

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI UDINE

CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA IN

ECONOMIA ECOLOGIA E TUTELA DEI SISTEMI AGRICOLI E
PAESISTICO AMBIENTALI CON SEDE AMMINISTRATIVA PRESSO
L'UNIVERSITÀ DI UDINE

CICLO XXIV

TESI DI DOTTORATO DI RICERCA

**PRATICHE SOSTENIBILI E AGROECOSISTEMA, VALUTAZIONE
DI MULTIFUNZIONALITÀ E QUALITÀ AMBIENTALE**

DOTTORANDA

Dott.ssa NADIA GAMBON

RELATRICE

Dott.ssa MAURIZIA SIGURA

CO-RELATORE

Dott. FRANCESCO BOSCUCCI

ANNO ACCADEMICO
2011/2012

RIASSUNTO

L'attività di ricerca ha affrontato la tematica della multifunzionalità considerando 2 livelli di approccio: il livello aziendale con l'analisi della gamma di funzioni produttive dell'azienda agricola che si traduce nella differenziazione delle attività dell'azienda stessa e il livello agroecosistemico con l'analisi della biodiversità come elemento a supporto dei servizi ecosistemici.

Le due diverse scale di indagine sono accomunate dal riferimento a tecniche agricole considerate sostenibili e dall'uso di indicatori ritenuti utili per la misura della multifunzionalità, che è stata letta attraverso due principali chiavi di lettura: diversità e disturbo. Queste ultime, in particolare alla scala di agroecosistema sono stati assunti come indici del sostegno di servizi ecosistemici e quindi alle funzioni ambientali, assumendo che il sostegno sia maggiore in agroecosistemi caratterizzati da elevata biodiversità e basso disturbo antropico.

Specificatamente a livello di azienda agricola, si è cercato di valutare il contributo alla multifunzionalità delle aziende agricole biologiche attraverso indicatori raggruppati secondo tre tematiche relative a organizzazione aziendale, contesto paesistico e impatto ambientale.

Il capitolo 2 riporta un inquadramento della tematica della multifunzionalità dell'azienda agricola, considerando l'evoluzione del concetto di agricoltura multifunzionale, e dei suoi collegamenti con la sostenibilità.

Nei capitolo 3 e 4 sono state confrontate tecniche agronomiche a basso *input* (vigneti coltivati con metodo biologico e seminativi in cui sono applicate tecniche di minima lavorazione) con sistemi convenzionali. La misura della sostenibilità dei vari sistemi agricoli è stata valutata attraverso indicatori quali biodiversità e grado di disturbo utilizzando come bioindicatori la flora e la carabidofauna.

Nell'ambito del caso di studio sviluppato nella regione Friuli Venezia Giulia sono state misurate diverse variabili relative alle tematiche sopra citate e sono state valutate al fine di individuare i fattori più importanti per la misura della multifunzionalità.

ABSTRACT

The research deals with multifunctional agriculture considered under two different approaches: the former is based on farm level and concerns the analysis of farm productive functions that represent the differentiation of the economic activities of the farm. The latter approach is based on analysis of biodiversity of agro-ecosystems, as an element capable to support eco-system services.

Both the scales of the research refer to agriculture sustainable techniques and the use of indicators useful for measuring multifunctionality, by two main key factors: diversity and disturb. Both are assumed as indexes of the support to eco-system services, in particular at agro-ecosystem scale. The hypothesis is that the support of environmental functions is larger in agro-ecosystems characterized by high biodiversity and low anthropic disturb.

At farm level, support to multifunctionality by organic farms is valued by means of indicators grouped in three topics: management, landscape context and environmental impact.

Chapter 2 offers a picture of multifunctionality within the farm, considering the evolution of the concept of multifunctional agriculture and its connections with sustainability.

In chapters 3 and 4 agronomic techniques characterized by low input (organic vineyards and arable land in which techniques of conservation tillage were applied) are compared with conventional systems.

Flora and Carabid beetles (Coleoptera Carabidae) are used as bio-indicators for the disturb and for the biodiversity analysis of agro-ecosystems. In this way sustainability of different agricultural systems is valued.

The analysis was carried out in a region of North Italy, Friuli Venezia Giulia, where a set of crops has been considered.

OBIETTIVO DELLA RICERCA

L'agricoltura multifunzionale rappresenta una delle chiavi strategiche per lo sviluppo del settore agricolo ed esprime l'idea secondo cui l'azienda agricola non si limita alla produzione di beni alimentari ma svolge una serie di funzioni e servizi aggiuntivi a beneficio della collettività relativi alla sostenibilità ambientale, alla diversità e mantenimento del paesaggio, alla fruizione.

L'attività di ricerca ha come obiettivo lo studio della multifunzionalità dell'agricoltura individuando un set di indici ed indicatori che consentano di misurarla sia a livello di sistema aziendale, sia a livello di agroecosistema.

In particolare a livello aziendale si vuole definire un set di indicatori per la misura delle funzioni ambientali, paesaggistica e ricreativa, mentre a livello di agroecosistema si vogliono testare indicatori legati alla misura di funzioni ambientali quali la biodiversità ed il disturbo antropico. I risultati attesi sono:

- una chiave di lettura integrata e multiscala per la multifunzionalità dell'azienda agricola;
- un set di indici in grado di leggere l'apporto dato dalla multifunzionalità dell'azienda agricola in termini di funzioni ambientali, sostegno alla fruizione e di potenziamento di caratteristiche del paesaggio rurale, quali il livello di naturalità del sistema agricolo e la sua diversità;
- informazioni sull'efficacia espressa da indicatori quali biodiversità e grado di disturbo per la misura della sostenibilità ambientale di ambienti non naturali quali gli agroecosistemi;
- informazioni relative all'utilizzo di bioindicatori quali flora e carabidofauna per l'analisi della qualità ambientale degli agroecosistemi

RIASSUNTO.....	2
ABSTRACT	3
OBIETTIVO DELLA RICERCA	4
CAPITOLO 1	8
INTRODUZIONE	8
1.1 La multifunzionalità.....	8
1.2 Agricoltura e biodiversità.....	9
1.3 La sostenibilità in agricoltura	15
1.4 Multifunzionalità e sostenibilità in agricoltura: quali relazioni?	16
1.5 Gli indicatori agroambientali e i bioindicatori	18
1.6 Tecniche agricole a favore della multifunzionalità e della sostenibilità ambientale	20
1.7 L'agricoltura biologica.....	21
1.8 L'agricoltura conservativa	23
1.9 Approccio metodologico	24
1.9.1 <i>Bioindicatori: Carabidofauna</i>	26
1.9.1.1 <i>Tecniche di campionamento</i>	30
1.9.2 <i>Bioindicatori: flora</i>	32
1.9.2.1 <i>Tecniche di campionamento</i>	34
1.10 Bibliografia	35
CAPITOLO 2	43
MULTIFUNZIONALITÀ DELL'AGRICOLTURA:UNA LETTURA A SCALA AZIENDALE.....	43
2.1 Introduzione	43
2.2 Materiali e metodi	45
2.2.1 Analisi degli indicatori	47
2.2.1.1 <i>Tema: organizzazione aziendale</i>	47
2.2.1.2 <i>Tema: contesto paesaggio</i>	49
2.2.1.3 <i>Tema: impatto ambientale</i>	49
2.3 Risultati.....	50

2.3.1 Tema: organizzazione aziendale	51
2.3.2 Tema: contesto paesaggio	52
2.3.3 Tema: impatto ambientale.....	53
2.3.4 Classificazione della multifunzionalità aziendale.....	53
2.4 Discussione e conclusioni.....	54
2.5 Bibliografia.....	57
CAPITOLO 3.....	59
ANALISI DI INDICI DI BIODIVERSITÀ E DISTURBO NELL'AGROECOSISTEMA: IL CASO DEI VIGNETI BIOLOGICI	59
3.1 Introduzione.....	59
3.2 Materiali e metodi.....	60
3.2.1 Descrizione area studio	60
3.2.2 Descrizione metodo campionamento	62
3.3 Risultati.....	64
3.3.1 Biodiversità e disturbo per la flora.....	64
3.3.2 Biodiversità e disturbo per la fauna (Coleoptera, Carabidae)	65
3.4 Discussione dei risultati	70
3.5 Conclusioni.....	73
3.6 Bibliografia.....	76
3.7 APPENDICE.....	79
CAPITOLO 4.....	83
VALUTAZIONE DI INDICI DI BIODIVERSITÀ E DISTURBO NELL'AGROECOSISTEMA: IL CASO DELLE LAVORAZIONI CONSERVATIVE	83
4.1 Introduzione.....	83
4.2 Materiali e metodi.....	85
4.2.1 Area di studio	85
4.2.2 Campionamento della flora.....	87
4.2.3 Campionamento della fauna	88
4.2.4 Indici considerati e analisi statistiche	89
4.3 Risultati.....	90

4.3.1 <i>Analisi della flora</i>	90
4.3.2 <i>Analisi della Fauna</i>	92
4.3.3 <i>Relazioni tra bioindicatori ed indici</i>	95
4.4 Discussione dei risultati e conclusione.....	95
4.5 Bibliografia	99
4.6 APPENDICE	103
CAPITOLO 5	113
CONCLUSIONI GENERALI.....	113
RINGRAZIAMENTI	114

Tesi di dottorato di Nadia Gambon discussa presso l'Università degli Studi di Udine

CAPITOLO 1

INTRODUZIONE

1.1 La multifunzionalità

Il concetto di multifunzionalità consente il passaggio da una visione essenzialmente produttiva dell'agricoltura a una visione più ampia, che associa al settore agricolo funzioni ambientali, sociali e culturali, oltre che economiche.

Questo concetto viene proposto a partire dalla riforma McSharry del 1992 che introduce aiuti compensativi per la tutela dell'ambiente e segue le posizioni della Commissione Europea, che nel 1991 indica come necessario “il riconoscimento delle funzioni che l'agricoltore svolge, o quantomeno potrebbe e dovrebbe svolgere, per quanto riguarda il mantenimento e la tutela dell'ambiente. [...] Dobbiamo sostenere gli agricoltori anche quali gestori delle risorse naturali, attraverso l'uso di tecniche meno intensive e attraverso la realizzazione di pratiche rispettose dell'ambiente” (European Commission, 1991).

Con la conferenza di Cork del 1996 il concetto di multifunzionalità viene ulteriormente sviluppato. Nel 1998, nell'ambito dell'Organizzazione Mondiale del Commercio (OMC), viene presentato il primo documento ufficiale in cui si fa riferimento alle diverse funzioni svolte dall'agricoltura e alla necessità di sostenere le aziende agricole che si impegnano nella tutela, gestione, valorizzazione del paesaggio rurale, nella protezione dell'ambiente, e contribuiscono alla vitalità delle aree rurali (European Commission 1998).

Nel 2001, l'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OECD 2001) definisce la multifunzionalità come l'insieme di contributi che il settore agricolo può apportare al benessere sociale ed economico della collettività e che quest'ultima riconosce come propri dell'agricoltura.

In Italia l'emanazione del decreto legislativo n. 228 del 18 maggio 2001 conferma il ruolo multifunzionale dell'agricoltura e dà una nuova configurazione giuridica all'impresa agraria. Il Decreto definisce, per la prima volta sul piano normativo, il distretto rurale e agroalimentare specificando lo spettro delle attività che possono definirsi agricole. In tale ambito infatti, le attività principali dell'impresa agraria sono “dirette alla cura e allo sviluppo di un ciclo biologico o di una fase necessaria a tale ciclo che utilizzano o possono utilizzare il fondo, il bosco o le acque dolci, salmastre e marine” e quelle connesse “alla manipolazione, trasformazione, commercializzazione e valorizzazione di

prodotti ottenuti prevalentemente dalla coltivazione del fondo o del bosco o dell'allevamento di animali, nonché le attività dirette alla fornitura di beni o servizi mediante l'utilizzazione prevalente di attrezzature o risorse dell'azienda comprese le attività di valorizzazione del territorio e del patrimonio rurale e forestale, ovvero di ricezione e di ospitalità". Oltre alla funzione primaria di produzione alimentare, viene quindi richiesto alle aziende agricole di operare nell'ambito del sociale, del tempo libero, della didattica, della salvaguardia dell'ambiente e del paesaggio, attraverso la gestione e controllo delle acque, ecc.

La ragione di questo interesse è duplice: da un lato l'agricoltura continua ad essere il maggiore utilizzatore del territorio circa un quarto dell'intero territorio europeo (EU 23) è occupato da aree coltivate (Eurostat, 2011), dall'altro le zone agricole si stanno trasformando da zone produttive a zone di consumo che necessitano di sviluppare funzioni sociali, ricreative e gestionali.

L'agricoltura multifunzionale include tre funzioni centrali, che riguardano le relazioni con lo spazio (ambiente, paesaggio), con la produzione (salubrità, sicurezza degli alimenti, diversificazione qualitativa degli alimenti) e con i servizi (gestione aree rurali, biodiversità) (Durand e Van Huylenbroeck, 2003), condizione che determina la coesistenza nella stessa area di funzioni ecologiche, economiche, culturali, storiche ed estetiche (Bärbel e Gunther Tress, 2003).

Si tratta quindi della capacità delle aziende del settore agricolo di dare origine a produzioni congiunte (beni alimentari, ambiente, fruizione) ed implica il presupposto che, contemporaneamente alla produzione dei beni alimentari, si attuino azioni di tutela della naturalità dell'ambiente e si promuovano iniziative, anche di natura economica, per la fruizione dello stesso (Millennium Ecosystem Assessment 2005).

1.2 Agricoltura e biodiversità

Secondo la definizione espressa dalla Convenzione sulla Diversità Biologica "la diversità biologica viene intesa come variabilità degli organismi viventi di ogni origine, compresi gli ecosistemi terrestri, marini ed altri ecosistemi acquatici, ed i complessi ecologici di cui fanno parte; ciò include la diversità nell'ambito delle specie, tra le specie e tra gli ecosistemi". La biodiversità può essere analizzata in termini di (OECD, 2001).

a) diversità genetica (all'interno delle specie), che riguarda la diversità tra i geni nell'ambito delle specie "domestiche" (vegetali o animali);

b) diversità delle specie (tra le specie), cioè il numero delle specie e le popolazioni (fauna e flora) coinvolte dall'agricoltura, incluso il suolo, e gli effetti delle specie non native sull'agricoltura;

c) diversità degli ecosistemi relativa alla diversità delle specie, dei processi e delle funzioni ecologiche che si osservano nei diversi ecosistemi "costituiti da popolazioni di specie rilevanti per l'agricoltura o da comunità di specie dipendenti dagli habitat agricoli".

La maggior parte delle ricerche in campo ecologico si occupa di biodiversità cercando possibili legami tra diversità delle specie e intensità dei vari processi ecosistemici (Ghilarvo, 2000).

Infatti, oltre che per il suo valore intrinseco, la biodiversità è importante come fonte di beni e risorse di cui beneficiano tutte le comunità viventi. La perdita di biodiversità comporta come conseguenza una diminuzione della funzionalità degli ecosistemi che provoca una crescente instabilità dei sistemi.

La conservazione della biodiversità è un obiettivo sovranazionale al quale le politiche comunitarie rispondono integrando le necessità di conservazione nei diversi settori produttivi, come nel caso dell'agroambiente prevedendo incentivi per sistemi di produzione a basso impatto ambientale, quali l'agricoltura integrata e biologica, l'estensivizzazione delle produzioni, la salvaguardia degli habitat d'alto valore naturalistico, il mantenimento della biodiversità (Cicarrese et al., 2010).

Il cambiamento dell'uso del suolo verso l'intensificazione dell'utilizzo delle risorse naturali, ivi comprese l'agricoltura e l'urbanizzazione, lo sfruttamento incontrollato, l'inquinamento, i cambiamenti climatici e la comparsa di specie che competono con la flora e la fauna autoctone, sono fenomeni che danneggiano gli ecosistemi naturali, i quali, una volta distrutti, sono a volte impossibili da ripristinare o spesso lo sono ma solo a costi molto elevati.

Se si assume che la diversità di specie di un ecosistema corrisponde alla complessità delle interazioni tra queste, cioè al numero delle vie lungo le quali l'energia può attraversare una comunità, allora l'alterazione della biodiversità causa cambiamenti nella stabilità dell'ecosistema, la riduzione della funzionalità di habitat e di ecosistemi nonché la loro possibile scomparsa. Non a caso il primo obiettivo della Strategia nazionale sulla biodiversità predisposta dalla Direzione per la Protezione della natura e del mare del ministero dell'Ambiente riguarda proprio la necessità di garantire entro il 2020 la conservazione della biodiversità e assicurare la salvaguardia e il ripristino dei servizi

ecosistemici al fine di garantirne il ruolo chiave per la vita sulla Terra e per il benessere umano. Biodiversità, significa diversità ecosistemica e diversità funzionale e quindi qualità ambientale, con beneficio di tutti gli organismi che traggono vantaggio da tali funzioni. Di conseguenza, maggiore è la diversità del sistema maggiore sarà la sua adattabilità alle variazioni e minore sarà la sua fragilità relativa e vulnerabilità (Andreella e Duprè, 2010).

Ogni agroecosistema è caratterizzato da un forte dinamismo spazio-temporale, in funzione di fattori ambientali, socio-economici, biologici e culturali, da cui deriva l'eterogeneità dei diversi territori rurali. Per questo motivo una delle principali sfide con la quale attualmente il mondo scientifico e gli agricoltori si confrontano è l'identificazione delle pratiche agricole aventi effetti positivi sulla biodiversità, sia a livello di appezzamento aziendale, che di paesaggio agricolo. Si è ormai consapevoli che pratiche quali le lavorazioni profonde dei suoli, la monocoltura, l'uso eccessivo di erbicidi e di pesticidi chimici, in generale causano nel tempo una perdita significativa di biodiversità nelle sue diverse forme. Al contrario l'adozione di sistemi di agricoltura a basso input chimici, l'adozione di lavorazioni più superficiali, le rotazioni colturali, l'uso dei sovesci o delle consociazioni favoriscono sistemi stabili, meno disturbati e ad elevata biodiversità (Holland, 2004, Trewavas, 2004).

Uno strumento irrinunciabile per implementare e conservare la sostenibilità in agricoltura è la la conservazione della biodiversità degli agroecosistemi e nei sistemi naturali residuali. Tecnicamente ciò si traduce nello sviluppo di sistemi agricoli multifunzionali che pur rimanendo produttivi rispondano al mantenimento della biodiversità, puntando alla protezione delle piante dalle avversità, al miglioramento della fertilità del suolo, all'integrazione delle coltivazioni erbacee con quelle arboree, delle aree coltivate con quelle non coltivate, ed all'integrazione delle coltivazioni con l'allevamento (Altieri et al., 2003).

Poiché nei sistemi agricoli sostenibili chi coltiva la terra possiede per tradizione una profonda conoscenza della biodiversità e delle sue componenti, sarebbe auspicabile che questo sapere venisse integrato in schemi di innovazione agricola tesi a conciliare la tutela delle risorse di un territorio rurale con il suo sviluppo (Altieri e Hecht, 1991).

Esempi di agricoltura sostenibile che integrano nel processo produttivo la biodiversità sono il metodo di produzione biologico e biodinamico, l'agricoltura integrata e l'agricoltura conservativa che adottano un complesso di pratiche di gestione

dell'agroecosistema positive nei confronti della diversità, rispetto all'agricoltura convenzionale (Hole et al. 2005; Vazzana e Lazzerini, 2003)

La Commissione Europea (2001) identifica la biodiversità come un fattore fondamentale per la soddisfazione di bisogni umani basilari e per la sicurezza alimentare in considerazione del ruolo che questa ha nei vari processi ecologici utilizzati dall'agricoltura come per esempio la produzione di cibo e quella di fibre ed altri materiali oltre che di altri servizi di tipo ecologico.

Secondo la FAO (FAO-Netherlands Government, 2000) sono le risorse genetiche e la loro diversità che permettono il miglioramento e l'adattamento dell'agricoltura ai cambiamenti ambientali e della domanda sui mercati, costituendo pre-requisiti fondamentali per la produzione agricola.

L'agro-biodiversità è una parte della biodiversità generale che include (FAO 1999):

- le specie usate direttamente o indirettamente in agricoltura per la produzione di cibo per l'alimentazione umana e animale, e di materiali e servizi come fibre, fertilizzanti, carburanti e prodotti farmaceutici;
- gli habitat e le specie all'esterno dei sistemi agricoli che beneficiano dall'attività agricola e aumentano le funzioni dell'agroecosistema, incluse le varietà vegetali, le razze animali e anche funghi e altri micro-organismi;
- la complessità ecologica della quale fanno parte le piante coltivate e gli animali allevati, le specie selvatiche da cui le prime derivano, e altre specie che sono funzionali come le specie impollinatrici e i predatori dei parassiti.

Nonostante la riconosciuta importanza della biodiversità per il funzionamento degli ecosistemi, si sta assistendo, a livello globale, ad una perdita della biodiversità e dei relativi beni e servizi ambientali necessari per il benessere umano ad una velocità senza precedenti (European Commission, 1998; Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Il Millennium Ecosystem Assessment identifica fra le maggiori cause della perdita di ecosistemi, la conversione degli habitat naturali, il cambiamento climatico, l'introduzione di specie invasive, lo sfruttamento eccessivo delle risorse naturali e l'inquinamento (per esempio da fosforo e azoto).

In ambito agricolo, la Commissione Europea indica, fra le maggiori pressioni con impatto sulla biodiversità, l'uso eccessivo di pesticidi e fertilizzanti, la sostituzione delle pratiche tradizionali con quelle meccanizzate, l'intensificazione e specializzazione delle coltivazioni, la riduzione del numero di specie e varietà usate, l'abbandono delle aree dove viene praticata l'agricoltura tradizionale, la parcellizzazione delle aree agricole

tradizionali in vaste estensioni monoculturali, la scomparsa di siepi e di strisce inerbite ai margini dei campi nonché dei biotopi seminaturali, e l'estrazione eccessiva di acqua per l'irrigazione (EEA, 1995; European Commission, 2001; European Commission, 2004).

Per far fronte a questa situazione la Comunità Europea ha varato nel 2001 il "Piano di azione per la biodiversità in agricoltura" che ha come priorità:

- la promozione ed il supporto delle pratiche di agricoltura che direttamente o indirettamente hanno impatti positivi sulla conservazione della biodiversità;
- le attività agricole sostenibili nelle aree ad elevata biodiversità;
- il mantenimento ed incremento delle infrastrutture ecologiche;
- le misure legate tutela delle risorse genetiche;
- la valorizzazione sul mercato delle varietà e razze attualmente non commercializzate.

Esiste consenso scientifico sul fatto che senza la biodiversità, sia i processi naturali come la regolazione del clima, la purificazione dell'acqua e dell'aria, il mantenimento della struttura e fertilità del suolo da parte della flora e della microfauna, il controllo biologico delle specie infestanti, l'impollinazione, la riproduzione delle specie, sia le attività umane come la produzione di materiali industriali, l'agricoltura, la pesca, attività ricreative all'aperto, ecc. sarebbero impossibili. (Hooper et al., 2005; Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Commissione Europea, 2006).

La necessità di un forte cambiamento della Politica Agricola Comunitaria (PAC) in direzione della salvaguardia dell'ambiente è stata confermata nell'ambito della Conferenza Europea sullo Sviluppo Rurale tenutasi a Salisburgo nel novembre 2003, dove sono stati concretizzati standard obbligatori per l'accesso degli agricoltori agli aiuti europei (eco-condizionalità) concernenti sia le misure di mercato e di sostegno dei redditi mediante il Pagamento unico aziendale (primo pilastro della PAC), sia le misure agroambientali dello sviluppo rurale (secondo pilastro). Queste ultime interessano direttamente la biodiversità, si cita l'esempio delle misure a sostegno dell'allevamento di specie animali e vegetali a rischio di estinzione e quelle per il mantenimento di habitat tutelati nell'ambito delle aree costituenti la rete Natura 2000 (Reg. CE 1698/2005).

Con l'introduzione dell'eco-condizionalità gli stati membri sono stati chiamati a definire requisiti minimi applicabili a livello aziendale per tutti gli standard previsti dagli allegati III e IV del Regolamento del Consiglio (EC) No 1782/2003, che si riferiscono al mantenimento dei pascoli per la riduzione dei seminativi e all'uso di buone pratiche agricole al fine della conservazione dell'ambiente.

Le Condizioni di Gestione Obbligatoria (CGO) relative all'ambiente e quelle relative alle Buone Condizioni Agronomiche e Ambientali (BCAA) interessano la conservazione della biodiversità in modo diretto o indiretto. In particolare le CGO assumono come riferimento le seguenti Direttive europee:

- Dir. 79/409/EEC sulla conservazione degli uccelli selvatici articoli 3, 4(1) (2) (4), 5, 7 e 8;
- Dir. 80/68/EEC sulla protezione delle falde acquifere dall'inquinamento causato da certe Dir. 86/278/EEC sulla protezione dell'ambiente, ed in particolare del suolo, quando i liquami sono utilizzati in agricoltura, articolo 3;
- Dir. 91/676/EEC relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento causato dai nitrati derivanti da fonti agricole, articoli 4 e 5;
- Dir. 92/43/EEC sulla conservazione degli habitat naturali e della flora e fauna selvatica, articoli 6, 13, 15, e 22(b).

Invece, gli standard per le BCAA sono più generali e si riferiscono al controllo dell'erosione del suolo, alla conservazione della sostanza organica e della struttura del terreno, e ad evitare il deterioramento degli habitat. I requisiti minimi obbligatori suddetti costituiscono il cosiddetto regolamento orizzontale relativo all'ambiente a cui tutte le aziende devono uniformarsi per accedere a qualsiasi tipo di pagamento diretto. Nonostante i CGO e le BCAA non siano stati introdotti per il raggiungimento di specifici obiettivi di conservazione della biodiversità, perseguono l'obiettivo di limitare gli effetti negativi delle pressioni agricole sull'ambiente e di promuovere la cultura e la sensibilità ambientale fra gli agricoltori.

Inoltre, la loro importanza risiede anche nel fatto che, almeno da un punto di vista giuridico, definiscono una soglia di riferimento per considerare i benefici ambientali delle attività agricole.

Il Regolamento (EC) 1698/05, per lo sviluppo rurale finanziato dal Fondo Agricolo Europeo, prevede che l'erogazione di eventuali incentivi economici attraverso le misure agro-ambientali possa avvenire esclusivamente in corrispondenza della reale produzione di beni e servizi ambientali, cioè per quei benefici ambientali prodotti al di sopra della soglia del rispetto del requisito minimo dell'eco-condizionalità. Va anche detto che secondo l'Agenzia Europea per l'Ambiente in generale in Europa l'utilizzazione delle misure agroambientali per la conservazione della biodiversità è molto lontana da una situazione ottimale, così come insoddisfacente risulta la loro efficacia ed il relativo monitoraggio (EEA, 2004).

1.3 La sostenibilità in agricoltura

Il concetto di sostenibilità viene introdotto nel 1987 dalla World Commission on Environment and Development (Commissione Brundtland) e nell'ambito del Rapporto "Our Common Future" (1987) in cui si definisce lo sviluppo sostenibile come quello che *"garantisce i bisogni delle generazioni attuali senza compromettere la possibilità che le generazioni future riescano a soddisfare i propri"*.

La valutazione dei progressi nel campo della sostenibilità ha dunque una prospettiva olistica (Hardi e Zdan, 1997), questo significa che la sostenibilità deve includere una visione globale del sistema e di ogni sua parte, considerando il benessere e l'evoluzione delle componenti sociali, ecologiche ed economiche, e analizzando le conseguenze positive e negative dell'attività umana quali costi e benefici per i sistemi antropici ed ecologici.

Il modello di sviluppo sostenibile, compatibile con le esigenze di tutela e salvaguardia delle risorse come capitale dell'umanità, si ripropone quindi il raggiungimento di una migliore qualità della vita e di un equilibrio ambientale favorevole per l'uomo e per le altre specie viventi, nel quale sia possibile una più equa accessibilità alle risorse.

Negli ultimi anni il termine 'sostenibilità' è stato ampiamente usato, anche in campo agricolo. Esso deriva dal concetto più ampio di sviluppo sostenibile, arrivato in Italia alla fine degli anni ottanta. Diversi sono gli autori che hanno cercato di dare una definizione di agricoltura sostenibile. Secondo Crosson, ad esempio, "un sistema agricolo sostenibile è quello capace di incontrare le richieste di cibo e fibre ad un costo economico ed ambientale socialmente accettabile" (Crosson, 1992).

Miguel Altieri con il termine sostenibilità agricola ha indicato la capacità di un agroecosistema di mantenere la produzione nel tempo, a fronte di limitazioni ecologiche e pressioni socioeconomiche di lungo termine (Altieri, 1987).

Infine secondo la definizione dell'Organizzazione mondiale per lo Sviluppo Economico (OCSE) l'agricoltura per essere sostenibile dovrebbe perseguire i seguenti obiettivi:

- il reddito equo dell'agricoltore;
- la tutela della salute dell'operatore agricolo e del consumatore;
- la conservazione nel tempo della fertilità del suolo;
- la conservazione nel tempo delle risorse ambientali.

Nell'agricoltura europea odierna le politiche settoriali adottate, il progresso tecnologico, la maggiore apertura dei mercati internazionali e il conseguente aumento della

competizione, hanno conferito al settore agricolo un carattere sempre più intensivo, con ripercussioni negative sul territorio e le sue risorse ambientali. Si è assistito da un lato all'intensificazione dell'agricoltura nelle aree più produttive, dall'altro alla tendenza alla marginalizzazione e all'abbandono dei terreni agricoli nelle aree meno produttive.

L'agricoltura sostenibile dovrebbe quindi considerare un uso del suolo e delle risorse naturali per finalità produttive agricole tale che:

- le risorse naturali siano disponibili anche in futuro, includendo tra esse anche il paesaggio, gli habitat, la biodiversità, e la qualità delle risorse naturali (dimensione ecologica);
- le risorse disponibili siano utilizzate in maniera efficiente e tale da rendere il settore competitivo e vitale e contribuire allo sviluppo rurale del territorio (dimensione economica);
- garantisca opportunità di lavoro e accesso alle risorse e ai servizi delle aziende agricole (dimensione sociale) (Rosselli, 2005).

Anche in un'ottica in cui i terreni agricoli servono in primo luogo a produrre derrate alimentari sane e di qualità elevata e materie prime rinnovabili, la preservazione della biodiversità e la complessiva sostenibilità sono inestricabilmente legate. Le sempre più rigorose disposizioni comunitarie in materia di ambiente (vedasi la direttiva quadro sull'acqua e le direttive sugli habitat, sulla protezione degli uccelli e sull'utilizzo sostenibile dei prodotti fitosanitari (Dir. CEE, 1992), come pure la maggiore domanda di derrate alimentari di grande qualità, hanno portato gli agricoltori europei ad analizzare con sguardo critico le tecniche agricole convenzionali e ad adattarle ai nuovi obiettivi. (www.copa-cogeca.eu).

Il sostegno economico ha contribuito in modo rilevante alla diffusione di pratiche di produzione alternative come la lotta integrata e l'agricoltura a basso input, o di complessi sistemi di coltivazione quali l'agricoltura biologica e l'agricoltura conservativa.

1.4 Multifunzionalità e sostenibilità in agricoltura: quali relazioni?

Secondo l'Unione europea, il termine multifunzionalità illustra "il nesso fondamentale tra agricoltura sostenibile, sicurezza alimentare, equilibrio territoriale, conservazione del paesaggio e dell'ambiente, nonché garanzia dell'approvvigionamento alimentare" (European Commission, 2000). L'azienda agricola multifunzionale può essere "la via preferenziale per promuovere e realizzare pratiche di lavoro basate sulla tutela e la valorizzazione dell'ambiente, definendo e realizzando nuovi servizi, focalizzati su azioni

nel settore della tutela e della fruizione dell'ambiente e valorizzando il ruolo delle aziende agricole multifunzionali nel mercato del turismo di qualità e dei servizi pubblici” (Ferroni, 2010).

Come si può vedere la multifunzionalità dell'agricoltura è un concetto che ben si sposa con quello di sostenibilità poiché fa riferimento al ruolo multiplo dell'agricoltura e alla sua capacità di produrre prodotti destinati al mercato ma anche esternalità positive, svolgendo funzioni sociali ed ambientali.

Tuttavia mentre la sostenibilità riguarda la disponibilità delle risorse, la multifunzionalità si riferisce alle modalità secondo le quali le risorse vengono utilizzate nel processo produttivo agricolo e al loro

contributo al soddisfacimento di determinati bisogni della società.

La multifunzionalità all'interno dell'attività agricola ha un valore maggiore nella aziende dove si applicano tecniche di produzione che implicano un minor utilizzo di input. Negli ultimi anni, diverse organizzazioni mondiali che si occupano di sostenibilità ambientale hanno dato rilievo all'opportunità di indirizzare il settore agricolo verso un orientamento produttivo in grado di sostenere dal punto di vista ambientale l'intero ecosistema.

Diverse tecniche agricole consentono di coniugare multifunzionalità e sostenibilità.

Secondo Lampkin (2002) il sistema di produzione sostenibile costituisce il cuore dell'agricoltura biologica. Infatti le aziende biologiche seguono regolamenti comunitari che prevedono il sostegno alla diversità del paesaggio attraverso la richiesta di pratiche agronomiche quali ad esempio l'inerbimento, la presenza di siepi, il mantenimento dei margini, che a loro volta sono un importante contributo alla biodiversità.

Anche le lavorazioni conservative del terreno (LC) si pongono come tecniche innovative nella gestione dell'azienda agricola multifunzionale in quanto capaci di limitare l'impatto ambientale e di migliorare la funzione ecologica ed il carattere di sostenibilità dell'agroecosistema.

Questo insieme di tecniche agronomiche contemplano la semina diretta, le lavorazioni ridotte o minime, il rilascio in superficie dei residui colturali e la gestione delle colture di copertura annuali e poliennali (Pisante, 2004).

Le LC presentano carattere multifunzionale in quanto sono accreditate come tecniche produttive utili per la conservazione della sostanza organica del suolo, riduzione dell'erosione, aumento la biodiversità, riducono l'uso delle risorse idriche e degli input esterni e danno un importante contributo all'adattamento ai cambiamenti climatici ed al

potenziale di mitigazione dei suoli agricoli (Wright et al., 2007; Prakash et al., 2009; Melero et al., 2009).

A conclusione di questo *excursus* si può considerare la multifunzionalità dell'agricoltura come l'insieme di funzioni che può fornire un'azienda agricola. Tra queste non ci sono solo la coltivazione di vegetali e l'allevamento di animali per fornire cibo, ma anche servizi per la collettività e per il sociale quali ad esempio le fattorie didattiche e sociali. Infatti un'azienda agricola può consentire l'accesso al pubblico attraverso attività di lavoro sociale (fattoria sociali, pet therapy,...) e di vendita diretta di prodotti trasformati e non (spaccio aziendale, agriturismo...) oppure offrire servizi differenziati a favore della biodiversità quali la coltivazione e l'allevamento di specie diverse, l'uso ridotto di prodotti chimici, l'utilizzo di pratiche agricole che riducono le lavorazioni permettendo la conservazione della fertilità del terreno.

