

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	1
1.1	AUCHENORRINCHI	1
1.1.1	EVOLUZIONE E FILOGENESI	1
1.1.2	SISTEMATICA E MORFOLOGIA.....	1
1.1.3	BIOLOGIA E FITOPATOLOGIA	2
1.1.4	AUCHENORRINCHI, VETTORI NOTI E POTENZIALI DI MICRORGANISMI PATOGENI, PRESENTI NELL'AGROECOSISTEMA VIGNETO.....	2
	BIBLIOGRAFIA	4
1.2	SCAPHOIDEUS TITANUS BALL	6
1.2.1	SISTEMATICA DEL GENERE <i>SCAPHOIDEUS</i> UHLER	6
1.2.2	MORFOLOGIA DI <i>SCAPHOIDEUS TITANUS</i> BALL	6
1.2.3	BIOLOGIA.....	7
1.2.4	COROLOGIA	8
1.2.5	MICROFLORA ASSOCIATA E TRASMISSIONE DI AGENTI FITOPATOGENI	10
1.2.6	LIMITATORI NATURALI	10
	BIBLIOGRAFIA	10
1.3	FLAVESCENZA DORATA.....	12
1.3.1	GENERALITÀ SUI FITOPLASMI.....	12
1.3.2	RAPPORTI CON LE PIANTE	12
1.3.3	RAPPORTI CON GLI INSETTI VETTORI	12
1.3.4	DIAGNOSTICA	13
1.3.5	CLASSIFICAZIONE DEI FITOPLASMI E FITOPLASMOSE DELLA VITE	14
1.3.6	DIFFUSIONE DELLA FLAVESCENZA DORATA	15
1.3.7	CONTENIMENTO DELLA FLAVESCENZA DORATA	16
1.3.8	IL RUOLO DELLE AREE "NON GESTITE"	17
	BIBLIOGRAFIA	17
1.4	IL VOLO DEGLI INSETTI.....	20
1.4.1	FILOGENESI E MECCANICA DEL VOLO	20
1.4.2	MOVIMENTI VEGETATIVI, MIGRAZIONE E DISPERSIONE.....	21
1.4.3	VOLO, FOTOPERIODO E INFLUENZA DEGLI AGENTI ATMOSFERICI.....	22
1.4.4	LA LOCALIZZAZIONE DELLE RISORSE E LA VISIONE DEI COLORI	22
1.4.5	METODI DI STUDIO	23
	BIBLIOGRAFIA	24
1.5	LA DISTRIBUZIONE SPAZIALE APPLICATA AL CAMPIONAMENTO	26
1.5.1	INDICI DI AGGREGAZIONE	26
1.5.2	LA LEGGE DI TAYLOR.....	26
1.5.3	MODELLI DI CAMPIONAMENTO.....	26
	BIBLIOGRAFIA	27
2	SCOPO DELLA RICERCA.....	28
3	MATERIALI E METODI	29
3.1	AREALE D'INDAGINE	29
3.2	RILIEVI DI CAMPO	33
3.2.1	RILIEVI SUGLI STADI GIOVANILI	33
3.2.2	RILIEVI SUGLI ADULTI.....	34
3.3	ESAMI IN LABORATORIO.....	35
3.3.1	ALLEVAMENTI	35

3.3.2	CONTEGGIO ED IDENTIFICAZIONE DEGLI ADULTI SULLE TRAPPOLE....	37
3.4	ELABORAZIONE DATI.....	37
3.4.1	DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEI GIOVANI NEL VIGNETO	37
3.4.2	DISTRIBUZIONE DEI GIOVANI SUL PROFILO DELLA CHIOMA.....	37
3.4.3	ALTEZZA DI VOLO DEGLI ADULTI	38
3.4.4	DISTRIBUZIONE DEGLI ADULTI IN FUNZIONE DEL SESTO D'IMPIANTO E SPOSTAMENTO ORIZZONTALE	39
3.4.5	PROVA DI MARCATURA.....	39
3.4.6	ATTIVITÀ DI VOLO ORARIA ED INFLUENZA DI TEMPERATURA ED UMIDITÀ RELATIVA.....	41
3.4.7	INFLUENZA DEL MICROCLIMA	41
3.4.8	PROVA DI CROMOTASSIA.....	42
3.4.9	SEX RATIO	43
3.4.10	INFLUENZA DELL'AGROECOSISTEMA VIGNETO.....	43
3.4.11	INFLUENZA DELL'ALTITUDINE	44
	BIBLIOGRAFIA	44
4	RISULTATI.....	46
4.1	RILIEVI SUGLI STADI GIOVANILI.....	46
4.1.1	DISTRIBUZIONE SPAZIALE NEL VIGNETO.....	46
4.1.2	DISTRIBUZIONE SUL PROFILO DELLA CHIOMA	52
4.2	RILIEVI SUGLI ADULTI.....	53
4.2.1	ALTEZZA DI VOLO.....	53
4.2.2	DISTRIBUZIONE IN FUNZIONE DEL SESTO D'IMPIANTO E SPOSTAMENTO ORIZZONTALE	55
4.2.3	PROVA DI MARCATURA.....	58
4.2.4	ATTIVITÀ DI VOLO ORARIA ED INFLUENZA DI TEMPERATURA ED UMIDITÀ RELATIVA.....	62
4.2.5	INFLUENZA DEL MICROCLIMA	66
4.2.6	PROVA DI CROMOTASSIA.....	67
4.2.7	SEX RATIO	71
4.2.8	INFLUENZA DELL'AGROECOSISTEMA VIGNETO.....	73
4.2.9	INFLUENZA DELL'ALTITUDINE	77
	BIBLIOGRAFIA	77
5	DISCUSSIONE.....	78
5.1	STADI GIOVANILI	78
5.1.1	DISTRIBUZIONE SPAZIALE NEL VIGNETO.....	78
5.1.2	DISTRIBUZIONE VERTICALE SULLA CHIOMA	79
	BIBLIOGRAFIA	79
5.2	MOVIMENTO DEGLI ADULTI.....	80
5.2.1	MOVIMENTO ORIZZONTALE.....	80
5.2.2	MOVIMENTO VERTICALE	80
5.2.3	CROMOTASSIA	81
5.2.4	ATTIVITÀ DI VOLO ORARIA	82
5.2.5	INFLUENZA DEI FATTORI CLIMATICI.....	82
	BIBLIOGRAFIA	83
5.3	SEX RATIO.....	85
	BIBLIOGRAFIA	85
5.4	INFLUENZA DELL'AGROECOSISTEMA E DELL'ALTITUDINE	87
	BIBLIOGRAFIA.....	87
5.5	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	89

6	BIBLIOGRAFIA GENERALE.....	90
7	RINGRAZIAMENTI.....	97
8	PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE INERENTI L'ATTIVITÀ DI RICERCA	98
9	ELENCO ALLEGATI	98

1 INTRODUZIONE

1.1 AUCHENORRINCHI

1.1.1 EVOLUZIONE E FILOGENESI

Gli Auchenorrhyncha derivano dal *taxon* Paleorrhyncha, risalente al Permiano precoce, mentre alla metà del Permiano è avvenuta la differenziazione tra Auchenorrhyncha e Sternorrhyncha. Nello stesso periodo, 270 milioni di anni fa si sono separati gli infraordini Fulgoromorpha e Cicadomorpha: a quel tempo la maggior parte delle specie presentava un rostro lungo e gli stadi giovanili tendenzialmente immobili, somiglianti a quelli delle psille. Nel Giurassico (205 Mda¹) sono comparse le superfamiglie Cercopoidea (famiglia Procercopidae) e Membracoidea (Karajassidae). Tra la fine del Giurassico e l'inizio del Cretaceo (140 Mda), contestualmente alla comparsa delle angiosperme, si sono differenziate le famiglie Achillidae e Cicadellidae: quest'ultima, assieme alla famiglia Dictyopharidae (140 Mda), è la più antica nella quale gli stadi giovanili sono in tutto e per tutto simili agli adulti. All'inizio del Cenozoico (65 Mda) sono comparse, fra le altre, le famiglie Cixiidae, Delphacidae, Issidae e Flatidae. La famiglia Membracidae è apparsa 23 Mda fa, mentre è vecchia di 15 Mda *Cicadella viridis* (L.), il più antico cicadellide vivente (Shcherbakov, 2002).

1.1.2 SISTEMATICA E MORFOLOGIA

Con il termine generico di “cicaline” si intendono in generale gli insetti dell'ordine Rhynchota (=Hemiptera), sottordine Auchenorrhyncha (Cicadina), ad eccezione delle cicale (superfamiglia Cicadoidea) che se ne differenziano per le maggiori dimensioni e per il frinito. Fra gli auchenorrhinchi si distinguono due ulteriori infraordini: Fulgoromorpha (12 famiglie rappresentate in Europa) e Cicadomorpha (5, fra cui la famiglia Cicadellidae). Le principali differenze morfologiche sono riassunte nella tabella 1 (Ossiannilsson, 1978).

Gli occhi composti sono situati lateralmente sul capo, che si divide in vertice e faccia. Quest'ultima a sua volta si divide in fronte, *genae* e clipeo. Le diverse parti del capo sono delimitate da suture più o meno evidenti. Anteriormente, le *genae* terminano sulle placche mascellari. Un solco trasverso divide il clipeo in postclipeo (che in alcuni casi è fuso alla fronte e forma il fronteclipeo) ed anteclipeo. Quando presenti, gli ocelli sono 2-3. Le antenne sono filiformi con i primi due segmenti basali più larghi e spessi, ad eccezione della famiglia Cicadidae. Di fronte all'anteclipeo si trovano il *labium* ed il rostro (Ossiannilsson, 1978).

Il pronoto è generalmente piatto, ad eccezione di alcuni *taxon* che presentano vistose ipertelie. Il mesonoto è spesso suddiviso in *prescutum*, *scutum*, *scutellum* e *postscutellum*, mentre il metatorace è generalmente coperto dal secondo paio di ali. Importanti caratteri sistematici si trovano al livello delle zampe metatoraciche. Le ali sono di norma presenti, pur non mancando casi di brachitterismo. La disposizione delle venature assume carattere sistematico (Ossiannilsson, 1978).

L'addome è costituito da 11 uriti, dei quali i primi due contengono gli organi per la produzione di suoni (timballo). Le armature genitali esterne si trovano negli uriti VIII e IX (femmine) e IX (maschi).

¹ Mda: milioni di anni

Tabella 1. Differenze morfologiche tra Fulgoromorpha e Cicadomorpha (Ossiannilson, 1978).

Segmenti ed appendici	Fulgoromorpha	Cicadomorpha
Capo	Margine superiore del clipeo al di sotto del livello degli occhi composti.	Margine superiore del clipeo al di sopra del livello degli occhi composti.
Antenne	Inserzione al di sotto degli occhi composti.	Inserzione tra gli occhi composti ed il frontoclipeo.
Zampe	<i>Coxae</i> mesotoraciche lunghe, simili alle protoraciche, con basi separate.	<i>Coxae</i> mesotoraciche corte, diverse dalle protoraciche, con basi ravvicinate.
Ali	Presenza di <i>tegulae</i> alla base dell'ala anteriore. <i>Clavus</i> con 2 vene anali unite apicalmente.	<i>Tegulae</i> assenti. Vene nel <i>clavus</i> sempre libere.

1.1.3 BIOLOGIA E FITOPATOLOGIA

Gli auchenorrinchi sono eterometaboli, sia emimetaboli (Cicadidae, Cixiidae) che paurometaboli (Cicadellidae), con apparato boccale pungente-succhiante costituito dal rostro (modificazione del labbro inferiore) e dai 4 stiletti boccali (modificazioni delle mascelle e delle mandibole). Il regime alimentare è di norma fitofago: in questo caso, si parla di fitomizi. Un'ulteriore suddivisione riguarda il tessuto vegetale interessato dall'attività trofica di questi insetti: si può dunque distinguere tra specie prevalentemente mesofillomize, floemomize e xilemomize. Tale specializzazione si ripercuote sulla sintomatologia delle piante colpite, ed in alcuni casi può determinare l'attività di vettori di agenti fitopatogeni propria di determinate specie (Conti e Vidano, 1988). Molti auchenorrinchi sono noti come vettori di agenti fitopatogeni (Conti, 1985).

1.1.4 AUCHENORRINCHI, VETTORI NOTI E POTENZIALI DI MICRORGANISMI PATOGENI, PRESENTI NELL'AGROECOSISTEMA VIGNETO

Diverse specie di auchenorrinchi, appartenenti a varie famiglie, sono comunemente presenti nell'agroecosistema vigneto. Fra questi, alcuni sono già noti ed altri si trovano sotto indagine come vettori di agenti fitopatogeni. Tuttavia, nessuna di queste specie presenta una stretta ampelofagia: vengono infatti definiti propri "del vigneto" e non "della vite". Il loro ruolo di vettori, accertati o potenziali, risulterebbe quindi meno importante rispetto a *Scaphoideus titanus* Ball, del quale si parlerà in seguito.

Hyalesthes obsoletus Signoret (Cixiidae) (Fig. 1A), vettore riconosciuto del fitoplasma agente causale del Legno nero della vite, è un ampelofago occasionale. Gli stadi giovanili vivono sulle radici di dicotiledoni erbacee, dove svernano: in Italia l'ospite principale è *Urtica dioica* L. (Alma *et al.*, 2002), mentre in altri Paesi europei è stato ritrovato anche su *Convolvulus arvensis* L., *Ranunculus bulbosus* L., *Calystegia sepium* (L.) (Maixner e Reinert, 2000; Langer *et al.*, 2003). Gli adulti compaiono tra luglio ed agosto. Altre specie di Cixiidae ritrovabili nell'agroecosistema vigneto, e potenziali vettori di fitoplasmi, sono *Reptalus panzeri* (Löw), infeudato a rosacee (*Prunus* spp., *Rosa* spp.), *R. quinquecostatus* (Dufour), che vive su *Salix* spp., e *Cixius* spp., che comprende specie legate a conifere e latifoglie (Nickel e Remane, 2002). Fra

queste, *R. panzeri* è già stato associato a fitoplasmi del gruppo Stolbur 16Sr-XII (Palermo *et al.*, 2004).

Dictyophara europea (L.) (Dictyopharidae) è specie univoltina svernante allo stadio di uovo (Nickel e Remane, 2002). Tuttora sono poco note le sue piante ospiti. Occasionalmente ritrovata in vigneto, è sotto indagine quale vettore potenziale di fitoplasmi.

Philaenus spumarius L. (Aphrophoridae) è specie xilemofila, i cui giovani vivono su piante erbacee protetti da schiuma, mentre gli adulti si ritrovano occasionalmente sulla vite. In Italia non è un vettore di agenti fitopatogeni, mentre negli USA può trasmettere il batterio *Xylella fastidiosa*, agente causale della malattia di Pierce (Mazzoni *et al.*, 2005). Un altro vettore di *X. fastidiosa* nell'areale neartico è *Homalodisca coagulata* (Say) (Cicadellidae Cicadellinae), tuttora assente in Europa (Almeida *et al.*, 2005).

Anoplotettix fuscovenosus (Ferrari) (Cicadellidae Deltocephalinae) (Fig. 1B) è una specie paleartica. Gli adulti frequentano le latifoglie arboree ed arbustive (fra cui la vite) sulle quali vengono deposte le uova. Gli stadi giovanili si nutrono su piante erbacee. In laboratorio, *A. fuscovenosus* si è dimostrato capace di trasmettere fitoplasmi, ma il suo ruolo di vettore in campo deve tuttora essere accertato (Alma, 1995). In Italia centrale e meridionale risulta presente anche la specie congenere *A. putoni* Ribaut, dalla biologia tuttora poco nota: recentemente, alcuni esemplari sono risultati positivi a fitoplasmi dello Stolbur (Bagnoli *et al.*, 2005).

Oncopsis alni (Schrank) (Cicadellidae Macropsinae) (Fig. 1C), diffuso in tutta Italia, vive a spese dell'ontano (*Alnus* spp.) e può occasionalmente nutrirsi come adulto a spese della vite. In Germania è noto quale vettore del fitoplasma agente del Palatinate grapevine yellows (PGY) (Maixner *et al.*, 2000).

Fieberiella florii (Stål) (Cicadellidae Deltocephalinae) (Fig. 1D) è una specie polifaga, occasionalmente presente sulla vite allo stadio adulto (Mazzoni *et al.*, 2005). Può trasmettere il fitoplasma *Candidatus Phytoplasma mali* (gruppo 16SrX) alle drupacee (Tedeschi e Alma, 2006).

Metcalfa pruinosa (Say) (Flatidae) è una specie nordamericana introdotta nel 1980 ed ormai diffusa in tutta Italia. Estremamente polifaga, oltre alla vite predilige latifoglie arboree ed arbustive quali *Rubus* spp., *Sambucus* sp., *Acer* sp., *Robinia pseudoacacia* L., etc. Al momento, non ci sono prove che *M. pruinosa* possa essere vettore di fitoplasmi (Clair *et al.*, 2001).



Figura 1. Auchenorrhinchi noti o potenziali vettori di fitoplasmi presenti nell'agroecosistema vigneto. A: *Hyalesthes obsoletus* Signoret. B: *Anoplotettix fuscovenosus* (Ferrari). C: *Oncopsis alni* (Schrank). D: *Fieberiella florii* (Stål).

BIBLIOGRAFIA

- Alma A., 1995.** Ricerche bio-etologiche su *Anoplotettix fuscovenosus* (Ferrari) (Cicadellidae Deltoccephalinae). Bollettino di Zoologia Agraria e Bachicoltura 27: 45-52.
- Alma A., Soldi G., Tedeschi R., Marzachi C., 2002.** Ruolo di *Hyalesthes obsoletus* Signoret (Homoptera, Cixiidae) nella trasmissione del legno nero della vite in Italia. Petria 12: 411-412.

- Almeida R.P.P., Wistrom C., Hill B.L., Hashim J., Purcell A.H., 2005.** Vector transmission of *Xylella fastidiosa* to dormant grape. *Plant Disease* 89: 419-424
- Bagnoli B., Pinzauti F., Trivellone V., 2005.** Indagine preliminare sugli achenorinchi potenziali vettori di Stolbur in un'area viticola del Lazio. *Petria* 15 (1/2): 55-58.
- Clair D., Larrue J., Boudon-Padieu E., 2001.** Evaluation of vectoring ability of Phytoplasma by *Metcalfa pruinosa* (Say) (Homoptera: Flatidae) recently introduced in Europe. *IOBC/WPRS Bulletin* 24 (7): 195-197.
- Conti M., 1985.** Transmission of plant viruses by leafhoppers and planthoppers. In: *The Leafhoppers and Planthoppers* (ed. Nault e Rodriguez, John Wiley & Sons Inc., New York, USA): 289-307.
- Conti M., Vidano C., 1988.** Auchenorinchi e trasmissione di agenti fitopatogeni in Italia. *Atti Giornate Fitopatologiche* 3: 27-50.
- Langer M., Darimont H., Maixner M., 2003.** Control of phytoplasma vectors in organic viticulture. *IOBC/ WPRS Bulletin* 26 (8): 197-203.
- Maixner M., Reinert W., 2000.** Monitoring of planthopper vectors in vineyards: an aid for grapevine yellows management decisions. *IOBC/ WPRS Bulletin* 23 (4): 123-124.
- Maixner M., Reinert W., Darimont H., 2000.** Transmission of Grapevine yellows by *Oncopsis alni* (Schrank) (Auchenorrhyncha Macropsinae). *Vitis* 39: 83-84.
- Mazzoni V., Alma A., Lucchi A., 2005.** Cicaline dell'agroecosistema vigneto e loro interazioni con la vite nella trasmissione di fitoplasmi. In: *Flavescenza dorata e altri giallumi della vite in Toscana e in Italia*, Quaderno ARSIA Toscana 3: 55-74.
- Nickel H., Remane R., 2002.** Artenliste der Zikaden Deutschlands, mit Angabe von Nährpflanzen, Nahrungsbreite, Lebenszyklus, Areal und Gefährdung (Hemiptera, Fulgoromorpha et Cicadomorpha). *Beiträge zur Zikadenkunde*: 27-64.
- Ossiannilsson F., 1978.** The Auchenorrhyncha (Homoptera) of Fennoscandia and Denmark. Introduction, infraorder Fulgoromorpha (Scandinavian Science Press Ltd., Klampenborg, Danimarca).
- Palermo S., Elekes M., Botti S., Ember I., Alma A., Orosz A., Bertaccini A., Kölber M., 2004.** Presence of Stolbur phytoplasma in Cixiidae in Hungarian vineyards. *Vitis* 43: 201-203.
- Shcherbakov D., 2002.** The 270 million year history of Auchenorrhyncha (Homoptera). In: *Zikaden. Leafhoppers, planthoppers and cicadas* (Biologiezentrum des OÖ Landesmuseums, Linz, Austria): 29-36.
- Tedeschi R., Alma A., 2006.** *Fieberiella florii* (Stål) (Homoptera Auchenorrhyncha) as a vector of *Candidatus Phytoplasma mali*. *Plant Disease* 90 (3): 284-290.

1.2 SCAPHOIDEUS TITANUS BALL

1.2.1 SISTEMATICA DEL GENERE *SCAPHOIDEUS* UHLER

Il genere *Scaphoideus* Uhler (1889) comprende attualmente circa 90 specie descritte, benché è possibile che diverse siano tuttora sconosciute (Alma, 2004).

La sistematica delle specie è basata sulla morfologia dell'apparato genitale maschile, il che rende difficile la classificazione per le femmine e le ninfe; inoltre, non è raro osservare variabilità intraspecifica dell'apparato genitale maschile (Alma, 2004). Si tratta di cicadellidi deltocefalini di aspetto slanciato, di lunghezza compresa tra 2,7 e 8,0 mm, generalmente di colore bruno, grigio, giallastro o dorato con striature o macchie bianche e scure. I maschi sono generalmente più piccoli delle femmine (Barnett, 1977). Nell'areale neartico si distinguono 44 specie, suddivise in due gruppi filogenetici principali: il primo (gruppo I) presenta parameri sovrapposti, e comprende specie di lunghezza superiore ai 5,4 mm e con la parte dorsale della base dell'*aedeagus* maggiore della ventrale; nel secondo (gruppo II) i parameri non sono sovrapposti, la lunghezza è generalmente inferiore ai 5,4 mm e la base dell'*aedeagus* è più stretta in posizione dorsale. Ogni gruppo è suddiviso in due sottogruppi: nel gruppo I, il sottogruppo 1 presenta spine laterali alla base dell'*aedeagus* (1 specie, *S. bifurcatus* DeLong e Mohr), che mancano invece nel sottogruppo 2 (20 specie); nel gruppo II, il sottogruppo 3 (21 specie) ha i parameri sclerificati e notevolmente più lunghi della lunghezza maggiore dell'*aedeagus*, mentre nel sottogruppo 4 (2 specie: *S. opalinus* Osborn e *S. titanus*) i parameri sono membranosi e sempre più corti della lunghezza maggiore dell'*aedeagus* (Barnett, 1977).

1.2.2 MORFOLOGIA DI *SCAPHOIDEUS TITANUS* BALL

L'adulto (Fig. 2A) misura 4,7-5,5 mm (maschio) e 5,2-6,0 mm (femmina). La colorazione generale è bruno-ocracea. Il capo presenta linee trasversali nerastre sul vertice (2-3 nel maschio, 3-4 nella femmina), ed una macchia dorsale traversa bruno-rossastra. Sono presenti due fasce bruno-rossastre trasversali sul pronoto ed una sul mesonoto. Le zampe sono color crema, ad eccezione delle metatoraciche che presentano la parte distale della tibia ed il secondo tarsomero scuri, ed il primo e terzo tarsomero biancastri. Le ali mesotoraciche sono ocraceo-brunastre con nervature brune. Lo sterno e l'addome sono color crema, ad eccezione dello sternite pregenitale della femmina che è nero nel terzo distale (Vidano, 1964). L'ovopositore è di color bruno dorato (Barnett, 1977).

L'uovo (Fig. 2B) si presenta reniforme, compresso lateralmente, con polo cefalico affusolato e polo caudale arrotondato, e misura 1,3 mm. Inizialmente di colore perlaceo, assume tonalità giallastre al termine dello sviluppo embrionale, quando gli occhi dell'embrione, di colore rosso, sono visibili attraverso il corion.

Sono presenti cinque stadi preimmaginali: 2 neanidi e 3 ninfe, simili nella forma, con vertice prominente e depressi in senso dorso-ventrale su torace ed addome. Le prime tre età hanno una colorazione uniforme bianco crema (Fig. 2C), mentre le ninfe di IV età presentano già delle zone brune sull'addome (Fig. 2D). Le V età sono ben distinguibili, avendo ampie zone di colorazione ocracea sugli urotergiti e gli astucci alari di colore bruno. In tutte le età, l'ultimo urite presenta lateralmente due macchie nere romboidali. Le dimensioni (mm) degli stadi preimmaginali dalla I alla V età sono: 1,5-1,8; 2,0-2,5; 2,8-3,5; 3,7-4,5; 4,3-5,2 (Vidano, 1964).



Figura 2. *Scaphoideus titanus* Ball. A: adulto. B: uova. C: neanide. D: ninfa di V età.

1.2.3 BIOLOGIA

S. titanus è una specie monovoltina, svernante allo stadio di uovo. Ogni femmina depone da 6 a 24 uova, sotto la corteccia del legno della vite: l'ovodeposizione avviene generalmente a carico del legno di due anni, più raramente in quello più vecchio (Vidano, 1964). Il legno dell'anno non viene di norma utilizzato, ma tale aspetto è tuttora meritevole di ulteriori indagini dal momento che giovani di *S. titanus* sono stati ritrovati su barbatelle appena innestate (osservazione personale).

La schiusa delle uova inizia di norma nella terza decade di maggio, con un picco alla seconda decade di giugno. Le neonate colonizzano prevalentemente la pagina inferiore delle foglie in prossimità del ceppo: sono essenzialmente sedentarie, ma saltano rapidamente se disturbate. Le neanidi si nutrono principalmente sulle nervature

secondarie del floema, mentre le ninfe e successivamente gli adulti possono nutrirsi sulle nervature principali e talvolta su piccioli fogliari e tralci verdi (Vidano, 1964).

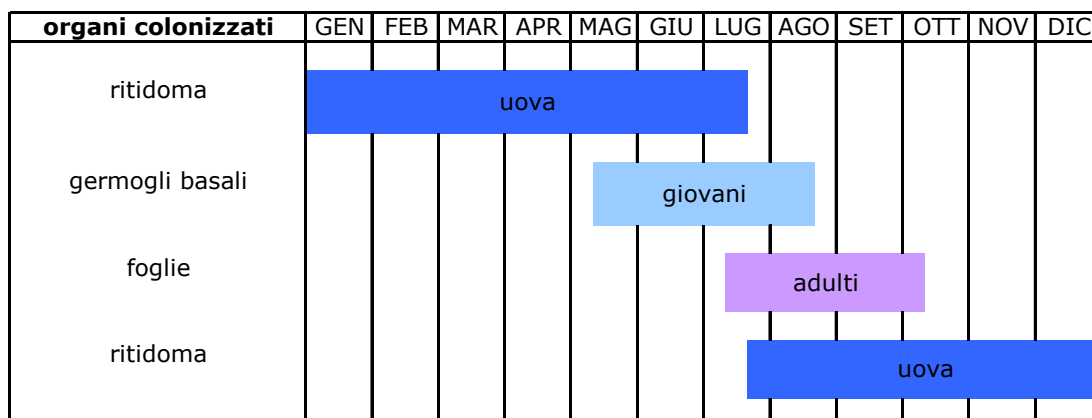


Figura 3. Ciclo biologico di *Scaphoideus titanus* Ball.

Lo sviluppo postembrionale ha una durata di 30-50 giorni, e gli sfarfallamenti hanno inizio verso la metà di luglio e terminano alla fine di ottobre (Fig. 3) (Vidano, 1964). L'accoppiamento è mediato da segnali acustici: il maschio si avvicina alla femmina immobile, e l'accoppiamento ha una durata di 40-70 minuti. I maschi possono accoppiarsi più volte nell'arco di alcune ore, mentre le femmine si accoppiano una sola volta (Lucchi *et al.*, 2004). Le alterazioni fogliari dovute all'attività trofica di *S. titanus* consistono in bruciatura e disseccamento del margine, non distinguibili da quelle dovute ad altri cicadellidi floemomizi (Vidano, 1964).

1.2.4 COROLOGIA

S. titanus è specie di origine neartica, ove risulta diffusa in 4 regioni del Canada ed in 38 Stati dell'Unione, in una fascia compresa tra il 50° ed il 30° N (Fig. 4A) (Barnett, 1977). La sua prima segnalazione in Europa risale agli anni '50, in Francia (Bonfils e Schvester, 1960), mentre in Italia è stato ritrovato per la prima volta nel 1963 in Liguria (Vidano, 1964). Attualmente è presente nella Francia meridionale ed in Corsica, in Italia, Svizzera, Spagna settentrionale, Slovenia, Croazia e Serbia nel Portogallo settentrionale (Fig. 4B) (Alma, 2004). Risultati di indagini preliminari sulla variabilità genetica, condotte mediante la tecnica RAPD, hanno indicato come le popolazioni europee siano attribuibili ad un unico *taxon*, benché vi siano indicazioni di possibili processi differenziativi (Santoni *et al.*, 2002).

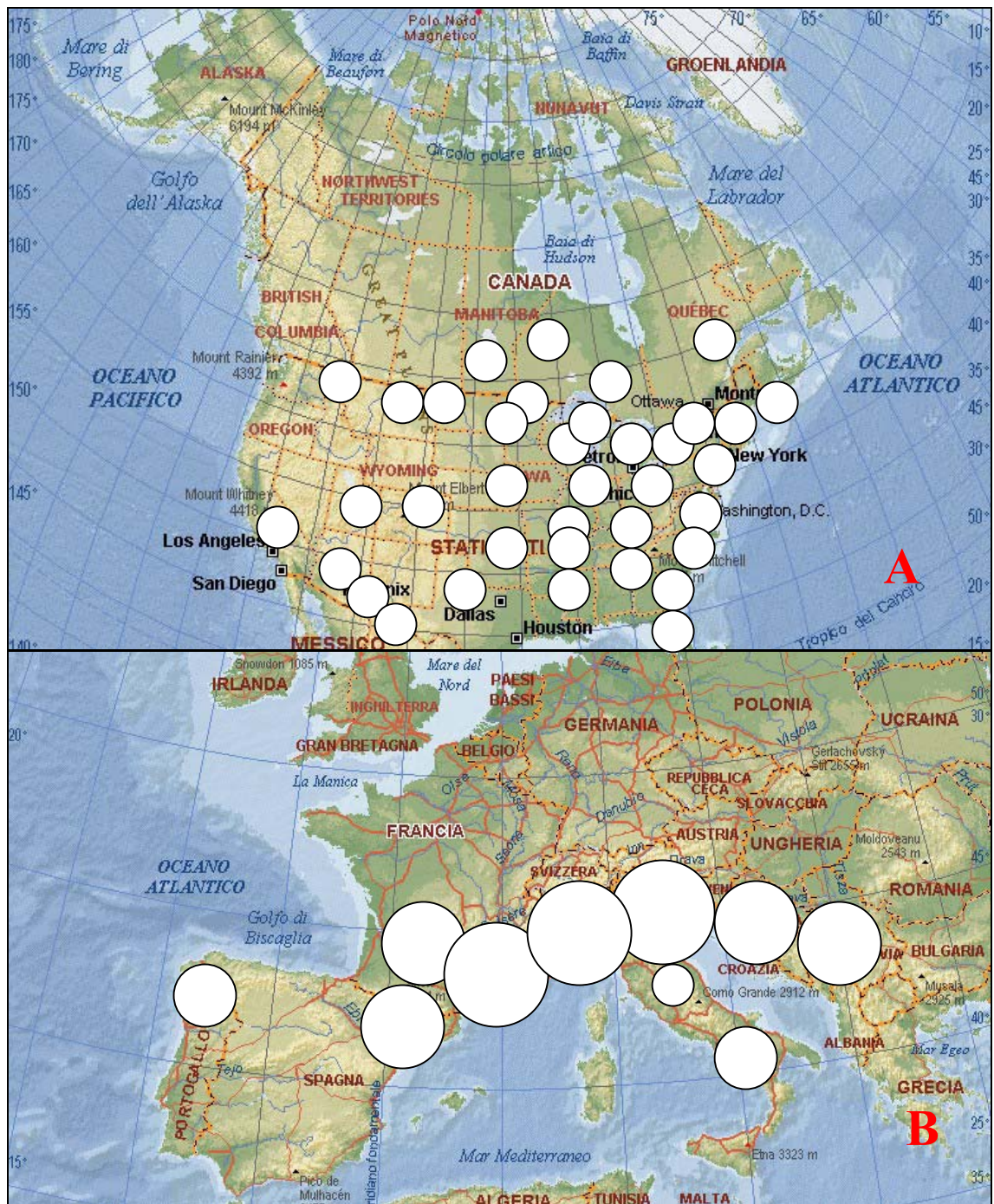


Figura 4. Diffusione di *Scaphoideus titanus* Ball nell'areale neartico (A) ed in Europa (B).

In Italia, è attualmente diffuso in Piemonte, Valle d'Aosta, Liguria, Lombardia, Veneto, Trentino-Alto Adige, Friuli-VG ed Emilia-Romagna, mentre è presente in areali puntiformi in Toscana, Umbria, Campania e Basilicata (Alma, 2004). Inizialmente, *S. titanus* era ritenuto una specie stenoica capace di vivere solo a cavallo del 45° parallelo: il primo ritrovamento in Italia a latitudini inferiori risale al 2002 in Basilicata (Viggiani, 2002), mentre sono del 2003 le prime segnalazioni in Umbria (Santinelli *et al.*, 2003) ed in Campania (Viggiani, 2004). Recentemente è stato segnalato anche nel Lazio (Bagnoli, comunicazione personale).

1.2.5 MICROFLORA ASSOCIATA E TRASMISSIONE DI AGENTI FITOPATOGENI

Il riconoscimento di *S. titanus* quale vettore di agenti fitopatogeni risale agli anni Sessanta, quando è stata dimostrata la sua associazione con il fitoplasma della Flavescenza dorata della vite (Schvester *et al.*, 1963). Successivamente (Schvester *et al.*, 1969), è stata chiarita la dinamica del processo di trasmissione ed in particolare la durata dei tempi di acquisizione, latenza ed inoculazione: l'acquisizione avviene da parte degli stadi giovanili di III età ed oltre, che si nutrono su piante infette (le neanidi non sembrano in grado di acquisire il fitoplasma), ed il periodo di latenza dura dai 28 ai 35 giorni; a questo punto, l'insetto ha raggiunto lo stadio adulto (Vidano, 1964), ed è in grado di trasmettere la malattia nutrendosi su piante sane. La trasmissione è dunque di tipo persistente e propagativo (Conti, 1985).

Dal punto di vista epidemiologico, è noto che la probabilità di trasmissione della FD da parte di *S. titanus* aumenta alla fine dell'estate (metà agosto-metà settembre), a causa dell'aumento del titolo fitoplasmatico, della densità degli adulti in campo e del ciclo biologico del vettore (Bressan *et al.*, 2003; Lessio *et al.*, 2003).

Tuttora si ritiene che il fitoplasma della FD non possa essere trasmesso per via transovarica, benché in uova di *S. titanus* siano stati identificati fitoplasmi del gruppo 16SrI (Alma *et al.*, 1997). In laboratorio è stato anche dimostrato come l'acquisizione di fitoplasmi determini in *S. titanus* una riduzione della sopravvivenza in entrambi i sessi ed una diminuzione della fecondità nelle femmine (Bressan *et al.*, 2005a). Peraltro, un comportamento opposto sembra avvenire in *Macrosteles quadrilineatus* Forbes (Beanland *et al.*, 2000). Inoltre, l'efficienza dell'acquisizione su *Vitis vinifera* L. sembrerebbe influenzata anche dal vitigno (Bressan *et al.*, 2005b).

Studi recenti hanno dimostrato l'esistenza di un endosimbionte di *S. titanus*, appartenente al gruppo "*Candidatus* Cardinium hertigii" e denominato ST1-C, che sembrerebbe coesistere con "*Ca. Phytoplasma vitis*" in determinati organi e tessuti dell'insetto, in particolare le ghiandole salivari ed i corpi grassi; le caratteristiche di ST1-C potrebbero in futuro essere sfruttate per il bio-controllo o addirittura il controllo paratransgenico del fitoplasma agente della FD (Marzorati *et al.*, 2006).

1.2.6 LIMITATORI NATURALI

Nel suo areale di origine, *S. titanus* può essere vittima di diversi limitatori naturali. Il ruolo principale sembra essere sostenuto dai driinidi *Lonchodryinus flavus* Olmi, *Anteon masoni* Olmi, *Gonatopus peculiaris* Brues, *Esagonatopus perdebilis* (Perkins) ed *Esagonatopus niger* (Fenton): fra questi, *L. flavus* sembra particolarmente adattato alla parassitizzazione di *S. titanus* sulla vite selvatica, ed è attualmente allo studio una sua possibile introduzione in Francia. Fra gli altri parassitoidi, si segnalano ditteri pipunculidi ed imenotteri mimaridi (Nusillard *et al.*, 2003). In Italia, fra i parassitoidi autoctoni che hanno mostrato adattamento nei confronti di *S. titanus* sono state identificate 2 specie di driinidi del genere *Gonatopus* (Alma e Arzone, 1994), e 6 specie di oofagi, di cui 1 afelinide, 4 mimaridi ed 1 tricogrammatide (Arzone e Alma, 1994).

Anche i predatori generici potrebbero avere un certo impatto sulle popolazioni di *S. titanus*, benché manchino attualmente dati ufficiali. Una certa influenza degli araneidi sulla presenza degli achenorrinchi è già stata dimostrata per *Erythroneura* sp. (Costello e Daane, 2003).

BIBLIOGRAFIA

Alma A., 2004. The genus *Scaphoideus* in the world. The diffusion of *S. titanus* in Europe. Third European Hemiptera Congress, St. Petersburg, Russia, 8-11 giugno, pp. 3-5.

