

PREFAZIONE

La presenza delle erbe infestanti nei processi produttivi agricoli è considerata tra le più importanti cause di riduzione della produttività e di aumento dei costi. La gestione delle erbe infestanti deve quindi essere considerata fondamentale per realizzare sistemi di coltivazione sostenibili, nel rispetto della biodiversità dell'agro-ecosistema e delle esternalità fornite dallo stesso. Questa necessità rende ancor più complessa l'identificazione di una metodologia applicativa che sia allo stesso tempo efficace e sostenibile.

Non possono esistere soluzioni universali ma strategie funzionali devono essere calibrate necessariamente in relazione al contesto di produzione, considerando la variabilità e la complessità dei siti produttivi.

L'obiettivo della tesi è quello di valutare la possibilità di ridurre l'impatto negativo delle erbe infestanti nel frutteto, mediante la gestione dell'inerbimento in "biologico". La sperimentazione testa le potenzialità di specie stolonifere come pacciamature vive. Sarà, in particolare, valutata la capacità competitiva di diversi genotipi di fragola per limitare, sia l'incidenza negativa che le infestanti apportano alla produzione, sia il dispendio di risorse per la loro gestione.

La sperimentazione, effettuata presso aziende locali secondo un approccio partecipativo, mira a valutare la fattibilità di tale approccio in un contesto agricolo di media-piccola dimensione, gestito in biologico, con una produzione principale derivante dalla coltivazione di piante arboree. Le diverse realtà applicative consentono di avere una visione olistica delle problematiche e delle criticità dell'utilizzo delle pacciamature vive, in modo da poter migliorare tale gestione e renderla il più possibile concreta e attuabile.

Il fine ultimo, pertanto, è quello di trovare una soluzione sostenibile che possa, nel lungo termine, avere dei risvolti positivi in termini ecologici, ambientali ed economici rispetto al gestione delle erbe infestanti.

INDICE

1 Introduzione:

Biodiversità nelle normative comunitarie e nazionali

1.1	Introduzione alla tematica.....	1
1.2	Comparazione delle normative europee.....	1-2
1.3	Disegno di legge n.988	2
1.4	Reazioni accademiche	2-6
1.4.1	Il dibattito nazionale	
1.4.2	Applicabilità su scala mondiale	
1.4.3	Prodotti fitosanitari	
1.4.4	Organismi geneticamente modificati	

Le erbe infestanti nel contesto tecnico-pratico

1.5	Inquadramento e definizione infestanti	6-8
1.6	Tipologia di danno apportato	8-9
1.7	Approccio degli agricoltori alla problematica	9-16
1.7.1	Lavorazioni del suolo	
1.7.2	Letto di semina	
1.7.3	Zappatura e scerbatura manuale	
1.7.4	Sfalci frequenti	
1.7.5	Controllo termico	
1.7.6	Metodi chimici	
1.7.7	Allelopatia	
1.7.8	Pacciamatura e criticità annesse	
1.8	Il sistema integrato e quello biologico	16-17
1.9	Possibilità evolutive della tematica	17-18

2	Materiali e metodi	18
	<i>Descrizione siti sperimentali</i>	
	2.1 Azienda Agricola sperimentale Pasquale Rosati dell'UNIVPM	19-23
	3.1.2 Localizzazione e descrizione pedoclimatica del sito sperimentale	
	3.1.3 Disegno progettuale	
	3.1.3 Operazioni effettuate	
	2.2 Azienda Madonna delle api	23-24
	3.2.1 Localizzazione e descrizione pedoclimatica del sito sperimentale	
	3.2.2 Disegno progettuale	
	3.2.3 Operazioni effettuate	
	2.3 Azienda Colle Stefano	25-27
	3.3.1 Localizzazione e descrizione pedoclimatica del sito sperimentale	
	3.3.2 Disegno progettuale	
	3.3.3 Operazioni effettuate	
	2.4 Rilievi effettuati	27-30
	2.4.1 Prunus armeniaca	
	2.4.2 FragariaXananassa	
	<i>Descrizione caratteristiche materiale vegetale utilizzato</i>	
	2.5 Prunus armeniaca, morfologia e fenologia	31
	2.6 Portainnesti di Prunus armeniaca.....	31
	2.7 FragariaXananassa, morfologia e fenologia.....	32
3	Risultati e discussione	34-42
4	Conclusioni	43
5	Bibliografia	44-49
6	Ringraziamenti	50

1 INTRODUZIONE

Biodiversità nelle normative comunitarie e nazionali

1.1 Introduzione alla tematica

Con il termine biodiversità si indica la varietà ecosistemica (ossia di capitale naturale), specifica (delle specie) e genetica, di un habitat in particolare. La biodiversità è essenziale al benessere umano, in quanto garantisce servizi alla base delle nostre economie e società in termini di prodotti agroalimentari, reddito e aggregazione sociale legata al territorio. Sono inoltre cruciali i servizi forniti dagli ecosistemi come: (a) impollinazione, (b) regolazione del clima, con mitigazione delle escursioni termiche e dei fenomeni estremi, (c) protezione dalle alluvioni, (d) aumento della fertilità del suolo e (e) produzione di esternalità quali: cibo, combustibile, fibre e medicine; questa è la definizione di biodiversità data dalla European Environment Agency (2018).

Leggendo le direttive europee e i vari disegni di legge nazionali che trattano tale tematica, si evince chiaramente che il tema della biodiversità è portato sempre più all'attenzione dalle comunità internazionali e accademiche, con figure professionali come agronomi, biologi, pedologi, microbiologi ecc.. , ma anche agricoltori, allevatori e industriali hanno percepito l'importanza della diversità biologica. I tavoli politici dell'Unione Europea e degli stati membri convergono che la biodiversità giocherà un ruolo fondamentale nei prossimi decenni nella sostenibilità del nostro sistema agro-alimentare.

1.2 Comparazione delle normative europee

Si portano all'attenzione del lettore una comparazione delle due direttive europee relative alla produzione biologica e agli obiettivi prefissati nell'Unione. Le due direttive a cui si farà riferimento, sono rispettivamente il Reg. UE 2007 n.844, e il Reg. UE 2018 n.848 che abrogherà il precedente entrando in vigore dal 01-01-2021.

Entrambi i documenti iniziano dando una definizione di agricoltura biologica. Non si ritrovano sostanziali modifiche nei due regolamenti ed entrambi definiscono quest'approccio come: “sistema globale di gestione dell'azienda agricola e di produzione agroalimentare basato sull'interazione tra le migliori pratiche ambientali, un alto livello di biodiversità, la salvaguardia delle risorse naturali”.

Ampio spazio è stato dedicato al tema del suolo e della sua preservazione nel regolamento del 2007, tema presente sia nell'articolo 12 che nel primo principio specifico, dove si evidenzia come l'agricoltura biologica debba necessariamente potenziare la fertilità del suolo limitandone l'erosione e la compattazione, inoltre “aumentare il contenuto di materia organica del suolo è fondamentale”, si legge, “per accrescere la stabilità del suolo e la sua biodiversità”.

Nel regolamento UE del 2018 n.848, oltre a riaffermare quanto espresso precedentemente, si accentua ulteriormente il legame fondamentale tra produzione e suolo affermando che: “Poiché la produzione biologica vegetale si basa sul principio secondo cui i vegetali devono essere nutriti soprattutto attraverso l'ecosistema del suolo, i vegetali dovrebbero essere prodotti sul, e nel, suolo vivo in associazione con il sottosuolo e il substrato roccioso”. Quest'affermazione chiarisce che, né la produzione idroponica, né la coltivazione di vegetali in contenitori, sacche o aiuole in cui non vi sia diretto contatto radice-suolo, possa essere considerata biologica.

Molto più spazio è stato dedicato al tema della biodiversità nel regolamento di più recente emanazione. Nel testo si afferma a più riprese l'importanza della conservazione della biodiversità e della protezione ambientale, introducendo all'articolo 4 gli obiettivi della produzione biologica, qui riportati: a) contribuire a tutelare l'ambiente e il clima; b) conservare a lungo termine la fertilità dei suoli; c) contribuire a un alto livello di biodiversità, in particolare utilizzando materiale fitogenetico di vari tipi, come materiale eterogeneo biologico e varietà adatte alla produzione biologica. All'articolo 3 viene enunciato che tutte le tecniche di produzione, preparazione e distribuzione devono essere rigorosamente effettuate nel rispetto della biodiversità, così come le misure di prevenzione di attacchi da parte di erbe infestanti o malattie di qualsiasi natura. Il concetto più forte che si evince dall'ultima direttiva europea, che entrerà in vigore dal 01-01-2021 abrogando la precedente, è il legame troppe volte dimenticato tra biodiversità e resilienza dell'agroecosistema.

All'articolo 9 si trovano le informazioni relative ad uno dei punti cruciali dell'argomento sul biologico, il divieto categorico di utilizzo di prodotti geneticamente modificati. Mentre nel 2007 il regolamento includeva negli OGM: (a) prodotti derivati o ottenuti da OGM, (b) alimenti, (c) mangimi, (d) ausiliari di fabbricazione, (e) prodotti fitosanitari, (f) concimi tra cui ammendanti, (g) sementi e materiale di moltiplicazione vegetativa, (h) microrganismi e animali in produzione biologica; nell'ultimo regolamento vengono inclusi anche l'uso di radiazioni ionizzanti, clonazione animale e animali con poliploidia indotta da microrganismi geneticamente modificati, tecniche che vengono definite inconciliabili con il concetto di produzione biologica e con la percezione che i consumatori hanno dei prodotti biologici.

1.3 Disegno di legge n.988

L'ultimo disegno di legge che recepisce tali direttive europee in materia in Italia è il numero 988, approvato dalla Camera dei deputati l'11 dicembre 2018 e trasmesso dal Presidente della Camera dei deputati alla Presidenza il 13 dicembre 2018: "Disposizione per la tutela, lo sviluppo e la competitività della produzione agricola, agroalimentare e dell'acquacoltura con metodo biologico". Si riportano di seguito i temi fondamentali trattati in questo disegno di legge, in ambito di biodiversità e di preservazione dell'ambiente agrario, in coerenza con i principi enunciati precedentemente dai due regolamenti europei.

Il disegno di legge all'articolo 1, punto 2, fornisce una definizione nazionale dell'agricoltura biologica: "La produzione biologica è attività di interesse nazionale con funzione sociale e ambientale, in quanto settore economico basato prioritariamente sulla qualità dei prodotti, sulla sicurezza alimentare, [...] sulla tutela dell'ambiente e dell'ecosistema e sulla salvaguardia della biodiversità, che concorre alla tutela della salute e al raggiungimento degli obiettivi di riduzione dell'intensità delle emissioni di gas a effetto serra, [...] fornendo in tale ambito appositi servizi eco-sistemici, contribuendo al raggiungimento degli obiettivi dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile". Lo stato promuove e favorisce la conversione delle superfici agricole con metodo biologico definendo tale scopo di interesse nazionale. All'articolo 7, punto 2, si evince come il disegno di legge recepisca a pieno la direttiva europea, quanto ad importanza della tutela e della preservazione della fertilità del suolo.

1.4 Reazioni accademiche

A seguito della pubblicazione di tale testo, sono seguite due reazioni nel mondo accademico fortemente contrapposte fra loro, si riporta in seguito una sintesi del dibattito che non vuole avere la presunzione di essere esaustiva, ma che cercherà di analizzare secondo i punti fondamentali le tesi e le antitesi proposte pro e contro il sistema dell'agricoltura biologica.

I testi a cui si fa riferimento sono: “Note al testo unificato sull’agricoltura biologica per una condivisa attenzione ai temi dell’innovazione in agricoltura”, che per comodità abbrevieremo con NTU, documento sottoscritto da 66 docenti universitari, ricercatori e imprenditori, del 19 dicembre 2018, e “Contributi d’approfondimento scientifico sull’agricoltura biologica” del Gruppo docenti per la libertà della scienza, che abbrevieremo con CAS.

1.4.1 Introduzione al dibattito

Il settore agricolo-alimentare sarà, nei prossimi anni, chiamato ad affrontare l’enorme sfida di garantire sicurezza alimentare ad un’umanità che, nel 2050, raggiungerà i 10 miliardi di abitanti, e che per oltre il 60% saranno inurbati. La componente del mondo accademico più critica rispetto alle produzioni biologiche prospetta una difficoltà del sistema biologico a far fronte a tali esigenze e propone come unica soluzione l’integrazione di tutte le tecniche e tecnologie di precisione oggi disponibili per migliorare la produttività agricola (genomica, biotecnologie, proteomica, metabolomica, difesa integrata, RNAi, informatica, robotica, micro-fertirrigazione, ecc.). Le tecnologie proposte in biologico sono intese come, per molti versi, obsolete e rivolte meramente ad obiettivi di sostenibilità ambientale e socio-economica, comunque proprie dell’agricoltura nel suo complesso.

Per vincere la sfida alimentare futura, secondo i relatori del NTU, non sarà sufficiente fare appello ai valori della tradizione ma si dovrà viceversa mirare ad un’agricoltura integrata, ossia un modello che implementi in modo armonico le conoscenze e le migliori tecniche che la ricerca scientifica mette a disposizione oltre all’agronomia e all’agroecologia. I sostenitori dell’agricoltura integrata descrivono il legislatore che ha tramutato in disegno di legge una direttiva europea come “poco ferrato in tema”, perché non comprende come l’agricoltura biodinamica sia formulata su base esoterica, e che nel biologico si concretizzi il ritorno alle tecnologie agricole di fine ‘800.

Le affermazioni precedentemente riportate sono fortemente criticate dai sostenitori che hanno sottoscritto i CAS, infatti i critici del sistema biologico lo indicano come un modello produttivo privo di innovazione tecnologica, sostenendo che quest’ultima risieda solamente nell’agricoltura integrata. La rinuncia volontaria alla chimica di sintesi obbliga, in realtà, gli agricoltori biologici a trovare soluzioni del tutto innovative, ad esempio per la fertilizzazione e la difesa delle colture, spesso basate sull’integrazione di diversi metodi (genetici, meccanici, ecologici). E’ infatti grazie all’agricoltura biologica che sono nati settori economicamente fiorenti e ad elevato livello di innovazione tecnologica, come le macchine per il controllo meccanico e termico delle piante infestanti e quello dei biopesticidi (artropodi utili, prodotti microbici, oli essenziali). D’altra parte si sottolinea come metodi e tecniche dell’agricoltura di precisione non siano un’esclusiva dell’agricoltura integrata, trattamenti fitosanitari con droni vengono anche effettuati in aziende biologiche.

1.4.2 Applicabilità su scala mondiale

I sostenitori dell’agricoltura integrata chiedono al legislatore di valutare se, la sostenibilità locale, sia in funzione di una più ampia sostenibilità globale, in un modello produttivo agricolo intensivo. Su quest’ultimo tema occorre sottolineare come tutte le prove portate a sostegno della seguente tesi, siano volte a sottolineare come la produttività in pieno campo, in biologico, sia criticamente più bassa rispetto al metodo convenzionale con riduzioni del 50-70% (Academie d’agriculture de France, 2018; Kniss,2016) in virtù della minore efficacia di lotta alle infestanti, tecniche fertilizzanti e difesa fitosanitaria. Da ciò si deduce che se l’intero sistema agricolo mondiale abbracciasse il protocollo biologico, sarebbero necessarie circa il doppio delle terre, al momento

occupate da praterie e foreste. Secondo i relatori del NTU, l'unico bacino da cui attingere per livellare la mancata produzione, sarebbe la distruzione di interi ecosistemi, scelta che comporterebbe il quadruplicamento delle emissioni di gas serra in virtù dei disboscamenti di foreste e praterie che si renderebbero necessari.

A tali osservazioni è stato obiettato che le presunte maggiori emissioni dovute ad una più ampia superficie agricola, resa necessaria dalle presunte rese biologiche inferiori, non tengono conto del calo della fertilità dei suoli coltivati con le tecniche convenzionali, già pericolosamente in atto oggi (Ray, et al. 2013). Nello stesso studio portato all'attenzione dai critici, non vengono presi in considerazione tutti i servizi ecosistemici il cui beneficio dovrebbe essere invece calcolato.

Analizzato il punto sensibile sull'effetto serra, va anche citato come chi ha sottoscritto il CAS non concordi sull'affermazione secondo cui le rese in biologico sono inferiori del 50-70%. Studi dimostrano come, in seguito all'adozione del sistema biologico, la riduzione produttiva per ettaro sia stimabile intorno al 8-25% (Muller et al 2017). Casi di riduzione del 50% saranno anche presenti ma sono ampiamente da considerare lontani dalla media, dare per assodato che la produzione biologica garantisca rese necessariamente inferiori rispetto all'approccio tradizionale è sbagliato, infatti nel confrontare i due sistemi ci si è basati su periodi di osservazione di breve durata e focalizzati su singoli aspetti, mentre in biologico l'additività e la sinergia delle diverse pratiche gestionali, richiedono un periodo da otto a dieci anni per la loro completa espressione.

La chiave di volta si troverebbe nella fertilità del suolo che mira ad essere migliorata con 5 punti fondamentali dalla tecnica biologica: 1) non-lavorazione o minima lavorazione; 2) inerbimenti mediante *cover crops*, che garantiscano un flusso di carbonio organico continuo al suolo sottoforma di residui o essudati radicali; 3) rotazioni più lunghe; 4) maggiore biodiversità con la presenza di più specie consociate; 5) ove possibile praticare il pascolamento animale controllato anche all'interno di colture di pieno campo. Queste pratiche hanno portato in 18 anni all'aumento della sostanza organica dall'1.7 al 6.1% fino alla profondità di 35 cm, partendo da suoli precedentemente gestiti in modo tradizionale. La maggior presenza di sostanza organica rende il sistema più resiliente in caso di forti stress idrici con maggiore capacità di trattenere riserve idriche, ciò si traduce in rese addirittura maggiori del 40% nel biologico secondo l'ente di ricerca Farming System Trials (FST) gestito dal Rodale Institute.

Nel CAS si pone il quesito sulla correttezza di ridurre il confronto al "prodotto all'ettaro per anno", oppure se il modello biologico vada valutato nel lungo termine e sui benefici secondari che esso determina. La semplificazione dell'intera tematica al solo aspetto economico, vuol dire perdere di vista uno dei motivi di fondo che giustificano oggi la scelta di pratiche conservative: evitare all'ambiente impatti di sempre più difficile reversibilità nella prospettiva produttiva di lungo periodo.

1.4.3 Metodi chimici

Una delle principali divergenze fra le diverse visioni riguarda l'impiego della chimica nel sistema biologico. I sostenitori della pratica biologica rivendicano l'esclusione dalla chimica di sintesi che ha come principale effetto il mantenimento della biodiversità, limitando input fortemente antropici nell'agroecosistema. Nel NUT si sostiene al contrario, che sia privo di senso contrapporre "naturale" e "sintetico" soprattutto in termini di salubrità. Naturale non implica l'essere poco tossico, così come l'essere di sintesi non implica necessariamente una pericolosità celata. In biologico sono molti i prodotti utilizzati che presentano una tossicità acuta. E' il profilo tossicologico dei prodotti usati in bio a risultare preoccupante su api, flora e fauna del suolo e organismi acquatici: ad esempio le piretrine sono letali, pur avendo il vantaggio di degradarsi velocemente; anche

Spinosad® è tossico per le api, ma solo per contatto diretto; il rame è un punto cruciale nel dibattito, più volte richiamato all'attenzione per la sua persistenza nel suolo e per la maggior frequenza dei trattamenti rameici richiesti in biologico.

Il rame è sicuramente un metallo pesante ma i detrattori del metodo biologico sono certi che, avendo a loro disposizione più tecniche per combattere batteri e malattie crittogame, l'utilizzo di tale prodotto sia inferiore nell'agricoltura integrata piuttosto che in biologico. Nel CAS tale affermazione è definita priva di fondamento per il fatto che, anche in agricoltura integrata, il rame viene usato come coadiuvante di molti altri principi attivi nella lotta alle avversità. Le soglie definite altamente maggiori nel sistema biologico, risultano essere invece più basse (6 kg/ha anno; Reg. CE 889/08), se paragonate a quelle ammesse in agricoltura integrata (8 kg/ha), si ricorda inoltre che da febbraio 2019 in biologico l'uso di prodotti rameici è stato ulteriormente ridotto, raggiungendo i limiti massimi di 4 kg/ha anno.

Suscita molto interesse nel rapporto di contro critica mosso dai sostenitori del biologico al NUT, come venga ampiamente discusso della tossicità dei prodotti rameici, tralasciando le 570 molecole contenute nei prodotti chimici di sintesi utilizzati in agricoltura integrata, oltretutto molte delle quali con capacità citotropiche o sistemiche, e non di copertura come i prodotti rameici citati in causa. Nel CAS si evidenzia come diversi principi attivi, in passato e tuttora, vengono scoperti come potenzialmente cancerogeni interferendo con il sistema endocrino o con altri sistemi vitali, è il caso del para-diclorodifeniltricloroetano (DDT), dell'atrazina, tetraclorinfos, parathion, malathion. In ultimo va citato il caso del glifosate il cui utilizzo è ancora ammesso in agricoltura integrata nonostante l'agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) lo abbia classificato come probabile cancerogeno (gruppo di cautela 2A). Evidentemente non sono ancora stati rilevati i reali livelli di rischio ed entro che dosi e limiti ci si debba tutelare per l'uso in agricoltura (compito non attribuibile allo IARC) La classificazione IARC viene riassunta nella seguente nota).

