le percentuali più alte sono state registrate nei settori al 50% e al 70% (29,0%). Risultati ancor più negativi per la sughera sono stati riscontrati con le talee non eziolate dove non è stata osservata alcuna radicazione. La stessa tendenza è stata osservata nel corbezzolo dove solo le talee eziolate hanno mostrata una discreta capacità di radicazione, inoltre nelle tesi ombreggiate si sono registrate percentuali di radicazione più elevate rispetto al controllo. Anche per il carrubo l'ombreggiamento e l'eziolamento hanno avuto un effetto positivo sulla radicazione. Questo è in accordo con lo studio effettuato da Doud



e Carlson (1977) dove l'eziolamento, riducendo la percentuale di tessuto sclerenchimatico in misura del 10%, ha favorito la percentuale di radicazione del melo, passando da una media del 6% a valori superiori al 72%.

Per quanto riguarda le differenze indotte dalle tesi di ombreggiamento ed eziolamento sul contenuto di macroelementi delle talee intere osserviamo poche differenze statisticamente significative per quanto riguarda l'azoto e il fosforo. In alcuni studi è stata trovata una correlazione positiva tra contenuto di azoto nelle foglie e irradianza (Mendes *et al.*, 2001). Anche se le differenze non sono risultate statisticamente significative, anche nel presente lavoro è stata osservata una tendenza a un maggior accumulo di azoto nelle talee non eziolate. Il potassio, calcio, magnesio e sodio sono risultati più elevati nei tessuti sottoposti ad ombreggiamento. Questa tendenza appare piuttosto netta e porta ad ipotizzare che i tessuti, poco lignificati per effetto della scarsa intensità luminosa, siano sostenuti meccanicamente da una maggiore pressione osmotica, che giustificerebbe i contenuti più elevati di potassio e sodio, e da una maggiore saturazione in calcio e magnesio dei carboidrati strutturali delle pareti cellulari, probabilmente meno lignificate.

Minori differenze sono state osservate per quanto riguarda il contenuto dei microelementi delle talee, registrandosi un leggero incremento dello zinco all'aumentare dell'intensità di ombreggiamento per l'agrifoglio e del ferro per l'alaterno.

Dias e altri (2007), lavorando sulla specie *Lithraea molleoides* (Vell.), hanno trovato una minore quantità di elementi minerali nelle foglie esposte al sole rispetto a quelle ombreggiate, ad eccezione del Ca e del Mg che sono risultati nelle medesime quantità.

Per quanto riguarda il contenuto di amido nelle talee, per la maggior parte delle specie prese in esame, non sono state osservate differenze statisticamente significative tra le talee eziolate e non eziolate. In particolare, solo le specie "controllo" hanno mostrato un contenuto di amido nelle talee maggiore rispetto alle altre specie. Sia nell'alaterno che nell'agrifoglio le percentuali maggiori sono quelle relative alle talee eziolate delle piante tenute alla luce. Un elevato contenuto in amido è stato riscontrato anche nelle talee non eziolate ma provenienti dalle piante ombreggiate al 70%. In teoria, il contenuto di carboidrati non strutturali fogliari tende a relazionarsi positivamente con l'irradianza (Niinemets, 1995; 1997; Johnson *et al.*, 1997), questo riflette un aumento della produzione fotosintetica giornaliera anche a causa dell'elevata conduttanza stomatica che consente una

maggior acquisizione di carbonio. Tuttavia, come nel nostro studio, altri autori confrontando foglie di sclerofille sempreverdi tenute al sole con foglie all'ombra non hanno trovato differenze significative nella concentrazione di zuccheri solubili, anzi, in alcune specie hanno riscontrato un tenore di amido superiore nelle foglie tenute in condizioni di scarsa luminosità (Mendes *et al.*, 2001).

Per quanto riguarda il contenuto in clorofilla *a*, clorofilla *b* e carotenoidi, come mostrano le Figure 18-20, al settore con una più alta intensità di ombreggiamento corrisponde un più alto contenuto in clorofilla *a* e *b* e carotenoidi nelle talee. Questo comportamento è stato osservato in quasi tutte le specie prese in esame ad esclusione del lentisco. Infatti, per massimizzare l'assorbimento luminoso, le foglie ombreggiate hanno un'area maggiore e un più alto contenuto in clorofilla *a*. Dunque l'adattamento all'ombra mostra che le piante cresciute con bassi regimi di radiazione luminosa si adattano aumentando la loro capacità ricettiva della stessa (Anderson *et al.*, 2008).

