

BIODIVERSITA' PER VALUTARE LA MULTIFUNZIONALITA' DEL SISTEMA RURALE



Quaderni della Ricerca
n. 154 - 2013



Regione Lombardia
Agricoltura

Sperimentazione condotta nell'ambito del progetto di ricerca n. 1270 "Studio della biodiversità come parametro di valutazione della multifunzionalità svolta dal sistema rurale - BIOMULTISR" (d.g.r. del 2 aprile 2008 n. 6924 - Piano per la ricerca e lo sviluppo 2008).

Testi a cura di:

Maura Brusoni, Riccardo Groppali, Roberta Negri

Università degli Studi di Pavia

Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente

Via Ferrata n.1, 27100 Pavia

Tel. +39.0382.985889

<http://sciter.unipv.eu/>

Orto Botanico

Via s. Epifanio n.14, 27100 Pavia

Referente: Maura Brusoni

e-mail: maura.brusoni@unipv.it

Foto a cura di:

Antonio Barisani

Luigi Gibellini

Mino Piccolo

Roberta Negri

Per Informazioni:

Regione Lombardia - Direzione Generale Agricoltura

U.O. Sviluppo di Innovazione, Cooperazione e Valore delle produzioni

Struttura Sviluppo e Promozione delle produzioni, Ricerca, Innovazione tecnologica e Servizi
alle imprese

Piazza Città di Lombardia n.1 - 20124 Milano

Tel: +39.02.6765.3790 fax +39.02.6765.8056

e-mail: agri_ricerca@regione.lombardia.it

Referente: Marco Castelnovo - tel. 02 6765 6562

e-mail: marco_castelnovo@regione.lombardia.it



Biodiversità per valutare la multifunzionalità del sistema rurale

Quaderni della Ricerca

n. 154 – 2013

Sommario

Presentazione Direzione Generale Agricoltura	3
Riassunto (abstract).....	4
1 Premessa	6
2 Tipologie gestionali.....	10
2.1 Selezione delle aziende	10
2.2 Caratteristiche del paesaggio delle aziende selezionate.....	11
3 Approccio metodologico	13
3.1 Settore botanico	13
3.2 Settore zoologico	14
3.3 Analisi di regressione lineare multipla	16
4 Biodiversità e sistemi rurali	18
4.1 Studio della biodiversità vegetale.....	18
4.2 Studio della biodiversità animale.	27
4.2.1 Avifauna.....	27
4.2.2 Ropaloceri (farfalle diurne).....	32
4.2.3 Ragni.....	34
4.2.4 Alcuni confronti tra ambienti studiati.....	35
4.3 Studio della biodiversità complessiva dell'agroecosistema	38
5 Valutazione della multifunzionalità	41
6 Bibliografia.....	46

PRESENTAZIONE

Le sfide che il sistema agricolo, agroalimentare e forestale lombardo è chiamato a fronteggiare sono fortissime. La pressione competitiva dei paesi emergenti e la crescente domanda mondiale di alimenti, di energia, di mezzi di produzione, di materie prime a cui si aggiungono fenomeni di speculazione sui mercati finanziari, aumentano l'incertezza in cui operano le aziende agricole.

La necessità espressa dai cittadini europei di uno sviluppo più sostenibile dove la tutela dell'ambiente ed il mantenimento della qualità della vita nei territori rivesta un ruolo strategico non secondario rispetto alla garanzia di mantenere i livelli di produzione e di qualità degli alimenti.

La Politica Agricola Comunitaria (PAC) si propone di conciliare produttività e sostenibilità dell'agricoltura e quindi rinforzerà anche la gestione sostenibile delle risorse naturali attraverso la remunerazione adeguata dell'apporto dell'agricoltura alla produzione e al mantenimento dei beni pubblici non pagati dal mercato.

In questo contesto la multifunzionalità dell'azienda agricola, intesa come diversificazione delle funzioni svolte dal settore primario a favore di azioni con ricadute positive dal punto di vista ambientale, paesaggistico, ricreativo ed educativo, è la chiave di volta per ottenere gli obiettivi della PAC.

La Direzione Generale Agricoltura, da sempre attenta e sensibile a porre al centro della difesa del territorio l'azienda agricola, ha finanziato, nell'ambito del Programma regionale di ricerca in campo agricolo 2007/2009, il progetto "Studio della biodiversità come parametro di valutazione della multifunzionalità svolta dal sistema rurale".

I risultati ottenuti dalle attività del progetto vengono illustrati in questo Quaderno della Ricerca e confermano come le politiche messe in atto da Regione Lombardia rappresentino uno strumento importante per rispondere alle sfide che il sistema rurale si trova ad affrontare.

Quanto emerge dalla ricerca rappresenta inoltre un prezioso strumento che potrà essere utile per la valutazione ex-post dell'applicazione delle misure agroambientali del Programma di Sviluppo Rurale, ma che si pone anche come un contributo per la stesura del Piano di Azione Regionale che attuerà nel nostro territorio il Piano di Azione Nazionale per l'Uso sostenibile dei prodotti fitosanitari.

Il progetto si è proposto di verificare l'eventuale variazione della biodiversità in base al tipo di pratica agricola attuata e in che misura l'applicazione delle misure agroambientali possa influenzare la biodiversità dell'agro-ecosistema.

Direzione Generale Agricoltura

RIASSUNTO

Gli ambienti coltivati rappresentano un esempio di ecosistemi a mosaico nei quali le coltivazioni sono inframmezzate a tratti di vegetazione spontanea. L'intensificazione delle pratiche agricole ha portato all'impoverimento del mosaico e all'isolamento degli elementi meno influenzati dall'azione umana. L'ecosistema agricolo rappresenta un ambiente che, pur non avendo carattere di naturalità assoluta, è comunque meritevole di rientrare in un progetto di tutela della biodiversità. La presa di coscienza dell'importanza della salvaguardia della biodiversità ha fatto sì che la sua conservazione venisse integrata nelle politiche ambientali, sia a livello globale che locale, fino a scala regionale. In tale ambito tra gli strumenti di tutela della biodiversità va segnalata l'applicazione delle misure agroambientali previste dalla normativa europea in base alle quali l'Unione Europea è arrivata alla conclusione che la conservazione della biodiversità in ambiente antropizzato dipende in larga misura dall'applicazione di appropriate pratiche di gestione agricola.

Il presente progetto di ricerca si è basato sull'applicazione di un approccio multidisciplinare che si è proposto di valutare, attraverso l'utilizzo di strumenti concreti, quali i parametri di biodiversità, le ricadute ambientali delle normative europee, applicate al Programma di Sviluppo Rurale, già attuate, in particolare per quanto concerne il sostegno della biodiversità. È stata eseguita una valutazione della biodiversità, a livello specifico e intraspecifico, delle comunità vegetali e di gruppi di animali che occupano habitat differenti, naturali, coltivati e marginali, nell'ecosistema agricolo, nell'ambito di aziende agricole che praticano diverse tecniche di gestione, convenzionale e con applicazione delle misure agroambientali, allo scopo di verificare da un lato un'eventuale variazione della biodiversità in funzione del tipo di pratica agricola eseguita e dall'altro come e in che misura l'applicazione delle misure agroambientali possa influenzare la biodiversità dell'agro-ecosistema.

I risultati ottenuti dimostrano come le caratteristiche ambientali relative al tipo di gestione e dell'uso del suolo, siano utili al fine di dedurre l'impatto che le pratiche agricole possono avere sulla biodiversità e sull'equilibrio dell'agroecosistema. La biodiversità rappresenta un parametro che può essere concretamente utilizzato per la valutazione di tale impatto e di conseguenza della multifunzionalità svolta dall'agroecosistema e il modello di regressione multipla utilizzato può effettivamente costituire un mezzo utile per valutare e prevedere i cambiamenti della ricchezza specifica, e quindi di una componente della biodiversità, in funzione del tipo di gestione agricola al fine di ottimizzare eventuali strategie di gestione del territorio volte alla conservazione della biodiversità.

I risultati ottenuti dimostrano come in Lombardia, negli areali oggetto di studio, la biodiversità sia stata negli anni positivamente influenzata dall'applicazione delle misure agroambientali. A tale proposito vengono formulate alcune ipotesi operative finalizzate a rendere più efficaci le azioni della misura 214 considerate in questo progetto.

Tali risultati assumono particolare rilevanza in prospettiva futura e rappresentano uno strumento utile di programmazione per l'applicazione, in particolare nelle aree considerate vulnerabili, del Piano di Azione nazionale per attuare quanto richiesto dalla Commissione Europea a seguito dell'emanazione della Direttiva 128/2009/CE concernente l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari.

ABSTRACT

Cultivated areas represent an example of mosaic ecosystems in which the crops are interspersed with patches of natural vegetation. The intensification of agricultural practices has led to the impoverishment of the mosaic and the isolation of the elements less influenced by human action. Agricultural ecosystem represents an environment that, despite not having character of absolute naturalness, is still worthwhile returning to a draft protection of biodiversity. The awareness of the importance of safeguarding the biodiversity has brought about its conservation being integrated in environmental policies at global and local level up to a regional scale. In this context between the instruments of biodiversity protection is the application of the agro-environmental action programs of the EU Common Agricultural Policy, starting with Reg. 2078/92/EC.

This research project is based on the application of a multidisciplinary approach that has been proposed to evaluate, through the use of practical tools, such as the parameters of biodiversity, the environmental impacts of EC regulations applied to the Rural Development Strategy Plans already implemented, in particular as regards the support of biodiversity.

It was carried out a study of specific and intra-specific biodiversity of vascular and not vascular plant communities and of groups of animals that occupy different habitats, natural, cultivated, and marginal, in agricultural ecosystem, in the context of farms practicing different management, conventional and with agro-environmental measures, in order to ensure, on the one hand a possible biodiversity variation depending on agricultural practice and secondly how and to what extent the implementation of the measures agro-environmental schemes may affect biodiversity of agro-ecosystem.

The results show that the environmental characteristics for the type of management and land use, are useful in order to deduce the impact of agricultural practices may have on biodiversity and agro-ecosystem balance. Biodiversity represents a parameter that can be concretely used for evaluating this impact and the multifunctionality carried out by agro-ecosystem and the multiple regression model used can actually be a useful mean to assess and predict changes in species richness, a component of biodiversity, depending on the type of land management in order to optimize any land management strategies for the conservation of biodiversity.

The results obtained show that in Lombardy, in study areas, biodiversity has been positively affected over the years by the application of agro-environmental measures. In this regard we suggest some guidelines aimed at optimizing some agro-environmental measures in Lombardy.

These results assume particular importance in future and represent a useful programming tool for the application, particularly in areas considered vulnerable, of the National Action Plan to implement what was requested by the European Commission following the adoption of Directive 2009/128/EC on the sustainable use of pesticides.

1 - PREMESSA

A partire dagli anni '50 si è assistito alla crescente specializzazione del settore agricolo, processo che ha avuto come effetti collaterali dell'accresciuta produzione quelli dell'incremento dell'uso di fertilizzanti, di fitofarmaci, di energia, di acqua e dell'intensificazione dell'uso del suolo. Conseguenze di queste tendenze sono stati gli impatti negativi sulle risorse naturali fra cui l'eutrofizzazione delle acque superficiali, la contaminazione delle acque profonde, l'emissione in atmosfera di sostanze acidificanti, l'erosione del suolo, la perdita di biodiversità e la banalizzazione del paesaggio.

Nel paesaggio antropico gli aspetti di vegetazione naturale si configurano come frammenti intervallati da campi coltivati e insediamenti umani e il grado di disturbo crescente determina variazioni della vegetazione naturale e semi-naturale sino a quella definita "antropogena", parallelamente a una considerevole riduzione della biodiversità a tutti i livelli, dalla biodiversità genetica a quella specifica a quella ecologica fino a quella di paesaggio, con conseguente impoverimento biologico degli ambienti naturali, seminaturali e antropizzati.

Rispetto ad un ecosistema naturale, l'agro-ecosistema, possiede una minore capacità di autoregolazione (omeostasi), a causa degli interventi antropici che lo hanno modificato in una o più componenti. La capacità omeostatica di un ecosistema appare infatti, tanto maggiore quanto più la struttura del sistema è complessa e, entro certi limiti, quanto più elevata è la ricchezza biologica, espressa come numero di specie presenti.

L'ecosistema agricolo rappresenta uno di quegli ambienti che, pur non avendo carattere di naturalità assoluta, è comunque meritevole di rientrare in un progetto di tutela della biodiversità. In questi ultimi anni si è diffusa infatti la consapevolezza che la sola istituzione di aree protette non è sufficiente a tutelare la biodiversità e che tale valore deve essere considerato, in maniera integrata, nello sviluppo di tutti i settori di gestione del territorio, applicando il criterio della sua valorizzazione non solo alle aree naturali, ma anche a quelle fortemente modificate dall'uomo. Tra i settori considerati come sede dei principali fattori responsabili della diminuzione della biodiversità, si pone in primo piano proprio l'agricoltura. Nell'ambito del modello territoriale europeo tra le cause più generali di diminuzione della biodiversità si deve sicuramente annoverare la trasformazione del modello colturale agricolo da estensivo a intensivo che determina inquinamento, eccessivo apporto di nutrienti (eutrofizzazione), semplificazione degli ambienti con perdita dei piccoli habitat. L'equilibrio che esisteva tra agricoltura e biodiversità è stato infatti alterato da mutamenti di grande portata in ambiente agricolo: la specializzazione e l'intensificazione dei processi di produzione da un lato, lo sfruttamento del suolo, l'urbanizzazione e l'aumento di infrastrutture dall'altro.

Dal punto di vista zoologico si valuta che l'intensificazione delle pratiche agricole ha danneggiato il 42% dell'avifauna europea, e gli effetti indiretti dell'impiego dei pesticidi, come la diminuzione delle risorse alimentari, hanno inciso negativamente sul 34% delle specie, così come l'abbandono degli ambienti agricoli ha avuto effetti negativi sul 22% delle specie ornitiche e l'espansione dei coltivi a danno dei pascoli e il sovrappascolo hanno provocato danni al 13% degli Uccelli, infine gli effetti diretti dei pesticidi (avvelenamento) hanno danneggiato il 7% della fauna ornitica dell'Europa.

Sotto l'aspetto vegetazionale la progressiva perdita di biodiversità non si manifesta solo quantitativamente come riduzione della ricchezza specifica, ma anche sotto l'aspetto qualitativo come modificazione nella composizione floristica delle comunità vegetali in cui si assiste alla comparsa di una flora di sostituzione costituita da specie nuove, per la maggior parte esotiche, che vanno a competere con le autoctone. L'invasione degli ecosistemi naturali da parte delle specie esotiche rappresenta una delle maggiori minacce per la biodiversità

globale, tanto che l'importanza delle specie invasive come problema ambientale globale è ampiamente riconosciuto e l'articolo 8 della Convenzione sulla Biodiversità richiede esplicitamente misure "per prevenire l'introduzione, per controllare o per eliminare quelle specie esotiche che minacciano gli ecosistemi, gli habitat o le specie stesse". L'EPPO (European Plant Protection Organization) ha redatto uno schema di valutazione del rischio di infestazione che riguarda ogni organismo infestante incluse le piante invasive (<http://www.eppo.org>).

È universalmente riconosciuto che le specie invasive influenzano la struttura e le funzioni dell'ecosistema riducendo in particolare la ricchezza delle specie native, oltre a rappresentare un problema concreto per l'ambiente agricolo, in seguito alla loro elevata capacità di infestare le coltivazioni, e talvolta anche per la salute umana, come è il caso *Ambrosia artemisiifolia* L., specie allergogena particolarmente sviluppata nelle coltivazioni delle provincie di Milano e di Lodi, ma che si sta diffondendo anche in provincia di Pavia.

Nell'ultimo decennio, però, la maggior parte delle tendenze che hanno determinato impatti ambientali è stata contrastata attraverso una serie di strumenti normativi a livello comunitario, nazionale e regionale. La presa di coscienza dell'importanza della salvaguardia della biodiversità ha fatto sì che la sua conservazione venisse integrata nelle politiche ambientali, sia a livello globale che locale, fino a scala regionale.

In tale ambito tra gli strumenti di tutela della biodiversità va segnalata l'applicazione delle misure agroambientali previste dalla normativa europea in base alle quali l'Unione Europea è arrivata alla conclusione che la conservazione della biodiversità in ambiente antropizzato dipende in larga misura dall'applicazione di appropriate pratiche di gestione agricola. Attraverso un sistema di incentivi finanziari, il Consiglio Europeo si è impegnato, tramite l'adozione di tecniche di gestione appropriate, a contribuire alla tutela dell'ambiente agricolo e della sua biodiversità.

Uno degli obiettivi delle misure agroambientali proposte dall'Unione Europea è la ricostituzione di una rete ecologica al fine di ristabilire i rapporti tra gli elementi frammentati e di conseguenza di arrestare la perdita della biodiversità intesa come diversità tra le specie, diversità genetica tra le popolazioni all'interno di una singola specie, diversità tra ecosistemi e ambienti, fino alla diversità di manifestazioni biologiche all'interno di un ecosistema.

Allo scopo di incentivare un miglioramento dell'ambiente agrario dal punto di vista naturalistico e paesaggistico, la Regione Lombardia, nell'ambito dei successivi Programmi di Sviluppo Rurale, e più precisamente dal 1995 al 1999 con l'applicazione del Reg. CE 2078/92 e in seguito con le misure agroambientali 2000-2006 e 2007-2013, ha attuato le normative CE.

La tutela dell'ambiente costituisce una delle caratteristiche del Programma di Sviluppo Rurale della Lombardia. Infatti, oltre ai progetti relativi alle azioni agroambientali vere e proprie, vengono costantemente privilegiati quelli legati a pratiche che favoriscano la diminuzione dell'impatto ambientale; si tratta di un'opera costante per indirizzare l'attività produttiva verso una maggiore sostenibilità pur consentendo all'agricoltura lombarda il raggiungimento di adeguati livelli di competitività.

Conseguentemente a tale problematica è stato intrapreso, nell'ambito del progetto "Studio della biodiversità come parametro di valutazione della multifunzionalità svolta dal sistema rurale" (BIOMULTISR), finanziato da Regione Lombardia, Direzione Generale Agricoltura, Struttura Ricerca e Innovazione Tecnologica, inerente al Programma regionale di ricerca in campo agricolo 2007/2009, uno studio della biodiversità vegetale e animale in habitat differenti, naturali, coltivati e marginali, nell'ecosistema agricolo, appartenenti ad aziende agricole che praticano diverse tecniche di gestione quali la convenzionale e l'applicazione di alcune azioni della misura 214, al fine di disporre di elementi concreti di valutazione del

raggiungimento o meno degli obiettivi prefissati dalle direttive comunitarie in ambito di tutela della biodiversità intesa sia sotto l'aspetto quantitativo che qualitativo.

