

# L'influenza nel tempo e nello spazio di elementi ecologici, con i relativi tratti funzionali, sul controllo biologico presso l'esperimento di lungo termine di Montepaldi, Toscana

Gaifami Tommaso, Pacini Gaio Cesare

## Riassunto

Pratiche agronomiche intensive e un uso irrazionale di pesticidi hanno portato ad uno sfruttamento esagerato delle risorse ambientali e al danneggiamento dell'habitat circostante. In questo contesto, il ruolo di elementi ecologici quali infestanti e habitat semi-naturali risulta fondamentale per fornire supporto ai predatori naturali e quindi garantire un efficiente controllo biologico. Lo scopo di questa ricerca è quello di analizzare le relazioni tra la presenza di artropodi e le specie di piante che compongono gli elementi ecologici. Il controllo biologico (CB) è stato valutato a seconda: (1) della *distanza* dai margini, (2) della gestione del *sistema* e (3) del *periodo* di campionamento. Inoltre, (4) è stata effettuata un'analisi per investigare se esiste una correlazione positiva tra la presenza di determinate specie di *piante*, con i relativi tratti funzionali, e predatori naturali. In questo modo è stato possibile valutare quali specie di piante favoriscono maggiormente i predatori naturali.

I principali risultati mostrano una complessiva somiglianza tra campioni raccolti in diversi luoghi e diversi momenti. Questo fenomeno può essere spiegato dalla dimensione relativamente ridotta del sito sperimentale, che comporta una forte interazione tra i diversi sistemi, così come dalla forte influenza del paesaggio circostante sulla biodiversità degli artropodi. Ad ogni modo, questa complessiva somiglianza indica che il CB è risultato elevato anche nei punti più lontani dai margini in ogni periodo di campionamento, risultando costante nello spazio e nel tempo.

## Introduzione

Nonostante il ruolo primario dell'agricoltura di fornire risorse all'uomo, numerosi servizi ecosistemici, come il controllo biologico, sono attribuiti all'attività agricola (Power, 2010). Per la portata potenzialmente elevata dei benefici da loro prodotti i servizi ecosistemici forniti dai nemici naturali degli insetti patogeni devono essere esaminati accuratamente. L'effetto diretto di un uso eccessivo ed irrazionale di pesticidi è un forte aumento della resistenza a questi ultimi da parte degli insetti dannosi, ed effetti indesiderati sulla biodiversità degli ecosistemi circostanti, inclusi i potenziali nemici naturali (Perrings et al., 2006). In questo scenario il CB operato da insetti utili acquisisce un ruolo fondamentale sia nel ridurre il numero di insetti dannosi, sia nel ridurre l'uso di pesticidi. Per preservare tali organismi utili, risulta fondamentale il ruolo degli elementi all'interno del campo (infestanti) e ai margini dei campi (elementi ecologici). Ciononostante, tali elementi sono spesso considerati in modo negativo dagli agricoltori in quanto percepiti come minaccia per la coltura principale. Le infestanti competono con la coltura principale per i nutrienti, la luce e l'acqua, mentre le aree ecologiche sottraggono terreno redditizio all'azienda (Moonen et al. 2008). D'altra parte, tali elementi

possono fornire numerosi vantaggi agli organismi benefici, inclusi il nettare, il polline e un ambiente dove proteggersi o svernare (Tschardt et al., 2005, Balzan et al., 2014). Infatti, la maggior parte degli artropodi necessita nettare e talvolta polline per integrare la loro dieta durante la fase adulta (Arnett et al., 2002).

Le caratteristiche di elementi quali infestanti ed elementi ecologici, possono influenzare significativamente l'accessibilità e la disponibilità delle risorse – quali polline e nettare – per gli artropodi o altri impollinatori. L'accessibilità al nettare dipende dalla morfologia degli organi del fiore. In particolare, i parametri che più influenzano l'accessibilità alle risorse per gli insetti, sono la profondità e la larghezza degli organi a protezione del nettare e la lunghezza della proboscide degli artropodi (van Rijn et al., 2015). Un sistema costituito da una più ampia gamma di fiori comporta una maggior abbondanza di risorse durante la stagione produttiva e supporterà un maggior numero di predatori naturali. Di conseguenza, a periodi con un maggior numero di fioriture corrisponderà pure una maggior abbondanza di risorse disponibili (Mohrmann, 2015).