Se quindi tutte le componenti dell'ecosistema, i processi e le funzioni costituiscono i servizi ecosistemici, possiamo osservare che, qualora un'azienda agricola mantenga elevata la qualità ambientale dell'agroecosistema, attraverso la conservazione della biodiversità, può essere considerata un'azienda multifunzionale in quanto capace di fornire servizi ecosistemici. Alla luce di questa stretta relazione la misura della biodiversità si configura come riferimento per la caratterizzazione dell'azienda multifunzionale, sostenibile e in grado di fornire servizi ecosistemici. Da ciò si assume che la multifunzionalità dell'azienda agricola faccia riferimento a funzioni diverse a seconda della scala considerata, ciò implica la necessità di impiegare indicatori ed indici specifici per la sua valutazione: di tipo socio economico e strutturale per l'intera azienda, relativi alla biodiversità a livello di agroecosistema.

1.5 Gli indicatori agroambientali e i bioindicatori

Negli ultimi anni l'interesse verso lo studio dei sistemi agricoli ha accresciuto la necessità di disporre di strumenti d'indagine che permettono la caratterizzazione di sistemi agroambientali dal punto di vista agronomico, economico ed ecologico (Bockstaller e Girardin, 1996; Vazzana et al., 1997).

Gli indicatori agroecologici costituiscono rappresentazioni semplificate e di facile interpretazione per la stima dell'impatto ambientale delle attività agricole (Bockstaller et al., 1997), che consentono confronti nel tempo e nello spazio tra diversi sistemi colturali e aziendali.

Gli aspetti che influenzano le potenzialità d'impiego degli indicatori sono legati tanto alle loro proprietà che alla loro ricaduta a livello di scelte di politica agricola. Un buon indicatore dovrebbe essere rappresentativo, ossia correlato al fenomeno da controllare, facilmente misurabile ed avere un'adeguata valenza analitica, intesa come base tecnico-scientifica riferibile a modelli standard internazionali (Malzewsky,1999). Altre caratteristiche degli indicatori sono la precisione e la chiarezza delle informazioni ottenute, ma anche la sensibilità intesa come capacità di descrivere prontamente i cambiamenti spazio-temporali necessari a descrivere il fenomeno studiato (INEA, 2008). L'ambiente è una realtà complessa che può venir compresa e valutata soltanto attraverso l'analisi di un elevato numero di fattori e componenti. Per questo motivo già da tempo si è posto il problema di individuare strumenti capaci di fornire informazione in grado di sintetizzare un certo numero di caratteristiche: "gli indicatori". Gli indicatori ambientali nascono dunque dall'esigenza di disporre di un dato che permetta di esprimere un giudizio complessivo sullo stato e sulla qualità dell'ambiente. Ogni indicatore ha un carattere specifico e spesso riduttivo rispetto alla globalità del fenomeno che intende rappresentare. Occorre quindi selezionare una pluralità di indicatori i quali possono venire accorpati in indici con procedure di tipo statistico.

La Commissione Europea negli ultimi anni ha avviato azioni concrete destinate a favorire la convergenza tra politiche agricole e politiche ambientali, ma ha anche reso necessaria la loro valutazione, per altro definendo un quadro comune di riferimento (EC 1974/2006). In questo ambito sono state definite linee guida per la creazione di un coerente set di indicatori agroambientali in grado di assicurare la valutazione ed il monitoraggio delle misure di sviluppo rurale.

Lazzerini et Al. (2001) hanno evidenziato che nel caso di aziende biologiche, l'uso di indicatori agro-ambientali può consentire di valutare il livello di sostenibilità minimo, contribuendo a monitorare la progressione del comportamento ecologico aziendale e fornendo dati quantitativi significativi sugli impatti dei fattori di produzione sulle risorse ambientali. In questi casi la scelta degli indicatori deve avvenire in relazione al settore ambientale di riferimento (suolo, acqua, biodiversità, ecc.), agli obiettivi prefissati, alle peculiarità geografiche, ed essere funzione della scala di rilevazione. Proprio in relazione alla scala il livello aziendale sembra essere quello che risponde meglio alla valutazione integrata delle diverse componenti dell'agroecosistema (Lazzerini et al, 2001).

Gli indicatori ecologici sono stati usati per quantificare l'intensità delle variazioni, la quantità di variazioni e il grado di risposta al cambiamento (Hunsaker e Carpenter, 1990).

Poiché un solo indicatore non può fornire una risposta efficace, è necessario usare un set di indicatori per analizzare le caratteristiche dell'agroecosistema (Bockstaller et al., 1996). Fra le tante tipologie di indicatori ecologici esistenti, molto frequente sta diventando l'uso di bioindicatori. Un bioindicatore può essere definito come una specie o un gruppo di specie che riflette lo stato dell'ambiente, evidenzia l'impatto di un cambiamento su un habitat, su una comunità o su un ecosistema, oppure è rappresentativo della biodiversità generale (McGeoch, 1998). Secondo Iserentant e De Sloover (1976) con bioindicatore si intende qualunque organismo o sistema biologico usato per valutare una modificazione, generalmente degenerativa, della qualità dell'ambiente, qualunque sia il suo livello di organizzazione e l'uso che se ne fa.

Gli usi dei bioindicatori sono evidentemente molteplici, ma in base alla definizione sopra riportata, risulta molto chiara la loro utilità proprio nel campo degli studi di impatto ambientale e delle stime di danno ambientale (Brandmayr, 1980).

I bioindicatori possono essere quindi utilizzati per l'osservazione del comparto biologico poiché sono in grado di rilevare condizioni ambientali presenti o passate associate alla presenza di sostanze inquinanti in grado di determinare alterazioni morfo-funzionali. Secondo i casi il bioindicatore cambia: sarà una comunità, un gruppo di specie con comportamento analogo (gruppo ecologico), una specie particolarmente sensibile (specie indicatrice), oppure una porzione di organismo (Colborn et al., 1993).

1.6 Tecniche agricole a favore della multifunzionalità e della sostenibilità ambientale

I metodi di produzione agricola sostenibile si basano sui concetti prima esposti e considerano in maniera integrata i tre aspetti dello sviluppo: economico, ambientale e sociale. Con riferimento alla componente ambientale e, in particolar modo, al significato per la salvaguardia delle risorse naturali e dunque per la loro tutela, si parla anche di agricoltura ecologicamente sostenibile o eco-sostenibile. Coltivare in modo sostenibile significa quindi innanzitutto promuovere l'equilibrio ambientale e la biodiversità.

Ciò premesso, i principali sistemi agricoli alternativi a quello dell'agricoltura industrializzata sono l'agricoltura integrata, biologica, biodinamica e l'agricoltura conservativa (INEA, 2008).

Nella ricerca l'interesse verrà posto in particolare su agricoltura biologica e conservativa in quanto sistemi di coltivazione consolidati dal punto di vista operativo e conosciuti dagli operatori agricoli.

1.7 L'agricoltura biologica

L'obiettivo generale dell'agricoltura biologica mira a introdurre un sistema di produzione ecologicamente sostenibile, a ottenere prodotti di alta qualità e a soddisfare la richiesta dei consumatori di prodotti ottenuti con procedimenti che non danneggino l'ambiente e la salute umana e che tengano conto del benessere degli animali.

Il modello di gestione sostenibile viene perseguito attraverso il rispetto dei sistemi e dei cicli naturali e il mantenimento e miglioramento della salute dei suoli, delle acque, delle piante e degli animali e l'equilibrio tra di essi. Per ottenere questi risultati è necessario mantenere un alto livello di diversità biologica, assicurare un impiego responsabile dell'energia e delle risorse naturali come l'acqua, il suolo, la materia organica e l'aria e rispettare criteri rigorosi in materia di benessere degli animali (Briamonte e Pergamo, 2009).

Una precisa connotazione all'agricoltura biologica viene data nel 1991 dalla Comunità Europea che emana il Regolamento 2092. Con tale regolamento viene puntualizzato il fatto che l'agricoltura biologica non è un tipo di coltivazione che garantisce l'assenza di sostanze chimiche nei prodotti ma garantisce che l'intero sistema produttivo lavori nella direzione della salvaguardia dell'ambiente con la riduzione di *input* chimici ma anche con l'adozione di pratiche agronomiche che tutelano l'ecosistema nel suo complesso. Sono centrali soprattutto aspetti agronomici quali il mantenimento della fertilità del terreno (che viene salvaguardata mediante l'utilizzo di fertilizzanti organici, sovesci), la pratica delle rotazioni colturali (che apportano un migliore sfruttamento della fertilità del terreno, variabilità di habitat e risorse per i selvatici, diversità del paesaggio), le lavorazioni attente al mantenimento e al miglioramento della struttura del suolo e alla presenza di sostanza organica, la lotta alle avversità delle piante (consentita solamente con preparati vegetali, minerali e animali che non siano di sintesi chimica).

L'avvicendamento colturale consente il mantenimento di una buona fertilità del terreno e della sua struttura, favorendo la conservazione di sostanza organica. Inoltre limita la diffusione di malattie delle piante diminuendo l'accumulo nell'ambiente di quei patogeni che si riproducono in presenza di una determinata coltura. Lo sviluppo delle erbe infestanti viene controllato che attraverso l'alternanza di colture antagoniste. Di conseguenza, l'avvicendamento colturale consente una diminuzione di fertilizzanti, diserbanti e pesticidi, mentre la diversificazione di principi attivi impiegati a seconda delle colture diminuisce la probabilità che si affermino infestanti resistenti. Per il

mantenimento della sostanza organica nel terreno una tecnica utilizzata in agricoltura biologica è il sovescio. Particolarmente importante è il sovescio di leguminose, in quanto queste sono tra le poche specie vegetali in grado di fissare direttamente l'azoto atmosferico. Questa tecnica svolge una funzione positiva anche sulla protezione del suolo e nella prevenzione dell'erosione del terreno, sulla stabilità della struttura, sul controllo delle infestanti e di alcuni parassiti (INEA, 2008).

Il grande interesse mostrato nei confronti dei prodotti da agricoltura biologica, oltre a comportare una rapida e consistente crescita del settore, ha reso necessari continui aggiornamenti legislativi: dal 1991 ad oggi sono ben 23 gli atti di modifica ed integrazione al testo originale.

Nel 1999, dopo anni di attesa, è stato emanato il regolamento 1804/99 che integra il regolamento 2092/91 per quanto riguarda le produzioni biologiche animali. Entrambi i regolamenti stabiliscono le norme tecniche di produzione con il metodo biologico e gli allegati definiscono le caratteristiche ed i prodotti di cui è ammessa l'utilizzazione per la concimazione, la difesa fitosanitaria e animale e l'alimentazione. Infine, il Reg. (CE) N. 834/2007 del Consiglio del 28 giugno 2007 relativo alla produzione biologica e all'etichettatura dei prodotti biologici abroga il regolamento (CEE) n. 2092/91 semplificando e rendendo più trasparente il quadro normativo relativo alle tecniche di produzione e commercializzazione degli alimenti biologici.

La superficie coltivata ad agricoltura biologica in Europa è pari a 9,3 milioni di ettari mentre in Italia ammonta a 1,1 milioni di ettari (Bioreport, 2011).

Attualmente il comparto dell'agricoltura biologica conta nella regione Friuli Venezia Giulia circa 300 aziende, concentrate prevalentemente nell'area collinare e dell'alta pianura friulana. La produzione interessa circa 2.800 ettari e le colture prevalenti sono rappresentate da cereali (35%), foraggere (21%), vite (11%) e fruttiferi (11%) (www.regione.fvg.it).

Il Friuli Venezia Giulia è una delle regioni italiane in cui l'agricoltura biologica si è diffusa già negli anni 70 del secolo scorso. Un ruolo particolare di promozione e sviluppo dell'agricoltura biologica è stata la fondazione, nel 1979, di una cooperativa allo scopo di creare un marchio facilmente identificabile per raggruppare i singoli produttori, per favorire la vendita dei prodotti e per garantire un controllo dell'attività delle aziende stesse.

Un notevole impulso alla diffusione dell'agricoltura biologica sul territorio regionale è stato sicuramente dato dalla L.R. 59/1990, la prima legge regionale in Italia che ha

definito un disciplinare di produzione per le aziende biologiche e che ha favorito lo sviluppo di tale metodo produttivo. Si tratta certamente di una iniziativa pionieristica, se si considera che ha anticipato di un anno il Regolamento CEE 2092/91 e che non esisteva alcuna norma nazionale italiana di riferimento in questo settore.

L'azione di promozione del legislatore regionale è aumentata nel tempo, con l'emanazione di una nuova legge regionale (L.R. 32/1995), che ha puntato all'erogazione di contributi a favore delle aziende agricole che convertivano il proprio metodo di produzione da tradizionale a biologico. Gli incentivi hanno certamente favorito la nascita di nuove aziende ad indirizzo biologico e la conversione delle piccole aziende agricole che, situate spesso nelle aree marginali, trovavano nei costi di conversione uno dei vincoli maggiori ostacoli per passare all'agricoltura biologica.

1.8 L'agricoltura conservativa

L'agricoltura conservativa (agricoltura blu) è stata definita nell'ambito del progetto SoCo (Sustainable Agriculture and Soil Conservation), finanziato dalla Commissione europea, quell'insieme di pratiche agricole complementari che consentono:

- l'alterazione minima del suolo (tramite la semina su sodo o la lavorazione ridotta del terreno evitando il rivoltamento del terreno) al fine di preservare la struttura, la fauna e la sostanza organica del suolo (rimescolamento naturale degli strati di suolo);
- la copertura permanente del suolo (colture di copertura, residui e coltri protettive) per proteggere il terreno e contribuire all'eliminazione delle erbe infestanti;
- le associazioni e rotazioni colturali diversificate, che favoriscono i microrganismi del suolo e combattono le erbe infestanti, i parassiti e le malattie delle piante (Comunità Europea, 2009).

Molti esperti a livello internazionale concordano sul fatto che l'agricoltura conservativa sia un elemento importante per una gestione sostenibile della terra in molti sistemi agricoli. L'impiego frequente di un'aratura profonda può distruggere l'equilibrio organico del suolo causando erosione e, nel tempo, perdita di produttività. Uno dei problemi principali è che il suolo degradato si compatta più facilmente e per questo assorbe una minore quantità di acqua, che tende a defluire portandosi con sé il terreno di superficie. Il terreno perde così la capacità di trattenere l'acqua con conseguenze negative per le falde acquifere sotterranee che non vengono più alimentate, aggravando gli effetti della siccità. (www.fao.org).

L'LC viene indicato come un sistema agronomico utile nella conservazione della fertilità del suolo la biodiversità del terreno e la perdita di carbonio durante le lavorazioni (Conant et al., 2007).

Poiché le lavorazioni conservative riducono il numero di operazioni colturali necessarie per preparare il letto di semina si rileva anche un minor consumo di energia rispetto all'agricoltura convenzionale (Zentner et al., 2004; Zentner et al. , 2011). Importante risulta anche la riduzione dei costi per la fertilizzazione azotata e il beneficio delle colture di copertura sulla lisciviazione dell'azoto e sul potenziale di erosione del suolo (Upendra et al., 2007).

Holland (2004) confronta le implicazioni ambientali delle lavorazioni conservative con quelle delle lavorazioni convenzionali e riporta molte esperienze condotte negli Stati Uniti d'America e in Europa sottolineando i molteplici benefici delle lavorazioni conservative sull'ambiente naturale. Effetti positivi sulla qualità del suolo sono dimostrati dall'incremento di sostanza organica e dell'azoto totale associate al miglioramento della struttura del suolo stesso (Wright et al., 2007; Prakash et al., 2009; Melero et al., 2009).

Una buona struttura del suolo derivante dalle lavorazioni conservative è importante nel ripristino della produttività di suoli soggetti a erosione (Langdalea et al., 1992). Questa caratteristica insieme alla presenza dei residui colturali, generalmente presenti nelle lavorazioni conservative, migliora erosione superficiale e riduce la perdita di sedimenti. Tuttavia questo effetto dipende dal tipo di suolo e dalle caratteristiche delle precipitazioni (Mickelson et al., 2001). La riduzione delle lavorazioni e le colture di copertura sono spesso considerati una utile pratica per la fissazione della sostanza organica nei suoli coltivati (Bruce et al., 1999; Deen, 2003; Bronick et al., 2005).

L'agricoltura conservativa si sta rapidamente diffondendo ed interessa a livello mondiale oltre 95 milioni di ettari, la cui frazione Europea si attesta a circa il 15% dei terreni agricoli coltivati. A livello nazionale i 560.000 ha di terreni condotti con questa tecnica produttiva rappresentano il 7% dell'intero territorio coltivato (Pisante, 2007).

1.9 Approccio metodologico

In relazione agli obiettivi della ricerca la domanda a cui si vuole rispondere è: quali indicatori sono più appropriati per misurare il grado di multifunzionalità raggiunto alle diverse scale alle quali essa può essere interpretata?

L'approccio di analisi sviluppato nel tentativo di rispondere a questo quesito ha tenuto conto delle evidenze emerse dall'indagine bibliografica, che ha messo in luce come la

multifunzionalità dell'agricoltura si esprima con caratteristiche diverse alle diverse scale. Infatti alla scala di azienda agricola, intesa come sistema produttivo che esplica la sua azione su una certa porzione di territorio, la multifunzionalità può essere misurata attraverso l'insieme di funzioni e dei servizi alla collettività che essa fornisce. Invece, alla scala di singola unità di produzione, intesa come luogo fisico in cui avviene la produzione (cioè il campo coltivato) che per definizione è un ecosistema collegato agli ecosistemi vicini, la multifunzionalità può essere valutata attraverso la biodiversità ed il grado di disturbo dell'agroecosistema.

Tra le diverse tecniche agricole che l'analisi della letteratura ha indicato come sostenibili dal punto di vista ambientale sono state individuate come soggetto di indagine il metodo di produzione biologico e quello delle lavorazioni conservative del terreno.

Questo perché si tratta di metodi codificati dal punto di vista tecnico, diffusi tra gli operatori agricoli, molto studiati in termini di ricadute sull'ambiente ed economiche.

L'approccio metodologico utilizzato ha previsto due diverse fasi:

1) Per indagare il livello di scala aziendale è stato condotto uno studio del comparto dell'agricoltura biologica della regione Friuli Venezia Giulia basato su tre temi: l'organizzazione dell'azienda, l'influenza sul contesto di paesaggio e la qualità dell'ambiente. Con il primo tema si sono volute ottenere informazioni relative a estensione dell'azienda, tipo di allevamenti, presenza di momenti di fruizione da parte del pubblico e modalità di commercializzazione dei prodotti. Considerando il contesto paesistico è stato valutato il contributo fornito dalle aziende al paesaggio attraverso la gestione di habitat naturali, la coltivazione di varietà autoctone e l'applicazione di rotazioni. Infine la qualità ambientale è stata valutata attraverso l'analisi delle pratiche agronomiche.

Le informazioni sono state raccolte attraverso un questionario rivolto solo ad aziende interamente biologiche, escludendo sia le aziende miste sia quelle in conversione, per evitare la presenza di colture parallele presenti nelle aziende miste e garantire omogeneità ai dati rilevati. Si è infatti ritenuto che i diversi stadi della conversione avrebbero potuto fornire dati non direttamente confrontabili.

2) Dalla multifunzionalità a livello aziendale si è quindi passati all'analisi della multifunzionalità a livello di agroecosistema facendo riferimento alla biodiversità come elemento di sostegno ai servizi ambientali. Questo alla luce della fondamentale importanza ed interdipendenza tra biodiversità e sostenibilità, e quindi tra queste e la multifunzionalità come evidenziato dalla letteratura trattata.

Lo studio è stato condotto su singoli appezzamenti e considerando le coltivazioni arboree ed erbacee come macro-categorie culturali caratterizzanti il mosaico agricolo. Tra le arboree è stata considerata la vite, coltura di particolare importanza nel contesto regionale e caratterizzata negli ultimi anni da un elevato numero di aziende viticole convertite al biologico.

Dato che l'agricoltura conservativa ha un ruolo importante tra le modalità di coltivazione a basso input, si è pensato di rivolgere l'attenzione a questo tipo di gestione agricola applicato ai seminativi. Infatti le lavorazioni conservative del terreno ed il conseguente mantenimento dei residui culturali (stoppie) ha degli effetti positivi significativi e diffusi a tutte le specie selvatiche in quanto migliora le condizioni di alimentazione, di riproduzione e le possibilità di rifugio e sosta degli animali (Genghini e Di Leo, 2010).

Ai due livelli di analisi si è voluto verificare quale set di indicatori ed indici diano migliori risposte in termini di misura della multifunzionalità, rilevando parametri capaci di spiegare le funzioni offerte a livello aziendale e di misurare quanto l'agricoltura biologica e l'agricoltura conservativa contribuiscono al sostegno della biodiversità a livello di agroecosistema. La biodiversità è stata considerata poiché dal punto di vista dei servizi ecosistemici rappresenta un fattore determinante in quanto l'apricipale parametro di misura della stabilità dell'ecosistema e della qualità ambientale.

La biodiversità è stata valutata utilizzando quali biodindicatori la flora e gli artropodi (carabidofauna).

1.9.1 Bioindicatori: Carabidofauna

I Carabidi sono la più numerosa famiglia di predatori terrestri ed una delle più numerose di Coleotteri: già alcuni anni fa, dalla lista di Lorenz (1998a, 1998b), risultavano ben 32.561 specie descritte nel mondo, raggruppate in 1859 generi. In Italia, le specie di Carabidi conosciute attualmente sono oltre 1300, raggruppate in 192 generi.

I Carabidi sono tra i *taxa* di insetti maggiormente studiati e sono stati definiti la tassonomia, la filogenesi, la distribuzione geografica, gli habitat, le caratteristiche ecologiche e le strategie di adattamento alle diverse condizioni ambientali (Thiele, 1977; Desender, 1986; Turin, 2000; Brandmayr, 2005; Luff, 2007).

La ragione per cui sono molto studiati è legata alla loro relativa stabilità tassonomica, alla alta ricchezza in specie, alla loro distribuzione nei principali ambienti e aree geografiche

terrestri. Inoltre sono campionabili facilmente e si conosce il loro ruolo importante in agricoltura (Lövei e Sunderland, 1996; Rainio e Niemelä, 2003) e numerose sono le caratteristiche della biologia di popolazione dei Carabidi che possono essere utilizzate ai fini di una valutazione dell'ambiente (Brandmayr, 2005).

Il ruolo dei Carabidi come bioindicatori è stato studiato da diversi autori (Kromp, 1999; Rainio e Niemelä, 2003) ed in particolare sono stati studiati per verificare il grado di disturbo di ambienti agricoli (Kromp, 2003; Pfiffner, 2003; Luff, 1996; Hadjicharalampos, 2002; Vazzana et al., 2004), e naturali (Allegro, 2001; Brandmayr, 2005; Celano, 1999). Fra i fattori che influenzano le loro popolazioni, rivestono una grande importanza quelli di tipo climatico (quali le precipitazioni, la temperatura, l'umidità, la luce) e di tipo chimico-pedologico (quali la natura e la granulometria del suolo, la capacità di ritenzione idrica, il pH, il contenuto in sodio e in calcio). Naturalmente anche la vegetazione (in particolare il tipo di copertura vegetale) e gli interventi antropici (ad esempio quelli legati alla messa a coltura dei suoli e all'urbanizzazione), influenzando i parametri sopra menzionati, condizionano le carabidocenosi (Thiele, 1977). Lo stato delle carabidocenosi, per quel che riguarda i rapporti fra le specie, viene fotografato dai cosiddetti "indici di struttura delle comunità". Questi non sono altro che espressioni matematiche relative ai rapporti specie-abbondanza, che riassumono il concetto di "diversità in specie". Tale concetto ha, in ecologia, due componenti: la ricchezza, che si basa sul numero totale di specie presenti, e l'omogeneità, che si basa sulla relativa abbondanza di ogni specie presente e sul grado della sua dominanza o rarità (Odum, 1988).

Tra gli indici di struttura che vengono normalmente applicati alle per lo studio della flora e della fauna del suolo vi sono:

- l'indice di ricchezza in specie, che dà indicazioni sulla numerosità delle specie presenti all'interno di un ambiente.

- l'indice di diversità di Shannon (H'), basandosi sull'abbondanza relativa delle specie e combinando la componente della ricchezza in specie con quella dell'omogeneità, si può considerare come un indicatore generale di biodiversità.

I valori di H' variano da un minimo di zero, in corrispondenza al quale la comunità sarà caratterizzata dalla presenza di una sola specie, ad un massimo che dipende dal numero di specie riscontrate e dal loro grado d'equidistribuzione.

$$H' = \sum_{i=1}^S [p_i (\ln p_i)]$$

dove: $p_i = n_i/N$ (frequenza relativa), n_i = abbondanza della specie i -esima, N = abbondanza totale, S = numero di specie.

- l'indice di Pielou (J') o di equipartizione; il suo valore è legato all'indice di Shannon e valuta come gli organismi si distribuiscono all'interno delle comunità. Il valore dell'indice di Pielou è compreso in un intervallo che va da zero ad uno, i valori prossimi allo zero identificano comunità caratterizzate da *taxa* dominanti, mentre i valori prossimi (o uguali) a uno sono tipici di comunità ben equiripartite.

$$J' = [H'/\ln S]$$

dove: H' = Indice di Shannon e S = numero totale di specie presenti

Per la caratterizzazione degli habitat molti autori ritengono però che non sia sufficiente considerare indici di struttura delle comunità (Wittacker, 1975; Allegro, 2001; Brandmayr et al., 2005; Celano e Hansen, 1999) ma che sia importante l'utilizzo di indici specifici che si riferiscono alle caratteristiche ecologiche delle specie stesse. Tra questi indici sono stati in particolare studiati da diversi autori la corologia (Vigna Taglianti, 1993; Zetto e Brandmayr, 2010), le caratteristiche trofiche e la capacità di dispersione (Brandmayr, 2005; Allegro, 2001; Kromp, 2003; Pfiffner e Luka, 2003). I lavori riguardano in particolare i seminativi (Luff, 1996) e prati (Asteraki, 1992), meno le colture arboree ed in particolare la vite.

La ricchezza di specie di Carabidi della fauna italiana può essere certamente giustificata dal buon livello delle conoscenze e dall'attenzione che molti studiosi hanno dedicato a questo gruppo tassonomico, di sicuro interesse ecologico e biogeografico, ma va soprattutto interpretata sulla base della specifica ecologia, di predatore terrestre generalizzato, con marcata fedeltà al substrato, scarsa vagilità e tendenza alla endemizzazione (Thiele, 1977).

L'areale di una specie è "la porzione di spazio geografico in cui tale specie è presente e interagisce con l'ecosistema" (Zunino e Zullini, 2004). Lo studio dell'areale, cioè dell'area di distribuzione specifica, permette di valutare la storia evolutiva della specie stessa in termini ecologici e storici. Il "corotipo" è quindi il tipo di distribuzione di ogni specie, che può essere riportato a modelli di distribuzione più generalizzati e più facilmente utilizzabili nelle sintesi interpretative ("corotipi fondamentali"; cfr. Vigna Taglianti et al., 1993, 1999). Questi corotipi fondamentali possono essere riuniti per gruppi, particolarmente utili per la valutazione delle faune in chiave biogeografico-ecologica. Dallo studio della corologia dei carabidi risulta possibile stabilire il grado di

antropizzazione dell'habitat in quanto i corotipi a Larga Diffusione sono generalmente molto mobili e prevalgono in biotopi recenti, anche antropizzati, in quanto sono poco specializzati e non necessitano di caratteristiche particolari dell'ambiente (Celano e Hansen, 1999).

La suddivisione in gruppi corologici elaborata da Celano e Hansen prevede 5 classi di distribuzione corologica: LAD, AST, CAT, GEU, GEM, ognuna delle quali comprende i corotipi fondamentali definiti da Vigna Taglianti (Vigna Taglianti et al., 1993).

La classe LAD = Larga Diffusione (euricori), comprende i corotipi OLA, PAL, WPA, ASE, EUM; la classe AST = Asiatico Settentrionale, comprende il corotipo SIE; la classe CAT = Centro-Asiatico-Turanico, comprende i corotipi CEM, CAE, TEM, TUE, TUM; la classe GEU = Gravitazione Europea, comprende i corotipi EUR, CEU, SEU; la classe GME = Gravitazione Mediterranea, comprende i corotipi MED, WME, EME. OLA = Olartico; PAL = Paleartico; WPA = West Paleartico; ASE = Asiatico-Europeo; EUM = Europeo-Mediterraneo; SIE = Sibirico-Europeo; CEM = Centro-Asiatico-Europeo-Mediterraneo; CAE = Centro-Asiatico-Europeo; TEM = Turanico-Europeo-Mediterraneo; TUE = Turanico-Europeo; TUM = Turanico-Mediterraneo; EUR = Europeo; CEU = Centro-Europeo; SEU = Sud-Europeo; MED = Mediterraneo; WME = West-Mediterraneo; EME = Est-Mediterraneo.

Per quanto riguarda le caratteristiche relative alla dieta dei carabidi diversi autori si sono occupati della specializzazione trofica dei carabidi (Kromp, 2003; Honek, 2003; Pfiffner, 2002; Zetto Brandmayr e Brandmayr 1998) e delle forme biologiche in cui si sono specializzati. Questi studi hanno portato alla definizione di tre gruppi di carabidi distinti in base alla loro dieta: zoofagi, fitofagi e polifagi. (Brandmayr et al., 2005). Brandmayr et al. (2005) e Zetto Brandmayr e Brandmayr (1998) hanno esaminato le forme biologiche in diversi habitat definendo così le diverse carabidocenosi in relazione alle preferenze alimentari. Da questi studi è emersa la possibilità di utilizzare le preferenze alimentari dei carabidi come parametro biologico per valutare l'impatto antropico sull'habitat. Essi hanno infatti osservato che può essere elaborata una scala di "opportunità alimentare" crescente che vede come più sensibili al disturbo antropico le specie predatrici (più specializzate) e come meno sensibili le specie polifaghe cioè in grado di alimentarsi sia di prede varie che di piante coltivate o infestanti (Brandmayr et al., 2005).

I Carabidi sono dotati di due paia d'ali, di cui il primo paio è trasformato in elitre coriacee (come in tutti i Coleotteri), mentre il secondo è membranoso e atto al volo. Per quanto

riguarda la morfologia delle ali membranose, le specie di Carabidi si dividono in tre grossi gruppi (Thiele, 1977):

- macrottere: presentano ali ben sviluppate e normalmente adatte al volo;
- brachittere (o microttere): presentano ali poco o per nulla sviluppate, e quindi poco adatte al volo e alla dispersione nell'ambiente;
- pteridimorfe: gli individui appartenenti alle specie di questo gruppo possono presentarsi nella forma alata e attera.

Brandmayr (1983b; 1991), analizzando la composizione o meglio il rapporto fra specie "non volatrici" e specie in grado di volare in numerose comunità di coleotteri carabidi delle Alpi Orientali e della regione Friuli-Venezia Giulia, ricostruisce un primo quadro della variazione del potere di dispersione lungo i più importanti gradienti ecologici del paesaggio terrestre di queste aree. Il potere di Dispersione delle comunità di Carabidi è stato spesso impiegato come indicatore delle modificazioni antropiche subite dall'ambiente (Brandmayr, 1980, 2005).

Den Boer et al. (1980) individua nella stabilità dell'habitat il fattore principale che porta poi, nel tempo, alla diminuzione del potere di dispersione della specie, che sarebbe in grado di mantenere un'elevata altitudine al volo solo se costretta continuamente a rifondare le proprie popolazioni.

Lo studio delle specie in relazione alle loro caratteristiche alari è legato al fatto che nel contesto di un ambiente disturbato ai Carabidi vengono a mancare dei ponti di collegamento fra habitat simili: ciò costituisce un notevole ostacolo alla dispersione soprattutto per le specie che non sono buone volatrici con conseguente maggior difficoltà di ricolonizzazione da parte degli individui con tali caratteristiche. E' questo il motivo per cui una bassa percentuale di individui o specie con ali non sviluppate viene considerata indicativa di un avvenuto disturbo.

1.9.1.1 Tecniche di campionamento

Nel campionamento degli artropodi del terreno possono essere impiegati sia metodi attivi, che passivi (Marshall et al., 1994). I metodi attivi richiedono la cattura dell'artropode da parte dell'operatore mediante l'impiego di vari tipi di equipaggiamento (es. carotaggi di terreno). I metodi passivi invece fanno ricorso a vari tipi di trappole che una volta innescate catturano gli organismi autonomamente (es. trappole a caduta). I sistemi passivi raccolgono in genere una grande quantità di materiale con relativamente poca

manodopera e non sono condizionati dalla diversa capacità degli operatori come lo sono invece i sistemi attivi. Per contro le catture sono fortemente condizionate dal tipo di trappola e spesso queste forniscono solo degli indici di popolazione.

La trappola a caduta è un sistema di campionamento di campo di tipo passivo, non selettivo e continuo nell'arco della giornata (non considera le differenze interspecifiche sui ritmi circadiani). Consiste in un piccolo contenitore interrato, con il bordo a livello del suolo, in modo da intercettare gli artropodi che si spostano sulla superficie del terreno. Queste trappole vengono impiegate da molto tempo per la cattura degli artropodi attivi sulla superficie del terreno (Niemiälä, 1994).

Le trappole sono facilmente replicabili e molti siti diversi possono essere campionati contemporaneamente e ripetutamente nel tempo. I materiali di cui sono fatte le trappole sono facilmente reperibili ovunque (Clark e Blom, 1992). Inoltre sono una delle poche tecniche di campionamento applicabili allo studio delle diverse comunità di artropodi predatori epigei e del loro ruolo nella fauna del terreno e della superficie del suolo (Greenslade, 1973). Possono essere impiegate per classificare diversi habitat sulla base della composizione relativa dell'entomocenosi e per studiare i fattori che influenzano la distribuzione delle specie (Jervis e Kidd, 1996).

Anche se diversi tipi di materiali possono essere funzionali allo scopo, i contenitori di plastica presentano la massima praticità d'uso. Nonostante la minore capacità di ritenzione rispetto al vetro (Luff, 1975; Waage, 1985) il vantaggio dei contenitori di plastica è che sono più facili da trasportare, sia per la loro leggerezza che per la possibilità di essere impilati uno dentro l'altro occupando il minimo ingombro possibile; inoltre sono più facili da installare dove il terreno è particolarmente difficile da scavare e più sicuri per l'operatore in caso di rottura (Spence e Niemiälä, 1994; van den Berghe, 1992). Il più grande vantaggio della plastica comunque è che può essere facilmente modellata e permette tutta una serie di modifiche che ne migliorano l'efficienza (Spence e Niemiälä, 1994; Luff, 1996).

