

Università di Pisa
Centro di Ricerche Agro-Ambientali
“Enrico Avanzi”

UNA PASSEGGIATA NEGLI AGRO-ECOSISTEMI

Progetto didattico e di comunicazione



Introduzione

“Una passeggiata negli agro-ecosistemi” si configura come un progetto didattico e di comunicazione del Centro di Ricerche Agro-Ambientali “Enrico Avanzi” dell’Università di Pisa rivolto a tutte le persone interessate alle tematiche della sostenibilità agro-ambientale ed in particolare agli studenti dell’Ateneo pisano.

L’iniziativa è in linea con le finalità della RUS (Rete delle Università per la Sostenibilità), network promosso dalla CRUI (Conferenza dei Rettori delle Università Italiane), cui l’Ateneo di Pisa ha aderito nel 2017. Lo scopo della RUS è quello di promuovere in ambito accademico la realizzazione dei 17 obiettivi di sviluppo sostenibile (Sustainable Development Goals, SDGs¹) inseriti dalle Nazioni Unite nell’Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile. L’Università riveste un ruolo molto importante all’interno della comunità, andando a formare i professionisti ed i pubblici decisori di domani e fungendo anche da incubatore di idee innovative da divulgare e comunicare alla cittadinanza locale con cui condivide spazi ed iniziative.

La proposta vuole essere un’occasione per promuovere la conoscenza in materia di sviluppo sostenibile, e, in particolare, sulle tematiche agro-ambientali e dell’alimentazione sostenibile.

L’argomento principale è la sostenibilità delle produzioni agricole, con particolare riguardo a:

- ruolo proattivo dell’agricoltura nella conservazione della fertilità dei terreni, della disponibilità/qualità delle acque e della biodiversità;
- strategie gestionali e strumenti tecnici necessari per rendere duratura e prospera la relazione Agricoltura/Natura;
- forme di agricoltura che garantiscono la qualità dell’ambiente e dei prodotti e sostengono il reddito dei produttori;
- risultati della ricerca sul funzionamento degli ecosistemi terrestri e sul loro contributo alla produzione primaria;
- contributo dell’agricoltura alla produzione di energie rinnovabili;
- mantenimento del paesaggio nel rispetto delle tradizioni del territorio.

Queste ed altre tematiche, alla base delle molte ricerche condotte presso il Centro Enrico Avanzi nel settore dell’agricoltura sostenibile, sono l’oggetto della “Passeggiata” che attraverso 15 tappe ripercorre gli studi condotti presso il Centro illustrandoli indirettamente (attraverso specifici cartelloni illustrativi collocati presso ogni tappa) o direttamente tramite una guida che può essere richiesta dai visitatori in fase di prenotazione.

Di seguito si riporta una sintesi delle tematiche affrontate in ciascuna delle 15 tappe del percorso.

¹ Fra i 17 SDGs elencati in Agenda 2030, l’SDG 2 (“Sconfiggere la fame”) fa esplicito riferimento alla produzione di cibo, ma sono molti gli SDGs collegati indirettamente all’attività agricola, soprattutto in funzione dei suoi rapporti con l’ambiente (es. SDG 6 “Acqua pulita e servizi igienico-sanitari”, SDG 7 “Energia pulita e accessibile”, SDG 13 “Lotta ai cambiamenti climatici”, SDG 14 “Vita sott’acqua”, SDG 15 “Vita sulla terra”), ma anche in relazione agli aspetti socio-economici connessi con l’agro-alimentare (Es. SDG 1 “Sconfiggere la Povertà”, SDG 3 “Salute e benessere”, SDG 5 “Parità di genere”, SDG 8 “Lavoro dignitoso e crescita economica”, SDG 11 “Città e comunità sostenibili”, SDG 12 “Consumo e produzione responsabili”).

Tappa 1: Una passeggiata negli agro-ecosistemi

Il Centro di Ricerche agro-ambientali “Enrico Avanzi” (CiRAA) dell’Università di Pisa, fondato nella metà degli anni ’70 per gestire a fini scientifici e didattici il patrimonio fondiario rappresentato dalla ex- Tenuta di Tombolo, è uno dei sei centri di ateneo istituiti nel settembre 2012 a seguito della riforma delle strutture dell’Università di Pisa.

La storia dell’intero territorio ha origini molto più complesse, a partire dal Medioevo, quando l’area era di proprietà della Mensa Arcivescovile di Pisa, per poi passare al patrimonio di Casa Savoia, quindi al demanio dello Stato.

All’inizio degli anni ’60 l’intera superficie è stata concessa in uso gratuito all’Università di Pisa . Nei primi anni dall’acquisizione, l’area fu gestita come una normale azienda agricola indirizzata solo marginalmente alla sperimentazione agricola aziendale. Successivamente, negli anni ’80 vi fu una vera e propria riconversione verso la ricerca e la didattica nel settore delle scienze Agrarie e Veterinarie.

Si tratta di un vasto territorio pianeggiante, oltre 1700 ha, che deriva da sedimentazioni fluviali e marine prodotte dalla bonifica per colmata iniziata nel ’700. I terreni della zona presentano infatti alternanze di aree a quote più elevate rispetto al livello del mare (tomboli) e aree più basse (lame), con forte differenze di tessitura: da terreni argillosi a tipicamente sabbiosi.

Il Centro affonda le proprie radici nel pensiero illuminato del suo principale sostenitore e promotore professor Enrico Avanzi, il quale riteneva di fondamentale importanza dotare l’ateneo dell’Università di Pisa di un’azienda agraria sperimentale dove poter svolgere ricerca e didattica nel settore delle scienze Agrarie e Veterinarie. A fianco di tali attività “istituzionali” il Centro svolge anche attività produttiva, necessaria all’auto-mantenimento della struttura. È proprio dall’interazione tra tutte queste attività che risiede la capacità del Centro di avviare percorsi di collaborazione con interlocutori pubblici e privati presenti sul territorio.

La missione del Centro può quindi essere così sintetizzata:

- Attività di ricerca applicata in ambito agricolo, con particolare riferimento a quella di carattere multidisciplinare nel campo della sostenibilità agro-ambientale dei processi produttivi;
- Attività di supporto tecnico e organizzativo alle attività didattiche/formative proprie dei diversi Dipartimenti dell’Università di Pisa, interessati allo studio e alla gestione del territorio agro-forestale;
- Realizzazione di processi di trasferimento dell’innovazione alle imprese;
- Manutenzione e conservazione del patrimonio immobiliare assegnatogli.

Nel corso degli anni, al variare delle esigenze agro-ambientali e socio-economiche della società, gli obiettivi delle attività di ricerca del Centro si sono modificati per dare risposte concrete alla domanda di innovazione nel campo delle tecniche agronomiche innovative, delle questioni ambientali, sociali ed economiche legate al mondo agricolo.

