



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DELLA TUSCIA  
VITERBO**

FACOLTA' DI AGRARIA

DIPARTIMENTO DI PROTEZIONE DELLE PIANTE

CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA IN  
PROTEZIONE DELLE PIANTE  
- XXI CICLO -

**“Studio delle problematiche inerenti la biologia ed il controllo  
delle popolazioni del cinipide galligeno del castagno  
*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu nel viterbese”**

AGR/11

Dottoranda: Manuela Stacchiotti

Tutore: Prof. Bruno Paparatti

Cotutore: Dott. Stefano Speranza

Coordinatore: Prof. Leonardo Varvaro

*”..Dicono che c’è un tempo per seminare  
e uno più lungo per aspettare..  
io dico che c’era un tempo sognato  
che bisognava sognare..”*

*“C’è tempo”, Ivano Fossati (2003)*

# INDICE

<b>1 INTRODUZIONE</b>	pag. 7
<b>2 IL CASTAGNO</b>	pag. 9
<b>2.1 INQUADRAMENTO SISTEMATICO</b>	pag. 9
<b>2.1.1 <i>Castanea crenata</i> Sieb. Et Zucc. (Giappone, Cina orientale e Corea)</b>	pag. 9
<b>2.1.2 <i>Castanea mollissima</i> Blum (Cina orientale e meridionale)</b>	pag. 10
<b>2.1.3 <i>Castanea dentata</i> Borkhausen (Stati orientali U.S.A.)</b>	pag. 10
<b>2.1.4 <i>Castanea pumilia</i> Miller (Stati Uniti orientali U.S.A.)</b>	pag. 10
<b>2.1.5 <i>Castanea sativa</i> Mill. Castagno europeo</b>	pag. 11
<b>2.2 CASTANEA SATIVA MILL.</b>	pag. 15
<b>2.2.1 ORIGINE E DIFFUSIONE</b>	pag. 15
<b>2.2.2 HABITAT ED ESIGENZE AMBIENTALI</b>	pag. 15
<b>2.2.3 VARIETA'</b>	pag. 16
<b>2.2.4 ANALISI VARIETALE DEL CASTAGNO NEL COMPRESORIO                 DEI MONTI CIMINI</b>	pag. 19
<b>2.2.5 L'IMPIANTO PER IL CASTAGNETO DA FRUTTO</b>	pag. 20
<b>2.2.6 RACCOLTA E COMMERCIALIZZAZIONE</b>	pag. 22
<b>2.2.7 DIMENSIONE PRODUTTIVA NAZIONALE E LOCALE</b>	pag. 23
<b>2.2.8 SUPERFICIE NAZIONALE INVESTITA</b>	pag. 24
<b>2.2.9 PRODUZIONI NAZIONALI</b>	pag. 27
<b>2.2.10 SITUAZIONE LOCALE – SUPERFICI</b>	pag. 28
<b>2.2.11 ASPETTI DI MERCATO</b>	pag. 31
<b>2.2.12 LAVORAZIONE E COMMERCIALIZZAZIONE DELLE CASTAGNE</b>	pag. 32
<b>3 PRINCIPALI AVVERSITA' DEL CASTAGNO</b>	pag. 33
<b>3.1 AVVERSITA' ABIOTICHE</b>	pag. 33
<b>3.2 AVVERSITA' BIOTICHE</b>	pag. 33
<b>3.2.1 <i>Malattie fungine</i></b>	pag. 33
<b>3.3 PRINCIPALI FITOFAGI DEL CASTAGNO</b>	pag. 33

<b>3.3.1 Pammene fasciana</b> Linn., (Famiglia Tortricidae),	
Tortrice precoce delle castagne.	pag. 35
<b>3.3.2 Cydia fagiglandana</b> Zel., (Famiglia Tortricidae),	
Tortrice intermedia delle castagne.	pag. 37
<b>3.3.3 Cydia splendana</b> Hb., (Famiglia Tortricidae),	
Tortrice tardiva delle castagne.	pag. 39
<b>3.3.4 Curculio (<i>Balaninus</i>) elephas</b> Gyll., (Famiglia Curculionidae),	
Balanino delle castagne.	pag. 42
<b>3.3.5 Curculio propinquus</b> (Des.), (Famiglia Curculionidae),	Balanino.
	pag. 49
<b>3.3.6 Dryocosmus kuriphilus</b> (Yasumatsu), (Famiglia Cynipidae),	
Cinipide galligeno del castagno.	pag. 50
<b>3.4 LE GALLE</b>	pag. 56
<b>3.5 METODOLOGIE DI CONTROLLO DELLE POPOLAZIONI</b>	pag. 57
<b>3.5.1 ENDOTERAPIA</b>	pag. 57
<b>4 PARTE SPERIMENTALE</b>	pag. 61
<b>4.1 MATERIALI E METODI</b>	pag. 61
<b>4.1.1 AREA DI STUDIO</b>	pag. 61
<b>4.1.2 ATTIVITA DI RICERCA</b>	pag. 63
<b>4.1.3 ANALISI DELLE GEMME DI CASTAGNO PER LA</b>	
DETERMINAZIONE DELLA PERCENTUALE DI INFESTAZIONE	
E DEL NUMERO MEDIO DI LARVE PRESENTI PER GEMMA	pag. 64
<b>4.1.4 STUDIO DELLA BIOLOGIA DI</b>	
<i>DRYOCOSMUS KURIPHILUS</i>	pag. 64
<b>4.1.5 PROVE DI CONTROLLO CHIMICO DEL CINIPIDE (ANNO 2007)</b>	pag. 66
<b>4.1.5.1 Prove di controllo degli stadi preimmaginali del</b>	
Cinipide: trattamenti effettuati su gemme in germogliamento	pag. 66
<b>4.1.5.2 Prove di controllo con trattamenti a tutta chioma</b>	
su galle neo formate	pag. 67

4.1.5.3	Prove di controllo adalticida e dei primi stadi preimmaginali della nuova generazione del cinipide	pag. 67
4.1.6	TECNICHE ENDOTERICHE UTILIZZATE PER IL CONTROLLO	pag. 69
4.1.7	PROVE DI CONTROLLO CHIMICO DEL CINIPIDE (ANNO 2008)	pag. 70
4.1.8	RICERCA DI PARASSITOIDI INDIGENI DEL CINIPIDE	pag. 71
4.1.9	STUDIO DI FATTIBILITA' DI UN ALLEVAMENTO DEL CINIPIDE IN AMBIENTE PARTICOLARMENTE PROTETTO	pag. 71
4.1.10	RISPOSTE ELETTROANTENNOGRAFICHE DI <i>D. KURIPHILUS</i> AI COMPOSTI VOLATILI DELLE FOGLIE DI <i>CASTANEA SATIVA</i>	pag. 73
4.1.11	INTRODUZIONE E ALLEVAMENTO NEL LAZIO DEL PARASSITOIDE ESOTICO <i>TORYMUS SINENSIS</i>	pag. 79
<b>5</b>	<b>RISULTATI DELL'ATTIVITA' DI RICERCA</b>	pag. 82
5.1	ANALISI DELLE GEMME DI CASTAGNO PER LA DETERMINAZIONE DELLA PERCENTUALE DI INFESTAZIONE E DEL NUMERO MEDIO DI LARVE PRESENTI PER GEMMA	pag. 82
5.2	STUDIO DELLA BIOLOGIA DI <i>DRYOCOSMUS KURIPHILUS</i>	pag. 82
5.3	PROVE DI CONTROLLO CHIMICO DEL CINIPIDE (ANNO 2007)	pag. 87
5.3.1	Prove di controllo degli stadi preimmaginali del Cinipide: trattamenti effettuati su gemme in germogliamento	pag. 87
5.3.2	Prove di controllo su galle neoformate, con trattamenti a tutta chioma	pag. 94
5.3.3	Prove di controllo adalticida e di inibizione dei primi stadi preimmaginali della nuova generazione del cinipide	pag. 95
5.3.4	Risultati complessivi dei trattamenti effettuati nel 2007	pag. 97
5.4	PROVE DI CONTROLLO CHIMICO DEL CINIPIDE (ANNO 2008)	pag. 97
5.5	RICERCA DI PARASSITOIDI INDIGENI DEL CINIPIDE	pag. 99

<b>5.6</b> RISPOSTE ELETTRANTENNOGRAFICHE DI <i>D. KURIPHILUS</i> AI COMPOSTI VOLATILI DELLE FOGLIE DI <i>CASTANEA SATIVA</i>	pag. 106
<b>5.7</b> INTRODUZIONE E ALLEVAMENTO NEL LAZIO DEL PARASSITOIDE ESOTICO <i>TORYMUS SINENSIS</i>	pag. 112
<b>6</b> CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	pag. 114
<b>7</b> BIBLIOGRAFIA	pag. 118

## 1 INTRODUZIONE

Nell'ultimo decennio si è riscontrato un rinnovato e sempre più crescente interesse nazionale ed internazionale per il castagno, un'antica coltura che ha rappresentato nel passato l'esclusiva risorsa alimentare ed artigianale dei territori montani del nostro Paese.

Il castagno riveste il triplice ruolo di risorsa forestale, di specie da frutto e di elemento tipico del paesaggio montano. Il castagno europeo spontaneo (*Castanea sativa* Miller) infatti è l'elemento caratterizzante di un habitat selvicolturale di fondamentale valenza ecologica in buona parte dell'Europa centro-meridionale ed in Italia.

Nell'ambito della produzione castanicola, il comprensorio viterbese dei Monti Cimini presenta motivi di estremo interesse, poiché si sviluppa in una delle aree di coltivazione del castagno da frutto più vasta d'Europa; un territorio in cui la coltivazione del castagno è un'attività tradizionale che ha dato luogo a fustaie secolari di enorme valore paesaggistico ed ambientale. La produzione media del comprensorio viterbese rappresenta il 10-15% del totale nazionale; inoltre va sottolineato come dagli anni '70 ad oggi la superficie investita a castagno abbia subito un notevole incremento, passando da 2300 a 2800 ha circa.

L'agroecosistema castanicolo del Viterbese, nonostante sia ampio e ben strutturato, presenta alcuni elementi di fragilità nell'ambito dei suoi equilibri ecologici; da un lato è sottoposto alla minaccia dei frequenti cambiamenti degli assetti di mercato, dall'altro risente spesso di consistenti perdite di produzione dovute ai danni causati dagli attacchi di alcuni fitofagi, la cui attività può compromettere fino al 90% del raccolto annuo.

Per contenere le perdite economiche, spesso gli agricoltori tendono ad effettuare numerosi trattamenti fitosanitari, talvolta non necessari, mediante l'impiego di principi attivi di sintesi ad elevata tossicità, dannosi per l'uomo, per l'ambiente, nonché per l'entomofauna utile. Questi interventi sono spesso inutili, poiché effettuati quando ormai l'infestazione è in atto, ed il danno è ormai irreversibile.

Negli ultimi decenni un numero sempre crescente di nuovi insetti dannosi è stato introdotto in Europa. Molti di essi sono risultati nocivi ad alberi forestali o da frutto. Alcuni di questi insetti hanno avuto una diffusione relativamente veloce, interessando molti Paesi europei (G. Melika et al., 2004). Nella primavera 2002 è stata segnalata per la prima volta in Italia, in particolare nella provincia di Cuneo, la presenza del Cinipide galligeno *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) (G. Melika et al., 2004).

Questo insetto è considerato a livello mondiale tra i più dannosi per il castagno. La specie, originaria della Cina e in precedenza assente in Europa, è stata introdotta accidentalmente nel corso del Novecento in Giappone (1941), Corea (1963) e Stati Uniti (Georgia, 1974), provocando gravi danni alla castanicoltura (G. Bosio, 2004).

Nel viterbese, questa specie è stata segnalata nel luglio del 2005 su un castagneto da frutto e nel corso del 2006 anche su ceduo.

L'introduzione di insetti esotici causa in genere notevoli problemi per la difesa delle piante attaccate nel nuovo ambiente, per l'assenza dei limitatori naturali presenti nell'area di origine, dove spesso risultano in grado di tenere sotto controllo le popolazioni della specie nociva (G. Melika et al., 2004).

Il Dipartimento di Protezione delle Piante dell'Università degli Studi della Tuscia, ha iniziato un progetto di ricerca poliennale volto allo studio della biologia e al controllo dell'esiziale fitofago *Dryocosmus kuripilus* Yasumatsu (Hymenoptera, Cinipidae).

## 2 IL CASTAGNO

### 2.1 INQUADRAMENTO SISTEMATICO

Il castagno appartiene all'ordine delle Fagales, famiglia Fagaceae, genere *Castanea*.

Questo genere comprende una dozzina di specie arbustive e arboree; queste ultime hanno il fusto prevalentemente ramificato a breve altezza e chioma globosa; le foglie sono semplici, decidue, grandi, allungate, dentate, stipolate, con picciolo molto corto; i rami dell'anno sono di norma bruni, glabri o tomentosi; tutte le specie hanno ramificazione simpodiale; le gemme laterali hanno 2-3 perule visibili; le cicatrici fogliari sono semicircolari. Sono piante monoiche con i fiori riuniti in amenti eretti, maschili o misti, che compaiono a fogliazione avvenuta; l'impollinazione è anemofila ma gli insetti possono giocare un ruolo non indifferente. I fiori maschili sono riuniti in numerosi glomeruli di 3-7 fiori lungo l'asse dell'amento; ciascun fiore è costituito da un calice marcatamente esalobato con 6-20 stami provvisti di un lungo e sottile filamento; può essere presente un ovario rudimentale. I fiori femminili sono riuniti in gruppi di 1-3 e sono portati alla base di amenti misti; essi sono racchiusi completamente in un involucreo subsferico (la cupola) provvisto di spine ramificate e brattee squamiformi; solo gli stili rimangono esterni alla cupola; ciascun fiore ha un perianzio con 6 (8) lobi fuso con l'ovario che è 6-9 loculare; gli stili sono 6-9 e occasionalmente, può esservi qualche stame abortito. Il frutto singolo o a gruppi di 2-3, è una noce arrotondata, edule, marrone lucente, racchiusa completamente in una cupola 2-4 valvata, spinosa (il riccio). Il legno delle specie delle regioni temperate è a porosità anulare

Il genere *Castanea* è attualmente presente sul versante atlantico degli Stati Uniti, nell'Asia orientale temperata e nel bacino centro-orientale del Mediterraneo.

Le specie più significative appartenenti a questo genere, sono le seguenti:

#### 2.1.1 *Castanea crenata* Sieb. Et Zucc. (Giappone, Cina orientale e Corea)

È un albero di modeste dimensioni (spesso un arbusto) che produce frutti molto grossi; ha foglie inizialmente tomentose, strette e con il margine crenato-serrato (da cui il nome). È originario del Giappone da dove è stato introdotto in Europa nel 1876; entra precocemente in produzione ed è piuttosto resistente al mal dell'inchiostro.

Occupava una fascia fitoclimatica molto simile a quella del nostro *Castanetum* caratterizzato però da piogge, concentrate in estate (1000-1400 mm annui) e da un elevato tasso di umidità (circa 80%). Questa specie è caratterizzata da modeste

dimensioni, può raggiungere 8-10 m di altezza e 50-60 cm di diametro. Il fusto è dritto e ramificato a breve altezza; la chioma è rotondeggiante, espansa, più densa verso la cima.

I ricci sono situati alla base dei rami e non alla sommità, come nella *C. sativa*; portano in genere 2-3 grosse castagne ciascuno, sono lievemente compressi e ricoperti di gracili aculei, meno rigidi di quelli del castagno europeo. In Italia è stato introdotto negli anni venti; sono state ottenute due varietà note come “Shiba” e “Tamba”, utilizzate sia come produttori diretti sia come portinnesti per i castagni europei affetti dal mal dell’inchostro.

#### **2.1.2 *Castanea mollissima* Blum (Cina orientale e meridionale)**

E’ una albero di media taglia che produce frutti di buona qualità; ha rametti vellutati e foglie molto pubescenti e morbide (da cui l’epiteto “*mollissima*”). E’ originario della Cina orientale e della Corea ed è stato introdotto in Europa nel 1853; è stato diffusamente sperimentato perché resistente al cancro corticale.

Questa pianta si spinge fino ad oltre 2000 m di altitudine; ciò è possibile in quanto il clima montano di quelle regioni è quasi subtropicale, caratterizzato quindi da inverni miti ed estati calde.

#### **2.1.3 *Castanea dentata* Borkhausen (Stati orientali U.S.A.)**

Questa specie raggiunge notevoli dimensioni, ha rametti, gemme e foglie glabre; queste ultime sono decisamente appuntite all’apice, lucenti, con denti molto robusti e appuntiti (da cui il nome). I frutti sono più piccoli del castagno comune ma sono anch’essi dolci.

Il suo areale si espandeva sul versante atlantico degli Stati uniti, dal Maine all’Alabama e alla Georgia, mentre ad ovest arrivava al sistema Ohio-Mississippi. L’uso del passato si rende necessario perché questa specie è stata praticamente distrutta in questo secolo da una terribile epidemia di cancro corticale; attualmente sopravvive sporadicamente sotto forma di cespugli; forme arboree si ritrovano, coltivate, fuori dall’areale là dove il parassita non è potuto arrivare.

#### **2.1.4 *Castanea Pumilia* Miller (Stati Uniti orientali U.S.A.)**

Appartiene al gruppo dei cosiddetti “*chinquapin*”, castagni con un solo frutto molto piccolo e dolce) per riccio, che si riconoscono agevolmente per aver rami e foglie tormentose. E’ specie polimorfa con forme che vanno dall’arbusto strisciante

all'alberetto. Il suo interesse deriva dalla capacità di emettere polloni in numero molto elevato in caso di cancro.

**2.1.5 *Castanea sativa* Mill.** Castagno europeo (sin. *C. vulgaris* Lam; *C. vesca* Gaertn; *C. castanea* Karst.)

E' un albero molto longevo (può superare agevolmente i 500 anni), di portamento maestoso (Fig.1); è alto in media una ventina di metri ma può raggiungere anche i 30-35 m di altezza e soprattutto può arrivare a diametri eccezionali di 4-6 m.

Il fusto è diritto e massiccio, si ramifica presto e la chioma diviene ampia e rotondeggiante; la corteccia è dapprima liscia e di colore grigio olivastro con le tracce delle lenticelle che persistono a lungo raggiungendo un'ampiezza anche di 1 cm; dopo 20-25 anni inizia a fessurarsi formando un ritidoma grigio bruno, con cordoni longitudinali lievemente spiratati, grossi, rilevati e molto allungati.



**Fig. 1:** *Castanea sativa* Mill.;

Le foglie sono semplici, alterne, caduche e spiralate, ma apparentemente distiche per torsione del picciolo; sono lunghe 12-20 (25) cm, larghe 3-6 cm, con nervature nettamente rilevate e consistenza coriacea; sono di colore verde intenso sulla pagina superiore mentre è più chiara quella inferiore; la forma è ellittico-lanceolata con la base rotondato-cuneata; il margine è dentato-crenato, l'apice è brevemente acuminato.

Fogliazione e fioritura sono tardive; la prima avviene fra la fine di aprile e maggio mentre la seconda va dalla fine di giugno alla metà di luglio.

Specie monoica, il castagno ha infiorescenze ad amento (Fig. 2), miste o esclusivamente maschili; i due tipi differiscono per la struttura, l'ordine di comparsa, l'ontogenesi dell'infiorescenza e del fiore.



**Fig. 2:** Particolare di amento;

Le infiorescenze maschili sono costituite da fiori maschili riuniti in cime o glomeruli ascellari di diversi fiori ciascuno; il numero medio delle cime è di 40 per amento. Queste infiorescenze si trovano alla base del ramo dell'anno, sono erette e lunghe 5-15 cm. Il fiore maschile ha un perianzio esamero e 8-12 (20) stami più o meno lunghi e sottili.

Le infiorescenze miste sono più brevi, più complesse e sono posizionate verso l'apice del ramo; sono costituite da circa 20 cime ascellari: alla base dell'infiorescenza vi sono 1-4 cime ascellari femminili; le successive sono formate da fiori maschili (3-7 per cima) ma quelle più apicali ne hanno due soltanto. I fiori femminili hanno un perianzio anch'esso esamero e tormentoso, l'ovario è infero con 6-9 carpelli e altrettanti stili, rigidi e pelosi alla base. Dopo la fecondazione la cupola squamosa diventa il riccio vero e proprio.

Il differenziamento delle infiorescenze ha inizio già 30-40 giorni dopo la ripresa vegetativa, cioè verso la fine della primavera o all'inizio dell'estate dell'anno precedente la loro fioritura e questo processo continua durante i mesi estivi. Nella sua ontogenesi il fiore del castagno (Fig. 3) è in un primo momento normalmente bisessuale

ma successivamente nei fiori maschili lo sviluppo dell'ovario si arresta mentre non giungono a maturità gli stami dei fiori femminili; il rapporto fra infiorescenze maschili e miste varia da individuo a individuo così come varia negli anni.



**Fig. 3:** Scheda botanica;

L'impollinazione è essenzialmente anemofila ma la presenza di nettari e l'odore penetrante che emanano fa sì che i fiori maschili vengano assiduamente visitati da numerosi insetti quali api, coleotteri, ditteri e così via. Tuttavia non si tratta di un'impollinazione strettamente insetto-dipendente nel senso corretto del termine in quanto gli insetti visitano solo i fiori maschili dal momento che quelli femminili sono privi o quasi di attrattori; il contatto con i fiori femminili è quindi del tutto casuale.

Il castagno è una specie con elevato grado di sterilità (androsterilità per anomalie staminali) sia di autoincompatibilità (soprattutto gametofitica).

Il riccio (Fig. 4), dapprima verde, poi bruno giallastro e subsferico, è fortemente spinoso ed ha un diametro variabile che può arrivare anche a 10 cm. Inizialmente presenta un colore verde che diventa poi giallastro in prossimità della maturazione quando, aprendosi in 2-4 valve, permette la fuoriuscita delle castagne. I frutti, mai separati da setti interni all'involucro, sono acheni contenuti nel riccio in numero di 2-3 e a volte anche più (fino a 7); hanno pericarpo liscio e coriaceo, bruno scuro omogeneo (striato

nei marroni), ornato alla base da una cicatrice chiara (ilo) e all'apice dai resti degli stili (la cosiddetta "torcia"); la loro faccia interna è fortemente pubescente. I cotiledoni, bianco avorio, sono molto grandi e sono protetti da una sottile pellicola membranacea (episperma). Il frutto è tendenzialmente deiscete ma molti ricci possono cadere interi e rimanere a lungo chiusi; l'achenio è dolce, saporito e quindi ricercato come frutto edule. Il nome specifico "*sativa*" fa appunto riferimento all'appetibilità del frutto.

Le castagne presenti in un riccio, in relazione al loro numero, possono assumere forme diverse. Se ne è presente una sola questa è globosa, mentre se ve ne sono due queste saranno appiattite dal lato di contatto e globose da quello opposto. Se nel mezzo è presente un terzo frutto questo sarà appiattito da ambedue i lati e di scarso interesse dal punto di vista commerciale.



**Fig. 4:** Riccio di castagno;

La fioritura inizia intorno ai 10 anni per le piante nate da seme; quelle innestate iniziano più precocemente la loro fruttificazione; nei primi anni la produzione è scarsa, in quanto la pianta non si è ancora sviluppata adeguatamente per sopportare elevate produzioni. In genere, tra fioritura e maturazione nel castagno intercorrono dai 75 ai 120 giorni.

I frutti più precoci iniziano a cadere ai primi di Settembre mentre i più tardivi maturano verso i primi di novembre.

## **2.2 CASTANEA SATIVA MILL.**

### **2.2.1 ORIGINE E DIFFUSIONE**

Il genere *Castanea* ha avuto una diffusione molto ampia dal Miocene fino alle grandi glaciazioni quaternarie quando il suo areale si è notevolmente contratto; nell'ultimo postglaciale ha ripreso ad espandersi e attualmente il genere è presente sul versante atlantico degli Stati Uniti, nell'Asia orientale temperata e nel bacino centro-orientale del Mediterraneo.

Durante l'Impero Romano la coltura del castagno, sia da frutto che ceduo, ha avuto un grande impulso. In seguito la diffusione della coltura da frutto è proseguita per tutto il Medioevo ad opera dei monaci (Bernetti, 1995). Nel Rinascimento, invece, l'insediamento della coltura dei cereali, ha provocato una riduzione delle superfici occupate dal castagno.

Il declino iniziò alla fine del secolo scorso, condizionato da grandi mutamenti sociali ed economici avvenuti. Al giorno d'oggi la coltivazione si estende fino dalla valle del Reno, all'Europa danubiana, alla Russia meridionale fino al Nordafrica. In Francia è molto diffusa come ceduo, mentre in Spagna ed in Portogallo è prevalentemente da frutto. Il castagno si rinviene sporadicamente anche in Inghilterra meridionale, nel centro-nord della Germania nonché nella Scandinavia meridionale, senza però superare il 48° parallelo che rappresenta il limite massimo per la fruttificazione.

In Italia la castanicoltura viene praticata dai margini della fascia mediterranea (Sardegna, Sicilia, Maremma Toscana), a tutto il piano medio-montano dell'Appennino, senza escludere la fascia montana più in alto nelle valli interne delle Alpi, dove il calore estivo è sufficiente per soddisfare le sue esigenze termiche. Nelle località piovose il castagno scende fin quasi al livello del mare (Penisola Sorrentina ed alcune zone della Calabria).

### **2.2.2 HABITAT ED ESIGENZE AMBIENTALI**

In Italia il castagno vegeta in tutto il piano medio montano dell'Appennino e della isole e nel piano basale delle Prealpi e delle Alpi; è ovviamente la specie "guida" della zona fitoclimatica del *Castanetum*. La sua diffusione è limitata dalle basse temperature e dalla siccità: ogni mutamento del clima in senso oceanico o temperato-umido ha

favorito la diffusione del castagno mentre ogni modificazione verso l'aridità e la continentalità ha ristretto questa espansione.

E' specie moderatamente termofila, tipicamente mesofita nei riguardi della temperatura e dell'umidità relativa, moderatamente eliofila, sensibile alle gelate tardive, esigente in terreni molto sciolti, profondi, leggeri, freschi e ricchi in potassio e fosforo; il castagno viene considerata una specie calcifuga in quanto rifugge dai suoli ricchi di calcio disponibile.

E' infatti una tipica coltura da suoli acidi e subacidi (ph tra 4,5 e 6,8), che può dare tuttavia anche ottimi risultati su suoli carbonatici.

Il castagno è una specie plastica ma non frugale che esige terreni fertili per una buona crescita e una buona produzione di frutti.

Al fine di conseguire risultati tecnico-economici positivi è indispensabile coltivare il castagno in ambienti che rispettino le sue specifiche esigenze pedoclimatiche ed in condizioni che permettano di applicare in modo razionale adeguate tecniche colturali. Il castagno viene coltivato tra i 200 ed i 1200 m slm e preferisce ambienti caratterizzati da temperature medie annue comprese tra gli 8 e i 15°C. La coltura predilige ambienti con precipitazioni in genere superiori ai 600-700 mm/anno, distribuite in modo uniforme durante tutta la stagione vegetativa (Nicese e Ferrini, 1999). Durante la fioritura e la fecondazione sono importanti il fattore termico e la pioggia, in quanto per la germinazione del polline sono necessarie temperature di 27-30° C (Solignat, 1958). In queste fasi sono dannose le piogge prolungate che ostacolano il trasporto del polline, riducono l'allegagione ed aumentano l'incidenza del vuoto (Bolvansky, 1989).

### **2.2.3 VARIETA'**

Nell'ambito della specie *C. sativa* è presente una elevata variabilità genetica; il castagno è infatti caratterizzato dall'aver numerose entità, denominate "varietà" se differenziate per caratteri morfologici (posizione dei ricci, forma e dimensione delle foglie, numero e dimensione delle castagne, aspetto della corteccia), e "razze", se differenziate per caratteri biologici ed ecologici (durata del periodo vegetativo, resistenza al freddo, qualità organolettiche del frutto e tecnologiche del legno).

Spesso accade che le caratteristiche di queste due categorie vengano sovrapposte confondendo l'uso dei due termini, quindi in genere si parla di razze o varietà culturali a carattere misto.

Lo sviluppo di questa grande variabilità ha concesso all'uomo, nel tempo, di poter selezionare le forme migliori in base alle proprie esigenze e in relazione all'ambiente in cui opera.

Le cultivar fino ad ora individuate e descritte in Italia sono circa 300, ma tra queste, quelle ritenute effettivamente pregevoli per quanto riguarda il consumo fresco e la trasformazione industriale, sono esclusivamente una decina.

Dal punto di vista commerciale è possibile distinguere, in base alle caratteristiche del frutto, due grosse categorie: marrone e castagna.

Le varietà più comunemente coltivate sono le seguenti:

MARRONI (*Castanea sativa* v. *domestica macrocarpa*)

1-2 frutti per riccio; tegumento sottile non penetrante nel seme.

CASTAGNE (*Castanea sativa* v. *domestica eudomestica*)

2-4 frutti per riccio; pericarpo più scuro; tegumento penetrante nel seme.

Una nomenclatura non univoca delle cultivar, però, non fa che creare confusione in quanto spesso vengono chiamate marroni cultivar che hanno le caratteristiche delle castagne e viceversa. Inoltre la sola pezzatura del frutto non è un carattere distintivo sufficiente poiché alcune cultivar di castagno producono frutti molto grossi e, viceversa, alcune cultivar di marrone producono frutti molto piccoli. A tale proposito, l'*ICE* (Istituto Nazionale per il Commercio con l'Estero), nel nominare le cultivar nelle normative emanate per l'esportazione delle castagne, e l'*UPOV* (Union Internationale pour la Protection des Obtentions Vegetales), nel realizzare la scheda pomologica grazie a esperti a livello internazionale, non effettuano alcuna distinzione tra le due cultivar (castagne e marroni).

Nella maggior parte dei casi il marrone si distingue per essere di pezzatura da media a molto grossa, per avere il pericarpo marrone chiaro con striature più scure, l'ilo rettangolare e l'episperma molto sottile e soprattutto raramente inserito nel seme (e quindi facilmente asportabile); nel riccio si ritrovano 1-2 (3) frutti che sono particolarmente saporiti. I marroni, anche se chiamati cultivar, sono in realtà singole popolazioni con un grado elevato di omogeneità genetica derivata dalla pratica della clonazione; la selezione e la coltivazione di numerosi cloni compiuta dall'uomo nel corso dei millenni ha ovviamente portato alla "creazione", in aree geografiche distinte, di cultivar identiche ma con nomi diversi .

Per quanto riguarda le castagne, invece, esse presentano frutti generalmente più piccoli, di colore più scuro, omogeneo e uniforme.

In base ad uno studio comparativo particolareggiato effettuato dal Breviglieri (1955) tra moltissimi marroni provenienti da varie parti d'Italia, l'ecotipo più comunemente utilizzato nelle zone castanicole proviene dal cosiddetto "*marrone fiorentino*" o "*casentinese*" (Toscana, Antrodoco, Michelangelo, Città di Castello, Ascoli Piceno, Feltre, Valsugana).

Il marrone fiorentino è una pianta di notevoli dimensioni, caratterizzata da crescita lenta e media vigoria, chioma aperta e rada negli esemplari adulti, foglie di media grandezza provviste di abbondanti nervature (22-24) nella pagina inferiore. Il riccio ha una forma che tende al quadrangolare, è molto voluminoso, si apre in 2-4 valve e contiene da 1 a 3 frutti, uno dei quali è in genere ben sviluppato, mentre gli altri risultano abortiti (guscioni).

Il frutto, che ha forma ellittica, è di notevoli dimensioni, ha un pericarpo di colore marrone chiaro e striature rilevate. Il peso medio dei frutti oscilla tra 14 e 22 gr.

Nell'Appennino tosco-emiliano accanto al marrone casentinese (o fiorentino) troviamo:

- Il "*marrone di Marradi*" (buona pezzatura, ottime caratteristiche organolettiche; adatto sia per il consumo fresco che per la trasformazione industriale);
- Il "*marrone domestico*", coltivato nel ravennate (con epicarpo di colorazione meno intensa);
- Il "*marrone rosso*" (con striature di colore scuro; di buona qualità e caratterizzato da un'abbondante fruttificazione).

Nelle zone nei pressi del Monte Amiata, aree dotata di particolari caratteristiche pedologiche, è di rilevante importanza il "*marrone buono*": questa varietà esige posizioni molto soleggiate, ed è localmente apprezzata per le caratteristiche dei frutti che produce (ottimo sapore e notevole volume).

In Campania spiccano le varietà "*marrone di Avellino*" (caratterizzata da una evidente discromia del pericarpo), e "*marrone di Serino*", che ha buona pezzatura.

Per quanto riguarda le varietà piemontesi, tra queste vanno invece menzionate il "*marrone di Chiusa di Pesio*" (tipica del cuneese) e i marroni di Lusernetta, luserna e Villar Pellice nel torinese.

Anche per le castagne esiste un elevato numero di varietà:

- In Piemonte abbiamo la *Giovasca*, la *Marrubia*, la *Salenga* e la *Pelosa* (di qualità e pezzatura elevate). In particolare, nella provincia di Cuneo si coltiva la *Castagna della Madonna* (molto precoce, matura in genere nella prima decade

di settembre).

- In Lombardia troviamo le varietà *Catossi*, *Rosore*, *Verdone*.
- Nella provincia di Arezzo rivestono un certo interesse le varietà *Pistolese* (particolarmente apprezzata per le sue caratteristiche di rusticità e precocità) e *Raggiolana* (molto diffusa anche in Emilia, utilizzata per la produzione di farina).
- In Campania sono presenti la *Marcogliana* (che ha un frutto molto grosso e di ottima qualità richiesto dall'industria dolciaria) e la *Castagna di Montella*, dalla pezzatura medio-piccola, tipicamente usata nella preparazione delle castagne secche.
- Nella zona del Monte Amiata è stata individuata la varietà *Cecio*, particolarmente apprezzata per la sua precocità di maturazione (prima decade di ottobre), l'elevata produttività e le buone proprietà organolettiche. Dopo la caduta dei frutti, il riccio rimane a lungo sulla pianta, evitando così di dover ricorrere alla bacchiatura e facilitando le operazioni di raccolta.

