

## 2. I COLEOTTERI CARABIDI NEGLI AGROECOSISTEMI

### 2.1 I Coleotteri Carabidi come bioindicatori

Abbiamo visto nel capitolo precedente che un indicatore di biodiversità è un taxon o un gruppo funzionale, la cui diversità (ricchezza di carattere, ricchezza di specie, livello di endemicità) riflette la diversità di altri taxa (McGeoch, 1998).

Una specie indicatore è definita come “un organismo o un sistema biologico usato per valutare una modificazione -generalmente degenerativa- della qualità dell’ambiente, qualsiasi sia il suo livello di organizzazione e l’uso che se ne fa” (Inserentant & De Sooler, 1976).

Il cambiamento ambientale può provocare diversi tipi di effetti sull’indicatore, inclusi i cambiamenti fisiologici o i cambiamenti nel numero di specie o nell’abbondanza. La risposta delle specie può essere vista all’interno dell’organismo, i bioindicatori sono anche un buon modo per monitorare gli effetti dei materiali tossici sugli organismi (Bridgham 1998), a livello di specie (numero di specie e abbondanza) o a livello di comunità (relazione tra le specie, es. insetto nocivo-predatore). Non esiste comunque un perfetto bioindicatore, la selezione del più adatto dipende in gran parte dallo scopo dell’indagine (Rainio & Niemelä, 2003).

Nella seconda parte del nostro lavoro di ricerca, esaminiamo l’idoneità “suitability” dei Coleotteri Carabidi come bioindicatori.

I Coleotteri Carabidi (Arthropoda, Insecta) rappresentano un’importante componente della fauna terrestre epigea, negli ambienti naturali e quelli coltivati in quanto presentano un’elevata ricchezza di specie e di individui. La loro ecologia è ben conosciuta, reagiscono in maniera sensibile ai cambiamenti antropogenici e sono considerati dei buoni bioindicatori dell’impatto sulle coltivazioni (Kromp, 1999).

Questo Taxon viene ormai globalmente utilizzato come indicatore di qualità degli ecosistemi dal momento che le comunità rispondono direttamente e indirettamente ai cambiamenti di gestione degli ecosistemi e delle attività antropiche (Kromp, 1989; Brandmayr e Pizzolotto, 1994); inoltre è un gruppo per il quale l’ecologia è relativamente ben nota (Eyre *et al.*, 1990).

I Carabidi possono svolgere un ruolo importante nell’economia delle aziende agricole (Luff, 1987) in quante molte specie sono predatrici di insetti ritenuti dannosi per le coltivazioni (Floate *et al.*, 1990) ed infine numerose sono le pubblicazioni che

evidenziano quanto la gestione agricola agisca sulla ricchezza di specie, sulla densità di individui per specie, sulle caratteristiche morfologiche delle stesse e sul grado di strutturazione delle comunità (Fontaneto & Guidali, 2001; Gobbi *et al.*, 2002).

Con l'intensificarsi dell'agricoltura in Europa, si sono avuti grandi cambiamenti delle loro abbondanze, le specie comuni sono diventate relativamente più comuni, le specie rare sono diventate addirittura ancora più rare (Desender *et al.* 1994). Le diverse pratiche agricole con l'aumento del disturbo diminuiscono il numero di specie e di individui (Ruston *et al.* 1989, 1990; Blake *et al.* 1996; Kotze & Somways 1999). Una ragione per la relazione negativa tra l'intensità di gestione e l'abbondanza dei Carabidi può essere il tempo di riproduzione. Il tempo di una generazione è un importante fattore che influenza la sopravvivenza di una popolazione di Carabidi. Specie che si riproducono durante il periodo di intense pratiche di gestione, sono influenzate di più rispetto a specie che si riproducono durante periodi di minor disturbo (Ruston *et al.* 1990). Comunque, non tutte le specie diminuiscono in conseguenza di un simile disturbo. La risposta delle specie dipende, dal suo potere di dispersione e dalla sua preferenza dell'habitat. Studi condotti su terreni coltivati hanno evidenziato che le pratiche gestionali sembrano favorire le specie che preferiscono le condizioni aride (Blake *et al.* 1996) e quelle che posseggono un grande potere di dispersione (Rushton *et al.* 1989). Solitamente le specie specialiste di grandi dimensioni, scarsamente disperse, diminuiscono con l'aumento del disturbo, mentre le piccole specie generaliste con una buona abilità dispersiva aumentano (Rainio & Niemelä, 2003).

I Carabidae sono dunque, oggi di largo uso come indicatori dello stato dell'ambiente (tabella 1), sia che per esso si intenda l'ambiente naturale non o poco alterato dall'uomo, sia nel senso di ambiente modificato o degradato da specifici interventi umani quali possono essere la messa a coltura, l'urbanizzazione, l'inquinamento e così via.

Table 1. Examples of bioindicator studies of carabid beetles.