L'utilizzo di due bicchieri innestati l'uno dentro l'altro riduce il disturbo causato dai campionamenti ripetuti nel tempo (Spence e Niemiälä, 1994). Il bicchiere inferiore rimane permanentemente nel terreno, mentre quello superiore viene periodicamente estratto per il recupero del campione e riposizionato ad ogni campionamento. Le trappole dovrebbero essere mantenute pulite in quanto la sporcizia delle pareti del contenitore potrebbe offrire degli appigli e favorire la fuga degli individui più piccoli (Luff, 1975; Waage, 1985).

L'acqua è tra i liquidi più utilizzati per il costo nullo e per l'ampia reperibilità. Per raccolte che si effettuano dopo alcuni giorni si rende necessario l'uso di un liquido conservante, a tal scopo può essere impiegata una soluzione satura di sale da cucina (Lemieux e Lindgren, 1999).

1.9.2 Biondicatori: flora

La diversità specifica della vegetazione presente in un dato territorio viene generalmente descritta tramite la ricchezza, ossia la numerosità delle specie presenti e l'equitabilità, intesa come valore che esprime la relazione tra il numero delle specie (incidenza) e l'abbondanza (equitabilità) di ciascuna di esse. La diversità vegetale cresce all'aumentare del numero delle specie e della loro equitabilità. Misurare la diversità specifica significa quindi misurare entrambe queste componenti (Feoli e Ganis, 2005).

La stima del numero di specie presenti in una determinata area è quindi il metodo più immediato per misurare la biodiversità di una determinata area e consiste nel contare le specie presenti. Tra i vari indici per la misura della diversità il più diffuso è quello di Shannon (1948) mentre tra gli indici di equitabilità quello maggiormente utilizzato è l'indice di Pielou (1966) (cfr paragrafo su indici classici). L'equitabilità di una fitocenosi e affiancato al numero di specie di cui una fitocenosi si compone, esprime una misura molto più accurata della biodiversità di quanto non lo faccia la sola informazione sul numero di specie.

L'indice di Pielou, definito come rapporto tra H' ed H'_{max} , esprime il grado di omogeneità col quale gli individui sono distribuiti nelle varie specie che compongono una comunità. L'equitabilità (J') tende a 1 quanto più gli organismi sono distribuiti uniformemente tra le specie. Tende a 0 quanto più alcune specie dominano numericamente sulle altre.

Per la valutazione del disturbo di un determinato habitat è però necessario fare riferimento ad altri indici che siano in grado di determinare le caratteristiche ecologiche e dinamiche. Poldini (2009) ha rilevato che l'impatto ambientale di attività antropiche, oltre una certa soglia, determina un declino della flora spontanea, inclusi gli endemismi. Questo indicatore soggetto variazioni temporali e spaziali a seguito di dinamiche naturali o indotte dall'uomo; inoltre dinamiche naturali possono essere riferite soprattutto alle specie autoctone mentre l'elemento più variabile della flora è dato dalle specie alloctone poiché riflettono l'insieme delle relazioni che l'uomo stabilisce con il proprio ambiente,

l'uso del territorio e gli interscambi con l'esterno. Tali specie sono state suddivise in questo lavoro sulla base della data di introduzione in Europa in archeofite e neofite. Le prime si considerano introdotte in Europa precedentemente alla scoperta dell'America, le seconde si ritengono diffuse dopo questa data e in seguito ai moderni scambi commerciali.

Molti studi hanno evidenziato come il disturbo promuova la diffusione di specie "aliene" (Sukopp e Trep, 1987; Rejmánek, 1989).

Lo stato di alterazione biologica, ovvero di non naturalità o artificializzazione di un territorio, è stato chiamato "emerobia" (Jalas, 1955; Sukopp, 1972; 1975; 2002). Lo studio di questo parametro si basa sull'analisi delle forme biologiche che rappresentano e il grado di inquinamento floristico.

L'indice di emerobia floristica (HI) (Sukopp, 1972; Poldini, 2009) si calcola considerando il rapporto tra Neofite (N), Terofite (T) e ricchezza di specie (S), secondo la seguente formula:

$$HI = \frac{N+T}{S}$$

Per forma biologica si intende un tipo morfologico che può essere riconosciuto, con variazioni più o meno notevoli ma sempre limitate, in diversi gruppi vegetali, indipendentemente dalla loro posizione tassonomica (Pignatti, 1995). L'utilizzo di gruppi basati su caratteri morfologici, che riflettono, secondo un approccio deterministico, l'adattamento ecologico ai fattori ambientali, supera questo ostacolo. Il concetto di forma biologica è stato elaborato da diversi autori già a partire dai secoli scorsi: Von Humboldt (1806), Griesebach (1872), Drude (1888), Warming (1895) furono i primi ad introdurre l'idea ma la prima generalizzazione che portò ad un sistema largamente conosciuto ed applicato ancora oggi si deve al fitogeografo danese Raunkiaer (1934).

Esso raggruppa le specie in sei forme biologiche: terofite (T), geofite (G), idrofite (I), emicriptofite (H), camefite (Ch) e fanerofite (P). Il carattere morfologico sul quale si basa questo sistema è la posizione delle gemme nella pianta ed il modo in cui queste vengono protette, considerando la loro importanza per la ripresa vegetativa. Al primo gruppo appartengono le piante annuali, che rispondono agli stress ambientali eliminando lo stadio di gemma e producendo, invece, semi resistenti. Le specie idrofite sviluppano gemme subacquee. Le geofite e le emicriptofite sono costituite da erbe perenni che nel primo caso possiedono speciali organi ipogei (rizomi o bulbi), mentre nel secondo, gemme che si

trovano a livello del suolo e sono protette da foglie. Le specie camefite sono rappresentate da cespugli nani che possiedono gemme a poca distanza dal suolo (circa 30 cm) circondate da rami e foglie. L'ultimo gruppo, quello delle fanerofite, comprende le specie arboree, cespugliose e le liane; si tratta di piante con gemme localizzate su alti fusti, avvolte da foglie trasformate dette perule.

Calcolando la frequenza percentuale delle forme biologiche su un qualsiasi set di dati floristici si ottiene il suo spettro biologico: Raunkiaer quantificò, sulla base di un campione casuale della flora mondiale, il cosiddetto spettro normale cioè la frequenza media delle forme biologiche nel pianeta.

1.9.2.1 Tecniche di campionamento

Lo studio delle associazioni vegetali si avvale del metodo di Braun-Blanquet (1964). Si tratta di un metodo floristico-statistico che si basa su tre elementi: la lista di specie, la stima della copertura della vegetazione e la presenza delle specie nella stessa area. Lo strumento con il quale si effettua un'analisi della vegetazione è il rilievo fitosociologico, il più utilizzato in Europa per la descrizione quali-quantitativa delle comunità vegetali. Quest'ultimo consiste nel campionamento di specie presenti in un sito e nella stima della copertura delle singole specie. Nel rilievo vegetazionale viene eseguita anche una stima della copertura degli strati di cui si compone la vegetazione: arboreo (piante con fusto senza o con pochi rami e di altezza superiore ai 10 m), arbustivo (piante legnose ramificate e di altezza non superiore ai 5/10 m) ed erbaceo (piante erbacee perenni o annuali).

Il rilievo ha il vantaggio di rappresentare un metodo rapido, che permette una facile comparazione della vegetazione presente in più zone; lo scopo di tale confronto è quello di valutare le eventuali variabilità floristiche legate a specifici fattori ecologici.

Le coperture sia delle singole specie, che degli strati, viene stimata usualmente secondo la scala di Braun-Blanquet (1928). In questo lavoro è stata usata la % di copertura.

1.10 Bibliografia

AA. VV., 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis Report, Millennium Ecosystem Assessment Series, Island Press, Washington D.C.

AA.VV., 2011. Bioreport, l'agricoltura biologica in Italia. 118 pp.

Allegro G., 2001. La carabidofauna dell'Oasi WWF 'Il Verneto' di Rocchetta Tanaro (Asti, Piemonte) (Coleoptera, Carabidae). Riv. Piem. St. Nat. 22, 165-182.

Altieri M.A., S. B. Hecht, 1991. Agroecology and Small Farm Development. Boca Raton 262 pp.

Altieri M.A., 1987. Agroecology, the scientific basis of sustainable agriculture. Westview press. Colorado.

Altieri M.A., Nicholls C.I., Ponti L., 2003. Biodiversità e controllo dei fitofagi negli agro ecosistemi. Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Firenze.

Andersen E., Baldock D., Bennett H., Beaufoy G, Bignal E., Brouwer F., Elbersen B., Eiden G., Godeschalk F., Jones G., McCracken D.I., Nieuwenhuizen W., Van Eupen M., Hennekens S., Zervas G., 2003. Developing a High Nature Value Indicator. Report for the European Environment Agency, Copenhagen.

Andreella M., Duprè E., 2010. Ora c'è una strategia condivisa. Ecoscienza 3, 12-13.

Anelli A., Ferrari I., Rossetti G., Vezzosi M., 1997. Ecologia. Atti dell'Ottavo Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia (Parma, 10-12 settembre 1997), S.It.E Atti XVIII 667 pp.

Bhattacharyya R., Prakash V., Kundu S., Srivastva A.K., Gupta H.S., 2009. Soil aggregation and organic matter in a sandy clay loam soil of the Indian Himalayas under different tillage and crop regimes. Agriculture, Ecosystems & Environment 132, 126-134

Bockstaller C., Girardin P., 1996. Use of agro-ecological indicators on the evaluation of farming systems. In: van Ittersum M.K. van de Geijn (editors). Proc. 4th ESA Congress, Elsevier, Amsterdam 414-415.

Boller E.F., Hani F., Poehling H.M., 2004. Ecological infrastructures. Ideabook on functional biodiversity at the Farm Level. Temperate Zones of Europe. Eschikon 28, 212.

Brandmayr P., 1980. Entomocenosi come indicatori delle modificazioni antropiche del paesaggio e pianificazione del territorio: esempi basati sullo studio di popolamenti a Coleotteri Carabidi. Atti XII Congr. Naz. Ital. Entomol., Roma 263-283.

Brandmayr P., Brunello Zanitti C., Zetto Brandmayr T., 1981. Le forme biologiche fondamentali dei Coleotteri Carabidi e la loro frequenza nelle comunità di alcuni tipi di vegetazione e substrato. Bollettino di Zoologia 48, 26.

Briamonte L., Pergamo R., 2009. I metodi di produzione sostenibile nel sistema agroalimentare. INEA. Roma.

- Brust G.E., 2006. Direct and indirect effects of four herbicides on the activity of carabid beetles (coleoptera: Carabidae). *Pesticide Science* 309–320.
- Caporali F., Mancinelli R., Campiglia E., 2003. Indicators of cropping system diversity in organic and conventional farms in Central Italy. *Int. J. of Agric. Sustainability* 1, 67-72,
- Casini L., 2003. Multifunzionalità e riforma della PAC. *Nuovo Diritto Agrario VIII* 1, 17-36.
- Celano V., Hansen H., 1999 La Carabidofauna e l'aracnofauna di una bonifica della laguna di Venezia. *Mus. civ. St. nat. Venezia* 49, 55-97.
- Clark W.H., Blom P.E., 1992. An efficient and inexpensive pitfall trap system. *Entomological News* 103, 55-59.
- Clemetsen M., van Laar J., 2000. The contribution of organic agriculture to landscape quality in the Sogn og Fjordane region of Western Norway. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 77, 125-141.
- COM (2003) 62 definitivo - Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo - Cooperazione ambientale paneuropea dopo la conferenza di Kiev del 2003. Comunità Europee, 2002 Scegliere un futuro più verde.
- Comunità Europee, 2009. Obbligo di mantenere i terreni agricoli in buone condizioni agronomiche e ambientali (BCAA), Scheda informativa n. 8, progetto "Agricoltura sostenibile e conservazione del suolo" (Sustainable agriculture and soil conservation, SoCo).
- Conant R.T. et al., 2007. Impacts of periodic tillage on soil C stocks: A synthesis. *Soil and Tillage Research* 95, 1-10.
- Costanza R., 2008. Ecosystem Services: Multiple classification systems are needed. *Biological Conservation* 141, 350-352.
- Crosson, P., 1992. Sustainable Agriculture. *Resources* 106, 14-17.
- Dale V.H., Polasky S., 2007. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. *Ecological economics* 64, 286-296
- de Groot R.S., Alkemade R., Braat L., Hein L., Willemsen L., 2009. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity* 7, 260-272
- Deen W., Katak P.K. 2003. Carbon sequestration in a long-term conventional versus conservation tillage experiment. *Soil and Tillage Research* 74, 143-150.
- Den Boer P.J., 1977. Dispersal power and survival. Carabids in a cultivated countryside. *Misc. Papers Landbouwhogeschool Wageningen* 14, 1-190.
- Den Boer P.J., 1980. On the survival of populations in a heterogeneous and variable environment. *Oecologia* 50, 39-53.
- Direttiva CEE 92/43, relativa alla conservazione degli habitat naturali eseminaturali e della flora e della fauna selvatiche 21 maggio 1992.

Döring T.F., Kromp B., 2003. Which Carabid species benefit from organic agriculture?- a review of comparative studies in winter cereals from Germany and Switzerland Agriculture. Ecosystems and Environment 98, 153-161.

Durand G., Van Huylenbroeck G., 2003. Multifunctionality and Rural Development: a general framework, in Van Huylenbroeck G., Durand G. (eds.): Multifunctional Agriculture. A new paradigm for European agriculture and Rural Development, Ashgate, Burlington, VT (USA) e Aldershot (UK).

EC 1782/2006, regolamento della Commissione del 15 dicembre 2006 recante disposizioni di applicazione del Reg. CE 1698/2005 del Consiglio sul sostegno allo sviluppo rurale da parte del Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale (FEASR).

EEA, 2004. High nature value farmland. Characteristics, trends and policy challenger. Report 1.

Epifani R., Vicari A., Vitali G., 2005. Indicatori agroambientali per l'agricoltura biologica; Working Paper SABIO n. 3. Roma.

European Commission, 2000. Common Evaluation Questions with Criteria and Indicators, Available at: http://europa.eu.int/comm/agriculture/rur/eval/index_en.htm.

European Community, 1998. Commission of the European Communities (1998), Sustainable Urban development in the European Union: A framework for action, DGX1, Bruxelles.

European Environmental Agency, 2005. Agriculture and the environment in EU-15: the IRENA indicator report. European Environmental Agency, Copenhagen..

Eurostat, 2011. Agriculture and fishery statistics.

FAO/Netherlands Conference on the Multifunctional Character of Agriculture and Land Cultivating our Futures:12-17 September 2000 Maastricht, Netherlands.

Ferroni, 2010. Il WWF Italia per un'agricoltura multifunzionale e sostenibile ISPRA cap VII.

Fliessbach A., Mäder P., Pfiffner L., Dubois D., Gunst L., 2003. L'agricoltura biologica accresce la fertilità del suolo e la biodiversità. Dossier FiBL, Supplemento a Biodinamica, 51.

Ghilarvo A., 2000. Ecosystem Functioning and Intrinsic Value of Biodiversity. Oikos 90, 408-412.

Giardini L., 2002. Agronomia generale, ambientale e aziendale. Patron.

Goldman R. L., Tallis H., Kareiva P., e Daily Field G. C., 2008. Evidence that ecosystem service projects support biodiversity and diversify options. Stanford University CA.

Greenslade P.J.M., 1964. Pitfall Trapping as a Method for Studying Populations of Carabide (Coleoptera). The Journal of Animal Ecology 33, 301-310.

Hardy P., Zdan T., 1997. Assessing Sustainable Development. Principles in Practice. International Institute for Sustainable Development. Winnipeg.

- Henke R., Salvioni C., 2010. Diffusione, struttura e redditività delle aziende multifunzionali. *Agriregionieuropa* Anno 6, Numero 20.
- Hole D.G., Perkins A.J., Wilson J.D., Alexander I.H., Grice P.V., Evans A.D., 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122, 113-130.
- Holland J.M., 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103, 1-25.
- Honek A., Martinkova Z., Jarosik V., 2003. Ground beetles (Carabidae) as seed predators. *Eur. J. Entomol* 100, 531-544.
- Hooper D.U., Chapin F.S., Ewel J.J., Hector A., Inchausti P., Lavorel S.J. Lawton H., Lodge D.M., Loreau M., Naeem S., Schmid B., Seta H., Symstad A.J., Vandermeer J., Wandle D.D., 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *ESA Report. Ecological Monographs* 75, 3-35
- Hunsaker C.T., Carpenter D.E., 1990. *Ecological Indicators for the Environmental Monitoring and Assessment Program*. USEPA Office of Research and Development, Research Triangle Park, N.
- Iserentant R., De Sloover J., 1976. Le concept de bioindicateur. *Mem. Soc. Roy. Bot. Belg.* 7, 15-24.
- Jervis M., Kidd N., 1996. *Field sampling techniques. Insect natural enemies, Practical approaches to their study and evaluation*. London. Chapman and Hall, 491 pp.
- Jones C.A., Basch G., Bayliss A.D., Bazzoni D., Biggs J., Bradbury R.B., 2006. *Conservazione agricoltura in Europa: un approccio alla produzione agricola sostenibile, attraverso la protezione del suolo e dell'acqua*. SOWAP Jeallott's Hill, Bracknell RG42 6EY Regno Unito.
- Kromp B., 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agric. Ecosyst. Environ* 74: 187–228.
- Lal R., Bruce J.P., 1999. The potential of world cropland soils to sequester C and mitigate the greenhouse effect. *Environmental Science & Policy* 2, 177-185.
- Lampkin N., 2002. *Organic farming*. Old Pond Pub., 748 pp.
- Lazzerini G., Colom M.R., Vazzana C., 2003. Indicatori agro-ambientali per la valutazione della sostenibilità di aziende agricole con metodo di gestione biologica e convenzionale in Val d'Orcia (Toscana). XII Congr. Naz. Società Italiana di Ecologia.
- Lazzerini G., Colom M. R., Camerà A., Sacchetti P., Vazzana C., 2004. Biodiversità aziendale e sua relazione con gli aspetti gestionali in aziende biologiche e convenzionali in Val d'Orcia in Toscana. XVI congresso società Italiana di Entomologia.
- Lazzerini G., Vazzana C., Pacini C.G., 2001. Il ruolo degli indicatori per la costruzione di una metodologia di contabilità ambientale aziendale in agricoltura Simposio internazionale Le regioni: approcci per uno sviluppo sostenibile. Trento, 6-7 dicembre.

- Lemieux J.P., Lindgren B.S., 1999. A pitfall trap for large-scale trapping of Carabidae: Comparison against conventional design, using two different preservatives. *Pedobiologia* 43, 245-253.
- Lövei G.L., Sunderland K.D., 1996. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annu. Rev. Entomol.* 41, 231-256.
- Luff M.L., 1975. Some Features Influencing the Efficiency of Pitfall Traps. *Oecologia* 19, 345- 357.
- Malczewsky J., 1999. *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. Wiley 392 pp.
- Mancinelli R., 2000. *Indicatori di Sostenibilità per Sistemi Agricoli Aziendali e Colturali*. Tesi di Dottorato di Ricerca in Scienze Ambientali. XIII Ciclo.
- Marshall S.A., Anderson R.S., Roughley R.E., Behan-Pelletier V., Danks H.V., 1994. *Terrestrial Arthropod Biodiversity: Planning a Study and Recommended Sampling Techniques*. Supplement to the Bulletin of the Entomological Society of Canada 26, 33pp.
- McGeoch, M.A., 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biol. Rev.* 73, 181-201.
- Melero S., Lopez-Garrido R, Madejon E., Murillo J.M., Vanderlinden K., Ordonez R., Moreno F., 2009. Long-term effects of conservation tillage on organic fractions in two soils in southwest of Spain. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 133, 68-74.
- Mickelson S.K., Boyd P., Baker J.L., Ahmed S.I., 2001. Tillage and herbicide incorporation effects on residue cover, runoff, erosion, and herbicide loss. *Soil Till. Res.* 60, 55-66.
- New T. R, 1999. By-catch, ethics, and pitfall traps. *Journal of Insect Conservation* 3, 1-3.
- Odum W.E., 1988. Comparative ecology of tidal freshwater and salt marshes. *Annual Review of Ecology and Systematics* 19, 147-176.
- OECD (2001). *Environmental Indicators for Agriculture, Vol. 3. Methods and Results*, Paris.
- OECD, 2008. *OECD Contribution to the United Nations Commission on Sustainable Development, towards sustainable agriculture*.
- Pacini C., Wossink A., Giesen G., Vazzana C., Huirne R., 2002. Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 95, 273-288.
- Piani di sviluppo rurale del Lazio e Veneto 2007-2013.
- Piccini C., Ciccarese L., 2010 *Conservazione e miglioramento della biodiversità*. ISPRA cap II.
- Pignatti S., 1982. *Flora d'Italia*. Edagricole. Bologna.
- Pisante M., 2007. *Agricoltura Blu. La via italiana dell'agricoltura conservativa*. Principi, tecnologie e metodi per una produzione sostenibile. Edagricole 317 pp.

- Poldini L., 2009. "La diversità vegetale del Carso fra Trieste e Gorizia. Lo stato dell'ambiente". Edizioni Goliardiche, 732 pp.
- Rainio J., Niemela J., 2003. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation* 12, 487-506.
- Rejmánek M., 1989. Invasibility of plant communities. In: *Biological Invasions. A Global Perspective* (eds J.A. Drake, H.A. Mooney, F. di Castri, R.H. Groves, F.J. Kruger, M. Rejmánek & M. Williamson). John Wiley & Sons, Chichester 369-388.
- Rigby D., Caceres D., 2001. Organic farming and the sustainability of agricultural systems. *Agricultural Systems* 68, 21-40.
- Rosselli L., 2005. Sviluppo rurale e agricoltura sostenibile nelle aree protette. Il caso del Parco Nazionale dell'Alta Murgia. Tesi dottorato Università degli studi di Napoli.
- Rossi R., Nota D., 2000. Nature and landscape production potentials of organic types of agriculture: a check of evaluation criteria and parameters in two Tuscan farm-landscapes *Agriculture, Ecosystems and Environment* 77, 53-64.
- Silvestri N., Bellocchi G., Bonari E., 2002. Possibilità e limiti dell'uso degli indicatori nella valutazione agro-ambientale dei sistemi colturali. *Rivista di Agronomia* 36, 233-242.
- Spence J.R., Niemelä J.K., 1994. Sampling Carabid assemblage with pitfall traps: the madness and the method. *The Canadian Entomologist* 126, 881-894.
- Sukopp H., Trepl L., 1987. Extinction and naturalization of plant species as related to ecosystem structure and function. in E. D. Schulze and H. Zuolfer (eds.), *Potentials and Limitations of Ecosystem Analysis*. Springer-Verlag, Berlin 245-276.
- Tellarini V., Caporali F., 2000. An input-output methodology to evaluate farms as sustainable agroecosystems: an application of indicators to farms in central Italy. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 77, 111-123.
- Thiele H.U., 1977. Carabid beetles in their environments. A study on habitat selection by adaptations in physiology and behaviour. Springer-Verlag, Berlin. 369 pp.
- Tilman D., Cassman K. G., Matson P.A., Naylor R., Polasky S., 2002 - Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418, 671-677
- Tress B., Tress G., 2003. Scenario visualisation for participatory landscape planning - a study from Denmark. *Landscape and Urban Planning* 64, 161-178.
- Trewavas A., 2004. A critical assessment of organic farming-and-food assertions with particular respect to the UK and the potential environmental benefits of no-till agriculture. *Crop protection* 23, 757-781.
- Trisorio A., 2004. Misurare la sostenibilità – Indicatori per l'agricoltura italiana". Pubblicazione INEA. Roma.
- Turin H., 2000. De Nederlandse loopkevers: verspreiding en oecologie (Coleoptera: Carabidae) (The ground beetles of the Netherlands: distribution and ecology (Coleoptera: Carabidae). Naturalis, Leiden.

Tybirk K., Alroe H.F., Frederiksen P., 2004. Nature quality in organic farming: a conceptual analysis of considerations and criteria in a European context. <http://orgprints.org/00001325>.

Upendra M.S., Singh B.P., Whitehead W.F. e Wang S, 2007. Accumulation and Crop Uptake of Soil Mineral Nitrogen as Influenced by Tillage, Cover Crops, and Nitrogen Fertilization. *Agron. J.* 99, 682-691.

Van den Berghe E., 1992. On pitfall trapping invertebrates.- *Entomological News.* 103, 149-156.

Vazzana C., Raso E., 1997. Una metodologia europea per la progettazione e realizzazione di un agroecosistema a basso o nullo impatto ambientale. *Bollettino della Società Italiana di Ecologia* 37, 51-54.

Velasquez B.E., 2004. Multifunzionalità: definizione, aspetti tecnico-economici e strumenti, in Henke R. (a cura di), *Verso il riconoscimento di un'agricoltura multifunzionale: teorie, politiche, strumenti.* Napoli: Collana Studi & Ricerche INEA, Edizioni Scientifiche italiane.

Vereijken J.F.H.M., van Gelder T., Baars T., 1997. Nature and landscape development on organic farms *Agriculture, Ecosystems and Environment* 63, 201-202

Vigna Taglianti A., 1993. Coleoptera Archostemata Adephaga 1 (Carabidae). In: Minelli A., Ruffo S. e La Posta S. (eds) *Cecklist delle specie della fauna italiana*, 44 Calderini. Bologna.

Waaghe B.E., 1985. Trapping efficiency of carabid beetles in glass and plastic pitfall traps containing different solutions.- *Norwegian Journal of Entomology* 32, 33-36.

Zentner R.P., Lafond G.P., Derksen D.A., Nagy C. N., Walla D.D. e May W.E., 2004. Effects of tillage method and crop rotation on non-renewable energy use efficiency for a thin Black Chernozem in the Canadian Prairies. *Soil and Tillage Research* 77, 125-136.

Zentner R.P., Basnyat P., Brandt S.A., Thomas A.G., Ulrich D., Campbell C.A., Nagy C.N., Frick B., Lemke R., Malhig S.S., Fernandez M.R., 2011. Effects of input management and crop diversity on non-renewable energy use efficiency of cropping systems in the Canadian Prairie. *Europ. J. Agronomy* 34, 113-123.

Zetto Brandmayr T., Brandmayr P., Giglio A., Marano I, 1998 - Morphofunctional and ecological features in carabid (Coleoptera) larvae. *Mus. rg. Sci. nat. Torino* 449-490.

Zunino M., Zullini A., 2004. *Biogeografia. La Dimensione Spaziale dell'Evolutione.* 2° edizione. Casa Editrice Ambrosiana. Milano.

Sitografia

www.istvap.it - Agricoltura blu (ultimo accesso 13 marzo 2012)

www.millenniumassessment.org (ultimo accesso 13 marzo 2012)

www.regione.fvg.it - Produzioni biologiche (ultimo accesso 13 marzo 2012)

www.copa-cogeca.eu (ultimo accesso 13 marzo 2012)

www.fao.org - Lavorazione minima del terreno per un'agricoltura sostenibile (ultimo accesso 13 marzo 2012)

Tesi di dottorato di Nadia Gambon discussa presso l'Università degli Studi di Udine

CAPITOLO 2

MULTIFUNZIONALITÀ DELL'AGRICOLTURA: UNA LETTURA A SCALA AZIENDALE

2.1 Introduzione

Le politiche ambientali Europee individuano l'estensione delle superfici interessate da forme di agricoltura sostenibile come elemento di misura delle relazioni tra agricoltura e paesaggio. In particolare viene valutata positivamente la proporzione di territorio interessato da agricoltura biologica poiché fondata su principi di sostenibilità sia per le tecniche di produzione agricola sia per la gestione del contesto in cui tali attività si inseriscono (Commissione europea, 2003).

A livello internazionale gli standard per la coltivazione con tecniche biologiche sono dettati da IFOAM Basic Standards. Questi principi contengono i concetti fondamentali per lo sviluppo dell'Agricoltura Biologica e hanno fornito la base per l'elaborazione delle normative dei vari paesi. Essi evidenziano il contributo che l'Agricoltura Biologica può apportare all'ambiente e al paesaggio ed offrono una prospettiva per migliorare tutta l'agricoltura nel contesto internazionale.

L'Agricoltura Biologica mira a raggiungere l'equilibrio ecologico attraverso la progettazione di sistemi agricoli sostenibili, l'insediamento di habitat ed il mantenimento della diversità genetica ed agricola. Da qualche decennio a questa parte, anche le politiche di sviluppo rurale hanno riconosciuto la rilevanza e l'urgenza dell'obiettivo fondamentale della sostenibilità e dell'efficienza, allo scopo di sostenere gli agricoltori nello sforzo di prevenire i rischi di degrado ambientale e di svolgere un ruolo positivo nella salvaguardia del paesaggio. Su scala internazionale, questo orientamento è richiamato sia da Agenda 2000, sia dagli accordi maturati nel corso del World Summit on Sustainable Development di Johannesburg del 2002.

A livello internazionale, soprattutto nel nord Europa e in particolare in Danimarca e Norvegia, sono stati prodotti molti studi che riguardano l'individuazione di parametri per la valutazione della sostenibilità di aziende a conduzione biologica e non (Westergaard, 2006; Clemsten et al. 1999; Kuiper, 1999; van Elsen, 1999). Gli indicatori presi in considerazione, sia a livello europeo che nazionale, valutano in prevalenza il livello di biodiversità dell'agroecosistema con riferimento al numero di specie animali e vegetali

riscontrabili in aziende biologiche al fine di poterlo confrontare con quelle convenzionali (van Elsen, 1999; Rossi e Nota, 1999).

In alcuni casi, sono stati adottati come riferimento indici per la misurazione della diversità del mosaico agricolo, come ad esempio la quantità di siepi e di gruppi di alberi, la quantità di aree inerbite e, in particolare, la presenza di biotopi che danno indicazioni del peso di ambienti naturali all'interno del contesto delle produzioni agricole. Sono state inoltre valutate caratteristiche tipicamente aziendali quali le dimensioni, l'accessibilità e le infrastrutture presenti (Levin, 2006). In altri casi è stata fatta una valutazione di carattere ambientale con riferimento in particolare alla conservazione delle risorse acqua, suolo e aria (Rossi e Nota, 2000).

L'inserimento nella definizione di multifunzionalità della capacità dell'azienda agricola di produrre "positive goods", cioè di apportare funzioni importanti per la sostenibilità dell'agricoltura in generale e dell'ambiente in particolare, dovrebbe indurre a considerare l'azienda biologica un modello di sostenibilità (DeVries, 2000). Le rotazioni, i sovesci (per il mantenimento della fertilità dei terreni) e la conservazione di habitat seminaturali quali siepi e margini inerbiti sono pratiche agricole utilizzate nelle aziende biologiche che hanno un effetto positivo sull'ambiente. Infatti contribuiscono ad aumentare la diversità del paesaggio apportando una elevata diversità delle coperture del suolo e un incremento di habitat per flora e fauna con conseguente maggiore qualità ambientale (Frederiksen, 2001; van Elsen, 2000).

Stolze et al. (2000) hanno analizzato diverse ricerche condotte in Europa in cui sono state messe a confronto l'agricoltura biologica e l'agricoltura convenzionale in relazione a diversi indicatori ambientali (ecosistemi, suolo, acque superficiali e profonde, input produttivi impiegati), evidenziando che la maggior parte degli indicatori presi in esame mostrano una migliore performance dell'agricoltura biologica rispetto all'agricoltura convenzionale. L'utilizzo di indicatori deriva dalla necessità di avere a disposizione dati che consentano di valutare lo stato e le condizioni dell'ambiente. La UE, attraverso la European Environmental Agency (EEA) nel 2005 ha proposto una serie di indicatori da utilizzare a questo scopo. L'insieme degli stessi copre 6 aree tematiche: inquinamento atmosferico e impoverimento dello strato di ozono, cambiamento climatico, rifiuti, risorse idriche, biodiversità e ambiente terrestre.

Nella scelta degli indicatori l'EEA ha rivolto particolare attenzione ad aspetti quali: pertinenza con le priorità politiche, obiettivi e finalità da perseguire, disponibilità di dati di alta qualità in termini di tempo e di spazio nonché applicazione di metodi

scientificamente validi per il calcolo dell'indicatore stesso (EEA, 2005). Secondo Lazzerini (2003) la valutazione delle diverse componenti di un ecosistema raggiunge il massimo livello di efficacia se gli indicatori si applicano su scala aziendale.

Lo scopo perseguito in questo lavoro è quello di studiare una serie di indici ed indicatori, in grado di misurare la multifunzionalità dell'azienda agricola biologica con particolare riferimento agli effetti sul mosaico ambientale del paesaggio agricolo. Condizione di base è che tali indicatori ed indici siano sufficientemente generali da poter essere applicati a qualsiasi tipo di azienda ed in qualsiasi contesto.

2.2 Materiali e metodi

Fra i fattori legati alle produzioni agricole che hanno un maggiore impatto sulla biodiversità, vengono individuate l'uso eccessivo dei pesticidi e fertilizzanti, la sostituzione delle pratiche tradizionali con quelle meccanizzate, l'intensificazione e specializzazione delle coltivazioni, la riduzione del numero di specie e varietà usate, la conversione di ecosistemi naturali, l'abbandono delle aree dove viene praticata l'agricoltura tradizionale, la trasformazione delle aree agricole in vaste estensioni monoculturali, la scomparsa di siepi e di strisce inerbiti ai margini dei campi e dei biotopi seminaturali e l'estrazione eccessiva di acqua per l'irrigazione (EEA, 1995; European Commission, 2001; European Commission, 2004).

Il metodo adottato ha previsto un'indagine mediante questionario, condotta a livello aziendale, del comparto dell'agricoltura biologica della regione Friuli Venezia Giulia. L'indagine si è focalizzata su tre temi:

- 1) l'organizzazione dell'azienda, allo scopo di raccogliere informazioni relative a estensione, allevamenti, fruizione da parte del pubblico e modalità di commercializzazione dei prodotti;
- 2) il contesto paesistico, per rilevare il ruolo svolto dalle aziende attraverso la gestione di habitat naturali, la coltivazione di varietà autoctone e l'applicazione di rotazioni;
- 3) la qualità ambientale, analizzata sulla base dei dati relativi ad alcune pratiche agronomiche.

La commercializzazione dei prodotti in azienda come indicatore è stato scelto a seguito dell'attenzione mostrata dal governo italiano per il potenziamento della filiera corta nelle aziende: il Consiglio dei Ministri ha infatti approvato (n. 84 del 01/03/2010) uno schema

di disegno di legge Recante norme per la valorizzazione dei prodotti agricoli provenienti da filiera corta.

Questo indicatore consente di misurare la capacità delle aziende di aprirsi all'esterno, cioè di relazionarsi con il pubblico: un aspetto che diventerà sempre più importante ai fini di un incremento di valore e della differenziazione economica delle aziende stesse. Sempre in relazione all'organizzazione dell'azienda altri elementi rilevati sono stati le dimensioni, le possibilità di accesso da parte del pubblico mediante visite guidate, attività di agriturismo o fattoria didattica.