In conclusione, una corretta gestione degli elementi ecologici e delle infestanti è importante per mantenere alto il numero di predatori naturali nel corso della stagione e i servizi ecosistemici che questi forniscono (van Rijn et al., 2015).

## Materiali e metodi

In questa ricerca abbiamo valutato gli effetti sul *tasso di predazione* (TP) e il *numero di artropodi* (NA), al variare della posizione, del metodo di produzione e del tempo. A tale scopo, sono stati determinati *a priori* tre fattori: (1) *Distanza* dal margine; (2) Metodo di *gestione* e (3) *periodo* di campionamento. Inoltre, l'analisi del numero di artropodi è stata messa in relazione con la presenza di piante e relativi tratti funzionali (4).

Per misurare il NA, e di conseguenza il CB, sono stati applicati due diversi metodi.

Il primo consiste nel contare visivamente gli artropodi presenti all'interno di un quadrato di metallo. Il secondo consiste nello scuotere le piante con una bacchetta e riconoscere gli artropodi che cadono in un recipiente posto al di sotto. Gli afidi sono gli insetti dannosi selezionati per l'analisi. Il TP è stato misurato utilizzando dei cartoncini su cui sono state precedentemente poste delle uova di *Ephestia kuehniella*. All'interno dei campi di orzo e nelle strutture ecologiche ai margini dei campi sono state identificate le specie di piante e i corrispondenti tratti funzionali. Tale metodologia è stata applicata presso l'esperimento di lungo termine di Montepaldi (Montepaldi Long Term Experiment, MoLTE, <http://www.dispaa.unifi.it/vp-463-molte.html?newlang=eng>) dell'Università di Firenze, nel comune di S. Casciano Val di Pesa, Toscana. L'analisi del TP e del NA è stata effettuata in tre campi di orzo corrispondenti a dei micro-agroecosistemi gestiti in modo diverso: (a) "Biologico Vecchio" (BV), biologico dal 1991; (b) "Biologico Nuovo" (BN), integrato tra il 1991 e il 2000 e convertito a biologico nel 2001; (c) "Convenzionale" (CO). Sia il TP che il NA sono stati valutati all'interno dei margini, a 10m, 20m e 30m dal margine, nei tre sistemi (BV, BN e CO), e in Aprile, Maggio e Giugno. Sono stati applicati due diversi metodi statistici. Il TP è stato calcolato con un'analisi di *regressione binomiale*. Invece, per misurare il NA e la relazione tra la presenza delle specie vegetali e di artropodi è stata effettuata un'analisi *multivariata*. L'analisi binomiale è stata effettuata con R Studio - Versione 0.99.902. Invece, l'analisi multivariata è stata eseguita con il software Primer 6 - Versione 6.1.

*Distribuzione binomiale* – Nella distribuzione binomiale la probabilità è riferita a ciascun uovo *Ephestia kuehniella*: 0 indica un uovo non predato, mentre 1 corrisponde a uovo predato, una volta trascorso il tempo di esposizione della egg-card, cioè di un supporto di cartone con un buco adesivo contenente un numero predefinito di uova appetibili da predatori generici. Un boxplot è stato generato per mostrare graficamente i risultati e un Modello Lineare Generalizzato (MLG) è stato creato con il programma R-Studio. MLG è una generalizzazione del modello lineare ordinario che permette di analizzare la correlazione tra le variabili (distanza, periodo, gestione).

