

4. RISULTATI CENOSI: PROVE CON LAVORAZIONE MECCANICA DEL SUOLO

4.1 Chioma

In questa prova si è cercato di individuare i principali effetti collaterali provocati sulla entomocenosi dai fitofarmaci ammessi in olivicoltura biologica, quali: rame, rotenone e azadiractina.

Nel corso di tale studio sono stati raccolti 4.407 individui appartenenti ai gruppi tassonomici selezionati. L'ordine degli Hymenoptera nel suo insieme è stato il gruppo più abbondante rappresentando il 67% dell'entomocenosi selezionata (tabella 1). In sintesi, gli insetti indifferenti sono stati più abbondanti nelle tesi non trattate (69,6%), mentre nelle tesi trattate gli insetti indifferenti e quelli antagonisti sono stati più o meno uniformemente rappresentati (51,0% e 49,0% rispettivamente).

Tab. 1. Dominanza (a) e abbondanza (numero di individui e densità di attività annua (b)) dei gruppi di insetti nelle tesi sperimentali.

Gruppo sistematico	TER1	TER2	TER3	TER4	TER5	TER6	TER7	Complessivo
Hymenoptera	0,47	0,28	0,38	0,32	0,29	0,38	0,37	0,35
Hymenoptera	0,25	0,43	0,14	0,25	0,53	0,29	0,19	0,32
Ichneumonoidea	0,03	0,03	0,06	0,04	0,06	0,07	0,02	0,04
Coleoptera Coccinellidae	0,2	0,21	0,27	0,28	0,05	0,12	0,33	0,19
Neuroptera	0,03	0,03	0,1	0,06	0,04	0,09	0,01	0,05
Mecoptera	0	0	0,01	0	0	0,01	0,02	0,01
Diptera Syrphidae	0,02	0,01	0,05	0,05	0,02	0,05	0,06	0,03
Individui (n)	715	894	332	502	732	714	518	4.407

a)

Gruppo sistematico	TER1	TER2	TER3	TER4	TER5	TER6	TER7	Complessivo
	337	252	126	159	215	273	193	1555
Hymenoptera	(4,35)	(3,35)	(1,67)	(2,05)	(2,77)	(3,52)	(2,66)	
Hymenoptera	176	386	47	123	387	206	98	1423
Ichneumonoidea	(2,27)	(5,13)	(0,62)	(1,59)	(4,99)	(2,66)	(1,35)	
	21	30	21	21	47	47	11	198
Coleoptera Coccinellidae	(0,27)	(0,40)	(0,28)	(0,27)	(0,61)	(0,61)	(0,15)	
	143	188	88	142	40	83	173	857
Macrolepidoptera	(1,85)	(2,50)	(1,17)	(1,83)	(0,52)	(1,07)	(2,39)	
	20	24	33	32	30	61	4	204
Neuroptera	(0,26)	(0,32)	(0,44)	(0,41)	(0,39)	(0,79)	(0,06)	
	3	2	2	2	2	6	10	27
Mecoptera	(0,04)	(0,03)	(0,03)	(0,03)	(0,03)	(0,08)	(0,14)	
	15	12	15	23	11	38	29	143
Diptera Syrphidae	(0,19)	(0,16)	(0,20)	(0,30)	(0,14)	(0,49)	(0,40)	
INDIVIDUI	715	894	332	502	732	714	518	
DAtot	9,59	12,30	4,85	6,81	9,87	9,69	7,46	4407

b)

Le popolazioni di Hymenoptera sono state le più abbondanti durante l'intera stagione, mentre gli altri taxa hanno mostrato un più breve periodo di attività (figura 1). In dettaglio, durante il mese di agosto molti gruppi sono stati scarsamente rappresentati, mentre durante i trattamenti solo i Mecoptera hanno fatto registrare popolazioni molto ridotte (n = 17). In questo periodo Ichneumonoidea (n = 795), Macrolepidoptera (n = 355) e Hymenoptera (n = 312) hanno mostrato il maggior numero di individui.