- Alma A., Arzone A., 1994.** Adattamento di Driinidi paleartici al Cicadellide neartico *Scaphoideus titanus* Ball (Auchenorrhyncha Cicadellidae). MAF- Convegno Lotta Biologica, Acireale (CT) 1991, pp. 77-82.
- Alma A., Bosco D., Danielli A., Bertaccini A., Vibio M., Arzone A., 1997.** Identification of phytolasmas in eggs, nymphs and adults of *Scaphoideus titanus* Ball reared on healthy plants. *Insect Molecular Biology* 6: 115-121.
- Arzone A., Alma A., 1994.** Indagini sui parassitoidi oofagi di *Scaphoideus titanus* Ball (Auchenorrhyncha Cicadellidae). MAF- Convegno Lotta Biologica, Acireale (CT) 1991, pp. 83-88.
- Barnett E.D., 1977.** A revision of the nearctic species of the genus *Scaphoideus* (Homoptera Cicadellidae). *Transactions of the American Entomology Society* 102: 485-593.
- Beanland L., Hoy C.W., Miller S.A., Nault L.R., 2000.** Influence of aster yellows phytoplasmas on the fitness of aster leafhopper (Homoptera: Cicadellidae). *Annals of the Entomological Society of America* 93: 271-276.
- Bonfils J., Schvester D., 1960.** Les Cicadellles (Homoptera Auchenorrhyncha) dans leur rapports avec la vigne dans le Sud-Ouest del la France. *Annales Epiphyties* 11: 325-336.
- Bressan A., Spiazzi S., Capuzzo C., Girolami V., Boudon-Padieu E., 2003.** Seasonal probabilità of Flavescence dorée phytoplasma transmission in relation to abundance of leafhopper vectors and source for acquisition. In *Proceedings 14th ICVG Conference, Locorotondo (BA), 12-17 settembre*, pp. 107-108.
- Bressan A., Girolami V., Boudon-Padieu E., 2005a.** Reduced fitness of the leafhopper *Scaphoideus titanus* exposed to Flavescence dorée phytoplasma. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 115: 283-290.
- Bressan A., Spiazzi S., Girolami V., Boudon-Padieu E., 2005b.** Acquisition efficiency of Flavescence dorée phytoplasma by *Scaphoideus titanus* Ball from infected tolerant or susceptible grapevine cultivars or experimental host plants. *Vitis* 44: 143-146.
- Conti M., 1985.** Transmission of plant viruses by leafhoppers and planthoppers. In: *The leafhoppers and planthoppers* (ed. Nault e Rodriguez, John Wiley & Sons Inc., New York, USA): 289-307.
- Costello M.J., Daane K.M., 2003.** Spider and leafhopper (*Erythroneura* spp.) response to vineyard ground cover. *Environmental Entomology* 32: 1085-1098.
- Lessio F., Palermo S., Tedeschi R., Alma A., 2003.** Presence of Grapevine yellows phytoplasmas vectors (Homoptera, Auchenorrhyncha) in northwestern Italy. In *Proceedings 14th ICVG Conference, Locorotondo (BA), 12-17 settembre*, pp. 75-76.
- Lucchi A., Mazzoni V., Prešern J., Virant-Doberlet M., 2004.** Mating behaviour of *Scaphoideus titanus* Ball (Hemiptera: Cicadellidae). *Third European Hemiptera Congress, St. Petersburg, Russia, 8-11 giugno*, pp. 49-50.
- Marzorati M., Alma A., Sacchi L., Pajoro M., Palermo S., Brusetti L., Raddadi N., Balloi A., Tedeschi R., Clementi E., Corona S., Quaglino F., Bianco P.A., Beninati T., Bandi C., Daffonchio D., 2006.** A novel *Bacteroidetes* symbiont is localized in *Scaphoideus titanus*, the insect vector of Flavescence dorée in *Vitis vinifera*. *Applied and Environmental Microbiology* 72: 1467-1475.
- Nusillard B., Malausa J.C., Giuge L., Millot P., 2003.** Assesment of a two year study of the natural enemy fauna of *Scaphoideus titanus* Ball in its North American native area. *Bulletin OILB/SROP* 26 (8): 237-240.
- Santinelli C., Santoni M., Braccini P., Botti S, Bertaccini A., 2003.** Trovato in Umbria *Scaphoideus titanus*, vettore della flavescenza dorata. *L'Informatore Agrario* 15: 81-82.
- Santoni R., Alma A., Bonizzoni M., Parisi M., Malacrida A.R., Gomulski L.M., Gasperi G., 2004.** Variabilità genetica di popolazioni di *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera Cicadellidae) analizzata con l'uso di marcatori RAPD. *Atti XIX Congresso nazionale italiano di Entomologia, Catania, 10-15 giugno 2002*, pp. 613-617.
- Schvester D., Carle P., Moutous G., 1963.** Sur la transmission del la Flavescence dorée del la Vigne par *Scaphoideus littoralis* Ball. *Annales Epiphyties* 14: 130-144.
- Schvester D., Carle P., Moutous G., 1969.** Nouvelles Données sur la Transmission de la Flavescence Dorée de la Vigne par *Scaphoideus littoralis* Ball. *Annales de Zoologie et Écologie animale* 1 (4): 445-465.
- Vidano C., 1964.** Scoperta in Italia dello *Scaphoideus littoralis* Ball cicalina americana collegata alla "Flavescence dorée" della Vite. *L'Italia Agricola* 101: 1031-1049.
- Viggiani G., 2002.** Il vettore della flavescenza dorata trovato in Basilicata. *L'Informatore Agrario* 36: 59.
- Viggiani G., 2004.** Il vettore della flavescenza dorata anche in Campania. *L'Informatore Agrario* 18: 98.

1.3 FLAVESCENZA DORATA

1.3.1 GENERALITÀ SUI FITOPLASMI

La scoperta dei fitoplasmi risale alla fine degli anni '60, quando sono stati osservati microrganismi che colonizzavano il floema delle piante e che erano associati a sintomatologie più o meno specifiche: per la loro somiglianza con i micoplasmi, vennero chiamati MLO (Mycoplasma Like Organisms). Successivamente sono state individuate non poche differenze tra i due gruppi (fra cui la localizzazione, che nei micoplasmi è extracellulare), ed è stato creato il *taxon* Phytoplasma, all'interno della classe Mollicutes (Fletcher *et al.*, 1998). Recentissima è infine la definizione di “*Candidatus* Phytoplasma”, secondo la quale per i fitoplasmi non viene fatta la classificazione con nomenclatura binomia, ma si introduce un nuovo “*Ca.* Phytoplasma” quando questi presenta un’omologia del gene 16S inferiore al 97,5% rispetto a fitoplasmi già descritti (Irpem, 2004; Firrao *et al.*, 2005).

I fitoplasmi sono procarioti privi di parete cellulare, di aspetto pleomorfico, e misurano 200-800 nm. Sono infeudati al floema, e svernano di norma nell'apparato radicale (Ploaie, 1981). La trasmissione può avvenire per propagazione vegetativa di piante infette (innesto, talea etc.), anastomosi radicale (Vindimian *et al.*, 2002), ponti di *Cuscuta* (Ploaie, 1981), e più raramente per seme (Cordova *et al.*, 2002; Marzachi *et al.*, 2004). Tuttavia, il più efficace veicolo di propagazione di questi microrganismi sono gli insetti vettori (Marzachi *et al.*, 2004).

1.3.2 RAPPORTI CON LE PIANTE

I fitoplasmi sono infeudati al floema delle piante ospiti: generalmente viene colonizzato l'elemento vasale, mentre le cellule compagne ed il parenchima circostante non sono di norma interessati. Dal momento che il tropismo all'interno della pianta segue generalmente il flusso della linfa elaborata, vengono colpiti principalmente le foglie, gli organi fiorali, gli apici vegetativi e l'apparato radicale. La concentrazione dei fitoplasmi può essere diversa a seconda dell'organo interessato, e della diversa suscettibilità e dello stadio di sviluppo della pianta ospite (Marzachi *et al.*, 2004).

La moltiplicazione avviene di norma negli organi in cui è più elevato il metabolismo, in particolare l'apparato radicale e gli apici vegetativi. Il tasso di crescita può essere diverso nei vari organi anche a seconda della modalità di inoculazione: in caso di trasmissione tramite innesto o mediante insetti vettori, la replicazione è più rapida rispettivamente negli apici vegetativi e nell'apparato radicale (Marzachi *et al.*, 2004).

I fitoplasmi interferiscono con diversi processi fisiologici delle piante: consumano saccarosio e acido 3-indolacetico (IAA), provocando squilibri a livello del trasporto ormonale, anomalie della crescita e nello sviluppo, virescenze, sterilità fiorale, fillodie, proliferazione di gemme ascellari, scopazzi, allungamento anomalo degli internodi, malformazioni e aborti di fiori e frutti. L'accumulo nel floema può causare ostruzioni, ingiallimenti ed arrossamenti fogliari, ispessimenti, accartocciamenti, necrosi di nervature e radici. A livello istologico vi sono ipertrofie ed iperplasie del tessuto floematico e collasso dei tubi cribrosi. A livello cellulare, si può notare degenerazione di cloroplasti e mitocondri, degradazione del plasmalemma, diminuzione nel contenuto in clorofilla (Marzachi *et al.*, 2004).

1.3.3 RAPPORTI CON GLI INSETTI VETTORI

I vettori riconosciuti dei fitoplasmi appartengono all'ordine Homoptera ed in particolare alle famiglie Cixiidae, Cicadellidae e Psyllidae. Il processo di trasmissione,

al termine del quale l'insetto rimane infettivo per tutta la vita, si divide tipicamente nelle tre fasi di acquisizione, latenza ed inoculazione. Fra i fattori che lo influenzano vi sono lo stadio vitale, il sesso, la lunghezza degli stiletti boccali, i fattori ambientali quali la temperatura e l'umidità relativa, la diversa suscettibilità della pianta ospite e la capacità di spostamento degli insetti vettori (Marzachi *et al.*, 2004). Tuttavia, questo ultimo aspetto influenza non tanto la fisiologia del processo di trasmissione quanto l'epidemiologia della malattia.

Durante la fase di acquisizione, i fitoplasmi penetrano dapprima nel canale alimentare dell'insetto vettore. Successivamente, durante la fase di latenza, oltrepassano la membrana epiteliale ed entrano nel flusso dell'emolinfa fino a raggiungere le ghiandole salivari. I principali ostacoli al passaggio delle cellule microbiche sono così rappresentati dalle membrane epiteliali sia del canale alimentare che delle ghiandole salivari: in tal senso, un insetto può essere infetto, dopo aver terminato l'acquisizione, ma non infettivo, non essendo in grado di trasmettere i fitoplasmi alla pianta ospite. La moltiplicazione può avvenire indifferentemente in tutti gli organi summenzionati, anche se il principale serbatoio sembra essere rappresentato dall'emolinfa (Marzachi *et al.*, 2004).

La trasmissione transovarica non è comune: benché siano stati identificati fitoplasmi nella progenie di alcune specie (Alma *et al.*, 1997; Marzachi *et al.*, 2004), questo non prova che ci sia stata transovaricità. In effetti, la sopravvivenza dell'inoculo per i fitoplasmi è generalmente affidata all'apparato radicale delle piante ospiti, soprattutto in caso di specie perennanti, mentre gli insetti possono fungere da serbatoio in particolare quando svernano allo stadio di ninfe o adulti (Marzachi *et al.*, 2004). In tal senso, un caso di transovaricità propriamente detta è stato provato per *Cacopsylla pruni* (Scopoli) (Tedeschi *et al.*, 2006).

Il rapporto tra insetti e fitoplasmi può evolversi sia in senso antagonistico che mutualistico. Due esempi in tal senso sono già stati fatti nel capitolo precedente: in *S. titanus* il rapporto è di tipo antagonistico (Bressan *et al.*, 2005a), mentre in *M. quadrilineatus* è mutualistico (Beanland *et al.*, 2000). In linea di massima, Marzachi *et al.* (2004) affermano come la patogenicità debba essere considerata anormale: la spiegazione fornita risiede in questo caso nella co-evoluzione tra vettore, patogeno e pianta ospite. In effetti, il fitoplasma agente dell'AY e il vettore *M. quadrilineatus* potrebbero avere subito una co-evoluzione di lunga data, mentre ciò non si può dire di *S. titanus*, specie neartica, e dell'agente causale della FD.

1.3.4 DIAGNOSTICA

La prima tecnica diagnostica utilizzata è stata la microscopia elettronica, seguita dalla microscopia ottica ed a fluorescenza: tuttavia, tali tecniche non permettono di individuare i fitoplasmi isolati, e la prima in particolare è adatta solo in caso di ospiti con elevato titolo fitoplasmatico (Ahrens e Seemüller, 1992; Faoro, 2005).

Un passo successivo è stato compiuto con le tecniche sierologiche, utilizzando dapprima anticorpi policlonali, e successivamente monoclonali (Caudwell *et al.*, 1987). Questi ultimi hanno permesso la messa a punto di test altamente sensibili quali l'ELISA (Sinha, 1988). Tuttavia, il problema principale della sierologia sono state le reazioni crociate con altri microrganismi, e la loro scarsa efficacia di rilevare patogeni a basse concentrazioni (Bertaccini, 1991).

Decisivo è risultato però il ricorso alle tecniche di biologia molecolare, basate sul DNA ricombinante, che hanno permesso la diagnosi anche in caso di infezioni fitoplasmatiche a basso titolo. Fra le tecniche più utilizzate vi sono le sonde per l'ibridazione molecolare, che identificano tratti specifici di DNA e, più sicura, la

reazione a catena della polimerasi (PCR= Polymerase Chain Reaction) che amplifica tratti di DNA a sequenza nota (Marzachi e Boarino, 2002). Infine, la digestione enzimatica con frammenti di restrizione (RFLP=Restriction Length Fragment Polymorphism) ha fornito un nuovo mezzo per approfondire la conoscenza di alcuni gruppi fitoplasmatici (Schneider *et al.*, 1993).

1.3.5 CLASSIFICAZIONE DEI FITOPLASMI E FITOPLASMOSI DELLA VITE

Attualmente, la classificazione dei fitoplasmi è basata sull'analisi RFLP del gene 16S codificante l'rRNA. Sono stati identificati 15 gruppi fitoplasmatici, suddivisi in circa 40 sottogruppi. Tuttavia, il gene 16S non consente una distinzione più accurata; conseguentemente, vengono utilizzate altre sequenze codificanti per determinate proteine ribosomiche (rpS3, rpL22), fattori di allungamento (EF-tu) e lo spazio intergenico 16S/23S r RNA per l'identificazione dei diversi sottogruppi (Lee *et al.*, 1998; Montano *et al.*, 2001).

I fitoplasmi riconosciuti attualmente come agenti di giallumi della vite sono 8, e per 3 di questi sono noti anche gli insetti vettori: la Flavescenza dorata (16SrV, sottogruppi -C e -D), trasmessa da *S. titanus*; il Palatinate grapevine yellow (16SrV), trasmesso da *O. alni*; e il Legno nero (16SrXII-A), trasmesso da *H. obsoletus* (Boudon-Padieu, 2003).

I sintomi di fitoplasmosi nella vite sono più o meno caratteristici a seconda del vitigno e del periodo in cui si manifestano. Fra i più frequenti vi sono il germogliamento stentato o irregolare, la mancata lignificazione dei tralci che assumono consistenza gommosa e presentano pustole scure, il disseccamento delle infiorescenze (Fig. 5A). Le foglie possono assumere consistenza cartacea, ed essere soggette a ripiegamenti verso il basso e alterazioni cromatiche. Queste ultime interessano tipicamente uno o più settori del lembo fogliare delimitati da nervature, e tendono ad essere rosse e gialle rispettivamente nei vitigni a bacca rossa e bianca (Fig. 5B, C). Spesso vi è compresenza di due o più sintomi, e la vegetazione presenta un generale deperimento (Fig. 5D). Tuttavia, non è possibile distinguere solo su base sintomatologica i diversi giallumi della vite, ma è necessario ricorrere alla diagnosi di laboratorio (Morone *et al.*, 2000).



Figura 5. Sintomi riconducibili a Flavescenza dorata. A: disseccamento del grappolo. B: arrossamenti fogliari settoriali su vitigno a bacca rossa. C: ingiallimenti e ripiegature fogliari su vitigno a bacca bianca. D: aspetto generale di un filare fortemente colpito.

1.3.6 DIFFUSIONE DELLA FLAVESCENZA DORATA

La prima segnalazione europea di giallumi della vite è avvenuta in Francia negli anni Cinquanta (Caudwell, 1957). Attualmente la FD *sensu stricto* è presente nella Francia meridionale (Boudon-Padieu, 2003), in Italia (Boudon-Padieu, 2003), in Spagna settentrionale (Battle *et al.*, 2000), in Svizzera (Anonimo, 2004) e in Serbia (Duduk *et al.*, 2003).

In Italia la FD è diffusa in tutte le Regioni del nord, ad eccezione dalla Valle d'Aosta (Osler e Refatti, 2002; Carraro, 2005). La situazione appare invece più frammentaria nell'Italia centrale. In Toscana le prime segnalazioni risalgono al 2002, in provincia di Massa Carrara (Bertaccini *et al.*, 2003). Nelle Marche sono presenti due focolai (Credi *et al.*, 2002; Romanazzi *et al.*, 2005). Sono invece da attribuire a Stolbur i giallumi rilevati in Abruzzo (D'Ascenzo *et al.*, 2005), Basilicata (Marcone *et al.*, 2005), Lazio, Umbria, Campania, Sicilia e Sardegna (Barba e Albanese, 2002).

In Piemonte le prime gravi epidemie di FD sono state registrate in provincia di Alessandria (colli tortonesi) alla fine degli anni '90 (Morone *et al.*, 2000; Osler e Refatti, 2002). Nel 2005, il 5,72% della superficie vitata regionale (province di AT, AL, CN, TO) risultava infetta da FD, ed il 4,63% aveva più del 10% di piante infette. La situazione appare di particolare gravità nelle province di Asti ed Alessandria, che presentano rispettivamente il 7,73% ed il 9,8% di superficie con FD; la malattia appare

invece più circoscritta nelle province di Torino e Cuneo. Attualmente, risultano esenti le province di Novara, Biella, Vercelli e Verbania (dati del Servizio Fitosanitario Regionale). Nel 2005 la Regione Piemonte, in ottemperanza al decreto di lotta obbligatoria, ha approvato un piano operativo (D.G.R n. 36-310, 20/06/2005) che prevede l'intensificazione dell'attività repressiva nei confronti degli inadempienti riguardo all'esecuzione dei trattamenti insetticidi e all'estirpo obbligatorio delle piante infette, e la verifica della presenza della malattia in appezzamenti segnalati da terzi (Gotta *et al.*, 2005).

1.3.7 CONTENIMENTO DELLA FLAVESCENZA DORATA

In Italia la lotta nei confronti di *S. titanus* e della Flavescenza dorata è resa obbligatoria attraverso il Decreto Ministeriale n. 32442 del 31 maggio 2000 (Barba, 2005). Le modalità operative sono tuttavia diverse a seconda della diffusione sia dell'agente causale che del vettore. Nelle Regioni in cui non è stata segnalata la presenza della malattia, non sono applicate misure obbligatorie ma semplici linee guida, che prevedono il monitoraggio sul territorio della presenza di sintomi sospetti sulle piante, e campionamenti per rilevare l'eventuale presenza di *S. titanus*. Per le Regioni in cui è accertata la presenza di FD, la differenziazione riguarda i singoli Comuni.

I punti fermi su cui si basa attualmente la lotta contro *S. titanus* riguardano il fatto che questa specie: vive solo sulla vite e solo su questa può acquisire i fitoplasmi (monofagia); svolge una sola generazione all'anno e se ne conosce bene il ciclo biologico (monovoltinismo). Le strategie principali sono l'abbattimento dei livelli di popolazione del vettore e la sua eliminazione prima che divenga infetto (Pavan *et al.*, 2005). Il primo intervento insetticida viene dunque eseguito alla comparsa delle ninfe di III età, potenzialmente in grado di acquisire i fitoplasmi (Schvester *et al.*, 1969); dati i tempi di sviluppo postembrionale della specie (Vidano, 1964) tale trattamento viene quindi eseguito 4 settimane dopo la comparsa delle prime neanidi (Pavan *et al.*, 2005). Sempre in considerazione del ciclo biologico, ed in particolare della scalarità di schiusa delle uova, è necessario un secondo trattamento ad un mese di distanza dal primo (Pavan *et al.*, 2005).

Nelle aziende a conduzione integrata o convenzionale, possono essere utilizzati inibitori della sintesi della chitina per il primo trattamento, e prodotti ad azione neurotossica (organofosforati o neonicotinoidi) per entrambi i trattamenti. I prodotti più efficaci nei confronti delle forme giovanili sono risultati quelli ad ampio spettro quali organofosforati (clorpirifos, malation) e piretroidi (acrinatrina), mentre sono risultati di efficacia più limitata indoxacarb e talvolta il regolatore di crescita flufenoxuron (Bosio *et al.*, 2001; Bosio *et al.*, 2004).

Un discorso diverso riguarda la gestione fitosanitaria del materiale vivaistico: in questo caso l'obiettivo è l'eradicazione sia della malattia che dell'insetto vettore. Generalmente nei campi di piante madri e nei barbatellai vengono effettuati almeno tre trattamenti insetticidi, di cui due contro le forme giovanili (Pavan *et al.*, 2005).

Recentemente (Saracco *et al.*, 2005) è stata condotta una prova preliminare su *Macrosteles quadripunctulatus* Kirschbaum per valutare l'efficacia di alcune molecole sulla prevenzione della trasmissione del fitoplasma CY (16Sr-IB) alla fava. Gli esteri fosforici hanno determinato una mortalità del 100% al momento del trattamento, ma hanno mostrato una notevole perdita di efficacia dopo pochi giorni. Al contrario, imidacloprid ha determinato una riduzione del 70% rispetto al testimone indipendentemente dal tempo trascorso. Attualmente, le stesse prove vengono condotte nei confronti di *S. titanus*.

Nelle aziende a conduzione biologica possono essere impiegati il piretro naturale (addizionato di piperonil butossido), l'azadiractina ed il rotenone. Fra questi, il più efficace si è dimostrato in generale il piretro, mentre l'azadiractina è stata sempre poco efficace. Dati contrastanti sono invece emersi a proposito del rotenone (Caobelli e Carcereri, 1995; Mori *et al.*, 2004). In ogni caso, utilizzando prodotti ammessi dal disciplinare di produzione biologica vi è l'obbligo di effettuare almeno tre trattamenti ravvicinati nei confronti degli stadi giovanili.

I rimedi di tipo agronomico quali l'eliminazione dei succhioni e del legno di potatura contenente le uova possono rappresentare un'integrazione alla lotta chimica, ma non sono sufficienti a mantenere le popolazioni di *S. titanus* entro livelli accettabili (Pavan *et al.*, 2005).

1.3.8 IL RUOLO DELLE AREE “NON GESTITE”

Una delle problematiche emergenti nella gestione della Flavescenza dorata è la presenza sul territorio di vigneti coltivati ma non trattati con insetticidi, e di vigneti in stato di abbandono più o meno avanzato. In particolare, i ricacci di vite americana dal portinnesto sarebbero i più pericolosi, dato che possono essere infetti ma non manifestare sintomi (Pavan *et al.*, 2005). Inoltre, recentemente sono stati ritrovati fitoplasmi del gruppo 16SrV in *Clematis vitalba* L. (Angelini *et al.*, 2005), che potrebbe fungere da potenziale fonte di inoculo; tuttavia deve essere dimostrata l'esistenza di un vettore capace di trasmettere il fitoplasma agente causale della FD alla vite nutrendosi su *C. vitalba*.

D'altra parte, non è ancora chiarito il ruolo reale dei vigneti abbandonati e degli incolti con presenza di vite nel fungere da serbatoio di reinfestazione per *S. titanus*, né si conoscono le reali possibilità che l'insetto vettore si sposti tra vigneti adiacenti. Per quanto in Francia l'estirpo dei vigneti abbandonati sia già una pratica obbligatoria, indagini condotte in Italia hanno mostrato come i principali “untori” siano in realtà i vigneti coltivati ma non sottoposti a trattamenti insetticidi (Pavan *et al.*, 2005), ma questo aspetto è meritevole di conferma. Viceversa, nell'areale neartico, *S. titanus* sembra essere più diffuso negli incolti ed ai bordi dei vigneti (Beanland e Wolf, 2004).

BIBLIOGRAFIA

- Ahrens U., Seemüller E., 1992. Detection of DNA of plant pathogenic mycoplasma-like organisms by a polymerase chain reaction that amplifies a sequence of the 16S rRNA gene. *Phytopathology* 82 (8): 828-832.
- Alma A., Bosco D., Danielli A., Bertaccini A., Vibio M., Arzone A., 1997. Identification of phytosmas in eggs, nymphs and adults of *Scaphoideus titanus* Ball reared on healthy plants. *Insect Molecular Biology* 6: 115-121.
- Angelini E., Squizzato F., Lucchetta G., Borgo M., 2004. Detection of a phytoplasma associated with grapevine Flavescence dorée in *Clematis vitalba*. *European Journal of Plant Pathology* 110: 193-201.
- Anonimo, 2004. Viticoltura: primi ritrovamenti della Flavescenza dorata in Svizzera. Bollettino del servizio fitosanitario cantonale 31.
- Barba M., 2005. La lotta obbligatoria alla flavescenza dorata e al suo vettore *Scaphoideus titanus*. In: Flavescenza dorata e altri giallumi della vite in Toscana e in Italia, Quaderno ARSIA Toscana 3: 135-138.
- Barba M., Albanese G., 2002. Malattie da fitoplasmi della vite. Situazione nell'Italia centro-meridionale. *Informatore fitopatologico* 10: 49-52.
- Battle A., Martinez M.A., Lavina A., 2000. Occurrence, distribution and epidemiology of Grapevine Yellows in Spain. *European Journal of Plant Pathology* 106: 811-816.
- Beanland L., Wolf T., 2004. Ecology of potential vectors of North American Grapevine Yellows. *American Journal of Enology and Viticulture* 55: 4.

- Beanland L., Hoy C.W., Miller S.A., Nault L.R., 2000.** Influence of aster yellows phytoplasmas on the fitness of aster leafhopper (Homoptera: Cicadellidae). *Annals of the Entomological Society of America* 93: 271-276.
- Bertaccini A., 1991.** L'amplificazione genica (PCR) per la diagnosi in patologia vegetale. *Informatore fitopatologico* 41: 16-20.
- Bertaccini A., Botti S., Tonola A., Milano C., Braccini P., Sfalanga A., 2003.** Identificazione di fitoplasmi di flavescenza dorata in vigneti della Toscana. *L'Informatore Agrario* 22: 61-63.
- Bosio G., Dellavalle D., Ferrarese D., Ferrari D., Occhetti P. 2001.** Evoluzione delle popolazioni di *Scaphoideus titanus* a seguito di trattamenti insetticidi. *L'Informatore Agrario* 21: 79-84.
- Bosio G., Martinez M.C., Occhetti P., Rovetto I., Della Valle D., Laiolo L., Valota G., 2004.** Efficacy evaluation of synthetic and natural insecticides against *Scaphoideus titanus* Ball young stages on grapevine. *Atti Giornate Fitopatologiche* 1: 95-102.
- Boudon-Padieu E., 2003.** The situation of grapevine yellows and current research directions: distribution, diversity, vectors, diffusion and control. In proceedings 14th ICVG Conference, , Locorotondo (BA), 12-17 settembre, pp. 47-53.
- Bressan A., Girolami V., Boudon-Padieu E., 2005a.** Reduced fitness of the leafhopper *Scaphoideus titanus* exposed to Flavescence dorée phytoplasma. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 115: 283-290.
- Caobelli R., Carcereri G., 1995.** Lotta biologica alla cicalina della vite. *L'Informatore Agrario* 33: 75-77.
- Carraro L., 2005.** Epidemiologia della Flavescenza dorata. In: Flavescenza dorata e altri giallumi della vite in Toscana e in Italia, Quaderno ARSIA Toscana 3: 81-83.
- Caudwell A., 1957.** Deux années d'études sur la Flavescence dorée, nouvelle maladie grave de la vigne. *Annales de L'Amélioration des Plantes* 4: 359-363.
- Caudwell A., Boudon-Padieu E., Kuszala C., Larrue J., 1987.** Biologie et étiologie de la Flavescence dorée. Recherches sur son diagnostic et sur les méthodes de lutte. *Atti Convegno Flavescenza dorata della vite, Verona-Vicenza*, 28-29 maggio, pp. 175-178.
- Cordova I., Oropeza C., Jones P., Harrison N.A., 2002.** *In situ* PCR: a technique for locating phytoplasmas in coconut embryo tissue. *Phytopathology* 92: 118.
- Credi R., Terlizzi F., Stimilli G., Nardi S., Lagnese R., 2002.** Flavescenza dorata della vite nelle Marche. *L'Informatore Agrario* 57: 61-63.
- D'Ascenzo D., Murolo S., Di Giovanni r., Branzanti B.M., Romanazzi G., 2005.** Monitoraggio dei giallumi della vite in Abruzzo. *Petria* 15 (1/2):173-175.
- Duduk B., Botti S., Ivanovic M., Dukic N., Bertaccini A., 2003.** Molecular characterization of a Flavescence dorée phytoplasma infecting grapevine in Serbia. In proceedings 14th ICVG Conference, Locorotondo (BA), 12-17 settembre, pp. 91-92.
- Faoro F., 2005.** Perché è così difficile osservare al microscopio elettronico i fitoplasmi della vite? *Petria* 15 (1/2): 99-101.
- Firrao G., Gibb K., Streten C., 2005.** Short taxonomic guide to the genus "*Candidatus Phytoplasma*". *Journal of Plant Pathology* 87 (4, special issue): 249-263.
- Fletcher J., Wayadande A., Melcher U., Ye FengChun, 1998.** The phytopathogenic mollicute-insect vector interface: a closer look. *Phytopathology* 88: 1351-1358.
- Gotta P., Galeotti G., Rossi A., Scapin I., 2005.** Flavescenza dorata della vite. La situazione attuale. *Quaderni della Regione Piemonte Agricoltura* 48: 12-14.
- Irpem Phytoplasma/Spiroplasma working team-phytoplasma taxonomy group, 2004.** Description of the genus "*Candidatus Phytoplasma*", a taxon for the wall-less non-helical prokaryotes that colonize plant phloem and insects. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 54: 1243-1255.
- Lee I.M., Gundersen D.E., Davis R.E., 1998.** Revised classification scheme of phytoplasmas based on RFLP analyses of 16S rRNA and ribosomal protein gene sequences. *International Journal of Systematic Bacteriology* 48: 1153-1169.
- Marcone C., Camele I., Castoro V., Spicciarelli R., 2005.** Indagini sulla presenza della Flavescenza dorata della vite e di *Scaphoideus titanus* in Basilicata. *Petria* 15 (1/2): 181-184.
- Marzachi C., Boarino A., 2002.** Diagnosi molecolare delle malattie da fitoplasmi della vite. *Informatore fitopatologico* 10: 36-41.
- Marzachi C., Milne R.G., Bosco D., 2004.** Phytoplasma-plant relationship. In: *Recent Research Development in Plant Pathology* 3 (ed. Pandalai e Gayathry): 211-241.
- Montano H., Davis R.E., Dally E.L., Hogenhout S., Pimentel P., Brioso P.S.T., 2001.** "*Candidatus phytoplasma brasiliense*", a new phytoplasma taxon associated with hibiscus withces²-broom disease. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 51: 1109-1118.

- Mori N., Bottura N., Posenato G., Sancassani G.P., Girolami V., 2004.** Lotta contro *Scaphoideus titanus* Ball nei vigneti a conduzione biologica. Atti Giornate Fitopatologiche 1: 111-116.
- Morone C., Gotta P., Boccardo G., 2000.** Sintomi di fitoplasmi in vitigni coltivati in Piemonte. L'Informatore Agrario 56: 69-77.
- Osler R., Refatti E., 2002.** Malattie da fitoplasmi della vite. Situazione nell'Italia settentrionale. Informatore fitopatologico 10: 42-48.
- Pavan F., Stefanelli G., Villani A., Mori N., Posenato G., Bressan A., Girolami V., 2005.** Controllo della Flavescenza dorata attraverso la lotta contro il vettore *Scaphoideus titanus* Ball. In: Flavescenza dorata e altri giallumi della vite in Toscana e in Italia, Quaderno ARSIA Toscana 3: 91-108.
- Ploaie P.G., 1981.** Mycoplasma-like organisms and plant diseases in Europe. In: Plant Diseases and Vectors: Ecology and Epidemiology (ed. Maramosch e Harris, Academic press, New York): 61-104.
- Romanazzi G., Murolo S., Terlizzi F., Talevi S., Branzanti B.M., Nardi S., Cedi R., Savino V., 2005.** Secondo rinvenimento di Flavescenza dorata della vite nelle Marche. Petria 15 (1/2): 81-82.
- Saracco P., Marzachi C., Bosco D., 2005.** Attività di alcuni insetticidi nella prevenzione della trasmissione del fitoplasma Chrysanthemum Yellows (CY; 16Sr-IB). Petria 15 (1/2): 133-136.
- Schneider B., Ahrens U., Kirkpatrick B.C., Seemüller E., 1993.** Classification of plant-pathogenic mycoplasma-like organisms using restriction-site analysis of PCR-amplified 16S rDNA. Journal of General Microbiology 139: 519-527.
- Sinha R.C., 1988.** Serological detection of mycoplasma-like organisms from plants affected with yellows diseases. In: Tree Mycoplasmas and Mycoplasma diseases, (ed. Hiruki, The University of Alberta Press, Edmonton, Alberta, Canada): 143-156.
- Tedeschi R., Ferrato V., Rossi J., Alma A., 2006.** Possibile phytoplasma transovarial transmission in the psyllids *Ccopsylla melanoneura* and *Cacopsylla pruni*. Plant Pathology 55: 18-24.
- Vindimian M.E., Ciccotti A., Filippi M., Springhetti M., Deromedi M., 2002.** Trasmissione di Apple Proliferation (AP) tramite anastomosi radicali. Atti II Incontro Nazionale sulle Malattie da Fitoplasmi, Roma, 3-4 ottobre, pp. 31-33.

1.4 IL VOLO DEGLI INSETTI

1.4.1 FILOGENESI E MECCANICA DEL VOLO

Le principali strutture dalle quali le ali potrebbero avere avuto origine sono i lobi parantali oppure le coperture branchiali. Nei protopterigoti, strutture alari risultavano presenti anche sul protorace e sull'addome, che in seguito sono andate perse probabilmente a causa di scarsa aerodinamicità ed incompatibilità con le ali meso e metatoraciche. Contestualmente, si è notato un aumento della muscolatura di meso e metatorace, ed una differenziazione nella frequenza e nell'ampiezza del battito alare. La potenza del volo dipende dal tipo di movimento, ma soprattutto dalla superficie dell'ala. Alla metà del Carbonifero risultavano presenti circa 15 ordini di pterigoti, prevalentemente con ali omonome (di uguale dimensione e forma); in seguito alla differenziazione si possono distinguere ordini anteromotori (es. ditteri), posteromotori (molti eterometaboli, coleotteri e strepsitteri) e bimotori (odonati, isotteri), tuttavia, in molti ordini, le ali metatoraciche sono ridotte ed accoppiate con le mesotoraciche, cosicché specie morfologicamente tetrattere risultano funzionalmente dittere (Dudley, 2000).

I due principali parametri che caratterizzano il volo negli insetti sono la frequenza del battito delle ali e la velocità del volo rispetto all'aria: la loro variabilità dipende principalmente dalla massa del corpo. Dal punto di vista aerodinamico, le forze generate dal battito variano con la morfologia ed il movimento dell'ala, e la densità e viscosità dell'aria: tali parametri combinati danno origine al numero di Reynolds (Re) (Fig. 6). A bassi valori di Re il flusso è caratterizzato da viscosità elevata, per Re compreso tra 10³ e 10⁴ ci si trova in regime di flusso laminare, mentre per valori più elevati ci si trova in regime turbolento. Le specie di piccole dimensioni, che volano in condizioni di viscosità, compensano con un aumento dei movimenti di rotazione dell'ala attorno all'asse longitudinale (Dudley, 2000).

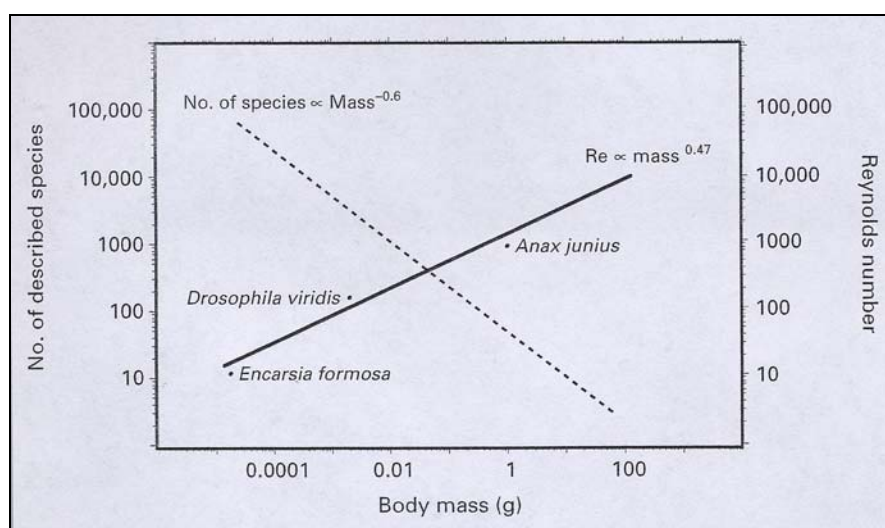


Figura 6. Relazioni tra il numero di specie, la massa corporea ed il numero di Reynolds (Re) durante il volo statico (da Dudley, 2000).

La frequenza del battito alare è inversamente proporzionale alle dimensioni corporee: le specie di piccole dimensioni riescono a raggiungere elevate frequenze grazie a contrazioni muscolari asincrone, che permettono una riduzione delle dimensioni dell'ala, ed anche la differenziazione di un paio di ali in strutture non preposte al volo (tegmine, elitre, bilancieri). Un'altra conseguenza della miniaturizzazione è la diminuzione della velocità di volo: insetti di piccole dimensioni sono costretti a volare vicino al suolo o all'interno della vegetazione per poter controllare la direzione del movimento, e dipendono invece dal vento per la dispersione a lungo raggio. In questo caso, impiegano energia semplicemente per rimanere in aria, facendosi quindi trasportare dalle correnti (Dudley, 2000).

1.4.2 MOVIMENTI VEGETATIVI, MIGRAZIONE E DISPERSIONE

Sui termini “migrazione” e “dispersione” (dispersal) in entomologia non vige ancora una completa uniformità di definizione. Waloff (1973) utilizza i due termini come sinonimi. Secondo Taylor (1985), la dispersione può invece essere definita come l'azione di un gruppo, di cui ogni singolo membro intraprende una migrazione. Una definizione più recente (Woiwod *et al.*, 2000) indica la dispersione come un effetto e non come un comportamento, e la definisce “un aumento della separazione fra individui”, ovvero l'opposto di “aggregazione”: entrambi sono dunque da considerare una “re-distribuzione della popolazione”.

Una distinzione più universalmente accettata è invece quella tra la migrazione ed i cosiddetti “movimenti vegetativi”: i primi cessano quando lo stimolo che li ha prodotti (cibo, sito di svernamento, partner etc.) viene raggiunto, mentre ciò non avviene per la migrazione, che è geneticamente controllata (Dingle, 2000). La migrazione può inoltre essere definita come la traslazione da un posto all'altro compiuta da insetti che presentino un'elevata soglia per tutte le attività ad eccezione del volo (Taylor, 1985; Dingle, 2000).

Il fatto che la migrazione e la riproduzione siano connesse è enunciato nella cosiddetta “sindrome dell'oogenesi e della migrazione”, che teorizza come la migrazione (e per estensione il polimorfismo alare) sia propria di individui sessualmente immaturi e sia influenzata dall'ormone giovanile (Dingle, 2000). Tuttavia, un altro fattore che influenzerebbe la tendenza migratoria di una specie è l'habitat a cui essa è infeudata: le specie che colonizzano ambienti a bassa persistenza, come le praterie, hanno una maggiore tendenza al polimorfismo alare, con le forme macrottere che hanno la funzione di colonizzare nuovi ambienti; sempre in queste specie, le forme brachittere non hanno problemi a mantenersi in contatto con il proprio ospite, potendolo raggiungere camminando. D'altra parte, le specie infeudate ad ospiti persistenti come le piante arboree non hanno bisogno di migrare, ma non presentano polimorfismo alare dato che le ali sono necessarie per non perdere contatto con la pianta ospite (Taylor, 1985; Denno *et al.*, 2000). Fra gli auchenorrinchi, questo aspetto è stato studiato in particolare per i delfacidi, fra cui *Nilaparvata lugens* (Stål), *Sogatella furcifera* (Horvát), *Dalbulus* spp. (Taylor *et al.*, 1993) e *Prokelisia maginata* van Duzee (Denno *et al.*, 2000; Otuka *et al.*, 2005a, 2005b).

La migrazione negli insetti viene classificata secondo due sistemi (Taylor, 1985). Il primo prende in considerazione i movimenti effettivi degli individui, e distingue tre classi: emigrazione senza ritorno, emigrazione e ritorno nell'arco di una stagione, ed emigrazione verso siti di svernamento (o estivazione) con successivo ritorno; la prima classe è divisa in cinque sottoclassi, e comprende diversi auchenorrinchi quali delfacidi, *Edwardsiana rosae* (L.) ed *Empoasca fabae* (Harris); la terza classe si divide in tre sottoclassi, e fra gli auchenorrinchi comprende *Nephotettix*

cincticeps Uhler e *Circulifer tenellus* (Baker); nella seconda non vi sono auchenorrinchi, mentre un suo rappresentante è *Anax imperator* Leach (Odonata Aeshnidae). Il secondo sistema si sofferma invece sulle potenzialità di volo, e distingue cinque classi che vanno da specie con capacità di volare completa fino a specie in cui è evidente il polimorfismo alare.