*Analisi Multivariata* – L'analisi multivariata include un'analisi delle similarità (ANOSIM) tra coppie di macro gruppi di campioni, raggruppati secondo fattori definiti *a priori* (distanza, periodo, gestione). Il grado di separazione tra i gruppi è espresso da un coefficiente statistico (R), il cui valore assoluto varia tra 0 (coppie simili) e 1 (coppie dissimili). Se il valore assoluto di R sarà vicino a 0, significa che i fattori definiti *a priori* non possono essere considerati determinati per la separazione tra i gruppi. Di conseguenza, sarà necessario creare nuovi gruppi definiti dalla similarità all'interno di ciascun gruppo di specie di artropode. Al fine di distinguere i nuovi gruppi, è stato analizzato un diagramma multi-dimensionale (uno strumento statistico in grado di rappresentare i campioni in un grafico bi/tridimensionale) in combinazione con il corrispondente dendrogramma derivante dalla analisi dei cluster (CA). Le variabili che contribuiscono maggiormente a costituire i gruppi sono state messe in evidenza per caratterizzare ciascun gruppo di campioni (analisi SIMPER). Infine, analizzando le variabili predominanti di ciascun gruppo, è stato possibile capire quali fattori hanno influenzato maggiormente la quantità di artropodi.

Al fine di analizzare le relazioni tra piante e artropodi, abbiamo analizzato quali fossero le specie di piante che caratterizzassero i gruppi di campioni identificati da una similarità di artropodi all'interno del gruppo. Questo ha quindi permesso di incrociare i dati relativi agli artropodi e alle piante. Quindi, per ciascuna pianta campionata nei tre mesi di raccolta dati, è stato considerato il periodo di fioritura e l'accessibilità al nettare. Ciascuna frequenza di campionamento è stata pesata per un coefficiente di *Accessibilità al Nettare* – basato sul diametro della corolla e la profondità del nettare - per ogni periodo di fioritura di tale specie. Così come nel caso dell'analisi per gli artropodi, i diversi gruppi di piante sono stati caratterizzati tramite l'analisi SIMPER.

## Risultati e discussione

*Distribuzione binomiale* – I principali risultati dell’analisi binomiale mostrano che il tasso di predazione di uova non è risultato significativamente diverso a seconda dei fattori definiti *a priori* (distanza, periodo, gestione). In generale, sebbene siano state registrate lievi differenze (come ad esempio un maggior TP in Maggio rispetto che Aprile), è risultata anche una ampia variabilità tra i campioni (Fig. 1).

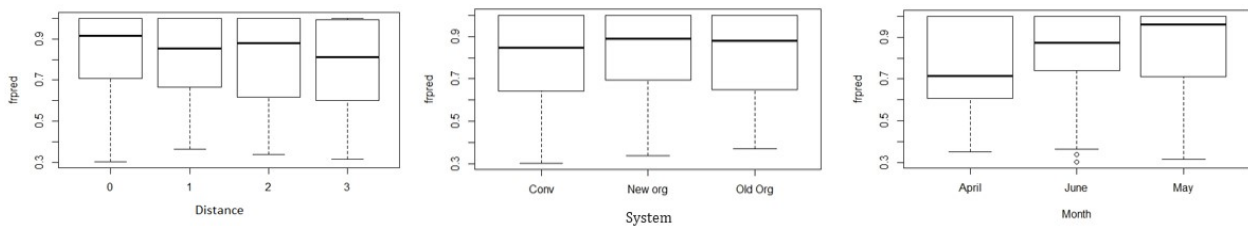


Fig. 1: I diagrammi a scatola riportano la proporzione di uova predate (asse y) in funzione dei fattori definiti a priori (asse x). Valori maggiori di 1.5 volte il range dell’interquartile al di sopra del terzo quartile e i valori maggiori di 1.5 volte il range dell’interquartile al di sotto del primo interquartile sono definiti come outlier e sono rappresentati singolarmente (Crawley, 2007).

Tali risultati sono concordi con quanto mostra il MLG, confermando che il TP dipende significativamente dall’interazione tra tutti i fattori, e non solo da uno di essi. Possiamo quindi concludere che TP simili tra i campioni sono probabilmente dovuti alla percezione di simili habitat per i predatori. Per spiegare similarità tra campioni nel tempo e nello spazio, sono state fatte alcune considerazioni. Il mancato utilizzo di insetticidi in nessun campo, compreso quello convenzionale, rende l’habitat simile sia per gli insetti dannosi che per predatori; inoltre il fatto che le distanze siano relativamente ridotte, sia all’interno di ciascun campo (massimo 30m dal margine), sia tra i diversi campi (circa 175m), contribuisce a rendere simile la quantità di artropodi nello spazio. Inoltre, il paesaggio intorno al campo sperimentale è costituito da numerose infrastrutture ecologiche, boschi e arbusti, e campi relativamente ridotti. Tutto ciò rende l’habitat complesso e diversificato (Fig. 2).

