

APPROFONDIMENTI

Le infrastrutture ecologiche come elemento funzionale nella gestione della biodiversità degli agrosistemi, con particolare riferimento al vigneto

Mirella Lo Pinto – Alfonso Agrò

Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali (SAF, Università degli Studi di Palermo)

Introduzione

Negli ultimi anni si è verificato in Italia un crescente interesse dei consumatori verso i prodotti tipici in generale e per il vino in particolare. L'Italia si trova oggi, nell'ambito della Comunità Europea, al terzo posto in ordine di superficie vitata con 632.000 ettari (dati Istat, 2010) e in secondo posto in ordine di produzione vinicola con 40,8 milioni di ettolitri di vino (dati OIV, 2012 - Tab. 1).

Si tratta, pertanto, di un settore economico importante che merita un adeguato interesse da parte di chi è in grado di fornire strumenti validi per ottenere non solo una produzione economicamente competitiva ma anche di qualità. Com'è noto la vite è soggetta a numerose avversità di natura entomologica e patologica che possono mettere a rischio l'aspetto qualitativo e quantitativo del prodotto e che si evolvono di continuo a causa in gran parte dei cambiamenti climatici (Duso *et al.*, 2010 a). Risulta, quindi, di particolare rilevanza la difesa fitosanitaria di tale coltura che dovrà adeguarsi alle diverse situazioni riducendo al minimo l'impatto ambientale dovuto all'uso eccessivo di prodotti chimici e cercando di mantenere gli insetti dannosi ad un livello endemico senza comportare danno economico.

Un ruolo fondamentale possono svolgere le pratiche di difesa che valorizzano le risorse naturali e i meccanismi di regolazione degli ecosistemi sfruttando e mantenendo la biodiversità in essi presente. E' ormai ampiamente riconosciuto che l'intensificazione dell'agricoltura è una grande minaccia per la biodiversità (Nicholls *et al.*, 2001; Benton *et al.*, 2003; Tschamtker *et al.*, 2005; Altieri *et al.*, 2005); infatti l'espansione di monoculture ha diminuito l'abbondanza e l'attività dei nemici naturali a causa della rimozione delle risorse alimentari e dei siti di svernamento (Sotherton, 1984; Fry, 1995; Corbett e Rosenheim, 1996; Altieri e Nicholls, 2002). D'altronde, da diverso tempo, molti studiosi hanno messo in risalto l'importanza della diversità vegetale negli agro-ecosistemi sull'aumento della presenza di artropodi utili che contribuiscono al contenimento delle specie dannose (Pimentel, 1960; van Emden e Williams, 1974; Risch, 1987; Boller *et al.*, 1988; Boller *et al.*, 2004). In quest'ambito una strategia di difesa per mantenere alto il livello di biodiversità riguarda l'uso delle cosiddette "infrastrutture ecologiche" o "aree di compensazione ecologica", cioè siepi o fasce di vegetazione adiacenti al



Figura 1 – Esempio di infrastruttura ecologica: siepe di rosa canina ai margini di un vigneto nel territorio di Salemi (TP), Sicilia.

Figure 1 - Example of ecological infrastructure: hedge of Rosa canina L. on the vineyard margins located in Salemi (TP), Sicily.



Figura 2 - Esempio di infrastruttura ecologica: fascia di vegetazione a fiore in un vigneto biologico nel territorio di Salemi (TP), Sicilia.

Figure 2 - Example of ecological infrastructure: floral vegetation adjacent to an organic vineyard located in Salemi (TP), Sicily.

Tabella 1 – Produzione mondiale di vino (hl/milioni), Fonte OIV (Organizzazione Internazionale della Vigna e del Vino), 2012.
 Table 1 - Wine production (hl/million) in the world, OIV (International Organisation of Vine and Wine) source, 2012.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Francia	52,1	52,1	45,7	42,7	46,3	44,5	49,8	40,5
Italia	50,6	52,0	46,0	47,0	47,3	48,5	42,3	40,8
Spagna	37,8	38,1	34,8	35,9	36,1	35,4	33,4	31,5
Germania	9,2	8,9	10,3	10,0	9,2	6,9	9,1	8,9
Portogallo	7,3	7,5	6,1	5,7	5,9	7,1	5,6	5,9
Romania	2,6	5,0	5,3	5,2	6,7	3,3	4,1	4,1
USA	22,9	19,4	19,9	19,3	22,0	20,9	19,2	20,6
Australia	14,3	14,3	9,6	12,4	11,8	11,3	11,1	11,6
Argentina	15,2	15,4	15,0	14,7	12,1	16,3	15,5	11,8
Cile	7,9	8,4	8,3	8,7	10,1	8,8	10,5	10,9
Sud Africa	8,4	9,4	9,8	10,2	10,0	9,3	9,7	10,0
Altri	51,9	52,4	55,4	58,1	54,6	51,5	54,1	51,8
Totale	280,1	283,1	266,0	269,8	272,0	263,8	264,2	248,2

campo coltivato o al suo interno (Figg. 1 e 2) (Thomas *et al.* 1991; Nentwing *et al.* 1998) che forniscono ospiti alternativi e siti rifugio per predatori e parassitoidi di insetti dannosi, aumentando in tal modo l'abbondanza dei nemici naturali e la colonizzazione delle colture confinanti (Altieri 1994; Corbett e Plant 1993; Coombes e Sotherton 1984; Altieri *et al.*, 2005; Thomson e Hofmann, 2009; Vinuela *et al.*, 2012; Franin *et al.* 2012).

In molti paesi dell'UE questo approccio ecologico è stato ampiamente recepito tant'è che sono stati avviati degli schemi agro-ambientali (AES) della Politica Agricola Comune europea (PAC) per arrestare la perdita di biodiversità valutando la loro efficacia sull'aumento di tale parametro (Kleijn *et al.*, 2001; Kleijn e Sutherland, 2003; Primdhal *et al.*, 2003; Concepción *et al.*, 2008; Batáry *et al.*, 2010).

E' da tenere presente, però che la gestione ambientale è una complessa pratica agronomica atta a diversificare l'agroecosistema per creare condizioni non idonee allo sviluppo degli artropodi dannosi utilizzando sistemi culturali diversi (consociazioni, inerbimento, agricoltura low input, etc.) (Delucchi, 1997), spesso con carente valutazione della loro efficacia (Lazzerini *et al.*, 2007; Moonen e Bàrberi, 2008; Bàrberi *et al.*, 2010). Tali pratiche a volte non producono benefici evidenti: alcuni autori hanno ampiamente esaminato gli studi concernenti gli effetti della diversificazione degli agro-ecosistemi sull'abbondanza dei fitofagi, giungendo alla conclusione che (a) spesso, ma non sempre, la diversificazione diminuisce l'abbondanza delle popolazioni di fitofagi, (b) l'effetto della diversificazione è più marcato sul comportamento dei fitofagi che non sull'attività degli antagonisti (in particolare nel caso di monofagi in colture annuali), (c) il rendimento derivante dalla diversificazione è tanto più elevato quanto più la competizione tra le piante è debole (Risch *et al.*, 1983). L'effetto positivo della

gestione ambientale dipende in primo luogo dal come essa viene realizzata (strutturata), in secondo luogo dal come la biodiversità viene mantenuta (gestita), tenendo conto maggiormente della biogeografia regionale e del paesaggio (Delucchi, 1997). Si è, quindi, sentita l'esigenza di fornire un elenco di informazioni pratiche sulla biodiversità funzionale e linee guida per la gestione degli habitat e la valutazione della qualità delle infrastrutture ecologiche nei diversi agro-ecosistemi (Boller *et al.*, 2004). Si ritiene che gli apporti benefici delle infrastrutture ecologiche presenti in un'azienda dipendano, dalla loro qualità ecologica, dalla loro distribuzione sulla superficie aziendale e dal loro collegamento con altre aree ecologiche al di fuori dell'azienda. Tali infrastrutture vengono classificate in a) grandi habitat permanenti: larghe superfici di prateria poco sfruttata, prateria povera, bosco con strisce di vegetazione erbacea, aree ruderali, frutteti ad alto fusto; b) habitat composti di strutture di piccola dimensione e piuttosto concentrate come macchie di bosco, mucchi di pietre o stagni; c) elementi a corridoio: lineari o a strisce che includono siepi, bordi dei campi, strisce inerbite, strisce con fiori spontanei, strade, canali e muri a secco (Vazzana, 2009).