Lo studio della biodiversità, a livello specifico e intra-specifico, delle comunità vegetali vascolari e non presenti in realtà gestionali diverse, ha consentito di verificare la variazione della biodiversità vegetale in funzione del tipo di pratica agricola eseguita e come e in che misura l'applicazione delle misure agroambientali effettivamente influenzi la biodiversità vegetale dell'agro-ecosistema e quindi la sua biodiversità complessiva. La conservazione della biodiversità vegetale rappresenta infatti un elemento base indispensabile per favorire la conservazione della componente animale tipica del territorio rurale. Gli elementi del paesaggio agrario quali siepi, zone marginali non coltivate, boschetti e aree cespugliate sono importantissimi per molte specie selvatiche, ed in particolare per gli uccelli. Questi elementi di naturalità forniscono agli uccelli cibo, protezione dai predatori e siti di nidificazione. La diversità e l'abbondanza di piante e insetti influenza direttamente la disponibilità di risorse trofiche per gli uccelli. Gli impatti dell'intensificazione delle pratiche agricole (ad esempio aumento dell'uso di fertilizzanti chimici e di pesticidi, della meccanizzazione, della distruzione degli elementi dell'agro-ecosistema) sull'ecologia degli uccelli sono molto complessi e variano a seconda delle specie, ma sono comunque in genere negativi.

La valutazione della biodiversità vegetale non si è limitata a prendere in considerazione la componente quantitativa, rappresentata dalla ricchezza specifica, dall'equitabilità (grado di omogeneità col quale le abbondanze degli individui sono distribuite tra le specie) e dalla dominanza, ma anche l'aspetto qualitativo, ossia la modificazione nella composizione floristica delle comunità vegetali, al fine di valutare la percentuale di presenza di specie esotiche invasive nelle comunità sinantropiche che occupano le fasce non coltivate e la possibilità da parte di queste ultime di rappresentare ambienti rifugio per potenziali specie infestanti delle coltivazioni. L'indagine di dettaglio mediante la realizzazione in campo dei rilievi fitosociologici si è rivelata indispensabile per questo tipo di indagine.

Lo studio della componente animale, costituita da uccelli, ragni dei margini delle colture e farfalle diurne, per valutare ricchezza e biodiversità dei popolamenti di questi gruppi faunistici, già sufficientemente noti e ben utilizzabili come bioindicatori di qualità ambientale, ha avuto lo scopo di individuare soprattutto le migliori metodologie gestionali della dotazione delle fasce vegetate limitrofe a differenti agro-ecosistemi. L'impiego di gruppi animali così differenti nelle medesime aree di studio ha consentito di individuare le ricadute di differenti forme di governo degli agroecosistemi su vertebrati, come gli uccelli, che occupano svariate nicchie trofiche e che necessitano di habitat con caratteri accettabili per alimentazione, riproduzione e rifugio, su invertebrati esclusivamente predatori, i ragni, che hanno bisogno di particolari caratteristiche strutturali dell'ambiente ospite, e su invertebrati fitofagi allo stadio larvale (quindi soggetti direttamente all'effetto degli insetticidi utilizzati nelle colture e all'eventuale eliminazione di piante pabulari a opera dei diserbanti) e glicifagi da adulti (quindi soggetti agli effetti dei diserbanti), come le farfalle diurne.

L'obiettivo generale del progetto è stato quello di predisporre uno strumento di indagine flessibile e riproducibile nei differenti sistemi rurali lombardi.

L'analisi di regressione multipla, applicata ai risultati ottenuti dallo studio multidisciplinare della biodiversità eseguito in questo lavoro di ricerca, rappresenta, mediante la valutazione della relazione esistente tra la biodiversità e alcune variabili ambientali, un vero e proprio modello previsionale della possibile variazione della biodiversità in funzione dell'uso del suolo, del diverso tipo di gestione, delle azioni ambientali e delle misure del Programma di Sviluppo Rurale adottate. I risultati hanno evidenziato un differente contributo di ogni variabile ambientale, indipendentemente dalle altre, nella conservazione della biodiversità complessiva. Su tali basi è stato possibile dedurre quali azioni della misura 214 esercitano una maggiore influenza positiva ai fini conservativi della biodiversità e predisporre delle ipotesi

operative finalizzate a ottimizzarne alcuni aspetti adottando una metodologia innovativa che consente una valutazione pratica della qualità aziendale, basata su tipologie colturali, modalità gestionali e struttura ambientale. In questo modo possono essere fatte proposte effettivamente operative e di impatto economico irrilevante, in grado di migliorare rapidamente la biodiversità.

I prodotti concreti derivanti dallo studio svolto in questo progetto sono rappresentati da parametri qualitativi e quantitativi di biodiversità da utilizzare come:

- strumenti di valutazione dei vantaggi ambientali derivanti dall'applicazione delle misure agro ambientali,
- strumenti per la valutazione e classificazione della vocazionalità di un sistema territoriale agricolo nei riguardi di una funzione ambientale quale quella rappresentata dal sostegno della biodiversità,
- strumenti di valutazione delle funzioni specifiche esercitate dalla gestione del sistema agro-forestale per il sostegno della biodiversità.

2 - TIPOLOGIE GESTIONALI

2.1 Selezione delle aziende agricole

La selezione delle aziende agricole è stata effettuata partendo da un elenco tratto dal SIARL (Sistema Informativo Agricolo della Regione Lombardia) e fornito dalla Regione Lombardia.

Da questo elenco è stata eseguita una prima selezione secondo i seguenti criteri:

- le aziende localizzate nella provincia di Pavia;
- le aziende che attuano almeno i seguenti tipi di colture: riso, mais e soia;
- le aziende si differenziano per il tipo di gestione;
- le aziende con ambienti marginali e/o fasce di vegetazione, quali siepi e filari, inframmezzati ai coltivi.

Dopo aver preso contatto con i proprietari delle aziende che hanno fornito ulteriori informazioni circa la gestione, l'estensione, le caratteristiche e il tipo di attività svolte all'interno di ogni azienda, e solo dopo aver visionato le stesse, è stato possibile ridurre il numero di aziende, selezionate secondo i criteri precedentemente descritti, fino a cinque (Tab. 1).

Nome azienda	Località	Tipo di gestione		
F.lli Necchi	Giussago	Misura 214	azione C	produzioni vegetali estensive
			azione F	mantenimento di strutture vegetali lineari e fasce tampone boscate
Cascina Orsine	Beregardo	Misura 214	azione E	produzioni agricole biologiche
Negri	Landriano	Convenzionale		
Scappini	Pieve del Cairo	Misura 214	azione A	fertilizzazione bilanciata e avvicendamento
			azione B	produzioni agricole integrate
			azione I	conservazione della biodiversità nelle risaie
Cascina Colombara	Pavia	Convenzionale		

Tab.1: Aziende selezionate

Queste aziende sono state oggetto di studio di entrambi i settori coinvolti nella ricerca (botanico e zoologico), tranne l'azienda Colombara che è stata considerata solo per lo studio della componente animale poiché, dopo un'indagine preliminare sul campo, si è constatato che dal punto di vista botanico non presentava elementi differenti dall'altra azienda convenzionale.

Per l'azienda che applica l'azione E della misura 214 si precisa che il tipo di gestione adottato è quello biodinamico. Il metodo dell'agricoltura biodinamica prevede una gestione aziendale autosufficiente in tutto ma anche inserita nei ritmi cosmici.^[1]

[1]Una visione globale della vita del pianeta consente al biodinamico di poter operare con gli elementi minerali, vegetali e animali in maniera da inserirsi nei fenomeni della Natura in modo mirato e rispettoso. La conoscenza delle funzioni non solo materiali, ma anche delle forze che muovono tali funzioni, consente all'agricoltore di regolare ciò che opera in natura senza danneggiare impoverire o inquinare ma, anzi, vitalizzando l'ambiente.

Gli strumenti operativi più importanti dell'agricoltore biodinamico sono: le rotazioni agricole, i preparati biodinamici, il compostaggio sia in cumuli con i preparati biodinamici o con trattamenti di superficie, il calendario lunare e planetario per le semine e per le operazioni colturali, le lavorazioni non distruttive del terreno, la concimazione di qualità attraverso sovesci particolari e concimazione con compost biodinamici.

In sostanza occorre seguire specifici calendari per le varie attività agricole, mentre per la gestione della fertilità del terreno e della difesa dalle infestanti e patogeni sono impiegati preparati particolari elaborando combinazioni di sostanze appartenenti al regno animale, vegetale e minerale, nullo è l'uso di sostanze chimiche.

I requisiti indispensabili sono l'abolizione di fertilizzanti minerali sintetici e di prodotti chimici, l'uso intensivo del compost, un'attenta gestione del terreno e il riconoscimento dell'importanza delle influenze cosmiche.

Durante le indagini preliminari svolte in ogni azienda, al fine di quantificare la presenza degli elementi strutturanti ambientali e paesaggistici di maggior importanza per la biodiversità vegetale e animale, sono state annotate le caratteristiche salienti del paesaggio quali:

- siepi e filari,
- fossi e coli e con acqua al loro interno,
- tipologie di colture dominanti,
- situazione dei campi e dei loro margini (es. taglio dell'erba, aratura, acqua nelle marcite o nelle risaie, taglio di alberi ecc.),
- percentuale di vegetazione legnosa o erbacea lungo almeno una delle sponde dei corpi idrici lineari,
- mosaicità intesa come numero di tipologie agroecosistemiche.

2.2 Caratteristiche del paesaggio delle aziende selezionate

Dall'analisi delle caratteristiche del paesaggio rilevate durante le indagini preliminari svolte in ogni azienda, al fine di quantificare la presenza degli elementi strutturanti ambientali e paesaggistici di maggior importanza per la biodiversità vegetale e animale, sono emerse le seguenti osservazioni.

Estensione di siepi/filari e corpi idrici lineari

Per quanto riguarda l'estensione (m/ha) di siepi e filari e dei corpi idrici lineari emerge che l'azienda che presenta, al suo interno, una maggior estensione di questi due elementi, è quella che si caratterizza per una gestione che adotta le azioni C e F della misura 214 (Fig. 1).

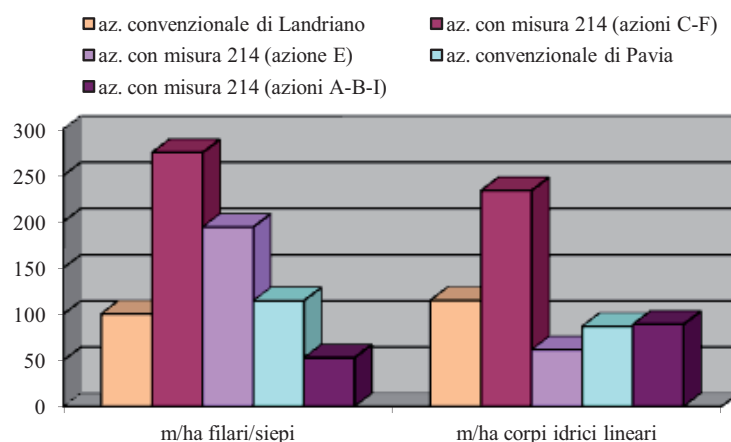


Fig. 1: Estensione (m/ha) di siepi e filari e dei corpi idrici lineari nelle aziende

Percentuale di vegetazione legnosa o erbacea lungo almeno una delle sponde dei corpi idrici lineari

Andando ad esaminare la differenza ecologica tra corpi idrici lineari dotati oppure privi di vegetazione legnosa lungo almeno una delle loro sponde, soprattutto riguardo alla loro differente copertura erbacea determinata soprattutto dall'ombra proiettata dalle chiome, è stata effettuata una valutazione (in percentuale) riferita a tale aspetto i cui valori sono rappresentati in Fig. 2.

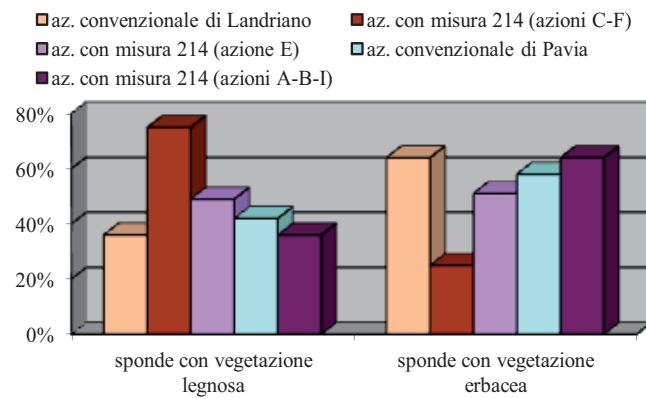


Fig. 2: Percentuale di vegetazione legnosa o erbacea lungo almeno una delle sponde dei corpi idrici lineari nelle aziende

Mosaicità dell'agroecosistema delle aziende

Sulla base delle percentuali approssimate di colture e ambienti di differente tipologia nelle aree di studio, si può affermare che l'azienda con il maggior numero di diversi ambienti è l'azienda biodinamica (misura 214, azione E) a Bereguardo come si nota in Fig.3.

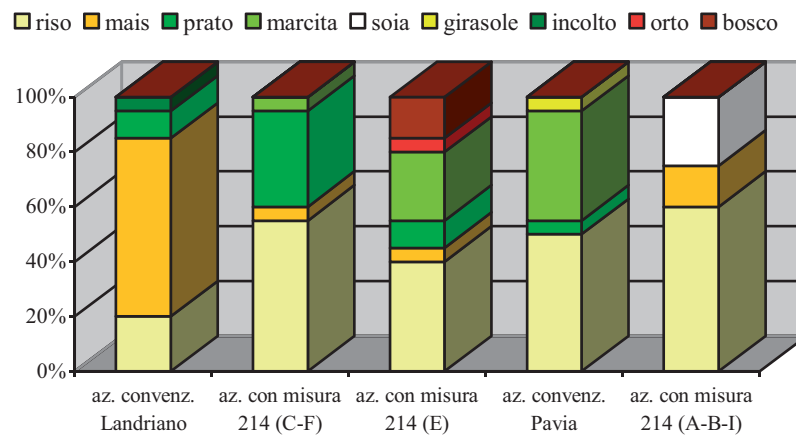


Fig. 3: Mosaicità dell'agroecosistema delle aziende

3 - APPROCCIO METODOLOGICO

3.1 Settore botanico

Lavoro di campo

Il lavoro di campo è consistito in un'indagine preliminare finalizzata a individuare, nei diversi ambienti appartenenti alle aziende agricole, i principali fattori ecologici che caratterizzano l'habitat e che influenzano direttamente la copertura vegetale.

Al fine di consentire il riconoscimento delle principali fitocenosi presenti nelle aziende, durante le indagini di campo si sono intraprese le indagini vegetazionali attraverso l'esecuzione dei rilevamenti fitosociologici secondo il metodo di Braun-Blanquet (1964).

I rilievi, eseguiti su superfici omogenee in tutti gli ambienti selezionati all'interno di ogni azienda, sono stati effettuati nei mesi da Giugno a Settembre di ogni anno.

Per la dimensione delle aree rilevate è stata considerata una lunghezza di circa 1x200 m per le strutture lineari quali siepi e filari, un'area di 10x10 m per i rilievi dei prati e per l'interno delle coltivazioni mentre il margine delle stesse è stato analizzato considerando un'area di 1x50 m. Per l'ambiente di marcita i rilievi sono stati condotti lungo le zone caratteristiche quali l'ala (2x100 m), il rivo colatore (0,50x100 m) e il rivo adacquatore (0,50x100 m).

Durante il lavoro di campo si è proceduto al prelievo dei campioni di suolo che sono stati inviati al laboratorio di analisi MAC Srl - Minoprio Analisi e Certificazioni Srl dove sono stati sottoposti alle seguenti analisi pedologiche:

- * analisi fisiche: scheletro e tessitura del terreno (sabbia, limo e argilla);
- * analisi chimiche: pH, calcare totale, calcare attivo, sostanza organica, carbonio organico, azoto totale, rapporto C/N, capacità di scambio cationico (C.S.C), calcio magnesio, potassio e sodio scambiabile, saturazione basica, rapporto Ca/Mg, rapporto Mg/K, complesso di scambio, fosforo assimilabile.

Studio floristico

La determinazione delle specie vascolari è stata eseguita utilizzando la Flora d'Italia di Pignatti (1982).

Le specie vegetali rilevate sono state riportate in una tabella nella quale, accanto all'elenco floristico delle specie in ordine alfabetico, sono stati indicati i seguenti dati:

- forma biologica secondo il modello di Raunkiaer (1934);
- tipo corologico secondo la consultazione della Flora d'Italia di Pignatti (1982) e del database DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories Europe) reperibile online;
- tipi di strategie proposti da Grime (1986, 2001), integrati con la consultazione del database BiolFlor.

L'elenco floristico è stato poi integrato con informazioni relative alla naturalità o l'invasività delle specie rilevate utilizzando database come il Non-native flora of Italy e Flora vascolare alloctona e invasiva delle regioni d'Italia (Celesti-Grapow *et al.*, 2010), il DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories Europe), e il sito dell'EPPO (European Plant Protection Organisation).

Per completare la valutazione dell'aspetto qualitativo della vegetazione è stato fatto un confronto delle specie vegetali rilevate con l'elenco delle specie appartenenti agli allegati approvati in seguito alla LR n°10 del 31 marzo 2008 sulla tutela e conservazione della piccola fauna, flora e della vegetazione spontanea.

Studio vegetazionale

I rilievi fitosociologici eseguiti durante il lavoro di campo sono stati raggruppati in una tabella specie/rilievi che è stata sottoposta ad analisi multivariata utilizzando il programma SYNTAX 2000 (Podani, 2001) al fine di evidenziare delle discontinuità nella struttura della tabella stessa, che consentano di riconoscere le unità di vegetazione presenti nell'area di studio secondo lo schema di classificazione sintassonomica.

Per il riconoscimento delle tipologie vegetazionali su basi floristiche ci si è riferiti ai sistemi di classificazione gerarchica della vegetazione illustrati da Oberdorfer (1977) ed Ellenberg (1988).

Analisi della biodiversità specifica

Sono stati considerati i gruppi di rilievi della vegetazione eseguiti all'interno delle aziende al fine di effettuare l'analisi della biodiversità specifica con l'applicazione degli indici di diversità e dei modelli di distribuzione delle abbondanze proposti da Whittaker (1972).

La matrice così ottenuta è stata elaborata utilizzando il programma DIVFIT (Ganis, 1991) per il calcolo della distribuzione dei valori di abbondanza delle specie e degli adattamenti statistici (fit) delle distribuzioni osservate alle distribuzioni attese predette dai modelli teorici.

I modelli di abbondanza assumono forme (pattern) caratteristiche in funzione del grado di equitabilità delle situazioni che rappresentano. In base a tale presupposto è pertanto possibile valutare la diversità delle comunità confrontando il loro pattern di distribuzione con quello dei modelli proposti da Whittaker (1972) che consentono di valutare contemporaneamente i parametri di ricchezza in specie, equitabilità e dominanza. I modelli teorici sono principalmente quattro e dalla loro interpretazione è possibile dedurre la struttura della comunità:

- il modello di distribuzione secondo la serie geometrica,
- il modello di distribuzione secondo la serie logaritmica,
- il modello detto "broken – stick" di MacArthur,
- il modello di distribuzione secondo la serie lognormale.