Anche nel lavoro di Baldi e altri (2012) sul cipresso, le foglie ombreggiate hanno mostrato un maggiore contenuto in clorofilla *a* e clorofilla *b*, e carotenoidi rispetto alle soleggiate, queste ultime hanno mostrato un maggiore rapporto clorofilla *a*/clorofilla *b* e un minore rapporto clorofilla totale/carotenoidi rispetto alle ombreggiate. I nostri dati mostrano la medesima tendenza (Fig. 22), infatti, ad eccezione del leccio, della fillirea e dell'agrifoglio, la tesi di controllo ha fatto registrare il maggior rapporto  $Cl_a / Cl_b$ . Nel lavoro di Sarijeva (2007) le foglie (*Ginkgo biloba* L.) esposte al sole possiedono più alti livelli di clorofille e carotenoidi, alti valori del rapporto clorofilla *a/b* e bassi rapporti clorofilla/carotenoidi rispetto alle foglie in ombra. Le differenze nel contenuto totale di pigmenti e nel rapporto clorofilla *a/b* e clorofilla/carotenoidi tra foglie al sole e foglie in ombra, come visto in altre piante (Lichtenthaler, 1981), sono dovute alla risposta all'adattamento all'alta irradiazione da parte dell'apparato fotosintetico delle foglie al sole con una minore quantità di clorofille *a/b* che catturano la luce (LHCII) e un maggior numero di centri di reazione sulla base del contenuto totale in clorofilla rispetto alle foglie in ombra (Lichtenthaler *et al.*, 1982). Anche nello studio di Mendes (2001) la concentrazione di clorofilla totale (*a + b*) per unità di superficie fogliare (CHLA) è sempre risultata superiore nelle foglie al sole che nelle foglie all'ombra (Mendes *et al.*, 2001). Al contrario, dai nostri risultati è emerso che le foglie delle piante maggiormente ombreggiate mostravano un contenuto di clorofilla (*a + b*) maggiore rispetto a quelle alla luce.

Dalla letteratura emerge che un altro effetto che la luce esercita sulle piante e riguarda l'accumulo di pigmenti fenolici (Jenkins, 2009; Hideg *et al.*, 2013). Nel nostro lavoro, per quanto riguarda l'accumulo di polifenoli nelle talee, i dati mostrano una tendenza differente a seconda della specie. Infatti, nel corbezzolo, nella fillirea e nel leccio il contenuto più elevato in polifenoli riguardava le talee provenienti dalle piante allevate alla luce, mentre nel lentisco le percentuali maggiori erano quelle relative alle talee ombreggiate al 70%. Nella sughera e nell'agrifoglio non sono state riscontrate differenze tra le diverse tesi. Nell'orzo l'analisi della morfogenesi indotta dai raggi UV ha rilevato una forte relazione inversa tra il contenuto di flavonolo nelle foglie e area specifica fogliare, ciò sta a significare che le foglie con alto contenuto in flavonoidi risultavano relativamente più spesse (Klem *et al.*, 2012).

In conclusione possiamo affermare che le tecniche di ombreggiamento studiate non sono consigliabili in assoluto per una lunga permanenza (oltre 12-18 mesi) di piante madri destinate alla propagazione agamica, in quanto alcune specie hanno mostrato scarsa adattabilità alle condizioni di allevamento, come nel caso di leccio, sughera e alaterno. Altre specie si sono mostrate tolleranti nei confronti dei tassi di ombreggiamento più contenuti, come il lentisco, la fillirea, il carrubo e l'agrifoglio, non potendosi escludere che in tali condizioni le piante possano permanere per periodi più lunghi rispetto agli ombreggiamenti al 60 e 70%.

Resta da esplorare l'ottimizzazione della tecnica di eziolamento dei germogli che è risultata assai promettente per le osservazioni effettuate in questa ricerca.