Goal of the survey	Habitat, country	Comments	Reference
Management practices (including cutting, grazing, fertilizers)	Grasslands, Scotland	Carabid faunas of managed grasslands were less species rich, less diverse and species were of smaller body size than in unmanaged land. Management tends to favour species preferring drier conditions.	Blake et al. (1996)
Fragmentation	Heaths, the Netherlands	Species with low dispersal power were virtually absent from small and isolated fragments. A decline of these species was apparent in areas smaller than 75 ha.	de Vries (1994)
Land use	Grasslands, Belgium	A few common species have become relatively more common at the expense of a larger number of rare species, which become even rarer.	Desender et al. (1994a)
Habitat classification	Grasslands, Europe	Each type (17 types) of grassland was characterised by a specific species assemblage. Important features affecting distribution of carabid species were soil water content and altitude.	Eyre and Luff (1990)
Assessment of environmental quality	Several habitats, e.g. riversides, woodlands, grasslands, UK, Ireland	Environmental quality was assessed by comparing numbers and abundances of rare and generalist species. High rarity score of the habitat was caused by presence of specialist or rare species.	Eyre et al. (1996)
Habitat fragmentation	Boreal forest, Canada	Response to forest edge depends on the sensitiveness of the species. Only a few species were sensitive to forest edge.	Spence et al. (1996)
Habitat fragmentation	<i>Eucalyptus</i> forest, SE Australia	Fragmentation did not alter species richness but did alter species composition. Abundances of some species changed (increased or decreased).	Davies and Margules (1998)
Size of the fragment	Boreal forest, Finland	Species richness of carabids was higher in small (0.5–3 ha) than in medium-sized (4–8 ha) or large (10–20 ha) forest fragments. No forest specialist species were found in the small forest fragments.	Halmé and Niemelä (1993)
Forest cutting	Boreal forest, Finland	Responses of common species fell into three groups: (1) forest generalists were not dramatically affected, (2) species of open habitat appeared and/or increased in abundance, and (3) mature forest species disappeared or decreased in abundance	Niemelä et al. (1993)
Urbanization	Boreal forest, Helsinki, Espoo, Finland	Species diversity decreased with increasing urbanization (rural > suburban > urban). Urbanization had a negative effect on both carabid abundance and species richness.	Venn (2000)
Climate change	North America and Europe	Response of arctic carabids to climate change will be rapid and the geographic range of species will change. Species extinction is unlikely in arctic species but probable at more southern latitudes, because dispersal is blocked by human activities.	Ashworth (1996)
Biodiversity	Cultivated and seminatural areas	Ground beetles did not show correlation in species number but diversity indices (Shannon and Simpson) were correlated to those of other insect orders.	Duelli and Obrist (1998)

Tab.1. Esempi di studi in cui sono stati utilizzati i Carabidi come bioindicatori (Rainio & Niemelä, 2003).

Per valutare la loro capacità di bioindicatori si cercano di analizzare quei parametri e caratteristiche delle specie che ci consentono poi di dare una diagnosi del popolamento stesso che favorisce la lettura delle condizioni ambientali attraverso la composizione qualitativa e quantitativa della cenosi campionata (Brandmayr & Pizzolotto, 1994).

Le caratteristiche biologiche più utili ai fini della valutazione dell'ambiente riguardano ad esempio la fenologia, i ritmi riproduttivi, la scelta alimentare, il potere di dispersione, le caratteristiche biogeografiche e la diversità delle specie.

La fenologia riguarda l'andamento stagionale delle catture delle singole specie o delle comunità. Il fenogramma annuale della comunità, cioè della somma degli individui di tutte le specie, risente moltissimo del tipo di ambiente, della temperatura media annua e mensile, delle precipitazioni del sito e del loro regime. Ambienti umidi e ripariali hanno in genere un massimo primaverile, quelli più aridi uno autunnale, le foreste solitamente uno estivo, ma verso il mediterraneo esso si dimostra sempre più spostato verso l'inverno.

Infatti l'attività è l'abbondanza variano nell'arco dell'anno (Janzen & Shoener 1968).

Alcune specie sono abbondanti in primavera, mentre altre raggiungono il picco durante l'autunno. Ci sono variazioni stagionali (Moelfoit & Desender 1990; Niemelä *et. al.*, 1992) e variazioni anno per anno nelle dimensioni della popolazione di Carabidi (Niemelä *et. al.* 1993; Abildsney & Tommeros, 2000). A causa di ciò, vengono raccomandate indagini che coprono l'intera stagione di attività (Niemelä *et. al.* 2000). Il tipo di variazione potrebbe avere un notevole impatto sui risultati, se viene studiato soltanto un breve periodo di tempo.

Le condizioni del tempo (Abildsney & Tommerson 2000) o l'impatto dell'uomo (Niemelä *et. al.* 1993; Blake *et al.* 1996) possono causare una variazione da un anno all'altro. Nella maggior parte dei casi nell'analisi dei siti di controllo questi due effetti possono essere separati, ma qualche volta le condizioni del tempo possono essere diverse nei siti di studio e in quelli di controllo (Luff, 1990).

I Carabidi dipendono da molti fattori abiotici e biotici. Questi includono: (1) temperatura ed umidità, (2) condizioni del cibo, (3) presenza e distribuzione dei competitori, (4) ciclo biologico e stagione, inclusa la migrazione tra l'ibernazione e l'habitat di riproduzione (Lövei & Sunderland 1996). Le più vulnerabili sono le uova, larve e stadi di pupa (Lövei & Sunderland 1996).

Un'altra caratteristica biologica che si prende in considerazione riguarda i ritmi riproduttivi.

I ritmi riproduttivi dei Carabidi sono molto complessi e comprendono alle latitudini dell'Europa due tipi fondamentali: quello a larve estive con sviluppo corto, senza dormienza obbligatorie, e quello a larve invernali di solito con interruzione obbligatoria dello sviluppo (den Boer e den Boer-Daanje, 1991). I cicli più brevi, per esempio, si concentrano in ambienti effimeri e sono da considerarsi una caratteristica r-selezionata. La ragione che causa una relazione negativa tra l'intensità di gestione e l'abbondanza di Carabidi può essere il tempo della riproduzione, importante fattore influente sulla loro sopravvivenza. Specie che si riproducono durante il periodo interessato dalle pratiche di gestione (primavera) sono influenzati di più rispetto a specie che si riproducono durante periodi di minor disturbo (autunno) (Rushton *et al.* 1990) Questo non vale per tutte le specie poiché la risposta a tale disturbo dipende dal potere di dispersione e dalla preferenza dell'habitat.

