

1 Un'alternativa all'agricoltura convenzionale: l'approccio agroecologico

La prima definizione di agroecologia fu data da Bensin (1928, 1930, 1935), un agronomo russo che utilizzò il termine "agroecologia" per indicare l'utilizzo di approcci ecologici nello studio delle piante coltivate a fini commerciali.

Tuttavia, nei decenni degli anni '60, '70 e '80, il termine agroecologia non era comunemente utilizzato per delineare in modo specifico un movimento. È stato solo a partire dagli anni '90, soprattutto negli Stati Uniti e in America Latina, che questa parola ha cominciato ad essere impiegata per esprimere un nuovo approccio verso l'agricoltura e le sue interazioni con la società. Quasi contemporaneamente è emerso un terzo termine, quello che identifica un insieme di pratiche agricole volte a promuovere un'agricoltura più "rispettosa dell'ambiente" o "sostenibile" (Wezel et al., 2009).

L'agroecologia rappresenta: un approccio di ricerca scientifica che coinvolge lo studio completo degli agrosistemi e dei sistemi alimentari; una serie di principi e pratiche mirate a potenziare la resilienza e la sostenibilità dei sistemi alimentari e agricoli, preservando nel contempo l'integrità sociale. Ma è anche un movimento sociopolitico che si focalizza sull'applicazione pratica dell'agroecologia, cercando nuovi modi di considerare l'agricoltura, la lavorazione, la distribuzione e il consumo di prodotti alimentari, nonché le loro relazioni con la società e l'ambiente naturale (*I Principi Dell'agroecologia* | FAO 2018,).

FAO ha presentato i 10 elementi dell'agroecologia come un modello per organizzare, delineare ed esplorare l'ambito dell'agroecologia, offrendo un'ulteriore via per tradurre in azioni concrete la visione condivisa per un'alimentazione e un'agricoltura sostenibili. Questi principi riconoscono la varietà di approcci pur adottando una prospettiva integrata.

- 1) Diversità nell'agricoltura: sfruttando metodi come l'agroforestazione, la tecnica biointensiva e l'aumento della sostanza organica, l'agroecologia porta vantaggi produttivi, socio-economici e ambientali.
- 2) Condivisione della conoscenza: l'agroecologia si basa sulla conoscenza locale e scientifica condivisa per sviluppare innovazioni adatte al contesto agricolo.
- 3) Sinergie nell'agroecologia: costruendo connessioni tra piante, animali, suolo e comunità, si migliora la fertilità del terreno e la produttività agricola.
- 4) Efficienza nell'uso delle risorse: riducendo l'uso di input esterni come fertilizzanti, si conservano risorse preziose e si limitano gli impatti ambientali.
- 5) Riciclo dei nutrienti: emulando il riciclo naturale, l'agroecologia promuove il riutilizzo di nutrienti e biomassa nel sistema di produzione.

- 6) Resilienza ecologica e socioeconomica: diversificando le colture e coinvolgendo i consumatori, si aumenta la capacità di ripresa e si riduce la vulnerabilità ai rischi.
- 7) Valori umani e sociali: l'agroecologia promuove dignità, equità e inclusione per migliorare la sostenibilità alimentare.
- 8) Cultura e alimentazione: armonizzando tradizioni e abitudini alimentari moderne, si incoraggia l'uso di cibi locali e stagionali, riducendo l'impatto ambientale.
- 9) Governance sostenibile: una gestione trasparente e inclusiva delle risorse è essenziale per favorire investimenti sostenibili e equi.
- 10) Economia locale e solidarietà: l'agroecologia sostiene mercati locali e catene alimentari più brevi, garantendo un reddito equo ai produttori e prezzi accessibili ai consumatori.

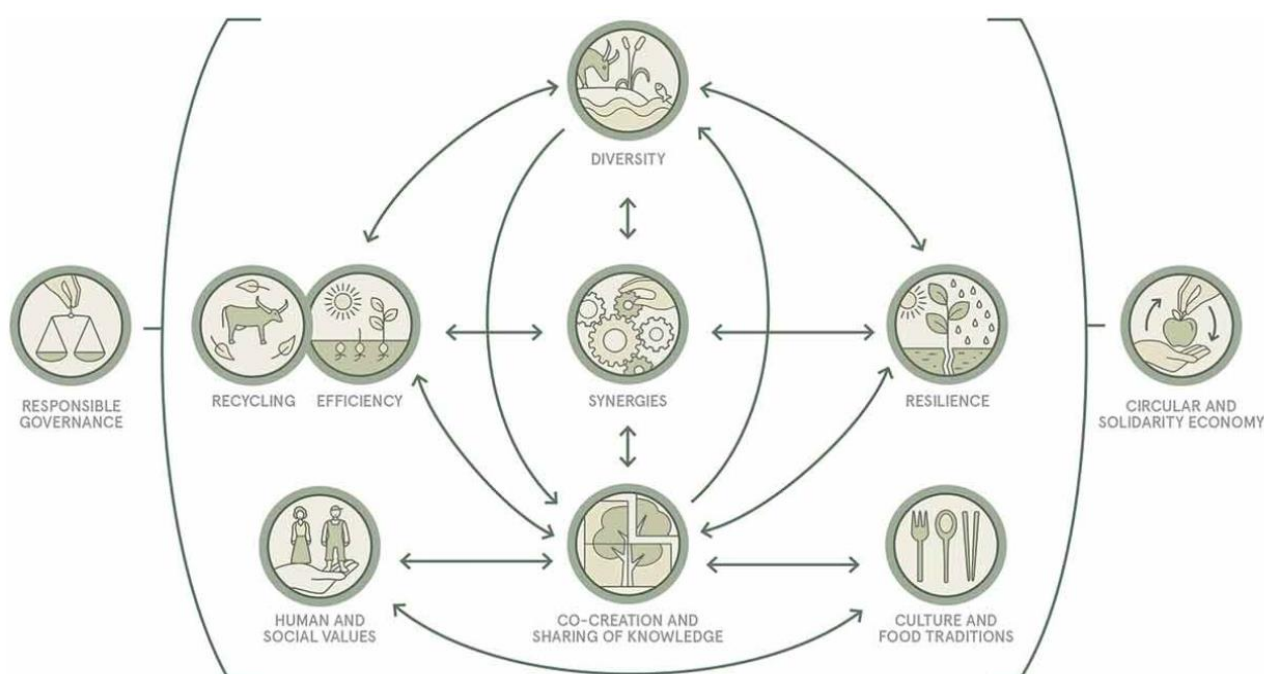


Figura 1. I 10 elementi dell'Agroecologia (FAO 2018)

1.1 Oltre l'agricoltura biologica: l'agro-omeopatia

Secondo i quattro principi dell'agricoltura biologica - salute, ecologia, cura ed equità - tutti i materiali utilizzati come fertilizzanti o sostanze per il controllo dei parassiti, devono essere sicuri per le persone, gli animali e l'ambiente. Questi principi si concentrano soprattutto sul rispetto e sulla emulazione dei cicli biologici naturali, in modo da garantire alle generazioni future la possibilità di poter usufruire delle risorse naturali del pianeta. Premesso ciò, nella metodologia agro-omeopatica ad approccio agroecologico, è preferibile che tutti i materiali provengano dalla stessa azienda agricola, e ciò per diversi motivi: evitare l'introduzione di agenti di rischio esterni, abbattere i costi delle materie prime, attivare processi di produzione “on farm” di materie prime in grado di attivare

meccanismi economici virtuosi e condurre a forme di economie denominate “circolari”, cioè in grado di coinvolgere tutti gli attori di un “distretto” agroecologico. In questo contesto, l'agro-omeopatia si pone come una risorsa alternativa alle attuali metodologie agrarie non convenzionali, essendo in grado di migliorare la produzione agricola assolvendo alle esigenze di cui sopra. In particolare l'uso di sostanze omeopatiche sulle colture agrarie ha dimostrato di essere molto efficace in ambiti quali la patologia vegetale e la gestione degli stress biotici e abiotici (Trebbs et al., 2014). Tuttavia va segnalato che negli ultimi anni, l'agro-omeopatia sta guadagnando sempre più credito a livello globale in quanto permette anche l'attenuazione degli impatti negativi derivanti dall'eccessivo utilizzo di sostanze chimiche di sintesi nelle pratiche agricole convenzionali (Manuel, et al., 2019).

Altre evidenze dimostrano inoltre che l'agro-omeopatia riesce ad agire su specifici meccanismi biochimici in grado di determinare una migliore crescita e sviluppo vegetativo (Meneses-Moreno, 2017). Altri studi hanno messo in ulteriore evidenza che l'uso di sostanze omeopatiche in agricoltura biologica portano ad un abbassamento significativo dei costi di produzione, dimostrando altresì che tali sostanze sono inoffensive per l'uomo e l'ambiente, quindi con una completa assenza di effetti collaterali e un impatto ambientale nullo (Sen et al., 2018).

Pertanto si può affermare che le sostanze omeopatiche in agricoltura rappresentano una valida opzione in agricoltura biologica (Manuel, et al., 2019).

Evidenze scientifiche documentate hanno confermato l'efficacia dell'intervento agro-omeopatico nel modulare la risposta fisiologica della pianta, influenzando sia la densità del fogliame che la quantità di frutti (Dos Santos et al., 2016).

1.2 Cos'è l'omeopatia

Prima di descrivere e definire cosa è l'agro-omeopatia, è necessario fornire una breve panoramica su cosa sia e in cosa consista l'omeopatia.

Si può definire l'omeopatia come il sistema terapeutico, sistematizzato ed organizzato in metodo scientifico dal medico tedesco Samuel Hahnemann (1755-1843). Nel metodo omeopatico i pazienti sono trattati tramite sostanze, che hanno prodotto, in persone sane, sintomi simili a quelli presenti nei pazienti oggetto di cura. Tali medicinali vengono però somministrati a fini terapeutici in dosi infinitesimali (Bellavite et al., 2000). Secondo Paschero, medico omeopata argentino del Novecento, i principi fondamentali sui quali si basa l'omeopatia, sono quattro (Paschero, 1963):

1. sperimentazione sull'uomo sano delle sostanze omeopatiche che saranno usate successivamente come rimedi (provings);
2. scelta e somministrazione dei rimedi sperimentati secondo il principio di similitudine;
3. utilizzo di un unico medicinale omeopatico in grado di curare tutti i sintomi presentati dal paziente;

4. dose minima o infinitesimale;

Questi principi, che di seguito verranno brevemente descritti, sono tutti strettamente correlati.

Il primo principio si basa sulla sperimentazione sull'uomo sano di specifiche sostanze opportunamente diluite. Tali sostanze, verranno somministrate, in doppio o in triplo cieco e con la presenza di un placebo, in maniera ripetuta nel tempo a specifiche frequenze per circa un mese. In seguito verranno raccolti i sintomi relativi al cambiamento dello stato mentale, emozionale e fisico, insorti in seguito alla somministrazione. Tale modo di operare, viene definito in ambito omeopatico con il termine di “proving”, e ha lo scopo di ottenere il quadro generale dei sintomi propri della sostanza somministrata. Attualmente si hanno a disposizione delle linee guida per i proving, redatta dalla LMHI (Liga Medicorum Homoeopathica Internationalis) nel 2012, che regola la sperimentazione omeopatica moderna.

Pertanto secondo la metodologia omeopatica, il medicinale omeopatico, studiato con il proving, sarà in grado di curare i sintomi presenti nel singolo paziente quando emergono spontaneamente in una condizione patologica. In pratica, ogni patologia viene curata con i rimedi capaci di riprodurre i sintomi caratteristici nell'individuo sano.

Il secondo principio viene di solito definito “principio di similitudine”.

In sintesi, questo principio, afferma che il simile cura il simile, o come affermava il fondatore del metodo, *similia similibus curantur*. Pertanto il medicinale omeopatico, secondo tale principio, è in grado di curare un ammalato che presenta sintomi simili a quelli che la stessa sostanza ha determinato nelle sperimentazioni eseguite sull'uomo sano tramite proving.

Il terzo principio prevede la valutazione, da parte di un medico, della similitudine esistente fra i sintomi insorti durante la sperimentazione (proving) ed i sintomi presentati da un individuo in situazione patologica. Si precisa che in omeopatia, le sostanze somministrate sperimentalmente su persone sane, sono sempre sostanze singole. Questo perché ogni sostanza ha un proprio caratteristico spettro d'azione, cioè la capacità di produrre nei soggetti sani sintomi specifici, diversi da quelli prodotti da mix di sostanze. Questo terzo principio sottintende l'importanza di esaminare attentamente ogni singolo caso da trattare, spingendosi oltre la semplice osservazione dei sintomi della malattia e considerando il contesto generale del paziente (Aversa et al., 2016). La metodologia omeopatica, cerca di curare quindi tutti i sintomi del paziente e non solo i sintomi fisici della patologia. Poiché però tutta la conoscenza di base dell'omeopatia si fonda su provings condotti con una sola sostanza per volta, e poiché la prescrizione omeopatica si attua trovando il medicinale più simile alla sintomatologia complessiva dell'ammalato, ne deriva che in omeopatia umana occorre utilizzare un solo medicinale per curare tutto il corteo sintomatologico (sintomi fisici e sintomi mentali) presente. Questa modalità prescrittiva prende il nome di omeopatia unicista (Bellavite et al., 2000).

Si precisa che in Europa, sono piuttosto diffuse altre forme prescrittive di omeopatia, le quali non utilizzano un solo medicinale omeopatico per volta. Il tipo di omeopatia che più si avvicina a quella unicista è l'omeopatia pluralista. In questo tipo di omeopatia, si utilizzano diversi medicinali omeopatici alternati nello stesso giorno o in giorni diversi. L'omeopatia pluralista può essere considerata una variante dell'omeopatia classica o unicista. Esiste inoltre un'altra modalità omeopatica che prevede la prescrizione e la somministrazione di un medicinale omeopatico complesso, cioè costituito da un mix di sostanze. Tale forma di omeopatia viene denominata complessista.

Il quarto principio della omeopatia è quello denominato della “dose minima” o dell'infinitesimale. Secondo questo principio, in omeopatia si utilizzano sostanze estremamente diluite (Bellavite et al., 2000).

La farmacoprassia omeopatica stabilisce regole precise per la preparazione delle diverse diluizioni o potenze da somministrare ai pazienti. La preparazione dei prodotti omeopatici iniziano da soluzioni idroalcoliche (Tinture Madri) ottenute da piante, animali e minerali (Chikramane et al., 2010). Le tinture madri sono ottenute tramite macerazione in miscele idroalcoliche per almeno 21 giorni, e successiva spremitura delle sostanze vegetali o animali; i tempi di macerazione e la gradazione alcolica usata sono funzione della farmacopea utilizzata. Se invece la sostanza è insolubile come nel caso dei minerali, viene sottoposta per almeno tre diluizioni, ad un processo di polverizzazione e frantumazione in lattosio seguito da una quarta diluizione in acqua e alcol (Ricottini, 2008).

Una volta ottenuta la tintura madre verrà applicato un procedimento di diluizione che verrà ripetuto fino al raggiungimento della diluizione desiderata.

Le diluizioni omeopatiche, sono ottenute seguendo delle scale logarithmiche su base decimale, centesimale, millesimale, o cinquantamillesimale etc.,.

Il processo di preparazione dei medicinali omeopatici (farmacoprassia) deve però essere sempre accompagnato da una succussione o dinamizzazione, ovvero un'agitazione ritmica e verticale della soluzione solitamente non inferiore a cento volte (Minho et al., 2008).

Questo processo di diluizione e dinamizzazione permette di ottenere medicinali omeopatici a diverse diluizioni o potenze. Pertanto, potremo avere soluzioni o sostanze omeopatiche ottenute utilizzando scale decimali che verranno indicati con la sigla DH, dove la “D” indica la scala decimale utilizzata e la “H” l'iniziale del medico fondatore della metodologia. Allo stesso modo le potenze centesimali verranno contrassegnate con la sigla CH, le millesimali con M e le cinquantamillesimali con LM o Q (Minho et al., 2008).



Figura 2. Processo di preparazione di un rimedio omeopatico, dall'estrazione della tintura madre al rimedio finale (Fonte: <https://www.farmaciangraziani.it/omeopatia/>).

Si ricorda che, secondo la legge di Avogadro, raggiunta la diluizione ventitreesima decimale (23 DH) o dodicesima centesimale (12 CH), le soluzioni ottenute dovrebbero contenere una singola molecola della tintura madre di partenza. Questa quantità è ritenuta da molti insignificante per avere un impatto farmacologico rilevante (Chikramane et al., 2010).

Si può affermare approssimativamente ed in linea del tutto teorica, che superata la diluizione 12a Centesimale (12 CH) o 24a Decimale (24 DH) non è più presente la sostanza chimica di partenza. Questa caratteristica è peculiare dell'omeopatia, tanto da diventare, a livello scientifico la sua caratteristica più conosciuta, ed anche il principale motivo che ha fatto dubitare della sua validità (Bellavite et al., 2000). Tale evidenza teorica rappresenta di fatto il fulcro delle critiche alla medicina omeopatica (Chikramane et al., 2010).

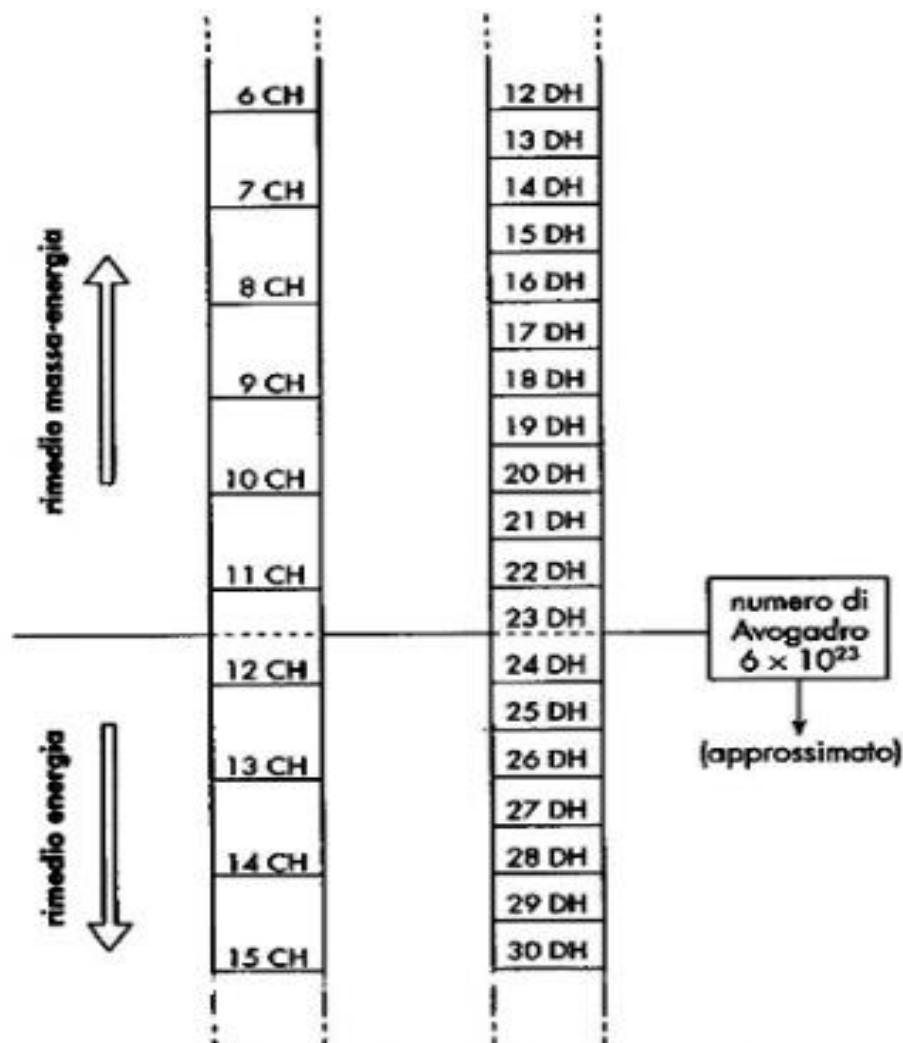


Figura 3. Relazione tra il grado di diluizione e il numero di Avogadro (Fonte: http://www.fdf.unict.it/uploads/GestoreProfessori/upl1841/Meccanismo_di_azione_medicinali_omeopatici_R_Carbone.pdf).