Questo contribuisce ulteriormente a creare un ambiente favorevole per supportare e aumentare la presenza di insetti benefici, con una conseguente migrazione nel campo sperimentale. Ad ogni modo, tale similarità tra campioni indica un’azione positiva dei predatori nel corso di tutto il periodo di campionamento, anche negli spot più lontani dai margini, e nel campo convenzionale.



Fig. 2: Vista del paesaggio del Montepaldi Long Term Experiment (MoLTE). Gli elementi ecologici contribuiscono alla bellezza del paesaggio e influenzano la biodiversità del campo sperimentale.

*Analisi Multivariata* - I risultati dell'ANOSIM hanno messo in evidenza una generale similarità tra i campioni (quasi tutti i valori di R dei gruppi definiti *a priori* sono risultati vicini a 0). L'unica differenza è stata riportata in Giugno ( $R \sim 0.6$ ) che è risultata significativamente differente da Aprile e Maggio. Cioè è dovuto al maggior numero di predatori e allo stesso tempo ad un minor numero di insetti dannosi campionati.

La similarità complessiva tra i campioni indica che gruppi definiti *a priori* non sono stati decisivi nel determinare il NA. Di conseguenza, sono stati generati nuovi gruppi attraverso un'analisi dello schema multi-dimensionale (Fig. 3) e del dendrogramma derivante dall'analisi dei cluster.