Possiamo quindi considerare la missione del Centro in modo più ampio e più dinamico, come incubatore di valori quali:

- la sostenibilità ambientale, economica e sociale in agricoltura;
- l’importanza dei servizi eco-sistemici offerti dalla Natura;
- il valore della biodiversità naturale, pianificata e associata;
- la prospettiva di una agricoltura economicamente sostenibile ma al tempo stesso capace di rispettare la Natura utilizzando al meglio le risorse che essa può offrire per il suo sostentamento;



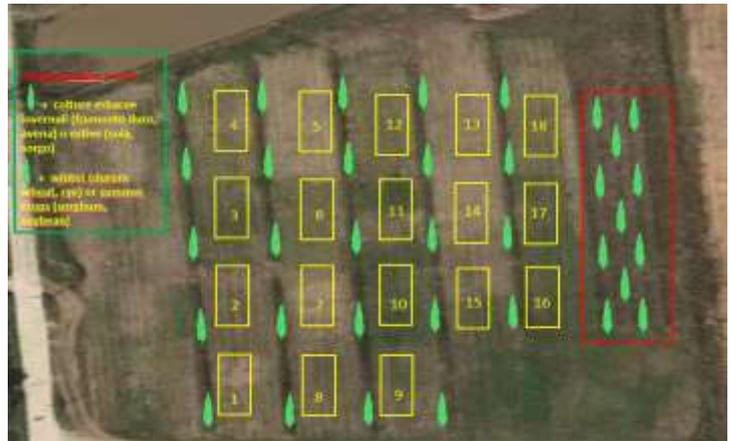
- il contributo dell'agricoltura alla conservazione delle risorse non rinnovabili e all'integrità funzionale e paesaggistica della Natura (conservare suolo, acqua e biodiversità);
- la consapevolezza del ruolo esercitato dai processi di produzione primaria sulla qualità dei prodotti agricoli;
- il ruolo dell'agricoltura nella produzione di energie rinnovabili;
- Il valore del territorio e dei suoi paesaggi e gli strumenti attraverso i quali l'agricoltura è in grado di plasmarli.

Per realizzare al meglio tutte queste attività, il Centro Enrico Avanzi può contare sia su un prezioso capitale umano che immobiliare di impareggiabile valore paesaggistico, naturalistico e storico. Tutta l'area infatti è inserita nella Riserva della Biosfera "Selve costiere di Toscana" UNESCO, all'interno del Parco Regionale Migliarino-San Rossore-Massaciuccoli, ed è facilmente accessibile al pubblico.

Recentemente, il territorio del Centro è stato inserito nel progetto "Terre di Pisa" che propone nuove destinazioni turistiche dell'entroterra pisano, caratterizzate da peculiarità agroalimentari, artistiche, artigianali, storiche e naturali. Al progetto "Terre di Pisa" aderiscono diverse amministrazioni comunali, associazioni di categoria e soggetti turistici rappresentativi del territorio pisano.

Tappa 2: Agroforestry

In questa tappa iniziale incontriamo un modello semplificato di un sistema di produzione che mira alla reintroduzione di alberi e arbusti in consociazione con colture erbacee di pieno campo all'interno delle aziende agricole, come strumento strategico per diversificare la gestione dei terreni agricoli finalizzata al miglioramento dei rapporti tra agricoltura e ambiente.



Per agroforestazione (o agroforestry) si intende la consociazione tra specie arboree perenni e colture agrarie, con l'eventuale presenza della componente animale nella medesima unità di gestione. Si tratta di consociazioni che riguardano sia l'impianto di alberi all'interno di terreni coltivati o aree destinate al pascolo, sia l'inserimento di colture agrarie o attività zootecniche su terreni già caratterizzati da copertura arborea.

Se in passato la presenza di colture arboree all'interno dei seminativi veniva percepita come un ostacolo alla meccanizzazione e quindi alla "razionalizzazione" dei processi produttivi, oggi, alla luce delle conoscenze maturate nel settore dell'agro-ecologia, possiamo ritenere che questa "coesistenza" di produzioni arboree, erbacee e animali possa produrre diversi benefici diretti come:

- la diversificazione delle colture,
- la riduzione del rischio di erosione del suolo dall'acqua e dal vento,
- l'aumento della percentuale di sostanza organica nel suolo
- la riduzione del rischio di lisciviazione dei nitrati.

La ricerca oggetto di questa tappa è condotta dal Centro E. Avanzi insieme alla Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa, a partire dal 2017 e nasce come trasformazione di un sistema puramente arboreo ad uno con alberi e colture in consociazione.

La ricerca, che prende il nome di Agroforces (Agroforestry for Carbon Sequestration and Ecosystem services) è finalizzata a valutare la sostenibilità agronomica e la capacità di accumulo netto di carbonio derivante dalla consociazione tra colture erbacee a ciclo estivo, quali soia e sorgo, e pioppo a ciclo breve (2 anni) destinato alla produzione di biomassa, in ambiente mediterraneo.

Sul medesimo appezzamento di terreno dove era già presente un pioppeta impiantata nel 2009 e gestita con turno biennale (taglio con cadenza biennale).

nel 2017 (8 anni dopo) sono state tagliate 4 file ogni 5 di queste piante in modo da creare degli interfilari larghi 13,5 m che permettessero una gestione meccanizzata delle specie erbacee di pieno campo.

Negli anni seguenti 2018-2020, su queste superfici sono state coltivate in rotazione biennale due colture a ciclo primaverile-estivo da granella destinate all'alimentazione animale, ossia sorgo e soia.

Questo sistema silvo-arabile è stato studiato e confrontato con una porzione di pioppeta di controllo lasciata nella sua configurazione iniziale al fine di verificare l'adattamento del pioppo alle nuove condizioni di coltivazione. Su entrambi i sistemi sono stati effettuati per due anni anche il bilancio del carbonio (quanto carbonio esce dal sistema e quanto ne viene accumulato) e il microclima attraverso sonde e capannine meteo.

Nel corso degli anni inoltre è stata studiata anche la produttività e la sostenibilità economica delle due colture (sorgo e soia) e del pioppo, attraverso l'utilizzo di vari parametri come l'adattamento

alle condizioni di ombra date dalla presenza del pioppo e alla competizione pianta -albero, misurando anche l'efficienza di uso della radiazione solare

Tappe 3 e 4: La tutela della biodiversità agricola: il Mucco pisano, UNIFOOD e BANCOLAT, dal campo e dalla stalla

Queste due tappe nascono dall'importanza che il Centro E. Avanzi da anni sta riconoscendo alla valorizzazione delle produzioni a livello aziendale attraverso la vendita diretta di prodotti a Km 0. Quando parliamo di vendita diretta di prodotti a Km0 dobbiamo considerare da una parte l'azienda produttrice ma dall'altra anche il consumatore. Se per l'azienda vi è sicuramente un interesse economico, anche per il consumatore vi è il vantaggio di acquistare prodotti locali e di arricchire il suo bagaglio di conoscenze riguardo alla qualità dei prodotti finali e alle tecniche di produzione divenendo attori anch'essi di un sistema di produzione e commercializzazione che, se ben gestito, potrebbe determinare significativi miglioramenti della sostenibilità ambientale, economica e sociale dell'attività agricola svolta dall'azienda. Attraverso la vendita diretta di prodotti a km0 si possono promuovere e rafforzare quei rapporti tra popolazione locale e agricoltori determinanti per sviluppare la consapevolezza che dalle loro scelte alimentari possono svilupparsi processi produttivi benefici per tutto il loro territorio.