Ruolo delle infrastrutture ecologiche sull'entomofauna

La presenza delle componenti vegetali spontanee o non produttive nell'ambiente agrario, supporta principalmente la conservazione della biodiversità e il potenziamento dei servizi ecologici, nel primo caso proteggendo specie rare o in via di estinzione e favorendo il movimento di artropodi, e nel secondo caso aumentando l'azione impollinatrice da parte degli insetti pronubi e il contenimento biologico (Burgio *et al.*, 2004).

Lavori di campo in California hanno testato i concetti di ecologia del paesaggio applicata all'agricoltura, come ad esempio l'uso di corridoi biologici per contrastare

insetti dannosi, evidenziando che le fasce di vegetazione, interrompendo le monoculture, fungono da tramite per la dispersione di nemici naturali nella coltura, consentendo una maggiore e tempestiva circolazione di questi verso il centro del campo e aumentando così il loro impatto sulle popolazioni dei fitofagi (Nicholls *et al.*, 2001).

Studi sulla colonizzazione da habitat circostanti riportano che gli insetti entomofagi dipendono da siepi, frangivento e foreste adiacenti i campi coltivati (Wratten, 1988; Fry 1995; Williams e Martison, 2000). Alberi e cespugli, così come altri stand di piante selvatiche, sono le componenti importanti della infrastruttura ecologica di ciascuna azienda. Pertanto, l'infrastruttura ecologica è realizzata e modificata dall'insieme delle colture (ad esempio semina normale e coltivazione intercalare) e dalle pratiche agricole. Le diverse modificazioni delle infrastrutture hanno un impatto sulla struttura dimensionale delle colture, influenzando fitofagi e insetti utili mediante disorientamento o attrazione visiva o di odore, creando barriere fisiche e/o condizioni adeguate per lo sviluppo di nemici naturali (Wiech *et al.*, 2009). Corbett e Rosenheim (1996) riportano che la colonizzazione di vigneti da parte di insetti utili è influenzata fortemente dal numero di imenotteri che emergono dagli habitat di svernamento e dalle caratteristiche fisiche degli habitat.

Anche le preferenze per l'ospite da parte di specie parassitoidi che hanno associazioni con ospiti relativamente ampie, possono essere mediate dalle associazioni delle piante con le specie di fitofagi: è il caso di *Anagrus* spp. e le cicaline della vite. In particolare, le uova in diapausa di fitofagi su acero, robinia, rosa, salice e vite riparia possono giocare un ruolo importante nella biologia di svernamento di tali specie di parassitoidi; dopo lo svernamento, all'inizio della stagione (maggio-giugno), gli adulti di *Anagrus* si aggregano nel bordo del vigneto, da metà stagione e oltre (agosto e settembre) si disperdono soprattutto nel vigneto e in autunno migrano dal vigneto ai rovi per svernare (Zanolli e Pavan, 2011). Questo modello è coerente con la colonizzazione che inizia dai bordi del vigneto ed è seguita da una relativamente lenta dispersione all'interno del vigneto (Williams e Martinson, 2000). Pertanto, la composizione delle specie costituenti la vegetazione circostante e la distanza alla quale i nemici naturali si disperdono nella coltura hanno grande influenza sull'abbondanza e diversità di insetti entomofagi all'interno di un campo (Lewis 1965; Pollard 1968; Scarrat *et al.*, 2008). Risulta, inoltre altrettanto importante il ruolo delle infrastrutture ecologiche per la gestione degli impollinatori: la fioritura precoce della vegetazione ai margini del campo coltivato può costituire una fonte alimentare alternativa al fine di sostenere le popolazioni dell'insetto impollinatore fino all'inizio della fioritura della coltura, favorendo una più intensa attività di impollinazione nella coltura (Maccagnani *et al.*, 2004).

In questa ottica risulta di rilevante importanza la gestione degli habitat, come forma di controllo della conservazione biologica allo scopo di creare adeguate infrastrutture ecologiche all'interno del paesaggio agrario, fornendo risorse di cibo, prede alternative e ripari ai nemici naturali (Landis *et al.*, 2000; Altieri *et al.*, 2005; Fielder *et al.*, 2008; Dabrowski

e Wysocki, 2009; Batary *et al.*, 2010; Franin e Baric, 2011).

Le infrastrutture ecologiche nel vigneto

Nel 2001 l'uso delle infrastrutture viene inserito tra le linee guida stabilite secondo le norme dell'IOBC per la produzione integrata degli agro-ecosistemi e, in particolare, per i vigneti (Fig. 3) che, essendo sistemi perenni, si prestano molto bene alla progettazione e al mantenimento di tali aree per un periodo di tempo più lungo rispetto ad altre colture (Boller, 2001). Proprio per il vigneto, è stata valutata l'influenza della infrastruttura ecologica mediante osservazioni sia sulla diversità delle piante (numero di specie coltivate e infestanti) e della vegetazione naturale circostante, sia sui tipi di sistemi colturali (Nicholls e Altieri, 2004). Si è assunto che un vigneto soggetto ad una gestione che si basa su bassi input esterni e diversità di vegetazione ai margini, dovrebbe beneficiare delle sinergie che si realizzano con la biodiversità e quindi presentare un più alto livello di sostenibilità (Altieri e Nicholls, 2004). Studi recenti nel vigneto illustrano i modi in cui la biodiversità può contribuire alla progettazione di agro-ecosistemi con stabile infestazione dei fitofagi attraverso la creazione di appropriate infrastrutture ecologiche all'interno e circostanti i sistemi di coltivazione (Altieri *et al.*, 2009).

Nell'ambito del vigneto, l'incremento della diversità botanica attraverso l'uso di infrastrutture ecologiche si è rilevato un reale e importante strumento per la stabilizzazione dell'ecosistema e per la gestione delle specie nocive (Lozzia e Rigamonti, 2005), soprattutto rilevabili nelle relazioni tra tignole e antagonisti (Boller, 2006), tra cicaline e i parassitoidi del genere *Anagrus* (Cerutti *et al.*, 1989; 1991; Ponti *et al.*, 2003) e tra acari e predatori quali acari Fitoseidi (Boller *et al.*, 1988; Duso *et al.*, 2003).

In particolare, il caso degli *Anagrus* spp., parassitoidi di uova di cicaline, è un classico esempio di gestione ambientale attraverso siepi (Delucchi, 1997; Letourneau e Altieri, 1999). Poiché le cicaline dell'uva svernano come adulti, i loro parassitoidi *Anagrus* necessitano di uova di ospiti alternativi svernanti. Le siepi presenti sostengono tali ospiti, evitando la locale estinzione dei parassitoidi durante l'inverno e permettendo un contenimento tempestivo ed efficace delle cicaline dell'uva nella stagione successiva (Ponti *et al.*, 2003). In questa ottica per attuare una gestione ambientale utilizzando siepi e bordure risulta fondamentale la scelta delle specie di piante da utilizzare. Gli studi sulla gestione degli habitat per migliorare la lotta biologica ai fitofagi hanno circa 20 anni di storia e importanti risultati sono stati fatti nella comprensione del ruolo delle piante che forniscono polline, nettare, rifugio e ospiti alternativi per migliorare l'efficacia dei nemici naturali (Gurr *et al.*, 2000; Landis *et al.*, 2000). Maggiormente vengono impiantate siepi di rovo (Fig. 4), rosa canina (Fig. 5), rosmarino (Fig. 6), olmo, caprifoglio, ortica e altre che ospitano gli insetti utili nei periodi nei quali non è presente l'ospite principale fornendo ospiti alternativi (Cerutti *et al.*, 1989; Pavan, 2000; Girolami *et al.*, 2004; Ponti *et al.*, 2005). Popolazioni rilevanti di *Anagrus* sono state ottenute da uova di cicaline associate al rovo e alle querce (soprattutto *Quercus ilex*). Le querce, in particolare il leccio, dovrebbero essere preferite al rovo, (su cui possono svernare *E. vitis* e



Figura 3 – Vigneto biologico, cultivar *Merlot*, nel territorio di Salemi (TP), Sicilia.
 Figure 3 – Organic vineyard, cultivar *Merlot*, located in Salemi (TP), Sicily.