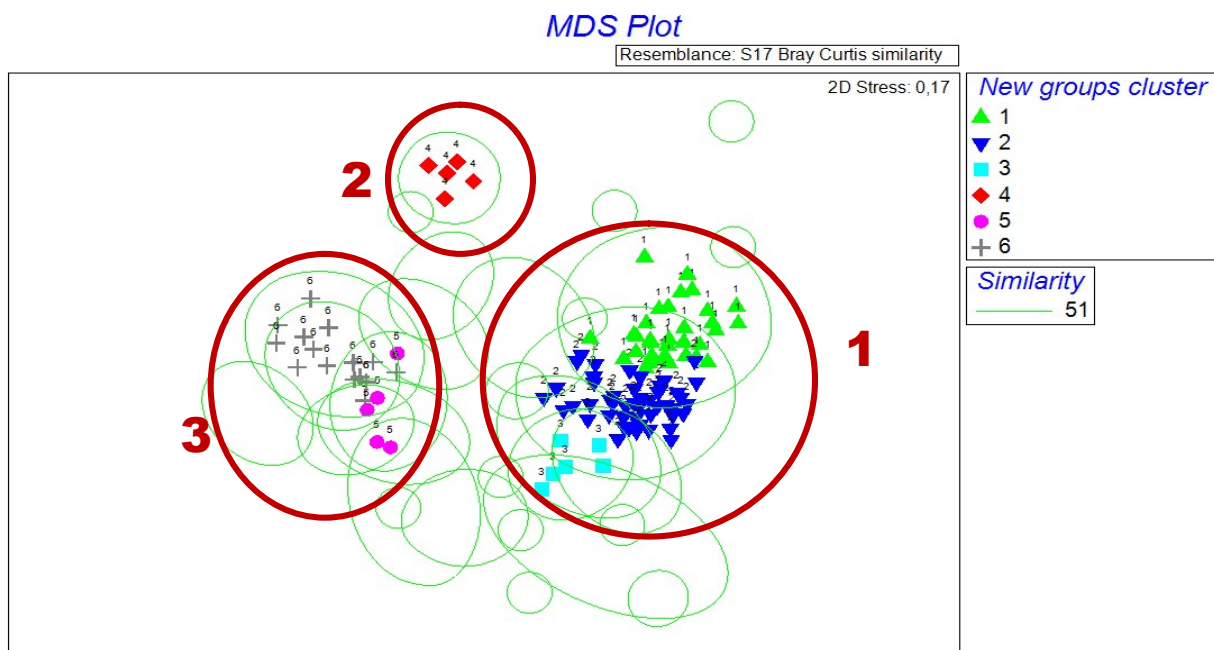


Fig. 3: Grafico bi-dimensionale (MDS) basato sulla matrice di similarità di Bray-Curtis con una divisione grafica in sei nuovi gruppi con un livello di similarità del 51%. I gruppi sono stati ottenuti attraverso una sovrapposizione dei risultati della analisi dei cluster sul grafico multi-dimensionale che rappresenta le osservazioni degli artropodi presso il Montepaldi Long Term Experiment (MoLTE). Il coefficiente di stress della rappresentazione è 0.17, il quale ben rappresenta la realtà in un grafico bi-dimensionale. I risultati sono stati ottenuti a seguito della standardizzazione delle variabili e il calcolo della matrice di similarità basata sul coefficiente di Bray-Curtis. Ciascun gruppo di campioni è rappresentato da un diverso simbolo spiegato nella legenda. Tre principali macro-gruppi sono stati identificati da un cerchio rosso.

Sono stati generati sei nuovi gruppi di campioni basati su un minimo livello di similarità tra le osservazioni entro gruppo del 51%. Nello schema multidimensionale sono rappresentati con cerchi rossi 3 macro gruppi (MG) di campioni che sono chiaramente distinti tra loro, e composti rispettivamente dai gruppi 1-2-3 (MG 1), 4 (MG 2) e 5-6 (MG 3).

Ciascun MG è risultato essere caratterizzato da: afidi (MG 1), coleotteri (MG 2) e predatori (MG 3).

La analisi SIMPER conferma e spiega ulteriormente il risultato mostrato dal grafico MDS: tre macro gruppi di campioni sono caratterizzati rispettivamente dalla predominanza di afidi, cleotteri e predatori.

Al fine di fornire un'idea generale circa la distribuzione spazio-temporale degli artropodi, è stata generata una tabella riassuntiva (Tabella 1).

Tabella 1: Percentuali di composizione di sei gruppi di artropodi creati dalla sovrapposizione dello MDS e della Analisi di Cluster, per ciascun fattore definito a priori (periodo, distanza, gestione). I dati in grassetto rappresentano i risultati più rilevanti.

	Periodo			Distanza				Gestione		
	A	M	G	0	1	2	3	BV	BN	CO
Gr 1	<b>63.6</b>	30.3	6.1	24.2	30.3	21.2	24.2	63.6	12.1	24.2
Gr 2	34.0	<b>61.7</b>	4.3	19.1	27.7	27.7	25.5	40.4	19.1	40.4
Gr 3	<b>50.0</b>	<b>50.0</b>	0.0	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	50.0	50.0
Gr 4	0.0	0.0	<b>100.0</b>	<b>60.0</b>	<b>40.0</b>	0.0	0.0	<b>80.0</b>	0.0	20.0
Gr 5	0.0	0.0	<b>100.0</b>	0.0	40.0	60.0	0.0	100.0	0.0	0.0
Gr 6	0.0	0.0	<b>100.0</b>	18.8	18.8	50.0	12.5	25.0	37.5	37.5

Legenda: A=Aprile, M=Maggio, G=Giugno; 0= 0m, 10=m, 2=20m, 3=30m; BV=Bio Vecchio, BN=Bio Nuovo, CO=Convenzionale.

Gruppi di campioni caratterizzati dalla predominanza di afidi (MG1) sono stati osservati soprattutto in Aprile e Maggio, mentre i gruppi di non-afidi (MG2 e 3) in Giugno. La maggior parte dei coleotteri, la specie dominante nel MG2, sono stati trovati in maggior parte nel campo Bio Vecchio e all'interno o accanto ai margini.

I gruppi distinti dalla presenza di afidi sono anche caratterizzati dalla presenza di convolvolo (*Convolvulus arvensis*) e camomilla bastarda (*Anthemis arvensis*). Il forte contributo di queste due specie è dovuto all'alta frequenza di piante registrate, un alto punteggio di *Accessibilità al Nettare* e un lungo periodo di fioritura. Allo stesso tempo, la presenza di coleotteri sembra corrispondere principalmente alla presenza di trifoglio alessandrino (*Trifolium alexandrinum*). Invece, il gruppo di predatori (MG3) è risultato essere caratterizzato principalmente da cardo campestre (*Cirsium arvense*), convolvolo (*Convolvulus arvensis*) e camomilla bastarda (*Anthemis arvensis*). Dunque, non è possibile concludere se la camomilla o il convolvolo favoriscano la presenza di afidi o predatori, dal momento che sono associati ad entrambi. D'altra parte, però, possiamo assumere che la presenza del cardo supporti più probabilmente i predatori piuttosto che gli afidi.