Tuttavia molti sono i lavori scientifici, sia in ambito umano, animale e vegetale che dimostrano che l'applicazione di sostanze diluite ben oltre il numero di Avogadro hanno dato effetti statisticamente significativi (Boff et al., 2008; Betti et al., 2009; Faedo et al., 2023).

In fine è bene ricordare che l'omeopatia è ufficialmente riconosciuta come approccio terapeutico olistico e integrativo in vari paesi del mondo. L'OMS riconosce l'omeopatia come pratica medica (World Health Organization, 2009). A livello europeo i medicinali omeopatici sono definiti e regolamentati dalla direttiva europea 2001/83/CE. L'Italia ha recepito tale Direttiva Comunitaria nel 2006 con il Decreto legislativo 24 aprile 2006 n. 219. In forza di questa Direttiva i rimedi omeopatici ad oggi, sono dei medicinali, in quanto per la vendita richiedono l'AIC, ossia la Autorizzazione di Immissione in Commercio rilasciata dall'AIFA (Agenzia italiana del farmaco).

1.3 L'agro-omeopatia

L'omeopatia, nel tempo, è stata impiegata sperimentalmente in ambiti diversi dalla sfera umana, incluso l'uso su animali e piante. Attraverso la sperimentazione in ambito agricolo, si è sviluppata una specifica disciplina nota come agro-omeopatia.

L'agro-omeopatia consiste nell'utilizzo di sostanze omeopatiche, quindi altamente diluite, in ambito agricolo.

I rimedi omeopatici in agricoltura possono essere impiegati per molteplici scopi, dal miglioramento quali-quantitativo della produzione agricola fino al superamento degli stress biotici e abiotici (Sen et al., 2018).

Come abbiamo visto nel paragrafo precedente, l'omeopatia umana si basa su 4 principi:

1. La sperimentazione patogenetica su persone sane (provings);
2. Il principio di Similitudine;
3. L'utilizzo di un unico medicinale omeopatico;
4. L'utilizzo delle dosi infinitesimali;

È bene ricordare che il metodo omeopatico è stato sviluppato e formulato per la cura degli esseri umani e non per la cura delle piante. Secondo Di Lorenzo et al. (2021), la sua applicazione in agricoltura può avere successo solo dopo aver valutato le differenze esistenti tra piante e esseri umani. I tentativi di applicare sostanze omeopatiche senza tenere in debita considerazione queste differenze, ha portato a clamorosi fallimenti (De Souza Goncalves et al., 2017) (Gonçalves Jr et al., 2017). Va comunque fatto notare che i principi hahnemanniani sono universali e possono essere applicati con successo su molti sistemi biologici, compresi quelli del regno vegetale. La selezione delle sostanze omeopatiche utili a risolvere problematiche agricole anche importanti, secondo Thichavský e Di Lorenzo et al. (2021), non può essere basata sull'uso delle Materie Mediche ad uso umano.

Questa affermazione viene motivata dagli autori sopracitati da almeno due ragioni logiche. La prima fa riferimento al fatto che le piante presentano una morfologia e una biochimica molto molto diversa da quella umana.

La seconda ragione logica si fonda sul fatto che i meccanismi di difesa dei vegetali sono diversi da quelli umani. Nelle piante, uno dei meccanismi di difesa più comuni si basa sulla necrosi (una sorta di apoptosi programmata), in cui il patogeno rimane intrappolato nei tessuti che la pianta fa morire. Le piante sacrificano i loro tessuti per impedire la diffusione del patogeno. Inoltre le piante, producono, a fini difensivi, una serie di metaboliti secondari con lo scopo di uccidere il patogeno. Negli esseri umani i meccanismi di difesa si basano invece su specifici tessuti (linfonodi, timo, milza, ecc.), su cellule specializzate (ad esempio, linfociti, macrofagi) e su composti proteici specifici

The diagram is divided into two main sections: **RECEPTORS** and **SIGNALING PATHWAYS**, each further subdivided into **ANIMALS** and **PLANTS**.

RECEPTORS:

- ANIMALS:** Shows **Transmembrane Receptors** (LRR and TIR) and **Intracellular Receptors** (NLR receptors with Variable, NOD-NBBS, and LRR domains).
- PLANTS:** Shows **Transmembrane Receptors** (LRR and Kinase) and **Intracellular Receptors** (NB-LRR receptors with TIR, NOD-NBBS, and LRR domains, and CC, NOD-NBBS, and LRR domains).

SIGNALING PATHWAYS:

- ANIMALS:** Illustrates a pathway starting from LRR/TIR, through TIR/IRAK, TRAF6, TAK1, IKK- α , IKK- β , and NF- κ B, leading to **Cytokines - Defense**.
- PLANTS:** Illustrates a pathway starting from LRR, through Kinase, MAPKKKs, MAPKKs, MAPKs, and WIPKs, leading to **Defense-related genes**. It also shows a pathway involving Ca²⁺, Rboh, and CDPKs.

Prendendo in considerazione la morfologia, le differenze in ambito recettoriali e le vie di segnalazione biochimiche tra piante ed esseri umani, il tentativo di identificare il rimedio agro-omeopatico adatto alle condizioni aziendali può portare con estrema facilità ad errori di individuazione e quindi al fallimento del trattamento omeopatico.

Le applicazioni agro-omeopatiche proposte da R. Thichavský, prevedono modalità di intervento ad approccio agroecologico. Le problematiche fitopatologiche, le carenze minerali o gli stress abiotici, vengono considerati come squilibri del sistema “azienda agricola” e quindi da inserire all'interno di un quadro più ampio che riguarda appunto l'intera realtà aziendale agricola se non addirittura il sistema agroecologico cui l'azienda fa parte. Un approccio agro-omeopatico del genere, non può che essere di tipo sistemico, superando l'approccio sostitutivo della agricoltura biologica, dove alla patologia “A” corrisponde sempre la soluzione “B”. L'approccio agro-omeopatico, in quanto approccio sistemico, riconosce l'azienda agricola, o il sistema agroecologico di cui essa fa parte, come un sistema complesso a reazione non lineare. Tale approccio considera i sintomi delle colture da trattare come squilibri del sistema e tenta di agire su di essi tramite l'utilizzo di sostanze altamente

diluite sfruttando l'effetto domino, con l'obiettivo di tentare di ricondurre il sistema azienda agricola a livelli energetici sempre più vicini ad uno stato di equilibrio in grado di rendere minimi gli input energetici da parte dell'uomo.

Tale approccio si ispira ai principi originari della metodologia omeopatica, per cui stesse problematiche andranno affrontate e risolte tramite l'applicazione di sostanze omeopatiche diverse, in funzione delle caratteristiche agroecologiche in cui si trova l'azienda agricola. In tal modo gli interventi agro-omeopatici assumono caratteristiche uniche, individualizzate per ogni problematica e per ogni azienda agricola. Questa metodologia pubblicata da Di Lorenzo et al., (2021) e proposta da R. Tichavský nel libro “Fondamenti di Agro-omeopatia”, prevede diverse fasi. Nelle fasi iniziali è prevista un'analisi dettagliata dell'agroecosistema. In queste fasi si fa grande uso di strumenti informatici come Sentinel Hub, Duke's Database (USDA), The pherobase Database, mVOC 3.0 Database, Global Biotic Interaction etc. etc., si valutano parametri come la granulometria del suolo, la microbiologia del suolo, la presenza di piante bioindicatrici, gli indici di vegetazione (NDVI, NDMI, etc.). Questi strumenti, insieme ad una analisi visiva ed analitica, permettono di valutare parametri quali fertilità e vitalità del sistema suolo, biodiversità animale, microbiologica e vegetale, valutazioni sulle reti trofiche etc. Il tutto al fine di tentare di stimare il grado di resilienza e la reattività del sistema. L'analisi agroecologica di cui sopra, porta alla individuazione di Biotipologie e Livelli di Patogenesi del sistema in analisi; tali parametri sono stati proposti per la prima volta da R. Tichavský e pubblicati da Di Lorenzo et al, 2021.

1.5 I Morfobiotipi o Costituzioni

In ambito omeopatico umano, autorevoli medici omeopati allievi di Hahnemann e non, hanno individuato, nell'ambito del genere umano, diversi biotipi o costituzioni, sulla base dei quali somministrare determinati rimedi omeopatici. Cercando di non farsi fuorviare da un approccio antropocentrico, è possibile individuare, durante l'analisi agroecologica, anche in ambito vegetale dei morfobiotipi, e valutarne la prevalenza all'interno dei sistemi agrari. La metodologia proposta da Tichavský individua 5 biotipi, il Sulfurico, il Carbonico, il Fosforico il Fluorico e il Silicio. Ognuno di questi biotipi presenta una particolare morfologia ed ecofisiologia, nonché un migliore risposta a determinate sostanze omeopatiche.

Tabella 1. I 5 biotipi (Tichavský & Di Lorenzo, 2019)

BIOTIPO	CARATTERISTICHE
Sulfurico	Biotipo normolineo, caratterizzato da semi, piante e frutti ben adattati, equilibrati, con buona germinazione, buona crescita, normale sviluppo di fiori e fruttificazione.
Carbonico	Crescita lenta, ordinata, accumulo d'acqua nei tessuti, sensibilità al freddo, semi più grandi con dormienza pronunciata rispetto alla media. Piante con tendenza a svilupparsi verso i lati e non verso l'alto; sono piante brevilinee, hanno bisogno di nutrizione abbondante e presentano una certa rigidità nella loro struttura.
Fosforico	Piante longilinee, con sviluppo è precoce e crescita accentuata, soprattutto in verticale (assurgenti), piante filiformi, tendono ad incurvarsi come a formare una C, tendenza alla demineralizzazione e alla conseguente clorosi, presentano turbe nella crescita, nella fioritura e nella fruttificazione.
Fluorico	Germinazione dei semi alterata, semi più piccoli del comune, con deformazioni, presentano reazioni erratiche nel loro sviluppo, piante con crescita caratteristica a forma di S.
Silicico	Piante che appartengono al biotipo caratteristico del deserto. Piante di piccole dimensioni, evidente debolezza per quanto perfette nella simmetria, notevole riduzione nella fioritura e nella fruttificazione.

Ad oggi sappiamo che la morfobiotipologia di una pianta, è influenzata non solo dalla specie alla quale essa appartiene, ma nel caso delle piante di interesse agrario, anche dalla varietà o cultivar, altresì recenti ricerche hanno permesso di individuare nel microbiota pedologico uno degli elementi nel determinare la morfologia e la risposta fisiologica agli ambienti in cui le colture agrarie si trovano ad essere coltivate (Tian et al., 2020).

Pertanto la prevalenza o meno di un biotipo, all'interno di una azienda agricola, può costituire un fattore in grado di guidarci nella scelta della sostanza omeopatica da applicare all'interno della azienda agricola o della coltura.

1.6 Livelli di patogenesi

Dall'analisi degli agroecosistemi e/o delle aziende agricole da sottoporre a trattamenti agro-omeopatici previste dalla metodologia di cui alla presente tesi, si evince abbastanza facilmente che esistono delle condizioni agronomiche patologiche in cui l'assenza o l'eccesso di un determinato minerale o sale può caratterizzare la risposta vegetativa e produttiva di tutta l'azienda. Tali condizioni carenziali o di eccesso permettono di descrivere specifici Livelli di Patogenesi.

Sono individuati e proposti cinque Livelli di Patogenesi, il Livello Calcico, il Livello Magnesiaco, il Livello Potassico, il Livello Sodico, il Livello Baritico e il Livello Ammoniacale.

Tabella 2. I diversi livelli di patogenesi (Tichavský & Di Lorenzo, 2019)

LIVELLO DI PATOGENESI	EFFETTI
Calcico	Protezione dell'epidermide, comunicazione fra radice e chioma, assorbimento di macro-elementi
Magnesiaco	È un livello intermedio, fotosintesi
Potassico	Calibro dei frutti, apertura degli stomi, osmoregolazione e assorbimento di CO ₂ , la sua azione è rapida
Sodico	Controllo idrico nella pianta, ipertensione, la sua azione è lenta
Baritico	Velocità di crescita e dei processi metabolici in generale, ipotensione e perdita dell'attività elettrica
Ammoniacale	Dimensione delle foglie, tessuti grandi e teneri, formazione della clorofilla e degli ormoni

Ogni livello di Patogenesi presenta delle specificità, che per un tecnico sono facilmente individuabili. Anche in questo caso, questi livelli ci permettono di orientarci nella scelta del rimedio/medicinale omeopatico da somministrare per riequilibrare il sistema in analisi.

Tabella 3. I diversi livelli di patogenesi, le sostanze corrispondenti e i loro cationi (Di Lorenzo et al., 2021)

Livello di patogenesi	Sostanza	Catione
1- Livello calcico	<i>Calcarea carbonica</i>	(CO ₃ H)->(Ca) ⁺
2- Livello magnesiaco	<i>Magnesia carbonica</i>	(CO ₃ H)->(Mg) ⁺
3- Livello potassico	<i>Kalium carbonicum</i>	(CO ₃ H)->(K) ⁺
4- Livello di sodio	<i>Natrum carbonicum</i>	(CO ₃ H)->(Na) ⁺
5- Livello baritico	<i>Baryta carbonica</i>	(CO ₃ H)->(Ba) ⁺
6- Livello di ammoniaca	<i>Amonium carbonicum</i>	(CO ₃ H)->(NH ₄) ⁺

Ad ogni Livello di patogenesi corrisponde un sale specifico come indicato nella tabella precedente.

Tabella 4. I diversi livelli di patogenesi, le sostanze corrispondenti e i loro cationi (Di Lorenzo et al., 2021)

Livello di patogenesi	Biotipo/Costituzione e sostanze omeopatiche				
1- Livello di calcio	<i>Calcarea sulphurica</i>	<i>Calcarea carbonica</i>	<i>Calcarea phosphorica</i>	<i>Calcarea fluorica</i>	<i>Calcarea silica</i>
2- Livello di magnesio	<i>Magnesia sulphurica</i>	<i>Magnesia carbonica</i>	<i>Magnesia phosphorica</i>	<i>Magnesia fluorica</i>	<i>Magnesia silica</i>
3- Livello di potassio	<i>Kalium sulphuricum</i>	<i>Kalium carbonicum</i>	<i>Kalium phosphoricum</i>	<i>Kalium fluoricum</i>	<i>Kalium silicum</i>
4- Livello di sodio	<i>Natrum sulphuricum</i>	<i>Natrum carbonicum</i>	<i>Natrum phosphoricum</i>	<i>Natrum fluoricum</i>	<i>Natrum silicum</i>
5- Livello baritico	<i>Baryta sulphurica</i>	<i>Baryta carbonica</i>	<i>Baryta phosphorica</i>	<i>Baryta fluorica</i>	<i>Baryta silica</i>
6- Livello ammoniacale	<i>Amonium sulphuricum</i>	<i>Amonium carbonicum</i>	<i>Amonium phosphoricum</i>	<i>Amonium fluoricum</i>	<i>Amonium silicum</i>

I rimedi costituzionali o morfobiotipologici di origine minerale, da somministrare alle colture da trattare con questa metodologia, vengono scelti pertanto in funzione dei livelli di patogenesi e in funzione dei morfobiotipi delle colture presenti in campo. La combinazione dei sei livelli di patogenesi e dei cinque morfobiotipi, porta ad ottenere 30 rimedi costituzionali di origine minerale.

L'applicazione di un sale minerale omeopatico ben scelto, ha una azione molto profonda. Questo è dovuto al fatto che i minerali formano e mantengono in funzione il metabolismo cellulare che è appunto basato sugli scambi cationici di un numero ridotto di specie chimiche. Subito dopo la somministrazione dei rimedi omeopatici, in una ipotetica scala, si collocano i rimedi omeopatici di origine vegetale e poi quelli di origine animale. Man mano che ci allontaniamo dal mondo minerale l'azione diviene più specifica, meno profonda o più blanda o lenta (Di Lorenzo et al., 2021).

1.6 La similitudine metabolica

Questo nuovo concetto è stato proposto per la prima volta da Radko Thichavský, si basa sulla presenza di metaboliti secondari che accomunano piante appartenenti famiglie botaniche spesso tra loro molto lontane. Nella scelta dei rimedi omeopatici da applicare all'interno di una specifica coltura o all'interno di un sistema agrario, l'applicazione del solo principio di similitudine di Hahnemann, essendo stato messo a punto per gli esseri umani, può indurre in errore. In tal caso è utili integrare lo stesso con il principio di similitudine messo a punto e proposto per la prima volta da Radko Thichavský.

Per chiarire meglio il Principio di Similitudine Metabolica è necessario chiarire la differenza esistente tra metaboliti primari e metaboliti secondari.

I composti chimici presenti nelle piante possono essere categorizzati in base alla via metabolica di origine in due gruppi principali: metaboliti primari e metaboliti secondari. I metaboliti primari sono sostanze coinvolte nei processi metabolici fondamentali, come la respirazione e la fotosintesi. I metaboliti secondari, invece, derivano da percorsi metabolici secondari o da vie intermedie del metabolismo primario. Tuttavia la classificazione dei metaboliti in base alla via biosintetica di origine potrebbe essere troppo limitante o semplificativa in alcuni casi. Infatti la distinzione tra metaboliti primari e secondari potrebbe essere meglio compresa considerando le loro funzioni piuttosto che la loro struttura chimica. Una stessa molecola, con la stessa struttura chimica, potrebbe svolgere sia funzioni di metabolita primario che di metabolita secondario. Di conseguenza, la distinzione tra metaboliti primari e secondari basata solo sulla via biosintetica di origine potrebbe non essere sempre chiara (Birch, 1973).

I metaboliti secondari svolgono un ruolo cruciale in varie fasi del ciclo di vita delle piante. Queste sostanze chimiche, di diversa complessità, permettono risposte mirate alle specifiche necessità delle piante. Inoltre, partecipano attivamente a complessi meccanismi ecologici di interazione con altri organismi e l'ambiente circostante. Ciò consente alle piante di affrontare con successo le sfide biotiche e abiotiche che si presentano naturalmente. Svolgono un ruolo importante nel proteggere le piante dai danni ambientali potenziali; inoltre, sono coinvolti nella comunicazione tra piante (ad esempio, nelle interazioni allelopatiche) e possono fungere da strumento per l'adattamento alle varie condizioni ambientali (Pichersky & Gang, 2000).

I metaboliti secondari sono molecole prodotte dalle piante che contribuiscono ad incrementare la loro competitività nell'ambiente. Questi composti possono influenzare in modo significativo sia la pianta che altri organismi. Essi regolano processi come la fioritura, la fruttificazione e l'abscissione delle foglie, contribuendo alla crescita costante o segnalando variazioni stagionali. Inoltre, svolgono funzioni antimicrobiche e possono agire come agenti attrattivi o repellenti. Nel mondo vegetale, sono stati individuati oltre 50.000 di questi metaboliti (Teoh, 2015). Ambienti e temperature diversi inficiano sulla quantità e la qualità di questi composti (Zhao et al., 2023).

Il principio di similitudine metabolica si basa sulla somiglianza metabolica tra due piante, cioè sulla presenza di metaboliti secondari comuni tra due o più piante o tra piante e animali presenti all'interno dell'agroecosistema esaminato. Maggiore sono i metaboliti secondari in comune tra due o più piante o tra piante e animali, maggiore sarà la similitudine metabolica. Secondo questo principio, è possibile attenuare alcune patologie o condizioni di stress che colpiscono una determinata coltura o specie, utilizzando piante o altri organismi che condividono metaboliti

secondari in comune con esse (Tichavský, 2018).