Z. rhamni) al fine di conservare nel territorio popolazioni rilevanti di *Anagrus* destinate a colonizzare i vigneti (Viggiani, 2003). In primavera, gli *Anagrus* vengono rilevati in grande numero sulle siepi di rovo. In estate, i rilevamenti di *Anagrus* diminuiscono notevolmente su rovo e aumentano nei vigneti, soprattutto nelle fasi di maggior abbondanza delle cicaline ampelofaghe (Duso *et al.*, 2010 a). *Prunus domestica* adiacente ai vigneti potrebbe servire come sito di svernamento di *Anagrus epos* e la parassitizzazione sulle

cicaline è maggiore nei vigneti con adiacenti alberi di prugna (Corbett e Rosenheim, 1996).

Effetti delle infrastrutture ecologiche sfavorevoli per il vigneto

Nonostante gli aspetti positivi delle infrastrutture ecologiche sinora evidenziati, bisogna tenere conto di effetti sfavorevoli che possono verificarsi in relazione ad alcuni fitofagi appartenenti a cocciniglie, cicaline, e fillominatori.

Ad esempio, siepi e bordure spesso, in dipendenza della loro struttura e dimensione, influiscono sul microclima per effetto di una riduzione del vento e un aumento dell'ombreggiamento, dell'umidità e della temperatura del suolo (Franco, 1998; Boller *et al.*, 2004), favorendo le popolazioni di cocciniglie che trovano così condizioni ottimali di sviluppo (Tranfaglia e Viggiani, 1988). Anche l'inerbimento dell'interfilare nei vigneti può favorire tali fitofagi, per la presenza in esso delle formiche che li proteggono dai nemici naturali come avviene per *Planococcus ficus* (Serra *et al.*, 2006). Inoltre, la copertura vegetale degli interfilari a volte può favorire l'aumento delle popolazioni di lumache e topi (Boller *et al.*, 2004).

In aree viticole soggette a virosi e malattie, possono presentarsi problemi legati alla migrazione di cicaline vettrici dalla vegetazione spontanea ai vigneti adiacenti. Studi condotti nel Nord Italia (Piemonte) nel 2005-2006 sulla presenza di *Scaphoideus titanus* Ball (Auchenorrhyncha Cicadellidae) su vite americana (AGV) in aree boschive e nei vigneti vicini, e sulla sua infezione con fitoplasmi della "Flavescenza dorata" (FDP) (Lessio *et al.*, 2007) hanno messo in luce che i boschi con AGV possono ospitare *S. titanus* e FDP, ma non è probabile che il vettore effettui voli da AGV in aree di sottobosco ai vigneti limitrofi (Lessio e Alma, 2004). Un'altra ricerca condotta in Virginia ha mostrato come gli adulti *S. titanus* sono più abbondanti in AGV nel bosco piuttosto che



Figura 4 – Pianta di *Rubus* sp. utilizzata nelle infrastrutture ecologiche.
 Figure 4 – *Rubus* sp. plant used in ecological infrastructures



Figura 5 - Pianta di *Rosa canina* L. utilizzata nelle infrastrutture ecologiche.

Figure 5 – *Rosa canina* plant used in ecological infrastructures.



Figura 6 - Pianta di *Rosmarinus officinalis* L. utilizzata nelle infrastrutture ecologiche.

Figure 6 – *Rosmarinus officinalis* plant used in ecological infrastructures.

nel vigneto, sebbene al termine della stagione sia ipotizzato un possibile movimento di adulti nei vigneti (Beanland *et al.*, 2006).

Problemi possono insorgere anche per *Hyalesthes obsoletus* Signoret vettore del fitoplasma del “legno nero della vite” (BN) perché entrambi possono vivere sia su vite sia su piante spontanee come *Urtica dioica* e *Convolvulus arvensis*. In particolare, l’incidenza del vettore è maggiore nei vigneti con abbondanza di *C. arvensis* (Darimont e Maixner, 2001) e *U. dioica* che, essendo spesso presente ai bordi del vigneto, costituisce fonte importante di fitoplasma (Mori *et al.*, 2008). Tale problematica viene evidenziata anche per altri insetti vettori in Croazia (Baric *et al.*, 2008).

Inoltre, bisogna considerare che la vegetazione spontanea adiacente ai vigneti, costituita in prevalenza da *Rubus* spp. e *Rosa* spp., può svolgere un ruolo nella colonizzazione della vite da parte di *Empoasca vitis* (van Helden e Decante, 2001; Boller, 2006; Böll *et al.*, 2006). Stesso problema si verifica per *Metcalfa pruinosa* che si riproduce su diverse specie arbustive e arboree che sono anche rifugio per gli adulti; pertanto, quando questa vegetazione è contigua ai vigneti determina una maggiore colonizzazione della vite da parte del flatide (Duso *et al.*, 2010 a).

Infine, è da ricordare che tra i fillomatori *Phyllocnistis vitegenella* Clemens si trova comunemente in vigneti frammisti a specie arboree e arbustive spontanee che costituiscono siti di svernamento per il fitofago (Duso *et al.*, 2010 b).

Uso delle infrastrutture ecologiche in Italia

In Italia, l’impianto di siepi e la gestione della vegetazione naturale vengono usati da circa un ventennio, soprattutto in frutteti in accordo con i governi locali. La Regione Emilia-Romagna, applicando a livello locale misure agro ambientali della Comunità Europea nell’ambito del regolamento n. 2078/92, ha finanziato agli agricoltori l’impianto di siepi per attuare una rete ecologica nelle aree rurali (Maini, 1995; Burgio *et al.*, 2000; Morisi, 2001; Regione Emilia-Romagna,

2001). Nonostante, siano disponibili alcuni dati sulla gestione della biodiversità delle specie vegetali e animali per migliorare il contenimento di artropodi fitofagi (recensione da Altieri *et al.*, 2003; Sciarretta *et al.*, 2003), resta la necessità di ampliare gli studi nei diversi agroecosistemi presenti nel territorio nazionale; infatti pochi sono i casi sulla gestione della biodiversità, mentre in altri paesi questo approccio è studiato in maggiore misura (Holland e Fahrig, 2000; Marino e Landis, 1996; Rossing *et al.*, 2003).

In particolare, studi iniziati nel 1995 hanno riguardato il ruolo di differenti specie di siepi e delle erbe spontanee dei margini dei campi in agroecosistemi del nord Italia sulla biodiversità e fenologia di Coccinellidi e di altri predatori e parassitoidi (Burgio *et al.*, 2004, 2006, 2007). Ad esempio, riferendoci ai soli Coccinellidi, *Euonymus europaeus* L. (fusaggine) e *Prunus spinosa* L. (prugnolo) hanno ospitato il maggior numero di specie di predatori, *Crataegus monogyna* Jacques (biancospino), *Populus* sp. (Pioppo), *Cornus sanguinea* L. (Corniolo) L., *Corylus avellana* L. (nociola), *Salix alba* L. (salice) e *Pyrus pyraister* Burgsdorf (pero selvatico) hanno mostrato il livello più basso di diversità dei predatori. Tra le erbe spontanee, *Cirsium* sp., *Rumex* sp. e *Urtica dioica* L. (ortica), hanno supportato la riproduzione di Coccinellidi. Su *Daucus carota* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Dipsacus sylvestris* Hudson, *Arctium* sp., *Crepis* sp., *Picris* sp. sono stati trovati solo gli adulti dei Coccinellidi. Gli autori concludono che la biodiversità locale degli organismi utili nella zona di studio (Bologna) può essere conservata e migliorata aumentando gli habitat "isola" come siepi e margini vegetali dei campi.