Il Mucco pisano:

Le prime testimonianze dell'esistenza di questa razza vengono datate alla fine del '700 e inizi del 1800 e ricondotte alla bassa Valle del Serchio.

Si tratta di una razza che deriva dall'incrocio di una razza Podolica locale (chianina) con bovini di razza Bruna Alpina, la



quale nel tempo ha visto ulteriori incroci con bovini di razze Inglesi, Francesi ed addirittura Olandesi.

È un animale rustico a triplice attitudine: forza lavoro, produzione di latte e produzione di carne. La sua rusticità ha permesso un'ampia diffusione nei primi anni del '900, anni in cui si registrò un picco massimo di diffusione (quasi 20'000 capi). Negli anni successivi alla Seconda guerra mondiale si registrò invece un crollo del numero di animali, dovuto a diverse concause come l'aumento della meccanizzazione, la concorrenza di altre razze più produttive e anche agli incroci incontrollati effettuati, arrivando a registrare un numero minimo storico inferiore ai 100 capi.

Per scongiurare il rischio di estinzione, la mucca Pisana venne inserita nel registro anagrafico delle popolazioni autoctone e gruppi etici a limitata diffusione e nello stesso anno nacque il primo programma regionale di salvaguardia. Nel 1999 è stato istituito il marchio "Carne bovina di Pisa" che garantisce i consumatori e tutela anche gli allevatori del Mucco.

Ad oggi i bovini di razza Mucca Pisana sono circa 260, distribuiti in 21 allevamenti, tra cui il Centro di Ricerche Agro-ambientali "Enrico Avanzi" che dal 1997 ospita il nucleo più numeroso di questa razza, costituito da circa un centinaio di individui.

Per quanto riguarda la sua morfologia possiamo parlare di un animale di taglia media, con un manto di colore bruno-rossiccio con una striscia di colore più marcato sul dorso, le mucose e il musello sono neri, quest'ultimo è inoltre circondato da un alone bianco.

Essendo una razza rustica si adatta molto bene ai sistemi di allevamento estensivi o semi-estensivi, seguendo una linea vacca-vitello. Si contraddistingue infatti per uno spiccato istinto materno, che

le ha fatto meritare l'appellativo di "balia per eccellenza", in quanto riesce ad allattare due vitelli oltre al suo.

I vitelloni, se adeguatamente alimentati, riescono a conseguire buone performance produttive in termini di accrescimento corporeo; i migliori risultati sono stati ottenuti con la fase di ingrasso effettuata in stalla, integrando la razione con farine di cereali.

La carne ottenuta è particolarmente apprezzata a livello locale per il ridotto contenuto di grasso e di colesterolo e per le ottime caratteristiche organolettiche.

Riguardo alla tappa 4, la tappa che fa riferimento ai prodotti agricoli prodotti dal Centro, possiamo fare riferimento a due progetti: Bancolat ed Unifood.

Il progetto **Bancolat** è stato il primo progetto volto a valorizzare i prodotti zootecnici del Centro, ottenuti dalla produzione aziendale di vacche da latte Frisone allevate al Centro. Si tratta della vendita diretta di latte crudo iniziata nel 2008 tramite un distributore automatico che (fino all'avvento del Covid) erogava



annualmente circa 24.000 litri di latte appena munto e venduti alla popolazione della zona. Il latte destinato alla vendita diretta è sottoposto ad un attento monitoraggio della qualità igienico-sanitaria e nutrizionale a garanzia e tutela del consumatore.

Il progetto **Unifood** nasce invece dall'intento di unire l'esperienza di ricerca in agricoltura sociale con le attività produttive aziendali e per creare anche una corretta ed ottimale comunicazione tra la fase di produzione degli alimenti e quella del loro consumo. Si parla infatti di vendita diretta, ovvero una vendita a km 0 che non solo apporta vantaggi a chi produce e chi consuma ma comporta anche diversi vantaggi per l'ambiente.



Unifood nasce dall'esperienza del progetto **Orti Etici** con anche l'intento di allargare i propri orizzonti ai diversi significati del cibo. I prodotti ottenuti arrivano al consumatore dopo un percorso di ricerca sui sistemi multifunzionali di agricoltura biologica e sostenibile, con particolare riguardo ad aspetti di ricerca, valori nutrizionali, aspetti ambientali e paesaggistici, salvaguardia della biodiversità vegetale ed animale, valorizzazione dei processi a basso impatto ambientale, riduzione dell'impiego di risorse non rinnovabili, aspetti sociali della produzione e quant'altro. Ad oggi gli ortaggi coltivati sono un centinaio fra specie, varietà e ibridi diversi, la vendita di tutti questi prodotti è riservata ai soli dipendenti dell'Università di Pisa, con la prospettiva di estendere l'offerta anche al di fuori dell'Ateneo.

Infine, il progetto **Orti etici**

Un progetto che nasce nel 2008 con lo scopo di promuovere una collaborazione tra il mondo delle imprese agricole, del sociale e quello della ricerca in campo agricolo, associando all'aspetto produttivo dell'azienda agricola quello della riabilitazione sociale.

I soggetti coinvolti nel progetto sono la Cooperativa Sociale Ponte Verde Onlus, la Cooperativa sociale Arnera, l'azienda agricola BioColombini, il Dipartimento di Scienze Veterinarie dell'Università di Pisa, l'Ateneo pisano e il Centro di Ricerca Agro-ambientale E. Avanzi, una

collaborazione tra le strutture che può consentire la crescita innovativa sul territorio dell'offerta di servizi nel campo dell'Agricoltura sociale.

All'interno del progetto Orti Etici, il Centro Enrico Avanzi, ha il compito di gestire la fase di produzione degli ortaggi secondo il metodo dell'agricoltura biologica, mettendo a disposizione il capitale fondiario (serre, terreni, fabbricati) e la professionalità dei propri tecnici.