Esaminando l'intero agroecosistema all'interno del quale l'azienda agricola oggetto di intervento si trova, è possibile identificare organismi, tra cui piante, insetti, funghi, batteri e animali con una elevata similitudine metabolica con la coltura oggetto di studio. Utilizzando risorse online come i database pubblici Duke o Pherobase, che offrono informazioni dettagliate su piante, sostanze chimiche (inclusi metaboliti secondari), bioattività ed etnobotanica (utilizzando nomi scientifici o comuni), è possibile individuare le specie con il maggior numero di metaboliti in comune con la pianta in questione o con la malattia da trattare (Di Lorenzo et al., 2021)

La somiglianza metabolica può essere osservata tra diverse specie, come piante superiori (alberi, arbusti, erbe fiorite, felci e piante simili alle felci) e animali, o tra piante e insetti, funghi, ecc. Inoltre, i metaboliti secondari non derivano direttamente dall'espressione del DNA (trascrizione e traduzione), ma sono influenzati da fattori epigenetici e, quindi, sono fortemente influenzati dalle condizioni ambientali (Pfannenstiel et al., 2018) e il loro effetto varia sia in base alla specie vegetale produttrice, sia allo stato fisiologico e nutrizionale della pianta, oltre che agli elementi ambientali abiotici come l'esposizione solare, le precipitazioni, l'umidità e la temperatura (Rovira, 1969).

La risoluzione di un problema specifico con un intervento di tipo agro-omeopatico, può cambiare in base all'agroecosistema preso in considerazione.

1.7 Sostenibilità dei rimedi omeopatici

Nel contesto dell'agricoltura convenzionale, si osserva comunemente l'utilizzo di sostanze mirate al ripristino dell'equilibrio materiale, ovvero il trattamento dei sintomi delle malattie attraverso l'applicazione di rimedi con azione fisico-chimica. Al contrario, nell'omeopatia, le sostanze impiegate, nonostante siano altamente diluite e dinamizzate, agiscono stimolando gli organismi con lo scopo di ristabilire il loro naturale equilibrio interno (Patel, 2022). Da un punto di vista della sostenibilità, la nascente disciplina dell'agro-omeopatia potrebbe offrire potenzialmente molteplici benefici. I preparati omeopatici, grazie alla loro elevata diluizione, sono relativamente economici ed è improbabile che siano in grado di causare effetti collaterali di natura ecologica (Trebbi et al., 2016). Tra i vantaggi dell'agro-omeopatia figura pertanto il risparmio economico e la salvaguardia dell'ecosistema naturale. Pertanto è possibile affermare che questa pratica di fatto riduce i costi derivanti dai prodotti chimici in agricoltura biologica, non arreca danni agli organismi vegetali, al suolo, e all'ambiente acquatico. Inoltre, visto l'utilizzo esclusivo dell'acqua come solvente, e l'estrema diluizione delle sostanze, l'impiego dei trattamenti omeopatici sulle piante, assicura la totale assenza di tossicità (Moreno, 2008).

1.8 L'importanza dell'agro-omeopatia nelle colture ad alto contenuto proteico

Le colture agricole ad alto contenuto proteico, sia fresche che conservate, suscitano un notevole interesse a causa della loro elevata domanda a livello globale, pertanto è cruciale incrementare la loro resa. L'uso di rimedi agro-omeopatici in questo tipo di colture, ha dimostrato di favorirne la crescita e ottimizzare lo sviluppo vegetativo. Risultati statisticamente rilevanti su colture ad alto contenuto proteico, hanno convalidato la capacità dei trattamenti agro-omeopatici nel modificare la risposta fisiologica di tali piante, aumentando l'attività vegetativa e la produzione (Dos Santos et al., 2016). Ad esempio lo studio di Bernal et al., (2020) riporta l'uso di rimedi omeopatici al fine di migliorare la crescita durante le prime fasi di sviluppo e la produttività in fagiolo comune (*Phaseolus vulgaris* L.). Lo studio riporta prove condotte utilizzando diverse sostanze omeopatiche e un gruppo di controllo trattato solo con acqua distillata. I risultati delle prove hanno mostrato che un particolare trattamento omeopatico a base di magnesio (*Magnesium metallicum* 31 CH) e manganese (*Magnesium-Manganum phosphoricum* 3 CH), ha avuto un impatto significativamente positivo sulla crescita delle piante rispetto al gruppo di controllo. In particolare tale trattamento omeopatico ha permesso di ottenere una maggiore lunghezza dei fusti, delle radici e del numero di foglie, oltre a una maggiore biomassa fresca e secca rispetto al controllo non trattato.

1.9 L'importanza dell'agro-omeopatia negli stress abiotici

Attualmente, molti studi si sono dedicati alla comprensione degli impatti negativi causati dagli stress abiotici sulle colture agricole. La tensione salina, connessa alle alte temperature e all'eccessiva esposizione solare, costituisce uno dei principali fattori ambientali che ostacolano la crescita, lo sviluppo e la sopravvivenza delle piante coltivate, riducendo di conseguenza la loro produttività. Su scala globale, milioni di ettari di terreno sono caratterizzati da un'elevata aridità e contenuto di sali. Tale fenomeno influisce sul metabolismo e sulla crescita delle piante, con conseguente diminuzione della produzione di biomassa. L'effetto salino deriva da elevate concentrazioni di sodio (Na^+) e cloro (Cl^-), che causano significative alterazioni nel metabolismo delle piante, con conseguente impatto sulla loro crescita e sviluppo. La mancanza di acqua è un fattore di stress osmotico, associato alla salinizzazione, che compromette il tasso di assorbimento dell'anidride carbonica (CO_2) e influenza i meccanismi correlati alla fotosintesi (Parihar et al., 2015).

Tra gli effetti fisiologici si annoverano la diminuzione dell'assorbimento idrico e l'assimilazione di ioni in grado di provocare tossicità e squilibri nutrizionali, oltre che alterazioni fisiologiche importanti, come la riduzione della superficie fogliare e la conseguente riduzione del tasso di

fotosintesi e conseguente compromissione della vitalità delle colture (Manuel et al., 2019). La salinità pertanto comporta non solo problematiche ambientali, ma anche sociali ed economiche, in quanto riduce la sostenibilità e la resa delle coltivazioni in determinate aree del pianeta. Le perdite globali derivanti dallo stress salino sono stimate in 12 miliardi di dollari all'anno e coinvolgono il 20% delle terre agricole. Sono state esplorate diverse soluzioni alternative per mitigare l'impatto della salinità in agricoltura, tra cui miglioramenti genetici, selezione di varietà tolleranti e trattamenti fisici delle sementi per indurre la tolleranza, nonché l'utilizzo di prodotti chimici per stimolare la crescita delle piante. In questa prospettiva, i trattamenti agro-omeopatici rappresentano una soluzione ecologica ed economica che può essere applicata efficacemente in qualsiasi contesto e circostanza (Manuel, et al., 2019)

Per esempio, la tolleranza allo stress salino dei semi di fagiolo (*Phaseolus vulgaris* L.) è stata mantenuta (50mM NaCl) grazie al trattamento degli stessi con Sepia 200 CH (Sukul et al., 2012). Nello stesso anno (Mondal et al., 2012) hanno fatto germinare con successo semi di *Vigna unguiculata* (L.) Walp. in condizioni di stress salino utilizzando *Natrum Muriaticum* 200 CH come rimedio omeopatico.

2.0 La fragola

La fragola è una pianta appartenente alla famiglia delle Rosacee, sottofamiglia Rosoidae, appartenente al genere *Fragaria*. Questo genere comprende numerose specie diffuse in tutto il mondo, ad eccezione dell'Africa e dell'Australia. In Europa, la specie più comune è la *Fragaria vesca*, una specie diploide ($2n = 2 \times = 14$) conosciuta come fragolina di bosco, che presenta diverse varietà. La specie ottoploide *Fragaria* $\times$ *ananassa* Duch. ($2n = 8 \times = 56$), da cui derivano tutte le varietà coltivate attuali, è un ibrido interspecifico che ebbe origine oltre due secoli fa dall'incrocio delle ottoploidi *F. chiloensis* e *F. virginiana* - precedentemente importati in Europa rispettivamente dal Sud e dal Nord America. L'impollinazione incrociata produsse ibridi che furono rapidamente riconosciuti per le loro combinazioni uniche e desiderabili di caratteristiche morfologiche e del frutto e furono introdotti nella coltivazione e nell'allevamento. Questa origine recente rese *Fragaria* $\times$ *ananassa* una delle specie coltivate contemporanee più giovani (Angelini, 2010).

La fragola è una pianta perenne. Le sue radici fascicolate si originano dalla parte centrale della pianta e si estendono nei primi 30 centimetri di suolo. Queste radici, distinte in primarie e secondarie, svolgono un doppio ruolo: assorbono sostanze nutritive e immagazzinano riserve di sostanze nutritive. La pianta ha un fusto corto, dove vengono conservate queste riserve. Le foglie sono di forma ovale e tendenzialmente allungate, con margini dentellati. Sono disposte a forma di rosetta e divise in tre foglioline, ciascuna con un picciolo di lunghezza variabile. La presenza di numerosi stomi sulle

foglie comporta una notevole perdita di acqua attraverso la traspirazione. Nell'ascella delle foglie si trovano gemme che, a seconda delle condizioni climatiche e di illuminazione, possono evolvere in infiorescenze o produrre stoloni. La fragola può avere un aspetto vegetativo assurgente o espanso, a seconda dell'orientamento delle foglie che possono assumere una posizione verticale o prostrata. Il fiore della fragola è composto da un calice con 5 o più sepali, una corolla con 5 o più petali di solito bianchi e numerosi stami, ciascuno con un filamento che contiene il polline. Normalmente, i fiori sono ermafroditi, ma alcune varietà possono presentare fiori unisessuali. Sulla parte superiore del fiore si trovano i pistilli, disposti a spirale, ciascuno dei quali ha un ovario contenente un ovulo che, una volta fecondato, formerà un achenio. La fragola è un falso frutto o infruttescenza, derivante dall'ingrossamento del ricettacolo florale, sul quale si trovano gli acheni, che costituiscono il frutto vero e proprio (Bonciarelli, 1995)

La fragola dimostra una notevole capacità di adattamento a una vasta gamma di ambienti. Tra i diversi fattori climatici, la temperatura gioca un ruolo fondamentale nella sua coltivazione. La pianta prospera meglio in climi temperati, evitando quelli eccessivamente caldo-aridi. Le condizioni ottimali per la sua crescita si trovano con temperature moderate, comprese tra 10-13°C durante la notte e 18-22°C durante il giorno. È in grado di sopportare temperature minime fino a -10°C, sebbene l'attività vegetativa sia compromessa a temperature inferiori a -5°C. La fioritura subisce un danno significativo a -1°C. Temperature superiori a 30°C possono portare a una diminuzione della produzione e alla formazione di frutti deformi a causa di problemi di impollinazione. La fragola si adatta a una vasta gamma di climi grazie alla diversità delle sue varietà. In Italia, viene coltivata in diverse regioni, dal livello del mare fino a 1700 metri di altitudine, con variazioni significative nelle condizioni climatiche che influenzano la produzione di gemme e il comportamento delle piante. Le varietà destinate alle regioni centrali e settentrionali richiedono un periodo di esposizione a temperature inferiori a +7°C per almeno 800-1000 ore per passare dalla fase vegetativa a quella riproduttiva, mentre in quelle meridionali si preferiscono varietà con un basso o nullo fabbisogno di freddo (Bonciarelli, 1995).

2.1 Qualità della fragola

Tabella 5. Composizione nutrizionale delle fragole fresche (Adattato dal Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti, Agriculture Research Service)

TIPO	NUTRIENTE	PER 100 G
	Acqua (g)	90,95
	Energia (kcal)	32
	Proteine (g)	0,67
	Ceneri (g)	0,40
	Lipidi totali (g)	0,30

MINERALI	Carboidrati (g)	7,68
	Fibra alimentare (g)	2
	Zuccheri (g)	4,89
	Saccarosio (g)	0,4
	Glucosio (g)	1,99
	Fruttosio (g)	2,44
	Calcio (mg)	16
	Ferro (mg)	0,41
	Magnesio (mg)	13
	Fosforo (mg)	24
	Potassio (mg)	153
	Sodio (mg)	1
	Zinco (mg)	0,14
	Rame (mg)	0,048
	Manganese (mg)	0,386
	Selenio (µg)	0,4
VITAMINE	Vitamina C (mg)	58,8
	Tiamina (mg)	0,024
	Riboflavina (mg)	0,022
	Niacina (mg)	0,386
	Acido pantotenico (mg)	0,125
	Vitamina B6 (mg)	0,047
	Folato (µg)	24
	Colina (mg)	5,7
	Betaina (mg)	0,2
	Vitamina B12 (µg)	0
	Vitamina A (µg)	1
	Luteina + zeaxantina (µg)	26
	Vitamina E, α-tocoferolo (mg)	0,29
	β-tocoferolo (mg)	0,01
	γ-tocoferolo (mg)	0,08
	δ-tocoferolo (mg)	0,01
	Vitamina K, fillochinone (µg)	2,2

La fragola, rappresenta una fonte significativa di composti bioattivi caratterizzati da elevati livelli di vitamina C, acido folico e costituenti fenolici. La maggior parte di tali composti manifesta notevoli capacità antiossidanti sia *in vitro* che *in vivo* (Wang & Lin, 2000).

Dal punto di vista del suo profilo nutrizionale, la fragola costituisce una scelta alimentare salutare. In primo luogo, il suo contenuto di fibre alimentari e fruttosio può contribuire alla regolazione dei livelli glicemici rallentando il processo digestivo; inoltre, le fibre possono svolgere un ruolo nel controllo dell'apporto calorico attraverso il loro effetto saziante. Le fragole sono anche una fonte minore ma significativa di acidi grassi sani ed essenziali, poiché l'olio derivato dai loro semi è ricco di acidi grassi insaturi, principalmente polinsaturi. Inoltre, sono presenti anche i principali carotenoidi e tocoferoli. Non sono state individuate altre vitamine liposolubili come i tocotrienoli. Le fragole sono

oggetto di grande interesse a causa del loro elevato contenuto di vitamina C, il che le rende una fonte cruciale di tale vitamina nell'alimentazione umana. Inoltre, sono ricche di manganese, con una porzione di fragole di dimensioni medie che può fornire oltre il 20% dell'apporto giornaliero raccomandato di questo minerale. Una porzione equivalente a otto frutti di dimensioni medie (circa 144 g) può fornire circa il 5% dell'apporto giornaliero raccomandato di potassio, oltre a essere una buona fonte di iodio, magnesio, rame, ferro e fosforo. Oltre ai nutrienti, le fragole contengono una vasta gamma di componenti non nutritivi, come i fitochimici polifenolici, tra cui flavonoidi, acidi fenolici, lignani e tannini (Giampieri et al., 2012).

I fitochimici presenti nella fragola sono prevalentemente rappresentati dall'ampia classe di composti fenolici, i quali svolgono molteplici funzioni non essenziali all'interno delle piante ma manifestano un enorme potenziale biologico negli esseri umani. Tra i composti fenolici più rilevanti, la classe principale è costituita dai flavonoidi, con una predominanza di antociani e una minore presenza di flavonoli e flavanoli. Seguono i tannini idrolizzabili, tra cui gli ellagitannini e i gallotannini, e gli acidi fenolici, quali gli acidi idrossibenzoici e gli acidi idrossicinnamici, con i tannini condensati (proantocianidine) che costituiscono una frazione minore. La contribuzione individuale dei diversi composti fitochimici all'interno del frutto riveste un ruolo cruciale nella determinazione della sua capacità antiossidante complessiva. Il potere antiossidante del frutto è strettamente correlato alla presenza di agenti capaci di neutralizzare i radicali dell'ossigeno, come la vitamina C e i composti fenolici. Durante il processo di crescita e maturazione delle fragole, la composizione polifenolica subisce variazioni significative, con livelli più elevati di composti fenolici e capacità antiossidante generalmente riscontrati nella polpa dei frutti non ancora maturi rispetto a quelli maturi. Tuttavia, è interessante notare che il profilo antocianico presenta un andamento opposto: i livelli di antociani tendono ad aumentare durante la maturazione. La capacità antiossidante dei frutti segue una tendenza simile durante il periodo di maturazione, parallelamente alla variazione dei composti fenolici. Secondo numerosi studi, si osserva una diminuzione graduale della capacità antiossidante durante il processo di maturazione, fenomeno strettamente correlato a una marcata diminuzione dei tannini. In contrasto, gli antiossidanti polari non fenolici, come la vitamina C, mostrano un aumento relativamente modesto durante la maturazione, il che non influisce significativamente sull'andamento generale di diminuzione della capacità antiossidante (Giampieri et al., 2012).

Il patrimonio genetico e le condizioni ambientali rappresentano determinanti fondamentali nelle caratteristiche della fragola, poiché esercitano un'influenza significativa sul contenuto di micronutrienti e composti fitochimici. Tale variabilità può essere osservata tra diverse cultivar di fragole e può dipendere dalle pratiche colturali adottate (Tulipani et al., 2008).

2. Obiettivo della tesi

Come delineato nell'introduzione, il mondo è sempre più afflitto da problemi legati alla sicurezza alimentare e all'adattamento al cambiamento climatico. Tale sicurezza è compromessa dall'aumento della popolazione mondiale e, di conseguenza, dalla crescente richiesta di alimenti. Pertanto, è essenziale avviare fin da ora lo sviluppo di sistemi agricoli in grado di fronteggiare le attuali sfide ambientali e di sicurezza alimentare, adoperando prodotti con un minore impatto sull'ambiente e salvaguardando sia l'ecosistema che la salute umana.

L'obiettivo principale di questa tesi è valutare l'efficacia e la sostenibilità di un approccio agricolo alternativo che utilizza sostanze naturali altamente diluite. In particolare, questo approccio è stato valutato nel contesto della produzione di fragola (*Fragaria* × *ananassa*) in coltura protetta nell'areale emiliano-romagnolo.

Questo metodo, integrabile con le pratiche convenzionali dell'agricoltura biologica, sarà esaminato all'interno di un contesto agro-ecologico con l'obiettivo di ridurre globalmente l'impatto ambientale dell'attività agricola. Questo studio si propone di contribuire alla comprensione delle sfide e delle opportunità nell'ambito dell'agricoltura sostenibile, fornendo così una base teorica per futuri sviluppi e approfondimenti nel settore.

Sono state svolte analisi quanti-qualitative dei parametri biometrici delle piante, al fine di valutare le differenti risposte ai trattamenti. Infine, sulle fragole raccolte, sono state analizzate le caratteristiche nutrizionali e il contenuto di composti bioattivi e la relativa attività antiossidante, con lo scopo di confrontare i due approcci agricoli (biologico e omeopatico) applicati nel corso del ciclo colturale, valutandone il potenziale salutare nell'alimentazione umana.

3. Materiali e metodi

3.1 Descrizione dell'azienda

La prova sperimentale è stata svolta presso l'azienda agricola Coltivare Fraternità, sita nel comune di Ozzano dell'Emilia, precisamente in via Via Galileo Galilei n. 24, località Mercatale (BO).



Figura 5. Immagine satellitare dell'appezzamento in cui è stata svolta la prova (Fonte: Google Earth)

Il disegno sperimentale adottato per questa ricerca ha seguito il modello a blocchi randomizzati. La sperimentazione è stata condotta mediante l'impianto di tre tunnel, di cui uno coltivato secondo le tecniche dell'Agro-omeopatia (Trattamento Omeo) e due utilizzati come tunnel di controllo con una pratica di coltivazione in regime di Agricoltura Biologica (Trattamento Bio). All'interno di ciascun tunnel sono stati disposti tre file binate di circa 80 m ciascuna con orientamento Nord-Sud, e ciascuna fila è stata destinata a ospitare una varietà specifica di fragole. Sono stati individuati due punti distinti all'interno di ogni bina, ognuno dei quali ha ospitato tre repliche per l'acquisizione dei dati relativi alla crescita. Per quanto concerne la valutazione della produzione, i dati sono stati ottenuti mediante la rilevazione del raccolto complessivo di ciascuna bina.

Le varietà di Fragole selezionate per questa indagine sono state Arianna¹, Garda² e Federica³. L'impianto è stato eseguito ad agosto 2022, utilizzando piante fresche a cima radicata.