Sebbene le intrinseche differenze fra le stazioni di campionamento e i cambiamenti stagionali delle comunità siano dei fattori di perturbazione dei dati, gli effetti dei trattamenti sono ancora evidenziabili confrontando una tesi con se stessa. Infatti, le dinamiche fenologiche, omogenee in una data tesi, sono differentemente influenzate dai trattamenti. Questo viene evidenziato dalla suddivisione della stagione in un 'pre' e un 'post' trattamenti. Per *Penestoglossa dardoinella* (Millière, 1863) (41,7% delle catture dei Macrolepidotteri) le trappole hanno funzionato in alcuni casi come trappole feromoniche avendo catturato femmine vergini che hanno attratto molti maschi. Pertanto questa specie è stata esclusa da ogni successiva analisi (Scalercio *et al* 2008).

Il rapporto post/pre trattamenti dell'abbondanza dei gruppi di insetti campionati ha fornito informazioni sull'effetto dei trattamenti. Questo rapporto è più basso nelle parcelle trattate che nelle parcelle controllo mostrando degli effetti negativi dei principi attivi utilizzati sulle entomocenosi (tabella 2). Sebbene gli effetti negativi siano stati registrati per tutti i gruppi di insetti campionati, i Neuroptera e i Syrphidae sembrano essere particolarmente sensibili ai pesticidi utilizzati raggiungendo rapporti relativamente molto bassi nelle tesi trattate (tabella 2). In dettaglio è stato osservato che: (1) l'ossicloruro di rame è stato il composto più negativo per Ichneumonoidea e Macrolepidoptera, mentre non ha mostrato effetti significativi sui Neuroptera; (2) il rotenone ha avuto effetti particolarmente negativi per i Neuroptera, mentre sembra non avere avuto effetti sui Coccinellidae; (3) l'azadiractina è stato il principio attivo peggiore per Hymenoptera, Coccinellidae e Syrphidae.