Le sostanze vengono classificate dallo IARC in quattro gruppi. Se ci sono sufficienti evidenze di cancerogenicità negli esseri umani la sostanza viene classificata nel gruppo 1; se ci sono limitate evidenze di cancerogenicità negli esseri umani, ma sufficienti evidenze negli animali di laboratorio, la sostanza viene classificata nel gruppo 2A; se ci sono limitate evidenze di cancerogenicità sia negli esseri umani sia negli animali, la sostanza è classificata nel gruppo 2B; se le prove non sono sufficienti, la sostanza è classificata nel gruppo 3; infine se le prove in esseri umani e altri animali indicano un'assenza di attività cancerogena, la sostanza è classificata nel gruppo 4.

Il gruppo 1 contiene i carcinogeni umani certi e comprende, al momento della pubblicazione di questa scheda, 120 agenti (fra cui carni rosse lavorate: es. insaccati); il gruppo 2A comprende carcinogeni probabili per l'uomo e contiene 82 agenti (fra cui carni rosse e glifosate); il gruppo 2B riunisce i possibili carcinogeni, per un totale di 302 sostanze; il gruppo 3 comprende le sostanze non classificabili come carcinogene (al momento sono 501); il gruppo 4, infine, raggruppa sostanze probabilmente non carcinogene per l'uomo (in questa categoria c'è una sola sostanza, il caprolactam, un precursore del nylon). *www.airc.it 2019*

1.4.4 Organismi geneticamente modificati

Trattando di biodiversità risulta impossibile non affrontare l'argomento degli Organismi Geneticamente Modificati (OGM), il regolamento biologico rigetta il loro utilizzo per il fatto che si svincolano dal concetto di stagionalità, e dalla vocazione territoriale della coltura, concetti considerati insuperabili fino a qualche decennio fa. Nel NUT sono mosse pesanti critiche sul fatto che anche nel biologico gli OGM siano sistematicamente presenti, basti pensare all'utilizzo di ammendanti di origine animale prodotti da allevamenti "convenzionali", qui il bestiame è frequentemente alimentato con mangimi concentrati contenenti OGM. Secondo i critici del biologico, ritornando momentaneamente all'utilizzo dei pesticidi, questo sistema non può prescindere dall'uso massiccio di prodotti rameici; infatti secondo i sostenitori del metodo integrato, le nuove strategie di manipolazione genetica possono consentire di ridurre drasticamente l'impiego di prodotti fitosanitari. Chi ha sottoscritto il NUT si interroga fortemente sul perché chiudere a priori l'opportunità d'utilizzo di nuove tecniche di miglioramento genetico, che potrebbero invece contribuire enormemente alla drastica diminuzione dei trattamenti fitosanitari, tanto demonizzati dai sostenitori del biologico.

La risposta alle tesi secondo cui anche il mondo biologico sia "contaminato" dagli organismi geneticamente modificati, e sul perché ci si rifiuti di utilizzarli in biologico, sta nella preoccupazione che tali tecnologie associate allo sviluppo di nuovi principi attivi utilizzati per fitofarmaci, possano portare alla generazione di nuove piante infestanti geneticamente resistenti e di ancor più difficile debellazione. E' il caso avvenuto con il glifosate, considerato un prodotto a basso impatto ambientale da quando nel 1996 diverse varietà OGM di soia, mais, cotone e colza, sono state rilasciate nel mercato con geni in grado di resistere e detossificare il principio attivo dell'erbicida in questione. Il problema è sorto quando ci si è resi conto della presenza di 303 casi di piante infestanti (55% dei casi rilevati negli Stati Uniti d'America) divenute resistenti, e questo si traduce con il ritorno all'uso di erbicidi più tossici in dosi maggiori.

Le erbe infestanti nel contesto tecnico-pratico

1.5 Inquadramento e definizione infestanti

La gestione delle erbe infestanti, in contesti di produzione biologica, è indicata tra le principali priorità di indagine sia in ambito produttivo che accademico. Questo problema è stato gestito dall'agricoltore con tecniche e metodologie che nel tempo sono mutate e migliorate con un unico scopo finale, quello di ridurre l'incidenza negativa delle erbe infestanti. Con il concetto di "gestione" si intende la regolazione della popolazione di erbe in modo appropriato, considerando un insieme di aspetti ecologici ed economici (Håkansson 2003); solo grazie ad un'approfondita conoscenza delle specie spontanee, sarà possibile un approccio competente al fine di comprendere la complessità delle variabili gestionali.

L'agricoltura si può dire che abbia avuto inizio quando tra le specie costituenti la flora spontanea, di una data zona, l'uomo ha scelto quelle che potevano essergli in qualche modo utili, cominciando ad incrementare il loro sviluppo soprattutto allontanandole dalle altre che, nella continua lotta per l'esistenza, le contrastavano (Ferragini 1954). L'agricoltura moderna, differenziandosi da quella precedente, è generalmente impegnata con piante ingentilite o addirittura alloctone, ossia vegetali che si trovano completamente fuori dal loro areale di origine e quindi più soggetti a soccombere di fronte alla rusticità delle infestanti locali.

L'insieme delle erbe infestanti presenti in un areale è determinato da come le specie locali siano state filtrate

dall'ambiente e da fattori biotici-gestionali (Götzenberg et al., 2012; Borgy et al., 2016). Infatti, in un agroecosistema continuamente disturbato come un campo lavorato, la popolazione di infestanti è altamente dinamica, con un ritmo biologico dettato dalla frequenza e dall'intensità del disturbo antropico (Fried et al., 2012; Gaba et al., 2014).

Le erbe infestanti di maggior rilievo sono quelle che germinano per prime, esse posseggono caratteristiche di maggior competitività risultandone avvantaggiate, questo ne promuove la diffusione durante le successive fasi di crescita (Rasmussen e Rasmussen, 2000).

Da un punto di vista ecologico la presenza di specie spontanee dipende dalla capacità di possedere attributi funzionali alla sopravvivenza, alla riproduzione e alla dispersione, tutte doti fondamentali per la competizione. Tecniche sperimentali hanno constatato che le comunità di erbe infestanti nella loro composizione e dinamismo, possono essere determinate da un insieme di caratteri legati al disturbo apportato dall'attività antropica (Braberi et al., 2018).

Le specie non native, ma naturalizzate, possono essere definite come quelle che sono state introdotte e successivamente si sono stabilizzate, essendo capaci di potersi riprodurre autonomamente (Richardson et al., 2000). Una sottocategoria di queste specie che è stata riconosciuta recentemente, è quella delle cosiddette "infestanti dormienti" (come ad esempio *Fallopia baldschuanica*), a tale gruppo appartengono le piante alloctone naturalizzate che però non hanno ancora raggiunto il loro potenziale per formare popolazioni vaste e diffuse (Groves 1999). Come la categoria delle infestanti di recente introduzione, queste risultano molto interessanti dal punto di vista del controllo, poiché il costo del contenimento o dell'eradicazione attuale, è molto inferiore se paragonato ai possibili costi futuri, quando queste specie si saranno diffuse ed avranno raggiunto un loro equilibrio ecologico (Williams 1997).

Le comunità vegetali spontanee presenti nelle colture agrarie non sono entità statiche ma bensì dinamiche, cioè soggette ad una evoluzione a volte rapida ed intensa, a volte lenta e continua, anche in funzione della tecnica agronomica adottata. Alcune specie non riescono ad adattarsi a certe situazioni di coltivazione, mentre altre trovano condizioni favorevoli alla loro crescita e sviluppo; le prime tendono a diminuire d'importanza mentre le seconde aumentano progressivamente la loro presenza, infatti in una comunità vegetale possono scomparire specie inizialmente molto frequenti ed importanti, e contemporaneamente aumentare, in frequenza e densità, specie che prima erano solamente sporadiche, andando quindi ad occupare quelle nicchie ecologiche rimaste vuote sfruttando le condizioni a loro favorevoli (Covarelli., et al 2002). Le infestanti sono dunque un fenomeno fortemente dinamico ed influenzato da diversi fattori, tra cui quello antropico risulta essere uno dei principali.

Gli interventi agronomici che hanno determinato, e che tuttora determinano, l'evoluzione della flora infestante nelle colture agrarie sono: (a) il controllo chimico delle piante indesiderate, (b) l'avvicendamento delle colture agrarie, (c) le modalità di lavorazione del terreno, (d) l'incremento delle concimazioni azotate, (e) la minor cura delle aree incolte, ed infine (f) la scelta delle specie e delle varietà da coltivare (Covarelli., et al 2002).

Avendo compreso il dinamismo del fenomeno e come esso sia influenzato direttamente ed indirettamente dall'uomo, è fondamentale individuare quali essenze ne fanno parte, suddividendo la flora infestante in due macro-gruppi, in base all'epoca d'emergenza (Montemurro e Tei, 1998; Tei, 2001; Zanin et al,2001):

- a. Specie ad emergenza autunnale, invernale o inizio primaverile, che infestano colture a ciclo autunno-vernino e quelle a semina o trapianto primaverile, fra le specie più importanti possiamo citare, a solo titolo di esempio, alcune **graminacee microterme**: *Alopecurus myosuroides*, *Avena spp.*, *Lolium multiflorum*, *Poa spp.* Diverse **composite**: *Anthemis arvensis*, *Matricaria chamomilla*, *Galinsogaparviflora*, *Cirsium arvense*, *Senecio vulgaris*, *Sonchus spp.* **Crucifere**: *Capsella bursa-pastoris*, *Diploxi serucoides*, *Raphanus raphanistrum*, *Rapistrum rugosum*, *Sinapis arvensis*. **Ombrellifere**: *Ammimajus*, *Bifora radians*, *Daucus carota*, *Scandix pectenvenenis*, **Papaveracee**:

Papaver rhoas, *Fumaria officinalis*. **Poligonacee:** *Fallopia convolvulus*, *Polygonum aviculare*, *Rumex* spp. **Ranunculacee:** *Adonis* spp., *Ranunculus* spp. *Galium aparine*, *Veronica* spp., *Stellaria media*.

- b. Specie ad emergenza primaverile/estiva, tra le più frequenti: *Echinochloa crus-galli*, *Digitaria sanguinalis*, *Setaria* spp., *Sorghum halepense*, *Cyperus* spp., *Amaranthus* spp., *Chenopodium album*, *Xanthium italicum*, *Convolvulus arvensis*, *Calystegia sepium*, *Euphorbia* spp., *Mercurialis annua*, *Lamium* spp., *Galeopsis tetrahit*, *Stachys annua*, *Abutilon theophrasti*, *Fallopia convolvulus*, *Polygonum aviculare*, *Polygonum lapathifolium*, *Polygonum persicaria*, *Portulaca oleracea*, *Solanum nigrum*, *Datura stramonium*.

1.6 Tipologia di danno apportato

Il fenomeno delle infestanti assume caratteri mondiali affliggendo l'intera produzione agricola, tant'è che coltivatori, ricercatori e politici del settore, citano spesso le erbe spontanee come uno dei maggiori problemi per la produzione (Elsevier 2006). Avendole individuate nella loro composizione, è necessario analizzare la tipologia dei danni che all'atto pratico possono apportare: 1) perdite di produzione, a causa della competizione (Bond, 1991; Sattin e Tei, 2001); 2) fenomeni allelopatici quali dispatie ed eupatie (Putnam e Duke, 1978; Inderjit e Keating, 1999); 3) in riferimento a specie erbacee, peggioramento qualitativo del prodotto raccolto, in quanto le piante infestanti o parti di esse come foglie, semi o frutti, possono essere fonte di inquinamento alimentare, con conseguente aumento dei costi di pulitura e/o cernita del prodotto destinato al mercato fresco o all'industria; 4) ostacolo alle operazioni di raccolta meccanica, come quello causato da alcune malerbe a taglia alta (es. *Chenopodium album*, *Xanthium italicum*) o volubili (es. *Convolvulus arvensis*, *Calystegia sepium*); 5) azione di ospiti per virus e batteri patogeni (Conti et al., 1996; Montemurro e Tei, 1998; Cousens e Croft, 1999).

La competizione e la conseguente perdita produttiva sono sicuramente i punti più critici, questa riduzione è determinata anche da fenomeni indipendenti dalla competizione, come i fattori allelopatici (primari o secondari) e la captazione della radiazione luminosa, fenomeni questi che possono svolgere un ruolo importante nel determinare l'esito della convivenza delle colture erbacee con le arboree. La capacità della pianta di rilevare i segnali ormonali o allelopatici, può consentire al vegetale di prepararsi, fisiologicamente o morfologicamente, una risposta preventiva alla concorrenza imminente (Ballarè 1999; Ballarè et al., 1990; Smith and Whitelam 1997).

Tra i sistemi che più aiutano l'infestante nella prevenzione e preparazione alla concorrenza, quelli di fotosensibilità consentono di monitorare i cambiamenti luminosi in termini di lunghezza d'onda, d'intensità e direzionalità della luce (Quail 2002; Smith and Whitelam 1997); essi si traducono in una risposta alla competizione, suggerendo all'infestante i cambiamenti morfologici e fisiologici da attuare ai fini del raggiungimento della risorsa in questione, anche acqua o elementi minerali sono interessati da tale fenomeno. I cambiamenti morfologici citati includono: (a) un allungamento dello stelo, (b) una riduzione del diametro dello stelo, (c) tasso di crescita fogliare differente, (d) aumento o infittimento della biomassa di germogliamento, ed infine (e) approfondimento dell'apparato radicale; tutti cambiamenti che aumentano significativamente le probabilità di sopravvivenza e la competizione dell'infestante stessa (Kasperbauer e Karlen 1986, Page et al., 2010; Rajcan e Swanton 2001).

Nella maggior parte delle condizioni le piante devono competere per le risorse, le quali, essendo limitate, finiscono per ridurre la crescita e lo sviluppo complessivo (Young 2012). I macro-elementi come azoto, fosforo e potassio, sono considerati i nutrienti più limitanti nella maggior parte degli ecosistemi terrestri, e risultano

pertanto, uno dei fattori di maggior competizione tra infestanti e colture agrarie (Vitousek e Howarth 1991; Walker e Syers 1976).

1.7 Approccio degli agricoltori alla problematica

E' interessante vedere come gli agricoltori si avvicinano a tale tematica, essi hanno paura che se non gestite le erbe infestanti, possano sfuggire al controllo e prendere il sopravvento. Questo timore si accompagna a quello di essere visti dai vicini, che magari attuano un sistema integrato, come coloro che hanno un campo infestato, venendo quindi etichettati come non professionali (Turner et al.,2007).

Gli agricoltori possono essere divisi in due gruppi: il primo è rappresentato da chi ha un approccio tollerante alle erbe (46%), mentre il secondo da chi è intollerante alla loro presenza (38%), tuttavia il 52% degli agricoltori ritiene che le infestanti annuali siano il problema principale (Turner et al.,2007).

I metodi di controllo utilizzati dai coltivatori, possono essere racchiusi in quattro gruppi:

- a. operazioni a carattere preventivo;
- b. controllo diretto;
- c. operazioni speciali;

Tra le operazioni preventive per il controllo colturale, per gli agricoltori risultano essere fondamentali la scelta (a) delle specie, (b) della varietà, (c) purezza del seme con annessa germinabilità, sia se si tratta di coltivazioni erbacee, sia nella scelta della composizione del blend, o del miscuglio, per l'inerbimento di un frutteto; inoltre risulta essere importante (d) l'eliminazione delle rizomatose infestanti e (e) la rotazione colturale.

Tra le tecniche preventive più effettuate, sono state menzionate dal 39% dei coltivatori: la tempistica e la preparazione di un buon letto di semina, il controllo in pre-emergenza delle infestanti, la densità di impianto e la pacciamatura.

La formulazione di tecniche di controllo efficaci è stata correlata positivamente con il confronto, un confronto che principalmente avviene con i vicini. I fallimenti, invece, sono stati imputati alla mancanza di tempo, limitatezza di budget e rimedi poco disponibili o accessibili (Turner R.J. et al.,2007), da ciò si evince l'importanza dell'applicabilità delle tecniche nei loro aspetti tecnici e logistici, risultando compatibili con le disponibilità meccaniche, di competenza ed organizzative aziendali.

L'efficacia di ognuna di queste operazioni va valutata nel singolo contesto applicativo, tuttavia è riconosciuto che le lavorazioni meccaniche e l'utilizzo di erbicidi, fungano da forti filtri antropici (Bàrberi et al.,1998). Indipendentemente dal contesto in cui ci si trova, la previsione di quale specie possa emergere sarebbe di fondamentale importanza nella scelta delle tecniche da attuare per il controllo, sia nel contesto dell'agricoltura integrata, che in quella biologica (Bastiaans et al.,2000).

Tra le operazioni per il controllo diretto, citiamo le seguenti come le più comuni ed effettuate nei diversi sistemi agricoli: (1.7.1) lavorazione del suolo, (1.7.2) letto di semina, (1.7.3) zappatura e scerbatura manuale, (1.7.4) taglio basso, (1.7.5) controllo termico, (1.7.6) metodo chimico, (1.7.7) utilizzo dell'allelopatia e (1.7.8) pacciamatura.

1.7.1 Lavorazioni del suolo

In merito alle lavorazioni del suolo, la scelta tra aratura e minima lavorazione per la gestione delle infestanti, è stata oggetto di numerose ricerche (Forcella & Burnside, 1994). Analizzeremo, pertanto, l'effetto dei due approcci meccanici di lavorazione del suolo, ricordando che le lavorazioni sono il sistema più efficace per la gestione delle infestanti, in assenza di operazioni meccaniche, infatti, la distribuzione delle infestanti è uniforme come carica di semente nel terreno, va tuttavia affermato che l'aratura è correlata positivamente con l'altezza delle piante infestanti, che riusciranno ad emergere a seguito dell'operazione primaria (Armengot et al. 2016, Fried 2012). L'effetto principale dell'aratura è quello di interrare i semi delle infestanti ad una profondità tale per cui si rende impossibile la loro germinazione, essi però possono rimanere vitali per anni fino al loro ritorno in superficie con le successive operazioni (Melander e Rasmussen, 2000).

Le lavorazioni come l'aratura dal punto di vista della fertilità chimica del suolo, risultano immobilizzare gli elementi minerali nel terreno promuovendo un approfondimento degli apparati radicali. L'aumento della fertilità chimica del suolo in profondità, può essere considerato come un sistema di selezione, in quanto solo le specie con un apparato profondo raggiungeranno gli elementi chimici implementati, radici profonde si traduce con un'altezza maggiore, e quindi, una maggior competitività per l'acquisizione di nutrienti ma anche una maggior capacità di captazione della radiazione luminosa. Non è un caso che le piante che maggiormente sopravvivono all'aratura sono quelle che presentano un apparato radicale fittonante (Violle et al., 2009).

Con la minima lavorazione, invece, si ha un minor consumo di energia fossile, una maggior conservazione dell'umidità del suolo e minor rischio di erosione (Coolma e Hoyt, 1993), tuttavia se si applica questo metodo si è visto che le infestanti perenni spesso aumentano di incidenza (Buhler, 1995; Mclaughlin e Mineau, 1995).

La prima lavorazione meccanica che qualsiasi suolo richiede è la preparazione di un buon letto di semina per colture annuale erbacee, o di una buona struttura pedologica per le coltivazioni poliennali con un'aratura da scasso o profonda; questo vale sia se si opta per l'aratura che per una minima lavorazione. Per i frutteti e i vigneti si stanno diffondendo pratiche di preparazione dell'impianto con lavorazioni a due profondità: ripuntatura profonda (80-100 cm) a cui segue un'aratura superficiale (30-40 cm) e infine un affinamento con erpicatura dopo l'applicazione di letame o compost. Questa tecnica non stravolge il profilo del suolo, rispettando gli orizzonti in aerobiosi e non, cosa che invece non avviene se si sceglie lo scasso.

Gli obiettivi di queste operazioni sono il miglioramento della fertilità fisica e chimica del suolo e l'interramento delle sementi infestanti, (Jones et al., 1995, 1996), i fattori che influenzano l'efficacia dell'intervento risultano essere (a) la taglia della pianta, (b) l'esposizione del luogo di semina e (c) il tasso di crescita (Baerveldt e Ascard, 1999). La scelta dell'intensità, della frequenza e della tempistica dei metodi meccanici, dipende dalla tipologia di infestanti e dall'indirizzo tecnico produttivo. L'uso di erpici è più adatto a tessiture franche ed è utilizzato per eliminare i primi flussi di emergenze (Lampkin, 1990), mentre per il sotto-fila è preferibile l'utilizzo di decespugliatori; la tempistica ottimale per queste operazioni è influenzata dalla competitività della coltivazione (Turner et al., 1999) e dal tasso di crescita delle infestanti (Pullen e Cowell).

Un aspetto molto importante nelle lavorazioni primarie è la profondità di lavorazione del suolo, essa gioca un ruolo fondamentale poiché le infestanti possono continuare a crescere tra zolle di grandi dimensioni, se si è lavorato troppo in profondità (Mattsson et al., 1990). Argomento correlato fortemente alla profondità di lavorazione e alla tessitura del suolo, è il disseccamento superficiale del suolo, esso gioca un ruolo importante nella prevenzione della rigenerazione delle infestanti a seguito di un'aratura o zappatura, aumentando il tasso di controllo per via della minore disponibilità idrica fondamentale per l'imbibizione dei semi.