Durante i primi mesi, da agosto a dicembre, i tunnel sono rimasti privi di copertura. Nel periodo compreso tra gennaio e marzo, si è scelto di non posizionare la copertura sui tunnel per prevenire eventuali danni causati da possibili nevicate, che avrebbero potuto esercitare un peso eccessivo sulla copertura, mentre le piante sono state protette mediante l'uso di un tessuto-non tessuto (TNT) al fine di evitare danni da freddo. Infine, da aprile a giugno, è stata posizionata la copertura del tunnel.

¹ <https://www.coviro.it/bl39/>,

² <https://plantgest.imagelinenetwork.com/it/variet%C3%A0/frutticole/fragola/garda/5719>

³ <https://www.cizetavivai.com/federica>

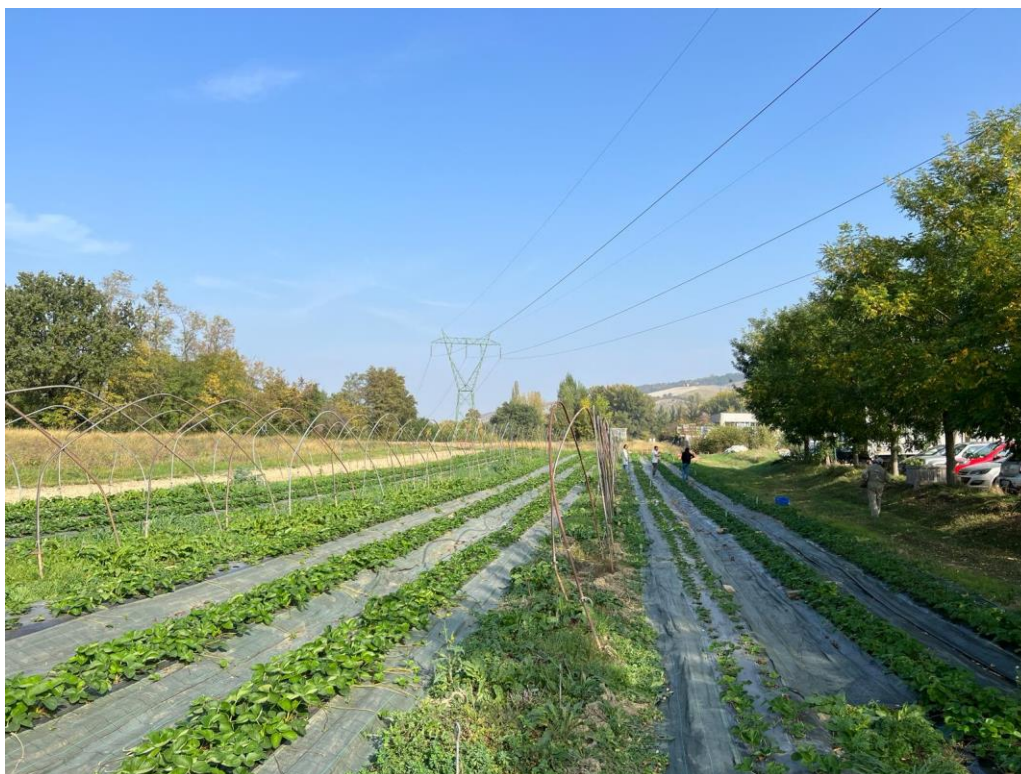


Figura 6. Fotografia dell'appezzamento in cui è stata svolta la prova, all'interno dell'azienda Coltivare Fraternità.

3.2 Prodotti utilizzati

3.2.1 Criteri utilizzati per la scelta delle sostanze e delle diluizioni

Per la scelta delle sostanze utilizzate sono stati presi in considerazione diversi criteri. In particolare, la scelta delle sostanze di origine vegetale è stata guidata dal principio della similitudine metabolica. È stato consultato il Duke's Database USDA ed è stato valutato il numero di metaboliti secondari che la fragola ha in comune con altre piante. Per quanto invece riguarda la scelta delle sostanze di origine minerale, la selezione è stata basata su diversi criteri. In primo luogo si è cercato di individuare, tramite una vera e propria analisi agroecologica, il livello di patogenesi del sistema in cui insistono i tunnel; successivamente abbiamo consultato il Duke's database (USDA) per individuare i metaboliti primari e i minerali presenti nella coltura e riportati in letteratura. Abbiamo altresì valutato una serie di evidenze scientifiche riguardanti la fisiologia e la nutrizione di *Fragaria* × *ananassa*. Va sottolineato che le informazioni disponibili in letteratura e relative agli aspetti fisiologici e nutritivi, si riferiscono all'uso ponderale di sostanze minerali. La nostra scelta è stata invece quella di utilizzare le sostanze minerali in forma diluita e dinamizzata.

3.2.2 Metodo di preparazione dei trattamenti

I prodotti utilizzati sono stati acquistati presso la CEMON s.r.l. in forma liquida e alla 3 CH. Successivamente sono state eseguite, presso il Laboratorio di Agronomia del DISTAL, successive diluizioni, sempre in rapporto 1:99 (CH). Ogni diluizione è stata eseguita utilizzando bottiglie di vetro preventivamente sterilizzate in autoclave e come solvente è stata utilizzata acqua distillata sterile più una percentuale (10%) di alcool etilico. Ogni diluizione è stata sempre seguita da 100 succussioni, cioè da vigorose agitazioni dall'alto verso il basso della bottiglia contenente il preparato. In laboratorio sono state eseguite le diluizioni in modo da produrre una adeguata quantità di sostanza da diluire e usare successivamente in campo. Questa metodologia prevede infatti di usare in campo, sia per via fogliare che per fertirrigazione, un quantitativo sufficiente di una determinata sostanza ad una specifica diluizione. Ad esempio, per effettuare in campo un trattamento con 45 litri di una soluzione diluita alla 6 CH (cioè 100^{-6} mol/L), è stato necessario preparare in laboratorio 450 mL di soluzione alla 5 CH (cioè 100^{-5} mol/L), cioè la centesima parte. Secondo la metodologia da noi scelta e riportata da Di Lorenzo et al., (2021), l'ultima diluizione e succussione, visti i volumi utilizzati, viene sempre eseguita in campo appena prima di applicare il rimedio scelto. La diluizione e le succussioni fatte in campo, sono state effettuate in un contenitore di plastica preventivamente lavato con acqua e alcool etilico. Successivamente è stata versata nel contenitore una parte della soluzione alla diluizione precedente a quella utilizzata in campo e 99 di acqua non clorata prelevata in azienda. In questa ultima fase le succussioni sono state eseguite con movimenti circolari e non più verticali. Si è utilizzato un bastone di legno e si sono effettuate 150 vigorose rotazioni in senso orario e 150 rotazioni in senso antiorario.

3.2.3 Metodo di applicazione

I trattamenti per via fogliare sono stati eseguiti con una pompa a spalla con capacità di 15 litri. I trattamenti di fertirrigazione sono stati somministrati grazie a un impianto irriguo a microportata (a goccia).

Sono stati effettuati 19 trattamenti, tra settembre 2022 e maggio 2023, orientativamente un trattamento a settimana.

3.2.4 Lista dei trattamenti

Tabella 6. Lista dei trattamenti

Data	Trattamenti
------	-------------

19/09/2022	<i>Calcarea carbonica</i> 6 CH - trattamento per via fogliare (45 L)
29/09/2022	<i>Magnesia carbonica</i> 6 CH - trattamento per via fogliare (45 L) Biofermentato – trattamento per via fogliare 5% (45 L)
27/10/2022	Fertirrigazione con Bokashi (600 L) Biofermentato 5%- trattamento per via fogliare (2,25 L in 45 L di acqua)
03/11/2022	Bokashi - fertirrigazione (650 L)
10/11/2022	Bokashi - fertirrigazione (800 L)
18/11/2022	<i>Ammonium carbonicum</i> 6 CH - trattamento per via fogliare (30 L) Fertirrigazione con attinomiceti
30/11/2022	Resina di <i>Pinus Pinea</i> 3 CH <i>Ammonicum carbonicum</i> 6 CH (30 L)
07/12/2022	Fertirrigazione con lettiera di aghi di <i>Pinus Pinea</i> (22 L su 700 L) Resina pino 3 CH (30 L) – 5 mL alcol <i>Acidum nitricum</i> 6 CH (30 L)
13/01/2023	Biofermentato 5% - trattamento per via fogliare (1,5 L in 30 L di acqua)
03/02/2023	Biofermentato 7% - trattamento per via fogliare (3,15 L in 45 L di acqua)
24/02/2023	Biofermentato 10% - trattamento per via fogliare (3 L in 30 L di acqua)
03/03/2023	Biofermentato 10% - trattamento per via fogliare (4,5 L su 45 L di acqua)
14/03/2023	Biofermentato 10% - trattamento per via fogliare (4,5 L su 45 L di acqua)
28/03/2023	Biofermentato 10% - trattamento per via fogliare (4,5 L su 45 L di acqua)
06/04/2023	<i>Calcarea carbonica</i> 6 CH - trattamento per via fogliare (45 L)
12/04/2023	Resina di <i>Pinus Pinea</i> 3 CH - trattamento per via fogliare (45 L) <i>Calcarea carbonica</i> 6 CH <i>Ammonium carbonicum</i> 6 CH <i>Acidum nitricum</i> 6 CH Propoli 12 CH - trattamento per via fogliare (30 L)
19/04/2023	Resina di <i>Pinus Pinea</i> 6 CH, <i>Magnesia carbonica</i> 6 CH Acido salicilico 3 CH <i>Ferrum phosphoricum</i> 6 CH - trattamento per via fogliare (45 L)
27/04/2023	Acido citrico 4 CH Resina di <i>Pinus Pinea</i> 3 CH Aghi di <i>Pinus Pinea</i> 6 CH

05/05/2023	<i>Zingiber officinale</i> 6 CH Propoli 12 CH - trattamento per via fogliare (45 L) + Acido salicilico 4 CH <i>Ferrum phosphoricum</i> 6 CH <i>Ammonium carbonicum</i> 6 CH <i>Calcarea carbonica</i> 6 CH <i>Magnesia carbonica</i> 6 CH - trattamento per via fogliare (45 L)
	<i>Carbo vegetabilis</i> 6 CH <i>Calcarea carbonica</i> 6 CH <i>Kalium sulphuricum</i> 6 CH Acido salicilico 4 CH - trattamento per via fogliare (45 L) + Acido citrico 4 CH Resina di <i>Pinus Pinea</i> 3 CH <i>Zingiber officinale</i> 6 CH Borax 12 CH - trattamento per via fogliare (45 L)

Ogni sostanza somministrata è stata scelta utilizzando i parametri di cui al precedente paragrafo. Il primo trattamento è stato eseguito dopo il trapianto e sono stati somministrati per via fogliare 45 litri di *Calcarea Carbonica* alla 6 CH (cioè carbonato di calcio 100^{-6} mol/L). In particolare, la scelta di tale sostanza è stata fatta allo scopo di stimolare nelle piante l'assorbimento del calcio. Il calcio rappresenta infatti un nutriente fondamentale per il benessere delle piante. In qualità di catione bivalente (Ca^{2+}), svolge un ruolo indispensabile nella struttura della membrana e della parete cellulare, inoltre agisce come controione per gli anioni inorganici e organici nel vacuolo e funge da messaggero intracellulare nel citosol (WHITE & BROADLEY, 2003).

Il secondo trattamento è stato eseguito il 29/09/202: è stata somministrata *Magnesia Carbonica* 6 CH (Carbonato di magnesio diluito 100^{-6} mol/L). La scelta dell'utilizzo di questo sale è stata fatta in riferimento al ruolo del magnesio nella biosintesi della clorofilla, nonché sul suo impatto cruciale sul processo fotosintetico. Inoltre, il magnesio è coinvolto attivamente nel trasporto dei carboidrati dai tessuti sorgente a quelli pozzo, svolgendo un ruolo fondamentale nel metabolismo vegetale (Farhat et al., 2016).

Nella stessa data è stata anche effettuata una fertilizzazione tramite l'uso di un biofermentato autoprodotta ed ottenuto secondo le indicazioni di de Lira et al., (2023).

In particolare si è utilizzata una concentrazione del prodotto pari al 5% in 600 litri di acqua, il tutto somministrato tramite alla gocciolante. Il biofermentato, secondo gli autori sopra citati presenta diverse funzioni. Recupera e riattiva la vita del terreno stimolando la crescita ed aumentando il numero di microrganismi, agisce all'interno delle piante attivando e rafforzandone i meccanismi di difesa. Inoltre secondo Pešaković et al., (2013) l'uso di biofermentati determina una significativa capacità di fissazione dell'azoto, ma anche una serie di fenomeni concomitanti, quali l'incremento dell'inibizione di agenti fitopatogeni e la neosintesi di fitormoni e altri fattori in grado di stimolare la crescita vegetale. Pertanto il biofermentato, così come proposto da de Lira et al., (2023), di fatto costituisce un fertilizzante in grado di sostituire o eliminare totalmente l'uso di prodotti industriali ammessi in agricoltura biologica, che oltre ad essere molto costosi, creano dipendenza economica degli agricoltori e pongono in essere un tipo di agricoltura che potremmo definire "biologico di sostituzione".

Il 27/10/2022 è stato effettuato un ulteriore trattamento. È stato applicato per via fogliare il biofertilizzante di cui sopra con una concentrazione del 5% su 45 litri di acqua. È stata inoltre effettuata una fertirrigazione tramite alla gocciolante con 600 litri di ammendante liquido autoprodotta. All'interno di una vasca contenente 600 litri di acqua non clorata, per 24 h, è stato immerso un sacco costituito da tessuto poroso contenente un fermentato solido denominato Bokashi e prodotto secondo le indicazioni di Córdova Vinuesa, (2015). Questo fermentato viene ottenuto tramite fermentazione aerobica di una miscela di residui organici e inorganici e permette di ottenere un prodotto ricco di microrganismi in grado di favorire la microbiologia del suolo. L'utilizzo di questo tipo di ammendante in forma di tè, permette un aumento della produzione e rappresenta una alternativa sostenibile per l'agricoltura biologica (Rivera Guillén & Tórres Valdivia, 1998). Secondo Ombita et al., (2024) le piante di fragola trattate con questo tipo di ammendante, hanno mostrato una maggiore produzione di frutti, una pezzatura maggiore e una migliore resistenza ai parassiti

Nelle date del 3 e del 10 novembre 2022 sono state effettuate altre due fertirrigazioni con tè di Bokashi, con un volume rispettivamente di 650 e 800 litri. Il 18/11/2022 è stata effettuata una applicazione fogliare con 30 litri di *Ammonium Carbonicum* 6 CH (carbonato ammonico 100^{-6} mol/L). Nella stessa data è stata inoltre eseguita anche una fertirrigazione somministrando una soluzione contenente una coltura di attinobatteri ottenuta da ceppi selvatici raccolti nelle vicinanze dell'azienda agricola. Gli attinobatteri sono uno dei più grandi phyla del dominio dei batteri, comprende più di 400 generi distribuiti in 50 famiglie. Gli attinobatteri presenti nella pedosfera sono molto noti in ambito agricolo in quanto produttori di molecole bioattive ad azione antimicotica e antibatterica. Inoltre, alcune specie sono in grado di esercitare effetti benefici sulla crescita e lo

sviluppo delle piante attraverso vari meccanismi come la biosintesi di fitormoni, la produzione di siderofori e la solubilizzazione dei fosfati (Wink et al., 2017)

Il 30/11/2022 è stato effettuato un trattamento fogliare con resina di *Pinus pinea* 3 CH (100^{-3} moli/litro) e *Ammonium carbonicum* 6 CH (100^{-6} mol/L) diluiti in 30 litri di acqua. Le motivazioni che hanno portato a tale scelta sono conseguenza di quanto premesso nei paragrafi precedenti. In particolare, il trattamento fogliare a base di resina di pino diluita 100^{-3} mol/L va imputata al fatto che dalla consultazione del Duke database USDA, risulta che *Pinus pinea* possiede 44 metaboliti in comune con la fragola, di cui ben 27 azione antimicotica. Tali metaboliti sono presenti nella resina di tale pianta. Pertanto, a titolo preventivo, vista la suscettibilità della fragola agli attacchi fungini, si è optato per questa scelta. Il trattamento con *Ammonium carbonicum* 6 CH (carbonato d'ammonio diluito 100^{-6} mol/L) è stato deciso allo scopo di stimolare l'accestimento e la produzione di foglie per effetto dello stimolo azotato apportato da tale sale.

Il 7/12/2022 è stato effettuato un trattamento fogliare a base di resina di *Pinus pinea* diluita 100^{-3} mol/L (3 CH) assieme a *Acidum Nitricum* (acido nitrico) diluito 100^{-6} mol/L (6 CH). Nella stessa data inoltre è stato somministrato per fertirrigazione, un trattamento a base di tè di lettiera di *Pinus pinea* ottenuto immergendo per 24 ore la lettiera un contenitore poroso all'interno di una vasca di acqua non clorata appositamente predisposta. Dopo 24 ore di macerazione si è proceduto alla somministrazione di 800 litri di tè. Le motivazioni di tale scelta risiedono nel fatto che nella rizosfera del pino sono presenti batteri, molti dei quali appartenenti agli attinobatteri, in grado di favorire la crescita delle piante in coltura.

Nei mesi di gennaio, febbraio e marzo si è scelto invece di effettuare 6 trattamenti fogliari a base di biofermentato al 5% e al 7% e al 10%.

In data 06/04/23 si è invece somministrato per via fogliare del carbonato di calcio diluito 100^{-6} mol/L (*Calcarea carbonica* 6 CH) per stimolare la struttura della pianta dovuta agli effetti del catione Ca^{2+} .

In data 12/04/23 si è proceduto ad effettuare un trattamento fogliare con una miscela composta da più sostanze. In particola essa risultava composta da resina di *Pinus pinea* alla 3 CH (100^{-3} mol/L), da carbonato di calcio diluito 100^{-6} mol/L (*Calcarea carbonica* 6 CH), *Ammonium carbonicum* 6 CH (carbonato d'ammonio diluito 100^{-6} mol/L), *Acidum Nitricum* (acido nitrico) diluito 100^{-6} mol/L (6 CH) e propoli 12 CH (cioè diluita 100^{-12} mol/L).

In data 19/04/23 è stata somministrata, per via fogliare in un unico trattamento, una miscela in parti uguali di resina di *Pinus pinea* diluita 100^{-6} mol/L (6 CH), Carbonato di magnesio diluito 100^{-6} mol/L (*Magnesia Carbonica* 6 CH), acido salicilico diluito 100^{-4} mol/L (4 CH) e fosfato di ferro 100^{-6} mol/L (*Ferrum phosporicum* 6 CH). La scelta di queste sostanze è stata effettuata tramite una valutazione visiva dello stato fenologico delle piante. In particolare, la somministrazione di acido salicilico è stata

decisa allo scopo di stimolare le difese delle piante e di sostenerle nel resistere agli stress biotici e abiotici, così come indicato da (Filgueiras et al., 2019).

Il successivo intervento fogliare è stato eseguito in data 27/04/23. Si sono somministrate due miscele di sostanze a distanza di un paio di ore una dall'altra. Il primo mix di sostanze somministrate risulta costituito da acido citrico 4 CH (100^{-4} mol/L), resina di *Pinus pinea* diluita 100^{-6} mol/L (6 CH), aghi di *Pinus pinea* 6 CH (100^{-6} mol/L), *Zingiber officinale* 6 CH (100^{-6} mol/L) e Propoli 12 CH (100^{-12} mol/L).

Di questa miscela ne sono stati somministrati in totale 45 litri, 15 litri per ogni fila oggetto di sperimentazione. Si sottolinea che le sostanze utilizzate sono state scelte tenendo conto dei metaboliti in essi presenti desunti dalla consultazione del Duke Database USDA o dalle evidenze scientifiche presenti in letteratura. In particolare *Zingiber officinale* è stato utilizzato in quanto presenta 80 metaboliti secondari in comune con fragola di cui 19 ad attività antiossidante, 9 ad azione sul flavor e 8 ad azione fungicida. Per quanto invece riguarda l'uso dell'acido citrico la scelta è stata fatta basandoci su (Tahjib-Ul-Arif et al., 2021). L'acido citrico ha un effetto antiossidante e fluidificante della linfa, oltre che a stimolare le difese immunitarie delle piante.