Gli obiettivi sono:

- Creare nuove opportunità di inclusione sociale e lavorativa e una rete integrata di soggetti per innalzare la capacità inclusiva del territorio pisano
- Garantire il rispetto delle competenze e delle prerogative dei diritti e dei doveri delle parti direttamente ed indirettamente coinvolte dall'iniziativa
- Creare opportunità formative e didattiche di elevato contenuto teorico-pratico
- Valorizzare pienamente le risorse di strutture pubbliche di Ricerca in una logica di gestione improntata alla sostenibilità economica
- Favorire una piena apertura alla comunità locale riguardo al corretto utilizzo delle risorse, dei beni e dei servizi da realizzare

Tappa 5: Agricoltura sostenibile, dalla teoria alla pratica

Il Centro conduce da anni ricerche in campo agrario indirizzate allo studio dei singoli aspetti delle tecniche di coltivazione (scelta delle varietà di grano, soia, girasole, colza più idonee ad essere coltivate nella pianura

pisana, tecniche di lavorazione del terreno, tecniche di concimazione, ecc.). A questo tipo di ricerche di tipo “classico”, alla fine degli anni ‘80 si sono affiancate ricerche di “sistema”, ovvero ricerche che mirano a valutare l’effetto prodotto da più tecniche di coltivazione applicate coerentemente che producendo interazioni tra loro possono determinare risposte inattese in termini di produttività delle colture e impatto sull’ambiente (suolo in particolare), specialmente se applicate in modo continuativo nel tempo.

Grazie alla disponibilità di superfici agricole utilizzabili per la ricerca, il Centro ha potuto sviluppare diversi studi di questo tipo in un arco temporale di oltre 10 anni, periodo minimo necessario per evidenziare cambiamenti del “sistema” suolo-pianta, che solo nel tempo possono evidenziarsi (“Long Term Experiments” o “ricerche di lungo periodo”).

La continuità con la quale il Centro ha potuto sviluppare queste ricerche ha consentito di cogliere la complessità della realtà agricola, permettendo anche di determinare in modo migliore l’impatto dei processi di produzione sull’ambiente e sulla redditività delle imprese agricole: in altre parole sul livello di “sostenibilità” di un sistema agricolo a scala aziendale.

Dagli anni ‘90 ad oggi, la ricerca condotta al Centro si è quindi focalizzata sullo studio della sostenibilità dei processi produttivi che si realizzano a livello aziendale attraverso esperimenti a lungo termine sviluppati in modo multidisciplinare e con approccio sistemico.

Le prime ricerche italiane di lungo periodo sono iniziate proprio al Centro Enrico Avanzi, spinte anche dal presupposto che l’Agricoltura deve fronteggiare problematiche più complesse rispetto al passato e quindi è necessario “disegnare” nuovi sistemi e nuove tecniche più sostenibili rispetto a quelle impiegate in passato, ovvero più capaci di soddisfare sia le esigenze economiche degli imprenditori agricoli, che la conservazione dell’ambiente e la fornitura di alimenti sani e in quantità sufficiente alla collettività.

Attualmente sono quattro gli esperimenti di lungo termine attivi:

- Non lavorazione continua del terreno vs lavorazione convenzionale (ricerca iniziata nel 1986 e ancora in atto)
- Cover Crops (ricerca iniziata nel 1992 e ancora in atto)
- Agricoltura biologica vs agricoltura convenzionale (MASCOT experiment: ricerca iniziata nel 2001 e ancora in atto)
- Agroforestry (ricerca iniziata nel 2018 e ancora in atto).



Tappa 6: Orticoltura biologica



Il primo tentativo di sviluppare un sistema agricolo più in sintonia con la Natura risale al 1924, anno in cui Rudolf Steiner nel suo libro “Impulsi scientifico-spiritali per il progresso dell’Agricoltura” propose un metodo di coltivazione diverso da quello praticato nelle campagne in quel tempo: il metodo biodinamico. Successivamente (1946), a fianco del metodo biodinamico, iniziò a svilupparsi un’altra idea di Agricoltura basata maggiormente sui processi naturali alla base del funzionamento degli ecosistemi e meno su considerazioni filosofiche proprie del sistema biodinamico: il metodo di Agricoltura biologica.

Questi sistemi sono rimasti per molti anni nell’ombra ma a partire dagli anni 2000 si sono rapidamente diffusi tra le aziende agricole sia per l’interesse dei consumatori che del mondo della ricerca.

Numerosi studi hanno messo in evidenza come l’applicazione di questi metodi possa determinare un minore impatto dell’Agricoltura sull’erosione del suolo, la perdita della sua fertilità, l’inquinamento delle falde acquifere da fitofarmaci e sul cambiamento climatico.

L’Agricoltura biologica ha infatti come fini ultimi il benessere del suolo, delle piante, degli animali, degli esseri umani e del Pianeta come un insieme unico ed indivisibile. Gli obiettivi dell’Agricoltura biologica non sono soltanto tecnici ma anche sociali: mantenere le attività rurali e la cultura contadina, legando quindi produzione e consumo e andando a sostenere anche le piccole realtà produttive a tutela del territorio. Attualmente possiamo considerarla come la forma di “agricoltura alternativa” più diffusa a livello mondiale.

Gran parte dei consumatori considerano l’Agricoltura biologica semplicemente come un modo di fare Agricoltura che non prevede l’impiego di sostanze chimiche e che, di conseguenza, fornisce prodotti “puliti” e non rischiosi per la salute. Un modo di percepire il prodotto finale che, unito ad una sempre maggiore coscienza ecologica dei consumatori, ha determinato una forte crescita della domanda per il consumo fresco e per l’industria di trasformazione a livello europeo, in particolare in Italia.

Per quanto riguarda l’orticoltura biologica parliamo di un settore dedicato alla produzione di ortaggi senza l’utilizzo di sostanze di sintesi; data la forte domanda del mercato e la possibilità di poterla praticare con adeguata soddisfazione economica anche su superfici limitate, l’Orticoltura biologica sta suscitando interesse in numerosi imprenditori agricoli, giovani in particolare.

Al fine di migliorare il posizionamento sul mercato nazionale ed internazionale delle aziende orticole biologiche, è necessario però intervenire a livello tecnico-agronomico (ottimizzando le tecniche di produzione in modo da innalzare gli standard qualitativi e quantitativi) e socioeconomico (sensibilizzando maggiormente i consumatori e creando sistemi di confezionamento e distribuzione più sostenibili).

È importante considerare che, dal punto di vista tecnico-agronomico, i sistemi orticoli visto il rapido susseguirsi di colture a ciclo breve sullo stesso terreno e la necessità di fornire prodotti di elevata qualità (estetica e merceologica) possono, più facilmente di altri, indurre ad un uso intensivo della chimica (concimi, diserbanti, insetticidi, fungicidi). Di conseguenza, l’obiettivo della ricerca in questo settore è quello di disegnare sistemi in grado di:

- surrogare l’impiego dei concimi chimici con concimi “naturalisti”;

- migliorare la fertilità del terreno;
- sostituire gli erbicidi chimici con mezzi fisici e meccanici di controllo delle infestanti e comunque rendere l'ambiente di coltivazione meno favorevole allo sviluppo delle piante infestanti;
- contrastare lo sviluppo di malattie fungine e parassiti attraverso una adeguata successione delle colture e facendo ricorso alla lotta biologica e a prodotti di origine naturale.