## BIBLIOGRAFIA

- Al Barazi A., Schwabe W.W, 1984. The possible involvement to polyphenol-oxidase and the auxin-oxidase system in root formation and development in cuttings of *Pistacia vera*. The Journal of Horticultural Science, Ashford, 59: 453-461.
- Anderson J.M., Chow W.S., De Las Rivas J., 2008. Dynamic flexibility in the structure and function of photosystem II in higher plant thylakoid membranes: the grana enigma, Photosynth. Res. 98: 575–587.
- Atzei A.D., 2003. Le piante nella tradizione popolare della Sardegna. Delfino Ed., Sassari.
- Atzei A.D., Camarda I, Piras G., Satta V., 2004. Usi tradizionali e prospettive future delle specie della macchia mediterranea in Sardegna. Italus Hortus pag. 50-60.
- Baldi P., Muthuchelian K., La Porta N., 2012. Leaf plasticity to light intensity in Italian cypress (*Cupressus sempervirens* L.): Adaptability of a Mediterranean conifer cultivated in the Alps. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 117: 61–69.
- Baldini E., 1986. Arboricoltura generale: 30-38.
- Bassuk N., Maynard B., 1987. Stock plant etiolation. HortScience, Alexandria, 22 (5): 749-750.
- Bassuk N.L., Hunter L.D., Howard B.H., 1981. The apparent involvement of polyphenol oxidase and phioridizin in the production of apple rooting cofators. The Journal of Horticultural Science, Ashford, 56: 313-322.
- Bassuk N., Maynard B., Creedon J., 1987. Stock plant etiolation and banding for softwood cutting propagation: working towards commercial application. Proceedings International Plant Propagators' Society. Seattle, 36: 599-604.
- Bussell J.S., Gwynn-Jones D., Griffith G.W. & Scullion J., 2012. Above- and below-ground responses of *Calamagrostis purpurea* to UV-B radiation and elevated CO<sub>2</sub> under phosphorus limitation. Physiologia Plantarum 145, 619– 628.
- Bussotti F., Piccini C., Piotto B., Cervelli C., 2004. La macchia mediterranea: la

- vegetazione e il suo rapporto con l'uomo. In: Le specie arbustive della macchia mediterranea – Un patrimonio da valorizzare. Collana Sicilia Foreste. Supplemento alla Rivista trimestrale Sicilia Foreste: 30-36.
- Calatayud A., Roca D., Gorbe E., Martynez P.F, 2007. Light acclimation in rose (*Rosa hybrida* cv. Grand Gala) leaves after pruning: effects on chlorophyll a fluorescence, nitrate reductase, ammonium and carbohydrates, *Scientia Horticulture* 111: 152–159.
- Camarda I., Valsecchi F., 1983. Alberi e arbusti spontanei della Sardegna. Gallizzi, Sassari.
- Camarda I., 1984. L'influence humaine dans la chaîne calcaire du Monte Albo (Sardaigne centre-orientale). *Coll. Phytosociologies* 11:511-512.
- Camarda I., Satta V., 1995. Compendio delle associazioni vegetali della Sardegna. La vegetazione italiana. *Acc. Naz. Lincei* 115:307-360.
- Camarda I., 2004. La macchia mediterranea come ecosistema forestale complesso. *Italus Hortus*, 11:8- 15.
- Cardillo E., Bernal C.J., 2006. Morphological response and growth of cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings at different shade levels. *Forest Ecology and Management* 222: 296–301.
- Cervelli C., De Lucia B., 2004. Floricoltura, vivaismo e arredo verde: gli usi ornamentali delle piante della macchia mediterranea. *Italus Hortus* 11: 4 40-49.
- Chazdon R.L., Kaufmann S., 1993. Plasticity of leaf anatomy of two rain forest shrubs in relation to photosynthetic light acclimation. *Funct. Ecol.*, 7: 385-394.
- Deidda P., Mulas M., 1999. Due specie frutticole minori per una frutticoltura sostenibile: *Myrtus communis* L. e *Arbutus unedo* L.. Risultati di alcune ricerche condotte in Sardegna (Italia). *Actas del Congreso Europeo de Agricultura sostenible en ambientes mediterraneos*. Badajoz-Merida, 22-25 de marzo. 50-54.
- Deidda P., Mulas M., 2004. La coltivazione e la valenza polifunzionale delle piante mediterranee. *Italus Hortus*, 11(4): 31-36.
- Deidda P., Mulas M., 2010. Biodiversità e macchia mediterranea. *Atti della Giornata di Studio su "La Biodiversità nell'Arboricoltura Italiana"*. Palermo, 20 aprile 2007: 109-114 relation to photosynthetic light acclimation. *Funct. Ecol.*, 7: 385-394.
- Dias J., Pimenta J.A., Medri M.E., Boeger M.R.T., Freitas C., 2007. Physiological aspects of sun and shade leaves of *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. (Anacardiaceae).

- Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 50, n. 1, p. 91-99.
- Doud S.L., Carlson R.F., 1977. Effects of etiolation, stem anatomy, and starch reserves of root initiation of layered *Malus* clones. J.Amer. Soc. Hort. Sci. 102: 487-491.
- Economou A.S., Read P.E., 1987. Light treatments to improve efficiency of in vitro propagation systems. Hort Science, Alexandria, 22 (5): 751-754.
- Esau K. 1977. Anatomy of seed plants. 2 ed. Wiley. NewYork.
- Fahn A., Cuttler D.F., 1992. Xerophytes. Gebruder Borntraeger. Berlin.
- Furness N.H., Jolliffe P.A., Upadhyaya M.K., 2005. Competitive interactions in mixtures of broccoli and *Chenopodium album* grown at two UV-B radiation levels under glasshouse conditions. Weed Research 45, 449–459.
- Galston A.W., Purves W.K., 1960. The mechanism of action of auxin. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, 11: 239-276.
- Gardner F.E., 1936. Etiolation as a method of rooting apple variety stem cuttings. Proceedings American Society for Horticultural Science, St. Joseph, 34: 323-329.
- Garnier E., Laurent G., 1994. Leaf anatomy, specific mass and water content in cogenetic annual and perennial grass species. New Phytol., 128: 725-736.
- Hectors K., Prinsen E., De Coen W., Jansen M.A.K., Guisez Y., 2007. *Arabidopsis thaliana* plants acclimated to low dose rates of ultraviolet B radiation show specific changes in morphology and gene expression in the absence of stress symptoms. The New Phytologist 175, 255–270.
- Hideg E., Jansen M.A.K., Strid A., 2013. UV-B exposure, ROS, and stress: inseparable companions or loosely linked associates? Trends in Plant Science, 18: 107–115.
- James D.J., Thurbon I.J., 1981. Shoot and root initiation in vitro in the apple rootstock M.9 and the promotive effects of phloroglucinol. The Journal of Horticultural Science, Ashford, 56 (1): 15-20.
- Jansen M.A.K., 2002. Ultraviolet-B radiation effects on plants: induction of morphogenic responses. Physiologia Plantarum 116, 423–429.
- Jarvis P. G., 1964. The adaptability to light intensity of seedlings of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. J. Ecol., 52:545-571.
- Jenkins G.I., 2009. Signal transduction in responses to UV-B radiation. Annual Review of Plant Biology, 60: 407– 431.
- Johnson J.D., Tognetti R., Michelozzi M., Pinzauti S., Minotta G., Borghetti M., 1997.

- Ecophysiological responses of *Fagus sylvatica* seedlings to changing light conditions. II. The interaction of light environment and soil fertility on seedling physiology. *Physiol. Plant.* 101, 124–134.
- Kawase M., 1965. Etiolation and rooting in cuttings. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 18:1066-1076.
- Kendrick R.E., Kronenberg G.H.M., 1994. *Photomorphogenesis in Plants*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- Klem K., Ac A., Holub P., Kovac D., Spunda V., Robson T.M., Urban O., 2012. Interactive effects of PAR and UV radiation on the physiology, morphology and leaf optical properties of two barley varieties. *Environmental and Experimental Botany*: 75, 52–64.
- Konishi M., Galston A.W., 1964. Light-induced change in phenolic inhibitors on indole acetic acid oxidase in cotyledons of *Pharbitis nil*. *Phytochemistry*, Oxford, 3: 559-568.
- La Viola F., Forleo L.R., Coccozza Talia M.A., 2004. Propagazione agamica di alcune specie della macchia mediterranea. *Italus Hortus*, 11:186-190.
- Lavola A., Julkunen-Titto R., de la Rosa T.M., Lehto T., Aphalo P.J., 2000. Allocation of carbon to growth and secondary metabolites in birch seedlings under UV-B radiation and CO<sub>2</sub> exposure. *Physiologia Plantarum* 109: 260–267.
- Lichtenthaler H.K., 1981. In: Akoyunoglou G, editor. *Photosynthesis IV*. Philadelphia: Balaban Internat Science Service, 273–85.
- Lichtenthaler H.K., Kuhn G., Prenzel U., Meier D., 1982. *Physiol Plant*, 56:183–8.
- Lichtenthaler H. K., Ač A., Marek M. V., b, Kalina J., Urban O, 2007. Differences in pigment composition, photosynthetic rates and chlorophyll fluorescence images of sun and shade leaves of four tree species. *Plant Physiology and Biochemistry* 45: 577–588.
- Marques A.R., Garcia Q.S., Fernandes G.W., 1999. Effects of sun and shade on leaf structure and sclerophilly of *Sebastiania mirtilloides* (Euphorbiaceae) from Serra do Cipó, Minas Gerais, Brazil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, 18: 21–27.
- Maynard B.K., Bassuk N.L., 1988. Etiolation and banding effects on adventitious root formation. In: Davies T.D., Haissing B.E., Sankhla N. (Eds.). *Adventitious root*