#### **2.2.4 ANALISI VARIETALE DEL CASTAGNO NEL COMPRESORIO DEI MONTI CIMINI**

Data la mancanza di notizie e dati storici attendibili, risulta praticamente impossibile stabilire con certezza quali siano le origini delle varietà di castagno oggi presenti nel viterbese. L'unica ipotesi che sembra avere qualche fondamento, attribuisce la diffusione di alcune cultivar all'opera degli ordini monastici dei Benedettini e dei Cistercensi.

A tutt'oggi la castanicoltura del viterbese è caratterizzata da un esiguo numero di cultivar; probabilmente si è avuta una selezione delle cultivar più idonee alle condizioni pedoclimatiche del territorio.

Le varietà maggiormente coltivate sono:

- il marrone fiorentino;
- la castagna Maschio o Velletrana;
- il marrone primaticcio (Premutici o Pelusiello o Primotica);

Minore importanza rivestono la castagna nera o Marrona, il Selvatico e la Zagana.

La precisa identificazione delle cultivar locali, come nel resto dell'Italia, comporta notevoli difficoltà a causa di frequenti sinonimie; inoltre l'influenza che il microambiente spesso esercita sull'espressione fenotipica dei caratteri morfologici, rende l'opera di classificazione varietale ancora più complessa.

Per i nuovi impianti, comunque, si preferisce l'utilizzo di cultivar quali il Marrone primaticcio e la Castagna nera per le loro caratteristiche di maturazione molto precoce e di buona idoneità al consumo fresco. Il Marrone fiorentino, invece, si distingue per l'ottima attitudine alla trasformazione industriale, pur richiedendo un accurato studio di selezione di cloni che diano un livello di produzione in linea con il commercio internazionale (Bignami, 1990).

### **2.2.5 L'IMPIANTO PER IL CASTAGNETO DA FRUTTO**

Il castagneto da frutto prevede, dal punto di vista colturale, le medesime problematiche delle altre specie da frutto.

In considerazione delle notevoli dimensioni che il castagno può raggiungere, e data l'assenza di portinnesti nanizzanti, il sesto d'impianto deve essere previsto in maniera che risulti sufficientemente ampio. Ad esempio, per il castagno orientale, che ha un portamento più ridotto rispetto alle altre provenienze, il sesto d'impianto più indicato sarà di 6x6 m; per gli ibridi euro-giapponesi invece, sarà necessario destinare almeno 50-60 m<sup>2</sup> per pianta, e definire un sesto d'impianto di 7x7 m, 8x8 m.

Il castagno europeo, dotato di portamento vigoroso, necessita di circa 100 m<sup>2</sup> per pianta (sesto di 10x10 m).

Si rendono necessarie delle lavorazioni superficiali del terreno, come erpicature o stirature; in genere, per evitare l'impoverimento di sostanza organica del suolo, si mantiene uno strato inerbito permanente da sfalciare periodicamente con trinciasarmenti. Le lavorazioni periodiche devono essere adattate al tipo di suolo e/o all'eventuale possibilità di ricorrere alla raccolta meccanizzata.

Si possono seguire due possibili procedure di impianto:

- a) impiantando polloni radicati, selvaggioni o margotte;
- b) con semina primaverile o autunnale, scavando delle buche e ponendovi 2-3 castagne ognuna, oppure in solchi, utilizzando fino 3-5 quintali di seme per ettaro.

Per i boschi cedui vengono utilizzate piante da semenzali di 2 o 3 anni, mentre per gli impianti da frutto si preferiscono sempre trapianti di almeno 5 o 6 anni perché nei primi

due anni sono tenute in vivaio, al terzo anno nel piantonaio, poi vengono poste a una distanza di 50-80 cm per 70-100 cm; infine si selezionano i polloni migliori, che resteranno per altri 3-4 anni in piantonaio e che saranno successivamente innestati.

Al momento dell'impianto viene effettuata una concimazione di fondo utilizzando letame, cloruro di potassio e perfosfato, e spesso, se le condizioni sono favorevoli, negli anni successivi si consocia con colture agrarie.

Durante il primo anno non viene attuato alcun tipo di intervento, bisogna tuttavia salvaguardare la gemma apicale al fine di ottenere un fusto ben diritto; nella stagione vegetativa seguente, invece, si dovrà provvedere alla capitozzatura dell'astone che va praticata poco al di sopra dell'impalcatura prodotta da una potatura di allevamento realizzata per espandere 3-4 branche. Se per le castagne è prevista una raccolta meccanizzata, i rami primari dovranno partire da 1,50 m da terra.

Una volta ottenuto il portamento definitivo, saranno periodicamente richiesti degli interventi di potatura di produzione che interesseranno lo sfoltimento delle branche se troppo fitte e tagli di ritorno nel caso in cui la chioma tenda ad espandersi in maniera eccessiva. Al fine di assicurare la produzione risulta di fondamentale importanza che la crescita annua sia di almeno 30 cm.

A differenza del castagno europeo, il quale in genere non richiede interventi così sistematici, il castagno giapponese e i suoi ibridi necessitano di potature delle branche a cadenza annuale, e soprattutto di una irrigazione localizzata durante il periodo di stress, utilizzando limitati quantitativi d'acqua.

Un castagneto da frutto può anche essere ricavato dalla ricostituzione di un ceduo o dalla ristrutturazione e dal miglioramento di un impianto abbandonato.

In entrambi i casi bisogna verificare:

- Quali varietà di *Castanea* sono state impiantate, la presenza di varietà pregiate e valide commercialmente (solo nel caso di recupero di castagneti abbandonati); se vi è presenza di patogeni come *Endothia parasitica* o *Phytophthora cambivora*; in genere bisogna eliminare tutte le parti attaccate, tranne i tirasocchi colpiti da cancro corticale, che vanno lasciati per facilitare la diffusione dei ceppi ipovirulenti del cancro corticale.
- La disponibilità di una idonea viabilità per l'accesso al castagneto (strade o carrarecce, percorribili o meno da trattori o fuoristrada).

Nel caso di riconversione di cedui, si deve procedere al taglio di tutte le piante e dei polloni non utilizzati come portinnesti e tirasucchi (matricine comprese) e, prima dell'innesto, alla pulizia del terreno dal materiale di risulta.

L'innesto verrà eseguito su polloni vigorosi e ben inseriti nelle ceppaie.

La distanza tra le ceppaie innestate deve essere di 5-6 m, in quanto poi, con opportuni diradamenti, sarà possibile ottenere castagneti da frutto con distanze definitive variabili da 9 a 11 m corrispondenti ad una densità di 80-120 piante ad ettaro.

Su ogni ceppaia saranno innestati almeno 3 polloni e ne verranno rilasciati 1-2 come tirasucchio o per sopperire ad eventuali fallanze.

### **2.2.6 RACCOLTA E COMMERCIALIZZAZIONE**

La raccolta delle castagne, ancora oggi eseguita per lo più a mano, è sicuramente il processo più oneroso dal punto di vista economico dell'intero ciclo di produzione castanicola, a causa dell'incidenza del costo della manodopera che esso richiede.

Questa è una delle principali motivazioni del progressivo abbandono della coltivazione del castagno. La produttività del lavoro manuale oscilla da circa 5 kg/h in condizioni non ottimali (terreno sporco per la presenza di infestanti, non pianeggiante, castagne piccole) fino ad un massimo di 30 kg/h in condizioni invece più agevoli (terreno pianeggiante, assenza di erbe infestanti, castagne di buona pezzatura) (Monarca, 1996).

Poiché la maturazione scalare del frutto necessita di circa 2 settimane per completarsi, prima che la maggior parte delle castagne cada a terra, in passato si rendeva indispensabile eseguire più passaggi nella fase di raccolta. Grazie alla tecnologia oggi in nostro possesso, si è cercato di sperimentare nuovi sistemi che agevolino la caduta delle castagne e che riducano i costi necessari alla fase di raccolta: uno di questi è la "*bacchiatura*", che consiste nello scuotimento delle piante con lunghi bastoni in modo da provocare la caduta di tutti i frutti in contemporanea, evitando così una raccolta a più riprese; questo metodo, pur consentendo una raccolta in un unico passaggio, comporta lo svantaggio di provocare lesioni sulle branche che, oltre al danno puramente meccanico, favoriscono l'insediarsi di patogeni. Attualmente questo sistema di raccolta è caduto in disuso.

Si è ricorso anche all'utilizzo di apposite macchine vibratrici, già in uso negli impianti produttivi di noce e mandorlo, ma i risultati ottenuti non sono stati soddisfacenti a causa del costo elevato e della scarsa efficacia.

Negli ultimi anni si è evoluto un elevato interesse nei riguardi della raccolta meccanizzata; sono stati messi a punto alcuni prototipi di macchine raccoglitrice che, oltre a contrastare i costi elevati della raccolta manuale, hanno ridotto notevolmente i danni meccanici sul prodotto. Il loro utilizzo si sta affermando di anno in anno, grazie alla creazione di dispositivi veloci ed efficaci.

I principali metodi di raccolta meccanizzata sono fondati sull'impiego di macchine aspiratrici (trainate o semoventi) e macchine raccattatrici (semoventi), il cui funzionamento si basa sullo stesso principio di quelle già utilizzate nella provincia di Viterbo per la raccolta delle nocciole.

I risultati dimostrano come sia possibile introdurre cantieri meccanizzati in grado di ridurre la gravosità dei costi di raccolta fino ad un terzo, considerando che il costo della raccolta manuale si aggira intorno ai 40 centesimi di euro al kg.

Con l'utilizzo di mezzi di raccolta meccanici la produttività registra un incremento considerevole, aumentando fino a 100-1000 kg/h. Inoltre grazie a tali capacità di lavoro, si può eseguire la raccolta in più riprese, riducendo così il tempo di permanenza a terra delle castagne con benefici sulla qualità del prodotto.

### **2.2.7 DIMENSIONE PRODUTTIVA NAZIONALE E LOCALE**

La posizione italiana nell'ambito della produzione castanicola mondiale è di notevole rilevanza; secondo i dati FAO, nel 2002 l'Italia con 50.000 tonnellate risultava la terza produttrice mondiale di castagne. L'Italia è preceduta dalla Cina (702.000 t) e dalla Repubblica di Corea (72.000 t) e seguita da Turchia (47.000 t), Bolivia (35.000 t) e Giappone (30.000 t) e partecipa con una quota del 5% alla produzione mondiale, che è di poco superiore al milione di tonnellate (Tab. I). In ambito europeo il ruolo produttivo dell'Italia è di primo piano in quanto la produzione nazionale di castagne rappresenta più di un terzo del totale continentale.

Le altre nazioni in cui si registra un'apprezzabile produzione sono Portogallo, Spagna, Russia, Grecia e Francia; tuttavia, fatta eccezione per il Portogallo, in nessuna di esse si raggiunge un terzo della produzione italiana.

Per quanto riguarda la superficie investita a castagno, sempre secondo i dati FAO, la posizione dell'Italia risulta ancora più significativa: la superficie nazionale rappresenta, infatti, poco più del 7% del totale mondiale, valutato in circa 325.000 ettari.

<b>Paese</b>	<b>2001-02</b>	<b>1998-99</b>
Cina	598,6	496,8
Corea	93,5	102,9
<b>Italia</b>	<b>50,0</b>	<b>65,3</b>
Turchia	48,5	54,0
Bolivia	34,5	32,2
Portogallo	29,7	30,1
Giappone	27,9	28,1

**Tab. I:** Produzione nei principali paesi – migliaia di tonnellate (Fonte: FAO);

### 2.2.8 SUPERFICIE NAZIONALE INVESTITA

In Italia la superficie investita a castagno da frutto ha subito, nel corso degli ultimi cento anni, una forte diminuzione, passando dai circa 500.000 ha presenti all'inizio del secolo agli attuali 76.000 ha (Tab. II). La riduzione più sensibile delle superfici si è avuta fra il secondo dopoguerra e l'inizio degli anni ottanta; nel periodo più recente si è assistito ad una sostanziale stabilizzazione della dimensione produttiva e, in alcune aree, anche ad un'inversione di tendenza.

<i>Anno</i>	<i>Aziende</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Sup. media (ha)</i>
1970	136,098	144,877	1,06
1982	119,553	140,133	1,17
1990	97,696	107,608	1,10
2000	66,013	75,864	1,15

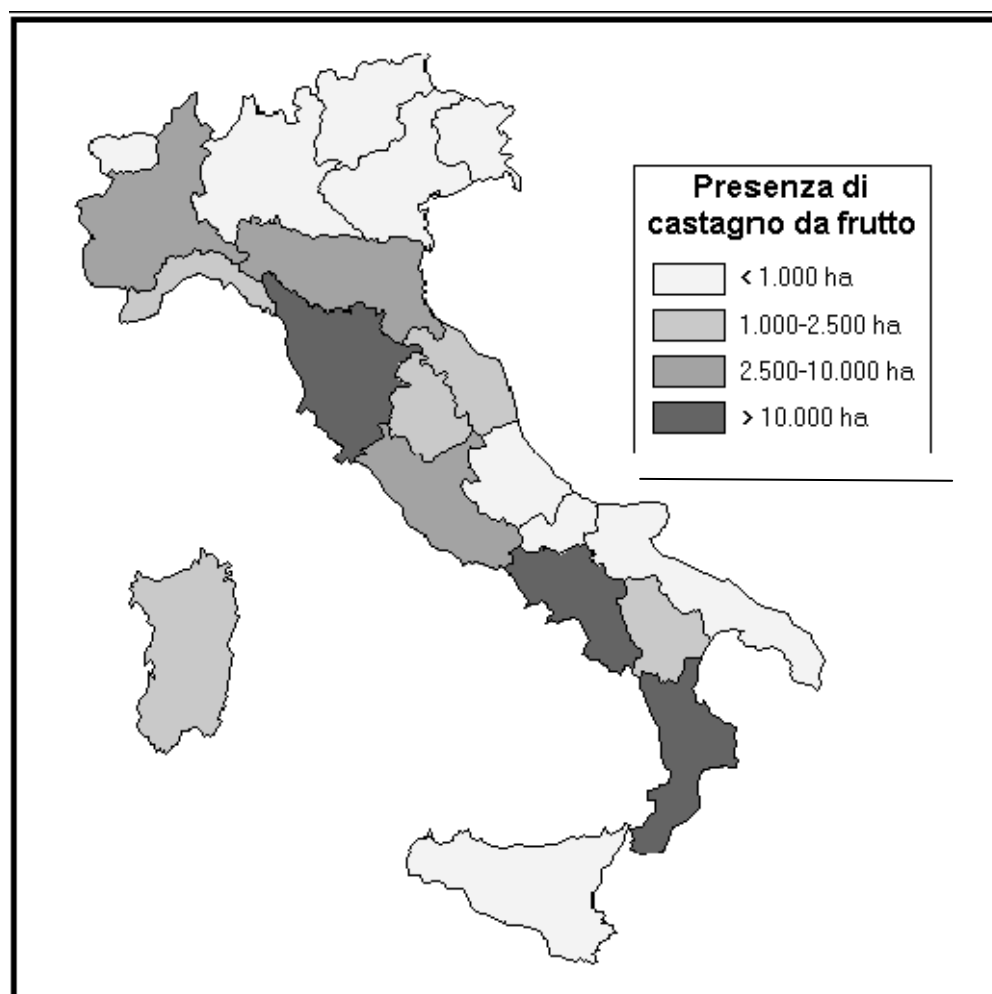
**Tab. II:** Aziende e superfici a castagno in Italia – anni 1970-2000 (Fonte: ISTAT);

I dati mostrano anche una riduzione della dimensione dei castagneti da frutto presenti nelle aziende agrarie di circa 70.000 ha (pari al 47,6%) nel periodo dal 1970 al 2000. La Tab. II evidenzia, inoltre, una diminuzione superiore al 50% del numero delle aziende con castagneti da frutto; tale decremento, superiore a quello registrato dalla superficie

totale, ha comportato un lieve aumento della superficie media a castagno da frutto per azienda produttrice che è passato da 1,06 ha nel 1970 a 1,15 ha nel 2000. Ulteriore elemento che emerge dall'esame dei dati disponibili riguarda la limitata quota produttiva della superficie investita a castagneti da frutto nelle aziende agricole. Come risulta dai dati FAO, infatti, la superficie nazionale complessivamente interessata dalla raccolta di prodotto è stimata in 23.500 ha, valore che rappresenta solo il 31% del totale della superficie aziendale a castagneto da frutto. La quota produttiva dei castagneti da frutto ha mostrato negli ultimi anni un costante aumento dovuto alla riduzione della superficie castanicola da frutto totale ed al contemporaneo aumento della superficie produttiva. Ciò sembra dimostrare una tendenza a livello nazionale alla riduzione della castanicoltura da frutto improduttiva la quale viene sostituita da altre attività colturali o riconvertita verso la produzione. Quest'ultima valutazione trova conferma nella dinamica della produzione nazionale che, ha mostrato nell'ultimo decennio una sostanziale crescita. Per quanto concerne la distribuzione sul territorio italiano, la Tab. III mostra l'entità della superficie castanicola da frutto nelle regioni italiane al 2000. I dati riportati evidenziano come Toscana, Campania e Calabria, rispettivamente con il 21,2%, il 20,9% ed il 18,7%, siano le regioni italiane più "castanicole", seguono Piemonte, Lazio ed Emilia Romagna. Il Lazio occupa la quinta posizione con una superficie a castagno da frutto di 5.648 ha, pari a poco più del 7% della superficie nazionale; da notare che nessuna delle altre regioni raggiunge i 2.000 ha di superficie. La Fig. 5 mostra la distribuzione delle superfici a castagneto da frutto nelle regioni italiane, calcolata rapportando il dato della Tab. III alla relativa superficie regionale. L'osservazione della cartina conferma come i castagneti da frutto siano localizzati principalmente in Toscana, Campania e Calabria, quindi in Piemonte e, in misura minore, nel Lazio e in Emilia-Romagna.

<i>Regione</i>	<i>Castagno da frutto (ha)</i>	<i>% sul tot.</i>
Toscana	16.138	21,2%
Campania	15.902	20,9%
Calabria	14.255	18,7%
Piemonte	9.180	12,0%
Lazio	5.648	7,3%
Emilia romagna	4.397	6,4%
Altre regioni	10.344	13,5%
<b>TOTALE</b>	<b>75.864</b>	<b>100%</b>

**Tab. III:** Superfici a castagno nelle regioni produttrici nel 2000  
(Fonte: ISTAT);



**Fig. 5:** Superficie investita a castagneti da frutto nelle regioni italiane;

Per quanto riguarda la localizzazione dei castagneti in relazione alla quota altimetrica, la Tab. IV riepiloga la superficie a castagno da frutto distinta fra montagna, collina e pianura relativamente all'intero territorio nazionale.

Come c'era da attendersi i castagneti da frutto sono localizzati prevalentemente in montagna, (circa i due terzi), e in collina, (un terzo), e solo una quota assai ridotta in pianura.

<i>Zona Altimetrica</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>%</i>
Montagna	48,873	64,4%
Collina	26,352	34,8%
Pianura	0,639	0,8%
<b>TOTALE</b>	75,864	100,0%

**Tab. IV:** Superfici a castagno (ha) per zona altimetrica (Fonte: ISTAT);

### **2.2.9 PRODUZIONI NAZIONALI**

La produzione di castagne in Italia ha subito dal secolo scorso ad oggi un decremento assai consistente. Tale riduzione si è verificata principalmente fino alla fine degli anni '60; dal 1970 la produzione nazionale, non considerando le inevitabili fluttuazioni, si è sostanzialmente stabilizzata e, in particolare negli ultimi anni, ha mostrato una lieve ripresa. Per comprendere la dimensione del fenomeno basti pensare che in cento anni circa la produzione è crollata da 5,8 milioni di quintali nel 1876 ai 710.000 quintali del 1969. Per tentare di analizzare l'andamento della produzione di castagne negli ultimi 40 anni è stata ricostruita la relativa serie storica dal 1961 al 2000, periodo per il quale sono disponibili i dati. La Tab. V riporta la produzione italiana di castagne in questo periodo, sia in termini assoluti che come indice con base 1971.

<i>Anno</i>	<i>Produzione (ton)</i>	<i>Indice (1971=100)</i>	<i>Anno</i>	<i>Produzione (ton)</i>	<i>Indice (1971=100)</i>
<b>1961</b>	123.854	200,4	<b>1981</b>	67.353	109,0
<b>1962</b>	107.779	174,4	<b>1982</b>	73.431	118,8
<b>1963</b>	113.284	183,3	<b>1983</b>	76.729	124,2
<b>1964</b>	96.832	156,7	<b>1984</b>	50.939	82,4
<b>1965</b>	86.549	140,0	<b>1985</b>	38.840	62,8
<b>1966</b>	91.440	148,0	<b>1986</b>	55.676	90,1
<b>1967</b>	89.154	144,3	<b>1987</b>	55.682	90,1
<b>1968</b>	71.344	115,4	<b>1988</b>	52.296	84,6
<b>1969</b>	72.382	117,1	<b>1989</b>	50.273	81,3
<b>1970</b>	66.431	107,5	<b>1990</b>	49.559	80,2
<b>1971</b>	61.800	100,0	<b>1991</b>	66.579	107,7
<b>1972</b>	57.496	93,0	<b>1992</b>	69.089	111,8
<b>1973</b>	71.361	115,4	<b>1993</b>	67.722	109,6
<b>1974</b>	60.548	98,0	<b>1994</b>	69.852	113,0
<b>1975</b>	69.303	112,1	<b>1995</b>	71.971	116,5
<b>1976</b>	56.347	91,2	<b>1996</b>	68.653	111,1
<b>1977</b>	54.820	88,7	<b>1997</b>	68.704	111,2
<b>1978</b>	73.111	118,3	<b>1998</b>	78.425	126,9
<b>1979</b>	70.849	114,6	<b>1999</b>	52.158	84,4
<b>1980</b>	63.384	102,6	<b>2000</b>	50.000	80,9

**Tab. V:** Produzione di castagne in Italia 1961-00 (Fonte: FAO, INEA);

### **2.2.10 SITUAZIONE LOCALE – SUPERFICI**

La castanicoltura da frutto in provincia di Viterbo, secondo i dati del censimento dell'agricoltura del 2000, riguarda circa 2.000 aziende per una superficie complessiva di poco inferiore ai 2.800 ha.

Per quanto riguarda la produzione di castagne, in assenza di dati ufficiali, è possibile pervenire soltanto ad una stima abbastanza generale. A questo proposito deve essere considerata la variabilità che caratterizza la resa media nelle singole campagne determinata dagli andamenti climatici che, soprattutto nell'ultimo periodo, hanno mostrato un'elevata irregolarità.

Ciò premesso, la produzione media del comprensorio può essere valutata in circa 8.000 tonnellate, dato che rappresenta il 10-15% del totale nazionale. Volendo fornire un dato economico generale riguardo al valore della produzione locale, è possibile far riferimento al prezzo medio delle castagne e dei marroni considerare la quota dei due prodotti rispetto alla produzione complessiva; una stima eseguita con questo criterio porta ad un valore complessivo compreso fra i 15 ed i 20 milioni di euro. L'evoluzione

del numero di aziende e della superficie aziendale investita a castagno da frutto in provincia di Viterbo, come emerge dai dati della Tab. VI, appare in forte controtendenza rispetto all'andamento osservato a livello nazionale; nel periodo 1982-2000, in particolare, questo dato presenta un incremento del 19%, a fronte della riduzione del 46% registrata in Italia. La concomitanza dei due fenomeni ha portato l'incidenza della superficie castanicola viterbese sul totale nazionale da 1,6% nel periodo 1970-82 a 3,7% nel 2000.

La dimensione media della superficie a castagno nelle aziende produttrici del viterbese è andata leggermente diminuendo nel periodo 1982-2000, mantenendosi però, con circa 1,40 ha, sempre superiore alla dimensione media nazionale, che nel 2000 risultava di 1,15 ha.

<i>Anno</i>	<i>Aziende</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Sup. media (ha)</i>
<b>1970</b>	1.617	2.308	1,43
<b>1982</b>	1.453	2.249	1,55
<b>1990</b>	1.802	2.586	1,44
<b>2000</b>	1.994	2.779	1,39

**Tab. VI:** Aziende e superfici a castagno in provincia Viterbo  
(Fonte: ISTAT);

Anche rispetto al dato regionale la superficie investita ha mostrato un consistente aumento attestandosi (Tab. VII), quasi al 50%. Sempre la Tab. VII mostra anche come la dimensione media della coltura del castagno da frutto nelle aziende viterbesi risulti assai superiore al resto della regione, fatta eccezione per la provincia di Frosinone; questo dato sembra confermare una maggiore caratterizzazione produttiva e mercantile della castanicoltura locale rispetto ai comprensori limitrofi.

<i>Provincia</i>	<i>Aziende</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Sup. media (ha)</i>
<b>Viterbo</b>	1.994	2.779	1,39
<b>Roma</b>	2.103	1.155	0,55
<b>Rieti</b>	1.387	1.134	0,82
<b>Latina</b>	385	146	0,34
<b>Frosinone</b>	257	433	1,68
<b>Totale Lazio</b>	6.117	5.647	0,92

**Tab. VII:** Aziende e superfici a castagno nel Lazio  
(Fonte: ISTAT);

Nella provincia di Viterbo è emerso che la coltivazione del castagno da frutto occupa il decimo posto per estensione tra le colture presenti nella zona (Tab. VIII).

<b>Coltura</b>	<b>Estensione (ha)</b>
<i>Frumento duro</i>	55.633
<i>Erbai</i>	27.042
<i>Nocciolo</i>	18.047
<i>Olivo per olio</i>	14.324
<i>Girasole</i>	7.078
<i>Vite</i>	4.933
<i>Frumento tenero</i>	4.042
<i>Granoturco</i>	3.995
<i>Orzo</i>	3.450
<b><i>Castagneto da frutto</i></b>	<b><i>2.779</i></b>

**Tab. VIII:** Principali colture in provincia di Viterbo (Fonte: ISTAT, 2000);

La produzione delle castagne in provincia di Viterbo è concentrata in un'area relativamente limitata; infatti, come risulta dai dati del censimento del 2000, soltanto in 12 dei 60 comuni la superficie coltivata a castagno da frutto raggiunge delle dimensioni

non trascurabili e appena in 7 comuni (Tab. IX) supera i 100 ha. Da osservare come in questi 7 comuni sia concentrato oltre il 92% della SAU castanicola da frutto provinciale. Nell'ultima colonna della Tab. IX viene evidenziato il ruolo della castanicoltura da frutto espresso come quota della superficie investita in relazione al totale della SAU comunale. Per due comuni in particolare, Canepina e Vallerano, il rapporto assume valori elevati, per altri due comuni, Carbognano e Caprarola, questa quota è ancora considerevole, mentre per tutti gli altri comuni appartenenti al comprensorio di produzione si registrano valori compresi fra il 2% ed il 7%. Il dato rappresentato dalla quota di superficie a castagno va comunque interpretato anche in relazione alla presenza nello stesso ambito territoriale dalla produzione nocciolicola. (Dono et alii, 2004).

<i>Comune</i>	<i>SAU (ha)</i>	<i>Aziende</i>	<i>SAU/Az</i>	<i>Quota SAU</i>
<b>Canepina</b>	756	355	2,13	63%
<b>Vallerano</b>	414	268	1,55	33%
<b>Viterbo</b>	395	296	1,33	2%
<b>Caprarola</b>	393	265	1,48	10%
<b>Ronciglione</b>	241	69	3,49	7%
<b>Soriano nel Cimino</b>	227	238	0,95	5%
<b>Carbognano</b>	127	137	0.93	9%

**Tab. IX:** Aziende e SAU a castagno da frutto nell'area di produzione (Fonte: ISTAT);

### **2.2.11 ASPETTI DI MERCATO**

Facendo riferimento a banche dati importanti quali l'INEA e l'ISMEA, istituti che reperiscono informazioni ed effettuano analisi sull'andamento dei mercati agricoli, è emerso che la quotazione delle castagne differisce notevolmente rispetto a quella dei marroni; questi ultimi spuntano sempre prezzi di vendita superiori a quelli delle castagne (Dono, Franco, 2000).

La disponibilità di dati per quanto riguarda gli aspetti di mercato è scarsa, in quanto Istituti come l'ISMEA, deputati a raccogliere dati e predisporre analisi sull'andamento

dei mercati agricoli, finiscono col destinare le loro risorse a quei beni che hanno produzioni e mercati più ampi di quelli delle castagne.

#### **2.2.12 LAVORAZIONE E COMMERCIALIZZAZIONE DELLE CASTAGNE**

La maggior parte delle castagne è destinata alla trasformazione industriale; la castanicoltura odierna è orientata verso una commercializzazione che predilige varietà di grossa pezzatura, con produttività costanti ed elevate. Ciò va a discapito di quelle varietà a frutti piccoli che, pur essendo in genere dotati di qualità organolettiche migliori, non vengono apprezzate dal mercato. Questo accade soprattutto perché al momento della lavorazione, la fase della pelatura si rivela notevolmente problematica per frutti di piccole dimensioni.

A seconda delle forme di commercializzazione, si distinguono le seguenti tecniche di lavorazione:

- Castagne per il consumo diretto: fresche, sottoposte a cura, sterilizzate o fumigate;
- Castagne pelate: congelate per l'industria dolciaria-alimentare;
- Castagne al naturale: purea di castagne, creme o marmellate, marron glacés, marroni canditi allo sciroppo;
- Castagne secche e farine di castagne per uso domestico ed industriale;
- Sottoprodotti destinati in genere all'alimentazione zootecnica.

### **3 PRINCIPALI AVVERSITA' DEL CASTAGNO**

#### **3.1 AVVERSITA' ABIOTICHE**

Il castagno è una pianta che in genere riesce a tollerare bene le avversità climatiche; tuttavia, se le condizioni climatiche divengono estreme, può subire dei danni quando la sua coltivazione è spinta al limite del suo areale pedoclimatico ottimale.

In questo caso si possono riscontrare:

- Danni da gelate invernali che provocano spaccature sul tronco o sui grossi rami; queste, nel tempo, si tramutano in fenditure longitudinali (screpolature) e scollamenti concentrici del legno (cipollature);
- Danni da neve, che provocano la caduta di branche dovute ad un'eccessiva deposizione su queste di neve;
- Danni da vento;
- Danni da gelate tardive, il più delle volte a scapito dei giovani germogli;
- Ingiallimenti della chioma, dovuti a carenza nel terreno di azoto, potassio e altri minerali, o causata da suoli a pH alcalini, compatti e poco permeabili. Fenomeni di clorosi possono essere dovuti alla carenza di uno o più elementi fertilizzanti.

#### **3.2 AVVERSITA' BIOTICHE**

##### **3.2.1 Malattie fungine**

I funghi parassiti che hanno compromesso seriamente la sopravvivenza del castagno sono numerosi. Quelli degni di maggior riguardo sono: *Cryphonectria (Endothia) parasitica*, *Phytophthora cambivora* (agente del mal dell'inchiostro), *Mycosphaerella maculiformis* (agente della Fersa del castagno), e *Ciboria batschiana* (agente del Nerume interno dei cotiledoni).

#### **3.3 I PRINCIPALI FITOFAGI DEL CASTAGNO**

Le specie di artropodi che infestano il castagno sono davvero numerose (Tab. X); essi producono danni a livello di foglie, frutti e legno, ma a differenza di quanto avviene per i funghi patogeni, la loro attività induce di rado l'intera pianta alla morte.

Per quanto riguarda i danni alla castanicoltura da frutto, gli attacchi più consistenti si hanno da parte di due coleotteri curculionidi, comunemente noti come “Balanino delle castagne” (*Curculio elephas* Gyll. e *Curculio propinquus* Desbr.), da alcuni lepidotteri tortricidi, quali la “Tortrice precoce” (*Pammene fasciana* L.), la “Tortrice intermedia” (*Cydia fagiglandana* Zel.) e la “Tortrice tardiva” (*Cydia splendana* Hüb.), e di recente da un piccolo imenottero, il cinipide galligeno del castagno, *Dryocosmus kuriphilus* (Yasumatsu).

Nell’Italia centro meridionale i principali responsabili dei danni alla produzione sono la *Cydia fagiglandana* ed i *Curculionidi* (Cinti S., 1997).

Ordine	Famiglia	Specie	Parte colpita
<b>Acari</b>	Tetranychidae	<i>Oligonychus bicolor</i> Banks	Foglie
<b>Hymenoptera</b>	Cinipidae	<i>Dryocosmus kuriphilus</i> Yas.	Gemme, foglie e frutti
<b>Rhynchota</b>	Callaphidae	<i>Myzocallis castanicola</i> Baker	Foglie
	Aphidinae	<i>Lachnus (Pterochlorus) longipes</i> Duf.,	Rami
<b>Lepidoptera</b>	Cossidae	<i>Zeuzera pyrina</i> L.	Rami
	Gelechiidae	<i>Recurvaria nanella</i> (Denis et Schiff.)	Foglie
	Tortricidae	<i>Cydia fagiglandana</i> (Zell.)	Frutti
		<i>Cydia splendana</i> Hüb.	Frutti
		<i>Pammene fasciana</i> L.	Frutti
	Sesiidae	<i>Synanthedon vespiformis</i> (L.)	Fusto e Rami
	Geometridae	<i>Operopthera brumata</i> (L.)	Foglie
	Notodontidae	<i>Phalera bucephala</i> (L.)	Foglie
	Lymantriidae	<i>Elkneria pudibunda</i> (L.)	Foglie
		<i>Euproctis chrysorrhaea</i> L.	Foglie
<i>Lymantria dispar</i> (L.)		Foglie	
Lasiocampidae	<i>Melacosoma neustria</i> (L.)	Foglie	
<b>Coleoptera</b>	Scolytidae	<i>Anisandrus dispar</i> Fabricius	Rami

	Curculionidae	<i>Curculio (Balaninus) elephas</i> Gyll. <i>Curculio propinquus</i> Desbr.	Frutti
	Attelabidae	<i>Attelabus nitens</i> Scopoli	Foglie
	Cerambicidae	<i>Cerambyx scopolii</i> Fuesslin	Tronco
		<i>Clytus arietis</i> (L.)	Tronco
		<i>Plagionotus arcuatus</i> (L.)	Tronco e branche
	Scarabeidae	<i>Anomala vitis</i> Fabricius	Foglie
		<i>Melolontha melolontha</i> L.	Foglie

**Tab. X:** Fitofagi del castagno (modificato da Pollini, 1998);

### **Principali fitofagi del castagno:**

#### **ORDINE LEPIDOPTERA**

**3.3.1 *Pammene fasciana*** Linn., (Famiglia Tortricidae), Tortrice precoce delle castagne.

Le ali dell'adulto hanno un'ampia macchia biancastra submediana che dalla metà dell'ala anteriore si allarga e arriva fino al margine interno; all'esterno di questa ci sono tre piccole macchie nere, mentre il margine costale presenta tacche virgoliformi di colore scuro (Pollini, 1998). Questo lepidottero ha un'apertura alare di circa 15-18 mm. L'uovo è di colore biancastro, ed ha una forma lenticolare o leggermente ovale (0,69 x 0,61 mm).