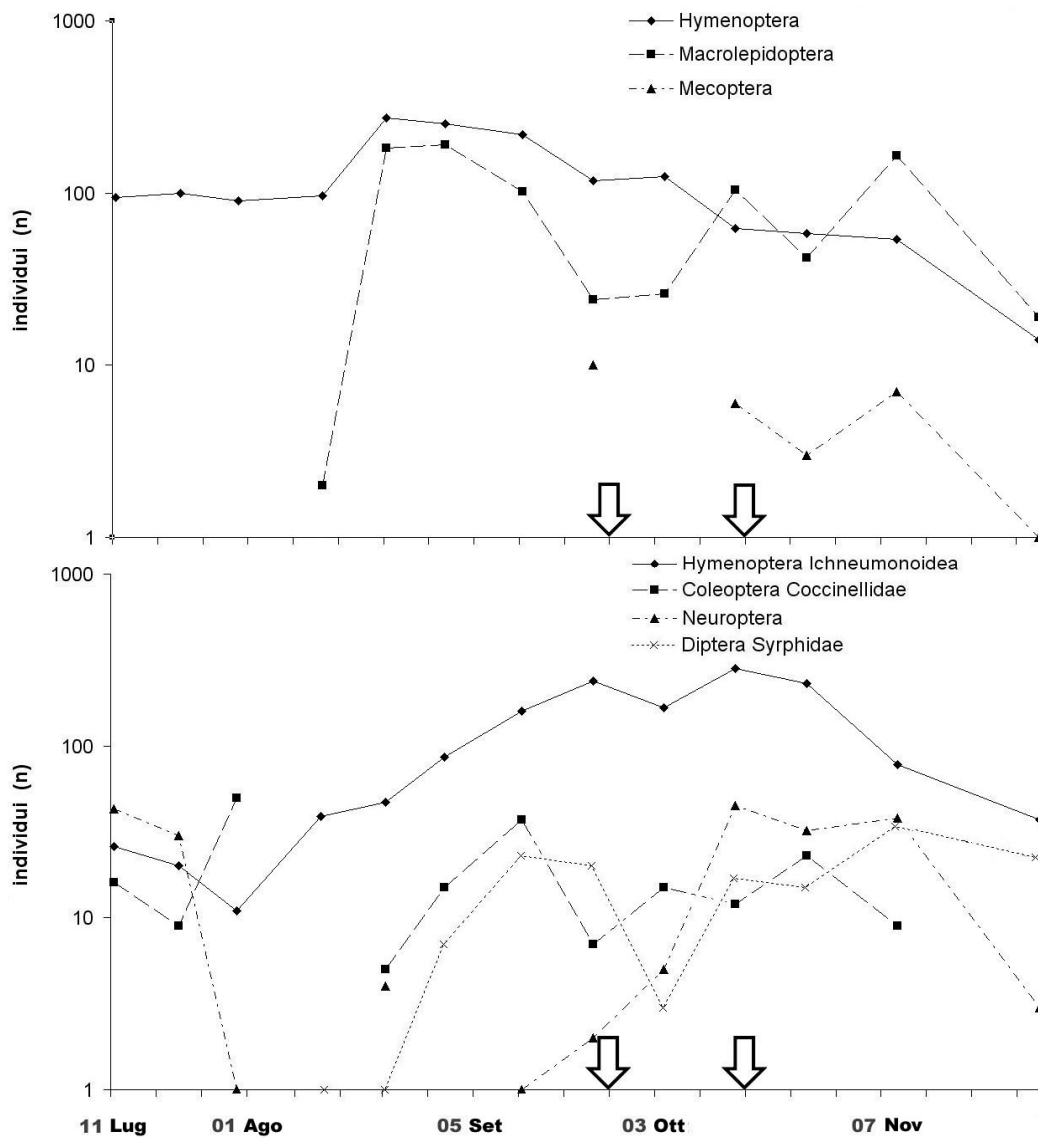


Fig. 1. Fenologia dei gruppi di insetti indifferenti (sopra) e antagonisti (sotto). È stata adottata una scala logaritmica per evidenziare i gruppi con popolazioni scarsamente rappresentate. Le frecce indicano le date dei trattamenti.

Tab. 2. Rapporto post/pre trattamenti dell'abbondanza dei gruppi di insetti campionati. I dati sono stati considerati 'robusti' quando il numero di individui coinvolti nel calcolo del rapporto è stato maggiore di 40 (segnati in tabella con *). Il Controllo 1 corrisponde a TER1+TER2, parcelle non trattate collocate all'interno del campo sperimentale, il Controllo 2 corrisponde a TER7, parcella non trattata collocata esternamente al campo sperimentale.

Taxa	Rame	Rotenone	Azadiractina	Tesi trattate	Controllo 1	Controllo 2
Hymenoptera (Ichneumonoidea excluded)	0.31*	0.29*	0.11*	0.36*	0.43*	0.52*
Ichneumonoidea	0.95*	1.67*	1.54*	1.87*	1.99*	1.80*
Coleoptera Coccinellidae	0.38*	0.81*	0.18*	0.60*	0.73*	0.57
Macrolepidoptera	0.40*	19.00	1.24*	0.97*	1.20*	0.48*
Neuroptera	4.09*	0.43	0.79*	1.82*	4.36*	1.00
Mecoptera	1.00	-	-	7.40	1.36	0.25
Diptera Syrphidae	1.69	1.75	0.73	1.71*	5.51*	3.83

I risultati dell'analisi dell'equilibrio cenotico hanno mostrato tendenze molto interessanti (tabella 3). L'indice EC_{IA} ha ordinato le tesi sperimentali secondo l'incremento degli effetti negativi sulle entomocenosi dei principi attivi testati. Infatti, le tesi controllo hanno raggiunto sempre valori di equilibrio maggiori delle tesi trattate. In particolare, lungo la sequenza rame-azadiractina-rotenone si assiste ad una diminuzione dell'equilibrio cenotico alla quale corrisponde un aumento degli effetti negativi sugli insetti. La parcella che ha raggiunto i valori di equilibrio minori è stata quella trattata col rotenone che ha dimostrato di avere effetti particolarmente negativi sulle unità funzionali dell'ecosistema oliveto.

L'indice $EC_{hym/ichn}$ ha ordinato le tesi in modo molto simile a EC_{IA} mostrando una significativa correlazione di Spearman con esso ($C_s = 0.77$; $t = 0.92$; $p < 0.05$). Anche con questo indice le tesi controllo raggiungono valori più elevati di equilibrio cenotico (tabella 3), mentre, pur confermando il rotenone come il principio attivo che provoca le peggiori conseguenze sull'ambiente, la sequenza rame-azadiractina-rotenone diventa azadiractina-rame-rotenone.

Tab. 3. Risultati dell'analisi dell'equilibrio cenotico.

