



ASSOCIAZIONE ITALIANA
AGRICOLTURA BIOLOGICA

Agroecologia

A cura di FIRAB (Fondazione Italiana per l'agricoltura biologica) in collaborazione con AIAB Lombardia. Attività realizzata all'interno della Misura 111 B del PSR

Capitolo 2

2.1 L'evoluzione del concetto di agroecologia

L'agroecologia era stata definita nei primi anni '80 come l'applicazione di principi ecologici all'agricoltura (Altieri, 1983). Inizialmente era intesa come un tipo di approccio alle aziende agricole (considerate l'unità fondamentale dello studio), in cui si analizzano le successioni ecologiche, il ciclo dei nutrienti, le trasformazioni dell'energia e le interazioni tra parassiti e piante.

In seguito il concetto di agroecologia è stato allargato fino ad includere l'applicazione dell'ecologia allo studio, la progettazione e la gestione dei sistemi agroalimentari (Buttel, 2003), stabilendo un collegamento fondamentale tra produzione, filiera alimentare e consumatori. L'agroecologia si è così evoluta rispetto all'approccio strettamente incentrato sulle interazioni tra le colture e il terreno, per diventare un campo di studio interdisciplinare, che studia anche le dimensioni socio economiche e politiche dei sistemi alimentari.

Più recentemente si è arrivati a considerare l'agroecologia un insieme di discipline scientifiche, pratiche agricole e movimenti politici o sociali (Wezel et al., 2009). Si riconosce infatti l'importanza della relazione esistente tra scienza e società, e del ruolo chiave che hanno associazioni, cittadini, professionisti e consumatori partecipare al dibattito contribuendo con le loro conoscenze professionali, locali o tradizionali.

Ripercorrendo questo processo di evoluzione, non dobbiamo dimenticare che fin dall'inizio l'agroecologia ha preso spunto da molte pratiche contadine, che nel corso della lunga storia dell'agricoltura hanno sviluppato e perfezionato il concetto di sostenibilità. Oggi il percorso dell'agroecologia continua a svilupparsi in maniera dinamica, da un lato grazie agli apporti pratici di chi ne applica i principi scoprendo sempre nuove soluzioni, e dall'altro grazie al continuo lavoro degli studiosi che traducono tutto questo in teorie e concetti scientifici.

2.2 Ci sono differenze tra agricoltura biologica e agroecologia?

L'agroecologia persegue l'obiettivo di un'agricoltura sostenibile, che può essere raggiunto attraverso diverse strade; agricoltura biologica, biodinamica, permacoltura sono percorsi tra loro complementari, ma che rischiano di risultare incompleti se li consideriamo isolatamente. L'agroecologia mantiene al suo interno un dinamismo di principi non ancora assimilati nel pensiero dominante, con cui continua a contribuire alla maturazione e all'evoluzione della ricerca di un sistema agroalimentare più sostenibile. Possiamo vedere quindi l'agroecologia come una scienza che traccia un quadro di riferimento più ampio in cui trovano spazio di applicazione le diverse strategie di agricoltura sostenibile, tra cui anche l'agricoltura biologica.

L'agroecologia è una scienza che non propone una ricetta già confezionata, da applicare a tutti i casi senza distinzione, ma cerca piuttosto di stimolare la ricerca attiva di soluzioni specifiche per ogni situazione. In particolare si incoraggia un ruolo attivo dell'agricoltore nel ripensare l'impostazione della propria azienda.

Uno dei principali obiettivi è quello di ottenere un agroecosistema vitale e in salute, in grado quindi di garantire a sua volta la salute delle colture presenti, mentre come movimento sociale l'agroecologia è orientata verso l'ottenimento di indici più equilibrati di resilienza, produttività, stabilità ed equità nel sistema agroalimentare inteso nel suo complesso.

Link di approfondimento:

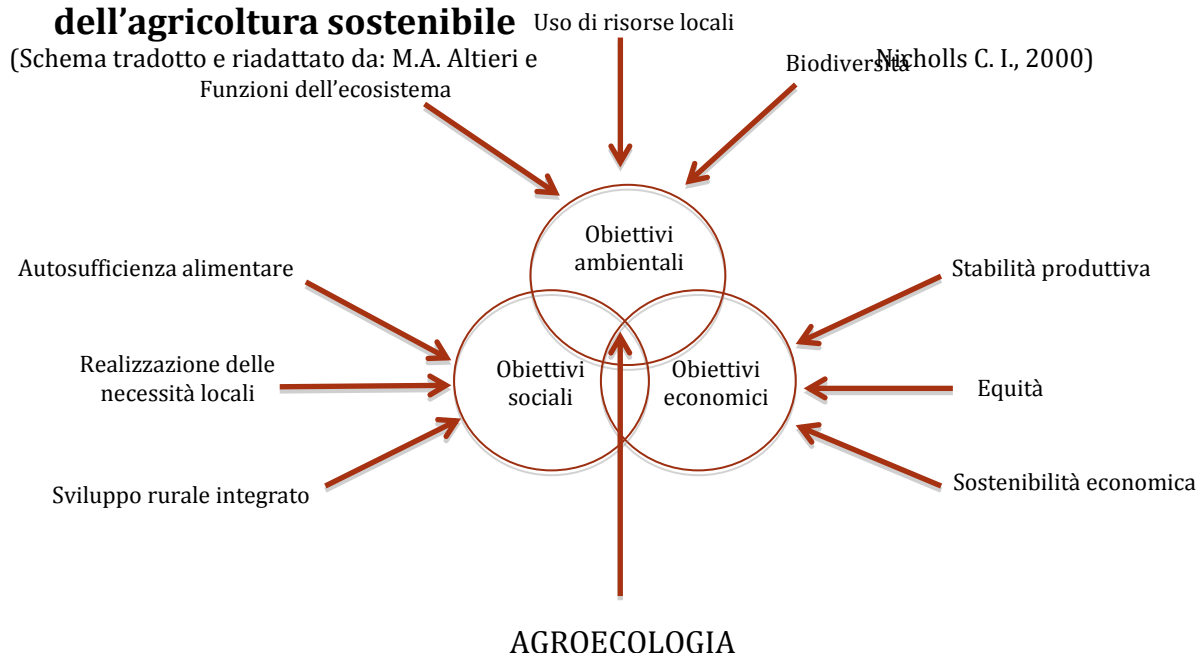
[AIAB: Principi di ecologia, agroecologia e agrometeorologia](#)

Un recente articolo comparso sulla rivista Nature ha ripresentato la questione della comparazione della produttività in agricoltura biologica e convenzionale (Seufert et al., 2012). Nelle conclusioni dello studio si sottolinea il fatto che per alcune colture è già ora possibile ottenere rese che si avvicinano molto a quelle del convenzionale, ma soprattutto si sostiene che in un dibattito veramente costruttivo non dovrebbero esserci né vincitori né perdenti, perché il risultato dovrebbe essere una combinazione delle migliori caratteristiche dei sistemi produttivi biologici e convenzionali.

“La chiave per il futuro sarà allontanarsi dalla rigida ideologia di un dibattito biologico vs convenzionale, per esaminare piuttosto quali sono le caratteristiche dei vari sistemi agricoli che potrebbero essere utilizzate in un approccio con più sfaccettature, che sfrutti idee complementari provenienti da ciascun campo. L'importanza di creare e mantenere alti livelli di biodiversità nel suolo – una componente cruciale dell'agricoltura biologica – deve essere riconosciuta in qualunque nuovo sistema si proponga” (Seufert et al., 2012).

Secondo gli autori dello studio, per raggiungere in maniera sostenibile la sicurezza alimentare avremo probabilmente bisogno di integrare molte tecniche diverse creando sistemi di coltivazione 'ibridi', allo scopo di produrre più cibo e a prezzi accettabili, assicurare agli agricoltori i giusti mezzi per vivere e ridurre i costi ambientali dell'agricoltura

Il ruolo dell'agroecologia nel soddisfare i molteplici obiettivi dell'agricoltura sostenibile



(Schema tradotto e riadattato da: M.A. Altieri e Nicholls C. I., 2000)

2.3.1 Applicazione dei principi agroecologici in agricoltura biologica e convenzionale

Alcune definizioni dell'agroecologia, come quella data da Stephen Gliessman, si focalizzano sugli aspetti più strettamente ecologici di questa scienza:

“L'agroecologia è l'applicazione di concetti e principi ecologici nella conduzione e nella progettazione di agroecosistemi sostenibili”.

Quali sono nello specifico i principi di ecologia a cui si fa riferimento nella definizione?

- Gli organismi viventi sono organizzati in reti che non conoscono barriere;
- La materia e l'energia circolano costantemente nelle reti della vita;
- La fotosintesi, che trasforma l'energia solare in chimica, è il motore dell'ecosistema;
- Gli scambi di energia e di materia avvengono per cooperazione;
- Gli ecosistemi raggiungono stabilità e resilienza attraverso la biodiversità;
- L'ecosistema è dotato di flessibilità e plasticità, che si esprimono in un equilibrio dinamico;
- Gli ecosistemi cambiano nel tempo, ma gli effetti dell'attività umana non si manifestano dopo molti anni;
- Le condizioni climatiche, del suolo ecc. e le interazioni biotiche determinano i processi ecologici specifici di ogni sito;
- Il tipo, la durata e l'intensità delle azioni di perturbazione in un sito determinano le caratteristiche delle popolazioni viventi presenti e degli ecosistemi;
- Tutti i processi dell'ecosistema rispondono alla struttura e alla dinamica del paesaggio in cui sono inseriti.