La larva è biancastra, tendente al rosato, con sei verruche pilifere rosso scuro e pettine anale. Il capo è di colore bruno, lo scudo protoracico e quello anale sono di colore bruno chiaro, con punteggiature scure.

La crisalide cambia colore durante il suo sviluppo, virando dal bruno chiaro al bruno scuro; può raggiungere gli 8-10 mm di lunghezza.

Il tortricide è diffuso in quasi tutta l'Europa; il suo areale di diffusione va al nord dal sud dell'Inghilterra e Scandinavia; a sud lo si rinviene fino ai Pirenei e alle Alpi Marittime, in Francia e in Italia fino alla Campania. Ad est la specie è stata rinvenuta anche in Dalmazia e in Asia Minore (Pollini, 1998).

## BIOLOGIA

Il lepidottero supera l'inverno allo stato di larva matura in diapausa, riparata nelle anfrattuosità della corteccia e, solo in minor numero, nel terreno. L'incrisalidamento avviene nel mese di maggio (più tardi nelle regioni settentrionali), Dopo circa 20-30 giorni avviene lo farfallamento, con un picco massimo di presenze a cavallo dei mesi di giugno e luglio, quando è in atto la fioritura o si differenziano i primi ricci. È stato comunque accertato che i voli si prolungano in genere fino alla metà di settembre, interessando di conseguenza un periodo di circa tre mesi; essi si svolgono di notte tra le 19 e le 23, mentre di giorno gli adulti si rifugiano sulla pagina inferiore delle foglie o sulla corteccia.

Le femmine depongono, in modo isolato, fino a 350 uova sulla pagina superiore delle foglie, lungo le nervature e sempre vicino ai frutti. L'ovideposizione perdura per tutta la vita dell'adulto, che è di circa 10-12 giorni. L'incubazione dura, in genere, 8-10 giorni: le larve che si originano, per i primi 2-3 giorni, vivono a spese delle foglie o all'esterno dei ricci, ma poco dopo penetrano all'interno di questi ultimi danneggiando il giovane frutto. Gli escrementi vengono espulsi attraverso il foro di penetrazione iniziale.

Arrivate al terzo stadio di sviluppo, le larve abbandonano il riccio, che intanto ha arrestato la crescita, per penetrare in un riccio sano che di solito è vicino a quello precedentemente attaccato, come in genere si deduce dalla presenza di escrementi tra le spine. All'interno di questo riccio passa al quarto e quinto stadio larvale, impiegando ugualmente 8-10 giorni ciascuno (a una temperatura media di 18-20 °C); in seguito la larva fuoriesce e si ripara nelle anfrattuosità della corteccia per passarvi l'inverno.

La *P. fasciana* è quindi una specie monovoltina, compiendo una sola generazione all'anno.

## DANNI

Le larve provocano l'arresto del flusso linfatico nei frutti, causandone il disseccamento e la caduta prematura (Fig. 6). Questo fenomeno si verifica al momento della cascola fisiologica; è proprio per tale motivo che l'attacco di questi insetti passa spesso inosservato, anche nelle aree in cui si verificano forti infestazioni.



**Fig. 6:** Danno su castagne da *Pammene fasciana*;

**3.3.2** *Cydia fagiglandana* Zel., (Famiglia Tortricidae), Tortrice intermedia delle castagne.

Questa specie presenta un'apertura alare di 13-19 mm.

L'adulto (Fig. 7) è simile a quello della *C. splendana*, ma è distinguibile da questa per l'assenza della macchia tornale nerastra e per l'aspetto più chiaro e obliquamente striato dell'intera ala anteriore, detto a "spina di pesce" (Tremblay, 1986).

Le ali anteriori del maschio presentano, nella regione anale, due macchie biancastre contrapposte formanti un disegno ad "U", le ali posteriori sono uniformi, più scure delle anteriori, brune (Pollini, 1998).



**Fig. 7:** Adulto di *Cydia fagiglandana*;

La larva matura ha una colorazione rossastra, con aree rosso carminio su ciascun tergite; anche i tubercoli piliferi sono nettamente rossastri. Il capo si presenta di color castano chiaro, mentre lo scuto protoracico e anale sono giallo-rossastro.

L'areale di diffusione di questa specie interessa l'Europa, la Russia, e giunge fino all'Iran. In Italia è particolarmente presente in Campania.

### BIOLOGIA

Questa specie preferisce le fagiole e le ghiande (da qui il nome specifico); in Italia centro-meridionale, invece, può attaccare il castagno in percentuale superiore a quella della *C. splendana* (Russo, 1947).

La *C. fagiglandana* compie una generazione all'anno, svernando nel terreno o sotto la corteccia come larva protetta dentro un bozzolo sericeo. Nella tarda primavera avviene l'incrisalidamento. Gli adulti sfarfallano da maggio a luglio-ottobre, con picco massimo di volo intorno alla metà di agosto; in questo periodo, soprattutto nelle ore crepuscolari e notturne, avvengono gli accoppiamenti, seguiti dalla deposizione delle uova che avviene direttamente sui ricci.

La larva (Fig. 8) neonata penetra all'interno di questi ultimi e quindi nel seme, nutrendosi della parte amilacea del frutto sino al raggiungimento della sua maturità.



**Fig. 8:** Larva di *Cydia fagiglandana*;

A questo punto fuoriesce dalla castagna, ancora sulla chioma o caduta al suolo, per interrarsi e svernare. Solo nella tarda primavera successiva avviene l'incrisalidamento.

### **3.3.3 *Cydia splendana* Hb., (Famiglia Tortricidae), Tortrice tardiva delle castagne**

Ha un'apertura alare di 13-18 mm.

L'adulto (Fig. 9) si presenta con ali di colore grigio cenere o grigio bruno. Queste sono caratterizzate nell'angolo posteriore, dalla presenza di una macchia gialla con bordatura prossimale nera vellutata in cui sono evidenti quattro piccoli tratti neri (Pollini, 1998). In fase di riposo, ad ali chiuse, le due macchie nere confluiscono in una grossa macchia subromboidale (Tremblay, 1986).



**Fig. 9:** Adulto di *Cydia splendana*;

La larva (Fig. 10) da giovane è bianca, con capo, scudo toracico ed anale di colore nero; da adulta diventa gialliccia col capo e scudi bruno-chiaro; tubercoletti piliferi bruni. Raggiunge i 15-17 mm di lunghezza (Della Beffa, 1961).



**Fig. 10:** Larva di *Cydia splendana*;

La crisalide presenta file semplici di spinette alla base degli urotergiti mediani: sul IV urotergite si contano 7-9 spinette; è lunga in media 9-11 mm (Tremblay, 1986).

Il suo areale di diffusione è euro-asiatico, e in Italia è presente praticamente dappertutto.

### BIOLOGIA

La tortrice tardiva compie una sola generazione all'anno, svernando allo stadio di larva matura protetta entro un bozzolo pergamenaceo, nei primi strati del terreno sotto le piante infestate (Pollini, 1998). L'incrisalidamento si verifica tra la fine di giugno e la fine di luglio-settembre, dopo 20-30 giorni di stadio crisalidale (Tremblay, 1986). Il picco dei voli coincide, in genere, con la presenza dei ricci abbastanza formati (Rotundo et alii., 1984). Dopo 4-5 giorni dall'accoppiamento, ciascuna femmina depone oltre un centinaio di uova, fino a un massimo di 300 (Bovey et alii., 1975), lungo la nervatura mediana della pagina superiore ed inferiore delle foglie. Dopo 10-12 giorni si conclude lo sviluppo embrionale.

La larva neonata penetra nelle castagne dopo aver attraversato la base dei ricci; in questi scava prima una galleria periferica (alla base dell'ilo o nel punto d'attacco di ciascuna castagna), successivamente penetra all'interno dove rimane fino a maturità.

Passati 35-45 giorni, la larva fuoriesce attraverso un piccolo foro rotondo. Le castagne infestate cadono a terra prematuramente, le larve che le infestano fuoriescono per cercarsi un riparo al suolo (a volte tra le screpolature della corteccia se la castagna è rimasta sull'albero).

### DANNI

Le larve infestano i frutti scavando una galleria nell'endosperma; i danni sono spesso gravi e dovuti alla perdita del valore commerciale delle castagne. Possono essere raggiunte elevate percentuali di infestazione (70-80 %).

### Metodologie di lotta contro le cidie

In centro Italia non sono consigliabili interventi fitosanitari contro *Pammene fasciana* in quanto la sua presenza non incide generalmente in maniera significativa sulla produzione. Studiandone la modalità di svernamento, è stato possibile, sulle giovani piante di castagno con corteccia liscia, catturare la quasi totalità delle larve di *P. fasciana*, grazie all'utilizzo di bande-trappola di cartone ondulato disposte sul tronco e sulle grosse branche.

Diverso è invece il problema dato da *C. fagiglandana* e *C. splendana*, i cui attacchi si rinvencono direttamente sui frutti al momento della raccolta.

Nei castagneti viterbesi, in particolare, eventuali problemi sono dati, generalmente, dall'azione della *C. fagiglandana*, che è la specie più termofila. Non potendo ricorrere ad interventi insetticidi a causa della complessità dell'agroecosistema, una tecnica efficace per contenere le popolazioni di questo fitofago è quella di raccogliere e distruggere le castagne man mano che cadono al suolo, allo scopo di asportare parte della popolazione prima che si interri (Paparatti e Speranza, 1998).

Per l'eventuale lotta si potrebbe ricorrere ad un trattamento a base di *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* da effettuarsi quando le larvette non sono ancora penetrate nei ricci; questa è però poco attuabile praticamente.

Per quanto riguarda il controllo biologico naturale, è da tener presente che raramente le cidie hanno limitatori naturali.

In un castagneto della provincia di Catanzaro, nel 1984 è stata evidenziata una percentuale di parassitizzazione del 24 % delle larve da parte dell'Imenottero Braconide *Ascogaster quadridentatus* Wesm. (Rotundo et alii., 1984).

In un castagneto della provincia di Potenza sono state raccolte larve mature di *P.fasciana* parassitizzate per il 65% dal fungo *Paecilomyces farinosus* (Holm. Gray) (Nanni et alii., 1988).

**3.3.4 *Curculio (Balaninus) elephas* Gyll., (Famiglia Curculionidae), Balanino delle castagne.**

L'adulto (Fig. 11) ha una lunghezza di 6-10 mm e una larghezza di 4 mm. I due sessi sono facilmente distinguibili in quanto la femmina presenta un rostro molto più lungo di quello del maschio. Il maschio è di forma ovale allungata, ristretto nella parte caudale dell'addome. La parte dorsale del corpo, protetta dalle elitre, è rivestita di peli, molto fitti, con colorazioni che vanno dal grigio chiaro al bruno scuro o tendente al giallognolo con macchie più scure. Una peluria molto densa, quasi squamosa, di colore grigiastro riveste la parte addominale; questo rivestimento nasconde la struttura chitinoso dell'addome stesso. Gli occhi sono distanziati tra loro; le mandibole sono robuste e dentate. Il rostro è più corto rispetto alla lunghezza del corpo, ricurvo e sottile; ai lati di questo, sono inserite le antenne, costituite da un lungo scapo, un funicolo composto di 6-7 articoli e da una clava terminale. I primi due articoli, presi insieme sono lunghi quanto lo scapo; la clava, a forma di fuso, è costituita da tre articoli, ben distinta dal funicolo è più lunga che larga.

Le zampe hanno forma allungata, con femori irrobustiti, dotati nella parte interna di denti posteriori. Le tibie medie e posteriori portano speroni; nei tarsi il terzo articolo presenta due lobi ben sviluppati, il pretarso presenta due unghie robuste.

La femmina ha il corpo subfusiforme, lungo circa tre volte la sua larghezza presa sopra la linea che divide le elitre dal protorace. E' ricoperto di peli, in alcuni punti, e di piccole setole squamiformi; questo rivestimento conferisce all'insetto una colorazione, che nella parte dorsale varia dal nocciola al giallo pallido; nella parte ventrale è quasi sempre grigio chiaro.

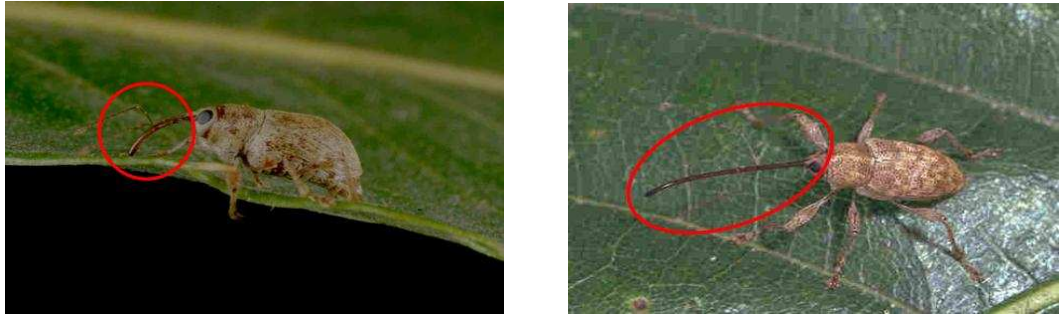
Le elitre si presentano molto chitinizzate e con dieci solchi dorso-longitudinali paralleli fra loro. Hanno, per 1/3 della lunghezza, forma quasi piatta; i restanti 2/3, invece, assumono forma convessa. La linea di separazione tra le elitre è ben evidente, ma una leggera divaricazione nell'estremità posteriore lascia scoperto il pigidio.

Le ali membranose, poste sotto le elitre, sono ripiegate tre volte su se stesse e si presentano sviluppate e robuste.

Il capo è subgloboso, di colore castano scuro, con numerose fossette da alcune delle quali fuoriescono piccole setole squamiformi. Il rostro, rigido e sottile, di colore castano scuro e leggermente più lungo del corpo, è diritto per i primi  $2/3$  e diviene incurvato verso il basso in prossimità dell'apice, dove si apre l'apparato boccale. Quasi a metà della lunghezza si dipartono le antenne; queste sono dello stesso colore del rostro, genicolate e costituite da nove articoli; di questi lo scapo è lungo quasi quattro volte il funicolo. Il primo segmento del funicolo è lungo 1,5 volte il secondo; i segmenti successivi diminuiscono in lunghezza man mano che si avvicinano alla clava. Quest'ultima è costituita da tre articoli distinti, che insieme raggiungono la lunghezza del secondo articolo del funicolo. Gli antenomeri sono ricoperti di pochi peli e setole sensoriali. Gli occhi sono grandi, convessi, di colore nero e si trovano vicini e inseriti alla base del rostro (Colizza, 1928).

L'apparato boccale è di dimensioni ridotte ed è rivestito di pochi peli. Le mandibole sono allungate, robuste e con una leggera curvatura verso il basso; alla base, dal lato ventrale, è presente una sporgenza somigliante ad un dente. Le mandibole si articolano per mezzo di due condili posti alla loro base. Il condilo della faccia esterna si articola in una cavità circolare posta nella capsula cefalica (acetabolo). Le mascelle non hanno lobi distinti e presentano sulla parte interna setole sottili, ricurve e parallele tra loro. Il palpo mascellare è costituito da quattro articoli distinti; sulla parte dorsale dei primi tre e sull'estremità anteriore del quarto, si evidenziano setole lunghe e sottili. Il labbro inferiore è molto piccolo, chitinizzato e con due palpi apicali rivestiti da numerose setole. Il pronoto è di forma convessa, più sviluppato in larghezza che in lunghezza, con l'estremità anteriore più stretta di quella posteriore. Delle tre coppie di zampe il primo paio si presenta più sviluppato delle altre; queste sono robuste e con i femori ingrossati in corrispondenza delle tibie. In prossimità degli ingrossamenti ed internamente alle zampe, si evidenzia un "dente" di forma triangolare che, in quelle posteriori, è molto sviluppato. La superficie delle zampe è ricoperta di setole squamose; sull'estremità inferiore delle tibie si trova una frangia di peli, molto evidenti nel secondo e nel terzo paio di zampe. I tarsi presentano numerosi peli sul margine dei lobi del secondo articolo (Colizza, 1928).

L'addome ha cinque segmenti ed è ricoperto da numerose setole squamose; sulla parte posteriore, ai lati del pigidio, presenta peli lunghi e sottili che fungono da rivestimento.



**Fig. 11:** Maschio e femmina di *Curculio elephas*;

L'uovo (Fig. 12) è di forma sub-ellittica, bianco e senza sculture al momento della deposizione. Le dimensioni variano da 0.40-0.50 mm di lunghezza a 0.30-0.40 mm di larghezza.

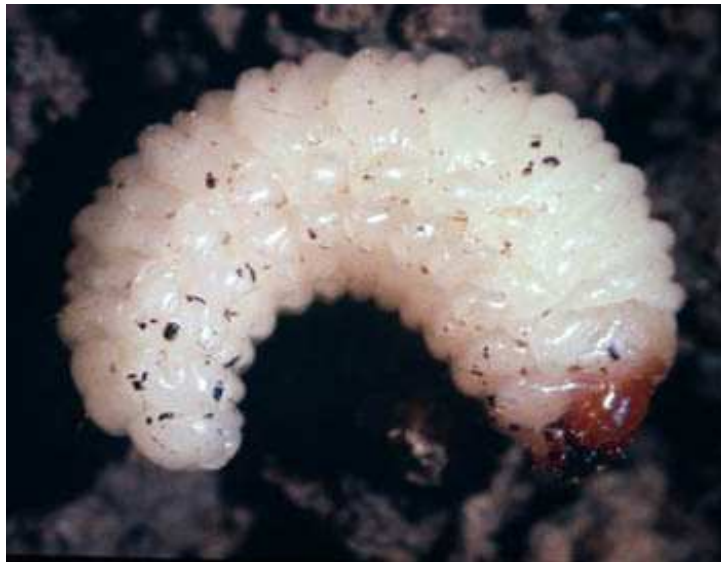


**Fig. 12:** Uovo di *Curculio elephas*;

La larva (Fig. 13) è di colore bianco-avorio, cirtosomatica, apoda; la sua lunghezza, quando si distende per spostarsi, oscilla tra i 7 e i 12 mm. Si è visto che esiste una correlazione tra la sua grandezza della larva e la disponibilità alimentare; infatti nelle castagne infestate da molte larve, avendo quindi poco cibo a disposizione, queste raggiungono dimensioni minori. Il capo è di colore ferrugineo e di forma semi-circolare convessa; le antenne sono brevissime, formate da un piccolo cornetto di colore nero. Il clipeo è più largo del labbro superiore e con una linea dritta che li separa; la superficie

dorsale è liscia e presenta tre sensilli disposti a triangolo, con il vertice verso il clipeo. Quest'ultimo, visto dorsalmente, si presenta liscio.

Le mandibole sono di forma triangolare, robuste e di colore scuro, con la base più larga dei lati; internamente il margine apicale presenta due denti, la superficie dorsale porta due setole e qualche sensillo, quella ventrale dei rilievi bitorzoluti.



**Fig. 13:** Larva di *Curculio elephas*;

Le mascelle del primo paio si presentano ben sviluppate. Il labbro inferiore ha i palpi costituiti da due articoli ricoperti di alcuni sensilli; il submento è di struttura membranosa.

Il torace è costituito da tre tergiti. Il secondo ed il terzo tergite sono divisi in due parti; quella anteriore, che corrisponde allo scuto, è di forma triangolare, più piccola in confronto a quella posteriore. Gli sterniti toracici sono di forma triangolare.

Nell'addome i primi sette segmenti sono uguali e presentano il tergite diviso in un prescuto, e in uno scutello, ricoperto. Tra questi due si inserisce il mesoscuto. Sugli sterniti dei primi segmenti addominali, si evidenzia un'area di forma triangolare corrispondente all'eusterno.

Gli stigmi sono nove paia: il primo si trova ai lati del protorace, gli altri otto, invece, sono presenti ai lati dei primi otto segmenti addominali. L'ano è situato alla fine del decimo segmento.

La pupa (Fig. 14) ha una forma leggermente ricurva, convessa dorsalmente, con una colorazione che varia dal nocciola al giallo pallido.



**Fig. 14:** Pupa di *Curculio elephas*;

Il capo porta dei peli. Gli occhi sono grandi e di colore nero, il rostro è lungo circa i 4/5 del corpo e le antenne hanno lo scapo ed il funicolo ben sviluppati e aderenti al rostro stesso. L'addome è costituito da otto segmenti ben distinti, dei quali i primi sette, portano sei peli, l'ottavo ne porta due. Le dimensioni della pupa si aggirano sui 5-12 mm di lunghezza ed i 3-4 mm di larghezza.

#### DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA

Il balanino è diffuso in tutta l'Europa meridionale e nelle zone montane dell'Africa del nord (Algeria). In Italia è comune in tutti i castagneti (Pollini, 1998).

#### BIOLOGIA

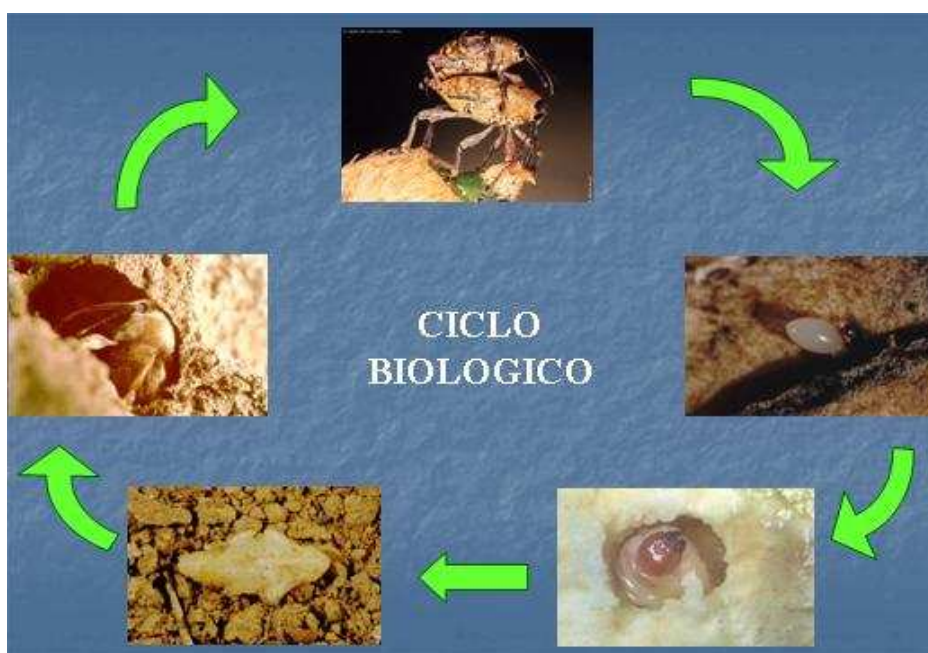
La specie è monovoltina, anche se alcune larve possono rimanere nel terreno per più anni.

Attacca principalmente le castagne nutrendosi dell'endosperma amilaceo, ma può attaccare anche le ghiande del genere *Quercus*.

Gli adulti, nel centro Italia, compaiono tra la fine di agosto e la fine di settembre; il massimo picco di sfarfallamenti si verifica alla fine della prima decade di settembre (Cinti et al., 1993). Alcuni ricercatori hanno spiegato il lungo periodo di sfarfallamento con la differente data di interrimento delle larve; questa, infatti, induce uno slittamento di 1-2 settimane tra le larve interrate in ottobre e quelle interrate in novembre (Menu e Debouzie, 1995). Per l'ovideposizione le femmine si servono del rostro con il quale forano il riccio; una volta praticato il foro vi inseriscono un uovo.

Questa operazione avviene tra settembre ed i primi dieci giorni di ottobre, durante i mesi di presenza degli adulti (Cinti et al., 1993). La femmina, in condizioni di laboratorio, impiega in media 20 minuti per ovideporre; per il 47 % dei casi non vi è però la deposizione dell'uovo (Desouhant, 1996). Da recenti ricerche si è potuto osservare che la femmina depone un solo uovo per frutto nell'80% dei casi, due nel 10% ; la restante percentuale è data da ovideposizioni con più di due uova (Desouhant, 1996).

Lo sviluppo embrionico-larvale dura mediamente 45 giorni (Bovey et al., 1975). La larva si sviluppa a spese dei cotiledoni; generalmente all'interno del frutto non si trovano più di 2 o tre larve anche se in alcuni frutti sono state rinvenute sino a 19 larve (Cinti et al., 1993). La larva si nutre della castagna sino alla fine del suo sviluppo prediapausale.



**Fig. 15:** Ciclo biologico del balanino;

Al termine dello stadio larvale, questa, fuoriesce dalle castagne praticando un tipico foro nel pericarpo e si lascia cadere al suolo, dove si interra ad una profondità compresa tra i 5 ed i 15 centimetri (Cinti et al., 1993); nel terreno si costruisce una celletta in cui passa l'inverno.

All'inizio dell'estate successiva dal 32 al 94% delle larve si impupano, rimanendo in tale stato per circa 15 giorni (Fig. 15). Passati questi, si preparano allo sfarfallamento, mentre la restante parte si impuperà gli anni successivi con percentuali via via minori

(Menu, 1993). Gli adulti neosfarfallati si portano sulle chiome delle piante ospiti, dove avviene l'accoppiamento (Fig. 16). Esiste un sincronismo tra sfarfallamento degli adulti e stadio di maturazione delle castagne.



**Fig. 16:** Adulti di *Curculio elephas* in fase di accoppiamento;

### DANNI

I danni provocati da questo insetto (Fig. 17), in alcuni ambienti della nostra regione, possono risultare molto consistenti, avendo raggiunto e/o superato il 90% di infestazione (Paparatti e Speranza, 1998).



**Fig. 17:** Tipico danno da infestazione di balanino;

Nell'analisi dell'infestazione si deve tenere conto dell'interazione esistente tra *C. elephas* e *C. splendana*. Si è notato che la femmina di balanino, solitamente, non ovidepone su una castagna in cui già si trova la larva di *Cydia splendana*. Per spiegare questo particolare comportamento sono state individuate diverse ipotesi (Debouzie et alii, 1996):

- Nel primo stadio la larva del lepidottero produce sostanze repellenti che emette o rilascia con gli escrementi, che potrebbero inibire l'ovideposizione del curculionide;
- La femmina del curculionide riesce a percepire i suoni emessi dalla larva del lepidottero, durante la sua alimentazione o al suo movimento.

Da esperimenti condotti in laboratorio è stato evidenziato che la femmina di balanino non deposita marcatori chimici repellenti nel frutto dopo l'ovideposizione (Desouhant, 1998).

### **3.3.5 *Curculio propinquus* (Des.), (Famiglia Curculionidae), Balanino.**

Tipicamente legato alle querce, questo balanino svolge il suo ciclo a carico delle ghiande di *Quercus cerris* L., ma attacca anche il castagno (Paparatti com. pers.). La capacità del curculionide di nutrirsi e completare il ciclo biologico anche a spese dei frutti di castagno, lo rende un potenziale nemico di tale coltura (Triggiani et al., 1998).

Gli adulti sono di colore bruno scuro, più raramente grigiastri. I maschi misurano 6,5-9,0 mm e le femmine 7,0-9,2 mm, escluso il rostro. Quest'ultimo è il carattere

tipicamente di distinzione tra i due sessi, nelle femmine (Fig. 18) la lunghezza può essere anche il doppio di quello dei maschi. Morfologicamente questo insetto è simile a *C. elephas* anche se di dimensioni minori.



**Fig. 18:** Femmina di *Curculio propinquus* all'interno della celletta di svernamento;

La larva matura è cirtosomatica, di colore biancastro, con capo di colore marrone, e misura, a completo accrescimento, 9-11 mm di lunghezza. Le antenne sono costituite da un unico antennozero di forma conica e gli ocelli sono due, accanto alle suture frontali (Triggiani et al., 1998).

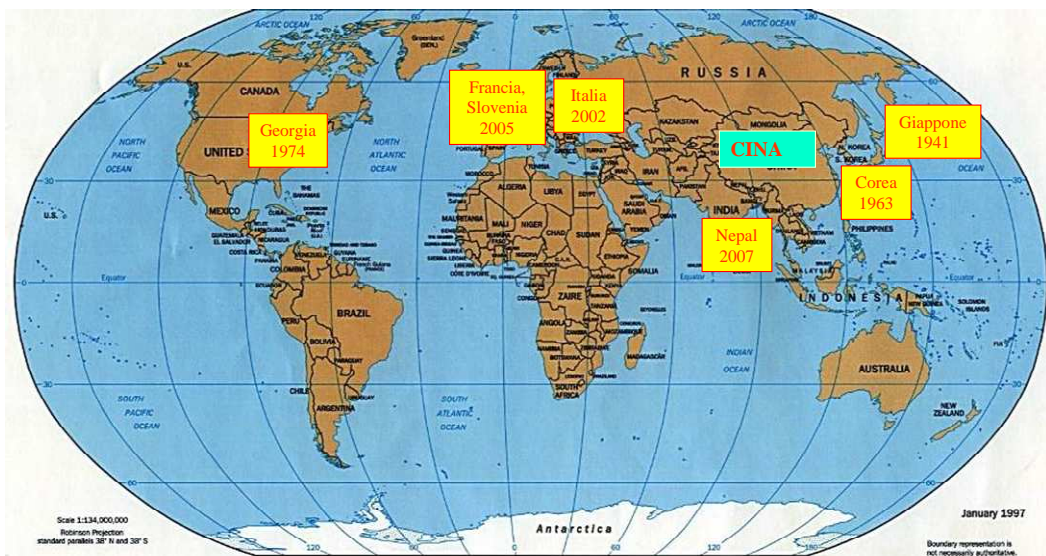
Il ciclo biologico nonché l'entità e la tipologia dei danni sono del tutto simili a quelli del *C. elephas*.

## **ORDINE HYMENOPTERA**

**3.3.6 *Dryocosmus kuriphilus*** (Yasumatsu), (Famiglia Cynipidae), Cinipide galligeno del castagno.

Il cinipide galligeno *Dryocosmus kuriphilus* (Yasumatsu) è considerato uno degli insetti più dannosi per il castagno a livello mondiale. Originario della Cina, è stato introdotto

accidentalmente in Giappone (1941), Corea (1963), Stati Uniti (Georgia, 1974) e nel 2002 anche in Italia (Fig. 19) (G. Bosio, 2004), dove è stato segnalato per la prima volta in alcune località del Cuneese (Chiusa Pesio, Boves, Peveragno, Cuneo, Roccavione, Borgo S. Dalmazzo, Robilante), sia su ibridi euro-giapponesi che su castagno europeo selvatico e/o innestato, soprattutto su individui giovani.



**Fig. 19:** Distribuzione mondiale di *D. kuriphilus* (Yasumatsu);

*Dryocosmus kuriphilus* è un piccolo imenottero (Fig. 20), di 2,5 mm. di lunghezza, monofago su castagno.



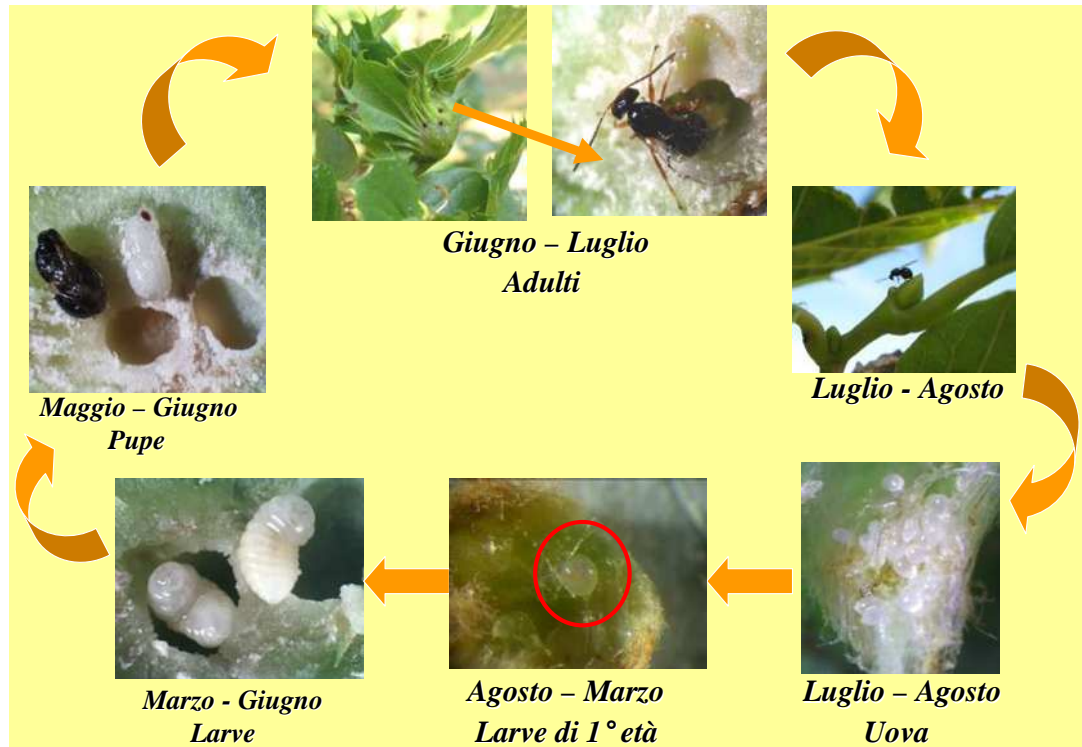
**Fig. 20:** Femmina di *Dryocosmus kuriphilus* su gemma di castagno;

In Italia l'allarme è scattato immediatamente, per cercare almeno di limitare le infestazioni e per evitare di rendere vani tutti gli sforzi fatti per risollevare la castanicoltura a lungo colpita già dal mal dell'inchiostro e dal cancro corticale (EPPO Bulletin, 2005).