Positive esperienze nel miglioramento delle tecniche agronomiche in orticoltura biologica sono state condotte nei progetti di ricerca sviluppati sia livello Europeo che nazionale, progetti che hanno visto anche la partecipazione del Centro Enrico Avanzi e che hanno permesso di dimostrare la piena sostenibilità ambientale dei sistemi orticoli biologici.

I progetti sviluppati dal Centro nell'ambito della Orticoltura biologica:

- SIMBIOVEG (2005-2008) - Sistemi e metodi di agricoltura biologica per il miglioramento della qualità delle produzioni vegetali e dell'ambiente
- SERRA CO₂ (2013-2014) - La concimazione carbonica per una maggiore sostenibilità delle colture in serra"
- COFICO (2010-2012) - Strategie innovative di Controllo della Flora Infestante su Colture Orticole biologiche
- SMOCA (2015-2017) - Smart Management of Organic Conservation Agriculture
- MEORBICO (2020-2021) - Meccanizzazione dell'Orticoltura Biologica e Conservativa

Tappa 7: Meccanizzazione agricola e sostenibilità ambientale



Il suolo è la componente fondamentale di tutti gli ecosistemi terrestri e da esso dipende la vita sulla Terra. Il suolo, infatti, è un sistema vivente in continuo divenire,

composto da particelle inorganiche, sostanze organiche, aria ed acqua, in cui si sviluppano le attività biologiche di numerosi organismi e microorganismi (catena del detrito) che consentano, attraverso numerosi processi biochimici, la crescita delle piante.

Il suolo è una risorsa di fondamentale importanza per tutta l'umanità in quanto assicura una serie di funzioni chiave a livello ambientale, sociale ed economico basti pensare al ruolo che svolge nella tutela della qualità delle acque, dell'atmosfera e della biodiversità, alla conservazione del paesaggio e del patrimonio culturale dei territori rurali, alla lotta ai cambiamenti climatici, ecc. Ciò nonostante il suolo è costantemente minacciato, nella sua integrità fisica e funzionale, da fenomeni naturali che di per sé non avrebbero rappresentato una vera e propria minaccia ma che lo sono diventate nel momento in cui l'uomo agricoltore ne ha alterato le caratteristiche applicando tecniche agronomiche (principalmente connesse alla lavorazione del terreno) non del tutto sostenibili. L'erosione idrica accelerata, la progressiva perdita di sostanza organica, la compattazione, la salinizzazione e l'impermeabilizzazione rappresentano diversi aspetti di uno stesso fenomeno: la degradazione dei terreni agricoli, ovvero perdita di capacità produttiva, fenomeno che si manifesta solo quando ormai irreversibile o di difficile recupero.

Per la complessità e i delicati equilibri che lo contraddistinguono, il suolo è considerato una risorsa praticamente non rinnovabile e, in determinate situazioni, fragile.

Negli ultimi anni, pertanto, sia a livello mondiale che europeo, si è sviluppata gradualmente la consapevolezza che il suolo è una risorsa naturale e che, in quanto tale, va conservata e consegnata alle future generazioni in buone condizioni; non può esservi infatti protezione dell'ambiente né sviluppo sostenibile senza una adeguata tutela del suolo.

Presso il Centro, fin dai primi anni della sua istituzione, ha avuto luogo un'intensa attività di ricerca rivolta a tematiche inerenti la meccanica agraria e la meccanizzazione agricola, con la finalità di definire strategie basate sull'utilizzo di attrezzature innovative in grado di: conservare la fertilità del terreno; ridurre drasticamente l'impatto ambientale conseguente all'utilizzo delle pratiche agricole, con particolare riferimento al controllo non chimico della flora spontanea e dei patogeni tellurici; ridurre l'utilizzo di combustibili fossili (minor emissioni di CO₂ e maggior sostenibilità). Le ricerche in questo campo di indagine si sono articolate su più anni e hanno riguardato lo studio di:

- macchine per la conservazione della fertilità del suolo mediante l'impianto delle colture su terreno non lavorato (ricerche iniziate negli anni '80 e ancora in corso);
- macchine per il controllo non chimico della flora infestante delle colture basate sul controllo meccanico, con calore e vapore;
- macchine per il risanamento del suolo senza prodotti chimici.

Tutte queste ricerche sono state condotte in un'ottica di sostenibilità mirando in particolare alla conservazione del suolo, dell'acqua, della biodiversità, al miglioramento dell'attività biologica del terreno e alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti.

Tappa 8: Agricoltura biologica: le colture di pieno campo



L'agricoltura biologica è un modo di fare agricoltura che si pone come obiettivo principale un maggior rispetto dell'ambiente e della salute di tutti gli esseri viventi. L'Agricoltura Biologica viene considerata da gran parte dell'opinione pubblica come un metodo di coltivazione e di allevamento che ammette solo l'impiego di sostanze già presenti in natura e che quindi esclude l'utilizzo di sostanze chimiche di sintesi come concimi, erbicidi, insetticidi e fungicidi. In realtà l'Agricoltura Biologica non è solo questo: essa si pone come un modello di produzione e commercializzazione dei prodotti che evita lo sfruttamento eccessivo delle risorse naturali, tra cui quelle del suolo e dell'acqua, riducendo per quanto possibile l'inquinamento ambientale dei processi agricoli all'interno di un modello di sviluppo sociale e economico duraturo.

L'Agricoltura Biologica si basa su quattro principi:

- **Principio del benessere:** sostenere e favorire il benessere del suolo, delle piante, degli animali, degli esseri umani e del pianeta, come un insieme unico ed indivisibile;
- **Principio dell'ecologia:** lavorare nel rispetto dei sistemi e dei cicli ecologici viventi, imitarli ed aiutarli a mantenersi; la produzione deve essere basata su processi ecologici e di riciclo, adattata alle condizioni, all'ecologia, alla cultura e alle dimensioni locali;
- **Principio dell'equità;** costruire relazioni che assicurino equità rispetto all'ambiente comune e alle opportunità di vita, in modo tale da assicurare giustizia sociale a tutte le parti interessate alle filiere agricole (agricoltori, trasformatori, distributori, commercianti e consumatori). Le risorse naturali ed ambientali che sono usate per la produzione ed il consumo dovranno essere gestite in modo socialmente ed ecologicamente giusto e nel rispetto delle generazioni future.
- **Principio della precauzione:** operare in modo prudente e responsabile per evitare il rischio di mettere a repentaglio la salute ed il benessere di tutti gli esseri viventi. La precauzione e la responsabilità sono i concetti alla base delle scelte che riguardano la gestione dell'azienda biologica incluse le tecnologie ivi adottabili.