La scelta alimentare è un parametro biologico il quale ci dice che ci sono Carabidi strettamente spermofagi ed altri che possono alternare la loro dieta carnea a dieta spermofaga a seconda delle opportunità (Harpalus, Amara, Zabrus). Non a caso questi "opportunisti" alimentari si concentrano nei campi coltivati, come pure ambienti ruderali, al punto che è possibile utilizzare la percentuale di specie polifaghe dal punto di vista alimentare come indice di degrado delle comunità (carabocenosi) originaria (Pizzolotto, 1994; Brandmayr e Colombetta, 1981). Poiché le specie hanno diversi requisiti ecologici, alcune specie sono migliori indicatori di altre (Dufrene & Legendre, 1997). Alcune specie sono generaliste e compaiono in una vasta gamma di habitat; altre sono più specializzate, richiedendo determinate caratteristiche di habitat.

È possibile valutare la qualità di un sito attraverso il confronto dell'abbondanza di specie rare e generaliste dando punteggi di rarità ai diversi habitat (Eyre *et al.* 1996).

Sebbene i Carabidi generalisti rappresentino la maggior parte delle specie, ci sono anche specie specialistiche molto sensibili. Una mancanza di specie specialiste potrebbe indicare disturbi nell'ambiente (Holme & Niemela, 1993), e gran parte delle specie generaliste risponde anche all'alterazione dell'habitat (Blake *et al.* 1996; Davies & Margules, 1998), o la loro composizione di specie può essere usata per la classificazione dell' habitat (Eyre & Luff 1990).

Ogni tipo di habitat ha definite comunità di specie, con specie generaliste e specialiste; così specie individuali di Carabidi, o comunità di specie possono essere usati come bioindicatori (Niemelä *et al.* 2000).

Comunque a causa dell'alto numero di specie generaliste, i Carabidi sono stati criticati nell'utilizzo di bioindicatori (Rykken *et al.* 1997).

Il potere di dispersione. La capacità di dispersione dei carabidi dipende dalla loro capacità o meno di poter volare. Oggi è noto ed accettato che le ali metatoraciche di questi Coleotteri tendono a rudimentarsi se l'ambiente è stabile e poco soggetto a cambiamenti nel tempo, per il fatto che gli individui più atti al volo sono quelli che migrano con maggior facilità, e dunque nella popolazione si accumulano geni "meno atti al volo". Brandmayr (1983) ha esteso il concetto di "potere di dispersione" ad intere comunità, quantificando il medesimo come percentuale di specie atte a propagarsi al volo sul totale dei taxa campionati.

La percentuale di specie macroterre dipende dal gradiente temporale di successione ecologica, che porta ad ambienti climax, e quello inverso del degrado antropico, che progressivamente impoverisce l'habitat di specie sedentarie, non volatrici, per giungere nei coltivi e negli ambienti devastati, discariche o ruderali, a comunità di soli volatori banali (Brandmayr, 1982). È importante quindi, individuare la percentuale di specie volatrici come uno degli indici di antropizzazione più importanti, tenuto conto delle condizioni di partenza del degrado e delle tipologia del suolo e del substrato geologico di partenza.

Le caratteristiche biogeografiche. Le ricerche condotte in foreste ed altri habitat climax o comunque indisturbati dall'uomo hanno dimostrato come in questi ambienti si concentra un numero di specie a geonemia ristretta notevole, comunque sempre più elevato che in biotopi disturbati dall'uomo e in aree degradate (Brandmayr, 1982). L'incidenza di specie a geonemia più ristretta sullo spettro delle specie di una carabidocenosi rappresenta il pregio naturalistico, fornendo una buona valutazione della necessità di conservazione o meno dell'habitat. I Carabidi sono ben conosciuti sia tassonomicamente che ecologicamente (Lövei & Sunderland 1996; Niemelä 1996). Questo, comunque, concerne principalmente la regione temperata, dal momento che le indagini sono scarse nell'emisfero meridionale (New 1998). I Carabidi sono distribuiti su ampie gamme geografiche e occupano tutti i maggiori habitats, eccetto alcune zone dei deserti (quelle più aride) (Lövei & Sunderland, 1996).

La diversità di specie. In una serie di degrado crescente la diversità di specie solitamente in un primo tempo aumenta. Per esempio, le foreste climax alterate cedono il posto alle formazioni prative, pascoli e a formazioni semi naturali, solitamente ricchi di specie dei boschi anche per l'ingressione Carabidi fitofagi. L'impoverimento di specie decisivo si osserva solo più avanti, e precisamente nell'agrocenosi intensive e negli ambienti ruderali, ma non sempre, perché i terreni di riporto sono spesso a buona ritenuta idrica e non molto sfavorevoli ad una grande quantità di specie opportunisti dal punto di vista alimentare. La valutazione si deve quindi sostenere sulle caratteristiche ecologiche delle specie che non sulla semplice nozione di diversità, e, ovviamente, su approfondite conoscenze dell'evoluzione spontanea delle comunità animali del sito studiato. La ricchezza di specie può non essere la migliore misura del valore di conservazione di un'area, dal momento che aree ad alta biodiversità possono non coincidere con l'ammontare di specie rare (Prendergast *et al.* 1993). Un buon indicatore dovrebbe anche riflettere il livello di endemicità e l'ammontare di specie rare o in pericolo di estinzione (Rainio *et al.*, 2003)

In terreni coltivati e in foreste che subiscono delle perturbazioni, le comunità di specie raccolte può cambiare mediante le seguenti modalità:

- Sebbene il numero di specie può rimanere immutato, la composizione di specie e l'abbondanza di specie cambiano.
- le specie specialiste di grandi dimensioni e scarsamente disperse diminuiscono, mentre le specie generaliste, di piccole dimensioni, con buone abilità nel volo aumentano di numero.