Il secondo tema ha invece riguardato le lavorazioni effettuate e le rotazioni applicate, l'uso del suolo aziendale, compresa la presenza di le aree naturali. Infine, una valutazione indiretta del possibile impatto sull'ambiente è stata ottenuta attraverso un'analisi delle pratiche agronomiche, con particolare riferimento alle concimazioni, all'uso dei sovesci e dell'irrigazione. Quindi, per le aziende prese in esame sono stati definiti più indicatori rappresentativi dei principali processi cui partecipano le diverse componenti dell'agroecosistema. Gli indicatori e gli indici utilizzati sono riportati nella Tabella 1. L'indagine è stata effettuata tramite un questionario a domande chiuse proposto alle aziende biologiche del Friuli Venezia Giulia nel corso del 2009.

Il questionario è stato sottoposto solo ad aziende interamente biologiche, con l'esclusione delle aziende miste e in conversione. Le aziende miste sono state escluse dall'indagine per garantire la massima omogeneità nella fase di raccolta dei dati, dato che esiste il rischio che i dati non siano rilevati correttamente a causa della presenza di colture parallele.

Le aziende in conversione invece sono state escluse dall'indagine perché i diversi stadi della conversione delle colture avrebbero fornito dati non direttamente confrontabili. Delle 100 aziende contattate 43 hanno risposto, costituendo il campione dell'indagine.

L'elaborazione statistica dei dati è stata effettuata mediante il programma SPSS 17. La *cluster analysis* è stata effettuata con l'algoritmo della distanza euclidea e il metodo di aggregazione del legame singolo. Per l'analisi di correlazione lineare si è utilizzato il coefficiente di Person a due code.

Per le aziende prese in esame sono stati definiti più indicatori rappresentativi dei principali processi cui partecipano le diverse componenti dell'agroecosistema.

<i>Tema</i>	<i>Indicatori</i>	<i>Indici</i>	<i>Unità di misura</i>
ORGANIZZAZIONE AZIENDALE	Superficie coltivata Allevamento Fruizione Commercializzazione Finanziamenti	SAU SAT uso suolo capi allevati giorni apertura al pubblico tipologia commerciale richiesta finanziamenti pubblici	ha ha ha diverse colture numero numero % per tipo % tipo finanziamento
CONTESTO PAESAGGIO	Habitat naturali Rotazioni Varietà autoctone	copertura bosco copertura siepe copertura prato copertura elementi naturali rotazioni varietà autoctone inerbimenti	ha ha ha ha e ha/SAU P/A P/A P/A e ha
IMPATTO AMBIENTALE	Intensità pratiche agronomiche Irrigazione	tipologia lavorazioni tipologia concime quantità concime sovesci durata sovescio tipologia impianto irriguo superficie irrigata	% diverse lavorazioni/tot Kg/ha q P/A mesi % diversi impianti/tot ha

Tab. 1 - Indicatori e variabili considerate in relazione ai temi aziendali.

2.2.1 Analisi degli indicatori

2.2.1.1 Tema: organizzazione aziendale

La valutazione della Superficie Agricola Totale (SAT) delle aziende permette di stabilire l'entità delle tare e quindi la percentuale di terreno non lavorato presente in ogni azienda. Ciò consente di definire, sebbene indirettamente, anche il grado di intensivizzazione del tipo di agricoltura.

Se consideriamo la funzione che si riferisce alle “small farmers to the beauty of landscape” (De Vries, 2000) allora il fattore dimensioni aziendali è importante, perché ci dà una caratteristica aziendale che può essere valutata positivamente nel contesto di multifunzionalità.

La diversità di ordinamento colturale è un indicatore preso in esame poiché può indicare la complessità del paesaggio. La diffusione delle monoculture negli ultimi anni ha fortemente contribuito a banalizzare il paesaggio e ad eroderne la biodiversità.

La specializzazione, la concentrazione, l'intensificazione e soprattutto la semplificazione della produzione agricola avvenute negli ultimi decenni sono riconosciute come fattori che potrebbero minacciare la conservazione della biodiversità. Infatti la semplificazione dei molti cicli biologici e dei sistemi agro ambientali precedentemente presenti hanno

causato la debolezza e la fragilità della biodiversità ambientale (Lazzerini e Vazzana, 2003).

Una ricerca americana ha messo in evidenza l'esistenza di una correlazione tra la diversità delle colture agricole in una data zona e l'inquinamento che esse creano in laghi e fiumi: in particolare quanto più è alta la diversità tanto minore è l'azoto disciolto nelle acque circostanti (Broussard e Turner, 2009).

Per valutare l'integrazione delle aziende con il contesto e l'economia locale si è utilizzato l'indicatore che misura la possibilità di fruizione da parte del pubblico delle aziende stesse e l'indicatore commercializzazione dei prodotti aziendali.

Nel primo caso, con l'indicatore "fruizione" si è voluto verificare se le aziende sono aperte al pubblico cioè se il cittadino comune può avere un rapporto diretto con l'azienda. Se il cittadino comune instaura questo rapporto significa che il contesto rurale gli appartiene e in esso si riconosce.

Nel secondo caso, rilevando la commercializzazione si è voluto verificare se le aziende svolgono attività commerciali in sede al fine di avere un'indicazione di quanta strada fanno i prodotti aziendali prima di arrivare sulla tavola. È infatti importante, in considerazione dei problemi di inquinamento causati da mezzi in movimento, che l'azienda venda più vicino possibile i suoi prodotti in un'ottica di filiera corta. Inoltre, se la commercializzazione avviene in azienda allora sarà soddisfatta anche la funzione precedente cioè il rapporto diretto con il pubblico.

La conoscenza personale delle aziende da cui si acquista dovrebbe dare maggiori garanzie rispetto alla qualità del prodotto in quanto è più difficile "tradire" un cliente che si conosce. L'altro aspetto sicuramente molto importante è la freschezza del prodotto legata al breve percorso che compie per arrivare nelle case dei consumatori. Anche il prezzo può risentire positivamente della commercializzazione in azienda o a domicilio, in particolare quando un gruppo di aziende si associano, poiché l'assenza di intermediari consente di abbattere alcuni costi.

La possibilità di un'azienda di relazionarsi con il pubblico quindi sia attraverso l'accesso libero agli spazi dell'azienda che mediante la commercializzazione attiva l'importante funzione relativa all'integrazione diretta con il contesto locale e con l'economia locale.

L'indicatore che misura le attività di allevamento dell'azienda agricola è importante perché attuando il ciclo chiuso, quindi con l'apporto di concimazioni organiche si ottiene l'aumento della fertilità della terra e quindi della sua vitalità. Ciò ha un riflesso diretto sulla qualità del cibo prodotto e sulla biodiversità (www.ec.europa.eu).

2.2.1.2 Tema: contesto paesaggio

Tra gli indicatori utilizzati nella ricerca per definire il contesto di paesaggio sono stati inseriti: gli habitat naturali, l'inerbimento, le varietà autoctone, la rotazione e la diversità colturale.

Il primo indicatore consente di definire la presenza e le dimensioni delle aree naturali presenti in azienda e misura anche quanto tali aree vengono conservate e soprattutto se viene fatta manutenzione, dato che l'azione di tutela significa conservazione e non abbandono legato invece alla diminuzione degli ecotoni ed a un generale declino della biodiversità (Osterman, 1998). A tal fine si è analizzata la presenza di boschi, siepi, aree inerbite e l'incidenza delle stesse sulla Superficie Agricola Utilizzata (SAU) aziendale. L'inerbimento è una tecnica agronomica con effetti positivi sull'azienda agricola dal punto di vista della sostenibilità ambientale in quanto controlla il fenomeno dell'erosione, conserva la struttura e l'attività biologica del suolo (la miglior aereazione e il maggior contenuto di sostanza organica del terreno favoriscono gli organismi del terreno) ed evitando il diserbo riduce *input* negativi. Inoltre contribuisce all'incremento di sostanza organica, riduce la lisciviazione dei fertilizzanti e concorre alla diversità visiva del paesaggio (www.venetoagricoltura.org).

L'utilizzo di varietà autoctone è rilevante ai fini dell'indagine perché queste si adattano meglio alle condizioni locali di coltivazione grazie alla loro migliore capacità di resistenza alle malattie e ai predatori e alla più efficiente competitività con le malerbe (www.inea.it/statigeneralibio). E pertanto un indice di maggiore naturalità.

L'utilizzo della rotazione delle culture con un'appropriata scelta delle varietà per competere con le erbe infestanti e resistere alle malattie, aumenta la biodiversità a livello genetico e specifico (www.inea.it/statigeneralibio).

Le rotazioni comportano inoltre una riduzione dei insetti dannosi e delle malattie, un incremento della fertilità e della struttura del suolo, la riduzione dell'erosione (Peel, 1998).

2.2.1.3 Tema: impatto ambientale

Per rilevare l'impatto ambientale sono stati presi in considerazione i seguenti indicatori: intensità pratiche agronomiche, irrigazioni.

Le lavorazioni del suolo e l'utilizzo di fitofarmaci determinano, nell'agricoltura convenzionale, un drastico calo delle abbondanze e della diversità di alcune specie animali e vegetali (Pfiffner e Niggli 1996; Marasas et al. 2001).

Le tecniche di lavorazione possono influenzare l'impatto dell'attività agricola sull'ambiente attraverso la riduzione o il completo abbandono delle pratiche di lavorazione profonda del suolo, la riduzione degli apporti nutritivi esterni e la pacciamatura del suolo realizzata con la conservazione dei residui colturali.

I benefici dell'inserimento duraturo nel tempo di colture intercalari da sovescio sono molteplici e concorrono al generale miglioramento della fertilità di base dei terreni. La coltivazione e l'interramento di rilevanti quantità di sostanza organica permette un miglioramento delle caratteristiche fisiche dei terreni in termini di una minore compattazione dei suoli con conseguente migliore infiltrazione delle acque piovane e la limitazione dei fenomeni di ristagno ed erosione. Gli apporti di sostanza organica consentono inoltre il miglioramento della struttura del terreno con conseguente migliore aereazione (Lazzeri e D'Avino, 2010). Sono inoltre messi in evidenza benefici di natura chimica dovuti all'apporto di sostanza organica (Costantini, 2005).

Le concimazioni sono state considerate per il loro effetto inquinante sull'agroecosistema. L'inquinamento legato ai fertilizzanti azotati ha portato alla limitazione del loro utilizzo (170 kg/azoto/ettaro/anno in zone vulnerabili) e alla regolamentazione per mezzo della Direttiva Nitrati (Direttiva CEE 676/1991).

L'aspetto dell'irrigazione è stato preso in considerazione per l'importanza che l'azienda agricola può avere sull'ambiente quando applica una politica aziendale di risparmio di acqua (e di conseguenza di risparmio energetico derivante da un basso utilizzo di impianti irrigui). Un altro aspetto ambientale rilevante è che un uso limitato dell'irrigazione riduce il rischio di dissesti idrogeologici dovuti all'eccessiva estrazione di acque sotterranee.

2.3 Risultati

L'analisi degli indicatori è stata svolta a due livelli: innanzitutto si è valutato il contributo delle aziende alla multifunzionalità in termini di settore, ossia di percentuale di aziende che presentano un determinato indicatore. Non è stato possibile confrontare tali dati con altri simili ma relativi ad altre realtà produttive, per la mancanza di ricerche in questo settore.

In una seconda fase, sono state valutate le tendenze degli indici individuati (Tab. 1), per stabilire quanto l'indicatore avesse significato per la descrizione della multifunzionalità.

Mediante un'analisi per cluster, le aziende del campione sono state classificate sulla base dei parametri considerati al fine di valutare la capacità di distinguere le diverse realtà in relazione alla multifunzionalità.

2.3.1 Tema: organizzazione aziendale

Le aziende analizzate presentano una SAU media di 12,58 ha e risulterebbero quindi in base alla realtà regionale (dati ISTAT 2000) aziende di medie dimensioni. In realtà, la media risulta falsata da 3 aziende di grandi dimensioni (con una superficie di ca 80 ha) (fig. 1) escludendo le quali le aziende biologiche analizzate risultano per un'altissima percentuale (93%) di piccole dimensioni (superficie media di 7,5 ettari).

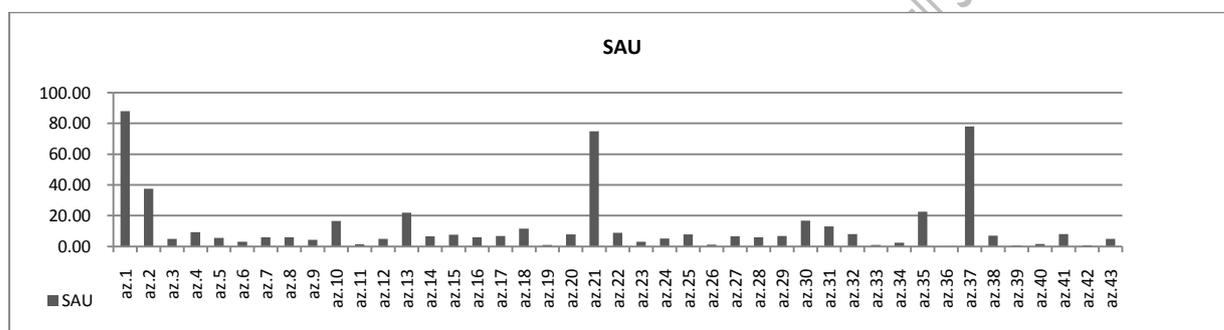


Fig. 1 - Superficie aziendale delle 43 aziende prese in esame.

La diversità colturale è stata misurata valutando quante sono le aziende in cui sono presenti contemporaneamente più di due ordinamenti colturali (es. orticole e seminativi, oppure orticole e frutticole). Si rileva che l'83% delle aziende presenta almeno due indirizzi contemporaneamente. Il restante 17% delle aziende è rappresentato quasi esclusivamente da aziende viticole o frutticole che coltivano una unica specie (vite o melo) ma contribuiscono alla diversità colturale utilizzando più varietà della stessa specie. Le diverse tipologie colturali sono percentualmente distribuite come segue: 16% seminativi, 2% orticole, 10% frutticole, 8% vite, 35% pascolo e 14% foraggere. Il mancante 15% è rappresentato da altro (set-aside, impianti di bosco artificiale, vivai).

Per quanto riguarda l'apertura al pubblico si osserva che il 45% delle aziende si apre all'esterno in varie forme: visite guidate, fattorie didattiche, agriturismo, fattoria sociale e che quasi tutte queste aziende dichiarano di svolgere queste attività tutti i giorni dell'anno. L'apertura al pubblico prevede le visite guidate per l'84% delle aziende (16), di queste il 62% (10) svolge anche attività di fattoria didattica, mentre molto meno presenti sono le

fattorie sociali (25%). La presenza di multifruizione riguarda il 56% delle aziende aperte al pubblico con aggregazione di fattoria sociale, didattica e agriturismo. L'indicazione fornita dalla percentuale di apertura al pubblico in merito all'integrazione con il territorio è ampiamente confermata da numero di aziende che rispondono all'indicatore commercializzazione. Il 77% del totale delle aziende analizzate (33 aziende su 43) vendono il loro prodotto direttamente senza avvalersi di grossisti. Di queste l'81% (27) ha uno spaccio aziendale e il 27% (9) vende ai Gruppi di Acquisto Solidale (GAS).

Il 33% delle aziende contattate è caratterizzata dalla presenza di allevamento. Le specie allevate sono diversificate e si tratta di allevamenti non intensivi, quindi con un numero di capi ridotto.

In relazione ai finanziamenti si evidenzia che il 43% delle aziende si avvale di fondi pubblici messi a disposizione dal Piano di Sviluppo Rurale 2007-2013. Si è comunque osservato che esiste una correlazione negativa ($p < 0,05$) tra SAU e richiesta finanziamenti giustificabile dalla scarsa convenienza nel caso di aziende piccole a causa dell'elevato costo della pratica di accesso alla contribuzione.

2.3.2 Tema: contesto paesaggio

Il dato più significativo è l'elevata quota di superficie dedicata alle aree naturali, confermato dal diffuso inerbimento e da un significativo ricorso alle varietà autoctone.

La percentuale di superficie occupata da aree naturali risulta il 32% della SAT totale con un contributo di 255 ettari sui 797 totali (compresi boschi, siepi prati e capezzagne e fossi inerbiti). Va evidenziato che tutte le aziende analizzate dichiarano di effettuare regolarmente la manutenzione dei boschi e delle siepi e la pulizia con la raccolta del legname. Le superfici occupate da aree naturali sono occupate da bosco per 190 ha, da siepi per 3 ha, da prati naturali per 33 ha e da capezzagne e fossi inerbiti per 12 ha.

Il 95% del totale delle aziende prese in esame presenta aree naturali e il 49% adotta la tecnica dell'inerbimento dei terreni. L'inerbimento riguarda 12 ettari di capezzagne e fossati e i 50 ettari a coltivazioni arboree che risultano tutte inerbite.

In base ai dati raccolti, la percentuale delle aziende che utilizzano varietà autoctone è pari al 46% (5 per seminativi, 7 per orticole e vite, 8 per fruttiferi).

Le aziende che effettuano rotazioni sono il 55% del totale. Nella valutazione dell'indicatore si dovrebbe comunque tenere conto delle aziende che per il tipo di struttura aziendale (con coltivazione di specie arboree) non fanno rotazioni.

2.3.3 Tema: impatto ambientale

I dati raccolti con gli indicatori selezionati consentono di evidenziare un impatto ambientale positivo delle aziende biologiche regionali, confermato soprattutto dalla ridotta quantità di concimi e dalla minima superficie irrigata.

Il 40% delle aziende fa minime lavorazioni o “no lavorazione” contro il 60% che fa lavorazione classica. Tra le aziende che fanno lavorazioni profonde la maggior parte sceglie l’aratura associata all’erpicatura.

Il 52% delle aziende possiede impianto di irrigazione e su tutti prevale l’impianto a pioggia (in 14 aziende su 15). Gli ettari irrigati sono 78,46, ovvero soltanto il 14% rispetto alla SAU.

Dai dati risulta che l’86% delle aziende fa concimazioni, ma se si considera il titolo in azoto dei concimi utilizzati la quantità delle unità di azoto utilizzate per ettaro (7 kg N/ha) è di molto inferiore a quelle consentite per legge. Il consumo di concime per ettaro di SAU risulta essere di 2,3 q/ha.

L’ultimo indicatore analizzato completa il quadro dell’impatto ambientale delineato dai precedenti indicatori. Il 42% delle aziende fa sovescio, la coltura rimane in campo in media 2,8 mesi per le aziende che lo applicano. Le aziende ad indirizzo arboreo non prevedono l’utilizzo del sovescio.

2.3.4 Classificazione della multifunzionalità aziendale

Attraverso la cluster analysis di tutte le variabili individuate per caratterizzare la multifunzionalità, si sono potuti differenziare 3 gruppi di aziende che rispondono in misura diversa e in modo diverso ai requisiti della multifunzionalità. Sono state considerate le variabili ritenute più significative quali la percentuale di aree naturali (siepi, boschi, prati e aree inerbite), la presenza di rotazioni e sovesci e la relazione con il pubblico nelle varie forme rilevate (agriturismo, fattorie sociali, spaccio aziendale).

L’analisi per cluster ha differenziato tre gruppi (Fig. I primi due gruppi sono risultati meno popolati e contano rispettivamente con 8 e 10 aziende, il terzo è rappresentato da 18 aziende.

L’indicatore che ha differenziato il primo gruppo è quello che si riferisce all’organizzazione aziendale: le aziende sono orientate verso l’apertura al pubblico, le fattorie sociali, l’agriturismo.

Nella differenziazione del secondo gruppo ha pesato in maniera rilevante l'orientamento colturale con la presenza delle aziende che coltivano specie arboree.

Per il gruppo più numeroso i fattori discriminanti sono stati le rotazioni e i sovesci, entrambe le pratiche agricole sono effettuate da quasi tutte le aziende (solo 2 aziende fanno rotazioni ma non sovesci). L'indirizzo produttivo è orientato verso la coltivazione di seminativi e orticole. Inoltre 13 aziende delle 18 appartenenti a questo gruppo vendono il prodotto in azienda. La presenza di aree naturali risulta essere un parametro trasversale ai gruppi identificati poiché non mostra dei trend specifici per gruppo bensì una elevata variabilità tra essi.

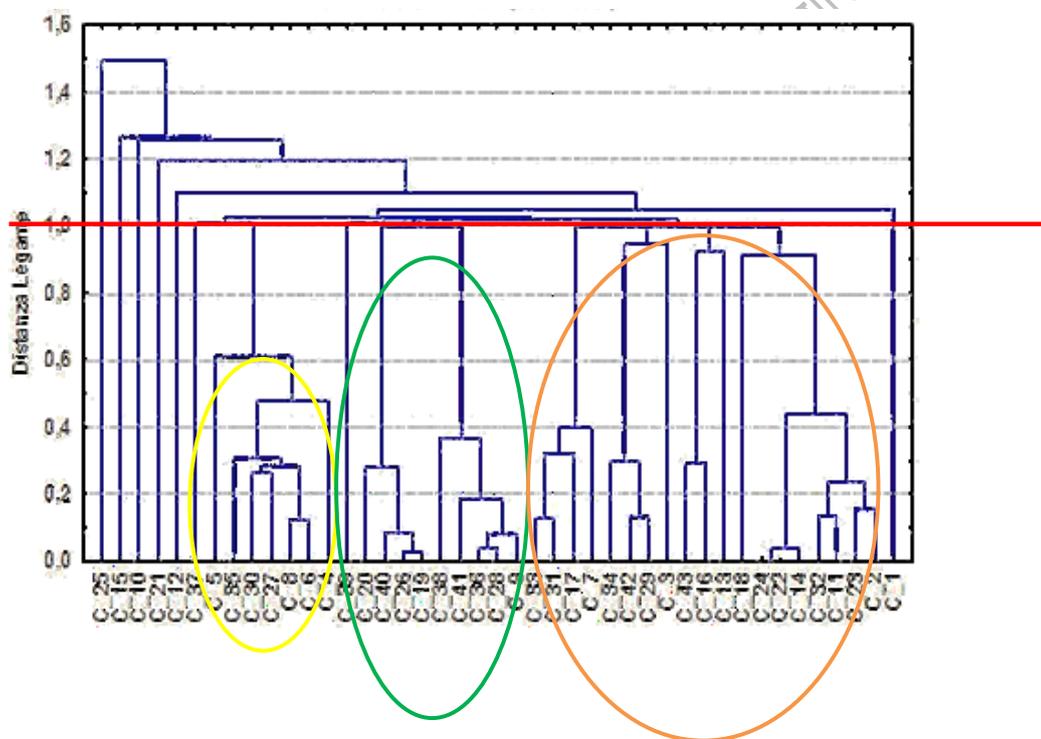


Fig. 2 - Dendrogramma delle variabili considerate riferito alle 43 aziende esaminate. Distanze euclidee, legame singolo.

2.4 Discussione e conclusioni

L'indagine svolta ha voluto verificare la possibilità di misurare la multifunzionalità delle aziende biologiche attraverso un set di indicatori.

L'analisi dei diversi temi considerati come riferimento per la misura della multifunzionalità a livello di azienda agricola ha mostrato che l'elemento più significativo è rappresentato dal contributo dato alla diversità del paesaggio attraverso una elevata

presenza di aree naturali totali (rispetto alla SAT). Le aziende che presentano al loro interno uno o più elementi naturali quali boschi, siepi, prati o aree inerbite sono il 95% del totale con il 32% (255 ettari) della SAT complessiva. Questo elemento risulta molto importante per la valutazione della funzione relativa al sostegno della biodiversità. Il significato di questo dato viene incrementato dal fatto che le aziende si occupano attivamente della gestione delle aree naturali.

Infatti uno strumento irrinunciabile per implementare e conservare la sostenibilità in agricoltura è la valorizzazione e la conservazione della biodiversità degli agro-ecosistemi e nei sistemi naturali residuali (Altieri, 1999).

Ancora più evidente risulta il significato di questo indicatore se si tiene conto dell'importanza della biodiversità per il funzionamento degli ecosistemi e del fatto che si sta assistendo, a livello globale, ad una perdita della biodiversità e dei relativi beni e servizi ambientali necessari per il benessere umano ad una velocità senza precedenti (European Commission, 1998; Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

La funzione diversità del paesaggio viene favorita anche dalla presenza di diversi ordinamenti colturali che sul campione analizzato incide in maniera sostanziale: infatti ben l'83% delle aziende è caratterizzata da due o più ordinamenti colturali.

L'indicatore che ha misurato l'apertura delle aziende, verso l'esterno appartenente, come gli indicatori precedenti, al tema relativo all'organizzazione aziendale, ha consentito di evidenziare un'altra funzione delle aziende biologiche esaminate. Infatti una percentuale rilevante di queste (77%) vende direttamente i prodotti e ciò risulta un ulteriore fattore determinante per il successo aziendale in termini di servizi alla collettività. Tali attività consentono di integrare il reddito agricolo favorendo la stabilità economica delle aziende. Ciò ha anche un notevole impatto sulla collettività, in quanto permette al comune cittadino di conoscere l'azienda agricola, di esaminare la filiera produttiva e di apprezzare il prodotto.

Le rotazioni e i sovesci sono risultati indicatori strettamente legati alle strutture aziendali piuttosto che alla multifunzionalità. Infatti hanno discriminato solo le aziende che per orientamento produttivo possono applicare questo tipo di pratiche agronomiche: le aziende orticole e a seminativi. Quindi è un indicatore efficace perché consente di discriminare realtà diverse, ma troppo settoriale e quindi applicabile solo in aziende con tali indirizzi produttivi. Potrebbe però essere utilizzato con maggiore significato per valutare aziende convenzionali dove tali pratiche vengono meno frequentemente applicate poiché non vincolate da normative specifiche (come accade in agricoltura biologica).

Per l'indicatore relativo alle concimazioni risulta interessante la misurazione mediante il titolo di azoto distribuito che risulta molto basso rispetto ai valori consentiti dalla legge. Non ha invece particolare significato l'uso dell'indicatore concernente l'incidenza percentuale delle aziende che concimano.

Allo stesso modo non è significativo l'indicatore che si riferisce all'irrigazione: le aziende che irrigano sono il 52% ma andando a valutare il numero di ettari irrigati si può osservare che questi si limitano al 14% della SAU.

Tra gli indicatori analizzati alcuni sono efficaci nella definizione della multifunzionalità delle aziende in quanto prendono in esame le funzioni più importanti necessarie a definire il concetto di multifunzionalità e consentono di ottenere una risposta immediata e semplice da elaborare.

Le funzioni che si riferiscono al sostegno della biodiversità, alla conservazione del paesaggio e dell'ambiente e al servizio per la collettività sono risultate essere misurabili con gli indicatori proposti.

Tesi di dottorato di Nadia Gambon discussa presso l'Università degli Studi di Lania

2.5 Bibliografia

- Altieri M. A., 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 19-31.
- Broussard W., Turner R.E., 2009. A century of changing land-use and water-quality relationships in the continental US. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7, 302-307.
- Clemetsen N.M. e van Laar J., 2000. The contribution of organic agriculture to landscape quality in the Sogn og Fjordane region of Western. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 77, 125-141
- Commissione delle Comunità Europee, 2001. Sviluppo Sostenibile in Europa per un mondo migliore: strategia dell'Unione Europea per lo sviluppo sostenibile, COM (2001) 264 def., Bruxelles.
- Commissione delle Comunità europee, 2003. Comunicazione della Commissione al Consiglio e al parlamento europeo, Riesame della politica ambientale. Consolidare il pilastro ambientale dello sviluppo sostenibile, COM(2003)745 definitivo, Bruxelles.
- Commissione Europea (2004). 2nd European Conference on Rural Development. Planting seeds for rural futures – rural policy perspectives for a wider Europe, Salzburg, Austria.
- Costantini E., 2005. La stima dei sovesci. *Bioagricoltura*, 1, 29-32.
- DeVries B., 2000. Multifunctional Agriculture in the International Context: A Review. The Land Stewardship Project.
- European Environmental Agency (EEA), 2005. Indicator Reporting on the integration of Environmental concerns into Agriculture policy. Copenhagen.
http://themes.eea.eu.int/IMS_IRENA/Topics/IRENA.
- Frederiksen P. A., 2001. Økologisk omlægning i regionalt perspektiv: drivkræfter, processer og landskab K. Tybirk, H.F. Alrøe (Eds.), *Naturkvalitet i økologisk jordbrug*, 25-33.
- IFOAM, 1999. IFOAM Standards Committee: Basic Standards. The Need For Organic Agriculture. (cited 23 August 1999).
- Kuiper J., 2000. A checklist approach to evaluate the contribution of organic farms to landscape quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 7, 143-156.
- Lazzeri L e D'Avino L., 2010. La chimica verde a partire da prodotti di origine vegetale. Multifunzionalità della azienda agricola e sostenibilità ambientale, 128, 139-144.
- Lazzerini G., Colom M.R., Vazzana C., 2003. Indicatori agro-ambientali per la valutazione della sostenibilità di aziende agricole con metodo di gestione biologica e convenzionale in Val d'Orcia (Toscana). XII Congr. Naz. Società Italiana di Ecologia.

- Levin G., 2007. Relationships between Danish organic farming and landscape composition. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 120, 330-344.
- Marasas M.E., Sarandon S.J., Cicchino A.C., 2001. Changes in soil arthropods functional group in a wheat crop under conventional and no tillage systems in Argentina. *Appl. Soil Ecol.*, 18, 61-68.
- Millennium Ecosystem Assessment (MA), 2005. Synthesis. Island Press, Washington DC.
- Ostermann O.P., 1998. The need for management of nature conservation sites designated under Natura 2000. *Journal of Applied Ecology* 35, 968-973.
- Peel M. D., 1998. Crop Rotations for Increased Productivity. NDSU Small Grains Extension Agronomist.
- Pfiffner L., Niggli U., 1996. Effects of Bio-dynamic, Organic and Conventional Farming on Ground Beetles (Col. Carabidae) and Other Epigaeic Arthropods in Winter Wheat. *Biological Agriculture and Horticulture*, 12, 353-364.
- Rossi R. e Nota D., 2000. Nature and landscape production potentials of organic types of agriculture: a check of evaluation criteria and parameters in two Tuscan farm-landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 77, 53-64
- Stolze M., Piorr A., Häring A. Dabbert S., 2000. The Environmental Impacts of Organic Farming in Europe. *Organic Farming in Europe. Economics and Policy*. Vol. 6.
- van Elsen, 2000. Species diversity as a task for organic agriculture in Europe. *Agriculture Ecosystems and Environment.*, 77, 101-109
- Westergaard K., 2006. The landscape composition of organic and conventional, dairy and crop farms in two different geological regions in Denmark. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 117, 63-70.
- Whitney Broussard Eugene Turner *Frontiers in Ecology and the Environment*” a firma di dell’Università della Louisiana a Lafayette e R. della Louisiana State University a Baton Rouge.

Sitografia

www.inea.it/statigeneralibio (ultimo accesso 12 marzo 2012)

www.venetoagricoltura.org – Buone condizioni agronomiche e ambientali (ultimo accesso 12 marzo 2012)

www.ec.europa.eu/agriculture/organic (ultimo accesso 12 marzo 2012)

CAPITOLO 3

ANALISI DI INDICI DI BIODIVERSITÀ E DISTURBO NELL'AGROECOSISTEMA: IL CASO DEI VIGNETI BIOLOGICI

3.1 Introduzione

Per rispondere all'obiettivo della ricerca sono state analizzate la comunità di carabidi e la componente floristica in vigneti a conduzione biologica e convenzionale attraverso l'utilizzo di indicatori semplici, efficaci e facilmente rilevabili utilizzabili per la misura della biodiversità e del disturbo dell'agroecosistema, al fine di avere una indicazione della multifunzionalità, intesa in termini ambientali.

L'elevata fedeltà ambientale di questi insetti e la loro tendenza a endemizzare sono caratteristiche che permettono di impiegarli come indicatori ecologici, in grado di reagire a breve termine alle perturbazioni ambientali, anche riflettendo le risposte di altri taxa o della biodiversità complessiva (Brandmayr et al. 2005). Allo stesso modo anche le piante possono essere utilizzate come indicatori poiché la loro crescita è regolata in maniera ben precisa, sono intimamente legate all'ambiente dove si trovano e sono condizionate da una serie di fattori ecologici e storici che giustificano o meno la loro presenza in un determinato luogo (Pignatti et al. 2001; van der Mareel, 2005).

La scelta di analizzare le caratteristiche ambientali di appezzamenti coltivati con metodo biologico è legata al fatto che tale modalità di coltivazione si basa sulla ricerca di un equilibrio tra agricoltura ed ambiente avvalendosi di pratiche di gestione che favoriscono la sinergia tra tecnica agronomica e risorse naturali. La legislazione europea relativa all'agricoltura biologica prevede il divieto di utilizzo di prodotti chimici di sintesi sia nelle coltivazioni vegetali che nell'allevamento (Lampkin, 2002) e allo stesso tempo consiglia alcune pratiche, quali ad esempio la gestione dei margini e i sovesci, volte al sostegno della fertilità del suolo, alla estensivizzazione delle colture e alla diffusione di predatori naturali (Anon, 2001).

In contrapposizione l'agricoltura convenzionale tende all'intensificazione e alla omologazione delle colture.

Attraverso il monitoraggio di flora e carabidi nei metodi di gestione biologico e convenzionale si è cercato di valutare lo stato ambientale degli ecosistemi per misurare il livello di disturbo sull'indicatore preso in esame. Da studi comparati tra biologico e

convenzionale sono emersi dati discordanti sulla maggiore abbondanza e vitalità di organismi nella gestione biologica (Bengtsson et al., 2005) che in alcuni casi può essere imputata alla corretta gestione agronomica (Gunapala, 1998). Il divieto di uso di pesticidi, l'aumento del contenuto di sostanza organica, pratiche come sovescio e l'inerbimento sono probabilmente fattori favorevoli allo sviluppo e alla diversità della componente biotica del suolo.

Alcuni autori hanno studiato, attraverso l'utilizzo di indici classici, le comunità di piante e carabidi in aziende biologiche considerando diverse colture (Hole, 2005; Vazzana, 2004; Melnichuk et al., 2002), altri sono entrati nello specifico del vigneto condotto con metodo biologico (Hadjicharalampous et al., 2002) riscontrando solo in alcuni casi delle sostanziali differenze tra il metodo di conduzione biologico e quello convenzionale.

Brandmayr (2005) ha suggerito l'utilizzo di indici quali le forme biologiche e la ecologia per caratterizzare in modo più specifico la comunità dei carabidi presente in un determinato contesto.

Per le piante molti sono gli autori che indicano un incremento di biodiversità negli appezzamenti coltivati con metodo biologico (Hole et al., 2005; Migliorini e Vazzana, 2007).