Le misure di gestione di tipo meccanico precedentemente citate possono essere applicate all'intero appezzamento, solo alle aree colpite dall'infestazione, oppure nell'interfila, se ci troviamo in un arboreto. Per il controllo delle infestanti nell'interfila, sono largamente impiegati sarchiatrici, spazzolatrici ed erpici (Baumann,

1992; Rasmussen, 1996; Melander, 1997). Tutte queste lavorazioni diminuiscono la dipendenza dalle scerbature manuali nei sistemi colturali biologici, e in agricoltura integrata possono essere abbinate al diserbo localizzato sulla fila (Tei et al., 2003).

Approcci innovativi nella gestione del sotto-fila sono caratterizzati dall'integrazione di minime lavorazioni (ad esempio con lama orizzontale e tastatore) con spollonatrici (a spazzola) o tagliaerba, l'utilizzo consapevole di queste operazioni durante l'anno, riduce fortemente la dipendenza dei mezzi di controllo chimici.

1.7.2. Letto di semina

La preparazione di un buon letto di semina o dello strato pedologico, come visto, è fondamentale per il successo produttivo di coltivazioni erbacee o arboree, esso viene però anche utilizzato per l'eliminazione dei semi delle infestanti potenzialmente germinabili, questa è la tecnica agronomica del falso letto di semina.

Il suolo è pronto giorni o settimane prima dell'impianto vero e proprio (Johnson e Mullinix, 1995), fornendo la situazione ottimale per la germinazione delle infestanti che vengono debellate appena emerse o nella fase di emergenza quando risultano essere più vulnerabili. Molte delle infestanti si trovano direttamente in sito all'interno del terreno, ma ci sono altri modi in cui i semi vengono introdotti in campo (Cousens e Mortimer, 1995). Le fonti di ingresso della semente infestante sono: (a) l'utilizzo di ammendanti che non hanno raggiunto le temperature di maturazione idonee, (b) concimi inquinati, (c) pacciamatura infestata (Buhler et al., 1997) e (d) l'utilizzo di materiale di propagazione non certificato negli inerbimenti interfilari, il quale rimane il fattore primario nello spargimento involontario delle infestanti (Don, 1997).

1.7.3 Zappatura e scerbatura manuale

Zappatura e scerbatura manuale sono mezzi e tecniche di controllo meccanico che agiscono solo localmente, essi risultano essere i metodi più utilizzati e allo stesso tempo datati, oggi infatti si dispone di nuove applicazioni e versioni migliorate di questi vecchi metodi, come le sarchia-separatrici e le sarchiatrici "guidate", la loro efficacia risulta essere complementare ad altri accorgimenti, e il loro impiego ha reale efficacia solo se inserito in un razionale ed accurato programma di gestione (Ascard e Bellinder, 1996; Raffaelli e Peruzzi, 1998; Tei et al., 2002; Peruzzi et al., 2004 a,b). In piccoli appezzamenti, o come passaggio ulteriore a seguito delle tecniche meccaniche, la scerbatura manuale è ancora praticata per l'eliminazione di singole piante o per intervenire in piccoli appezzamenti infestati.

La possibilità di prevedere la zappatura lungo il filare potrebbe portare a un aumento del sesto d'impianto, riducendo la densità del frutteto (Stopes e Lippiatt, 1993), e necessariamente la quantità di prodotto finale (Welsh et al., 1997). La scerbatura manuale lungo il filare risulta essere il metodo più efficace nel prevenire lo spargimento delle infestanti (Marshall, 1992), con l'ovvio difetto di richiedere un'elevata manodopera.

In conclusione l'estirpazione manuale o la zappatura sono utilizzate in piccole realtà, o dopo le lavorazioni lungo il filare, al fine di eliminare totalmente le erbe sopravvissute al precedente controllo meccanico (Ionescu et al., 1996).

1.7.4 Sfalci frequenti

Un metodo di controllo interessante è quello di ricorrere a sfalci frequenti. Esso risulta essere maggiormente efficace contro: *Cirsium arvense* L., *C. vulgare* (Savi) e *Sonchus arvensis* L., questa strategia ha un effetto visibile in un arco temporale di 3 anni, ma è meno efficiente contro *Rumex spp.* (Aquilina e Clarke, 1994) per via della sua taglia ridotta e dell'elevato tasso di recupero vegetativo; l'obiettivo di tale tecnica è eliminare più dei 2/3 dell'apparato fogliare a colture di taglia più elevata, determinandone la progressiva selezione.

1.7.5 Controllo termico

Altra tipologia di trattamento è quello del pirodiserbo che consiste nel bruciare le erbe, esso è stato sviluppato e tuttora utilizzato in molti paesi quali Germania, Olanda, Svezia e Danimarca (Hùlmoj e Netland, 1994). Il carburante principale è il petrolio liquido a gas (GPL) e spesso il propano (Ascard, 1995); ma nuove tecnologie come l'utilizzo di idrogeno sono state valutate (Andersen, 1997). Il controllo termico delle infestanti è meno oneroso dell'estirpazione manuale, ma richiede un ingente capitale per l'acquisto iniziale del macchinario (Ascard, 1990; Nemming, 1994). L'utilizzo delle fiamme può essere applicato per il controllo totale della vegetazione, o solo per la rimozione selettiva delle piante non volute, ma non è efficace su colture con apparati ipogei per la riproduzione vegetativa (Mattsson et al., 1990).

Emergono inoltre alcune criticità, infatti il trattamento è effettuato per garantire l'eliminazione della maggior parte delle piante emerse, sembrerebbe invece aumentare la germinazione ad alcune specie (Ascard, 1995). La solarizzazione rientra nel concetto di controllo termico, essa consente di mantenere sufficientemente alta (>40°C) la temperatura del suolo per periodi abbastanza lunghi da devitalizzare i semi e/o le plantule infestanti (Chase et al., 1999). La sperimentazione nel nostro paese ha dimostrato la validità di questa tecnica sia in pieno campo che in serra, ma la sua applicazione è generalmente limitata alle colture orticole protette (Campiglia et al., 1998, 2000; Temperini et al., 1998; Vidotto et al., 2002).

1.7.6 Metodi chimici

Per quanto riguarda i metodi di controllo chimici, un obiettivo è stato quello di identificare una soglia tale per cui, il controllo diventi antieconomico (Orson, 1990; Onofri e Tei, 1994). Lo stesso principio potrebbe essere usato per determinare la convenienza economica di un trattamento di diserbo non chimico, ma ciò non sarebbe appropriato per le strategie di gestione a lungo termine, in particolare nel sistema biologico dove l'obiettivo finale non è quello dell'eradicazione completa della flora infestante (Wallinga e van Oijen, 1997).

Gli studi per determinare periodi ottimali di diserbo in sistemi di coltivazione integrata e biologica, sono stati effettuati specialmente su colture orticole (Turner et al., 1999) e in cerealicoltura, (Welsh et al., 1997) riscontrando che tanto più competitività della coltura primaria aumenta, tanto più il periodo di ottimale di diserbo ha una flessibilità temporale maggiore.

Sarebbero necessari un elevato numero di esperimenti per determinare le soglie di resistenza delle infestanti, o i periodi ottimali di diserbo per le singole colture in diverse condizioni ambientali. È chiaro che le misure non chimiche dirette al controllo delle infestanti, devono essere integrate a misure culturali che mantengano la popolazione indesiderata a un livello gestibile, ad elevate densità infatti, anche con l'uso del più efficace dei metodi di diserbo chimico, è probabile che le infestanti siano in grado di sopravvivere e di conseguenza, di interferire sensibilmente con la produzione (Rasmussen, 1993).

I metodi chimici di controllo in un sistema integrato come l'uso di erbicidi di contatto sono uno strumento di gestione largamente studiato, esso infatti sta ricevendo una maggiore attenzione a causa dei problemi ambientali dovuti ai principi attivi residuali presenti su frutta e verdura, (Tadeo et al., 2000; Barbash et al., 2001) e alle relative problematiche di salute arrecate a operatori e consumatori.

Se l'utilizzo di questi prodotti è efficace ma presenta criticità di tipo sanitario e ambientale, il problema di cosa utilizzare per contrastare le infestanti nei sistemi agricoli a basso input, come in biologico, è ancora più rilevante. Nei sistemi a basso input l'accento è posto sull'intero sistema, con la rotazione delle colture come componente di controllo chiave e altre tecniche ampiamente utilizzate come la solarizzazione, ideate con l'intento di controllare malattie fungine, nematodi e piante infestanti (Elmore, 1989; Campiglia et al., 2000).

1.7.7 Allelopatia

Il termine di allelopatia definisce un meccanismo di relazione tra organismi (Molish et al., 1937) basato sullo scambio di segnali chimici o allelosostanze. Ne deriva un sistema di comunicazione in cui ciascun organo è in grado di emettere nell'ambiente sostanze indicative del proprio stato, ed è in grado di leggerli, riconoscendo tramite essi la propria posizione e quella degli altri organismi (Zucconi et al., 1988, 1991).

Le sostanze allelopatiche sono di due tipologie, quelle emesse direttamente dalle radici esploratrici, definite primarie (fattori allelopatici primari), e quelle derivanti dalla degradazione dei residui radicali dovuti ai microrganismi del terreno, dette secondarie (fattori allelopatici secondari) (Zucconi et al., 2003)

In relazione all'allelopatia, le prove in agricoltura provengono in gran parte da studi basati sull'uso di pacciamatura organica o colture di copertura (Liebman e Davis, 2000). Ci possono essere benefici di controllo delle infestanti dovuti all'utilizzo di sostanze allelopatiche, ma se i responsabili chimici persistono eccessivamente potrebbero causare problemi nelle colture successive, il condizionale è d'obbligo perché ancora non sono chiare tutte le relazioni possibili tra le piante in una fitocenosi, con possibili effetti positivi per alcune successioni o consociazioni colturali, negativi per altre (Saxena et al., 1996; Zucconi et al., 2003); infine non è chiaro se l'applicazione di sostanze chimiche naturali per l'eliminazione delle infestanti, sia considerata accettabile per le autorità secondo gli standard biologici (Stopes e Millington, 1991).

I fattori allelopatici secondari sono associati a manifestazioni di stanchezza del suolo, fenomeno che si manifesta sintomatologicamente sulla pianta arborea dopo 2-3 anni dal trapianto (Zucconi 2008). In agricoltura integrata si è reputato corretto e idoneo utilizzare metodi di fumigazione del suolo per limitare le attività produttive di tali sostanze da parte dei microrganismi. Risulta essere fondamentale che i sistemi di gestione delle colture perenni arboree, supportino e consentano alla parte microbiologica del suolo di essere attiva e di effettuare processi come l'umificazione della sostanza organica, fenomeno necessario all'ottenimento della fertilità fisica e chimica a medio-lungo termine del suolo, determinante per la riuscita di un sistema produttivo (Wardle et al., 2001).

Fertilità fisica e chimica che assume un carattere di primaria importanza se si effettuano cicli produttivi della stessa coltura ripetuti, in questo caso il rischio di stanchezza del terreno e di malattie da reimpianto è molto elevato, vista la lunga permanenza delle colture arboree e la necessità di reimpiantare la stessa specie sullo stesso terreno. L'uso di portinnesti meno suscettibili e la variazione delle varietà coltivate non elimina il problema, ma semplicemente lo ritarda.

In frutticoltura biologica è perciò necessario avere strategie di diversificazione durante la coltura della pianta arborea da frutto e non solo al momento del reimpianto, per poter raggiungere una maggiore sostenibilità. In frutticoltura integrata sono possibili interventi di fumigazione che limitano momentaneamente i sintomi di stanchezza nella coltura reimpiantata, ma nel lungo termine l'uso di questi prodotti porta a un impoverimento della flora microbica del suolo, che in alcuni casi risulta essere irreversibile.

1.7.8 Pacciamatura e criticità annesse

Altro metodo per il controllo delle infestanti è la pacciamatura superficiale del suolo la quale previene la germinazione della flora indesiderata, reprimendo fisicamente l'emergenza delle infestanti, essa però non risulta efficace contro l'insediamento di piante perenne. La pacciamatura può assumere diverse forme in base al materiale pacciamante utilizzato: (a) uso di piante vive come copertura vegetale, (b) utilizzo di materiale organico/inorganico sparso sul suolo, o (c) teli di materiali artificiali. Spesso sono due gli obiettivi della pacciamatura vegetale, quello di migliorare la struttura del suolo così come la sua fertilità fisica, ed il controllo delle infestanti (Costello e Altieri, 1994).

La pacciamatura vegetale consiste in un'alta densità di piante a basso ritmo di crescita, instaurate prima o dopo della coltura principale, se gestito correttamente anche l'inerbimento spontaneo può da solo provvedere all'insediamento di un naturale strato pacciamante facendo, però, una cernita delle erbe presenti eliminando quelle con i caratteri più competitivi e controllando la crescita generale del tappeto erboso (Anaya et al., 1988 e VaÅ radi et al. 1989).

Si è appurato che a seguito di una pacciamatura, indici fondamentali come la disponibilità nel suolo di fosforo e calcio, la capacità di scambio cationica del suolo (CSC) e la concentrazione di materia organica, erano significativamente più elevati rispetto alle gestioni tradizionali, questi parametri risultano essere più che raddoppiati. Analizzando dettagliatamente tutti i parametri che sono migliorati significativamente, si evidenziano: 1) il contenuto di materia organica nel terreno, con il trattamento pacciamante era superiore dell'80%, rispetto alla media degli altri trattamenti; 2) i trattamenti con diserbo chimico per essenze in post emergenza, risultano essere meno impattanti sulle colonie batteriche del suolo, se paragonati a quelli effettuati su suoli non coperti da una pacciamatura vegetale; 3) le porzioni di terreno con la pacciamatura avevano un rapporto tra micro e macroporosità ottimale; 4) la CO₂ stoccata nell'agroecosistema era maggiore rispetto alle altre gestioni; 5) Il mantenimento di una copertura vegetativa aumentava la concentrazione e la disponibilità di azoto nel suolo. (Hoagland et al. 2008);

La presenza di una copertura vegetativa nella fila cede gradualmente e costantemente, sia azoto sotto forma di sostanza organica radicale in decomposizione, sia fattori allelopatici secondari utili all'individuazione di nicchie radicali libere (Marsh et al. 1996; Sanchez et al. 2003; Zucconi et al 2003). La biomassa, fonte di azoto organico in biologico, interessa i microrganismi del suolo che sono coinvolti in processi fondamentali nell'ecosistema come: a) la decomposizione della materia organica; b) l'aggregazione colloidale del suolo; c) la formazione dell'humus; d) il ciclo dell'azoto; e) la ritenzione degli elementi nutrienti; f) diverse simbiosi e relazioni parassitarie con le piante (Paul e Clark, 1996).

Analizzeremo ora gli aspetti negativi di una gestione negligente della pacciamatura vegetale, infatti come si può evincere dagli studi presi in esame, se mal gestita può essere una grande fonte di competizione.

La pacciamatura vegetale è ottimamente integrata nella gestione di colture perenni come nella frutticoltura e nel caso in cui, l'autorisemina della copertura, risulti essere vantaggiosa (Ingels et al., 1994); tuttavia, anche in un meleto o albicocchetto già instaurato se mal gestita la pacciamatura può comprimere la crescita arborea (Domange, 1993).

Il successo della pacciamatura vegetale nel sopprimere l'emergenza delle infestanti, dipende da molteplici fattori (Muéller-Schaèrer e Potts, 1991), quando la crescita della pacciamatura è gestita impropriamente, o se il livello di umidità del suolo è critico, anche colture vigorose soffrono per la competizione apportata dalla copertura con conseguente riduzione della produttività della coltura principale (Rajalahti e Bellinder, 1996), in quest'ottica

risulta fondamentale la scelta corretta del miscuglio, o della consociazione, che comporrà la pacciamatura (Ingels et al., 1994).

La capacità di accesso alle risorse è un fattore fondamentale per la sopravvivenza degli organismi vegetali, e risulta essere differente da specie a specie, come dimostra la crescita di alberi di *Prunus persica* in un frutteto per 4 anni a contatto con *Festuca arundinacea* lasciata a taglia alta, quest'ultima invade totalmente l'area senza copertura presente, infatti le festucoideae sono tra le erbacee più competitive grazie proprio alla loro capacità di copertura veloce e sistematica (Welker e Glenn, 1989). L'espansione in aree senza vegetazione è fondamentale, come indicato nello studio condotto in serra da Glenn e Welker (1991), le essenze erbacee con questa capacità hanno ridotto la crescita delle giovani piante di pesco.

Paragonando le due possibili gestioni della fila, inerbita e non, sono riscontrabili molte differenze.

Cockroft e Wallbrink (1966) e Atkinson e White (1976) concordano nell'affermare che, l'assenza di copertura vegetale diminuisca la crescita radicale. I primi hanno evidenziato che con fila lavorata, la lunghezza e il peso delle radici delle arboree risultano essere minori, mentre i secondi riportano che la crescita delle radici di *Malus domestica* Borkh è disturbata da sostanze allelopatiche primarie che persistono maggiormente in una fila senza copertura vegetale. Parker (1993), invece, ha valutato l'effetto di diversi tipi di gestione dell'interfila in un pescheto, evidenziando gli effetti sulla densità radicale dell'arborea, ne risulta che gli alberi cresciuti a contatto con una copertura vegetale di festucoideae mantenute a taglia alta senza sfalci o operazioni di gestione, hanno una minore densità radicale degli alberi mantenuti con un'interfila privo di copertura o con essenze meno competitive, come *Poa pratensis* L.

Nello studio del comportamento delle arboree nel lungo periodo, cinque stagioni produttive, quantificato come accrescimento dendrometrico, il miglior risultato è stato ottenuto nel terreno nudo avendo piante significativamente più ingrossate rispetto ai casi studio inerbiti, fatta eccezione quelle con *Bromus erectus* (Parker; Meyer 1996). Risultati simili sono stati ottenuti in altri campi dopo il terzo anno di prova, ma non per gli alberi cresciuti con file inerbite di *Eremochloa ophiuroides* (pianta rustica, poco tollerante all'ombreggiamento e molto competitiva), i quali risultavano essere diametralmente più ispessiti rispetto a coloro che erano a contatto con infestanti naturali o con il genere *Paspalum* (Meyer et al. 1992; Glenn; Welker 1989, 1991).

Questi risultati possono essere fuorivianti se letti solamente in chiave produttiva, l'aumento dendrometrico del tronco o l'aumento della densità radicale in un terreno nudo sono risultati positivi nel breve termine, ma le lavorazioni comportano effetti negativi se si vuole conservare la resilienza del suolo. La mancanza di una fitocenosi varia, infatti, tende ad accorciare il ciclo biologico della coltura arborea limitandone le trasmissioni radicali primarie per un confinamento allelopatico dettato dall'intensità d'impianto, facendola arrivare precocemente in età matura per la produzione. Quando la pianta avrà esaurito tutte le nicchie radicali già raggiunte, non sarà più in grado di effettuare alcuna trasmissione primaria, perché già in fase adulta, e questo risulterà molto pericoloso in caso di problematiche localizzate, come asfissie radicali o attacchi crittogamici (Zucconi, 2003).

I pacciami organici hanno il vantaggio di essere biodegradabili, ma la decomposizione può comportare una riduzione temporanea dell'azoto minerale del suolo a favore di quello organico, inoltre le fitotossine naturali rilasciate quando i materiali organici si decompongono, possono non solo inibire la crescita delle infestanti, ma anche quella della coltura principale (Wallace e Bellinder, 1992).

Una tema importante della conduzione biologica in frutticoltura è l'apporto dell'azoto al suolo, gli agricoltori in biologico generalmente fanno uso di biomassa di origine animale per aumentare la concentrazione di azoto, ma solamente una parte di questo è immediatamente disponibile, l'altra necessita della mineralizzazione per essere assorbibile (Lakso et al. 2000), questo rallenta l'immediatezza degli effetti apportati dalle concimazioni azotate. Elevati livelli di fertilizzanti azotati sono spesso applicati al fine di andare incontro alle esigenze degli alberi da

frutto, ma in passato una loro applicazione eccessiva ha portato a un pericoloso aumento della concentrazione salina, e di conseguenza è aumentata l'incidenza di riscontrare un'aridità di tipo fisiologico. Durante l'epoca produttiva di un frutteto, gli alberi giovani richiedono una quantità di azoto in forma nitrica elevata (Ryugo 1988; Stiles 1994), supportare questa necessità è difficile in un sistema biologico, appunto perché è difficilmente pronosticabile la concentrazione d'azoto resa immediatamente disponibile dalla biomassa in decomposizione nel suolo (Hoagland et al. 2008).

1.8 Il sistema integrato e quello biologico

La produzione biologica segue un protocollo che prevede un approccio interdisciplinare alle diverse criticità produttive, è l'agricoltura biologica integrata, un sistema agricolo che produce alimenti di alta qualità e altri prodotti, utilizzando risorse naturali e meccanismi di regolazione ottenuti con un approccio olistico, per consentire la continuità della produzione agricola (Boller, 2004).