Il secondo mix di sostanze è stato somministrato con le medesime quantità della precedente e risulta costituita in parti uguali da, Acido salicilico 4 CH (100^{-4} mol/L), Fosfato di ferro 6 CH (*Ferrum Phosphoricum* 100^{-6} mol/L), Carbonato d'ammonio 6 CH (*Ammonium carbonicum* 100^{-6} mol/L), Carbonato di calcio 6 CH (*Calcarea carbonica* 100^{-6} mol/L), Carbonato di magnesio 6 CH (*Magnesia carbonica* 100^{-6} mol/L).

L'ultimo trattamento è stato effettuato in data 05/05/2023. Anche in questo caso si è scelto intervenire tramite due trattamenti costituiti da mix di sostanze altamente diluite somministrate a distanza di poche ore una dall'altra. Il primo trattamento è stato effettuato con Carbone vegetale (*Carbo vegetabilis* 100^{-6} mol/L), Carbonato di calcio 6 CH (*Calcarea carbonica* 100^{-6} mol/L), Solfato di potassio 6 CH (*Kalium sulphuricum* 100^{-6} mol/L), Acido salicilico 4 CH (100^{-4} mol/L). Con questo trattamento ci siamo posti l'obiettivo di migliorare la circolazione della linfa tramite l'azione dell'acido salicilico, e stimolare la sintesi degli zuccheri dei frutti tramite il solfato di potassio.

A distanza di due ore è stato somministrato un altro trattamento per via fogliare, composto da Acido citrico 4 CH (100^{-4} mol/L), resina di *Pinus pinea* 3 CH (100^{-3} mol/L), *Zingiber officinale* 6 CH (100^{-6} mol/L), *Borax* 12 CH (borace 100^{-12} mol/L).

3.3 Analisi svolte

3.3.1 Parametri di crescita: conteggio foglie e copertura fogliare

Durante le uscite sul campo, si è proceduto con la valutazione delle foglie delle piante adiacenti ai picchetti tramite conta manuale. In aggiunta, sono state acquisite fotografie delle piante selezionate, le quali sono state sottoposte ad analisi mediante il software ImageJ al fine di determinare la superficie fogliare delle stesse.

3.3.2 Visual assessment

Al fine di valutare il grado di stress esercitato sulle piante di fragola, sono state effettuate due valutazioni visive dello stato di benessere della pianta. In particolare è stato usato un metro di giudizio tramite una scala da 1 a 5 (1 molto basso, fino a 5 molto alto) per valutare il grado di stress da freddo e stress idrico. Per il grado di stress da freddo sono state effettuate e analizzate delle foto delle piante svolte nel periodo invernale (dicembre, gennaio, febbraio); mentre per il grado di stress idrico estivo le fotografie sono state effettuate nei mesi primaverili della coltura (marzo e aprile).

3.3.3 Estrazione dei composti fenolici

L'estrazione dei composti fenolici liberi è stata eseguita seguendo il protocollo di Dinelli et al., (2009) modificato.

Pesato 1 grammo di campione fresco, è stato pestato all'interno di un mortaio con l'ausilio di azoto liquido per facilitare la rottura della foglia. I campioni sono stati trasferiti in un tubo Falcon e trattati con 10 mL di metanolo 80% freddo e a messi ad agitare per 15 minuti a 140 rpm. Terminata l'agitazione, i campioni sono stati posti per 5 minuti in bagnetto ad ultrasuoni, favorendo l'estrazione delle microparticelle. Dopodiché i campioni sono stati centrifugati a 10000 rpm per 15 minuti a 10°C. Una volta tolti i campioni dalla centrifuga si preleva il surnatante, che viene poi filtrato con carta da filtro Whatman n1 da 1mm.

Gli estratti fenolici ottenuti sono pronti per le relative quantificazioni e sono stati conservati in frigorifero a 4°C per un periodo massimo di due giorni, oltre i quali sono stati trasferiti in freezer a -20°C.

3.3.4 Quantificazione dei polifenoli totali

I polifenoli sono molecole composte da più gruppi fenolici associati che formano strutture più o meno ramificate con alto peso molecolare, vengono prodotti dal metabolismo secondario della pianta. Tali composti sono molto importanti nella dieta umana, poiché esercitando un'azione antiossidante

proteggono le cellule da danni generati dai radicali liberi; possiedono, inoltre, proprietà antibatteriche, antivirali e antinfiammatorie (Laganà et al., 2019).

Gli estratti ottenuti sono stati analizzati per il contenuto in polifenoli totali in accordo con il metodo Folin-Ciocalteu descritto in Singleton & Rossi, (1965)

Un'aliquota di estratto (40 μL) è stata diluita con 1,6 mL di acqua distillata all'interno di apposite cuvette da 2 mL. In seguito, sono stati aggiunti alla diluizione 100 μL di reagente Folin e dopo 5 minuti di incubazione al buio sono stati aggiunti 300 μL di carbonato di sodio (Na_2CO_3). La successiva reazione richiede un'incubazione di 120 minuti, sempre in condizioni di assenza di luce, in quanto il reattivo di Folin è fotosensibile, e a temperatura ambiente. Al termine dell'incubazione i campioni vengono letti allo spettrofotometro ad una lunghezza d'onda di 756 nm. I risultati ottenuti vengono poi confrontati con una curva di taratura ottenuta con concentrazioni note di acido gallico. I risultati vengono espressi come mg di acido gallico equivalente (GAE) su 100 grammi di materiale fresco. (Singleton & Rossi, 1965).

3.3.5 Quantificazione flavonoidi

I flavonoidi sono una categoria di molecole appartenente ai polifenoli, caratterizzati dalla presenza di due anelli aromatici collegati da un terzo anello eterociclico. Questi composti hanno solitamente funzione di pigmento nei tessuti vegetali ma sono anche ben noti per la loro vasta gamma di attività biologiche. Come gli altri polifenoli possiedono una forte attività antiossidante, in quanto sono in grado di legare radicali liberi, ovvero ROS (specie reattive dell'ossigeno), proteggendo le cellule dallo stress ossidativo.

Il contenuto di flavonoidi totali è stato quantificato sugli estratti ottenuti con il metodo di estrazione descritto in precedenza, seguendo il protocollo di Dewanto et al., (2002)

Si pone un'aliquota di campione pari a 250 μL nella cuvetta, a cui vengono miscelati 1,25 mL di acqua distillata. Successivamente questa miscela è sottoposta ad una prima reazione, con 75 μL di nitrato di sodio (NaNO_2) al 5%, la quale richiede 6 minuti di incubazione, e poi ad una seconda reazione con 150 mL di cloruro di alluminio esaidrato ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 10%, e relativa incubazione di 5 minuti. Quest'ultima reazione porta alla formazione di un complesso flavonoide-alluminio. La reazione viene infine bloccata con l'aggiunta di 0,5 mL di NaOH 1M e agitata e letta immediatamente allo spettrofotometro alla lunghezza d'onda di 510 nm. I risultati di assorbanza ottenuti dai campioni vengono confrontati con i valori di una curva standard a base di catechina, per esprimere la concentrazione finale dei flavonoidi in mg di catechina per 100 grammi di peso fresco (Dewanto, et al., 2002).

3.3.6 Analisi dell'attività antiossidante: saggio FRAP

Il test FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Activity) è stato ideato per la misura del potere riducente del plasma, ed è stato successivamente adattato per saggiare la capacità antiossidante di composti puri e matrici complesse. Questo metodo consente di valutare solamente la capacità riducente tramite cessione di elettroni, mentre non valuta l'azione degli antiossidanti che agiscono tramite trasferimento di idrogeno, non permette, quindi, di misurare il contributo di molecole, quali tioli e proteine, che giocano un ruolo antiossidante fondamentale nei fluidi biologici. Il vantaggio nell'uso di questa metodica risiede nella sua semplicità, rapidità ed economicità rispetto agli altri metodi per il calcolo della capacità antiossidante *in vitro*.

L'analisi FRAP è stata applicata usando sul metodo descritto da (Benzie & Strain, 1996); basato sulle capacità riducenti dei composti antiossidanti. Questi ultimi sono in grado di legare gli ioni ferrici Fe^{3+} riducendoli a ioni ferrosi Fe^{2+} , permettendo quindi di valutare le proprietà antiossidanti misurando la capacità di riduzione degli ioni ferrici in ioni ferrosi mediante scambio di elettroni da parte dei composti antiossidanti. Il test misura la capacità del campione di reagire come agente antiossidante con il reagente FRAP mediante lettura a 593 nm dell'assorbanza; i valori ottenuti sono stati confrontati con standard di solfato di ferro ed espressi in mmol /100 grammi di campione fresco.

3.3.7 Analisi dell'attività antiossidante: saggio DPPH

Sugli stessi estratti è stata analizzata l'attività antiossidante utilizzando il metodo di analisi: il saggio DPPH.

Il saggio DPPH è una metodologia di analisi con cui si valuta la capacità delle molecole presenti in soluzione di essere “radical scavenger” ovvero di essere in grado di combattere i radicali liberi presenti in soluzione, riducendoli (mediante scambio di elettroni) o mediante trasferimento di idrogeno. Tale saggio, utilizza come reagente di base il 2,2-difenil-1-picrilidrazile (DPPH), il quale è un radicale azotato caratterizzato da un'intensa colorazione rosso porpora e decolora quando reagisce con molecole dotate di attività antiossidante. Mediante la misurazione con spettrofotometro della differenza dei valori di assorbanza della soluzione di DPPH dopo reazione con un composto antiossidante, è possibile quantificare la capacità riducente della sostanza, sia che agisca con trasferimento di idrogeno o per cessione di elettroni. Nello specifico, il saggio del DPPH è stato effettuato seguendo la metodica descritta da Floegel et al., (2011). Brevemente, è stata preparata una soluzione madre di DPPH 1 mM in metanolo 80% (v/v). La soluzione è stata diluita con metanolo 80% (v/v) fino ad ottenere una assorbanza di 0.650 ± 0.020 ad una lunghezza d'onda di 517 nm.

Successivamente, 50 µL di campione sono stati mescolati con 2,95 mL della soluzione diluita DPPH e incubati per 30 minuti al buio. L'assorbanza è stata letta per ogni campione a 517 nm. Una curva di calibrazione a base di Trolox (0-500 mg/L) è stata usata come funzione della percentuale di attività di radical scavenger del DPPH e il risultato finale è espresso come micromoli di Trolox equivalente (TE) per grammo di campione fresco (µmol TE/g).

3.3.8 Contenuto in solidi solubili

Si è proceduto con la determinazione del contenuto in solidi solubili (SS), espresso in gradi Brix, rilevato nel succo ottenuto dalla spremitura di fragole congelate immediatamente dopo la raccolta e scongelate prima dell'analisi. Il succo è stato prelevato mediante una pipetta monouso e inserito nel pozzetto del rifrattometro digitale Mod. 101 ATC con compensazione della temperatura, successivamente è stato misurato il grado zuccherino.

3.4 Analisi statistica

L'analisi statistica è stata eseguita utilizzando il software CoStat versione 6.450 (StatSoft, Tulsa OK, USA, 2001). La significatività dei dati relativi ai test condotti è stata valutata attraverso l'analisi della varianza (ANOVA one-way o two-way) seguendo uno schema a blocchi. Inoltre, è stato utilizzato il test Tukey-Kramer al fine di individuare eventuali differenze significative tra i gruppi, considerando un livello di significatività pari a $P < 0.05$.

4. Risultati e discussione

4.1 Parametri biometrici

4.1.1 Numero di Foglie

Tabella 7. Interazioni tra i vari fattori utilizzati per la prova (numero di foglie). Il numero di stelle rappresenta differenze significative al livello di probabilità 0,05 (*), 0,01 (**) e 0,001 (***), rispettivamente.

Blocchi	Trattamento	Varietà	Mese rilievo
NS	*	***	***
T x V	T x M	V x M	T x V x M
**	NS	NS	NS

Per quanto riguarda i risultati ottenuti per fogliosità è stata riscontrata un'unica interazione positiva dovuta a Trattamento x Varietà (T x V) statisticamente significativa [Tabella 11].

Nello specifico [Grafico 1] si nota il comportamento diverso delle varietà Arianna (15,88 **bc**) e Federica (18,78 **a**) dove il trattamento biologico mostra migliori risultati in termini di fogliosità, mentre Garda si comporta in maniera opposta a seconda del trattamento, mostrando valori maggiori nel trattamento omeo (19,67 **a**). Si sottolinea inoltre come la risposta di Federica sia molto diversa in funzione del trattamento, omeo (14,09 **c**) e biologico (18,78 **a**). Si può quindi desumere che il trattamento ha effetti differenti su base varietale.

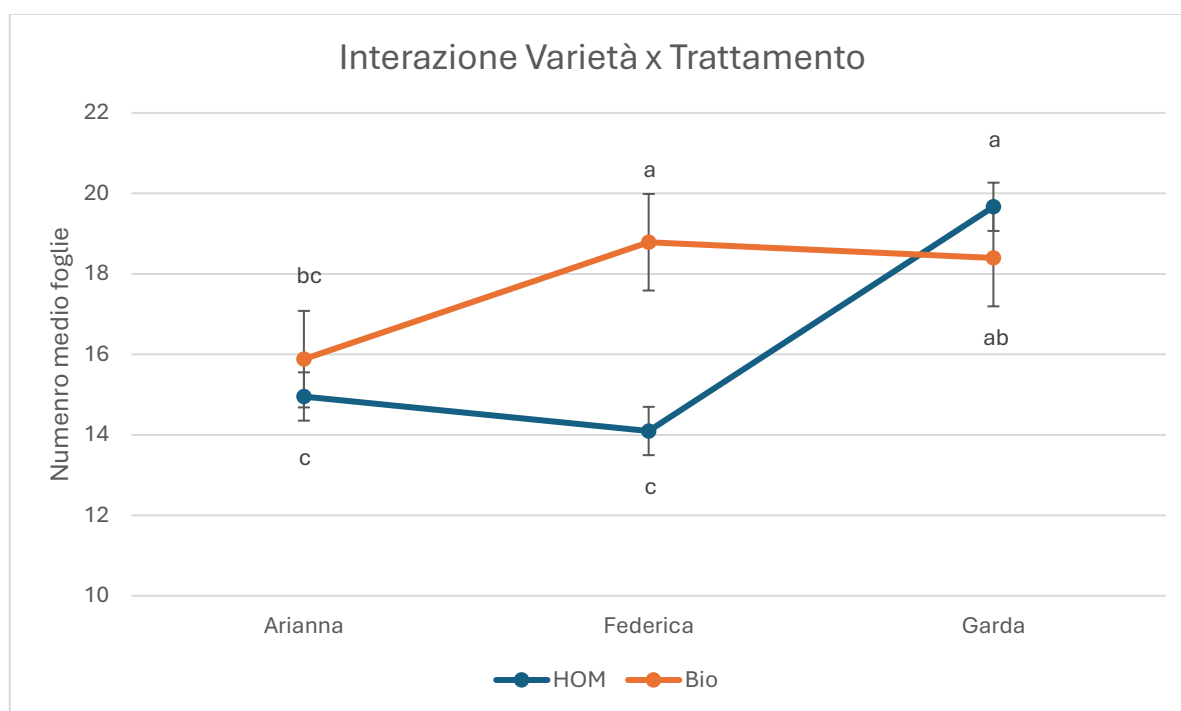


Grafico 1. Interazione Varietà x Trattamento per indice di fogliosità. Lettere differenti in ogni colonna mostrano valori significativamente differenti ($p \leq 0.05$, Tukey's least significant difference test).

Per quanto riguarda invece l'andamento nel tempo [Grafico 2] vediamo che tutte le varietà mostrano lo stesso comportamento, con un rallentamento della crescita nel periodo invernale, nei mesi da novembre a febbraio (valore minimo in gennaio di 13,37 **c**) ed una ripresa vegetativa importante nel periodo primaverile, da marzo a maggio (valore massimo in aprile di 22,72 **a**).

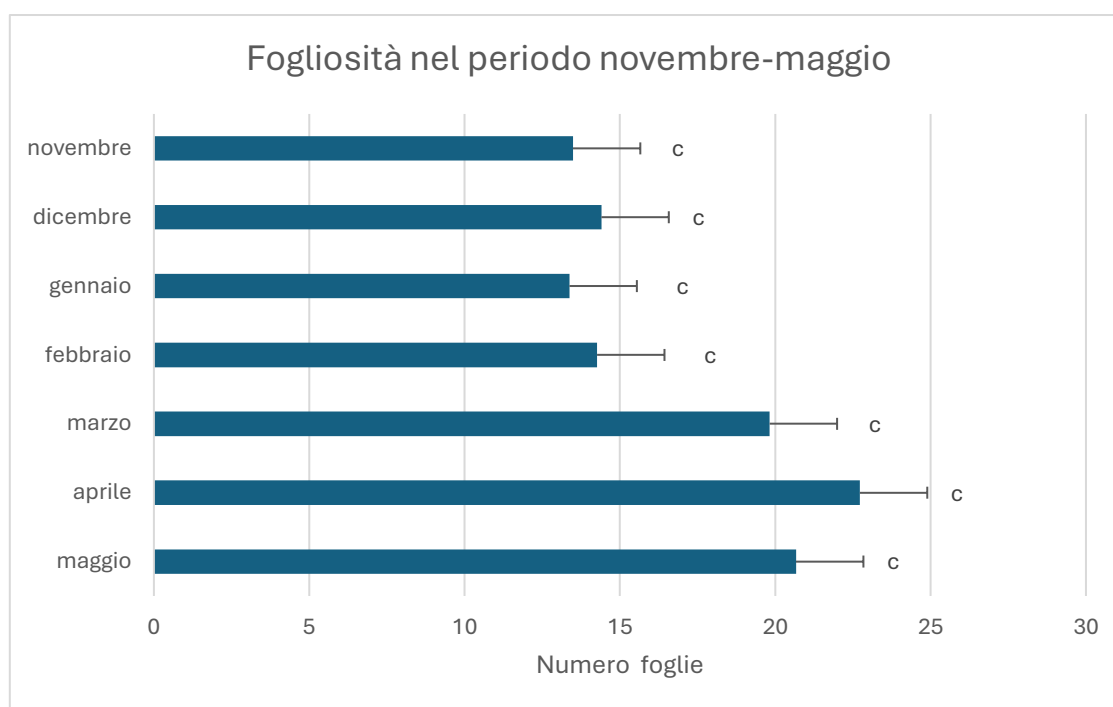


Grafico 2. Fogliosità nel periodo novembre-maggio. Lettere differenti in ogni colonna mostrano valori significativamente differenti ($p \leq 0.05$, Tukey's least significant difference test).

4.1.2 Copertura fogliare

Tabella 8. Interazioni tra i vari fattori utilizzati per la prova (copertura fogliare). Il numero di stelle rappresenta differenze significative al livello di probabilità 0,05 (*), 0,01 (**) e 0,001 (***), rispettivamente.

Blocchi	Trattamento	Varietà	Mese rilievo
NS	NS	***	***
T x V	T x E	V x E	T x V x E
**	**	**	NS

Per quanto riguarda l'analisi dei valori di copertura si mostrano risultati statisticamente significativi per quanto riguarda l'interazione tra Trattamento x Varietà, Trattamento x Epoca, Varietà x Epoca e non significativi per quanto riguarda il mese di rilievo [Tabella 12].