(Tradotto e riadattato da: M.A. Altieri, Bases agroecológicas para una agricultura sustentable)

Da questo tipo di approccio più strettamente ecologico, è possibile ricavare i criteri operativi su cui si fonda l'agroecologia:

- Incrementare il riciclo della biomassa, ottimizzare e chiudere i cicli dei nutrienti;
- Migliorare le condizioni del suolo, specialmente aumentandone il contenuto di materia organica e l'attività biologica;
- Ridurre la dipendenza dagli input esterni di sintesi e l'investimento totale di energia necessaria per la produzione;
- Minimizzare la perdita di risorse – come nutrienti, acqua, risorse genetiche, biodiversità – con la gestione del microclima, l'aumento della copertura del suolo, la raccolta delle acque piovane, ecc...;
- Conservare la biodiversità genetica vegetale e animale, sia livello di azienda che di ambiente circostante;
- Stimolare la produzione locale di colture adatte alla congiuntura naturale e socioeconomica della zona;

- Aumentare le interazioni biologiche positive e le sinergie tra i diversi elementi dell'agroecosistema, ricollegando la coltivazione con l'allevamento, disegnando sistemi agroforestali, o usando strategie innovative per il controllo degli insetti e delle malattie;
- Stabilire un'agricoltura di *processi*.

Nel passato gli agricoltori sono stati capaci di mantenere la sostenibilità degli agroecosistemi, applicando principi di gestione della fertilità del terreno e della salute delle colture; questi stessi principi sono stati ripresi dalla moderna agroecologia e perfezionati grazie alle conoscenze attuali sul funzionamento gli ecosistemi.

Importanza delle condizioni del suolo

La grande attenzione per le condizioni del suolo è un aspetto comune sia all'agroecologia che alle altre forme di agricoltura sostenibile, a partire dal biologico che fa della fertilità del terreno la sua pietra angolare. La qualità del suolo, infatti, è alla base di importanti processi biologici che influenzano la salute delle colture e anche la possibilità di non pregiudicare le rese nel futuro. Sempre più la ricerca, così come l'attività nelle e delle aziende agro ecologiche, sta dimostrando che la capacità di una coltura di resistere o sopportare l'attacco di insetti dannosi o malattie è legata alle proprietà ottimali del terreno, fisiche, chimiche e principalmente biologiche. I terreni dotati di un alto livello di sostanza organica e attività biologica vitale, generalmente mostrano una buona fertilità, reti trofiche complesse e organismi benefici che prevengono le infezioni. Dall'altro lato invece, le pratiche agricole che provocano squilibri nutrizionali possono diminuire la resistenza delle colture agli attacchi di insetti o malattie.

Link di approfondimento

- [I segreti del suolo vivente](http://www.agricolturasinergica.it/articoli/aam_200402.pdf)
http://www.agricolturasinergica.it/articoli/aam_200402.pdf

Le pratiche agronomiche hanno una grande influenza sulle proprietà fisiche e biotiche del terreno. A causa della continua attuazione di pratiche agronomiche scorrette, si possono innescare fenomeni di erosione del terreno che portano alla perdita di grandi quantità di suolo, con conseguente sottrazione di importanti nutrienti come il fosforo, e della sostanza organica, che si concentrano entrambi negli strati più superficiali del terreno. Basti pensare che la perdita anche di un solo millimetro di suolo implica l'erosione di circa 15 tonnellate di terreno per ettaro; questi dati sono sconcertanti, visto che per formare un millimetro di suolo si stima che ci vogliano dai 50 ai 100 anni. Una delle strategie messe a punto con successo in molti paesi del mondo è quella della lavorazione minima del terreno, o addirittura della non lavorazione, il cui adattamento al biologico, per quanto non scontato, è utile e opportuno.

Oltre a rispondere a fini produttivi e a garantire sostenibilità e lungimiranza al sistema agrario, la corretta gestione della risorsa suolo risponde a obiettivi di interesse collettivo: l'agricoltura infatti, oltre alla produzione di cibo e fibre, può contribuire in maniera determinante a fornire importanti servizi ambientali, quali:

- sequestro di carbonio;
- mantenimento degli habitat;

- protezione delle acque;
- miglioramento della resilienza degli ecosistemi.

Il sequestro di carbonio (ovvero dell'anidride carbonica atmosferica) si può ottenere attraverso una serie di pratiche agronomiche tra cui: le lavorazioni conservative (lavorazione minima o non lavorazione), il miglioramento della gestione dei prati permanenti e delle rotazioni nei seminativi, la gestione dei residui colturali, l'inerbimento delle colture perenni, l'avvicendamento seminativi-prati pascolo e la rivegetazione dei seminativi abbandonati.

Link di approfondimento

Cambiamenti climatici e sequestro di carbonio

http://rps.entecra.it/area_1

La strada per Kyoto passa dai campi

http://www.osservatoriokyoto.it/userfiles/newsletter/NewsKyoto_0811_004.pdf

La PAC ha già nel passato preso in considerazione queste esigenze. In particolare, come vedremo più avanti nel dettaglio, con la riforma Fischler nel 2003 sono state introdotte le **“Norme per il mantenimento dei terreni in Buone Condizioni Agronomiche e Ambientali (BCAA)”**, che sono costituite da una serie di *Standard* da rispettare per raggiungere gli obiettivi di:

- Proteggere i terreni dall'erosione;
- Conservare la sostanza organica nel suolo;
- Mantenere la struttura del suolo;
- Assicurare un livello minimo di mantenimento dei terreni ed evitare il deterioramento degli habitat;
- Gestire le risorse idriche.