In più importanti fattori influenzanti il numero di specie di Carabidi e la loro abbondanza sono la frammentazione, il contenuto di acqua nel suolo (Eyre & Luff, 1990) e la vegetazione (Helme & Niemelä, 1993).

La specie stenotopiche, strettamente legate al loro habitat, comunque, sono le prime specie a soffrire per la frammentazione dell'habitat, e il loro numero tende a diminuire. La frammentazione è uno dei più grandi problemi ambientali in tutto il mondo ed è una delle più importanti ragioni del declino della biodiversità (Pimm & Gilpin, 1989). Gli effetti area e gli effetti di margine dovuti alla frammentazione nonché la forma della *patch* e la connettività dell'habitat hanno un impatto sulle comunità dei Carabidi. (Niemelä, 2001) .

Sebbene le pratiche di gestione hanno un forte impatto sull'abbondanza di specie, è a volte difficile accertare la causa primaria di questo impatto. Il declino delle specie può

essere causato direttamente dalle pratiche di gestione, ma anche indirettamente per mezzo del cambiamento nel contenuto di acqua nel suolo (Rushton *et al.* 1990).

I Carabidi sono utili bioindicatori, ma dal momento che una significativa comprensione della loro relazione con altre specie è incompleta, essi dovrebbero essere usati con cautela (Rainio & Niemelä, 2003). Comunque non è chiaro fino a che punto essi rappresentino la risposta di altri gruppi di specie e se siano ottimali indicatori di biodiversità

È comunque dimostrato che è difficile trovare attendibili indicatori di biodiversità in quanto esistono molti studi in cui nessuna o poche correlazioni sono state trovate tra la ricchezza di specie di diversi gruppi tassonomici (piante, uccelli, farfalle, Coleotteri ecc.) (Kremen, 1992; Prendergast *et al.*, 1993; Oliver & Beattie, 1996; Lawton *et al.*, 1998; Jonson & Jonsell, 1999), anche se esiste qualche evidenza in cui i Carabidi riflettono una correlazione positiva con i ragni (Rushton *et al.* 1989) e con altre famiglie di Coleotteri (Scarabaeidae e Pselaphidae) (Oliver & Beattie, 1996) ma non si sa se essi riflettono anche altri gruppi di specie.

A volte vi sono correlazioni tra alcune specie in alcuni siti ma non altrove (Beccolini & Gaston, 1995), inoltre dal momento che singole specie possono essere inattendibili è preferibile usare molti gruppi di specie con diversi requisiti ecologici per indicare la biodiversità (Niemelä & Baur 1998).

Il successo dell'utilizzazione dei Carabidi come indicatori è basato sulla sensibilità a diversi fattori ambientali e sulla loro necessità di ampi habitat.

I vantaggi riguardano anche un facile ed economico campionamento, grazie all'utilizzo di trappole a caduta, e alla loro diversità morfologica ed ecologica (Niemelä *et al.* 2000).

Gli svantaggi dei Carabidi come bioindicatori comprendono la loro variazione stagionale, distribuzione, alto numero di specie generaliste e difficoltà nel predire la ricchezza di specie (Rainio *et al.* 2003).

## 2.2 Gli effetti delle pratiche agricole sui Coleotteri Carabidi

I Carabidi compaiono in tutti gli agro-ecosistemi temperati e sono stati messi in relazione con la predazione di molti insetti nocivi, inclusi afidi, larve di lepidotteri ecc. (Holland & Luff, 2000). La comunità di specie presente in qualche coltivazione particolare è determinata da molteplici fattori, ma, di solito, comprende un numero limitato di specie abbondantemente attive, che possono risultare comuni a molti ambienti agrari. E' evidente un cambiamento nella dominanza, dove un numero sempre più piccolo di specie costituisce una più grande proporzione del totale comparso (Croy, 1987; Körner 1990).

I Carabidi di campo sono specie ricche ed abbondanti nei terreni arabili ma sono influenzati dalla coltivazione agricola intensiva (Kromp, 1999).

L'impatto delle pratiche agricole sulle specie può dipendere dal ciclo biologico dei Coleotteri, poiché questo determina la suscettibilità della specie, in quanto la fase attiva del ciclo biologico può coincidere con le operazioni colturali, rendendo i Carabidi più vulnerabili. Büchs condusse studi sull'impatto dell'aumento dell'intensità di gestione (in termini di applicazione di pesticidi e fertilizzanti) sulla artropodofauna di campi interessati dalla rotazione di barbabietola da zucchero e ravizzone a seme oleifero (Büchs *et al* 1997). I risultati di tali studi mostrarono che, per esempio, *Trechus quadristriatus* non fu influenzato dalla coltivazione intensiva, dal momento che esso non è attivo sul terreno durante l'intero periodo di applicazione in primavera (Büchs *et al* 1997). Ci sono evidenze le quali mostrano che la maggior parte delle specie possiede qualche flessibilità nel proprio ciclo biologico. Il periodo dell'anno in cui si riproducono può differire a seconda della perturbazione dell'ambiente (Fadl & Purvis, 1998). Le specie ibernanti ai margini, sia come adulti o come larve, sono probabilmente meno colpite, affinché sia disponibile un habitat sufficientemente idoneo. Alcune specie di Carabidi possono evitare gli effetti delle pratiche agricole autunnali ibernandosi in profondità nel terreno; *Harpalus spp.* e *Pterostichus spp.* sono stati trovati a più di 45 cm (Briggs, 1965; Luff, 1980).