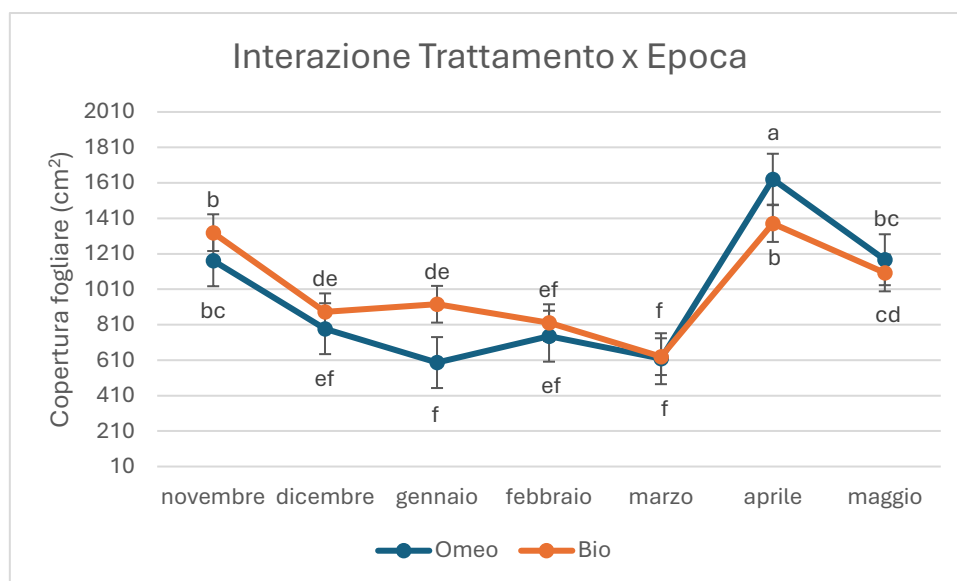


Grafico 3. Copertura fogliare: interazione Trattamento x Epoca. Lettere differenti in ogni colonna mostrano valori significativamente differenti ($p \leq 0.05$, Tukey's least significant difference test).

Per quanto riguarda la superficie coperta nel tempo si possono osservare differenze statisticamente significative durante il periodo, e si può osservare una tendenza simile tra il trattamento biologico ed il trattamento omeo. Inoltre, la tendenza [Grafico 3] risulta chiaramente simile a quanto mostrato per la fogliosità [Grafico 2], con un rallentamento di crescita ed una riduzione della copertura durante il periodo invernale (in gennaio $596,42 \text{ cm}^2$ **f**), seguito da una ripresa vegetativa e aumento del valore in primavera (in aprile rispettivamente $1630,67 \text{ cm}^2$ **a** nel trattamento omeo e $1380,61 \text{ cm}^2$ **b** nel trattamento bio). Da sottolineare il valore di copertura di marzo, rispettivamente $618,21 \text{ cm}^2$ **f** nel trattamento omeo e $629,76 \text{ cm}^2$ **f** nel trattamento bio, probabilmente coerente con le basse temperature del periodo.

Si nota come durante il periodo invernale (nei mesi da novembre a febbraio) ci sia una vera e propria riduzione della fogliosità, probabilmente dovuta all'abscissione delle foglie più vecchie causa la ridotta illuminazione del periodo e sotto tunnel, e dalle basse temperature.

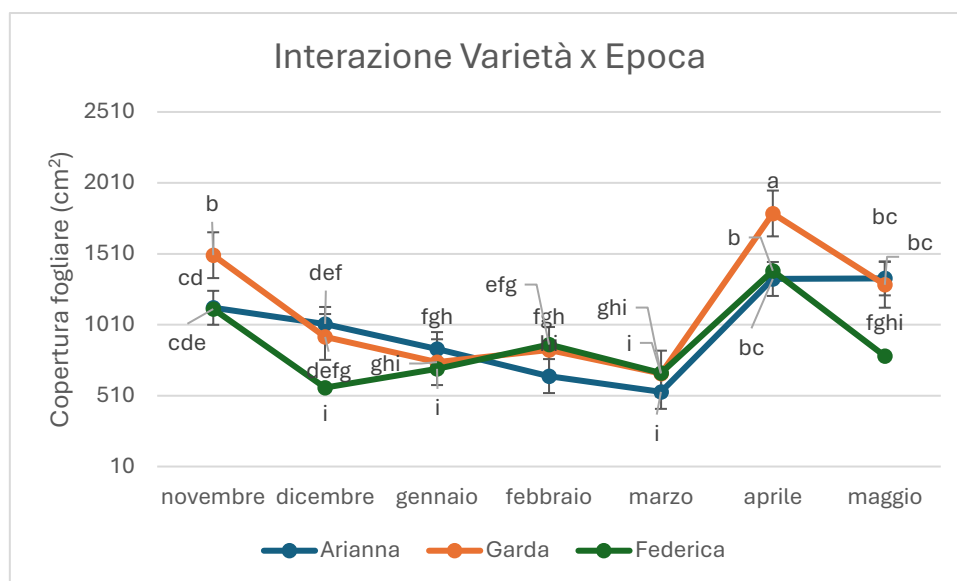


Grafico 4. Copertura fogliare: interazione Varietà x Epoca. Lettere differenti in ogni colonna mostrano valori significativamente differenti ($p \leq 0.05$, Tukey's least significant difference test).

Anche per quanto riguarda l'andamento dell'indice di copertura nel tempo su base varietale si possono riscontrare differenze staticamente significative tra il comportamento delle varietà Arianna, Garda, Federica. Nello specifico, si denotano differenze sicuramente intrinseche delle varietà (genetiche) e differenze dovute dai fattori ambientali. Ad esempio, il valore di copertura a novembre della varietà Garda (1500,15 cm² **b**) e Federica (1120,28 cm² **cde**) risulta dimezzato a dicembre sia per Garda (923,80 cm² **defg**) sia per Federica (566,58 cm² **i**), mentre la varietà Arianna sembra mostrare un minor stress conseguente l'abbassamento delle temperature (novembre 1129,17 cm² **cd**; dicembre 1015,38 cm² **def**), dimostrando un effetto principalmente di tipo genetico/intrinseco. Per quanto riguarda i fattori ambientali ed una conseguente risposta comune delle 3 varietà si sottolineano i valori minimi di marzo (Arianna 536,32 cm² **i**; Garda 665,60 cm² **hi**; 670,02 cm² **ghi**) e i massimi a seguito dell'innalzamento delle temperature (Arianna 1332,50 cm² **bc**; Garda 1794,19 cm² **a**; Federica 1390,24 cm² **b**).

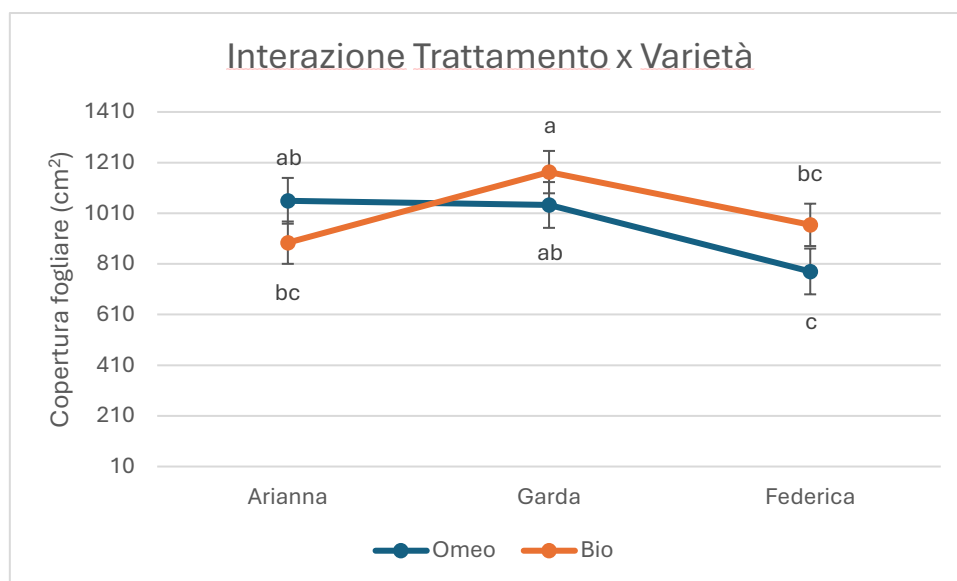


Grafico 5. Copertura fogliare: interazione Trattamento x Varietà. Lettere differenti in ogni colonna mostrano valori significativamente differenti ($p \leq 0.05$, Tukey's least significant difference test).

Per quanto riguarda l'interazione statisticamente significativa di Trattamento x Varietà, si denotano comunque comportamenti diversi dei trattamenti su base varietale. Dal Grafico 5 si osserva che la varietà Arianna si comporta meglio in omeopatico, con un valore 1059,16 cm² **ab** rispetto al biologico, in cui ha ottenuto 893,88 cm² **bc**. Garda e Federica hanno valori maggiori invece in biologico, con valori rispettivamente di 1172,47 cm² **a** e di 964,13 cm² **bc**, mentre in omeopatico totalizzano rispettivamente 1042,70 cm² **ab** e 780,25 cm² **c**. Si vuole ricordare che nel trattamento omeo non sono state effettuate concimazioni durante la preparazione del terreno e prima della messa a dimora, risulta per cui interessante il risultato della varietà Arianna che ha ottenuto comunque una maggiore "spinta" vegetativa dal trattamento omeo.

4.1.3 Visual Assessment (dicembre-gennaio-febbraio)

Tabella 9. Interazioni tra i vari fattori utilizzati per la prova (Visual assessment, dicembre-gennaio-febbraio). Il numero di stelle rappresenta differenze significative al livello di probabilità 0,05 (*), 0,01 (**) e 0,001 (***), rispettivamente.

Blocchi	Trattamento	Varietà	T x V
NS	**	NS	NS

Per quanto riguarda i risultati ottenuti dal Visual Assessment (invernale) è stata riscontrata un'unica interazione positiva, dovuta al trattamento, statisticamente significativa [Tabella 13].

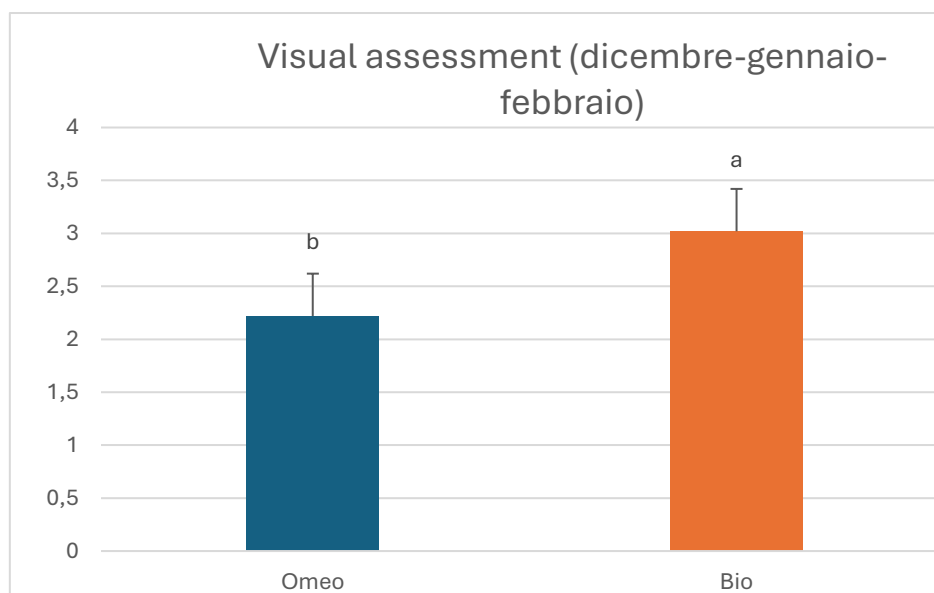


Grafico 6. Visual Assessment (dicembre-gennaio-febbraio). Lettere differenti in ogni colonna mostrano valori significativamente differenti ($p \leq 0.05$, Tukey's least significant difference test).

Le analisi di Visual Assessment sono state effettuate con la finalità di valutare direttamente in campo, situazioni di stress tra le diverse varietà e tra i diversi trattamenti. Per quanto riguarda i risultati si denota una differenza statisticamente significativa per quanto riguarda i trattamenti nel periodo invernale, a favore del trattamento omeopatico che risulta con un punteggio inferiore per cui visivamente meno stressato. Dalla valutazione visiva delle piante, condotta utilizzando una scala numerica da 1 a 5, dove 1 indica un livello basso di stress e 5 un livello alto, è emerso che il punteggio medio è stato di 2,22 **b** per il trattamento omeopatico e di 3,02 **a** per quello biologico [Grafico 6.].

Le basse temperature provocano un aumento dei livelli di specie reattive dell'ossigeno (ROS), come il superossido (O_2^-), perossido di idrogeno (H_2O_2), idrossile ($-OH$) radicali e ossigeno singoletto ($^1O_2$) e induce stress ossidativo nelle piante (Mittler, 2002; Suzuki & Mittler, 2006). Per prevenire o alleviare i danni causati dai ROS, le piante hanno sviluppato diversi meccanismi che includono l'eliminazione da parte di antiossidanti non enzimatici e sistemi antiossidanti enzimatici (Bowler et al., 1992). Gli antiossidanti non enzimatici comprendono tocoferoli, carotenoidi, acido ascorbico, flavonoidi e tannini (Foyer & Noctor, 2005).

Analizzando le foto ottenute durante i sopralluoghi in campo, si è notato un'accentuata sintomatologia stress da freddo nel tunnel biologico, con piante con un maggior numero di piante con foglie rosse. La colorazione rossa delle foglie di diverse specie vegetali durante l'autunno e l'inverno è dovuta alla sintesi di composti fenolici come le antocianine o i carotenoidi rossi (Hormaetxe et al., 2004).

Come detto in precedenza, è stata riscontrata una maggiore presenza di foglie rosse, che indicano quindi un maggiore stress per le piante nel trattamento biologico, mentre quello omeopatico risultava meno stressato. Questo è probabilmente dovuto ai trattamenti utilizzati, in maggior parte a quelli

naturali in quanto hanno certamente apportato sostanza organica e carbonio facilmente aggredibile dalla microflora, aumentando in questa maniera il pool di microrganismi del terreno che, in associazione ai trattamenti omeopatici, hanno giocato un ruolo chiave nella fitness delle piante trattate in omeopatico rispetto a quelle in biologico.

4.1.4 Visual assessment (marzo-aprile)

.Tabella 10. Interazioni tra i vari fattori utilizzati per la prova (Visual assessment, marzo-aprile). Il numero di stelle rappresenta differenze significative al livello di probabilità 0,05 (*), 0,01 (**) e 0,001 (***), rispettivamente

Blocchi	Trattamento
NS	NS

Per quanto riguarda i risultati ottenuti dal Visual Assessment per i mesi di marzo e aprile non sono stati riscontrate interazioni significative tra trattamento e varietà [Tabella 14].

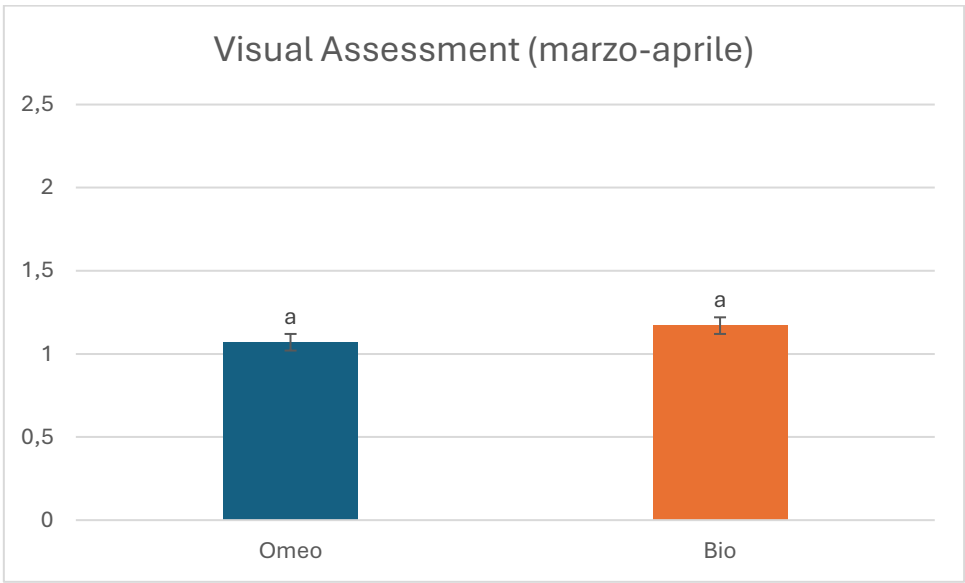


Grafico 7. Visual Assessment (estivo). Lettere differenti in ogni colonna mostrano valori significativamente differenti ($p \leq 0.05$, Tukey's least significant difference test).

Dalla valutazione visiva delle piante, eseguita utilizzando una scala da 1 a 5 dove 1 rappresenta un livello basso e 5 un livello alto, è emerso che per quanto riguarda i trattamenti, si è osservato un punteggio medio di 1,07 per il trattamento convenzionale e di 1,17 per quello biologico.

Durante il periodo estivo, tramite l'analisi utilizzata, non si denotano differenze statisticamente significative tra i diversi trattamenti (omeopatico-biologico), nonostante durante i sopralluoghi in campo nei momenti più caldi della giornata, nel tunnel biologico era visibile un più accentuato stato

di stress idrico. Questo può essere dovuto quasi certamente sia alla miglior stato di salute delle piante, ma anche dai grossi apporti idrici durante i trattamenti per via radicale.

Per quanto riguarda invece le differenze tra le diverse varietà non sono state riscontrate differenze significative. Si deduce quindi che i trattamenti utilizzati hanno generalmente migliorato la fitness delle piante in omeopatico rispetto al biologico. Si rendono comunque necessarie ulteriori sperimentazioni e ricerche in merito, per comprendere al meglio gli effetti dei trattamenti sulla crescita e produzione quanti-qualitativa della fragola.

4.2 Valori di resa

Tabella 11. *Significatività dell'interazione tra trattamento e resa. Il numero di stelle rappresenta differenze significative al livello di probabilità 0,05 (*), 0,01 (**) e 0,001 (***), rispettivamente.*

Blocchi	Trattamento
NS	NS

Per quanto riguarda i dati produttivi, non sono state rilevate differenze statisticamente significative tra i diversi trattamenti (agro-omeopatico e biologico) in termini di produzione giornaliera e peso medio del frutto (g). Si può comunque denotare un trend in cui i valori risultano più alti per quanto riguarda il metodo agro-omeopatico, sottolineando l'efficacia del sistema nell'ottenere per lo meno una produzione simile se non leggermente maggiore rispetto al metodo biologico.

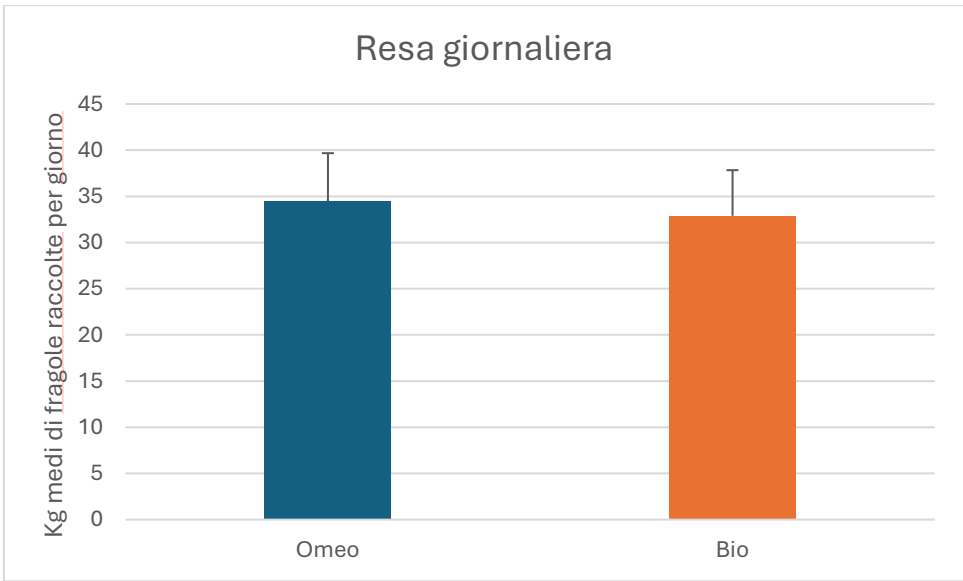


Grafico 8. *Resa: kg medi di fragole per giorno di raccolta*

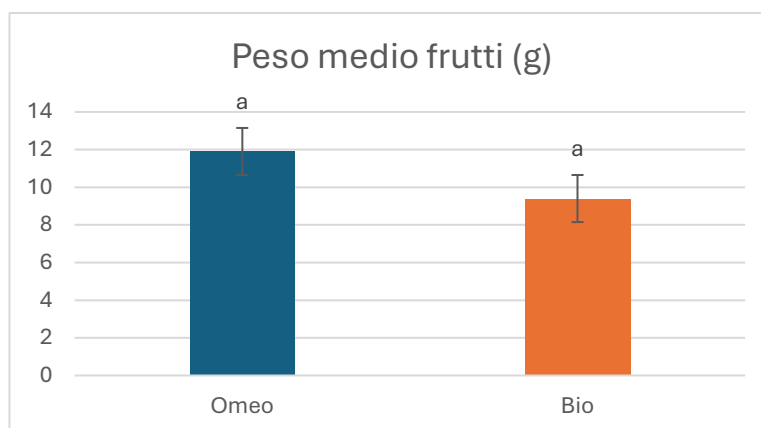


Grafico 9. *Peso medio dei frutti. Lettere differenti in ogni colonna mostrano valori significativamente differenti ($p \leq 0.05$, Tukey's least significant difference test).*

La media del peso dei frutti è risultata essere maggiore nel trattamento omeopatico, con un peso medio dei frutti di 11,9 **a**, rispetto al trattamento biologico, dove il peso medio dei frutti è stato di 9,4 **a**.