La gestione integrata in tema di infestanti viene definita come un approccio olistico al problema, esso si basa su più tecniche per stressare le indesiderate e aumentare la capacità competitiva della coltura principale (Smith et al., 2010). Thomas (2010) afferma che, al centro della gestione integrata delle infestanti, si trova la conoscenza e la comprensione degli organismi dell'agroecosistema, questo fornisce una varietà di strumenti utili per apportare la necessaria pressione selettiva, mantenendo l'equilibrio competitivo a favore della coltura primaria e a discapito delle specie indesiderate.

La conversione da un sistema integrato ad elevato apporto di input, ad uno biologico dove si cerca di conservare e migliorare la resilienza dell'agroecosistema, è comprensibilmente difficile e lenta; difatti la conversione da un sistema tradizione a uno biologico ha mostrato diversi dati interessanti, uno su tutti è centrale nel tema trattato: dopo soli tre anni dalla conversione, il numero totale dei semi nel suolo è aumentato da 4050 al m² fino a 17320 al m² (Albrecht & Sommer, 1998). L'aumento della presenza delle infestanti in un lasso temporale così ridotto ha suscitato l'interesse degli agricoltori intervistati, il 52% afferma che è diffusa la percezione secondo cui alcune erbe perenni stiano aumentando sempre di più nell'ultimo periodo. Alcuni nuovi agricoltori affacciatisi all'agricoltura biologica, si sono meravigliati della varietà della flora che ora ha maggior libertà di insediarsi, tant'è che il 25% dichiara che sono presenti erbe diverse rispetto a quando erano nel metodo tradizionale (Turner et al., 2007), ciò certifica la validità del sistema nell'aumento della biodiversità, ovviamente va valutata anche la sostenibilità economica.

Il metodo utilizzato nell'ambito della gestione delle infestanti (*Integrated Weed Management System, IWMS*) si compone di due fasi: la gestione della popolazione di malerbe e il controllo vero e proprio (Zanin e Berti, 1989; Berti et al., 2001).

Il controllo vero e proprio prevede l'integrazione dei diversi metodi diretti di lotta quali: (a) fisici, (b) meccanici, (c) biologici e (d) chimici, cercando sempre di applicare una bassa pressione di selezione al fine di limitare i fenomeni di comparsa di una flora di sostituzione, adottando soglie economiche d'intervento sia in termini di presenza di infestanti che di durata della stessa (Sattin e Tei, 2001).

Nel caso in cui il diserbo chimico sia ammesso, si cercherà di ottimizzare le dosi e la loro compatibilità ambientale (Berti et al. 2001), sempre nel rispetto delle normative europee poste a salvaguardia della biodiversità.

Nell'IWMS la gestione delle popolazioni di malerbe rappresenta una strategia di lungo periodo, in altre parole le diverse azioni messe in atto nel metodo biologico, cercano di regolare i diversi fenomeni biologici ed ecologici che si hanno a livello del sistema agrario (Roberts, 1981; Grundy e Jones, 2002).

Nell'agricoltura biologica metodi come quelli meccanici, termici o pacciamature, sono contemplati nel controllo delle infestanti, tuttavia è raccomandato convertire misure drastiche e dirette a interventi di minimo impatto

(Woodward e Lampkin, 1990). Una gamma più ampia di opzioni di controllo delle infestanti, sta diventando disponibile per i coltivatori che utilizzano il metodo biologico, grazie allo sviluppo di nuove tecniche e al miglioramento delle preesistenti; gran parte delle informazioni che descrivono questi recenti progressi sono presentate in articoli di riviste e in congressi (Bond e Grundy 2000).

Ricordiamo infine che la completa eradicazione delle infestanti, non è l'obiettivo degli agricoltori biologici (Blake, 1990).

Altri due punti fondamentali nella conduzione e pianificazione agronomica sono i ruoli riservati all'irrigazione e alla concimazione nell'ambito di programmi di gestione integrata delle infestanti. Non è facile la definizione e l'applicazione di queste tecniche, infatti la disponibilità di acqua e di elementi nutritivi è un fattore che può avvantaggiare sia le malerbe sia la coltura agraria, questo avviene in relazione alle loro caratteristiche eco-fisiologiche determinando un'influenza sui rapporti competitivi non facilmente prevedibile. (Di Tomaso, 1995; Liebman e Davis, 2000; Bàrberi, 2002; Ugen et al., 2002; Santos et al., 2004a).

Per quanto concerne la concimazione è facilmente intuibile la sua importanza applicativa nell'IWMS, ad esempio l'apporto di concime localizzato tende sia a favorire la crescita iniziale della coltura (es. fertilizzazione starter) ma anche a limitare l'apporto di elementi fertilizzanti e di acqua alla sola pianta coltivata (es. fertilizzazione a bande, fertirrigazione, irrigazione localizzata) (Santos et al., 2004b).

A causa del crescente interesse del pubblico per la sostenibilità ambientale delle produzioni e la protezione delle risorse naturali, è necessario un numero maggiore di studi per identificare nuovi approcci e sviluppare sistemi realmente integrati su scale spaziali e temporali di diversa natura, combinando la conoscenza delle erbe infestanti alla loro crescita e sviluppo. Con applicazioni dell'ingegneria e dell'informatica si possono infatti ottenere miglioramenti nella protezione ambientale, sicurezza alimentare ed un aumento dei profitti per i coltivatori (Young 2012).

1.9 Possibilità evolutive della tematica

Un fattore fondamentale sarà anche prevedere come il fenomeno delle piante infestanti si presenterà in un futuro caratterizzato dai cambiamenti climatici e ambientali, da decenni ormai pronosticati.

Per via dei recenti aumenti della concentrazione atmosferica del diossido di carbonio e del suo effetto sulla fisiologia vegetale, questo gas e i possibili scenari futuri sono stati soggetti di studio. (Ziska 2003). La concentrazione della CO₂ è già aumentata del 30% durante il ventesimo secolo, da ~285 mmol mol⁻¹ all'attuale stimato valore di 370 mmol mol⁻¹ (Keeling and Whorf, 2001), i dati aggiornati al 2018 attestano 410 parti per milione. Secondo *The United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) l'aumento di CO₂ arriverà alle 700 mmol mol⁻¹ entro la fine del ventunesimo secolo (Houghton et al., 1996).

Recenti rapporti dell'IPCC portano forti evidenze di come l'aumento dell'anidride carbonica e altri gas possa portare ad un aumento di temperature variabili tra i 3 e i 12 °C, aumentando la temperatura della superficie terrestre con conseguente effetto sul clima, tuttavia l'innalzamento effettivo delle temperature future dovuto ai cambiamenti climatici rimane incerto (Kaiser, 2001).

Ciò che è certo è la presenza di un impatto, ancora più o meno visibile, sulle specie infestanti da parte dei cambiamenti climatici, un aspetto che assumerà un'importanza maggiore, perché sarà ancor più difficile da gestire. L'area fogliare è il parametro che è stato significativamente stimolato dall'aumento di CO₂, con un incremento significativo per concentrazioni di anidride carbonica da 284 a 380, poi da 380 a 719 mmol mol⁻¹ CO₂ (Ziska, 2003).

E' chiaro che le specie vegetali rispondono in modo diverso al continuo aumento di CO₂ atmosferico, in effetti la risposta differenziale delle specie vegetali C3 e C4 all'aumento di CO₂ durante l'ultimo secolo è stata suggerita

come una potenziale spiegazione per le invasioni nelle praterie del Nord America, avvenute negli anni novanta, da parte di piante infestanti C3 (Johnson et al., 1993).

Ecco che la comprensione del ruolo del clima, in particolare l'improvviso e drammatico aumento del diossido di carbonio atmosferico negli ultimi decenni, come un possibile fattore nell'invasività di queste specie, merita ulteriori approfondimenti. Quest'aspetto della tematica delle infestanti sarà cruciale nel quantificare la risposta e la potenziale minaccia agronomica in futuro, poiché la concentrazione di anidride carbonica continua ad aumentare (Ziska, 2003).

2 Materiali e metodi

Questa tesi di laurea è inquadrata all'interno del progetto di ricerca europea "Domino", esso mira a migliorare la sostenibilità di lungo termine ed a ridurre l'impronta ecologica delle produzioni frutticole biologiche intensive. Oggetto della ricerca sono l'interazione tra le piante da frutto e le specie spontanee, i residui organici ed il microbioma. Il progetto intende rompere il paradigma di monocoltura applicato al frutteto biologico, migliorando i servizi offerti a livello di agroecosistema. (*Coreorganic.org*)

L'innovazione proposta dal progetto riguarda nuovi approcci alle attuali criticità dei frutticoltori biologici: sostenibilità economica delle colture, questioni relative alla certificazione, servizi ecosistemici. Essi si focalizzano in particolare su:

- sviluppo di nuove strategie per la gestione del sottofila, volte ad incrementare la biodiversità del frutteto (utilizzando pacciamature vive);
- Ottimizzazione delle strategie di fertilizzazione con l'impiego di fertilizzanti derivati da sottoprodotti disponibili localmente e di coperture di leguminose che migliorino il bilancio nutrizionale ed i servizi dell'agroecosistema;
- Analisi e gestione della fertilità del suolo per ottimizzare l'uso dei nutrienti e migliorare la tolleranza alle malattie delle piante da frutto;
- Valutazione dell'utilizzo di sistemi di copertura delle piante per il controllo meccanico delle malattie e dei parassiti;
- Previsione delle potenziali esternalità positive di lungo termine sull'ambiente di sistemi di produzione misti;
- Calcolo dell'impatto economico delle strategie proposte in sistemi di produzione biologica;

Descrizione dei siti sperimentali

Le sperimentazioni condotte e qui riportate, hanno come obiettivo quello di formulare una tecnica di gestione del suolo in un arboreto, che preservi la biodiversità e che sia conveniente dal punto di vista applicativo ed economico. La descrizione dei siti sperimentali e delle tecniche è fondamentale per la comprensione delle profonde differenze tra i fattori e i livelli testati che caratterizzano ogni prova.

I fattori testati sono: (a) pacciamatura vegetale; (b) diserbo manuale.

La pacciamatura vegetale è stata testata utilizzando diverse varietà di fragola per valutarne l'efficacia in base alla copertura vegetale apportata. Il diserbo manuale, effettuato solo nel sito sperimentale di Gallignano, è stato svolto con lo scopo di verificare la sua influenza sulla crescita della pacciamatura e della coltura principale.

Le sperimentazioni effettuate si trovano in diverse realtà produttive nelle provincie di Ancona e Macerata. La scelta di diversificare i campi di prova, spaziando da località litoranee a montane, cerca di fare tesoro delle diversità del contesto pedo-climatico e gestionale riscontrabili in questi areali, implementando e migliorando tutte le criticità funzionali, tecniche e applicative, che sono state riscontrate in siti sperimentali dalle differenti caratteristiche. Il fine ultimo infatti, è quello di mettere a punto una tecnica che possa essere usata concretamente e che disponga di una certa flessibilità applicativa in diversi contesti.

La scelta delle aziende private ha tenuto in considerazione alcuni requisiti per i quali l'attività aziendale avrebbe tratto il massimo beneficio dalle innovazioni tecniche introdotte. La tipologia di soluzioni proposte sono capaci di offrire vantaggi ecologici ed economici importanti, richiedono però un'organizzazione del lavoro e del mercato capace di valorizzare prodotti secondari, fattore meno riscontrabile in contesti di grandi realtà produttive.

La scelta di accorpate realtà produttive locali nel contesto sperimentale è di fondamentale comprensione, queste aziende infatti consentono di evidenziare problematiche di tipo tecnico-pratico che magari, in un'azienda sperimentale universitaria, potrebbero avere poca risonanza dinanzi agli obiettivi scientifici prefissati. Inoltre la presenza sul territorio di un'azienda che rispecchia la realtà produttiva più comune della zona e che abbia accettato di effettuare sperimentazioni, può attirare altri produttori che avendo appurato l'efficacia dei metodi proposti e il tornaconto in termini di sostenibilità e qualità produttiva, potranno testare anch'essi le modalità sperimentate.

Tutti i siti sperimentali saranno descritti secondo il seguente schema logico, strutturato in 3 punti:

(1) *Localizzazione e descrizione pedoclimatica del sito sperimentale* (dove si illustreranno i dati sensibili che caratterizzano l'areale); (2) *Disegno sperimentale* (verrà illustrata la strutturazione del campo sperimentale); (3) *Operazioni effettuate* (saranno elencate, con data annessa laddove è stato possibile reperirla, le tecniche colturali attuate nel sito d'interesse).

Questo schema logico differisce solo per il sito di Gallignano dove è presente un ulteriore approfondimento (4) *Criteri utilizzati per l'individuazione delle infestanti*, utile per la comprensione del fattore sperimentale del diserbo manuale qui applicato.

Le aziende interessate dalle sperimentazioni sono le seguenti:

- 2.1 Azienda Agricola sperimentale Pasquale Rosati dell'UNIVPM, Agugliano (AN)
- 2.2 Azienda Madonna delle api, Osimo (AN)
- 2.3 Azienda Colle Stefano, Matelica (MC)

2.1 Azienda Agricola sperimentale Pasquale Rosati dell'UNIVPM

2.1.1 Localizzazione e descrizione pedoclimatica del sito sperimentale

L'azienda agricola dell'Università Politecnica delle Marche, è situata fuori dalla frazione di Casine di Paterno (An), in coordinate 43°34'06.3"N 13°25'27.2"E. La prova si estende per una superficie di 8.562 m², con una pendenza del 10% ed è rivolto ad Ovest.

Per quanto concerne l'andamento climatico dell'area, si registrano temperature medie per i trimestri: Gennaio/Marzo 6.7°C; Aprile/Giugno 16.4°C; Luglio/Settembre 21.9°C; Ottobre/Dicembre 10.9°C; con una temperatura media di 23.0°C Luglio è il mese più caldo dell'anno, mentre Gennaio è quello più freddo con 4.9°C. Se analizziamo le temperature minime e massime, si nota come nell'arco dell'anno non siano mai scese al di sotto dei 2.1°C riscontrati a Gennaio, mentre il valore più alto è dato dai 27.1°C di Agosto. I dati sono stati raccolti in un lasso temporale dal 1982 al 2012.

La piovosità media si attesta su valori che oscillano, in base all'andamento climatico annuale, dai 700 agli 800 mm di precipitazioni. Novembre risulta essere il mese più piovoso con precipitazioni per 82 mm. (*Climate-data.org*)

La storia colturale dell'appezzamento utilizzato è stata monitorata per decenni. In questo ambiente numerosi parametri riguardanti caratteristiche pedologiche e precessioni colturali sono stati rilevati con costanza, e le informazioni raccolte consentono di costruire un disegno sperimentale capace di minimizzare l'effetto della variabilità ambientale sulle *performances* delle cultivar. Questa variabilità consiste nelle diverse precessioni colturali ma anche nella diversa natura pedologica del fondo.

Da un punto di vista pedologico le analisi del suolo sono state affidate al Centro Agrochimico Regionale dell'Assam in data 21 Ottobre 2010, i valori riportati fanno riferimento a due profondità diverse (Tabella 1).

I seguenti dati si riferiscono a profondità di 5-20 cm con interesse particolare per gli apparati radicali delle fragole: la tessitura è tendenzialmente argillosa, il pH risulta leggermente alcalino; inoltre il terreno presenta poco calcare totale ed è mediamente dotato di quello attivo, considerando valori medi di 10-35 g/kg; il quantitativo di sostanza organica è medio, mentre l'azoto totale presente ne rende il suolo mediamente dotato; la capacità di scambio cationica è elevata, mentre il rapporto tra carbonio e azoto rende il terreno tendente alla mineralizzazione.

Alla profondità di 20-40cm, con maggior interesse per l'apparato radicale delle arboree:

La tessitura è tendenzialmente argillosa, il pH risulta essere leggermente alcalino. Il calcare totale è basso così come quello attivo; il contenuto di sostanza organica rinvenuta è ridotto, valori simili sono riscontrabili anche nell'azoto totale; La capacità di scambio cationico del suolo è elevata, mentre il rapporto carbonio-azoto evidenzia una facilità alla mineralizzazione.

Parametro	Profondità 5-20cm	Profondità 20-40cm	Metodo utilizzato
Sabbia	282 g/kg	326 g/kg	D.M.13/09/99-II.5
Limo	390 g/kg	351 g/kg	D.M.13/09/99-II.5
Argilla	328 g/kg	323 g/kg	D.M.13/09/99-II.5
pH	7,94	8,06	D.M.13/09/99-III.I
Calcare totale	87 g/kg	95 g/kg	D.M.13/09/99-V.1
Calcare attivo	33 g/kg	35 g/kg	D.M.13/09/99-V.2
Sostanza organica	20,0 g/kg	14,3 g/kg	D.M.13/09/99-VII.3
Azoto totale	1,30 g/kg	1,00 g/kg	D.M.13/09/99-XIV.3
Fosforo assimilabile	32 mg/kg	19 mg/kg	D.M.13/09/99-XV.3
Potassio scambiabile	506 mg/kg	335 mg/kg	D.M.13/09/99-XIII.5
Magnesio scambiabile	175 mg/kg	145 mg/kg	D.M.13/09/99-XIII.5
Calcio scambiabile	4382 mg/kg	4486 mg/kg	D.M.13/09/99-XIII.5
Sodio scambiabile	32 mg/kg	36 mg/kg	D.M.13/09/99-XIII.5
C.S.C.	26,5 meq/100g	24,4 meq/100g	D.M.13/09/99-XIII.5
C/N	8,9	8,3	

Tabella 1: Comparazione analisi del suolo effettuate a profondità diverse nell'azienda Agricola sperimentale Pasquale Rosati dell'UNIVPM.

2.1.2 Disegno sperimentale

L'intero appezzamento è suddiviso in due blocchi perché prima della prova attuale, la superficie era per metà occupata da un vecchio frutteto di susino, e la rimanente porzione era lasciata incolta. Per evitare qualsiasi tipo di interferenza nei risultati sperimentali dovuti alla possibile stanchezza del terreno, si è optato per la formazione di due blocchi corrispondenti alle due situazioni in campo, e in entrambi sono presenti lo stesso numero di repliche per ciascun trattamento disposte casualmente.

Il disegno sperimentale prevede 3 fattori di variabilità: l'impiego di pacciamature vive, l'applicazione di diserbo manuale selettivo e il portainnesto dell'albicocco.

Le possibili pacciamature presenti sono: (a) *Potentilla* sp.; (b) Fragola Bianca; (c) Fragola Rosa; (c) Fragola dei Sibillini presente in due densità d'impianto (2 o 4 fragole per pianta).

Il diserbo manuale può essere stato effettuato o meno determinando prove in controllo o diserbate, le linee guida seguite per il diserbo saranno approfondite successivamente (2.1.4 *Criteri utilizzati per l'individuazione delle infestanti*).

I trattamenti relativi all'albicocco prevedono la combinazione di varietà di *Prunus armeniaca* su diversi portainnesti, le linee varietali testate sono: Bella D'imola, Dulcinea, Ninfa, Orange Rubis, Perla, Pieve, San Castrese, Kioto, Flopria, Tsunami; mentre i portainnesti su cui sono innestate sono il GF677 e il Mirabolano 29C, tutte le caratteristiche di questi parametri saranno trattate successivamente (2.8 *Cultivar utilizzate*).

I fattori di variabilità sono stati distribuiti secondo un disegno sperimentale a randomizzazione completa. In particolare, ogni tipo di pacciamatura è stata applicata in un minimo di 4 parcelle per ogni blocco. All'interno di ciascuna parcella sono presenti un numero minimo di 4 repliche. Il disegno sperimentale è stato costruito in maniera tale da affiancare una parcella controllo a ciascuna parcella con pacciamatura.

Le piante sono in totale 284 disposte su 12 file. L'area di campionamento sotto ciascuna pianta presenta misure di 100cm di lunghezza e 50cm di larghezza, ogni area è poi divisa alla metà della sua lunghezza definendo così, una porzione a valle e una a monte rispetto alla coltura arborea di 50cm X 50cm.

2.1.3 Operazioni Effettuate

Le operazioni riportate di seguito sono avvenute nel sito di Gallignano sotto il coordinamento del dipartimento di Arboricoltura dell'UNIVPM.

In data 07 Febbraio 2018 si sono messi a dimora gli astoni delle piante di albicocco.

E' stata effettuata una fresatura superficiale sul sottofila il giorno 02 Maggio 2018, questa è l'unica lavorazione meccanica subita dalle parcelle. Lo stesso giorno sono state messe a dimora le piante programmate in pane di terra di fragola.

Il 29 Giugno è stato effettuato il diserbo manuale nelle parcelle interessate da tale trattamento.

Ad Ottobre è stato utilizzato un decespugliatore per effettuare una pulizia dei bordi delle prove, senza intaccare in alcun modo le parcelle sperimentali.

Il giorno 03 Dicembre del 2018 è stata effettuata rilevazione del calibro del fusto dell'albicocco.

Il 04 Marzo 2019 è stato effettuato un trattamento rameico sull'albicocco al fine di evitare attacchi fungini. Questo è un aspetto di notevole interesse, infatti i trattamenti richiesti dall'albicocco in futuro non potranno combaciare con la fase produttiva della fragola, o non si avrà la possibilità di vendita del prodotto per il mancato rispetto dei tempi di carenza.

Il 15 Marzo 2019 si è potato l'albicocco.