- formation in Biasi cuttings. Portland, Dioscorides Press, 2: 29-46.
- McCleary B. V., Gibson T. S., Mugford D. C., 1997. Measurement of total starch in cereal products by amyloglucosidase -  $\alpha$ -amylase method: Collaborative study. J. AOAC Int. 80, 571-579.
- Mendes M.M., Gazarini L.C., Rodrigues M.L., 2001. Acclimation of *Myrtus communis* to contrasting Mediterranean light environment- effects on structure and chemical composition of foliage and plant water relations. Environ. Exp Bot., 45 (2):165-178.
- Mooney H. A., Dunn E. L., 1970. Couvergent evolution of Mediterranean climate evergreen sclerophyll shrubs. Evolution, 24:292-303.
- Mulas M., Abeltino P., Brigaglia N., 1997. Studio della variabilità fenologica in popolazioni spontanee di lentisco (*Pistacia lentiscus* L.). Atti del I congresso su “La Ricerca Italiana per le Foreste e la Selvicoltura”, Padova, 4-6 Giugno: 161-163.
- Mulas M., Brigaglia N., Cani M.R., 1997. Osservazioni preliminari sul germoplasma spontaneo di corbezzolo (*Arbutus unedo* L.) per la selezione di ecotipi con frutti adatti al consumo fresco. Atti del 3° Convegno Nazionale su “Biodiversità: Tecnologie - Qualità”, Reggio Calabria 16-17 giugno: 491-494.
- Mulas M., Deidda P., 1998. Domestication of woody plants from mediterranean maquis to promote new crops for mountain lands. Acta Horticulturae, 457: 295-301.
- Mulas M., Cani M.R., Brigaglia N., Deidda P., 1998. Selezione varietale da popolazioni spontanee per la coltivazione di mirto e corbezzolo in Sardegna. Frutticoltura, 60(3): 45-50.
- Mulas M., Abeltino P., Brigaglia N., 1999. Il lentisco (*Pistacia lentiscus* L.) nell’ambiente mediterraneo: biodiversità e potenziale ecologico. Monti e Boschi, (2): 5-9.
- Mulas M., 2002. Variabilità delle risorse genetiche e domesticazione di specie legnose spontanee dell’ambiente mediterraneo. Atti delle “VI Giornate Scientifiche SOI” – Workshop. Spoleto (PG), 23-25 aprile: 5-8.
- Mulas M., Fadda A., Cauli E., Sulis S., 2004. Caratterizzazione di selezioni di leccio (*Quercus ilex* L.) provenienti da popolazioni della Sardegna Centrale. Italus Hortus, 11(4): 225-227.
- Mulas M., Nieddu P., Mulas G., 2004a. Studio delle caratteristiche morfologiche di accessioni di corbezzolo (*Arbutus unedo* L.) e fillirea (*Phillyrea ssp* L.) provenienti dalla Sardegna Centrale. Italus Hortus, 11 (4):210-213.