Alcuni autori evidenziano l’importanza del ruolo di siepi di *Rubus* spp. vicino ai vigneti come fonte di parassitoidi in primavera, in particolare di *Anagrus* spp. verso cicaline della vite, e sito di migrazione degli *Anagrus* dal vigneto in autunno. Inoltre, riportano che lo sfarfallamento di *Anagrus* da foglie di vite in ottobre, apparentemente in ritardo rispetto alla schiusura delle uova di *E. vitis* su vite, consente

ai parassitoidi di migrare verso i rovi quando le cicaline che svernano come uovo su tali arbusti sono in grado di ovideporre (Zanolli e Pavan, 2009 a; 2009 b; 2011).

Un'indagine effettuata nell'Italia centrale, nei dintorni collinari di Perugia, dal 1998 al 2005, ha riguardato il monitoraggio delle popolazioni di *Anagrus atomus* e dei suoi ospiti cicaline, sia all'interno di vigneti, sia nelle siepi circostanti, dove le specie vegetali più rappresentative erano *Rubus ulmifolius* Schott (rovo) e *Ulmus minor* Miller (olmo). Tale studio ha confermato l'influenza positiva della diversità esistente sulla stabilità dell'agroecosistema, infatti la cicalina verde dell'uva, *Empoasca vitis* (Göthe) e la cicalina dell'uva italiana, *Zygina rhamni* Ferrari (Homoptera Cicadellidae) non hanno raggiunto livelli di popolazione economicamente importanti. Sebbene *E. vitis* e *Z. rhamni* siano state trovate su rovo, questa pianta non ha costituito una fonte importante per la colonizzazione delle cicaline della vite. Piuttosto ospitava tre cicaline indifferenti, *Ribautiana tenerrima* (Herrich-Schäffer), *Arboridia parvula* (Boheman) e una specie del genere *Zygina* (Homoptera Cicadellidae) che hanno permesso ai parassitoidi di aumentare le loro popolazioni e successivamente colonizzare la vite adiacente. Soprattutto *R. tenerrima* è stata la principale fonte di sviluppo, nella prima stagione, per il complesso dei parassitoidi *Anagrus*. Inoltre, è stato rilevato un chiaro movimento di *Anagrus* dal rovo al vigneto (Ponti e Ricci, 2000; 2002; Ponti *et al.*, 2002; Ponti *et al.*, 2003; Ponti *et al.*, 2005).

Per l'Italia meridionale, dal 2002, in Campania, sono stati condotti studi sulle relazioni tra le cicaline del vigneto, gli ooparassitoidi, i loro ospiti alternativi e circa 25 diverse essenze vegetali dai quali è emerso che le popolazioni degli *Anagrus* del gruppo *atomus* sono presenti tutto l'anno su diversi ospiti e su diverse specie vegetali (Viggiani *et al.*, 2002; 2003 a; 2003 b).

Dal 2008 in Sicilia viene studiato il ruolo di siepi impiantate ai bordi del vigneto nei riguardi di *Anagrus atomus* e delle cicaline ospiti (Lo Genco *et al.*, 2008) e vengono svolti studi sulle dinamiche delle popolazioni dei fitofagi e del parassitoide che confermano l'importante funzione delle siepi adiacenti al vigneto per il mantenimento dell'entomofago durante tutto l'anno (Lo Pinto, dati non pubblicati).

Per quanto riguarda l'inerbimento, è stato studiato l'effetto della semina primaverile della facelia (*Phacelia tanacetifolia* Munz) nell'interfilare del vigneto sulla riduzione degli attacchi di *Frankliniella occidentalis* (Pergande), in quanto la fioritura nello stesso periodo di quella della vite attrae i tripidi, abbassando la densità di popolazione nel vigneto (Moleas, 2003).

Applicazioni delle infrastrutture ecologiche nei vigneti all'estero

In Germania, in Rheingau (Assia), è stata condotta una ricerca per studiare la presenza e la distribuzione delle specie di *Trichogramma* nei vigneti in relazione alla vegetazione circostante: la presenza regolare di *Trichogramma* spp. è stata osservata in vigneti integrati circondati da piante da siepe (ciliegie selvatiche, rose e ligustri) mentre non è stata rilevata in quelli in assenza di siepi. Durante i periodi di attività di

Trichogramma spp., coincidenti con i voli delle tignole (*Lobesia botrana* ed *Eupoecilia ambiguella*), le registrazioni sono state più frequenti nei vigneti che nelle siepi (Ibrahim *et al.*, 2004).

In Francia è stato svolto uno studio per valutare l'influenza delle siepi e delle aree di vegetazione spontanea nei vigneti sul contenimento dei fitofagi e sulla diversità degli artropodi, delineando le limitazioni dell'uso dei pesticidi e indicando i metodi più idonei per aumentare le popolazioni degli insetti ausiliari (Helden *et al.*, 2005).

In Croazia è stata svolta un'indagine nel 2006 e 2007, sull'influenza della copertura verde come infrastruttura ecologica nel vigneto sul complesso degli insetti presenti in dipendenza del loro ruolo (antagonisti, fitofagi, indifferenti). In entrambi gli anni gli autori hanno rilevato un effetto positivo delle piante della copertura (miscele di legumi) sul numero di specie di insetti rispetto al vigneto con suolo scoperto (Baric *et al.*, 2008). Nel 2012, un ulteriore studio ha riguardato le specie di insetti predatori presenti nelle infrastrutture ecologiche dei vigneti in tre siti studio con differenti tecnologie di produzione. È emerso che, durante una stagione vegetazionale della vite, il più alto numero di insetti, appartenenti a 8 famiglie diverse, delle 9 rilevate complessivamente (Anthocoridae, Cantharidae, Carabidae, Chrysopidae, Coccinellidae, Lygaeidae, Miridae, Nabidae e Syrphidae), è stato trovato in un sito con tecnologia di produzione integrata in cui la ricchezza di specie vegetali era superiore agli altri due siti (Franin *et al.*, 2012).

In Portogallo, nella regione Alto Douro, sono state condotte ricerche sulla biodiversità delle piante e degli artropodi in alcuni vigneti con infrastrutture ecologiche per valutare le influenze degli elementi del paesaggio sui nemici naturali della tignoletta della vite, *Lobesia botrana*. In tre aziende studio, per lo più con vigneti e uliveti e dove venivano usate diverse pratiche colturali è stato redatto un inventario dettagliato delle comunità vegetali e sono stati calcolati gli indici di abbondanza delle specie di artropodi. Gli autori hanno messo in evidenza gli effetti dei diversi tipi di vegetazione e delle pratiche colturali sulle specie dell'entomofauna presenti e sulla gestione delle infestazioni (Carlos *et al.*, 2012).

Oltre che in Europa, anche in altre parti del mondo, già da diverso tempo, le infrastrutture ecologiche vengono applicate e ne viene valutato il ruolo. Negli USA (New York), ad esempio, dal 1993 al 1995 è stato condotto uno studio complesso al fine di identificare le specie di *Anagrus* presenti nei vigneti, determinare le piante sulle quali esse svernavano, caratterizzare la loro dispersione e rilevare il livello di parassitismo a carico delle uova di cicaline nei vigneti. Sono state trovate circa una quindicina di piante ospitanti *Anagrus* spp. svernanti, mettendo in luce l'influenza positiva di queste piante sulla aggregazione degli imenotteri ai bordi del vigneto all'inizio della stagione primaverile e la loro colonizzazione del vigneto adiacente. Inoltre, è stato evidenziato che la dispersione degli *Anagrus* è fortemente dipendente dalla distanza tra l'habitat di svernamento e i vigneti, dalla densità di *Anagrus* in questi rifugi e dagli effetti di frangivento generati dai rifugi (Williams e Martinson, 2000).