Tabella 12. *Valori di resa. . Lettere differenti in ogni colonna mostrano valori significativamente differenti ($p \leq 0.05$, Tukey's least significant difference test).*

Trattamento	Produzione giornaliera (kg)	Numero frutti	Resa totale (kg)
Omeo	34,5 a	39,7 a	345
Bio	32,9 a	31,8 a	287
LSD	14,2686	18,6034	
<i>p</i>	NS	NS	

Non è stato possibile avere i dati di resa su base varietale in quanto i dati sono stati raccolti quotidianamente dall'agricoltore solo sulla base del trattamento.

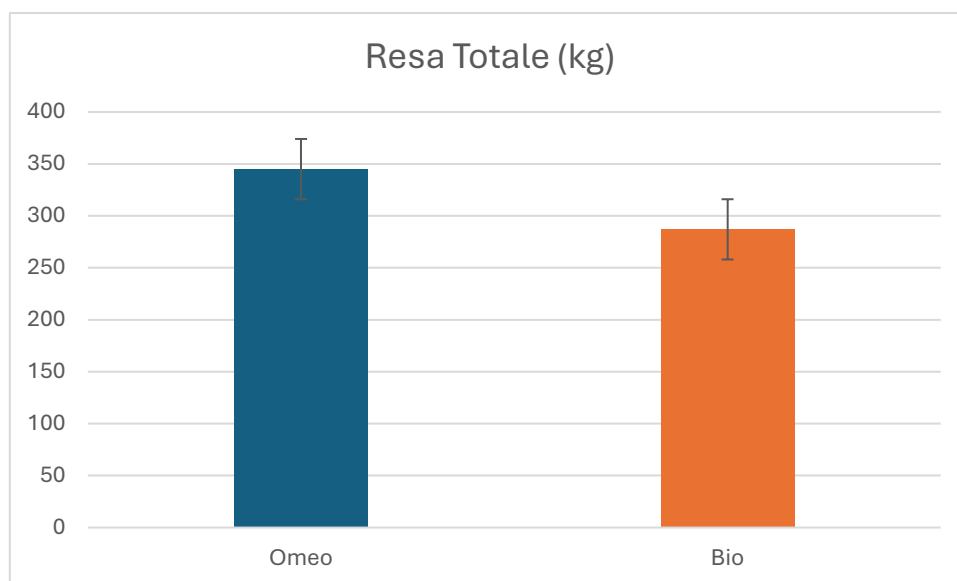


Grafico 10. Resa totale in kg

Come si può poi evincere dal Grafico 10, il metodo agro-omeopatico risulta essere competitivo con il metodo biologico, con una produzione pari a 345 e 287 kg di fragole, rispettivamente. Questi risultati sono incoraggianti dal momento che a fronte di un maggior dispendio di energia, in termini di tempo, per effettuare i trattamenti con il metodo agro-omeopatico, risulta quasi certamente un costo inferiore totale per l'acquisto dei prodotti utilizzati. Inoltre, si vuole specificare che in questo progetto di tesi è stato utilizzato un "protocollo" di trattamenti su base visiva dello stato di salute e fitosanitario delle piante in prova e che quindi lascia ampi margini di miglioramento grazie alla ricerca in materia. Si vuole inoltre aggiungere che a causa delle consistenti piogge di maggio 2023 nell'areale emiliano-romagnolo, le piante sono state soggette ad ulteriore stress di eccesso idrico, che potrebbe aver ridotto le differenze di risultato tra i due metodi in analisi.

4.3 Qualità dei frutti

4.3.1 Polifenoli totali

Tabella 13. Interazioni tra i vari fattori utilizzati per la prova (Polifenoli totali). Il numero di stelle rappresenta differenze significative al livello di probabilità 0,05 (*), 0,01 (**) e 0,001 (***), rispettivamente.

Blocchi	Trattamento	Varietà	T x V
NS	**	***	***

Per quanto riguarda i risultati ottenuti a seguito dell'estrazione e quantificazione dei polifenoli, sono state riscontrate interazioni statisticamente significative riguardo al trattamento; altamente significative riguardo la varietà e per l'interazione Trattamento x Varietà [Tabella 17].

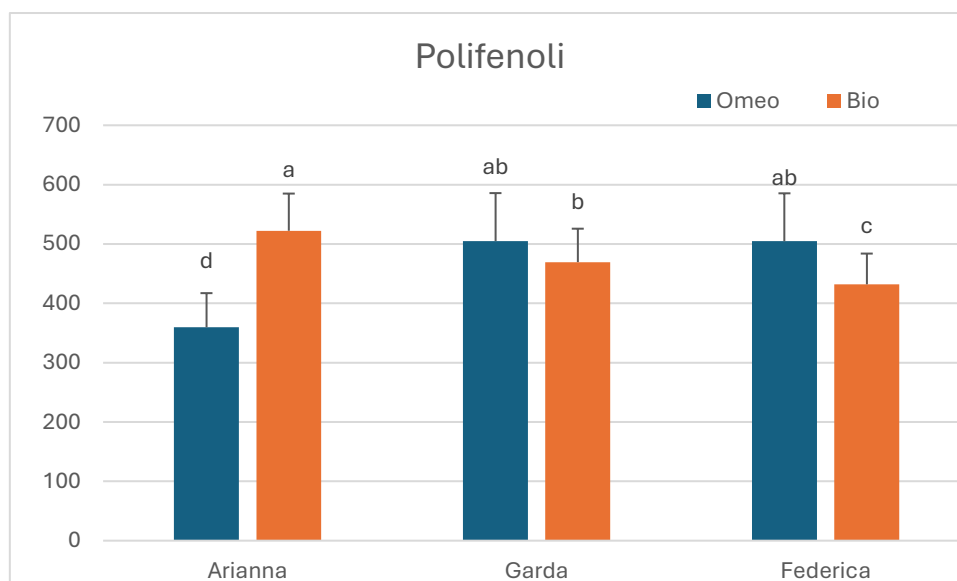


Grafico 11. Contenuto medio di Polifenoli delle tre varietà espresso in mg GAE/100 g. Lettere differenti in ogni colonna mostrano valori significativamente differenti ($p \leq 0.05$, Tukey's least significant difference test).

Nel grafico 11 si può notare che la quantità di polifenoli rilevata nei frutti è stata significativamente influenzata dal trattamento. In particolare, la varietà Arianna è quella che presenta contenuti di polifenoli molto distanti nei due trattamenti: infatti nel trattamento omeopatico la concentrazione di polifenoli è pari a 359,59 mg GAE/100g **d** mentre nel biologico è di 522,23 mg GAE/100g **a**. Viceversa, le varietà Garda e Federica sembrano rispondere meglio al trattamento omeopatico, con valori rispettivamente di 504,92 **ab** e 504,63 mg GAE/100g **ab**. Nel trattamento biologico, invece, il valore è di 469,41 mg GAE/100g **b** per Garda e 431,96 mg GAE/100g **c** per Federica.

4.3.2 Flavonoidi totali

Tabella 14. Interazioni tra i vari fattori utilizzati per la prova (Flavonoidi totali). Il numero di stelle rappresenta differenze significative al livello di probabilità 0,05 (*), 0,01 (**) e 0,001 (***), rispettivamente.

Blocchi	Trattamento	Varietà	T x V
NS	***	**	***

Anche per i flavonoidi totali, così come per i polifenoli, sono state riscontrate interazioni statisticamente significative riguardo al trattamento; altamente significative riguardo la varietà e per l'interazione Trattamento x Varietà [Tabella 18].

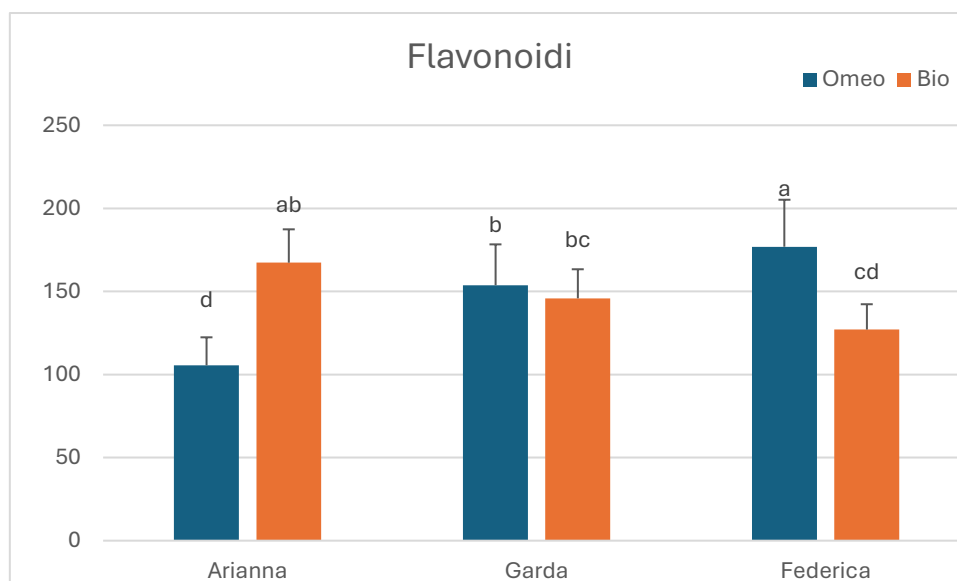


Grafico 12. Contenuto medio di Flavonoidi delle tre varietà espresso in mg CE/100g. Lettere differenti in ogni colonna mostrano valori significativamente differenti ($p \leq 0.05$, Tukey's least significant difference test).

Nel Grafico 12 è stato rappresentato il contenuto di flavonoidi nelle 3 varietà analizzate in base al trattamento applicato sulle piante. Come nel caso dei polifenoli, anche la quantità di flavonoidi rilevata nei frutti è stata significativamente influenzata dal trattamento. In particolare, la varietà Arianna è quella che risponde peggio al trattamento omeopatico (105,51 mg CE/100g **d**), mentre è la migliore nel trattamento biologico (167,30 mg CE/100g **ab**). Garda e Federica, invece, sembrano rispondere meglio al trattamento omeopatico, con valori rispettivamente di 153,73 **b** e di 176,89 mg CE/100g **a**. Per quanto riguarda i risultati ottenuti per il trattamento biologico, invece, il valore è di 145,85 mg CE/100g **bc** per Garda e 127,06 mg CE/100g **cd** per Federica.

4.3.3 FRAP

Tabella 15. Interazioni tra i vari fattori utilizzati per la prova (FRAP). Il numero di stelle rappresenta differenze significative al livello di probabilità 0,05 (*), 0,01 (**) e 0,001 (***), rispettivamente.

Blocchi	Trattamento	Varietà	T x V
NS	**	***	***

Per il saggio FRAP sono state riscontrate interazioni statisticamente significative riguardo al trattamento; altamente significative riguardo la varietà e per l'interazione Trattamento x Varietà [Tabella 19].

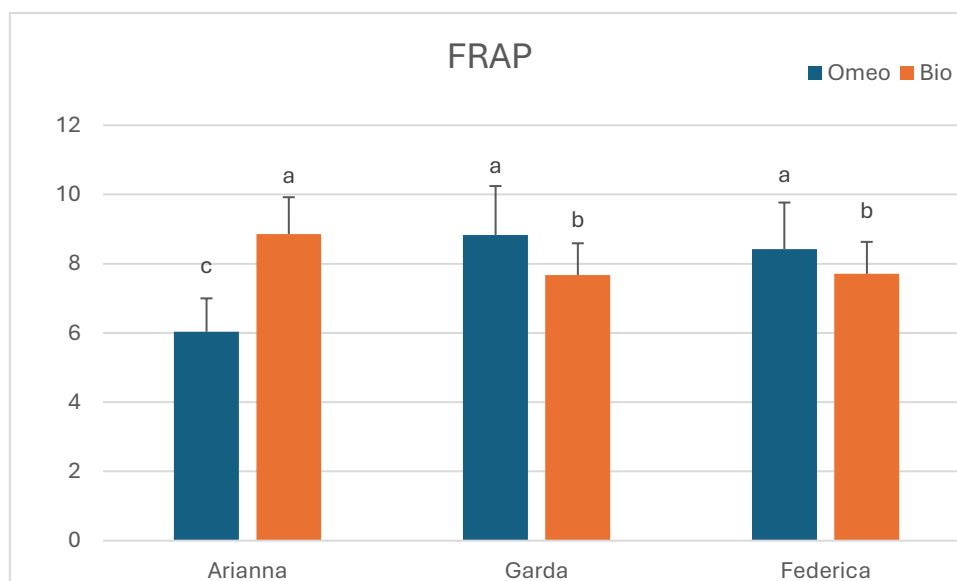


Grafico 13. Valori medi di FRAP delle tre varietà espressi in $\mu\text{mol Fe}/100\text{g}$. Lettere differenti in ogni colonna mostrano valori significativamente differenti ($p \leq 0.05$, Tukey's least significant difference test).

Come visto precedentemente per i polifenoli e i flavonoidi, anche il FRAP risulta significativamente influenzato dal trattamento (Grafico 13). Le varietà Garda e Federica risultano rispondere meglio al trattamento omeopatico, con valori rispettivamente di $8,83 \mu\text{mol Fe}/100\text{g}$ **a** e $8,42 \mu\text{mol Fe}/100\text{g}$ **a**. Nel trattamento biologico, invece, Garda ha raggiunto valori pari a $7,67 \mu\text{mol Fe}/100\text{g}$ **b**, mentre Federica $7,70 \mu\text{mol Fe}/100\text{g}$ **b**. La varietà Arianna è quella che risponde meno al trattamento omeopatico ($6,03 \mu\text{mol Fe}/100\text{g}$ **c**), mentre in biologico presenta un valore di $8,86 \mu\text{mol Fe}/100\text{g}$ **a**.

4.1.4 DPPH

Tabella 16. Interazioni tra i vari fattori utilizzati per la prova (DPPH). Il numero di stelle rappresenta differenze significative al livello di probabilità 0,05 (*), 0,01 (**) e 0,001 (***), rispettivamente.

Blocchi	Trattamento	Varietà	T x V
NS	***	**	***

Per il saggio DPPH sono state riscontrate interazioni statisticamente significative riguardo al trattamento; altamente significative riguardo la varietà e per l'interazione Trattamento x Varietà [Tabella 20].

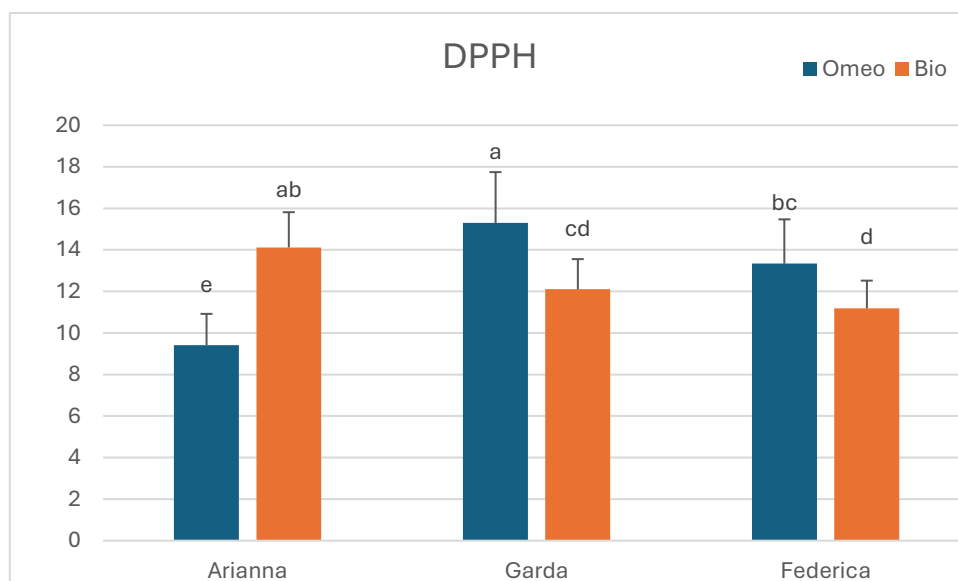


Grafico 14. Valori medi di DPPH delle tre varietà espressi in mmol TE/g. Lettere differenti in ogni colonna mostrano valori significativamente differenti ($p \leq 0.05$, Tukey's least significant difference test).

I risultati ottenuti a seguito dell'analisi DPPH seguono il trend delle altre analisi qualitative. Nel Grafico 14 è stato evidenziato che la varietà Arianna presenta valori distanti tra i due trattamenti: nell'omeopatico ha ottenuto 9,41 mmol TE/g **e**, nel biologico 14,12 mmol TE/g **ab**. Tra le tre varietà, Garda risulta con il valore maggiore in omeopatico (15,30 mmol TE/g **a**); in biologico, invece, ha ottenuto 12,10 mmol TE/g **cd**. Infine, la varietà Federica presenta valori pari a 13,34 mmol TE/g **bc** in omeopatico e 11,18 mmol TE/g **d** in biologico.

4.1.5 Contenuto in solidi solubili

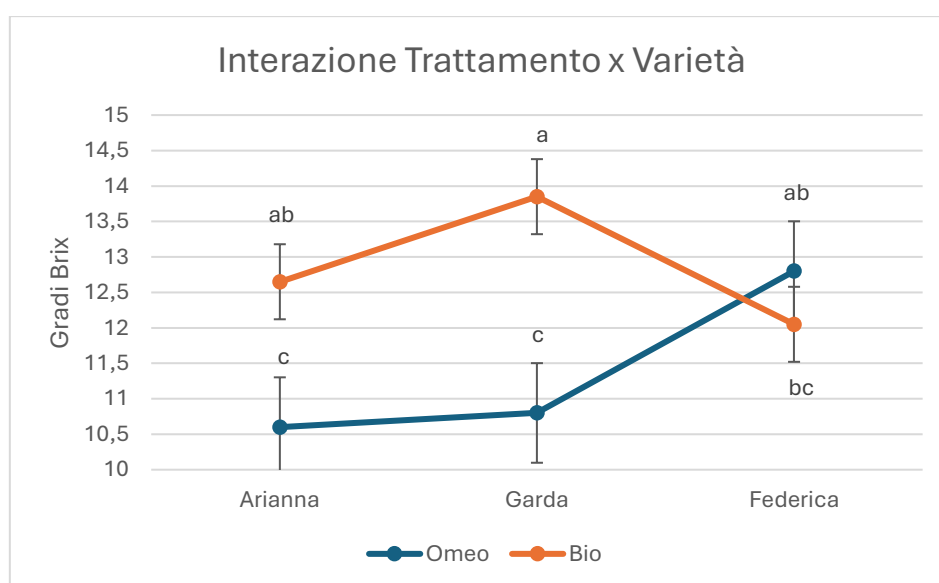


Grafico 15. Contenuto in solidi solubili: interazione Trattamento x Varietà. Lettere differenti in ogni colonna mostrano valori significativamente differenti ($p \leq 0.05$, Tukey's least significant difference test).