2.1.4 Criteri utilizzati per l'individuazione delle infestanti

Il diserbo manuale (o scerbatura) consiste nell'asportazione delle essenze infestanti che hanno caratteri altamente competitivi nei confronti delle fragole o dell'albicocco. Le analisi effettuate in seguito a tale operazione consentono di verificare se effettuare il diserbo manuale sia un intervento efficace, e se questo sia visibile nelle parcelle che lo hanno subito rispetto a quelle lasciate spontanee.

La tecnica della scerbatura, laddove è stata praticata, ha seguito delle linee guida utili per poter identificare le essenze infestanti che presentano quei caratteri ritenuti maggiormente competitivi, tarando su questi tratti morfo/fisiologici l'estirpazione effettuata.

Sono state eliminate le specie spontanee con apparato fittonante e quelle con una altezza della parte aerea tale da entrare in competizione con lo sviluppo delle piante di albicocco.

2.2 Azienda Madonna delle api

2.2.1 Localizzazione e descrizione pedoclimatica del sito sperimentale

L'azienda Madonna delle api locata in Osimo provincia di Ancona, alle coordinate 43°28'38.9"N 13°28'16.7"E. Presenta un'area dedicata alla sperimentazione di 2711 m².

Per quanto riguarda l'andamento climatico della zona si registrano le seguenti temperature medie divise in trimestri: Gennaio/Marzo 6.7°C; Aprile/Giugno 16.6°C; Luglio/Settembre 22.1°C; Ottobre/Dicembre 11.0°C; con una temperatura media di 23.3°C Luglio è il mese più caldo dell'anno, mentre Gennaio è quello più freddo, con una media di 5.1°C; se analizziamo le temperature minime e massime si nota come nell'arco dell'anno, non si sia mai sceso sotto i 2.5°C rilevati a Gennaio, e il dato più alto sono i 27.3°C di Luglio, i valori sono stati raccolti in un lasso temporale dal 1982 al 2012.

La piovosità media si attesta su valori variabili, in base all'andamento climatico annuale, intorno ai 750-800 mm, Novembre risulta essere il mese più piovoso con precipitazioni di 82 mm, *Climate-data.org*.

2.2.2 Disegno sperimentale

Il sito sperimentale è composto da 3 filari. In ciascuno sono presenti 2 parcelle per tipologia di trattamento con 3 repliche all'interno, ogni trattamento è disposto casualmente all'interno della fila.

I trattamenti possibili sono: Fragola Bianca, Fragola dei Sibillini, Fragola dei Sibillini con due piante e il controllo. Nella terza fila è mancante la seconda parcella del trattamento Fragola Bianca, di conseguenza tutti le altre variabili sperimentali sono presenti in 18 repliche fatta eccezione per quest'ultima che si trova solamente in 15 di esse.

FILA 1	FILA 2	FILA 3
CONTROLLO	BIANCA	CONTROLLO
BIANCA	SIBILLINI	BIANCA
SIBILLINI X2	CONTROLLO	SIBILLINI
SIBILLINI	SIBILLINI X2	SIBILLINI X2
CONTROLLO	BIANCA	CONTROLLO
BIANCA	SIBILLINI	SIBILLINI
SIBILLINI X2	CONTROLLO	SIBILLINI X2
SIBILLINI	SIBILLINI X2	

Tabella 3: Disegno sperimentale Azienda Agricola Madonna delle Api, controllo e pacciamature: Fragola Bianca; Fragola dei Sibillini; Fragola dei Sibillini x2.

2.2.3 Operazioni Effettuate

In questo caso le operazioni si limitano ad uno sfalcio nell'interfila a file alterne una volta l'anno, e per la gestione del sottofila l'agricoltore lascia pascolare dei caprini durante il periodo invernale.



Immagine 2: Caprini in pascolamento nel periodo invernale, utilizzati come gestione delle erbe infestanti.

2.3 Azienda ColleStefano

2.3.1 Localizzazione e descrizione pedoclimatica del sito sperimentale

L'azienda ColleStefano è locata a Matelica in provincia di Macerata alle coordinate 43°12'25.6"N 13°01'37.2"E. Per quanto concerne l'andamento climatico dell'area, si registrano temperature medie per i trimestri: Gennaio/Marzo 5.9°C; Aprile/Giugno 16.1°C; Luglio/Settembre 19.5°C; Ottobre/Dicembre 9.8°C; con una temperatura di 22.8°C. Luglio è il mese più caldo dell'anno, mentre Gennaio è quello più freddo con 4.3°C; se analizziamo le temperature minime e massime si nota come, nell'arco dell'anno, non si sia mai sceso sotto ai 1.6°C rilevati a Gennaio, mentre il valore più alto sono i 27.8°C di Luglio, i dati sono stati raccolti in un lasso temporale dal 1982 al 2012.

La piovosità media si attesta su valori variabili, in base all'andamento climatico annuale, intorno ai 800-900 mm di precipitazioni, Novembre ne risulta il mese più piovoso con precipitazioni per 99 mm, ma anche Settembre e Ottobre rilevano precipitazioni superiori agli 80 mm. (*Climate-data.org*)

I tre filari di vite sottoposti alla sperimentazione si trovano in una particolare zona dell'azienda agricola Colle Stefano, infatti la zona è caratterizzata da una depressione che aumenta la temperatura media dell'aria per una ridotta ventilazione.

L'agricoltore sta testando diversi inerbimenti interfilari e sottofilari al fine di limitare l'erosione per ruscellamento, la quale risulta essere molto accentuata nell'areale in questione.

Il vigneto viene gestito lavorando in modo alternato le interfile, avendo così la possibilità di interrare ammendanti nelle file lavorate, e di lasciare un inerbimento con essenze miglioratrici nell'altre. (normalmente *Lolium perenne*, *Sulla coronaria*, *Malva sylvestris* e *Trifolium alexandrinum*).



Immagine 3: Le due gestioni dell'interfila: a sinistra quella lavorata, a destra l'inerbimento annuale.



Immagine 4: Filare di vite con pacciamatura di Fragola dei Sibillini nel sottofila.

2.3.2 Disegno sperimentale

La prova sperimentale differisce dalle precedenti sia per la tipologia di coltura arborea utilizzata che per i livelli dei fattori pacciamante. In questo caso la coltura principale è *Vitis vinifera* testata su 3 diversi trattamenti possibili: (a) Fragola dei Sibillini ripetuta in numero di due unità; (b) Fragola dei Sibillini ripetuta in numero di 4 unità per parcella; (c) Controllo. La sperimentazione è stata effettuata su sei filari di vite, ed ogni trattamento è stato testato per 30 piante di *Vitis vinifera*, considerando la suddivisione di ogni parcella in fondo e valle, ogni trattamento è presente 60 volte in un filare. Fatta eccezione per le file 1 e 2 che hanno solo una pacciamatura con Fragola dei Sibillini ripetuta in numero di 2 unità per parcella, le altre 4 presentano tutti e tre i trattamenti.

FILA 1	FILA 2	FILA 3	FILA 4	FILA 5	FILA 6
SIBILLINI X2	SIBILLINI X2	SIBILLINI X2	CONTROLLO	SIBILLINI X2	CONTROLLO
SIBILLINI X2	SIBILLINI X2	SIBILLINI X4	SIBILLINI X4	SIBILLINI X4	SIBILLINI X4
SIBILLINI X2	SIBILLINI X2	CONTROLLO	SIBILLINI X2	CONTROLLO	SIBILLINI X2

Tabella 4: Disegno sperimentale Azienda ColleStefano, controllo e pacciamature: Fragola dei Sibillini x2; Fragola dei Sibillini x4. Ogni blocco rappresenta 30 piante di *Vitis vinifera*.

2.3.3 Operazioni Effettuate

Anche in questa prova come in quella di Osimo, la tecnica colturale è dettata dall'agricoltore locale.

Per il contenimento meccanico delle infestanti l'agricoltore effettua un taglio orizzontale sotto superficiale con barra, quest'operazione consente non solo di eliminare selettivamente le fittonanti, lasciando integri gli apparati radicali delle fragole e della vite, ma anche di favorire l'insediamento di stoloni all'interno delle fessurazioni provocate, consentendo un infittimento della pacciamatura.

Nei filari interessati dalle sperimentazioni l'operazione è stata eseguita una sola volta in Aprile.

Plasmopara viticola è il patogeno principale che colpisce gli impianti di *Vitis vinifera* nell'azienda ColleStefano, ciò nonostante i danni apportati non sono ingenti, e riducono lievemente una produzione che di per sé risulta essere elevata (oltre i 100 quintali all'ettaro). Per la lotta chimica del patogeno l'azienda si avvale dell'utilizzo di Heliocuire®, il prodotto viene erogato insieme ad alcune alghe (Oomisine e Frontiere) che aumentano le difese della vite nei confronti di fitopatie crittogamiche.

La tempistica dei trattamenti chimici per le fitopatie sulla coltura principale è fondamentale, in quanto non deve corrispondere alla presenza del frutto maturo di fragola, e deve rispettare i tempi di carenza imposti, conditio sine qua non il prodotto della pacciamatura non è edibile. Nell'azienda in questione Heliocuire® veniva impiegato con una dose di 4 Kg in 15 trattamenti annuali ammessi dal disciplinare biologico.



Immagine 5: Operazione di taglio orizzontale con barra sulla fila, l'operazione si è rivelata molto efficiente nel controllo delle piante infestanti fittonanti, l'attrezzo presenta uno scavallatore per non intaccare le piante di vite.

2.4 Rilievi effettuati

Analizzeremo ora i caratteri presi in considerazione per trarre dei risultati sperimentali utili, i parametri che seguono sono stati valutati in tutti e tre i campi di prova e riguardano sia la coltura principale che la pacciamatura vegetale utilizzata.

2.4.1 *Prunus armeniaca*

Calibro del tronco:

Il calibro del tronco è una misurazione fondamentale per capire l'attività dell'arborea, nel caso specifico la misurazione è utile per certificare un'eventuale competizione delle infestanti che potrebbero influire negativamente sulla crescita dendrometrica, oppure se la presenza della pacciamatura influisca positivamente con l'arborea.

Il calibro in ogni misurazione deve essere tenuto alla stessa distanza dal terreno, e deve essere rigorosamente perpendicolare al tronco.

Stadio fenologico:

Lo stadio fenologico viene valutato per avere un'idea dell'attività metabolica e biologica del vegetale, essa è influenzata sia dal genotipo che dalle condizioni ambientali in cui si trova.

Questo parametro è stato calcolato utilizzando la scala BBCH che è un sistema decimale ideato per codificare uniformemente stadi fenologici analoghi sia per specie monocotiledoni che dicotiledoni.

Quattro sono le fasi fenologiche evidenziate dalla scala, applicabili per l'albicocco:

0) Dormienza invernale.

5) Apparizione dell'infiorescenza:

- 51: Rigonfiamento delle gemme.
- 53: Apertura delle gemme.
- 57: Comparsa dei petali.
- 59: Mazzetti divaricati.



6) Fioritura:

- 61: Inizio fioritura.
- 65: Piena fioritura.
- 67: Inizio caduta petali.
- 69: Fine fioritura.



7) Sviluppo dei frutti:

- 71: Allegagione.
- 73: Inizio ingrossamento frutti.
- 74: Ingrossamento dei frutti (50%).
- 77: Ingrossamento dei frutti (70%).



8) Maturazione dei frutti:

- 81: Inizio colorazione.
- 85: Colorazione avanzata.
- 87-89: Raccolta maturità gustativa.



2.4.2 *Fragaria*ananassa*

Copertura del suolo:

Questo parametro è misurabile quando le piante sono ben sviluppate, è una proiezione verticale dell'area fogliare totale, la copertura equivarrebbe infatti alla proiezione dell'ombra se il sole fosse a mezzogiorno.

Per stimare il terreno coperto dividendo le infestanti dalle pacciamanti, le parcelle sono state divise in due sotto unità di 50cmX50cm, con posizione a monte e a valle dell'arborea nella fila. I dati vengono espressi come percentuale di copertura del suolo, usando come riferimento per i grafici la scala di Braun-Blanquet, questo al fine di rendere possibile la realizzazione di grafici sull'evoluzione della composizione del sottofila, in cui 0 si riferisce al terreno nudo e 100% alla copertura totale del terreno..

La frequenza con cui il dato è stato rilevato ha cadenza bimensile, una mole di dati che consente di avere una chiara idea sull'evoluzione della copertura durante i diversi periodi dell'anno.

E' di comune pensiero che la copertura totale sia un parametro più ecologicamente significativo della densità o della frequenza di copertura, questo perché è una stima di quanto una pianta "domini" un ecosistema, vanno pertanto presi in esame due considerazioni: (a) la copertura totale è più strettamente correlata alla biomassa rispetto alla densità o alla frequenza, e quindi riflette la quantità di CO₂ e luce che sono catturate dalla pianta e trasformate in massa vegetale; (b) questo parametro riflette anche la quantità di acqua del suolo e di sostanze nutritive, a cui la pianta può accedere e utilizzare.

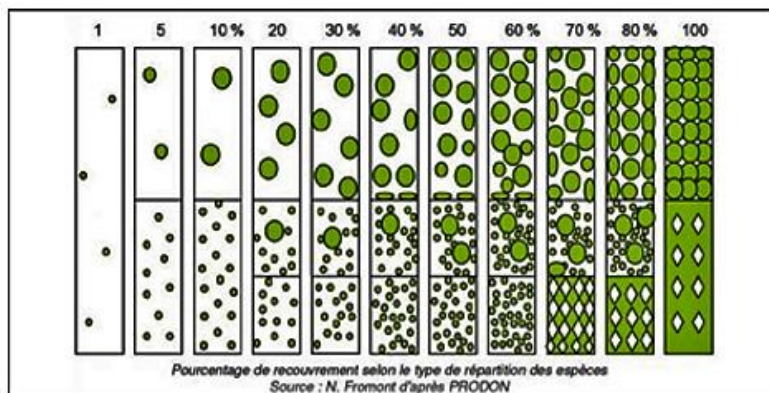


Immagine 6: Scala di Braun-Blanquet, utile per apportare una percentuale di copertura in funzione dell'espansione degli apparati epigei.



Immagine 7: Parcella 50cmX100cm sotto piata di *Prunus armeniaca*, la parcella in questione è gestita in controllo, e la divisione parcellare è stata effettuata per calcolare la percentuale di copertura delle infestanti.

Voto visivo:

Si valutano caratteristiche visive quali: (a) altezza, (b) vigore, (c) crescita, (d) salute della pianta (considerando clorosi e arrossamenti dell'apparato fogliare) e (e) numero di foglie (densità del fogliame).



Immagine 8: Considerando la presenza di foglie leggermente clorotiche e dei frutti maturi, il voto di questa copertura pacciamante è di 7.

Numero di stoloni:

Vengono misurati per numero/pianta, nel caso di Potentilla la loro misurazione è stata possibile solo inizialmente per via dell'elevata capacità stolonifera che rende impossibile ulteriori conteggi. Dobbiamo considerare che la produzione di propaggini vegetative è un'attività molto dispendiosa, energeticamente parlando, di conseguenza la loro produzione avviene solo se la pianta ha riserve energetiche sufficienti prodotte da una buona attività assorbente/fotosintetizzante. Questo parametro è un indice indiretto del livello di competizione che la pacciamatura ha riscontrato nell'attività vegetativa.

Stadio fenologico:

Parametro fondamentale per comprendere in che fase di sviluppo si trova la pianta, inoltre risulta essere utile anche per fare paragoni con lo stadio fenologico della coltura arborea, in modo da valutare eventuali sovrapposizioni di trattamenti richiesti da una pianta quando sono presenti i frutti sull'altra.

Per la valutazione del parametro ci si è avvalsi della scala BBCH, che per la fragola prevede 5 diversi stadi:

0) Sviluppo delle gemme

- 00: Dormienza piena
- 03: Gonfiore della gemma principale

1) Sviluppo fogliare

- 10: Emergenza della prima foglia.
- 11: Prima foglia dispiegata.
- 12: Seconda foglia dispiegata.
- 13: Terza foglia dispiegata.
- 1...: La fase di dispiegamento continua tante foglie sono dispiegate
- 19: 9 o più foglie dispiegate.

2) Sviluppo degli stoloni e delle plantule

- 41: Inizio della formazione degli stoloni (visibili almeno 2cm)
- 42: Prima pianta clone visibile
- 43: Inizio sviluppo apparato radicale nelle piante clone
- 45: Prima pianta clone con apparato radicale sufficientemente sviluppato da consentire il trapianto
- 49: Diverse piante cloni con apparati radicali propri.

5) Emergenza dell'infiorescenza

- 55: Prima serie di fiori visibili sopra la rosetta.
- 56: Allungamento infiorescenza.
- 57: Primo germoglio florale emerso (ancora non aperto).
- 58: Ingrossamento primo germoglio.
- 59: Maggior parte dei germogli ingrossati.

6) Fioritura

- 60: Fioritura fiore primario
- 61: Inizio fioritura (circa il 10% della totalità dei fiori è aperto)
- 65: Fioritura totale (fiore secondario e terziario totalmente aperti, inizio scamicatura)
- 67: Sfaldamento fiore (la maggior parte dei petali è assente)

Descrizione caratteristiche materiale vegetale utilizzato

Nella descrizione del materiale vegetale si vuole rendere consapevole il lettore delle caratteristiche botaniche e biologiche, caratterizzanti le pacciamature e le piante arboree utilizzate. Oltre ai genotipi e fenotipi analizzati, sono riportati anche parametri produttivi, in modo da avere una panoramica completa sulla coltura trattata.

2.5 *Prunus armeniaca*, morfologia e fenologia

L'albicocco o *Prunus armeniaca*, biologicamente è un albero vigoroso longevo e assurgente, La fenologia della pianta vede diversi stadi, ricollegabili con la scala d'identificazione fenologica BBCH precedentemente illustrata:

A. Rigonfiamento gemme: le gemme si rigonfiano per l'elevata attività citochinetica dell'apice meristemato, è il primo segnale della ripresa vegetativa che avviene nella seconda metà di febbraio; nella scala BBCH tale fase è assimilabile al punto 5.

B. Bottoni rosa: fase precedente alla fioritura in cui le gemme destinate a dare i fiori si presentano molto ingrossate con l'apice di colore rosa, successivamente i peduncoli dei bottoni fiorali si allungano, i sepali di colore rosso intenso, si separano e lasciano intravedere i petali, nella scala BBCH tale fase è assimilabile al punto 5.

C. Fioritura: avviene prima della fogliazione ai primi di marzo e dura 8-10 giorni, fioritura tra le più precoci nei nostri territori, seconda solo a *Prunus amygdalus*; i bottoni fiorali sono completamente aperti, esponendo gli organi riproduttivi, nella scala BBCH tale fase è assimilabile al punto 6.

D. Allegazione: a seguito della fecondazione avvenuta, l'ovario inizia le divisioni cellulari per divenire un frutticino che solo dopo la scamicatura, si evidenzierà, nella scala BBCH tale fase è assimilabile al punto 7.

E. Frutto noce: dopo l'allegazione i frutticini cominciano ad ingrossarsi per effetto di un'elevata attività citochinetica determinando il numero finale di cellule; nella seconda fase di accrescimento il frutto mostra una stasi di accrescimento durante la quale avviene l'indurimento del nocciolo; infine la fase di distensione cellulare con accumulo di acqua e zuccheri nelle cellule che comporranno il mesocarpo; questo stadio si verifica 50-60 giorni dopo la fioritura e nella scala BBCH tale fase è assimilabile al punto 8.

2.6 Portainnesti di *Prunus armeniaca*

I portainnesti utilizzati sono il GF677 e il Mirabolano.

Il GF677 è un portainnesto ottenuto dall'incrocio tra *Prunus persica***Prunus amygdalus*, esso determina una produzione elevata e costante oltre alla resistenza al ristoppio e al calcare totale fino a valori di 8-10%. Tra i difetti si riportano: l'eccessiva vigoria richiede interventi di potatura ripetuti, inoltre soffre di ristagni idrici ed è suscettibile a *Phytophthora cactorum*, *Rizhobium radiobacter* e *Armillaria*. Il GF677 presenta però un'incompatibilità mascherata che si manifesta dopo 2-3 anni con l'albicocco, ecco quindi che si rende necessario l'utilizzo di piante trimembri con un intermedio come *Prunus persica* per ovviare a tale disaffinità.

Il Mirabolano 29C è una selezione clonale di *Prunus cerasifera* e risulta essere il portainnesto clonale più utilizzato con caratteristiche quali un vigore medio, buona produttività e precocità di messa a frutto.

2.7 *Fragaria*X*Ananassa*, morfologia e fenologia

La fragola comunemente coltivata è ottaploide (8n) ottenuta per incrocio tra *Fragaria virginiana* * *Fragaria chiloensis*, ma nelle sperimentazioni da noi effettuate, oltre alla fragola comune e a quella Rosa (anch'essa ottaploide) viene anche usata la diploide (2n) *Fragaria vesca*, e la fragola di bosco rappresentata dalla Fragola dei Sibillini.

La pianta è un'arborea compressa con fusto raccorciato e ricco di sostanze amidacee lungo 10-15 cm. L'apparato radicale è fascicolato e poco espanso, ciò provoca serie problematiche nell'approvvigionamento idrico considerando che il volume esplorato dalle radici è compreso tra i 25 cm di diametro e i 20-25 cm di profondità.

Le foglie sono composte da 3 foglioline con margine dentato, ovali a rosetta basale; ricordiamo inoltre la presenza di lunghi piccioli e 2 stipole basali.