- Mulas M., Deidda P., Chessa I., 2005. Risorse dei sistemi vegetali mediterranei. Atti della Giornata di studio su “Polifunzionalità delle specie vegetali della macchia mediterranea”. Firenze, 11 marzo 2004. I Georgofili, Serie VIII - Vol. 1: 131-150.
- Mutikainen P., Walls M., Ovaska J., Keinanen M., Julkunen-Tiitto R., Vapaavuori E., 2002. Costs of herbivore resistance in clonal saplings of *Betula pendula*. *Oecologia*, 133: 364–371.
- Niinemets, U., 1995. Distribution of foliar carbon and nitrogen across the canopy of *Fagus sylvatica*: adaptation to a vertical light gradient. *Acta Oecol.* 16, 525–541.
- Niinemets, U., 1997. Role of foliar nitrogen in light harvesting and shade-tolerance of four temperate deciduous woody species. *Func. Ecol.* 11, 518–531.
- Ovington J.D., MacRae C., 1960. The growth of seedlings of *Quercus petraea*. *J. Ecol.*, 48: 549-555.
- Pignatti G., Crobeddu S., 2005. Effects of rejuvenation on cutting propagation of Mediterranean shrub species. *Forest@* 2 (3): 290-295.
- Plaisance G., 1955. Influence de la lumiere sur les semis de Chene. *Bull. Soc. His. Nat. Doubs.*, 59:171-181.
- Robson T.M., Aphalo P.J., 2012. Species-specific effect of UV-B radiation on the temporal pattern of leaf growth. *Physiologia Plantarum* 144, 146–160.
- Robson T. M., Klem K., Urban O., Jansen M. A. K., 2014. Re-interpreting plant morphological responses to UV-B radiation. *Plant, Cell and Environment*. Review;
- Rochaix J.D., 2011. Regulation of photosynthetic electron transport, *Biochim. Biophys. Acta*, 1807: 375–383.
- Rohrig E., 1967. Wachstum junger Laubholzpflanzen bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen. *Allg. Forst-u. Jagdztg.* 138: 224-239.
- Sarijeva G., Knapp M., Lichtenthaler H.K., 2007. Differences in photosynthetic activity, chlorophyll and carotenoid levels, and in chlorophyll fluorescence parameters in green sun and shade leaves of *Ginkgo* and *Fagus*. *Journal of Plant Physiology* 164: 950-955.
- Sims D.A., Pearcy R.W., 1992. Response of anatomy and photosynthetic capacity in *Alocasia macrorrhiza* (Araceae) to a transfer from low to high light. *Amer. J. Bot.*, 79: 449-455;
- Spano D., Duce P., 2004. Funzionalità dei sistemi a macchia mediteranea. *Italus Hortus*:

- 16-19;
- Suner A., Rohrig E., 1980. die Entwicklung der Buchennaturverjüngung in Abhängigkeit von der Auflichtung des Altbestandes. *Forstarchiv*, 51: 145-149;
- Thompson W.A., Kriedeman P.E., Craig I.E., 1992. Photosynthetic response to light and nutrients in sun-tolerant and shade-tolerant rainforest trees. I. Growth, leaf anatomy and nutrient content. *Austral. J. Pl. Physiol.*, 19: 1-18;
- Trombuis A., 1987. Disturbance in mediterranean islands a demographic approach to change insular ecosystems. *Ekistics*, V54, N323-324, p 127;
- Valladares F., Niinemets U., 2008. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences, *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 39: 237–257;
- Wargent J.J., Gegas V.C., Jenkins G.I., Doonan J.H., Paul N.D., 2009a. UVR8 in *Arabidopsis thaliana* regulates multiple aspects of cellular differentiation during leaf development in response to ultraviolet B radiation. *The New Phytologist* 183, 315–326;
- Wargent J.J., Moore J.P., Roland Ennos A., Paul N.D., 2009b. Ultraviolet radiation as a limiting factor in leaf expansion and development. *Photochemistry and Photobiology* 85, 279–286;
- Witkowski. E.T.F., Lamont B.B., 1991. Leafspecific mass confounds leaf density and thickness. *Oecologia* 88: 486-493;
- Yang Y., Yao Y., He H., 2008. Influence of ambient and enhanced ultraviolet-B radiation on the plant growth and physiological properties in contrasting populations of *Hippophae rhamnoides*. *Journal of Plant Research* 121, 377–385;
- Zenk M.H., Muller G., 1963. In vivo destruction of exogenously applied indolyl-3-acetic acid as influenced by naturally occurring phenolic acids. *Nature, London*, 200: 761-763;
- Ziegenhagen B., Kausch W., 1995. Productivity of young shaded oaks (*Quercus robur* L.) as corresponding to shoot morphology and leaf anatomy. *Forest Ecology and Management*, 72: 97-108.