Le specie trovate negli habitat arabili sono di solito classificate come euritopiche e di nessun interesse speciale per la conservazione della natura in termini di specie "rare" e in via di estinzione (Kromp, 1999).

Gli **habitat non coltivati** sono molto importanti per i Carabidi, dal momento che molti usano le siepi adiacenti e il margine di campo per rifugiarsi, riprodursi o disperdersi ma

altri elementi paesaggistici come le strade possono agire come barriere nei confronti della dispersione. Le siepi rappresentano strutture di paesaggio che generalmente migliorano la totale diversità dei Carabidi e, per determinate specie, la densità di popolazione dei campi coltivati (Kromp, 1999).

Tra i fattori abiotici che più influenzano la presenza dei Carabidi abbiamo le caratteristiche del suolo quali: tipo di suolo (Baker & Dunning 1975; Thiele 1977; Holopainen *et al.* 1995), PH del suolo (Gruttke & Weigmann 1990), umidità del suolo (Hengselved 1979) insieme con caratteristiche come l'aumento della copertura del terreno fornita dalla vegetazione o da una coltivazione. Caratteristiche del suolo sono classificati da Holopainen *et al.* 1995 nel seguente ordine di importanza per i Carabidi: contenuto di argilla, tipo di suolo, contenuto di acqua, presenza di sostanza organica nel suolo, PH del suolo. Lo studio dei Carabidi raccolti in alcuni habitat ha suggerito che l'umidità del suolo è spesso il principale fattore che determina l'idoneità del terreno per molte specie (Sanderson *et al.* 1995; Luff 1996). La copertura vegetale inoltre influenza il microclima al livello del suolo (Gadner, 1991.).

In studi condotti da Stinner e House (1990) fu dimostrato che, le **lavorazioni meccaniche del suolo** incrementano l'incidenza degli infestanti di campo e una ridotta lavorazione del terreno incrementa la densità dei predatori, i quali esercitano un migliore controllo naturale sugli artropodi infestanti.

L'applicazione dei **fertilizzanti** è generalmente benefica per i Carabidi, e i confronti tra sistemi di coltivazione convenzionale e organica suggeriscono che le variazioni localizzate, a breve termine, nell'abbondanza di specie sono più importanti rispetto alle variazioni causate da altri sistemi di coltivazione .

In quasi tutti gli studi condotti e confrontanti i Carabidi in condizioni di coltivazione biologica e convenzionale (Dritschilo & Wanner, 1980; Dritschilo e Erwin, 1982; Hakkanen e Holopainen, 1986; Stachow, 1987; Ammer *et al.*, 1988; Zeiner, 1988; Ingrisich *et al.*, 1989; Sengonca & Brügggen, 1989; Kromp, 1989, 1990; Helenius, 1990; Frose, 1991; Booij e Noorlander, 1992; Cercamo *et al.*, 1995; Armstrong, 1995; Medsen & Madsen 1982; Pearsall & Wolde, 1995; Paoletti *et al.*, 1996), le più alte abbondanze e il più alto numero di specie sono stati riscontrati nei sistemi biologici. Questo è dovuto principalmente alle concimazioni organiche che vengono praticate nelle coltivazioni biologiche, le quali influenzano indirettamente in modo positivo il numero di specie e l'abbondanze dei Carabidi, poiché favoriscono una maggiore copertura vegetale.

L'impatto dei **pesticidi** sui Carabidi è stato ampiamente studiato, sia a causa del loro ruolo come controllo degli infestanti, sia perchè sono facilmente campionabili nell'ambito delle prove di campo dove, vengono effettuati i trattamenti. I pesticidi sono conosciuti per avere un'influenza sui Carabidi sia diretta che indiretta. Tra di essi specialmente gli insetticidi, hanno un effetto localizzato a breve termine, dal momento che i Carabidi invadano di nuovo e rapidamente i campi trattati, tuttavia l'impatto tossico della maggior parte di essi nei confronti delle loro comunità è ben documentata e soltanto l'esclusione o l'uso di tassi applicativi più bassi di quelli raccomandati ne assicura la loro sopravvivenza (es. Brown *et al.*, 1983; Floate *et al.* 1989; Vickerman *et al.* 1987 ).

Generalmente gli erbicidi e i fungicidi (Sotherton & Moreby, 1984) non sono direttamente tossici per i Carabidi, ma possono influenzare la loro sopravvivenza attraverso la rimozione di piante, di cui i Carabidi si cibano, e la modificazione dell'habitat. Per esempio, gli erbicidi possono alterare la densità, la distribuzione e la composizione delle piante spontanee. Queste ultime forniscono fogliame e semi per le specie fitofaghe e polifaghe, controllano il microclima e di conseguenza l'umidità del suolo; governano il grado di protezione fisica dai predatori e influenzano il movimento degli individui. L'applicazione di erbicidi favorisce le specie xerofobe che preferiscono habitat più aperti, mentre le specie fitofaghe verranno confinate ai margini di campo nelle porzioni ancora coperte dalle piante spontanee. Studi su aree coltivate associate con superfici a più densa copertura di piante hanno dimostrato, per il genere *Amara spp.*, generalmente fitofago (Powell *et al.*,1985; Holland *et al.* 1999), così come per i predatori *L. pilicornis* e *A. dorsale* (Powel *et al.*, 1985), che le larve dei Carabidi sono più numerose nelle aree con piante residue, perché le condizioni per la deposizione delle uova sono più favorevoli e la sopravvivenza delle larve è maggiore a causa di un incremento dell'umidità e della protezione nei confronti della predazione.