Gli ambiti di applicazione di queste pratiche riguardano i seminativi, i pascoli permanenti, gli oliveti e le superfici a riposo e quelle ritirate dalla produzione. Azioni comuni per tutti sono *“la difesa della struttura del suolo attraverso il mantenimento in efficienza della rete di sgrondo delle acque superficiali e l'uso adeguato delle macchine agricole”* e *“il mantenimento degli elementi caratteristici del paesaggio”*, mentre altre azioni sono più specifiche per ogni caso (per questo si rimanda alla tabella riassuntiva degli standard delle BCAA).

Link di approfondimento

La condizionalità: introduzione e quadro normativo

<http://www.aiablombardia.it/index.php/documenti-bio/472-condizionalita>

<http://www.aiablombardia.it/index.php/documenti-bio/631-condizionalita-il-quadro-normativo>

Anche l'agroecologia ha rivolto grande attenzione alla cura e al miglioramento delle condizioni dei terreni agricoli. In particolare vengono identificate sei strategie fondamentali per migliorare salute e qualità del suolo:

1. Aggregare al terreno sufficienti quantità di materia organica

2. Utilizzare diversi tipi di materia organica, sia vegetale che animale (sovesci, letamazioni)
3. Mantenere il suolo coperto (rotazioni, cover crops, pacciamatura)
4. Ridurre la compattazione del suolo (non lavorare il suolo quando è bagnato, ridurre al minimo le lavorazioni)
5. Ridurre l'erosione
6. Usare prodotti che apportino una fertilità supplementare.

Monocoltura e mantenimento della fertilità del terreno: un binomio difficilmente conciliabile

Il mais è diventato, in moltissime aziende, la coltura principale; questo vale non solo per le aziende non zootecniche ma anche per quelle con allevamenti bovini perché il mais, come foraggio insilato, ha sostituito gli erbai e gran parte dell'erba medica. In aziende che praticano la monocoltura per anni si possono raggiungere perdite di fertilità non più tollerabili dal terreno con scadimento più o meno grave di alcune caratteristiche chimico-fisiche sulle quali si basa la fertilità del terreno.

Su questo tema segnaliamo due articoli (E. Cervi Coboldi):

Quando il terreno presenterà il conto. Terra e Vita. 2003. 7, p. 59-60.

Quando la monocoltura minaccia la fertilità. Terra e Vita. 2003. 8, p. 63-64.

In questi sono descritte le conseguenze delle monocoltura con particolare riferimento agli effetti del progressivo depauperamento della sostanza organica ed alla oggettiva difficoltà di ripristinarla. Secondo l'autore, i successi produttivi del mais e l'apparente mantenimento della fertilità dei terreni coltivati in monocoltura, sono in gran parte legati alla eccezionale capacità dei nuovi ibridi di mais di mantenere produzioni costanti anche in condizioni di relativa scarsa fertilità, compensata, tra l'altro, da laute concimazioni azotate. Da ciò emerge una esplicita denuncia al fatto che l'agronomia "moderna" non ha ancora affrontato il problema in modo diretto, probabilmente perché è forse ritenuto un fatto "locale", confinato alla Pianura Padana, ed anche perché gran parte dei maiscoltori non lamentano problemi particolari di fertilità. Vanno rivalutate le regole della agronomia classica per il mantenimento della fertilità: pratiche conservative (minima lavorazione); abbassamento del rapporto C/N; maggior utilizzo di colture che apportino sostanza organica; maggior ricorso al sovescio; maggior ricorso a materiali organici, se necessario di origine extra aziendale; monitoraggio dell'evoluzione della sostanza organica con periodiche analisi dei terreni. Sono prese in considerazione, infine, alcune semplici metodologie per tenere sotto controllo l'evoluzione della sostanza organica del terreno. Risulta, infatti, che chi pratica la monocoltura si pone in una netta situazione di bilancio negativo per la sostanza organica e che il ribaltamento della situazione richiede interventi ripetuti per anni tramite sovesci e l'uso oculato di rotazioni colturali.

Fonte:

http://venetoagricoltura.regione.veneto.it/archive/00000328/01/segnalazioni_OI_apr03.pdf

Le pratiche mirate a migliorare la qualità del suolo favoriscono anche la presenza degli organismi benefici che lo popolano, che comprendono microfauna, mesofauna e macrofauna e hanno un ruolo molto importante nell'assicurare e mantenere la salute del terreno e quindi anche la fertilità.

La microfauna del terreno si può osservare al microscopio e include batteri, alghe e nematodi. I batteri possono essere indipendenti nel terreno, come i batteri saprofiti, o simbiotici come i batteri azotofissatori che stabiliscono relazioni di reciproco vantaggio con le piante. La maggior parte di questi organismi vive nei primi cinque centimetri del terreno, dove trovano il proprio habitat ideale grazie all'elevata porosità e umidità, poiché negli esseri viventi più piccoli il pericolo maggiore è la disidratazione.