Negli ultimi 20 anni l'Agricoltura biologica, ha assunto un ruolo sempre più importante nel Mondo, in Europa e anche in Italia, dove attualmente viene esercitata su oltre il 15,2% della superficie agricola nazionale.

La necessità di studiare questo sistema di produzione è stata recepita dal Centro E. Avanzi a partire dai primi anni del 2000 ed in questa tappa il riferimento è rivolto all'applicazione di questo sistema di produzione a colture erbacee di pieno campo come frumento, girasole, erba medica, favino, etc. Questa tematica si è

sviluppata nell'ambito di una delle ricerche di lungo periodo del Centro denominata **MASCOT** (Mediterranean Arable Systems Comparison Trial) iniziata nel 2001 (e tutt'ora in corso) che si estende su circa 22 ettari, con lo scopo di valutare la produttività, gli effetti sull'ambiente e la qualità dei prodotti delle principali colture erbacee di pieno campo coltivate con metodo biologico.



Tappa 9: Agrobiodiversity

Quando si parla di Agrobiodiversità si fa riferimento alla variabilità di animali, piante e microrganismi utilizzati direttamente o indirettamente in agricoltura e per la produzione di cibo.

Essa include tre livelli:

1. **genetico**: variabilità dei geni
2. **di specie**: variabilità delle specie di piante, animali e microrganismi presenti nell'agroecosistema
3. **di habitat**: variabilità di elementi naturali o semi-naturali presenti nell'agroecosistema



Quando si parla di Agro-biodiversità possiamo suddividerla in pianificata e associata; la prima fa riferimento a quegli elementi di diversità inseriti nell'agroecosistema direttamente dall'agricoltore (colture, allevamenti, siepi, alberate, boschetti, ecc.), la seconda è quella che si sviluppa a partire dalla prima.

Possiamo parlare anche di Agro-biodiversità funzionale, come quella biodiversità capace di sviluppare nuovi servizi ecologici a livello aziendale e quindi ridurre l'uso di mezzi tecnici esterni (concimi, prodotti fitosanitari, ecc.).

L'incremento della biodiversità rappresenta così uno strumento fondamentale per una gestione agro-ecologica dell'azienda agraria laddove agricoltura e natura collaborano attivamente e si supportano a vicenda.

Il Centro sta incrementando l'Agro-biodiversità dei suoi appezzamenti attraverso una attenta differenziazione delle colture e l'impianto di nuove infrastrutture ecologiche come siepi e alberate progettate con essenze scelte in funzione della loro capacità di ospitare specie diverse di uccelli.

Tappa 10: Agroforestazione



Come già accennato nella tappa 2, per Agroforestazione si intende la deliberata

consociazione tra colture agrarie erbacee e specie arboree o arbustive perenni, con l'eventuale presenza della componente animale nello stesso appezzamento.

Questi sistemi rappresentano tutt'oggi la più frequente forma naturale di uso del suolo nei Paesi della fascia tropicale ed equatoriale. Mentre, nei Paesi occidentali ad agricoltura intensiva, la meccanizzazione agricola e l'aumento della monocoltura hanno influito negativamente sulla presenza degli alberi nei sistemi agricoli, portando alla conseguente riduzione dei sistemi agroforestali tradizionali come, ad esempio, i seminativi arborati e i pascoli arborati.

Al fine di approfondire le conoscenze su questi sistemi colturali, il Centro ha realizzato una ricerca di lungo periodo - estesa su circa 40 ettari - che prende il nome di Agromix (dall'acronimo del relativo progetto di ricerca finanziato dalla UE al Centro).

Si tratta di una ricerca che prevede il confronto di tre sistemi colturali: silvo-arabile, agro-silvo-pastorale e uno convenzionale (privo di alberi).

I sistemi agro-silvo-colturali (silvo-arabile e agro-silvo-pastorale) prevedono la copresenza di colture erbacee con filari policiclici formati da cloni di pioppo e

farnie, posti cinque metri l'uno dall'altro. Il filari sono posti in prossimità delle scoline e determinano due diverse densità di alberi: 60 e 100 alberi /ettaro.



Questa sperimentazione nasce non solo dall'esigenza di promuovere sistemi agricoli innovativi per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità economica, sociale e ambientale ma anche per contribuire al Green Deal europeo (un insieme di iniziative proposte dalla Commissione europea con l'obiettivo generale di raggiungere la neutralità climatica in Europa entro il 2050). Dobbiamo infatti ricordare che i sistemi agro-silvo-colturali sono in grado di produrre una serie di servizi ecosistemici capaci di: incrementare il sequestro del carbonio, ridurre i rischi di lisciviazione dei nitrati, migliorare il microclima, conservare il suolo e la biodiversità.

Tappa 11: La Bonifica: il buon governo delle acque



Sin dall'antichità l'uomo ha evitato di vivere in prossimità di aree palustri a causa dei problemi igienico-sanitari e logistici posti dal ristagno delle acque (maggiore insorgenza di

malattie, clima insalubre, ostacolo al movimento di uomini e mezzi, instabilità delle costruzioni, ecc.) preferendo stabilire i propri nuclei abitativi sulle alture anche per i vantaggi offerti da questa posizione in caso di difesa.

Successivamente la crescente necessità di terreni coltivabili ha stimolato la progettazione e la realizzazione di opere atte all'allontanamento delle acque in eccesso (bonifica idraulica) così da consentire l'esercizio dell'agricoltura e lo sviluppo degli insediamenti anche su aree originariamente paludose. Con il tempo il concetto di bonifica si è ampliato fino a comprendere ogni intervento effettuato a tutela del territorio come la difesa dalle piene, la sistemazione dei torrenti montani, il rimboschimento, la viabilità, ecc. (bonifica integrale, legge Serpieri del 1933).

Esistono tre tipi di bonifica idraulica:

- bonifica per scolo naturale: i terreni da risanare si trovano ad una quota più elevata rispetto al punto di recapito e di smaltimento delle acque raccolte;
- bonifica per sollevamento: le zone da drenare sono ad una quota più bassa ed è necessario provvedere al sollevamento delle acque raccolte tramite l'azione di un impianto idrovoro;
- bonifica per colmata (strategia utilizzata nelle aree del Centro E. Avanzi): tecnica realizzabile in prossimità della presenza di un corso d'acqua ricco di materiale solido in sospensione (torbida); le acque ricche di materiale in sospensione vengono convogliate nelle aree da bonificare lasciandole ristagnare, in modo che i sedimenti si depositino sul fondo rialzando il livello dei terreni fino a consentire il normale deflusso delle acque in eccesso .

Nel corso degli anni però, la crescente impermeabilizzazione della superficie dei terreni e la natura sempre più aggressiva delle precipitazioni, hanno complicato l'allontanamento delle acque in eccesso a causa anche della riduzione di una quota parte di acqua piovana in grado di infiltrarsi nel terreno per alimentare le falde sotterranee.