3.2 Materiali e metodi

3.2.1 Descrizione area studio

Gli appezzamenti coltivati a vite presi in esame sono situati in tre diverse località del Friuli Venezia Giulia: 2 nella zona del Collio, 2 nella alta pianura friulana e 2 nella bassa pianura. Sono state studiate coppie di vigneti posizionati a breve distanza coltivati uno con metodo biologico ed uno convenzionale.

Le tre aree in cui sono collocati gli appezzamenti oggetto di indagine presentano caratteristiche pedologiche differenti. I rilievi della zona del Collio sono caratterizzati da *facies* di flysch eocenici e paleocenici e sono costituiti dall'alternanza irregolare di livelli di marna ed arenaria. L'area dell'alta pianura friulana si è formata in corrispondenza dell'ultimo massimo glaciale würmiano e presenta sedimenti di tipo alluvionale, gli orizzonti superficiali e sottosuperficiali sono a tessitura franca o franco-sabbiosa con presenza di scheletro. La bassa pianura, posta a sud della fascia delle risorgive, è caratterizzata prevalentemente da sedimenti olocenici sabbioso-ghiaiosi che si protendono fino all'area litorale (Caffau, 2008).

Le temperature medie annue delle tre zone sono invece simili e si attestano intorno ai 13°C. (www.arpa.fvg.it).

Le precipitazioni annue si attestano per il Collio e l'area della alta pianura intorno ai 1400 mm di media annua mentre sono inferiori le precipitazioni che caratterizzano l'area della bassa pianura con medie annue intorno ai 1100 mm (www.osmer.fvg.it).

Tutti gli appezzamenti sono coltivati a vite da più di 10 anni e gli appezzamenti coltivati a biologico sono stati convertiti da almeno 10 anni (Tab 1).

Negli appezzamenti coltivati con metodo biologico, come prescritto dal Reg Cee 834 del 2007, non sono stati utilizzati prodotti chimici di sintesi; i trattamenti fungicidi sono stati effettuati con l'utilizzo di rame e zolfo e non sono stati effettuati trattamenti insetticidi. Le concimazioni hanno previsto l'uso di sostanza organica. Per quanto riguarda invece gli appezzamenti condotti con metodo convenzionale sono stati utilizzati prodotti insetticidi per il trattamento contro la tignola, la tignoletta e lo *Scaphoideus* e fungicidi di sintesi. La concimazione è stata effettuata con fertilizzanti di sintesi complessi. In tutti gli appezzamenti l'interfila è risultata inerbita da almeno 4 anni, nei vigneti a conduzione convenzionale sono stati effettuati diserbi sulla fila. Sull'interfila vengono periodicamente effettuate delle ripuntature.

Siti	Trattamenti insetticidi	Trattamenti erbicidi		Trattamenti fungicidi		Inerbimento	Lavorazioni passaggi meccanici	Sfalci	Età	Convers. al biologico		
		prodotto	n°	prodotto	n°						prodotto	n°
località	metodo colt.	prodotto	n°	prodotto	n°	prodotto	n°	anni	n°	n°	anni	anni
Cormons(GO)	Org 1	no	no	no	no	S+Cu	12	5 anni	4	2	25	17
Pavia di Udine (UD)	Org 2	no	no	no	no	S+Cu	12-15	10 anni	5	4	20	20
Carlino (UD)	Org 3	no	no	no	no	S+Cu	15	20 anni	10	5	30	10
Cormons(GO)	Conv 1	clorpirinp hosmetil	1	glyphosate	1	mancozeb zolfomicro rameossicloruro	14	4	1	2	10	0
Pavia di Udine (UD)	Conv 2	Indoxicarb	1	glufosinat e ammonio	3	S+Cu	14	7 anni	10	5	21	0
Carlino (UD)	Conv 3	Etiofos Metile	1	glyphosate	1	S+Cu Dimetomorf Mancozeb	10-12	12 (8 anni rottura cortico)	7	4	12	0

Tab 1 - Pratiche gestionali nei vigneti biologici e convenzionali.

La biodiversità è stata valutata effettuando campionamenti a livello di singoli appezzamenti aziendali. Attraverso questi campionamenti si sono rilevati il numero di specie di carabidi, la copertura per le specie erbacee (con il metodo Braun-Blanquet) e il numero di specie erbacee totali. Sono quindi stati elaborati l'indice di diversità di

Shannon, l'indice di ricchezza in specie e l'indice di equipartizione di Pielou sia per le specie erbacee che per le specie di carabidi.

Inoltre si è ritenuto necessario indagare sulle forme biologiche delle specie di carabidi e delle specie vegetali poiché, come sostengono molti autori, non è possibile fermarsi agli indici classici non sono ritenuti esaustivi e possono dare indicazioni solo parziali (Allegro, 2010; Brandmayr, 2005; Cole, 2002; Corazza, 2009).

3.2.2 Descrizione metodo campionamento

La raccolta dei carabidi è stata effettuata utilizzando trappole a caduta (pit-fall traps), contenitori di plastica del diametro di 9 cm all'imboccatura e profondità di 12 cm. I contenitori sono stati interrati fino all'imboccatura e riempiti di una soluzione satura di sale per permettere la conservazione del materiale fino al momento del prelievo; non sono stati utilizzati attrattivi. 5 trappole sono state posizionate al centro di ogni appezzamento ad una distanza di due metri una dall'altra. Le trappole sono rimaste attive in tutti i siti per un periodo di 10 giorni in primavera (fine maggio inizio giugno), in estate (fine luglio inizio agosto) e in autunno (fine settembre inizio ottobre). Il periodo di attività delle trappole è legato al fatto che le catture più significative avvengono generalmente nei primi 10 giorni di funzionamento delle trappole stesse e corrisponde al minimo assoluto per una raccolta speditiva discontinua che voglia saggiare il popolamento dei carabidi in un determinato sito (Brandmayr, 2005).

Il contenuto delle trappole è stato smistato in laboratorio e i coleotteri Carabidi sono stati determinati a livello di specie.

I rilievi floristici sono stati effettuati in 22 aree campione quadrate della superficie di 1 m x 1 m (1 m²), posizionate secondo uno schema incrociato. Di queste, 11 sono state posizionate sulla fila, e 11 sull'interfila della coltura al fine di valutare la composizione floristico-vegetazionale delle comunità dei vigneti.

Il rilievo vegetazionale è stato effettuato secondo il metodo di Braun Blanquet (1964), sono state rilevate le specie presenti in ogni plot e, per la valutazione della loro abbondanza, è stata stimata la percentuale di copertura.

I rilievi, condotti nell'arco del 2010, sono stati ripetuti nella stagione primaverile (aprile), estiva (luglio) ed autunnale (settembre).

Le analisi statistiche sono state effettuate con il software R (R Core Team, 2008). Al fine di analizzare il livello di diversità biologica e gli effetti dell'applicazione della pratica dell'agricoltura biologica sono stati effettuati dei confronti tra il numero medio di specie di due o più gruppi con l'applicazione di test non parametrici, verificata l'anormalità dei dati. In particolare sono stati utilizzati: Shapiro test, per verifica della normalità dei gruppi, Mann Whitney-U test per il confronto tra due medie. Il limite di significatività assunto è stato di 0.05.

Per i dati di fauna e flora raccolti sono stati calcolati gli indici di diversità di Shannon, l'indice di Pielou e la ricchezza in specie, nei valori complessivi e stagionali.

Inoltre sono stati considerati per i carabidi la corologia, la conformazione alare e i dati relativi alla dieta.

Per ogni specie censita sono stati calcolati i valori di frequenza ed abbondanza. L'affinità ad un sistema di gestione agronomica è stata testata con il test statistico del χ^2 .

Per le piante è stato utilizzato l'indice di emerobia poiché risulta particolarmente adatto per una stima diretta del disturbo e degli impatti antropici attraverso una valutazione indiretta dei cambiamenti nella composizione delle comunità (Fanelli & Testi, 2008). Tale indice è stato messo a punto in studi botanici effettuati in ecosistemi urbani (Kowarik, 1990) ed esprime il grado di disturbo passato e presente (Van der Maarel, 1979; Fanelli & De Lillis, 2004). Il suo uso è stato largamente applicato negli studi botanici (Van der Maarel, 1979) e più recentemente in quelli ecologici (Fanelli et al., 2006; Testi et al., 2006).

Kowarik (citato in Sukopp, 1972) ha introdotto tale indice calcolando la frequenza percentuale della specie nei diversi tipi di ambiente, da quello più naturale a quello più antropizzato.

Un approccio quantitativo viene elaborato da Sukopp (1972) che propone di misurare l'emerochia mediante le neofite presenti (N) e le terofite spontanee (T) sul totale delle specie (totale specie). E' stato così ricavato un indice di emerobia (HI).

$$HI = \frac{N+T}{S}$$

L'analisi delle componenti principali (PCA) è stata effettuata sulla matrice di correlazione dei siti indagati riferita alla frequenza percentuale delle specie animali e vegetali presenti in ogni sito.

3.3 Risultati

3.3.1 Biodiversità e disturbo per la flora

Nel complesso dei siti indagati sono stati censiti 121 *taxa* vegetali (comprensivi di specie, sottospecie e varietà) dei quali 100 in vigneti biologici e 95 in vigneti di tipo tradizionale. I *taxa* censiti nei plot posizionati lungo le file sono stati 88 nei vigneti biologici e 83 in quelli tradizionale.

L'analisi del X^2 evidenzia la presenza di 33 *taxa* ($p < 0.05$ e $F > 5$) con affinità ad uno dei due sistemi confrontati (Tab. 1 in appendice). Di questi 15 con affinità ai vigneti di tipo convenzionale e 18 quelli di tipo biologico.

Le specie affini al vigneto biologico più frequenti sono *Lolium perenne*, *Plantago lanceolata*, *Bellis perennis* e *Allium vineale*. I vigneti di tipo convenzionale sono invece caratterizzati dall'elevata frequenza di *Plantago major* subsp. *major*, *Stellaria media* subsp. *media*, *Poa annua* subsp. *annua* e *Digitaria sanguinalis* subsp. *sanguinalis*.

I valori complessivi di ricchezza specifica, diversità di Shannon ed equitabilità di Pielou calcolati su fila ed interfila (Tab. 2: a, b, c, d) non mostrano differenze statisticamente significative tra vigneti biologici e convenzionali. Osservando gli andamenti stagionali (Tab. 2a) emergono tuttavia alcune tendenze: il maggior numero di specie e il maggior livello di diversità di Shannon sono registrati in primavera mentre l'indice Pielou (Tab. 2b) mostra una maggior equitabilità vegetazionale per la stagione estiva.

I valori di ricchezza floristica (Tab. 2c) risultano essere significativamente maggiori nella gestione biologica nelle comunità vegetali della fila in primavera e dell'interfila in estate.

L'andamento dell'indice di Shannon mostra differenze statisticamente significative solo per la vegetazione dell'interfila dei campionamenti primaverili ed estivi. In primavera il valore medio di diversità è maggiore nei vigneti di tipo tradizionale mentre in estate la tendenza è invertita. Gli altri valori stagionali confermano l'assenza di differenze tra i due tipi di gestione agronomica.

L'andamento stagionale dell'indice di equitabilità evidenzia unicamente valori più elevati nelle comunità dell'interfila dell'agricoltura tradizionale.

Indice di Shannon									a			
	Primavera		Estate		Autunno		Complessivo					
	Fila	Interfila	Fila	Interfila	Fila	Interfila	Fila	Interfila				
Org	1,78	2,06	1,49	1,81	1,69	1,88	2,37	2,55				
Conv	1,56	2,19	1,43	1,65	1,72	1,88	2,27	2,52				
significatività	*		*									
s.e Org	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04				
s.e Conv	0,1	0,05	0,09	0,05	0,09	0,05	0,09	0,05				

Indice di Pielou									b			
	Primavera		Estate		Autunno		Complessivo					
	Fila	Interfila	Fila	Interfila	Fila	Interfila	Fila	Interfila				
Org	0,71	0,78	0,79	0,84	0,75	0,81	0,79	0,82				
Conv	0,76	0,81	0,79	0,81	0,72	0,78	0,77	0,82				
significatività	*											
s.e Org	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01				
s.e Conv	0,03	0,02	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01				

Indice di Ricchezza									c			
	Primavera		Estate		Autunno		Complessivo					
	Fila	Interfila	Fila	Interfila	Fila	Interfila	Fila	Interfila				
Org	12,4	14,15	6,79	8,94	9,55	10,21	20,2	22,24				
Conv	8,48	14,76	6,15	7,73	10,8	11,18	19,2	21,7				
significatività	***		*									
s.e Org	0,54	0,46	0,28	0,44	0,4	0,38	0,61	0,66				
s.e Conv	0,67	0,47	0,4	0,34	0,57	0,47	0,91	0,73				

Indice di emerobia									d			
	Primavera		Estate		Autunno		Complessivo					
	Fila	Interfila	Fila	Interfila	Fila	Interfila	Fila	Interfila				
Org	0,54	0,54	0,26	0,29	0,39	0,37	0,5	0,49				
Conv	0,68	0,53	0,51	0,31	0,6	0,44	0,65	0,53				
significatività	*		***		***		*		*** **			
s.e Org	0,03	0,02	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02				
s.e Conv	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01				

Tab. 2 - Valori medi di diversità (a), di equipartizione (b), di ricchezza (c) e di disturbo (d) per la flora in agricoltura biologica (Org) e in agricoltura convenzionale (Conv). *** p<0.001, ** 0.001<p<0.01, *0.01<p<0.05

I valori complessivi di disturbo floristico (emerobia) (Tab. 2d) risultano maggiori nei vigneti di tipo convenzionale sia per le comunità vegetali dell'interfila sia per quelle della fila. Questa tendenza è confermata dall'andamento stagionale dell'indice. I valori maggiori di emerobia sono stati rilevati in primavera. Il divario maggiore tra vigneti convenzionali e biologici si evidenzia durante la stagione estiva. Al contrario nei periodi primaverile ed estivo le comunità dell'interfila non mostrano differenze significative.

3.3.2 Biodiversità e disturbo per la fauna (Coleoptera, Carabidae)

Il numero di specie di Carabidi totali catturate in tutto il periodo di raccolta è inferiore negli appezzamenti coltivati (24) con metodo biologico rispetto a quelli coltivati con metodo convenzionale (30) mentre molto diverso risulta il numero di individui totale rilevati nei vigneti biologici (81) e convenzionali (599). Il confronto tra le medie degli individui raccolti durante tutto il periodo di campionamento risulta maggiore per i vigneti gestiti con metodo convenzionale rispetto a quelli gestiti con metodo biologico (Tab. 3a). Analizzando l'andamento stagionale si rileva una differenza significativa in primavera ed in estate.

La caratterizzazione della carabidocenosi attraverso l'analisi del X^2 (Tab. 2 in appendice) ha permesso di evidenziare le differenti affinità delle specie ai due metodi di conduzione. Sono state individuate 6 specie (p< 0,05 e F>0,5) con affinità al sistema di gestione convenzionale, mentre non si sono rilevate specie affini ai vigneti con metodo biologico.

Le specie che distinguono i vigneti convenzionali sono specie opportuniste appartenenti per la maggior parte alla subfamiglia degli *Harpalini* (Brandmayr, 2005). Anche *Calathus fuscipes* (subfam Pterostichini) è stato trovato con frequenza maggiore nel Convenzionale.

Numero individui				a
Primavera	Estate	Autunno	Complessivo	
Org	2,3	0,9	2,3	1,8
Conv	33,8	2,8	3,3	13,3
significatività	***	*		***
s.e. Org	0,8	0,3	0,5	4,0
s.e. Conv	10,0	0,8	0,9	0,3

Indice di Ricchezza				b
Primavera	Estate	Autunno	Complessivo	
Org	1,73	0,80	1,40	1,33
Conv	5,00	1,26	1,93	2,73
significatività	***			**
s.e. O	0,41	0,17	0,13	0,17
s.e. C	0,62	0,25	0,38	0,35

Indice di Shannon				c
Primavera	Estate	Autunno	Complessivo	
Org	0,38	0,08	0,28	0,25
Conv	1,20	0,24	0,49	0,65
significatività	***			**
s.e. Org	0,12	0,24	0,08	0,54
s.e. Conv	0,10	0,05	0,15	0,09

Indice di Pielou				d
Primavera	Estate	Autunno	Complessivo	
Org	0,15	0,04	0,14	0,12
Conv	0,23	0,08	0,15	0,15
significatività				
s.e. Org	0,04	0,03	0,42	0,22
s.e. Conv	0,03	0,03	0,04	0,02

Tab 3 - Valori medi di numero di individui (a), di ricchezza (b), di diversità (c) e di equipartizione (d) per la carabidofauna in agricoltura biologica (Org) e in agricoltura convenzionale (Conv).*** p<0.001, ** 0.001<p<0.01, *0.01<p<0.05.

La media dei valori degli indici di Shannon (diversità) (Tab. 3c), di Pielou (equitabilità) (Tab. 3d) e di ricchezza in specie (Tab. 3b) mostrano un valore inferiore nei vigneti coltivati con metodo biologico rispetto ai vigneti coltivati con metodo convenzionale: la differenza risulta significativa per l'indice di Shannon e per l'indice di Ricchezza.

Anche lo studio delle raccolte effettuate nelle singole stagioni mostra differenze statisticamente significative tra biologico e convenzionale. In particolare si rileva che gli appezzamenti convenzionali presentano in primavera una media del valore di Shannon e di ricchezza in specie significativamente più elevata. Non risultano diversi in modo significativo i valori di questi indici per il biologico e il convenzionale in estate ed in autunno. L'indice di Pielou non discrimina i due metodi di produzione neppure nelle diverse stagioni di cattura.

Sviluppo alare												
	Primavera			Estate			Autunno			Complessivo		
	brach	macr	pterid	brach	macr	pterid	brach	macr	pterid	brach	macr	pterid
Org	0,00	1,40	0,07	0,13	0,47	0,07	0,27	0,87	0,27	0,40	2,60	0,40
Conv	0,67	4,60	0,13	0,00	1,27	0,00	0,73	1,00	0,07	1,33	5,80	0,20
significatività	**	***			*					*	*	
s.e. Org	0,00	0,35	0,07	0,19	0,62	0,09	0,01	0,19	0,07	0,13	0,42	0,13
s.e. Conv	0,19	0,62	0,09	0,00	0,25	0,00	0,21	0,24	0,07	0,19	0,62	0,11

Tab. 4 – Valori delle medie del numero di specie a diversa preferenza alimentare in agricoltura biologica (Org) e in agricoltura convenzionale (Conv). *** $p < 0.001$, ** $0.001 < p < 0.01$, * $0.01 < p < 0.05$

Dieta												
	Primavera			Estate			Autunno			Complessivo		
	fitof	polif	zoof	fitof	polif	zoof	fitof	polif	zoof	fitof	polif	zoof
Org	0,47	0,93	0,07	1,07	3,47	0,87	0,33	0,20	0,13	0,80	1,67	0,93
Conv	1,07	3,47	0,87	0,20	1,00	0,07	0,00	0,87	0,93	1,07	4,47	1,80
significatività	**	***	**		**						***	*
s.e. Org	0,13	0,28	0,67	0,16	0,15	0,09	0,67	0,13	0,12	0,15	0,35	0,15
s.e. Conv	0,15	0,54	0,19	0,11	0,24	0,07	0,00	0,22	0,25	0,15	0,50	0,33

Tab. 5 – Valori delle medie del numero di specie a diversa preferenza alimentare in agricoltura biologica (Org) e in agricoltura convenzionale (Conv). *** $p < 0.001$, ** $0.001 < p < 0.01$, * $0.01 < p < 0.05$

Corologia																				
	Primavera					Estate					Autunno					Complessivo				
	LAD	AST	CAT	GEU	GME	LAD	AST	CAT	GEU	GME	LAD	AST	CAT	GEU	GME	LAD	AST	CAT	GEU	GME
Org	0,87	0,00	0,20	0,00	0,00	0,27	0,07	0,20	0,00	0,00	0,80	0,00	0,20	0,00	0,00	1,87	0,07	0,60	0,73	0,00
Conv	3,20	0,07	0,67	0,00	0,00	0,93	0,00	0,07	0,00	0,00	1,40	0,00	0,07	0,00	0,00	4,73	0,07	0,73	1,67	0,00
significatività	*															**			**	
s.e. Org	0,26	0,00	0,11	0,00	0,00	0,15	0,07	0,11	0,00	0,00	0,20	0,00	0,11	0,00	0,00	0,41	0,07	0,19	0,17	0,00
s.e. Conv	0,54	0,07	0,19	0,00	0,00	0,27	0,00	0,07	0,00	0,00	0,38	0,00	0,07	0,00	0,00	0,76	0,07	0,21	0,19	0,00

Tab. 6 – Valori delle medie del numero di specie con diverso areale di distribuzione in agricoltura biologica (Org) e in agricoltura convenzionale (Conv). *** $p < 0.001$, ** $0.001 < p < 0.01$, * $0.01 < p < 0.05$

Le caratteristiche ecologiche dei coleotteri Carabidi sono state indagate studiando la conformazione alare, il tipo di alimentazione e la corologia.

Confrontando il biologico e il convenzionale si osserva che le specie con conformazione alare brachittera e le specie macroterre si presentano con un valore maggiore negli appezzamenti coltivati con metodo convenzionale (Tab. 4).

Un valore maggiore della media è evidenziabile anche per le specie catturate in primavera nel convenzionale sia per i brachitteri che per i macroterri. In estate invece il valore si

conferma maggiore nel convenzionale in modo significativo soltanto per i macroterteri, mentre in autunno non si evidenziano differenze.

Per quanto riguarda le preferenze alimentari (Tab. 5) le specie polifaghe e zoofaghe determinano, in generale, la differenza tra il biologico e il convenzionale. Si può inoltre osservare che i due sistemi studiati si distinguono per le specie fitofaghe, polifaghe e zoofaghe in primavera.

In estate la differenza tra i due metodi di produzione si conferma con un valore significativamente maggiore per il convenzionale solo per la media dei polifagi. Anche in questo caso in autunno non si evidenziano differenze statisticamente significative.

Riunendo i gruppi corologici (Tab. 6) secondo il raggruppamento effettuato da Celano e Hansen (1999) sulla base dei corotipi principali indicati da Vigna Taglianti (1993) si può osservare che il corotipo LAD (Larga Diffusione) risulta significativamente maggiore in media nel convenzionale rispetto al biologico con specie rappresentate da *Amara aenea*, *Calathus fushipes*, *Harpalus affinis*, *Harpalus distinguendus*, *Pseudophonus rufipes*. Anche il corotipo GEU (Gravitazione Europea) è maggiore nel convenzionale in modo significativo e le specie che caratterizzano questo gruppo corologico e che sono state raccolte nei vigneti si ricordano ad esempio *Harpalus dimidiatus*, *Harpalus pygmeus*, *Steropus melas*.

Gli areali di distribuzione dei Carabidi, rappresentati mediante i raggruppamenti LAD (Larga Diffusione), AST (Asiatico Settentrionale), CAT (Centro-Asiatico-Turanico), GEU (Gravitazione Europea), GME (Gravitazione Mediterranea), consentono di discriminare gli appezzamenti gestiti con metodo biologico da quelli gestiti in modo convenzionale in primavera. Il corotipo LAD è quello che si presenta con un valore statisticamente diverso, maggiore per il convenzionale rispetto al biologico. In estate ed in autunno non si rilevano differenze statisticamente significative.

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Eigenvalue	14,758	0,6301	0,3174	0,2514	0,1505
Proportion	0,522	0,223	0,112	0,089	0,053
Cumulative	0,522	0,745	0,858	0,947	1

Tab. 7 - Autovalori delle prime 5 componenti principali.

L'analisi delle componenti principali (PCA) (fig 2) effettuata sulle biocenosi dei siti indagati spiega con le due prime componenti (PC1 e PC2) il 74 % della varianza dei dati (Tab. 7). Il primo asse è influenzato principalmente da fattori ecologici legati all'età dell'inerbimento e alla locazione geografica dei siti. Si passa dai siti collinari (ORG 1 e CONV 1), caratterizzati da *Harpalus dimidiatus*, *Harpalus oblitus* e *Steropus melas*, tra gli insetti, e *Convolvulus arvensis*, *Erigeron annuus* e *Picris hieracioides* per le piante; ai siti di alta (ORG 3 e CONV 3) e bassa pianura (ORG 2 e CONV 2) caratterizzati da *Amara aenea*, *Harpalus affinis* e *Harpalus distinguendus* per la carabidofauna e *Stellaria media*, *Bellis perennis* e *Plantago major* subsp. *major* tra le specie vegetali.

Il secondo asse è interpretabile quale andamento del disturbo delle biocenosi. I siti meno disturbati (ORG 2, ORG 3) sono caratterizzati da *Poecilus cupreus*, *Stenolophus teutonius* e *Poecilus koyi*, per la carabidofauna, e *Lolium perenne*, *Plantago lanceolata* e *Bellis perennis*, per la flora. I Siti più disturbati (CONV 1, CONV 2, CONV 3, ORG 1) risultano invece caratterizzati dalla frequenza elevata di *Pseudophonus rufipes*, *Harpalus distinguendus* e *Harpalus dimidiatus*, per la carabidofauna e *Plantago major* subsp. *major*, *Erigeron annuus* e *Portulaca oleracea* per la componente vegetale.

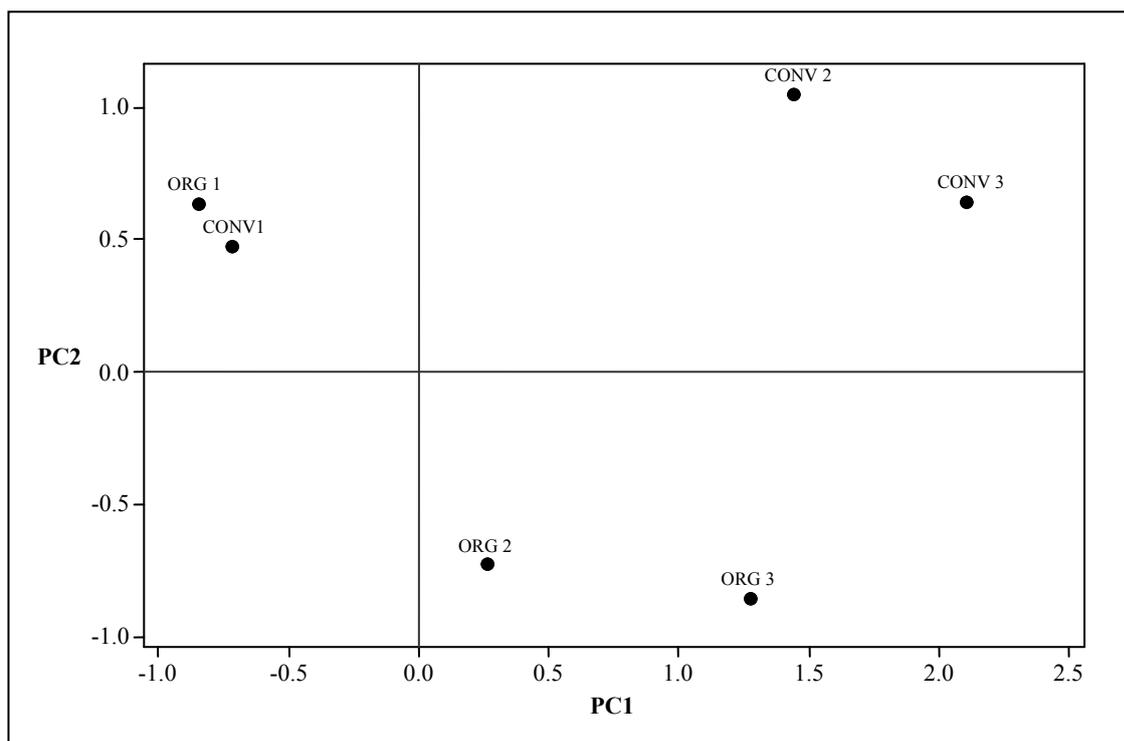


Fig 2 - Biplot con distribuzione dei 6 siti di indagine analizzati nelle 2 componenti principali. Org = agricoltura biologica, Conv = in agricoltura convenzionale.

3.4 Discussione dei risultati

La composizione floristica dei vigneti biologici risulta molto affine alle comunità descritte per i vigneti estensivi di tipo tradizionale (Wilmanns, 1993).

Gli elementi che li caratterizzano quali *Lolium perenne*, *Plantago lanceolata* e *Poa trivialis* subsp. *sylvicola* sono indicatori di stabilità cenotica essendo elementi trasgressivi della classe fitosociologica dei *Molino-Arrheneterethea*, alla quale si riconducono i prati stabili europei fertili.

La ricchezza e diversità floristica dei siti indagati non è influenzata dai due sistemi di gestione dei vigneti confrontati. Il risultato conferma quanto già evidenziato per studi europei riguardanti i vigneti (Bruggisser et al., 2010), in cui non è stato evidenziato alcun incremento di diversità dovuto all'agricoltura biologica. Concorda parzialmente con quanto indicato dalle revisioni analizzate (Bengtsson et al., 2005; Hole et al., 2005; Thomas 2000) in cui si evidenziano sia effetti positivi, sia negativi o neutri dell'agricoltura biologica. Si sottolinea tuttavia, che la maggior parte dei contributi analizzati non riguardano vigneti, ma altri sistemi colturali di tipo annuale e perenne.

Le differenze stagionali di ricchezza e diversità vegetale evidenziate ci indicano l'importanza della scelta di epoca del rilievo come emerge da altri contributi (Lososova et al., 2002). La stagione primaverile, in particolare, rappresenta il periodo di maggior differenza a livello di diversità. Questi valori sono determinati dall'elevata presenza di specie annuali (terofite) a sviluppo precoce. Questa tendenza si rileva soprattutto in coincidenza delle comunità della fila dei vigneti convenzionali, in cui il tipo gestione agronomica (diserbo e trattamenti fitosanitari), favorisce comunità ad elevata dinamicità ecologica (Baumgartner et al., 2007).

L'emerobia nella gestione biologica del vigneto mostra un basso livello di disturbo, imputabile all'assenza di trattamenti erbicidi (Tab. 2d).

L'indice di emerobia indica un maggiore disturbo floristico per i vigneti di tipo convenzionale. Questo è particolarmente evidente nelle comunità delle file ed è dovuto ad una maggior frequenza delle specie avventizie ed annuali che, come indicato in letteratura (Hobbs e Huenneke, 1992) risultano spesso avvantaggiate da un elevato livello di disturbo antropico.

Negli interfilari per i periodi primaverile ed estivo non sono state rilevate differenze significative. Ciò è giustificabile con la compattezza del cotico erboso che riduce la presenza di specie annuali (terofite). In queste comunità degli interfilari, se gestite in maniera convenzionale, il maggior contributo all'emerobia è determinato dall'abbondanza di specie neofite, che presentando sviluppo e fioritura tardiva sono rilevabili soprattutto nel periodo autunnale.

Questo lavoro evidenzia una maggiore diversità e una maggiore ricchezza in specie di carabidi negli appezzamenti coltivati con metodo convenzionale diversamente da quanto riportato da alcuni autori che mostrano situazioni favorevoli alla biodiversità nel biologico in generale (Hutton e Giller, 2003) e nello specifico dei vigneti (Hadjicharalampous et al., 2002). I risultati sono diversi anche da quelli ottenuti da altri autori che hanno evidenziato l'assenza di differenze tra i due metodi di gestione (Melnichuk et al., 2003).

Discordanze in termini di risultati dei suddetti indici in diversi contesti sperimentali sono messe in evidenza da Vazzana (2004), Bengtsson et al. (2005) e Rahman (2011).

Hadjicharalampous et al. (2002) hanno studiato vigneti a conduzione biologica dove hanno riscontrato presenza abbondante di *Harpalus distinguendus* e *Pseudoophonus rufipes*. Nei vigneti presi in esame in questo lavoro le stesse specie sono invece state rilevate con maggiore frequenza negli appezzamenti coltivati con metodo convenzionale

(Conv.). Infatti l'analisi del X^2 (Tab. 2 in appendice) evidenzia la significatività di valori relativi a specie opportuniste appartenenti per la maggior parte alla subfamiglia degli *Harpalini* che sono presenti con un numero maggiore di individui negli appezzamenti convenzionali. Anche *Amara aenea* e *Harpalus dimidiatus* compaiono con maggiore frequenza nel convenzionale seppure in modo non statisticamente significativo. Tali specie sono per la maggior parte a riproduzione primaverile, contribuiscono alle differenze stagionali di diversità e ricchezza e la loro presenza potrebbe essere giustificata da un elevato disturbo dovuto ai trattamenti, lavorazioni e sfalci che vengono effettuati a partire dalla tarda primavera (fine aprile inizio maggio). Tra queste specie sono compresi individui del genere *Harpalus* che secondo alcuni autori sono poco sensibili agli insetticidi (Asteraki e Hanks, 1992).

Nella maggior parte dei lavori citati in letteratura sono stati utilizzati gli indici di ricchezza in specie e di diversità come unici strumenti per la valutazione della qualità ambientale, prescindendo dalla considerazione del contributo delle singole specie alla carabidocenosi.

Un'analisi più approfondita dei dati raccolti ha consentito, invece di verificare che le specie catturate negli appezzamenti convenzionali, rappresentate da un elevato numero di individui, sono riferibili a specie opportuniste.

Inoltre lo studio dettagliato dell'ecologia delle specie ha consentito di verificare il legame delle stesse con ambienti disturbati e antropizzati. *Pseudophonus rufipes* e gli individui del genere *Harpalus* sono polifagi e molto frequenti in ambienti antropizzati, in particolare il primo si trova frequentemente nei seminativi e i secondi nei coltivi in generale (Brandmayr, 2005). Anche *Calathus fuscipes* risulta essere tipico di ambienti coltivati e antropizzati (Brandmayr, 2005) seppure zoofago e brachittero. Un'altra specie con le stesse preferenze alimentari e sviluppo alare del precedente, presente con maggiore frequenza nel convenzionale (seppure in modo non statisticamente significativo, è *Pterostichus (Steropus) melas*. Si tratta di una specie steppica con una certa preferenza per formazioni aperte anche antropizzate (coltivi), dove spesso è uno dei dominanti della comunità dei Carabidi (Brandmayr, 1975).

Dall'analisi statistica i dati relativi alla dieta e allo sviluppo alare risultano non sufficienti per discriminare diversi metodi di gestione. I risultati ottenuti dall'analisi della corologia delle singole specie ha invece consentito di differenziare il biologico dal convenzionale. I gruppi corologici LAD e il GEU, significativamente maggiori nel convenzionale,

indicano la presenza di un ambiente disturbato in cui si adattano le specie generaliste ed euriecie (Brandmayr, 2005).

L'utilizzo della corologia per differenziare diversi metodi di coltivazione può essere più efficace dato che i gruppi corologici comprendono specie appartenenti a regimi dietetici e sviluppo alare diversi. Infatti sono comprese nel gruppo a Larga Diffusione anche le specie che presentano dieta zoofaga e sviluppo alare brachittero (ad es. *Steropus melas*, *Calathus fuscipes*) caratteristiche considerate tipiche di specie di ambienti di ambienti più stabili (Brandmayr, 2005).