1.4.3 VOLO, FOTOPERIODO E INFLUENZA DEGLI AGENTI ATMOSFERICI

L'attività motoria degli insetti può essere definita come unimodale, bimodale, trimodale etc. a seconda dei picchi di attività in un periodo di 24 h (Beck 1968). Saunders (1981) si sofferma sulla dipendenza del ciclo circadiano, che può essere libero (free-running) oppure può dipendere dal fotoperiodo o da altri fattori esterni ("zeitgebers") come la temperatura. Nel secondo caso può essere seguita la regola di Aschloff, che allunga il fotoperiodo con un aumento dell'intensità luminosa per le specie notturne, mentre lo diminuisce per le diurne.

Un'attività di tipo crepuscolare è stata dimostrata per molti auchenorrinchi quali *Paraphlesius irroratus* (Say) (Larsen e Whalon, 1987), *Dalbulus* spp. (Taylor *et al.*, 1993), *Circulifer haematoceps* (Mulsant & Rey) (Kersting e Baspinar, 1995), e *Graminella nigrifrons* (Forbes) (Rodriguez *et al.*, 1992). Un'attività di tipo bimodale è tipica invece di molte specie di delfacidi associate al riso (Perfect e Cook, 1982). Poche specie di auchenorrinchi si sono dimostrate più attive durante il giorno: fra queste *Spissistilus festinus* (Say), che presenta un picco di attività alle 14.00, anche se non può essere definito un volo unimodale (Johnson e Mueller, 1990).

Il fotoperiodo può anche avere un effetto indiretto sulla dispersione degli insetti. Taylor (1974), ha dimostrato l'esistenza, nel profilo atmosferico, di una fascia di discontinuità, definita come "confine obbligato di volo" (flight boundary layer), al di sotto del quale gli insetti sono capaci di controllare attivamente il volo, mentre al di sopra si trovano alla mercé degli agenti atmosferici. Lo stesso Taylor suggerisce come le specie crepuscolari che hanno una limitata fascia obbligata di volo siano meno soggette ad essere trasportate dal vento, dal momento che durante la notte le correnti ascensionali sono molto ridotte; di conseguenza, la loro dispersione dipende principalmente dalle loro capacità di volo attivo. Drake e Farrow (1982) suggeriscono come le migrazioni notturne interessino principalmente gli insetti di grosse dimensioni, mentre le specie più piccole si muovono più facilmente di giorno perché sfruttano le correnti ascensionali. Tale teoria è stata confermata in un esperimento condotto su *D. maidis* DeLong e Wolcott, che nonostante abbia un comportamento crepuscolare vola di giorno durante il periodo migratorio (Taylor *et al.*, 1993).

1.4.4 LA LOCALIZZAZIONE DELLE RISORSE E LA VISIONE DEI COLORI

La semplice localizzazione delle risorse implica generalmente movimenti vegetativi e non induce la sindrome migratoria. I movimenti vegetativi possono tuttavia essere distinti in due categorie principali: le cinèsi e le tassie. Nel caso delle cinèsi, lo stimolo esterno induce il movimento, ma non da nessuna indicazione sulla direzione; tipici esempi di stimoli cinetici sono la temperatura e l'umidità relativa. Le tassie, al contrario, forniscono uno stimolo orientato, e possono essere positive o negative a seconda che lo stimolo funzioni come attrattivo o come repulsivo; sono da considerarsi tali la luce (fototassia), il vento (anemotassia), il colore (cromotassia) etc. (Hardie *et al.*, 2000).

Gli insetti percepiscono la luce ad una lunghezza d'onda compresa tra l'ultravioletto (300-400 nm) ed il rosso (650 nm), e la quantità e qualità della luce dipendono da diversi fattori quali il periodo dell'anno, l'ora del giorno, la latitudine,

l'altitudine, la copertura nuvolosa etc. (Prokopy e Owens, 1983). Ad esempio, è stata notata una differenza nell'attrattività delle trappole gialle nei confronti di *Cacopsylla pyricola* (Foerster) (Homoptera Psyllidae) in diversi periodi dell'anno (Krysan e Horton, 1991), mentre una diversa sensibilità al colore nell'arco di 24 h è stata dimostrata in *Chrisoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) (Kral e Stelz, 1998).

La visione dei colori è stata studiata soprattutto per gli insetti pronubi, in particolare per *Apis mellifera* L. (Giurfa, 1991; Horridge, 2003), ma esiste anche una buona conoscenza sui rapporti tra insetti e piante ospiti basati sulla localizzazione visiva. In lontananza la pianta ospite viene identificata attraverso il riconoscimento della linea dell'orizzonte, il contrasto fra chiaro e scuro, la luce polarizzata e la sagoma della pianta, mentre la visione del colore entra in gioco nel raggio di pochi metri (Prokopy e Owens, 1983). Per i movimenti all'interno della chioma possono assumere importanza la forma, la dimensione e l'intensità della riflettanza degli organi interessati: in particolare, questo spiegherebbe l'attrattività del giallo (500-580 nm) nei confronti di diverse specie (Prokopy e Owens, 1983). Comunque, il fatto che esista una risposta ad uno stimolo visivo compreso fra un dato intervallo di lunghezze d'onda non è sufficiente a dimostrare una vera visione dei colori (Prokopy e Owens, 1983).

Esiste chiaramente una variabilità intraspecifica nella diversa sensibilità agli stimoli visivi, sia per le piante che per gli insetti (Prokopy e Owens, 1983). Ad esempio, è stato dimostrato che le preferenze alimentari di *E. fabae* per diverse varietà di fagiolo (*Phaseolus vulgaris* L.) sono basate su una diversa riflettanza fogliare (Bullas-Appleton *et al.*, 2004).

L'identificazione visiva può anche essere influenzata dalla specializzazione alimentare: infatti è stato ipotizzato che le specie monofaghe siano più sensibili a determinate caratteristiche visive della pianta ospite, mentre ciò avviene in misura minore per le specie polifaghe (Prokopy e Owens, 1983). Questo aspetto andrebbe in accordo con una seconda teoria, secondo la quale le piante coltivate risultano più "visibili" per gli insetti, rispetto a quelle spontanee (Altieri *et al.*, 2003).

1.4.5 METODI DI STUDIO

L'attività di volo degli insetti può essere studiata con diverse tecnologie, la cui efficienza è variabile a seconda della specie studiata. Per gli achenorinchi, il metodo più utilizzato è probabilmente quello che prevede l'uso di trappole di diverso tipo. Le trappole a suzione vengono considerate un metodo per la stima assoluta della popolazione attraverso il campionamento di un'unità ambientale (Southwood, 1978): il loro impiego è risultato importante, ad esempio, per identificare il confine obbligato di volo di numerose specie in Gran Bretagna (Waloff, 1973; Taylor, 1974). Fra le trappole si possono inoltre distinguere quelle che intercettano gli insetti in volo (la stessa trappola a suzione, o la Malaise), e quelle che in qualche modo risultano attrattive (es. le trappole luminose); le trappole cromotattiche collanti, forse le più usate in assoluto per studi sugli achenorinchi, sono da ritenere un tipo intermedio, dato che funzionano sia sulla base di uno stimolo che sulla semplice intercettazione (Southwood, 1978).

Un'applicazione particolare delle trappole si osserva con la tecnica del "rilascio e cattura di soggetti marcati" (mark-release-recapture technique) (Southwood, 1978; Hagler e Jackson, 2001). Gli individui da rilasciare possono essere marcati con diverse tecniche: per gli studi sugli achenorinchi, le più utilizzate sono le polveri fluorescenti (Power, 1992; Zhou *et al.*, 2003), e le immunoglobuline (Zhou *et al.*, 2003; Blackmer *et al.*, 2004).

Su base territoriale può essere utilizzato il telerilevamento, con l'appoggio di strumentazioni GIS. In alcuni casi possono essere impiegati rilevamenti con radar e telemetria, che tuttavia danno un'indicazione su massa, forma del corpo e frequenza del battito alare, ma non possono essere identificativi della specie. Per rilevamenti a corto raggio ed in laboratorio, sono invece utilizzabili strumenti di videoregistrazione (Woiwood *et al.*, 2000). Un'altra tecnica di studio in laboratorio è quella del "volo impastoiato" (tethered flight), detta anche del "mulino di volo" (flight mill), in cui l'insetto viene assicurato ad un filo e fatto volare in una camera controllata che misura la frequenza e la velocità di volo. Fra gli auchenorrhinchi, questa tecnica è stata utilizzata per *Cicadulina* spp. (Cicadellidae) (Riley *et al.*, 1997) e *N. virescens* (Distant) (Cicadellidae) (Cooter *et al.*, 2000). Infine, per le specie con elevate attitudini migratorie che sfruttano il trasporto passivo, sono applicabili alcuni modelli di simulazione: uno di questi è stato recentemente realizzato per analizzare le traiettorie di volo di *N. lugens* e *S. furcifera* in Estremo Oriente (Otuka *et al.*, 2005a,b)

BIBLIOGRAFIA

- Altieri M.A., Nicholls C.I., Ponti L., 2003.** Diversità vegetale e stabilità dell'entomofauna negli agroecosistemi. In: Biodiversità e controllo dei fitofagi negli agroecosistemi (ed. Altieri, Nicholls e Ponti): 37-52.
- Alverson D.R., All J.N., Matthews R.W., 1977.** Response of leafhoppers and aphids to variously colored sticky traps. *Journal of the Georgia Entomological Society* 12: 336-341.
- Beck S.D., 1968.** *Insect photoperiodism* (Academic Press Inc., New York, NY).
- Blackmer J.L., Hagler J.R., Simons G.S., Cañas L.A., 2004.** Comparative dispersal of *Homalodisca coagulata* and *Homalodisca liturata* (Homoptera: Cicadellidae). *Environmental Entomology* 33: 88-99.
- Bullas-Appleton E.S., Otis G., Gillard C., Schaafsma A.W., 2004.** Potato leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) varietal preferences in edible beans in relation to visual and olfactory cues. *Environmental Entomology* 33: 1381-1388.
- Cooter R.J., Winder D., Chancellor T.C.B., 2000.** Tethered flight activity of *Nephotettix virescens* (Hemiptera: Cicadellidae) in the Philippines. *Bulletin of Entomological Research* 90: 49-55.
- Denno R.F., Gratton G., Langellotto G.A., 2000.** Significance of habitat persistence and dimensionality in the evolution of insect migration strategies. In: *Insect movement: mechanisms and consequences* (ed. Woiwood, Reynolds e Thomas, CABI Publishing, Oxon, UK): 235-260.
- Dingle H., 2000.** The evolution of migratory syndromes in insects. In: *Insect movement: mechanisms and consequences* (ed. Woiwood, Reynolds e Thomas, CABI Publishing, Oxon, UK): 159-181.
- Drake V.A., Farrow R.A., 1988.** The influence of atmospheric structure and motions on insect migration. *Annual Review of Entomology* 33: 183-210.
- Dudley R., 2000.** The biomechanics and functional diversity of flight. In: *Insect movement: mechanisms and consequences* (ed. Woiwood, Reynolds e Thomas, CABI Publishing, Oxon, UK): 19-41.
- Feil H., Feil W.S., Purcell A.H., 2000.** Effects of temperature on the flight activity of *Graphocephala atropunctata* (Hemiptera: Cicadellidae). *Journal of Economic Entomology* 93: 88-91.
- Giurfa M., 1991.** Color generalization and choice behaviour of the honeybee *Apis mellifera ligustica*. *Journal of Insect Physiology* 37: 41-44.
- Hagler R., Jackson C.J., 2001.** Methods for marking insects: current techniques and future prospects. *Annual Review of Entomology* 46: 511-543.
- Hardie J., Gibson G., Wyatt T.D., 2000.** Insect behaviours associated with resource finding. In: *Insect movement: mechanisms and consequences* (ed. Woiwood, Reynolds e Thomas, CABI Publishing, Oxon, UK): 87-110.
- Horridge A., 2003.** Visual discrimination by the honeybee (*Apis mellifera*): the position of the common centre as the cue. *Physiological Entomology* 28: 132-143
- Johnson M.P., Mueller A.J., 1990.** Flight and diel activity of the threecornered alfalfa hopper (Homoptera: Membracidae). *Environmental Entomology* 19: 677-683.
- Kersting U., Baspinar H., 1995.** Seasonal and diurnal flight activity of *Circulifer haematoceps* (Hom., Cicadellidae), an important vector in the Mediterranean area and the Near East. *Journal of applied Entomology* 119: 533-537.

- Kral K., Stelzl M., 1998.** Daily visual sensitivity pattern of the green lacewing *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *European Journal of Entomology* 95: 327-333.
- Krysan J.L., Horton D.R., 1991.** Seasonality of catch of pear psylla *Cacopsylla pyricola* (Homoptera: Psyllidae) on yellow traps. *Environmental Entomology* 20: 626-634.
- Larsen, K. J., Whalon M.E., 1987.** Crepuscular movement of *Paraphlesius irroratus* (Say) (Homoptera; Cicadellidae) between the groundcover and cherry trees. *Environmental Entomology* 16: 1103-1106.
- Otuka A., Dudia J., Watanabe T., Furuno A., 2005a.** A new trajectory analysis method for migratory planthoppers, *Sogatella furcifera* (Horvát) (Homoptera: Delphacidae) and *Nilaparvata lugens* (Stål), using an advanced weather forecast model. *Agricultural and Forest Entomology* 7: 1-9.
- Otuka A., Watanabe T., Suzuki Y., Matsumura M., Furuno A., Chino M., 2005b.** Real-time prediction system for migration of rice planthoppers *Sogatella furcifera* (Horvát) and *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). *Applied Entomology and Zoology* 40: 221-229.
- Perfect, T.J., Cook A.J., 1982.** Diurnal periodicity of flight in some Delphacidae and Cicadellidae associated with rice. *Ecological Entomology* 7: 317-326.
- Power A.G., 1992.** Host plant dispersion, leafhopper movement and disease transmission. *Ecological Entomology* 17: 63-68.
- Prokopy R.J., Owens E.D., 1983.** Visual detection of plants by herbivorous insects. *Annual Review of Entomology* 28: 337-364.
- Purcell A.H., Elkinton J.S., 1980.** A comparison of sampling methods for leafhopper vectors of X-disease in California Cherry orchards. *Journal of Economic Entomology* 73: 854-860.
- Riley J.R., Downham M.C.A., Cooter R.J., 1997.** Comparison of the performance of *Cicadulina* leafhoppers on flight mills with that to be expected in free flight. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 83: 317-322.
- Rodriguez, C. M., L. V. Madden, and L. R. Nault. 1992.** Diel flight periodicity of *Graminella nigrifrons* (Homoptera: Cicadellidae). *Annals of the Entomological Society of America* 85: 792-798.
- Saunders D.S., 1981.** Insect photoperiodism-the clock and the counter: a review. *Physiological Entomology* 6: 99-116.
- Southwood T.R.E., 1978.** Ecological methods with particular reference to the study of insects population (ed. Methuen & co Ltd, London).
- Taylor L.R., 1974.** Insect Migration, Flight Periodicity and the Boundary Layer. *Journal of Animal Ecology* 43: 225-238.
- Taylor R.A.J., 1985.** Migratory behavior in the Auchenorrhyncha. In: *The Leafhoppers and Planthoppers* (ed. Nault e Rodriguez, John Wiley & Sons Inc., New York, USA): 259-288.
- Taylor R.A.J., Nault L.R., Styer W.E., 1993.** Experimental analysis of flight activity of three *Dalbulus* leafhoppers (Homoptera: Auchenorrhyncha) in relation to migration. *Annals of the Entomological Society of America* 86: 655-667.
- Waloff N., 1973.** Dispersal by flight of leafhoppers (Auchenorrhyncha: Homoptera). *Journal of Animal Ecology* 10: 705-730.
- Woiwood I.P., Reynolds D.R, Thomas C.D., 2000.** Introduction and overview. In: *Insect movement: mechanisms and consequences* (ed. Woiwood, Reynolds e Thomas, CABI Publishing, Oxon, UK): 1-18.
- Zhou L., Hoy C.W., Miller S.A., Nault L.R., 2003.** Marking methods and field experiments to estimate aster leafhopper (*Macrosteles quadrilineatus*) dispersal rates. *Environmental Entomology* 32: 1177-1186.

1.5 LA DISTRIBUZIONE SPAZIALE APPLICATA AL CAMPIONAMENTO

1.5.1 INDICI DI AGGREGAZIONE

Secondo Taylor (1984), la distribuzione spaziale è una delle proprietà ecologiche più caratteristiche di una data specie. Tuttavia, per gli insetti ci si scontra con i cicli biologici estremamente rapidi, per cui un modello di distribuzione matematica deve essere affiancato da appropriate conoscenze della biologia della specie studiata. La casualità (randomness) è definita dalla distribuzione di Poisson, in cui la varianza eguaglia la media e che implica mancanza di interazione. Tuttavia tale distribuzione non è di fatto riscontrabile in entomologia, dal momento che il comportamento causa comunque un'interazione tra soggetti, sia in un senso (aggregazione) che nell'altro (separazione). Waters ha proposto un modello basato sulla distribuzione binomiale negativa, secondo il quale ad elevate densità di popolazione l'aggregazione dovrebbe essere ridotta dal movimento e dalla competizione intraspecifica; tale teoria è stata però demolita da Henson, che afferma come il parametro k non sia una costante specifica ma possa essere influenzato da parametri biologici quali i movimenti locali (Taylor, 1984).

Le grandezze di una popolazione che possono essere facilmente rilevate in campo sono la media e la varianza: da queste, sono stati elaborati e proposti diversi indici di aggregazione (Taylor, 1984). Fra questi, uno dei più utilizzati in campo entomologico è la legge della potenza di Taylor (1961, 1984).

1.5.2 LA LEGGE DI TAYLOR

Secondo la legge di Taylor (1961, 1984), la distribuzione spaziale di ogni specie è definita da una funzione esponenziale della varianza sulla media:

$$S^2 = am^b$$

Che in forma logaritmica diviene:

$$\text{Log } S^2 = \text{Log } a + b \text{Log } m$$

Il coefficiente a (intercetta) è tipico del campionamento eseguito. La pendenza della retta di regressione (b) definisce invece l'aggregazione propria della specie. Per $b < 1$ la distribuzione è di tipo uniforme, $b = 1$ indica distribuzione casuale, mentre una distribuzione aggregata si ha per $b > 1$.

1.5.3 MODELLI DI CAMPIONAMENTO

I coefficienti della legge di Taylor vengono utilizzati in diversi modelli di campionamento. Karandinos (1976) ne ha proposto uno che indica il numero minimo di campioni richiesti per stimare correttamente la densità di una specie in campo:

$$N = Z/D^2 am^{(b-2)}$$

In cui il numero di campioni N dipende da entrambi i coefficienti a e b .

Il modello sequenziale di Green (1970), al contrario, elabora delle linee di arresto (stop lines) che permettono di interrompere il campionamento al raggiungimento di una determinata soglia dell'insetto in campo:

$$\ln(T) = (\ln D^2)/(b-2) + [(b-1)/(b-2)]\ln(n)$$

In questo caso il valore T, fissato il livello di precisione D, dipende esclusivamente dal coefficiente *b*.

Un diverso tipo di modello è stato elaborato da Wilson e Room (1983):

$$P(I) = 1 - \exp\{-x [\ln(ax^{(b-1)})(ax^{(b-1)} - 1) - 1]\}$$

In questo caso, viene stimata la frequenza di organi infestati a partire dalla densità di insetti per organo *x*.

Un altro modello di campionamento binomiale è quello proposto da Gerrard e Chiang (1970):

$$x = e^\alpha [-\ln(1-p)]^\beta$$

dove *p* è la frequenza di organi infestati, e α e β sono costanti. La differenza fra questi ultimi due modelli è che il primo è una funzione matematica che dipende dai parametri della legge di Taylor, mentre il secondo è una regressione derivata da dati reali (Burgio *et al.*, 1995).

Dalla letteratura disponibile, fra gli auchenorrhinchi una distribuzione di tipo aggregato è stata dimostrata per *Empoasca vitis* Goethe (Maixner, 2003), *Jacobyasca lybica* (Bergenin e Zanon) (Delrio *et al.*, 2001), *Perkinsiella saccharicida* Kirkaldy (Allisop e Bull, 1990), *M. pruinosa* (Alma *et al.*, 2005) e *Typhlocyba pomaria* McAtee (Beers e Jones, 2004).

BIBLIOGRAFIA

- Allisop P.G., Bull. R.M., 1990.** Sampling distribution and sequential sampling plans for *Perkinsiella saccharicida* Kirkaldy (Hemiptera: Delphacidae) and *Tythus* spp. (Hemiptera: Miridae) on sugarcane. Journal of Economic Entomology 83: 2284-2289.
- Alma A., Ferracini C., Burgio G., 2005.** Development of a Sequential Plan to Evaluate *Neodryinus typhlocybae* (Ashmead) (Hymenoptera: Dryinidae) Population Associated with *Metcalfa pruinosa* (Say) (Homoptera: Flatidae) Infestation in Northwestern Italy. Environmental Entomology 34: 819-824.
- Beers E. H., Jones V. P., 2004.** Fixed precision sampling plans for white apple leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) on apple. Journal of Economic Entomology 97: 1752-1755.
- Burgio G., Cornale R., Cavazzuti C., Pozzati M., 1995.** Spatial distribution and binomial sampling of *Sitobion avenae* (F.) and *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera Aphididae) infesting wheat in northern Italy. Bollettino dell'Istituto di Entomologia "G. Grandi" Università di Bologna 50: 15-27.
- Delrio G., Lentini A., Serra G., 2001.** Spatial distribution and sampling of *Jacobyasca lybica* on grapevine. Bulletin OILB/SROP 24: 211-216.
- Gerrard D.J., Chiang H.C., 1970.** Density estimation of corn rootworm egg populations based upon frequency of occurrence. Ecology 51: 237-245.
- Green R.H., 1970.** On fixed precision level sequential sampling. Residual Population Ecology 12: 249-251.
- Karandinos M.G., 1976.** Optimum sample size and comments on some published formulae. Bulletin of the Entomological Society of America 22: 417-421.
- Maixner M., 2003.** A sequential sampling procedure for *Empoasca vitis* Goethe (Homoptera: Auchenorrhyncha). Bulletin OILB/SROP 26: 209-215.
- Taylor L.R., 1961.** Aggregation, variance and the mean. Nature 189: 732-735.
- Taylor L.R., 1984.** Assessing and interpreting the spatial distribution of insect populations. Annual Review of Entomology 29: 321-357.
- Wilson L.T., Room P.M., 1983.** Clumping patterns of fruit and arthropods in cotton with implications for binomial sampling. Environmental Entomology 12: 50-54.

2 SCOPO DELLA RICERCA

S. titanus è un insetto di rilevante importanza economica, ed è presente in Europa ormai da più di 40 anni; tuttavia, alcuni aspetti della sua biologia non sono mai stati oggetto d'indagine. La ricerca è stata indirizzata in gran parte allo studio delle interazioni tra il fitoplasma ed il suo insetto vettore: sostanzialmente si è sempre guardato al binomio “*S. titanus* ed FD” come un tutt'uno, mentre venivano trascurati gli aspetti legati alla capacità di dispersione della cicalina ed ai fattori che la influenzano, tanto che molte nozioni in merito si basavano su informazioni non documentate.

Un altro aspetto importante che non è mai stato approfondito è quello legato al ruolo che i vigneti in stato di abbandono più o meno avanzato possono avere nella moltiplicazione e diffusione di *S. titanus* sul territorio. Questa problematica è particolarmente sentita in alcune zone del Piemonte, come la provincia di Asti, dove recentemente si osserva una recrudescenza nella diffusione della FD; tuttavia, non ci sono informazioni sufficienti a definire la pericolosità di tali ecosistemi.

Lo scopo della presente tesi è stato quindi quello di indagare sulla capacità di dispersione di *S. titanus* nell'ambito dell'agroecosistema vigneto e su alcuni dei fattori che la influenzano. Sono stati inoltre studiati altri aspetti della biologia del cicadellide, come il ciclo circadiano e le differenze del comportamento legate al sesso, che possono indirettamente avere una rilevanza nell'attività di volo. Sono state condotte indagini su diverse tecniche di campionamento in campo eventualmente impiegabili per i programmi di lotta integrata, quali la distribuzione spaziale degli stadi giovanili e l'influenza del colore della trappola nella cattura degli adulti. Infine, sono state effettuate indagini per accertare la presunta pericolosità dei vigneti in stato di abbandono per la diffusione del vettore. Alle prove effettuate in condizioni sperimentali si è affiancata una notevole attività di monitoraggio sul territorio, al fine di ottenere dei risultati che unissero all'aspetto prevalentemente scientifico un'utilità anche in campo applicativo. La presente tesi è stata realizzata utilizzando i dati relativi a cinque anni di sperimentazione, dal 2001 al 2005, nonostante il periodo effettivo dello svolgimento del Dottorato riguardasse solo il triennio 2003-2005.

3 MATERIALI E METODI

3.1 AREALE D'INDAGINE

I dati di campo sono stati raccolti nel periodo 2001-2005, in diversi vigneti del Piemonte e della Valle d'Aosta. Dal momento che prove diverse sono state condotte in vigneti diversi, per ogni singola prova verranno successivamente riportati gli anni ed i vigneti oggetto d'indagine. Di seguito viene elencato l'areale, suddiviso per province e comuni:

- Valle d'Aosta: Arnad, Aymavilles Chambave, Chatillon, Donnas, Issogne, Montjovet Meran, Nus, Saint Christophe Saint Pierre;
- Provincia di Alessandria: Ozzano Monferrato, Tortona;
- Provincia di Asti: Asti, Canelli, Castagnole Monferrato, Castellero, Castelnuovo don Bosco, Costigliole d'Asti, San Damiano d'Asti, Vesime, Viarigi;
- Provincia di Cuneo: Cossano Belbo, Perletto, S. Stefano Belbo, Treiso;
- Provincia di Torino: Caluso, Ivrea, Piverone, Prascorsano, Strambino, Valperga.

Nelle tabelle 2-6 sono indicate le caratteristiche dei vigneti oggetto d'indagine; la tipologia di gestione verrà definita meglio nel punto 3.4.10, che prende in considerazione l'influenza dell'agroecosistema vigneto sulla diffusione di *S. titanus*. In ogni vigneto, è stata identificata una parcella di 24 filari sulla quale sono stati effettuati i rilievi.

Inoltre, molte prove sono state condotte nel vigneto sperimentale della Facoltà di Agraria, a Grugliasco (TO). Il vigneto ha una superficie di 1555 m² ed è costituito da 18 filari di diversi vitigni, per un totale di circa 720 piante. La vegetazione circostante è costituita da un frutteto sperimentale (pomacee e drupacee), cereali vernini, tappeto erboso, conifere, querce e vegetazione spontanea varia. Il vigneto è diviso in due parti: la prima presenta un sesto regolare (120x120 cm), mentre la seconda ha una densità d'impianto più bassa dovuta a numerose fallanze sui filari (Fig. 7). In questo vigneto non vengono eseguiti trattamenti insetticidi.

Tabella 2. Vigneti oggetto d'indagine in provincia di Alessandria.

N	Comune	Altitudine (m slm)	Tipologia	Periodo
AL 1	Tortona	122	Abbandonato	2004
AL 2			Incolto	2004
AL 3	Ozzano Monferrato	246	Abbandonato	2004-2005
AL 4			Incolto	2005
AL 5			Trattato	2005

Tabella 3. Vigneti oggetto d'indagine in provincia di Asti.

N	Comune	Altitudine (m slm)	Tipologia	Periodo
AT 1	Castelnuovo Don Bosco	245	Trattato	2004-2005
AT 2	Asti	123	Non trattato	2004-2005
AT 3			Incolto	2005
AT 4	Castagnole Monferrato	232	Trattato	2004-2005
AT 5			Trattato	2004-2005
AT 6			Incolto	2004-2005
AT 7			Trattato	2004-2005
AT 8			Incolto	2005
AT 9	Castellero	247	Non trattato	2004-2005
AT 10	Viarigi	252	Trattato	2004-2005
AT 11			Incolto	2004
AT 12	Canelli	157	Non trattato	2003-2005
AT 13	Costigliole d'Asti	242	Abbandonato	2004-2005
AT 14			Incolto	2004
AT 15			Trattato	2004
AT 16	San Damiano d'Asti	179	Trattato	2004-2005
AT 17			Non trattato	2004
AT 18			Abbandonato	2004
AT 19	Vesime	225	Trattato	2004-2005
AT 20			Incolto	2004

Tabella 4. Vigneti oggetto d'indagine in provincia di Cuneo.

N	Comune	Altitudine (m slm)	Tipologia	Periodo
CN 1	Cossano Belbo	244	Trattato	2003-2005
CN 2	S. Stefano	170	Non trattato	2003-2005
CN 3	Belbo		Trattato	2003-2005
CN 4	Treiso	410	Non trattato	2001-2004
CN 5	Perletto	446	Trattato	2005
CN 6			Trattato	2005

Tabella 5. Vigneti oggetto d'indagine in provincia di Torino.

N	Comune	Altitudine (m slm)	Tipologia	Periodo
TO 1	Caluso	303	Non trattato	2005
TO 2			Non trattato	2005
TO 3			Non trattato	2005
TO 4	Ivrea	253	Non trattato	2005
TO 5	Piverone	295	Non trattato	2005
TO 6			Non trattato	2005
TO 7	Prascorsano	590	Non trattato	2005
TO 8	Strambino	240	Non trattato	2005
TO 9			Non trattato	2005
TO 10			Non trattato	2005
TO 11	Valperga	385	Non trattato	2005

Tabella 6. Vigneti oggetto d'indagine in Valle d'Aosta.

N	Comune	Altitudine (m slm)	Tipologia	Periodo
AO 1	La Salle	1001	Non trattato	2002-2005
AO 2	Morgex	923	Non trattato	2002-2004
AO 3	Arnad	361	Non trattato	2002-2005
AO 4	Issogne	387	Non trattato	2002-2005
AO 5	Montjovet Meran	406	Non trattato	2002-2004
AO 6	Aymavilles	640	Trattato	2002-2004
AO 7		640	Trattato	2002-2004
AO 8	Saint Pierre	731	Trattato	2002-2004
AO 9	Nus	529	Non trattato	2002-2004
AO 10	Saint Christophe	619	Non trattato	2002-2005
AO 11	Chambave	486	Non trattato	2002-2004
AO 12	Chatillon	549	Non trattato	2002-2004
AO 13	Donnas	322	Trattato	2002-2004
AO 14	Aosta	583	Trattato	2002-2004

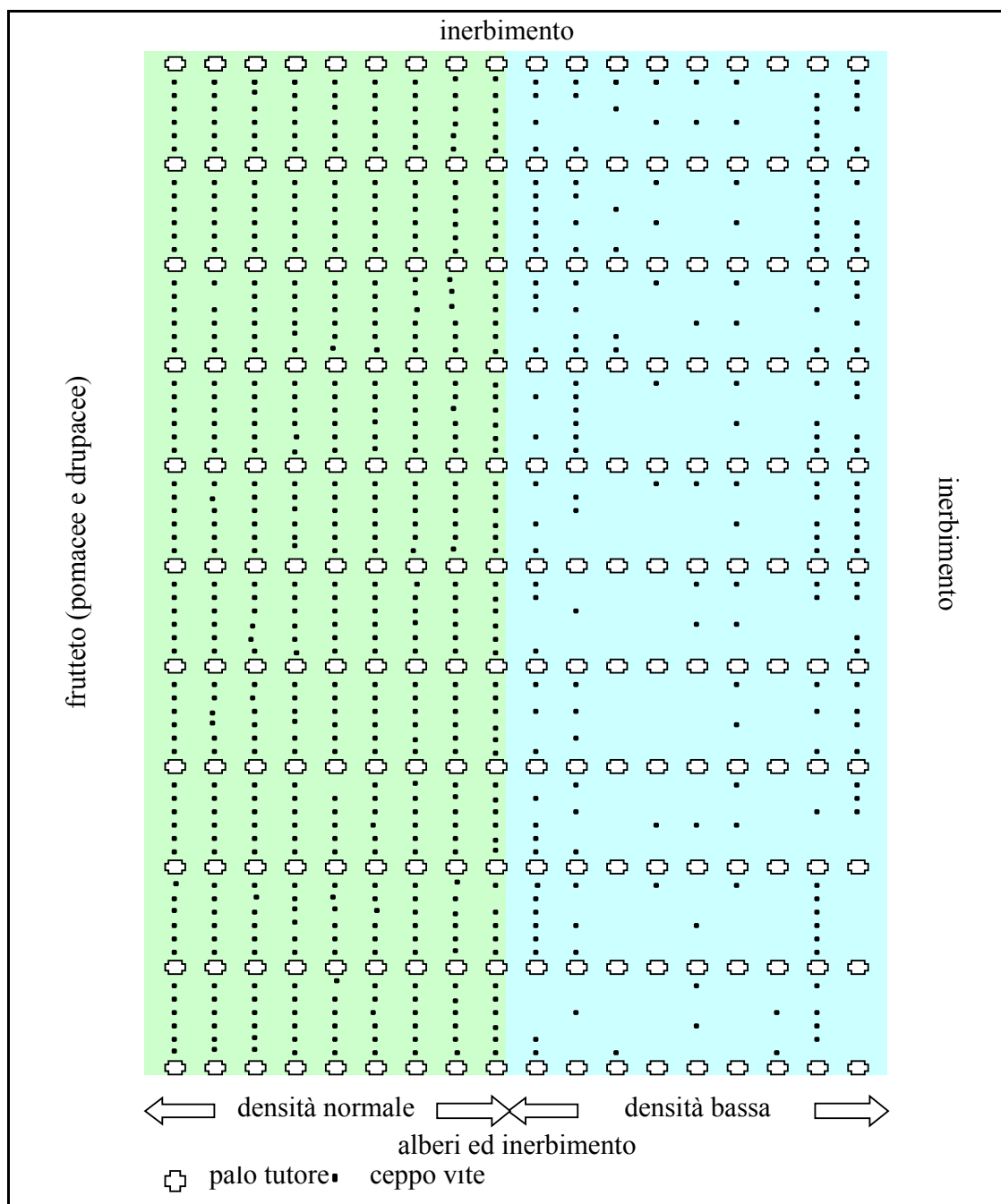


Figura 7. Schema del vigneto sperimentale della Facoltà di Agraria a Grugliasco.

3.2 RILIEVI DI CAMPO

3.2.1 RILIEVI SUGLI STADI GIOVANILI

Gli stadi giovanili di *S. titanus* sono stati rilevati direttamente in campo, mediante conteggi visivi sulle foglie. In ciascun vigneto sono stati effettuati da 2 a 4 rilievi, tra la terza decade di maggio e la prima decade di luglio, in funzione del ciclo biologico del cicadellide (Vidano, 1964). Ad ogni rilievo, sono stati conteggiati i giovani su 5 foglie per pianta, scelte fra quelle in prossimità del ceppo o del legno di almeno due anni, che sono le prime ad essere colonizzate; fa eccezione la prova relativa alla distribuzione verticale degli stadi giovanili sulla chioma della vite (descritta al punto 6).

3.2.2 RILIEVI SUGLI ADULTI

Per molte prove sono state utilizzate trappole adesive gialle (Temo-o-cid® o Glutor®) (Fig. 8A), con la colla presente su entrambe le facce. Ove non diversamente specificato (e.g. prova di cromotassia), parlando di trappole ci si riferirà alle trappole gialle. Le dimensioni originali erano di cm 40x25, tuttavia in alcuni casi si è preferito tagliarle in due, ottenendo così trappole di cm 20x25, dal momento che le dimensioni della trappola, entro certi limiti, non influiscono sulla sua attrattività (Southwood *et al.*, 1978; Pavan *et al.*, 2005). Per la prova effettuata in Valle d'Aosta, data l'elevata ventosità della regione, sono state utilizzate invece trappole Rebell® Amarillo, cm 20x25 (Fig. 8B).



Figura 8. Trappole cromotattiche gialle utilizzate in vigneto. A: Glutor® giallo. B: Rebell® Amarillo.

Le trappole cromotattiche utilizzate nelle diverse prove sono state installate all'inizio di luglio e sostituite ogni 10 giorni, fino alla fine di settembre. Ove non diversamente specificato, le trappole sono state fissate ai filari verticalmente, utilizzando filo di ferro ricoperto, legando accuratamente entrambe le estremità per evitare che si staccassero a causa del vento (questo problema è stato particolarmente ricorrente nei vigneti della Valle d'Aosta). Al momento della sostituzione, le trappole vecchie venivano avvolte con uno strato di film plastico trasparente per evitare di danneggiare gli insetti catturati sovrapponendo trappole diverse.

Nel periodo di massima presenza in campo di *S. titanus* (dalla metà di luglio alla fine di agosto) sono state inoltre eseguite catture con un retino entomologico (diametro 40-50 cm) (Fig. 9A). I campionamenti duravano generalmente 15-20 minuti per vigneto; nei vigneti sottoposti a trattamenti insetticidi le catture risultavano spesso scarse e nulle. Gli esemplari catturati venivano prelevati ad uno ad uno dal retino con l'aspiratore (Fig. 9B) e mantenuti in provette (8x60), chiuse da un tappo di cotone: ogni provetta conteneva al massimo 10 adulti, ed assieme veniva posto un pezzo di foglia di vite per mantenere l'umidità. Le provette erano mantenute in una borsa refrigerata (+6°C circa) fino all'arrivo in laboratorio.



Figura 9. Raccolta degli adulti di *S. titanus* con il retino entomologico. A: operazioni di retinaggio. B: aspiratore.

3.3 ESAMI IN LABORATORIO

3.3.1 ALLEVAMENTI

Per ottenere individui adulti di *S. titanus*, è stato utilizzato materiale di potatura proveniente da vigneti non sottoposti a trattamenti insetticidi (TO 7-11). Il materiale era costituito in genere da legno di due anni, che viene scelto dalle femmine per deporre le uova. La raccolta è avvenuta prevalentemente alla fine dell'inverno (febbraio-marzo), al termine delle operazioni aziendali di potatura (Figg. 10A, B): i tralci potati e lasciati a terra sono stati raccolti a caso, tagliati ad una lunghezza di 30 cm circa e trasportati in laboratorio. Nei primi due anni, la conservazione è stata fatta in cella frigorifera (+4°C), mentre nel 2005 il materiale è stato mantenuto all'aperto, sotto una tettoia ed all'interno di cassette in plastica areate (Fig. 10C), e periodicamente bagnato per evitare l'eccessiva disidratazione del materiale vegetale e delle uova.



Figura 10. Raccolta del materiale di potatura per l'allevamento in laboratorio di *S. titanus*. A: vigneto non trattato alla fine delle operazioni di potatura invernale. B: residui di potatura presenti nell'interfilare. C: stoccaggio all'aperto del materiale di potatura, costituito da legno di due anni. D: isolatore utilizzato per la schiusura controllata delle uova.

Successivamente, tra la metà di marzo e la metà di aprile, è iniziata la forzatura dei tralci per ottenere la schiusura delle uova. Nel 2002-2004 sono state utilizzate gabbiette cubiche (cm 50x50x40) costruite in plexiglass e rete escludi-insetto (maglie di 1 mm), dotate di coperchio e di due maniche laterali per la manipolazione degli insetti, e poste su viti in vaso. Le gabbiette con i tralci all'interno sono state collocate in cella climatica ($T=25^{\circ}\text{C}$, $\text{UR}=65\%$, fotoperiodo 16:8). Nel 2005 invece è stato costruito un isolatore massale (cm 150x150x100) formato da un telaio metallico e da una rete escludi-insetto, dotato di apertura a cerniera (Fig. 10D), nel quale sono stati posti i tralci e 4-6 piante di vite in vaso. L'isolatore è stato inizialmente posto in serra, e successivamente spostato all'aperto sotto una tettoia ombreggiante all'inizio di luglio, quando le temperature all'interno della serra hanno cominciato ad essere troppo elevate. I tralci e le viti venivano bagnati settimanalmente.