La rappresentazione grafica dell'abbondanza delle specie che si ottiene utilizzando tale programma, costituisce un valido strumento per l'informazione che essa fornisce sugli aspetti di ricchezza, dominanza ed equitabilità della diversità e rappresenta per questo un primo approccio indispensabile all'analisi della diversità delle comunità.

Da ultimo, mediante il programma STADIV (Ganis, 1991), per ogni tipo di azienda agricola sono stati calcolati i seguenti indici:

- l'indice di ricchezza di Margalef (1957) ($R = (S - 1) / \ln N$);
- l'indice di diversità di Shannon-Weaver (1949) ($H1 = - \sum p_i \ln p_i$);
- l'indice di dominanza di Simpson (1949) ($\sum p_i^2$ $i=1,S$);
- l'indice di equitabilità di Pielou (1969) ($J = - \sum p_i \ln p_i / \ln S$)

dove: S = n° di specie; N = somma dei valori di abbondanza di tutte le specie; $i = 1,S$; p_i = proporzione di abbondanza della specie i -esima.

Al fine di ottenere dei risultati oggettivi è opportuno utilizzare entrambi i metodi poiché l'uso dei soli indici potrebbe portare a risultati incompleti.

3.2 Settore zoologico

Indagini preliminari

Prima di intraprendere le indagini zoologiche sono stati indagati i livelli di antropizzazione delle aziende oggetto di studio andando a considerare la presenza di:

- aree ricche di infrastrutture in prossimità ad ambiti edificati,

- aree di risicoltura intensiva,
- fasce e nuclei boscati limitrofi.

Inoltre sono stati conteggiati, entro un raggio di 0,5 km dal punto centrale del transetto e come intersezioni da tale punto con le direzioni Nord – Est – Sud – Ovest, i filari, le fasce boscate (inclusendo in tale categoria anche quelle costituite da almeno 4 filari paralleli) e gli elementi antropici disturbanti (ferrovie, strade non campestri e porzioni edificate).

Lavoro di campo

L'indagine per lo studio dell'avifauna e dei ropaloceri è stata effettuata percorrendo in ogni Azienda, rappresentativa nella pianura pavese di differenti modalità colturali e struttura ambientale, un transetto lungo 1,1 km e rilevandovi ogni mese per un anno tutte le specie ornitiche posate o in volo basso e direzionato, e - nei mesi della stagione di volo - tutte le specie di farfalle diurne (ropaloceri), in sorvolo basso o posate.

Lo studio dei ragni è stato effettuato tramite il prelievo a vista e con sfalcio sulla vegetazione erbacea al margine di risaie attive in tutte le aziende oggetto di indagine, su aree ampie 9 m² e nel periodo di massima presenza dell'araneofauna (in giugno, luglio e agosto). Sono stati campionati con i metodi indicati tutti gli esemplari presenti nei siti di studio, oggetto come normale operazione agronomica di falciature periodiche, e anche per questo motivo dotati di una scarsa varietà ecologica e strutturale. La determinazione degli esemplari campionati è stata effettuata in laboratorio, ma l'età ridotta di molti individui non ha reso possibile una classificazione a livello specifico di tutto il materiale raccolto.

Anche per questi invertebrati, bioindicatori di qualità ambientale dei margini dei coltivi, sono state eseguite le analisi ecologiche maggiormente impiegate per lo studio delle comunità animali.

La scelta di operare le catture soltanto in aree ampie 9 m² lungo margini inerbati di risaie ha permesso di effettuare confronti in ambienti strutturalmente molto simili, pur se con presenza diffuse di alcuni esemplari in fioritura (quasi esclusivamente *Lythrum salicaria* L.) e con sfalcio effettuato a differente distanza temporale dai campionamenti.

Analisi dei dati

I dati raccolti sono stati riportati in tabelle nelle quali viene indicata la specie, il numero individui rilevati per ogni mese di indagine in ogni azienda considerata e, per l'avifauna, l'indicazione delle seguenti categorie di nidificazione:

- n - presente ma non nidificante,
- p - nidificazione possibile,
- P - nidificazione probabile.

L'elaborazione dei dati zoologici ha permesso il calcolo dei seguenti indici:

- numero di individui (n),
- ricchezza specifica (S),
- rapporto non passeriformi/passeriformi (nP/P) solo per l'avifauna,
- indice di diversità (H),
- indice di equiripartizione (J).

Inoltre per ogni specie osservata sono state indicate le relative preferenze ambientali.

Sono state inoltre annotate, oltre alle caratteristiche salienti del paesaggio (siepi e filari, fossi e coli e presenza di acqua al loro interno ecc.), le colture dominanti rilevate nella fase iniziale degli anni d'indagine e la situazione dei campi e dei loro margini al momento di ciascuno dei rilievi mensili (es. taglio dell'erba, aratura, acqua nelle marcite o nelle risaie, taglio di alberi ecc.).

È stato così possibile quantificare la presenza degli elementi strutturanti ambientali e paesaggistici di maggior importanza per la fauna studiata, costituiti da filari/siepi e da corpi idrici lineari.

Considerando però la differenza ecologica tra corpi idrici lineari dotati oppure privi di vegetazione legnosa lungo almeno una delle loro sponde, soprattutto riguardo alla loro differente copertura erbacea determinata soprattutto dall'ombra proiettata dalle chiome, è stata effettuata una valutazione (in percentuale) riferita a tale aspetto.

3.3 Analisi di regressione lineare multipla

Le variabili ambientali, rappresentate dai dati relativi ai fattori edafici considerati e alle diverse tipologie di uso del suolo e di gestione delle pratiche agricole rilevati nelle diverse aziende, sono state elaborate mediante il metodo di analisi di regressione lineare multipla al fine di valutare una possibile variazione della biodiversità della componente vegetale e animale, in funzione dell'impatto legato al tipo di gestione agricola e delle misure del Programma di Sviluppo Rurale adottate.

Le variabili ambientali considerate sono riassunte in Tab. 2 (Wilson *et al.*, 2003).

Tra le variabili ambientali elencate, quelle relative al disturbo del suolo, all'uso di fertilizzanti inorganici, di fertilizzanti organici e di prodotti fitosanitari sono state utilizzate per calcolare il Management Intensity Index (MII) quale variabile cumulativa indicatrice della generale intensità della gestione agricola in ogni sito considerato.

TPO DI VARIABILE	DESCRIZIONE	VALORE
pH del suolo		
sostanza organica	g/kg	
N	g/kg	
K	meq/100g	
P	mg/kg	
lunghezza di siepi e filari	m/ha	
sponde con vegetazione legnosa	%	
sponde con vegetazione erbacea	%	
mosaicità	n° di tipologie agroecosistemiche	riso mais soia prato marcita incolto bosco
corpi idrici lineari	m/ha	
disturbo del suolo	nessuno	1
	basso (lavorato a erpice negli ultimi 3 anni)	2
	moderato (arato una volta negli ultimi 3 anni)	3
	elevato (arato > 1 volta negli ultimi tre anni)	4
uso fertilizzanti inorganici	nessuno	1
	basso (< 50 kg/ha)	2
	moderato (50-100 kg/ha)	3
	elevato (>100 kg/ha)	4
uso fertilizzanti organici	non utilizzati	1
	utilizzati	2
uso prodotti fitosanitari	non utilizzati	1
	utilizzati	2

Tab. 2: Variabili ambientali considerate

4 - BIODIVERSITÀ E SISTEMI RURALI

I diversi approcci utilizzati in questo lavoro di ricerca hanno consentito di ottenere, attraverso più parametri, una valutazione qualitativa e quantitativa della biodiversità, a livello specifico e intra-specifico, delle comunità vegetali vascolari e non e di gruppi animali, sufficientemente studiati e utilizzati come bioindicatori di qualità ambientale, che occupano habitat differenti, naturali, semi-naturali, coltivati e marginali, nell'ecosistema agricolo, in differenti situazioni gestionali come la convenzionale e l'applicazione di alcune misure agroambientali da almeno dieci anni.

Tale metodologia ha consentito di disporre di elementi concreti di valutazione del raggiungimento o meno degli obiettivi prefissati dalle direttive comunitarie in ambito di tutela della biodiversità intesa sia sotto l'aspetto quantitativo che qualitativo. Gli strumenti concreti sono rappresentati dai parametri di biodiversità che possono essere utilizzati, con risultati soddisfacenti, per ottenere una valutazione delle ricadute ambientali delle normative europee, applicate al Programma di Sviluppo Rurale, già attuate in Lombardia, in particolare per quanto concerne il sostegno della biodiversità inteso come una delle sei funzioni ambientali generali riconosciute nel processo di razionalizzazione della multifunzionalità del sistema rurale. È stato possibile in tale ambito valutare l'integrazione dell'agricoltura con gli obiettivi di compatibilità ambientale e i vantaggi ambientali derivanti dalle relazioni tra attività agroforestale e ambiente oltre che l'effettiva funzione di valorizzazione dell'agricoltura come risorsa ambientale, nell'ottica della valorizzazione della multifunzionalità del sistema agricolo per il miglioramento della gestione del territorio. I risultati dimostrano come il parametro biodiversità possa essere concretamente utilizzato come un vero e proprio indicatore di multifunzionalità del sistema rurale.

Il confronto tra realtà gestionali diverse ha permesso di verificare la variazione della biodiversità in funzione del tipo di pratica agricola eseguita e come e in che misura l'applicazione delle misure agroambientali influenza la biodiversità dell'agro-ecosistema. La conservazione della biodiversità vegetale rappresenta infatti un elemento base indispensabile per favorire la conservazione della componente animale tipica del territorio rurale. Gli elementi del paesaggio agrario quali siepi, filari, zone marginali non coltivate, boschetti e aree cespugliate sono importantissimi per molte specie selvatiche, ed in particolare per gli uccelli. Questi elementi di naturalità forniscono agli uccelli cibo, protezione dai predatori e siti di nidificazione. La diversità e l'abbondanza di piante e insetti influenza direttamente la disponibilità di risorse trofiche per gli uccelli. Gli impatti dell'intensificazione delle pratiche agricole (ad esempio aumento dell'uso di fertilizzanti chimici e di pesticidi, della meccanizzazione, della distruzione degli elementi dell'agro-ecosistema) sull'ecologia degli uccelli sono molto complessi e variano a seconda delle specie.

4.1 Studio della biodiversità vegetale

Per il settore botanico i risultati ottenuti dall'analisi della componente quantitativa della biodiversità vegetale, rappresentata dalla ricchezza specifica, dall'equitabilità e dalla dominanza, e dell'aspetto qualitativo, ossia la modificazione nella composizione floristica delle comunità vegetali, evidenziano come la tipologia gestionale convenzionale rappresenti la situazione in cui si manifesta più pesantemente l'azione del disturbo legato all'attività agricola intensiva. La copertura vegetale è costituita esclusivamente dalle comunità sinantropiche presenti nelle coltivazioni e negli ambienti marginali, oltre ai filari che rappresentano strutture ben lontane dalla naturalità e la cui conservazione, in questo tipo di gestione, non è né obbligatoria né vincolata. Dai risultati delle analisi pedologiche si rileva come il substrato sia caratterizzato da un alto contenuto in fosforo. Tale elemento deriva in

parte dai fertilizzanti organici, utilizzati in tutte e tre le aziende, ma per la maggior parte da quelli inorganici il cui utilizzo è particolarmente elevato (>100 kg/ha) nell'agricoltura convenzionale. La quantità di materiale inerte avente diametro superiore ai 2 mm è molto bassa e quindi il terreno risulta essere ospitale per le specie vegetali.

I risultati dell'analisi floristica (Fig. 4) evidenziano come la flora sia nel complesso dominata, sia nella composizione in specie che relativamente alla copertura, da Terofite, rappresentate da specie annuali che generalmente abbondano in ambienti ruderali e alle quali appartiene la gran parte delle specie infestanti le colture.

Prevalgono le specie ad ampia distribuzione (Cosmopolite) seguite dalle Esotiche comprensive delle specie coltivate (Fig. 5).

Valutando la percentuale della componente esotica invasiva e non della flora, ad esclusione delle specie coltivate, si nota un valore maggiore rispetto alle altre aziende (Fig. 6). Al contrario è soprattutto la copertura delle alloctone invasive che viene contenuta dal massiccio utilizzo di prodotti fitosanitari finalizzato all'eliminazione di specie vegetali infestanti, la maggior parte delle quali appartiene a questo corotipo.

Indicatrici dell'intensità del disturbo sono le percentuali relative alle categorie di Grime (Fig. 7), presenti nella flora del sito, rappresentate dalle Ruderali Competitive, caratteristiche di habitat con elevata produttività e in cui la competizione è ostacolata dall'azione del disturbo, seguite dalle Competitive.

L'analisi quantitativa della biodiversità evidenzia come la copertura vegetale che occupa il sito sia costituita nel complesso da poche specie abbondanti e da una grande proporzione di specie sporadiche. Il pattern di abbondanza (Fig. 8) presenta un buon fit statistico con il modello di distribuzione secondo la serie logaritmica, proposta da Fisher *et al.* (1943). Le comunità vegetali che occupano gli ambienti coltivati e marginali sono tutte comunità floristicamente piuttosto povere, tipiche di situazioni in cui uno o pochi fattori limitanti ne influenzano l'ecologia. Gli indici di ricchezza, diversità ed equitabilità presentano valori piuttosto bassi (Tab. 3), mentre l'indice di dominanza risulta maggiore. Tali condizioni si verificano infatti nel sito in cui l'elevata intensità di disturbo, legato all'attività antropica, costituisce il principale fattore ecologico limitante la biodiversità delle comunità vegetali presenti.

L'azienda biodinamica (misura 214, azione E) è caratterizzata dalla copertura vegetale indubbiamente più ricca e complessa dal punto vista strutturale e da una maggiore variabilità di ambienti, rispetto a tutte le altre aziende considerate. Sono infatti presenti, oltre alle coltivazioni, filari, siepi, prati permanenti e marcite. Le analisi pedologiche evidenziano nel substrato un contenuto in fosforo alto ma decisamente inferiore alle altre due aziende, imputabile esclusivamente all'utilizzo di fertilizzanti organici, dal momento che l'uso di quelli inorganici non è contemplato in tale tipo di gestione. Dalle analisi fisiche del terreno emerge una discreta quantità di materiale inerte, con conseguente riduzione della capacità di immagazzinare acqua, che può essere trattenuta solo da pori di dimensioni assai esigue, e della fertilità chimica del terreno.

Nella composizione floristica del sito dominano le specie appartenenti alla categoria delle Emicriptofite. Risulta rilevante la copertura delle Terofite e Fanerofite (Fig. 4), presenti queste ultime sia nelle siepi, ambiente assente nell'azienda convenzionale, che nei filari, testimoniando come l'intensità del disturbo sia inferiore rispetto all'azienda convenzionale, consentendo lo sviluppo di una copertura vegetale più stabile.

Dal punto di vista corologico (Fig. 5) la percentuale e la copertura di specie Cosmopolite viene superata da quella delle Eurasiatiche. Il numero e la copertura delle specie Esotiche, comprensive delle essenze coltivate, è inferiore a quello rilevato per le altre aziende. Valutando la percentuale della componente esotica invasiva e non della flora, ad esclusione delle specie coltivate, si nota un valore inferiore rispetto alle altre aziende (Fig. 6). Al

contrario la copertura delle alloctone e in particolare delle invasive risulta maggiore di quella riscontrata nell'azienda convenzionale dal momento che questo tipo di gestione non prevede l'utilizzo di prodotti fitosanitari di sintesi per il controllo delle infestanti.

Relativamente alle strategie di Grime (Fig. 7) si nota, sia dal punto di vista del numero in specie che della copertura, un aumento, rispetto ai valori percentuali riscontrati nelle altre aziende, delle Competitive, seguite dalle Competitive Ruderali. Tale risultato evidenzia come, in questo tipo di gestione in cui non vengono utilizzati concimi e diserbanti chimici, l'intensità del disturbo sia decisamente inferiore rispetto alle altre aziende, consentendo l'instaurarsi di una vegetazione caratterizzata da maggiore stabilità evidenziata dalla discreta percentuale di specie Competitive, a scapito delle Ruderali.

Dall'analisi quantitativa della biodiversità emerge che la copertura vegetale del sito risulta strutturalmente la più complessa ed evoluta di tutte le aziende considerate e costituita da un numero molto più elevato di specie. La distribuzione dei valori di importanza si avvicina al modello log-normale (Fig. 8), indicatore di comunità complesse che si trovano in un ambiente governato da molti fattori più o meno indipendenti ma in equilibrio ecologico (Whittaker, 1972) e caratterizzate da elevati valori degli indici di ricchezza, diversità specifica e di equitabilità e da un basso valore dell'indice di dominanza (Tab. 3).

L'azienda che applica le azioni C e F della misura 214 presenta la stessa varietà di ambienti riscontrata nell'azienda biodinamica e la copertura vegetale risulta in certi casi più ricca. In particolare nella marcita di questa azienda la manutenzione costante e accurata (livellamento del terreno e pulizia dei canaletti) comporta un funzionamento ottimale del sistema incrementando la biodiversità vegetale dal punto di vista sia quantitativo che qualitativo.

Dalle analisi pedologiche emerge un contenuto in fosforo intermedio rispetto a quelli riscontrati nelle altre due aziende, dovuto all'utilizzo controllato di fertilizzanti organici e concimi inorganici. Dal punto di vista strutturale il terreno è caratterizzato da una bassissima presenza di materiale inerte (scheletro > 2mm) e pertanto risulta essere molto ospitale per le specie vegetali.

Nella flora dominano qualitativamente le Emicriptofite seguite dalle Terofite; le coperture delle due forme biologiche risultano pressoché equivalenti; il numero e la copertura di specie appartenenti alla categoria delle Fanerofite è minore rispetto all'azienda biodinamica (Fig. 4).

Dal punto di vista corologico qualitativo e quantitativo (Fig. 5) dominano le Cosmopolite e le Eurasiatiche; le Esotiche, comprensive delle specie coltivate, sono presenti con un percentuale inferiore rispetto alle altre aziende ma con una copertura leggermente superiore rispetto a quella riscontrata nell'azienda caratterizzata dall'azione E della misura 214 ma inferiore rispetto alle altre due aziende. La percentuale della componente esotica invasiva è molto maggiore rispetto a quella riscontrata nell'azienda biodinamica (misura 214, azione E) ma inferiore alle altre aziende (Fig. 6). Al contrario, la copertura delle alloctone invasive viene contenuta dall'uso non regolamentato dei prodotti fitosanitari dal momento che l'azienda non aderisce all'azione B della misura 214.