Nel 1996 e 1997 (Nicholls *et al.*, 2001) sono stati confrontati

due blocchi adiacenti di vigneto biologico per valutare la distribuzione e l'abbondanza di alcuni fitofagi (cicaline e tripidi) e i loro nemici naturali (Sirfidi, Coccinellidi, Crisopidi, *Anagrus* e *Orius*). In particolare, un blocco è stato tagliato trasversalmente da un corridoio composto da 65 specie vegetali a fiore che era collegato a habitat di bosco, mentre l'altro blocco non presentava il corridoio centrale. Questa ricerca ha indicato che la dispersione e la successiva distribuzione all'interno del vigneto di fitofagi e nemici naturali associati è influenzata da caratteristiche del paesaggio adiacente: la grande disponibilità di polline di nettare dei fiori vari, presenti in un corridoio (primo blocco) così come la diversità e la prevalenza di insetti indifferenti (non dannosi) attrae un alto numero di predatori generalisti. Inoltre, è stato valutata l'influenza dell'inserimento del grano saraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench) e del girasole (*Helianthus annuus* L.) nei vigneti sul contenimento dei tripidi, dimostrando che tali piante, fiorendo per quasi tutta la stagione vegetativa, attraggono numerosi nemici naturali dei tripidi (Nicholls *et al.*, 2000; 2001).

Nel 2005 è stato effettuato uno studio nel Nord della California, in un sito (Contea di Mendocino), utilizzando, anche in questo caso, un corridoio di vegetazione collegato ad un bosco circondante il vigneto. Ciò ha consentito di superare i ristretti limiti territoriali per l'influenza positiva che esercita la vegetazione adiacente sulle dinamiche dei fitofagi e dei nemici naturali. Inoltre, le colture estive di copertura, rompendo la monocultura dei vigneti, hanno aumentato il contenimento biologico di cicaline e tripidi. In un altro sito (Contea di Sonoma) è stata valutata l'azione di un'isola di arbusti fioriti ed erbe che ha fornito risorse di prede alternative per i nemici naturali, i quali lentamente si aggregavano ai bordi del vigneto. L'isola, infatti, ha agito come un sistema "push and pull" per i nemici naturali, migliorando la loro attività e confinandoli soprattutto nei filari adiacenti del vigneto (Altieri *et al.*, 2005).

Infine, in Australia è stato condotto uno studio nel 2009 volto a rilevare l'abbondanza di nemici naturali in vigneti con bordi costituiti da diversi tipi di vegetazione: foreste native, margini di boschi piantati dopo l'impianto delle colture, pascolo. È stata rilevata un'influenza benefica della vegetazione del bosco adiacente al vigneto su stafilinidi, tripidi predatori, acari predatori, ragni, scarabei, coccinelle e imenotteri parassitoidi, aumentando la loro abbondanza e distribuzione, con effetti positivi per il contenimento dei fitofagi; mentre, le zone di pascolo adiacenti non hanno mostrato effetti se non, in alcuni casi, un'influenza negativa sul numero di nemici naturali nei vigneti (Thomson e Hoffmann, 2009).

Altre utilizzazioni delle infrastrutture ecologiche all'estero

Per una maggiore panoramica citiamo alcuni lavori che riguardano aspetti applicativi più ampi e su diverse colture. In Polonia è stato condotto uno studio che esamina il concetto di infrastruttura ecologica favorente la biodiversità funzionale a livello di azienda prendendo in considerazione elementi delle infrastrutture ecologiche di grandi dimensioni, quali biocenosi permanenti (habitat), frammenti di habitat (che possono fungere da trampolino di lancio per il movimento

della fauna selvatica nel paesaggio agricolo) e corridoi ecologici. Vengono definite le distanze critiche tra i frammenti di habitat, in particolare in termini di movimento dei nemici naturali e antagonisti dei fitofagi delle piante e vengono discussi i vantaggi di infrastrutture ecologiche all'interno dei sistemi integrati di produzione in Polonia (Dabrowski, 2006). Un altro lavoro riguarda l'effetto delle aree di compensazione ecologica sulla floristica e la diversità degli uccelli in Svizzera nei paesaggi agricoli (Herzog *et al.*, 2005).

Inoltre, è stato effettuato uno studio che presenta un modello concettuale per la relazione tra complessità del paesaggio e l'efficacia ecologica di AES (schemi agro-ambientali della Politica Agricola Comune europea) in relazione alla ricchezza di specie e abbondanza di cinque gruppi di organismi (uccelli, cavallette e grilli, ragni, api e piante) in diversi gradienti di complessità di paesaggio (Concepción *et al.*, 2008). Ancora, sono stati svolti studi sull'effetto della gestione della conservazione attraverso l'introduzione delle misure agro-ambientali (AES) sulle api e insetti impollinatori nelle comunità di piante di prateria in Ungheria a confronto con Paesi Bassi e Svizzera (Batáry *et al.*, 2010). Infine, in Spagna centrale sono state impiantate infrastrutture ecologiche per aumentare gli impollinatori e altri organismi utili nelle colture pluviali con l'obiettivo di incrementare la biodiversità della fauna utile in un campo di orzo seminando miscele erbacee diverse ai margini dei campi (Vinuela *et al.*, 2012).

Riassunto

Molti studiosi, già da diverso tempo, hanno messo in risalto l'importanza della diversità vegetale negli agro-ecosistemi sull'aumento della presenza di artropodi utili che contribuiscono al contenimento delle specie dannose. In quest'ambito una strategia di difesa per mantenere alto il livello di biodiversità riguarda l'uso delle cosiddette "infrastrutture ecologiche" o "aree di compensazione ecologica", cioè siepi o fasce di vegetazione adiacenti al campo coltivato o al suo che forniscono ospiti alternativi e siti rifugio per predatori e parassitoidi di insetti dannosi, aumentando in tal modo l'abbondanza dei nemici naturali e la colonizzazione delle colture confinanti. Alcuni lavori di campo hanno testato i concetti di ecologia del paesaggio applicata all'agricoltura, come ad esempio l'uso di corridoi biologici per contrastare insetti dannosi, evidenziando che l'uso di corridoi vegetazionali, interrompendo le monoculture, fungono da tramite per la dispersione di nemici naturali all'interno del campo, aumentando così il loro impatto sulle popolazioni dei fitofagi. La composizione delle specie costituenti la vegetazione circostante e la distanza alla quale i nemici naturali si disperdono nella coltura hanno grande influenza sull'abbondanza e diversità di insetti entomofagi all'interno di un campo. Risulta di rilevante importanza la gestione degli habitat, come forma di controllo della conservazione biologica allo scopo di creare adeguate infrastrutture ecologiche all'interno del paesaggio agrario, fornendo risorse di cibo, prede alternative e ripari ai nemici naturali. Nell'ambito del vigneto, l'incremento della diversità botanica ha apportato benefici soprattutto rilevabili nelle relazioni tra tignole e antagonisti, tra cicaline e i parassitoidi

del genere *Anagrus* e tra acari e predatori quali acari Fitoseidi. È da tenere presente, però, che nonostante gli aspetti positivi delle infrastrutture ecologiche evidenziati, in alcune aree viticole possono verificarsi effetti sfavorevoli in relazione ad alcuni fitofagi quali cicaline, soprattutto quelle vettrici di fitoplasmii e virosi, cocciniglie e fillominatori. Vengono riportati i diversi studi finora effettuati in Italia e all'estero (paesi europei ed extra-europei).

Parole chiave: *Anagrus atomus*; diversità vegetale; ecologia del paesaggio; lotta biologica; nemici naturali; siepi.