L'isolatore massale si è dimostrato di più facile gestione rispetto alle gabbiette, potendo ospitare una maggior quantità di legno di potatura; tuttavia, gli esemplari di *S. titanus* dovevano essere periodicamente rimossi al raggiungimento della IV-V età e spostati in gabbiette più piccole con viti in vaso, dato che risultava difficile prelevare gli adulti, molto più mobili, in un ambiente così grande. Gli adulti così ottenuti sono stati prelevati dalle gabbiette utilizzando un aspiratore entomologico ed una provetta (mm 8x60).

3.3.2 CONTEGGIO ED IDENTIFICAZIONE DEGLI ADULTI SULLE TRAPPOLE

Le trappole rimosse sono state conservate in congelatore ($T=-20^{\circ}\text{C}$), avvolte da uno strato di film plastico trasparente ed opportunamente etichettate. Successivamente, gli adulti di *S. titanus* catturati sono stati identificati e divisi in base al sesso attraverso l'osservazione con uno stereomicroscopio (25x), e successivamente cerchiati sulla trappola stessa con un pennarello indelebile e conteggiati.

3.4 ELABORAZIONE DATI

I dati raccolti sono stati analizzati con il programma SigmaStat® 2.0 (Jandel Scientific Software, 1995). I diversi tipi di test eseguiti verranno indicati volta per volta nelle singole prove.

3.4.1 DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEI GIOVANI NEL VIGNETO

La distribuzione spaziale degli stadi giovanili è stata studiata attraverso la legge di Taylor (1961, 1984), considerando ogni pianta come una singola ripetizione. Sono stati utilizzati i dati provenienti da 20 campionamenti effettuati dal 2002 al 2004 (vigneti AL 1, AT 2, 4, 9, 10, 12-16, 19, 20; CN 1-4); ad ogni campionamento sono state osservate da 20 a 50 piante. I coefficienti a e b sono stati calcolati attraverso la regressione della varianza sulla media per ogni singolo campionamento, in anni ed epoche di campionamento diverse. Le regressioni sono state sottoposte ad un test di parallelismo (Sokal e Rohlf, 1995) attraverso l'analisi della covarianza (ANCOVA) sui dati ottenuti in diversi anni ed in diversi periodi della stagione. I coefficienti della legge di Taylor sono quindi stati utilizzati per calcolare il numero minimo dell'unità campionaria secondo Karandinos (1976) e Green (1970). Per il primo sono stati usati tre livelli di precisione: 0,30, 0,20 e 0,10; per il secondo la precisione preimpostata è stata di 0,25 e 0,10 (Lessio e Alma, 2006).

Il modello sequenziale di Green è stato sottoposto a validazione, utilizzando 44 set di dati di campo aggiuntivi ed indipendenti raccolti nel 2005 (vigneti AL 1, 3; AT 1-12, 16-20; CN 1-3, 5, 6; TO 1-6, 8-10) (Lessio e Alma, 2006). In questo caso, sono state osservate 100 piante ad ogni campionamento. La validazione è stata fatta secondo la tecnica del ri-campionamento, utilizzando il programma RVSP (Resampling Validation for Sample Plans) elaborato da Naranjo e Hutchison (1997). Le simulazioni sono state eseguite per 500 volte senza sostituzione, impostando una dimensione campionaria minima di 10, ad un livello prefissato di precisione di 0,25 (ideale per la lotta integrata) e 0,10 (ideale per scopi di ricerca) (Southwood *et al.*, 1978).

3.4.2 DISTRIBUZIONE DEI GIOVANI SUL PROFILO DELLA CHIOMA

Nel periodo 2004-2005 (vigneti AT 2, 12-16; CN 1-3; AO 3-4), sono stati effettuati rilievi sull'altezza occupata dai giovani di *S. titanus* nel profilo vegetazionale della vite. Alle osservazioni su 5 foglie basali per pianta se ne sono aggiunte altrettante in posizione mediana (in prossimità del legno dell'anno) ed apicale (su tralci e femminelle) (Fig. 11). Sono stati effettuati due rilievi: il primo entro la prima decade di giugno, il secondo entro la fine di giugno. I dati sono stati sottoposti all'analisi della varianza a due vie (two-way ANOVA) seguita dal test di Tukey, impostando come fattori discriminanti le diverse altezze nella chioma ed i diversi periodi di rilievo, e considerando ogni singolo vigneto come una ripetizione.



Figura 11. Altezza della vite in cui sono stati effettuati i rilievi sugli stadi giovanili. A: posizione basale, foglie vicine al ceppo; B: posizione mediana, foglie vicine al legno dell'anno; C: posizione apicale, tralci e femminelle.

3.4.3 ALTEZZA DI VOLO DEGLI ADULTI

L'altezza di volo degli adulti all'interno ed all'esterno della chioma della vite è stata studiata nel biennio 2001-2002 (vigneto CN 4). In ogni vigneto sono state poste 10 trappole gialle verticalmente sui filari, ad un'altezza di 150-180 cm; altrettante sono state poste orizzontalmente a 240 cm di altezza, utilizzando pali in legno muniti di tavoletta (Fig. 12), in modo da catturare esclusivamente gli insetti che volavano al di sopra di tale fascia.

Nel 2004 è stata eseguita un'altra prova nel vigneto sperimentale della Facoltà di Agraria, posizionando 9 trappole in 3 diverse posizioni all'interno della chioma: 90, 120 e 180 cm dal suolo.

I dati sono stati sottoposti all'analisi della varianza ad una via (one-way ANOVA) seguita dal test di Tukey, impostando come fattore discriminante le diverse altezze delle trappole, e considerando ogni trappola come una ripetizione.



Figura 12. Trappola posizionata al di sopra della chioma della vite. A: posizionamento nel vigneto. B: particolare della tavoletta sul palo.

3.4.4 DISTRIBUZIONE DEGLI ADULTI IN FUNZIONE DEL SESTO D'IMPIANTO E SPOSTAMENTO ORIZZONTALE

L'influenza del sesto d'impianto sulla presenza degli adulti di *S. titanus* è stata studiata nel vigneto sperimentale della Facoltà di Agraria, a Grugliasco, dal 2001 al 2004. Sono state disposte 22 trappole, di cui 8 nella zona a sesto regolare, 8 in quella a sesto irregolare, e 6 all'esterno di cui 4 a 12 m e 2 a 24 m di distanza. Le catture di maschi e femmine nelle tre diverse zone sono state sottoposte ad analisi della varianza (one-way ANOVA) e test di Tukey; inoltre, per il periodo 2001-2002 è stata calcolata la correlazione lineare tra il numero di piante al metro quadrato e gli adulti catturati, sia maschi che femmine.

Nel periodo 2004-2005 (vigneti AL 1, 4, 5; AT 5-11, 13-20) è stata eseguita una prova sulla capacità di spostamento orizzontale degli adulti, posizionando 3 trappole sia all'interno che sul confine delle parcelle oggetto di prova. Anche in questo caso, i dati ottenuti sono stati sottoposti ad analisi della varianza (one-way ANOVA) per verificare eventuali discrepanze tra l'interno ed il confine della parcella che potessero indicare una certa attività di ricolonizzazione da parte di *S. titanus* in vigneti normalmente sottoposti a trattamenti insetticidi.

3.4.5 PROVA DI MARCATURA

Per verificare la capacità di dispersione degli adulti di *S. titanus*, nel vigneto sperimentale di Grugliasco è stata condotta una prova secondo la tecnica del rilascio e successiva cattura di individui marcati (mark-release-recapture). Gli adulti da utilizzare nella prova sono stati ottenuti dagli allevamenti di uova in laboratorio, oppure catturati con il retino entomologico nel vigneto stesso.

Per la marcatura è stata usata una polvere fluorescente arancione DayGlo® (Cleveland, Ohio), già utilizzata in altre prove su auchenorrinchi (Fig. 13) (Power, 1992). Lavorando sotto cappa aspirante, le cicaline venivano poste in provette di vetro (mm 8x60) chiuse da un tappo di cotone, nelle quali veniva aggiunto circa 1 mL di polvere; quindi la provetta veniva agitata delicatamente finché tutti gli individui non risultavano colorati.



Figura 13. Polvere fluorescente DayGlo® utilizzata nella prova di marcatura.

Prima di procedere alla prova su *S. titanus*, è stata eseguita una prova preliminare su *Euscelidius variegatus* (Kirschbaum): in una gabbietta con una pianta di fava in vaso sono stati posti 40 adulti, di cui 20 colorati con la polvere fluorescente ed altrettanti non colorati che fungevano da testimone; settimanalmente, sono stati annotati gli individui morti dei due rispettivi gruppi.

Per la cattura, sono state posizionate in vigneto 162 trappole, per una densità di 0,65 trappole/m². Gli esemplari colorati sono stati tolti dai provettoni ed immessi inizialmente in una gabbietta con una pianta di vite in laboratorio; successivamente, la gabbietta è stata posta al centro del vigneto e lasciata aperta per consentire alle cicaline di uscire: tale accorgimento aveva lo scopo di impedire che la manipolazione influenzasse in qualche modo l'attività di volo degli adulti, ed era già stato adottato per una prova su *M. quadrilineatus* (Zhou *et al.*, 2003).

Le trappole sono state inizialmente ispezionate ad occhio nudo, direttamente in campo, per due settimane, effettuando una lettura quotidiana per cinque giorni consecutivi; successivamente, sono state rimosse e sostituite. Una seconda lettura è stata fatta in laboratorio, utilizzando un visore a raggi ultravioletti ed uno stereomicroscopio.

I dati raccolti sono stati analizzati secondo la distribuzione di Gumbel (Zhou *et al.*, 2003; Nadarajah e Kotz, 2004) per stimare la dispersione parallela alla direzione del vento:

$$P = \exp(-\exp[-(x-a)/b])$$

in cui P è la probabilità cumulativa di dispersione, x è la distanza parallela alla direzione del vento, $a = 2,45 * s / \pi$ (s=deviazione standard della popolazione), e $b = m - 0,5772 * a$ (m=media della popolazione).

La probabilità di distribuzione normale cumulativa è stata applicata invece per stimare la probabilità di dispersione perpendicolare al vento (Zhou *et al.*, 2003):

$$P' = 1 / \text{radq}[2 \pi s^2 * \exp(-y^2/2s^2)]$$

dove s² è la varianza della popolazione e y è la distanza perpendicolare al vento.

In entrambi i casi, le frequenze attese sono state confrontate con quelle osservate mediante il test di Kolmogorov-Smirnov per la bontà dell'adattamento (Sokal e Rohlf, 1995).

3.4.6 ATTIVITÀ DI VOLO ORARIA ED INFLUENZA DI TEMPERATURA ED UMIDITÀ RELATIVA

Nel vigneto sperimentale della Facoltà di Agraria è stata eseguita la prova relativa all'attività di volo oraria di *S. titanus*. 16 trappole sono state controllate per 5 giorni consecutivi ogni 3 ore, dalle 8 alle 18 (ora legale); ad ogni controllo, venivano annotate le catture di *S. titanus* e gli individui catturati venivano rimossi o segnati con un pennarello indelebile, in modo da non conteggiare due volte gli stessi insetti; nel 2005, il rilievo è stato effettuato con le stesse modalità ma è stata aggiunta una lettura alle 21.

I dati meteorologici sono stati ricavati dalla stazione meteorologica della Facoltà di Agraria, situata a 30 m dal vigneto, dotata di piranografo per la misura della radiazione, e di termoigrografo per quella di temperatura ed umidità relativa. I dati giornalieri di temperatura (minima e massima) ed umidità relativa (minima e massima) rilevati dal 2002 al 2004 sono stati messi in relazione mediante regressione lineare con le catture rilevate negli stessi giorni, per un periodo di tre settimane durante il picco di volo di *S. titanus*.

3.4.7 INFLUENZA DEL MICROCLIMA

Nel vigneto sperimentale della Facoltà di Agraria sono state misurate, per mezzo di rilevatori di microclima HOBO® (Fig. 14), la temperatura e l'umidità relativa ad intervalli orari in corrispondenza di due trappole poste in zone a diversa densità di chioma. I dati sono stati misurati durante il periodo di presenza degli adulti, dalla metà di luglio alla fine di settembre. Tali dati sono stati quindi confrontati tra loro mediante analisi della varianza (one-way ANOVA) e con il numero di adulti catturati dalle rispettive trappole, al fine di determinare l'eventuale effetto del microclima sulla presenza di *S. titanus*.



Figura 14. Rilevatore Hobo® utilizzato per la prova dell'influenza del microclima.

3.4.8 PROVA DI CROMOTASSIA

Nel periodo 2002-2004 (vigneto CN 4 e sperimentale) è stata effettuata una prova di attrattività di trappole di colore diverso nei confronti degli adulti di *S. titanus*. Sono stati confrontati quattro colori: giallo, bianco, blu e rosso. Ad ogni cambio, le trappole di colore diverso sono state scambiate per minimizzare l'effetto dovuto alla posizione della trappola stessa (Fig. 15).

Per il giallo sono state utilizzate le stesse trappole delle altre prove (Temo-o-cid® o Glutor®); per il blu sono state impiegate trappole utilizzate normalmente per il monitoraggio dei tisanotteri (Temo-o-cid® o Glutor®); per il bianco ed il rosso sono state utilizzate trappole fatte con piatti di plastica (superficie 400 cm²) e colla Temo-o-cid®, costituita dallo stesso principio attivo della colla delle trappole (clorfacinone 0,05) ed applicata a pennello; nel 2004, per il bianco sono state utilizzate trappole per il monitoraggio dei tentredinidi (Super Color®). Le diverse dimensioni delle trappole, in questo caso peraltro minime, non influiscono comunque sulle catture (Pavan *et al.*, 2005). I dati ottenuti sono stati sottoposti ad analisi della varianza (one-way ANOVA): per l'analisi statistica sono state calcolate le catture riferite a 100 cm², prima della trasformazione in radice quadrata; per il calcolo della superficie catturante sono state considerate entrambe le facciate.

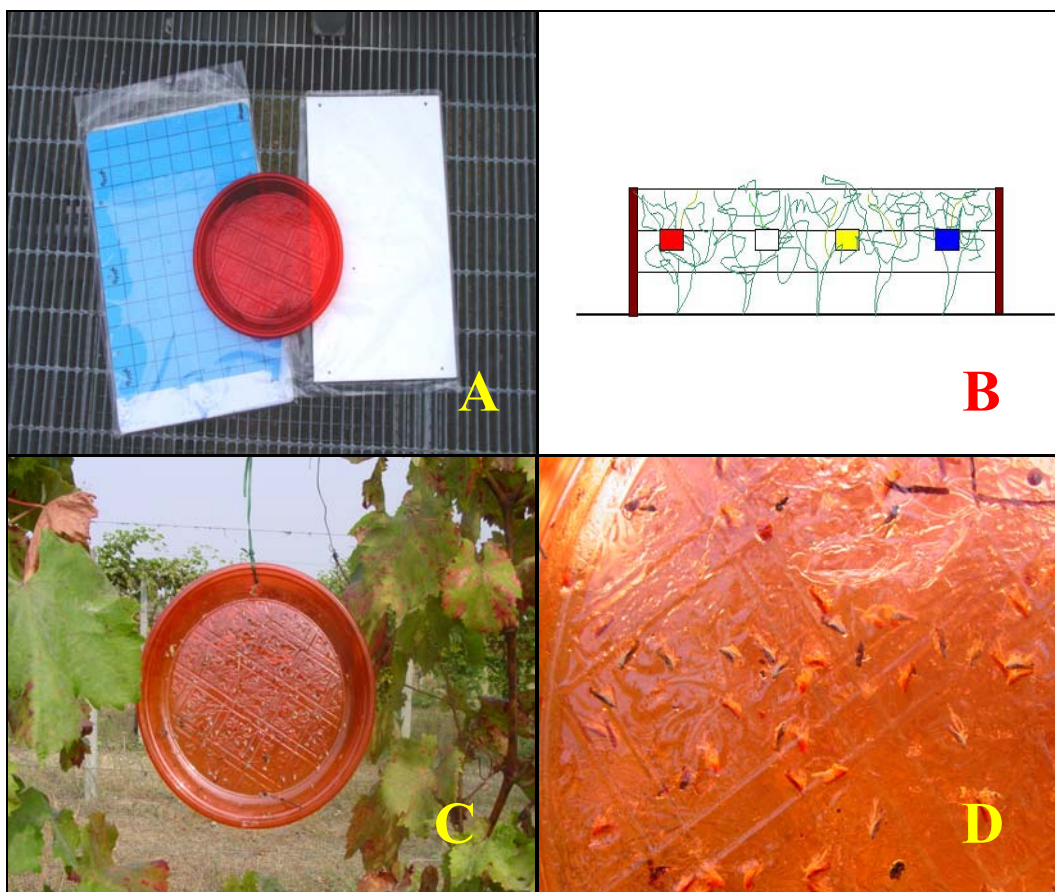


Figura 15. Prova di cromotassia. A: trappole blu, bianche e rosse utilizzate nella prova. B: schema del posizionamento in campo. C: trappola rossa in vigneto. D: adulti di *Scaphoideus titanus* Ball catturati sulla trappola rossa.

3.4.9 SEX RATIO

Le differenze al livello di *sex ratio* per *S. titanus* sono state ricercate per tre diverse tecniche di campionamento: catture con trappole cromotattiche, catture di adulti con retino entomologico, ed adulti ottenuti in laboratorio sia dall'allevamento di uova presenti nei tralci, sia dall'allevamento di neanidi raccolte direttamente in campo.

I dati di campo sono stati ottenuti da tutti i vigneti in prova non sottoposti a trattamenti insetticidi, in modo da non falsare un'eventuale disparità stagionale dovuta ad una pressione selettiva. La *sex ratio* ottenuta per i diversi metodi di campionamento è stata espressa attraverso la percentuale di maschi ottenuti o catturati. I dati sono stati analizzati mediante z-test.

3.4.10 INFLUENZA DELL'AGROECOSISTEMA VIGNETO

Nel biennio 2004-2005 (vigneti AL 1-5; AT 2-20) è stata studiata l'influenza della gestione del vigneto sulla presenza di *S. titanus*. I vigneti oggetto d'indagine sono stati distinti in 4 categorie principali:

- Tipo 1 (trattato): vigneti coltivati, sottoposti a regolari trattamenti previsti da decreto di lotta obbligatoria;
- Tipo 2 (non trattato): vigneti coltivati, ma non sottoposti a trattamenti previsti dal decreto di lotta obbligatoria;

- Tipo 3 (abbandonato): vigneti abbandonati da un periodo variabile approssimativamente tra i 3 ed i 5 anni, in cui fossero ancora riconoscibili i filari, ed in cui la vite (*V. vinifera*) fosse sempre dominante rispetto alla vegetazione colonizzatrice (prevalentemente erbacea) (Fig. 16A);
- Tipo 4 (incolto): incolti con presenza di *Vitis* spp., derivanti da ex-vigneti abbandonati da almeno 10 anni, in cui si fosse sviluppata un'abbondante vegetazione spontanea anche arbustiva ed arborea, ed in cui la vite fosse presente solo sporadicamente e rappresentata prevalentemente da ricacci di vite americana dal portinnesto (Fig. 16B).

L'indagine è stata condotta di anno in anno in siti diversi, dato che molti vigneti abbandonati ed incolti sono stati estirpati nel corso della stagione; nei diversi anni, ogni vigneto è stato considerato come una ripetizione per l'analisi statistica.



Figura 16. Vigneto abbandonato (A) ed incolto con vite adiacente a vigneto coltivato (B).

3.4.11 INFLUENZA DELL'ALTITUDINE

Dal 2002 al 2004 (vigneti AO 1-14) è stata condotta un'indagine sulla diffusione di *S. titanus* in Valle d'Aosta per verificarne la diffusione in base all'altitudine nel contesto di una viticoltura di montagna. Sono stati scelti 14 vigneti, dei quali 7 situati nella Bassa Valle (dal confine con il Piemonte ad Aosta) ed altrettanti nell'Alta Valle (da Aosta a Morgex) (Tabella 5). In ogni vigneto sono stati effettuati rilievi sulla presenza degli adulti di *S. titanus* con trappole cromotattiche gialle (3 per vigneto). I dati sono stati sottoposti ad analisi della varianza a due vie (two-way ANOVA) per verificare eventuali differenze significative dovute a diverse località ed annate sulla diffusione dell'insetto vettore; inoltre è stata effettuata una correlazione lineare tra l'altitudine e la densità di popolazione di *S. titanus* rilevata durante il triennio di prova.

BIBLIOGRAFIA

- Green R.H., 1970.** On fixed precision level sequential sampling. *Residual Population Ecology* 12: 249-251.
- Jandel Scientific Software, 1995.** SigmaStat® 2.0 User's Manual (Jandel Scientific Software, San Rafael, CA, USA).
- Karandinos M.G., 1976.** Optimum sample size and comments on some published formulae. *Bulletin of the Entomological Society of America* 22: 417-421.
- Nadarajah S., Kotz S., 2004.** The beta Gumbel distribution. *Mathematical Problems in Engineering* 4: 323-332.
- Naranjo S.E., Hutchison W. D., 1997.** Validation of arthropod sampling plans using a resampling approach: software and analysis. *American Entomologist* 43: 48-57.

- Pavan F., Stefanelli G., Villani A., Mori N., Posenato G., Bressan A., Girolami V., 2005.** Controllo della Flavescenza dorata attraverso la lotta contro il vettore *Scaphoideus titanus* Ball. In: Flavescenza dorata e altri giallumi della vite in Toscana e in Italia, Quaderno ARSIA Toscana 3: 91-108.
- Power A. G. 1992.** Host plant dispersion, leafhopper movement and disease transmission. *Ecological Entomology* 17: 63-68.
- Sokal, R. R., Rohlf F.J., 1995.** Linear regression. In: *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research* (ed. Freeman & co., New York, NY): 451-554.
- Southwood T.R.E., 1978.** *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations* (ed. Chapman & Hall, London).
- Taylor L.R., 1961.** Aggregation, variance and the mean. *Nature* 189: 732-735.
- Taylor L.R., 1984.** Assessing and interpreting the spatial distribution of insect populations. *Annual Review of Entomology* 29: 321-357.
- Vidano C., 1964.** Scoperta in Italia dello *Scaphoideus littoralis* Ball cicalina americana collegata alla "Flavescence dorée" della Vite. *L'Italia Agricola* 101: 1031-1049.
- Zhou L., Hoy C.W., Miller S.A., Nault L.R., 2003.** Marking methods and field experiments to estimate aster leafhopper (*Macrostelus quadrilineatus*) dispersal rates. *Environmental Entomology* 32: 1177-1186.

4 RISULTATI

4.1 RILIEVI SUGLI STADI GIOVANILI

4.1.1 DISTRIBUZIONE SPAZIALE NEL VIGNETO

Nel periodo 2002-2004 il numero medio di giovani di *S. titanus* per pianta è variato da 0,17 a 7,80. Dato che non sono state trovate differenze significative tra i coefficienti angolari riferiti a diversi anni o diversi periodi dell'anno, è stata utilizzata la regressione lineare per calcolare i parametri della legge di Taylor (Fig. 17). La pendenza è risultata significativamente > 1 ($b=1,49$; $R^2=0,96$; $t = 20,68$; $df = 1, 18$; $P<0,001$), che indica una distribuzione di tipo aggregato.

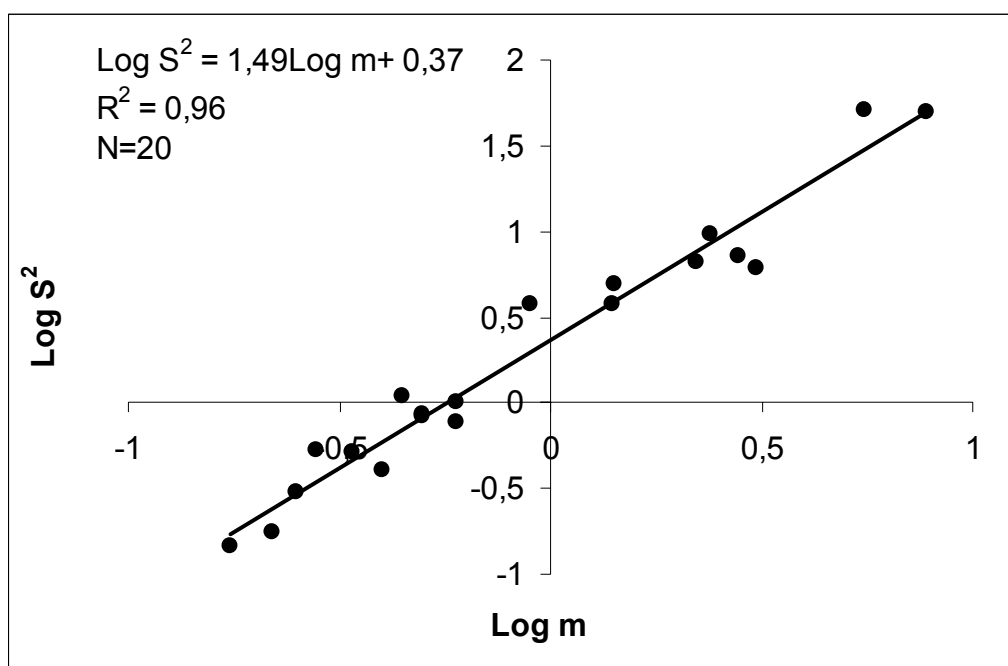


Figura 17. Regressione di Taylor (1984) calcolata per gli stadi giovanili di *Scaphoideus titanus* Ball.

Dai coefficienti della legge di Taylor sono state ricavate le curve di dimensione minima del campione (Karandinos, 1976): per una densità media di 0,20 giovani per pianta è necessario un campione di 32 piante per $D=0,30$, e di 72 piante per $D=0,20$; data la stessa densità dell'insetto vettore, un livello di precisione $D=0,10$ richiede il conteggio su 292 piante (Fig. 18). Il programma di campionamento sequenziale di Green (1970) indica che, sempre per una densità di 0,20 giovani per pianta, i conteggi possono essere interrotti dopo aver osservato 7 ninfe, per una precisione di $D=0,25$, mentre per $D=0,10$ il campionamento può essere interrotto dopo l'osservazione di 469 ninfe, denotando una bassa praticità (Fig. 19).

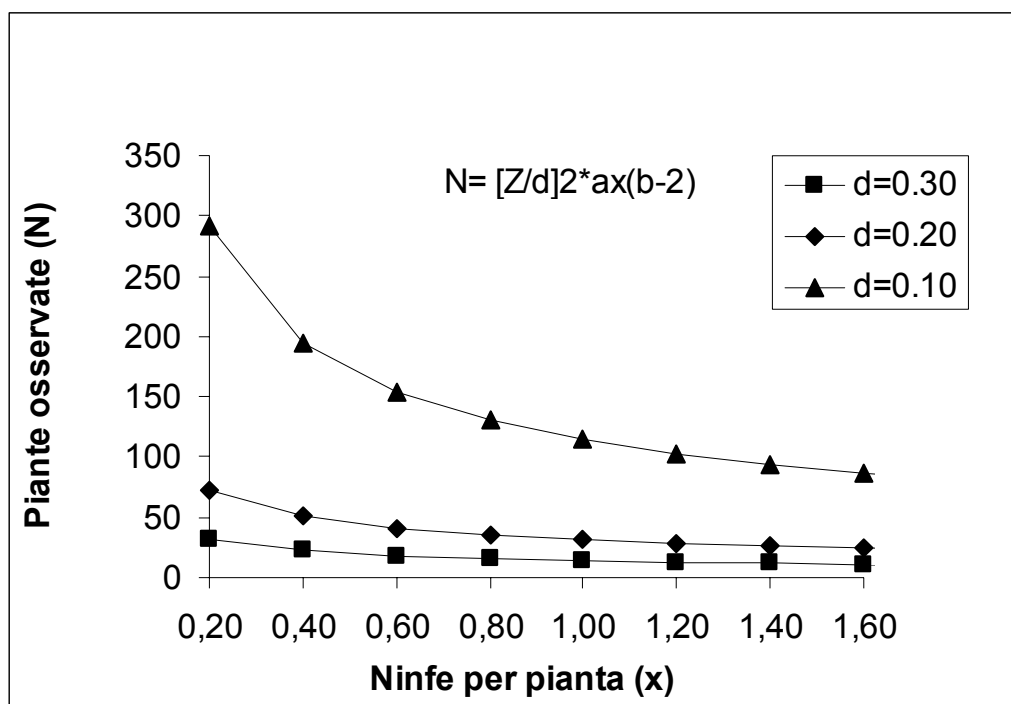


Figura 18. Minima dimensione campionaria calcolata per gli stadi giovanili di *Scaphoideus titanus* Ball secondo l'equazione di Karandinos (1976).

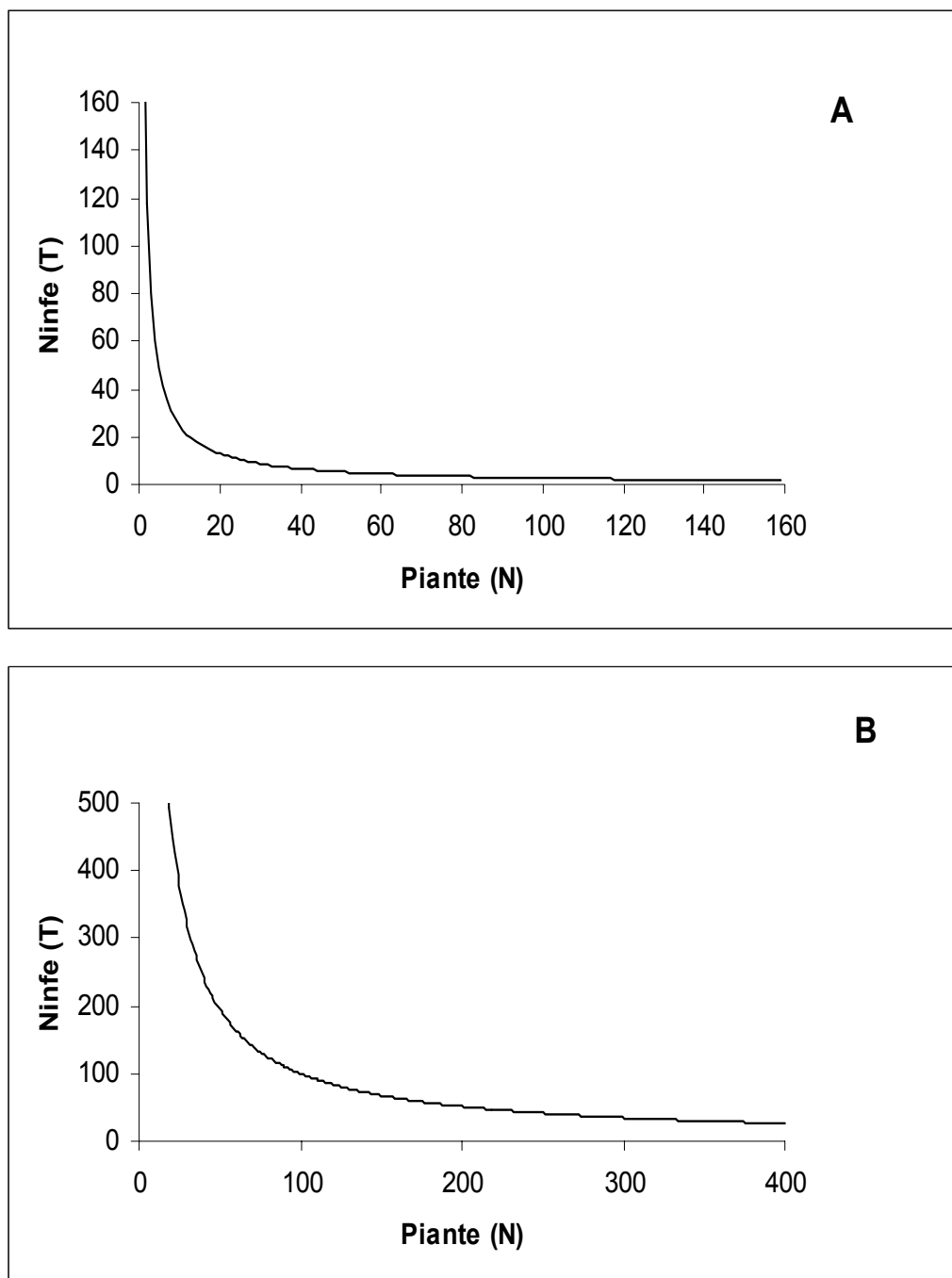


Figura 19. Funzione sequenziale di Green (1970) calcolata per gli stadi giovanili di *Scaphoideus titanus* Ball, per un livello di precisione $D=0,25$ (A) e $D=0,10$ (B).

Le simulazioni con RVSP (Naranjo e Hutchinson, 1997) hanno prodotto un livello medio di precisione dello 0,24, molto simile a quello prefissato di 0,25. In media, il modello ha funzionato meglio del previsto, e solo in alcuni casi la precisione ottenuta è stata inferiore; il numero medio di campioni è stato di 50 piante, con un intervallo di 24-90. Eseguendo le simulazioni con $D=0,10$, è stato ottenuto lo stesso livello di precisione $D=0,10$, nonostante in molti casi il modello abbia funzionato peggio del previsto; tuttavia, questo non deve sorprendere dato che le simulazioni sono state eseguite con

sostituzione; il numero medio dell'unità campionaria per il raggiungimento dello stop è stato di 398 piante (Figg. 20-21).

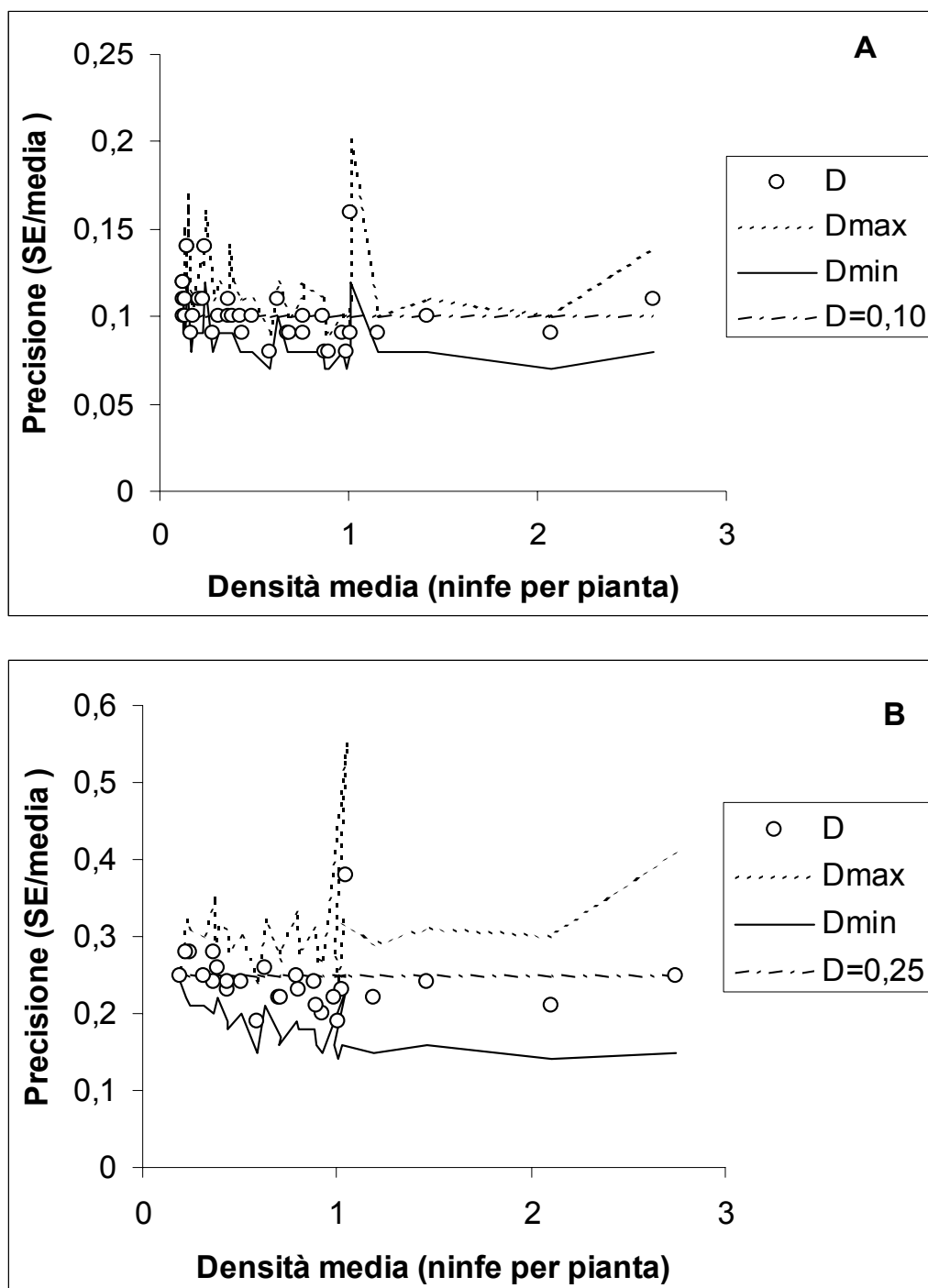


Figura 20. Livelli di precisione medi (D), massimi (Dmax) e minimi (Dmin) ottenuti attraverso la simulazione con RVSP del campionamento sequenziale di Green per le ninfe di *Scaphoideus titanus* Ball, per un livello di precisione prefissato di 0,10 (A) e 0,25 (B).

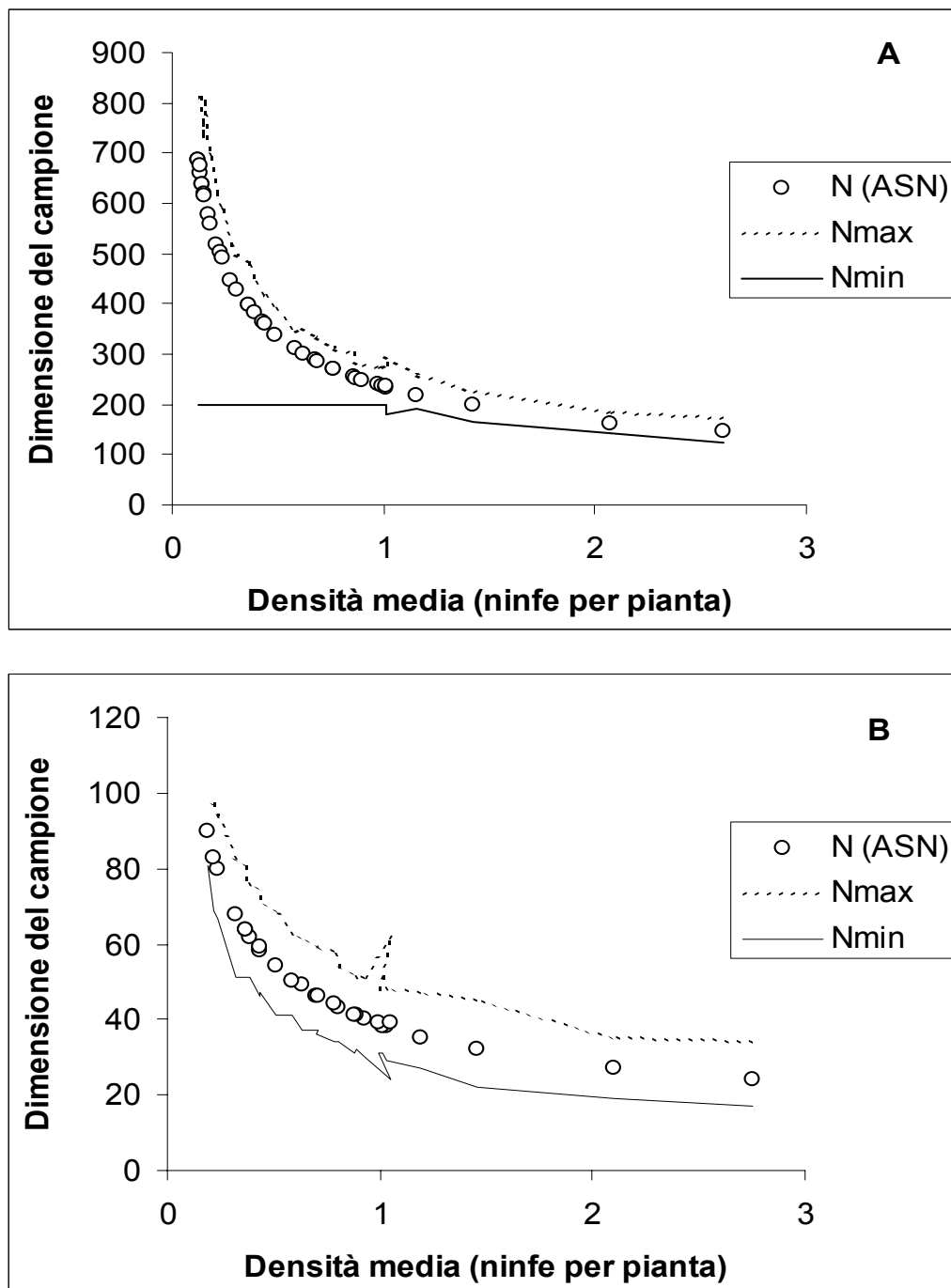


Figura 21. Dimensioni campionarie medie (N), massime (Nmax) e minime (Nmin) ottenute attraverso la simulazione con RVSP del campionamento sequenziale di Green per le ninfe di *Scaphoideus titanus* Ball, per un livello di precisione prefissato di 0,10 (A) e 0,25 (B).