All'ascella delle foglie sono presenti dei meristemi che, in condizioni ottimali di disponibilità idrica e temperatura, danno origine agli stoloni i quali allungandosi nodificano, formando un apparato aereo e radicale completamente autonomo dalla pianta d'origine, l'insieme degli stoloni creati da una pianta è detta Catena stolonifera.

Il frutto, che comunemente il consumatore medio attribuisce alla fragola, in realtà risulta essere un falso frutto in quanto originatosi dall'accrescimento del ricettacolo e non dall'ovario, i veri frutti sono i piccoli acheni di colore bianco/giallastri che sono disseminati sulla parte carnosa del falso frutto.

Da un punto di vista pedologico *Fragaria* predilige terreni a medio impasto o argillosi purché ben drenati, perché molto suscettibile a asfissie radicali per ristagni idrici e malattie fungine all'apparato radicale. Tra gli altri valori importati si ricordano: pH 5,8-7; calcare attivo inferiore al 6%; salinità inferiore a 2 mS/cm, confrontando questi dati con quelli rilevati nel campo di Agugliano risulta che le condizioni di pieno campo non siano ottimali.



Immagine 9: Le quattro tipologie di fragole raccolte divise per varietà: in alto a destra Potentilla; in alto a sinistra Fragola Rosa; in basso a sinistra Fragola Bianca; in basso a destra Fragola dei Sibillini.

3 Risultati e discussione

Di seguito sono riportati i grafici ottenuti dalla rielaborazione dei dati, raccolti nei tre siti sperimentali.

Nell'Azienda Agricola sperimentale Pasquale Rosati dell'UNIVPM, sono state esplorate due tesi sperimentali riferite all'applicazione di: (1) diserbo e (2) coperture pacciamanti.

Per verificare l'efficacia del diserbo manuale, viene analizzata la differente presenza di piante erbacee nelle parcelle diserbate e in quelle gestite in controllo. Il parametro principalmente considerato è l'altezza, perché esso rappresenta un ottimo indicatore della competitività delle infestanti rispetto alla coltura arborea, dati riferiti al rilievo effettuato in data 9 Novembre 2018.

La Figura 1 compara l'altezza media delle essenze erbacee nei due trattamenti. Dalla rielaborazione si evince come nelle parcelle non diserbate, l'altezza media sia significativamente superiore rispetto a quelle che invece hanno subito il trattamento.

Nella Figura 2, invece, sono riportate le altezze massime raggiunte dalle erbe presenti nei due trattamenti. In entrambi i grafici si può notare come l'altezza media e quella assoluta delle infestanti, sia maggiore nelle tesi controllo rispetto a quelle trattate con diserbo, ciò vuol dire che il diserbo manuale ha contenuto la crescita delle essenze infestanti che, se non selezionate, avrebbero raggiunto altezze superiori, determinando una maggior competizione come mostrano le barre azzurre del controllo.

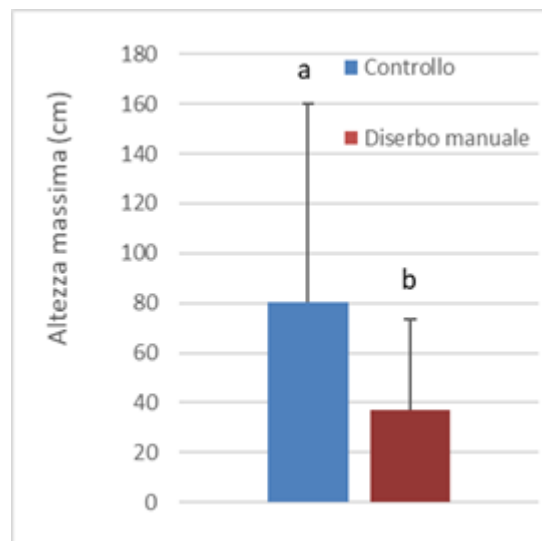
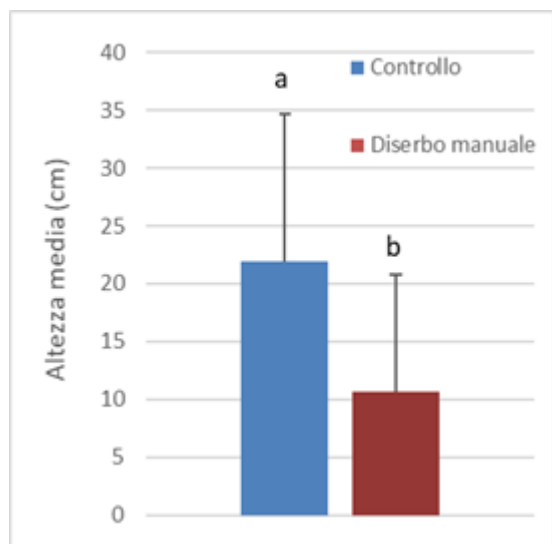


Figura 1 e 2: Altezze diverse rilevate nelle prove gestite in controllo e in quelle che hanno diserbo manuale; nella figura 1 (a sinistra) è rappresentata l'altezza media, mentre la figura 2 (a destra) mostra l'altezza massima, espressa in centimetri. Lettere diverse indicano differenze significative secondo il test Tukey di separazione delle medie ($p < 0.05$). I dati sono presentati come media \pm deviazione standard.

Un altro parametro monitorato è la copertura totale, il dato è ottenuto considerando sia la copertura apportata dalle erbe, considerate molto competitive, che quella dovuta a specie meno competitive.

La figura 3 mostra come l'andamento della copertura vegetale totale, sia variato nel tempo nei due trattamenti: i risultati non denotano differenze statisticamente significative, di conseguenza si può affermare che la copertura totale non è influenzata dalla tipologia di trattamento applicato, ma si mantiene costante nel periodo invernale con un aumento rilevato in quello primaverile.

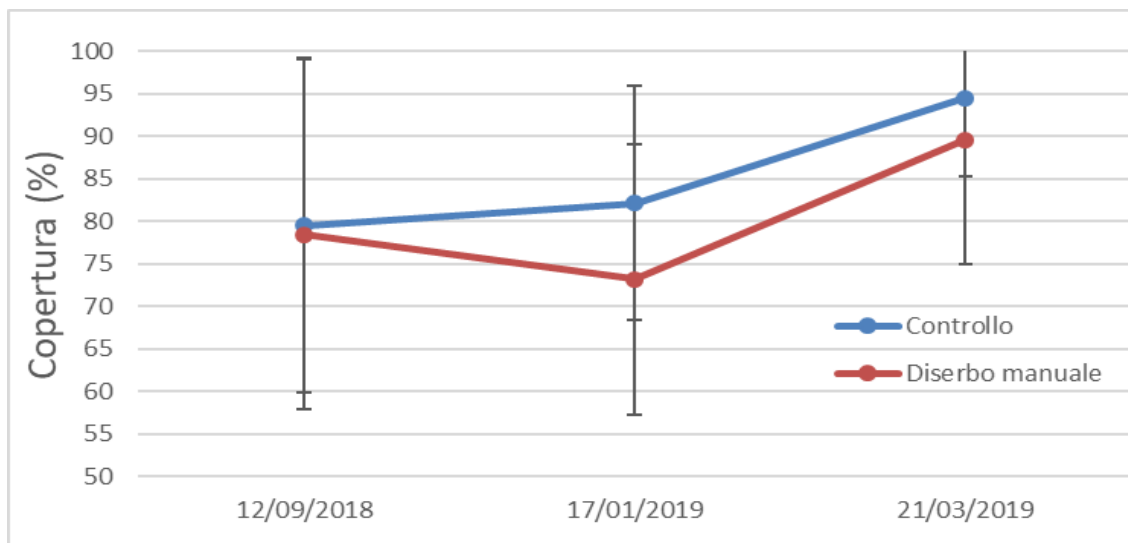


Figura 3: Copertura totale espressa in percentuale. I risultati non denotano differenze significative secondo il test Turkey di separazione delle medie ($p < 0.05$). I dati sono presentati come media \pm deviazione standard.

La figura 4 mostra la presenza delle specie ritenute altamente competitive nei due trattamenti, la variazione delle infestanti competitive è espressa come percentuale sul totale della superficie esaminata. Fatta eccezione per il primo rilievo di Settembre, nei due successivi la differenza tra i due trattamenti è statisticamente significativa, si nota un andamento negativo nel periodo invernale.

Il periodo invernale determina in entrambi i trattamenti una drastica riduzione della presenza delle infestanti. L'efficacia del trattamento di diserbo manuale, il quale determina una riduzione della copertura dovuta alle infestanti, permane significativa a 9 mesi dall'applicazione del trattamento.

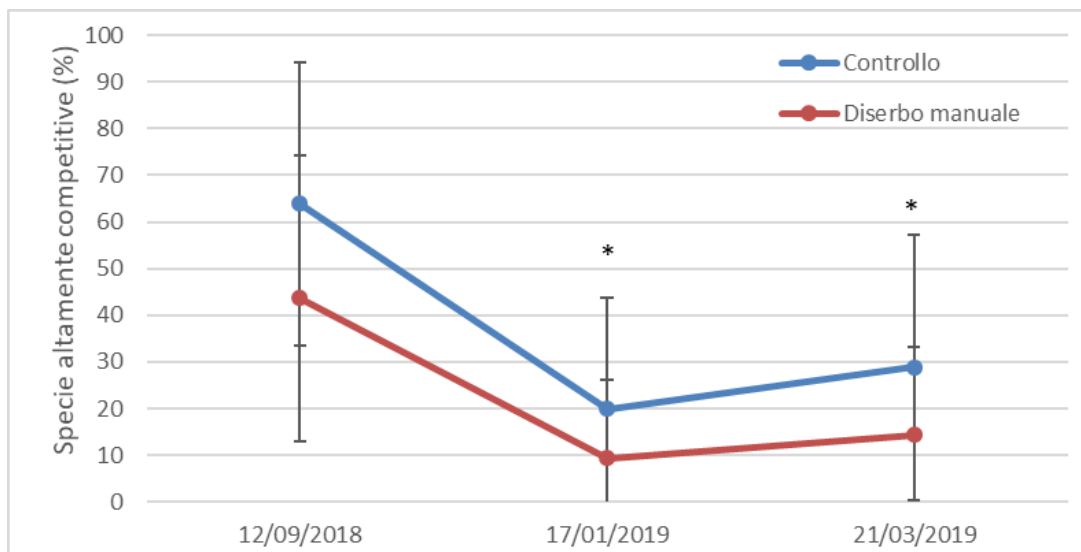


Figura 4: Presenza delle specie altamente competitive espresse in percentuale. * indica la presenza di una differenza significativa tra trattamenti in quella data di rilievo. I dati sono presentati come media \pm deviazione standard.

La figura 5, mostra come anche le performances delle specie pacciamante sia stata influenzata dall'applicazione del diserbo manuale. Tale influenza è risultata particolarmente evidente in Settembre periodo in cui le pacciamature avevano una copertura maggiore in presenza di diserbo piuttosto che nel trattamento controllo, questa differenza è venuta meno nei due rilievi successivi. Si può notare, nel rilievo di Gennaio, come la copertura pacciamante abbia risentito dell'irrigidimento del clima indipendentemente dal trattamento.

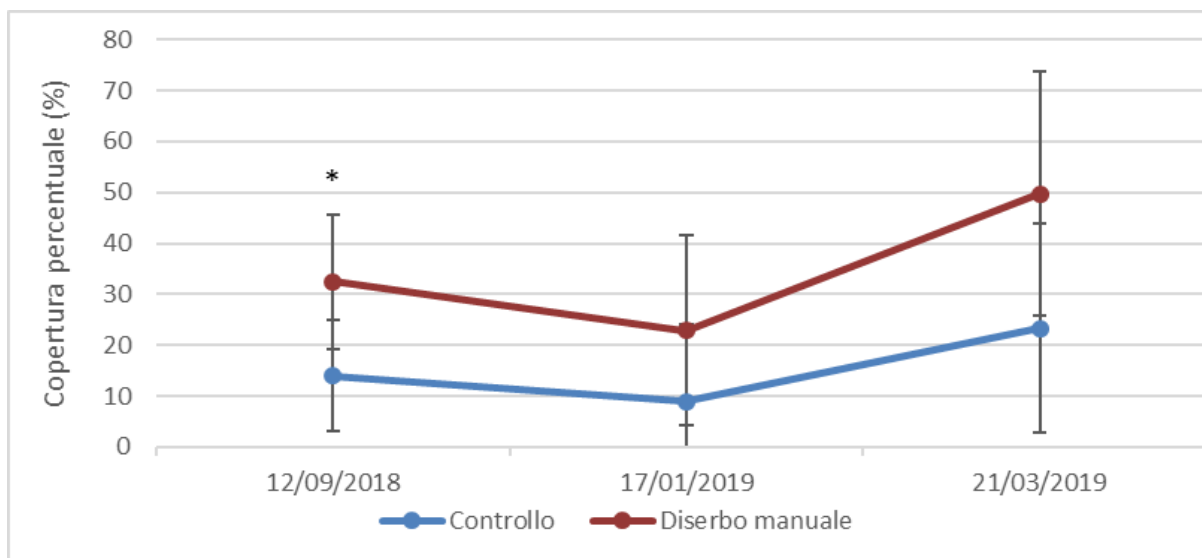


Figura 5: Copertura percentuale del suolo dovuta a pacciamature nelle parcelle diserbate e controllo espressa in percentuale. * indica la presenza di una differenza significativa per quella data di rilievo. I dati sono presentati come media \pm deviazione standard.

Il parametro riportato nella figura 6 è il numero di stoloni, esso è stato assunto come un indice dello stato vegetativo delle coperture pacciamanti. Il numero di stoloni è stato paragonato tra i due trattamenti per evidenziare l'attività vegetativa delle coperture in funzione del trattamento ricevuto, il rilievo è stato effettuato in data 9 Novembre 2018.

Considerando che la produzione di stoloni è un'attività energeticamente molto dispendiosa per la fragola, e che la quantità di stoloni è dipesa dalle condizioni ambientali, questo dato ci consente indirettamente di capire il differente livello di competizione dovuta ad infestanti aggressive che si stabilisce nei due trattamenti.

Le pacciamature, in presenza di diserbo manuale hanno prodotto un numero maggiore di stoloni rispetto a quelle non diserbate, questo è imputabile ad una riduzione della competizione apportata dalla scerbatura manuale, che ha consentito a queste pacciamature di produrre più propaggini vegetative perché meno assoggettate alle infestanti.

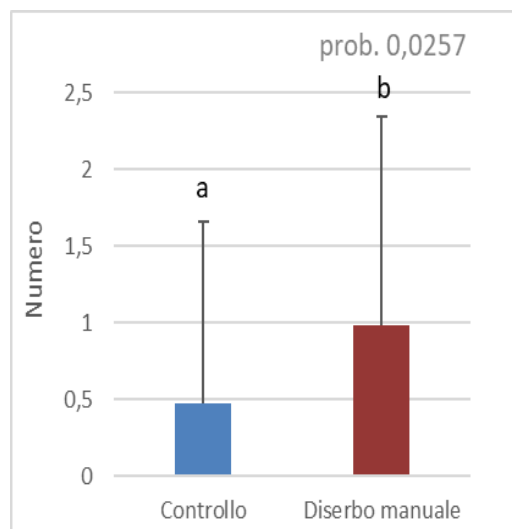


Figura 6: Numero di stoloni nelle parcelle che hanno subito il diserbo manuale e in quelle in controllo. Lettere diverse indicano differenze significative secondo il test Tukey di separazione delle medie ($p < 0.05$). I dati sono presentati come media \pm deviazione standard.

Confronto tra specie pacciamanti

Di seguito è riportata la figura 7, esso mostra le performance di copertura espresse in percentuale.

La rappresentazione è riferita all'arco temporale che va dal 29 Giugno 2018 fino al 21 Marzo 2019, e tutti i rilievi mostrano differenze statisticamente rilevanti. I risultati migliori sono stati ottenuti a Marzo da Fragola Bianca ($55.6\% \pm 25.4$) e Potentilla ($64\% \pm 37$). Le altre pacciamature invece presentano una percentuale di copertura compresa tra il 23% e l' $11\% \pm 19.2$, la copertura decisamente inferiore apportata da Fragola Rosa e Fragola dei Sibillini è imputabile a una minor tolleranza allo stress idrico che hanno subito. Fragola Bianca e Potentilla, invece, sembrano rispondere meglio alle caratteristiche pedo-climatiche del sito sperimentale, avendo un andamento significativamente positivo con percentuali di copertura in continuo aumento.

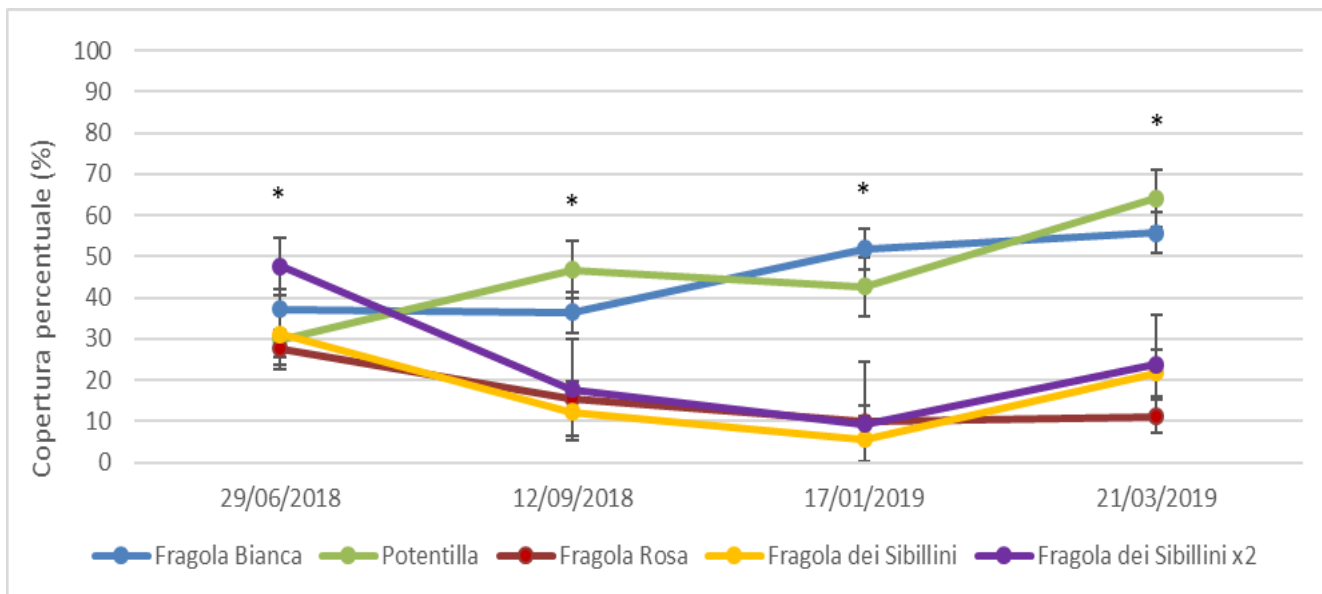


Figura 7: Performance delle pacciamature espresse in percentuale di copertura. * indica la presenza di una differenza tra trattamenti per quella data di rilievo. I dati sono presentati come media \pm deviazione standard.

Nel secondo sito sperimentale, ossia quello nell'Azienda Agricola Colle Stefano di Matelica (MC), sono state valutate le performances della fragola di Sibillini impiegata come pacciamatura viva. In particolare le tesi a confronto sono state: (a) controllo non pacciamato e (b) alla Fragola dei Sibillini a due diverse intensità d'impianto: Fragola dei Sibillini con una densità di 2 piantine per vite (Fragola dei Sibillini x2) e Fragola dei Sibillini con una densità di 4 piantine per vite (Fragola dei Sibillini x4) Tutti i grafici che seguono descrivono l'evoluzione dei trattamenti nel periodo 26 Settembre 2018- 17 Giugno 2019.

Per comprendere a pieno come la copertura del suolo sia evoluta nel tempo, i grafici riportano l'evoluzione delle due componenti della copertura: la percentuale di suolo coperto da infestanti (Fig. 8); dalle pacciamature (Fig. 9). L'ultimo grafico riassume il valore complessivo di suolo coperto dall'insieme delle infestanti e pacciamatura (Fig. 10).

Nei primi due rilievi la differenza tra le coperture è significativa, da notare nelle parcelle controllo la copertura delle infestanti che risulta essere nettamente superiore, se paragonata a quella nel trattamento pacciamate (Fig.8). Il valore positivo è correlabile alla proprietà di controllo delle pacciamature, le quali hanno notevolmente ridotto l'incidenza delle infestanti.

In tutti i trattamenti notiamo una flessione a Novembre, dove la copertura di infestanti nei trattamenti controllo continua però ad avere la percentuale più alta.

Nell'ultimo rilievo effettuato a giugno c'è stato un aumento generale delle coperture, imputabile alla ripresa vegetativa, la presenza di pacciamatura ha notevolmente limitato quella delle infestanti, che nei due trattamenti pacciamati si attesta su valori significativamente inferiori, se paragonata al controllo.