Summary

Ecological infrastructures as a functional element in the management of biodiversity of agroecosystems, with particular reference to the vineyard

*Many researchers have emphasized the importance of plant diversity in agro-ecosystems on increasing the presence of beneficial arthropods that contribute to the control of harmful species. In this context, a defense strategy to maintain a high level of biodiversity is the use of so-called "ecological infrastructure" or "ecological compensation areas", i.e. hedges or strips of vegetation adjacent to the cultivated field or inside. These sites provide alternate hosts and refuge for predators and parasitoids of pests, thereby increasing the abundance of natural enemies and colonization of neighboring crops. Some field studies have tested the concepts of landscape ecology applied to agriculture, such as the use of biological corridors to control harmful insects that breaking monocultures, are the bridge to the dispersal of natural enemies in the field, increasing their impact on the pests populations. The different species of the surrounding vegetation and the distances that natural enemies disperse into the cropping system have a great influence on the abundance and diversity of beneficial insects. The habitat management is an aspect of conservation biological control using the appropriate ecological infrastructure in the agricultural landscape that provides resources for food, shelter and alternative prey to enhance natural enemies. In vineyards, the enhancement of botanical diversity has beneficial effects especially in the relationships between grape moths and antagonists, leafhoppers and parasitoids as *Anagrus* spp. and mites and predators as Phytoseiid mites. Despite the positive aspects of ecological infrastructures in the vineyard, unfavorable effects may occur in particular viticultural areas in relation to some pests such as leafhoppers, especially those vectors of grapevine phytoplasma and viruses diseases, scale and leafminers insects. In the paper we report the state of studies carried out in Italy, Europe and other world countries on the role of natural hedges and floral resources in supporting predatory insects with particular reference to Coccinellids and parasitoids of genus *Anagrus* and Trichogramma and associated natural enemies with tripids. In addition, we report briefly studies on the ecological effectiveness on species richness and abundance of animal groups and pollinators.*

Key words: *Anagrus atomus*; biological control; hedges; landscape ecology; natural enemies; plant diversity.

Lavori citati

- Altieri M. A. (1994) - Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems. Haworth Press, New York, NY, USA, 185 pp.
- Altieri M. A., Nicholls C. I. (2002) – The simplification of traditional vineyard based agroforests in northwestern Portugal: some ecological implications. *Agroforestry Systems*, 56, 185-191.
- Altieri M. A., Nicholls C. I. (2004) - Biodiversity and pest management in agroecosystems. Food Products Press, Binghamton USA, 236 pp.
- Altieri M. A., Nicholls C. I., Ponti L. (2003) - Biodiversità e controllo dei fitofagi negli agroecosistemi. Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Firenze, 223 pp.
- Altieri M. A., Nicholls C. I., Ponti L. (2009) - Crop diversification strategies for pest regulation in IPM systems. In: *Integrated Pest Management* (Radcliffe E.B., Hutchinson W.D., Cancelado R.E. coord.). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 116-130.
- Altieri M. A., Ponti L., Nicholls C. I. (2005) - Manipulating vineyard biodiversity for improved insect pest management: case studies from northern California. *International Journal of Biodiversity Science and Management*, 1, 1-13.
- Bàrberi P., Burgio G., Dinelli G., Moonen A. C., Otto S., Vazzana C., Zanin G. (2010) - Functional biodiversity in the agricultural landscape: relationships between weeds and arthropod fauna. *Weed Research*, 50, 388-401.
- Baric B., Kontic J. K., Pajac I. (2008) - Influence of the green cover as ecological infrastructure on the vineyard insect complex. *Cereal Research Communications*, 36 (5), 35-38.
- Batáry P., Báldi A., Sárospatak M., Kohler F., Verhulst J., Knop E., Herzog F., Kleijn D. (2010) - Effect of conservation management on bees and insect-pollinated grassland plant communities in three European countries. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 136, 35-39.
- Beanland L., Noble R., Wolf T. K. (2006) - Spatial and temporal distribution of North American grapevine yellows disease and of potential vectors of the causal phytoplasmas in Virginia. *Environmental Entomology*, 35, 332-344.
- Benton T. G., Vickery J. A., Wilson J. D. (2003) - Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution*, 18, 182-188.
- Böll S., Schwappach P., Herrmann J. V. (2006) – Planting dog roses – an efficient method to promote mymarid populations in vineyards? *IOBC/WPRS Bulletin*, 29 (11), 175-181.
- Boller E. F. (2001) - Functional Biodiversity in Viticulture: Identified Information Gaps and Need for Action. *Integrated Control in Viticulture*. *IOBC/WPRS Bulletin*, 24 (7), 1-4.
- Boller E. F. (2006) – Functional biodiversity: a success story in vineyards of northern Switzerland. *IOBC/WPRS Bulletin*, 29, 13-16.
- Boller E. F., Häni F., Poehling H. M. (2004) - Ecological infrastructures. *Ideabook on Functional Biodiversity at the Farm Level*. Springer Verlag, Berlin, 299-318.
- Boller E. F., Remund U., Candolfi M. P. (1988) - Hedges as potential sources of *Typhlodormus pyri* – the most important predatory mites in vineyards of Northern Switzerland. *Entomophaga*, 33, 15-22.