Nel maggio 2005 *D. kuriphilus* è stato segnalato per la prima volta anche nella provincia di Viterbo (Paparatti et al., 2005).

### BIOLOGIA

*Dryocosmus kuriphilus* è una specie monovoltina che si riproduce per partenogenesi telitoca (da origine esclusivamente ad individui di sesso femminile). Gli adulti, di colore scuro e lunghi circa 2,5 mm., fuoriescono dalle galle in un periodo di circa tre settimane dalla fine di giugno alla seconda decade di luglio. Appena sfarfallati, depongono le uova (fino ad un massimo di 100) sulle gemme con il sottile ovopositore di cui dispongono; in ogni gemma si possono trovare fino a 20-30 uova. Dopo circa 40 giorni si ha la chiusura delle uova (Fig. 21).



**Fig. 21:** Ciclo biologico di *D. kuriphilus* Yasumatsu nell'Italia Centrale;

Le larve, avendo uno sviluppo lento, costituiscono la forma svernante, questa infestazione è tuttavia asintomatica fino alla primavera successiva, quando invece gli organi colpiti si trasformeranno in galle, di diametro variabile da 0,5 a 2 cm. Queste, a seconda delle dimensioni, possono ospitare da 1 a 7-8 cellette al cui interno si sviluppa la larva e i successivi stadi larvali. Le larve sono di colore bianco, apode e anoftalme. Sempre nelle galle si formano le pupe, da cui sfarfalleranno le femmine adulte. Le galle (Fig. 22) sui germogli disseccano nel corso dell'estate e dell'autunno rimanendo visibili fino all'anno successivo.

Il grave danno che consegue all'attacco è una diminuzione della crescita vegetativa e della produzione di frutto, con perdite che possono raggiungere il 60-80 % della produzione; le giovani piantine inoltre possono essere portate a morte.



**Fig. 22:** Giovane rametto con galle;

#### MODALITA' DI DIFFUSIONE E PROPAGAZIONE

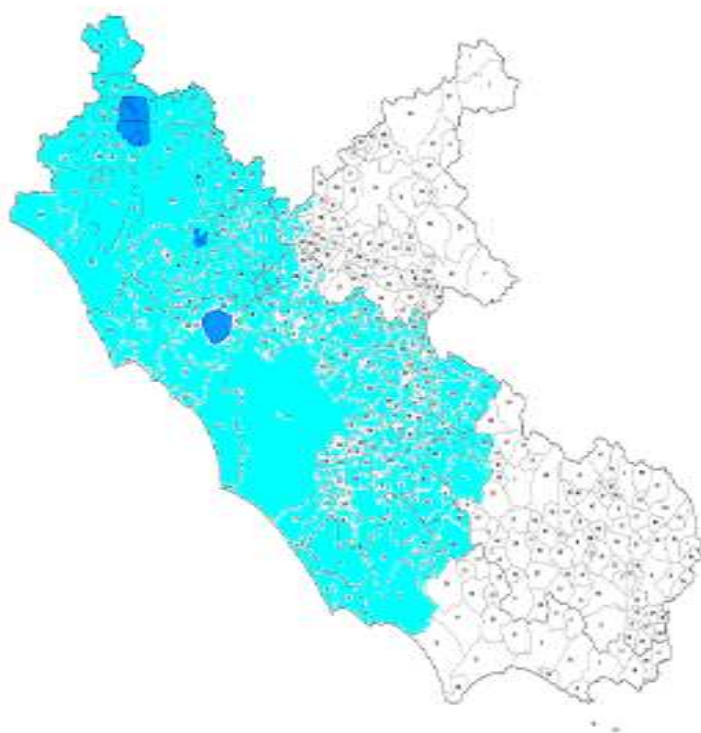
Gli spostamenti attivi degli adulti e il trasporto accidentale ad opera del vento sembrano essere limitati, mentre il sistema di diffusione più pericoloso è rappresentato dal trasporto ad opera dell'uomo di materiale di propagazione proveniente dalle aree infestate.

## CONTROLLO DEL PARASSITA E POSSIBILITA' DI LOTTA

Il Cinipide galligeno del castagno è soggetto a Lotta Obbligatoria in base al Decreto del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali 30 ottobre 2007 - GU n. 42 del 19-2-2008, concernente "Misure d'emergenza provvisorie per impedire la diffusione del cinipide del castagno, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, nel territorio della Repubblica italiana. Recepimento della decisione della Commissione 2006/464/CE".

Il decreto sancisce l'obbligo, per i vivai e i garden center che vendono, producono e/o detengono vegetali di *Castanea*, esclusi frutti e sementi, destinati alla commercializzazione o alla cessione a qualsiasi titolo, di iscriversi al registro ufficiale dei produttori della Regione Lazio e di richiedere l'autorizzazione all'uso del passaporto delle piante CE.

Con la determinazione C1870 del 8.08.2008 la Regione Lazio, in conformità alle disposizioni contenute nel nuovo decreto, ha individuato la zona d'insediamento del cinipide sul territorio regionale (Fig. 23, Tab. XI) ed ha regolamentato la movimentazione dei vegetali di *Castanea* nel Lazio.



**Fig. 23:** Cartina delle zone d'insediamento del cinipide sul territorio regionale;

<b>Provincia di Roma:</b>	<b>intero territorio</b>	
<b>Provincia di Viterbo:</b>	<b>intero territorio</b>	
<b>Provincia di Rieti:</b>	<b>codice ISTAT</b>	<b>Comune:</b>
	21	Collevecchio
	35	Magliano Sabina
	66	Montebuono
	67	Tarano
<b>Provincia di Frosinone:</b>	2	Acuto
	6	Anagni
	35	Fiuggi
	46	Paliano
	53	Piglio
	71	Serrone
<b>Provincia di Latina:</b>	1	Aprilia
	2	Bassiano
	5	Cisterna di Latina
	6	Cori
	11	Latina
	16	Norma
	22	Rocca Massima
	27	Sermoneta

**Tab. XI:** Zone di insediamento di *Dryocosmus Kuriphilus* Yasumatsu (Regione Lazio, 2008);

### Prevenzione

Al fine di evitare la diffusione di *D. kuriphilus*, occorre prestare molta attenzione particolarmente in vivaio, durante le fasi di commercializzazione dei materiali di moltiplicazione, soprattutto nel periodo di riposo vegetativo. In tale periodo, infatti, non è possibile evidenziare sulle gemme i sintomi della presenza dell'insetto perché ancora non vi è presenza delle galle; per questa ragione questo periodo è molto alto il rischio di una facile quanto involontaria diffusione.

### Possibilità di controllo

L'intervento di raccolta e distruzione dei getti colpiti prima dello sfarfallamento delle femmine adulte, rappresenta attualmente il metodo di controllo meccanico più praticabile ed efficace, il controllo meccanico del fitofago è però praticabile però solo su piante di dimensioni ridotte.

Alcuni Autori affermano che i trattamenti chimici in genere sono scarsamente efficaci.

In Giappone, Corea, Cina e Stati Uniti sono stati realizzati ibridi tra *C. crenata* e *C. mollissima*, e cultivar di quest'ultima specie, che presentano uno sviluppo ritardato delle gemme, così che gli insetti adulti non trovino substrato adatto per deporre le uova.

Sempre in Giappone è stato introdotto dalla Cina uno specifico limitatore naturale di *D. kuriphilus*, l'imenottero calcidoideo *Torymus sinensis* (KAMIJO, 1982). In diverse località, a distanza di quasi vent'anni dai primi lanci di questo parassitoide, le percentuali di germogli attaccati dal cinipide sono risultate essere modeste ed ampiamente al di sotto della soglia di danno economico (Bosio et al. 2002).

### **3.4 LE GALLE**

Una galla, o cecidio, viene definita come una manifestazione di crescita anomala dei tessuti di una pianta, avente forma e struttura più o meno costante, causata dall'attacco di un organismo parassita sulla pianta stessa. È essenziale, dalla definizione di galla, che i tessuti della pianta attaccata manifestino, come conseguenza, delle modificazioni istochimiche e citologiche quali iperplasie (proliferazione di cellule) e ipertrofie (cellule più sviluppate della norma): la pianta deve cioè reagire all'azione del parassita e questa reazione si manifesta con la formazione del cecidio. Queste possono essere indotte sulle piante da organismi diversi, definiti galligeni o cecidogeni, quali batteri, funghi, nematodi, acari, insetti e rappresentano la reazione della pianta ad uno stimolo prodotto dal galligeno. Il galligeno perciò non è il produttore della galla, ma ne è la causa.

Entro la galla, "costruita" dalla pianta su "informazione" e "guida" del galligeno, si sviluppa quest'ultimo che si assicura così nutrimento e protezione.

Lo stimolo che induce la formazione della galla può essere rappresentato da sostanze connesse all'attività trofica del galligeno (spesso infatti, se il galligeno muore prima di arrivare a maturità, cessa anche l'accrescimento della galla) oppure da sostanze indotte nella pianta nel momento in cui la femmina vi depone l'uovo. Lo stimolo di induzione agisce solo su tessuti vegetali in accrescimento, cioè su meristemi (Pellizzari G. 1988).

## **3.5 METODOLOGIE DI CONTROLLO DELLE POPOLAZIONI**

### **3.5.1 ENDOTERAPIA**

La sempre maggiore attenzione alla cura degli alberi ha sollevato alcune problematiche inerenti la difesa fitosanitaria. In particolare emergono alcuni fattori limitanti relativi alle tradizionali applicazioni d'irrorazione alla chioma di prodotti fitosanitari. Le dimensioni dei soggetti da trattare comportano notevoli difficoltà tecniche nelle operazioni d'irrorazione, infatti difficilmente il prodotto fitosanitario arriva a coprire uniformemente la pianta, con risultati non ottimali dei trattamenti. I soggetti vegetali, inoltre, possono trovarsi in prossimità di abitazioni, zone ad alta fruizione pubblica e/o corpi idrici e questo comporta problemi igienico-sanitari ed ecologici per la dispersione in ambiente di preparati tossici ad azione antiparassitaria. Da questi problemi scaturisce l'esigenza di individuare strategie d'intervento a più basso impatto ambientale e che sfruttino mezzi di distribuzione più sicuri a livello sanitario. Una risposta in tal senso è stata individuata nell'endoterapia, una tecnica fitoiatrica basata sul principio per cui, se si introduce una sostanza direttamente nel tronco o nelle radici di una pianta, questa si ridistribuisce nella pianta attraverso il sistema vascolare. Le tecniche endoterapiche consistono perciò in iniezioni al tronco il cui bersaglio privilegiato sono, per quanto concerne i parassiti di origine animale, gli insetti dotati di apparato boccale pungente-succhiante, mentre per i patogeni fungini si possono fare applicazioni contro agenti di tracheomicosi, antracnosi e oidio. A tutt'oggi, nel nostro paese, sono essenzialmente in uso due sistemi di applicazioni endoterapiche:

- Sistemi gravitazionali o ad assorbimento naturale
- Sistemi a pressione

Nei primi il prodotto è immesso direttamente nel flusso xilematico ed è ridistribuito nel vegetale sfruttando la normale capacità assimilatoria della pianta stessa, in pratica i prodotti salgono alla chioma grazie all'azione di "risucchio" esercitata dalle foglie (in virtù della loro evapo-traspirazione). L'apparecchiatura usata assomiglia molto alla flebo per uso ospedaliero: in una sacca asettica di materiale plastico è immesso il prodotto da iniettare; questa è collegata ad un condotto di uscita a sua volta connesso a dei tubicini di distribuzione che portano ad ogni estremità libera un ago monouso per l'iniezione (Fig. 24). Usando un trapano, si praticano sulla circonferenza del tronco fori di piccolo diametro (1,5-3 mm), profondi 3-5 cm, a un'altezza di 1 m circa da terra e

distanziati tra loro di 35-40 cm; nei fori poi si inseriscono aghi e il prodotto vi fluisce per gravità, posizionando la sacca ad un'altezza superiore a quella dell'ago.



**Fig. 24:** Alberi trattati mediante Sistemi gravitazionali;

Nei sistemi a pressione il prodotto è invece immesso forzatamente all'interno della pianta sfruttando la pressione attiva fornita da appositi compressori (Fig. 25). Anche in questo caso si praticano sul tronco dei piccoli fori (4-6 mm di diametro, profondi 5-6 cm), a 1 m da terra, distanti tra loro 30-40 cm. Esistono varie apparecchiature utilizzate per le applicazioni a pressione, basate su principi costruttivi leggermente diversi ma tutte dotate di un sistema oleodinamico in cui è immessa la soluzione fitosanitaria, e che permette, appunto, di iniettare la soluzione a pressione controllata, variabile tra 3 e 10 atmosfere. In entrambi i sistemi la capacità e la velocità di assorbimento del prodotto sono influenzate dalle caratteristiche della specie vegetale trattata, nonché dallo stato fitosanitario e dai ritmi fisiologici dei soggetti vegetali; le condizioni ambientali e meteorologiche hanno decisamente un'influenza maggiore nel caso dei sistemi ad assorbimento naturale. In questi ultimi infatti l'assorbimento dipende esclusivamente

dalla forza di suzione della pianta, la quale è strettamente condizionata dalle condizioni pedoclimatiche (condizioni di terreno saturo, cielo coperto, alta umidità relativa sono, per esempio, fattori limitanti l'assorbimento); nel caso, invece, dei sistemi a pressione, i fattori limitanti esterni sono in qualche misura contenuti dalla pressione di esercizio.



**Fig. 25:**Trattamento endoterapico mediante il sistema a pressione;

#### Vantaggi e limiti dell'endoterapia

I vantaggi relativi alla tecnica endoterapica sono evidenti:

- limitata o assente dispersione di prodotti fitosanitari in ambiente;
- rispetto dei pronubi e degli insetti utili;
- maggiore sicurezza per operatori e cittadini e quindi anche maggiore flessibilità negli orari dei trattamenti;
- prolungata persistenza d'azione in quanto il prodotto, non è soggetto all'azione dilavante degli agenti atmosferici;
- applicazione di un dosaggio preciso;
- possibilità di ottenere una protezione totale della pianta;
- effettuare trattamenti mirati su singoli soggetti, svincolati dalle condizioni ambientali e climatiche.

Occorre però ricordare che il metodo, essendo di recente utilizzo, necessita ancora di sperimentazioni finalizzate ad una sua standardizzazione nelle diverse condizioni

operative, inoltre bisogna considerare che l'endoterapia può presentare anche alcuni limiti oggettivi:

- è una pratica di tipo invasivo;
- la riuscita del trattamento dipende strettamente dallo stato fisiologico della pianta;
- le iniezioni creano stress ai tessuti legnosi della pianta e scompensi dal punto di vista fitosanitario, in quanto i fori di iniezione diventano una facile via d'ingresso di fitofagi e patogeni all'interno del fusto;
- l'elevato costo.

I trattamenti dovranno essere effettuati esclusivamente da personale specializzato, avendo cura di disinfettare tutti gli attrezzi da lavoro (aghi compresi) ed i fori d'iniezione, e di praticare questi ultimi in parti di fusto sane; è comunque da evitare il trattamento su piante gravemente malate. Occorre poi evitare di fare trattamenti in fioritura, per limitare eventuali danni agli insetti utili, ed è obbligatorio utilizzare formulati registrati dal Ministero della Sanità per queste applicazioni (Ferrari M., 2003).

## 4 PARTE SPERIMENTALE

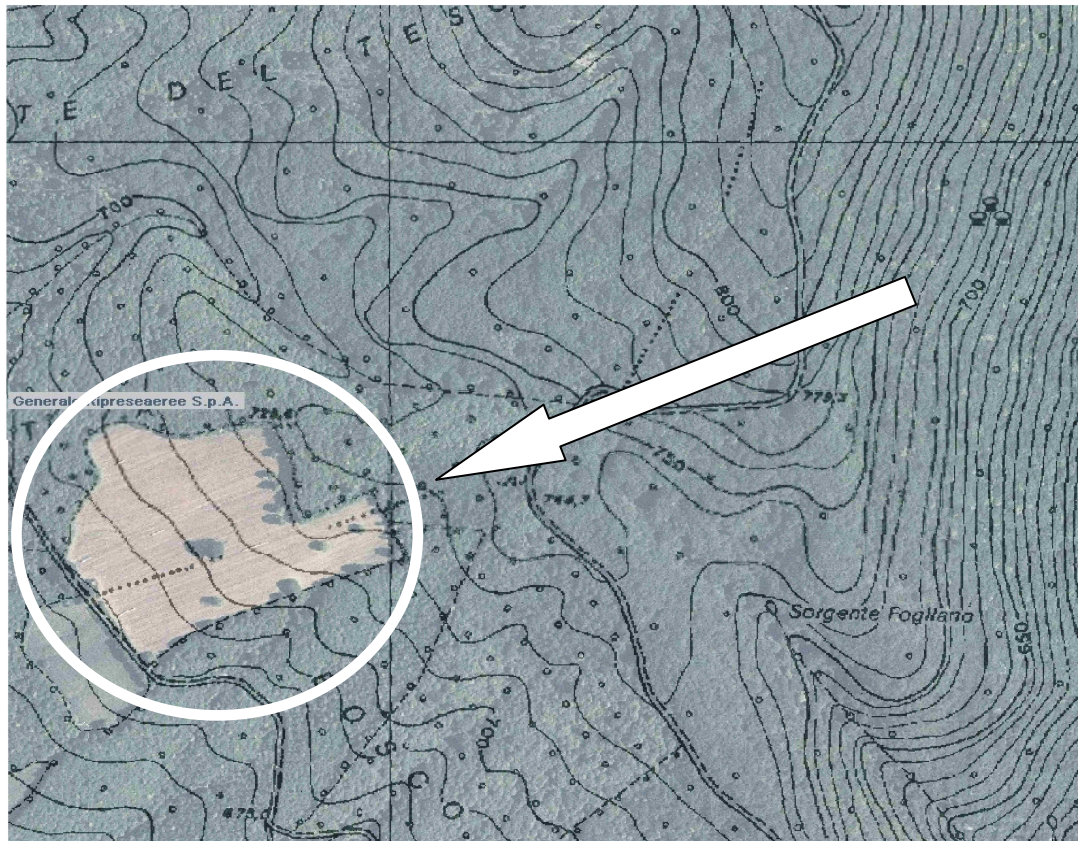
### 4.1 MATERIALI E METODI

#### 4.1.1 AREA DI STUDIO

La ricerca sperimentale è stata svolta in un castagneto (Figg. 26 e 27) situato sul Monte Fogliano, nei pressi del Convento di Sant'Angelo e precisamente sul versante che si affaccia sul Comune di Cura (Vetralla - VT), ad una quota compresa tra 650-700 m slm.



**Fig. 26:** Foto aerea della particella sperimentale di Monte Fogliano (Comune di Vetralla, Provincia di Viterbo);



**Fig. 27:** Sovrapposizione della CTR all'ortofoto della particella sperimentale oggetto di studio (Monte Fogliano);

All'inizio della sperimentazione nel castagneto (Fig. 28) era già presente un giovane impianto di castagno (età 7-8 anni). Le piante oggetto di studio sono state selezionate in maniera randomizzata tra quelle maggiormente infestate.



**Fig. 28:** Castagneto sperimentale (Monte Fogliano, Vetralla);

#### **4.1.2 ATTIVITA' DI RICERCA**

La presente ricerca è iniziata con un'analisi preliminare del materiale infestato dal cinipide, reperito nei castagneti della provincia di Viterbo, ed è proseguita con lo studio della biologia di questo fitofago. Il progetto di ricerca ha previsto l'applicazione di prove di controllo chimico in pieno campo nel castagneto sperimentale situato presso Monte Fogliano (Vetralla-VT), e di ulteriori studi sulla biologia del fitofago presso il Pomario didattico all'interno dell'Azienda Agraria dell'Università degli Studi della Tuscia di Viterbo, dove è stato inoltre improntato un allevamento di *Torymus sinensis*, limitatore naturale di *D. kuriphilus*, originario delle Cina e già utilizzato in Giappone e in Piemonte per quanto riguarda l'Italia. Sono state inoltre effettuate indagini sui parassitoidi endemici di *D. kuriphilus* nel viterbese, e ricerche sulla risposta elettroantennografica di *D. kuriphilus* ai componenti volatili delle foglie di castagno.

#### **4.1.3 ANALISI DELLE GEMME DI CASTAGNO PER LA DETERMINAZIONE DELLA PERCENTUALE DI INFESTAZIONE E DEL NUMERO MEDIO DI LARVE PRESENTI PER GEMMA**

Dal mese di gennaio al mese di marzo 2007 è stata effettuata la raccolta di campioni di gemme nel castagneto sperimentale di Monte Fogliano; detti campioni sono stati dissezionati allo stereomicroscopio allo scopo di determinare sia la percentuale di infestazione, sia lo stadio infestante.

In particolare, sono state prese in esame 30 piante campione rappresentative, e per ciascuna di esse sono state prelevate e quindi dissezionate in laboratorio 10 gemme, per un totale di 300 gemme.

#### **4.1.4 STUDIO DELLA BIOLOGIA DI *DRYOCOSMUS KURIPHILUS***

Dal mese di gennaio al mese di ottobre 2007 è stata effettuata una raccolta di campioni di gemme/galle nel castagneto sperimentale di Monte Fogliano, allo scopo di studiare l'andamento del ciclo biologico dell'insetto nella Regione Lazio nell'anno 2007.

Allo scopo di proseguire lo studio della biologia del cinipide, dal 31 gennaio 2008 al 30/10/2008 sono state prelevate, con cadenza settimanale, un totale di 10 gemme/pianta sulle parcelle di controllo (non trattate) scelte in maniera randomizzata all'interno del castagneto sperimentale oggetto di studio; i campioni prelevati sono stati portati in laboratorio e successivamente dissezionati allo stereoscopio, al fine di individuare lo stadio infestante (Figg. 29 e 30), ove presente.



**Fig. 29:** Larva di *D. kuriphilus* estratta dalla celletta durante il dissezionamento di una gemma allo stereoscopio;



**Fig. 30:** Pupa di *D. kuriphilus* all'interno della celletta;

#### 4.1.5 PROVE DI CONTROLLO CHIMICO DEL CINIPIDE (ANNO 2007)

##### 4.1.5.1 Prove di controllo degli stadi preimmaginali del Cinipide: trattamenti effettuati su gemme in germogliamento

Nel castagneto sperimentale (età piantine: 7 anni circa) sono state selezionate le seguenti parcelle, costituite da 5 piante ciascuna:

- Una parcella di controllo (non trattata);
- Due parcelle trattate mediante l'utilizzo della tecnica endoterapica ArborJet, nelle quali sono stati somministrati due differenti principi attivi in data 27/03/07;
- Una parcella trattata con un principio attivo citotropico somministrato a tutta chioma, in data 29/03/07;
- Due parcelle trattate con due diversi principi attivi sistemici somministrati per via radicale, in data 29/03/07;

I principi attivi utilizzati sono i seguenti (Tab. XII):

- per i trattamenti a tutta chioma: Dimetoato;
- per i trattamenti al terreno: Thiamethoxam, Imidacloprid;
- per i trattamenti endoterapici: Azadiractina e Abamectina;

Principio Attivo	DL50	Dose	Modalità di azione	Somministrazione
Azadiractina	>5000	5 ml/litro H <sub>2</sub> O	ingestione contatto	endoxilematica
Abamectina	10	3 ml/litro H <sub>2</sub> O	translaminare	endoxilematica
Thiamethoxam	1563	0,4 gr/litro H <sub>2</sub> O	sistemico	radicale
Dimetoato	387	2,5 ml/litro H <sub>2</sub> O	citotropico	tutta chioma
Imidacloprid	450	1 ml/litro H <sub>2</sub> O	sistemico	radicale

**Tab. XII:** elenco dei p.a. utilizzati nei trattamenti di marzo 2007, con rispettive dosi di somministrazione e DL50;

All'interno di ogni parcella sperimentale, per ciascuna pianta trattata sono state prelevate, dopo il trattamento, due volte la settimana, 5 gemme/pianta; queste sono state di volta in volta dissezionate in laboratorio allo scopo di valutare la mortalità degli stadi

preimmaginali dell'insetto nelle gemme e, di conseguenza, l'efficacia dei principi attivi utilizzati.

Sono stati inoltre presi contatti con la Dott.ssa Elisa Conte del CRA (Centro di Ricerca per la Patologia Vegetale) di Roma, al fine di poter determinare la persistenza dei principi attivi somministrati nei tessuti vegetali delle piante trattate.

A tal fine, è stato raccolto, per ogni pianta di ciascuna parcella trattata, un campione di chioma (rametto apicale della lunghezza di circa 30 cm) con le seguenti cadenze temporali:

- dopo 24 ore dal trattamento;
- dopo 48 ore;
- dopo 7 giorni;
- dopo 15 giorni;
- dopo 1 mese;

I campioni raccolti sono stati di volta in volta conservati in freezer a -20 °C, e portati al CRA per essere analizzati.

#### **4.1.5.2 Prove di controllo con trattamenti a tutta chioma su galle neo formate**

In data 08/05/07 nel castagneto sperimentale sono state scelte a random 3 nuove piante tra quelle infestate. Per ciascuna pianta sono state scelte 3 branchette; le tre piante prescelte sono state trattate a tutta chioma con diversi principi attivi (Dimetoato; Imidacloprid; Thiamethoxam).

#### **4.1.5.3 Prove di controllo adulticida e dei primi stadi preimmaginali della nuova generazione del cinipide**

Sono state costituite ulteriori 7 parcelle sperimentali, costituite ognuna da 3 piante, presso il castagneto di Monte Fogliano; su 2 di queste sono stati effettuati 2 trattamenti endoxilematici mediante l'utilizzo della tecnica ArboCap; sulle rimanenti 5 sono stati effettuati trattamenti a tutta chioma con 5 diversi principi attivi. I suddetti trattamenti sono stati effettuati con lo scopo sia di controllare lo stadio immaginale dell'insetto prevenendo l'ovideposizione, sia per valutare l'influenza di questi p.a. sulle uova deposte nelle gemme.

I trattamenti a tutta chioma sono stati effettuati in data: 5 luglio, 20 luglio e 2 agosto.

I trattamenti endoxilematici sono stati effettuati in data 5 luglio e 2 agosto.

I principi attivi utilizzati sono stati i seguenti (Tab. XIII-XIV):

- per i trattamenti a tutta chioma: Thiacloprid, Thiamethoxam, Dimetoato, Imidacloprid e Bifentrin;
- per i trattamenti endoterapici: Azadiractina e Abamectina.

Principio Attivo	DL50	Dose	Modalità di azione	Somministrazione
Thiacloprid	836	3,75 ml/15 litri H2O	sistemico	tutta chioma
Azadiractina	>5000	5 ml/litro H2O	ingestione contatto	endoxilematica
Abamectin	10	3 ml/litro H2O	translaminare	endoxilematica
Thiamethoxam	1563	6 g/15 litri H2O	sistemico	tutta chioma
Dimetoato	387	30 ml/15 litri H2O	citotropico	tutta chioma
Imidacloprid	450	11,25 ml/15 litri H2O	sistemico	tutta chioma
Bifentrin	54,5	75 ml/15 litri H2O	contatto ingestione	tutta chioma

**Tab. XIII:** Elenco dei principi attivi utilizzati nei trattamenti adulticidi;

Parcella	Pianta	Somministrazione	P.A.	Data
A	1 - 5	Endoterapia ArborJet	Abamectina	27/03/2007
B	6 -10	Endoterapia ArborJet	Azadiractina	27/03/2007
C	11 -15	Tutta chioma	Dimetoato	29/03/2007
D	16 -20	Radicale	Imidacloprid	29/03/2007
E	21 - 25	Radicale	Thiamethoxam	29/03/2007
F	26 - 30	-	Controllo	29/03/2007
G	31	Tutta chioma	Imidacloprid	08/05/2007
H	32	Tutta chioma	Thiamethoxam	08/05/2007
I	33	Tutta chioma	Dimetoato	08/05/2007
L	34 - 36	Tutta chioma	Bifentrin	05-20/07/07, 02/08/07
M	37 - 39	Tutta chioma	Dimetoato	05-20/07/07, 02/08/07
N	40 - 42	Tutta chioma	Thiacloprid	05-20/07/07, 02/08/07
O	43 - 45	Tutta chioma	Thiamethoxam	05-20/07/07, 02/08/07
P	46 - 48	Tutta chioma	Imidacloprid	05-20/07/07, 02/08/07
Q	49 - 51	Endoterapia ArboCap	Azadiractina	05/07/07, 02/08/07
R	52 - 54	Endoterapia ArboCap	Abamectina	05/07/07, 02/08/07

**Tab. XIV:** Riepilogo dei trattamenti sperimentali effettuati (Monte Fogliano, 2007);

#### 4.1.6 TECNICHE ENDOTERAPICHE UTILIZZATE PER IL CONTROLLO

Per questo studio sono state utilizzate due differenti tecniche endoterapiche:

- ArborJet
- ArboCap

Per quanto riguarda la prima metodologia, si tratta di un sistema a micro-infusione col nuovo strumento Arborjet (Fig. 31) di fabbricazione americana, che immette sostanze nei vasi linfatici degli alberi a pressione controllata. Il sistema ArborJet è esternamente versatile per la difesa delle piante contro gli insetti, le malattie fungine e le fisiopatie ed è efficace per una vasta gamma di specie arboree e arbustive: dai grandi alberi monumentali, agli arbusti e alle viti. Tutti i sistemi di endoterapia Arborjet utilizzano il metodo di iniezione denominato VIPER.

Il sistema VIPER (Volume Injection Pressure Enhanced Reservoir) supera per efficacia e minor invasività tutte le attuali tecniche ad alta pressione ed è l'evoluzione della tecnica a microiniezione. VIPER è efficace per trattamenti da 1 a 250 millilitri di prodotto per centimetro di diametro del fusto. Con il dispositivo brevettato Arborplug, che permette di eliminare le possibili perdite di prodotto, il sistema VIPER trasporta il principio attivo in modo più efficiente e permette di effettuare meno fori al fusto rispetto alle altre tecnologie endoterapiche (anche i due terzi in meno). Il sistema VIPER permette inoltre di prolungare il periodo stagionale in cui è possibile effettuare i trattamenti e non è limitato dalle condizioni meteorologiche.



**Fig. 31:** Fasi di utilizzo della tecnica ArborJet;

La seconda tecnica endoterapica applicata si basa sull'utilizzo di capsule ArboCap (Fig. 32). ArboCap è una capsula ricaricabile di facile uso per operatori professionali. E' una capsula professionale concepita per l'impiego su alberi ornamentali e, limitatamente ai nutrienti e fosfiti, su tutti gli alberi. E' costruita con materiale plastico non

contaminante, di lunga durata e serbatoio da 50 ml, che consente di operare in sicurezza e tempi brevi (5-30' a seconda dell'albero e della quantità di liquido da iniettare). La pressione necessaria per l'utilizzo, si ottiene caricando la camera interna fino a 0,5 atmosfere. Sul tronco dell'albero da trattare viene praticato un foro (2-3 cm di profondità e 45° di inclinazione) mediante l'utilizzo di un trapano con punta per ferro del diametro di 3,5 mm con movimento di spinta e ritorno per scaricare il truciolo. L'ago della capsula, caricata del principio attivo, viene appoggiato sul foro e successivamente viene fatto penetrare per 0,5 cm nel legno utilizzando una mazzetta di gomma; infine si libera lo stantuffo della molla e il liquido per pressione penetra nella pianta. Quando la pianta ha assorbito tutto il contenuto, la capsula viene estratta, mediante l'uso di una pinza a becco, nel foro viene versata una soluzione fungicida e l'ago e la capsula vengono disinfettati.



**Fig. 32:** Capsule ArboCap applicate su di un fusto;

#### **4.1.7 PROVE DI CONTROLLO CHIMICO DEL CINIPIDE (ANNO 2008)**

In data 24/04/08 nel castagneto sperimentale sono state scelte, in maniera randomizzata, 4 parcelle da sottoporre a trattamento a tutta chioma, composte da 5 piante infestate ciascuna; le parcelle sono state così suddivise:

- Parcella A: Trattata con un principio attivo sistemico neonicotinoide (Thiacloprid);
- Parcella B: Trattata con un p.a. citotropico translaminare (Dimetoato);
- Parcella C: Trattata con un p.a. sistemico (Thiamethoxam);

- Parcella di Controllo (non trattata).

Sono stati scelti questi p.a. in quanto tutti e tre potenzialmente atti a penetrare nei tessuti vegetali delle gemme e uccidere le larve in esse presenti.

Prima di effettuare il trattamento, in data 24/04/08 sono state raccolte 10 gemme/pianta (per un totale di 200) al fine di conoscere l'infestazione presente prima del trattamento.

Il trattamento è stato effettuato in data 30/04/08; in data 15/05/08 (15 giorni dopo) sono state raccolte nuovamente 10 gemme/pianta (per un totale di 200) per valutarne l'efficacia.

I campioni raccolti sono stati dissezionati allo stereoscopio per il conteggio delle uova e larve presenti.

#### **4.1.8 RICERCA DI PARASSITOIDI INDIGENI DEL CINIPIDE**

Dal mese di marzo al mese di luglio 2007 è stata effettuata una raccolta di galle in alcuni castagneti dei Monti Cimini; dette galle sono state poste in appositi contenitori allo scopo di ottenere i parassitoidi endemici del *Dryocosmus* nonché gli eventuali inquilini.

Gli insetti fuoriusciti dalle galle sono stati spediti al Dottor George Melika, del Systematic Parasitoid Laboratory, Plant Protection & Soil Conservation Service of County Vas (Tanakajd, HUNGARY), noto specialista di Imenotteri Calcidoidei, il quale si è offerto di collaborare per la classificazione dei parassitoidi endemici.