	TER1 Controllo	TER2 Rame	TER3 Controllo	TER4 Rame	TER5 Rotenone	TER6 Azadiractina	TER7 Controllo
EC_{IA}	2.08	0.98	1.86	1.52	0.54	1.03	2.6
$EC_{hym/ichn}$	1.91	0.65	2.68	1.29	0.56	1.33	1.97

L'impatto ambientale dei composti utilizzati nell'ecosistema oliveto è stato già trattato in letteratura, ma molto più è stato fatto sui principi attivi ammessi in olivicoltura convenzionale (Heim, 1984; Cirio, 1997) che sui principi attivi ammessi in olivicoltura biologica (Rodríguez *et al.*, 2003; Iannotta *et al.*, 2007a). Sebbene ammessi in olivicoltura biologica, l'utilizzo di ossicloruro di rame, azadiractina e rotenone ha avuto conseguenze evidenti sulle entomocenosi, influenzando tutti i gruppi funzionali. È noto che la deltametrina, un piretroide insetticida ammesso in olivicoltura biologica, ha severe conseguenze sulle entomocenosi (Rodríguez *et al.*, 2003), ma l'abbassamento della densità delle popolazioni è particolarmente evidente nei giorni immediatamente seguenti il trattamento. Un comportamento simile delle entomocenosi è atteso per i principi attivi testati in questa ricerca. Infatti, lo squilibrio ecologico indotto dai pesticidi può essere velocemente recuperato dalla mobilità degli insetti che tendono ad omogeneizzare le loro popolazioni in uno spazio ecologicamente isotropo. Il nuovo equilibrio si raggiunge con maggiore rapidità se sono disponibili 'sorgenti' di insetti (siepi o vegetazione spontanea limitrofa) ovvero, se lo stress ambientale indotto dai trattamenti è spazialmente e/o temporalmente limitato.

Gli insetti indifferenti sono stati più abbondanti nelle tesi controllo, mentre nelle tesi trattate essi sono stati abbondanti quanto gli antagonisti. Questo sembra dovuto più alla maggiore diminuzione degli insetti indifferenti che ad un aumento degli antagonisti. Infatti, i trattamenti hanno depresso le dinamiche di tutti i gruppi di insetti campionati. Alcuni lavori hanno dimostrato che in certi casi le popolazioni degli insetti dannosi traggono vantaggi dall'uso dei pesticidi a causa dello sbilanciamento ecosistemico che viene generato (Kerns e Gaylor, 1993). Negli agroecosistemi, un migliore controllo biologico delle specie infestanti, si ha quanto l'abbondanza e il numero di specie dei parassitoidi sono piuttosto limitati (Wetzel, 1993).

4.2 Suolo

Durante questo studio sono stati raccolti 16,354 individui (Tabella 4), appartenenti ai gruppi tassonomici selezionati. I Carabidae ($n = 5,953$; 36.4%) insieme agli Isopoda ($n = 4,581$; 28.0%) sono stati i gruppi più abbondanti, come spesso si rinviene negli agroecosistemi (Brandmayr *et al* 1999; Kern *et al* 1993). Anche i Formicidae ($n = 2,869$; 17.5%) e gli Araneae ($n = 1,815$; 11.1%) sono ben rappresentati, mentre gli altri Coleoptera ($n = 933$; 5.7%) e gli Staphylinidae ($n = 203$; 1.2%) sono stati meno

rappresentati. Durante il periodo prima dei trattamenti gli Isopoda sono stati i più abbondanti, mentre i Carabidae raggiungono il massimo della loro abbondanza durante il periodo seguente ai trattamenti. Tutti i taxa sono scarsamente rappresentati nel periodo finale del monitoraggio, ma comunque sono tutti presenti nel campo durante il periodo dei trattamenti (figura 2).