I tipi di strategie di Grime dominanti in questa azienda (Fig. 7) sono le Ruderali Competitive seguite da Ruderali e Competitive. Relativamente alla copertura si osserva un incremento delle Competitive e una riduzione delle Ruderali. Questo risultato è particolarmente significativo dal momento che rivela come la composizione floristica dell'azienda che applica le misure agroambientali sia indicatrice di una situazione in cui il disturbo, seppur presente, è controllato e rappresenta una condizione di moderata stabilità evidenziata dalla discreta percentuale di specie Competitive, tipiche di habitat non disturbati e produttivi, a scapito delle Ruderali.

L'analisi quantitativa della biodiversità mostra come la copertura vegetale di questa azienda risulti strutturalmente complessa e paragonabile a quella presente nell'azienda biodinamica

con una distribuzione delle abbondanze che si avvicina al modello log-normale (Fig. 8), anche se gli indici di ricchezza specifica, di diversità e di equitabilità sono inferiori (Tab. 3).

L'azienda che applica le azioni A, B e I, della misura 214 è caratterizzata da una composizione floristica con un elevato numero di Emicriptofite e Terofite che diventano dominanti dal punto di vista quantitativo (Fig. 4).

Per quanto riguarda l'aspetto corologico (Fig. 5), anche in questo caso, come numero di specie, si ha dominanza delle Cosmopolite seguite dalle Eurasiatiche e Esotiche. Invece relativamente alla copertura si osserva, rispetto alle altre aziende, un incremento della categoria delle Esotiche, categoria comprensiva anche delle specie coltivate. La percentuale della componente esotica invasiva (Fig. 6) è maggiore rispetto a quella riscontrata nell'azienda con azione E e a quella che applica le azioni C e F. La copertura delle alloctone invasive risulta in assoluto la più elevata di tutte le aziende in seguito all'utilizzo regolamentato e quindi contenuto dei prodotti fitosanitari di sintesi per il controllo delle infestanti come prevede l'azione B della misura 214.

La strategia di Grime dominante è quella delle Ruderali Competitive mentre dal punto di vista della copertura prevalgono le Competitive (Fig. 7).

I risultati dell'analisi della componente quantitativa della biodiversità evidenziano la presenza di comunità vegetali caratterizzate da distribuzione dei valori di importanza che si avvicina al modello log-normale (Fig. 8) ma con valori degli indici di ricchezza specifica, di diversità e di equitabilità decisamente inferiori rispetto alle aziende con applicazione dell'azione E e delle azioni C e F e valore dell'indice di dominanza maggiore (Tab. 3). Un tale risultato è indicatore di comunità vegetali più povere in specie e meno strutturate, in cui è presente una minore quantità di specie abbondanti che tendono a dominare su una maggiore proporzione di specie sporadiche.

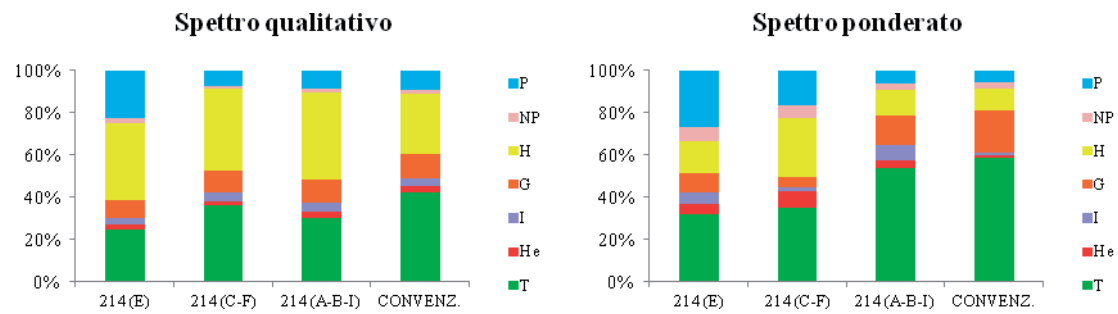


Fig. 4: Spettri biologici
T: terofite He: elofite I: idrofite G: geofite H: emicriptofite P: fanerofite NP: nanofanerofite

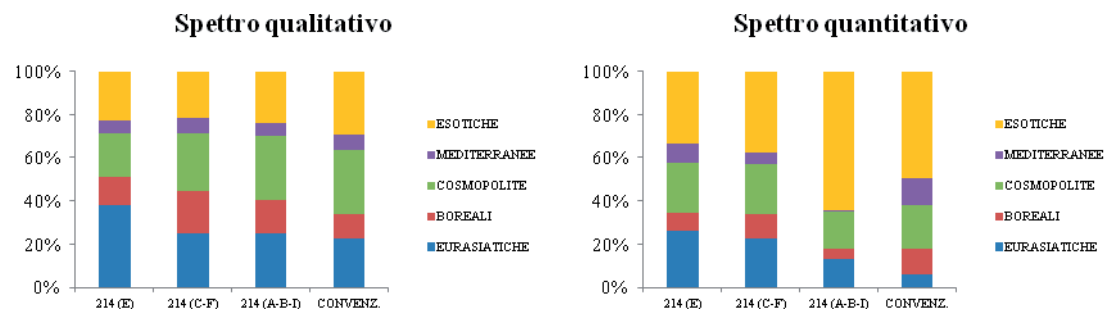


Fig. 5: Spettri corologici

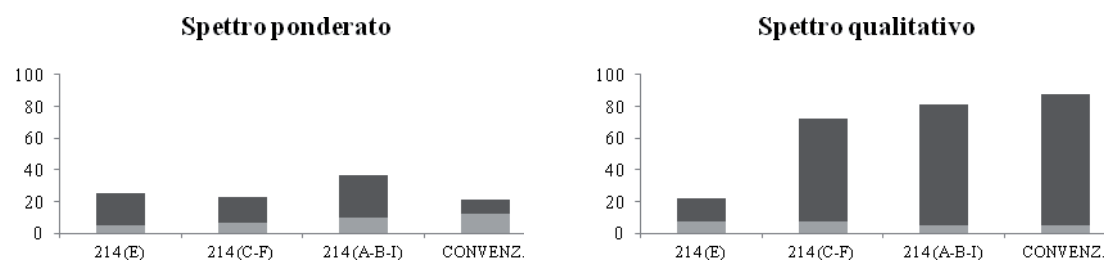


Fig. 6: Spettri relativi alla categoria delle esotiche distinte nelle due componenti: invasiva (in nero) e non invasiva (in grigio)

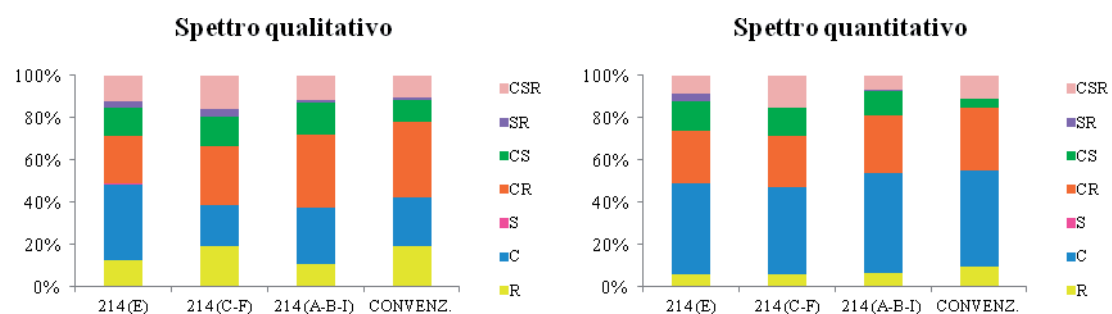


Fig. 7: Spettri dei tipi di strategie di Grime
C: competitive S: stress-tolleranti R: ruderali CR: ruderali competitive SR: ruderali stress-tolleranti
CS: stress-tolleranti competitive CSR: ruderali stress-tolleranti competitive

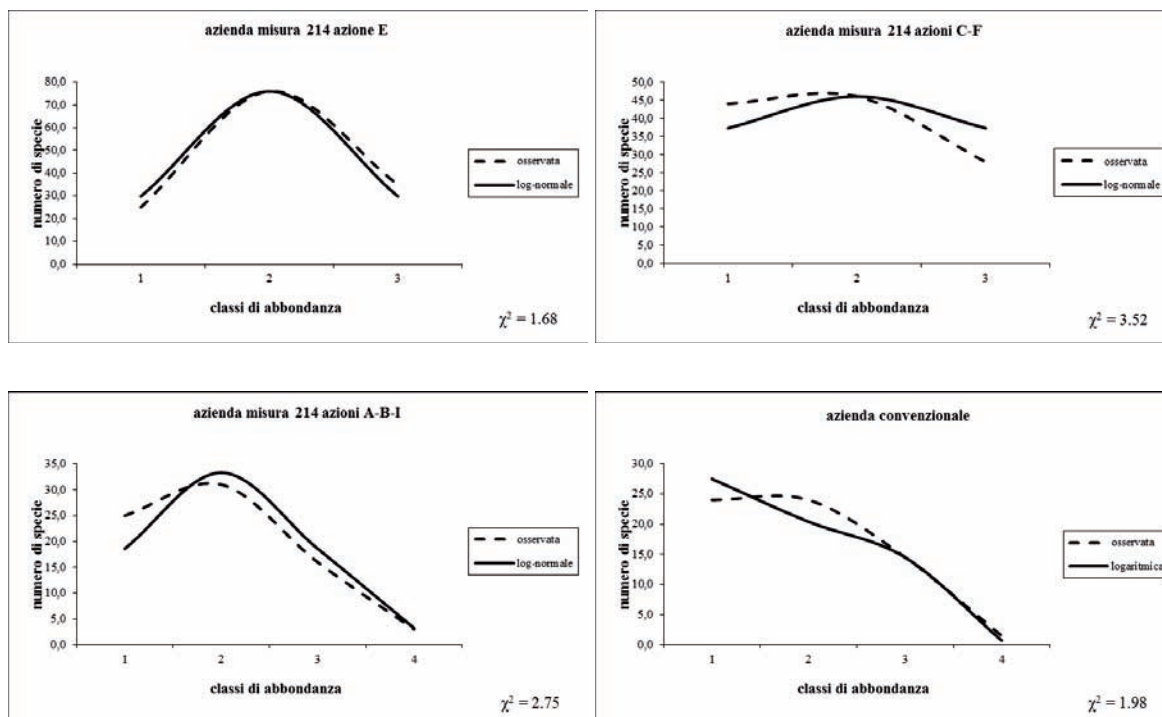


Fig. 8: Curve di abbondanza/frequenza delle comunità vegetali nelle aziende

Indici/Aziende	Indice di ricchezza di Margalef	Indice di diversità di Shannon	Indice di dominanza di Simpson	Indice di equitabilità di Pielou
misura 214 azione E	14.25	4.073	0 .2418E-01	0.8290
misura 214 azioni C-F	12.80	3.754	0 .3475E-01	0.7870
misura 214 azioni A-B-I	8.130	3.039	0 .8189E-01	0.7039
convenzionale	6.975	2.918	0 .8033E-01	0 .7015

Tab. 3: Indici di ricchezza, diversità, dominanza ed equitabilità nelle comunità di aziende agricole con differente gestione

Sulla base dei risultati ottenuti dallo studio qualitativo e quantitativo della componente vegetale vascolare si può quindi concludere che la biodiversità vegetale migliore, sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo, è stata rilevata nell'azienda che applica l'azione E della misura 214, e nell'azienda con applicazione delle azioni C e F della misura 214, ossia produzioni vegetali estensive e mantenimento di strutture vegetali lineari e fasce tampone boscate.

Anche la percentuale di specie aliene invasive e non invasive risulta inferiore in queste due tipologie gestionali rispetto all'azienda che applica le azioni A, B e I della misura 214 (fertilizzazione bilanciata e avvicendamento, produzioni agricole integrate, conservazione della biodiversità nelle risaie) e a quella convenzionale, che rappresenta la situazione caratterizzata dalla biodiversità vegetale peggiore come ricchezza specifica e complessità

strutturale delle comunità vegetali, anche se quest'ultima tipologia gestionale riesce a contenere la copertura delle specie invasive più delle altre aziende grazie all'uso più intenso dei prodotti fitosanitari. Si deve sottolineare però che nella tipologia gestionale biodinamica, in cui l'impiego dei prodotti fitosanitari di sintesi è vietato, il numero delle specie esotiche, è inferiore a quello delle altre aziende grazie alla competizione esercitata dalla componente autoctona presente nella flora.

Tale risultato assume un valore significativo legato soprattutto alla capacità invasiva degli ecosistemi naturali da parte delle specie esotiche che rappresentano una delle maggiori minacce per la biodiversità non solo dell'agroecosistema, riducendo in particolare la ricchezza delle specie native, oltre a rappresentare un problema concreto per l'ambiente agricolo in seguito alla loro elevata capacità di infestare le coltivazioni. Nell'azienda convenzionale si assiste all'arrivo di nuove specie esotiche, che nella quasi totalità dei casi si comportano da infestanti delle coltivazioni, perché gli intensi programmi di diserbo, attuati ripetutamente e con elevati dosaggi, riducono la competizione tra le specie favorendo le alloctone, caratterizzate da una maggiore capacità competitiva nei confronti delle autoctone e da una migliore tolleranza agli interventi erbicidi. In aggiunta a ciò l'elevato apporto di nutrienti, sotto forma di fertilizzanti chimici utilizzati in modo non regolamentato nell'agricoltura intensiva, favorisce la diffusione di specie alloctone dal momento che la loro potenzialità invasiva aumenta quando si verifica un incremento delle risorse inutilizzate. Il processo di invasione è inoltre favorito da intenso disturbo di natura meccanica e chimica come si realizza in un tale tipo di gestione (Grime, 2001). Si assiste così alla comparsa di una flora di sostituzione costituita da specie esotiche nuove che vanno a competere con le autoctone. *Heteranthera limosa* Willd. (Fig. 9) e *Heteranthera rotundifolia* (Kunth) Griseb. (Fig. 10) rappresentano un esempio concreto di infestanti nuove che fino a qualche anno fa non facevano parte delle fitocenosi caratteristiche delle risaie e che attualmente costituiscono un problema perché la loro diffusione è difficilmente controllabile e contenibile.



Fig. 9: *Heteranthera limosa* Willd.
(foto di Negri)



Fig. 10: *Heteranthera rotundifolia* (Kunth)
Griseb. (foto di Negri)

Si deve altresì sottolineare che il contingente di specie aliene, rilevate in tutte e quattro le aziende, comprende 11 specie, diffuse in tutti gli ambienti, appartenenti alla lista nera delle specie alloctone vegetali oggetto di monitoraggio, contenimento o eradicazione, secondo l'allegato E della LR n°10 del 31 marzo 2008 sulla tutela e conservazione della piccola fauna, flora e della vegetazione spontanea (Tab. 4).

Allegati LR N°10 del 31 Marzo 2008	specie	ambiente	azienda
C1	<i>Butomus umbellatus</i> L.	riso	misura 214 (azione E)
			misura 214 (azioni C e F, azioni A, B e I)
	<i>Marsilea quadrifolia</i> L.	riso	misura 214 (azioni C e F)
C2	<i>Iris pseudacorus</i> L.	marcita	misura 214 (azione E)
		riso	misura 214 (azioni C e F, azioni A, B e I)
	<i>Ranunculus sceleratus</i> L.	prato	misura 214 (azioni C e F)
E	<i>Acer negundo</i> L.	filare	convenzionale
		mais	misura 214 (azioni A, B e I)
	<i>Ailanthus altissima</i> (Miller) Swingle	filare	misura 214 (azione E)
		siepe	misura 214 (azione E)
	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	riso	misura 214 (azione E)
			misura 214 (azioni C e F)
		mais	misura 214 (azioni C e F, azioni A, B e I)
		filare	misura 214 (azioni C e F, azioni A, B e I)
	<i>Artemisia verlotorum</i> Lamotte	riso	misura 214 (azione E)
			misura 214 (azioni C e F, azioni A, B e I)
		mais	convenzionale
			misura 214 (azioni C e F)
		soia	misura 214 (azione E)
			convenzionale
		filare	misura 214 (azione E)
			convenzionale
	<i>Bidens frondosa</i> L.	riso	misura 214 (azione E)
			convenzionale
			misura 214 (azioni C e F, azioni A, B e I)
		mais	misura 214 (azione E)
			convenzionale
		soia	misura 214 (azioni C e F, azioni A, B e I)
			convenzionale
		prato	misura 214 (azioni C e F)
	<i>Humulus scandens</i> (Lour.) Merrill	riso	misura 214 (azioni C e F)
			misura 214 (azioni C e F)
		mais	misura 214 (azioni C e F)
			misura 214 (azioni C e F)
		soia	misura 214 (azioni C e F)
			misura 214 (azioni C e F)
		filare	misura 214 (azioni C e F)
			misura 214 (azioni C e F)
	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	boschetto	misura 214 (azione E)
	<i>Quercus rubra</i> L.	filare	misura 214 (azione E)
		boschetto	misura 214 (azione E)

E	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	riso	misura 214 (azione E)
		soia	misura 214 (azione E)
			misura 214 (azioni A, B e I)
		filare	misura 214 (azione E)
			convenzionale
			misura 214 (azioni C e F, azioni A, B e I)
		siepe	misura 214 (azioni C e F)
	<i>Solidago canadensis</i> L.	boschetto	misura 214 (azione E)
		mais	misura 214 (azione E)
		filare	misura 214 (azione E)
	<i>Solidago gigantea</i> Aiton	riso	misura 214 (azione E)
			misura 214 (azioni A, B e I)
		mais	misura 214 (azioni A, B e I)
		filare	misura 214 (azioni A, B e I)
		siepe	misura 214 (azione E)

Tab. 4: Specie rilevate presenti nelle liste degli allegati alla LR n°10 del 31 marzo 2008

A tale proposito sarebbe auspicabile, come verrà indicato nelle ipotesi operative, un'intensa attività di monitoraggio finalizzata al controllo e al contenimento delle specie alloctone appartenenti alla lista nera, alla verifica del reale utilizzo di specie autoctone nella creazione di elementi lineari quali siepi e filari oltre che la previsione di incentivi economici per l'eradicazione delle specie aliene invasive.

È infine importante evidenziare che nelle aziende che aderiscono alle misure agroambientali sono presenti, negli ambienti di risaia, due specie inserite nella lista delle specie della flora spontanea protette in modo rigoroso (C1) e, negli ambienti di risaia, marcita e prato, due specie appartenenti alla lista delle specie della flora spontanea con raccolta regolamentata (C2), secondo gli allegati approvati in seguito alla LR n°10 del 31 marzo 2008 sulla tutela e conservazione della piccola fauna, flora e della vegetazione spontanea. Le stesse specie non sono state rilevate nell'azienda convenzionale. Questo aspetto contribuisce ulteriormente ad aumentare il valore della componente qualitativa della biodiversità delle aziende che aderiscono alle misure rispetto alla gestione convenzionale.