Nella mesofauna troviamo per lo più acari e collemboli (vedi immagini seguenti), che si nutrono di sostanza organica operando il primo passaggio di decomposizione (detritivori). Nella macrofauna rientrano alcuni tipi di invertebrati (come anellidi e molluschi) e macroartropodi (alcuni tipi di insetti e crostacei) che si possono osservare anche a occhio nudo, e hanno abitudini alimentare più diversificate: si nutrono di altri organismi e microrganismi viventi, sostanze vegetali e sostanze vegetali o animali in stato di decomposizione. Questa fauna variegata nel suo insieme costituisce la biodiversità del suolo.

Maggiori informazioni e immagini utili sui microrganismi del suolo sono reperibili sul sito:
<http://www.bodoni.pr.it/parco/parcoducale/progset/microfauna.htm>

I nematodi

I nematodi sono chiamati anche **vermi cilindrici** per il loro aspetto, distinto dai cosiddetti vermi piatti. Possono vivere sia in forma libera, in terreni umidi e in altri ambienti ricchi di acqua (fondali acquatici e delle sorgenti termali) e cibandosi di batteri, protozoi, funghi e detriti vegetali, sia in forma parassitaria insediandosi in un gran numero di piante e animali. Infatti, essi hanno una brutta fama tra gli agricoltori in Italia, poiché provocano seri danni a molte colture floricole, ortive, cerealicole, leguminose e fruttifere. Visti i danni che causavano, nel 1970 il CNR istituì appositamente l'Istituto di Nematologia Agraria a Bari (oggi "Istituto per la protezione delle piante") con lo scopo di condurre indagini sulle specie di nematodi fitoparassiti associate alle più importanti colture agrarie. Tuttora questo Istituto rappresenta l'unica struttura scientifica nell'area mediterranea che si dedica esclusivamente allo studio dei nematodi parassiti delle piante. In seguito, verso la metà degli anni '70, lo studio dei meccanismi di lotta biologica ha permesso di trovare delle alternative all'uso massiccio di nematocidi di sintesi e sono stati individuati numerosi funghi e batteri antagonisti di nematodi. http://www.fertirrigazione.it/ita_1381/

Per un ulteriore approfondimento sui nematodi:
<http://www.agribionotizie.it/rubriche/nematodi.htm>
<http://it.wikipedia.org/wiki/Nematoda>

I nematodi entomopatogeni.

I nematodi però possono essere anche alleati degli agricoltori nella lotta agli insetti: si parla in questo caso di nematodi entomopatogeni. Essi possono essere utilizzati per il controllo di

numerose specie di insetti dannosi per le colture e allo stesso tempo non hanno alcun effetto avverso per le specie che non costituiscono il loro bersaglio specifico.

“Le specie più importanti appartengono ai generi *Steinernema* ed *Heterorhabditis* che penetrano le loro vittime attraverso le aperture del corpo od anche attivamente attraverso l'esoscheletro. Una volta dentro l'ospite, il nematode rilascia dei microrganismi simbiotici che moltiplicandosi provocano la morte dell'insetto in 24-72 ore”.

Fonte: Bioplanet <http://bioplanet.it/it/nematodi>

Sono stati anche individuati molti microrganismi del terreno, generalmente funghi e batteri, che esercitano azioni benefiche sulle piante. La crescita delle piante può essere favorita in modo diretto grazie a meccanismi come la fissazione dell'azoto e la sua trasmissione alla pianta; l'aumento della disponibilità di ferro e fosforo nel terreno o il sequestro e la trasformazione di questi elementi in forme più assimilabili e utilizzabili dalle piante; la sintesi di fitormoni che stimolano la proliferazione delle cellule vegetali. L'azione benefica può essere invece indiretta quando i microrganismi inibiscono la crescita di patogeni che interferiscono con i processi di sviluppo delle piante.

Tra i più importanti gruppi di microrganismi benefici del suolo troviamo:

- ✓ funghi antagonisti;
- ✓ funghi micorrizici (micorrize);
- ✓ batteri che promuovono la crescita (PGPR);
- ✓ batteri agenti di biocontrollo.

La seguente tabella presenta alcuni tipi di funghi antagonisti, i patogeni controllati e i meccanismi di controllo messi in atto, come la produzione di antibiotici, di enzimi litici o di sostanze antimicrobiche, o la competizione per i nutrienti e la parassitizzazione diretta.