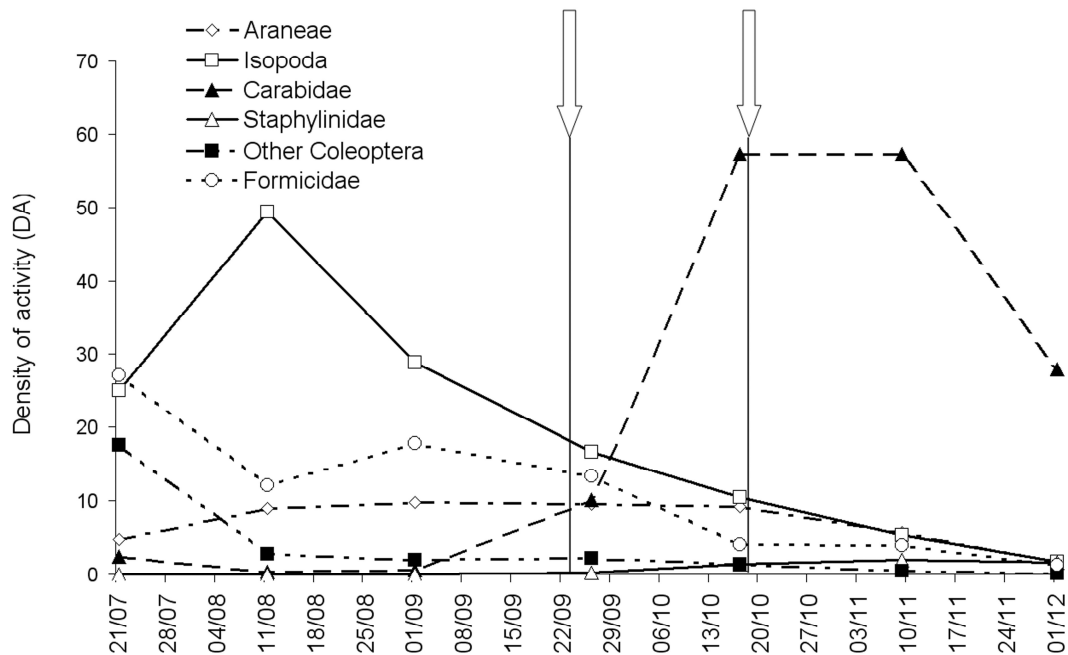


Figura 2: Fenologia dei gruppi di artropodi campionati. Le frecce indicano le date dei trattamenti.

I trattamenti hanno ridotto in modo molto significativo l'abbondanza degli artropodi (Tabella 5). Nelle tesi trattate con azadiractina e ossicloruro di rame si registra un diminuzione della biomassa, anche se tale diminuzione è ancora più evidente nella tesi trattata con rotenone, dal momento che quest'ultimo principio attivo ha la funzione di insetticida. La tesi non trattata mostra una notevole biomassa di artropodi. Tra i taxa osservati solo Carabidae e Staphylinidae, predatori generalisti olometaboli, sembrerebbero non essere affetti in modo significativo dai trattamenti, a differenza degli altri taxa che subiscono un notevole decremento della loro abbondanza. Gli Isopodi, detritivori generalisti sono molto sensibili alle applicazioni dei pesticidi, sono stati molto ridotti, a causa probabilmente delle loro abitudini alimentari. Infatti, in seguito

alle applicazioni dei pesticidi, i detriti organici presenti sul suolo vengono ricoperti dagli stessi. Gli Isopoda, nutrendosi di tali sostanze, muoiono per avvelenamento e ne consegue la riduzione della loro popolazione. Anche gli altri Coleotteri sono fortemente ridotti, e questo potrebbe essere spiegato dal fatto che la maggior parte di loro è rappresentata dai Tenebrionidi, che sono soprattutto detritivori come gli Isopodi. Aranei e Formicidi mostrano una debole riduzione delle abbondanze.

Tab. 4. Abbondanza dei gruppi sistematici campionati a livello del suolo nelle tesi sperimentali calcolata come numero di individui e come densità di attività, (DA).

	TER1 Controllo	TER2 Rame	TER3 Controllo	TER4 Rame	TER5 Rotenone	TER6 Azadiractina	Totale individui
Araneae	296 (7,44)	290 (6,24)	439 (10,40)	316 (7,29)	207 (4,66)	267 (6,66)	1815
Isopoda	1234 (31,01)	485 (10,43)	2504 (59,34)	262 (6,04)	20 (0,45)	76 (1,90)	4581
Coleoptera Carabidae	708 (17,79)	923 (19,85)	1598 (37,87)	1263 (29,13)	463 (10,43)	998 (24,89)	5953
Coleoptera Staphylinidae	29 (0,73)	28 (0,60)	56 (1,33)	22 (0,51)	21 (0,47)	47 (1,17)	203
Altri Coleoptera	52 (1,31)	57 (1,23)	607 (14,38)	163 (3,76)	23 (0,52)	31 (0,77)	933
Hymenoptera Formicidae	914 (22,96)	473 (10,17)	831 (19,69)	181 (4,18)	204 (4,59)	266 (6,63)	2869
Totali individui	3233	2256	6035	2207	938	1685	16354
DAa totale	81,23	48,52	143,01	50,91	21,13	42,02	

Tab. 5. Densità di attività media dei taxa esaminati.