Le canalizzazioni oggi esistenti, dimensionate in base a condizioni diverse, non riescono, in taluni casi, a far fronte ai valori di portata delle acque che superano le loro capacità di smaltimento.

Per ovviare a questo problema, piuttosto che risagomare l'intera rete idrica superficiale, si fa ricorso alle casse di espansione, ovvero invasi che hanno lo scopo di laminare le portate in eccesso sottraendole alla circolazione della rete drenante superficiale per il tempo necessario al ripristino di normali condizioni di deflusso superficiale. Tali dispositivi inoltre offrono anche altri vantaggi: possono fungere da aree per la ricarica degli acquiferi e, nel caso ospitino una vegetazione idrofila, da sistemi di fitodepurazione in grado di abbattere il carico di nutrienti e di sedimenti presenti nelle acque trattate.

A livello di azienda agricola, l'insieme delle opere necessarie ad allontanare rapidamente le acque piovane dai campi prende il nome di sistemazione idraulica-agraria. Negli anni queste hanno assunto forme diverse in relazione ai diversi ambienti di coltivazione e, insieme alle opere di bonifica vere e proprie, hanno contribuito anche all'incremento della biodiversità animale e vegetale.

Tappa 12: Agricoltura e ambiente

L'ultima "rivoluzione verde" (1950-1970) è riuscita a garantire la sicurezza alimentare a gran parte della popolazione mondiale ed un adeguato reddito agli agricoltori affrancandoli dal duro lavoro dei campi e delle stalle. Con l'avanzare degli anni le nuove conoscenze nel campo della chimica agraria, dell'agronomia, della meccanica agraria, della genetica, della patologia vegetale e dell'entomologia agraria, unite alla nuova disponibilità di energia a basso costo, di mezzi tecnici di sintesi (fertilizzanti e i fitofarmaci) si sono tradotte in sorprendenti incrementi di produttività delle colture e degli allevamenti. L'applicazione, nel lungo periodo, delle nuove tecnologie prodotte dalla Rivoluzione verde, è stata spesso accompagnata dal degrado degli ecosistemi terrestri e idrici dai quali la produzione alimentare dipende.



Negli ultimi 50 anni infatti l'agricoltura, quando esercitata in modo disaccorto, ha determinato in molti ambienti di coltivazione:

- Inquinamento delle acque superficiali (fiumi, laghi) e profonde (falde) per la presenza di fitofarmaci (erbicidi in particolare) e nutrienti (azoto e fosforo);
- Perdita progressiva di biodiversità dei territori rurali;
- Riduzione della fertilità dei terreni (inclusa la loro minore capacità di immagazzinamento delle acque di pioggia);
- Incremento dell'erosione idrica;
- Significativa immissione in atmosfera di gas a effetto serra [anidride carbonica - CO₂, metano - CH₄ e protossido di azoto - N₂O, derivanti dalle attività agricole sia in modo diretto che indiretto (emissioni prodotte dall'industria dei mezzi tecnici utilizzati in agricoltura)].

Solo negli ultimi 20-30 anni il mondo scientifico e la società civile hanno iniziato a comprendere quali fossero le responsabilità dell'Agricoltura nei confronti dell'Ambiente con il quale interferisce, modificando quel fondamentale e delicato equilibrio tra tutte le sue componenti: l'acqua, il suolo, l'aria e il bioma, trasformando di fatto gli "ecosistemi" in "agro-ecosistemi".

Al mondo della ricerca spetta quindi il compito di mettere a punto nuovi sistemi di produzione capaci di ridurre gli impatti ambientali senza compromettere la produttività delle colture e degli allevamenti e la redditività degli agricoltori.

Consci di questa importante missione fin dai primi anni '90 i ricercatori afferenti al Centro E. Avanzi hanno preso in considerazione, nell'ambito delle proprie ricerche, non soltanto gli aspetti più tipicamente agronomici o zootecnici delle produzioni agricole ma anche quelli connessi alla qualità dell'ambiente e dei prodotti.

Tappa 13: L'apicoltura oggi: le api in un mondo che cambia

L'ape (*Apis mellifera* L.) è forse l'insetto più utilizzato dall'uomo nella sua lunga vita sulla Terra. Al di là dei prodotti che le api ci possono fornire, alcune loro peculiarità le rendono organismi chiave per la conservazione della biodiversità e quindi degli equilibri ecologici in generale.

Le api traggono il loro sostentamento dalla raccolta di nettare, polline e melata. Attraverso la raccolta di queste

sostanze provvedono involontariamente all'impollinazione e quindi alla riproduzione di tutte le piante che necessitano dell'azione degli insetti pronubi.

Il ruolo impollinatore delle api è molto importante nella produzione agricola, una funzione che le mette in stretta relazione con l'alimentazione umana (1/3 circa della produzione agricola mondiale dipende dall'impollinazione), ricoprendo di conseguenza un ruolo straordinario e fondamentale nella produzione alimentare in tutto il mondo.

Oltre ciò, *A. mellifera*, riveste un ruolo fondamentale anche nella conservazione della flora spontanea, cioè di quel mondo vegetale su cui poggiano tutti, o quasi, gli ecosistemi terrestri.

La plasticità rende questa specie il principale e fondamentale pronubo in vastissime parti del nostro pianeta, il che ci porta ad affermare che le stesse flore di gran parte dell'Europa, dell'Africa, del Medio Oriente e dell'Asia sono state plasmate dal rapporto con le popolazioni locali di questa specie.

Come ormai noto, la sopravvivenza di questa specie è minacciata dall'attività agricola condotta in modo intensivo e non solo, in quanto come tutti gli apoidei e gli altri insetti pronubi, le api sono minacciate da gravissimi fattori di carattere ambientale di origine antropica quali:

- L'inquinamento chimico, specialmente a causa del massiccio e capillare uso di agrofarmaci;
- Le modificazioni ambientali con conseguente riduzione della flora nettarifera;
- I mutamenti climatici e la globalizzazione dei mercati che favoriscono l'emergere di nuove patologie e avversità.

I residui di pesticidi costituiscono un rischio immunologico per questa specie, causando effetti diversificati su ape regina, larve, nutrici e bottinatrici, quali: neurologici e provocando danni alle api bottinatrici, le quali possono andare incontro ad una perdita dell'orientamento, olfatto, gusto, apprendimento, termoregolazione etc.

Inoltre, se in sinergismo con gli insetticidi, aumentano la mortalità delle api (maggiore suscettibilità).

Allevare queste specie è un'attività che permette la produzione di importanti alimenti nutraceutici come miele, polline, pappa reale, propoli e veleno d'api. In questo scenario il Centro E. Avanzi offre una notevole varietà di agroecosistemi ed ambienti naturali adatti all'esercizio di tale attività che ospita a diverso titolo da molti anni.