#### **4.1.9 STUDIO DI FATTIBILITA' DI UN ALLEVAMENTO DEL CINIPIDE IN AMBIENTE PARTICOLARMENTE PROTETTO**

Avendo richiesto ed ottenuto dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali l'autorizzazione ad allevare il Cinipide galligeno del castagno in ambiente protetto, è stata costruita presso il Pomario didattico dell'Azienda Agraria didattica sperimentale dell'Università della Tuscia, una grande gabbia di forma rettangolare (dimensioni 6x5x2 metri di altezza), costituita da un'impalcatura metallica rivestita da rete a tessitura molto fitta (Fig. 33), all'interno della quale sono state piantate 36 piantine di castagno selvatico suddivise in 4 parcelle (Fig. 34).



**Fig. 33:** Gabbia per l'allevamento del cinipide in ambiente particolarmente protetto, costruita presso il Pomario didattico dell'Azienda Agraria dell'Università degli Studi della Tuscia;



**Fig. 34:** Piantine di castagno selvatico all'interno della gabbia;

Nel mese di giugno 2007, sono state inserite nella gabbia 300 galle fresche (dalle quali non erano ancora sfarfallate le femmine) allo scopo di infestare le suddette piantine. Le piantine, artificialmente infestate, sono state utilizzate nel corso del 2008 per le prove preliminari di semi-pienocampo di efficacia del parassitoide esotico *Torymus sinensis*.

#### **4.1.10 RISPOSTE ELETTRANTENNOGRAFICHE DI *D. KURIPHILUS* AI COMPOSTI VOLATILI DELLE FOGLIE DI *CASTANEA SATIVA***

Nel mese di luglio 2007 è stata avviata una collaborazione di ricerca sul Cinipide galligeno del castagno la Sezione di Entomologia del Dipartimento di Scienze Animali, Vegetali e dell'Ambiente (Di. S.A.V.A.) dell'Università degli Studi del Molise, Campobasso (Prof. G. Rotundo e Dott. Salvatore G. Germinara). Questa collaborazione ha avuto lo scopo di saggiare presso i laboratori del centro di Campobasso il potere attrattivo o repellente sul cinipide di alcuni composti volatili estratti dalle foglie di castagno con analisi EAG e di tipo comportamentale.

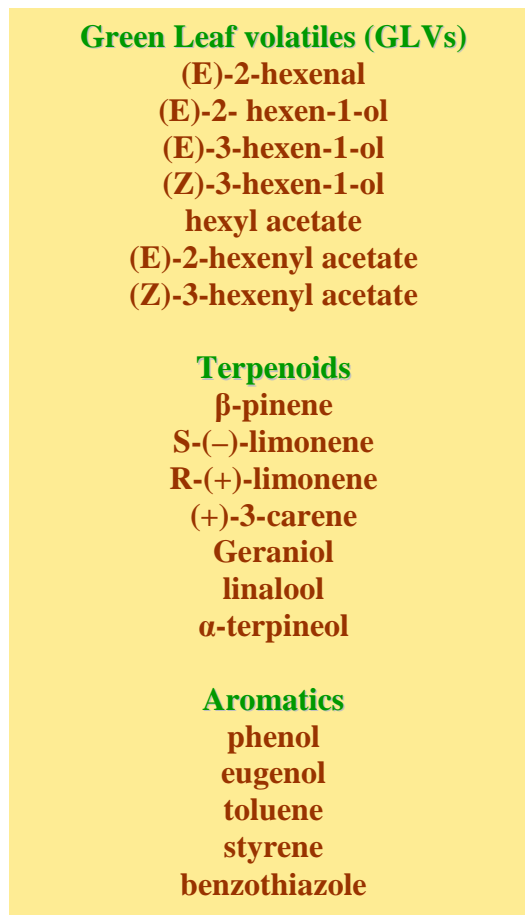
##### **Insetti**

Nel mese di Luglio 2007 sono state raccolte galle contenenti stadi preimmaginali di *D. kuriphilus* in un castagneto da frutto fortemente infestato situato nella provincia di Viterbo; le galle sono state poste e conservate in contenitori di vetro a  $25 \pm 2$  ° C,  $55 \pm 5$  % r.h., in condizioni di luce naturale.

Una volta sfarfallati gli adulti sono stati quotidianamente raccolti e conservati in flaconcini di vetro ( $\emptyset$  2 cm x 8 cm), chiusi con una rete a maglia molto fine (1 mm.).

##### **Stimoli olfattivi**

Sono stati selezionati stimoli olfattivi tra i composti identificati da foglie di *Castanea sativa* (Fig. 35) (G. Rotundo, 1984) e sono raggruppati nei composti volatili di foglie verdi (GLVs) [(E)-2-hexenal, (E)-2-hexen-1-ol, (E)-3-hexen-1-ol, (Z)-3-hexen-1-ol, hexyl acetate, (E)-2-hexenyl acetate, (Z)-3-hexenyl acetate], terpenoidi [ $\beta$ -pinene, S(-)-limonene, R-(+)-limonene, (+)-3-carene, Geraniol, linalool,  $\alpha$ -terpineol], e aromatici (phenol, eugenol, toluene, styrene, benzothiazole).



**Fig. 35:** Sostanze da testare identificate da foglie di *Castanea sativa*;

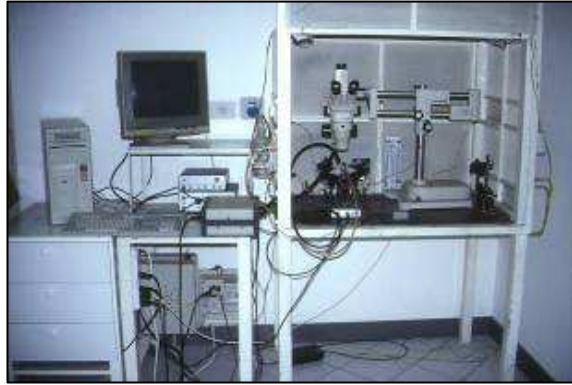
I test chimici sono stati acquistati da Sigma-Aldrich (Milano, Italia), con un range di purezza chimica dei composti variabile da 97% a 99%. Per evitare un'evaporazione troppo veloce, i composti di prova sono stati disciolti in olio minerale (Sigma-Aldrich). Per poter effettuare i test EAG, sono stati preparati composti a soluzione 1 molare (1 M).

Subito prima dell'esperimento, ogni soluzione campione (20  $\mu$ l) è stata pipettata su una striscia di carta da filtro (1 cm<sup>2</sup>, Whatman n° 1), collocata in una pipetta Pasteur (15 cm di lunghezza) e utilizzata come "cartuccia emana – odore".

Per i test comportamentali, sono state preparate soluzioni individuali da 0,1 M; le soluzioni sono state conservate a - 20 ° C fino a quando necessario.

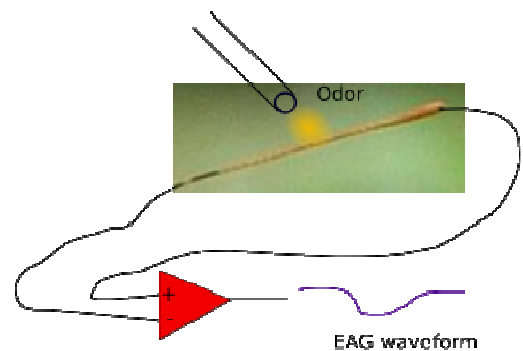
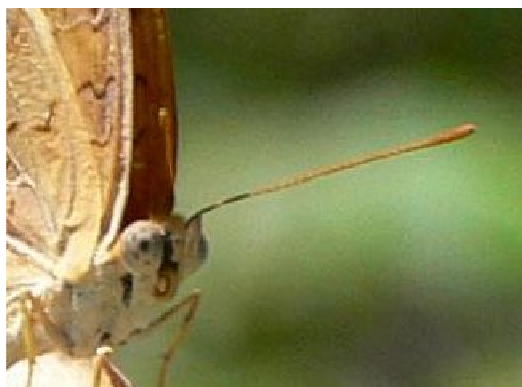
#### **Registrazione elettroantennografica**

E' stata utilizzata una tecnica EAG simile a quella già sperimentata in studi precedenti (Den Otter et al., 1996; Germinara et al., 2007) (Figg. 36 e 37).



**Fig. 36-37:** Strumentazione elettroantennografica utilizzata per le prove su *D. kuriphilus*, completa di monitor per registrare le oscillazioni generate dalle risposte antennali agli stimoli chimici;

Sono state recise le antenne di adulti fuoriusciti dalle galle il giorno precedente. La base di ciascuna antenna è stata collocata in una pipetta di vetro riempita con 0,1 M di soluzione KCl, che svolge la funzione di elettrodo indifferente. La punta di ogni antenna è stata messa in contatto con la parte terminale di una pipetta simile alla precedente ( $\varnothing$  0,2 - 0,3 mm), che svolge la funzione di elettrodo registrante (Fig. 38).

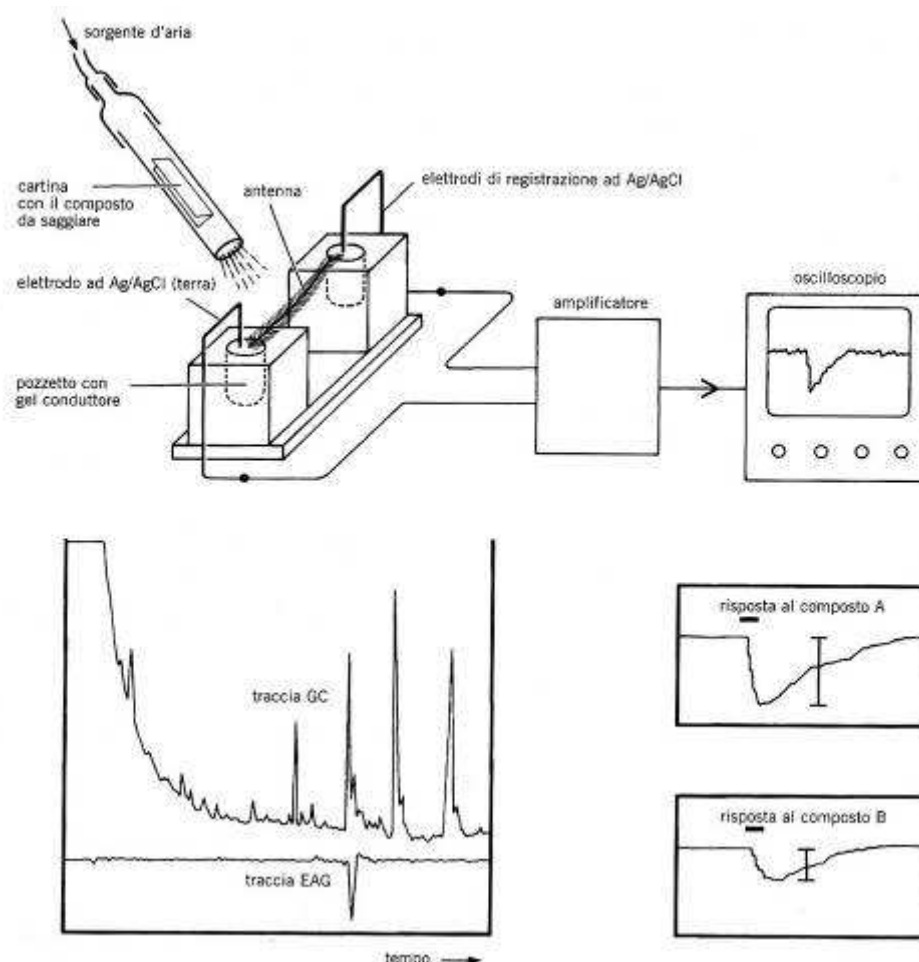


**Fig. 38:** Esempio di antenna di lepidottero collegata a due microelettrodi (uno registrante e uno indifferente), e sottoposta a stimoli chimici olfattivi;

Fili d'argento rivestiti di AgCl sono stati usati per mantenere la continuità elettrica tra la preparazione antennale ed un amplificatore di AC/DC UN-6 nella modalità di CC (Laboratorio di Syntech, Hilversum, Paesi Bassi). Gli stimoli olfattivi sono stati trasportati mediante un flusso costante purificato da carboni attivi e umidificato, questo era trasportato mediante un tubo di caduta in acciaio inossidabile ( $\varnothing$  1 cm) con l'uscita posizionata a circa 1 cm dall'antenna (Fig. 39). Durante il primo secondo, sono stati aggiunti  $2,5 \text{ cm}^3$  di stimolo odoroso; gli stimoli sono stati applicati in ordine casuale ad intervalli di 30 secondi.

Gli stimoli di controllo ( $\mu\text{l}$  20 di olio minerale) e gli stimoli standard ( $\mu\text{l}$  20 di soluzione (Z)-3-esenolo-1-ol 1M) sono stati applicati all'inizio dell'esperimento e dopo ogni gruppo di 3 odori scelti in maniera random.

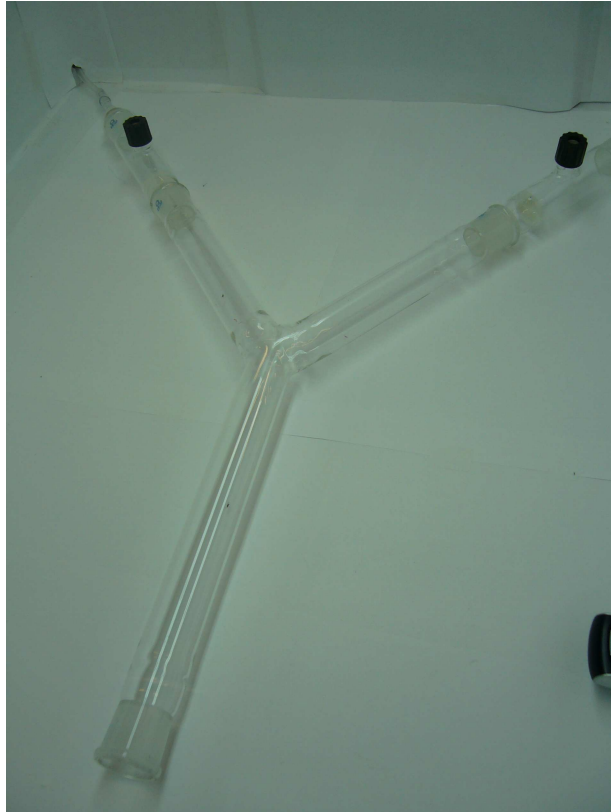
Per ogni composto testato, le risposte all'EAG sono state registrate da 8 antenne di differenti individui.



**Fig. 39:** Schema riassuntivo sul funzionamento di un Elettroantennografo;

### Analisi comportamentale all'Olfattometro ad Y

La preferenza del cinipide galligeno ai diversi composti è stata testata mediante l'utilizzo di un Olfattometro ad Y di vetro (lunghezza per braccio: 23 cm con un angolo a 75°; lunghezza base tubo: 30 cm; diametro interno: 3 cm) (Fig. 40).



**Fig. 40:** Olfattometro ad Y utilizzato per le prove comportamentali effettuate sugli adulti di *D. kuriphilus*;

Entrambi i bracci dell'olfattometro sono stati collegati ad un cilindro di vetro (lunghezza: 9 cm; diametro interno: 3 cm), che funzionava da fonte di odore. L'apparecchio è stato disposto in un alloggiamento di osservazione (90 cm x 75 cm x 40 cm), ed è stato illuminato dall'alto da due tubi fluorescenti bianchi 36-W, che forniscono una illuminazione uniforme (2500 lux) all'interno del tubo.

Il flusso d'aria purificato (carbone attivo) ed umidificato a 60 ml/min da un flussometro, è stato pompato attraverso ciascuno dei due bracci dell'olfattometro. Per l'analisi, nella camera dell'odore (Fig. 41) è stato inserito un disco di carta filtrante (0.5 cm<sup>2</sup>), caricato con µl 5 di una soluzione di olio a 1 M del composto testato, mentre la camera di

controllo conteneva un disco di carta filtrante caricato con  $\mu\text{l}$  5 di olio minerale. Entrambi i dischi sono stati sospesi nel centro della sezione trasversale.



**Fig. 41:** Camera dell'odore contenente un disco di carta filtrante con il composto da testare;

Le femmine sfarfallate il giorno precedente la prova sono state liberate una ad una all'apertura basale dell'olfattometro. Ogni prova è durata 10 minuti. Quando l'insetto si spostava oltre i 3 cm dall'intersezione dei bracci del tubo ad Y, attraversando la "linea di decisione" (contrassegnata su entrambi i bracci della Y), e rimaneva oltre quella linea per più di 30 secondi, veniva registrata la scelta (parametro "Prima Scelta"). Inoltre è stato registrato il tempo trascorso da ciascun insetto in ogni braccio del tubo ad Y (parametro "Tempo di permanenza del braccio").

Dopo aver esaminato ogni gruppo composto da 5 insetti ciascuno, l'olfattometro è stato pulito accuratamente con acetone ed asciugato in una stufa ad una temperatura di 200 °C per circa 30 minuti. In seguito la posizione dei dischi di carta filtrante è stata invertita per evitare una polarizzazione di posizione. Le analisi comportamentali sono state ripetute fino a che 25 femmine non avessero risposto ai composti testati.

### Analisi dei dati

Per compensare la diminuzione di sensibilità delle risposte antennali, le ampiezze EAG sono state normalizzate esprimendole come percentuali relative dello stimolo di riferimento, (Z)-3-hexen-1-ol, applicate prima e dopo la stimolazione con tre composti selezionati.

#### **4.1.11 INTRODUZIONE E ALLEVAMENTO NEL LAZIO DEL PARASSITOIDE ESOTICO *TORYMUS SINENSIS***

In data 8 maggio 2008, la dottoressa Ambra Quacchia del Dipartimento di Valorizzazione e Protezione delle Risorse Agroforestali (DI.VA.P.R.A.) dell'Università di Torino, accompagnata dal professor Seiichi Moriya del National Agricultural Research Center di Tsukuba, Ibaraki (Giappone), sono venuti a Viterbo per consegnarci 120 coppie del parassitoide *Torymus sinensis* (Fig. 42).



**Fig. 42:** Alcuni contenitori utilizzati per il trasporto a Viterbo del *T. sinensis*;

Detti insetti ci sono stati gentilmente forniti gratuitamente dal prof. Alberto Alma (Torino). I suddetti ricercatori hanno visitato l'allevamento di cinipide da noi

realizzato a Viterbo presso il pomario dell'Azienda Agraria Didattico Sperimentale della nostra Università; in quella occasione ci hanno consigliato di liberare gran parte dei *T. sinensis* sulle piante di castagno presenti, naturalmente infestate, in quanto da prove da loro realizzate si evidenziava che l'allevamento dell'insetto utile sortiva migliori risultati in pieno campo anziché in gabbione. La liberazione in pieno campo è stata effettuata con relativa tranquillità in quanto le piante di castagno presenti nell'Azienda Didattica di Viterbo sono isolate e notevolmente distanti da altre piante di castagno. Avvalendoci della loro esperienza abbiamo, insieme ai colleghi, liberato gran parte dei parassitoidi sulle piante infestate presenti (Fig. 43) e solo alcune coppie nelle gabbie (Fig. 44).



**Fig. 43:** Rilascio del *T. sinensis* nel castagneto di allevamento;



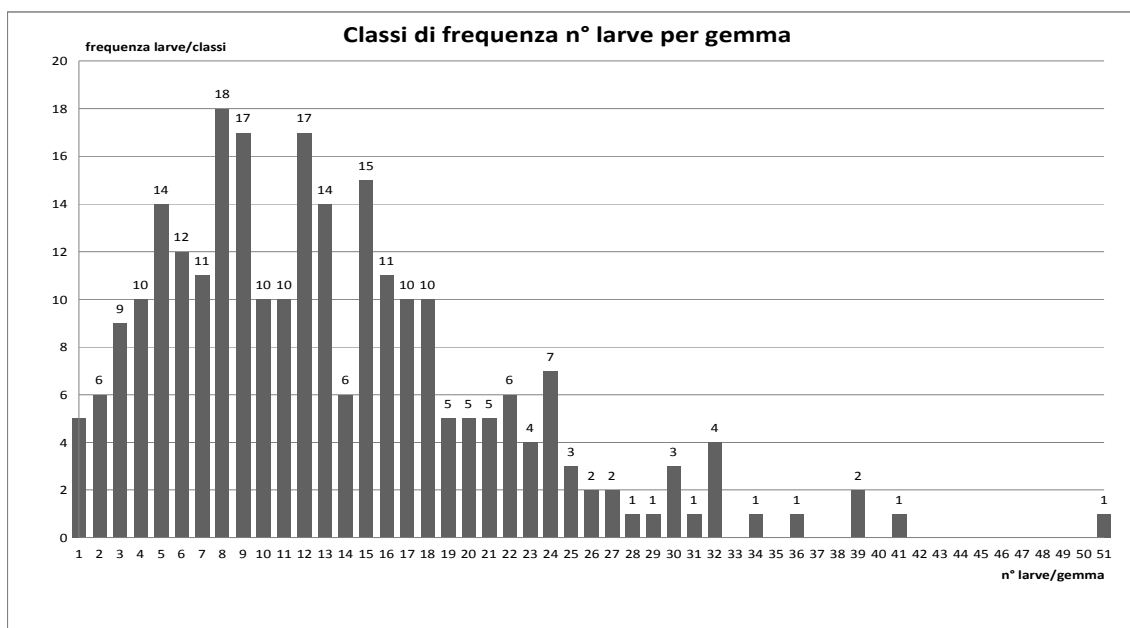
**Fig. 44:** Rilascio di *Torymus sinensis* nelle gabbie di allevamento;

## 5 RISULTATI DELL'ATTIVITA' DI RICERCA

### 5.1 ANALISI DELLE GEMME DI CASTAGNO PER LA DETERMINAZIONE DELLA PERCENTUALE DI INFESTAZIONE E DEL NUMERO MEDIO DI LARVE PRESENTI PER GEMMA

Dall'analisi dei dati ottenuti, la percentuale media di infestazione delle gemme, rilevata nel periodo gennaio-marzo, nel castagneto in esame (Monte Fogliano), è risultata essere nel 2007 dell'86,67%.

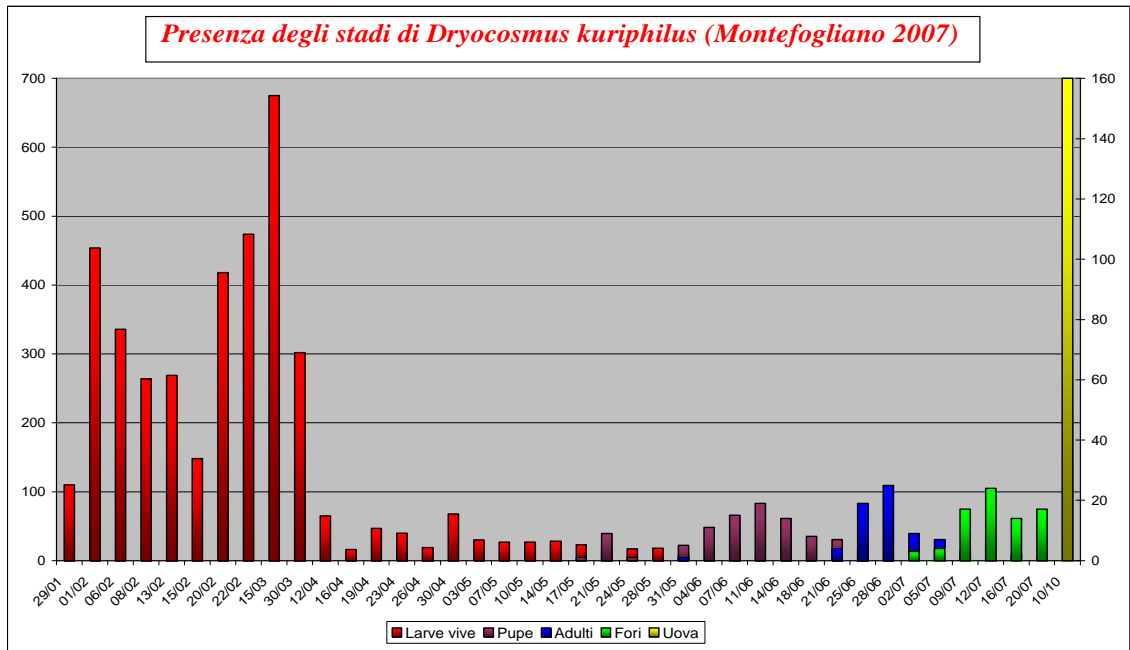
Dall'analisi delle gemme infestate, si è evidenziato che ogni gemma può contenere numerose larve, fino ad un massimo di 51 (Fig. 45). Dai dati si nota però che il 91,15% di gemme contiene da 1 a 24 larve. Il numero medio di larve rinvenute per gemma infestata è risultato essere 10.



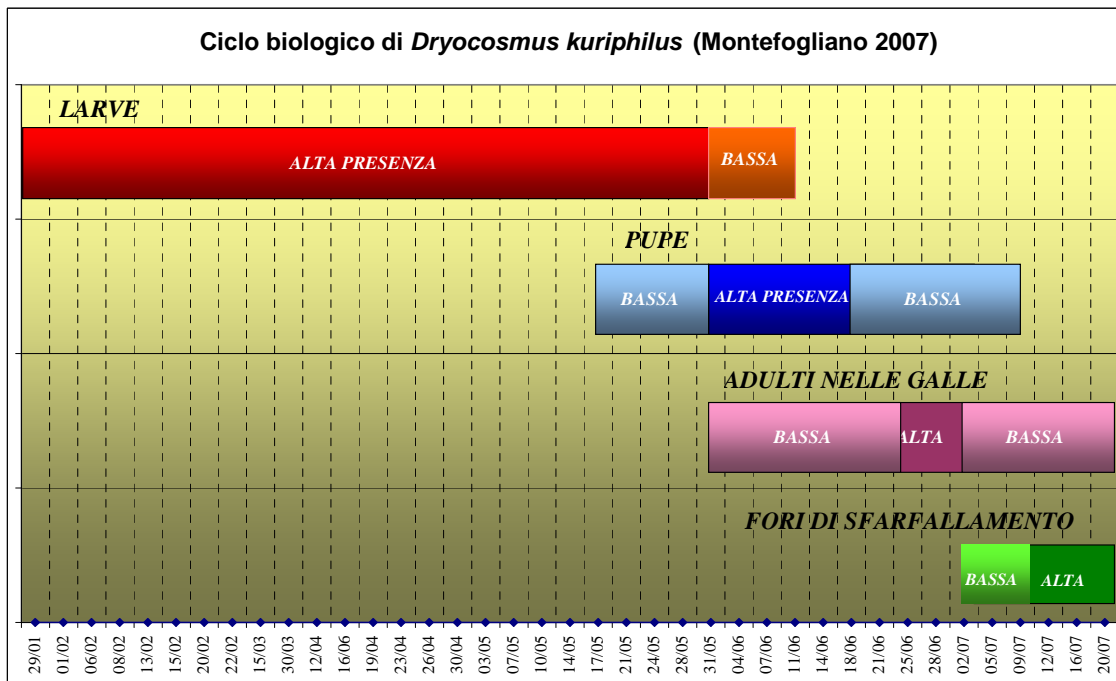
**Fig. 45 :** Classi di frequenza relative al numero medio di larve rinvenute per gemma;

### 5.2 STUDIO DELLA BIOLOGIA DI DRYOCOSMUS KURIPHILUS

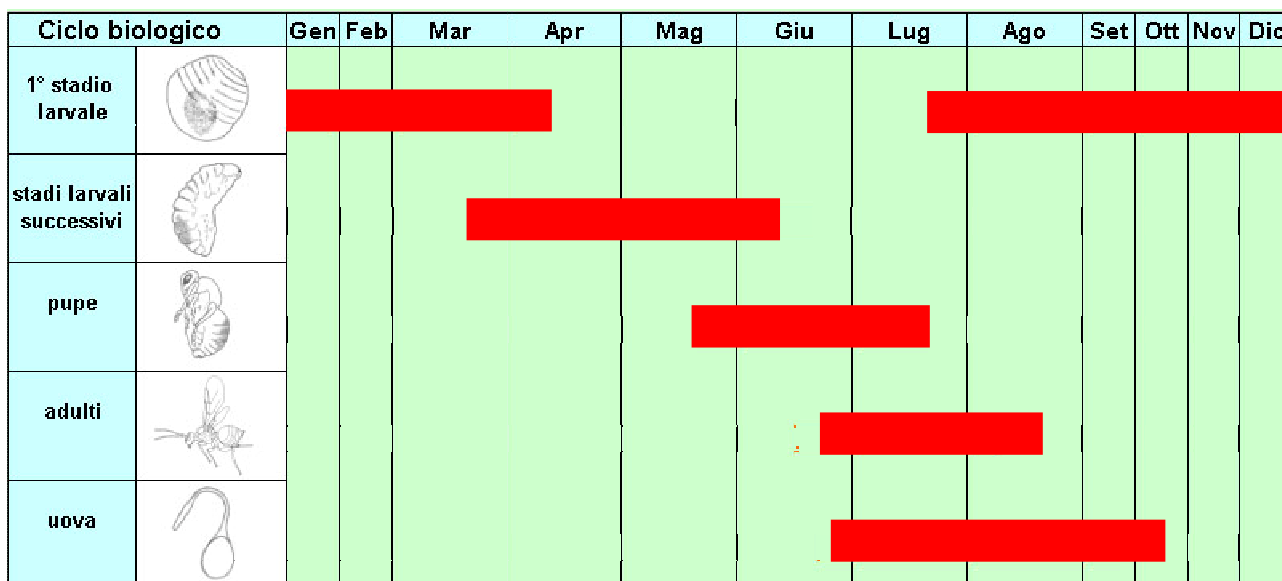
Dai campionamenti effettuati e dall'analisi ed elaborazione dei dati ottenuti, è stato possibile individuare l'andamento del ciclo biologico di *D. kuriphilus* nell'Alto Lazio nel 2007 (Figg. 46-47) e nel 2008 (Fig. 49).



**Fig. 46 :** Presenza dei diversi stadi di sviluppo e dei fori di sfarfallamento di *D. kuriphilus* (Monte Fogliano, 2007);



**Fig. 47:** Ciclo biologico di *Dryocosmus kuriphilus* (Monte Fogliano 2007);



**Fig. 48:** Ciclo biologico di *D. kuriphilus* nella provincia di Cuneo (Alma, Bosio, com. pers.);

Dalla Fig. 46, relativa al ciclo biologico riscontrato nel comprensorio dei Monti Cimini, si può evidenziare che le larve, all'interno delle gemme, si rinvennero dal 29/01/07 fino alla fine della prima decade di giugno.

Le pupe, presenti anche esse nelle galle, si rinvennero dalla metà di maggio alla prima decade di luglio, evidenziando due picchi: il primo il 21 maggio, e il secondo l'11 giugno; tuttavia la presenza più consistente si evidenzia tra la fine di maggio e la fine di giugno.

Gli adulti, ancora nelle galle, pur evidenziando una sporadica presenza registrata il 31 maggio, sono presenti dal 21 giugno alla fine della seconda decade di luglio.

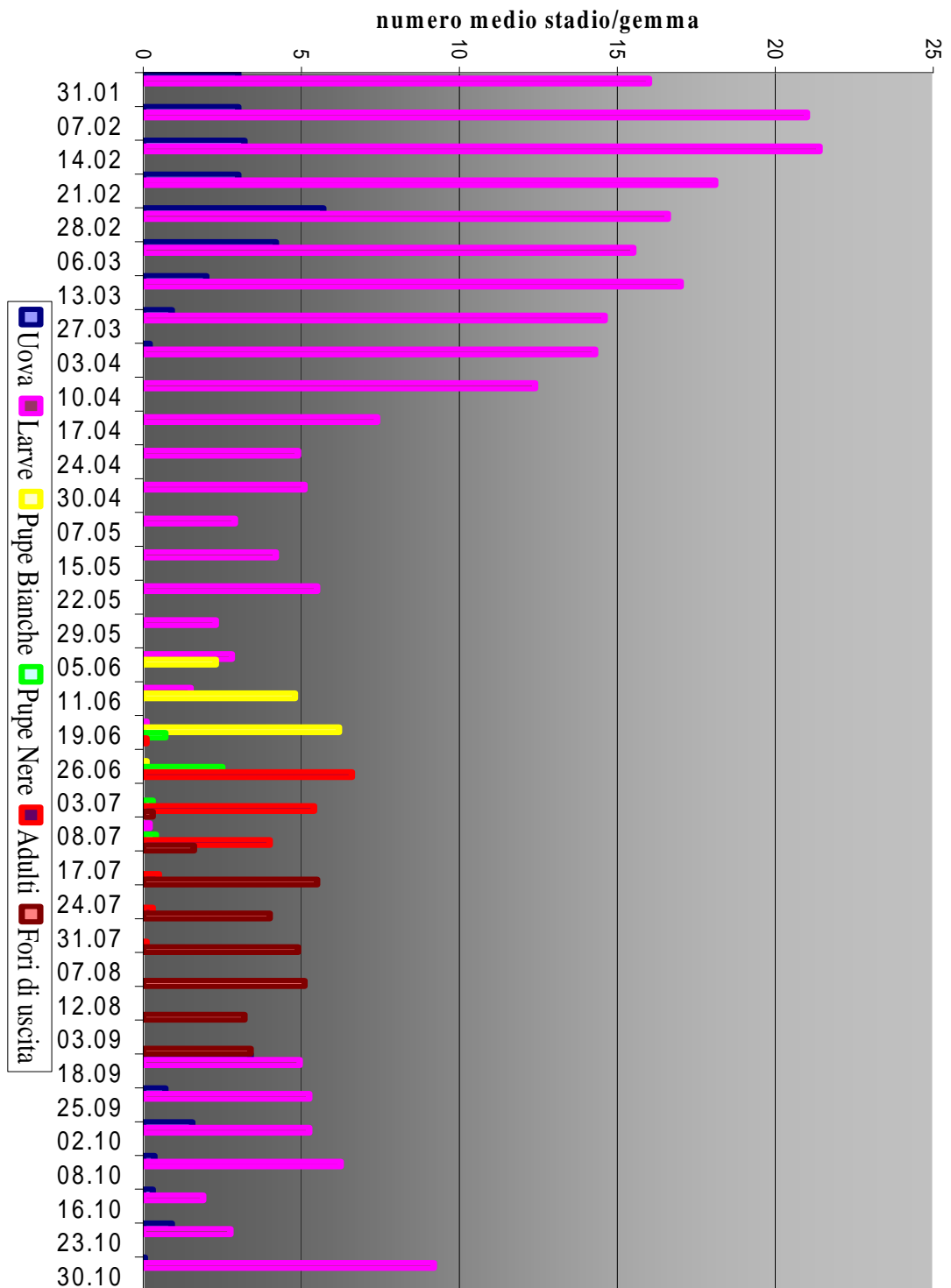
La fuoriuscita delle femmine dalle galle, nel 2007, è iniziata il 2 luglio, ha fatto registrare un picco dieci giorni dopo, e si è protratta fino alla fine di luglio.