Questi risultati supportano una valutazione positiva dell'utilizzo dell'analisi della corologia per la discriminazione di ambienti in relazione al grado di disturbo prodotto dalle attività di produzione agricola.

L'analisi delle componenti principali ha evidenziato l'importanza che riveste il fattore geografico e la gestione dei sistemi colturali (PC1) nell'attribuzione del significato ecologico delle specie che caratterizzano i diversi siti.

In particolare la distanza tra le stazioni collinari e quelle pianiziali è strettamente legata a fattori biogeografici ed alla gestione dei vigneti. Infatti nella zona collinare (Org 1 e Conv 1), relativa al Collio del Friuli Venezia Giulia, è presente la pratica periodica di rottura del cotico, a differenza delle aree di pianura (Org 2, Org 3 e Conv 2, Conv 3) dove la gestione dell'inerbimento prevede il solo sfalcio.

L'effetto del disturbo antropico è distribuito principalmente sulla seconda componente (PC2) e permette di distinguere alcuni gruppi di specie indicatrici, molto sensibili per il monitoraggio del disturbo in ambienti coltivati come quelli in esame.

L'effetto positivo sulla qualità-stabilità ambientale della gestione biologica è evidente nei siti di pianura (alta e bassa) in cui risultano determinanti specie vegetali e animali caratteristiche di ambienti più stabili. Al contrario nei siti collinari tale effetto non risulta evidente. Entrambi i siti (Org 1 e Conv 1) sono caratterizzati da un elevato disturbo antropico (Tab 1 e 2 in appendice). Questo è probabilmente imputabile al periodico rimaneggiamento del suolo generalmente applicato nella sistema di gestione dei vigneti collinari, come evidenziato anche in altri casi di studio (Gago et al., 2007).

3.5 Conclusioni

Dalle analisi dell'efficacia degli indici classici di biodiversità emerge che le piante non sono in grado di mostrare differenze tra i due metodi di gestione. Per quanto riguarda i carabidi, invece, gli indici classici potrebbero essere utilizzati come indici di diversità

poiché discriminano i diversi metodi di conduzione. Va però puntualizzato che la valutazione della qualità ambientale attraverso questi indici non considera il contributo che le singole specie danno alla biocenosi.

Attraverso l'analisi delle comunità di piante e carabidi raccolti, si è infatti visto che le specie che contribuiscono alla diversità sono legate al disturbo piuttosto che alla stabilità dell'ambiente. L'analisi della PCA ha permesso di mettere in relazione i due indicatori utilizzati sottolineando l'importanza dello studio integrato delle biocenosi per l'individuazione di specie indicatrici di stabilità e disturbo dell'agroecosistema dei vigneti. Tale disturbo è stato valutato per le piante attraverso l'indice di emerobia che ha consentito di discriminare le situazioni potenzialmente più sostenibili.

Allo stesso modo la valutazione del LAD, cioè lo studio degli individui che hanno larga diffusione, ha permesso di ottenere un'informazione di sintesi che mette in evidenza il minor disturbo negli appezzamenti condotti con metodo biologico.

L'elevata influenza del grado di disturbo di un ecosistema sul livello di biodiversità dello stesso (Grime, 1973; Horn 1975; Connell; 1978) ne rende opportuna un'analisi accurata. In particolare negli agroecosistemi, che sono sistemi ecologici caratterizzati da un continuo disturbo antropico, l'analisi del livello di disturbo risulta determinante nella valutazione del successo delle pratiche agroambientali.

I risultati ottenuti permettono di formulare alcune indicazioni:

- limitata efficacia di analisi basate solo su indici classici per la misura di ricchezza diversità floristica;
- influenza della stagionalità sul calcolo degli indici. Infatti la discordanza di significatività tra i risultati stagionali e complessivi deve essere tenuta in considerazione nella pianificazione dei rilievi;
- buona capacità dell'indice di emerobia di valutare il disturbo del sistema ambientale.

Anche per la carabidofauna risulta importante:

- la valutazione del disturbo. Emerge infatti che le specie caratterizzanti la diversità degli agroecosistemi sono specie legate ad ambienti disturbati, le specie tipiche di ambienti naturali sono risultate in numero molto ridotto;
- l'analisi della corologia per la valutazione del disturbo, attraverso lo studio degli organismi a larga diffusione (raggruppati nel LAD).

Inoltre si ritiene molto importante lo studio della comunità a livello di singole specie al fine di definire le comunità tipiche dei sistemi con maggiori o minori potenzialità in termini di funzioni ambientali.

Alla luce dei risultati ottenuti si può concludere che non è sufficiente concentrarsi sulla biodiversità e sulla naturalità degli agroecosistemi, ma che è importante valutare la stabilità o il grado di disturbo del sistema ambientale in analisi. Si è infatti rilevato che le comunità sia floristiche che faunistiche (maggiormente) sono caratterizzate più da elementi di disturbo che da elementi di stabilità. In relazione alle osservazioni riportate possiamo altresì concludere che il metodo di conduzione biologica rappresenta un elemento di stabilità dell'agroecosistema.

Tesi di dottorato di Nadia Gambon discussa presso l'Università degli Studi di Udine

3.6 Bibliografia

Allegro G., Viterbi R., 2010. Contributo alla conoscenza faunistica ed ecologica dei Carabidi del Parco Naturale Orsiera Rocciavré e della Riserva di Foresto (Coleoptera, Carabidae), Rivista piemontese di Storia naturale 31, 18-212.

Anon, 2001. Ecological evaluation of the Arable Stewardship Pilot Scheme 1998–2000. Report to UK Ministry of Agriculture, Fisheries and Food by ADAS Consulting Ltd, The Centre for Land Use and Water Resources Research at the University of Newcastle, Edward Grey Institute of Field Ornithology at the University of Oxford and the Game Conservancy Trust.

Asteraki E.J, Hanks C.B, Clements R.O, 1992. The impact of two insecticides on predatory ground beetles (Carabidae) in newly sown grass. *Annals of Applied Biology* 120, (1), 25-39.

Baumgartner K., Steenwerth K.L., Veilleux L., 2007. Effects of Organic and Conventional Practices on Weed Control in a Perennial Cropping System. *Weed Science* 55, 352-358.

Bengtsson J., Ahnström J., Weibull A., 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis, *Journal of Applied Ecology* 42, (2), 261-269.

Brandmayr P. et al., 2005. I Coleotteri Carabidi per la valutazione ambientale e la conservazione della biodiversità. Agenzia per la protezione dell'ambiente per i servizi tecnici. Manuali e Linee Guida, Rome.

Brandmayr P., 1980. Entomocenosi come indicatori delle modificazioni antropiche del paesaggio e pianificazione del territorio: esempi basati sullo studio di popolamenti a Coleotteri Carabidi. *Atti XII Congr. Naz. Ital. Entomol.*, Roma 263-283.

Brandmayr P., Brunello Zanitti C., Zetto Brandmayr T., 1981. Le forme biologiche fondamentali dei Coleotteri Carabidi e la loro frequenza nelle comunità di alcuni tipi di vegetazione e substrato. *Bollettino di Zoologia*. 48: 26. Celano V., Hansen H., 1998. La Carabidofauna e l'aracnofauna di una bonifica della laguna di Venezia *Boll. Mus. civ. St. nat. Venezia* 49-55.

Bruggisser O.T., Schmidt-Entling M. H., Bacher S., 2010. Effects of vineyard management on biodiversity at three trophic levels. *Biological Conservation* 143, (6), 1521-1528.

Caffau M., 2008. Descrizione sintetica del territorio del Friuli Venezia. Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale – OGS. Dipartimento DdL. Gruppo GEBA. 19 pp.

Cole et al., 2002. Relationships between agricultural management and ecological groups of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) on Scottish farmland, *Agriculture, Ecosystems & Environment* 93, 323-336.

Fabbri R., Corazza C., 2009. I Carabidi del sito Natura 2000 “Po da Stellata a Mesola e Cavo Napoleonico” (IT4060016): da Pontelagoscuro al Bosco di Porporana (Ferrara,

Emilia-Romagna) (Coleoptera Carabidae). Quaderni della Stazione di Ecologia, Civico Museo di Storia Naturale 19, 107-112.

Fanelli G., De Lillis M., 2004. Relative growth rate and hemerobiotic state in the assessment of disturbance gradients - *Appl. Veg. Sci.* 7, 133-140.

Fanelli G. e Testi A., 2008. Detecting large and fine scale patterns of disturbance in towns by means of plant species inventories: maps of hemeroby in the town of Rome - In: *Urbanization: 21st Century Issues and Challenges*. (Ed.) Nova Publisher, NY.

Gago P., Cabaleiro C., Garcia J., 2007. Preliminary study of the effect of soil management systems on the adventitious flora of a vineyard in northwestern Spain. *Crop Protection* 26, n°. 4: 584-591.

Gunapala N., Scow K.M., 1998. Dynamics of soil microbial biomass and activity in conventional and organic farming systems. *Soil Biology and Biochemistry*. 30, 805-816.

Hadjicharalampous E., Kalburtji K.L., Mamolos A.P., 2002. Soil Arthropods (Coleoptera, Isopoda) in Organic and Conventional Agroecosystems". *Environmental Management*. 29, 683-690.

Hobbs R.J, Huenneke L.F. 1992. Disturbance, Diversity, and Invasion: Implications for Conservation. *Conservation Biology* 6 (3), 324-337.

Hole D.G., Perkins A.J., Wilson J.D., Alexander I.H., Grice P.V, Evans A.D., 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122 (1), 113-130.

Hutton S., Giller P., .The effects of the intensification of agriculture on northern temperate dung beetle communities. *Journal of Applied Ecology* 40, 994-1007.

Kowarik I., 2008. On the role of alien species in urban flora and vegetation. *Urban Ecology* 321-338.

Kowarik I., 1990, Some responses of flora and vegetation to urbanization in Central Europe, (ed. by H. Sukopp, S. Hejny, I. Kowarik), Editors, *Plants and Plant Communities in the Urban Environment*, SPB Academic Publishing, The Hague 45-74.

Lampkin N., 2002. *Organic farming*. Old Pond Pub. 748 pp.

Lazzerini G., Colom M.R., Camerà A., Sacchetti P, Vazzana C., 2004. Biodiversità aziendale e sua relazione con gli aspetti gestionali in aziende biologiche e convenzionali in Val d'Orcia in Toscana. XVI congresso società Italiana di Entomologia.

Lososova Z., Danihelka J., Chytrý. M., 2002. Seasonal dynamics and diversity of weed vegetation in tilled and mulched vineyards. *Biologia-Bratislava* 58 (1), 47-58.

Melnychuk et al., 2003. Abundance and diversity of Carabidae (Coleoptera) in different farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95, 69-72.

Migliorini P., Vazzana C., 2007. Biodiversity Indicators for sustainability evaluation of conventional and organic agro-ecosystems . *Italian Journal of Agronomy* 2, 105-110.

Pignatti S., Bianco P.M, Fanelli G., Paglia S., Pietrosanti S., Tescarollo P., 2001. Le piante come indicatori ambientali, Manuale tecnico-scientifico. ANPA Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. 116 pp

Rahman G., 2011 Biodiversity and Organic farming: what do we know? Agriculture and forestry Research (61) 189-208.

R Development Core Team (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0.

van Elsen T., 2000. Species diversity as a task for organic agriculture in Europe». Agriculture, Ecosystems & Environment 77 (1-2): 101-109.

van der Maarel, E., 1979. Environmental management of coastal dunes in the Netherlands, in: Jefferies, R.L. et al. (Ed.) (1979). Ecological processes in coastal environments: The 1st European Ecological Symposium and 19th Symposium of the British Ecological Society, Norwich, 12-16 September 1977. pp. 543-570.

Vigna Taglianti A., 1993. Coleoptera Archostemata Adephaga 1 (Carabidae). In: Minelli A., Ruffo S. e La Posta S. (eds) Cecklist delle specie della fauna italiana, 44 Calderini, Bologna.

Wilmanns O., 1993. Plant strategy types and vegetation development reflecting different forms of vineyard management1. Journal of Vegetation Science 4 (2): 235-240.

Zetto Brandmayr T., Brandmayr P., Giglio A., Marano I, 1998 - Morphofunctional and ecological features in carabid (Coleoptera) larvae. Mus. rg. Sci. nat. Torino: 449-490.

Tesi di dottorato di Nadia Gambon discussa presso l'Università degli Studi Udine

3.7 APPENDICE

Tesi di dottorato di Nadia Gambon discussa presso l'Università degli Studi di Udine

Specie	Biologico			Convenzionale			Complessivo	X ² tot	df	p-value	PC1	PC2
	fila	interfila	complessivo	fila	interfila	complessivo						
	f	f	f	f	f	f						
Taraxacum sect.Taraxacum	80	82	162	56	85	141	303	1,46	1	0,228	0,05	-0,18
Trifolium repens L. subsp. repens	41	49	90	19	68	87	177	0,05	1	0,822	0,06	-0,11
Cynodon dactylon (L.)Pers.	40	40	80	43	51	94	174	1,13	1	0,289	0,13	0,05
Veronica persica Poir.	32	46	78	40	55	95	173	1,67	1	0,196	0,04	-0,01
Lolium perenne L.*	42	60	102	19	38	57	159	12,74	1	0	-0,02	-0,29
Plantago lanceolata L.*	39	52	91	11	47	58	149	7,31	1	0,007	0,06	-0,23
Plantago major L. subsp. major**	15	30	45	32	58	90	135	15	1	0	0,14	0,19
Convolvulus arvensis L.	35	41	76	31	28	59	135	2,14	1	0,143	-0,21	0,08
Erigeron annuus (L.)Pers. s.l.	29	26	55	11	31	42	97	1,74	1	0,187	-0,17	0,17
Bellis perennis L.*	21	44	65	1	30	31	96	12,04	1	0,001	0,14	-0,25
Stellaria media (L.)Will. subsp. Media**	17	21	38	20	36	56	94	3,45	1	0,063	0,16	-0,02
Geranium dissectum L.	21	18	39	23	23	46	85	0,58	1	0,448	-0,11	0,06
Rumex obtusifolius L. subsp. obtusifolius	17	31	48	7	29	36	84	1,71	1	0,19	0,11	-0,12
Setaria pumila (Poir.)Roem. & Schult.	15	25	40	20	23	43	83	0,11	1	0,742	-0,04	0,04
Lamium purpureum L. subsp. purpureum	17	18	35	22	20	42	77	0,64	1	0,425	0,13	-0,04
Poa annua L. subsp. Annua**	5	16	21	19	36	55	76	15,22	1	0	0,04	0,09
Digitaria sanguinalis (L.)Scop. subsp. Sanguinalis**	13	17	30	25	21	46	76	3,37	1	0,066	0,07	0,03
Potentilla indica (Jacks.)Th.Wolf*	24	41	65	2	5	7	72	46,72	1	0	0,02	-0,28
Euphorbia helioscopia L. subsp. helioscopia	16	15	31	21	19	40	71	1,14	1	0,286	-0,14	0,09
Allium vineale L.*	22	25	47	10	13	23	70	8,23	1	0,004	-0,14	-0,05
Veronica arvensis L.	14	15	29	15	22	37	66	0,97	1	0,325	0,02	-0,01
Polygonum aviculare (aggr.)**	7	3	10	32	19	51	61	27,56	1	0	0,1	0,1
Elytrigia repens (L.)Desv. ex Nevski	23	4	27	15	19	34	61	0,8	1	0,37	-0,02	-0,03
Picris hieracioides L. subsp. Hieracioides*	21	19	40	8	12	20	60	6,67	1	0,01	-0,17	0,1
Geranium pusillum Burm. f.	8	15	23	13	23	36	59	2,86	1	0,091	0,07	0,05
Cerastium brachypetalum Desp. ex Pers. subsp. brachypetalum	13	18	31	14	14	28	59	0,15	1	0,696	-0,1	0,04
Medicago lupulina L. s.l.	12	22	34	12	11	23	57	2,12	1	0,145	-0,13	0,08
Cardamine hirsuta L.*	16	20	36	10	10	20	56	4,57	1	0,033	0,06	-0,12
Alopecurus myosuroides Huds. var. myosuroides*	19	20	39	7	8	15	54	10,67	1	0,001	-0,11	-0,03
Poa trivialis L. subsp. sylvicola (Guss.)H.Lindb.*	16	22	38	2	13	15	53	9,98	1	0,002	0,05	-0,14
Picris echioides L.	15	13	28	9	16	25	53	0,17	1	0,68	-0,14	0,05
Trifolium pratense L. subsp. pratense	11	16	27	5	14	19	46	1,39	1	0,238	0	-0,03
Sonchus oleraceus L.*	6	6	12	13	16	29	41	7,05	1	0,008	-0,1	0,07
Vicia angustifolia L. subsp. angustifolia	11	10	21	7	8	15	36	1	1	0,317	-0,1	0,06

<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.)Medik. **	1	1	2	13	19	32	34	26,48	1	0	0,06	0,09
<i>Ranunculus repens</i> L.*	8	19	27	1	6	7	34	11,76	1	0,001	0,03	-0,11
<i>Arenaria serpyllifolia</i> L. s.l.	7	8	15	10	9	19	34	0,47	1	0,493	-0,08	0,06
<i>Portulaca oleracea</i> L. s.l.**				28	4	32	32	32	1	0	0,07	0,11
<i>Cerastium holosteoides</i> Fr.	7	10	17	2	11	13	30	0,53	1	0,465	0,07	-0,06
<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill. **		1	1	15	13	28	29	25,14	1	0	0,04	0,05
<i>Crepis capillaris</i> (L.)Wallr.*	12	12	24		5	5	29	12,45	1	0	0,02	-0,09
<i>Daucus carota</i> L. subsp. <i>Carota</i> *	10	13	23	3	3	6	29	9,97	1	0,002	-0,08	0,06
<i>Sonchus arvensis</i> L. subsp. <i>arvensis</i>	7	8	15	6	7	13	28	0,14	1	0,706	-0,06	0,05
<i>Avena barbata</i> Pott. ex Link. subsp. <i>barbata</i>	10	5	15	3	5	8	23	2,13	1	0,144	-0,07	0,04
<i>Setaria italica</i> (L.)P.Beauv. subsp. <i>Italica</i> *	12	4	16	6		6	22	4,55	1	0,033	0,03	-0,06
<i>Setaria viridis</i> (L.)P.Beauv. subsp. <i>viridis</i>	4	4	8	11	2	13	21	1,19	1	0,275	-0,01	0,02
<i>Amaranthus retroflexus</i> L. subsp. <i>Retroflexus</i> **				17	3	20	20	20	1	0	0,04	0,07
<i>Prunella vulgaris</i> L.	3	9	12	5	3	8	20	0,8	1	0,371	0,01	-0,02
<i>Trifolium fragiferum</i> L. subsp. <i>fragiferum</i>	3	15	18		1	1	19	15,22	1	0	-0,02	-0,07
<i>Anisantha sterilis</i> (L.)Nevski*	8	7	15	2	2	4	19	6,37	1	0,012	-0,02	-0,05
<i>Crepis vesicaria</i> L. subsp. <i>taraxacifolia</i> (Thuill.)Thell.	6	7	13	2	4	6	19	2,58	1	0,108	-0,05	0,04
<i>Chenopodium album</i> L. subsp. <i>Album</i> **				13	5	18	18	18	1	0	0,04	0,07
<i>Cirsium arvense</i> (L.)Scop. s.l.*	11	4	15	2	1	3	18	8	1	0,005	0	-0,06
<i>Crepis rhoeadifolia</i> M.Bieb*	5	10	15		3	3	18	8	1	0,005	-0,05	0,02
<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P.Beauv. ex J.Presl & C.Presl subsp. <i>elatius</i>	9	3	12	1	5	6	18	2	1	0,157	0,03	-0,04
<i>Conyza canadensis</i> (L.)Cronquist	7	4	11	3	4	7	18	0,89	1	0,346	-0,05	0,03
<i>Galinsoga ciliata</i> (Raf.)S.F.Blake**				17		17	17	17	1	0	0,05	0,04
<i>Potentilla reptans</i> L.	13	2	15		1	1	16	12,25	1	0,465	0	-0,07
<i>Poa pratensis</i> L.*	5	9	14				14	14	1	0	-0,01	-0,06
<i>Lactuca serriola</i> L.	2	2	4	4	6	10	14	2,57	1	0,109	-0,03	0,01
<i>Veronica hederifolia</i> L. s.l.**	1		1	8	4	12	13	9,31	1	0,002	0,02	0,02
<i>Anagallis arvensis</i> L. subsp. <i>arvensis</i>	5		5	6	2	8	13	0,69	1	0,405	-0,03	0,01
<i>Allium sativum</i> L.	4	2	6	4	3	7	13	0,08	1	0,782	-0,04	0,02
<i>Artemisia vulgaris</i> L. subsp. <i>Vulgaris</i> **				2	9	11	11	11	1	0,001	0,02	0,05
<i>Sanguisorba minor</i> Scop. s.l.**				5	6	11	11	11	1	0,001	-0,03	0,01
<i>Ranunculus parviflorus</i> L.	2	1	3	3	5	8	11	2,27	1	0,132	-0,03	0,02

Tab. 1 – Frequenza delle specie floristiche in fila, interfila e complessiva in vigneti coltivati con metodo biologico e convenzionale. L'affinità floristica ad uno dei due metodi di conduzione è evidenziata con * (biologico) e ** (convenzionale). Sono riportati inoltre i valori di X^2 e il p-value delle singole specie e il contributo di ogni specie alle prime 2 componenti principali (PC1 e PC2). Sono incluse nell'elenco le specie che hanno $f > 10$ complessiva.

Specie	Biologico	Convenzionale	Complessivo	X^2	p-value	PC1	PC2
	f	f	f				
<i>Amara aenea</i> (Degeer, 1774)*	8	15	23	213,04	0,144	0,30	0,03
<i>Harpalus distinguendus</i> (Dufschmid, 1812)**	4	15	19	636,84	0,012	0,27	0,27
<i>Harpalus affinis</i> (Schränk, 1781)**	4	12	16	4,00	0,046	0,30	0,11
<i>Harpalus dimidiatus</i> (Rossi, 1790)*	6	10	16	1,00	0,317	-0,27	0,26
<i>Pseudophonus rufipes</i> (De Geer, 1774)**	2	11	13	623,07	0,013	0,25	0,28
<i>Harpalus pygmaeus</i> (Dejean, 1829)**	2	9	11	445,45	0,035	0,23	0,18
<i>Pseudophonus griseus</i> (Panzer, 1797)	4	7	11	0,81	0,366	0,21	-0,01
<i>Calathus fushipes</i> (Goeze, 1777)**	1	8	9	544,44	0,02	0,19	0,17
<i>Steropus melas</i> (Creutzer 1799)	3	6	9	1,00	0,317	-0,06	0,03
<i>Harpalus oblitus</i> (LeConte, 1859)**	0	6	6	6,00	0,014	-0,11	0,10
<i>Ophonus azureus</i> (Fabricius, 1775)	2	4	6	0,66	0,414	-0,01	0,11
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758)	3	1	4	1,00	0,317	0,05	-0,12
<i>Amara similata</i> (Gyllenhal, 1810)	1	2	3	0,33	0,564	0,01	0,10
<i>Carabus coriaceus</i> (Linnaeus, 1758)	0	3	3	3,00	0,083	0,02	0,07
<i>Harpalus rubripes</i> (Dufschmid, 1812)	0	3	3	3,00	0,083	0,02	0,07
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> (Linnaeus 1761)	1	1	1	1,00	0,317	0,04	-0,03
<i>Carabus germari</i> (Sturm, 1815)	1	1	2	0,00	1	0,02	-0,02
<i>Harpalus anxius</i> (Dufschmid, 1812)	0	2	2	2,00	0,157	0,05	0,06
<i>Harpalus flavicornis</i> Dejean, 1829)	1	1	2	0,00	1	0,01	0,00
<i>Microlester</i> spp.	1	1	2	0,00	1	-0,01	0,06
<i>nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1755)	2	0	2	2,00	0,317	-0,06	0,04
<i>ophonus sabulicole</i> (Panzer, 1796)	2	0	2	2,00	0,317	-0,06	0,04
<i>amara eurynota</i> (Panzer 1796)	1	0	1	1,00	0,317	0,30	0,03
<i>Amara lucida</i> (Dufschmid, 1812)	1	0	1	1,00	0,317	-0,03	0,02
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan, 1763)	0	1	1	1,00	0,317	-0,03	0,01
<i>Brachynus crepitans</i> (Linnaeus, 1758)	0	1	1	1,00	0,317	0,02	0,04
<i>Brachynus explodens</i> (Dufschmid, 1812)	0	1	1	1,00	0,317	0,02	0,04
<i>Callistus lunatus</i> (Fabricius, 1775)	0	1	1	1,00	0,317	-0,03	0,01
<i>Dinodes decipiens</i> (Dufour, 1820)	1	0	1	1,00	0,317	-0,01	-0,04
<i>Harpalus honestus</i> (Dufschmid, 1812)	0	1	1	1,00	0,317	0,02	0,04
<i>Harpalus modestus</i> (Dejean, 1829)	0	1	1	1,00	0,317	0,03	0,02
<i>Parophonus maculicornis</i> (Dufschmid, 1812)	1	0	1	1,00	0,317	0,01	-0,05
<i>Platysma melanarium</i> (Illiger, 1798)	0	1	1	1,00	0,317	0,02	0,04
<i>Platysma nigrum</i> (Schaller, 1783)	0	1	1	1,00	0,317	0,03	0,02
<i>Poecilus Koyi</i> (Germar, 1824)	1	0	1	1,00	0,317	0,01	-0,05
<i>Stenolophus teutonius</i> (Schränk, 1781)	1	0	1	1,00	0,317	0,01	-0,05
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schränk, 1781)	0	1	1	1,00	0,317	0,02	0,04

Tab. 2 - Frequenza delle specie di carabidi in vigneti coltivati con metodo biologico e convenzionale. L'affinità delle specie di carabidi ad uno dei due metodi di conduzione è evidenziata con * (biologico) e ** (convenzionale). Sono riportati inoltre i valori di X^2 e il p-value delle singole specie e il contributo di ogni specie alle prime 2 componenti principali (PC1 e PC2).

CAPITOLO 4

VALUTAZIONE DI INDICI DI BIODIVERSITÀ E DISTURBO NELL'AGROECOSISTEMA: IL CASO DELLE LAVORAZIONI CONSERVATIVE

4.1 Introduzione

Il paesaggio rurale svolge molteplici funzioni (Olaf e Lütz, 2006; Haines-Young e Potschin, 2001) percepite come benefici (prodotti e servizi) che il paesaggio può fornire per soddisfare i bisogni dell'uomo, come il sostegno alla biodiversità, protezione delle falde acquifere, regolazione delle acque, sostanza organica, regolazione della lisciviazione ecc.

Il paesaggio rurale come risorsa naturale è ampiamente gestito dall'agricoltura e gli effetti della gestione si manifestano su larga scala, da qui l'interesse per l'agricoltura come strumento di gestione delle risorse naturali.

La Politica Agricola Comunitaria punta a rendere possibile un paesaggio rurale sostenibile attraverso due diverse strategie: la conservazione e il miglioramento degli habitat naturali e seminaturali nel mosaico agricolo e l'applicazione di pratiche agricole sostenibili dal punto di vista ambientale (*low input*, agricoltura biologica, lavorazione conservativa).

In questo quadro, la lavorazione conservativa (LC) è costituita da pratiche di gestione del suolo finalizzate a ridurre gli impatti negativi delle lavorazioni (alterazione della struttura del suolo, erosione, degradazione), a conservare la qualità del suolo (fertilità e biodiversità naturale), a impedire la perdita del sostanza organica durante la lavorazione (Conant et al., 2007).

Questi sistemi di gestione agricola sono caratterizzati da tecniche di coltivazione che non prevedono il rivoltamento del terreno, ma che in genere integrano altre tecniche agricole, tra le quali le colture di copertura, il sovescio e la rotazione (Pisante, 2007). Altri aspetti concorrono alla sostenibilità di questa pratica quali la migliore efficienza in termini energetici rispetto alla lavorazione convenzionale (Zentner et al., 2004; Zentner et al., 2011) dovuta alla riduzione del numero delle operazioni in campo per preparare il letto di semina.

Holland (2004) e Trewavas (2004) hanno confrontato i risultati ambientali della LC con quelli dei sistemi di lavorazione convenzionale (LCo), passando in rassegna molti casi negli USA e in Europa. Nei loro lavori hanno evidenziato un'ampia gamma di benefici sull'ambiente quali il miglioramento della struttura del suolo, del contenuto di materia organica, la limitazione dell'erosione e della lisciviazione dei nutrienti, il miglioramento della biodiversità del suolo e delle relative comunità ecologiche.

Altri studi confermano effetti positivi sulla qualità del suolo legati alla crescente percentuale di C organico e di N totale associato al miglioramento della struttura e dall'incremento della percentuale di macro aggregati (Wright et al., 2007; Prakash et al., 2009; Melero et al., 2009).

Le LC migliorano inoltre la struttura e la stabilità del terreno facilitando l'assorbimento e la ritenzione idrica come rilevato da un lavoro di dottorato dell'università degli studi di Viterbo (Talarico, 2009).

Le relazioni tra LC e biodiversità sono state ampiamente studiate, ma con due prospettive opposte: quella produttiva e quella ecologica. La prima con lo scopo di comprendere le modalità con le quali il sistema di lavorazione influisce sullo sviluppo della flora avventizia per migliorare i programmi di controllo degli agenti patogeni (Streit et al., 2002; Moyer et al., 1994; Mas e Verdú, 2003; Hald, 1999).

Il secondo approccio si concentra sulla valutazione degli effetti della LC sulla biodiversità del suolo, ovvero su microfauna, mesofauna e macrofauna (Holland, 2004; Davis et al., 2009) e su altra fauna selvatica, ad esempio gli uccelli (Field et al., 2007; Leake et al., 2000).

Cole et al. (2005) hanno studiato gli effetti della copertura del suolo e dell'intensità delle pratiche agronomiche sulle associazioni di coleotteri terricoli e di ragni in Scozia ed hanno evidenziato la scomparsa di queste specie nei sistemi agricoli gestiti in modo intensivo, per effetto dei cambiamenti drastici e improvvisi della struttura degli habitat e della disponibilità di risorse. Da questi studi emerge anche una forte relazione tra le comunità di ragni e di coleotteri, a supporto della scelta dei carabidi come gruppo di riferimento per il monitoraggio dell'influenza delle pratiche agricole sulla biodiversità.

Zanin et al. (1997) hanno condotto studi in Italia sugli effetti delle lavorazioni conservative (minima lavorazione, no till) sulle comunità di avventizie rispetto alla lavorazione convenzionale. I risultati hanno mostrato che la presenza di specie floristiche comuni a LC e LCo diminuisce nel tempo, ma hanno anche messo in rilievo il delinearsi di un gruppo di specie costanti che si distingue negli agroecosistemi condotti con LC. Da

un punto di vista ecologico sono state rilevate due diverse dinamiche per la flora: la tipica successione secondaria e una ripetuta ricolonizzazione che hanno portato ad una comunità più matura nei blocchi trattati con la LC.

Non tutte le evidenze scientifiche sono concordi, infatti, in merito alla diversità delle specie avventizie. Plaza et al. (2011) non hanno evidenziato differenze tra diversi sistemi di lavorazione (non-lavorazione, lavorazione minima e lavorazione tradizionale) considerando un sistema di rotazione cereali-leguminose per un periodo di 23 anni in Spagna. Uno studio svizzero, riguardante l'impatto del controllo chimico in diversi sistemi di lavorazione ha mostrato le avventizie perenni maggiormente correlate alla non-lavorazione, e le specie annuali più associate alla minima lavorazione ed alla lavorazione convenzionale (Streit et al., 2002). In Canada, altri studi hanno evidenziato che il cambiamento a lungo termine della flora avventizia è influenzato dal disturbo dovuto alle lavorazioni, dal tipo di suolo, dalle concimazioni, dalla rotazione delle colture, dal tipo di colture avventizie che costituiscono elementi interdipendenti (Shrestha et al., 2002).

Nell'agroecosistema possono essere identificate diverse componenti della biodiversità agricola: la biodiversità programmata rappresentata dalle coltivazione e dall'allevamento inseriti e gestiti nell'agroecosistema dagli agricoltori, e la biodiversità associata che comprende la flora e la fauna che colonizza l'agroecosistema dagli ambienti circostanti e dipende dalla struttura e dalla gestione dell'agroecosistema stesso (citato in Altieri, 1999). Entrambe le componenti contribuiscono ai servizi dell'ecosistema al di là della produzione di cibo, fibre o combustibili, per esempio con il riciclo dei nutrienti, la regolazione idrogeologica, la diversità biologica, il controllo degli agenti patogeni ecc. (Altieri, 1999).

L'obiettivo che ci si pone è quello di studiare la biodiversità che caratterizza colture erbacee condotte con LC confrontandola con altre gestite in maniera convenzionale in condizioni di campo aperto.

4.2 Materiali e metodi

4.2.1 Area di studio

Sono state analizzate 14 coppie di appezzamenti adiacenti condotti con lavorazioni conservative (LC) e tradizionali (LCo) collocati nella zona delle colline moreniche, della alta e bassa pianura e delle risorgive del Friuli Venezia Giulia (Tab. 1). Sono state considerate tre colture: mais, soia e cereali autunno vernini.

L'analisi dei campioni di terreni prelevati negli appezzamenti presi in esame mostra una diversa tessitura in relazione alla loro localizzazione. I terreni collinari per il loro contenuto in sabbia (mediamente intorno al 35%), in argilla (mediamente intorno al 55%) e in limo (mediamente intorno al 10%) possono essere classificati a medio impasto.

Nell'alta pianura i valori nei diversi appezzamenti mettono in evidenza una maggiore variabilità, in particolare per quanto riguarda il contenuto in limo che va da 1% in terreni a mais a 9% in terreni a cereali autunno vernini. Nella bassa pianura la differenza per i diversi terreni è ancor più evidente: i valori rilevati presentano *range* molto ampi per il contenuto in sabbia (3,5- 53,4%), in argilla (38,5-91%) e limo (1,6-28%). La dotazione in sostanza organica risulta uniforme nei terreni della zona collinare e dell'alta pianura, si presenta invece con valori molto più variabili nella bassa pianura.

Per quanto riguarda il pH si possono classificare come leggermente acidi i terreni della zona collinare e dell'alta pianura mentre si presentano come leggermente basici i terreni della bassa pianura.