La tossicologia degli insetticidi è estremamente complicata, tanto che un eventuale constatazione di un impatto, dipenderà da un gran numero di fattori e precisamente proprietà dell'insetticida, specie di Carabidi, caratteristiche biologiche delle specie associate alle tecniche sperimentali o applicative. In conseguenza di ciò, i risultati degli studi sperimentali sono raramente confrontabili e può essere riscontrata una vasta gamma di risposte agli stessi pesticidi per diverse specie di Carabidi (Holland & Luff, 2000). Wiles & Jepson (1994) svilupparono un indice di rischio per valutare il pericolo potenziale dei pesticidi nei confronti di alcuni Artropodi utili alle coltivazioni. Questo

indice fu calcolato tenendo conto del rapporto tra la funzione di esposizione (basata sull'ampiezza della superficie di cammino, velocità di cammino e proporzione dell'area coperta dall'insetto) e la suscettibilità della specie.

L'indice è stato stimato per cinque specie di Carabidi, classificati come predatori di afidi (Sunderland & Vickerman, 1980), inclusi Coleotteri di diverse dimensioni, arrampicatori e camminatori. La cosa interessante è che il piccolo coleottero arrampicatore *D. atricapillus* è risultato il meno a rischio, mentre *P. melanarius* si presenta più suscettibile di molte specie più piccole. Questo indice non tiene conto, comunque, di alcuni fattori come: il tipo di attività, risposte comportamentali come la repellenza, la proporzione della popolazione a rischio durante il trattamento, la distribuzione degli insetti entro la copertura vegetale o la differenza nella distribuzione dei pesticidi attraverso la copertura come risultato di diversi sistemi applicativi. Quando questi fattori vennero presi in considerazione, il rischio complessivo fu minore e le specie attive sul terreno furono meno suscettibili quando per esempio il pesticida venne indirizzato verso la frazione più elevata della copertura della coltivazione (Alford *et al.* 1998).

La maggior parte delle ricerche degli effetti dei pesticidi sui Carabidi, si sono concentrate sulla diretta tossicità degli insetticidi, sebbene gli effetti sub-letali nel lungo periodo possono anche avere un impatto sulla popolazione (Holland & Luff, 2000). Questi effetti possono comparire attraverso una risposta fisiologica o morfologica al pesticida.

I fosfororganici (tra cui il dimetoato) sono considerati gli insetticidi più pericolosi per i nemici naturali (Theiling & Croft, 1989), cambiano le abitudini alimentare, abbassa l'abilità a ricercare cibo e la longevità, cambia la fertilità, decresce la fecondità e il tempo di sviluppo (Sunderland *et al.* 1996; Burn 1989). Il dimetoato danneggia tutte le specie di Carabidi, in particolar modo le specie più piccole "smaller species" (Gyldenkaerne, 2000), conta molto anche il modo di somministrazione dell'insetticida che se indiretto, ovvero, sulla volta della chioma ha un impatto inferiore sulle specie attive sul terreno (Alford *et al.* 1998), in quanto la chioma filtra lo spruzzo riducendo i livelli di residui sulla superficie (Cilgi and Jepson 1992).

Nell'agroecosistema oliveto l'utilizzo di diverse pratiche agronomiche e di fitofarmaci possono influenzare la struttura della comunità di Coleotteri carabidi sia qualitativamente che quantitativamente (Pizzolotto *et al.*, 2006)

La struttura di dominanza della comunità dei Coleotteri Carabidi degli oliveti mostra che le specie più comuni sono *Calathus fuscipes graecus* (Dejean, 1831) e *Pterostichus melas italicus* (Dejean, 18289), entrambi predatori generalisti.

In un lavoro sullo studio della “variabilità morfometrica di popolazioni di Carabidi in oliveti” trattati con fitofarmaci, svolto presso il dipartimento di Ecologia dell’Università della Calabria, sono state analizzate e comparate le caratteristiche morfometriche di *C. fuscipes* e *P. Melas*. I parametri presi in esame per ciascun individuo sono: lunghezza del corpo (mm), lunghezza delle elitre (mm), larghezza del capo (mm) e larghezza del protorace (mm).

Dall’analisi dei dati morfometrici sono emersi delle differenze nei parametri considerati che sono attribuibili agli effetti diretti e/o indiretti che i fitofarmaci possono avere sul corretto sviluppo larvale e la conseguente metamorfosi dei Coleotteri Carabidi (Talarico *et al.*, 2005).

### **2.3 I Carabidi come agenti naturali di controllo degli infestanti**

Il valore economico del controllo degli infestanti per mezzo dei Coleotteri e di altri artropodi utili, è stato difficile da trasmettere agli agricoltori. Di conseguenza pochi adottano pratiche per assicurare la loro salvaguardia e sopravvivenza, dal momento che ricorrono anche se in misura minore (al superamento della soglia di danno) all’uso di insetticidi con la misura di maggiore selettività.

L’agricoltura odierna è ormai avviata verso un notevole cambiamento, sempre più in relazione con una produzione orientata sui prodotti di qualità e maggiore sostenibilità ambientale. Questo necessita studi più accurati sulla gestione integrata degli infestanti, della quale il controllo naturale degli insetti nocivi costituisce una parte fondamentale.