Dal proseguimento dei campionamenti effettuati in ottobre, si è riscontrata un'elevata presenza di uova in data 10/10/07.

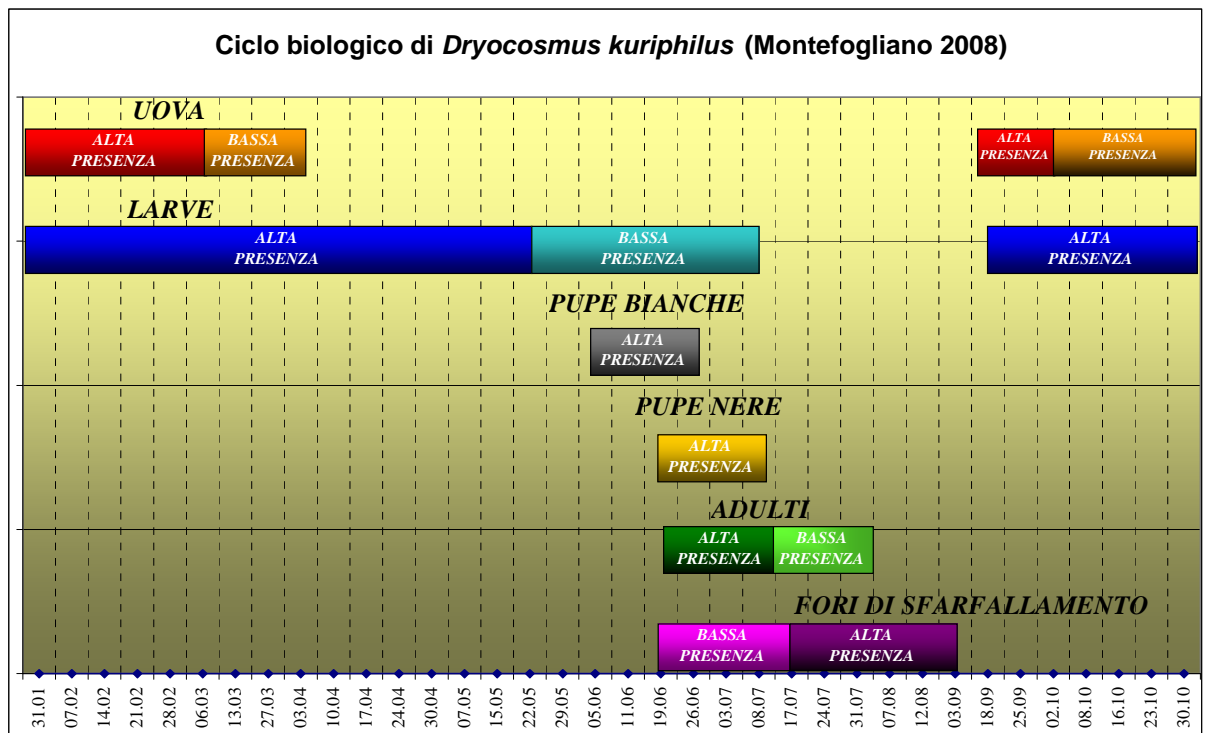
Dal confronto tra il ciclo biologico evidenziato nell'Alto Lazio (Fig. 46) e quello rilevato in Piemonte (Fig. 48), appare evidente come nel comprensorio dei Monti Cimini gli adulti compaiano circa un mese prima rispetto agli sfarfallamenti riscontrati nella provincia di Cuneo.

Per quanto riguarda gli altri stradi di sviluppo dell'insetto, non si hanno grosse differenze temporali tra i cicli biologici nelle due regioni.

Nel corso del 2008 è proseguito lo studio della biologia di *D. kuriphilus* (Fig. 49).



**Fig. 49:** Grafico del ciclo biologico di *D. kuriphilus* nel 2008 (Monte Fogliano);



**Fig. 50:** Ciclo biologico di *D. kuriphilus* (Monte Fogliano, 2008);

Dall'elaborazione dei dati ottenuti dai campionamenti svolti dal 31/01/2008 al 30/10/2008 con cadenza settimanale, si è potuto osservare che le uova si rinvennero insieme alle larve nelle gemme a partire dalla prima data di campionamento fino al 10/04/08, mentre la presenza di larve si protrasse fino alla metà del mese di Luglio. A partire dalla fine di Maggio compaiono le prime pupe di colore bianco, esse si rinvennero fino alla prima decade di Luglio. Dalla metà di Giugno alla fine di Luglio nelle gemme troviamo pupe di colore nero. Gli adulti all'interno delle gemme si rinvennero dal 19/06/08 alla fine di Luglio; questi iniziano a sfarfallare in data 03/07/08. Gli sfarfallamenti sono poi proseguiti sino alla seconda metà di Agosto. Dal 18/09/08 sino all'ultimo campionamento si rinvennero nuovamente uova e larve (Fig. 50). A fine ottobre l'unico stadio presente nelle gemme è quello larvale.

### **5.3 PROVE DI CONTROLLO CHIMICO DEL CINIPIDE (ANNO 2007)**

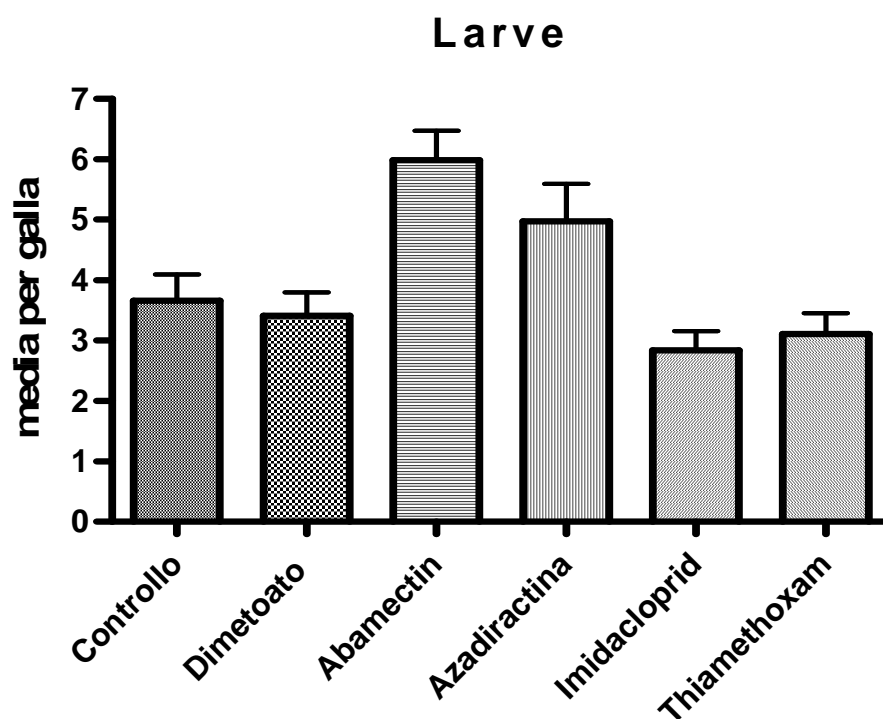
#### **5.3.1 Prove di controllo degli stadi preimmaginali del Cinipide: trattamento effettuato su gemme in germogliamento**

Per l'analisi statistica è stato utilizzato il Test dell'Analisi della varianza ad una via (ANOVA), a cui è seguita una comparazione multipla tramite il Test di Bonferroni.

I Test sono stati ripetuti sui dati relativi all'effetto del trattamento nei confronti di ogni stadio di sviluppo dell'insetto (Larve, Pupe, Adulti) e dei Fori di sfarfallamento.

Come si nota dalla Tab. XV, per quanto riguarda l'efficiacia dei trattamenti sullo stadio larvale (Fig. 51), le differenze statisticamente significative sono risultate le seguenti:

- confronto tra la parcella di Controllo e quella trattata con Abamectina ( $P < 0,01$ );
- confronto tra la parcella trattata con Dimetoato e quella trattata con Abamectina ( $P < 0,001$ );
- confronto tra la parcella trattata con Abamectina e quella trattata con Imidacloprid ( $P < 0,001$ );
- confronto tra la parcella trattata con Abamectina e quella trattata con Thiamethoxam ( $P < 0,001$ );
- confronto tra la parcella trattata con Azadiractina e quella trattata con Imidacloprid ( $P < 0,01$ );
- confronto tra la parcella trattata con Azadiractina e quella trattata con Thiamethoxam ( $P < 0,05$ ).

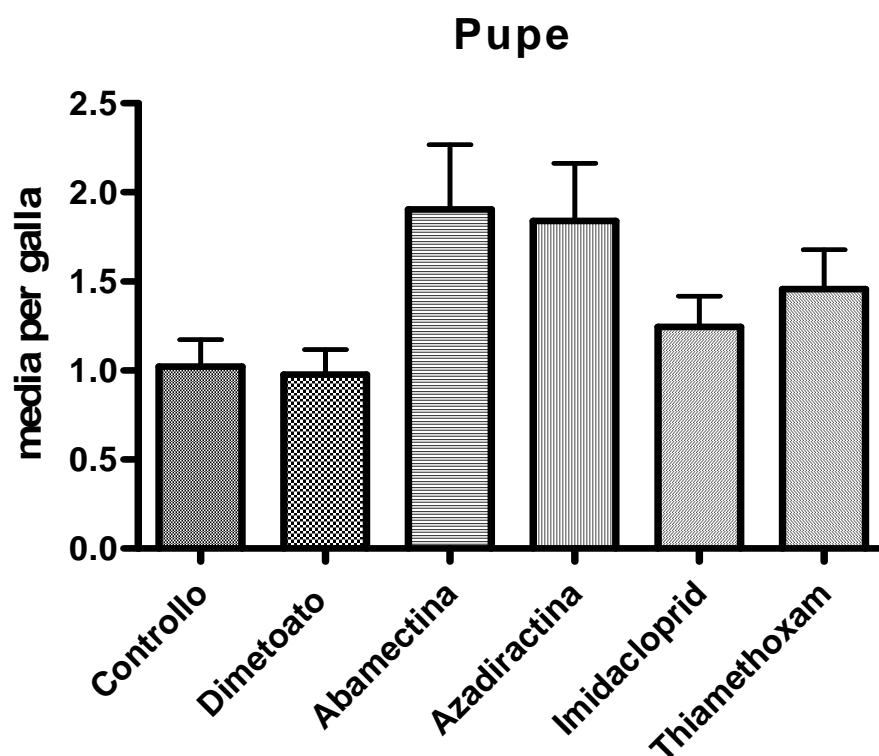


**Fig. 51:** Parametri di valutazione: Dimetoato, Abamectina, Azadiractina, Imidacloprid, Thiamethoxam; Analisi della varianza ad una via (ANOVA) sull'efficacia dei trattamenti sullo stadio larvale;

	<i>Mean Diff.</i>	<i>t</i>	<i>P value</i>	<b>95% CI of diff</b>
<i>Controllo vs Dimetoato</i>	0,25	0,4007	$P > 0.05$	-1.587 to 2.087
<i>Controllo vs Abamectina</i>	-2,323	3,722	<b><math>P &lt; 0.01</math></b>	-4.160 to -0.4851
<i>Controllo vs Azadiractina</i>	-1,315	2,107	$P > 0.05$	-3.152 to 0.5230
<i>Controllo vs Imidacloprid</i>	0,8226	1,318	$P > 0.05$	-1.015 to 2.660
<i>Controllo vs Thiamethoxam</i>	0,5565	0,8918	$P > 0.05$	-1.281 to 2.394
<i>Dimetoato vs Abamectina</i>	-2,573	4,123	<b><math>P &lt; 0.001</math></b>	-4.410 to -0.7351
<i>Dimetoato vs Azadiractina</i>	-1,565	2,507	$P > 0.05$	-3.402 to 0.2730
<i>Dimetoato vs Imidacloprid</i>	0,5726	0,9176	$P > 0.05$	-1.265 to 2.410
<i>Dimetoato vs Thiamethoxam</i>	0,3065	0,4911	$P > 0.05$	-1.531 to 2.144
<i>Abamectina vs Azadiractina</i>	1,008	1,616	$P > 0.05$	-0.8294 to 2.846
<i>Abamectina vs Imidacloprid</i>	3,145	5,04	<b><math>P &lt; 0.001</math></b>	-0.8294 to 2.846
<i>Abamectina vs Thiamethoxam</i>	2,879	4,614	<b><math>P &lt; 0.001</math></b>	1.042 to 4.717
<i>Azadiractina vs Imidacloprid</i>	2,137	3,425	<b><math>P &lt; 0.01</math></b>	0.2996 to 3.975
<i>Azadiractina vs Thiamethoxam</i>	1,871	2,998	<b><math>P &lt; 0.05</math></b>	0.03348 to 3.708
<i>Imidacloprid vs Thiamethoxam</i>	-0,2661	0,4265	$P > 0.05$	-2.104 to 1.571

**Tab. XV:** Test della Correlazione Multipla di Bonferroni su media delle larve per galla (trattamento su gemme, marzo 2007);

Come si nota dalla Tab. XVI, per quanto riguarda l'efficacia dei trattamenti sull'insetto allo stadio di pupa, non sono state riscontrate differenze statisticamente significative in alcuna parcella trattata (Fig. 52).

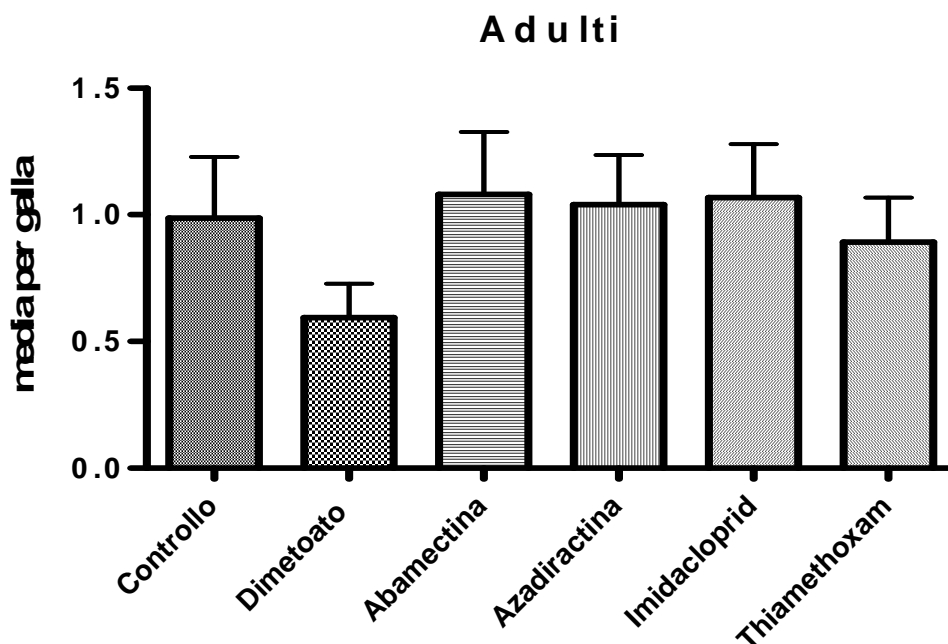


**Fig. 52:** Parametri di valutazione Dimetoato, Abamectina, Azadiractina, Imidacloprid, Thiamethoxam; Analisi della varianza ad una via (ANOVA) nell'efficacia dei trattamenti sullo stadio di pupa;

	<i>Mean Diff.</i>	<i>t</i>	<i>P value</i>	<i>95% CI of diff</i>
<i>Controllo vs Dimetoato</i>	0,04255	0,1232	P > 0.05	-0.9757 to 1.061
<i>Controllo vs Abamectina</i>	-0,883	2,556	P > 0.05	-1.901 to 0.1353
<i>Controllo vs Azadiractina</i>	-0,8191	2,371	P > 0.05	-1.837 to 0.1992
<i>Controllo vs Imidacloprid</i>	-0,2234	0,6467	P > 0.05	-1.242 to 0.7949
<i>Controllo vs Thiamethoxam</i>	-0,4362	1,263	P > 0.05	-1.454 to 0.5821
<i>Dimetoato vs Abamectina</i>	-0,9255	2,679	P > 0.05	-1.944 to 0.09277
<i>Dimetoato vs Azadiractina</i>	-0,8617	2,495	P > 0.05	-1.880 to 0.1566
<i>Dimetoato vs Imidacloprid</i>	-0,266	0,7699	P > 0.05	-1.284 to 0.7523
<i>Dimetoato vs Thiamethoxam</i>	-0,4787	1,386	P > 0.05	-1.497 to 0.5396
<i>Abamectina vs Azadiractina</i>	0,06383	0,1848	P > 0.05	-0.9545 to 1.082
<i>Abamectina vs Imidacloprid</i>	0,6596	1,909	P > 0.05	-0.3587 to 1.678
<i>Abamectina vs Thiamethoxam</i>	0,4468	1,293	P > 0.05	-0.5715 to 1.465
<i>Azadiractina vs Imidacloprid</i>	0,5957	1,725	P > 0.05	-0.4226 to 1.614
<i>Azadiractina vs Thiamethoxam</i>	0,383	1,109	P > 0.05	-0.6353 to 1.401
<i>Imidacloprid vs Thiamethoxam</i>	-0,2128	0,6159	P > 0.05	-1.231 to 0.8055

**Tab. XVI:** Test della Correlazione Multipla di Bonferroni su media delle pupe per galla (trattamento su gemme, marzo 2007);

Come si nota dalla Tab. XVII, per quanto riguarda l'efficacia dei trattamenti sugli insetti adulti, non sono state riscontrate differenze statisticamente significative in alcuna parcella trattata (Fig. 53).

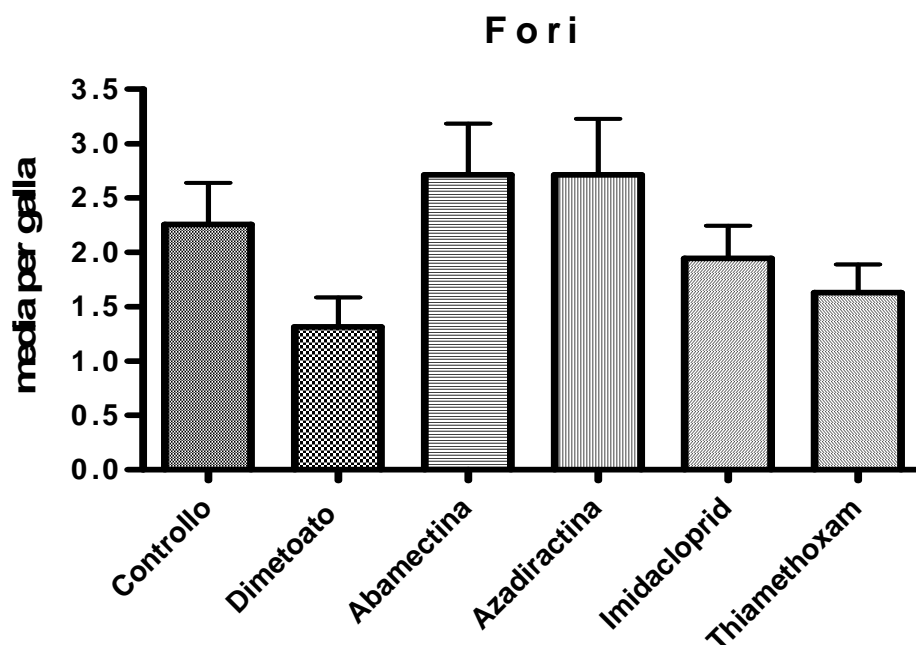


**Fig. 53:** Parametri di valutazione: Dimetoato, Abamectina, Azadiractina, Imidacloprid, Thiamethoxam; Analisi della varianza ad una via (ANOVA) nell'efficacia dei trattamenti sullo stadio adulto;

	<i>Mean Diff.</i>	<i>t</i>	<i>P value</i>	<b>95% CI of diff</b>
<i>Controllo vs Dimetoato</i>	0,3919	1,354	P > 0.05	-0.4622 to 1.246
<i>Controllo vs Abamectina</i>	-0,09459	0,3269	P > 0.05	-0.9486 to 0.7594
<i>Controllo vs Azadiractina</i>	-0,05405	0,1868	P > 0.05	-0.9081 to 0.8000
<i>Controllo vs Imidacloprid</i>	-0,08108	0,2802	P > 0.05	-0.9351 to 0.7730
<i>Controllo vs Thiamethoxam</i>	0,09459	0,3269	P > 0.05	-0.7594 to 0.9486
<i>Dimetoato vs Abamectina</i>	-0,4865	1,681	P > 0.05	-1.341 to 0.3676
<i>Dimetoato vs Azadiractina</i>	-0,4459	1,541	P > 0.05	-1.300 to 0.4081
<i>Dimetoato vs Imidacloprid</i>	-0,473	1,634	P > 0.05	-1.327 to 0.3811
<i>Dimetoato vs Thiamethoxam</i>	-0,2973	1,027	P > 0.05	-1.151 to 0.5567
<i>Abamectina vs Azadiractina</i>	0,04054	0,1401	P > 0.05	-0.8135 to 0.8946
<i>Abamectina vs Imidacloprid</i>	0,01351	0,0467	P > 0.05	-0.8405 to 0.8676
<i>Abamectina vs Thiamethoxam</i>	0,1892	0,6538	P > 0.05	-0.6649 to 1.043
<i>Azadiractina vs Imidacloprid</i>	-0,02703	0,0934	P > 0.05	-0.8811 to 0.8270
<i>Azadiractina vs Thiamethoxam</i>	0,1486	0,5137	P > 0.05	-0.7054 to 1.003
<i>Imidacloprid vs Thiamethoxam</i>	0,1757	0,6071	P > 0.05	-0.6784 to 1.030

**Tab. XVII:** Test della Correlazione Multipla di Bonferroni su media degli adulti per galla (trattamento su gemme, marzo 2007);

Come si nota dalla Tab. XVIII, per quanto riguarda l'efficacia dei trattamenti sullo sfarfallamento delle femmine (tesi: "Fori"), non sono state riscontrate differenze statisticamente significative in alcuna parcella trattata (Fig 54).



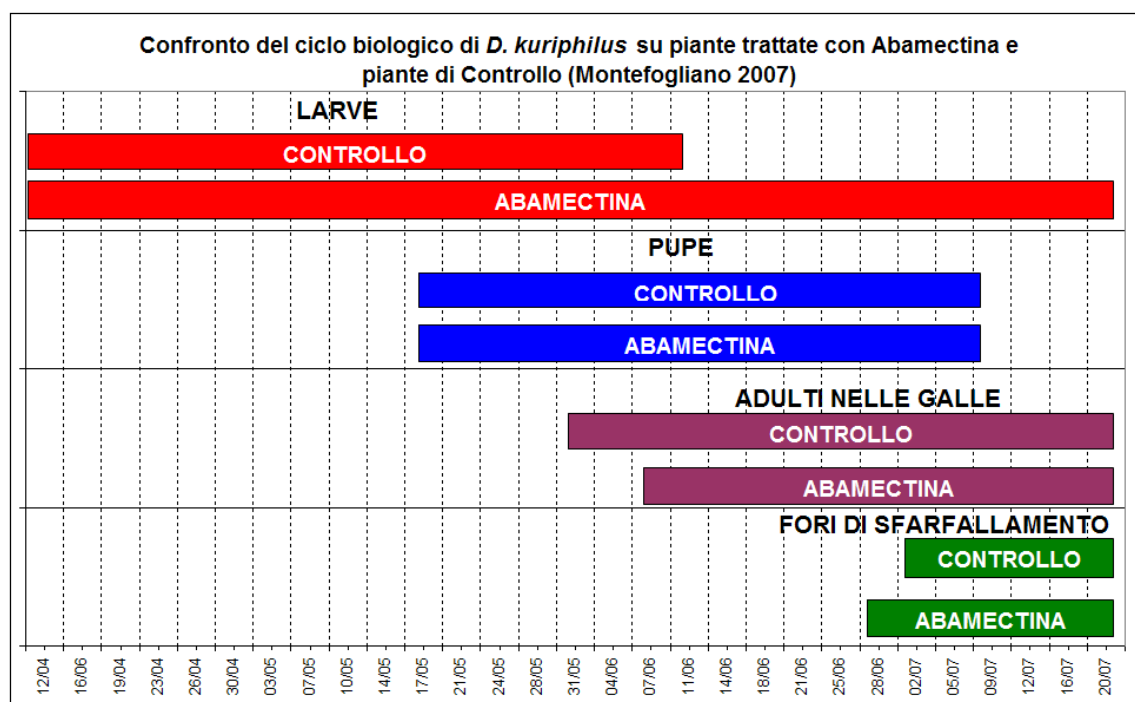
**Fig. 54:** Parametri di valutazione: Dimetoato, Abamectina, Azadiractina, Imidacloprid, Thiamethoxam; Analisi della varianza ad una via (ANOVA) nell'efficacia dei trattamenti sul numero di femmine sfarfallate (tesi: "Fori");

	<i>Mean Diff.</i>	<i>t</i>	<i>P value</i>	<i>95% CI of diff</i>
<i>Controllo vs Dimetoato</i>	0,9429	1,762	P > 0.05	-0.6468 to 2.532
<i>Controllo vs Abamectina</i>	-0,4571	0,8542	P > 0.05	-2.047 to 1.132
<i>Controllo vs Azadiractina</i>	-0,4571	0,8542	P > 0.05	-2.047 to 1.132
<i>Controllo vs Imidacloprid</i>	0,3143	0,5872	P > 0.05	-1.275 to 1.904
<i>Controllo vs Thiamethoxam</i>	0,6286	1,174	P > 0.05	-0.9611 to 2.218
<i>Dimetoato vs Abamectina</i>	-1,4	2,616	P > 0.05	-2.990 to 0.1896
<i>Dimetoato vs Azadiractina</i>	-1,4	2,616	P > 0.05	-2.990 to 0.1896
<i>Dimetoato vs Imidacloprid</i>	-0,6286	1,174	P > 0.05	-2.218 to 0.9611
<i>Dimetoato vs Thiamethoxam</i>	-0,3143	0,5872	P > 0.05	-1.904 to 1.275
<i>Abamectina vs Azadiractina</i>	0	0	P > 0.05	-1.590 to 1.590
<i>Abamectina vs Imidacloprid</i>	0,7714	1,441	P > 0.05	-0.8182 to 2.361
<i>Abamectina vs Thiamethoxam</i>	1,086	2,029	P > 0.05	-0.5039 to 2.675
<i>Azadiractina vs Imidacloprid</i>	0,7714	1,441	P > 0.05	-0.8182 to 2.361
<i>Azadiractina vs Thiamethoxam</i>	1,086	2,029	P > 0.05	-0.5039 to 2.675
<i>Imidacloprid vs Thiamethoxam</i>	0,3143	0,5872	P > 0.05	-1.275 to 1.904

**Tab. XVIII:** Test della Correlazione Multipla di Bonferroni su media dei fori di sfarfallamento per galla (trattamento su gemme, marzo 2007);

In conclusione, per quanto riguarda il trattamento effettuato su gemme del marzo 2007, dall'analisi statistica ottenuta dall'elaborazione dei risultati delle prove in oggetto di sperimentazione, non risulta un'efficacia di controllo da parte dei diversi principi attivi somministrati con varie metodologie di applicazione.

Si evidenzia inoltre che, dissezionando le gemme prelevate dalla parcella trattata con Abamectina, si è rilevato un ritardo nello sviluppo degli stadi preimmaginali dell'insetto all'interno delle gemme (Fig. 55).



**Fig. 55:** Confronto del ciclo biologico di *D. Kuriphilus* su piante trattate con Abamectina e piante di Controllo (Monte Fogliano 2007);

Come si evince dalla Fig. 55, lo stadio larvale nella parcella trattata con Abamectina si protrae dal mese di Aprile fino al mese di Luglio, mentre nella parcella di Controllo le larve sono state trovate nelle gemme da Aprile a Giugno. Dopo questa data si rinvenivano esclusivamente pupe. Si evidenzia inoltre che la presenza di adulti nelle galle è ritardata di poco più di una settimana nelle piante trattate con Abamectina rispetto a quelle della parcella di controllo. Anche per quanto riguarda la fuoriuscita delle femmine dalle galle (Fig. 55) si nota che, nella parcella trattata con questo principio attivo, queste fuoriescono in anticipo di qualche giorno.

Quest'influenza del principio attivo Abamectina dovrà essere sicuramente approfondita e spiegata in futuro, anche se Loia et al. (1994) affermano che “i formulati a base di

Abamectina, alle dosi comuni di impiego, pur non determinando elevate percentuali di mortalità, possono influenzarne negativamente alcuni parametri biologici”.

#### Analisi dei residui dei trattamenti

Come si può osservare dalla Tab. XIX, l'analisi dei campioni di chioma prelevati dalle piante trattate ha rilevato una presenza di residui solamente per le parcelle trattate con Imidacloprid e Dimetoato.

Campione	P.A.	Trattamento	Prelievo campione	Data prelievo campione	Valori ottenuti
1	Abamectina	endoterapia	24 h dopo il trattamento	28/03/2007	< L.R.
2	Abamectina	endoterapia	48 h dopo il trattamento	29/03/2007	< L.R.
3	Abamectina	endoterapia	7 giorni dopo il trattamento	03/04/2007	< L.R.
4	Abamectina	endoterapia	15 giorni dopo il trattamento	11/04/2007	< L.R.
5	Abamectina	endoterapia	1 mese dopo il trattamento	26/04/2007	< L.R.
6	Azadiractina	endoterapia	24 h dopo il trattamento	28/03/2007	< L.R.
7	Azadiractina	endoterapia	48 h dopo il trattamento	29/03/2007	< L.R.
8	Azadiractina	endoterapia	7 giorni dopo il trattamento	03/04/2007	< L.R.
9	Azadiractina	endoterapia	15 giorni dopo il trattamento	11/04/2007	< L.R.
10	Azadiractina	endoterapia	1 mese dopo il trattamento	26/04/2007	< L.R.
11	Thiamethoxam	a tutta chioma	24 h dopo il trattamento	30/03/2007	< L.R.
12	Thiamethoxam	a tutta chioma	48 h dopo il trattamento	31/04/07	< L.R.
13	Thiamethoxam	a tutta chioma	7 giorni dopo il trattamento	05/04/2007	< L.R.
14	Thiamethoxam	a tutta chioma	15 giorni dopo il trattamento	12/04/2007	< L.R.
15	Thiamethoxam	a tutta chioma	1 mese dopo il trattamento	28/04/2007	< L.R.
16	Imidacloprid	a tutta chioma	24 h dopo il trattamento	30/03/2007	< L.R.
17	Imidacloprid	a tutta chioma	48 h dopo il trattamento	31/04/07	0,11 mg/kg
18	Imidacloprid	a tutta chioma	7 giorni dopo il trattamento	05/04/2007	0,05 mg/kg
19	Imidacloprid	a tutta chioma	15 giorni dopo il trattamento	12/04/2007	< L.R.
20	Imidacloprid	a tutta chioma	1 mese dopo il trattamento	28/04/2007	< L.R.
21	Dimetoato	a tutta chioma	24 h dopo il trattamento	30/03/2007	17,4 mg/kg
22	Dimetoato	a tutta chioma	48 h dopo il trattamento	31/04/07	14,7 mg/kg
23	Dimetoato	a tutta chioma	7 giorni dopo il trattamento	05/04/2007	3,3 mg/kg
24	Dimetoato	a tutta chioma	15 giorni dopo il trattamento	12/04/2007	0,4 mg/kg
25	Dimetoato	a tutta chioma	1 mese dopo il trattamento	28/04/2007	0,1 mg/kg ( rametti ) < L.R. (foglie)

**Tab. XIX :** Risultati delle analisi sui residui dei trattamenti effettuati nel mese di marzo 2007;

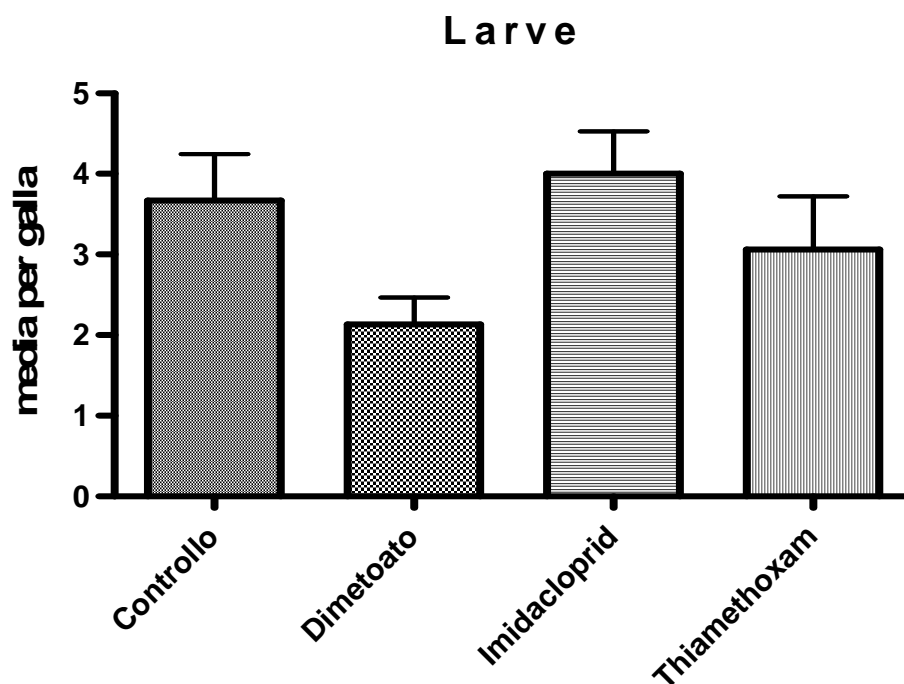
Come si vede dalla Tab. XIX i residui di Dimetoato, espressi come somma di Dimetoato-Ometoato, sono anche ad un mese dal trattamento (0,1 ppm), ben al di sopra dei residui massimi consentiti per la frutta a guscio (0,05 ppm) (D. M. 22/01/98, G.U. n. 78 del 03/04/98). Poiché questo p.a. non è risultato efficace nel contenimento delle popolazioni del cinipide, non sono state effettuate analisi dei residui sui frutti all'epoca della raccolta.