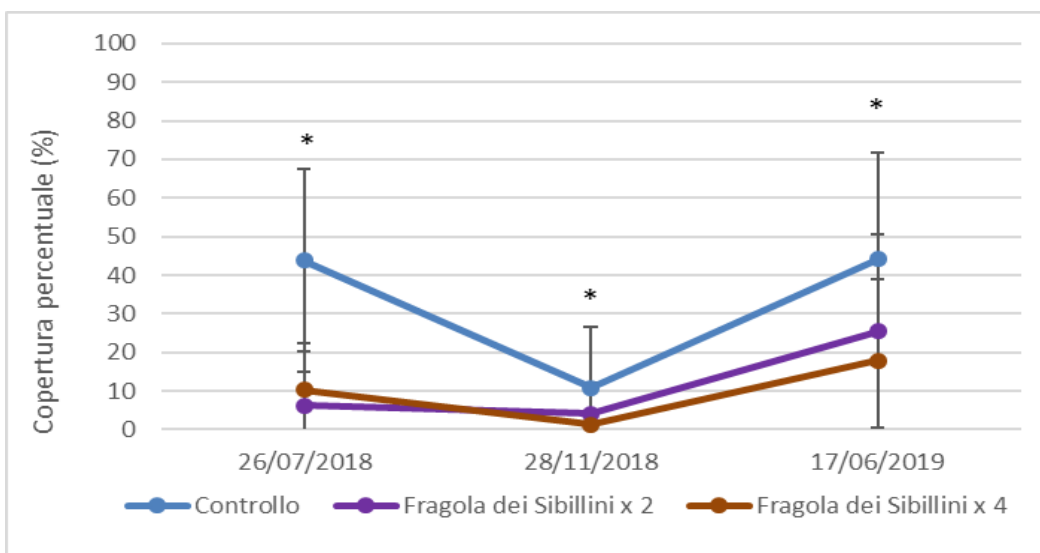


Fig. 8: Superficie coperta da infestanti espressa in percentuale. * indica la presenza di una differenza tra trattamenti per quella data di rilievo. I dati sono presentati come media \pm deviazione standard.

Nella figura 9 sono riportate le coperture percentuali date dalle due pacciamature, si può notare come le differenze siano significative in tutti rilievi effettuati. La copertura con 4 piantine di fragola per vite raggiunge i risultati migliori a Novembre ($84.8\% \pm 14.37$). Un'altra osservazione deducibile dal grafico nei primi due rilievi, è che la percentuale di copertura aumenta da Settembre a Novembre nonostante l'irrigidimento delle temperature, che di norma affligge negativamente la capacità pacciamante delle coperture.

Nell'ultimo rilievo l'andamento di entrambi i trattamenti subisce una flessione imputabile alle temperature elevate, che in questa fase riducono la capacità vegetativa delle Fragole dei Sibillini facendole entrare in stasi e provocando il disseccamento dell'apparato epigeo.

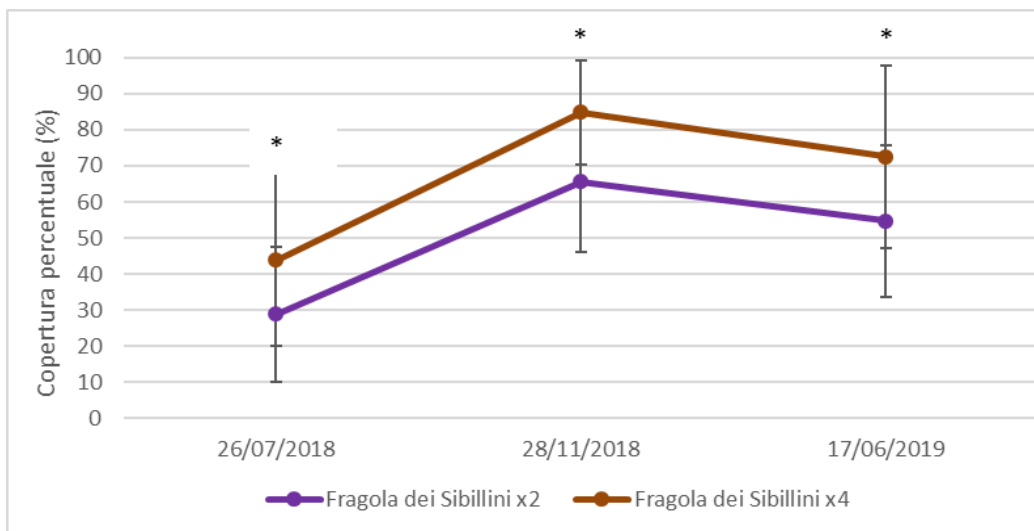


Figura 9: Copertura dei trattamenti pacciamanti espressa in percentuale. * indica la presenza di una differenza tra trattamenti per quella data di rilievo. I dati sono presentati come media \pm deviazione standard.

Incrociando i dati espressi dai grafici 8 e 9, possiamo verificare la variazione della copertura totale nel lasso temporale studiato, per tutte le date si registrano differenze significative tra i trattamenti.

La figura 10 sotto riportata, mostra la variazione della copertura totale apportata sia dalle infestanti che dalle pacciamature.

I valori rilevati a Settembre si sono attestati su percentuali comprese tra il 33.6% e il 54.2% \pm 19.4; nel periodo invernale. Le pacciamature aumentano la loro presenza, mentre laddove non presenti, la copertura totale crolla con una riduzione del 30%.

Questi andamenti sono riscontrabili anche nei due grafici precedenti, mostrando come la pacciamatura di fragole possa diventare una presenza costante e stabile, fornendo una serie di vantaggi notevoli all'agricoltore soprattutto durante l'inverno come ad esempio: la limitazione dei processi erosivi dovuti al ruscellamento superficiale, e la possibilità di entrare in campo dopo le precipitazioni, riducendo la compattazione prodotta dal peso dei mezzi.

Nell'ultimo rilievo la copertura dei trattamenti pacciamanti si attesta su valori pressoché identici rispetto a Novembre, mentre il controllo subisce un notevole aumento, imputabile ai flussi d'emergenza primaverili che determinano una presenza maggiore di infestanti.

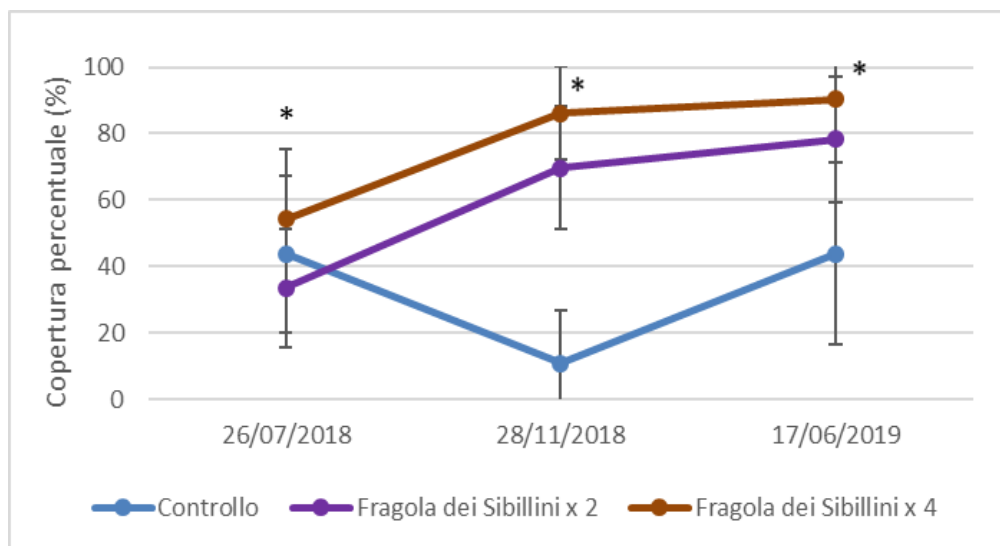


Figura 10: Copertura totale del terreno espressa in percentuale. * indica la presenza di una differenza tra trattamenti per quella data di rilievo. I dati sono presentati come media \pm deviazione standard.

I grafici che seguono fanno riferimento al terzo campo sperimentale Azienda Agraria Madonna delle api di Osimo (AN). I dati sono stati raccolti in tre rilievi: 28 Agosto 2018, 17 Febbraio 2019 e 4 Aprile 2019. Il fattore sperimentale qui testato è la copertura pacciamante e il suo stato vegetale nell'arco temporale considerato.

La figura 11 rappresenta la variazione della copertura pacciamante espressa in percentuale nei tre trattamenti effettuati. Nei primi due rilievi la differenza è significativa: la Fragola dei Sibillini con due piantine per *Prunus armeniaca*, raggiunge i livelli pacciamanti più alti (21.5%; dev. standard \pm 9.9), rimanendo comunque in linea con l'andamento generale riscontrato a Febbraio, dove tutte le pacciamature hanno risentito negativamente del freddo invernale diminuendo la percentuale di copertura. La differenza statistica viene meno nell'ultimo rilievo ad inizio primavera, qua presentano tutte coperture con percentuali ravvicinate comprese tra 11.9% e il 24.5%; da notare è l'andamento generale comune ai tre trattamenti, ossia una prima diminuzione nel periodo invernale, a cui segue un incremento delle percentuali di copertura per via dell'innalzamento delle temperature.

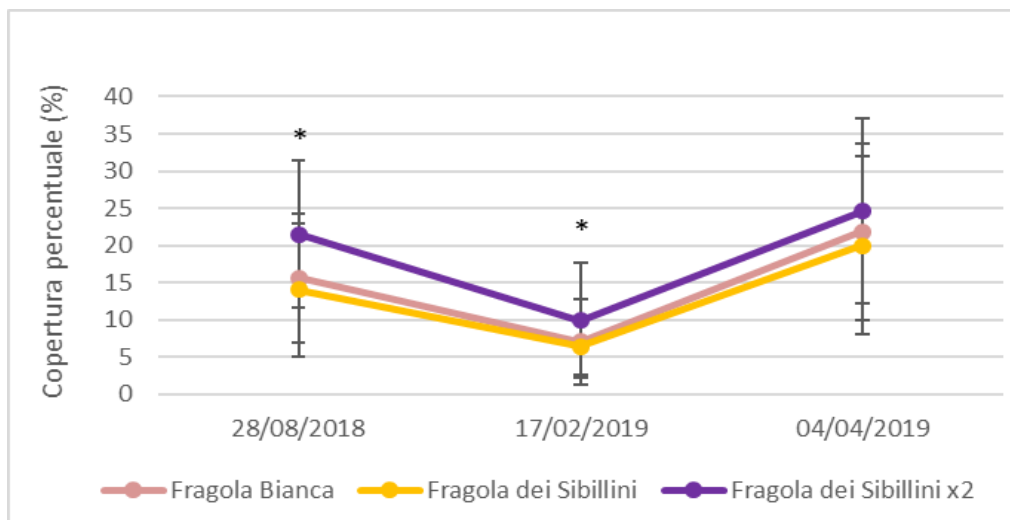


Figura 11: copertura del terreno da parte della pacciamatura espressa in percentuale. * indica la presenza di una differenza tra trattamenti per quella data di rilievo. I dati sono presentati come media \pm deviazione standard.

La copertura della pacciamatura è solo uno dei parametri considerati in questo sito, anche il numero di piante per parcella e la variazione numerica delle stesse sono stati considerati e rielaborati graficamente. Questi dati, infatti, permettono di comprendere: (a) la diversa risposta dei trattamenti nel periodo invernale; e (b) la velocità di ripresa vegetativa in quello primaverile. I dati rilevati sono riferiti ai rilievi effettuati in data: 28 Agosto 2018; 17 Febbraio 2019; 4 Aprile 2019.

La variazione del numero medio di piante per parcella è qui rappresentata nella figura 12. Notiamo come per i casi di Fragola Bianca e Fragola dei Sibillini x2, il numero delle fragole rimanga sostanzialmente inalterato durante tutto il periodo studiato, con valori di a 1,5; mentre per la Fragola dei Sibillini la funzione mostra valori stabili di 1 pianta per parcella (1 ± 0.26).

Nei dati rilevati in Agosto riscontriamo valori rispettivamente di 1,4 per la Fragola Bianca, 0,9 per la Fragola dei Sibillini e 1,6 per la Fragola dei Sibillini x2.

Per i due rilievi successivi i valori rimangono sostanzialmente costanti mantenendo le rispettive differenze, con l'unico incremento rilevato dalla Fragola Bianca.

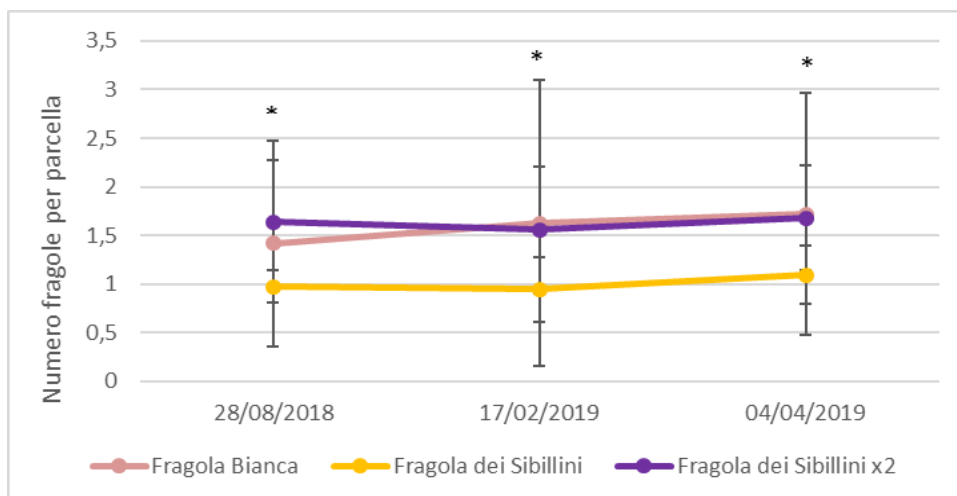


Figura 12: numero medio di piante nella copertura pacciamante per parcella. * indica la presenza di una differenza tra trattamenti per quella data di rilievo. I dati sono presentati come media \pm deviazione standard.

La figura 13 mostra la valutazione dello stato delle fragole determinato in ogni pacciamatura dando un voto da 1 a 10, tenendo conto dello stadio di sviluppo e dello stato di salubrità degli apparati epigei. I tre rilievi mostrano una differenza statisticamente significativa, il che vuol dire che tra i trattamenti pacciamanti sono presenti delle diverse situazioni di carattere qualitativo e quantitativo riscontrabili visivamente.

Nel primo dato raccolto il 28 Agosto 2018 tutte le coperture hanno votazioni basse, sotto il 5: a Febbraio del 2019 notiamo una leggera flessione negativa con dei voti che poco si discostano da quelli rilevati precedentemente, mentre nell'ultimo rilievo le tre pacciamature presentano un miglioramento, con lo stato delle fragole che assume votazioni più alte, rispettivamente: Fragola Bianca 6 unica ad aver preso la sufficienza dei voti, Fragola dei Sibillini 4,9 e Fragola dei Sibillini x2 con un voto del 5,5 superando la sua omonima rispetto al rilievo passato.

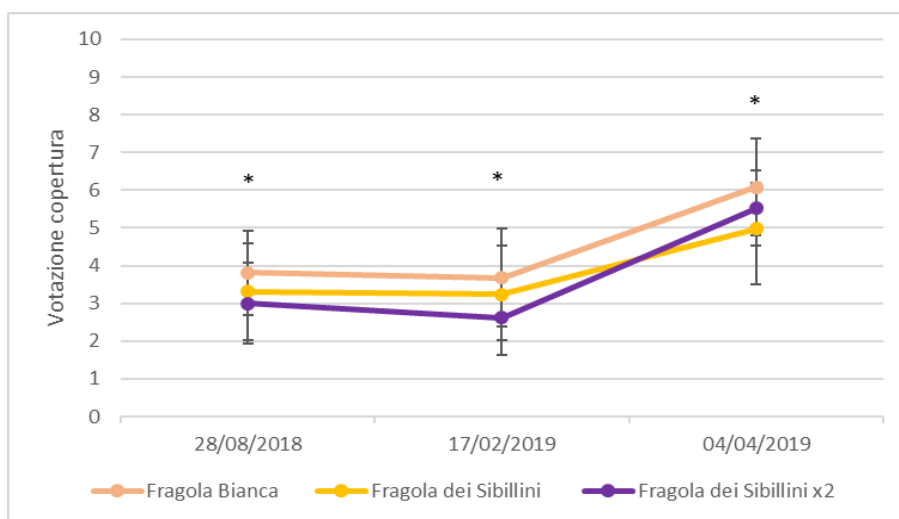


Figura 13: Voto medio dato allo stato fisiologico delle fragole. * indica la presenza di una differenza tra trattamenti per quella data di rilievo. I dati sono presentati come media \pm deviazione standard.

4 Conclusioni

La tematica delle erbe infestanti affligge le produzioni agrarie mondiali ed è considerata una delle problematiche principali da affrontare. Molti sono stati gli errori commessi nel secolo scorso in merito a tale questione, errori dettati da un paradigma di pensiero univoco: il controllo assoluto. Un controllo assoluto tramite l'eliminazione di tutto ciò che non era "produttivo", ciò ha determinato danni ambientali molto profondi e potenzialmente irreversibili. Negli ultimi 20 anni si percepisce un cambiamento di direzione, l'agricoltore infatti non combatte più ciò che è deleterio, ma lo gestisce. Questo passaggio è fondamentale ed è alla base di questa tesi di laurea, infatti cercare di semplificare un agroecosistema eliminandone una componente comporta il sorgere di nuove problematiche, mentre la sua gestione consente di mantenere un equilibrio più vicino alla naturalità, nel lungo periodo più facile da gestire entro rapporti di equilibrio. Il mantenimento di una pacciamatura viva che consenta un aumento della biodiversità in campo, può determinare un minor utilizzo di input esterni. I dati raccolti forniscono indicazioni in questo senso

Poiché l'agricoltura biologica è un settore relativamente giovane, spesso l'agricoltore parte svantaggiato in termini di tecniche e possibilità operative che ancora non sono state appurate, è compito del mondo accademico formulare e testare nuove strategie operative. La gestione qui proposta si posiziona perfettamente in un contesto produttivo soprattutto di agricoltura biologica, consentendo non solo di assolvere il compito primario di una copertura pacciamante, ma anche di fornire esternalità positive sia dal punto di vista economico che ambientale. La possibilità di utilizzare la fragola come copertura, dipende molto dalla scelta varietale e dal contesto pedoclimatico, non è un caso che i risultati migliori siano stati ottenuti nel sito sperimentale di Matelica dove infatti si è utilizzata una fragola autoctona, ottimamente adeguata nel contesto ambientale.

I trattamenti richiesti da parte della coltura arborea potrebbero interferire con la possibilità d'utilizzo dei frutti della pianta pacciamante, poiché i tempi di carenza dei fitofarmaci non ne consentono la raccolta. Sebbene questa problematica potrebbe precludere una fonte di reddito secondario, rappresentata dalla fragola, tale gestione consente di preservare tutte quelle esternalità offerte da una pacciamatura vegetale quali: aumento della biodiversità, gestione della sostanza organica, riduzione dell'erosione superficiale dovuta a ruscellamento e miglioramento dell'aspetto estetico del paesaggio.

Per troppo tempo si sono considerate le sostenibilità economiche, ambientali e sociali ad un livello paritario, che il paradigma sia cambiato si percepisce dalle nuove direttive europee, e dalla mole di lavori accademici indirizzati ad un unico obiettivo: la sostenibilità ambientale. Fornire nuove possibilità gestionali sostenibili è il modo più diretto per limitare quelle nocive per l'ambiente e per l'essere umano. Il sostegno e l'ideazione di nuove tecniche che riducano l'impatto ambientale delle pratiche agrarie è fondamentale, se si vuole continuare a produrre per le generazioni future. L'attuazione delle pratiche agricole che hanno consentito il raggiungimento dell'attuale livello produttivo non è più sostenibile per l'ambiente, e per ciò il cambio di rotta è d'obbligo nel caso in cui si voglia preservare il pianeta Terra.