I Coleotteri Carabidi, essendo dei predatori polifagi, sono potenzialmente degli agenti naturali di controllo degli infestanti. Per i sistemi di agricoltura sostenibile, la regolazione operata da parte degli artropodi predatori è fondamentale per prevenire l’outbreak delle popolazioni degli insetti dannosi.

Molte delle attività benefiche di controllo degli infestanti, che si presume abbiano i Carabidi, sono ancora basati su dati di nutrizione registrati in laboratorio. Nel campo è stato dimostrato che i Carabidi riducono le popolazioni di afidi dei cereali e della barbabietola da zucchero nella loro fase precoce di colonizzazione, soprattutto per mezzo dell’utilizzazione degli afidi che sono caduti dalla vegetazione (Kromp, 1999).

Ci sono dati che indicano che i Carabidi si nutrono di larve di Coleotteri infestanti. Nel nord America è stata riscontrata qualche evidenza riguardante il controllo degli infestanti lepidotteri. I più grandi Carabidi, es. *Abax parallelepipedus*, possono effettivamente esercitare un controllo sulle lumache delle serre .

Alcuni generi come *Harpalus* e *Amara* avendo una dieta spermofaga potrebbero avere un potenziale di controllo biologico sulle malerbe.

Il ruolo dei Carabidi come antagonisti degli agenti infestanti è stato rivisto da Thiele (1977; pp. 143-149, descrizione dei primi esperimenti), Allen (1979, lista del cibo delle specie di Carabidi del Nord America), e Luff (1987; pp. 256-258, soprattutto con riferimento al controllo degli afidi e dei Ditteri).

Quasi tutte le pubblicazioni dedicate ai Carabidi agricoli focalizzano l'attenzione sulla natura di predatori delle specie di Carabidi di campo. Questa è la principale ragione dello studio di questa famiglia di insetti degli habitat agricoli (Allen, 1979).

Lindroth(1992), comunque commentò criticamente questo assunto generale in quanto delle 138 specie studiate da Lindroth, 48, i.e. 35%, “possono mangiare sia cibo animale che vegetale; più precisi esperimenti sulla nutrizione dimostreranno nel futuro il carattere generalmente onnivoro di questi insetti” (Lindroth, 1992).

Studi successivi sulla dieta dei Carabidi, catturati nel campo, evidenziarono il carattere polifago e spesso fitofago della nutrizione dei Carabidi (Skuhavy 1959; Hengeveld, 1980 a, 1980 b; Melber, 1983), definito “opportunistico” da Allen (1979).

I Carabidi sono conosciuti come predatori di agenti infestanti, negli ambienti agrari. Questo è stato evidenziato in prove di laboratorio su Carabidi nutriti con insetti infestanti, ai quali, però, non erano state offerte fonti di cibo alternative. Osservando la nutrizione dei Carabidi su diversi stadi vitali di 10 specie di infestanti messi su una lista da Basedow *et al.* (1976), fu osservato che solo 4 di questi infestanti servivano da preda per i Carabidi nel campo.

In modo simile, nella lista di 156 specie di Carabidi del Nord America e del loro cibo, fornita da Allen (1979), il 54% delle 275 registrazioni di nutrizione con cibo animale (soprattutto insetti infestanti e lumache) in laboratorio è basato appunto su cibo fornitogli.

Lindroth (1992) specificatamente stabilisce che : “la nutrizione animale non è da ritenere equivalente alla predazione” perché “ la maggior parte dei Carabidi non attaccano prede sane e integre la risposta della maggior parte dei Carabidi al cibo animale non è realmente quella di un predatore ma piuttosto di uno spazzino affamato”.

Lindroth indicò i generi *Calosoma* e *Cicindela* come veri predatori. Tra quelli che consumano principalmente cibo animale, tra i veri rappresentanti predatori, egli considerò i generi *Agonum*, *Bembidion*, ( parzialmente), *Calathus*, *Carabus*, *Dyschirius*, *Elaphrus*, *Notiophilus* e *Pterostichus* (parzialmente). I fitofagi sono principalmente specie dei generi *Amara*, *Harpalus* e *Zabrus*, e alcuni altri “Harpalini”.

Recentemente, il comportamento di nutrizione spermatofaga di *Harpalus* e *Ophonus* fu evidenziato per mezzo di esperimenti di laboratorio (Zetto Brandmayr, 1990; Brandi e Zetto Brandmayr, 1991).

Forbes (1883) fu il primo a registrare la nutrizione a base di afidi, per mezzo dell’esame delle interiora dei Carabidi. Più tardi, Skuhavy (1959) scoprì resti di afidi nel contenuto dell’intestino di Carabidi campionati sul campo: *Poecilus cupreus*, *P. lepidus*, *Pterostichus macer*, *Calathus fuscipes*, *Harpalus rufipes* e, in particolare, *Platynus dorsalis*.

Resti di afidi vennero anche riscontrati in *Nebria brevicollis* (Penney,1966) e *Pterostichus madidus* (Luff, 1974).

Basandosi sull’analisi del contenuto intestinale Vickerman e Sunderland (1975), dimostrarono che gli afidi costituiscono una buona porzione della dieta di *P. dorsale* (30-46 % degli individui campionati nel campo), *Pterostichus malanarius* (fino al 16%), *H. rufipes* (5-17%), *N. brevicollis* (fino al 50%), *D. atricapillus*, *C. fuscipes*, *Amara familiaris* e *Notiophilus biguttatus* (Sunderland, 1975).