Per quanto riguarda l'Imidacloprid, non sono disponibili i residui massimi consentiti su frutta a guscio, nonostante ciò, considerando il range di residui massimi consentiti sulle altre colture (0,3-1 ppm), questo p.a dopo solo una settimana dal trattamento, fa registrare 0,05 ppm, ben al di sotto del range su indicato.

Per tutti gli altri principi attivi saggiati, non sono stati rilevati residui significativi.

### 5.3.2 Prove di controllo su galle neoformate, con trattamenti a tutta chioma

Dall'elaborazione dei dati ottenuti dall'analisi dei campioni prelevati dalle parcelle trattate a maggio 2007, e dal confronto di questi ultimi con quelli ottenuti dalla parcella di "controllo" (non trattata), si è potuto osservare che, per quanto riguarda l'efficacia dei trattamenti sullo stadio larvale dell'insetto presente nelle galle (Fig. 56), non sono state evidenziate differenze statisticamente significative (Tab. XX).



**Fig. 56:** Parametri di valutazione Dimetoato, Imidacloprid, Thiamethoxam; Analisi della varianza ad una via (ANOVA) sull'efficacia dei trattamenti effettuati in maggio su galle neoformate (Monte Fogliano 2007);

	<i>Mean Diff.</i>	<i>t</i>	<i>P value</i>	<b>95% CI of diff</b>
<i>Controllo vs Dimetoato</i>	1,533	2,012	P > 0.05	-0.5514 to 3.618
<i>Controllo vs Imidacloprid</i>	-0,3333	0,4373	P > 0.05	-2.418 to 1.751
<i>Controllo vs Thiamethoxam</i>	0,6	0,7872	P > 0.05	-1.485 to 2.685
<i>Dimetoato vs Imidacloprid</i>	-1,867	2,449	P > 0.05	-3.951 to 0.2181
<i>Dimetoato vs Thiamethoxam</i>	-0,9333	1,225	P > 0.05	-3.018 to 1.151
<i>Imidacloprid vs Thiamethoxam</i>	0,9333	1,225	P > 0.05	-1.151 to 3.018

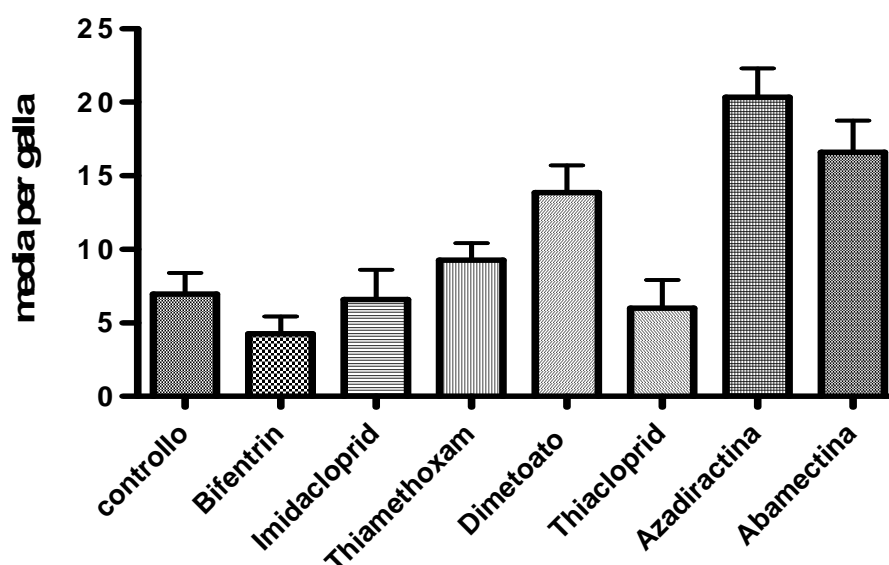
**Tab. XX:** Test della Correlazione Multipla di Bonferroni su trattamento effettuato su galle neo formate (Monte Fogliano, maggio 2007);

### **5.3.3 Prove di controllo adulticida e di inibizione dei primi stadi preimmaginali della nuova generazione del cinipide**

Dall'elaborazione dei dati ottenuti dall'analisi di campioni prelevati dalle parcelle trattate a luglio-agosto 2007, e dal confronto di questi ultimi con quelli ottenuti dalla parcella di controllo, si è potuto osservare che, per quanto riguarda l'efficacia dei trattamenti sugli stadi di sviluppo dell'insetto (Fig. 57), le differenze statisticamente significative sono risultate essere le seguenti (Tab. XXI):

- confronto tra la parcella di Controllo e quella trattata con Azadiractina (P<0,001);
- confronto tra la parcella di Controllo e quella trattata con Abamectina (P<0,01);
- confronto tra la parcella trattata con Bifentrin e quella trattata con Dimetoato (P<0,01);
- confronto tra la parcella trattata con Bifentrin e quella trattata con Azadiractina (P<0,001);
- confronto tra la parcella trattata con Bifentrin e quella trattata con Abamectina (P<0,001);
- confronto tra la parcella trattata con Imidacloprid e quella trattata con Azadiractina (P<0,001);
- confronto tra la parcella trattata con Imidacloprid e quella trattata con Abamectina (P<0,01);
- confronto tra la parcella trattata con Thiamethoxam e quella trattata con Azadiractina (P<0,001);
- confronto tra la parcella trattata con Thiacloprid e quella trattata con Azadiractina (P<0,001);
- confronto tra la parcella trattata con Thiacloprid e quella trattata con Abamectina (P<0,001);

## trattamenti di luglio 2007



**Fig. 57:** Parametri di valutazione: Rogor, Vertimec, Oikos, Actara; Analisi della varianza ad una via (ANOVA) sull'efficacia dei trattamenti effettuati a luglio-agosto 2007 (Monte Fogliano);

	<i>Mean Diff.</i>	<i>t</i>	<i>P value</i>	<b>95% CI of diff</b>
<i>Controllo vs Bifentrin</i>	2,693	1,182	P > 0.05	-4.586 to 9.973
<i>Controllo vs Imidacloprid</i>	0,36	0,158	P > 0.05	-6.920 to 7.640
<i>Controllo vs Thiamethoxam</i>	-2,307	1,012	P > 0.05	-9.586 to 4.973
<i>Controllo vs Dimetoato</i>	-6,907	3,03	P > 0.05	-14.19 to 0.3729
<i>Controllo vs Thiacloprid</i>	0,96	0,4212	P > 0.05	-6.320 to 8.240
<i>Controllo vs Azadiractina</i>	-13,37	5,868	<b>P &lt; 0.001</b>	-20.65 to -6.094
<i>Controllo vs Abamectina</i>	-9,64	4,23	<b>P &lt; 0.01</b>	-16.92 to -2.360
<i>Bifentrin vs Imidacloprid</i>	-2,333	0,9157	P > 0.05	-10.47 to 5.805
<i>Bifentrin vs Thiamethoxam</i>	-5	1,962	P > 0.05	-13.14 to 3.139
<i>Bifentrin vs Dimetoato</i>	-9,6	3,767	<b>P &lt; 0.01</b>	-17.74 to -1.461
<i>Bifentrin vs Thiacloprid</i>	-1,733	0,6802	P > 0.05	-9.872 to 6.405
<i>Bifentrin vs Azadiractina</i>	-16,07	6,305	<b>P &lt; 0.001</b>	-24.21 to -7.928
<i>Bifentrin vs Abamectina</i>	-12,33	4,84	<b>P &lt; 0.001</b>	-20.47 to -4.195
<i>Imidacloprid vs Thiamethoxam</i>	-2,667	1,047	P > 0.05	-10.81 to 5.472
<i>Imidacloprid vs Dimetoato</i>	-7,267	2,852	P > 0.05	-15.41 to 0.8721
<i>Imidacloprid vs Thiacloprid</i>	0,6	0,2355	P > 0.05	-7.539 to 8.739
<i>Imidacloprid vs Azadiractina</i>	-13,73	5,39	<b>P &lt; 0.001</b>	-21.87 to -5.595
<i>Imidacloprid vs Abamectina</i>	-10	3,924	<b>P &lt; 0.01</b>	-18.14 to -1.861
<i>Thiamethoxam vs Dimetoato</i>	-4,6	1,805	P > 0.05	-12.74 to 3.539
<i>Thiamethoxam vs Thiacloprid</i>	3,267	1,282	P > 0.05	-4.872 to 11.41
<i>Thiamethoxam vs Azadiractina</i>	-11,07	4,343	<b>P &lt; 0.001</b>	-19.21 to -2.928
<i>Thiamethoxam vs Abamectina</i>	-7,333	2,878	P > 0.05	-15.47 to 0.8054
<i>Dimetoato vs Thiacloprid</i>	7,867	3,087	P > 0.05	-0.2721 to 16.01
<i>Dimetoato vs Azadiractina</i>	-6,467	2,538	P > 0.05	-14.61 to 1.672
<i>Dimetoato vs Abamectina</i>	-2,733	1,073	P > 0.05	-10.87 to 5.405
<i>Thiacloprid vs Azadiractina</i>	-14,33	5,625	<b>P &lt; 0.001</b>	-22.47 to -6.195
<i>Thiacloprid vs Abamectina</i>	-10,6	4,16	<b>P &lt; 0.01</b>	-18.74 to -2.461
<i>Azadiractina vs Abamectina</i>	3,733	1,465	P > 0.05	-4.405 to 11.87

**Tab. XXI:** Test della Correlazione Multipla di Bonferroni su trattamenti effettuati nel luglio-agosto 2007 (Monte Fogliano);

In conclusione, per quanto riguarda il trattamento effettuato a luglio-agosto 2007, dall'analisi statistica ottenuta dall'elaborazione dei risultati delle prove in oggetto di sperimentazione, pur rilevando differenze statisticamente significative, non risulta un'efficacia nel controllo, da parte dei diversi principi attivi somministrati con le varie metodologie di applicazione.

#### **5.3.4 Risultati complessivi dei trattamenti effettuati nel 2007**

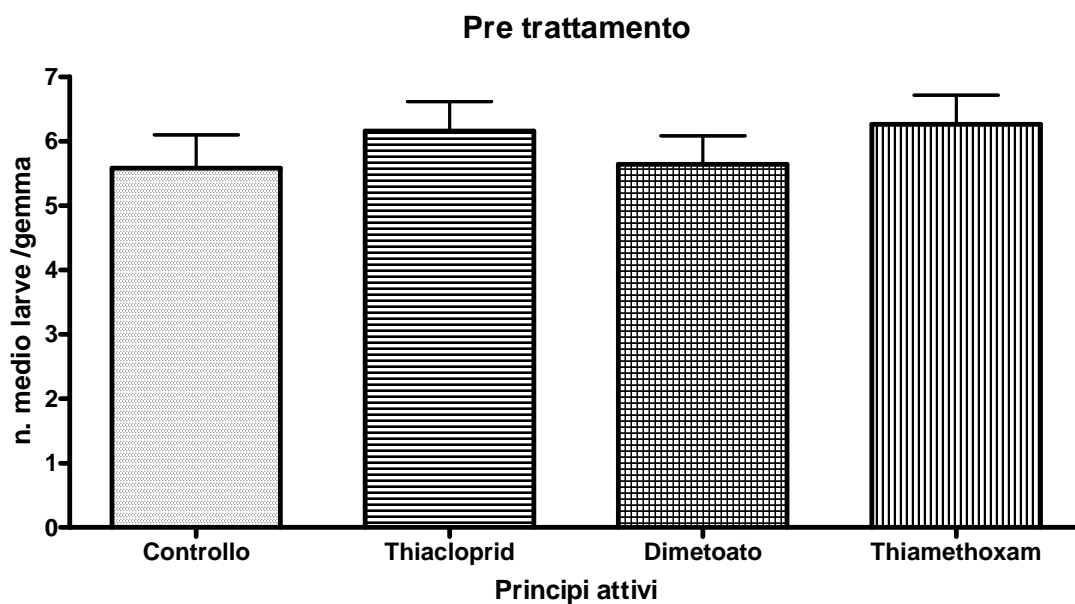
I risultati fino ad ora ottenuti dai trattamenti da noi effettuati sui diversi stadi di sviluppo dell'insetto, e nei diversi periodi dell'anno (marzo, maggio, luglio, agosto 2007), hanno rilevato un'inefficacia nel controllo dell'infestazione da parte di *Dryocosmus kuriphilus*. I dati ottenuti in questo anno di sperimentazione hanno confermato quanto già riportato in analoghe sperimentazioni italiane ed internazionali.

#### **5.4 PROVE DI CONTROLLO CHIMICO DEL CINIPIDE (ANNO 2008)**

E' stato necessario analizzare l'entità dell'infestazione nelle parcelle selezionate prima di effettuare i trattamenti (Fig. 58).

Per l'analisi statistica è stato utilizzato il Test dell'Analisi della varianza ad una via (ANOVA), a cui è seguita una comparazione multipla tramite il Test di Bonferroni.

Dall'elaborazione dei dati, si osserva che non si rilevano differenze statisticamente significative tra l'infestazione presente nella parcella Controllo e quella presente nelle parcelle da sottoporre a trattamento (Tab. XXII).



**Fig. 58:** Parametri di valutazione: Thiacloprid, Dimetoato, Thiamethoxam; Analisi della varianza ad una via (ANOVA) sulle parcelle da sottoporre a trattamento (Monte Fogliano, 2008);

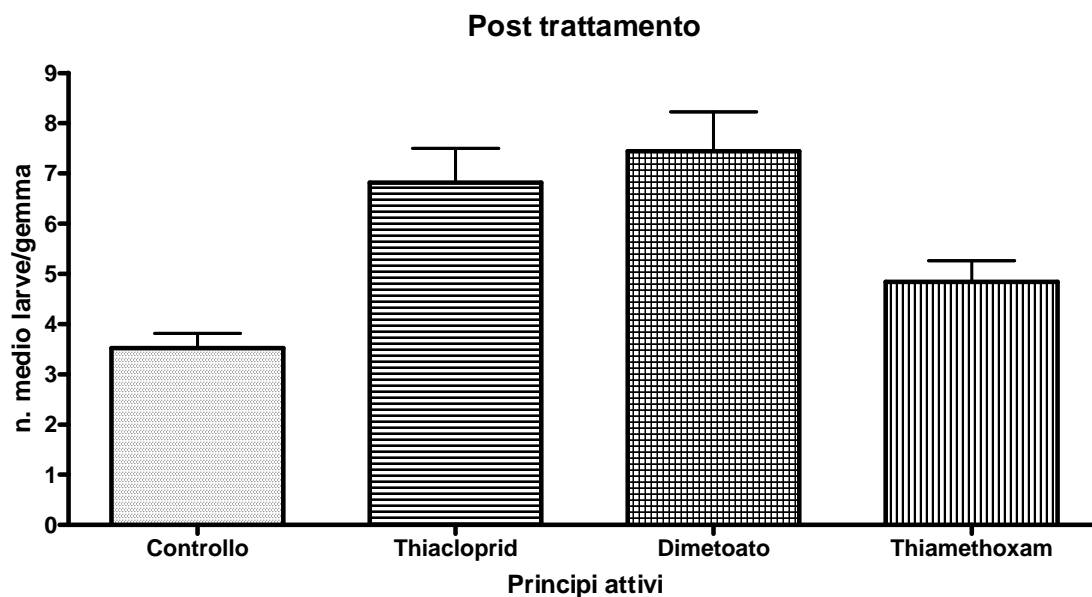
<i>Bonferroni's Multiple Comparison Test</i>	<i>Mean Diff.</i>	<i>t</i>	<i>P value</i>	<i>95% CI of diff</i>
Controllo vs Thiacloprid	-0,58	0,8752	P > 0.05	-2.346 to 1.186
Controllo vs Dimetoato	-0,06	0,09054	P > 0.05	-1.826 to 1.706
Controllo vs Thiamethoxam	-0,68	1,026	P > 0.05	-2.446 to 1.086
Thiacloprid vs Dimetoato	0,52	0,7847	P > 0.05	-1.246 to 2.286
Thiacloprid vs Thiamethoxam	-0,1	0,1509	P > 0.05	-1.866 to 1.666
Dimetoato vs Thiamethoxam	-0,62	0,9355	P > 0.05	-2.386 to 1.146

**Tab. XXII:** Test della Correlazione Multipla di Bonferroni sulle parcelle selezionate, prima di effettuare i trattamenti (Monte Fogliano, 2008);

Dopo aver controllato l'omogeneità dell'infestazione delle varie parcelle selezionate, si è proceduto ad effettuare i trattamenti, e ad analizzare statisticamente i risultati acquisiti (Fig. 59).

Dall'elaborazione dell'analisi dell'infestazione delle parcelle trattate nel 2008, e dal confronto di queste ultime con quella ottenuta dalla parcella di Controllo, si è potuto osservare che le differenze statisticamente significative risultano essere le seguenti (Tab. XXIII):

- confronto tra la parcella di Controllo e quella trattata con Thiacloprid ( $P < 0.001$ );
- confronto tra la parcella di Controllo e quella trattata con Dimetoato ( $P < 0.001$ ).



**Fig. 59:** Parametri di valutazione: Thiacloprid, Dimetoato, Thiamethoxam; Analisi della varianza ad una via (ANOVA) sulle parcelle trattate (Monte Fogliano, 2008);

<i>Bonferroni's Multiple Comparison Test</i>	<i>Mean Diff.</i>	<i>t</i>	<i>P value</i>	<i>95% CI of diff</i>
Controllo vs Thiacloprid	-3,3	4,035	<b>P &lt; 0.001</b>	-5.480 to -1.120
Controllo vs Dimetoato	-3,92	4,793	<b>P &lt; 0.001</b>	-6.100 to -1.740
Controllo vs Thiamethoxam	-1,32	1,614	P > 0.05	-3.500 to 0.8596
Thiacloprid vs Dimetoato	-0,62	0,7582	P > 0.05	-2.800 to 1.560
Thiacloprid vs Thiamethoxam	1,98	2,421	P > 0.05	-0.1996 to 4.160
Dimetoato vs Thiamethoxam	2,6	3,179	P < 0.05	0.4204 to 4.780

**Tab. XXIII:** Test della Correlazione Multipla di Bonferroni sulle parcelle trattate (Monte Fogliano, 2008);

Da questa analisi, è stato possibile evidenziare che tutti i principi attivi testati, nonostante alcuni valori risultino statisticamente significativi, non sono risultati essere efficaci ai fini del contenimento delle popolazioni del cinipide.

## 5.5 RICERCA DI PARASSITOIDI INDIGENI DEL CINIPIDE

Da galle raccolte in vari castagneti della provincia di Viterbo, sono fuoriusciti numerosi parassitoidi endemici di *D. kuriphilus*.

Il Prof. George Melika, noto specialista di Imenotteri Calcidoidei, ha effettuato la determinazione specifica degli insetti rinvenuti (Tab. XXIV e Tab. XXV):

<b>N° individui distinti per sesso</b>	<b>Specie:</b>	<b>Luogo:</b>
1 femmina	<i>Torymus erucarum</i>	Monte Fogliano
1 femmina		Vallerano
2 maschi		Vallerano
1 maschio	<i>Eurytoma brunniventris</i> (Fig. 61)	Vallerano
2 femmine		Monte Fogliano
11 femmine	<i>Mesopolobus sericeus</i> (Figg. 62, 63)	Vallerano
6 maschi		Vallerano
5 femmine		Canepina
13 femmine		Canepina
1 maschio		Canepina
1 femmina		Monte Fogliano
2 femmine		Canepina
2 maschi		Canepina
7 femmine		Vallerano
2 femmine		Canepina
1 femmina	<i>Eupelmus urozonus</i> (Figg. 66,67)	Canepina
1 femmina		Monte Fogliano
1 femmina		Canepina
1 femmina		Monte Fogliano
1 femmina	<i>Megastigmus dorsalis</i> (Fig. 65)	Monte Fogliano
1 femmina		Canepina
2 femmine	<i>Ormyrus pomaceus</i> (Fig. 68)	Monte Fogliano
1 maschio		Monte Fogliano
2 femmine	<i>Sycophila biguttata</i> (Fig. 60)	Monte Fogliano
2 femmine	<i>Torymus flavipes</i> (Fig. 64)	Canepina

**Tab. XXIV:** Elenco delle località di provenienza dei parassitoidi endemici di *D. Kuriphilus* rinvenuti nel viterbese;

IN ITALIA					
	Parasitoid species	Famiglia	Distribuzione	Presente in:	
1	<i>Sycophila iracemae</i>	Eurytomidae	M	-	Piemonte
2	<i>Sycophila variegata</i>	Eurytomidae	WP	-	Piemonte
3	<i>Sycophila biguttata</i>	Eurytomidae	WP	Alto Lazio	Piemonte
4	<i>Eurytoma pistacina</i>	Eurytomidae	M	-	Piemonte
5	<i>Eurytoma brunniventris</i>	Eurytomidae	WP	Alto Lazio	Piemonte
6	<i>Mesopolobus mediterraneus</i>	Pteromalidae	M	-	Piemonte
7	<i>Mesopolobus sericeus</i> ***	Pteromalidae	WP	Alto Lazio	Piemonte
8	<i>Mesopolobus tarsatus</i>	Pteromalidae	M	-	Piemonte
9	<i>Torymus auratus</i>	Torymidae	WP	-	Piemonte
10	<i>Torymus flavipes</i> ***	Torymidae	WP	Alto Lazio	Piemonte
11	<i>Torymus scutellaris</i>	Torymidae	WP	-	Piemonte
12	<i>Torymus erucarum</i>	Torymidae	-	Alto Lazio	-
13	<i>Megastigmus dorsalis</i>	Torymidae	WP	Alto Lazio	Piemonte
14	<i>Eupelmus urozonus</i>	Eupelmidae	WP	Alto Lazio	Piemonte
15	<i>Baryscapus pallidae</i>	Eulophidae	M	-	Piemonte
16	<i>Ormyrus pomaceus</i> ***	Ormyridae	WP	Alto Lazio	Piemonte

	<i>In Alto Lazio e Piemonte</i>
	<i>Solo in Alto Lazio</i>
***	<i>Specie non presenti nella Check List della Fauna Italiana</i>
WP	<i>Western Palaearctic</i>
M	<i>Mediterranean</i>

**Tab. XXV:** Elenco per specie, origine e distribuzione dei parassitoidi endemici di *D. Kuriphilus* rinvenuti nel viterbese in comparazione con quelli segnalati in Piemonte;

Dalla Tabella XXIV si evidenzia che otto sono le specie di parassitoidi rinvenute sino ad ora nell'Alto Lazio. Di queste ben tre non sono presenti nella Check List della Fauna Italiana (Tab. XXV).

Confrontando (Tab. XXV) le specie rinvenute in Alto Lazio con quelle rinvenute in Piemonte (Aebi et al., 2007) (Tab. XXV) si nota che una specie (*Torymus erucarum*) è stata rinvenuta solo nel Lazio, mentre ulteriori otto specie sono state rinvenute solo in Piemonte.



**Fig. 60:** *Sycophila biguttata*;



**Fig. 61:** *Eurytoma brunniventris*;



**Fig. 62:** Maschio di *Mesopolobus sericeus*;



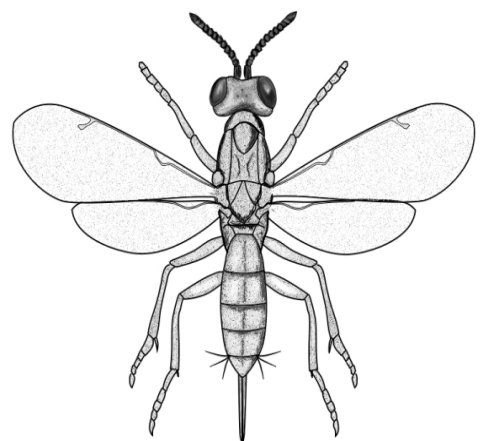
**Fig. 63:** Femmina di *Mesopolobus sericeus*;



**Fig. 64:** *Torymus flavipes*;



**Fig. 65:** *Megastigmus dorsalis*;



**Figs. 66-67:** *Eupelmus urozonus*;



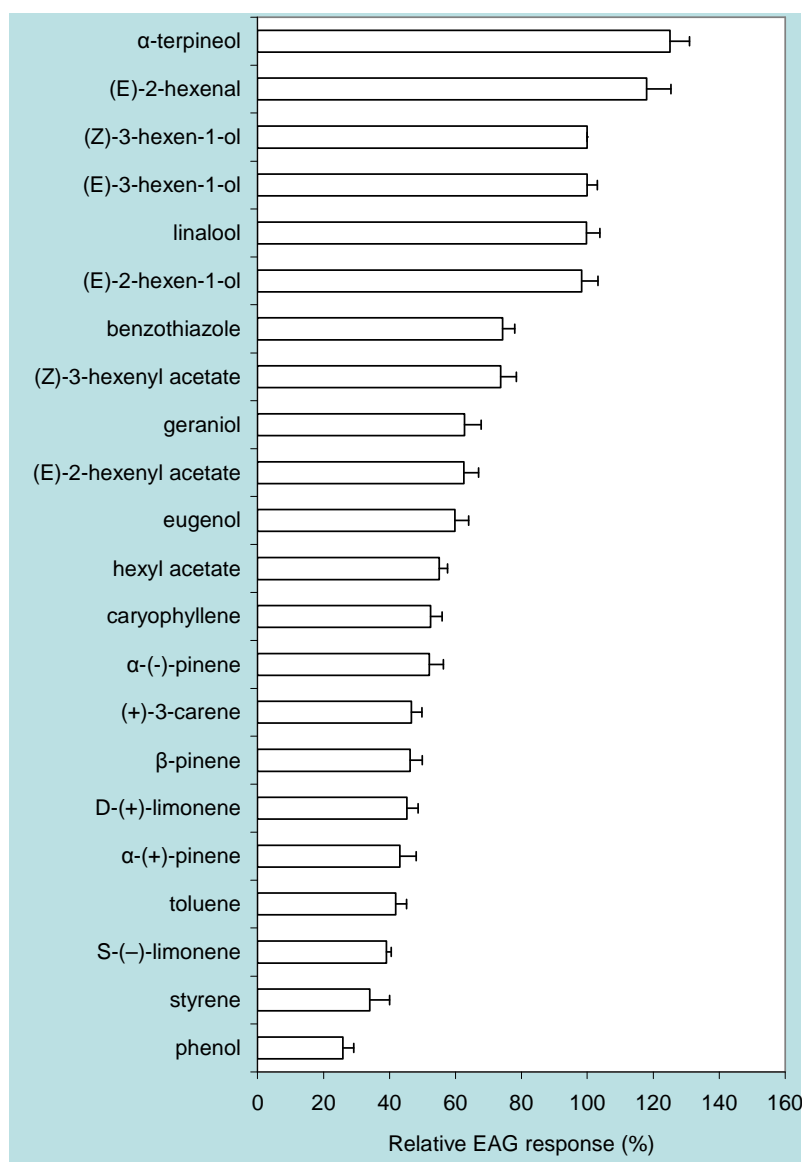
**Fig. 68:** *Ormyrus pomaceus*;

## 5.6 RISPOSTE ELETTROANTENNOGRAFICHE DI *D. KURIPHILUS* AI COMPOSTI VOLATILI DELLE FOGLIE DI *CASTANEA SATIVA*

### a) Risposte Elettroantennografiche

Con la stimolazione a varie dosi del composto usato come standard, (Z)-3-hexen-1-ol, è stata ottenuta una tipica curva dose-dipendente di tipo sigmoidale. E' stata rilevata una dose di attivazione a 0,1  $\mu\text{m}$  ed una dose di saturazione di 2  $\mu\text{m}$ . Sulla base di questi risultati gli altri composti sono stati testati alla dose di 2  $\mu\text{m}$ .

La risposta EAG normalizzata allo standard (Z)-3-hexen-1-ol è stata di  $0,62 \pm 0,21$  mV (media  $\pm$  SD). La risposta normalizzata EAG alle altre 21 sostanze chimiche testate variava da  $25,9 \pm 9,3$  % (phenol) a  $125,1 \pm 16,8$  % ( $\alpha$ -terpineol) (Fig. 69).

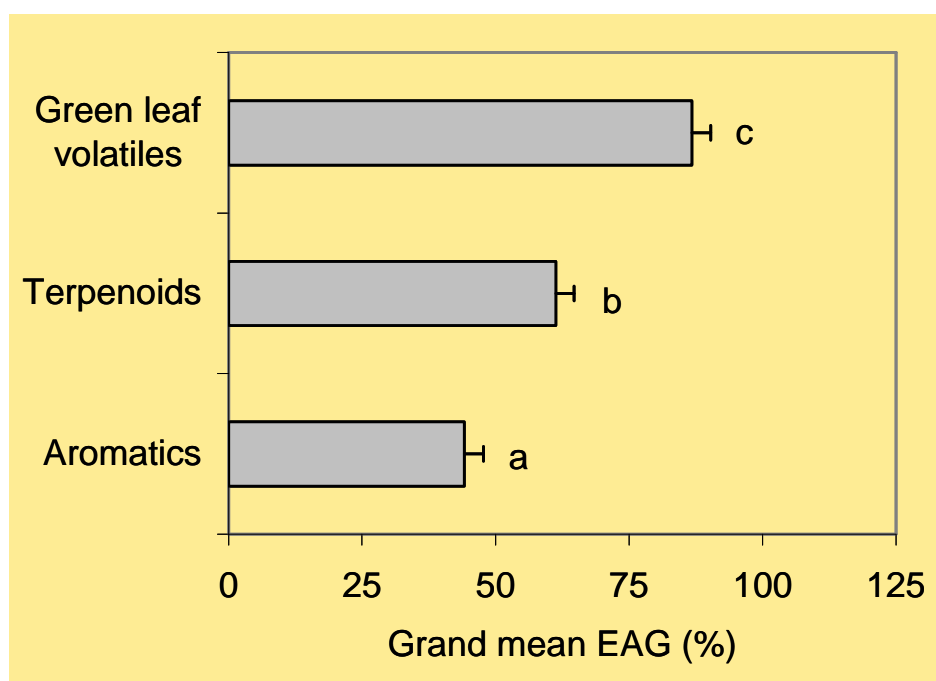


**Fig. 69:** Risposte EAG degli adulti di *D. kuriphilus* relative ai composti volatili testati, disposte in base all'ampiezza di incremento;

L'ANOVA ad una via ha indicato differenze significative tra le risposte dell'EAG a diversi composti ( $F = 42.9$ , d.f. = 18,  $P < 0.0001$ ). L'ordine preciso delle risposte medie agli stimoli elettroantennografici è indicato nella Fig. 69.

Le risposte più significative all'EAG sono state date da  $\alpha$ -terpineol e (E)-2-hexenal. Buone risposte sono state date da (Z)-3-hexen-1-ol, (E)-3-hexen-1-ol, linalool, e (E)-2-hexen-1-ol. Questi composti hanno suscitato ampiezze di picco significativamente inferiore ( $P = 0.05$ ) rispetto a quelle date da  $\alpha$ -terpineol, ma simili a quelle date da (E)-2-hexenal (Fig. 69). I composti meno efficaci sono risultati essere phenol, styrene, S(-)-limonene, toluene, D-(+)-limonene,  $\beta$ -pinene, e (+)-3-carene. Fra i GLVs, le aldeidi e gli alcoli sono risultati essere sensibilmente più reattivi degli acetati all'EAG. La risposta EAG dell' $\alpha$ -terpineol è stata significativamente più elevata rispetto a quella data da altri terpenoidi. Fra i composti aromatici, il benzothiazole ha evidenziato un'ampiezza significativamente più elevata (Fig. 69).

L'ANOVA a una via ha rivelato differenze significative tra le medie totali delle risposte EAG da parte degli adulti di *D. kuriphilus* alle tre differenti classi chimiche di volatili della pianta ( $F = 23.2$ , d.f. = 2,  $P < 0.0001$ ) (Fig. 70).

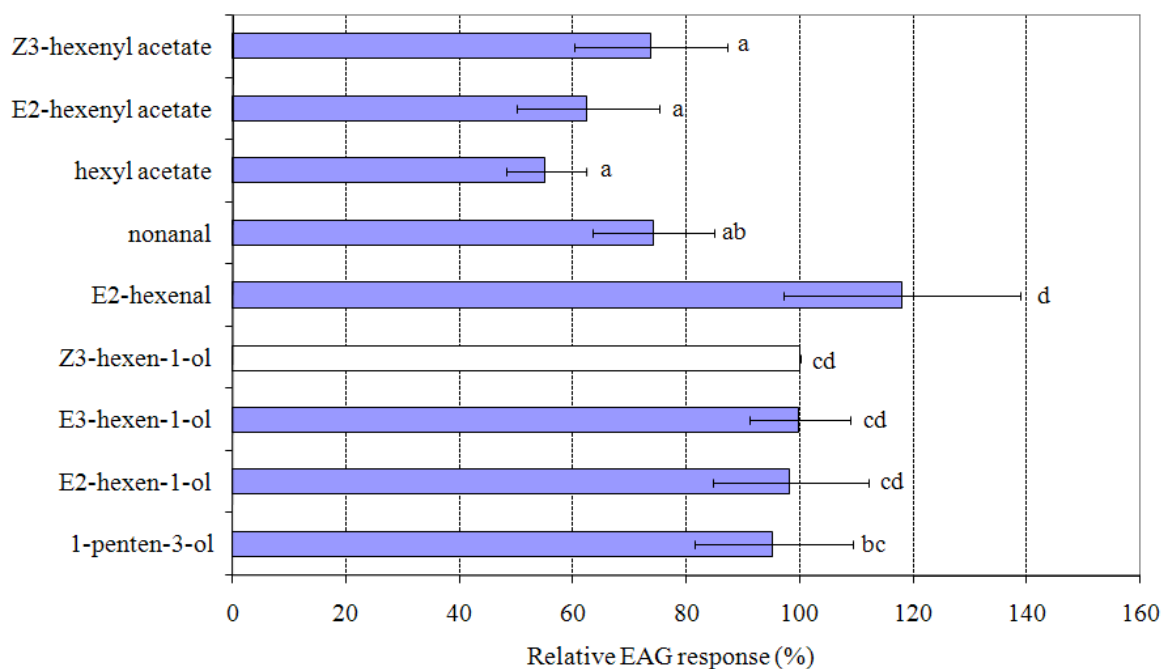


**Fig. 70:** Media totale delle risposte EAG degli adulti di *D. kuriphilus* alle tre differenti classi chimiche di volatili della pianta. La barra verticale indica l'errore standard. Le lettere differenti indicano la differenza significativa a  $P = 0.05$  (Tukey's HSD test);

La media totale delle risposte EAG ai GLVs è risultata essere significativamente superiore a quella delle altre due classi ( $P = 0.05$ ), e la media totale delle risposte EAG ai terpenoidi è risultata essere significativamente superiore a quella delle piante aromatiche ( $P = 0.05$ ).