- Burgio G., Ferrari R., Boriani L. (2000) - Spazi preziosi ai margini del campo. *Il Divulgatore* (Provincia di Bologna), 23 (12), 13-22.
- Burgio G., Ferrari R., Boriani L., Pozzati M., Lenteren J. van (2006) - The role of ecological infrastructures on Coccinellidae (Coleoptera) and other predators in weedy field margins within northern Italy agroecosystems. *Bulletin of Insectology*, 59, 59-67.
- Burgio G., Ferrari R., Pozzati M., Boriani L. (2004) - The role of ecological compensation areas on predator populations: an analysis on biodiversity and phenology of Coccinellidae (Coleoptera) on non-crop plants within hedgerows in Northern Italy. *Bulletin of Insectology*, 57, 1-10.
- Burgio G., Lanzoni A., Navone P., Van Achterberg K., Masetti A. (2007) - Parasitic Hymenoptera Fauna on Agromyzidae (Diptera) Colonizing Weeds in Ecological Compensation Areas in Northern Italian Agroecosystems. *Journal of Economic Entomology*, 100, 298-306.
- Carlos C., Afonso S., Crespi A., Aranha J., Thistlewood H., Torres L. (2012) - Biodiversity of plants and arthropods in key ecological structures of vineyards of the Alto Douro region. *IOBC/WPRS Bulletin*, 75, 51-55.
- Cerutti F., Baumgärtner J., Delucchi V. (1991) - The dynamics of grape leafhopper *Empoasca vitis* Goethe populations in Southern Switzerland and the implications for habitat management. *Biocontrol Science and Technology*, 1, 177-194.
- Cerutti F., Delucchi V., Baumgärtner J., Rubli D. (1989) - Ricerche sull'ecosistema "vigneto" nel Ticino: II. La colonizzazione dei vigneti da parte della cicalina *Empoasca vitis* Goethe (Hom., Cicadellidae, Tyhlocybinae) e del suo parassitoide *Anagrus atomus* Haliday (Hym., Mymaridae), e importanza della flora circostante. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 62, 253-267.
- Concepción E. D., Diaz M., Baquero R. A. (2008) - Effects of landscape complexity on the ecological effectiveness of agri-environment schemes. *Landscape Ecology*, 23, 135-148.
- Coombs D. S., Sotherton N. W. (1984) - The dispersal and distribution of polyphagous predatory Coleoptera in cereals. *Annals of Applied Biology*, 108, 461-474.
- Corbett A., Plant R. E. (1993) - Role of movement in the response of natural enemies to agroecosystem diversification: a theoretical evaluation. *Environmental Entomology*, 22, 519-531.
- Corbett A., Rosenheim J. A. (1996) - Impact of natural enemy overwintering refuge and its interaction with the surrounding landscape. *Ecological Entomology*, 21, 155-164.
- Dabrowski Z. T. (2006) - Ecological infrastructure in IP. *Ochrona Roslin*, 51 (1), 28-30.
- Dabrowski Z. T., Wysocki C. (2009) - Needs for interdisciplinary approach in the validation of importance of designated ecological areas and ecological infrastructures for pro-ecological plant protection. *Progress in Plant Protection*, 49, 973-981.
- Darimont H., Maixner M. (2001) - Actual distribution of *Hyalesthes obsoletus* Signoret (Auchenorrhyncha: Cixiidae) in German viticulture and its significance as a vector of Bois Noir. *IOBC/WPRS Bulletin*, 24, 199-200.
- Delucchi V. (1997) - Una nuova frontiera: la gestione ambientale come prevenzione. In: *Atti della Giornata sulle Strategie Bio-ecologiche di Lotta Contro gli Organismi Nocivi* (Prota R., Pantaleoni R. A.), Sassari, Italy, 11 April, 35- 7.
- Duso C., Malagnini V., Drago A., Pozzebon A., Galbero G., Castagnoli M., De Lillo E. (2003) - The colonization of phytoseiid mites (Acari Phytoseiidae) in a vineyard and the surrounding hedgerows. *IOBC/WPRS Bulletin*, 26 (4), 37-42.
- Duso C., Mori N., Pozzebon A., Marchesini E., Girolami V. (2010 a) - Problemi, tendenze e innovazioni nel contenimento degli Artropodi dannosi alla vite. I. Tignole e Cicaline. *Protezione delle Colture*, 3 (3), 15-24.
- Duso C., Mori N., Pozzebon A., Marchesini E., Girolami V. (2010 b) - Problemi, tendenze e innovazioni nel contenimento degli Artropodi dannosi alla vite. II. Vettori di citoplasmici, cocciniglie, minatori fogliari, tripidi e acari. *Protezione delle Colture*, 3 (4), 16-26.
- Fiedler A. K., Landis D. A., Wratten S. D. (2008) - Maximizing ecosystem services from conservation biological control: the role of habitat management. *Biological Control*, 45, 254-271.
- Franco D. (1998) - Siepi ed ecologia del paesaggio. *Genio Rurale*, 3, 13-20.
- Franin K., Barić B. (2011) - The role of ecological infrastructure in biological control of agricultural pests. *Glasnik Zaštite Bilja*, 34 (4), 14-21.
- Franin K., Razov J., Baric B. (2012) - Preliminary study of predatory insects fauna in ecological infrastructure of Ravni kotari (Croatia) vineyards. *IOBC/WPRS Bulletin*, 75, 115-118.
- Fry G. (1995) - Landscape ecology of insect movement in arable ecosystems. In: *Ecology and Integrated Farming Systems* (Glen D. M., Greaves M. P. and Anderson H. M.). John Wiley and Sons, Bristol, UK, 177-202.
- Girolami Mori N., Posenato G. (2004) - Principali problemi entomologici in vigneto. *Informatore Fitopatologico – La Difesa delle Piante*, 54 (4), 4-11.
- Gurr G. M., Wratten S. D., Barbosa P. (2000) - Success in conservation biological control of arthropods. In: *Measures of Success in Biological Control* (Gurr G. M., Wratten S. D. coord.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 105-132.
- Helden M. van, Roland A., Meyrignac J. B., Martin M. R. S., Jimenez M. D. V. (2005) - Biological control by conservation of the role of hedges and weedy areas in vineyards. *Progres Agricole et Viticole*, 122 (5), 113-118.
- Herzog F., Dreier S., Hofer G., Marfurt C., Schüpbach B., Spiess M., Walter T. (2005) - Effect of ecological compensation areas on floristic and breeding bird diversity in Swiss agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 108, 189-204.
- Holland J. M., Fahrig L. (2000) - Effects of woody borders on insect diversity in crop fields: a landscape-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 78, 115-122.
- Ibrahim R., Holst H., Basedow T. (2004) - Natural occurrence and distribution of *Trichogramma* spp. in vineyards of

- Rheingau (Hessia, Germany). *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie*, 14, 213-216.
- Kleijn D., Berendse F., Smit R., Gilissen N. (2001) - Agri-environment schemes do not effectively protect biodiversity in Dutch agricultural landscapes. *Nature*, 413, 723-725.
- Kleijn D., Sutherland W. J. (2003) - How effective are European agri-environment schemes in conserving and promoting biodiversity? *Journal of Applied Ecology*, 40, 947-969.
- Landis D. A., Wratten S. D., Gurr G. M. (2000) - Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 45, 175-201.
- Lazzerini G., Camera A., Benedettelli S., Vazzana C. (2007) - The role of field margins in agro-biodiversity management at the farm level. *Italian Journal of Agronomy / Rivista di Agronomia*, 2, 127-134.
- 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.
- Lessio F., Tedeschi R., Alma A. (2007) - Presence of *Scaphoideus titanus* on American grapevine in woodlands, and infection with "flavescence dorée" phytoplasmas. *Bulletin of Insectology*, 60, 373-374.
- Letourneau D. K., Altieri M. A. (1999) - Environmental management to enhance biological control in agroecosystems. In: *Handbook of Biological Control* (Bellows T. S., Fischer T. W. coord.). Academic Press, San Diego, California, 319-354.
- Lewis T. (1965) - The effects of shelter on the distribution of insect pests. *Scientific Horticulture*, 17, 74-84.
- Lo Genco A., Fucarino A., Lo Pinto M. (2008) - Ecological infrastructures in a vineyard of Western Sicily. *IOBC/WPRS Bulletin OILB srop*, 36, 279-281.
- Lozzia G. C., Rigamonti I. E. (2005) - Il ruolo della O.I.L.B nella viticoltura moderna. In: *La difesa della vite dagli artropodi dannosi* (Ragusa S., Tsolakis H. coord.). Università degli Studi di Palermo, 11-18.
- Maccagnani B., Betti F., Fontan P. (2004) - The role of ecological infrastructures in pollinators management: *Osmia cornuta* (Hymenoptera Megachilidae) in pear orchards. (XI Conference A.I.S.A.S.P., 1-3 February 2005, Florence, Italy). *Redia*, 87, 191-194.
- Maini S. (1995) - Rimboschimenti e siepi nelle aree agricole: positiva influenza sull'entomofauna utile. *Informatore Fitopatologico*, 45 (4), 13-17.
- Maixner M., Pearson R. C., Boudon-Padieu E., Caudwell A. (1993) - *Scaphoideus titanus*, a possible vector of Grape Yellow in New York. *Plant Disease*, 77, 408-413.
- Marino P. C., Landis D. A. (1996) - Effect of landscape structure on parasitoid diversity and parasitism in agroecosystems. *Ecological Applications*, 6, 276-284.
- Moleas T. (2003) - The use of *Phacelia tanacetifolia* (Munz, 1973) (Solanales: Hydrophyllaceae) to control *Frankliniella occidentalis* (Pergande) on table grapes. *IOBC/WPRS Bulletin*, 26 (8), 265-268.
- Moonen A. C., Bàrberi P. (2008) - Functional biodiversity: an agroecosystem approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 127, 7-21.
- Mori N., Pavan F., Bondavalli R., Reggiani N., Paltrinieri S., Bertaccini A. (2008) - Factors affecting the spread of "Bois Noir" disease in North Italy vineyards. *Vitis*, 47 (1), 65-72.
- Morisi A. (2001) - Recupero e gestione ambientale della pianura. La rete ecologica del Persicetano. Centro Agricoltura Ambiente, Crevalcore, Bologna, 115 pp.
- Nentwing W., Frank T., Lethmayer C. (1998) - Sown weed strips: artificial ecological compensation areas an important tool in conservation biological control. In: *Conservation Biological Control* (Barbosa P. coord.). Academic Press, 133-151.
- Nicholls C. I., Altieri M. A. (2004) - Designing species-rich, pest-suppressive agroecosystems through habitat management. In: *Agroecosystems Analysis* (Rickerl D., Francis C.). American Society of Agronomy, Madison, 49-61.
- Nicholls C. I., Parrella M., Altieri M. A. (2000) - reducing the abundance of leafhoppers and thrips in a northern California organic vineyard through maintenance of full season floral diversity with summer cover crops. *Agricultural and Forest Entomology*, 2, 107-113.
- Nicholls C. I., Parrella M., Altieri M. A. (2001) - The effects of a vegetational corridor on the abundance and dispersal of insect biodiversity within a northern California organic vineyard. *Landscape Ecology*, 16, 133-146.
- Pavan F. (2000) - The role of *Rubus* bushes in the life cycle of two Typhlocybininae infesting European vineyards. *Redia*, 83, 47-60.
- Pimentel D. (1960) - Species diversity and insect population outbreaks. *Annals of the Entomological Society of America*, 54, 76-86.
- Pollard E. (1968) - Hedges IV. A comparison between the carabidae of a hedge and field site and those of a woodland glade. *Journal of Applied Ecology*, 5, 649-657.
- Ponti L., Ricci C. (2000) - The ecological role of natural hedges on leafhopper populations in vineyards of central Italy. In: *Abstracts book I of XXI International Congress of Entomology, Brazil*, 20-26 August 2000, 81.
- Ponti L., Ricci C. (2002) - La siepe come elemento di biodiversità funzionale nei vigneti dei colli perugini. In: *Riassunti XIX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia*, Catania, 10-15 June 2002, 115.
- Ponti L., Ricci C., Torricelli R. (2003) - The ecological role of hedges on population dynamics of *Anagrus* spp. (Hymenoptera: Mymaridae) in vineyards of Central Italy. *IOBC/WPRS Bulletin*, 26 (4), 117-122.
- Ponti L., Ricci C., Torricelli R., Veronesi F. (2002) - The ecological role of natural hedges on population dynamics of *Anagrus atomus* in vineyards of Central Italy. In: *Abstracts of Egg Parasitoids 6th International Symposium*, Perugia, Italy, 15-18 September 2002, 54-55.
- Ponti L., Ricci C., Veronesi F., Torricelli R. (2005) - Natural hedges as an element of functional biodiversity in agroecosystems: the case of a Central Italy Vineyard. *Bulletin of Insectology*, 58 (1), 19-23.
- Primdahl J., Peco B., Schramek J., Andersen E., Oñate J.