Fig. 11: *Butomus umbellatus* L. (foto di Negri)

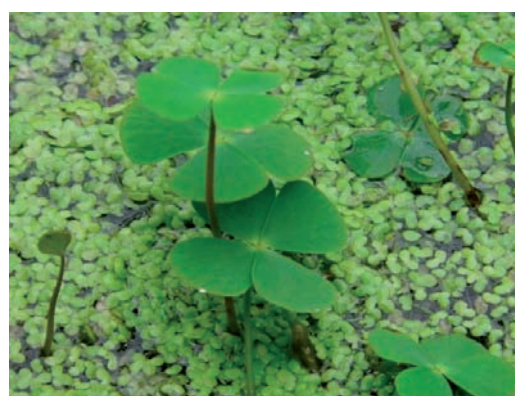


Fig. 12: *Marsilea quadrifolia* L. (foto di Negri)

Sulla base dei risultati ottenuti per lo studio della componente non vascolare rappresentata dai licheni si può affermare che la biodiversità lichenica non si è rivelata indicativa dell'intensità del disturbo antropico dal momento che i licheni sono organismi più sensibili all'inquinamento atmosferico piuttosto che a composti chimici presenti nei prodotti fitosanitari.

4.2 Studio della biodiversità animale

Dai dati raccolti durante il lavoro di campo sono stati elaborati elenchi faunistici che permettono di fare alcune valutazioni sull'importanza di differenti fattori in grado di determinare negli agroecosistemi studiati la composizione delle popolazioni animali, rappresentate da un gruppo di vertebrati e due d'invertebrati, considerati validi bioindicatori di qualità ambientale.

Gli elenchi faunistici realizzati sono i seguenti:

- per gli uccelli: 51 specie nell'az. con misura 214 (azioni C-F)
42 specie nell'az. convenzionale (Landriano)
37 specie nell'az. con misura 214 (azione E)
36 nell'az. convenzionale (Pavia)
32 specie nell'az. con misura 214 (azioni A-B-I)
- per i ropaloceri: 21 specie nell'az. convenzionale (Pavia)
15 specie nell'az. con misura 214 (azioni A-B-I) e nell'az. con misura 214 (azioni C-F)
14 specie nell'az. convenzionale (Landriano)
11 specie nell'az. con misura 214 (azione E)
- per i ragni: 10 specie nell'az. convenzionale (Landriano)
7 specie nell'az. con misura 214 (azioni C-F)
6 specie nell'az. con misura 214 (azioni A-B-I)
5 specie nell'az. convenzionale (Pavia)
4 specie nell'az. con misura 214 (azione E).

4.2.1 Avifauna

L'indagine ornitologica ha permesso di rilevare 5.172 individui appartenenti a 74 specie elencate in Tabella 5 nella quale sono evidenziate in verde le specie d'interesse conservazionistico europeo (SPEC).

avifauna di coltivi pavese	Az. convenz. (Landriano)	Az. con misura 214 (azioni C-F)	Az. con misura 214 (azione E)	Az. convenz. (Pavia)	Az. con misura 214 (azioni A-B-I)
Cormorano	20	-	-	5	-
Nitticora	1 (n)	5 (n)	-	1 (n)	2 (n)
Airone guardabuoi	39	2	-	1	1
Garzetta	3	3	-	3	16
Airone bianco maggiore	8	10	-	-	5
Airone cenerino	17	10	10	4	5
Airone rosso	-	-	1 (n)	-	-
Cicogna bianca	-	-	-	1 (n)	-
Alzavola	-	2	-	-	-
Germano reale	11	43	-	19	2
Nibbio bruno	-	3 (n)	1 (n)	-	-
Falco di palude	-	1	-	-	-
Sparviero	-	1	1	1	-
Poiana	8	9	2	-	4
Gheppio	9 (p)	4 (n)	1 (p)	1 (n)	1 (p)
Falco cuculo	1 (n)	-	-	1 (n)	1 (n)

Lodolaio	-	1	-	-	-
Quaglia giapponese	-	1	-	-	-
Fagiano	-	4	1	5	-
Gallinella d'acqua	13	4	-	16	-
Cavaliere d'Italia	2	4	-	-	-
Corriere piccolo	-	1	-	-	-
Piviere dorato	-	1	-	-	-
Pavoncella	56	126	1	-	-
Beccaccino	-	2	1	-	-
Piro piro piccolo	-	7	-	-	-
Gabbiano comune	-	-	-	4	-
Piccione di città	22	17	-	2.264	4
Colombaccio	12 (p)	4 (p)	45 (p)	-	372 (n)
Tortora	-	6 (P)	2 (P)	-	-
Tortora dal collare	18	-	9	49	1
Rondone	2	1	-	9	1
Cuculo	-	-	1	-	-
Picchio rosso maggiore	4	3	3	1	-
Cappellaccia	-	-	4 (n)	-	-
Allodola	1 (n)	1 (n)	3 (n)	-	-
Rondine	18 (n)	-	11 (n)	4 (n)	32 (n)
Balestruccio	-	-	-	1	2
Pispola	-	8	41	-	-
Cutrettola	-	-	-	-	2
Ballerina gialla	-	1	-	-	-
Ballerina bianca	2	-	2	-	1
Scriccolo	3	6	4	-	-
Passera scopaiola	2 (n)	-	-	-	-
Pettiroso	5 (n)	11 (p)	11 (n)	1 (n)	1 (n)
Usignolo	4 (P)	14 (P)	3 (P)	10 (P)	-
Codiroso spazzacamino	-	-	-	2	1
Stiaccino	2 (n)	-	-	-	-
Saltimpalo	3 (n)	-	-	-	-
Merlo	7 (P)	16 (P)	8 (P)	13 (P)	1 (P)
Cesena	16 (n)	2 (n)	-	-	-
Capinera	3 (P)	5 (P)	30 (P)	10 (P)	1 (P)
Lui piccolo	1	6	11	7	-
Regolo	-	10 (n)	-	-	2
Pigliamosche	-	1 (p)	-	-	-
Codibugnolo	5	15	22	2	-
Cincia bigia	-	-	1	-	-
Cinciarella	7 (n)	14 (n)	17 (p)	7 (p)	-
Cinciallegre	11	17	16	19	1
Picchio muratore	-	-	2	-	-
Rigogolo	-	-	-	-	1
Ghiandaia	-	6	2	2	-
Gazza	1	2	-	31	3
Cornacchia grigia	36	36	261	63	69
Sturno	118	93	45	8	5
Passero d'Italia	5	2	-	2	36
Passero mattuglio	45	6	11	26	33
Fringuello	7 (p)	28 (P)	134 (P)	12 (n)	-
Peppola	-	-	-	-	12
Fanello	-	1 (n)	-	-	-
Lucherino	-	-	-	-	18
Verdone	-	-	1 (p)	-	1 (n)
Cardellino	9	8	2	42	-
Migliarino di palude	4	-	-	-	-
specie = 74 (SPEC 25)	42 (SPEC 16)	51 (SPEC 15)	37 (SPEC 15)	36 (SPEC 11)	32 (SPEC 10)
individui = 5.176	562	584	741	2.647	638

Tab. 5: Specie e individui dei popolamenti ornitici rilevati nelle aziende



Fig. 13: Airone cenerino (foto di Barisani) Fig. 14: Cavaliere d'Italia (foto di Gibellini)



Fig. 15: Poiana (foto di Gibellini)

Fig. 16: Cutrettola (foto di Piccolo)

Una valutazione conservazionistica sull'avifauna presente permette di considerare che, tra le aziende studiate, quella con una maggior presenza di specie minacciate a livello comunitario ha la maggior dotazione di corpi idrici e una buona presenza di filari e siepi (az. convenzionale di Landriano), seguita a pari merito da quella con maggior diffusione di filari (az. con azioni C e F della misura 214) e da quella dotata anche di lembi boscati (az. con azione E della misura 214), entrambe con marcite, e poi con un discreto distacco da quella con un piccolo fiume con sponde in parte fittamente vegetate e con un ampio prato marcitoio (az. convenzionale di Pavia) e infine da quella con minor varietà di colture e minor presenza di vegetazione legnosa al margine dei campi (az. con azioni A-B-I della misura 214).

Numero di individui

La media numerica mensile d'individui posati o in sorvolo basso è di 220,6 per l'az. convenzionale di Pavia, 61,7 per l'azienda con azione E, 53,1 per l'azienda con azioni A B e I, 48,7 per l'azienda con azioni C e F e 46,8 per l'azienda convenzionale di Landriano. I valori numerici più elevati nell'azienda convenzionale di Pavia in novembre (1.079 presenze) dipendono da una forte quantità di Piccioni di città in alimentazione su un campo di Girasole non raccolto, quelli in gennaio nell'azienda con azione E (208) derivano soprattutto dalla presenza d'acqua nella marcita (con 41 Pispole e 42 Storni) e dall'area boscata limitrofa (con 32 Colombacci, per oltre la metà in alimentazione di bacche di Edera), quelli in dicembre nell'azienda con azioni A B e I (386) da numerosi Colombacci posati su un filare arboreo, quelli in dicembre nell'azienda con azioni C e F (106) dall'acqua nella marcita (con 38 Storni e 8 altri uccelli), e quelli in settembre nell'az. convenzionale di Landriano (114) dalla presenza del mais (con 57 Storni e 7 Passeri mattugi).

L'andamento dei valori numerici nelle cinque aree è piuttosto difforme, soprattutto per presenze definibili come occasionali (Piccioni di città in alimentazione in una coltura non raccolta nell'area

prossima alla città di az. convenzionale di Pavia e Colombacci in concentramento invernale su uno dei pochi filari presenti) e differisce temporalmente nei picchi numerici massimi (az. con azione E in gennaio, az. convenzionale di Landriano in settembre, az. convenzionale di Pavia in novembre, az. con azioni C e F e az. con azioni A B e I in dicembre). L'andamento del valore nel corso dell'anno è risultato più equilibrato nell'azienda con azioni C e F.

Ricchezza specifica

La ricchezza, cioè il numero di specie osservate, ha avuto una media mensile di 12,3 per l'azienda con azioni C e F, 11,7 per l'az. convenzionale di Landriano, 10,9 per l'az. convenzionale di Pavia, 10,3 per l'azienda con azione E e 6,1 per l'azienda con azioni A, B e I. I valori più elevati di ricchezza derivano in maggio nell'azienda con le azioni C e F (con 20 specie) soprattutto dalla buona presenza locale di alberature e cespugli al margine dei coltivi (sui quali sono state osservate 11 specie differenti), e principalmente da tale dotazione sono derivati i picchi dei valori in ottobre nell'azienda convenzionale di Pavia (11 specie) e in giugno nell'azienda convenzionale di Landriano (10 specie), mentre in aprile nell'azienda con azione E (8 specie) ha avuto la massima importanza il lembo boscato limitrofo ai coltivi. Per i valori massimi rilevati nell'azienda con azioni A, B e I sono risultati importanti differenti elementi, che non hanno però mai superato in modo netto gli altri presenti: Mais in giugno (4 specie), Riso in luglio (5 specie) e filari al margine dei campi in ottobre (5 specie).

L'indice ha avuto andamenti leggermente difformi nel corso dell'anno nelle cinque aree studiate e i picchi di valore massimo si sono verificati in mesi differenti (az. con azione E in aprile, az. con azioni C e F in maggio, az. convenzionale di Landriano in giugno, az. con azioni A, B e I in giugno, luglio e ottobre, e az. convenzionale di Pavia in ottobre). L'andamento dei valori di ricchezza specifica nel corso dell'anno è risultato più equilibrato nell'azienda con azione E.

Rapporto non Passeriformi / Passeriformi

Indica – in modo comunque grossolano – il valore ornitologico di un'area, in quanto in ambienti più pregiati sono relativamente più abbondanti i non Passeriformi, cui appartengono di norma specie di dimensioni maggiori e con esigenze ecologiche più complesse. La media mensile è 9,3 per l'azienda convenzionale di Pavia, 3,1 per l'azienda con azioni A, B e I, 1,7 per l'az. convenzionale di Landriano, 1,2 per l'azienda con azioni C e F e 0,1 per l'azienda con azione E. I valori massimi sono stati determinati in gennaio nell'azienda convenzionale di Pavia (43,63) dai Piccioni di città provenienti dal vicino centro urbano, in alimentazione su un campo di girasole non raccolto, in dicembre nell'azienda con azioni A, B e I (34,09) dalla presenza d'un gruppo numeroso di Colombacci su un filare tra campi, in maggio nell'azienda convenzionale di Landriano (6,2) soprattutto dalle risaie in corso d'aratura e letamazione e di parziale allagamento (con 26 Pavoncelle, 22 Aironi guardabuoi e 8 altri non Passeriformi), come in aprile nell'azienda con azioni C e F (5,3) con camere in corso d'allagamento (con 24 Pavoncelle, 18 Germani reali e 16 altri non Passeriformi); nell'azienda con azione E i valori poco elevati di presenze relative (0,3) non permettono invece d'attribuire con certezza ad alcuna componente ambientale la maggior presenza di non Passeriformi.

Gli andamenti dei valori sono risultati difformi nelle aree messe a confronto, con picchi in mesi differenti (nell'az. convenzionale di Pavia in gennaio, nell'az. con azioni C e F in aprile, nell'az. convenzionale di Landriano in maggio, nell'az. con azione E in luglio, nell'az. con azioni A, B e I in dicembre). Inoltre, contro un andamento piuttosto uniforme ma con valori molto bassi nell'azienda con azione E, nelle altre quattro aree essi hanno avuto notevoli variazioni mensili.

Indice di diversità

La media numerica mensile dell'indice di diversità è 2,88 per l'azienda convenzionale di Landriano, 2,82 per l'azienda con azioni C e F, 2,47 per l'azienda con azione E, 2,08 per l'azienda convenzionale di Pavia e 1,98 per l'azienda con azioni A, B e I. I valori massimi riscontrati possono essere attribuiti in giugno all'azienda convenzionale di Landriano (3.9) soprattutto alle risaie da poco asciugate e con alcuni ristagni idrici (con 20 individui appartenenti a 8 specie diverse), e lo stesso in maggio all'azienda con azioni C e F (3.52) con camere in gran parte coperte da un sottile strato d'acqua (con 64 individui di 8 specie) e in luglio all'azienda con azioni A, B e I (2.85) con acqua presente in tutti questi coltivi (con 20 individui di 6 specie); invece per l'azienda con azione E in aprile (3.49) si è trattato principalmente dell'apporto ambientale dei lembi boscati e delle alberature tra campi (con 25 individui di 12 specie) e per l'azienda convenzionale di Pavia in giugno (3.84) di quello d'un piccolo corso d'acqua (Vernavola) con rive alberate e riccamente vegetate (con 17 individui di 11 specie).

L'indice nei suoi valori ha avuto un andamento abbastanza simile nell'azienda convenzionale di Landriano e nell'azienda con azioni C e F, nell'azienda convenzionale di Pavia si è mantenuto basso tra novembre e gennaio e ha avuto un andamento abbastanza uniforme nel resto dell'anno, con un massimo in giugno e poi valori decrescenti, mentre nell'azienda con azione E e nell'azienda con azioni A, B e I sono osservabili notevoli variazioni nel corso dell'anno, con per il primo sito un valore molto basso in marzo e valori non elevati in agosto-settembre e per il secondo uno molto ridotto in dicembre e un altro basso in marzo e anche qui con valori non elevati in agosto-settembre.

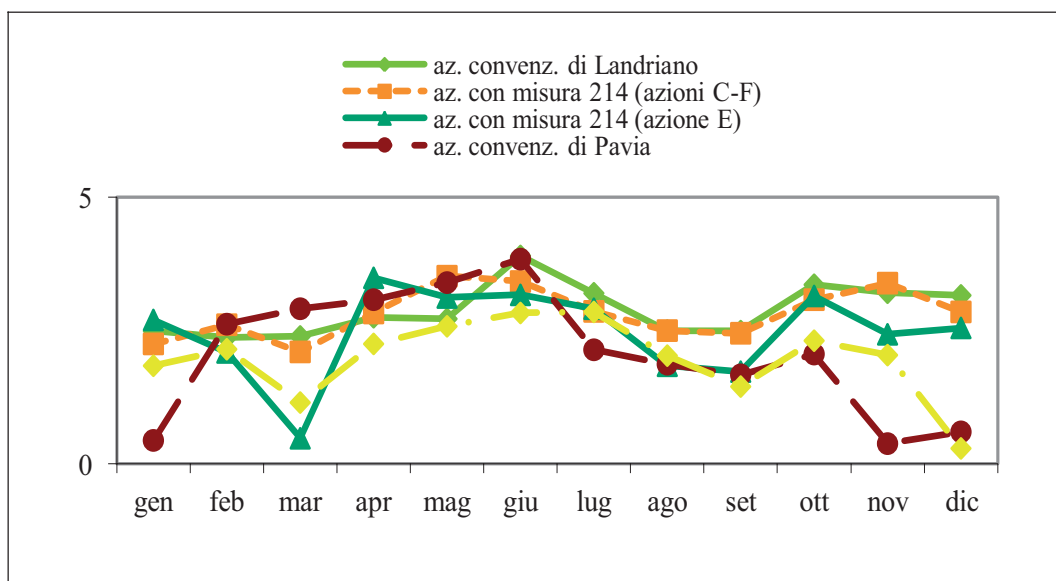


Fig. 17: Andamento mensile dell'indice di diversità dell'avifauna

Indice di equiripartizione

La media numerica mensile dell'indice - che rappresenta la distribuzione numerica uniforme delle specie presenti - è 0,57 per l'az. convenzionale di Landriano, 0,56 per l'azienda con azioni C e F, 0,52 per l'azienda con azioni A, B e I, 0,45 per l'azienda con azione E e 0,41 per l'az. convenzionale di Pavia. I valori massimi dell'indice possono derivare in luglio nell'az. convenzionale di Landriano (0.74) da 5 individui di 1 specie, 3 di un'altra, 2 di un'altra e tutte le altre rappresentate da 1 individuo, in giugno nell'azienda con azioni C e F (0.79) da 4 individui di 1 specie, 2 di altre 2 e le altre rappresentate da 1 solo individuo, in maggio nell'azienda con azioni A, B e I (1) da 2 individui di 1 specie e le altre 5 rappresentate da 1 individuo, in luglio nell'azienda con azione E (0.61) da 7 individui di 1 specie, 6 di un'altra, 4 di un'altra, 3 di un'altra, 2 di un'altra

e le altre rappresentate da 1 individuo, e in giugno nell'az. convenzionale di Pavia (0.72) da 8 individui di 1 specie, 4 di un'altra, 3 per ciascuna di altre 5 specie e 2 di altre 4 e le altre rappresentate da 1 individuo. I valori ripropongono di larga massima quelli degli indici di diversità, con leggere differenze (soprattutto riguardanti l'area dell'azienda con azioni A, B e I, dove l'avifauna è più scarsa) e un andamento più vario nel corso dell'anno.