4.1.2 DISTRIBUZIONE SUL PROFILO DELLA CHIOMA

Nel complesso non sono state rilevate differenze significative nel numero di giovani di *S. titanus* presenti durante i due diversi rilievi ($F=0,63$; $df=1, 36$; $P=0,432$); viceversa, la densità dei giovani è risultata diversa nelle differenti posizioni, più elevata nella parte bassa della chioma ($F=25,52$; $df=2, 36$; $P<0.001$); infine, è stata rilevata un'interazione tra il periodo del rilievo e la posizione ($F=6,79$; $df=2, 36$; $P=0,003$) (Fig. 6).

Durante il primo rilievo, i giovani sono risultati più abbondanti nella parte bassa della chioma ($P<0,001$), mentre durante il secondo le uniche differenze sono state registrate fra le posizioni alta e bassa ($P<0,001$). La densità dei giovani nella parte bassa della chioma è stata significativamente più alta nel corso del primo rilievo ($P<0,001$), mentre nelle parti media ed alta sono stati trovati più giovani durante il secondo campionamento ($P<0,001$) (Fig. 22).

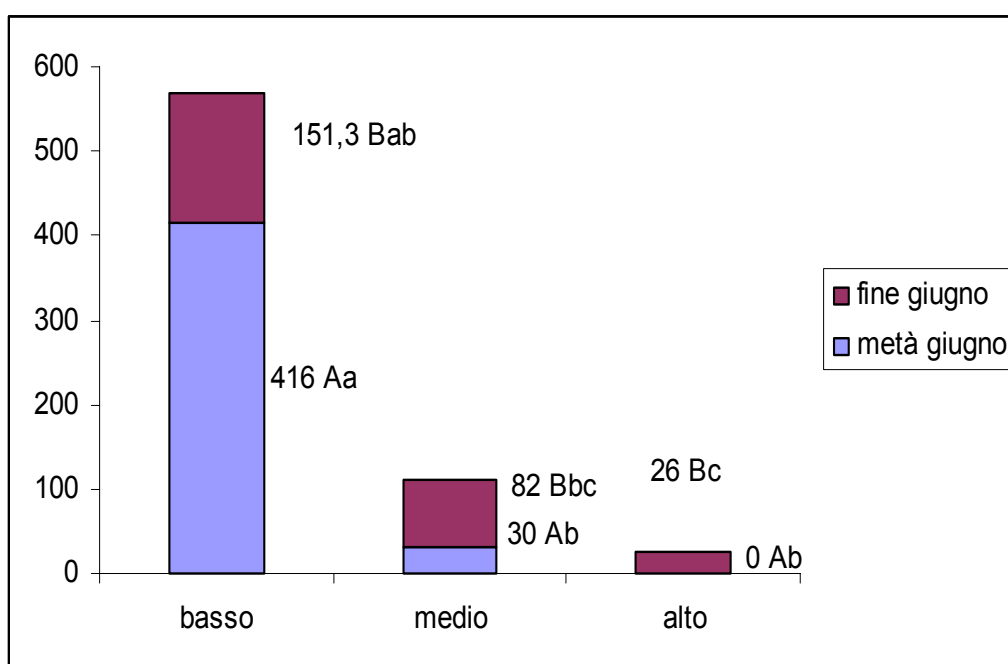


Figura 22. Altezza occupata dagli stadi giovanili di *Scaphoideus titanus* Ball nella chioma della vite (basso: foglie vicine al ceppo; medio: foglie vicino al legno dell'anno; alto: tralci e femminelle). A lettere diverse (maiuscolo: periodo dell'anno; minuscolo: posizione sulla vite) corrispondono differenze significative tra i livelli di popolazione (two-way ANOVA, $P<0,05$).

4.2 RILIEVI SUGLI ADULTI

4.2.1 ALTEZZA DI VOLO

Nel complesso, pochissimi esemplari di *S. titanus* sono stati catturati a 2,40 m al di sopra della chioma: 44 nel 2001 (34 maschi e 10 femmine) e solo 5 nel 2002 (1 maschio e 4 femmine), mentre le catture nella chioma sono state sempre molto più elevate (Fig. 23). Le differenze sono state tali da non giustificare l'uso di alcun test statistico. I dati del 2004 hanno invece mostrato come gli adulti di *S. titanus* si distribuiscano uniformemente nella chioma della vite, indipendentemente dalla posizione della trappola (one-way ANOVA, maschi: $F=4,50$; $df=2, 6$; $P=0,07$; femmine: $F=1,07$; $df=2, 6$; $P=0,40$) (Fig. 24).

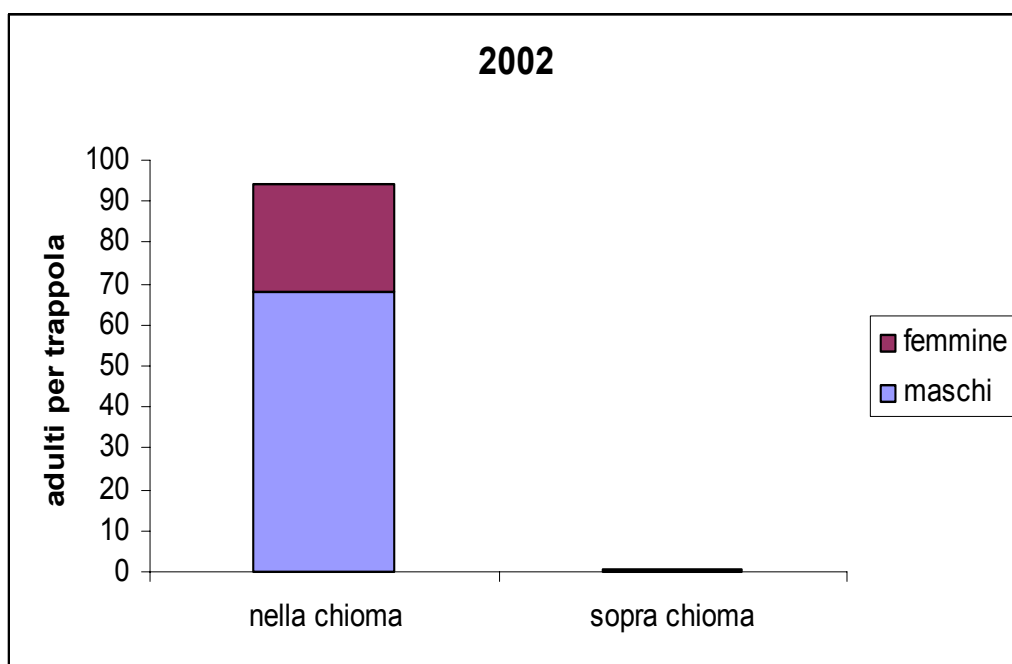
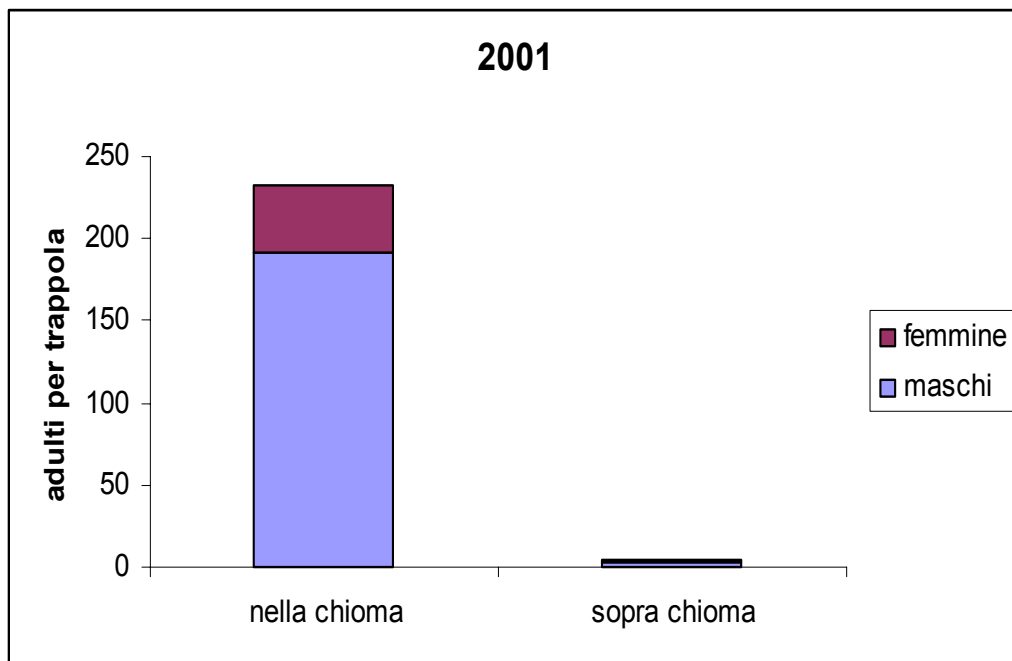


Figura 23. Catture degli adulti di *Scaphoideus titanus* Ball con trappole cromotattiche poste nella chioma della vite e sopra la chioma (2,40 m di altezza).

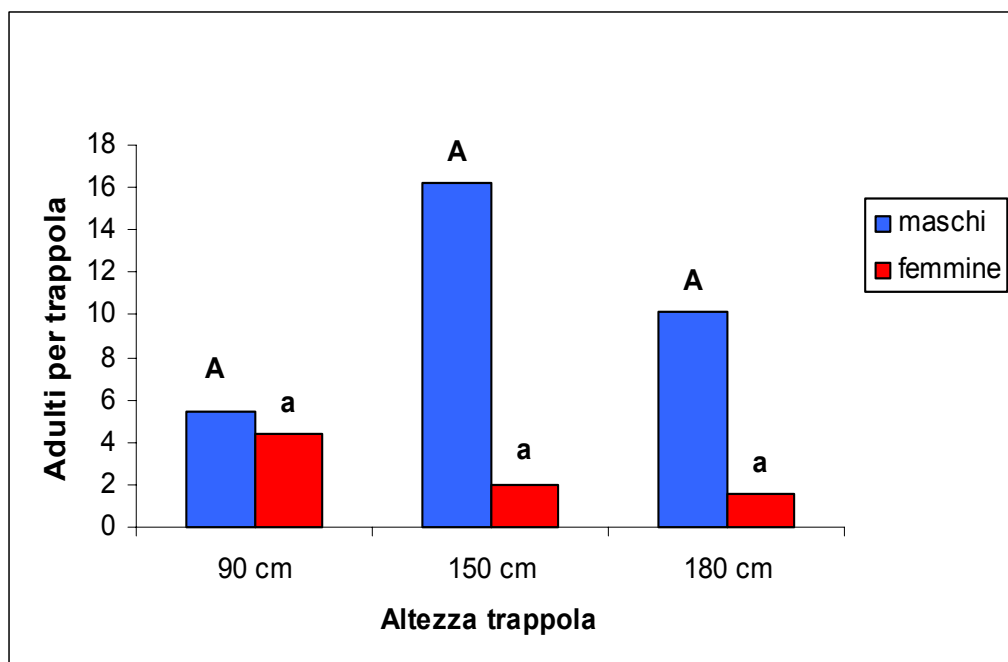


Figura 24. Catture di adulti di *Scaphoideus titanus* Ball rilevata con trappole poste ad altezza diversa entro la chioma della vite. A lettere diverse (maiuscolo: maschi; minuscolo: femmine) corrispondono differenze significative tra le catture (one-way ANOVA, $P < 0,05$).

4.2.2 DISTRIBUZIONE IN FUNZIONE DEL SESTO D'IMPIANTO E SPOSTAMENTO ORIZZONTALE

Le catture degli adulti di *S. titanus* sono state più elevate nella zona a sesto d'impianto regolare sia nel 2001. Le trappole esterne hanno catturato un solo individuo (maschio) nel 2001, e quattro (3 maschi ed 1 femmina) nel 2002. Anche nel 2003 e nel 2004 le catture sono state in generale più abbondanti in zone del vigneto a sesto d'impianto regolare (Tab. 7).

La correlazione lineare tra il numero di piante al metro quadrato e le catture di *S. titanus* è risultata significativa sia nel 2001 (maschi: $R^2=0,46$; $P < 0,001$; femmine: $R^2=0,34$; $P < 0,01$) che nel 2002 (maschi: $R^2=0,62$; $P < 0,001$; femmine: $R^2=0,52$; $P < 0,001$) (Fig. 25). Infine, il confronto tra le catture delle trappole poste sul confine ed all'interno delle parcelle non ha mai fatto registrare differenze significative (Tab. 8).

Tabella 7. Relazione tra la densità d'impianto della vite e la presenza degli adulti di *S. titanus*, rilevata nel vigneto sperimentale di Grugliasco dal 2001 al 2004. A lettere diverse corrispondono differenze significative tra le popolazioni (one-way ANOVA, $P < 0,05$).

Anno	Densità d'impianto	Adulti (media \pm e.s.)	F (df)
2001	Normale	49,6 \pm 12,97 a	17,06 (2, 19)
	Bassa	7,9 \pm 4,17 b	
	Esterno	0,2 \pm 0,16 b	
2002	Normale	79,5 \pm 9,04 a	48,59 (2, 19)
	Bassa	12,05 \pm 6,74 b	
	Esterno	0,7 \pm 0,33 b	
2003	Normale	59,3 \pm 10,7 a	18,85 (1, 28)
	Bassa	16,7 \pm 5,5 b	
2004	Normale	133,4 \pm 28,9 a	9,31 (1, 14)
	Bassa	45,5 \pm 16,5 b	

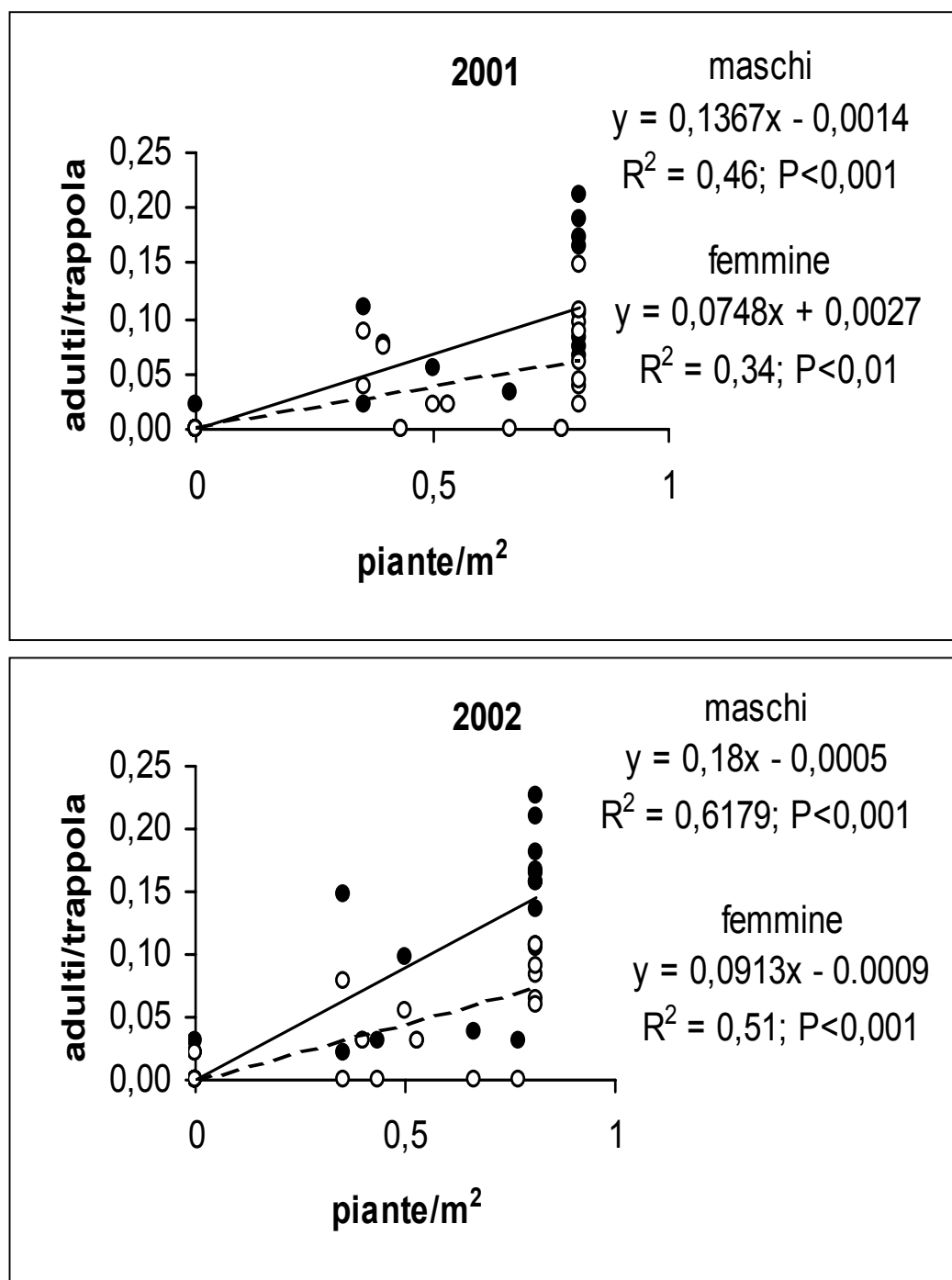


Figura 25. Correlazione tra la densità d'impianto del vigneto e le catture degli adulti di *Scaphoideus titanus* Ball.

Tabella 8. Adulti di *Scaphoideus titanus* Ball (media \pm e.s.) catturati all'interno e sul confine delle parcelle.

Anno	Interno	Confine	F (df)	P
2004	53,7 \pm 21,7	33,6 \pm 12,5	0,53 (1, 26)	0,47
2005	11,6 \pm 3,8	18,1 \pm 9,1	0,17 (1, 20)	0,69

4.2.3 PROVA DI MARCATURA

Complessivamente, sono stati lanciati nel vigneto sperimentale della Facoltà di Agraria circa 1000 adulti di *S. titanus* marcati con polvere fluorescente DayGlo®, suddivisi in 8 lanci tra il 2004 ed il 2005. Sono stati ricatturati 90 soggetti (9,0% del totale) (Tab. 9).

Tabella 9. Adulti di *Scaphoideus titanus* Ball marcati con polvere fluorescente e lanciati nel vigneto sperimentale della Facoltà di Agraria.

Anno	Data Lancio	Individui lanciati	Data controllo	Individui catturati
2004	21/07	52	24/07	19
	23/07	67		
	27/07	77	01/08	19
	30/07	56		
	Totale	252		
2005	25/07	310	02/08	7
	01/08	148		
	18/08	71	02/09	45
	30/08	69		
	Totale	598		

La maggior parte degli individui è stata catturata a pochi metri di distanza dal punto di rilascio (Figg. 26-27). La velocità del vento corrispondente al periodo dei lanci non è mai stata superiore ai 4 km/h.

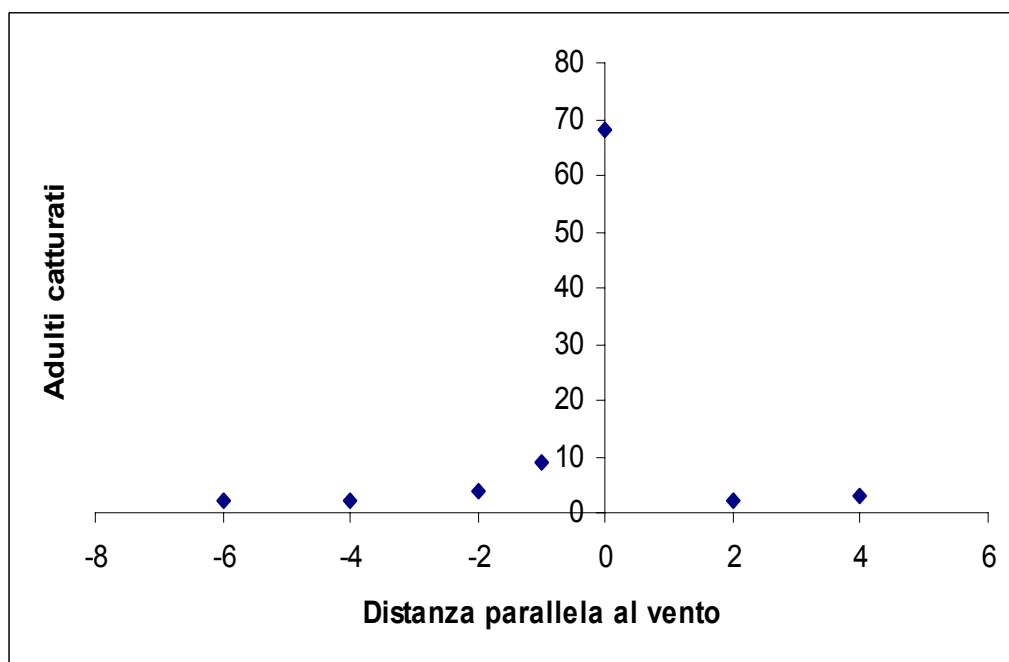


Figura 26. Distribuzione degli adulti di *Scaphoideus titanus* Ball marcati e ricatturati nella direzione parallela al vento nel vigneto sperimentale della Facoltà di Agraria.

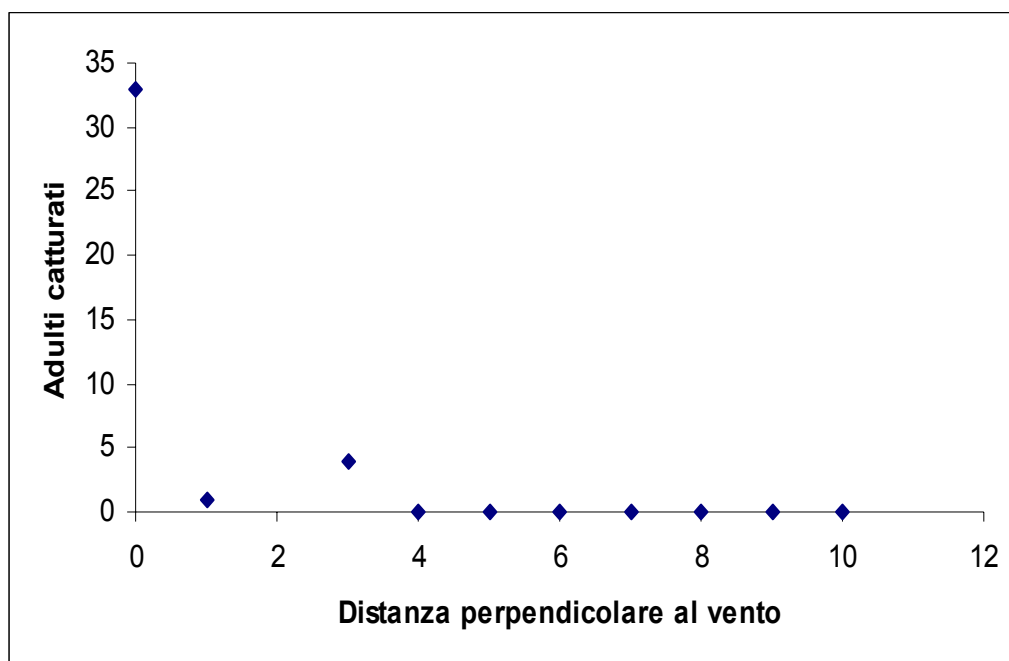


Figura 27. Distribuzione degli adulti di *Scaphoideus titanus* Ball marcati e ricatturati nella direzione perpendicolare al vento nel vigneto sperimentale della Facoltà di Agraria.

La distribuzione osservata parallela al vento è risultata significativamente diversa da quella attesa secondo la distribuzione di Gumbel. In particolare, le probabilità di dispersione sembrano diminuire oltre la soglia dei 5 m, indicando una probabile dispersione attiva e non mediata dal vento (test di Kolmogorov, $G_{max}=0,71$, $P<0,05$)

(Fig. 28). Si tenga inoltre conto che, in questo caso, la direzione del vento coincide con quella dell'orientamento dei filari della vite. Anche la dispersione perpendicolare alla direzione del vento non si adatta al modello teorico della distribuzione normale (Fig. 29).

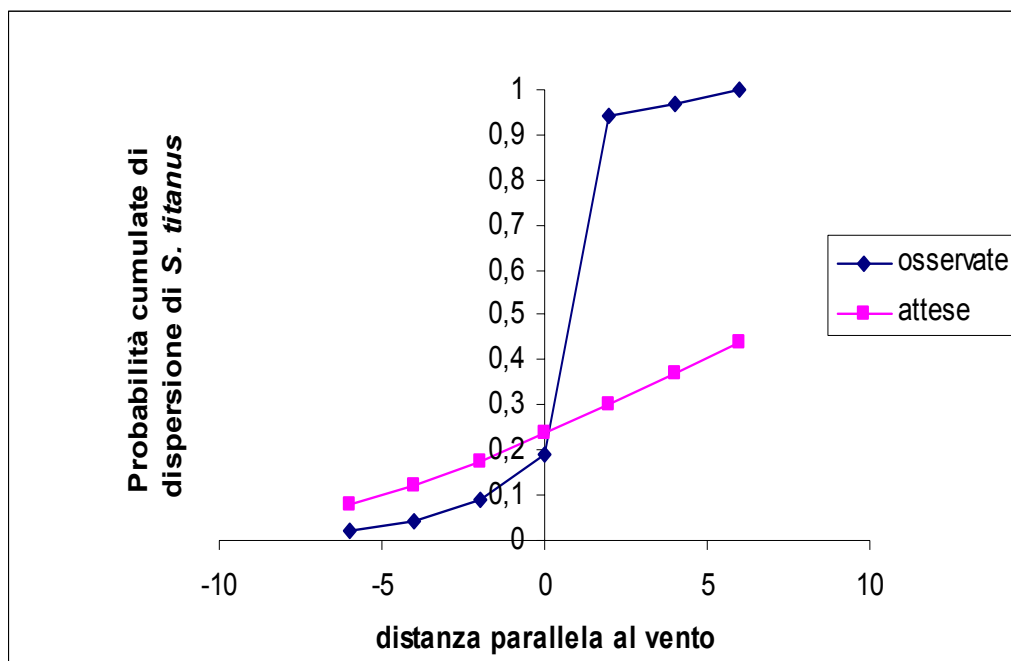


Figura 28. Confronto tra le frequenze cumulate di dispersione osservate ed attese per gli adulti di *Scaphoideus titanus* Ball in direzione parallela al vento. Al test di Kolmogorov la distribuzione osservata delle frequenze non si adatta al modello teorico ($G_{max}=0,71$, $P<0,05$).

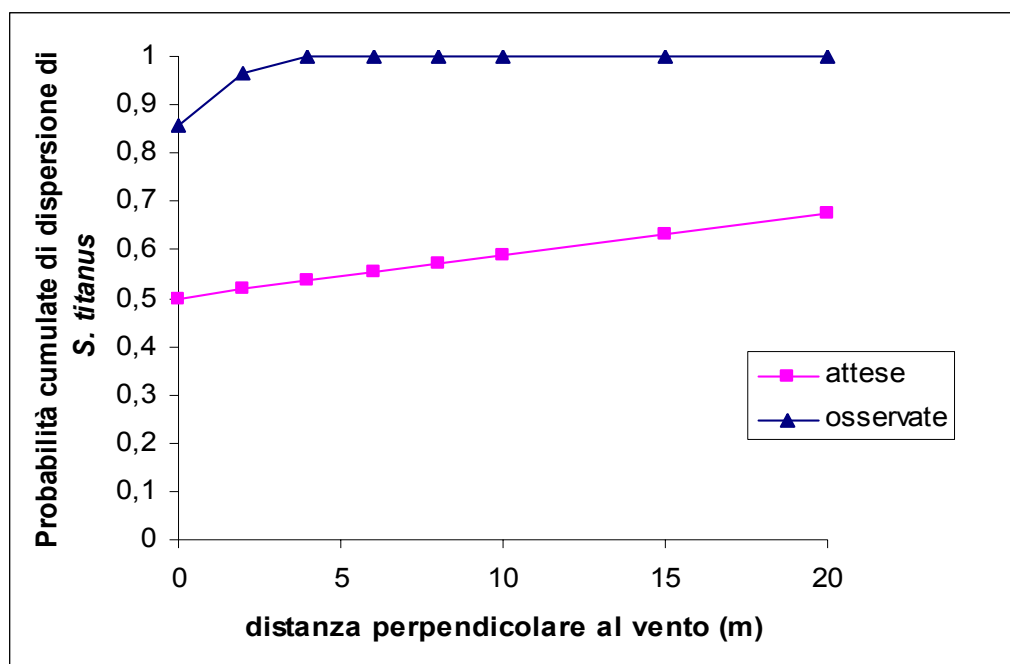


Figura 29. Confronto tra le frequenze cumulate di dispersione osservate ed attese per gli adulti di *Scaphoideus titanus* Ball in direzione perpendicolare al vento. Al test di Kolmogorov la distribuzione osservata delle frequenze non si adatta al modello teorico ($G_{max}=0,63$, $P<0,05$).

4.2.4 ATTIVITÀ DI VOLO ORARIA ED INFLUENZA DI TEMPERATURA ED UMIDITÀ RELATIVA

Le catture degli adulti di *S. titanus* sono state più elevate dalla sera (21.00) alla mattina successiva (8.00) sia per i maschi che per le femmine; durante questo orario è stato catturato dal 78% al 93% del totale giornaliero. Le catture dalle 10.00 alle 18.00 erano sempre inferiori al 10% del totale e non hanno mai fatto registrare differenze significative (Fig. 30).

Le temperature medie di luglio ed agosto erano di 23,8 °C e 24,8 °C nel 2001, 22,5 °C e 21,3 °C nel 2002, e 26,3 °C e 27,2 °C nel 2003. L'attività di volo di *S. titanus* è stata parzialmente influenzata da tali fluttuazioni. Le catture giornaliere registrate nel periodo di massima attività sono aumentate all'aumentare delle temperature minime, che in tale periodo variavano tra 12,1 °C e 24,3 °C: le catture sono state massime in corrispondenza di un valore di temperatura minima di 22 °C. Anche le temperature massime, che oscillavano tra 18,8 °C e 37,0 °C, hanno influenzato l'attività di volo, che tuttavia è risultata estremamente ridotta nelle ore più calde (Fig. 31). I valori minimi di umidità relativa (17-79%) non hanno influenzato le catture di *S. titanus*, che sono risultate invece negativamente correlate con i valori di umidità relativa massima (63-99%) (Fig. 32).

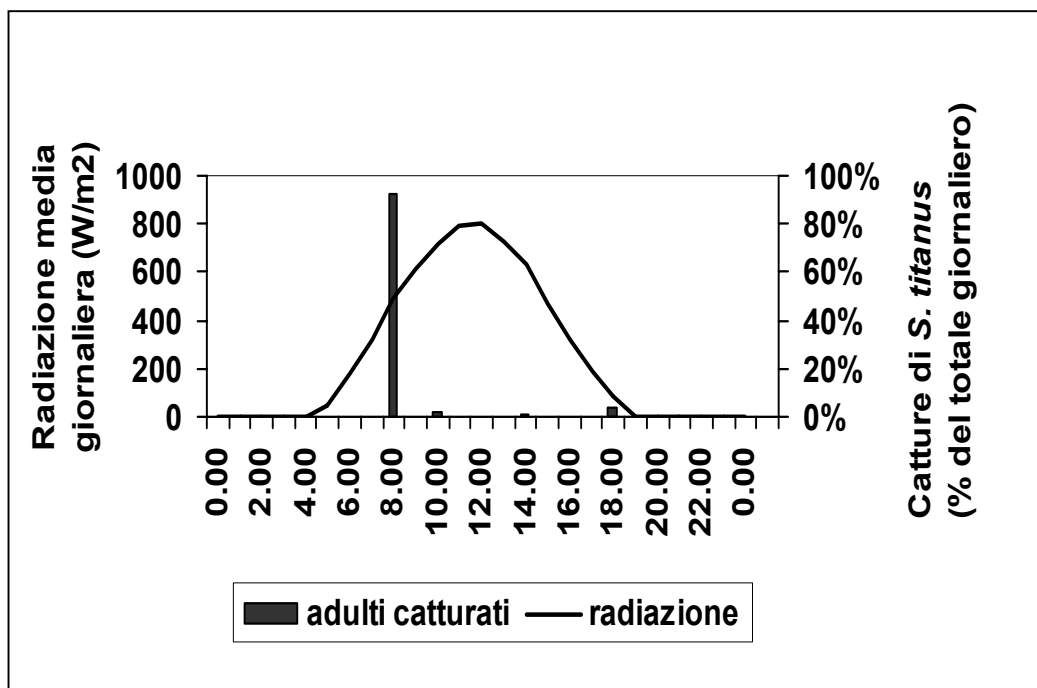


Figura 30. Andamento giornaliero delle catture di *Scaphoideus titanus* Ball e della radiazione solare. Controlli effettuati ogni 3 ore dalle 8.00 alle 21.00 (ora legale).

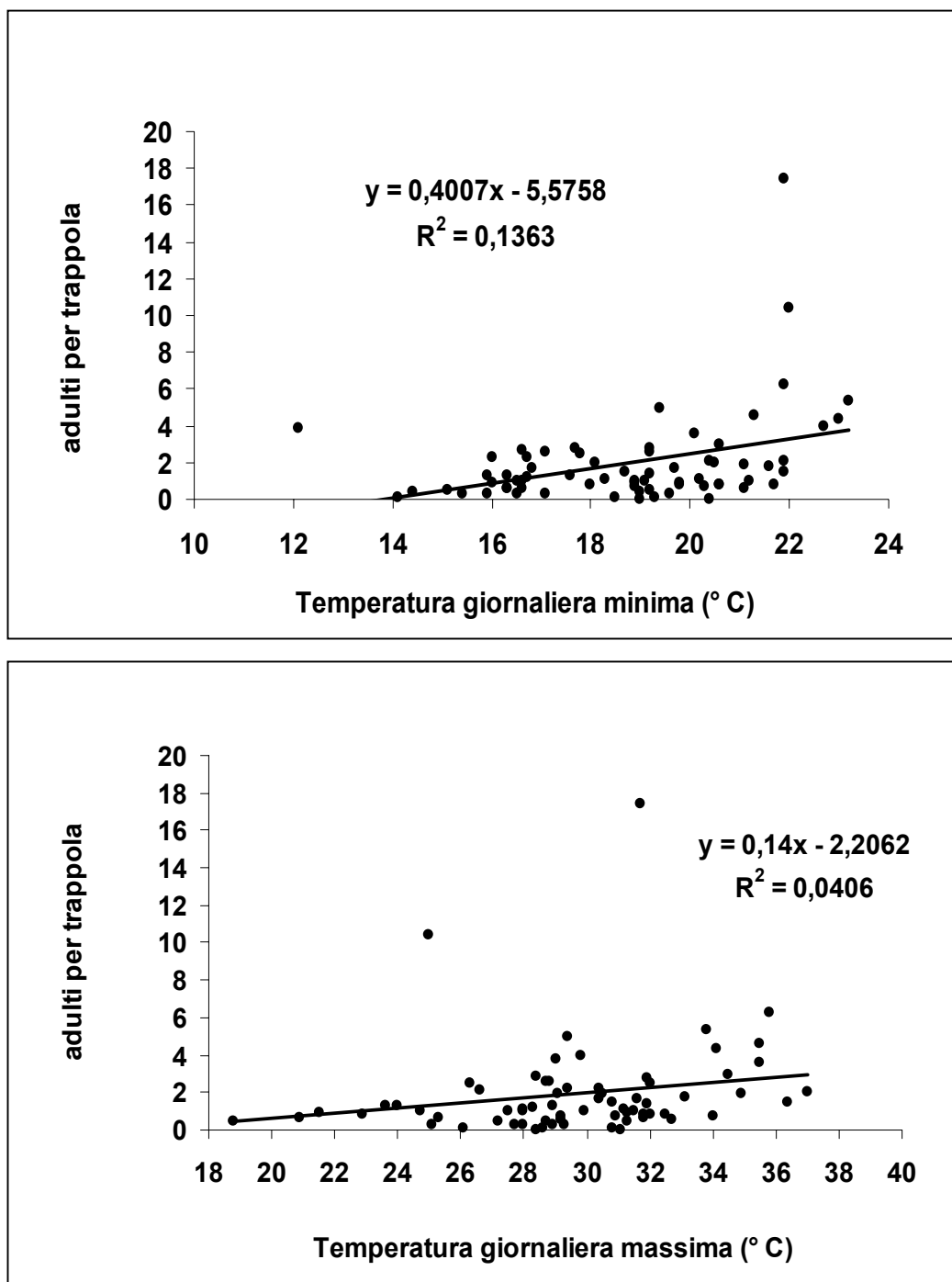


Figura 31. Correlazione tra i valori giornalieri di temperatura minima e massima e le catture di *Scaphoideus titanus* Ball.

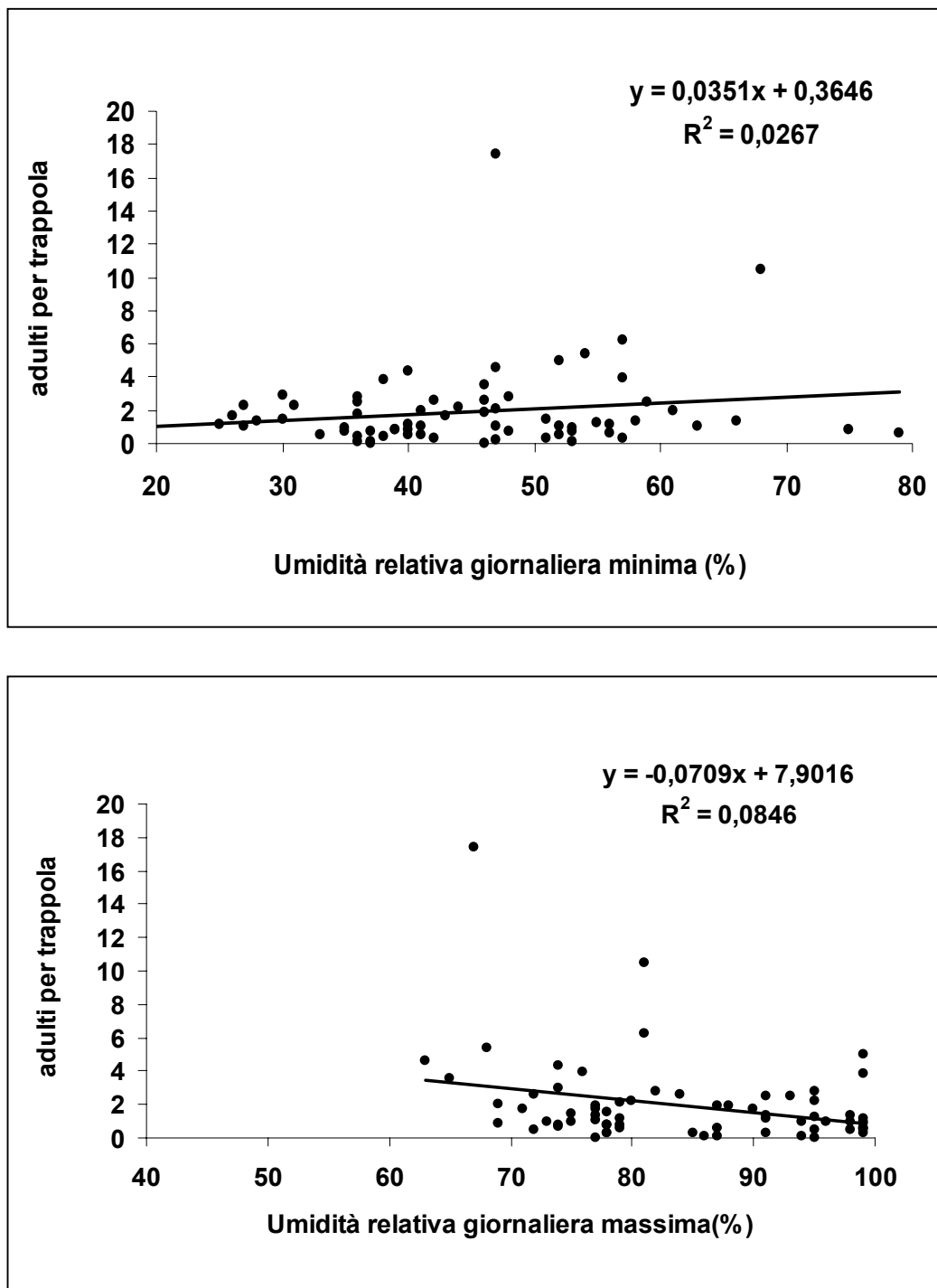


Figura 32. Correlazione tra i valori giornalieri di umidità relativa minima e massima e le catture di *Scaphoideus titanus* Ball.