Ambito	Coltura		media N%	media C%	pH	sost. org.	SABBIA	ARGILLA	LIMO	Olsen-P
Zona collinare	mais	LC	0,16	1,72	5,9	4,93	37,5	54,5	8,0	21
		LCo	0,15	1,61	6,3	5,29	28,9	58,5	12,5	13
	soia	LC	0,15	1,57	6,1	4,69	37,9	52,0	10,1	5
		LCo	0,16	1,79	5,9	5,25	35,9	55,0	9,0	17
Alta pianura	cav	LC	0,22	2,07	6,9	5,26	43,4	47,5	9,0	43
		LCo	0,16	1,61	6,9	4,65	46,0	50,0	4,1	19
	mais	LC	0,24	2,51	7,1	6,52	55,0	38,5	6,5	49
		LCo	0,24	2,79	7,2	7,33	59,4	40,5	1,0	28
Bassa pianura	cav	LC	0,16	1,62	7,5	3,47	25,0	62,5	12,5	11
		LCo	0,14	1,34	7,5	2,60	39,4	56,5	4,1	22,5
		LC	0,13	1,17	7,4	2,66	16,0	77,5	6,5	8
		LCo	0,15	1,32	7,5	2,97	14,4	76,0	9,5	7
	mais	LC	0,17	1,88	7,4	4,53	37,0	51,0	12,1	20
		LCo	0,15	1,68	7,4	4,13	40,5	51,5	8,0	8
		LC	0,30	3,14	7,4	7,09	15,9	56,0	28,0	28
		LCo	0,19	1,87	7,3	4,15	37,0	45,0	18,0	21
		LC	0,11	1,15	7,5	2,28	28,0	65,5	6,5	14
		LCo	0,11	0,93	7,51	1,79	34,0	61,5	4,6	15
		LC	0,17	1,47	7,2	2,82	51,5	47,0	1,6	63
		LCo	0,14	1,19	7,3	2,37	53,4	43,5	3,0	55
soia	LC	0,18	2,01	7,2	5,02	38,5	47,0	14,6	33	
	LCo	0,17	1,79	7,2	4,76	12,9	75,5	11,6	65	
	LC	0,22	2,04	7	5,14	20,4	62,0	17,6	13	
	LCo	0,13	1,09	7,3	2,57	3,5	91,0	5,6	9	
	LC	0,24	2,23	7,2	4,20	28,0	66,0	6,0	68	
	LCo	0,17	1,42	7,4	4,18	8,9	71,5	19,6	37	
	LC	0,15	1,32	7,4	3,25	30,4	63,0	6,5	23	
	LCo	0,18	1,77	7,3	3,86	44,9	45,0	10,1	16	

Tab. 1 – Valori di pH, sostanza organica e tessitura di campioni di terreni prelevati negli appezzamenti esaminati.

Le precipitazioni annue che caratterizzano le aree prese in esame si attestano intorno ai 1600 mm di media annua per la zona collinare e ai 1400 mm per l'alta pianura e la zona delle risorgive. Sono invece inferiori le precipitazioni che si rilevano nell'area della bassa pianura con medie annue intorno ai 1100 mm

Per quanto riguarda la temperatura, le medie annue delle quattro zone sono simili con medie annue di 13°C nelle zone di pianura e di 12°C nella zona collinare. (www.arpa.fvg.it).

Negli appezzamenti convenzionali l'aratura viene effettuata in autunno ad una profondità di 40 cm. Per le semine autunnali l'aratura è immediatamente seguita da uno o due lavorazioni per la preparazione del letto di semina.

Viene effettuata una media di 5 operazioni colturali nei due sistemi di lavorazione, ma si possono rilevare un elevato numero di pratiche utilizzate nelle lavorazioni conservative comparabili alle lavorazioni convenzionali. Nelle lavorazioni conservative vengono utilizzati gli erbicidi soprattutto con le colture di copertura. Questi ultimi vengono utilizzati nel 60% dei campi coltivati con il metodo conservativo.

Flora e Carabidofauna sono stati usati come bioindicatori per lo studio dell'agroecosistema in termini di composizione e struttura, attraverso indici quali la diversità delle specie, equitabilità e forme biologiche. L'analisi della flora ha riguardato le avventizie e la flora dei margini. Infatti, alcuni studi dimostrano che esiste una interazione tra il campo coltivato e i suoi margini e un effetto positivo della biodiversità dei margini sulle avventizie. Gli artropodi Carabidi sono stati scelti poiché frequentemente utilizzati nello studio della biodiversità degli agroecosistemi grazie alla loro elevata sensibilità sia al tipo di colture che al loro avvicendamento (Marshall e Moonen, 2002; Holland, 2004). I carabidi rivestono, inoltre, indubbi vantaggi sia perché i campionamenti risultano facili ed economici, sia per la loro diversità morfologica ed ecologica (Niemelä et al., 2000).

4.2.2 Campionamento della flora

In ogni parcella sono stati condotti tre rilievi stagionali (primavera, estate e autunno). Lo schema di campionamento della flora ha previsto 11 plot quadrati (1 m²) interni al campo coltivato, posizionati con schema incrociato e 5 aree della stessa superficie per i margini, posizionate a 50 cm dal limite della coltura.

In ogni plot sono state censite le specie vegetali vascolari ed attribuiti i valori di abbondanza di ogni specie, quali stime percentuali di copertura, in accordo con il metodo fitosociologico classico (Braun-Blanquet, 1964).

Per ogni specie censita sono state determinate le caratteristiche ecologiche (forma biologica e stato della flora esotica) ed è stata condotta l'analisi dello spettro biologico (Raunkiaer, 1934).

L'emerobia, generalmente intesa quale distanza dallo stato naturale di un ecosistema (Jallas, 1956; Sukopp, 1969, 1972; Blume & Sukopp, 1976; Forman e Godron, 1985), è stata assunta come misura del livello di disturbo antropico dell'ecosistema: un elevato grado di emerobia è stato associato ad un elevato grado di disturbo dell'ambiente naturale.

In questo studio le informazioni derivate dall'emerobia, dallo spettro biologico e dal contributo delle specie avventizie consentono la caratterizzazione degli agroecosistemi in termini di disturbo ecologico, dove quest'ultimo risulta inversamente proporzionale alla stabilità ecologica e naturalità.

La nomenclatura e la definizione delle caratteristiche ecologiche seguono quanto proposto da Pignatti (1982) e Poldini et al. (2001).

4.2.3 Campionamento della fauna

La raccolta dei carabidi è stata effettuata utilizzando trappole a caduta (pit-fall traps) costituite da contenitori di plastica del diametro di 90 mm all'imboccatura, con profondità di 120 mm, interrate (fino all'imboccatura) e riempite di soluzione satura di NaCl senza aggiunta di attrattivi. Al centro di ogni appezzamento sono state posizionate 5 trappole a una distanza di due metri una dall'altra. Le trappole sono rimaste attive in tutti i siti per un periodo di 10 giorni in primavera (fine maggio inizio giugno), in estate (fine luglio inizio agosto) e in autunno (fine settembre inizio ottobre). Il periodo di attività corrisponde al minimo periodo utile per una raccolta speditiva di carabidi (Brandmayr, 2005).

Il contenuto delle trappole è stato smistato in laboratorio e i coleotteri carabidi sono stati determinati a livello di specie.

Le forme biologiche seguono le indicazioni di Brandmayr (2005) e la nomenclatura delle specie e la corologia usata sono quella di Vigna Taglianti (1993).

4.2.4 *Indici considerati e analisi statistiche*

L'analisi della flora è stata organizzata in due fasi: il confronto delle comunità commensali interne alle colture e il confronto delle comunità dei margini prossimo naturali.

Per ogni sistema di lavorazione e tipologia di rilievo è stata calcolata la frequenza delle specie. La valutazione dell'affinità con i sistemi di lavorazione è stata effettuata con il test del Chi Quadrato (X^2).

La diversità floristica è stata valutata con gli indici: ricchezza di specie (S), l'indice di diversità di Shannon (H') (Shannon & Weaver, 1949) e l'indice di equitabilità di Pielou (Pielou, 1966)

L'indice di emerobia floristica (HI) (Sukopp, 1972; Poldini, 2009) è stato calcolato per ogni plot considerando il rapporto tra Neofite (N), Terofite (T) e ricchezza di specie, secondo la seguente formula:

$$HI = N + T/S$$

Il concetto di emerobia, quale misura diretta del disturbo antropico dell'agroecosistema, è stato qui adattato all'influenza biogeografica del contatto con la regione mediterranea, per la quale viene proposto di considerare anche il contributo della forma biologica delle Terofite (Kehl, 1995).

Lo spettro biologico è stato calcolato considerando la percentuale di ogni gruppo biologico. La presenza di specie neofite e archeofite è stata utilizzata come indicatore del grado di invasione delle specie aliene.

Lo studio della carabidofauna ha previsto l'analisi della biodiversità sulla base degli stessi indici utilizzati per la flora (indice di ricchezza in specie, indice di diversità di Shannon e indice di equitabilità di Pielou) e la valutazione della relazione tra la presenza di specie e il sistema di lavorazione è stato effettuato mediante test X^2 .

Alcuni autori (Allegro, 2001; Cole, 2002; Brandmayr, 2005) suggeriscono che lo studio degli indici di diversità non è sufficiente per descrivere la comunità di carabidi poiché per il calcolo dell'indice si tiene conto del solo numero delle specie e non le caratteristiche delle specie stesse. Questi studi sottolineano come le forme biologiche, anche per la carabidofauna, permettano di valutare correttamente l'influenza dell'uomo sull'habitat, quindi il grado di disturbo dello stesso.

Infine, attraverso una analisi di regressione lineare è stato analizzato il contributo della componente vegetale e animale alla qualità ambientale dell'agroecosistema.

La normalità della distribuzione dei dati è stata valutata con il test Shapiro-Wilk Normality, mentre il Mann–Whitney-U test è stato usato per analizzare la significatività delle differenze per gli indici calcolati.

Le analisi statistiche sono state effettuate con il software R (R Core Team 2008).

4.3 Risultati

4.3.1 Analisi della flora

Durante i rilievi sono stati censiti 164 *taxa* vegetali (comprensivi di specie, sottospecie e varietà). Di questi 101 sono stati rilevati all'interno delle colture e 145 all'interno dei plot dei margini. Il numero complessivo di *taxa* censiti nel sistema LCo è maggiore sia per la flora interna che per quella di margine.

Il test χ^2 (frequenza attesa > 5, $p < 0.05$) (Tab 1 in appendice) della flora interna (IF) evidenzia 16 specie che mostrano affinità specifica con uno dei due sistemi agricoli analizzati. Di queste 5 sono associate al LC e 11 al LCo. La LC è caratterizzata da un'elevata frequenza di *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crus-galli* subsp. *crus-galli*, *Acalypha virginica* e *Amaranthus retroflexus* subsp. *retroflexus* ($P < 0.05$). *Chenopodium album*, *Veronica persica*, *Solanum nigrum*, *Cynodon dactylon* ed *Equisetum telmateia* sono più frequenti in LCo.

Per le comunità dei margini (MF) sono state individuate 10 specie associate con il LC e 5 con LCo. Le specie caratteristiche del sistema LC sono *Equisetum arvense*, *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crus-galli* subsp. *crus-galli* and *Acalypha virginica*, mentre il sistema LCo si differenzia per un'elevata frequenza di *Lolium perenne*, *Carex hirta* e *Lysimachia vulgaris*, specie caratteristiche dei prati stabili concimati.

La differenza principale tra i due sistemi di coltivazione, sia per la flora indagata nell'ambiente interno (IF) sia per quella di margine (MF), è imputabile al maggior contributo di specie avventizie della classe *Stellarietea mediae* nel sistema conservativo.

Il numero totale di specie censite nel sistema LCo (88 IF, 115 MF) (Tab 1) è maggiore rispetto al numero censito in LC (61 IF, 110 MF), tuttavia i valori degli indici S, H' ed equitabilità di Pielou non evidenziano differenze significative tra i due sistemi (Tab. 1).

L'HI mostra, come atteso, valori più elevati all'interno della coltura che nei margini, tuttavia sono state individuate differenze statisticamente significative solo per MF con valori maggiori per l'agricoltura caratterizzata da LC (Tab. 2).

	margini			colture		
	LC	LCo	significatività	LC	LCo	significatività
Specie totali	110,000	115,000		61,000	88,000	
S	4,790	4,720		1,910	2,040	
s.e						
H'	0,970	0,930		0,440	0,450	
s.e						
Pielou	0,630	0,580		0,440	0,390	
s.e.						
Archeofite	0,681	0,471	**	0,660	0,539	**
s.e.	0,056	0,050		0,037	0,039	
Neofite	0,686	0,733		0,584	0,422	**
s.e.	0,052	0,053		0,035	0,029	
HI	0,400	0,340	*	0,770	0,740	
s.e.	0,020	0,020		0,020	0,020	

Tab 2 - Valori medi di ricchezza (S), di diversità di Shannon (H'), di equipartizione (Pielou), di disturbo (HI) e delle specie appartenenti alle Archeofite e alle Neofite rilevati nei margini e all'interno delle colture LC e LCo. *** $p < 0.001$, ** $0.001 < p < 0.01$, * $0.01 < p < 0.05$

L'analisi del contributo delle specie avventizie evidenzia la presenza di un numero medio di Archeofite superiore nel sistema LC, sia per la MF che per IF. La stessa tendenza è stata trovata per il numero di Neofite, che tuttavia mostrano significatività solo per IF.

Lo spettro biologico della IF è caratterizzato da un'elevata percentuale di terofite (T), mentre emicriptofite (H) e geofite (G) risultano inferiori. Le fanerofite (P) hanno valori molto bassi mentre le elofite (He) sono assenti. Nel sistema LC le T e le G sono superiori rispetto a LCo, in maniera significativa. Una tendenza opposta è stata individuata per la vegetazione dei margini, dove lo spettro biologico è caratterizzato da tre forme biologiche: T, H e G (Fig.1), mentre P e le He mostrano valori sensibilmente inferiori. Le T raggiungono il valore massimo nei plot LC mentre H sono più frequenti nei plot LCo.

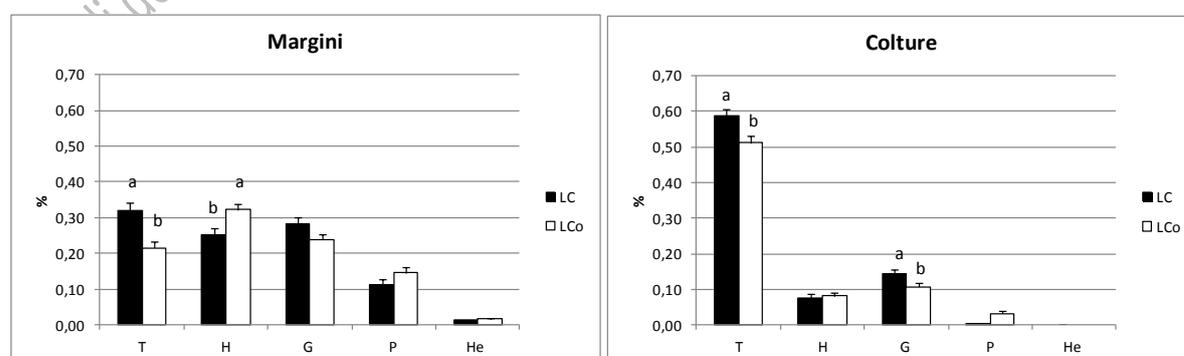


Fig. 1 - Analisi delle forme biologiche: T (terofite), H (emicriptofite), G (geofite), P (fanerofite), He (helofite). Lettere diverse corrispondono a valori significativamente diversi ($p < 0,05$)

4.3.2 Analisi della Fauna

Durante il periodo di campionamento sono stati catturati complessivamente 3945 individui ripartiti in entrambe i sistemi di lavorazione in 45 specie di carabidi (Tab 2).

Le tre specie più comuni rappresentano il 75% degli individui totali catturati e sono *Poecilus cupreus* (59,06%), *Steropus melas* (7,45%), *Pseudophonus rufipes* (7,38%) per entrambi i sistemi di coltivazione.

L'analisi del χ^2 (frequenza attesa >5, $p < 0.05$) mette in evidenza 8 specie con affinità specifica ad uno dei sistemi confrontati, delle quali 3 sono associate al LC e 5 al LCo.

Gli appezzamenti condotti con LC sono caratterizzati da un'elevata frequenza di *Chlaeniellus nitidulus*, *Brachinus crepitans*, e *Carabus granulatus*, mentre *Harpalus distinguendus*, *Pseudophonus griseuse*, *Harpalus affinis* sono più frequenti nel LCo.

P. cupreus è la specie che presenta il numero assoluto maggiore di individui catturati: 35,41% negli appezzamenti LC e 23,65% negli appezzamenti LCo. La media del numero di specie catturate (S) nei diversi plot durante i tre periodi di raccolta non mostrano differenze significative tra i due sistemi di coltivazione. Gli stessi risultati si evidenziano per l'indice di Shannon e l'indice di equitabilità di Pielou, in accordo con i risultati ottenuti per la flora (Tab 3).

	LC	LCo
Numero specie totali	45,00	45,00
Ricchezza specifica (S)	2,38	2,18
Shannon (H')	0,54	0,50
Pielou	0,58	0,58

Tab.3 - Numero di specie totali, valori medi di ricchezza specifica, di Shannon e di Pielou in LC e in LCo
*** $p < 0.001$, ** $0.001 < p < 0.01$, * $0.01 < p < 0.05$

Lo studio delle caratteristiche ecologiche delle specie e delle relazioni delle stesse con l'agroecosistema è basata su fattori quali le caratteristiche alari, la corologia e le preferenze alimentari. Tale analisi è stata condotta al fine di caratterizzare carabidocenosi specifiche per i siti gestiti con LC e LCo.

Per quanto riguarda la conformazione alare negli appezzamenti LC si è riscontrata una prevalenza di brachitteri e pteridimorfi, mentre i macrotteri sono maggiormente presenti

negli appezzamenti LCo. Tuttavia queste differenze non risultano statisticamente significative (Fig. 2).

In relazione alla corologia si è osservato che le specie di carabidi analizzate includono 14 dei 17 corotipi fondamentali proposti da Vigna Taglianti (Vigna Taglianti et al., 1993). Dal punto di vista della struttura si evidenzia la prevalenza di specie LAD (Larga Diffusione: Olartico, Palaeartico, West-Palaeartico, Asiatico-Europeo, Europeo-Mediterraneo) negli appezzamenti LCo. In particolare le specie appartenenti al corotipo Paleartico e W-Palaeartico costituiscono il 70.45% del numero totale delle catture. Questa predominanza di specie a Larga Diffusione viene riportata in bibliografia come caratteristica degli ambienti antropizzati quali quelli coltivati (Huruk 2002 a, b, 2005; Huruk e Huruk, 2004; Soboleva-Dokuchaeva, 1995). Per contro, le specie a gravitazione Europea e Mediterranea (GEU) sono maggiormente rappresentate negli appezzamenti LC, sebbene i valori non mostrino differenze significative dal punto di vista statistico rispetto al LCo (Fig. 3).

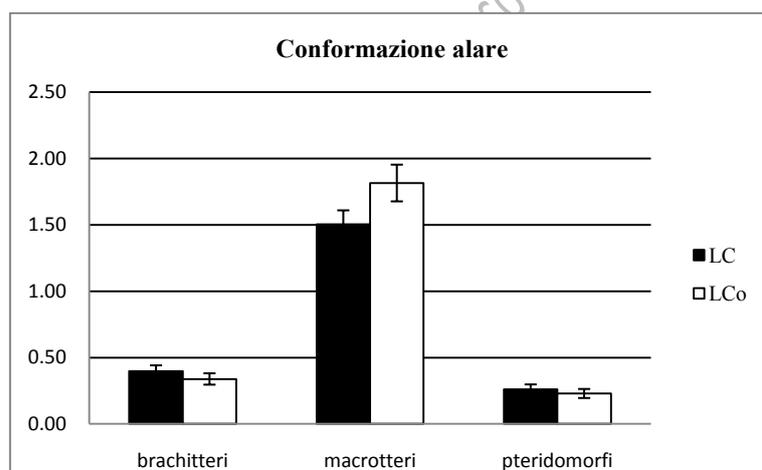


Fig. 2 – Analisi della conformazione alare dei Carabidi, lettere diverse corrispondono a valori significativamente diversi ($p < 0,05$)

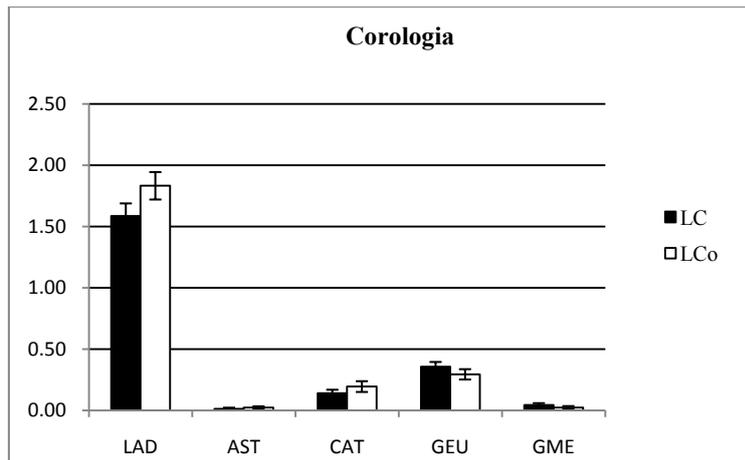


Fig.3 - Analisi della distribuzione corologica, lettere diverse corrispondono a valori significativamente diversi ($p < 0,05$)

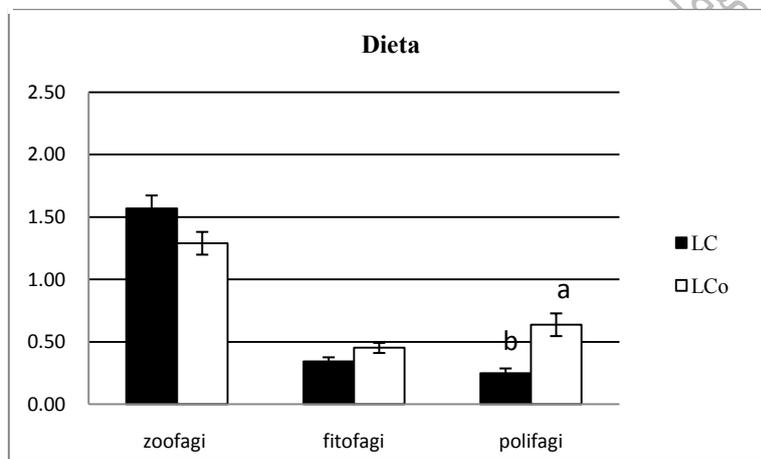


Fig.4 - Analisi delle preferenze alimentari, lettere diverse corrispondono a valori significativamente diversi ($p < 0,05$)

L'analisi della dieta dei carabidi raccolti (Fig. 4) mostra che la media delle specie polifaghe è significativamente più alta negli appezzamenti LCo rispetto ai LC, mentre le specie zoofaghe e fitofaghe non consentono di discriminare i due metodi di lavorazione.

4.3.3 Relazioni tra bioindicatori ed indici

Correlazioni		Coef	E. S.	T	P value	F _{1,26}	R2 adj	Sign.
carabidi (S) VS flora (S)	interc.	0,25	0,09	0,14	0,003	14,02	0,33	***
	flora (S)	0,03	0,01	0,18	0,001			
zoofagi VS flora (S)	interc.	0,23	0,06	0,19	0,001	4,00	0,10	
	flora (S)	0,01	0,00	0,11	0,057			
polifagi VS flora (S)	interc.	0,06	0,06	0,04	0,22	17,00	0,37	***
	flora (S)	0,02	0,00	0,18	0,000			
fitofagi VS flora (S)	interc.	-0,18	0,01	-1,24	0,16	6,01	0,16	*
	flora (S)	0,00	0,00	0,12	0,021			
carabidi (S) VS G	interc.	0,50	0,10	0,30	0,000	0,01	0,00	
	G	-0,24	0,04	-0,38	0,49			
carabidi (S) VS H	interc.	0,41	0,05	0,35	0,000	5,02	0,14	*
	H	0,04	0,02	0,10	0,031			
carabidi (S) VS He	interc.	0,49	0,06	0,53	0,000	0,00	0,00	
	He	-0,44	0,23	-0,09	0,64			
carabidi (S) VS P	interc.	0,51	0,05	0,48	0,000	1,04	0,01	
	P	-1,67	0,07	-1,18	0,17			
carabidi (S) VS T	interc.	0,22	0,07	0,15	0,003	27,60	0,50	***
	T	0,05	0,01	0,23	0,000			

Tab. 4 – Correlazioni lineari esistenti tra carabidi, flora e tra le varie forme biologiche.

*** p<0.001, ** 0.001<p<0.01, *0.01<p<0.05

L'analisi di regressione lineare (Tab 4) tra numero di specie vegetali, carabidi e gruppi biologici ha mostrato una correlazione significativa tra numero di specie vegetali e di carabidi (adjusted R2 = 0.29; p<0.05). La correlazione incrementa nel confronto tra numero di carabidi e numero di T rilevate in ogni sito (adjusted R2 = 0.42; p<0.05), mentre non sono state rilevate correlazioni significative tra le altre forme biologiche.

4.4 Discussione dei risultati e conclusione

Lo studio della biodiversità attraverso indici comunemente utilizzati quali la ricchezza in specie, la diversità di Shannon e l'equitabilità di Pielou non ha consentito di evidenziare differenze tra il metodo di coltivazione convenzionale e quello conservativo, ritenuto più sostenibile dal punto di vista ambientale.

Questi risultati concordano con quanto evidenziato in alcuni studi riguardanti l'effetto delle minime lavorazioni sulla biodiversità (Hernandez Plaza et al., 2011; Shrestha et al., 2002), ma sono discordanti rispetto ai risultati ottenuti da altri (Baguette e Hance, 1997).

L'indice di emerobia (HI) utilizzato in talune analisi ambientali, quali ad esempio i lavori riguardanti l'*urban ecology* (Hill e Thompson, 2002; Kowarik, 2008, Wania et al., 2006)

ha dimostrato una buona potenzialità nel discriminare l'effetto delle misure agroambientali. Ha inoltre mostrato una influenza positiva delle lavorazioni conservative sulla qualità, naturalità e stabilità dell'ambiente in relazione alla biodiversità dell'agroecosistema (Altieri, 1999).

Nell'applicazione dell'indice al caso di studio non sono stati riscontrati effetti significativi per la IF, ma si è rilevata un'importante influenza della gestione conservativa sul grado di disturbo degli habitat semi-naturali dei margini. La ricerca non ha avuto come obiettivo l'analisi di relazioni causa ed effetto, tuttavia i risultati mostrano un'influenza dei diversi metodi di gestione sulle comunità vegetali dei margini (Cortet et al., 2002; De Snoo, 1997; McLaughlin&Mineau, 1995). Le pratiche gestionali come sfalcio, trattamenti e il tipo di lavorazione possono essere ritenute la causa dell'incremento del valore di emerobia in questi ambienti. Tuttavia, la MF è anche influenzata dalla comunità delle avventizie del campo coltivato (Hald, 1997; Marshall e Moonen, 2002; Hovd e Skogen, 2005; Aavik e Liira, 2010; Deckers et al., 2004), come dimostrato dall'alto livello di emerobia dei plot di margine in corrispondenza di elevata frequenza di specie avventizie quali *Sorghum halepense* e *Setaria viridis* nello spazio coltivato.

Per quanto riguarda il fattore disturbo, l'analisi delle neofite e delle archeofite, utilizzate come indicatori del grado di invasione delle specie aliene (Jauni e Hyvönen, 2010), conferma la tendenza già espressa da HI ma non evidenzia differenze significative per l'ambiente coltivato (IF). Negli appezzamenti LC lo studio dello spettro biologico sottolinea due particolari tendenze, la prima è espressa dalla maggiore presenza di T, che può essere spiegata dal differente uso di pesticidi sulle colture (Puricelli e Tuesca, 2005; McLaughlin e Mineau, 1995), la seconda è legata alla più elevata presenza di G ad indicare una migliore condizione del suolo che risulta meno disturbato (Moyer et al., 1994; Zanin et al., 1997).

Lo spettro biologico della MF sottolinea ulteriormente l'efficacia dell'analisi delle forme biologiche per la caratterizzazione degli agroecosistemi in relazione al loro grado di intensità di disturbo. In particolare l'opposta tendenza delle H e delle T mostra l'influenza negativa della gestione dei margini degli appezzamenti LC, dove le specie annuali (percentuale di T) sono più frequenti. Negli stessi siti le H, indicatrici di specie caratteristiche di prati falciati, sono meno frequenti.

I risultati confermano l'importanza della composizione e del ruolo ecologico delle specie floristiche al fine di differenziare agroecosistemi di diversa qualità ambientale, come peraltro già descritto in letteratura (Hald, 1999; Waldhardt et al., 2003; Albrecht, 2003;

Dorado e López-Fando, 2006), sottolineando come le specie caratterizzanti LC e LCo siano in relazione alla diversa gestione dei suoli. Infatti, la composizione delle comunità IF del LC, coincide parzialmente con studi analoghi effettuati in Nord Italia (Zannin et al., 1997) ed è rappresentata da *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crus-galli* subsp. *crus-galli*, *Acalypha virginica* e *Amaranthus retroflexus* subsp. *retroflexus*. Le IF del LCo sono caratterizzate invece da *Chenopodium album*, *Veronica persica*, *Solanum nigrum*, *Cynodon dactylon*, *Equisetum telmateia*.

Per quanto riguarda i carabidi l'analisi del χ^2 ha evidenziato le affinità delle specie ai singoli metodi di lavorazione e si è potuto osservare come al sistema LCo siano legate specie polifaghe e opportuniste, quali le specie del genere *Harpalus*, mentre le specie che caratterizzano la gestione LC sono a dieta zoofaga, quindi implicano un sistema ambientale più complesso.

Tra gli indici considerati per la descrizione delle forme biologiche della carabidofauna (preferenze alimentari, conformazione alare e corologia) solo la polifagia ha consentito di discriminare gli ambienti LC.

Tale risultato potrebbe indicare, come suggerito da Brandmayr (2005), un ambiente caratterizzato da un livello elevato di disturbo. La presenza di un numero maggiore di zoofagi nel LC denota un ambiente più stabile. Anche altri autori (Halme e Niemelä, 1993; Blake et al., 1996; Davies e Margules, 1998) sostengono che l'abbondanza di specie a dieta polifaga (opportuniste e generaliste) così come la carenza di zoofagi (specialisti) può rappresentare la risposta ad una alterazione dell'ambiente e permettere la valutazione del disturbo dello stesso.

I valori relativi alla conformazione alare e alla corologia pur non discriminando in modo significativo i due metodi di lavorazione, consentono comunque di fare alcune considerazioni sulla qualità dell'ambiente. Infatti, è interessante osservare una maggiore presenza di specie brachittere e pteridimorfe nel LC, contro una prevalenza di specie macrottere nel LCo. La taxocenosi risulta quindi adattata a condizioni ambientali instabili (Brandmayr et al., 2005; De Boer, 1980). Anche la predominanza di specie a larga distribuzione nel LC può essere un ulteriore elemento indicatore di un ambiente modificato più di recente (Celano e Hansen, 1998).

Un'ulteriore conferma della maggiore stabilità dell'agroecosistema LC è data dalla presenza di un maggiore numero di individui del genere *Abax* e *Carabus*, specie zoofaghe tipiche delle cenosi dei boschi e riproduttori autunnali (Allegro et al., 2001). Tali specie richiedendo habitat più specifici e complessi e consentono una misura del grado di

conservazione dell'ambiente (Niemelä, 2000; Cole, 2002) e quindi di migliori funzioni ambientali.

Infine, le relazioni positive tra specie avventizie e Carabidi esprimono una diretta dipendenza tra la ricchezza in specie espressa dai due bioindicatori, risultato confermato anche dai lavori di Davis e Currie (2009) e Carcamo (1995) che rilevano un'elevata presenza di specie di carabidi. in concomitanza con l'abbondanza delle avventizie.

Al contrario l'analisi delle forme biologiche ha permesso di evidenziare le componenti di flora e fauna che indicano condizioni di maggiore stabilità ecologica.

Ciò conferma l'importanza delle analisi integrate, sottolineando la necessità del confronto delle comunità biologiche (Harvey et al., 2008).

I risultati hanno messo in luce la scarsa efficacia dell'utilizzo dei soli indici di biodiversità per la caratterizzazione della qualità ambientale degli agroecosistemi, considerando importante la valutazione sia della la componente fauna sia della componente flora. Allo stesso tempo ha permesso di evidenziare il tipo di informazione fornita dagli indici relativi alle forme biologiche, connessa al grado di disturbo e quindi di stabilità ecologica, che risulta maggiore in sistemi ambientali più maturi.

D'altra parte l'informazione relativa all'associazione delle specie con il tipo di coltivazione rilevata mediante analisi del X^2 risulta essere molto efficace poiché consente di caratterizzare gli agro ecosistemi sulla base delle comunità sia di flora che di fauna.

Sono emerse alcune criticità relative all'interpretazione degli indici. In particolare, diversamente rispetto alle aspettative l'elevata presenza di flora avventizia annuale (T) nel sistema LC non corrisponde un aumento delle specie polifaghe di carabidi, bensì del numero totale di individui., indicando la necessità di maggiori approfondimenti ed un ampliamento della ricerca.

4.5 Bibliografia

Aavik T. e Liira J., 2010. Quantifying the effect of organic farming, field boundary type and landscape structure on the vegetation of field boundaries. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 135 (3): 178-186.

Albrecht H., 2003. Suitability of arable weeds as indicator organisms to evaluate species conservation effects of management in agricultural ecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 98: 201–211.

Altieri M. A., 1999, The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74, 19-31

Baker J.M., Ochsner T. E., Venterea R.T., Griffis T. J., 2007. Tillage and soil carbon sequestration What do we really know? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118, 1-5

Bhattacharyya R., Prakash V., Kundu S., Srivastva A.K., Gupta H.S., 2009. Soil aggregation and organic matter in a sandy clay loam soil of the Indian Himalayas under different tillage and crop regimes *Agriculture, Ecosystems & Environment* 132, 126-134

Brandmayr P., 1980. Entomocenosi come indicatori delle modificazioni antropiche del paesaggio e pianificazione del territorio: esempi basati sullo studio di popolamenti a Coleotteri Carabidi. *Atti XII Congr. Naz. Ital. Entomol.*, Roma 263-283.

Brandmayr P., Brunello Zanitti C., Zetto Brandmayr T., 1981. Le forme biologiche fondamentali dei Coleotteri Carabidi e la loro frequenza nelle comunità di alcuni tipi di vegetazione e substrato. *Bollettino di Zoologia* 48, 26.

Brandmayr, P. et al, 2005. I Coleotteri Carabidi per la valutazione ambientale e la conservazione della biodiversità. Agenzia per la protezione dell'ambiente per i servizi tecnici. Manuali e Linee Guida, Rome.

Bronick C.J., Lal R., 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124, 3-22.