## Conclusioni

Non siamo in grado di concludere se il tasso di predazione o il numero di artropodi fossero influenzati dagli elementi ecologici, in quanto non ci sono riferimenti di sistemi senza tali elementi.

Tuttavia, si può certamente concludere che in tutti i sistemi è stata registrata un'abbondante e costante presenza di predatori nel tempo e nello spazio, anche nei punti più lontani dai margini, e per tutto il periodo di campionamento. La complessiva similarità tra i gruppi di artropodi è spiegata probabilmente da relativamente simili habitat e una forte interazione tra tutti i sistemi biologici e convenzionali. La similarità tra gli habitat è dovuta al mancato uso degli insetticidi nel campo CO così come alla simile composizione vegetale degli habitat semi-naturali e delle infestanti. La forte interazione tra i micro-sistemi, invece, può essere attribuita alla relativa vicinanza tra i punti di campionamento sia all'interno dei campi che tra i diversi campi di orzo (OO, NO e CO). Tale fenomeno ha probabilmente facilitato la mobilità degli artropodi tra i campi e contestualmente sono diminuite le potenziali differenze tra i campioni. Di conseguenza, è difficile definire quale metodo di gestione, quale distanza dal margine o quale periodo sia più favorevole per i predatori e, quindi, aumenti il Controllo Biologico.

Per quanto riguarda la composizione degli elementi ecologici, al fine di garantire un efficiente CB, è fondamentale mantenere e supportare quelle specie di piante con un elevato coefficiente

di accessibilità al nettare durante tutto il corso dell'anno, per approvvigionare e quindi favorire i predatori, senza beneficiare gli insetti dannosi. Il cardo campestre, ad esempio, potrebbe essere una di tali specie, in quanto risulta supportare più probabilmente i predatori che gli afidi. Ulteriori ricerche sono necessarie per approfondire le ragioni per cui questa specie è associata alla presenza di predatori.

### **Ringraziamenti**

Si ringrazia il progetto H2020 ERA-NET CoreOrganic+ FertilCrop per aver fornito i finanziamenti per questa ricerca. Tale studio è stato condotto come tesi magistrale del primo Autore, nel corso del programma magistrale in Organic Agriculture presso Wageningen University & Research. Il suddetto lavoro di ricerca è il frutto di una proficua collaborazione tra il gruppo Farming System Ecology (Wageningen University & Research) e il Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente dell'Università di Firenze (UNIFI-DISPAA), Italia.

### **Referenze**

- Arnett, R. H., Thomas, M. C., Skelley, P. E., & Frank, J. H. (Eds.). (2002). *American Beetles, Volume II: Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea (Vol. 2)*. CRC Press.
- Balzan, M. V., & Moonen, A. C. (2014). Field margin vegetation enhances biological control and crop damage suppression from multiple pests in organic tomato fields. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 150(1), 45-65.
- Mohrman E.A.H. (2015). *Assessing ecosystem services of weeds in organic vs. conventional systems within the Montepaldi Long-Term Experiment, Tuscany (MSc)*, Wageningen UR.
- Moonen, A. C., & Barberi, P. (2008). Functional biodiversity: an agroecosystem approach. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 127(1), 7-21.
- Perrings, C., Jackson, L., Bawa, K., Brussaard, L., Brush, S., Gavin, T., ... & De Ruiter, P. (2006). Biodiversity in agricultural landscapes: saving natural capital without losing interest. *Conservation Biology*, 20(2), 263-264.
- Power, A. G. (2010). Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, 365(1554), 2959-2971.
- 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(8), 857-874.
- van Rijn, P. C., & Wäckers, F. L. (2015). Nectar accessibility determines fitness, flower choice and abundance of hoverflies that provide natural pest control. *Journal of Applied Ecology*.