	Control	Copper Oxychloride	Azadirachtin	Rotenone	$F_{3,26}$	P -level
Isopoda	52.57 ^a	10.61 ^b	1.59 ^b	0.54 ^b	2.71	0.06
Carabidae	32.39	25.89	23.51	11.54	0.46	0.71
Formicidae	17.78 ^a	8.26 ^{ab}	4.59 ^b	4.69 ^{ab}	2.26	0.10
Araneae	11.20 ^a	8.84 ^{ab}	9.83 ^{ab}	4.24 ^b	2.38	0.09
Other Coleoptera	6.05 ^a	4.04 ^{ab}	2.30 ^b	0.91 ^b	3.18	0.04
Staphylinidae	0.92	0.61	0.97	0.37	0.52	0.67
Coenosis	115.21 ^A	49.56 ^{AB}	41.22 ^{AB}	20.96 ^B	7.03	0.001

Le differenti lettere indicano differenze significative tra le tesi, ANOVA test, LSD post hoc test, small letters: $P = 0.05$; capital letters: $P = 0.01$.

L'equilibrio cenotico (tabella 6) è stato più alto nella tesi controllo ($EC = 1.96$), mentre valori molto bassi si registrano nelle tesi trattate. In particolare, nella parcella trattata

con ossicloruro di rame ($EC = 0,57$), con rotenone ($EC = 0,36$) e azadiractina ($EC = 0,28$) tali principi attivi hanno mostrato un notevole impatto sugli artropodi indifferenti nel periodo post-trattamento. La riduzione dell'equilibrio cenotico per gli artropodi del suolo è stato più alto di quello registrato per gli artropodi a livello della chioma. Poiché a livello della chioma si è avuta una riduzione del 71,0-74,0%, 44,6-50,5% e 18,3-52,9% rispettivamente registrati per rotenone, azadiractina e ossicloruro di rame, sull'altro gruppo la percentuale aumenta del 81,6%, 85,7 e 70,9%. Questo in parte potrebbe essere spiegato da un basso potere dispersivo del suddetto gruppo i cui rappresentanti sono soprattutto camminatori, rispetto invece al gruppo a livello della chioma, che sono per la maggior parte dei volatori.

Queste caratteristiche comportamentali imprimono a tale gruppo di artropodi camminatori una minore "resilienza" (capacità di recupero dopo l'azione di disturbo), ma nel contempo essi rappresentano dei migliori bioindicatori rispetto al gruppo della chioma. Probabilmente la bassa dinamica di degradazione sul suolo gioca un ruolo fondamentale nel prolungamento del periodo di efficacia di azione di tali principi attivi.

Tab. 6. Risultati dell'analisi dell'equilibrio cenotico.

	Rame	Rotenone	Azadiractina	Controllo
EC_{IA}	0,57	0,36	0,28	1,96

I valori calcolati mediante la formula di Abbott confermano i risultati riportati sopra (tabella 7). Infatti, il rotenone è il principio attivo che ha mostrato il maggior impatto riducendo fortemente le popolazioni degli artropodi dopo la sua applicazione. Fra i taxa osservati, gli Isopoda e gli altri Coleotteri sono i gruppi maggiormente affetti dal rotenone e dalla azadiractina. L'ossicloruro di rame è il principio attivo che ha mostrato il minore impatto, provocando una riduzione notevole solamente della popolazione degli altri Coleoptera, mentre non si sono rilevati effetti negativi né sul gruppo degli Aranei e neppure su quello dei Formicidi.

Tab. 7. Efficacia dei principi attivi testate sugli artropodi campionati calcolata utilizzando la Abbott's formula.