4.2.5 INFLUENZA DEL MICROCLIMA

I rilevatori di microclima non hanno registrato differenze significative di temperatura nelle due zone a diversa densità fogliare; l'umidità relativa è risultata invece più elevata nella zona a minore densità nel 2003, mentre non sono state registrate differenze nel 2004. Le catture non sono state significativamente differenti nelle due zone a diversa densità fogliare (Tab. 10).

Tabella 10. Dati micrometeorologici rilevati in due posizioni della chioma della vite a diversa densità fogliare, e relative catture di adulti di *Scaphoideus titanus* Ball. A lettere diverse corrispondono differenze significative (one-way ANOVA, $P < 0,05$).

Anno	2003			2004		
	T	UR	Catture	T	UR	Catture
Chioma fitta	28,3 a	47,9 a	173 a	23,3 a	64,0 a	88 a
Chioma rada	28,0 a	35,6 b	70 a	23,4 a	54,0 a	50 a
F _(df)	0,18 (1, 14)	21,8 (1, 14)	0,05 (1, 14)	0,02 (1, 8)	3,15 (1, 8)	0,40 (1, 8)
P	0,68	<0,001	0,82	0,89	0,11	0,54

4.2.6 PROVA DI CROMOTASSIA

Gli adulti di *S. titanus* sono stati attirati in modo significativamente diverso da seconda del colore delle trappole; tuttavia nei diversi anni sono stati ottenuti risultati discordanti. In generale, il meno attrattivo è risultato il blu, mentre i livelli delle catture sono stati tendenzialmente crescenti per bianco, giallo e rosso, ma non sempre con differenze significative (Tab. 11).

L'andamento stagionale delle catture di entrambi i sessi è stato simile nel 2002 e 2003, quando i picchi sui diversi colori sono coincisi, mentre nel 2004 le catture delle femmine hanno mostrato due picchi, il primo sulle trappole rosse ed il secondo, più elevato, sulle trappole gialle (Figg. 33-35).

Tabella 11. Catture di *Scaphoideus titanus* Ball su trappole cromotattiche di colore diverso. Entro gli stessi anni, a lettere diverse corrispondono differenze significative (one-way ANOVA, $P < 0,05$).

Sesso	Colore	2002	2003	2004
maschi	Bianco	655 b	11 a	18 a
	Blu	96 a	1 a	2 a
	Giallo	471 b	218 b	122 b
	Rosso	1045 c	208 b	296 c
	F _(df)	91,7 _(3,8)	18,2 _(3,8)	28,9 _(3,8)
	P	<0,001	<0,001	<0,001
femmine	Bianco	122 ab	26 ab	40 a
	Blu	56 a	5 a	8 a
	Giallo	133 ab	223 bc	242 b
	Rosso	178 b	173 c	134 b
	F	14,2 _(3,8)	13,7 _(3,8)	7,7 _(3,8)
	P	0,01	0,002	0,01

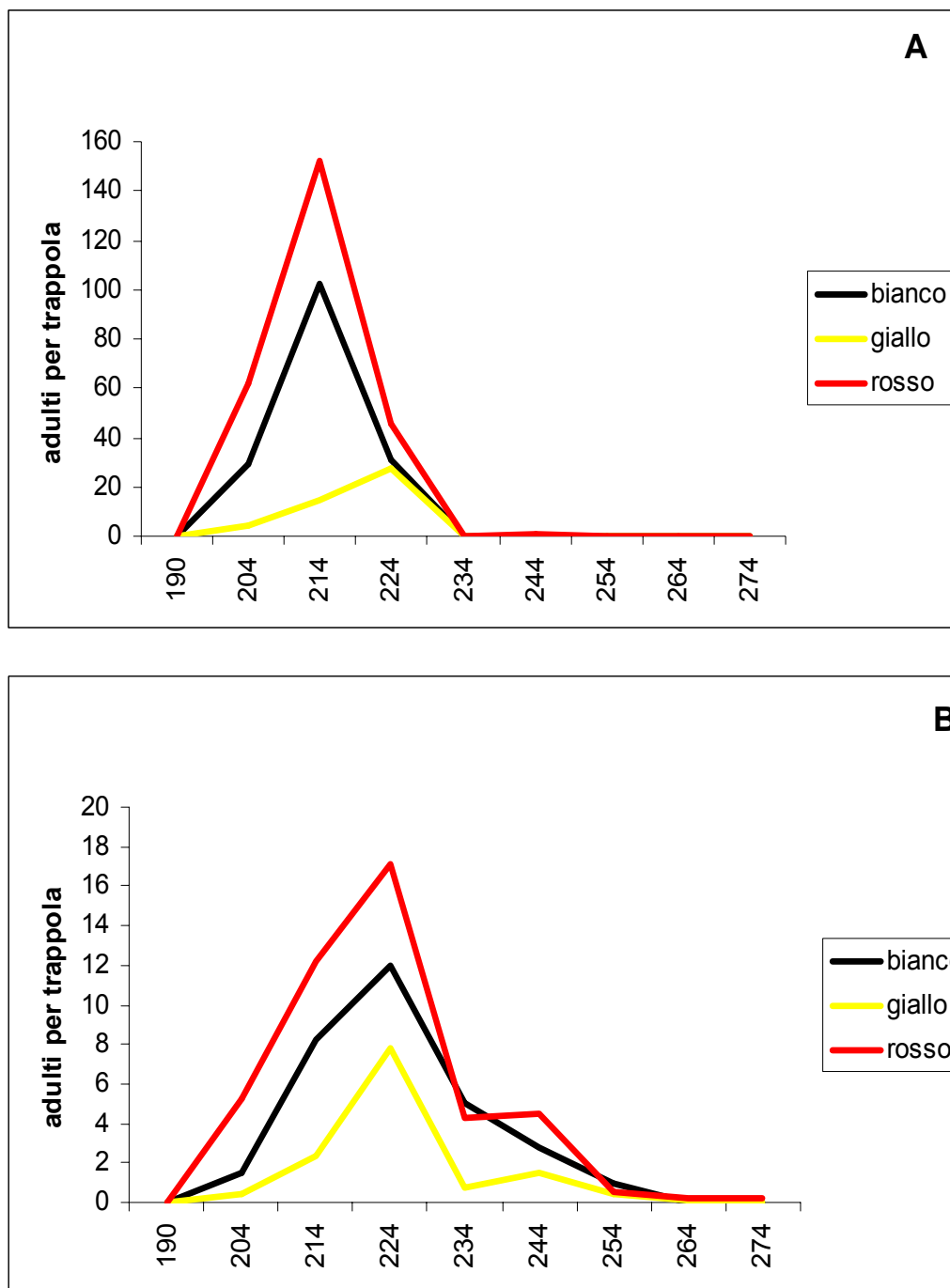


Figura 33. Andamento stagionale delle catture degli adulti di *Scaphoideus titanus* Ball durante il 2002 su trappole di colore diverso (il blu è stato escluso a causa della scarsità delle catture registrate). A: maschi; B: femmine.

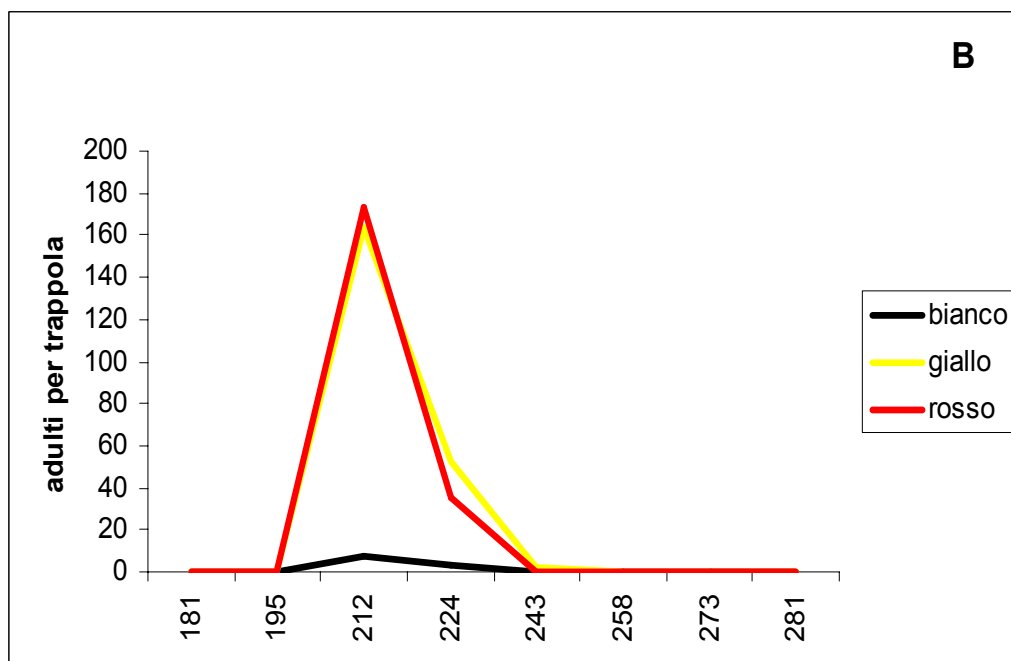
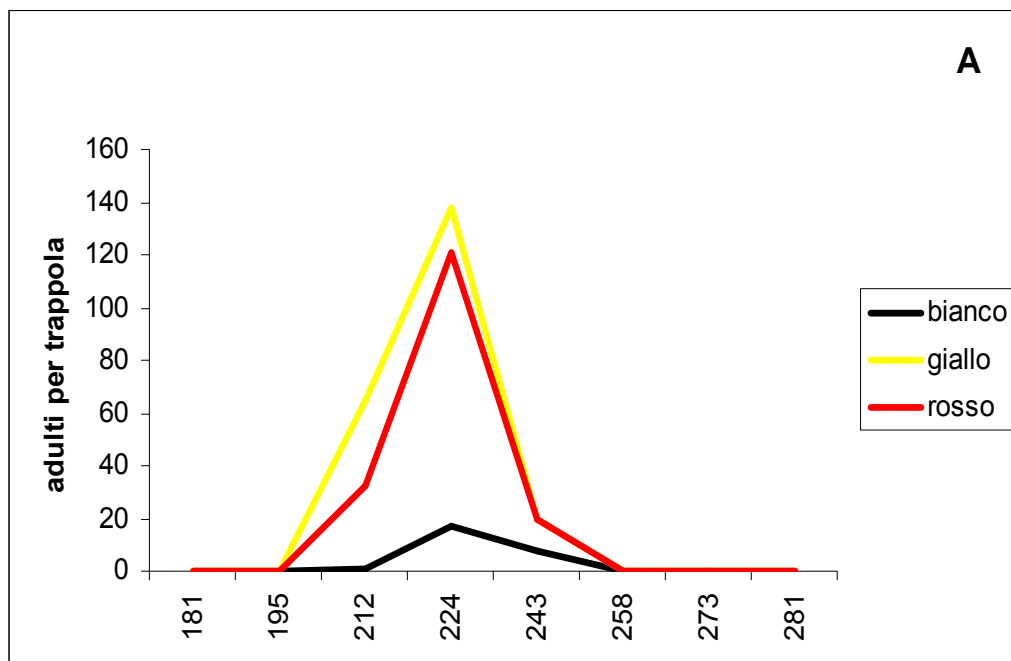


Figura 34. Andamento stagionale delle catture degli adulti di *Scaphoideus titanus* Ball durante il 2003 su trappole di colore diverso (il blu è stato escluso a causa della scarsità delle catture registrate). A: maschi; B: femmine.

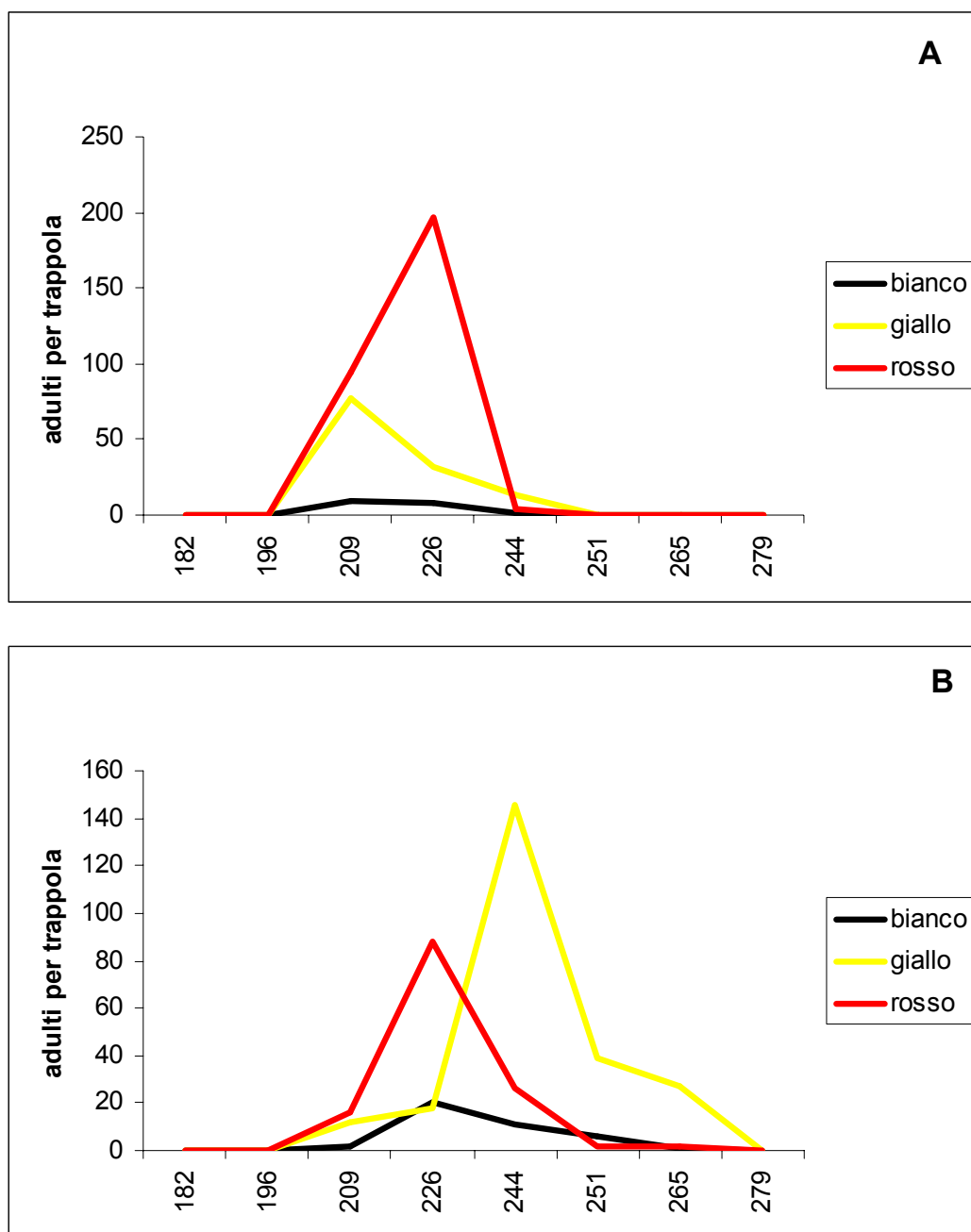


Figura 35. Andamento stagionale delle catture degli adulti di *Scaphoideus titanus* Ball durante il 2004 su trappole di colore diverso (il blu è stato escluso a causa della scarsità delle catture registrate). A: maschi; B: femmine.

4.2.7 SEX RATIO

Il rapporto tra i sessi rilevato su *S. titanus* è risultato diverso a seconda della metodologia di campionamento adottata. La maggior proporzione di maschi è stata rilevata mediante le trappole cromotattiche, ed è risultata significativamente maggiore sia di quella ottenuta dall'allevamento di stadi giovanili in laboratorio ($Z=7,66$; $P<0,001$), sia di quella delle catture con retino entomologico ($Z=18,02$; $P<0,001$); differenze significative sono state rilevate anche tra le catture con il retino e gli allevamenti ($Z=7,79$; $P<0,001$) (Fig. 36). I dati di campo indicano comunque un certo grado di proterandria, dato che il numero di maschi diminuisce con il prosieguo della stagione per entrambe le tecniche di campionamento (trappola e retino) (Fig. 37).

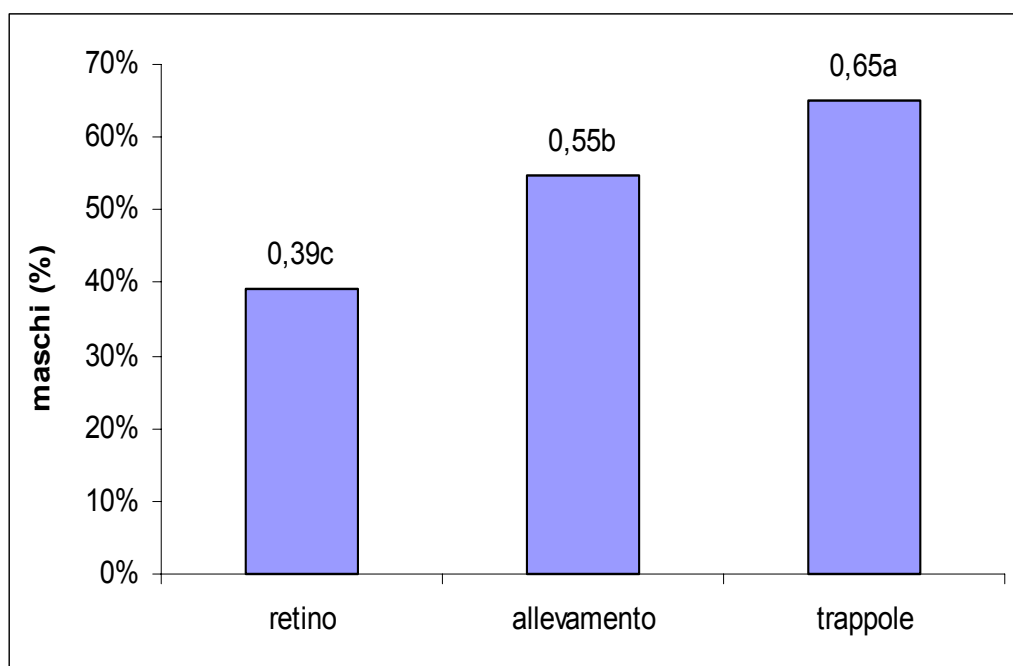


Figura 36. Rapporto tra i sessi rilevato per *Scaphoideus titanus* Ball mediante diverse tecniche di campionamento. A lettere diverse corrispondono differenze significative tra le catture (Z-test, $P<0,05$).

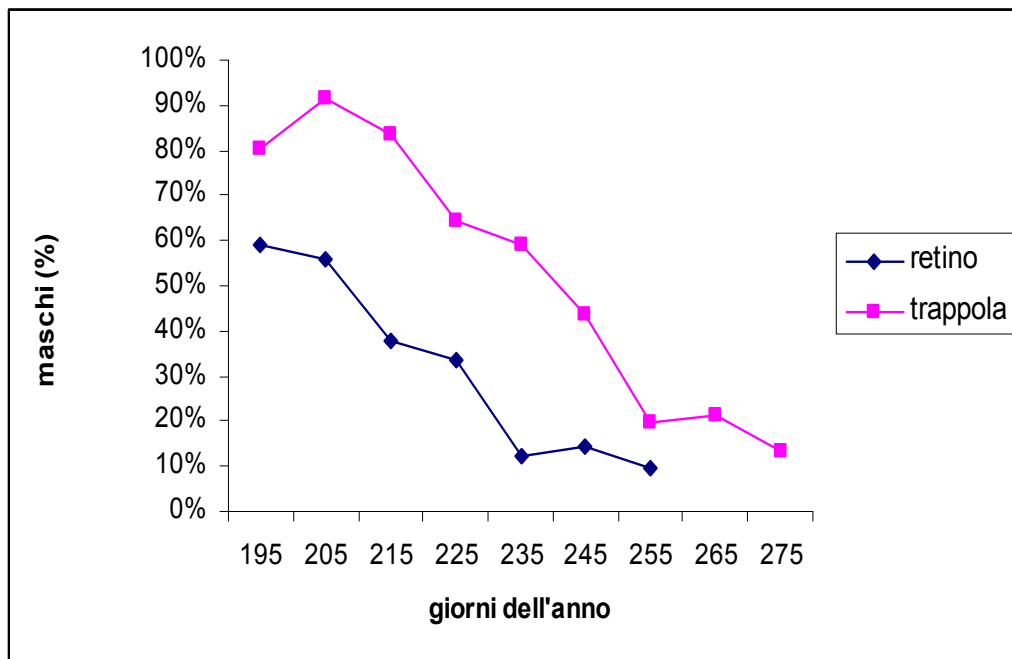


Figura 37. Andamento stagionale della sex ratio in *Scaphoideus titanus* Ball rilevato mediante trappole cromotattiche e retino entomologico.

4.2.8 INFLUENZA DELL'AGROECOSISTEMA VIGNETO

Nel 2004, i livelli di popolazione di *S. titanus* sono risultati più elevati nei vigneti di Tipo 2 (coltivati ma non trattati), e di Tipo 3 (abbandonati), rispetto a quelli di Tipo 1 (trattati), e di Tipo 4 (incolti con vite) ($F=9,22$, $df=3, 12$; $P=0,002$) (Fig. 38). Considerando diversi vigneti dello stesso tipo, differenze significative sono state rilevate per tutte le tipologie ad eccezione del Tipo 1 (vigneti trattati) (Tab. 12).

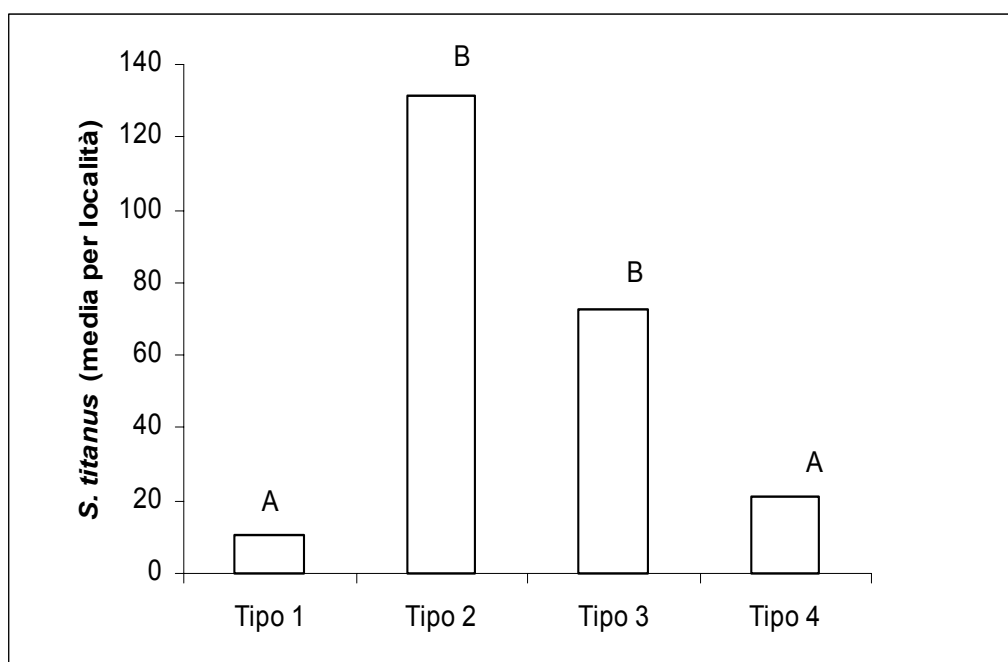


Figura 38. Confronto tra le catture degli adulti di *Scaphoideus titanus* Ball in vigneti di diversa tipologia nel 2004. A lettere diverse corrispondono differenze significative tra le popolazioni (one-way ANOVA, $p<0,05$).

Tabella 12. Livelli di popolazione di *Scaphoideus titanus* Ball riscontrati in vigneti di diverso tipo nel corso del 2004. Nell'ambito della stessa tipologia, a lettere diverse corrispondono differenze significative tra le popolazioni (one-way ANOVA, $P < 0.05$).

Tipologia	Vigneto (cod.)	<i>S. titanus</i> (media \pm e.s.)	F (df)	P
Tipo 1: vigneti trattati	AT 5	10,6 \pm 8,1 a	0,96 (3, 8)	0,45
	AT 15	10,0 \pm 3,0 a		
	AT 19	6,6 \pm 4,0 a		
	AT 10	13,6 \pm 8,1 a		
Tipo 2: vigneti non trattati	AT 9	134,0 \pm 44,8 a	19,7 (3, 8)	0,001
	AT 12	47,7 \pm 19,7 a		
	AT 17	46,3 \pm 31,6 a		
	AT 2	298,7 \pm 64,2 b		
Tipo 3: vigneti abbandonati	AT 13	6,7 \pm 4,0 a	19,2 (3, 8)	0,001
	AL 1	125,2 \pm 31,5 b		
	AT 18	121,3 \pm 58,5 b		
	AL 3	36,3 \pm 1,5 a		
Tipo 4: incolti con vite	AT 14	35,3 \pm 32,0 b	6,2 (3, 8)	0,017
	AT 6	20,7 \pm 10,4 b		
	AT 20	0,3 \pm 0,6 a		
	AT 11	27,2 \pm 9,8 b		

Nel 2005 le uniche differenze sono state rilevate tra vigneti di tipo 1 e 2, mentre le altre tipologie hanno fatto registrare livelli intermedi di popolazione ($F=8,00$, $df=3$, 11 , $P < 0,05$) (Fig. 39). Tra vigneti della stessa tipologia, non sono state rilevate differenze per i trattati e per gli abbandonati, mentre incolti e non trattati hanno fatto registrare catture statisticamente differenti (Tab. 13).

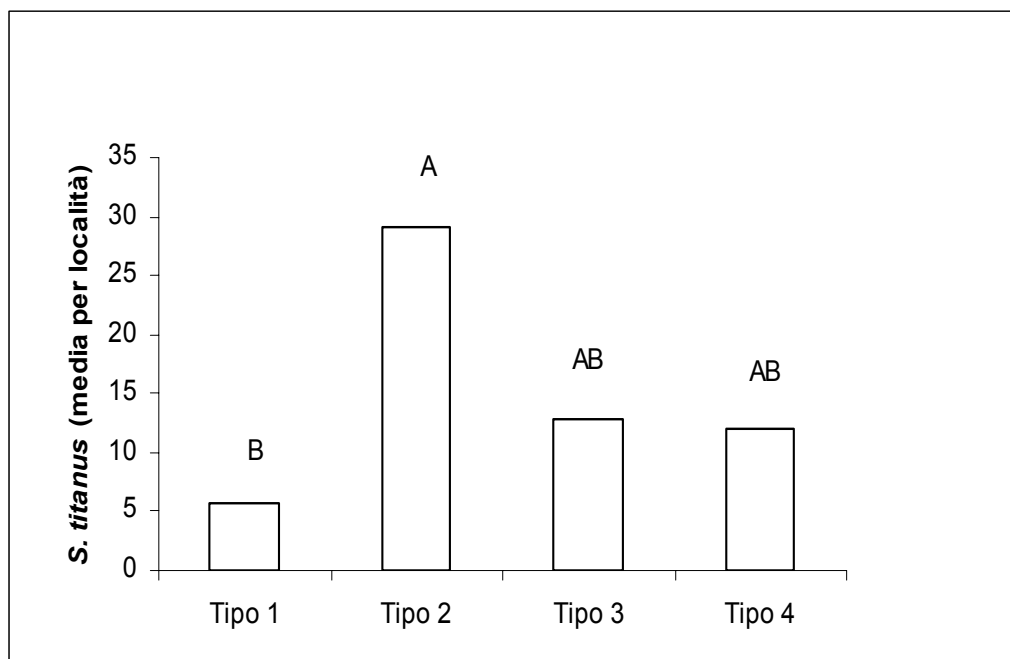


Figura 39. Confronto tra le catture degli adulti di *Scaphoideus titanus* Ball in vigneti di diversa tipologia nel 2005. A lettere diverse corrispondono differenze significative tra le popolazioni (one-way ANOVA, $P < 0,05$).

Tabella 13. Livelli di popolazione di *Scaphoideus titanus* Ball riscontrati in vigneti di diverso tipo nel corso del 2005. Nell'ambito della stessa tipologia, a lettere diverse corrispondono differenze significative tra le popolazioni (one-way ANOVA, $P < 0,05$).

Tipologia	vigneto (cod.)	<i>S. titanus</i> (media \pm e.s.)	F _(df)	P
Tipo 1: vigneti trattati	AT 5	0,91 \pm 0,50 a	2,1 (3, 8)	0,17
	AT 7	1,10 \pm 1,10 a		
	AT 16	2,54 \pm 0,31 a		
	CN 3	2,94 \pm 0,60 a		
Tipo 2: vigneti non trattati	CN 2	4,63 \pm 1,61 a	10,9 (3, 8)	0,003
	AT 12	6,92 \pm 0,63 a		
	AO 3	8,32 \pm 1,38 a		
	AO 4	13,87 \pm 0,88 b		
Tipo 3: vigneti abbandonati	AL 3	3,59 \pm 1,10 a	3,9 (2, 6)	0,08
	AL 1	6,24 \pm 0,16 a		
	AT 13	2,91 \pm 1,04 a		
Tipo 4: incolti con vite	AL 4	3,09 \pm 0,24 ab	5,7 (3, 8)	0,02
	AT 6	4,91 \pm 1,19 ab		
	AT 8	5,83 \pm 0,59 a		
	AT 3	2,20 \pm 0,26 b		

4.2.9 INFLUENZA DELL'ALTITUDINE

Nel complesso, le popolazioni di *S. titanus* sono risultate relativamente contenute nell'Alta Valle, mentre nella Bassa Valle sono stati raggiunti valori localmente elevati; in ogni caso, fra le due macro aree è stata registrata una differenza significativa ($F=43,6$; $P<0,001$). Al contrario, nessuna differenza è stata notata fra le diverse annate ($F=2,53$; $P=0,08$), né si è manifestata interazione tra annata e località ($F=1,15$; $P=0,32$) (Tab. 14). La presenza del vettore è risultata inoltre negativamente correlata con l'altitudine ($F=20,22$; $R^2=0,67$; $P<0,001$) (Fig. 40).

Tabella 14. Adulti di *Scaphoideus titanus* Ball catturati in Valle d'Aosta.

Zona	2002	2003	2004	Totale
Alta valle	318	188	79	585
Bassa valle	1770	801	884	3455
Totale	2088	989	963	4040

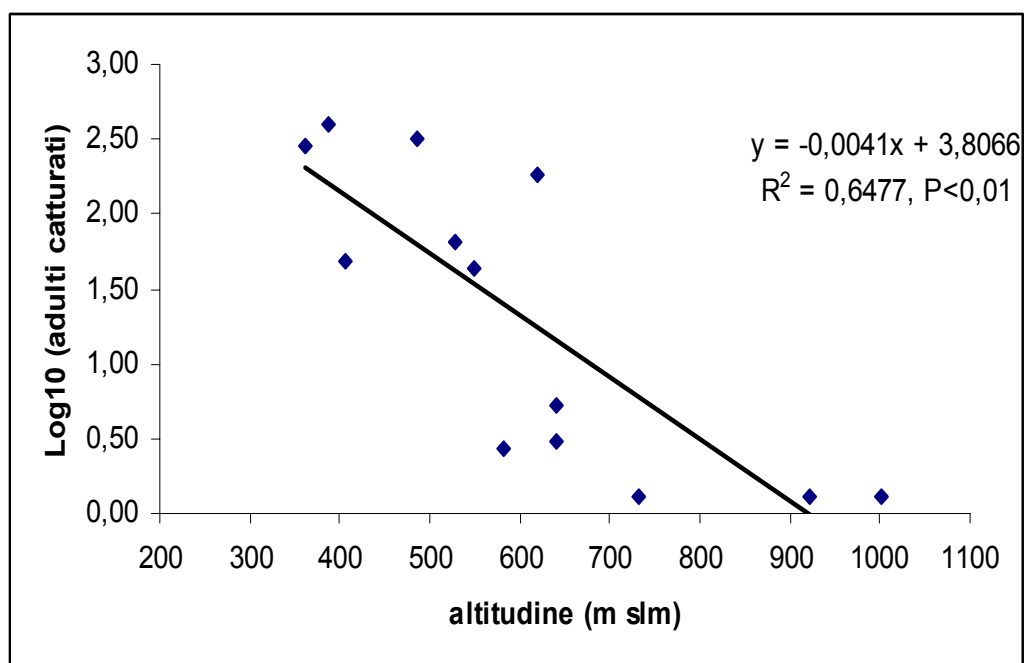


Figura 40. Correlazione tra l'altitudine e la presenza di *Scaphoideus titanus* Ball in Valle d'Aosta.

BIBLIOGRAFIA

- Green R.H., 1970.** On fixed precision level sequential sampling. *Residual Population Ecology* 12: 249-251.
- Karandinos M.G., 1976.** Optimum sample size and comments on some published formulae. *Bulletin of the Entomological Society of America* 22: 417-421.
- Naranjo S.E., Hutchison W.D., 1997.** Validation of arthropod sampling plans using a resampling approach: software and analysis. *American Entomologist* 43: 48-57.
- Taylor L.R., 1984.** Assessing and interpreting the spatial distribution of insect populations. *Annual Review of Entomology* 29: 321-357.

5 DISCUSSIONE

5.1 STADI GIOVANILI

5.1.1 DISTRIBUZIONE SPAZIALE NEL VIGNETO

Gli stadi giovanili di *S. titanus* hanno una distribuzione spaziale di tipo aggregato secondo la legge di Taylor, con un indice di aggregazione $b=1,49$ (Lessio e Alma, 2006). Questa può essere una conseguenza del fatto che anche gli adulti presentano una distribuzione analoga (Jermini *et al.*, 1993; Bosco *et al.*, 1997), e quindi le femmine ovidepongono in siti aggregati. Questa ipotesi potrebbe essere avvalorata dalle informazioni disponibili per altri auchenorrinchi. In particolare, è interessante notare come in *J. lybica* ed *E. vitis*, che depongono le uova singolarmente nelle nervature fogliari, l'indice di aggregazione sia sensibilmente inferiore rispetto a quello di *S. titanus*: 1,13 per la prima (Delrio *et al.*, 2001) ed 1,21 per la seconda (Maixner, 2003); al contrario per *T. pomaria*, che sverna come uovo deposto sotto la corteccia del melo, l'indice calcolato è risultato 1,40, molto vicino a quello del vettore del fitoplasma agente causale della FD (Beers e Jones, 2004). Tuttavia, con il prosieguo della stagione la dispersione degli stadi giovanili di *S. titanus* non aumenta significativamente, e questo aspetto suggerisce il fatto che questi tendano a non abbandonare le foglie sulle quali si stabiliscono.

Dal momento che i giovani di *S. titanus* hanno una distribuzione aggregata, il numero minimo di campioni per una stima corretta della densità di popolazione può risultare elevato in caso di bassi livelli di infestazione. In questo caso, il campionamento sequenziale di Green può diventare un metodo valido per la stima della popolazione. Le simulazioni con RVSP hanno prodotto spesso un livello di precisione superiore a quello prefissato di 0,25: in questo caso l'unità campionaria media era di 50 piante, che possono essere controllate facilmente da un operatore in circa 30 minuti (esperienza personale). Dato che questo livello di precisione è accettabile per i programmi di lotta integrata (Southwood, 1978), si consiglia l'uso del campionamento sequenziale di Green con $D=0,25$ per il rilievo in campo delle ninfe di *S. titanus* (un livello di precisione dello 0,10 richiederebbe invece il conteggio di più di 350 piante, improponibile per i rilievi sul territorio). A tale scopo, è stata elaborata una scheda di campionamento da proporre agli Enti di assistenza tecnica (Allegato 6).

In particolare, il campionamento sequenziale potrebbe rivelarsi utile se dovessero essere identificate delle soglie di intervento nei confronti di *S. titanus* (Kogan, 1998), anche in funzione della presenza o meno della malattia in una data area. Inoltre, la percentuale di individui infetti è in genere bassa all'inizio della stagione (Bressan *et al.*, 2003; Lessio *et al.*, 2003): quindi, dato che l'aggregazione dei giovani non dipende dal periodo dell'anno, può essere considerata l'eventualità di un leggero ritardo nell'applicazione degli insetticidi per attendere che si schiuda il maggior numero possibile di uova. In effetti, la scalarità nella schiusura delle uova è uno dei maggiori problemi nella gestione fitosanitaria di *S. titanus* (Vidano, 1964). Mancano infine le conoscenze sull'effetto che potrebbero avere i predatori generici (es. araneidi) sulla dispersione delle ninfe di *S. titanus* e quindi sulla loro distribuzione spaziale; una relazione di questo tipo è stata dimostrata per *P. crocea* (Cronin *et al.*, 2004).

5.1.2 DISTRIBUZIONE VERTICALE SULLA CHIOMA

Gli stadi giovanili di *S. titanus* sono stati ritrovati soprattutto sui germogli basali, in accordo con quanto descritto da Vidano (1964). Recentemente tale aspetto è stato confermato anche da una prova a livello statistico, dove tuttavia sono stati presentati due campionamenti ravvicinati nel tempo (Pavan *et al.*, 2005). I risultati ottenuti nelle prove qui condotte hanno dimostrato invece che, con il prosieguo della stagione, anche le foglie in posizione mediana vengono fortemente colonizzate da *S. titanus*. Da una parte, questo risultato conferma la necessità di effettuare correttamente i trattamenti insetticidi su tutta la chioma; d'altra parte, un campionamento precoce e tempestivo secondo le modalità già descritte deve essere effettuato osservando esclusivamente le foglie basali. Fra gli altri achenorrinchi ampelofagi, è stato notato come *J. lybica* tenda invece a colonizzare di preferenza i germogli secondari (Delrio *et al.*, 2001). Per quanto riguarda *E. vitis*, c'è invece una localizzazione sulle foglie basali ed apicali delle ninfe della prima e della seconda generazione, rispettivamente (Lehmann *et al.*, 2001).