Fungo antagonista	Meccanismo	Patogeno controllato
<i>Trichoderma spp.</i>	Micoparassitismo, antibiotici, competizione	<i>Fusarium spp.</i> , <i>Pythium spp.</i> , <i>Rhizoctonia spp.</i> , <i>Sclerotinia</i>
<i>Verticillium biguttatum</i>	Micoparassitismo	<i>Rhizoctonia solani</i>
<i>Chaetomium spp.</i>	Micoparassitismo e antibiotici	<i>Alternaria</i> , <i>Pythium</i>
<i>Sporidesmium sclerotivorum</i>	Micoparassitismo	<i>Sclerotium</i>
<i>Laetisaria arvalis</i>	Micoparassitismo	<i>Rhizoctonia</i> , <i>Pythium</i>
<i>Gliocladium virens</i>	Micoparassitismo e antibiotici	<i>Sclerotinia spp.</i>
<i>Coniothyrium minitans</i>	Micoparassitismo	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
<i>Talaromyces flavus</i>	Micoparassitismo	<i>Verticillium</i>
<i>Pythium nunn</i>	Micoparassitismo	<i>Phytophthora</i> , <i>Pythium</i>

Fonte: http://www.fedoa.unina.it/2310/1/Marra_Patologia_Vegetale.pdf¹

¹ Tesi di dottorato di ricerca in agrobiologia e agrochimica (R. Marra) “ Genomica funzionale e potenziali applicazioni biotecnologiche dell'interazione molecolare tra pianta, funghi patogeni e microrganismi benefici” http://www.fedoa.unina.it/2310/1/Marra_Patologia_Vegetale.pdf

Link di approfondimento

"Rizobatteri promotori di crescita, una nuova opportunità per l'agricoltura sostenibile"

[http://fertilizzanti.entecra.it/FERTILITAS_pdf/Fertilitas_volume_1/volume1_numero1/fertilizant1\(1\)_linser_et.al.pdf](http://fertilizzanti.entecra.it/FERTILITAS_pdf/Fertilitas_volume_1/volume1_numero1/fertilizant1(1)_linser_et.al.pdf)

Le micorrize

Le micorrize sono strutture costituite dall'unione simbiotica tra funghi del terreno e radici non lignificate delle piante. Verso la metà del 1800 viene scoperta questa interazione benefica con le radici delle piante e in seguito, con il crescente interesse per l'agricoltura biologica, sono state finanziate specifiche ricerche in questa direzione.

Esistono due tipi di micorrize:

- le **ectomicorrize**, che interessano per lo più piante arboree forestali (e un elevato numero di specie fungine), sono caratterizzate dal fatto che non penetrano all'interno dei tessuti dell'ospite, ma formano uno strato di micelio attorno alle sue radici. I tartufi sono l'espressione più conosciuta di questa simbiosi.
- le **endomicorrize**, che possono colonizzare circa il 95% delle specie vegetali (anche erbacee), penetrano nei tessuti e nelle cellule dell'ospite, senza formare un mantello fungino esterno.

Il nostro interesse si concentra sullo studio di queste ultime, poiché colonizzano gran parte delle specie di interesse agrario e forestale: piante erbacee, da frutto, latifoglie e conifere, quasi tutte le specie orticole (ad eccezione delle famiglie delle Crucifere come il Cavolo, il Cavolfiore, ecc. e delle Chenopodiacee come lo Spinacio) e tutte le specie di colture estensive (mais, soia, ecc.) ad esclusione della Barbabietola.

Con l'instaurarsi delle micorrize vengono profondamente alterate sia la morfologia che la fisiologia della pianta ospite, la quale cede al fungo zuccheri e vitamine, mentre il fungo assorbe e trasferisce alla pianta elementi minerali presenti nel terreno; lo sviluppo considerevole delle ife nel terreno, infatti, permette al fungo di esplorare un volume di suolo notevolmente maggiore di quanto possano fare le radici della pianta, aumentando notevolmente la quantità di sostanze nutritive raggiungibili. Le micorrize pertanto consentono un grande incremento dell'apparato radicale delle piante ospiti, stimato fino a sette volte la sua normale estensione. Le micorrize inoltre sono in grado di assorbire anche i composti presenti nel suolo in forma insolubile, che normalmente non sono direttamente utilizzabili dalle piante.

In sintesi, i risultati ottenuti con l'instaurarsi della simbiosi sono:

- incremento della capacità di assorbimento di acqua, di macro e microelementi (fosforo in particolare, zinco, ferro, manganese, ecc.). Riguardo al fosforo, la disponibilità di questo elemento si manifesta soprattutto nei periodi freddi.
- maggior resistenza alla siccità;
- capacità di resistenza a livelli di salinità elevati;
- un parziale effetto di "barriera meccanica" nei confronti di funghi patogeni e nematodi;
- riduzione della crisi da trapianto;
- possibile bonifica dei suoli inquinati da metalli pesanti (ectomicorrize).

Tutto ciò si traduce in una maggiore crescita della pianta, in particolare nei terreni poveri di elementi minerali. Le piante micorrizzate sono spesso più competitive e meglio tollerano le condizioni di stress rispetto a quelle non micorrizzate.

Si è costatato che nei campi coltivati e in altri ambienti molto influenzati dalle attività umane, le micorrize sono assenti o presenti in forma molto ridotta, molto probabilmente a causa dell'inquinamento chimico dei terreni; anche l'eccesso di fosforo e di azoto può far diminuire l'attività delle micorrize.