4.2.2 Farfalle diurne (Ropaloceri)

L'indagine è stata limitata ai mesi di volo di un anno, cioè da marzo a luglio nell'azienda convenzionale di Landriano, nell'azienda con azioni C e F e in quella con azione E, ed escludendo quelli a partire da agosto in quanto non si presentano più specie differenti da quelle rilevabili nel periodo primaverile-estivo; ciò è stato confermato e ulteriormente riscontrato nello studio eseguito nell'anno successivo nell'azienda convenzionale di Pavia e nell'azienda con azioni A, B e I, dove gli studi si sono conclusi in ottobre. Va poi ricordato che nel mese di marzo nell'azienda con azione E, in quella convenzionale di Pavia e nell'azienda con azioni A, B e I non è stato osservato alcun ropalocero a causa delle condizioni climatiche locali. Per questo i dati ottenuti sono confrontabili per tutte le aree a partire da aprile (in quanto nell'az. con azione E, nell'az. convenzionale di Pavia e nell'az. con azioni A, B e I non sono stati rilevati ropaloceri in marzo) e fino al rilievo di luglio.

Le indagini hanno permesso di rilevare complessivamente 412 individui appartenenti a 30 specie differenti, elencate nella tabella seguente.

ropaloceri di coltivi pavesi	Az. convenz. (Landriano) 5 mesi	Az. con misura 214 (azioni C-F) 5 mesi	Az. con misura 214 (azione E) 4 mesi	Az. convenz. (Pavia) 7 mesi	Az. con misura 214 (azioni A-B- I) 7 mesi
<i>Pyrgus malvoides</i>	-	1	-	-	-
<i>Carcharodus alceae</i>	-	-	-	4	1
<i>Heteropterus morpheus</i>	-	1	-	-	-
<i>Ochlodes venatus</i>	1	15	1	1	-
<i>Hesperia comma</i>	-	-	-	4	4
<i>Papilio machaon</i>	-	-	-	1	1
<i>Iphiclides podalirius</i>	-	-	-	2	-
<i>Pieris brassicae</i>	-	-	1	7	6
<i>Pieris napi</i>	7	21	35	6	14
<i>Pieris rapae</i>	7	46	52	22	12
<i>Anthocaris cardamines</i>	-	1	3	1	-
<i>Colias alfacariensis</i>	-	-	-	2	-
<i>Colias crocea</i>	4	7	1	10	4
<i>Colias hyale</i>	6	8	2	1	1
<i>Lycaena alciphron</i>	1	-	-	-	-
<i>Lycaena dispar</i>	-	-	-	-	6
<i>Cupido argiades</i>	1	1	-	1	1
<i>Polyommatus icarus</i>	4	4	2	6	-
<i>Celastrina argiolus</i>	-	-	-	-	1
<i>Nymphalis polychloros</i>	-	-	-	1	-
<i>Inachis io</i>	5	2	1	1	1
<i>Vanessa atalanta</i>	1	5	-	2	1
<i>Vanessa cardui</i>	1	-	-	2	-
<i>Aglais urticae</i>	-	8	4	1	3
<i>Polygonia c-album</i>	-	1	-	-	-
<i>Argynnis paphia</i>	2	-	-	-	-
<i>Melitaea cinxia</i>	4	-	-	-	-
<i>Coenonympha pamphilus</i>	7	-	-	1	2
<i>Pararge aegeria</i>	-	-	1	-	-
<i>Lasiommata megera</i>	-	1	-	1	-
numero specie	14	15	11	21	15
numero individui	51	122	103	78	58

Tab. 6: Specie e individui dei popolamenti di ropaloceri rilevati nelle aziende. È evidenziata in azzurro la specie tutelata dalla Comunità Europea.



Fig. 18: *Polyommatus icarus* (foto di Barisani)



Fig. 19: *Colias rapae* (foto di Piccolo)

Numero di individui

La media numerica mensile è di 28 individui per l'azienda con azioni C e F, 25,7 per l'azienda con azione E, 11 per l'azienda convenzionale di Pavia, 11 per la convenzionale di Landriano e 6,1 per l'azienda con azioni A, B e I. I valori numerici più elevati nell'azienda con azioni C e F in luglio (74) sono attribuibili soprattutto all'incidenza di 46 individui di *Pieris rapae* e nell'azienda convenzionale di Pavia in giugno (27) per 14 della medesima specie, per l'azienda con azione E in luglio (38) a quella di 29 *Pieris napi* e nell'azienda con azioni A, B e I in giugno (21) a 10 della stessa specie, mentre per l'az. convenzionale di Landriano in luglio (28) non possono essere attribuiti ad alcuna specie risultata particolarmente abbondante.

Gli andamenti dei valori numerici hanno avuto complessivamente un andamento piuttosto uniforme nelle cinque aree, tranne che per il valore del trend di crescita a partire da giugno nell'azienda con azione E e nell'azienda convenzionale di Pavia, dove è rilevabile un leggero calo nell'incremento numerico rispetto alle altre zone studiate. I valori numerici sono i più bassi nell'azienda con azioni A, B e I, con un leggero incremento fino a settembre.

Ricchezza specifica

La ricchezza, cioè il numero di specie rilevate, ha avuto una media mensile nell'azienda convenzionale di Pavia di 6,7 specie (con un massimo di 12 in luglio), nell'azienda con azioni C e F di 5,4 (con un massimo di 10 in giugno), nell'azienda convenzionale di Landriano di 5 (con un massimo di 8 in luglio), nell'azienda con azione E di 4,2 (con un massimo di 5 in luglio) e nell'azienda con azioni A, B e I di 4 (con un massimo di 7 in settembre).

Anche in questo caso gli andamenti dei valori di ricchezza specifica sono risultati nel loro complesso piuttosto uniformi nelle aree studiate, tranne che nell'azienda con azioni C e F in giugno, dove il picco è stato concomitante con quello numerico nelle presenze di ropaloceri. Per le aree studiate anche nella stagione estivo-autunnale la massima ricchezza specifica si verifica in agosto nell'az. convenzionale di Pavia, dopo di che diminuisce rapidamente, e in settembre nell'azienda con azioni A, B e I, dove però i valori sono di norma i più bassi di tutte le aree studiate.

Indice di diversità

La media numerica mensile dell'indice per l'azienda convenzionale di Pavia è 2,22 (con un massimo di 3,22 in agosto), per quella convenzionale di Landriano è 2,04 (con un massimo di 2,7 in luglio), per l'azienda con azioni C e F è 1,74 (con un massimo di 2,5 in giugno), per l'azienda con

azioni A, B e I è 1,58 (con un massimo di 2.58 in settembre) e per l'azienda con azione E è 1,47 (con un massimo di 1.79 in maggio).

L'andamento dei valori è nel complesso simile nell'azienda convenzionale di Landriano, nell'azienda con azioni A, B e I e nell'azienda con azioni C e F, mentre mostra un picco in aprile nell'azienda convenzionale di Pavia e decresce dopo maggio nell'azienda con azione E. Le aree studiate anche nei mesi estivo-autunnali mostrano aumenti abbastanza progressivi dei valori fino ad agosto nell'azienda convenzionale di Pavia e fino a settembre nell'azienda con azioni A, B e I. L'incremento comunque costante nei valori dell'indice di diversità per quasi tutte le aree studiate dipende dall'aumentata presenza, nei mesi successivi ad aprile e fino al termine delle indagini (per i siti anche autunnali però 1-2 mesi prima), di varie specie di solito scarse o rilevate con individui singoli. Fa eccezione l'azienda con azione E, dove l'abbondanza crescente di *Pieris rapae* e *Pieris napi* determina la riduzione dei valori dell'indice successivamente al rilievo di maggio.

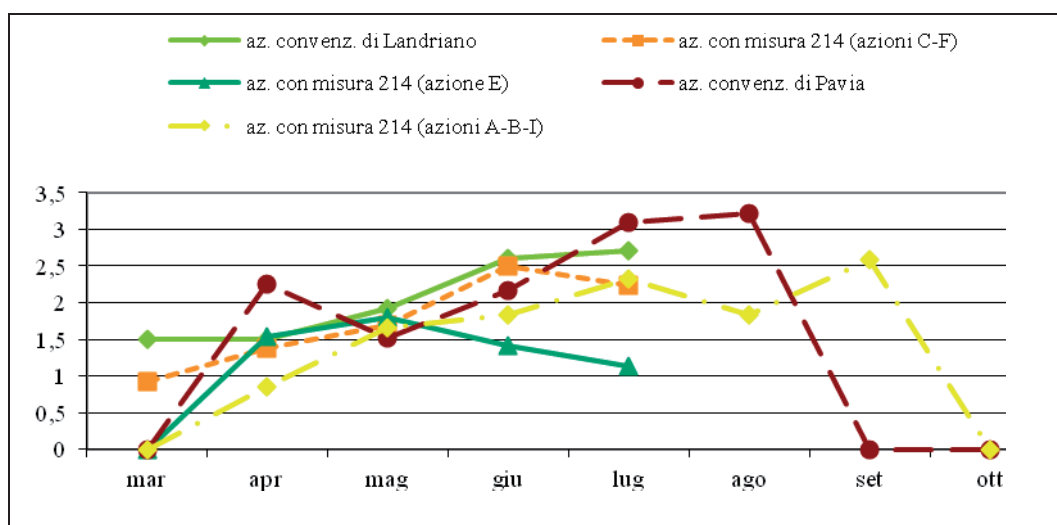


Fig. 20: Andamento mensile dell'indice di diversità dei ropaloceri

Indice di equiripartizione

La media numerica mensile dell'indice per l'azienda convenzionale di Landriano è 0,7 (con un massimo di 0.75 in marzo), per l'azienda con azioni A, B e I 0,53 (con un massimo di 0.87 in aprile), per l'azienda convenzionale di Pavia 0,49 (con un massimo di 0.87 in aprile), per l'azienda con azioni C e F 0,47 (con un massimo di 0.58 in marzo) e per l'azienda con azione E 0,44 (con un massimo di 0.61 in luglio).

L'andamento dei valori dell'indice, pur nella loro differenza tra l'azienda convenzionale di Landriano e l'azienda con azioni C e F, è piuttosto simile in queste due aree, mentre per l'azienda con azione E, l'azienda con azioni A, B e I e l'azienda convenzionale di Pavia (dove l'indice ha il suo picco in aprile) assume valori superiori in maggio per decrescere in giugno e raggiungere valori più elevati in luglio. In queste due ultime aree, studiate anche nei mesi estivo-autunnali, i valori decrescono a partire da agosto (az. convenzionale di Pavia) o da settembre (az. con azioni A, B e I).

4.2.3 Ragni

L'indagine ha riguardato i tre mesi di massima presenza araneica (giugno, luglio e agosto) e ha permesso di rilevare complessivamente 60 individui appartenenti ad almeno 20 specie differenti lungo i margini di risaie (Tab. 7).

ragni di coltivi pavesi	Az. convenz. (Landriano)	Az. con misura 214 (azioni C-F)	Az. con misura 214 (azione E)	Az. convenz. (Pavia)	Az. con misura 214 (azioni A-B-I)
<i>Tetragnatha extensa</i>	1	-	-	-	-
<i>Tetragnatha</i> sp.	-	-	2	1	-
<i>Araneus marmoreus</i>	1	-	-	-	-
<i>Argiope bruennichi</i>	-	5	-	-	-
<i>Hypsosinga</i> sp.	1	-	-	-	-
<i>Larinioides</i> sp.	-	1	-	-	1
ARANEIDAE (indet.)	2	-	1	2	2
<i>Erigone atra</i>	1	-	-	-	-
<i>Neriene</i> sp.	1	-	-	-	-
<i>Tiso vagans</i>	-	-	-	1	-
LINYPHIIDAE (indet.)	-	1	-	-	-
Theridiidae (indet.)	-	-	-	1	-
<i>Alopecosa</i> sp.	1	-	-	-	-
DICTYNIDAE (indet.)	3	3	1	-	-
<i>Clubiona stagnatilis</i>	-	-	-	-	1
<i>Tibellus oblongus</i>	1	1	-	-	-
<i>Misumenops tricuspidatus</i>	-	2	1	-	8
<i>Xysticus</i> sp.	2	-	-	-	-
THOMISIDAE (indet.)	-	3	-	1	2
SALTICIDAE (indet.)	-	-	-	-	1
specie	10	7	4	5	6
individui	14	16	5	6	15

Tab. 7: Specie e individui dei popolamenti di ragni rilevati nelle aziende

Complessivamente la presenza/assenza delle specie campionate ai margini di risaie nelle aziende studiate sembra derivare principalmente dalla struttura degli ambienti esterni limitrofi, dall'abbondanza di corpi idrici e dalla conseguente umidità atmosferica più elevata, dall'esposizione solare e dalla presenza di fiori adatti all'appostamento per specie floricole. Considerando però che la falciatura delle erbe al margine delle camere di risaia viene eseguita con discreta frequenza nel corso dell'anno, non si può instaurare un popolamento araneico più ricco ed equilibrato di quello rilevato, costituito da specie provenienti da habitat limitrofi e in modo complessivamente casuale. Il disturbo ambientale di origine agricola, unito a quello, anch'esso casuale, di una maggiore o minore ricaduta di polvere proveniente da strade campestri sembra quindi il fattore limitante principale per questo gruppo animale, che nelle condizioni scelte non sembra quindi adatto come valido bioindicatore di qualità ambientale.

4.2.4 Alcuni confronti tra gli ambienti studiati

L'uniformità dei metodi d'indagine adottati permette di valutare l'importanza di alcuni degli elementi presenti nelle cinque aziende oggetto di studio. Per l'avifauna è stato inoltre possibile operare analisi fini, in quanto sono stati rilevati gli ambienti d'osservazione di ciascun individuo presente.

Avifauna e lembi boscati, siepi arbustive e filari arborei

Nell'azienda con azione E la presenza di tratti boscati (al margine d'una vasta estensione di popolamenti arborei che raggiungono il Ticino e che hanno una notevole continuità), di filari arborei e siepi arbustive nella medesima azienda permette di valutare l'importanza relativa di tali elementi per l'avifauna nel corso di un anno utilizzando gli indici di diversità.

In questo modo risulta evidente l'importanza modesta della siepe, in un ambiente dove l'avifauna ha la possibilità di scegliere tra aree alberate-cespugliate differenti, e il maggior equilibrio dei popolamenti ornitici del bosco. Comunque viene evidenziata anche l'importanza dei filari per l'avifauna, in quanto per metà dell'anno (in gennaio, aprile e giugno e da settembre a novembre) i

valori degli indici di diversità dei loro popolamenti ornitici superano quelli del bosco. L'importanza della siepe è massima nel corso durante la stagione fredda, tra ottobre e gennaio: in quest'ultimo mese l'indice di diversità di questo ambiente è superiore a quello degli altri due messi a confronto. Un ambiente coltivato in buone condizioni dovrebbe quindi includere una ricca dotazione di filari tra campi e la presenza di aree boscate, in parte con la funzione di serbatoi biologici, collegate ai corridoi ecologici costituiti dalla vegetazione legnosa al margine dei coltivi. Meno determinante, ma comunque importante per una parte dell'anno, la presenza di siepi arbustive.

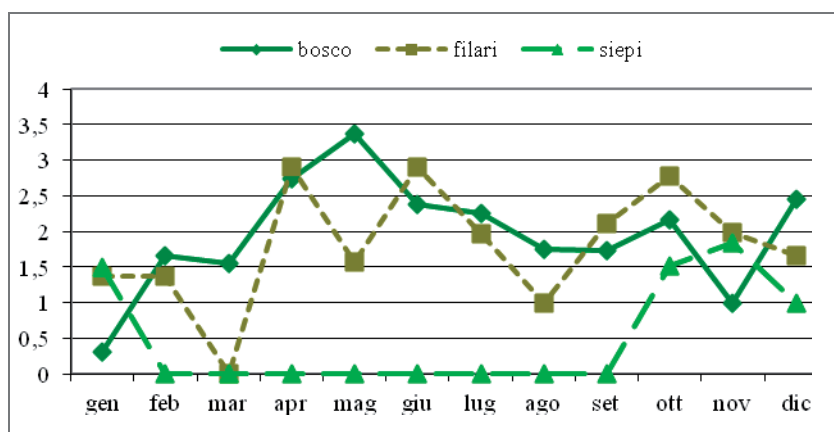


Fig. 21: Ricchezza ornitica nel corso dell'anno in tratti boscati, filari e siepi

Struttura dei filari e avifauna

La differente struttura dei filari al margine dei coltivi, se cioè costituiti principalmente o in gran parte esclusivamente da alberi, oppure se le alberature sono accompagnate da una ricca dotazione arbustiva, può determinare differenze nei popolamenti ornitici della campagna. Allo scopo sono stati messi a confronto i valori degli indici di diversità ottenuti dai dati raccolti nei siti dell'azienda convenzionale di Landriano e dell'azienda con azioni C e F. Anche se la quantità di tale dotazione in m/ha è differente nelle aree messe a confronto (274,72 dell'az. con azioni C e F contro 100,36 dell'az. convenzionale di Landriano), sembra particolarmente importante la loro struttura differente: nell'azienda con azioni C e F i filari sono misti, fitti e hanno una notevole componente di cespugli di varie specie, nell'azienda convenzionale di Landriano i filari sono radi e costituiti quasi esclusivamente da alberi.

I filari misti fitti con ricca dotazione arbustiva (az. con azioni C e F) dimostrano così la loro maggior importanza per l'avifauna, oltre che un buon equilibrio ecologico nel corso dell'anno, con valori quasi sempre superiori a quelli ricavati dai dati del sito con filari arborei radi (az. convenzionale di Landriano). Inoltre risulta particolarmente importante che i valori superiori di diversità si verifichino sempre nel periodo riproduttivo dell'avifauna dei coltivi, implementando in questo modo l'importanza di una dotazione di vegetazione legnosa ricca e varia al margine dei coltivi.

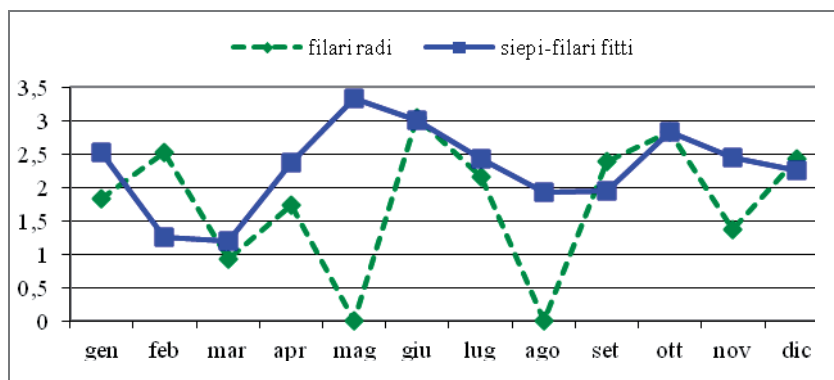


Fig. 22: Ricchezza ornitica nel corso dell'anno in filari con diversa struttura

Risaie e avifauna

L'importanza ornitologica della permanenza dell'acqua nelle camere delle risaie può essere valutata mettendo a confronto i dati raccolti nei tre mesi di presenza (costante o saltuaria) della copertura idrica di questi campi. Allo scopo sono state utilizzate le osservazioni effettuate in aziende nelle quali la risicoltura occupa almeno il 60% della superficie, distinguendole tra soggette a frequenti prosciugamenti e con coltivazione del riso principalmente in asciutta (az. convenzionale di Landriano) e con presenza idrica quasi permanente (az. con azioni A, B e I).