- J. (2003) - Environmental effects of agri-environmental schemes in Western Europe. *Journal of Environmental Management*, 67, 129–138.
- Regione Emilia-Romagna (2001) - Il regolamento (CEE) N. 2078/92. L'applicazione del programma agroambientale in Emilia-Romagna (1993-1999). Centrale Ortofrutticola, Centro Servizi Avanzati per l'Agricoltura, Società Cooperativa di Cesena.
- Risch S. J. (1987) - Agricultural ecology and insect outbreaks. In: *Insect Outbreaks*, eds. Barbosa and Schulz, Academic Press, New York, 217-233.
- Risch S. J., Andow D., Altieri M. A. (1983) - Agroecosystem diversity and pest control data, tentative conclusions, and new research directions. *Environmental Entomology*, 12, 625-629.
- Rossing W. A. H., Poehling H. M., Burgio G. (2003) - Landscape management for functional biodiversity. *Proceedings of the 1st Meeting of the study group*, Bologna, Italy, 11-14 May 2003, IOBC/WPRS Bulletin, 26 (4), 220 pp.
- Scarratt S. L., Wratten S. D., Shishehbor P. (2008) - Measuring parasitoid movement from floral resources in a vineyard. *Biological Control*, 46, 107-113.
- Sciarretta A., Burgio G., Petacchi R. (2003) - Spatial aspects in entomological experiments on landscape management. *IOBC/WPRS Bulletin*, 26 (4), 139-144.
- Serra G., Lentini A., Verdinelli M., Delrio G. (2006) - Effects of cover crop management on grape pests in a Mediterranean environment. *IOBC/WPRS Bulletin*, 29 (11), 209-214.
- Sotherton N. W. (1984) - The distribution and abundance of predatory arthropods overwintering on farmland. *Annals of Applied Biology*, 105, 423-429.
- Thomas M. B., Wratten S. D., Sotherton N. W. (1991) - Creation of 'islands' habitats in farmland to manipulate populations of biological arthropods: predator densities and emigration. *Journal of Applied Ecology*, 28, 906-917.
- Thomson L. J., Hoffmann A. A. (2009) - Vegetation increases the abundance of natural enemies in vineyards. *Biological Control*, 49, 259-269.
- Tranfaglia A., Viggiani G. (1988) - Cocciniglie di importanza economica in Italia e loro controllo. Istituto di Entomologia Agraria, Università di Napoli, 1-30.
- Tscharntke T., Klein A. M., Kruess A., Steffan-Dewenter I., Thies C. (2005) - Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity—ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8, 857-874.
- van Emden H. F., Williams G. F. (1974) - Insect stability and diversity in agroecosystems. *Annual Review of Entomology*, 19, 455-75.
- van Helden M., Decante D. (2001) - The possibilities for conservation biological control as a management strategy against *Empoasca vitis*. *IOBC/WPRS Bulletin*, 24 (7), 291-297.
- Vazzana C. (2009) - Agricoltura biologica, ambiente e biodiversità. Complesso: Apertura Stati Generali. Convegno BIO-Padova, 14 Aprile 2009.
- Viggiani G. (2003) - Functional biodiversity for the vineyards agroecosystem: aspect of the farm and landscape management in Southern Italy. *IOBC/WPRS Bulletin*, 26 (4), 197-202.
- Viggiani G., Jesu R., Sasso R. (2003a) - Cicaline della vite e loro ooparassitoidi in vigneti del Sud Italia. *Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria Filippo Silvestri*, 59, 3-31.
- Viggiani G., Sasso R., Bernardo U. (2002) - Notizie preliminari sullo svernamento di *Anagrus ustulatus* Haliday (Hymenoptera: Mymaridae), ooparassitoide di cicaline (Homoptera: Cicadellidae) nel Sud Italia. *Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria Filippo Silvestri*, 58, 127-136.
- Viggiani G., Sasso R., Di Luca A. (2003b) - Notizie preliminari sulle cicaline del rovo (Homoptera: Cicadellidae: Typhlocibinae) e sui loro ooparassitoidi nell'Italia meridionale. *Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria Filippo Silvestri*, 59, 33-47.
- Vinuela E., Adan A., Rodriguez J., Hernando S., Dorado J., Fernandez-Quintanilla C., Canomanuel G., Fereres A. (2012) - Provision of ecological infrastructures to increase pollinators and other beneficial organisms in rainfed crops in Central Spain. *IOBC/WPRS Bulletin*, 75, 229-233.
- Wiech K., Wnuk A., Wojciechowicz-Zytko E., Jankowska B. (2009) - The influence of ecological infrastructure on vegetable pests and beneficial insects. *Progress in Plant Protection*, 49 (3), 1124-1132.
- Williams L., Martinson T. E. (2000) - Colonization of New York Vineyards by *Anagrus* spp. (Hymenoptera: Mymaridae): Overwintering Biology, Within-Vineyard Distribution of Wasps, and Parasitism of Grape Leafhopper, *Erythroneura* spp. (Homoptera: Cicadellidae), Eggs. *Biological Control*, 18, 136-146.
- Wratten S. D. (1988) - The role of field margins as reservoirs of natural enemies. In: *Environmental Management in Agriculture* (Burn A. J.). Belhaven Press, London, 144-150.
- Zanolli P., Pavan F. (2009 a) - *Rubus* spp. plants as source of *Anagrus* "atomus group" parasitoids for grapevine in early spring. BEPAR Conference, Palermo, Italy, September 20-24 2009, 51.
- Zanolli P., Pavan F. (2009 b) - Migrazione autunnale di parassitoidi del genere *Anagrus* spp. da vigneti a siepi di rovo. XXII Congresso Nazionale di Entomologia, Ancona, 15-18 Giugno 2009, 355.
- Zanolli P., Pavan F. (2011) - Autumnal emergence of *Anagrus* wasps, egg parasitoids of *Empoasca vitis*, from grapevine leaves and their migration towards brambles. *Agricultural and Forest Entomology*, 13, 423-433.