Bruce, J. P., Frome M., Haites E., Janzen H., Lal R., Paustian, K., 1999. Carbon sequestration in soils. *J. Soil Water Conserv* 54, 382-389.,

Cole L.J., Mccracken D.I., Downie I.S., Dennis P., Foster G.N., Waterhouse T., Murphy K.J., Griffin A.L., Kennedy M.P., 2005. Comparing The Effects Of Farming Practices On Ground Beetle (Coleoptera: Carabidae) and spider (Araneae) assemblages of Scottish farmland. *Biodiversity and Conservation* 14, 441-460.

Cortet J., Ronce D., Poinsot-Balaguer N., Beaufreton C., Chabert A., Viaux P., Cancela De Fonseca J.P., 2002. Impacts of different agricultural practices on the biodiversity of microarthropod communities in arable crop systems. *European Journal of Soil Biology*, 38 (3-4), 239-244.

De Snoo G.R., 1997. Arable flora in sprayed and unsprayed crop edges. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 66 (3), 223-230.

- Deen W., Kataki P.K., 2003. Carbon sequestration in a long-term conventional versus conservation tillage experiment. *Soil and Tillage research*.
- Dorado J., López-Fando C., 2006. The effect of tillage system and use of a paraplow on weed flora in a semiarid soil from central Spain. *Weed Research* 46 (5), 424-431.
- Duelli P., 1997. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: An approach at two different scales. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 62 (2-3), 81-91.
- Field R.H., Benke S., Badonyi K., Bradbury R.B., 2007. Influence of conservation tillage on winter bird use of arable fields in Hungary. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 120, 399–404,
- Forman R.F. e Gordon, M.. 1986. *Landscape ecology*. Wiley.
- Hald A. B., 2002. Impact of agricultural fields on vegetation of stream border ecotones in Denmark. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 89 (1-2), 127–135.
- Hald B., 1999. Weed vegetation (wild flora) of long established organic versus conventional cereal fields in Denmark. *Annals of Applied Biology* 134 (3), 307-314.
- Hatten T.D., Bosque-Pérez N.A., Labonte J.R., Guy S.O. e Eigenbrode S.D., 2007. Effects of Tillage on the Activity Density and Biological Diversity of Carabid Beetles in Spring and Winter Crops. *Environmental Entomology* 36 (2), 356-368.
- Higginbotham S., Leake A.R., Jordan V.W.L., Ogilvy S.E., 2000, Environmental, and ecological aspects of integrated, organic and conventional farming systems. *Aspects Appl. Biol.* 62, 15–20.
- Hill M.O., Roy D.B., Thompson K., 2002. Hemeroby, urbanity and ruderality: bioindicators of disturbance and human impact. *Journal of Applied Ecology* 39 (5), 708–720.
- Hole D.G., Perkins A.J., Wilson J.D., Alexander I.H., Grice F., Evans A.D., 2005 Does organic farming benefit biodiversity? *Biol. Conserv* 122 (1), 113-130
- Hovd H., Skogen A., 2005. Plant species in arable field margins and road verges of central Norway. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 110 (3-4), 257-265.
- Huruk S., 2002. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of brown soils in one-year-old farm crops. *Baltic J. Coleopterol.* 2 (1), 25-37.
- Huruk S., Huruk A., 2004. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of moist hay meadows along the River San near the town of Rudnik in Central Poland. *Baltic J. Coleopterol.* 4 (1), 23 - 29.
- Kehl H., 1995. Vegetation dynamics of macchie and their derivatives under the influence of a small settlement near Antalya (Sw-Turkey). In: Sukopp, H., M. Numata & A. Huber (1995) (eds.) *Urban Ecology as the Basis of Urban Planning*. SPB Academic Publishing bv, Amsterdam, The Netherlands. 85-150.
- Kowarik I., 2008. On the role of alien species in urban flora and vegetation. *Urban Ecology* 321-338.

Langdalea G.W., Weste L.T., Brucea R.R., Millerc W.P. Thomas A.W., 1992. Restoration of eroded soil with conservation tillage. *Soil Technology*. 5, 81-90

Marshall E.J.P e Moonen A.C., 2002. Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 89 (1-2), 5-21.

Mas M. T., Verdú A. M. C., 2003. Tillage system effects on weed communities in a 4-year crop rotation under Mediterranean dryland conditions. *Soil and Tillage Research* 74 (1), 15-24.

Melero S., Lopez-Garrido R, Madejon E., Murillo J.M., Vanderlinden K., Ordonez R., Moreno F., 2009. Long-term effects of conservation tillage on organic fractions in two soils in southwest of Spain. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 133, (1-2) 68-74.

Mickelson S.K., Boyd P., Baker J.L., Ahmed S.I., 2001. Tillage and herbicide incorporation effects on residue cover, runoff, erosion, and herbicide loss. *Soil Till.* 60, 55-66.

Miia J., Hyvönen T., 2010. Invasion level of alien plants in semi-natural agricultural habitats in boreal region. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 138 (1-2), 109-115.

Moyer J.R. et al., 1994. Weed Management in Conservation Tillage Systems for Wheat Production in North and South-America. *Crop Protection* 13, 243-259.

Pielou E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology* 13, 131-44.

Pignatti S., 1982 - Flora d'Italia.

Pisante M., 2007. *Agricoltura Blu. La via italiana dell'agricoltura conservativa. Principi, tecnologie e metodi per una produzione sostenibile.* Edagricole. pp 50

Poldini L., Oriolo G., Vidali M., 2001. "Vascular flora of Friuli-Venezia Giulia. An annotated catalogue and synonymic index". *Studia Geobotanica* 21, 3-277.

Rauniaker, C., 1934. *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography.* Oxford. 115 pp.

Shannon C., Weaver W., 1949. *The mathematical theory of communication.* Urbana, University of Illinois Press.

Shrestha A., Knezevic S.Z., Roy R.C., Ball-Coelho B.R., Swanton C.J., 2002. Effect Of Tillage, Cover Crop And crop rotation on the composition of weed flora in a sandy soil. *Weed Research* 42, 76-87.

Soboleva-Dokuchaeva, I.I., 1995. Peculiarities of forming of ground-beetles fauna (Coleoptera: Carabidae) in agrocenose neighbouring to forest in the Non-Chernozem area. *Entomological Reviews* 74 (3), 551-576.

Streit B., Rieger S. B., Stamp P., Richner W., 2002. The effect of tillage intensity and time of herbicide application on weed communities and populations in maize in central Europe. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 92: 211-224. *Soil and Tillage Research* 125-136.

- Sukopp H., 1969. Der Einfluss des Menschen auf die Vegetation. *Vegetatio* 17, 360-371
- Sukopp H., 1976. Dynamik und Konstanz in der Flora der Bundesrepublik Deutschland. *Schr. R. Vegetationskunde* 10, 9-27.
- Talarico R., 2009. Tecnologie meccaniche adoperate in agricoltura conservativa per la protezione del suolo agrario dai fenomeni erosivi e dalla compattazione – valutazione in campo e sviluppo di un protocollo di prova europeo per le macchine della lavorazione del terreno. Tesi di dottorato dell'università della Tuscia. Viterbo. 161 pp
- Trewavas A., 2004. A critical assessment of organic farming-and-food assertions with particular respect to the UK and the potential environmental benefits of no-till agriculture. *Crop protection* 23 (9), 757-781.
- Uppendra M.S., Singh B.P., Whitehead W.F. e Wang S, 2007. Accumulation and Crop Uptake of Soil Mineral Nitrogen as Influenced by Tillage, CoverCrops, and Nitrogen Fertilization. *Agron. J.* 99, 682-691.
- van der Maarel, 2005. *Vegetation ecology*. USA Blackwell science.
- Waldhardt R., Simmering D., Albrecht H., 2003. Floristic diversity at the habitat scale in agricultural landscapes of Central Europe—summary, conclusions and perspectives. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 98 (1-3), 79-85.
- Walmsley D.C., Siemenc J., Kindler R., Kirwan L., Kaiser K., Saunders M., Kaupenjohann M., Osborne B. A., 2011. Dissolved carbon leaching from an Irish cropland soil is increased by reduced tillage and cover cropping, *Agriculture, Ecosystems & Environment* 142, 393-402.
- Wania A., Kuhn I., Klotz S., 2006. Plant richness patterns in agricultural and urban landscapes in Central Germany—spatial gradients of species richness. *Landscape and Urban Planning* 75 (1-2), 97-110.
- Wright A.L, Dou F. Hons F.M, 2007. Soil organic C and N distribution for wheat cropping systems after 20 years of conservation tillage in central Texas. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 121, 4, 376-382.
- Zentner R.P., Basnyat P., Brandt S.A., Thomas A.G., Ulrich D., Campbell C.A, Nagye C.N., Frick B., Lemke R., Malhig S.S., Fernandez M.R., 2011. Effects of input management and crop diversity on non-renewable energy use efficiency of cropping systems in the Canadian Prairie. *Europ. J. Agronomy* 3, 113-123.
- Zentner R.P., Lafond G.P., Derksen D.A., Nagy C.N., Walla D.D, Mayb W. E., 2004. Effects of tillage method and crop rotation on non-renewable energy use efficiency for a thin Black Chernozem in the Canadian Prairies. *Soil and Tillage Research* 77, 2125-136.
- Zetto Brandmayr T., Brandmayr P., Giglio A., Marano I, 1998 - Morphofunctional and ecological features in carabid (Coleoptera) larvae. *Mus. rg. Sci. nat. Torino* 449-490.

Sitografia

www.arpa.fvg.it (ultimo accesso 12 marzo 2012)

4.6 APPENDICE

Tesi di dottorato di Nadia Gambon discussa presso l'Università degli Studi di Udine

SPECIE COLTURA	LC	LCo	χ^2	P-value
	f	f		
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop. s.l.*	118	79	7.72	0.01
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P.Beauv. subsp. <i>crus-galli</i> *	121	74	11.33	0.00
<i>Acalypha virginica</i> L.*	102	60	10.89	0.00
<i>Amaranthus retroflexus</i> L. subsp. <i>Retroflexus</i> *	109	42	29.73	0.00
<i>Chenopodium album</i> (aggr.)**	39	60	4.45	0.04
<i>Equisetum arvense</i> L.	38	26	2.25	0.13
<i>Veronica persica</i> Poir.**	18	42	9.60	0.00
<i>Poa trivialis</i> L.	25	28	0.17	0.68
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	32	20	2.77	0.10
<i>Setaria viridis</i> (L.) P.Beauv subsp <i>viridis</i>	24	20	0.36	0.55
<i>Solanum nigrum</i> L.**	-	41	41.00	0.00
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill. subsp. <i>media</i>	22	19	0.22	0.64
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.**	9	28	9.76	0.00
<i>Calystegia sepium</i> (L.) R.Br. subsp. <i>sepium</i>	12	23	3.46	0.06
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	12	22	2.94	0.09
<i>Papaver rhoeas</i> L.	13	19	1.13	0.29
<i>Equisetum telmateia</i> Ehrh.*	28	3	20.16	0.00
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	12	17	0.86	0.35
<i>Abutilon theophrasti</i> Medik.	16	9	1.96	0.16
<i>Rubus caesius</i> L.**	1	24	21.16	0.00
<i>Polygonum aviculare</i> (aggr.)**	4	18	8.91	0.00
<i>Symphytum officinale</i> (aggr.)	9	11	0.20	0.66
<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. & Schult.	10	8	0.22	0.64
<i>Vicia sativa</i> (aggr.)	8	10	0.22	0.64
<i>Setaria viridis</i> (L.) P.Beauv. subsp. <i>pycnocoma</i> (Steud.) I	10	5	1.67	0.20
<i>Persicaria maculosa</i> Gray	4	10	2.57	0.11
<i>Plantago major</i> L.	7	7	0.00	1.00
<i>Galinsoga ciliata</i> (Raf.) S.F. Blake**	2	11	6.23	0.01
<i>Cardamine hirsuta</i> L.	9	3	3.00	0.08
<i>Rumex obtusifolius</i> L.**	-	12	12.00	0.00
<i>Cerastium brachypetalum</i> Desp. ex Pers. subsp. <i>brachy</i>]	2	9	4.45	0.04
<i>Geranium dissectum</i> L.	-	11	11.00	0.00
<i>Portulaca oleracea</i> L.**	1	9	6.40	0.01
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	5	5	0.00	1.00
<i>Taraxacum</i> sect. <i>Taraxacum</i>	6	4	0.40	0.53
<i>Alopecurus myosuroides</i> Huds.	-	9	-	-
<i>Elytrigia repens</i> (L.) Desv. ex Nevski	5	3	-	-
<i>Lythrum salicaria</i> L.	1	7	-	-
<i>Geranium pusillum</i> Burm. f.	-	7	-	-
<i>Poa annua</i> L. subsp. <i>Annua</i>	4	3	-	-
<i>Rumex crispus</i> L. subsp. <i>Crispus</i>	-	7	-	-
<i>Silene latifolia</i> Poir. subsp. <i>alba</i> (Mill.) Greuter & Burdet	-	7	-	-

Torilis arvensis (Huds.)Link	-	7	-	-
Vicia ervilia (L.)Willd.	-	7	-	-
Capsella bursa-pastoris (L.)Medik.	2	4	-	-
Clematis vitalba L.	-	6	-	-
Potentilla indica (Jacks.)Th.Wolf	2	3	-	-
Trifolium pratense L.subsp. pratense	1	4	-	-
Vicia cracca (aggr.)	5		-	-
Vicia hirsuta (L.)A.Gray	-	5	-	-
Cichorium intybus L. subsp. intybus	-	4	-	-
Epilobium parviflorum Schreb.	2	2	-	-
Erigeron annuus (L.)Pers.	-	4	-	-
Galium aparine L. subsp. aparine	4		-	-
Oxalis corniculata L. subsp. corniculata	-	4	-	-
Persicaria lapathifolia (L.)Delarbre subsp. lapathifolia	-	4	-	-
Anagallis arvensis L. subsp. arvensis	-	3	-	-
Artemisia vulgaris L. subsp. vulgaris	-	3	-	-
Avena barbata Pott. ex Link. subsp. barbata	-	3	-	-
Chaerophyllum temulum L.	-	3	-	-
Conyza canadensis (L.)Cronquist	2	1	-	-
Equisetum ramosissimum Desf.	3		-	-
Fumaria officinalis L. s.l.	-	3	-	-
Glechoma hederacea L.	2	1	-	-
Hibiscus trionum L.	1	2	-	-
Lolium perenne L.	2	1	-	-
Robinia pseudacacia L.	2	1	-	-
Trifolium campestre Schreb. subsp. campestre	-	3	-	-
Trifolium repens L. subsp. repens	-	3	-	-
Bidens frondosa L.	-	2	-	-
Cerastium glomeratum Thuill.	1	1	-	-
Chamaesyce maculata (L.)Small	-	2	-	-
Chenopodium polyspermum L.	-	2	-	-
Eragrostis minor Host	1	1	-	-
Euphorbia helioscopia L. subsp. helioscopia	-	2	-	-
Lactuca serriola L.	-	2	-	-
Leonurus cardiaca L. subsp. cardiaca	-	2	-	-
Rumex conglomeratus Murray	1	1	-	-
Senecio vulgaris L.	1	1	-	-
Verbena officinalis L.	2		-	-
Veronica hederifolia L.	-	2	-	-
Agrostis stolonifera L.	1		-	-
Avena sativa L.	1		-	-
Clinopodium vulgare L.	-	1	-	-

Crepis biennis L.	1		-	-
Crepis capillaris (L.)Wallr.	-	1	-	-
Crepis rhoeadifolia M.Bieb	-	1	-	-
Holcus lanatus L.	-	1	-	-
Kickxia elatine (L.)Dumort.	1		-	-
Lamium purpureum L.	-	1	-	-
Legousia speculum-veneris (L.)Chaix	-	1	-	-
Matricaria recutita L.	-	1	-	-
Medicago sativa L.	-	1	-	-
Panicum capillare L.	-	1	-	-
Phragmites australis (Cav.)Trin. ex Steud. s.l.	1		-	-
Quercus robur L. subsp. robur	1		-	-
Ranunculus acris L.	1		-	-
Ranunculus repens L.	1		-	-
Rubus subgen. Rubus L. sect. Rubus L.	-	1	-	-
Sonchus asper (L.)Hill	-	1	-	-
Zea mays L.	1		-	-
No data plot	88	124	0,26	0,00

Tab. 1 – Frequenza delle specie floristiche rilevate in appezzamenti coltivati con tecniche di lavorazione conservativa (LC) e convenzionale (LCo). L'affinità floristica ad uno dei due metodi di conduzione è evidenziata con * (LC) e ** (LCo). Sono riportati inoltre i valori di X^2 e il p-value delle singole specie.

SPECIE MARGINE	LC	LCo	χ^2	P-value
	f	f		
<i>Cynodon dactylon</i> (L.)Pers.	85	66	2.39	0.12
<i>Rubus caesius</i> L.	56	59	0.08	0,78
<i>Potentilla indica</i> (Jacks.)Th.Wolf	48	65	2.56	0.11
<i>Equisetum arvense</i> L.*	69	35	11.12	0.00
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.)Scop. *	47	17	14.06	0.00
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.)P.Beauv. subsp. crus-galli*	47	15	16.52	0.00
<i>Poa trivialis</i> L.	24	35	2.05	0.15
<i>Calystegia sepium</i> (L.)R.Br. subsp. Sepium	31	27	0.28	0,6
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	32	25	0.28	0,6
<i>Acalypha virginica</i> L.*	40	13	13,75	0.00
<i>Lolium perenne</i> L.*	18	34	4,92	0.03
<i>Sorghum halepense</i> (L.)Pers.	22	27	0.51	0.48
<i>Elytrigia repens</i> (L.)Desv. ex Nevski	18	29	2.57	0.11
<i>Equisetum telmateia</i> Ehrh.	20	25	0.56	0.46
<i>Taraxacum sect. Taraxacum</i>	18	27	1,80	0.18
<i>Dactylis glomerata</i> L.	14	25	3.10	0.08
<i>Poa annua</i> L. subsp. Annua	17	18	0.03	0,87
<i>Lythrum salicaria</i> L.	15	19	0.47	0.49
<i>Polygonum aviculare</i> (aggr.)*	26	6	12.50	0.00
<i>Setaria viridis</i> (L.)P.Beauv.	19	13	1.13	0.29
<i>Brachypodium rupestre</i> (Host)Roem. & Schult.	17	14	0.29	0.59
<i>Holcus lanatus</i> L.	12	19	1.58	0.21
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott**	6	21	8.33	0.00
<i>Carex hirta</i> L.**	5	20	9.00	0.00
<i>Veronica persica</i> Poir.	6	19	6,76	0.01
<i>Glechoma hederacea</i> L.	8	14	1,64	0.20
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.**	5	15	5.00	0.03
<i>Amaranthus retroflexus</i> L. subsp. Retroflexus*	14	5	4.26	0.04
<i>Setaria viridis</i> (L.)P.Beauv. subsp. pycnocomma (Steud.)Tzvelev	8	11	0.47	0.49
<i>Portulaca oleracea</i> L.	12	6	2.00	0.16
<i>Festuca pratensis</i> Huds. subsp. Pratensis	8	9	0.06	0,81
<i>Galium mollugo</i> (aggr.)*	16	1	13.24	0.00
<i>Chenopodium album</i> (aggr.)*	12	3	5.40	0.02
<i>Cornus sanguinea</i> L.	9	6	0,6	0.44
<i>Phragmites australis</i> (Cav.)Trin. ex Steud. *	11	3	4.57	0.03
<i>Anisantha sterilis</i> (L.)Nevski	5	8	0,69	0.41
<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.)P.Beauv. ex J.Presl & C.Presl subsp. elatius	9	4	1,92	0.17
<i>Bromopsis erecta</i> (aggr.)	8	5	0,69	0.41
<i>Carex acutiformis</i> Ehrh.**	2	11	6.23	0.01
<i>Lathyrus pratensis</i> L.	5	8	0,69	0.41
<i>Rubus</i> subgen. <i>Rubus</i> L. sect. <i>Rubus</i> L.	4	8	1.33	0.25
<i>Setaria pumila</i> (Poir.)Roem. & Schult.	6	6	0.00	1.00

<i>Plantago major</i> L.	8	3	2.27	0.13
<i>Trifolium repens</i> L. subsp. <i>Repens</i> *	9	2	4.45	0.04
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	5	5	0.00	1.00
<i>Lonicera japonica</i> Thunb.**	-	10	10.00	0.00
<i>Quercus robur</i> L. subsp. <i>Robur</i>	4	6	0.40	0.53
<i>Bromus hordeaceus</i> L.	3	6	-	-
<i>Carex pseudocyperus</i> L.	-	8	-	-
<i>Geranium pusillum</i> Burm. f.	1	7	-	-
<i>Plantago lanceolata</i> L.	1	7	-	-
<i>Vicia sativa</i> (aggr.)	1	7	-	-
<i>Alopecurus myosuroides</i> Huds.	1	6	-	-
<i>Eleusine indica</i> (L.)Gaertn. subsp. <i>Indica</i>	5	2	-	-
<i>Sanguisorba minor</i> Scop.	3	4	-	-
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	6	1	-	-
<i>Trifolium pratense</i> L.	3	4	-	-
<i>Valeriana officinalis</i> L.	3	4	-	-
<i>Verbena officinalis</i> L.	3	4	-	-
<i>Artemisia vulgaris</i> L. subsp. <i>Vulgaris</i>	2	4	-	-
<i>Geranium dissectum</i> L.	4	2	-	-
<i>Oxalis corniculata</i> L. subsp. <i>Corniculata</i>	4	2	-	-
<i>Viola reichenbachiana</i> Boreau	6	-	-	-
<i>Zea mays</i> L.	-	6	-	-
<i>Cirsium arvense</i> (L.)Scop.	1	4	-	-
<i>Euphorbia verrucosa</i> L. subsp. <i>Verrucosa</i>	-	5	-	-
<i>Galium aparine</i> L. subsp. <i>Aparine</i>	4	1	-	-
<i>Papaver rhoeas</i> L.	2	3	-	-
<i>Potentilla reptans</i> L.	3	2	-	-
<i>Stellaria media</i> (L.)Vill. subsp. <i>Media</i>	1	4	-	-
<i>Torilis arvensis</i> (Huds.)Link	-	5	-	-
<i>Avena barbata</i> Pott. ex Link. subsp. <i>Barbata</i>	1	3	-	-
<i>Clematis vitalba</i> L.	1	3	-	-
<i>Equisetum ramosissimum</i> Desf.	4	-	-	-
<i>Erigeron annuus</i> (L.)Pers.	-	4	-	-
<i>Euphorbia helioscopia</i> L. subsp. <i>Helioscopia</i>	3	1	-	-
<i>Geum urbanum</i> L.	3	1	-	-
<i>Hedera helix</i> L. subsp. <i>Helix</i>	1	3	-	-
<i>Hordeum vulgare</i> L.	1	3	-	-
<i>Mentha longifolia</i> (L.)Huds.	2	2	-	-
<i>Anagallis arvensis</i> L. subsp. <i>Arvensis</i>	3	-	-	-
<i>Cardamine hirsuta</i> L.	2	1	-	-
<i>Chaerophyllum temulum</i> L.	-	3	-	-
<i>Festuca rubra</i> L. subsp. <i>commutata</i> (Gaudin)Markgr.-Dann.	3	-	-	-
<i>Fragaria vesca</i> L.	1	2	-	-
<i>Matricaria recutita</i> L.	-	3	-	-
<i>Persicaria maculosa</i> Gray	2	1	-	-
<i>Saponaria officinalis</i> L.	3	-	-	-
<i>Solanum nigrum</i> L.	1	2	-	-

Allium vineale L.	-	2	-	-
Berberis vulgaris L. subsp. Vulgaris	2	-	-	-
Bidens frondosa L.	1	1	-	-
Capsella bursa-pastoris (L.)Medik.	1	1	-	-
Cerastium brachypetalum Desp. ex Pers. subsp. Brachypetalum	-	2	-	-
Euonymus europaea L.	2	-	-	-
Galinsoga ciliata (Raf.)S.F.Blake	-	2	-	-
Geranium molle L. subsp. Molle	-	2	-	-
Humulus lupulus L.	2	-	-	-
Iris pseudacorus L.	2	-	-	-
Panicum capillare L.	2	-	-	-
Phalaris arundinacea L. subsp. Arundinacea	-	2	-	-
Rumex crispus L. subsp. Crispus	-	2	-	-
Rumex obtusifolius L.	1	1	-	-
Tragopogon pratensis L.	2	-	-	-
Trifolium campestre Schreb. subsp. Campestre	-	2	-	-
Urtica dioica L. subsp. Dioica	-	2	-	-
Vicia cracca (aggr.)	1	1	-	-
Abutilon theophrasti Medik.	1	-	-	-
Agrostis capillaris L. subsp. Capillaris	1	-	-	-
Amorpha fruticosa L.	-	1	-	-
Carex otrubae Podp.	1	-	-	-
Cerastium glomeratum Thuill.	-	1	-	-
Cerastium holosteoides Fr.	1	-	-	-
Chrysopogon gryllus (L.)Trin.	-	1	-	-
Conyza canadensis (L.)Cronquist	-	1	-	-
Crepis capillaris (L.)Wallr.	-	1	-	-
Crepis rheoadifolia M.Bieb	-	1	-	-
Cucubalus baccifer L.	1	-	-	-
Festuca arundinacea Schreb. subsp. Arundinacea	-	1	-	-
Filipendula ulmaria (L.)Maxim. s.l.	-	1	-	-
Juncus tenuis Willd.	1	-	-	-
Knautia illyrica Beck	1	-	-	-
Lamium purpureum L.	1	-	-	-
Lonicera caprifolium L.	1	-	-	-
Lysimachia nummularia L.	1	-	-	-
Medicago sativa L.	1	-	-	-
Myosoton aquaticum (L.)Moench	-	1	-	-
Panicum dichotomiflorum Michx.	-	1	-	-
Prunella vulgaris L.	-	1	-	-
Ranunculus acris L.	1	-	-	-
Ranunculus repens L.	-	1	-	-
Robinia pseudacacia L.	-	1	-	-
Senecio vulgaris L.	-	1	-	-
Silene dioica (L.)Clairv.	1	-	-	-
Silene latifolia Poir. subsp. alba (Mill.)Greuter & Burdet	-	1	-	-

Sonchus asper (L.)Hill	-	1	-	-
Symphytum officinale (aggr.)	-	1	-	-
Tamus communis L.	-	1	-	-
Thalictrum aquilegifolium L. subsp. Aquilegifolium	1	-	-	-
Typha latifolia L.	1	-	-	-
Ulmus minor Mill. subsp. Minor	1	-	-	-
Veronica arvensis L.	-	1	-	-
Veronica serpyllifolia L. var. serpyllifolia	1	-	-	-
Viburnum opulus L.	1	-	-	-
Vicia angustifolia L. subsp. Angustifolia	1	-	-	-
No data plot	5	13	3.56	0.06

Tab. 2 – Frequenza delle specie floristiche rilevate in margini di appezzamenti coltivati con tecniche di lavorazione conservativa (LC) e convenzionale (LCo). L'affinità floristica ad uno dei due metodi di conduzione è evidenziata con * (LC) e **(LCo). Sono riportati inoltre i valori di χ^2 e il p-value delle singole specie.

Tesi di dottorato di Nadia Gambon discussa presso l'Università degli Studi di Udine

SPECIE	LC	LCo	χ^2	P-value
	f	f		
Poecilus cupreus (Linnaeus, 1758))	97	98	0,01	0,94
Amara similata (Gyllenhal, 1810)	3	6	1,00	0,32
Anchomenus dorsalis (Pontoppidan, 1763)	11	7	0,89	0,35
Platysma nigrum (Schaller, 1783)	18	11	1,69	0,19
Platysma melanarium (Illiger, 1798)	28	30	0,07	0,79
Brachynus plagiatus (Reiche, 1868)	2	2	0,00	1,00
Brachynus crepitans (Linnaeus, 1758)*	7	1	4,50	0,03
Chlaeniellus nitidulus (Schrank, 1781)*	19	1	16,20	0,00
Steropus melas (Creutzer 1799)	59	45	1,88	0,17
Harpalus honestus (Duftschmid, 1812)	1	0	1,00	0,32
Stomis pumicatus (Panzer, 1796)	1	1	0,00	1,00
Pseudophonus griseus (Panzer, 1797)**	11	23	4,24	0,04
Abax carinatus (Duftschmid, 1812)	6	2	2,00	0,16
Carabus granulatus (Linnaeus, 1758)*	13	1	10,29	0,00
Calathus fushipes (Goeze, 1777)	12	14	0,15	0,70
Bembidion quadrimaculatum (Linnaeus 1761)	4	8	1,33	0,25
Harpalus affinis (Schrank, 1781)**	6	19	6,76	0,01
Harpalus distinguendus (Duftschmid, 1812)**	20	35	4,09	0,04
Agonum muelleri (Herbst, 1784)	1	4	1,80	0,18
Trechus quadristriatus (Schrank, 1781)	5	7	0,33	0,56
Clivina fossor (Linnaeus, 1758)	5	8	0,69	0,41
Agonum moestum (Duftschmid, 1812)	2	1	0,33	0,56
Phonias strenuus (Panzer, 1797)	1	0	1,00	0,32
Anisodactylus signatus (Panzer, 1797)	11	14	0,36	0,55
Cylindera germanica (Linnaeus, 1758)	9	15	1,50	0,22
Amara aenea (Degeer, 1774)	2	7	2,78	0,10
Argutor vernalis (Panzer, 1796)	4	1	1,80	0,18
Diachromus germanus (Linnaeus, 1758)**	1	10	7,36	0,01
Stenolophus teutonius (Schrank, 1781)	2	6	2,00	0,16
Brachynus ganglbaueri (APFBK., 1904)	7	3	1,60	0,21
Brachynus sclopeta (Fabricius 1792)	1	1	0,00	1,00
Pseudophonus rufipes (Degeer, 1774)	57	68	0,97	0,33
Dolichus halensis** (Schaller, 1783)	0	4	4,00	0,05
Harpalus tardus (Panzer, 1797)	1	1	0,00	1,00
Acupalpus spp.	0	1	1,00	0,32
Parophonus maculicornis (Duftschmid, 1812)	0	1	1,00	0,32
Harpalus luteicornis (Duftschmid, 1812)	1	0	1,00	0,32
Harpalus pygmaeus (Dejean, 1829)	0	3	3,00	0,08
Harpalus anxius (Duftschmid, 1812)	0	1	1,00	0,32
Harpalus rubripes (Duftschmid, 1812)**	0	8	8,00	0,01
Harpalus dimidiatus (Rossi, 1790)	2	10	6,40	0,01
Ophonus azureus (Fabricius, 1755)	1	9	0,00	1,00
Metallina properans (Stephens, 1828)	1	1	1,00	0,32
Ocydromus latinus (Netolitzky, 1911)	1	0	3,00	0,08

Harpalus oblitus (Dejean, 1829)	0	3	1,00	0,32
Brachynus explodens (Duftschmid, 1812)	1	0	1,00	0,32
Anisodactylus binotatus (Fabricius, 1755)	1	0	1,00	0,32
Badister sodalis (Duftschmid, 1812)	0	2	2,00	0,16
Calathus cinctus (Motschulsky, 1850)	1	4	1,80	0,18
Badister bullatus (Schrank, 1798)	1	0	1,00	0,32
Nebria brevicollis (Fabricius, 1755)	1	0	1,00	0,32
Harpalus atratus (Latreille, 1804)	0	1	1,00	0,32
Carabus coriaceus (Linneus, 1758)	2	0	2,00	0,16
Calathus melanocephalus (Linnaeus, 1758)	0	2	2,00	0,16
Microlestes sp.	1	0	1,00	0,32

Tab. 3 –Frequenza delle specie di carabidi rilevate in appezzamenti coltivati con tecniche di lavorazione conservativa (LC) e convenzionale (LCo). L'affinità floristica ad uno dei due metodi di conduzione è evidenziata con * (LC) e ** (LCo). Sono riportati inoltre i valori di χ^2 e il p-value delle singole specie.

Tesi di dottorato di Nadia Gambon discussa presso l'Università degli Studi di Udine

CAPITOLO 5

CONCLUSIONI GENERALI

Con il presente lavoro è stato individuato un set di indicatori per la misura della multifunzionalità delle aziende agricole biologiche. L'analisi ha permesso di evidenziare che le funzioni che si riferiscono al servizio alla collettività e al sostegno alla biodiversità sono quelle che danno il contributo maggiore alla multifunzionalità. L'azienda agricola biologica che mantiene elevata la qualità ambientale dell'agroecosistema può essere considerata un'azienda multifunzionale in cui la funzione di conservazione della biodiversità è una componente importante.

Per misurare la biodiversità e quindi la qualità dell'ambiente delle aziende agricole sono stati utilizzati i coleotteri carabidi e le piante come bioindicatori.

L'analisi ha interessato il metodo di conduzione biologico e il sistema di lavorazione conservativo che sono stati confrontati con metodi convenzionali.

Il risultato emerso da entrambi i lavori è che gli indici classici (ricchezza, diversità ed equitabilità) non sono sempre efficaci. Nel calcolo di questi indici viene considerato solo il numero di specie raccolte nei siti esaminati, mentre si è rivelato di notevole importanza, sia nei vigneti che nei seminativi, considerare le caratteristiche delle diverse specie raccolte.

Una risposta interessante si è ottenuta con l'analisi del X^2 che ha consentito di attribuire le specie ai singoli metodi di gestione agronomica. Lo studio delle singole specie ha permesso quindi di evidenziare la presenza di specie tipiche di ambienti disturbati negli appezzamenti condotti con metodo convenzionale.

Lo studio dell'agroecosistema attraverso l'indice di emerobia per le piante e la dieta e la corologia per i carabidi, ha consentito di confermare la presenza di un maggior disturbo nei siti in cui sono adottate tecniche agricole convenzionali.

Anche l'analisi della PCA applicata ai dati raccolti nei vigneti ha permesso di differenziare i diversi siti in relazione al grado di disturbo.

Si può quindi concludere che per lo studio degli agroecosistemi, a causa dell'elevata alterazione, è più efficace valutare il grado di disturbo dell'ambiente piuttosto che la presenza di naturalità. Per questo motivo la misura della biodiversità richiede l'analisi di altri indici e di altre analisi statistiche in aggiunta allo studio degli indici classici.

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio innanzitutto Carlo, Francesco, Teresa e Giacomo e per la pazienza che hanno dimostrato in questi tre anni e i miei genitori che mi hanno aiutata nelle difficoltà quotidiane.

Ringrazio Maurizia per avermi supportata e sostenuta durante il lavoro.

Un ringraziamento speciale a Francesco Boscutti perché le giornate trascorse insieme sono state davvero speciali.

Ringrazio di cuore la mia amica Biancamaria che si è occupata dei miei bambini tutte le volte che ne ho avuto bisogno.

Un sincero ringraziamento a tutte le aziende agricole per la loro disponibilità.

Tesi di dottorato di Nadia Gambon discussa presso l'Università degli Studi di Udine