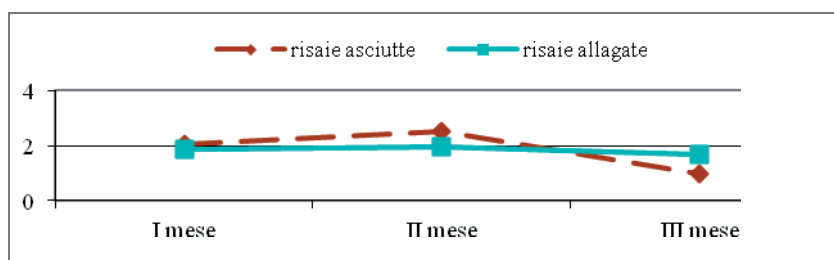


Fig. 23: Ricchezza ornitica nel corso dell'anno in risaie asciutte e allagate

Nei casi studiati la presenza idrica costante oppure saltuaria, ma con ristagni ricorrenti, molto frequentati dall'avifauna in cerca del cibo, probabilmente più concentrato nelle aree d'acqua residua, non ha fornito risultati profondamente differenti, con indici di diversità e loro andamenti complessivamente simili nel periodo in cui l'acqua si trova nelle camere.

Struttura dei margini dei coltivi e farfalle diurne

Per valutare l'importanza per i ropaloceri della tipologia dei margini dei coltivi sono stati messi a confronto i valori degli indici di diversità ottenuti dai dati raccolti nell'azienda convenzionale di Landriano e nell'azienda con azioni C e F nei primi cinque mesi della stagione di volo, tra marzo e luglio. Oltre alla differente quantità della dotazione lineare arboreo-arbustiva in m/ha, è importante la sua diversità strutturale: nell'azienda con azioni C e F i filari sono misti, fitti e hanno una notevole componente arbustiva plurispecifica, nell'azienda convenzionale di Landriano i filari sono radi e costituiti quasi esclusivamente da alberi. Inoltre nella seconda azienda sono abbondanti i corpi idrici lineari con sponde in gran parte inerbate, mentre nella prima questi elementi sono accompagnati da vegetazione legnosa fitta, che determina una minor presenza di essenze erbacee. Il confronto ha mostrato che la presenza di filari, anche se più scarsi e radi, unita però all'abbondanza di corpi idrici superficiali con sponde in gran parte inerbate, permette d'ospitare sempre popolamenti di ropaloceri maggiormente equilibrati e ricchi nella loro biodiversità.

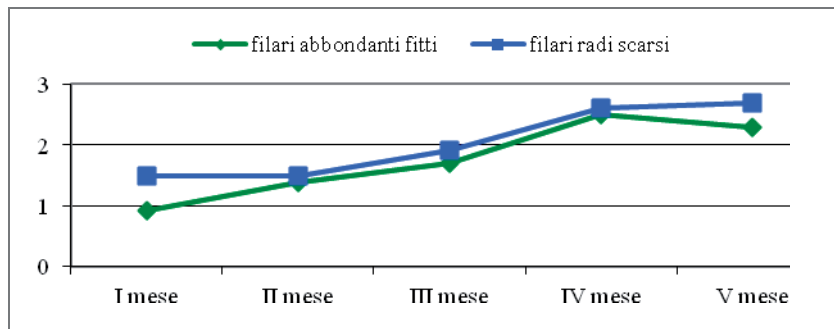


Fig. 24: Farfalle diurne in differenti filari ai margini dei coltivi

Quantità di filari e farfalle diurne

È stata eseguita una valutazione comparativa per conoscere le ricadute sui popolamenti di ropaloceri della differente dotazione di filari strutturalmente simili, in aree con regimi colturali non molto differenti. Per questo sono stati messi a confronto i valori degli indici di diversità ottenuti dai dati raccolti nell'azienda convenzionale di Landriano e nell'azienda con azioni A, B e I (dove tale dotazione è all'incirca la metà dell'altra) nei primi cinque mesi della stagione di volo dei ropaloceri, tra marzo e luglio per la prima area e tra aprile e agosto per la seconda.

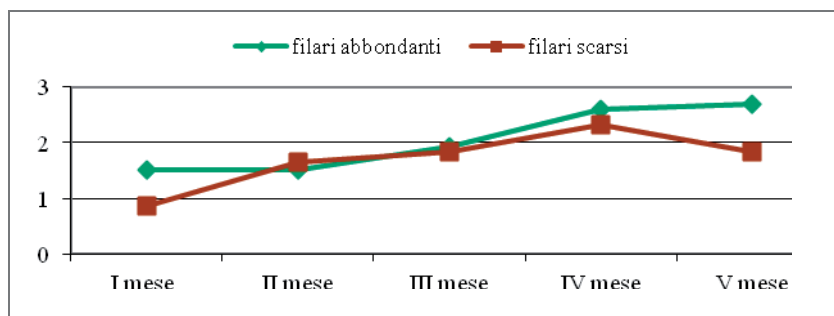


Fig. 25: Farfalle diurne e quantità di filari

Il confronto ha permesso di rilevare che la presenza d'una ricca dotazione arboreo-arbustiva tra i campi ha costituito un elemento d'arricchimento delle popolazioni di ropaloceri.

4.3 Studio della biodiversità complessiva dell'agroecosistema

L'analisi di regressione multipla, applicata ai risultati ottenuti dallo studio multidisciplinare della biodiversità eseguito in questo lavoro di ricerca, ha permesso, mediante la valutazione della relazione esistente tra la biodiversità, espressa come indice di ricchezza specifica di Margalef (variabile dipendente) della componente vegetale, dell'avifauna e delle comunità di farfalle diurne e alcune variabili ambientali (variabili indipendenti) come i fattori edafici, l'intensità del disturbo legato all'attività agricola, la mosaicità dell'agroecosistema, la presenza e l'estensione di elementi lineari quali siepi e filari, e corpi idrici lineari, la presenza in questi ultimi di sponde con vegetazione erbacea e/o con vegetazione legnosa, di evidenziare quali tra queste avessero una maggiore influenza sulla biodiversità complessiva dell'agroecosistema. Non sono state prese in considerazione le comunità di ragni perché, da quanto emerso dai risultati, questo gruppo animale nelle condizioni scelte, non si è rivelato un valido indicatore di qualità ambientale.

I risultati hanno evidenziato un differente contributo di ogni variabile ambientale, indipendentemente dalle altre, nella stima dell'indice di ricchezza specifica a seconda che si consideri la componente vegetale, l'avifauna o le comunità di farfalle diurne. In particolare le variabili ambientali che tendenzialmente influenzano positivamente, manifestando una correlazione positiva, la biodiversità vegetale sono soprattutto la presenza e l'estensione di elementi lineari come siepi e filari e la presenza di margini e sponde con vegetazione legnosa. Al contrario un eccessivo apporto del contenuto di fosforo nel terreno e un'elevata estensione di corpi idrici lineari, quali rogge o canali, determinano una riduzione della biodiversità vegetale.

Su tali basi si può dedurre che le azioni della misura 214 che esercitano una maggiore influenza positiva ai fini conservativi della biodiversità vegetale sono la E (produzioni agricole biologiche), la F (mantenimento di strutture vegetali lineari e fasce tampone boscate), la C (produzioni vegetali estensive, in modo particolare le marcite), ma anche la A (fertilizzazione bilanciata e avvicendamento) e la B (produzioni agricole integrate).

Le variabili ambientali rappresentate dal contenuto di fosforo, dall'estensione di siepi e di filari, di corpi idrici lineari e dalla presenza di margini e sponde con vegetazione legnosa contribuiscono a incrementare la ricchezza specifica delle comunità di uccelli. Ai fini della conservazione della biodiversità dell'avifauna le azioni della misura 214 più efficienti risultano essere la F (mantenimento di strutture vegetali lineari e fasce tampone boscate), la C (produzioni vegetali estensive, in modo particolare le marcite) e la E (produzioni agricole biologiche).

La ricchezza specifica delle comunità di farfalle diurne risulta al contrario influenzata positivamente solo dal contenuto di fosforo. Quest'ultimo risultato è fonte di alcune perplessità dal momento che generalmente la ricchezza in specie delle comunità di farfalle dovrebbe venire incrementata anche dall'estensione di siepi e filari, di corpi idrici lineari e dalla presenza di sponde con vegetazione legnosa, così come per le comunità di uccelli. È probabile che l'uso, in alcune tipologie aziendali in quantità non regolamentata, di prodotti fitosanitari di sintesi, influenzi in maniera negativa la sopravvivenza di tali comunità tanto da vanificare l'effetto positivo di alcune variabili ambientali. Infatti ai fini della conservazione della biodiversità delle comunità di farfalle diurne le azioni della misura 214 più efficienti risultano essere la A (fertilizzazione bilanciata e avvicendamento), la B (produzioni agricole integrate) e la E (produzioni agricole biologiche).

Dalla Tabella 8, che riassume per ogni comunità considerata i valori delle variabili ambientali che influenzano positivamente o negativamente l'indice di ricchezza specifica di Margalef, si evidenzia infatti come i valori maggiori di ricchezza specifica delle comunità di farfalle diurne si riscontrino nell'azienda in cui vengono applicate le azioni A e B della misura 214, che riducono l'input di prodotti fitosanitari di sintesi e in quella che attua l'azione E della misura 214 in cui tali prodotti non vengono utilizzati.

Al contrario sulla base della biodiversità vegetale le tipologie di gestione migliore si sono rivelate quelle dell'azienda con applicazione dell'azione E della misura 214 e dell'azienda caratterizzata dalle azioni F e C della misura 214, in cui è presente una maggiore estensione di elementi lineari come siepi e filari e una maggiore percentuale di margini e sponde con vegetazione legnosa, anche se l'estensione di corpi idrici lineari in quest'ultima azienda è maggiore. Si deve precisare inoltre che l'azienda biodinamica è ubicata all'interno del Parco del Ticino e nella sua estensione sono presenti numerosi lembi di vegetazione naturale.

L'avifauna presenta indici di ricchezza specifica più elevati nell'azienda con azioni C e F della misura 214, in cui si ha l'estensione maggiore di siepi e filari, di corpi idrici lineari, di margini e sponde con vegetazione legnosa. Il discreto valore dell'indice nell'azienda convenzionale è giustificabile con l'elevato apporto di fosforo in seguito all'utilizzo di concimi di sintesi e dalla elevata estensione di corpi idrici lineari che favoriscono la disponibilità di larve di insetti di cui gli uccelli si cibano.

Considerando i valori medi degli indici di ricchezza specifica di Margalef delle diverse comunità biologiche studiate (Tab. 8), si può avere una valutazione della biodiversità complessiva per ogni tipologia di gestione. Sotto tale aspetto si nota come il valore medio più elevato si riscontri nell'azienda che applica l'azione E e in quella che applica le azioni F e C, mentre l'azienda che applica le azioni A, B e I presenta un valore di biodiversità generale paragonabile a quello dell'azienda convenzionale. A tale proposito è necessario fare alcune considerazioni in merito all'azione I (conservazione della biodiversità nelle risaie) della misura 214, che prevede la realizzazione di fossi e solchi con acqua permanente anche nei periodi di asciutta delle camere e il mantenimento della vegetazione spontanea sull'argine della risaia adiacente il fosso. Relativamente alla biodiversità vegetale questo tipo di gestione favorisce la presenza di specie come *Butomus umbellatus* L., incluse nella lista delle specie della flora spontanea protette in modo rigoroso (C1) secondo la LR n°10 del 31 marzo 2008 sulla tutela e conservazione della piccola fauna, flora e della vegetazione spontanea, ma può contribuire a creare habitat rifugio per specie esotiche e invasive oltre che per specie infestanti (Fig. 26). Nei fossi è stata rilevata infatti la presenza di diverse alloctone come *Heteranthera rotundifolia* (Kunth) Griseb. e specie alloctone invasive come *Heteranthera reniformis* Ruiz et Pavon (Fig. 27) e *Lindernia dubia* (L.) Pennell..

TIPOLOGIA GESTIONALE	x ₅ contenuto di fosforo mg/kg	x ₈ siepi e filari m/ha	x ₉ % sponde con vegetazione legnosa	x ₁₁ corpi idrici lineari m/ha	Indici di ricchezza vegetazione	Indici di ricchezza avifauna	Indici di ricchezza farfalle diurne	Media indici di Margalef
azione E	105,65	194,18	49	61,54	14.25	5.471	3.306	7,675
azioni C-F	157	274,72	75	233,72	12.8	7.849	2.158	7,602
azioni A-B-I	56,33	52,9	36	88,9	8.13	4.801	3.448	5,459
convenzionale	185,5	100,36	36	114,9	6.975	6.477	2.914	5,455

Tab. 8: Variabili ambientali che influenzano positivamente o negativamente l'indice di ricchezza specifica di Margalef delle comunità considerate



Fig. 26: Canalina al bordo di una risaia con *Echinochloa crus-galli* Beauv. (foto di Negri)



Fig. 27: Canalina al bordo di una risaia con *Heteranthera reniformis* Ruiz et Pavon (foto di Negri)

5 – VALUTAZIONE DELLA MULTIFUNZIONALITÀ

In conclusione da questo studio emerge come la diversità strutturale dell'habitat costituisca un fattore di primaria importanza per conservare e incrementare la biodiversità complessiva. Su tali basi gli elementi lineari, come siepi (Fig. 28), filari (Figg. 29-30) e corpi idrici con sponde vegetate in modo diversificato, in cui venga privilegiata la presenza di specie vegetali autoctone, rappresentano corridoi biologici ed ecologici fondamentali atti a favorire la mosaicità ambientale e quindi la biodiversità vegetale e animale dell'agroecosistema. Questo aspetto insieme con una mirata gestione dei margini dei campi coltivati, finalizzata alla conservazione di una vegetazione spontanea differenziata e soprattutto costituita da specie autoctone, rappresenta un importante contributo alla biodiversità. In particolare si è notato che una corretta e attenta gestione di elementi ecologicamente molto importanti come le marcite (Fig. 31) e i prati marcitici ha influenza positiva ai fini conservativi della biodiversità.



Fig. 28: Siepe al margine di risaia (foto di Negri)



Fig. 29: Filare al margine di risaia (foto di Negri)



Fig. 30: Filare al margine di un campo di mais (foto di Negri)



Fig. 31: Marcita (foto di Negri)

L'uso sostenibile dei fertilizzanti organici e inorganici rappresenta un fattore favorevole per la conservazione e l'incremento della biodiversità soprattutto vegetale. L'uso sostenibile di erbicidi in genere può avere effetti positivi sull'incremento della biodiversità ma solo se in un agroecosistema sufficientemente diversificato strutturalmente, vale a dire in presenza di elementi lineari e fasce tampone boscate costituiti da vegetazione autoctona. Se una tale diversificazione non caratterizza l'habitat anche l'input ridotto degli erbicidi non rappresenta una variabile ambientale sufficientemente predittiva della biodiversità. Tale risultato trova conferma anche in studi eseguiti nell'ambito di realtà gestionali simili applicate in altre nazioni europee (Wilson *et*

al., 2003). Si può quindi affermare che, tra gli strumenti di tutela della biodiversità, l'applicazione delle misure agroambientali, mediante la promozione di pratiche agricole atte a preservare l'ambiente, salvaguardare il contesto rurale, tutelare e valorizzare la multifunzionalità dell'agricoltura e la conservazione del paesaggio, contribuisce effettivamente alla conservazione e, in alcuni casi, anche all'incremento della biodiversità vegetale non solo sotto l'aspetto quantitativo ma anche sotto quello qualitativo, contenendo la diffusione di specie che non fanno parte della flora autoctona. Il confronto tra aziende della pianura pavese diverse per struttura e gestione, esaminando i loro popolamenti di uccelli, ropaloceri e ragni, ha permesso di trarre alcune considerazioni sulle ricadute faunistiche dei differenti modelli agronomici adottati e sull'importanza di vari elementi presenti nella campagna. Così per l'avifauna in aree con un ecomosaico colturale e strutturale meno uniforme le popolazioni ornitiche sono più ricche e varie, e vengono preferite le zone con maggior diffusione di prati, che hanno una maggior importanza ornitologica rispetto agli incolti.

Nelle aziende prevalentemente maidicole vengono preferite quelle con una maggior superficie di campi di mais, mentre ciò non si verifica in quelle risicole, dove non hanno particolare importanza le differenti percentuali di aree occupate dal riso. Il mantenimento delle stoppie in situ prima della lavorazione non solo del riso ma anche di altre coltivazioni rappresenta una buona pratica di gestione agricola intesa a favorire la presenza di avifauna. Non mostrano particolari differenze nei loro popolamenti ornitici le risaie con acqua permanente rispetto a quelle allagate periodicamente, con conseguenti frequenti ristagni idrici, come quelle dotate oppure prive di canalette interne alle camere.

Per quanto riguarda invece i ropaloceri sono particolarmente importanti i margini di campi inerbati e quelli con alberature.

Per i ragni hanno ricadute molto negative le falciature della vegetazione erbacea al margine delle risaie, e le aree dotate di serbatoi ecologici funzionali hanno popolamenti più ricchi e vari.

Il risultato ottenuto è quindi in gran parte quello atteso, con una maggior ricchezza e varietà di uccelli, ropaloceri e ragni nella campagna strutturalmente e colturalmente più varia e con una sufficiente presenza di vegetazione legnosa al margine dei coltivi. Questa ha favorito però soprattutto l'avifauna, mentre per le farfalle diurne e per alcune specie ornitiche d'importanza comunitaria sono risultati più favorevoli i bordi dei campi con copertura prevalentemente erbacea, collocati lungo la rete irrigua. Molto importanti anche, pure se non per l'intero corso dell'anno, marcite e prati marcitati, prati e incolti.