### **Risposte EAG di *D. kuriphilus* ai GLVs**

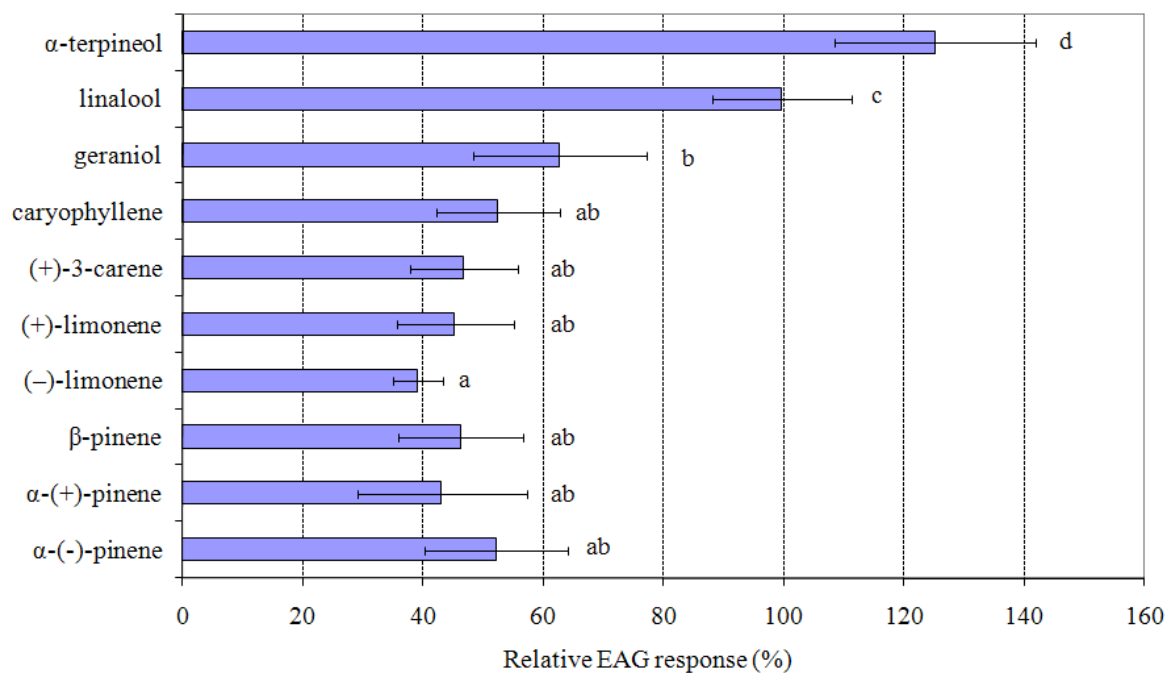
Tra i GLVs, le aldeidi [(E)-2-hexenal] e gli alcoli sono risultati essere significativamente molto più attivi all'EAG degli acetati (Fig. 71).



**Fig. 71:** Risposte EAG di *D. kuriphilus* ai GLVs;

### **Risposte EAG di *D. kuriphilus* ai terpenoidi**

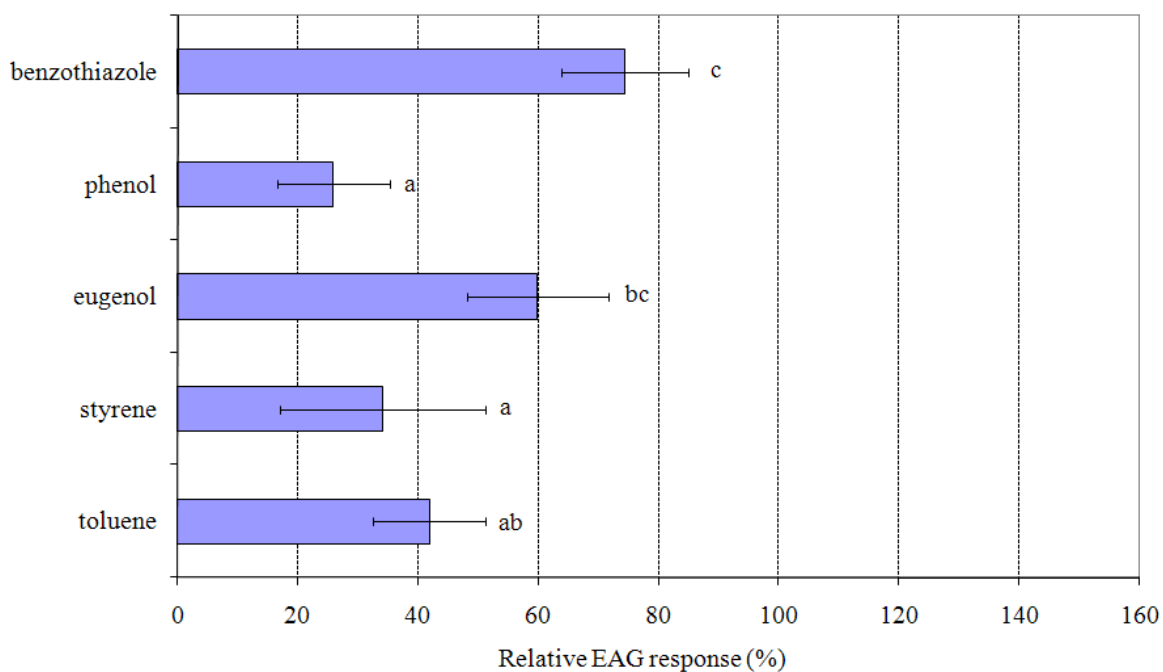
La risposta più ampia è stata data dall'  $\alpha$ -terpineol, seguito dal linalool (Fig. 72). La risposta EAG a questi composti è stata significativamente più elevata di quella data dagli altri terpenoidi.



**Fig. 72:** Risposte EAG di *D. kuriphilus* ai terpenoidi;

### **Risposte EAG di *D. kuriphilus* ai composti aromatici**

Tra i composti aromatici, benzothiazole ed eugenol hanno mostrato l'ampiezza EAG più elevata (Fig. 73).

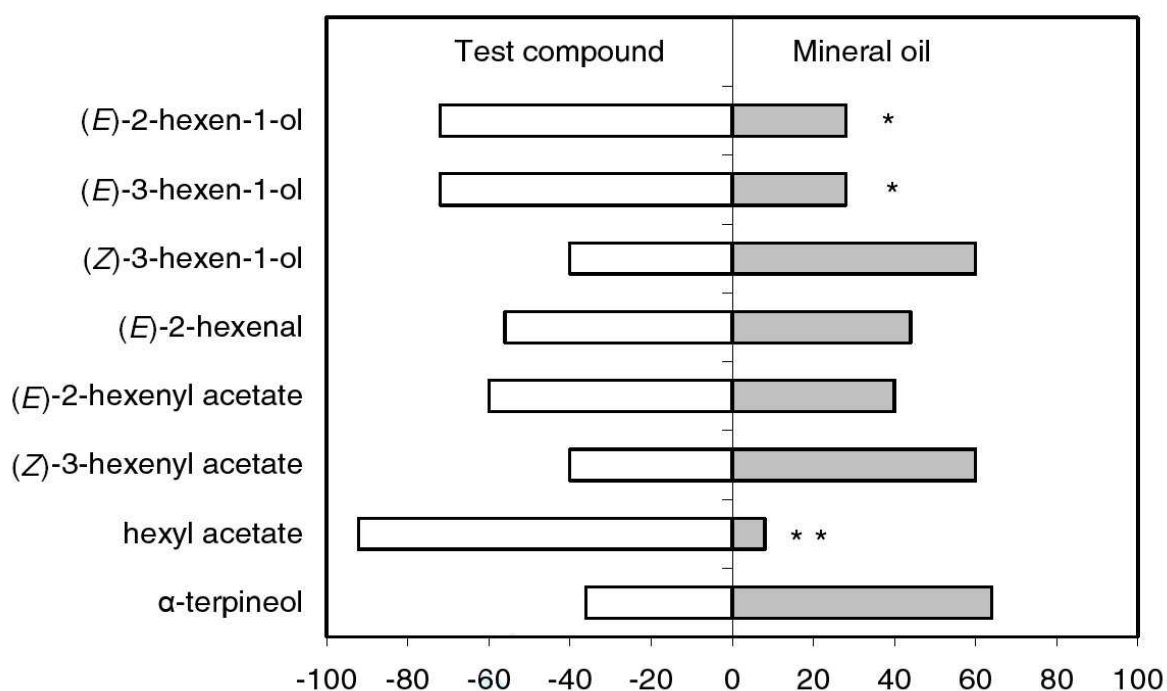


**Fig. 73:** Risposte EAG di *D. kuriphilus* ai composti aromatici;

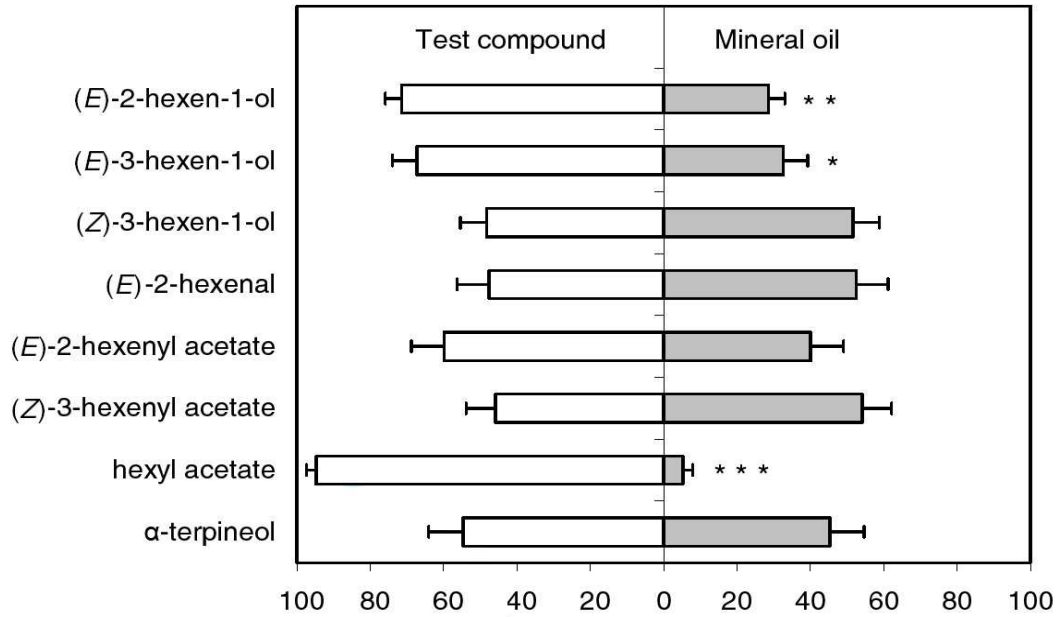
### Analisi comportamentali: risultati dei test all'olfattometro ad Y

I Test comportamentali all'olfattometro sono stati effettuati per valutare l'attrazione dei cinipidi galligeni all'  $\alpha$ -terpineol e ai GLVs, che sono risultati essere rispettivamente, il composto e la classe chimica piú reattivi ai test EAG.

L' $\alpha$ -terpineolo non ha dato una risposta significativa alla prova di attrattivit  degli adulti di *D. kuriphilus*, sia come "Prima Scelta" ( $\chi^2 = 1.96$ , d.f. = 1,  $P = 0.162$ ) (Fig. 74) che come parametro "tempo di permanenza" nel braccio con il composto da testare ( $t = 0.49$ , d.f. = 24,  $P = 0.62$ ) (Fig. 75).



**Fig. 74:** Preferenza di prima scelta degli adulti di *D. kuriphilus* per singoli composti posti a confronto con il solvente di controllo (olio minerale) in un tubo ad "Y" (sign test, \*  $P = 0.028$ ; \*\*  $P = 2.67 \times 10^{-5}$ ) ( $\chi^2$  test);



**Fig. 75:** Percentuali di tempo di permanenza degli adulti di *D. kuriphilus* nei bracci del tubo ad Y contenenti i singoli composti, rapportate al controllo (olio minerale) (differenze significative: \*  $P = 0.015$ ; \*\*  $P = 7.0 \times 10^{-5}$ ; \*\*\*  $P = 5.0 \times 10^{-15}$ ) (paired-sample *t*-test);

Fra la classe dei GLVs, hexyl acetate, (E)-2-hexen-1-ol, (E)-3-hexen-1-ol sono risultati significativamente attrattivi.

Nella “prima scelta”, il livello più elevato di attrattività è stato registrato nella risposta data da hexyl acetate ( $\chi^2 = 17.64$ , d.f. = 1,  $P = 2.67 \times 10^{-5}$ ), seguito da (E)-3-hexen-1-ol e (E)-2-hexen-1-ol ( $\chi^2 = 4.84$ , d.f. = 1,  $P = 0.028$ ) (Fig. 74).

Allo stesso modo, un tempo significativamente più lungo nel trattamento del braccio di controllo è stato speso dagli insetti quando sono testati con hexyl acetate ( $t = 17.19$ ,  $df = 24$ ,  $P = 5.0 \times 10^{-15}$ ), (E)-2-hexen-1-ol ( $t = 4.85$ ,  $df = 24$ ,  $P = 7.0 \times 10^{-5}$ ), e (E)-3-hexen-1-ol ( $t = 2.61$ ,  $df = 24$ ,  $P = 0.015$ ) (Fig. 75).

## 5.7 INTRODUZIONE E ALLEVAMENTO NEL LAZIO DEL PARASSITOIDE *TORYMUS SINENSIS*

Gli insetti utili liberati in data 8 maggio 2008 hanno molto probabilmente parassitizzato le larve di *D. kuriphilus* nelle galle presenti sulle piante infestate presenti nel piccolo castagneto sperimentale della Azienda Agraria della nostra Università e daranno vita, nella primavera del 2009, ad una nuova generazione di *T. sinensis* (l'insetto ha una sola generazione l'anno). Durante l'ultima settimana di Ottobre si è provveduto alla raccolta di circa 17000 galle di cinipide sulle piante dell'allevamento. Le galle raccolte sono state immesse in contenitori all'uopo costruiti e stoccati in luogo riparato dalla pioggia ma soggetto alle condizioni meteorologiche di pieno campo allo scopo di sincronizzare il ciclo del parassitoide a quello del fitofago (Figg. 76, 77, 78).



**Fig. 76:** Ricovero costruito in pieno campo per lo stoccaggio delle galle;



**Figg. 77-78:** Scatole contenenti le galle di *D. kuriphilus* da cui sfarfalleranno gli adulti di *Torymus sinesis*;

In primavera, dalle galle stoccate si prevede l'uscita, oltre che dell'entomofauna indigena, anche degli adulti di *T. sinensis*. Gli insetti fuoriusciti saranno vagliati ad uno ad uno e i *Torymus* saranno liberati nuovamente nel castagneto sperimentale biologico dell'Università della Tuscia.

## 6 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sino ad oggi il ciclo biologico del cinipide galligeno era conosciuto in Italia solo da studi effettuati in Piemonte; la presente ricerca ha evidenziato la biologia di questo insetto anche in Italia centrale (Alto Lazio), rilevando alcune differenze tra i due ambienti. Dal confronto tra il ciclo biologico evidenziato nell'Alto Lazio e quello rilevato in Piemonte, appare evidente come nel comprensorio dei Monti Cimini gli adulti compaiano circa un mese prima rispetto agli sfarfallamenti riscontrati nella provincia di Cuneo. Questa differenza temporale è probabilmente dovuta allo stretto legame coevolutivo tra *Dryocosmus kuriphilus* e castagno, evidenziabile dalla precisa sovrapposizione tra ciclo biologico dell'insetto e stadi fenologici della pianta. Nel comprensorio dei Monti Cimini si riscontrano temperature medie superiori rispetto a quelle presenti nella provincia di Cuneo, tali da determinare un anticipo delle fasi fenologiche della pianta, e quindi di conseguenza, di quelle del ciclo biologico dell'insetto.

Stante la pericolosità del cinipide, sono stati saggiati alcuni principi attivi somministrati mediante l'utilizzo di diverse tecniche, contro gli stadi di sviluppo dell'insetto. Queste prove di controllo chimico delle popolazioni di cinipide sono state effettuate in aree con elevato livello di infestazione di *D. kuriphilus*. In dette aree è stato riscontrato uno stato di allarme sociale per le eventuali conseguenze negative in ambito economico, tali che le amministrazioni locali hanno incentivato la ricerca e la sperimentazione con questa metodologia di controllo.

I trattamenti insetticidi non hanno dato risultati confortanti, in accordo con quanto riportato in letteratura. E' stato evidenziato che i trattamenti hanno provocato un paradossale incremento dei livelli di infestazione, questo probabilmente dovuto ad una semplificazione dell'ecosistema con interferenze negative sull'entomofauna utile che parassitizza il fitofago.

In ogni caso, la decisione di intervenire chimicamente in un ecosistema complesso come quello "castagneto" deve essere valutata accuratamente onde evitare di alterare l'ecosistema stesso amplificandone le problematiche esistenti.

Sono state effettuate, inoltre, ricerche sui limitatori naturali endemici dell'insetto. Da queste indagini preliminari sui parassitoidi autoctoni del cinipide è emerso che nel viterbese sono presenti ben otto specie di limitatori naturali, di cui una (*Torymus erucarum*) rinvenuta esclusivamente nel Lazio. Di queste otto specie ben tre sono state

segnalate come nuove per la zona Centro Italia, in quanto non presenti nella Check List della Fauna Italiana.

In Piemonte sono presenti quindici specie di parassitoidi autoctoni. Il maggior numero di specie rinvenute rispetto a quelle del Lazio, può essere spiegato tenendo presente che il cinipide, in questa Regione, è stato segnalato nel 2002, mentre nel Lazio solo nel 2005. Questa differenza temporale probabilmente ha inciso sul numero di parassitoidi che si sono abituati al nuovo ospite.

E' da considerare che questi insetti utili sono originariamente parassitoidi di cinipidi infeudati al genere *Quercus* spp., e necessitano di un tempo di adattamento al nuovo ospite su castagno.

Visti gli incoraggianti risultati ottenuti in Piemonte, nel 2008 è stato introdotto e posto in allevamento nel Lazio il parassitoide esotico *Torymus sinensis*, avvalendoci anche delle ricerche di base effettuate sia in Giappone che in Piemonte. Si tenga ben presente che, benché dal Piemonte siano arrivati un numero di insetti utili ben al di sopra delle nostre aspettative, detti insetti per poter essere utilizzati proficuamente in pieno campo, saranno, nel 2009, ancora in numero esiguo, e dovranno pertanto essere allevati per almeno un altro anno prima di poter disporre di un numero apprezzabile di parassitoidi utili nel controllo biologico di pieno campo.

Per quanto riguarda le analisi elettroantennografiche e olfattometriche, si evidenzia che questo è, a tutt'oggi, il primo rapporto sulle risposte comportamentali di una specie di *Cynipidae* ai componenti volatili delle foglie di castagno. I risultati indicano che le antenne degli adulti di *D. kuriphilus* sono in grado di rilevare una vasta gamma di composti volatili emessi dalle foglie di castagno, e che alcuni odori emessi dalle foglie verdi sono attrattivi per gli adulti del cinipide. Ampiezze elevate all'EAG sono state evocate dai monoterpeni ossigenati ( $\alpha$ -terpineol e linalool) e dai GLVs: (*E*)-2-hexenal, (*Z*)-3-hexen-1-ol, (*E*)-3-hexen-1-ol, e (*E*)-2-hexen-1-ol. Risposte medio-basse sono state registrate dalla stimolazione con i composti aromatici, benzothiazole ed eugenol, l'acetato GLVs ed i terpenoidi dell'idrocarburo.

Gli adulti di *D. kuriphilus* hanno esibito un alto livello di selettività antennale ai GLVs come indicato dalle profonde differenze tra gli EAGs all'aldeide, (*E*)-2-hexenal e gli alcoli, (*Z*)-3-hexen-1-ol, (*E*)-3-hexen-1-ol e (*E*)-2-hexen-1-ol in paragone agli acetati corrispondenti.

Studi sui meccanismi fisiologici di percezione olfattiva di GLVs in insetti fitofagi hanno dimostrato che sia i neuroni ricettivi generici che quelli altamente specifici rispondono ai GLVs (De Jong e Visser, 1988; Hansson et al., 1999).

Le risposte più basse sono state ottenute su stimolo con le piante aromatiche, il phenol e lo styrene.

Le differenze significative rilevate tra le risposte EAG indicano l'abilità del sistema recettore periferico di *D. kuriphilus* nel percepire selettivamente stimoli chimici emessi dalla pianta ospite.

Nei test comportamentali, l' $\alpha$ -terpineol non ha mostrato alcuna attrattività significativa; quindi, la relativa attività biologica potenziale rispetto al *D. kuriphilus* rimane sconosciuta.

La selezione dei composti in base alla loro attività EAG, ha permesso di determinare i composti attivi dal punto di vista comportamentale, anche se è stata trovata una correlazione limitata tra EAG e attività comportamentali tra i composti attrattivi (ad esempio l'hexyl acetate è risultato essere l'attrattivo più efficace, ma con l'ampiezza EAG più bassa).

La mancanza di una correlazione diretta fra EAG e comportamento è stata segnalata in parecchi studi precedenti e più probabilmente riflette le differenze nel numero di recettori olfattivi sintonizzati per alcuni composti.

Tra i composti provati nei test comportamentali, i tre GLVs, hexyl acetate, (*E*)-2-hexen-1-ol, and (*E*)-3-hexen-1-ol, hanno attratto significativamente gli adulti di *D. kuriphilus* una volta testati con il tubo-Y dell'olfattometro.

Per questi attrattivi, le risposte alla "prima scelta" sono state coerenti con la permanenza nel braccio dell'olfattometro all'interno del quale hanno trascorso la maggior parte del tempo.

Ciò conferma l'affidabilità di tale strumento nella valutazione delle risposte comportamentali dei cinipidi ai composti attrattivi candidati (Tooker et al., 2005).

I GLVs sono presenti nel fogliame di numerose specie ma in proporzioni altamente variabili e pertanto possono svolgere un ruolo importante nella posizione assunta dal fitofago sulla pianta ospite (Visser, 1986). Un rapporto specie specifico del comportamento attivo dei GLVs può fornire un segnale per la selezione ospite-pianta effettuata da *D. kuriphilus*.

In conclusione, diversi composti volatili delle foglie di castagno sono percepiti da *D. kuriphilus* e alcuni GLVs agiscono da attrattivi.

Saranno necessari tuttavia ulteriori studi sia di laboratorio che di pieno campo per confermare l'attività biologica (attrattività, repellenza) dei composti attivi all'EAG isolati e in combinazione, e per valutare il loro potenziale nelle strategie di controllo del cinipide galligeno del castagno.

## 7 BIBLIOGRAFIA

- A. Aebi, K. Schönrogge, G. Melika, A. Quacchia, A. Alma, G. N. Stone (2007) - Native and introduced parasitoids attacking the invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*, EPPO Bulletin 37: 166-171.
- Bernetti G. (1995) – Selvicoltura speciale, UTET Torino.
- Bignami C. (1990) – La classificazione varietale del castagno dei Monti Cimini
- Bolvansky M. (1989) – Intraspecific and seasonal variability of the full nuts proportion in european chestnut (*Castanea sativa*, Mill.) at selected localities in Slovakia-Rocnik 35, cislo 10.
- Bosio G. (2004) - Il cinipide galligeno *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu: diffusione e aspetti bioetologici. Relazione convegno sul cinipide galligeno del castagno. Cuneo, 27 maggio 2004.
- Bosio G., Brussino G., Baudino M., Giordano R., Ramello F.( 2002) – Una nuova minaccia per la castanicoltura piemontese. In provincia di Cuneo si sta diffondendo uno degli insetti più nocivi per il castagno- Agricoltura 35 : 24-25.
- Bovey P., Linder A., Müller O. (1975) – Researches sur les insectes des châtaignes au Tessin (Suisse) - Schweiz Z. Forst, 126: 781-820.
- Breviglieri N., (1955): Indagini ed osservazioni sulle migliori varietà italiane di castagno, (*Castanea sativa* Miller). Centro di studi sul Castagno CNR ,Pubbl. n°2.
- Cinti S., Papparatti B., Storti C., Vitagliano A. (1993) – Results of the two year period (1991-1992) on the bioethology of *Curculio elephas* (Gyll.) (Coleoptera, Curculionidae) in the chestnut tree orchards of Monti Cimini (Viterbo - Italy). Atti International Congress on Chestnut, Spoleto (Italy), October 20-23, 1993: 621-624.

- Cinti S. (1997) – Le avversità del castagno ed i nuovi orientamenti nella difesa II. Terra e Sole, 52 (653-654): 43-46.
- Colizza C. (1928) – Contributo alla conoscenza del Balanino delle castagne (*Balaninus elephas*: Insecta Coleoptera). Boll. Lab. Zool. Gen. Agr. (Portici). 22:244-262.
- Debouzie D., Heizmann A., Desouhant E., Menu F. (1996) – Interference at several temporal and spatial scales between two chestnut insect. – Oecologia (1996), 108: 151-158.
- De Jong R & Visser JH (1988) Integration of olfactory information in the Colorado potato beetle. Brain Research 447: 10-17.
- Della Beffa G. (1961) – Gli insetti dannosi all'agricoltura ed i moderni metodi e mezzi di lotta. Ed. Ulrico Hoepli Milano.
- Den Otter CJ, De Cristofaro A, Voskamp KE & Rotundo G. (1996) Electrophysiological responses of chestnut moths, *Cydia fagiglandana* and *C. splendana* (Lep., Tortricidae) to sex attractants and odours of host plants. Journal of Applied Entomology 120: 413-421.
- Desouhant E. (1996) – Le ponte chez le balanin de la châtaigne, *Curculio elephas* Gyll. (Coleoptera: Curculionidae). – Ann. Soc. Entomol. Fr., 1996 32 (4): 445-450.
- Desouhant E. (1998) – Selection of fruit for ovoposition by the chestnut weevil, *Curculio elephas*. – Entomol. Exp. Appl., 1998, 86(1): 71-78.
- Dono G., Franco S., (2000): Aspetti produttivi e di mercato della castanicoltura da frutto Viterbese nel contesto nazionale (D.E.A.R.) Università degli Studi della Tuscia Viterbo.
- Dono G., Franco S., Pancio B., Perone Pacifico C., (2004) – Studio sulla castanicoltura nella provincia di Viterbo, rapporto finale della ricerca Dicembre 2004 .

- FAO, Banca dati FAOSTAT - Agricoltura.
  
- Ferrari M., Bulgarelli A., (2003) – L’endoterapia: una strategia fitoiatrica alternativa – La salute delle piante Febbraio 2003.
  
- Germinara GS, Rotundo G & De Cristofaro A (2007) Repellence and fumigant toxicity of propionic acid against adults of *Sitophilus granarius* (L.) and *S. oryzae* (L.). *Journal of Stored Products Research*, 43 (3): 229-233.
  
- Germinara GS , De Cristofaro A., Paparatti B., Speranza S., Stacchiotti M., Rotundo G. (2008) Electrophysiological and behavioural responses of *Dryocosmus kuriphilus* to *Castanea sativa* leaf volatiles. Proceedings IV International Chestnut Symposium, Miyun – Beijing – China, September 25-28, 2008.
  
- Hansson BS, Larsson MC & Leal WS (1999) Green leaf volatile-detecting olfactory receptor neurons display very high sensitivity and specificity in a scarab beetle. *Physiological Entomology* 24: 121-126.
  
- INEA (annate varie), Annuario dell'agricoltura italiana.
  
- ISMEA, Banca dati DATIMA.
  
- ISTAT (1982, 1990, 2000), Censimento Generale dell'Agricoltura, Caratteristiche strutturali delle aziende agricole, Viterbo, Lazio e Italia.
  
- ISTAT (annate varie), Annuario di statistiche forestali.
  
- Kamijo, K. (1982) Two new species of *Torymus* (Hymenoptera, Torymidae) reared from *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera, Cynipidae) in China and Korea. *Kontyû* (Tokyo) 50: 505–510.
  
- Loia M., Viggiani G. (1994) – Attività di abamectina su *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera, Coccinellidae). *Inf. Fitopat.* 10: 61-63.

- Melika G., Bosio G., Stone G. (2004) - Prime indagini sui parassitoidi di *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae): un nuovo insetto nocivo al castagno in Europa. Relazione convegno sul cinipide galligeno del castagno. Cuneo, 27 maggio 2004.
  
- Menu F. (1993) – Strategies of emergence in the chestnut weevil *Curculio elephas* (Coleoptera: Curculionidae) – *Oecologia* (1993), 96: 383-390.
  
- Menu F., Debouzie D. (1995) – Larval development variation and adult emergence in the chestnut weevil *Curculio elephas* Gyll. (Coleoptera, Curculionidae) – *J. Appl. Ent.* 119:279-284.
  
- Monarca D. (1996) – La meccanizzazione della raccolta delle castagne – *Macchine e Motori Agricoli* n° 4.
  
- Nanni B., Rotundo G., Marziano F. (1988). *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown et Smith e *P. farinosus* (Hol ex S.F. Gray) Brown at Smith due funghi entomopatogeni poco noti in Italia e loro nuovi ospiti – *Ann. Fac. Sci. Agr. Univ. Napoli-Portici* 22: 37-49.
  
- Nicese F. P., Ferrini F., (1999) – Il castagno europeo. *Informatore agrario*, n° 44: 59-65.
  
- Paparatti B., Speranza S., (1998) – I principali fitofagi del castagno – In: Introduzione di nuove tecniche di raccolta a minore impatto ambientale per la valorizzazione della castanicoltura da frutto nel territorio dei monti Cimini. “Giornata di studio sul castagno da frutto”, Caprarola gennaio 1998: 68-81.
  
- Paparatti B., Speranza S., 2005 – Prima segnalazione del cinipide galligeno del castagno (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu) in Italia centrale. *Atti IV Convegno Nazionale – Castagno 2005*. Montella, 20-22 ottobre 2005. *Italus Hortus*, 12 (5): 40

- Pellizzari G., (1988) – Guida al riconoscimento delle più comuni galle della flora italiana.
  
- Pollini A. (1998) - Manuale di entomologia applicata – Ed. Edagricole Bologna.
  
- Regione Lazio (2008) – Ridefinizione della zone di insediamento per il cinipide galligeno del castagno. Determinazione n. C 1870 del 8/8/2008.  
[http://www.agricoltura.regione.lazio.it/agriweb/schede\\_informative](http://www.agricoltura.regione.lazio.it/agriweb/schede_informative)
  
- Rotundo G, Giacometti R., Rotundo A. (1984) – Individuazione degli attrattivi sessuali dei tortricidi delle castagne mediante studio elettroantennografico e di campo – Boll. Lab. Ent. Agr. Portici, 41: 211-224.
  
- Russo G. (1947) – Entomologia Agraria, vol. II, parte speciale – Istituto di Entomologia Agraria dell'Università di Napoli (Portici).
  
- Solignat G. (1958) – Observation sur la biologie du chataigner – Ann. Am. Plantes, 1:31-58.
  
- Tooker JF, Crumrin AL & Hanks LM (2005) Plant volatiles are behavioural cues for adult females of the gall wasp. Chemoecology 15: 85-88.
  
- Tremblay E. (1986) – Entomologia applicata, vol. 2, parte II – Ed Liguori Napoli.
  
- Triggiani O., Tarasco E. (1998) – Aspetti di biologia e morfologia del *Curculio (Balaninus) propinquus* (Desbrochers) (Coleoptera: Curculionidae).– Entomologica, Bari, 32 (1998): 179-193.
  
- Visser JH (1986) Host odor perception in phytophagous insects. Annual Review of Entomology. 31: 121–144.
  
- [http://www.eppo.org/QUARANTINE/Alert\\_List/deletions.htm](http://www.eppo.org/QUARANTINE/Alert_List/deletions.htm)

## **Ringraziamenti**

Desidero ringraziare innanzitutto la Regione Lazio per aver finanziato le ricerche oggetto di questo Dottorato.

Ringrazio inoltre:

- il Prof. Alberto Alma del Dipartimento di Valorizzazione e Protezione delle Risorse Agroforestali (DI.VA.P.R.A.) dell'Università di Torino, per la fattiva collaborazione;
- il Dottor George Melika del Systematic Parasitoid Laboratory, Plant Protection & Soil Conservation Service of County Vas (Tanakajd, HUNGARY), per la determinazione specifica dei parassitoidi endemici;
- il Sig. Silvestri, per averci messo a disposizione il castagneto da frutto per le prove sperimentali oggetto dello studio;
- il Dottor Riccardo Paganini per averci gentilmente offerto la sua consulenza e disponibilità;

Desidero ringraziare di cuore tutto il personale del Laboratorio di Entomologia, in particolare Luigi e Rosilda Burlini, per l'affetto e la collaborazione con cui mi hanno affiancata in questi anni di ricerca.

Un grazie speciale va al Prof. Bruno Paparatti e al Dott. Stefano Speranza, che mi hanno sostenuta con costanza in questi anni, ed arricchita con la loro esperienza.