BIBLIOGRAFIA

- Beers E.H., Jones V.P., 2004.** Fixed precision sampling plans for white apple leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) on apple. *Journal of Economic Entomology* 97: 1752-1755.
- Bosco D., Alma A., Arzone A., 1997.** Studies on population dynamics and spatial distribution of leafhoppers in vineyards (Homoptera: Cicadellidae). *Annals of Applied Biology* 130: 1-11.
- Bressan A., Spiazzi S., Capuzzo C., Girolami V., Boudon-Padieu E., 2003.** Seasonal probability of Flavescente dorée phytoplasma transmission in relation to abundance of leafhopper vectors and source for acquisition. In proceedings 14th ICVG Conference, Locorotondo (BA), 12-17 settembre, pp. 107-108.
- Cronin, J.T., Haynes K.J., Dilleuth F., 2004.** Spider effects on planthopper mortality, dispersal, and spatial population dynamics. *Ecology* 85: 2134-2143.
- Delrio G., Lentini A., Serra G., 2001.** Spatial distribution and sampling of *Jacobyasca lybica* on grapevine. *Bulletin OILB/SROP* 24 (7): 211-216.
- Jermine M., D'Adda G., Baumgartner J., Lozzia G.C. & Baillod M., 1993.** Nombre des pièges englués nécessaires pour estimer la densité relative des populations de la cicadelle *Scaphoideus titanus* Ball en vignoble. *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura serie II* 25: 91-102.
- Kogan M., 1998.** Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology* 43: 243-270.
- Lehmann F., Schirra K.-J., Louis F., Zebitz C.P., 2001.** The green leafhopper *Empoasca vitis* Goethe: population dynamics in different zones of foliation and effects of insecticide treatments in vineyards. *Bulletin OILB/SROP* 24 (7): 231-235.
- Lessio F., Alma A., 2006.** Spatial distribution of nymphs of *Scaphoideus titanus* (Homoptera: Cicadellidae) in grapes, and evaluation of sequential sampling plans. *Journal of Economic Entomology* 99 (in stampa).
- Lessio, F., Palermo S., Tedeschi R., Alma A., 2003.** Presence of Grapevine yellows phytoplasmas vectors (Homoptera, Auchenorrhyncha) in northwestern Italy. In proceedings 14th ICVG Conference, Locorotondo (BA), 12-17 settembre, pp. 75-76.
- Maixner M., 2003.** A sequential sampling procedure for *Empoasca vitis* Goethe (Homoptera: Auchenorrhyncha). *Bulletin OILB/SROP* 26: 209-215.
- Pavan F., Stefanelli G., Villani A., Mori N., Posenato G., Bressan A., Girolami V., 2005.** Controllo della Flavescenza dorata attraverso la lotta contro il vettore *Scaphoideus titanus* Ball. In: Flavescenza dorata e altri giallumi della vite in Toscana e in Italia, Quaderno ARSIA Toscana 3: 91-108.
- Southwood T.R.E., 1978.** Ecological methods with particular reference to the study of insects population (ed. Methuen & co Ltd, London).
- Vidano C., 1964:** Scoperta in Italia dello *Scaphoideus littoralis* Ball cicalina americana collegata alla "Flavescente dorée" della Vite. *L'Italia Agricola* 101: 1031-1049.

5.2 MOVIMENTO DEGLI ADULTI

5.2.1 MOVIMENTO ORIZZONTALE

Il movimento degli adulti di *S. titanus* è risultato fortemente influenzato dalla presenza e dalla densità d'impianto della vite: le discontinuità ne riducono la possibilità di spostamento (Lessio e Alma, 2004a). Rispetto a tale fattore, tra gli auchenorrhinchi possono essere osservati comportamenti diversi: è il caso di *D. maidis*, che sembra preferire il mais a minore densità d'impianto (Castro *et al.*, 1992; Power, 1992), tuttavia occorre tenere conto della differenza nella struttura della chioma fra maideto e vigneto. Inoltre, essendo *D. maidis* infeudato a specie erbacee, ricade nella categoria delle specie che colonizzano habitat a bassa persistenza ed hanno di conseguenza una maggior tendenza alla dispersione (Taylor, 1985; Taylor *et al.*, 1993). La stessa cosa si può dire di *E. fabae*, che presenta una vera e propria sindrome migratoria negli Stati Uniti (Taylor, 1985); anche alcune specie che colonizzano le piante arboree possono presentare una maggiore tendenza alla dispersione rispetto a *S. titanus*; fra gli ampelofagi si può citare *E. vitis* (Lehmann *et al.*, 2001), che tuttavia è polivoltina e sverna allo stadio adulto su conifere e di conseguenza presenta attitudine migratoria: secondo la classificazione di Taylor (1985), *E. vitis* si pone in effetti nella terza classe, che presenta emigrazione verso siti di svernamento con successivo ritorno.

Il 10% degli adulti di *S. titanus* marcati e rilasciati è stato successivamente catturato: tale percentuale è comunque superiore rispetto a quanto ottenuto in una prova analoga su *M. quadrilineatus*, in cui sono stati ritrovati 193 adulti marcati su oltre 90.000 (Zhou *et al.*, 2003). *S. titanus* non ha mostrato un'elevata propensione alla dispersione, né la sua distribuzione è risultata influenzata dalla direzione del vento; lo stesso risultato era stato ottenuto per altre due specie ampelofaghe, *H. coagulata* ed *H. liturata* Ball, in cui il decollo è inibito da velocità del vento superiori a 3 m/s e le catture diminuiscono all'aumentare della distanza dal punto di rilascio (Blackmer *et al.*, 2004); al contrario, *M. quadrilineatus* presenta una forte predisposizione alla dispersione in funzione della direzione del vento, essendo stato ritrovato anche a più di 150 m di distanza (Zhou *et al.*, 2003).

Questi due esempi contrapposti sono in accordo con la teoria della dispersione in funzione della persistenza dell'ospite (Taylor, 1985; Denno *et al.*, 2000). In effetti le due specie di *Homalodisca*, pur essendo polifaghe, sulla vite tendono a restare immobili e a non disperdersi, mentre *M. quadrilineatus* è infeudato a piante erbacee e presenta di conseguenza una maggior attitudine alla dispersione ed al trasporto passivo. Dal momento che *S. titanus* è monofago sulla vite (ospite ad elevata persistenza), non deve sorprendere il fatto che presenti un'attitudine alla dispersione simile a quella di *Homalodisca* spp., se non ancora più ridotta, e del tutto diversa rispetto a quella di *M. quadrilineatus*.

5.2.2 MOVIMENTO VERTICALE

Le catture di *S. titanus* sulle trappole poste a 2,40 m sopra la chioma della vite sono state sempre molto basse, o quasi nulle, a fronte di livelli di popolazione elevati riscontrati dentro la chioma stessa; al contrario, non è stata notata una differenza significativa tra le catture su trappole poste ad altezze diverse all'interno della chioma. Ne deriva che la fascia obbligata di volo per *S. titanus* sembra rappresentata dalla vite stessa. Altre ricerche avevano confermato come *S. titanus* prediliga le zone più ombreggiate, dato che le catture su trappole poste appena al di sopra della chioma stessa erano risultate meno attrattive (Pavan *et al.*, 2005).

In effetti, la velocità potenziale di volo (Taylor, 1974) calcolata per *S. titanus* in funzione della lunghezza del corpo e dell'apertura alare dovrebbe essere in media 4,5 km/h, di poco superiore alla velocità media del vento a 2 m di altezza, ma probabilmente inferiore a quella rilevabile a 5 m ed oltre: anche in tal senso, le capacità di volo attivo di *S. titanus* sarebbero ristrette alla chioma della vite. Per quanto riguarda il movimento all'interno della chioma, esistono casi di specie che si distribuiscono in posizioni diverse sulla pianta: ad esempio la prima generazione di *E. vitis* frequenta prevalentemente la parte bassa della chioma, mentre la seconda tende a colonizzare la parte alta (Lehmann *et al.*, 2001); tuttavia, si tratta di una specie polivoltina e che compare in periodi diversi della stagione rispetto al vettore della Flavescenza dorata.

S. titanus potrebbe dunque ricadere nella categoria dei frequentatori di arbusti ed alberi di piccola taglia, alla quale appartengono specie dei generi *Oncopsis*, *Alebra*, *Fagocyba*, *Allygus*, *Macropsis*, *Idioceurs* (Waloff, 1973; Günthart, 1988). Secondo gli studi di Waloff (1973), le specie infeudate a specie arboree presentano in effetti una maggiore tendenza al volo verticale rispetto a quelle che vivono su ospiti erbacei, e tale aspetto è stato notato anche nei confronti di *H. obsoletus*, che viene catturato raramente sulla chioma della vite mentre abbonda sulle trappole poste a 30 cm dal suolo in prossimità delle ortiche (osservazione personale, dati non pubblicati).

D'altra parte, alcune di queste specie, come *Idiocerus lituratus* (Fallen), svernano allo stadio adulto e ricadono quindi nella categoria degli emigranti verso siti di svernamento (Taylor, 1985), ed altre, quali *O. alni*, *Macropsis* spp. ed *Alebra* spp. presentano un ciclo biologico analogo a quello di *S. titanus* (monovoltinismo e svernamento allo stadio di uovo) (Nickel e Rename, 2002) ma sono infeudati a piante arboree di maggiori dimensioni rispetto alla vite: le loro capacità di dispersione risulterebbero quindi maggiori rispetto a quelle di *S. titanus*, che ricadrebbe al massimo nella categoria degli emigranti senza ritorno, e in cui presumibilmente a disperdersi sono principalmente gli adulti immaturi. Al contrario, *Homalodisca* spp. presenta una maggior propensione al volo verticale nonostante sia infeudata alla vite (Blackmer *et al.*, 2004), tuttavia dato che lo svernamento avviene allo stadio di adulto, questa specie appartiene alla categoria degli emigranti verso siti di svernamento e ciò ne aumenta la capacità di dispersione; inoltre si tratta di una specie di maggiori dimensioni rispetto a *S. titanus*, il che ne aumenta la potenziale velocità di volo attivo ed innalza di conseguenza la fascia obbligatoria di volo (Taylor, 1974).

5.2.3 CROMOTASSIA

Fra i diversi colori oggetto di prova, quelli più efficaci nel catturare gli adulti di *S. titanus* sono risultati il giallo ed il rosso, seguiti dal bianco, mentre il blu non ha mai attirato un numero considerevole di individui. Riguardo al giallo, è noto come sia particolarmente attrattivo nei confronti degli auchenorrhinchi, dal momento che riflette lunghezze d'onda tipiche di molte piante ospiti (Alverson *et al.*, 1977; Bullas-Appleton *et al.*, 2004); al contrario sorprende in parte l'attrattività dimostrata dal rosso. Una spiegazione plausibile potrebbe essere la presenza di pigmenti rossi nelle foglie della vite. Risultati in parte analoghi, ma anche contrastanti, erano stati ottenuti nell'ambito di un'altra prova, in cui *S. titanus* era stato catturato indifferentemente su trappole trasparenti, rosse, blu e di numerose sfumature di giallo (Pavan e Strapazzon, 1991), ed in una prova successiva si mette in risalto il fatto che le trappole posizionate in ombra tendono a catturare di più rispetto a quelle in pieno sole (Pavan *et al.*, 2005). Non è chiaro tuttavia se tale comportamento sia un effetto visivo (trappole più attrattive perché diversamente illuminate), o se sia semplicemente dovuto al fatto che *S. titanus* possa essere più abbondante in zone a più elevata densità di chioma. Le considerazioni

sull'influenza dei fattori climatici, affrontate al punto 2.5, farebbero propendere per la seconda ipotesi. Le proporzioni delle catture sui diversi colori sono state in generale simili durante tutta la stagione, ad eccezione del 2004 quando le femmine sono state più abbondanti sul rosso a luglio e sul giallo in agosto-settembre. Un motivo potrebbe essere il cambiamento della luminosità, in considerazione del fatto che *S. titanus* è una specie crepuscolare; cambiamenti stagionali nell'attrattività delle trappole cromotattiche sono già stati osservati in *C. pyricola* (Krysan e Horton, 1991).

5.2.4 ATTIVITÀ DI VOLO ORARIA

Dal momento che la sua attività di volo è risultata molto più intensa fra le 21.00 e le 8.00, *S. titanus* può essere considerato una specie crepuscolare (Lessio e Alma, 2004b; Lessio *et al.*, 2005). Tale aspetto concorda con le limitate capacità di dispersione di questa specie, in conseguenza delle ridotte correnti ascensionali al crepuscolo (Taylor, 1974; Drake e Farrow, 1982; Irwin, 1999). Non è ancora chiaro invece se il ciclo circadiano di *S. titanus* sia di tipo endogeno o esogeno (Saunders, 1981): per verificare tale aspetto occorre condurre esami di laboratorio.

Analizzando il ciclo circadiano di altre specie di auchenorrinchi, si può notare in molti casi una concordanza tra i seguenti fattori: ciclo circadiano, persistenza della pianta ospite e capacità di dispersione, che rafforzano le ipotesi avanzate sul comportamento di *S. titanus*. Infatti, *Paraphlepsius irroratus* (Say) presenta un volo crepuscolare ed è infeudato alle drupacee, quindi ad ospiti ad elevata persistenza (Larsen e Whalon, 1987); al contrario, *S. festinus* è infeudato all'erba medica e presenta un volo diurno (Johnson e Mueller 1990). Singolare il caso di alcune specie di *Dalbulus* (infeudati a piante erbacee) che hanno un'attività di volo crepuscolare nel periodo estivo, quando presentano una bassa dispersione, mentre volano di giorno durante l'autunno quando sfruttano le correnti ascensionali per iniziare l'attività migratoria (Taylor *et al.*, 1993).

Peraltro, hanno un'attività di tipo crepuscolare diverse specie infeudate a piante erbacee, quali *G. nigrifrons*, che vive sul mais (Rodriguez *et al.*, 1992) e molti delfacidi infeudati al riso, che sono influenzati anche dalle fasi lunari; tuttavia, in quest'ultimo caso entra in gioco anche il fattore legato alla latitudine, per cui risulterebbe rischioso per tali specie volare durante il giorno in presenza di temperature particolarmente elevate (Perfect e Cook, 1982); lo stesso si può dire di *C. haematoceps*, che in Medio Oriente vola prevalentemente nel tardo pomeriggio (Kersting e Baspinar, 1995).

5.2.5 INFLUENZA DEI FATTORI CLIMATICI

Le catture sono state maggiori in corrispondenza di un aumento delle temperature minime e massime giornaliere, ma non sono state identificate delle vere e proprie soglie per il volo. Fra gli auchenorrinchi, le soglie termiche per il volo sono state identificate ad esempio per *G. atropunctata*, che in California necessita di una temperatura minima di 14°C (Feil *et al.*, 2000). Al contrario, *G. nigrifrons* tende a volare quando le temperature medie al crepuscolo sono superiori a 18°C (Rodriguez *et al.*, 1992). Anche le temperature massime hanno influenzato l'attività di volo di *S. titanus*, ma dal momento che questa specie sembra crepuscolare, non dovrebbe dipendere dalle alte temperature registrate durante il giorno per il volo. Un comportamento simile è stato notato per *C. haematoceps*, la cui attività di volo giornaliera non sembra influenzata dalla temperatura (Kersting e Baspinar, 1995). Risulta quindi probabile che la temperatura influenzi solo secondariamente l'attività di volo di *S. titanus*, che sembrerebbe dipendere principalmente dal fotoperiodo, anche se non è da escludersi un meccanismo di compensazione termica (Saunders, 1981).

Livelli elevati di umidità relativa sembrerebbero sfavorire l'attività di volo in *S. titanus*. Questo aspetto potrebbe essere semplicemente la conseguenza di una diminuzione delle correnti atmosferiche, tuttavia i risultati ottenuti indicano come *S. titanus* non dipenda dal vento per la sua dispersione. Un'ipotesi plausibile è invece che il cicadellide preferisca effettivamente un microclima più umido, e che di conseguenza tenda a volare quando diminuisce l'umidità atmosferica per evitare la disidratazione e stabilirsi in zone più fresche: lo stesso aspetto è stato dimostrato per *Orius insidiosus* (Say) (Zhang e Shipp, 1998), che tuttavia è un predatore e presenta di conseguenza una maggiore mobilità rispetto a *S. titanus* il quale, restando riparato sulla pagina fogliare inferiore (Vidano, 1964), non dovrebbe essere particolarmente soggetto alla disidratazione. Le prove condotte con i rilevatori di microclima non hanno mostrato differenze significative di umidità relativa né di catture in zone a diversa densità fogliare.

BIBLIOGRAFIA

- Alverson D.R., All J.N., Matthews R.W., 1977.** Response of leafhoppers and aphids to variously colored sticky traps. *Journal of the Georgia Entomological Society* 12: 336-341.
- Blackmer J.L., Hagler J.R., Simons G.S., Cañas L.A., 2004.** Comparative dispersal of *Homalodisca coagulata* and *Homalodisca liturata* (Homoptera: Cicadellidae). *Environmental Entomology* 33: 88-99.
- Bullas-Appleton E.S., Otis G., Gillard C., Schaafsma A.W., 2004.** Potato leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) varietal preferences in edible beans in relation to visual and olfactory cues. *Environmental Entomology* 33: 1381-1388.
- Castro V., Rivera C., Isard S.A., Gamez R., Fletcher J. & Irwin M.E. (1992)** The influence of weather and microclimate on *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae) flight activity and the incidence of diseases within maize and bean monocultures and bicultures in tropical America. *Annals of Applied Biology* 121: 469-482.
- Denno R.F., Gratton G., Langellotto G.A., 2000.** Significance of habitat persistence and dimensionality in the evolution of insect migration strategies. In: *Insect movement: mechanisms and consequences* (ed. Woiwood, Reynolds e Thomas, CABI Publishing, Oxon, UK): 235-260.
- Drake, V. A., and R. A. Farrow. 1988.** The influence of atmospheric structure and motions on insect migration. *Annual review of Entomology* 33: 183-210.
- Feil H., Feil W.S., Purcell A.H. 2000.** Effects of temperature on the flight activity of *Graphocephala atropunctata* (Hemiptera: Cicadellidae). *Journal of Economic Entomology* 93: 88-91.
- Günthart H., 1988.** Comparison of the vertical distribution of leafhoppers-trapped between 5 and 155 m above the ground-with the ground population. *Proceedings, 6th Auchenorrhyncha Meeting Torino, 7-11 settembre 1987*, pp. 379-386.
- Irwin M.E., 1999.** Implications of movement in developing and deploying integrated pest management strategies. *Agricultural and Forest Meteorology* 97: 235-248.
- Johnson, M. P., Mueller A.J., 1990.** Flight and diel activity of the threecornered alfalfa hopper (Homoptera: Membracidae). *Environmental Entomology* 19: 677-683.
- Kersting, U., Baspinar H., 1995.** Seasonal and diurnal flight activity of *Circulifer haematoceps* (Hom., Cicadellidae), an important vector in the Mediterranean area and the Near East. *Journal of applied Entomology* 119: 533-537.
- Krysan J.L., Horton D.R., 1991.** Seasonality of catch of pear psylla *Cacopsylla pyricola* (Homoptera: Psyllidae) on yellow traps. *Environmental Entomology* 20: 626-634.
- Larsen K.J., Whalon M.E., 1987.** Crepuscular movement of *Paraphlesius irroratus* (Say) (Homoptera; Cicadellidae) between the groundcover and cherry trees. *Environmental Entomology* 16: 1103-1106.
- Lehmann F., Schirra K.J., Louis F., Zebitz C.P.W., 2001.** The green leafhopper *Empoasca vitis* Goethe-population dynamics in different zones of foliation and effects of insecticide treatments in vineyards. *IOBC/WPRS Bulletin* 24: 231-235.
- Lessio F., Alma A., 2004a.** Dispersal patterns and chromatic response of *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera Cicadellidae), vector of the phytoplasma agent of grapevine flavescence dorée. *Agricultural and Forset Entomology* 6: 121-127.
- Lessio F., Alma A., 2004b.** Seasonal and daily movement of *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera Cicadellidae). *Environmental Entomology* 33: 1689-1694.

- Lessio F., Balasz Z., Alma A., 2005.** Dispersione ed attività di volo giornaliera di *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera Cicadellidae). *Petria* 15 (1/2): 51-53.
- Nickel H., Remane R., 2002.** Artenliste der Zikaden Deutschlands, mit Angabe von Nährpflanzen, Nahrungsbreite, Lebenszyklus, Areal und Gefährdung (Hemiptera, Fulgoromorpha et Cicadomorpha). *Beiträge zur Zikadenkunde*: 27-64.
- Pavan F., Strapazzon, 1991.** Influenza del colore delle trappole cromotropiche sulla cature dei fitomizi della vite. Atti XVI Congresso nazionale italiano di Entomologia, Bari-Martina Franca (TA), 23-28 settembre, pp. 755-762.
- Pavan F., Stefanelli G., Villani A., Mori N., Posenato G., Bressan A., Girolami V., 2005.** Controllo della Flavescenza dorata attraverso la lotta contro il vettore *Scaphoideus titanus* Ball. In: Flavescenza dorata e altri giallumi della vite in Toscana e in Italia, Quaderno ARSIA Toscana 3: 91-108.
- Perfect T.J., Cook A.J., 1982.** Diurnal periodicity of flight in some Delphacidae and Cicadellidae associated with rice. *Ecological Entomology* 7: 317-326.
- Power A.G., 1992.** Host plant dispersion, leafhopper movement and disease transmission. *Ecological Entomology* 17: 63-68.
- Purcell A.H., Elkinton J.S., 1980.** A comparison of sampling method for leafhopper vectors of X-disease in California cherry orchards. *Journal of Economic Entomology*, 73, 854-860.
- Rodriguez, C.M., Madden L.V., Nault L.R., 1992.** Diel flight periodicity of *Graminella nigrifrons* (Homoptera: Cicadellidae). *Annals of the Entomological Society of America* 85: 792-798.
- Saunders D.S., 1981.** Insect photoperiodism-the clock and the counter: a review. *Physiological Entomology* 6: 99-116.
- Taylor L.R., 1974.** Insect migration, flight periodicity and the boundary layer. *Journal of Animal Ecology* 43: 225-238.
- Taylor R.A.J., 1985.** Migratory behaviour in the Auchenorrhyncha. *The Leafhoppers and Planthoppers* (ed. by L.R. Nault and J.G. Rodriguez), pp. 259-288.
- Taylor R.A.J., Nault L.R., Styer W.E., 1993.** Experimental analysis of flight activity of three *Dalbulus* leafhoppers (Homoptera: Auchenorrhyncha) in relation to migration. *Annals of the Entomological Society of America* 86: 655-667.
- Vidano C., 1964:** Scoperta in Italia dello *Scaphoideus littoralis* Ball cicalina americana collegata alla "Flavescence dorée" della Vite. *L'Italia Agricola* 101: 1031-1049.
- Waloff N., 1973.** Dispersal by flight of leafhoppers (Auchenorrhyncha: Homoptera). *Journal of Animal Ecology* 10: 705-730.
- Zhang Y., Shipp L., 1998.** Effect of temperature and vapor pressure deficit on the flight activity of *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Environmental Entomology* 27: 736-742.
- Zhou L., Hoy C.W., Miller S.A., Nault L.R., 2003.** Marking methods and field experiments to estimate aster leafhopper (*Macrosteles quadrilineatus*) dispersal rates. *Environmental Entomology* 32: 1177-1186.

5.3 SEX RATIO

Il rapporto tra i sessi valutato con le diverse metodologie ha permesso di identificare alcune possibili differenze nel comportamento in *S. titanus*. La *sex ratio* effettiva, ricavata dagli sfarfallamenti in laboratorio, è risultata circa di 1:1, ovvero quella attesa in una specie totalmente anfigonica. Il fatto che sulle trappole vengano catturati più maschi lascia presupporre che questi siano più propensi al volo.

Questo aspetto non è nuovo tra gli auchenorrhinchi: risultati analoghi sono stati ottenuti riguardo a *S. festinus*, che ha mostrato una percentuale di maschi di 89,0-96,5 sulle trappole e di 58,4-67,0 nei campionamenti con retino entomologico (Johnson e Muller, 1990). Lo stesso si può dire di *G. nigrifrons*, per la quale sono stati catturati più maschi che femmine sulle trappole, indice di movimenti vegetativi (Rodriguez *et al.*, 1992). In *C. haematoceps*, i maschi hanno rappresentato l'85% delle catture sulle trappole e solo il 26% nei campionamenti con D-Vac: tuttavia questa specie viene considerata una migratrice notturna, per cui vi sono dubbi sul fatto di avere catturato o meno le femmine non fecondate (Kersting e Baspinar, 1995). Anche per *M. quadrilineatus* è stata dimostrata una maggiore tendenza ai movimenti locali da parte dei maschi, con una *sex ratio* di circa 3:1 sulle trappole e di 1:1 sulle piante; inoltre, osservazioni effettuate in laboratorio su questa specie hanno indicato come a compiere voli verticali fossero soprattutto le femmine vergini, mentre quelle fecondate si mostravano più sedentarie: in questo caso, si dovrebbe parlare non di movimenti locali ma propriamente di sindrome migratoria (Hoy *et al.*, 1999). Queste ultime due ricerche sono in accordo con la teoria dell'oogenesi e della migrazione, secondo la quale la tendenza o meno al movimento è influenzata dall'ormone giovanile (Dingle, 2000).

Per quanto riguarda *S. titanus*, si può concludere che i maschi siano più propensi ai movimenti locali, soprattutto ad inizio stagione, dato che in seguito la *sex ratio* volge progressivamente a favore delle femmine; tuttavia, le maggiori catture delle femmine a fine stagione potrebbero non essere dovute ad una sindrome migratoria, improbabile alla luce dei risultati ottenuti sulle capacità di dispersione e del fatto che il vettore della FD, al contrario di *C. haematoceps* e *M. quadrilineatus*, è infeudato ad un ospite ad elevata persistenza come la vite (Denno *et al.*, 2000).

Per il futuro occorrerebbe anche verificare se esiste una differenza legata al sesso nell'efficienza del processo di trasmissione dei fitoplasmi in *S. titanus*. Una differenza è stata notata per *M. quadrilineatus*, in cui le femmine risultano più efficienti nella trasmissione (Beanland *et al.*, 1999). D'altra parte, nella specie congenere *M. quadripunctulatus* non è stato notato alcun effetto di questo tipo (Marzachi *et al.*, 2004).

BIBLIOGRAFIA

- Beanland L., Hoy C.W., Miller S.A., Nault L.R., 1999. Leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) transmission of aster yellows phytoplasma: does gender matter? *Environmental Entomology* 28: 1101-1106.
- Denno R.F., Gratton G., Langellotto G.A., 2000. Significance of habitat persistence and dimensionality in the evolution of insect migration strategies. In: *Insect movement: mechanisms and consequences* (ed. Woiwood, Reynolds e Thomas, CABI Publishing, Oxon, UK): 235-260.
- Dingle H., 2000. The evolution of migratory syndromes in insects. In: *Insect movement: mechanisms and consequences* (ed. Woiwood, Reynolds e Thomas, CABI Publishing, Oxon, UK): 159-181.
- Hoy C.W., Zhou X., Nault L.R., Miller S.A., Styler J., 1999. Host plant, phytoplasma, and reproductive status effects on flight behaviour of aster leafhopper (Homoptera: Cicadellidae). *Annals of the Entomological Society of America* 92: 523-528.
- Johnson M.P., Mueller A.J., 1990. Flight and diel activity of the threecornered alfalfa hopper (Homoptera: Membracidae). *Environmental Entomology* 19: 677-683.

- Kersting, U., Baspinar H., 1995.** Seasonal and diurnal flight activity of *Circulifer haematoceps* (Hom., Cicadellidae), an important vector in the Mediterranean area and the Near East. *Journal of applied Entomology* 119: 533-537.
- Marzachi C., Milne R.G., Bosco D., 2004.** Phytoplasma-plant relationship. In: *Recent Research Development in Plant Pathology 3* (ed. Pandalai e Gayathry): 211-241.
- Rodriguez C.M., Madden L.V., Nault L.R., 1992.** Diel flight periodicity of *Graminella nigrifrons* (Homoptera: Cicadellidae). *Annals of the Entomological Society of America* 85: 792-798.

5.4 INFLUENZA DELL'AGROECOSISTEMA E DELL'ALTITUDINE

Le catture degli adulti di *S. titanus* sono risultate più elevate nei vigneti coltivati ma non sottoposti a trattamenti insetticidi (Lessio e Alma, in stampa). I vigneti abbandonati e gli incolti con vite hanno fatto registrare invece dati discordanti: a volte l'infestazione è stata molto bassa, paragonabile a quella dei vigneti trattati, ed altre volte è risultata particolarmente elevata, soprattutto nel caso dei vigneti abbandonati. Questi risultati confermano il fatto che in Europa *S. titanus* si dimostra una specie strettamente legata alla vite, contrariamente a quanto succede nell'areale di origine dove risulta più abbondante sui bordi dei vigneti in presenza di aree boscate (Beanland e Wolf, 2004).

Se si paragona un incolto con una coltura consociata, questi risultati possono essere spiegati con il fatto che una specie monofaga presenta una densità di popolazione più elevata in una monocultura, come potrebbero essere considerati i vigneti non trattati o abbandonati. Sull'argomento sono state elaborate due teorie principali: l'ipotesi dei nemici naturali, abbastanza ovvia, e quella della concentrazione delle risorse, secondo la quale le piante ospiti presenti in maggior densità sarebbero più facilmente localizzabili dagli insetti fitofagi (Altieri *et al.*, 2003).

Per quanto riguarda *S. titanus*, entrambe le teorie sono possibili ma devono essere confermate. Tuttavia, l'ipotesi della concentrazione delle risorse è più probabile dal momento che questa cicalina è strettamente monofaga ed ovidepone esclusivamente sulla vite: di conseguenza, una bassa densità della pianta ospite potrebbe causarne il declino in seguito ad emigrazione (ma tale aspetto è meno probabile, date le considerazioni fatte in precedenza), oppure al decremento riproduttivo. D'altra parte, i nemici naturali possono influenzare la distribuzione spaziale di qualunque insetto. Ad esempio, la presenza di siepi di rovo influenza il ciclo biologico di due cicadellidi ampelofagi: *Z. rhamni* ed *E. vitis* (Pavan, 2000), e degli imenotteri mimaridi loro parassitoidi oofagi (Viggiani, 2003). Una spiegazione potrebbe giungere dall'adattamento di parassitoidi autoctoni su *S. titanus* (Alma e Arzone, 1994; Arzone e Alma, 1994); anche i predatori generici potrebbero avere un ruolo in tal senso, come è stato dimostrato per altre specie di auchenorrhinchi (Costello e Daane, 2003; Cronin *et al.*, 2004). Tuttavia, in tal caso dovrebbe presentarsi lo stesso effetto anche nei vigneti di tipo 3 (abbandonati), che ospitavano invece popolazioni elevate di *S. titanus*.

Fra i diversi siti di tipo 1 (trattati) non sono state notate differenze significative di popolazione, mentre il contrario è avvenuto per tutti gli altri tipi. Di conseguenza, l'assenza di una pressione selettiva come i trattamenti insetticidi potrebbe portare a situazioni differenti nei diversi ambienti. Occorrerebbe tuttavia conoscere la cronistoria di questi siti e verificare il potenziale di crescita demografica di *S. titanus* nel tempo.

I dati raccolti in Valle d'Aosta suggeriscono come *S. titanus* non sia particolarmente diffuso ad altitudini superiori a 700 m (Bertignono *et al.*, in stampa). Inoltre, il picco di volo è comparso in ritardo rispetto a quanto normalmente avviene negli areali viticoli piemontesi (Lessio e Alma, 2004b). L'ipotesi più plausibile è che le basse temperature portino ad un rallentamento dello sviluppo postembrionale, e che per questo l'insediamento del vettore della FD nell'Alta Valle risulti più lento. Una correlazione fra l'altitudine e lo sviluppo postembrionale era stata osservata per *Neophilaenus lineatus* (L.) in Gran Bretagna (Fielding *et al.*, 1999).

BIBLIOGRAFIA

- Alma A., Arzone A., 1994. Adattamento di Driinidi paleartici al Cicadellide neartico *Scaphoideus titanus* Ball (Auchenorrhyncha Cicadellidae). MAF- Convegno Lotta Biologica, Acireale (CT) 1991, pp. 77-82.

- Altieri M.A., Nicholls C.I., Ponti L., 2003.** Diversità vegetale e stabilità dell'entomofauna negli agroecosistemi. In: Biodiversità e controllo dei fitofagi negli agroecosistemi (ed. Altieri, Nicholls e Ponti): 37-52.
- Arzone A., Alma A., 1994.** Indagini sui parassitoidi oofagi di *Scaphoideus titanus* Ball (Auchenorrhyncha Cicadellidae). MAF- Convegno Lotta Biologica, Acireale (CT) 1991, pp. 83-88.
- Beanland L., Wolf T.K., 2004.** Ecology of potential vectors of North American Grapevine Yellows. American Journal of Enology and Viticulture 55: 4.
- Bertignono L., Barrel I., Bondaz M., Lessio F., Tedeschi R., Alma A., 2006.** Presence of auchenorrhyncha known or suspected vectors of phytoplasmas in vine growing areas of the Aosta Valley. Atti del primo congresso nazionale sulla viticoltura di montagna e in forte pendenza, St-Vincent (Valle d'Aosta), 17-18 marzo (in stampa).
- Costello M.J., Daane K.M., 2003:** Spider and leafhopper (*Erythroneura* spp.) response to vineyard ground cover. Environmental Entomology 32: 1085-1098.
- Cronin J.T., Haynes K.J., Dilleuth F., 2004:** Spider effects on planthopper mortality, dispersal, and spatial population dynamics. Ecology 85: 2134-2143.
- Fielding C.A., Whittaker J.B., Butterfield E.L., Coulson J.C., 1999.** Predicting responses to climate change: the effect of altitude and latitude on the phenology of the Spittlebug *Neophilaenus lineatus*. Functional Ecology 13 (Suppl. 1): 65-73.
- Lessio F., Alma A., 2004b.** Seasonal and daily movement of *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera Cicadellidae). Environmental Entomology 33: 1689-1694.
- Lessio F., Alma A.** Influence of grapevine presence in different ecosystems on the density of *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera: Cicadellidae). Bulletin OILB/SROP (in stampa).
- Pavan F., 2000.** The role of *Rubus* bushes in the life cycle of two Typhlocybinæ infesting European vineyards. Redia 83: 47-60.
- Perfect T.J., Cook A.J., 1982.** Diurnal periodicity of flight in some Delphacidae and Cicadellidae associated with rice. Ecological Entomology 7: 317-326.

5.5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

S. titanus è da considerarsi una specie poco mobile e priva di comportamento migratorio. Questa ipotesi è sostenuta dai risultati della ricerca e da determinati aspetti (alcuni già noti ed altri dimostrati in questa tesi di Dottorato) riguardanti la sua biologia, come l'attività di volo prevalentemente crepuscolare, la monofagia e l'essere legato ad un ospite ad elevata persistenza come la vite. Anche il fatto che i maschi siano più mobili delle femmine depone a sfavore di una sindrome migratoria. Ne deriva che la gestione fitosanitaria deve essere ritenuta di facile applicazione, non essendo influenzata da spostamenti a lungo raggio.

Anche i risultati ottenuti sulla distribuzione spaziale degli stadi giovanili possono essere utilizzati in modo efficace per facilitare e rendere univoci ed oggettivi i rilievi di campo per la gestione fitosanitaria. In tal senso, la scheda per il campionamento elaborata risulta utile per conoscere la densità di popolazione anche in caso di basse densità di *S. titanus* in vigneto.

Dal punto di vista della gestione ecologica ed agronomica dell'insetto vettore, i vigneti non correttamente trattati con insetticidi possano essere pericolosi come fonte di reinfestazione a corto raggio, mentre sui vigneti abbandonati e sugli incolti con vite non è possibile generalizzare ed occorre valutare caso per caso. In prospettiva, sarebbe utile verificare se questi ecosistemi possono ospitare, in piante di vite europea o americana, anche il fitoplasma agente causale della FD.

6 BIBLIOGRAFIA GENERALE

- Ahrens U., Seemüller E., 1992.** Detection of DNA of plant pathogenic mycoplasma-like organisms by a polymerase chain reaction that amplifies a sequence of the 16S rRNA gene. *Phytopathology* 82 (8): 828-832.
- Allison P.G., Bull R.M., 1990.** Sampling distribution and sequential sampling plans for *Perkinsiella saccharicida* Kirkaldy (Hemiptera: Delphacidae) and *Tytthus* spp. (Hemiptera: Miridae) on sugarcane. *Journal of Economic Entomology* 83: 2284-2289.
- Alma A., 1995.** Ricerche bio-etologiche su *Anoplotettix fuscovenosus* (Ferrari) (Cicadellidae Deltoccephalinae). *Bollettino di Zoologia Agraria e Bachicoltura* 27: 45-52.
- Alma A., 2004.** The genus *Scaphoideus* in the world. The diffusion of *S. titanus* in Europe. Third European Hemiptera Congress, St. Petersburg, 8-11 giugno, pp. 3-5.
- Alma A., Arzone A., 1994.** Adattamento di Driinidi paleartici al Cicadellide nearctico *Scaphoideus titanus* Ball (Auchenorrhyncha Cicadellidae). MAF- Convegno Lotta Biologica, Acireale (CT) 1991, pp. 77-82.
- Alma A., Bosco D., Danielli A., Bertaccini A., Vibio M., Arzone A., 1997.** Identification of phytolasmias in eggs, nymphs and adults of *Scaphoideus titanus* Ball reared on healthy plants. *Insect Molecular Biology* 6: 115-121.
- Alma A., Ferracini C., Burgio G., 2005.** Development of a Sequential Plan to Evaluate *Neodryinus typhlocybae* (Ashmead) (Hymenoptera: Dryinidae) Population Associated with *Metcalfa pruinosa* (Say) (Homoptera: Flatidae) Infestation in Northwestern Italy. *Environmental Entomology* 34: 819-824.
- Alma A., Soldi G., Tedeschi R., Marzachi C., 2002.** Ruolo di *Hyalesthes obsoletus* Signoret (Homoptera, Cixiidae) nella trasmissione del legno nero della vite in Italia. *Petria* 12: 411-412.
- Almeida R.P.P., Wistrom C., Hill B.L., Hashim J., Purcell A.H., 2005.** Vector transmission of *Xylella fastidiosa* to dormant grape. *Plant Disease* 89: 419-424
- Altieri M.A., Nicholls C.I., Ponti L., 2003.** Diversità vegetale e stabilità dell'entomofauna negli agroecosistemi. In: Biodiversità e controllo dei fitofagi negli agroecosistemi (ed. Altieri, Nicholls e Ponti): 37-52.
- Alverson D.R., All J.N., Matthews R.W., 1977.** Response of leafhoppers and aphids to variously colored sticky traps. *Journal of the Georgia Entomological Society* 12: 336-341.
- Angelini E., Squizzarto F., Lucchetta G., Borgo M., 2004.** Detection of a phytoplasma associated with grapevine Flavescence dorée in *Clematis vitalba*. *European Journal of Plant Pathology* 110: 193-201.
- Anonimo, 2004.** Viticoltura: primi ritrovamenti della Flavescenza dorata in Svizzera. *Bollettino del servizio fitosanitario cantonale* 31.
- Arzone A., Alma A., 1994.** Indagini sui parassitoidi oofagi di *Scaphoideus titanus* Ball (Auchenorrhyncha Cicadellidae). MAF- Convegno Lotta Biologica, Acireale (CT) 1991, pp. 83-88.
- Bagnoli B., Pinzauti F., Trivellone V., 2005.** Indagine preliminare sugli auchenorrinchi potenziali vettori di Stolbur in un'area viticola del Lazio. *Petria* 15 (1/2): 55-58.
- Barba M., 2005.** La lotta obbligatoria alla flavescenza dorata e al suo vettore *Scaphoideus titanus*. In: Flavescenza dorata e altri giallumi della vite in Toscana e in Italia. *Quaderno ARSIA Toscana* 3: 135-138.
- Barba M., Albanese G., 2002.** Malattie da fitoplasmi della vite. Situazione nell'Italia centro-meridionale. *Informatore fitopatologico* 10: 49-52.
- Barnett E.D., 1977.** A revision of the nearctic species of the genus *Scaphoideus* (Homoptera Cicadellidae). *Transactions of the American Entomology Society* 102: 485-593.
- Battle A., Martinez M.A., Lavina A., 2000.** Occurrence, distribution and epidemiology of Grapevine Yellows in Spain. *European Journal of Plant Pathology* 106: 811-816.
- Beanland L., Hoy C.W., Miller S.A., Nault L.R., 2000.** Influence of aster yellows phytoplasmas on the fitness of aster leafhopper (Homoptera: Cicadellidae). *Annals of the Entomological Society of America* 93: 271-276.
- Beanland L., Wolf T.K., 2004.** Ecology of potential vectors of North American Grapevine Yellows. *American Journal of Enology and Viticulture* 55: 4.
- Beanland L., Hoy C.W., Miller S.A., Nault L.R., 1999.** Leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) transmission of aster yellows phytoplasma: does gender matter? *Environmental Entomology* 28: 1101-1106.
- Beck S.D., 1968.** *Insect photoperiodism* (Academic Press Inc., New York, NY).