Link di approfondimento

Micorrize <http://www.agraria.org/funghi/micorrize.htm>
Le micorrize e le loro relazioni con altri microrganismi utili del suolo
http://www.freshplaza.it/news_detail.asp?id=16237

È stato osservato che i fertilizzanti chimici hanno effetti nocivi sui microrganismi del suolo, specialmente quando sono molto concentrati e solubili in acqua. Attraverso reazioni chimiche possono causare una acidificazione del pH del suolo, che è dannosa per i microbi presenti, i quali dipendono dal funzionamento di enzimi che sono attivi solo in un range ristretto di valori del pH. Il solfato d'ammonio, usato come fertilizzante, ha per esempio un forte potere biocida nel terreno: ostacola la fissazione dell'azoto, uccide i nematodi e i lombrichi. Anche il superfosfato ha un effetto negativo sui batteri azotofissatori liberi (A. Primavesi, Agroecologia e gestione del suolo).

Link di approfondimento sui microrganismi del terreno

- Microrganismi del terreno: I criptozi http://www.funsci.com/fun3_it/sini/sn/criptozoi.pdf
- Impatto delle piante geneticamente modificate sui microrganismi del suolo
http://www.liberidaogm.org/liberi/folder_file/ImpattoOGM-suolo.pdf
- [Nel suolo la riserva di armi dei batteri: presenza di geni per la resistenza agli antibiotici sviluppatasi in microrganismi del suolo](http://www.lescienze.it/news/2012/09/05/news/nel_suolo_la_riserva_di_armi_dei_batteri-1235329/)
http://www.lescienze.it/news/2012/09/05/news/nel_suolo_la_riserva_di_armi_dei_batteri-1235329/

La semina di miscugli di leguminose studiati per fissare l'azoto in maniera ottimale, permette di aumentare la fertilità del terreno senza danneggiare le micorrize presenti. La maggior capacità di fissazione dell'azoto la manifesta l'erba medica (*Medicago sativa*), a cui seguono il trifoglio rosso (*Trifolium pratense*), il trifoglio bianco (*Trifolium repens*), il meliloto (*Melilotus spp.*), il kudzu (*Pueraria lobata*)², e la vigna (*Vigna unguiculata*).

Link di approfondimento sulle leguminose

- Erba Medica (*Medicago sativa*) http://it.wikipedia.org/wiki/Medicago_sativa
- Trifoglio rosso (*Trifolium pratense*) http://it.wikipedia.org/wiki/Trifolium_pratense
- Trifoglio bianco (*Trifolium repens*) http://it.wikipedia.org/wiki/Trifolium_repens

² Il kudzu (*Pueraria lobata*, fam. *Leguminosae*) è una pianta rampicante dell'est asiatico, con crescita rapida e fiori rosso porpurei, usata come coltura da foraggio e per il controllo dell'erosione. Nel sud est degli Stati Uniti è diventata altamente infestante.

- Kudzu (*Pueraria lobata*) http://www.cps-skew.ch/italiano/inva_puer_lob_i.pdf
- Vigna spp. [http://it.wikipedia.org/wiki/Vigna_\(Leguminose\)](http://it.wikipedia.org/wiki/Vigna_(Leguminose))

Di seguito si presentano alcuni casi di pratiche agroecologiche che sono già stati applicati con successo:

- Piante con azione allopatrica;
- Colture trappola;
- Sistema push-pull

Piante con azione allelopatica

Con il termine **allelopatia** s'intende l'effetto negativo che una pianta e i microrganismi ad essa associati esercitano sulla germinazione, sulla crescita e sullo sviluppo di un'altra specie, attraverso la produzione e l'immissione nell'ambiente di composti chimici (Rice, 1984). Tali composti possono essere rilasciati sia nell'atmosfera che nel terreno, durante la crescita di una pianta o durante la decomposizione dei suoi residui vegetali. Gli effetti allelopatici provocano una ridotta germinazione, uno sviluppo stentato e una riduzione dell'accrescimento delle plantule e dell'apparato radicale, un minore assorbimento degli elementi nutritivi e un rallentamento dell'attività enzimatica e fotosintetica (Kobayashi, 2004). A livello internazionale è andato crescendo l'interesse verso lo studio e l'applicazione pratica dell'attività fitotossica delle sostanze di origine naturale per il controllo delle piante infestanti.

Tra i vantaggi identificati in questa strategia alternativa sono stati individuati:

- la possibilità di individuare nuove strutture chimiche impossibili o difficili da ottenere per via sintetica;
- la forte probabilità di trovare sostanze con siti e meccanismi d'azione diversi da quelli degli erbicidi di sintesi;
- la possibile maggiore sicurezza ambientale.

Molti ricercatori ritengono che le sostanze naturali abbiano un profilo eco-tossicologico migliore delle molecole di sintesi; anche se questa caratteristica andrebbe valutata caso per caso, in generale si tratta di sostanze già presenti in natura e quindi più facilmente degradabili.

Vediamo quali sono le piante con azione allelopatica di cui è stata provata l'azione e che si possono utilizzare per ottenere l'inibizione della crescita di erbe infestanti.