Altri esperimenti di campo recenti, produssero correlazioni inverse tra la densità di popolazioni di afidi dei cereali (*Sitobion avenae*, *Rhopalosiphum padi*, *Metopolophium dirhodum*) e quelle di definite specie di Carabidi, soprattutto *Platyn dorsalis* (Edwards e Gorge,1977; Edwards *et al.*, 1979; Scheller, 1984; Lübke – Al Hussein & Triltsch, 1994) o del totale dei predatori polifagi (De Clercq e Pietroszko, 1983).

Chiverton (1988) determinò i tassi massimi di consumo di afidi da parte di *B.lampros* e *Poecilus cupreus*, nel laboratorio, a differenti temperature e densità di prede. I tassi di consumo medio giornaliero aumentarono con l’incremento della temperatura per entrambe le specie. *B. lampros* consumò una massimo di 16 ninfe e 9 apteri di *R. podi* adulti a 25°C, mentre *P. cupreus* si dimostrò particolarmente vorace, consumando 125 apteri adulti al giorno alla temperatura di 20°C ( un simile tasso di nutrizione fu rilevato da (Lübke- Al Hussein e Triltsch, 1994).

Il comportamento dei due Carabidi fu analizzato riprendendo in video i Carabidi affamati nelle arene seminate con orzo primaverile e inoculate con diverse densità di

afidi. Con l'incremento della densità di afidi, per *P. cupreus* aumentò, in maniera significativa, il tempo trascorso nella ricerca nelle arene; dopo aver scoperto una colonia di afidi, gli individui di questa specie di carabidi si arrampicarono e andarono alla ricerca sulla pianta ospite, mentre le piante site in arene libere dagli afidi furono raramente soggette a risalita da parte dei Carabidi.

Arrampicandosi i Carabidi disturbano le colonie di afidi e gli afidi cadono giù dalle piante, incrementando possibilmente la disponibilità per altri predatori che ricercano cibo sul terreno, come ad esempio *Bembidion lampros*.

Il disturbo operato dai Carabidi in fase di arrampicamento, è considerato cruciale per l'efficacia della predazione da parte dei Carabidi (Sunderland *et al.* 1997).

Oltre agli afidi, le uova dei ditteri, così come le larve e le pupe, sono conosciute per essere gli alimenti preferiti dai Carabidi, anche se la predazione delle uova di ditteri in passato è stata sovrastimata.

Uno studio condotto sulla mosca della radice del cavolo (*Delia radicum*), mostrò che sebbene il 90% delle mortalità può comparire durante il ciclo vitale della mosca della radice del cavolo, soltanto il 30% circa di questa mortalità coinvolge le uova e le larve di primo stadio (Finch e Skinner, 1988). Una considerevole mortalità si manifesta durante i tardivi stadi larvali, spesso a causa di fattori abiotici piuttosto che biotici.

In un esperimento condotto da Finch e Elliot, 1994 in serra, si è visto che i Carabidi predarono efficacemente le uova di mosca della radice del cavolo solo quando queste vennero esposte sulla superficie del suolo; essi sono incapaci di trovare uova localizzate appena sotto la superficie del suolo, dove esse vengono normalmente posizionate dalle femmine di mosca. Questa è un'importante osservazione, dal momento che gli alti tassi di predazione registrati nella letteratura più antica si riferiscono soltanto a uova esposte erroneamente sulla superficie del suolo.

Recenti indagini riguardanti la predazione dei Carabidi sugli infestanti lepidotteri agricoli sono largamente diffuse nel Nord America. Basandosi su un riesame della letteratura e su loro dati, Laub e Luna (1992) testimoniarono che i Carabidi possono controllare le popolazioni di *Heliothis zea*, *Euxoa ochrogaster*, *Agrotis ipsilon* e *Pseudaletia unipuncta*.

Clark *et al.* (1994) riscontrarono che il danno provocato da *Pseudaletia unipuncta* fu significativamente più alto nelle coltivazioni di grano non sottoposte a lavorazione del terreno con i predatori rimossi per esclusione, rispetto a quando la popolazione dei predatori veniva lasciata inalterata.

Le lumache stanno diventando un infestante sempre più problematico nei campi vegetali sottoposti a coltivazione biologica (Kromp e Meindl, 1997). Una risposta a questo genere di problema deve venire dalle misure di controllo biologico, che includono i Carabidi come predatori. In esperimenti condotti in serra, su tappeti erbosi di trifoglio, Asteraki (1993) dimostrò che il controllo delle lumache da parte di *Abax parallelepipedus* e *Pterostichus madidus* è efficace quanto quello esercitato da una convenzionale applicazione di methiocarb.

I Carabidi inoltre possono essere utilizzati potenzialmente come agenti di controllo biologico delle erbacce. Come prima menzionato, molti Carabidi, specialmente quelli del genere *Harpalus* e *Amara*, sono più o meno fitofagi.

Lund e Turpin (1977) provarono che alcune specie di Carabidi provenienti dall'India (campi di grano), ebbero la capacità di danneggiare i semi di erbacce, e riscontrarono che soltanto 4 specie di malerba su 16 furono lasciate inalterate.

La capacità benefica generalmente attribuita ai Carabidi è a volte basata, in maniera acritica, su più vecchi esperimenti di nutrizione che non offrono nessuna fonte alternativa di cibo.

Prove di laboratorio, condotte da Neuenschwander nel 1983, mostrano che su 25 specie di Carabidi 18 predano le pupe di *Bactrocera olea*. La predazione è avvenuta specialmente da parte dei generi *Pterostichus* e *Poecilus*, mentre predatori inefficienti si sono mostrati le specie di piccola taglia.

Pochi sono gli studi che stimano, in maniera realistica, la mortalità di popolazioni di infestanti predate dai Carabidi, in condizione di campo aperto (Kromp, 1999).