- Beers E.H., Jones V.P., 2004.** Fixed precision sampling plans for white apple leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) on apple. *Journal of Economic Entomology* 97: 1752-1755.
- Bertaccini A., 1991.** L'amplificazione genica (PCR) per la diagnosi in patologia vegetale. *Informatore fitopatologico* 41: 16-20.
- Bertaccini A., Botti S., Tonola A., Milano C., Braccini P., Sfalanga A., 2003.** Identificazione di fitoplasmi di flavescenza dorata in vigneti della Toscana. *L'Informatore Agrario* 22: 61-63.
- Bertignono L., Barrel I., Bondaz M., Lessio F., Tedeschi R., Alma A., 2006.** Presence of auchenorrhyncha known or suspected vectors of phytoplasmas in vine growing areas of the Aosta Valley. *Atti del primo congresso nazionale sulla viticoltura di montagna e in forte pendenza, St-Vincent (Valle d'Aosta), 17-18 marzo (in stampa).*
- Blackmer J.L., Hagler J.R., Simons G.S., Cañas L.A., 2004.** Comparative dispersal of *Homalodisca coagulata* and *Homalodisca liturata* (Homoptera: Cicadellidae). *Environmental Entomology* 33: 88-99.
- Bonfils J., Schvester D., 1960.** Les Cicadelles (Homoptera Auchenorrhyncha) dans leur rapports avec la vigne dans le Sud-Ouest de la France. *Annales Epiphyties* 11: 325-336.
- Bosco D., Alma A., Arzone A., 1997.** Studies on population dynamics and spatial distribution of leafhoppers in vineyards (Homoptera: Cicadellidae). *Annals of Applied Biology* 130: 1-11.
- Bosio G., Dellavalle D., Ferrarese D., Ferrari D., Occhetti P., 2001.** Evoluzione delle popolazioni di *Scaphoideus titanus* a seguito di trattamenti insetticidi. *L'Informatore Agrario* 21: 79-84.
- Bosio G., Martinez M.C., Occhetti P., Rovetto I., Della Valle D., Laiolo L., Valota G., 2004.** Efficacy evaluation of synthetic and natural insecticides against *Scaphoideus titanus* Ball young stages on grapevine. *Atti Giornate Fitopatologiche* 1: 95-102.
- Boudon-Padieu E., 2003.** The situation of grapevine yellows and current research directions: distribution, diversity, vectors, diffusion and control. In *proceedings 14th ICVG Conference, Locorotondo (BA), 12-17 settembre*, pp. 47-53.
- Bressan A., Girolami V., Boudon-Padieu E., 2005a.** Reduced fitness of the leafhopper *Scaphoideus titanus* exposed to Flavescence dorée phytoplasma. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 115: 283-290.
- Bressan A., Spiazzi S., Capuzzo C., Girolami V., Boudon-Padieu E., 2003.** Seasonal probability of Flavescence dorée phytoplasma transmission in relation to abundance of leafhopper vectors and source for acquisition. In *Proceedings 14th ICVG Conference, Locorotondo (BA), 12-17 settembre*, pp. 107-108.
- Bressan A., Spiazzi S., Girolami V., Boudon-Padieu E., 2005b.** Acquisition efficiency of Flavescence dorée phytoplasma by *Scaphoideus titanus* Ball from infected tolerant or susceptible grapevine cultivars or experimental host plants. *Vitis* 44: 143-146.
- Bullas-Appleton E.S., Otis G., Gillard C., Schaafsma A.W., 2004.** Potato leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) varietal preferences in edible beans in relation to visual and olfactory cues. *Environmental Entomology* 33: 1381-1388.
- Burgio G., Cornale R., Cavazzuti C., Pozzati M., 1995.** Spatial distribution and binomial sampling of *Sitobion avenae* (F.) and *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera Aphididae) infesting wheat in northern Italy. *Bollettino dell'Istituto di Entomologia "G. Grandi" Università di Bologna* 50: 15-27.
- Caobelli R., Carcereri G., 1995.** Lotta biologica alla cicalina della vite. *L'Informatore Agrario* 33: 75-77.
- Carraro L., 2005.** Epidemiologia della Flavescenza dorata. In: *Flavescenza dorata e altri giallumi della vite in Toscana e in Italia. Quaderno ARSIA Toscana* 3: 81-83.
- Castro V., Rivera C., Isard S.A., Gamez R., Fletcher J., Irwin M.E., 1992.** The influence of weather and microclimate on *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae) flight activity and the incidence of diseases within maize and bean monocultures and bicultures in tropical America. *Annals of Applied Biology*: 121, 469-482.
- Caudwell A., 1957.** Deux années d'études sur la Flavescence dorée, nouvelle maladie grave de la vigne. *Annales de L'Amélioration des Plantes* 4: 359-363.
- Caudwell A., Boudon-Padieu E., Kuszala C., Larrue J., 1987.** Biologie et étiologie de la Flavescence dorée. Recherches sur son diagnostic et sur les méthodes de lutte. *Atti Convegno Flavescenza dorata della vite, Verona-Vicenza, 28-29 maggio*, pp. 175-178.
- Clair D., Larrue J., Boudon-Padieu E., 2001.** Evaluation of vectoring ability of Phytoplasma by *Metcalfa pruinosa* (Say) (Homoptera: Flatidae) recently introduced in Europe. *IOBC/WPRS Bulletin* 24 (7): 195-197.
- Conti M., 1985.** Transmission of plant viruses by leafhoppers and planthoppers. In: *The Leafhoppers and Planthoppers* (ed. Nault e Rodriguez, John Wiley & Sons Inc., New York, USA): 289-307.

- Conti M., Vidano C., 1988.** Auchenorrhinchi e trasmissione di agenti fitopatogeni in Italia. Atti Giornate Fitopatologiche 3: 27-50.
- Cooter R.J., Winder D., Chancellor T.C.B., 2000.** Tethered flight activity of *Nephotettix virescens* (Hemiptera: Cicadellidae) in the Philippines. Bulletin of Entomological Research: 90: 49-55.
- Cordova I., Oropeza C., Jones P., Harrison N.A., 2002.** *In situ* PCR: a technique for locating phytoplasmas in coconut embryo tissue. Phytopathology 92: 118.
- Costello, M.J. & Daane, K.M. 2003:** Spider and leafhopper (*Erythroneura* spp.) response to vineyard ground cover. Environmental Entomology 32: 1085-1098.
- Credi R., Terlizzi F., Stimilli G., Nardi S., Lagnese R., 2002.** Flavescenza dorata della vite nelle Marche. Informatore Agrario 57: 61-63.
- Cronin, J.T., Haynes K.J., Dilleuth F., 2004:** Spider effects on planthopper mortality, dispersal, and spatial population dynamics. Ecology 85: 2134-2143.
- D'Ascenzo D., Murolo S., Di Giovanni r., Branzanti B.M., Romanazzi G., 2005.** Monitoraggio dei giallumi della vite in Abruzzo. Petria 15 (1/2):173-175.
- Delrio G., Lentini A., Serra G., 2001.** Spatial distribution and sampling of *Jacobyasca lybica* on grapevine. Bulletin OILB/SROP 24: 211-216.
- Denno R.F., Gratton G., Langellotto G.A., 2000.** Significance of habitat persistence and dimensionality in the evolution of insect migration strategies. In: Insect movement: mechanisms and consequences. (ed. Woiwood, Reynolds e Thomas, CABI Publishing, Oxon, UK): 235-260.
- Dingle H., 2000.** The evolution of migratori syndromes in insects. In: Insect movement: mechanisms and consequences. (ed. Woiwood, Reynolds e Thomas, CABI Publishing, Oxon, UK): 159-181.
- Drake V.A., Farrow R.A., 1988.** The influence of atmospheric structure and motions on insect migration. Annual Review of Entomology 33: 183-210.
- Dudley R., 2000.** The biomechanics and functional diversità of flight. In: Insect movement: mechanisms and consequences. (ed. Woiwood, Reynolds e Thomas, CABI Publishing, Oxon, UK): 19-41.
- Duduk B., Botti S., Ivanovic M., Dukic N., Bertaccini A., 2003.** Molecular characterization of a Flavescence dorée phytoplasma infecting grapevine in Serbia. In proceedings 14th ICVG Conference, Locorotondo (BA), 12-17 settembre, pp. 91-92
- Faoro F., 2005.** Perché è così difficile osservare al microscopio elettronico I fitoplasmi della vite? Petria 15 (1/2): 99-101.
- Feil H., Feil W.S., Purcell A.H., 2000.** Effects of temperature on the flight activity of *Graphocephala atropunctata* (Hemiptera: Cicadellidae). Journal of Economic Entomology 93: 88-91.
- Fielding C.A., Whittaker J.B., Butterfield E.L., Coulson J.C., 1999.** Predicting responses to climate change: the effect of altitude and latitude on the phenology of the Spittlebug *Neophilaenus lineatus*. Functional Ecology 13 (Suppl. 1): 65-73.
- Firrao G., Gibb K., Streten C., 2005.** Short taxonomic guide to the genus "*Candidatus* Phytoplasma". Journal of Plant Pathology 87 (4, special issue): 249-263.
- Fletcher J., Wayadande A., Melcher U., Ye FengChun, 1998.** The phytopathogenic mollicute-insect vector interface: a closer look. Phytopathology 88: 1351-1358.
- Gerrard D.J., Chiang H.C., 1970.** Density estimation of corn rootworm egg populations based upon frequency of occurrence. Ecology 51: 237-245.
- Giurfa M., 1991.** Color generalization and choice behaviour of the honeybee *Apis mellifera ligustica*. Journal of Insect Physiology 37: 41-44.
- Gotta P., Galeotti G., Rossi A., Scapin I., 2005.** Flavescenza dorata della vite. La situazione attuale. Quaderni della Regione Piemonte Agricoltura 48: 12-14.
- Green R.H., 1970.** On fixed precision level sequential sampling. Residual Population Ecology 12: 249-251.
- Günthart H., 1988.** Comparison of the vertical distribution of leafhoppers-trapped between 5 and 155 m above the ground-with the ground population. Proceedings of 6th Auchenorrhyncha Meeting, Torino, 7-11 settembre 1987, pp. 379-386.
- Hagler R., Jackson C.J., 2001.** Methods for marking insects: current techniques and future prospects. Annual Review of Entomology 46: 511-543.
- Hardie J., Gibson G., Wyatt T.D., 2000.** Insect behaviours associated with resource finding. In: Insect movement: mechanisms and consequences (ed. Woiwood, Reynolds e Thomas, CABI Publishing, Oxon, UK): 87-110.
- Horridge A., 2003.** Visual discrimination by the honeybee (*Apis mellifera*): the position of the common centre as the cue. Physiological Entomology 28: 132-143
- Hoy C.W., Zhou X., Nault L.R., Miller S.A., Styrrer J., 1999.** Host plant, phytoplasma, and reproductive status effects on flight behaviour of aster leafhopper (Homoptera: Cicadellidae). Annals of the Entomological Society of America 92: 523-528.

- Irpem Phytoplasma/Spiroplasma working team-phytoplasma taxonomy group, 2004.** Description of the genus "*Candidatus Phytoplasma*", a taxon for the wall-less non-helical prokaryotes that colonize plant phloem and insects. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 54: 1243-1255.
- Irwin M.E., 1999.** Implications of movement in developing and deploying integrated pest management strategies. *Agricultural and Forest Meteorology* 97: 235-248.
- Jandel Scientific Software, 1995.** SigmaStat® 2.0 User's Manual (Jandel Scientific Software, San Rafael, CA, USA).
- Jermine M., D'Adda G., Baumgartner J., Lozzia G.C. & Baillod M., 1993.** Nombre des pièges englués nécessaires pour estimer la densité relative des populations de la cicadelle *Scaphoideus titanus* Ball en vignoble. *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura serie II* 25: 91-102.
- Johnson M.P., Mueller A.J., 1990.** Flight and diel activity of the threecornered alfalfa hopper (Homoptera: Membracidae). *Environmental Entomology* 19: 677-683.
- Karandinos M.G., 1976.** Optimum sample size and comments on some published formulae. *Bulletin of the Entomological Society of America* 22: 417-421.
- Kersting, U., Baspinar H., 1995.** Seasonal and diurnal flight activity of *Circulifer haematoceps* (Hom., Cicadellidae), an important vector in the Mediterranean area and the Near East. *Journal of applied Entomology* 119: 533-537.
- Kogan M., 1998.** Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annual review of Entomology* 43: 243-270.
- Kral K., Stelzl M., 1998.** Daily visual sensitivity pattern of the green lacewing *Chrisoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *European Journal of Entomology* 95: 327-333.
- Krysan J.L., Horton D.R., 1991.** Seasonality of catch of pear psylla *Cacopsylla pyricola* (Homoptera: Psyllidae) on yellow traps. *Environmental Entomology* 20: 626-634.
- Langer M., Darimont H., Maixner M., 2003.** Control of phytoplasma vectors in organic viticulture. *IOBC/wprs Bulletin* 26 (8): 197-203.
- Larsen, K.J., Whalon M.E., 1987.** Crepuscular movement of *Paraphlesius irroratus* (Say) (Homoptera; Cicadellidae) between the groundcover and cherry trees. *Environmental Entomology* 16: 1103-1106.
- Lee I.M., Gundersen D.E., Davis R.E., 1998.** Revised classification scheme of phytoplasmas based on RFLP analyses of 16S rRNA and ribosomal protein gene sequences. *International Journal of Systematic Bacteriology* 48: 1153-1169.
- Lehmann F., Schirra K.-J., Louis F., Zebitz C.P., 2001.** The green leafhopper *Empoasca vitis* Goethe: population dynamics in different zones of foliation and effects of insecticide treatments in vineyards. *Bulletin OILB/SROP* 24 (7): 231-235.
- Lessio F., Alma A., 2004a.** Dispersal patterns and chromatic response of *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera Cicadellidae), vector of the phytoplasma agent of grapevine flavescence dorée. *Agricultural and Forest Entomology* 6: 121-127.
- Lessio F., Alma A., 2004b.** Seasonal and daily movement of *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera Cicadellidae). *Environmental Entomology* 33: 1689-1694.
- Lessio F., Alma A., 2006.** Spatial distribution of nymphs of *Scaphoideus titanus* (Homoptera: Cicadellidae) in grapes, and evaluation of sequential sampling plans. *Journal of economic Entomology* 99 (in stampa).
- Lessio F., Alma A.** Influence of grapevine presence in different ecosystems on the density of *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera: Cicadellidae). *Bulletin OILB/SROP* (in stampa).
- Lessio F., Balasz Z., Alma A., 2005.** Dispersione ed attività di volo giornaliera di *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera Cicadellidae). *Petria* 15 (1/2): 51-53.
- Lessio, F., Palermo S., Tedeschi R., Alma A., 2003.** Presence of Grapevine yellows phytoplasmas vectors (Homoptera, Auchenorrhyncha) in northwestern Italy. In proceedings 14th ICVG Conference, Locorotondo (BA), 12-17 settembre, pp. 75-76.
- Lucchi A., Mazzoni V., Prešern J., Virant-Doberlet M., 2004.** Mating behaviour of *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera: Cicadellidae). Third European Hemiptera Congress, St. Petersburg, Russia, 8-11 giugno, pp. 49-50.
- Maixner M., 2003.** A sequential sampling procedure for *Empoasca vitis* Goethe (Homoptera: Auchenorrhyncha). *Bulletin OILB/SROP* 26: 209-215.
- Maixner M., Reinert W., 2000.** Monitoring of planthopper vectors in vineyards: an aid for grapevine yellows management decisions. *IOBC/wprs Bulletin* 23 (4): 123-124.
- Maixner M., Reinert W., Darimont H., 2000.** Transmission of Grapevine yellows by *Oncopsis alni* (Schrank) (Auchenorrhyncha Macropsinae). *Vitis* 39: 83-84.

- Marcone C., Camele I., Castoro V., Spicciarelli R., 2005.** Indagini sulla presenza della Flavescenza dorata della vite e di *Scaphoideus titanus* in Basilicata. *Petria* 15 (1/2): 181-184.
- Marzachi C., Boarino A., 2002.** Diagnosi molecolare delle malattie da fitoplasmi della vite. *Informatore fitopatologico* 10: 36-41.
- Marzachi C., Milne R.G., Bosco D., 2004.** Phytoplasma-plant relationship. In: *Recent Research Development in Plant Pathology* 3 (ed. Pandalai e Gayathry): 211-241.
- Marzorati M., Alma A., Sacchi L., Pajoro M., Palermo S., Brusetti L., Raddadi N., Balloi A., Tedeschi R., Clementi E., Corona S., Quaglino F., Bianco P.A., Beninati T., Bandi C., Daffonchio D., 2006.** A novel *Bacteroidetes* symbiont is localized in *Scaphoideus titanus*, the insect vector of Flavescence dorée in *Vitis vinifera*. *Applied and Environmental Microbiology* 72: 1467-1475.
- Mazzoni V., Alma A., Lucchi A., 2005.** Cicaline dell'agroecosistema vigneto e loro interazioni con la vite nella trasmissione di fitoplasmi. In: *Flavescenza dorata e altri giallumi della vite in Toscana e in Italia*, Quaderno ARSIA Toscana 3: 55-74.
- Montano H., Davis R.E., Dally E.L., Hogenhout S., Pimentel P., Brioso P.S.T., 2001.** "Candidatus phytoplasma brasiliense", a new phytoplasma taxon associated with hibiscus witches'-broom disease. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 51: 1109-1118.
- Mori N., Bottura N., Posenato G., Sancassani G.P., Girolami V., 2004.** Lotta contro *Scaphoideus titanus* Ball nei vigneti a conduzione biologica. *Atti Giornate Fitopatologiche* 1: 111-116.
- Morone C., Gotta P., Boccardo G., 2000.** Sintomi di fitoplasmi in vitigni coltivati in Piemonte. *L'Informatore Agrario* 56: 69-77.
- Nadarajah S., Kotz S., 2004.** The beta Gumbel distribution. *Mathematical Problems in Engineering* 4: 323-332.
- Naranjo S.E., Hutchison W. D., 1997.** Validation of arthropod sampling plans using a resampling approach: software and analysis. *American Entomologist* 43: 48-57.
- Nickel H., Remane R., 2002.** Artenliste der Zikaden Deutschlands, mit Angabe von Nährpflanzen, Nahrungsbreite, Lebenszyklus, Areal und Gefährdung (Hemiptera, Fulgoromorpha et Cicadomorpha). *Beiträge zur Zikadenkunde*: 27-64.
- Nusillard B., Malausa J.C., Giuge L., Millot P., 2003.** Assessment of a two year study of the natural enemy fauna of *Scaphoideus titanus* Ball in its North American native area. *Bulletin OILB/SROP* 26 (8): 237-240.
- Osler R., Refatti E., 2002.** Malattie da fitoplasmi della vite. Situazione nell'Italia settentrionale. *Informatore fitopatologico* 10: 42-48.
- Ossiannilsson F., 1978.** The Auchenorrhyncha (Homoptera) of Fennoscandia and Denmark: Introduction, infraorder Fulgoromorpha (Scandinavian Science Press Ltd., Klampenborg, Danimarca).
- Otuka A., Dudia J., Watanabe T., Furuno A., 2005a.** A new trajectory analysis method for migratory planthoppers, *Sogatella furcifera* (Horvát) (Homoptera: Delphacidae) and *Nilaparvata lugens* (Stål), using an advanced weather forecast model. *Agricultural and Forest Entomology* 7: 1-9.
- Otuka A., Watanabe T., Suzuki Y., Matsumura M., Furuno A., Chino M., 2005b.** Real-time prediction system for migration of rice planthoppers *Sogatella furcifera* (Horvát) and *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). *Applied Entomology and Zoology* 40: 221-229.
- Palermo S., Elekes M., Botti S., Ember I., Alma A., Orosz A., Bertaccini A., Kölber M., 2004.** Presence of Stolbur phytoplasma in Cixiidae in Hungarian vineyards. *Vitis* 43: 201-203.
- Pavan F., 2000.** The role of *Rubus* bushes in the life cycle of two Typhlocybinæ infesting European vineyards. *Redia* 83: 47-60.
- Pavan F., Strapazzon, 1991.** Influenza del colore delle trappole cromotropiche sulla cattura dei fitomizi della vite. *Atti XVI Congresso nazionale italiano di Entomologia, Bari-Martina Franca (TA)* 23-28 settembre, pp. 755-762.
- Pavan F., Stefanelli G., Villani A., Mori N., Posenato G., Bressan A., Girolami V., 2005.** Controllo della Flavescenza dorata attraverso la lotta contro il vettore *Scaphoideus titanus* Ball. In: *Flavescenza dorata e altri giallumi della vite in Toscana e in Italia*, Quaderno ARSIA Toscana 3: 91-108.
- Perfect T.J., Cook A.J., 1982.** Diurnal periodicity of flight in some Delphacidae and Cicadellidae associated with rice. *Ecological Entomology* 7: 317-326.
- Ploaie P.G., 1981.** Mycoplasma-like organisms and plant diseases in Europe. In: *Plant Diseases and Vectors: Ecology and Epidemiology* (ed. Maramosch K., Harris K.F. Academic press, New York): 61-104.

- Power A.G., 1992.** Host plant dispersion, leafhopper movement and disease transmission. *Ecological Entomology* 17: 63-68.
- Prokopy R.J., Owens E.D., 1983.** Visual detection of plants by herbivorous insects. *Annual Review of Entomology* 28: 337-364.
- Purcell A.H., Elkinton J.S., 1980.** A comparison of sampling methods for leafhopper vectors of X-disease in California Cherry orchards. *Journal of Economic Entomology* 73: 854-860.
- Riley J.R., Downham M.C.A., Cooter R.J., 1997.** Comparison of the performance of *Cicadulina* leafhoppers on flight mills with that to be expected in free flight. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 83: 317-322.
- Rodriguez, C. M., L. V. Madden, and L. R. Nault. 1992.** Diel flight periodicity of *Graminella nigrifrons* (Homoptera: Cicadellidae). *Annals of the Entomological Society of America* 85: 792-798.
- Romanazi G., Murolo S., Terlizzi F., Talevi S., Branzanti B.M., Nardi S., Cedi R., Savino V., 2005.** Secondo rinvenimento di Flavescenza dorata della vite nelle Marche. *Petria* 15 (1/2): 81-82.
- Santinelli C., Santoni M., Braccini P., Botti S, Bertaccini A., 2003.** Trovato in Umbria *Scaphoideus titanus*, vettore della flavescenza dorata. *L'Informatore Agrario* 15: 81-82.
- Santoni R., Alma A., Bonizzoni M., Parisi M., Malacrida A.R., Gomulski L.M., Gasperi G., 2002.** Variabilità genetica di popolazioni di *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera Cicadellidae) analizzata con l'uso di marcatori RAPD. Atti XIX Congresso nazionale italiano di Entomologia, Catania, 10-15 giugno, pp. 613-617.
- Saracco P., Marzachi C., Bosco D., 2005.** Attività di alcuni insetticidi nella prevenzione della trasmissione del fitoplasma *Chrysanthemum Yellows* (CY; 16Sr-IB). *Petria* 15 (1/2): 133-136.
- Saunders D.S., 1981.** Insect photoperiodism-the clock and the counter: a review. *Physiological Entomology* 6: 99-116.
- Schneider B., Ahrens U., Kirkpatrick B.C., Seemüller E., 1993.** Classification of plant-pathogenic mycoplasma-like organisms using restriction-site analysis of PCR-amplified 16S rDNA. *Journal of General Microbiology* 139: 519-527.
- Schvester D., Carle P., Moutous G., 1963.** Sur la transmission del la Flavescence dorée del la Vigne par *Scaphoideus littoralis* Ball. *Annales Epiphyties* 14: 130-144.
- Schvester D., Carle P., Moutous G., 1969.** Nouvelles Données sur la Transmission de la Flavescence Dorée de la Vigne par *Scaphoideus littoralis* Ball. *Annales de Zoologie et Écologie animale* 1 (4): 445-465.
- Shcherbakov D., 2002.** The 270 million year history of Auchenorrhyncha (Homoptera). In: Zikaden. Leafhoppers, planthoppers and cicadas (Biologiezentrum des OÖ Landesmuseums, Linz, Austria): 29-36.
- Sinha R.C., 1988.** Serological detection of mycoplasma-like organisms from plants affected with yellows diseases. In: *Tree Mycoplasmas and Mycoplasma diseases* (ed. Hiruki C., The University of Alberta Press, Edmonton, Alberta, Canada) pp. 143-156..
- Sokal, R. R., Rohlf F.J., 1995.** Linear regression. In: *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research* (ed. Freeman & co., New York, NY): 451-554.
- Southwood T.R.E., 1978.** *Ecological methods with particular reference to the study of insects population* (ed. Methuen & co Ltd, London).
- Taylor L.R., 1961.** Aggregation, variance and the mean. *Nature* 189: 732-735.
- Taylor L.R., 1974.** Insect migration, flight periodicity and the boundary layer. *Journal of Animal Ecology* 43: 225-238.
- Taylor L.R., 1984.** Assessing and interpreting the spatial distribution of insect populations. *Annual Review of Entomology* 29: 321-357.
- Taylor R.A.J., 1985.** Migratory behavior in the Auchenorrhyncha. In: *The Leafhoppers and Planthoppers* (ed. Nault e Rodriguez, John Wiley & Sons Inc., New York, USA): 259-288.
- Taylor R.A.J., Nault L.R., Styer W.E., 1993.** Experimental analysis of flight activity of three *Dalbulus* leafhoppers (Homoptera: Auchenorrhyncha) in relation to migration. *Annals of the Entomological Society of America* 86: 655-667.
- Tedeschi R., Alma A., 2006.** *Fiebertiella florii* (Stål) (Homoptera Auchenorrhyncha) as a vector of *Candidatus Phytoplasma mali*. *Plant Disease* 90 (3): 284-290.
- Tedeschi R., Ferrato V., Rossi J., Alma A., 2006.** Possibile phytoplasma transovarial transmission in the psyllids *Ccopsylla melanoneura* and *Cacopsylla pruni*. *Plant Pathology* 55: 18-24.
- Vidano C., 1964:** Scoperta in Italia dello *Scaphoideus littoralis* Ball cicalina americana collegata alla "Flavescence dorée" della Vite. *L'Italia Agricola* 101: 1031-1049.
- Viggiani G., 2002.** Il vettore della flavescenza dorata trovato in Basilicata. *L'Informatore Agrario* 36: 59.
- Viggiani G., 2004.** Il vettore della flavescenza dorata anche in Campania. *L'Informatore Agrario* 18: 98.

- Vindimian M.E., Ciccotti A., Filippi M., Springhetti M., Deromedi M., 2002.** Trasmissione di Apple Proliferation (AP) tramite anastomosi radicali. Atti II Incontro Nazionale sulle Malattie da Fitoplasmi, Roma 3-4 ottobre, pp. 31-33.
- Waloff N., 1973.** Dispersal by flight of leafhoppers (Auchenorrhyncha: Homoptera). *Journal of Animal Ecology* 10: 705-730.
- Wilson L.T., Room P.M., 1983.** Clumping patterns of fruit and arthropods in cotton with implications for binomial sampling. *Environmental Entomology* 12: 50-54.
- Woiwood I.P., Reynolds D.R., Thomas C.D., 2000.** Introduction and overview. In: *Insect movement: mechanisms and consequences* (ed. Woiwood, Reynolds e Thomas CABI Publishing, Oxon, UK): 1-18.
- Zhang Y., Shipp L., 1998.** Effect of temperature and vapor pressure deficit on the flight activity of *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Environmental Entomology* 27: 736-742.
- Zhou L., Hoy C.W., Miller S.A., Nault L.R., 2003.** Marking methods and field experiments to estimate aster leafhopper (*Macrosteles quadrilineatus*) dispersal rates. *Environmental Entomology* 32: 1177-1186.

7 RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare *in primis* il mio tutore scientifico, il prof. Alberto Alma, per aver sempre ascoltato, e spesso sostenuto, le mie idee sulle tematiche di ricerca e per la correttezza che ha sempre dimostrato nei miei confronti.

Ringrazio inoltre tutti i colleghi del Di.Va.P.R.A. settore Entomologia, in particolare il dott. Domenico Bosco e la dott.ssa Rosemarie Tedeschi per i preziosi contributi critici, il dott. Massimo Pajoro per il supporto nell'attività di campo, il dott. Peter J. Mazzoglio per i suggerimenti in campo linguistico e la dott.ssa Chiara Ferracini per il sostegno morale nei momenti difficili. Un ultimo pensiero va alla memoria del dott. Claudio Arnò.

Ringrazio il dott. Franco Mannini dell'Istituto di Virologia Vegetale del CNR di Torino-Unità staccata di Viticoltura, per avere messo a disposizione il vigneto sperimentale della Facoltà di Agraria. I dati meteorologici sono stati gentilmente forniti dall'ing. Stefano Ferraris del DEIAFA settore Idraulica della Facoltà di Agraria.

Preziosi suggerimenti in campo matematico e statistico sono giunti dal dott. Giovanni Burgio del DiSTA-Entomologia dell'Università di Bologna, e dal dott. Piero Caciagli dell'Istituto di Virologia Vegetale del CNR di Torino.

Ringrazio gli studenti (ormai quasi tutti laureati) che nell'ambito delle loro tesi di laurea e relazioni di tirocinio hanno raccolto dati di campo di cui ho usufruito per questa ricerca: Michel Bondaz, Paolo Chiusano, Sara Delpiano, Fabio Nicola, Luca Primiano, Daniela Tornato e Matteo Zerbo.

L'attività di campo non sarebbe stata possibile senza la collaborazione dei tecnici delle organizzazioni operanti sul territorio: si ringraziano pertanto Elena Bassignana, Flavio Bera, Luca Bertignono, Piero Bosca, Lorenzo Calorio, Daniele Eberle, Ursula Gamba, Anna Guercio, Gianpiero Maio, Edoardo Monticelli e Massimo Pinna per aver individuato le aziende in cui effettuare le sperimentazioni e i rilievi, ed i relativi proprietari che le hanno gentilmente messe a disposizione.

La ricerca è stata finanziata da: "Regione Piemonte-Assessorato Agricoltura, Programma Regionale dei Servizi di Sviluppo Agricolo"; "Regione Autonoma Valle d'Aosta-Assessorato Agricoltura, Risorse Naturali e Protezione Civile"; "Martini & Rossi SpA-Bacardi & Martini Group". Ringrazio in particolare il dott. Giovanni Bosio e la dott.ssa Paola Gotta del Servizio Fitosanitario Regionale della Regione Piemonte per il supporto logistico ed organizzativo nello svolgimento della ricerca e per la fornitura dei dati sulla diffusione della Flavescenza dorata.

A note of thanks to Thomas W. Fuller, a great English teacher and a great friend.

Dulcis in fundo, ringrazio mia moglie Rosanna per il sostegno morale e materiale. Questa tesi di Dottorato è dedicata a mia figlia Laura.

8 PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE INERENTI L'ATTIVITÀ DI RICERCA

La sigla IF indica le riviste con Impact Factor.

- **LESSIO F.**, PALERMO S., TEDESCHI R., ALMA A., 2003. Presence of GY phytoplasmas vectors (Homoptera Auchenorrhyncha) in northwestern Italy. 14th meeting ICVG, Locorotondo (BA), 12-17 Settembre: 75-76.
- **LESSIO F.**, BALASZ Z., ALMA A., 2005. Dispersione ed attività di volo giornaliera di *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera Cicadellidae). *Petria* 15 (1/2): 51-53.
- ALMA A., **LESSIO F.**, PAVAN F., FORTE V., ANGELINI E., BORGIO M., BAGNOLI B., PINZAUTI F., TRIVELLONE V., 2005. I giallumi della vite: un fattore limitante le produzioni vitivinicole. Rilevamento di auchenorrhinchi vettori accertati e potenziali di fitoplasmi. *Petria* 151-153 (poster).
- **LESSIO F.**, ALMA A., 2004. Dispersal patterns and chromatic response of *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera Cicadellidae), vector of the phytoplasma agent of grapevine flavescence dorée. *Agricultural and Forest Entomology* 6: 121-127 (IF). **Allegato 1.**
- **LESSIO F.**, ALMA A., 2004. Seasonal and daily movement of *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera Cicadellidae). *Environmental Entomology* 33: 1689-1694. (IF). **Allegato 2**
- **LESSIO F.**, ALMA A., 2006. Spatial Distribution of Nymphs of *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera Cicadellidae) in grapes, and Evaluation of Sequential Sampling Plans. *Journal of Economic Entomology* 99: 578-582 (IF). **Allegato 3.**
- **LESSIO F.**, ALMA A. Influence of grapevine presence in different ecosystems on the density of *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera: Cicadellidae). *Bulletin OILB/SROP* (in stampa). **Allegato 4**
- BERTIGNONO L., BARREL I., BONDAZ M., **LESSIO F.**, TEDESCHI R., ALMA A., 2006. Presence of auchenorrhyncha known or suspected vectors of phytoplasmas in vine growing areas of the Aosta Valley. Primo congresso internazionale sulla viticoltura di montagna e in forte pendenza, St-Vincent (Valle d'Aosta), 17-18 marzo 2006 (CD Rom). **Allegato 5.**

9 ELENCO ALLEGATI

- **Allegato 1:** *Agricultural and Forest Entomology* 6: 121-127.
- **Allegato 2:** *Environmental Entomology* 33: 1689-1694.
- **Allegato 3:** *Journal of Economic Entomology* 99: 578-582.
- **Allegato 4:** *Bulletin OILB/SROP* (in stampa).
- **Allegato 5:** Primo congresso internazionale sulla viticoltura di montagna e in forte pendenza, St-Vincent (Valle d'Aosta), 17-18 marzo 2006 (CD Rom).
- **Allegato 6:** Scheda per il campionamento sequenziale degli stadi giovanili di *Scaphoideus titanus* Ball.

Allegato 6. Scheda di campo per il rilievo sequenziale degli stadi giovanili di *Scaphoideus titanus* Ball.

Rilievo sequenziale degli stadi giovanili di Scaphoideus titanus											
Comune:		Azienda				Particella:					
Data		Vitigno:				Rilevatore:					
piante	ninfe	stop	densità	piante	ninfe	stop	densità	piante	ninfe	stop	densità
1		229.6	229.63	38		7.0	0.18	75		3.6	0.05
2		118.0	58.99	39		6.8	0.17	76		3.6	0.05
3		79.9	26.64	40		6.6	0.17	77		3.5	0.05
4		60.6	15.15	41		6.5	0.16	78		3.5	0.04
5		48.9	9.78	42		6.3	0.15	79		3.4	0.04
6		41.1	6.84	43		6.2	0.14	80		3.4	0.04
7		35.4	5.06	44		6.1	0.14	81		3.4	0.04
8		31.1	3.89	45		5.9	0.13	82		3.3	0.04
9		27.8	3.09	46		5.8	0.13	83		3.3	0.04
10		25.1	2.51	47		5.7	0.12	84		3.3	0.04
11		22.9	2.08	48		5.6	0.12	85		3.2	0.04
12		21.1	1.76	49		5.5	0.11	86		3.2	0.04
13		19.5	1.50	50		5.4	0.11	87		3.1	0.04
14		18.2	1.30	51		5.3	0.10	88		3.1	0.04
15		17.0	1.13	52		5.2	0.10	89		3.1	0.03
16		16.0	1.00	53		5.1	0.10	90		3.0	0.03
17		15.1	0.89	54		5.0	0.09	91		3.0	0.03
18		14.3	0.79	55		4.9	0.09	92		3.0	0.03
19		13.6	0.71	56		4.8	0.09	93		2.9	0.03
20		12.9	0.65	57		4.7	0.08	94		2.9	0.03
21		12.3	0.59	58		4.6	0.08	95		2.9	0.03
22		11.8	0.54	59		4.6	0.08	96		2.9	0.03
23		11.3	0.49	60		4.5	0.07	97		2.8	0.03
24		10.8	0.45	61		4.4	0.07	98		2.8	0.03
25		10.4	0.42	62		4.4	0.07	99		2.8	0.03
26		10.0	0.39	63		4.3	0.07	100		2.8	0.03
27		9.7	0.36	64		4.2	0.07	101		2.7	0.03
28		9.3	0.33	65		4.2	0.06	102		2.7	0.03
29		9.0	0.31	66		4.1	0.06	103		2.7	0.03
30		8.7	0.29	67		4.0	0.06	104		2.6	0.03
31		8.5	0.27	68		4.0	0.06	105		2.6	0.02
32		8.2	0.26	69		3.9	0.06	106		2.6	0.02
33		8.0	0.24	70		3.9	0.06	107		2.6	0.02
34		7.8	0.23	71		3.8	0.05	108		2.6	0.02
35		7.5	0.22	72		3.8	0.05	109		2.5	0.02
36		7.3	0.20	73		3.7	0.05	110		2.5	0.02
37		7.2	0.19	74		3.7	0.05	111		2.5	0.02

Indicazioni pratiche sull'impiego della scheda

Compilare la scheda con le informazioni relative a data, azienda, particella, vitigno etc. Conteggiare gli stadi giovanili di *S. titanus*, preferibilmente nelle prime ore del mattino, su 5 foglie per pianta in prossimità del ceppo. Sommare progressivamente i giovani osservati, e riportare il totale nella colonna "ninfe": nell'esempio riportato di seguito, sulle prime 5 piante sono stati osservati rispettivamente 2, 1, 2, 0 e 0 giovani, e sulla scheda è stato riportato 2, 3, 5, 5, 5. Il campionamento può essere interrotto non appena il numero di giovani conteggiati eguaglia o supera il rispettivo valore di stop: in questo caso alla pianta 14, quando il numero totale di ninfe osservate (19) supera il corrispondente valore di stop (18,2). A quel punto, la densità in campo della cicalina, calcolata come rapporto tra il valore di stop e il numero di piante, è indicata nella colonna "densità" (in questo caso 1,30). La scheda ha un livello di precisione del 75%, accettabile in tutti i programmi di lotta integrata.

piante	ninfe	stop	densità
1	2	229.6	229.63
2	3	118.0	58.99
3	5	79.9	26.64
4	5	60.6	15.15
5	5	48.9	9.78
6	5	41.1	6.84
7	...	35.4	5.06
8	...	31.1	3.89
9	...	27.8	3.09
10	...	25.1	2.51
11	...	22.9	2.08
12	...	21.1	1.76
13	...	19.5	1.50
14	...	18.2	1.30

5 < 41,1: continuare campionamento, densità < 6,84 giovani per pianta

piante	ninfe	stop	densità
1	2	229.6	229.63
2	3	118.0	58.99
3	5	79.9	26.64
4	5	60.6	15.15
5	5	48.9	9.78
6	5	41.1	6.84
7	9	35.4	5.06
8	12	31.1	3.89
9	12	27.8	3.09
10	15	25.1	2.51
11	...	22.9	2.08
12	...	21.1	1.76

15 < 25,1: continuare campionamento, densità < 2,51 giovani per pianta

piante	ninfe	stop	densità
1	2	229.6	229.63
2	3	118.0	58.99
3	5	79.9	26.64
4	5	60.6	15.15
5	5	48.9	9.78
6	5	41.1	6.84
7	9	35.4	5.06
8	12	31.1	3.89
9	12	27.8	3.09
10	15	25.1	2.51
11	16	22.9	2.08
12	17	21.1	1.76
13	17	19.5	1.50
14	19	18.2	1.30
15		17.0	1.13

19 > 18,2: interrompere campionamento, densità = 1,30 giovani per pianta