La veccia pelosa (*Vicia villosa*), la segale (*Secale cereale*) e il rafano (*Raphanus sativus*) sono tre specie che a questo scopo si possono seminare in miscuglio come colture di copertura. Quando le piante hanno raggiunto uno sviluppo adeguato, si falciano e si lasciano a decomporre sul terreno senza incorporarle, in modo che le sostanze allopatriche in esse contenute si accumulino sulla superficie. Questa operazione va programmata con sufficiente anticipo rispetto all'epoca di semina delle colture previste. L'efficacia è stata osservata per colture che sono seminate non troppo superficialmente, così da poter sfuggire all'azione allopatrica, che interesserà invece i semi delle piante infestanti che si trovano negli strati più superficiali del terreno.

Altre sperimentazioni sono state condotte con la segale, la veccia pelosa e la senape bruna (*Brassica juncea*), le cui parti aeree sono state interrare e hanno dimostrato di poter inibire la germinazione di infestanti quali il cencio molle (*Abutilon theophrasti*), l'amaranto (*Amaranthus retroflexus*), il chenopodio (*Chenopodium album*) e il poligono (*Poligonum*

aviculare). Per approfondire i risultati di questo studio si rimanda alla lettura dell'articolo "Controllo delle piante infestanti mediante fenomeni allopatici", attraverso il link fornito nel box seguente.

Link di approfondimento

L'allelopatia

<http://it.wikipedia.org/wiki/Allelopatia>

Il controllo delle piante infestanti mediante fenomeni allopatici

http://web1.sssup.it/pubblicazioni/ugov_files/100931_SIA%203%202005.pdf

Le sostanze di origine naturale ad azione erbicida

<http://frumed.files.wordpress.com/2009/03/sostanze-naturali.pdf>

Le colture trappola

Le strategie delle *colture trappola* è stata messa a punto grazie all'osservazione e alla sistematizzazione delle conoscenze dell'esperienza contadina tradizionale. Una coltura trappola è una pianta che attrae gli organismi dannosi, generalmente insetti, allontanandoli dalle vicine piante coltivate. Le colture trappola possono essere piantate lungo il perimetro del campo per proteggerlo, oppure essere diffuse nel campo stesso, per esempio una fila ogni nove file della specie agraria coltivata. Esse sono utilizzate anche nell'agricoltura su scala industriale; in tal caso sono generalmente piantate in un momento chiave della vita dell'insetto e poi distrutte prima che il ciclo vitale sia giunto al termine, in modo tale da evitare il passaggio dalla coltura trappola a quella principale. I contadini tradizionalmente usavano estirpare le colture trappola infestate per poi bruciarle, eliminando così del tutto l'ospite infestante.

Alcuni esempi di colture trappola studiate e utilizzate nel mondo sono:

- ✓ l'erba medica piantata in file nei campi di cotone per attrarre gli insetti infestanti del genere *Lygus* (Meyer, 2003).
- ✓ Il cerfoglio (*Anthriscus cerefolium*) viene usato per proteggere gli ortaggi e le piante ornamentali dalle lumache (Ellis; Bradley, 1996).
- ✓ L'aneto (*Anethum graveolens*) e il levistico (*Levisticum officinale*) vengono piantati in fila tra i pomodori per attrarre lo stadio larvale della *Manduca quinquemaculata*, un lepidottero della famiglia degli Sfingidi (Ellis; Bradley, 1996).
- ✓ Il tagete (*T. erecta* e *T. Patula*) è utile come coltura intercalare per difendere Solanacee, Crucifere, Leguminose e Cucurbitacee dai nematodi (Vann; Kirkpatrick; Cartwright, 2004 e Dofour; Guerena; Earles, 2003)

Questa è solo una parte delle colture trappola studiate e documentate. La maggior parte degli studi disponibili inoltre, sono solo in inglese.

Il sistema push - pull

La strategia push-pull è utilizzata per controllare organismi infestanti con l'uso di piante repellenti che allontanano (push) e piante trappola che attraggono (pull). Ad esempio cereali come il mais e il sorgo spesso sono infestati dallo stadio larvale di lepidotteri del genere *Ostrinia*: alcune piante disposte lungo il perimetro del campo attraggono e trattengono gli insetti, mentre le piante del genere *Desmodium*, disposte tra le file di mais li tengono lontano poiché hanno un effetto repellente e inoltre controllano le infestanti del genere *Striga*,

contribuendo al contempo all'azotofissazione e quindi all'arricchimento della dotazione nutritiva.

Alcune piante sono sfruttate come repellenti per gli insetti in virtù del forte odore che emanano, come il coriandolo (*Coriandrum sativum*), che in Costa Rica è stato seminato con successo intorno ai pomodori per allontanare gli Aleirodidi, noti anche come mosche bianche. Altre piante, come la facelia (*Phacelia tanacetifolia*), hanno un fiore che attrae i sirfidi, che sono insetti utili nel controllo biologico perché si nutrono di afidi e altri insetti dannosi.