5 Bibliografia

1. Agrios, George N. "Introduction to plant pathology." Elsevier Academic Press Publication (2005).
2. Albrecht, H., and H. Sommer. "Development of the arable weed seed bank after the change from conventional to integrated and organic farming." *Aspects of Applied Biology (United Kingdom)* (1998).
3. Altieri, Miguel A., and Deborah K. Letourneau. "Vegetation management and biological control in agroecosystems." *Crop protection* 1.4 (1982): 405-430.
4. Angelini, Renzo, et al. "La fragola." Art Servizi SpA Bologna (2010).
5. Aquilina, M., and J. H. Clarke. "Effect of cutting date and frequency on perennial broad-leaved weeds on set-aside." *Aspects of Applied Biology (United Kingdom)* (1994).
6. Armengot, L., et al. "Tillage as a driver of change in weed communities: a functional perspective." *Agriculture, ecosystems & environment* 222 (2016): 276-285.
7. Ascard, J. "Effects of flame weeding on weed species at different developmental stages." *Weed Research* 35.5 (1995): 397-411.
8. Ascard, J. "Thermal weed control with flaming in onions." *Proceedings of the 3rd International Conference on Non-chemical Weed Control.* (1990).
9. Atkinson, D. and G.C. White. 1976. *The effect of the herbicide strip system of management on root growth of young apple trees and the soil zones from which they take up mineral nutrients.* Rpt. East Malling Res. Sta., Kent, England. p. (1975): 165-167.
10. Baerveldt, S., and J. Ascard. "Effect of soil cover on weeds." *Biological agriculture & horticulture* 17.2 (1999): 101-111.
11. Barbash, Jack E., et al. "Major herbicides in ground water." *Journal of Environmental Quality* 30.3 (2001): 831-845.
12. Bärberi, P., et al. "Linking species traits to agroecosystem services: a functional analysis of weed communities." *Weed Research* 58.2 (2018): 76-88.
13. Bärberi, Paolo, et al. "Weed community composition in a mixed farming system in Central Italy." *Proceedings Workshop "Mixed Farming Systems in Europe.* 1998.
14. Baumann, D. T., and I. Slembrouck. "Mechanical and integrated weed control systems in row crops." *Symposium on Engineering as a Tool to reduce Pesticide Consumption and Operator Hazards in Horticulture* 372. (1993).
15. Belding, Robert D., et al. "Orchard floor management influence on summer annual weeds and young peach tree performance." *Weed Technology* 18.2 (2004): 215-222.
16. Berti, M., et al. "Effect of harvest season, nitrogen, phosphorus and potassium on root yield, echinacoside and alkylamides in *Echinacea angustifolia* L. in Chile." *International Conference on Medicinal and Aromatic Plants. Possibilities and Limitations of Medicinal and Aromatic Plant* 576 (2001).
17. Boller, E.F.; Avilla, J.; Joerg, E.; Malavolta, C.; Esbjerg, P.; Wijnands, F.G., eds. "Integrated Production Principles and Technical Guidelines" (2004)
18. Bond, W. "Crop losses due to weeds in field vegetables, and the implications for reduced levels of weed control." (1991).
19. Bond, W., and A. C. Grundy. "Non-chemical weed management in organic farming systems." *Weed research* 41.5 (2001): 383-405.
20. Bond, W., and A. C. Grundy. "Non-chemical weed management in organic farming systems." *Weed research* 41.5 (2001): 383-405.
21. Botta-Dukát, Zoltán, and Bálint Czúcz. "Testing the ability of functional diversity indices to detect trait convergence and divergence using individual-based simulation." *Methods in Ecology and Evolution* 7.1 (2016): 114-126.
22. Chase, Carlene A., Thomas R. Sinclair, and Salvatore J. Locascio. "Effects of soil temperature and tuber depth on *Cyperus* spp. control." *Weed Science* (1999): 467-472.
23. Cloutier, D. C., et al. "Mechanical weed management." *Non-Chemical Weed Management.* Oxfordshire, UK: CAB International (2007): 111-134.

24. Cockroft, B., and J. C. Wallbrink. "Root distribution of orchard trees." *Australian journal of agricultural research* 17.1 (1966): 49-54.
25. Coolman, R. M., and G. D. Hoyt. "The effects of reduced tillage on the soil environment." *HortTechnology* 3.2 (1993): 143-145.
26. Costello, M., and M. Altieri. "Livina mulches suppress aphids in broccoli." *California Agriculture* 48.4 (1994): 24-28.
27. Cousens, Roger, and Martin Mortimer. *Dynamics of weed populations*. Cambridge University Press, (1995).
28. Cousens, Roger, and Martin Mortimer. *Dynamics of weed populations*. Cambridge University Press, 1995.
29. Covarelli, G. "Evoluzione della flora e della vegetazione infestante le principali colture agrarie in Italia." *Fitosociologia* 39.1 (2002): 3-13.
30. Di Tomaso, Joseph M. "Approaches for improving crop competitiveness through the manipulation of fertilization strategies." *Weed Science* 43.3 (1995): 491-497.
31. Domange, A. L. "Weed control on the planting row by several mulches in orchards." *Communications of the 4th International Conference IFOAM Non Chemical Weed Control*. (1993).
32. Don, R. "Weed seed contaminants in cereal seed." *BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE WEEDS*. Vol. 1. BRIT CROP PROTECTION COUNCIL, (1997).
33. E.Pannacci G.Covarelli. Allelopathy in Agroecosystems Annual Review of Phytopathology Vol. 16:431-451 (Volume publication date September 1978) A R Putnam, W B Duke
34. Elmore, C. Dennis, Larry G. Heatherly, and Richard A. Wesley. "Perennial vine control in multiple cropping systems on a clay soil." *Weed Technology* 3.2 (1989): 282-287.
35. Elsevier: R.J. Turner, G. Davies, H. Moore, A.C. Grundy, A. Mead "Organic weed management: A review of the current UK farmer perspective" (2006): 377-382.
36. Ferrarini, Erminio. "Ricerche sulla Flora Infestante Delle Colture in Italia: VI: Le Erbe Infestanti Di Un Terreno Dell'Alta Lunigiana (Massa Carrara)." *Plant Biosystem* 61.2-3 (1954): 133-181.
37. Forcella, Frank, et al. "Pest management-weeds." *Sustainable agriculture systems* (1994): 157-197.
38. Fried, Guillaume, Elena Kazakou, and Sabrina Gaba. "Trajectories of weed communities explained by traits associated with species' response to management practices." *Agriculture, ecosystems & environment* 158 (2012): 147-155.
39. Gaba, Sabrina, et al. "Agroecological weed control using a functional approach: a review of cropping systems diversity." *Agronomy for sustainable development* 34.1 (2014): 103-119.
40. Gilreath, James P., and Bielinski M. Santos. "Methyl bromide alternatives for weed and soilborne disease management in tomato (*Lycopersicon esculentum*)." *Crop protection* 23.12 (2004): 1193-1198.
41. Glenn, D. M., and W. V. Welker. "Peach root development and tree hydraulic resistance under tall fescue sod." *HortScience USA* (1989).
42. Godfray, H. Charles J., John R. Beddington, Ian R. Crute, Lawrence Haddad, David Lawrence, James F. Muir, Jules Pretty, Sherman Robinson, Sandy M. Thomas, and Camilla Toulmin. "Food security: the challenge of feeding 9 billion people." *science* 327, no. 5967 (2010): 812-818.
43. Groves, Richard. "Sleeper weeds." 12th Australian Weeds Conference, Papers and Proceedings, Hobart, Tasmania, Australia, 12-16 September 1999: Weed management into the 21st century: do we know where we're going?. University of Tasmania, 1999.
44. Grundy, Andrea C., and Andrew Mead. "Modeling weed emergence as a function of meteorological records." *Weed science* 48.5 (2000): 594-603.
45. Grundy, Andrea C., Naomi E. Jones, and R. E. L. Naylor. "What is the weed seed bank?." *Weed management handbook* (2002): 39-62.
46. Håkansson, S. *Weeds and weed management on arable land: an ecological approach*. CABI publishing, (2003).
47. Hall, M. H., et al. "Evaluation of weed control practices during spring and summer alfalfa establishment." *Journal of production agriculture* 8.3 (1995): 360-365.
48. Harper, John L. "Population biology of plants." *Population biology of plants*. (1977).
49. Hartzler, Robert G, Douglas D. Buhler, and David E. Stoltenberg. "Emergence characteristics of four

- annual weed species." *Weed Science* (1999): 578-584.
50. Hatcher, P. E., and Bo Melander. "Combining physical, cultural and biological methods: prospects for integrated non-chemical weed management strategies." *Weed Research* 43.5 (2003): 303-322.
 51. Herrero, Enrique Valentin, J. P. Mitchell, W. T. Lanini, S. R. Temple, E. M. Miyao, R. D. Morse, and E. Campiglia. "Use of cover crop mulches in a no-till furrow-irrigated processing tomato production system." *HortTechnology* 11, no. 1 (2001): 43-48.
 52. Hoagland, Lori, et al. "Orchard floor management effects on nitrogen fertility and soil biological activity in a newly established organic apple orchard." *Biology and Fertility of Soils* 45.1 (2008): 11.
 53. Houghton, John T., et al., eds. *Climate change 1995: The science of climate change: contribution of working group I to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Vol. 2.* Cambridge University Press, 1996.
 54. Inderjit, and Erik T. Nilsen. "Bioassays and field studies for allelopathy in terrestrial plants: progress and problems." *Critical Reviews in Plant Sciences* 22.3-4 (2003): 221-238.
 55. Johnson, G. N., et al. "Relationships between carotenoid composition and growth habit in British plant species." *Plant, Cell & Environment* 16.6 (1993): 681-686.
 56. Johnson, W. Carroll, and Benjamin G. Mullinix. "Weed management in peanut using stale seedbed techniques." *Weed Science* 43.2 (1995): 293-297.
 57. Jordan, N. R., J. Zhang, and S. Huerd. "Arbuscular-mycorrhizal fungi: potential roles in weed management." *WEED RESEARCH-OXFORD-* 40.5 (2000): 397-410.
 58. Jørnsgård, Bjarne, et al. "Influence of nitrogen on competition between cereals and their natural weed populations." *Weed Research* 36.6 (1996): 461-470.
 59. Kaiser J. 2001. Seventeen national academies endorse Kyoto. *Science* 292, 275-277.
 60. Kasperbauer, M. J., and D. L. Karlen. "Light-mediated bioregulation of tillering and photosynthate partitioning in wheat." *Physiologia Plantarum* 66.1 (1986): 159-163.
 61. Keeling, Charles D., et al. "Exchanges of atmospheric CO₂ and ¹³CO₂ with the terrestrial biosphere and oceans from 1978 to 2000. I. Global aspects." (2001).
 62. Kuvlesky Jr, William P., Timothy E. Fulbright, and Ron Engel-Wilson. "The impact of invasive exotic grasses on quail in the southwestern United States." *National Quail Symposium Proceedings. Vol. 5. No. 1.* 2002.
 63. Laakso, Jouni, Heikki Setälä, and Ansa Palojarvi. "Influence of decomposer food web structure and nitrogen availability on plant growth." *Plant and Soil* 225.1-2 (2000): 153-165.
 64. Lampkin, Nicolas. *Organic farming. Farming press books, (1990).*
 65. Latham, L. J., and R. A. C. Jones. "Occurrence of tomato spotted wilt tospovirus in native flora, weeds, and horticultural crops." *Australian Journal of Agricultural Research* 48.3 (1997): 359-369.
 66. Liebman, M., and A. S. Davis. "Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems." *WEED RESEARCH-OXFORD-* 40.1 (2000): 27-48.
 67. Liebman, M., and A. S. Davis. "Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems." *WEED RESEARCH-OXFORD-* 40.1 (2000): 27-48.
 68. Ligneau, L. A. M., and T. A. Watt. "The effects of domestic compost upon the germination and emergence of barley and six arable weeds." *Annals of Applied Biology* 126.1 (1995): 153-162.
 69. Marsh, K. B., M. J. Daly, and T. P. McCarthy. "The effect of understorey management on soil fertility, tree nutrition, fruit production and apple fruit quality." *Biological Agriculture & Horticulture* 13.2 (1996): 161-173.
 70. Melander, Bo, and Karsten Rasmussen. "Reducing intrarow weed numbers in row crops by means of a biennial cultivation system." *Weed Research (Oxford)* 40.2 (2000): 205-218
 71. Meyer, John R., et al. "Survival and growth of peach trees and pest populations in orchard plots managed with experimental ground covers." *Agriculture, ecosystems & environment* 41.3-4 (1992): 353-363.
 72. Molisch, Hans. "Der Einfluss einer Pflanze auf die andere, Allelopathie." *Fischer Jena* (1937).
 73. Tei, Francesco, and Euro Pannacci. "La gestione integrata della flora infestante nelle colture orticole." *Italus Hortus* 4.12 (2005): 45-62.
 74. Montemurro, P., and F. Tei. "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole: problematiche

- agronomiche." *Atti Convegno SIRFI su "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole (1998): 12-13.*
75. Mortensen, D. A., L. Bastiaans, and M. Sattin. "The role of ecology in the development of weed management systems: an outlook." *WEED RESEARCH-OXFORD*- 40.1 (2000): 49-62.
 76. Onofri, A., and F. Tei. "Competitive ability and threshold levels of three broadleaf weed species in sunflower." *Weed Research* 34.6 (1994): 471-479.
 77. Orson, Richard A., Robert L. Simpson, and Ralph E. Good. "Rates of sediment accumulation in a tidal freshwater marsh." *Journal of Sedimentary Research* 60.6 (1990): 859-869.
 78. Ortega, R. Cruz, A. L. Anaya, and L. Ramos. "Effects of allelopathic compounds of corn pollen on respiration and cell division of watermelon." *Journal of Chemical Ecology* 14.1 (1988): 71-86.
 79. Pannacci, E., and G. Covarelli. "Efficacy of mesotrione used at reduced doses for post-emergence weed control in maize (*Zea mays* L.)." *Crop Protection* 28.1 (2009): 57-61.
 80. Pannacci, Euro, and Francesco Tei. "Effects of mechanical and chemical methods on weed control, weed seed rain and crop yield in maize, sunflower and soyabean." *Crop protection*64 (2014): 51-59.
 81. Parker, M. L., J. Hull, and R. L. Perry. "Orchard floor management affects peach rooting." *Journal of the American Society for Horticultural Science* 118.6 (1993): 714-718.
 82. Parker, Michael L., and John R. Meyer. "Peach tree vegetative and root growth respond to orchard floor management." *HortScience* 31.3 (1996): 330-333.
 83. Paul E A and Clark M F. *Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, San Diego (1996)
 84. Pour le bbch scale: Baggiolini M., 1952. Les stades repères de l'abricotier. *Revue romande d'Agriculture et d'Arboriculture* 8 (4), 28. b Lancashire P. D., Bleiholder H., Van Den Boom T., Langelüddeke P., Stauss R., Weber E. & Witzemberger A., 1991. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Ann. appl. Biol.* 119, 561–601. b Hack H., Bleiholder H., Buhr L., Meier U., SchnockFricke U., Weber E. & Witzemberger A., 1992. Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen. – *Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 44 (12), 265–270
 85. Peruzzi, A., et al. "Le macchine per la disinfezione e disinfestazione termica del terreno." *INFORMATORE AGRARIO* 59.46 (2003): 51-58.
 86. Pimentel, David, et al. "Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits." *Science* 267.5201 (1995): 1117-1123.
 87. Pullen, D. W. M., and P. A. Cowell. "An evaluation of the performance of mechanical weeding mechanisms for use in high speed inter-row weeding of arable crops." *Journal of Agricultural Engineering Research* 67.1 (1997): 27-34.
 88. Raffaelli, M., Bàrberi, P., Peruzzi, A., & Ginanni, M. Options for mechanical weed control in string bean—work parameters and crop yield. In *5th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control (2002, March)* 119-124.
 89. Rajalahti, R. M., and R. R. Bellinder. "Potential of interseeded legume and cereal cover crops to control weeds in potatoes." *Proc. 10th Int. Conf. on Biology of Weeds.* (1996).
 90. Rasmussen, J. "Yield response models for mechanical weed control by harrowing at early crop growth stages in peas (*Pisum sativum* L.)." *Weed Research* 33.3 (1993): 231-240.
 91. Rasmussen, K., and Jesper Rasmussen. "Barley seed vigour and mechanical weed control." *Weed Research (Oxford)* 40.2 (2000): 219-230.
 92. Richardson, Fiona J., Rob G. Richardson, and Rosamond Charmian Hollis Shepherd. *Weeds of the south-east: an identification guide for Australia*. No. Ed. 3. CSIRO, 2016.
 93. Roberts, H. A., et al. "Cellulose xanthate as a soil conditioner: implications for weed control with some soil-applied herbicides." *Annals of Applied Biology* 98.1 (1981): 121-129.
 94. Ryan, Matthew R., et al. "Management filters and species traits: weed community assembly in long-term organic and conventional systems." *Weed Science* 58.3 (2010): 265-277.
 95. Ryugo, Kay. *Fruit culture: Its science and art*. John Wiley and Sons Inc., (1988).
 96. Sanchez, Jose E., et al. "Orchard floor and nitrogen management influences soil and water quality and tart cherry yields." *Journal of the American Society for Horticultural Science* 128.2 (2003): 277-284.

97. Sattin, M., M. A. Gasparetto, and C. Campagna. "Situation and management of *Avena sterilis* ssp *ludoviciana* and *Phalaris paradoxa* resistant to ACCase inhibitors in Italy." *The BCPC Conference: Weeds, 2001, Volume 1 and Volume 2. Proceedings of an international conference held at the Brighton Hilton Metropole Hotel, Brighton, UK, 12-15 November 2001. British Crop Protection Council, (2001).*
98. Shrestha, Anil, et al. "An integrated weed management strategy for glufosinate-resistant corn (*Zea mays*)." *Weed Technology* 15.3 (2001): 517-522
99. Singh, M., et al. "Estimation of critical period of weed control." *Weed Science* 44.2 (1996): 273-283.
100. Skinner, Kerri, Lincoln Smith, and Peter Rice. "Using noxious weed lists to prioritize targets for developing weed management strategies." *Weed Science* 48.5 (2000): 640-644.
101. Paul, Karl-Heinz. "Soil-working machine for plants grown in rows." U.S. Patent No. 5,054,559. 8 Oct. 1991.
102. Stopes, C., and J. Lippiatt. "Inter-row hoeing in organic cereals." *Elm Farm Research Centre Bulletin No 5.7 (1993).*
103. Suparman, U., and J. Blake. "Studies on tissue culture of clove tree plant." *Indonesian Journal of Crop Science* 5.2 (1990): 67-75.
104. Tadeo, J. L., et al. "Analysis of herbicide residues in cereals, fruits and vegetables." *Journal of chromatography A* 882.1-2 (2000): 175-191.
105. Teasdale, John R., C. Edward Beste, and William E. Potts. "Response of weeds to tillage and cover crop residue." *Weed Science* 39.2 (1991): 195-199.
106. Theiling, Karen M., and B. A. Croft. "Pesticide side-effects on arthropod natural enemies: a database summary." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 21.3-4 (1988): 191-218.
107. Turner, R. J., et al. "Organic weed control-getting it right in time." *BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE WEEDS. Vol. 3. (1999).*
108. Turner, R. J., et al. "Organic weed management: a review of the current UK farmer perspective." *Crop Protection* 26.3 (2007): 377-382.
109. Turner, R. J., W. Bond, and G. Davies. "Dock management: a review of science and farmer approaches." *OCCASIONAL SYMPOSIUM-BRITISH GRASSLAND SOCIETY. Vol. 37. (2004).*
110. Van der Weide, R. Y., et al. "Innovation in mechanical weed control in crop rows." *Weed research* 48.3 (2008): 215-224.
111. Violle, Cyrille, and Lin Jiang. "Towards a trait-based quantification of species niche." *Journal of Plant Ecology* 2.2 (2009): 87-93.
112. Vitousek, Peter M., and Robert W. Howarth. "Nitrogen limitation on land and in the sea: how can it occur?." *Biogeochemistry* 13.2 (1991): 87-115.
113. Walker, T. W., and John Keith Syers. "The fate of phosphorus during pedogenesis." *Geoderma* 15.1 (1976): 1-19.
114. Wallace, Russell W., and Robin R. Bellinder. "Alternative tillage and herbicide options for successful weed control in vegetables." *HortScience* 27.7 (1992): 745-749.
115. Wallinga, J., and M. Van Oijen. "Level of threshold weed density does not affect the long-term frequency of weed control." *Crop Protection* 16.3 (1997): 273-278.
116. Wardle, D. A., et al. "Impacts of ground vegetation management strategies in a kiwifruit orchard on the composition and functioning of the soil biota." *Soil Biology and Biochemistry* 33.7-8 (2001): 893-905.
117. Welsh, J. P., et al. "The critical weed-free period in organically-grown winter wheat." *Annals of applied biology* 134.3 (1999): 315-320.
118. Williams, Peter Arthur. *Ecology and management of invasive weeds. Dept. of Conservation, 1997.*
119. Woodward, L., and N. Lampkin. "Organic agriculture in the United Kingdom." *Monograph-British Crop Protection Council(1990).*
120. Yao, Shengrui, et al. "Orchard floor management practices that maintain vegetative or biomass groundcover stimulate soil microbial activity and alter soil microbial community composition." *Plant and Soil* 271.1-2 (2005): 377-389.
121. Zanin, G., A. Berti, and M. C. Zuin. "Estimation du stock semencier d'un sol labouré ou en semis

- direct.* " *Weed Research* 29.6 (1989): 407-417.
122. Ziska, Lewis H. "Evaluation of the growth response of six invasive species to past, present and future atmospheric carbon dioxide." *Journal of Experimental Botany* 54.381 (2003).
 123. Zucconi, F. "interzione tra apparato radicale e suolo" *Riv. Frutte Ortoflor* 1.1-2(1988)
 124. Zucconi, Franco. *Declino del suolo e stanchezza del terreno*. Pitagora, 2003.

5 Ringraziamenti

Questo lavoro non sarebbe stato possibile, senza l'impegno e la fiducia riposta in me dal relatore il Prof. Davide Neri, dalla correlatrice Serena Polverigiani e dal dott. Matteo Zucchini, li voglio ringraziare personalmente per l'arricchimento culturale che mi hanno fornito nel periodo di stesura della tesi e per il tempo dedicatomi, consentendomi di prendere parte ad un progetto con una finalità così importante.

Colgo, inoltre, l'occasione per ringraziare la mia famiglia, nonna e nonno, che in questi tre anni di università mi hanno sempre sostenuto moralmente ed economicamente, incoraggiandomi e spronandomi a scegliere ciò che più mi piace in ottica di un futuro, che credo e spero, il più roseo possibile.