	Rotenone	Azadirachtin	Copper oxychloride
Isopoda	97.04	81.41	39.16
Araneae	40.85	51.69	-
Carabidae	72.43	44.98	21.83
Staphylinidae	75.37	32.49	52.55
Altri Coleoptera	80.00	77.34	72.57
Formicidae	37.70	56.47	-
Coenosis	72.07	50.69	22.97

4.3 Conclusioni

I risultati mostrano che nessun principio attivo testato è indifferente per le cenosi, ma non è del tutto chiaro se questi si comportino solo come insetticidi o abbiano anche un effetto repellente.

Nelle entomocenosi di volatori, sia gli insetti dannosi che gli impollinatori ed i fitofagi indifferenti sono molto colpiti dai trattamenti in quanto molto più strettamente legati alla copertura vegetale e, conseguentemente, più facilmente danneggiati dai pesticidi dei molto mobili antagonisti.

In ogni caso, il rotenone ha causato il maggior squilibrio funzionale, influenzando soprattutto i Neuroptera; l'ossicloruro e l'azadiractina hanno prodotto un moderato squilibrio influenzando negativamente il primo le popolazioni di Ichneumonoidea e Macrolepidoptera, e il secondo di Hymenoptera impollinatori, Coccinellidae e Syrphidae.

Bisogna rilevare che le tendenze mostrate in questa ricerca sono da considerarsi come conseguenze a breve termine dell'uso dei pesticidi. In studi a lungo termine ci si può aspettare che gli antagonisti siano i più penalizzati dall'uso dei principi attivi a causa della somma degli effetti negativi sulle loro popolazioni della tossicità dei prodotti e della ridotta presenza di prede. In definitiva, in una gestione realmente biologica dell'oliveto è necessario fornire delle aree-rifugio non trattate agli insetti utili (cioè gli antagonisti), nelle quali non vengono effettuati trattamenti e nelle quali possono essere disponibili prede alternative.

Riguardo agli artropodi del suolo, azadiractina e rotenone hanno una dinamica di degradazione veloce, che è rallentata al suolo a causa della riduzione della

fotodegradazione (Cavoski *et al*, 2007). I risultati mostrano che, gli effetti di questi due principi attivi, sono da considerarsi solo a breve termine, probabilmente questi sono mascherati dai movimenti che gli artropodi compiono sul terreno, i quali sono da considerarsi inferiori rispetto ai volatori (Iannotta *et al.*, 2007a). Il minore impatto di tali principi attivi da noi testati riscontrato sui volatori, si potrebbe spiegare con una minore abilità dispersiva degli artropodi camminatori rispetto ai volatori.

Una considerazione differente si può fare per l'ossicloruro di rame. Infatti è noto che i residui di rame sono accumulati nell'ambiente a causa della sua alta persistenza nel suolo (Xiaorong *et al.*, 2007). Dunque, sebbene da parte di questo composto, non si siano registrati effetti fortemente negativi sugli artropodi, il suo uso prolungato nel tempo potrebbe provocare invece degli effetti indesiderati sugli stessi.

Gli artropodi si riconfermano utili nel valutare le alterazioni ambientali causati dalle applicazioni dei pesticidi negli ambienti agrari. Sebbene tutti i principi attivi testati sono ammessi nell'olivicoltura biologica, tutti hanno causato una forte riduzione di artropodi, sia a livello della chioma sia a livello del suolo. E' noto che l'uso di appropriate strategie agronomiche riduce gli effetti negativi dei pesticidi sugli insetti e dei danni da parassiti sull'infestazione delle drupe. La raccolta anticipata potrebbe ridurre l'applicazione dei pesticidi contro la mosca dell'olivo (Iannotta *et al*, 2003), così come la copertura vegetale, con il conseguente aumento della complessità dell'ecosistema, favorisce la conservazione del controllo biologico (Tschardtke *et al*, 2007), le piantagioni delle cultivar di olivo poco suscettibili potrebbero ridurre i danni alla produzione, causati dalle infestazione microbiologiche e degli insetti (Iannotta *et al* 2007b).

Queste strategie di controllo preventivo, potrebbero ridurre l'uso di alcuni tipi di pesticidi negli oliveti gestiti biologicamente, e migliorare la sostenibilità ambientale del sistema agrario.