I risultati ottenuti possono costituire la base per la stesura di alcune ipotesi operative finalizzate a rendere più efficaci le azioni della misura 214 che contribuiscono alla conservazione e all'incremento della biodiversità (Fig. 32):

1. le azioni A (fertilizzazione bilanciata e avvicendamento) e B (produzioni agricole integrate) influenzano positivamente la biodiversità solo se in presenza di elementi paesaggistici che contribuiscano alla diversità strutturale dell'habitat quali siepi, filari, fasce tampone boscate;
2. l'azione C (produzioni vegetali estensive) ha influenza positiva ai fini conservativi in particolare per quanto riguarda la presenza e la corretta gestione delle marcite che, oltre a rappresentare "elementi relitti" di grande importanza storica del paesaggio della pianura alluvionale, svolgono un importante ruolo ecologico costituendo ambienti rifugio per molte specie acquatiche e palustri sia animali che vegetali. Sono quindi elementi del paesaggio molto importanti ai fini della conservazione della biodiversità dell'agroecosistema la cui conservazione e corretta gestione andrebbe incentivata con un adeguato contributo economico;
3. l'azione E (produzioni agricole biologiche) contribuisce senza dubbio alla conservazione e all'incremento della biodiversità vegetale. È auspicabile in un tale tipo di gestione un

monitoraggio mirato e costante delle specie aliene e aliene invasive dal momento che la loro copertura non viene tenuta sotto controllo dall'uso dei prodotti fitosanitari;

4. l'azione F (mantenimento di strutture vegetali lineari e fasce tampone boscate) influenza positivamente la biodiversità ma sono auspicabili una particolare attenzione all'utilizzazione di specie vegetali autoctone, una quantità elevata di filari fitti e con ricca componente arbustiva, ben distribuiti tra i campi e collocati preferibilmente lungo corpi idrici permanenti;
5. l'azione I (conservazione della biodiversità nelle risaie) può contribuire a creare habitat rifugio per specie vegetali esotiche e invasive; sarebbe pertanto auspicabile, nell'ambito di tale azione, prevedere un monitoraggio costante nel tempo delle specie aliene e soprattutto invasive e l'ipotesi di piantumazione, sul margine adiacente ai solchi, di specie autoctone che possono competere con quelle aliene e invasive e quindi agire positivamente sul loro contenimento;
6. sarebbe buona pratica prevedere nell'ambito del PSR ulteriori incentivi per il monitoraggio, il controllo e l'eradicazione delle specie vegetali alloctone appartenenti alla lista nera (E) della legge regionale n°10 del 31 marzo 2008 e delle specie invasive. Le specie appartenenti alla lista nera sono risultate diffuse più o meno in tutte le aziende, anche in quelle che applicano le misure; si suggerisce pertanto un maggior controllo della vegetazione negli ambienti sottoposti a misure, l'importanza della creazione di strutture lineari costituite da specie autoctone ed eventualmente l'inserimento di incentivi per l'eradicazione delle specie alloctone appartenenti alla lista nera.

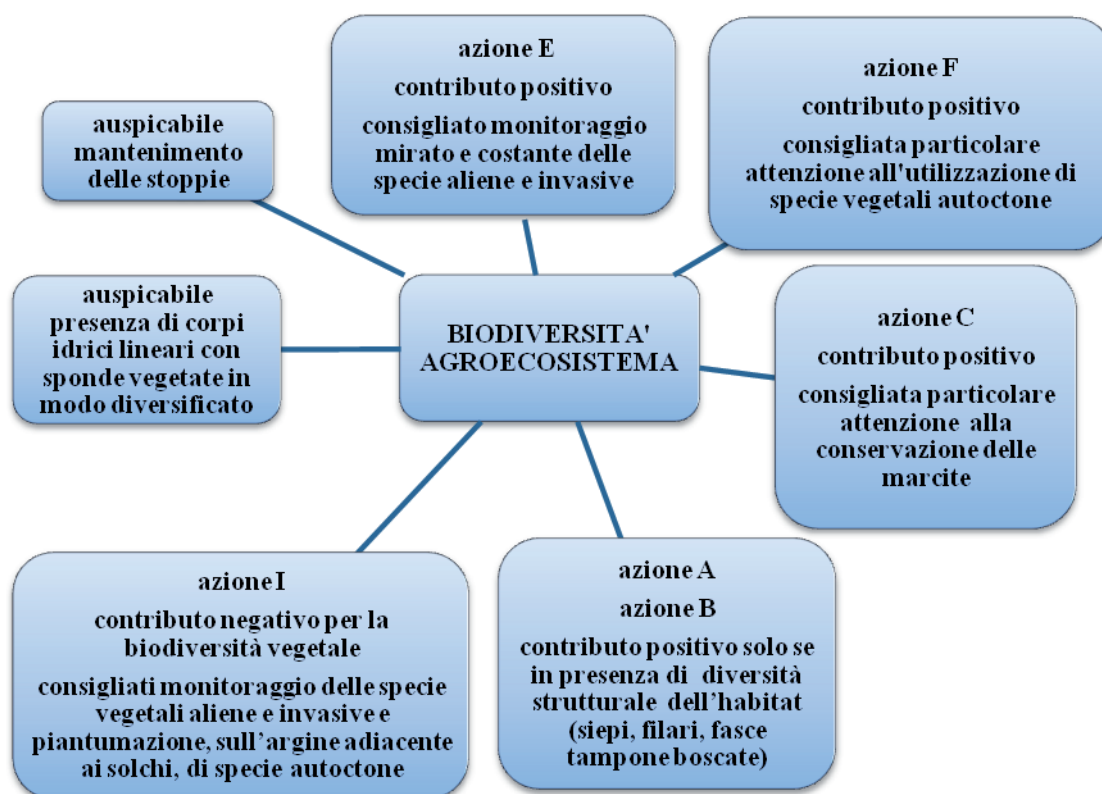


Fig. 32: Prospetto riassuntivo del contributo di alcune azioni della misura 214 alla conservazione della biodiversità con indicazione di ipotesi operative redatte sulla base dei risultati ottenuti dal progetto di ricerca BIOMULTISR

Il valore innovativo della metodologia utilizzata e dei risultati ottenuti nel presente progetto è rappresentato soprattutto dall'approccio multidisciplinare che si è basato sullo studio dettagliato sia della componente vegetale che di quella animale presenti nell'agroecosistema, al fine di fornire un'analisi su piccola scala dell'efficienza aziendale dal punto di vista della sostenibilità ambientale. Si tratta di un approccio che si adatta bene alla valutazione della multifunzionalità di tipo qualitativo oltre che quantitativo. Per analizzare tale aspetto non è sufficiente utilizzare indicatori che si basano su parametri paesistici ma è indispensabile un'analisi di maggiore dettaglio che utilizzi anche misuratori puntuali per il rilevamento dei quali è necessaria la consultazione di un gruppo di esperti. Infatti ai fini della conservazione della biodiversità oltre alla presenza e all'estensione di elementi del paesaggio come filari, siepi, aree boscate, è di fondamentale importanza la composizione floristica di tali elementi che garantisca il più possibile l'utilizzazione di specie vegetali autoctone e il contenimento delle alloctone e delle invasive. Così come risulta rilevante non solo la presenza ma soprattutto la gestione corretta di elementi tipici del paesaggio rurale come le marcite.

I risultati ottenuti da questo studio dimostrano come le caratteristiche ambientali relative al tipo di gestione e all'uso del suolo, siano utili al fine di dedurre l'impatto che le pratiche agricole possono avere sulla biodiversità e sull'equilibrio dell'agroecosistema.

Il modello di regressione multipla si dimostra essere un mezzo utile per valutare e prevedere i cambiamenti della ricchezza specifica, e quindi di una componente importante della biodiversità, in funzione del tipo di gestione agricola al fine di predisporre uno strumento di indagine flessibile e riproducibile nei differenti sistemi rurali lombardi e di ottimizzare eventuali strategie di gestione del territorio volte alla conservazione della biodiversità.

I risultati ottenuti dimostrano come in Lombardia, negli areali oggetto di studio, la biodiversità sia stata negli anni positivamente influenzata dall'applicazione delle misure agroambientali. Tali risultati assumono particolare rilevanza in prospettiva futura e rappresentano uno strumento utile di programmazione per l'applicazione, in particolare nelle aree considerate vulnerabili, del Piano di Azione nazionale per attuare quanto richiesto dalla Commissione Europea a seguito dell'emanazione della Direttiva 128/2009/CE concernente l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari. I parametri qualitativi e quantitativi di biodiversità vegetale e animale studiati in questo lavoro costituiscono degli indicatori concreti delle ricadute ambientali delle normative europee, applicate al Programma di Sviluppo Rurale, già attuate in Lombardia. Sono pertanto utilizzabili come elementi di valutazione dell'integrazione dell'agricoltura con gli obiettivi di compatibilità ambientale, dei vantaggi ambientali derivanti dalle relazioni tra attività agroforestale e ambiente e dell'effettiva funzione di valorizzazione dell'agricoltura come risorsa ambientale, nell'ottica della valorizzazione della multifunzionalità del sistema agricolo per il miglioramento della gestione del territorio.

Gli indicatori ottenuti nel presente progetto di ricerca possono essere utilizzati da Regione Lombardia come strumento di valutazione ambientale strategica e per la programmazione di nuovi tipi di intervento anche in relazione alla valutazione e classificazione della vocazionalità di un sistema territoriale agricolo nei riguardi di una funzione ambientale quale quella rappresentata dal sostegno della biodiversità (ad esempio per l'individuazione e istituzione di nuove ZPS).

Enti istituzionali quali province, comuni, aziende agricole, parchi, e i destinatari indiretti come le scuole, i comprensori agricoli, le cittadinanze, i settori dell'ambiente, turismo e tempo libero potrebbero utilizzare i risultati in relazione alla progettazione di percorsi naturalistici con fini didattici e turistici. L'obiettivo è quello di costituire percorsi naturalistici all'interno degli ambienti più significativi del sistema rurale al fine di avvicinare possibili fruitori, quali scolaresche o comuni cittadini, all'agro-ecosistema per far conoscere ed apprezzare la variabilità del paesaggio agricolo e per suscitare nei medesimi la curiosità di approfondire e di integrare le proprie conoscenze in relazione alle diverse tecniche di gestione caratteristiche della pianura

lombarda. Le aziende agricole, in particolare, potrebbero utilizzare i risultati ottenuti nel presente progetto per attuare il processo di conversione in “aziende ambientali”, che promuovano cioè i principali obiettivi delle Politiche Agricole Comunitarie nell’ambito di uno sviluppo agricolo compatibile con la salvaguardia ambientale, e per farne motivo di propaganda per la loro attività e i loro prodotti.

6 - BIBLIOGRAFIA

- Altieri M.A., 1987. *Agroecology: The scientific basis of alternative agriculture*. Boulder Colorado, Westview Press: 227 pp.
- Balletto E., Kudrna O., 1985. Some aspects of the conservation of butterflies in Italy, with recommendations for a future strategy (Lepidoptera Hesperidae & Papilionoidea). *Bollettino Società Entomologica Italiana*, 117 (1-3): 39-59.
- Benedetti A., Calabrese J., Campiglia E., Caporali F., Di Felice V., Lazzerini G., Mancinelli R., Mocali S., Vazzana C., 2009. Indicatori di Biodiversità per la sostenibilità in Agricoltura. ISPRA, Manuali e linee guida 47/2008. Roma.
- Birol E., Smale M., Gyovai Á., 2006. Using a choice experiment to estimate farmers' valuation of agrobiodiversity on hungarian small farms. *Environmental & Resource Economics* 34: 439-469.
- Blasi C., Boitani L., La Posta S., Manes F. e Marchetti M., 2005. Stato della biodiversità in Italia. Contributo alla strategia nazionale per la biodiversità. Roma, Palombi Editori.
- Boatman N.D., Dover J.W., Wilson P.J., Thomas M.B., Cowgill S.E., 1989. Modification of farming practice at field-margins to encourage and to promote biocontrol. In: *Biological habitat reconstruction*. Belhaven Press, London: 299-311.
- Boriani L., Burgio G., Marini M., Genghini M., 2005. Faunistic study of butterflies collected in Northern Italy rural landscapes. *Bullettin of Insectology*, 58 (1): 49-56.
- Braun-Blanquet J., 1951, 1964. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Wien. Springer Verlag.
- Brusoni M., Negri R., Terzo V., 2013. Siti Natura 2000 e agroecosistema: un esempio di applicazione della normativa europea in Lombardia a salvaguardia della biodiversità. *Arch. GeoBot* 14 (1-2) 2013 (2008): 67-74.
- Celesti-Grapow L., Pretto F., Carli E., Blasi C., 2009. CD- Rom Non-native flora of Italy. Attached to: *Plant invasion in Italy an overview*. Roma, Palombi & Partner S.r.l.
- Celesti-Grapow L., Pretto F., Carli E., Blasi C., 2010. *Flora vascolare alloctona e invasiva delle regioni d'Italia*. Roma, Casa Editrice Università La Sapienza, 208 pp.
- Clough Y., Kruess A., Klein D., Tscharrntke T., 2005. Spider diversity in cereal fields: comparing factors at local, landscape and regional scales. *Journal of Biogeography*, 32: 2007-2014.
- D'Amico G., 2008. Indagine preliminare sui lepidotteri diurni in aziende agrarie del Parco Adda Sud (Insecta Lepidoptera Papilionoidea, Hesperioidea). In: *Conservazione della natura e campagna del Parco Adda Sud. Parco Adda Sud, Conoscere il Parco* 8, Lodi: 15-38.
- Dover J.W., 1966. Factors affecting the distribution of butterflies on arable farmland. *Journal of Applied Ecology*, 33: 723-734.
- Duelli P., 1997. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: an approach at two different scales. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 62: 81-91.
- Ellenberg H., 1988. *Vegetation ecology of central Europe*. Cambridge University Press.
- Fabbri R., Scaravelli D., 2002. Indagine preliminare sui lepidotteri diurni lungo siepi in aziende agricole biologiche del forlivese e cesenate (Insecta Lepidoptera Hesperioidea, Papilionoidea). *Quaderni Studi Notizie Storia Naturale Romagna*, 16: 81-94.
- Fisher R.A., Corbet A.S. and Williams C.B., 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *Anim. Ecol.*, 12: 42-58.
- Ganis P., 1991. *La diversità specifica nelle comunità ecologiche: concetti, metodi e programmi di calcolo*. Trieste, GEAD-EQ N° 10.

- Gerowitt B., Bertke E., Hespelt S-K., Tute C., 2003. Towards multifunctional agriculture-weeds as ecological goods? *European Weed Research Society Weed Research* 43: 227-235.
- Gregory R.D., Noble D.G., Custance J., 2004. The state of play of farmland birds: population trends and conservation status of lowland farmland birds in the United Kingdom. *Ibis*, 146 (suppl. 2): 1-13.
- Grime J.P., Hodgson J.G., Hunt R., 1986. *Comparative plant ecology. A functional approach to common British species*. London, Unwin Hyman.
- Grime J.P., 2001. *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystems Properties*. Chichester. J. Wiley and Sons, LTD.
- Groppali R., 1990. Avifauna di risaie pavesi nelle varie fasi colturali. *Picus*, 16: 105-108.
- Groppali R., 1991. Avifauna nidificante in due aree padane ad agricoltura intensiva: confronto tra un ambiente con filari e siepi e uno privo di tale dotazione in provincia di Cremona. *Supplemento Ricerche Biologia Selvaggina*, 17: 173-179.
- Groppali R., 1991. Avifauna di una marcita e di una risaia limitrofe presso Belgioioso (Pavia) nel corso di un anno. *Picus*, 17 (3): 141-148.
- Groppali R., Priano M., Pesarini C., 1994. Osservazioni sui ragni (Araneae) dei margini dei coltivi a mais. *Atti XVII Congresso nazionale italiano Entomologia*: 473-476.
- Groppali R., 1996. Avifauna di agroecosistemi con differente dotazione arboreo-arbustiva nella pianura emiliana nel corso di un anno. *Pianura*, 8: 117-122.
- Groppali R., 1997. Coltivazioni erbacee e avifauna negli agroecosistemi della Valpadana centrale. *Pianura*, 9: 85-108.
- Groppali R., Canova I., Pesarini C., 2000. Ragni (Arachnida Araneae) in margini di coltivi della Pianura Padana centrale. *Bollettino Istituto Entomologia "G. Grandi" Università Bologna*, 54: 59-76.
- Groppali R., Camerini G., 2006. *Uccelli e campagna*. Perdisa, Bologna.
- Groppali R., Savi M., Pesarini C., 2006. Indagine sui ragni (Araneae) in una risaia del Novarese. *Pianura*, 20: 109-120.
- Lack P., 1992. *Birds on lowland farms*. HMSO, London.
- Longley M., Sotherton N.W., 1997. Factors determining the effects of pesticides upon butterflies inhabiting arable farmland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 61: 1-12.
- Luczak J., 1979. Spiders in agrocenoses. *Polish Ecological Studies*, 5 (1): 151-200.
- Marc P., Canard A., 1997. Maintaining spider biodiversity in agroecosystems as a tool in pest control. *Agriculture Ecosystems Environment*, 62: 229-235.
- Margalef R., 1957. La teoria de la informacion en ecologia. *Mem. Real Acad. Cienc. Artes Barcelona*, 32: 373-449.
- Negri R., 2008. Evaluation of the biodiversity in the synanthropic plant communities after the application of the agri-environmental action programmes of the EU common agricultural policy. *Scientifica Acta* 2, n°2 : 80 – 84.
- New T.R., 1997. *Butterfly conservation*. Oxford University Press, Melbourne.
- Noe E., Halberg N., Reddersen J., 2005. Indicators of biodiversity and conservational wildlife quality on danish organic farms for use in farm management: a multidisciplinary approach to indicator development and testing. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 18: 383-414.
- Oberdorfer E., 1977. *Süddeutsche Pflanzengesellschaften*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- O'Connor R.J., Shrubbs M., 1986. *Farming and birds*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ouin A., Burel F., 2002. Influence of herbaceous elements on butterfly diversity in hedgerow agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93: 45-53.
- Peña C., Sebastián A., Laguna E., 2005. Nuevos datos sobre *Heteranthera* Ruiz & Pav. (Pontederiaceae) en tierras valencianas. *Flora Montiberica* 30: 15-21.

- Pielou E.C., 1969. An introduction to mathematical ecology. New York, Wiley.
- Pignatti S., 1982. Flora d'Italia. Bologna, Edagricole.
- Podani J., 2001. Syn-tax – pc. Computer programs for multivariate data analysis in ecology and systematics. Budapest, Scienza Publishing.
- Raunkiaer C., 1934. The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography. Oxford, Oxford University Press.
- Regione Lombardia - Agricoltura - Programma di Sviluppo Rurale 2007-2013. Rev. 3 del 13/11/09.
- Regione Lombardia - Agricoltura - Programma di Sviluppo Rurale 2007-2013. Misura 214. Misure agroambientali – Campagna 2012.
- Scossiroli R.E., Palenzona D.L., 1971. Manuale di biometria. Bologna, Zanichelli, 259 pp.
- Shannon C.E., Weaver W., 1949. The mathematical theory of communication. Urbana, IL. Univ. Illinois Press, 117 pp.
- Simpson E.H., 1949. Measurement of diversity. Nature 163: 688.
- Soini K., Aakkula J., 2007. Framing the biodiversity of agricultural landscape: The essence of local conceptions and constructions. Land Use Policy 24: 311-321.
- Weibull A.C., Östman Ö., Granquist Å., 2003. Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. Biodiversity Conservation, 12: 1335-1355.
- Whittaker R.H., 1972. Evolution and measurement of species diversity. Taxon 21: 213-251.
- Wilson W.L., Abernethy V.J., Murphy K.J., Adam A., Mccracken D.I., Downie I.S., Foster G.N., Furness R.W., Waterhouse A., Ribera I., 2003. Prediction of plant diversity response to land-use change on Scottish agricultural land. Agriculture Ecosystems & Environment 94: 249-263.



RegioneLombardia
Agricoltura

Ricerca e sperimentazione in Agricoltura

www.agricoltura.regione.lombardia.it