Tappa 14: Bosco di Tombolo

Il bosco di Tombolo si estende dall'abitato di San Piero a Grado fino alla costa, in un'area che un tempo era occupata dal mare. Il nome San Piero a Grado deriva da *Gradus Arnensis*, scalo fluviale dell'antico porto pisano in epoca romana. Tombolo invece prende il nome dal sistema dunale parallelo alla costa dove gli accumuli di sabbia e limo, detti appunto tomboli, si alternavano a depositi di acqua salmastra, detti lame.



Quest'area paludosa al confine tra il mare, la terra e la foce del fiume Arno, fu bonificata in epoca medicea, nel '700 e all'inizio del secolo scorso. Negli anni compresi tra le due guerre mondiali lungo le lame più grandi venne scavata una rete scolante di canali di bonifica, collegata a impianti idrovori che ancora oggi assicurano il continuo drenaggio e il conseguente allontanamento delle acque superficiali. Il bosco attuale, appartenente all'Ateneo Pisano, si estende su una superficie di circa 700 ettari all'interno dell'area naturale protetta del Parco di Migliarino-San Rossore-Massaciuccoli e rappresenta la parte meridionale della Foresta del Parco (circa 900 ettari), un tempo chiamata Selva Palatina.

È composto da diverse associazioni vegetali formatesi per successione ecologica, in diverse condizioni di suolo e seguendo l'alternanza delle formazioni dunali con andamento parallelo alla costa: le specie xerofile (leccio) nei tomboli e quelle mesofile e igrofile (frassino e pioppo) nelle lame. Parallelamente e miste a queste formazioni si trovano le pinete di Pino domestico, piantate dall'uomo (primi impianti risalgono all'epoca medicea e seguono il percorso delle bonifiche idrauliche).

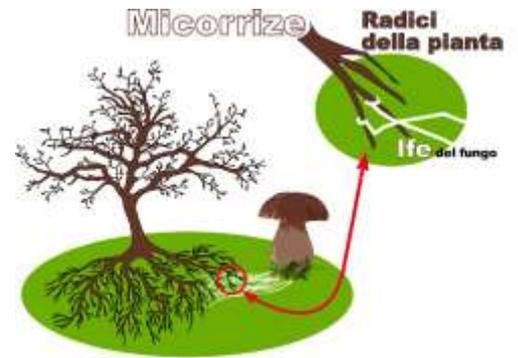
Fondamentale è considerare il ruolo che il bosco di Tombolo svolge non solo in riferimento alla mitigazione del microclima, funzionando da polmone verde per le città di Pisa e Livorno e contribuendo a contenerne l'impronta ecologica e bilanciare le emissioni di gas serra, ma anche nel miglioramento della qualità della vita delle persone, grazie alla creazione di spazi per la socialità, il tempo libero e l'attività fisica.

Rappresenta inoltre un serbatoio di biodiversità animale, vegetale e microbica di inestimabile valore. Vi si trovano infatti:

- 587 specie di piante vascolari tra cui la quercia da sughero, caratteristica del bosco di Tombolo, e la periploca maggiore, rara liana di tipo tropicale relitto del terziario;
- 1400 specie di invertebrati, tra cui 15 specie di libellule e 21 specie di coleotteri coprofagi scaraboidei;
- 90 specie di uccelli nidificanti e 105 di uccelli svernanti;
- 14 specie di chiroterti (pipistrelli) presenti su 34 complessivamente censiti in Italia.

Le pinete di pino domestico (*Pinus pinea*) vengono mantenute sia per il loro aspetto paesaggistico sia per l'importanza storica: il territorio pisano è infatti legato alla produzione dei pinoli.

Tappa 15: La Riserva delle Micorrize



Come ultima tappa troviamo la Riserva della Biodiversità delle micorrize.

Si tratta di particolari organismi simbiotici benefici delle piante, i funghi micorrizici (veri e propri fossili viventi risalenti ad oltre 460 milioni di anni fa) a rischio di estinzione nei suoli agrari, a causa delle molte pratiche agricole che rischiano di danneggiarli (aratura, fertilizzazione chimica e trattamenti con pesticidi).

I simbiotici micorrizici assorbono dal suolo e trasferiscono alle piante nutrienti minerali come fosforo, azoto, zolfo, potassio, calcio, rame e zinco attraverso una fitta rete di cellule allungate (chiamate ife) che si estende dalle radici al suolo circostante e che può raggiungere lunghezze di circa 40 metri per ogni metro di radice. Le piante micorrizzate mostrano, oltre a una maggiore crescita, una più alta resistenza agli stress e un più alto contenuto in sostanze antiossidanti preziose per la nostra salute.

Nei suoli della Riserva è stato rinvenuto il più alto numero di specie mai registrato al mondo in un singolo sito, con la presenza di 58 specie diverse, appartenenti a 14 generi, considerato uno degli hot-spot mondiali di biodiversità di questi preziosi simbiotici.

Si tratta di una biodiversità dovuta al fatto che il sito è rimasto incolto per molti anni e al particolare ambiente mediterraneo, dove coesistono specie caratteristiche di climi temperati e sub-tropicali.

Qui sono state identificate specie:

- Adattate a climi caldi: *Gigaspora gigantea* e *Racocera fulgida*;
- Adattate a climi freddi: *Cetraspora armeniaca*, *Glomus aureum* e *Glomus badium*;
- Descritte solo in ambienti mediterranei: *Ambispora granatensis* e *Diversispora clara*;

I funghi micorrizici sono simbiotici obbligati e non possono riprodursi massivamente senza la pianta ospite. Pertanto, il mantenimento del loro germoplasma avviene in collezioni *ex-situ*, in serra, unitamente alle piante ospiti, oppure *in-vitro*, in laboratorio e in condizioni di sterilità. Una strategia a lungo termine per salvaguardare la biodiversità dei funghi micorrizici è rappresentata dalla conservazione *in-situ*, attraverso la protezione degli ecosistemi dove questi preziosi simbiotici sono presenti. Un esempio di tale strategia è rappresentato dalla Riserva individuata al Centro E. Avanzi.

Dal punto di vista agricolo, in un'ottica di sostenibilità, da anni si sta parlando di individuare e diffondere tecniche agronomiche in grado di conservare e incrementare l'attività dei microrganismi benefici, che svolgono importanti funzioni per la nutrizione e salute delle piante, riducendo la necessità di fertilizzanti chimici e di fitofarmaci. Tra i microrganismi benefici i più importanti vi sono proprio i funghi micorrizici arbuscolari (micorrize) poiché vivono in simbiosi con le radici della maggior parte delle specie di interesse agrario:

- Cereali, tra cui grano, riso, mais, orzo;
- Leguminose come fagioli, piselli, medica, trifoglio;
- Alberi da frutto, inclusi agrumi, melo, pesco, vite e olivo;
- Ortaggi come pomodoro, patata, fragola, lattuga, peperone, melanzana, e altre specie economicamente importanti come girasole, cotone, caffè, cacao, albero della gomma.