Per quanto riguarda il contenuto in solidi solubili, in questo caso il comportamento delle tre varietà non rispecchia il trend delle altre analisi qualitative svolte. Se è pur vero che anche in questo caso, per il trattamento omeopatico, Arianna presenta il valore più basso in gradi Brix (10,6 **c**), esso si discosta di poco rispetto a quello di Garda (10,8 **c**). Sempre per il trattamento omeopatico, Federica fa registrare il valore medio più alto con 12,8 °Bx **ab**. I valori registrati per il trattamento biologico sono: 12,65 °Bx **ab** per Arianna, 13,85 °Bx **a** per Garda e 12,05 °Bx **bc** per Federica.

In generale, dalle analisi qualitative effettuate sui frutti raccolti durante la sperimentazione si può notare come per tutti i parametri esistono differenze statisticamente significative sia per quanto riguarda il trattamento (Omeo e Bio) sia per quanto riguarda le 3 diverse varietà analizzate (Arianna, Garda, Federica). Nello specifico, si denota una risposta opposta a quella ottenuta dai risultati dei parametri biometrici (copertura e fogliosità). La varietà Arianna ha risposto positivamente al trattamento bio per tutti i parametri qualitativi (polifenoli, flavonoidi, attività antiossidante FRAP e DPPH e contenuto in solidi solubili), in particolare, ha mostrato una risposta marcata maggiormente nel contenuto di polifenoli e flavonoidi, come si evince dalle classi statistiche prodotte: polifenoli (d-a); flavonoidi: (d-ab), (c-a), (e-ab). Per quanto riguarda invece la varietà Garda, il trattamento omeo ha mostrato generalmente risultati positivi rispetto al trattamento biologico, tranne per il contenuto in solidi solubili dove il trattamento bio ha ottenuto risultati statisticamente migliori. Similmente anche per Federica, che mostra per tutti i valori (polifenoli, flavonoidi, FRAP, DPPH e contenuto in solidi solubili) risultati maggiormente positivi con il trattamento omeo rispetto a quello bio.

I valori riscontrati dalle analisi qualitative, per entrambi i trattamenti, risultano leggermente superiori ma coerenti con i dati presenti in letteratura (Aaby et al., 2005; Shin et al., 2007; Tudor et al., 2015; Tulipani et al., 2008). La concentrazione di nutrienti e composti nelle fragole può infatti aumentare e/o diminuire a seconda del sistema di coltivazione (Abountiolas et al., 2018), stadio di maturazione (Boonyakiat et al., 2016) condizioni climatiche (Akhtar & Rab, 2015) e modalità di conservazione (Dragišić Maksimović et al., 2015). Va fatto notare che le analisi sono state svolte su campioni congelati. Secondo Tudor et al. (2015) potrebbe essere possibile che i valori possano essere più alti in seguito alla refrigerazione, indicando che successivamente alla raccolta si possono essere verificati alcuni cambiamenti biochimici nella struttura dei frutti. Tali evidenze potrebbero spiegare i valori ottenuti. Va comunque ricordato che l'espressione delle qualità e delle caratteristiche nutrizionali delle fragole è comunemente determinata da fattori genetici (Dzhanfezova et al., 2020).

5 Conclusioni

La presente ricerca si è proposta di valutare l'efficacia delle sostanze naturali altamente diluite nell'ambito della coltivazione protetta delle fragole. L'impiego di tali sostanze, congiuntamente a un approccio agroecologico e alle buone pratiche agricole, mira a mitigare gli impatti ambientali, inclusa la perdita di biodiversità e il rischio di contaminazione da sostanze tossiche nei suoli e nelle acque, nonché a preservare la salute umana.

Dai risultati ottenuti si può quindi desumere che l'applicazione di prodotti altamente diluiti, con concentrazioni comprese tra 100^{-3} mol/L (3 CH) e 100^{-12} mol/L (12 CH), ha stimolato lo sviluppo vegetativo delle piante, ottenendo risultati paragonabili alle piante del trattamento biologico anche in termini di resa giornaliera e di peso medio del frutto. Nello specifico, per quanto riguarda i valori di resa totale risultano comunque maggiori nel trattamento omeopatico, quindi è possibile affermare che l'approccio agro-omeopatico ha avuto un impatto sulla crescita e lo sviluppo della coltura.

Inoltre, per quanto concerne i dati sulla qualità dei frutti, è stato osservato che i trattamenti effettuati sulle piante hanno prodotto un chiaro effetto su base varietale. Difatti è stata denotata una grande differenza nel comportamento delle tre varietà prese in esame. In particolare è stato visto che la varietà Arianna, per tutti i parametri qualitativi, ha risposto meglio al trattamento biologico; al contrario la varietà Federica ha risposto in maniera migliore al trattamento omeopatico; infine la varietà Garda sembra avere una risposta simile ad entrambi i trattamenti, con valori comunque maggiori nel trattamento omeopatico.

È da sottolineare che per quanto riguarda la valutazione economica dell'utilizzo di questo tipo di approccio agro-omeopatico, la maggior parte dei costi sono da attribuire principalmente al quantitativo di manodopera utilizzata per i trattamenti, e solo in piccola parte dai costi di acquisto del materiale, che essendo diluiti constano in ridotte dosi di utilizzo. Inoltre si vuole precisare che questo tipo di valutazione tiene conto delle tecniche qui utilizzate, considerando anche la possibilità di meccanizzazione del trattamento, ad esempio con un dinamizzatore meccanico e con sistemi di aspersione in tunnel per l'irrorazione dei prodotti, con estrema riduzione delle ore di lavoro e di conseguenza miglioramento dell'economicità di questo tipo di approccio.

In conclusione, si può affermare che le prove condotte in tale studio hanno permesso di ottenere un ampio set di dati sperimentali per le principali caratteristiche agronomiche e nutrizionali delle tre accessioni, in relazione ai due trattamenti applicati (omeopatico e biologico). Nel complesso per la molteplicità degli elementi e degli aspetti che hanno caratterizzato il presente lavoro, si ritiene necessario lo studio dei risultati produttivi e qualitativi del prossimo ciclo di produzione per

confermare gli esiti attualmente ottenuti. Ulteriori confronti con un maggior numero di accessioni potrebbero contribuire ad approfondire tali evidenze.

6 Bibliografia

- Aaby, K., Skrede, G., & Wrolstad, R. E. (2005). Phenolic Composition and Antioxidant Activities in Flesh and Achenes of Strawberries (*Fragaria ananassa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4032–4040. <https://doi.org/10.1021/jf048001o>
- Abountiolas, M., Kelly, K., Yagiz, Y., Li, Z., Mahnken, G., Borejsza-Wysocki, W., Marshall, M., Sims, C. A., Peres, N., & do Nascimento Nunes, M. C. (2018). Sensory Quality, Physicochemical Attributes, Polyphenol Profiles, and Residual Fungicides in Strawberries from Different Disease-Control Treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(27), 6986–6996. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b02153>
- Akhtar, I., & Rab, A. (2015). Effect of irrigation intervals on the quality and storage performance of strawberry fruit. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 25, 669–678.
- Allam, M., Radicetti, E., Quintarelli, V., Petroselli, V., Marinari, S., & Mancinelli, R. (2022). Influence of organic and mineral fertilizers on soil organic carbon and crop productivity under different tillage systems: A Meta-Analysis. *Agriculture*, 12(4), 464.
- Ameen, A., & Raza, S. (s.d.). International Journal of Advances in Scientific Research. *Green Revolution*, 03(12).
- Angelini, R. (2010). La fragola. *Art Servizi SpA Bologna*.
- Aversa, R., Petrescu, R. V., Apicella, A., & Petrescu, F. I. (2016). About Homeopathy or <<Similia Similibus Curentur>> (SSRN Scholarly Paper 3074499). <https://papers.ssrn.com/abstract=3074499>
- Bellavite P., Conforti E., Lechi A., Menestrina A., F., & Pomari, S. (2000). *LE MEDICINE COMPLEMENTARI*.

- Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of «antioxidant power»: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–76.
<https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Bernal, M. G., Silvera, C. M. O., Sánchez, D. B., Pacheco, F. A., & Suástegui, J. M. M. (2020). Respuesta del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Quivicán a la aplicación de medicamentos homeopáticos. *Terra Latinoamericana*, 38(1).
<https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.583>
- Betti, L., Trebbi, G., Majewsky, V., Scherr, C., Shah-Rossi, D., Jäger, T., & Baumgartner, S. (2009). Use of homeopathic preparations in phytopathological models and in field trials: A critical review. *Homeopathy*, 98(04), 244–266.
- Birch, A. J. (1973). Biosynthetic pathways in chemical phylogeny. *Pure and Applied Chemistry Eighth*, 33(1), 17–38.
- Boff, P., Madruga, E. S., Nunes, M. Z., & Boff, M. I. (2008). *Pest and disease management of potato crops with homeopathic preparations and germplasm variability*.
- Boonyakiat, D., Chuamuangphan, C., Maniwara, P., & Seehanam, P. (2016). *Comparison of physico-chemical quality of different strawberry cultivars at three maturity stages*. 23, 2405–2412.
- Bonciarelli F., Bonciarelli U., (1995). Coltivazioni erbacee. Edagricole, cap 9: 243-247.
- Bowler, C., Montagu, M. van, & Inze, D. (1992). Superoxide dismutase and stress tolerance. *Annual review of plant biology*, 43(1), 83–116.
- Chikramane, P. S., Suresh, A. K., Bellare, J. R., & Kane, S. G. (2010). Extreme homeopathic dilutions retain starting materials: A nanoparticulate perspective. *Homeopathy*, 99(4), 231–242.
<https://doi.org/10.1016/j.homp.2010.05.006>
- Chunari, S. S. (nee, Mondal, S., & Sukul, N. C. (2012). Sepia 200cH at 1:1000 dilution ameliorates salt stress in cowpea seedlings but its medium 90% ethanol proves ineffective at the same

dilution. *International Journal of High Dilution Research - ISSN 1982-6206*, 11(41), 237–246. <https://doi.org/10.51910/ijhdr.v11i41.618>

Córdova Vinueza, L. S. (2015). *Evaluación del comportamiento de microorganismos eficientes autóctonos (EMA) y levaduras fermentadoras (Saccharomyces cerevisiae) en la fabricación del biofertilizante Bokashi.*

Cruz, V. Y. V. de la, Tantriani, Cheng, W., & Tawaraya, K. (2023). Yield gap between organic and conventional farming systems across climate types and sub-types: A meta-analysis. *Agricultural Systems*, 211, 103732. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103732>

Davis, K. F., Chhatre, A., Rao, N. D., Singh, D., Ghosh-Jerath, S., Mridul, A., Poblete-Cazenave, M., Pradhan, N., & DeFries, R. (2019). Assessing the sustainability of post-Green Revolution cereals in India. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(50), 25034–25041.

Daclon C.M., Biotecnologie e agricoltura, in Agricoltura, Rivista del Ministero Politiche Agricole e forestali, n. 302, 2000.

de Lira, E. B., Dantas, M. C., Pereira, D. A., da Costa Sassi, C. F., Lopes, R. M. B. P., Pina, L. C. C., & de Souza Neto, J. J. (2023). Biodigestor anaeróbico: Produção de biogás e biofertilizante a partir de resíduos pecuários, purificação do biogás e implantação de cultivos de microalgas. *Research, Society and Development*, 12(1), e18312139557–e18312139557.

De Souza Goncalves, P., Boff, P., & De Araujo, E. (2017). High dilutions dinamized of calcium nitrate and potassium sulphate on the management of thrips, downy mildew and onion yield under organic system. *Revista Thema*, 14, 16–24.

Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002). Thermal Processing Enhances the Nutritional Value of Tomatoes by Increasing Total Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10), 3010–3014. <https://doi.org/10.1021/jf0115589>

Di Lorenzo, F., Dinelli, G., Marotti, I., & Trebbi, G. (2021). Systemic Agro-Homeopathy: A New Approach to Agriculture. *OBM Integrative and Complementary Medicine*, 6(3), Articolo 3. <https://doi.org/10.21926/obm.icm.2103020>

- Dinelli, G., Segura Carretero, A., Di Silvestro, R., Marotti, I., Fu, S., Benedettelli, S., Ghiselli, L., & Fernández Gutiérrez, A. (2009). Determination of phenolic compounds in modern and old varieties of durum wheat using liquid chromatography coupled with time-of-flight mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1216(43), 7229–7240. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.08.041>
- Dos Santos, M. G., Gonçalves Jr, A. C., Junior, D. L. B., Schwantes, D., Campagnolo, M. A., Coelho, G. F., & Airton, A. (2016). Utilização de medicamentos homeópatos para remediação de solos contaminados por metais tóxicos. *Journal of Agronomic Sciences*, 5, 26–45.
- Dragišić Maksimović, J., Poledica, M., Mutavdžić, D., Mojović, M., Radivojević, D., & Milivojević, J. (2015). Variation in nutritional quality and chemical composition of fresh strawberry fruit: Combined effect of cultivar and storage. *Plant Foods for Human Nutrition (Dordrecht, Netherlands)*, 70(1), 77–84. <https://doi.org/10.1007/s11130-014-0464-3>
- Dzhanfezova, T., Barba Espin, G., Müller, R., Jørnsgård, B., Hegelund, J., Madsen, B., Larsen, D., Vega, M., & Toldam-Andersen, T. (2020). Anthocyanin profile, antioxidant activity and total phenolic content of a strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch) genetic resource collection. *Food Bioscience*, 36, 100620. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100620>
- Faedo, L., Verdi, R., Rayns, F., Kretzschmar, A., Wright, J., & Boff, P. (2023). The Use of Homeopathy in Agriculture and Its Plant Biostimulation Effect on the Strawberry Cropping System. *Homeopathy*, 113(01), A1–A26.
- Farhat, N., Elkhouni, A., Zorrig, W., Smaoui, A., Abdelly, C., & Rabhi, M. (2016). Effects of magnesium deficiency on photosynthesis and carbohydrate partitioning. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38(6), 145. <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2165-z>
- Filgueiras, C. C., Martins, A. D., Pereira, R. V., & Willett, D. S. (2019). The ecology of salicylic acid signaling: Primary, secondary and tertiary effects with applications in agriculture. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(23), 5851.

- Floegel, A., Kim, D.-O., Chung, S.-J., Koo, S. I., & Chun, O. K. (2011). Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(7), 1043–1048. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.01.008>
- Foyer, C. H., & Noctor, G. (2005). Oxidant and antioxidant signalling in plants: A re-evaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context. *Plant, Cell & Environment*, 28(8), 1056–1071.
- Gentilini, P. (2011). Esposizione a pesticidi e rischi per la salute umana. *reprod toxicol*, 31(3), 363–373.
- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. (2012). The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28(1), 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2011.08.009>
- Gomiero, T. (2015). Effects of agricultural activities on biodiversity and ecosystems: Organic versus conventional farming. *Handbook on the Globalisation of Agriculture*, 77. https://books.google.com/books?hl=it&lr=&id=GOfECQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA77&dq=loss+of+biodiversity+conventional+agriculture&ots=GLDuoFX_Qa&sig=6AMeCvd6lZgZ6KjoPA2krm5J0Q4
- Gonçalves Jr, A., Schwantes, D., Stangarlin, J., Vasconcelos, E., Roque, T., Silva, T., Campagnolo, M., & Zimmermann, J. (2017). DEVELOPMENT OF WHEAT PLANTS TREATED WITH NUX VOMICA AND GROWN IN SOIL CONTAMINATED WITH Cd AND Pb. *Journal of Agronomic Sciences*, 6, 70–83.
- Hormaetxe, K., Hernández, A., Becerril, J. M., & García-Plazaola, J. I. (2004). Role of Red Carotenoids in Photoprotection During Winter Acclimation in *Buxus sempervirens* Leaves. *Plant Biology*, 6(3), 325–332. <https://doi.org/10.1055/s-2004-817883>
- Jangra, J., & Lakra, H. (2014). Impact of Fertilizers on the Environmental Sustainability Development and Agriculture. *GE-International Journal of Management Research*, 2(2), 160–166.

- John, D. A., & Babu, G. R. (2021). Lessons From the Aftermaths of Green Revolution on Food System and Health. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2021.644559>
- Jordan, C. F. (2013). A History of Unsustainability in Agriculture. In C. F. Jordan (A c. Di), *An Ecosystem Approach to Sustainable Agriculture: Energy Use Efficiency in the American South* (pp. 39–62). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6790-4_2
- Laganà, P., Anastasi, G., Marano, F., Piccione, S., Singla, R. K., Dubey, A. K., Delia, S., Coniglio, M. A., Facciola, A., Di Pietro, A., Haddad, M. A., Al-Hiary, M., & Caruso, G. (2019). Phenolic Substances in Foods: Health Effects as Anti-Inflammatory and Antimicrobial Agents. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 102(5), 1378–1387. <https://doi.org/10.1093/jaoac/102.5.1378>
- Lal, R., & Kimble, J. M. (1997). Conservation tillage for carbon sequestration. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 49, 243–253.
- Lori, M., Armengot, L., Schneider, M., Schneidewind, U., Bodenhausen, N., Mäder, P., & Krause, H.-M. (2022). Organic management enhances soil quality and drives microbial community diversity in cocoa production systems. *Science of The Total Environment*, 834, 155223. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155223>
- Manuel, M.-S. J., Michel, O.-S. C., Milagro, G.-B., Araceli, A.-Q. M., Fernando, A.-P., Daulemys, B.-S., Dariel, T.-R., Fabiola, A.-O., Bernardo, M.-A., & Alejandra, N.-G. (2019). Agricultural Homoeopathy: A New Insight into Organics. In *Multifunctionality and Impacts of Organic and Conventional Agriculture*. IntechOpen.
- Manuel, M.-S. J., Michel, O.-S. C., Milagro, G.-B., Araceli, A.-Q. M., Fernando, A.-P., Daulemys, B.-S., Dariel, T.-R., Fabiola, A.-O., Bernardo, M.-A., Alejandra, N.-G., Yarelys, F.-S., María, M.-C. R., Alex, A.-M., Miriam, D.-D., Boris, B.-M., Manuel, M.-S. J., Michel, O.-S. C., Milagro, G.-B., Araceli, A.-Q. M., ... Boris, B.-M. (2019). Agricultural Homoeopathy: A

New Insight into Organics. In *Multifunctionality and Impacts of Organic and Conventional Agriculture*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.84482>

Martini, E. A., Buyer, J. S., Bryant, D. C., Hartz, T. K., & Denison, R. F. (2004). Yield increases during the organic transition: Improving soil quality or increasing experience? *Field Crops Research*, 86(2), 255–266. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2003.09.002>

Meneses-Moreno, N. (2017). *Agrohomeopatía como alternativa a los agroquímicos*. *Rev. Médica de Homeopatía*. 10 (1): 9-13.

Minho, A. P., Silva, N. L., Moletta, J. L., & Filippesen, L. F. (2008). Use of biotherapeutic in the control of the natural infestation by *Boophilus microplus*: Pilot study. *International Journal of High Dilution Research - ISSN 1982-6206*, 7(22), 36–38. <https://doi.org/10.51910/ijhdr.v7i22.251>

Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in plant science*, 7(9), 405–410.

Mondal, S., Sukul, N. C., & Sukul, S. (2012). Natrum mur 200c promotes seed germination and increases total protein, chlorophyll, rubisco and sugar in early seedlings of cowpea under salt stress. *International Journal of High Dilution Research*, 11(40).

Moreno, N. M. (2008). Agro-Homeopathy–An Alternative for Agriculture. *Hpathy Ezine*, December.

Ombita, S., Mwendwa, S., & Mureithi, S. (2024). Influence of organic fertilization on growth and yield of strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) in Kabete and Mbooni areas, Kenya. *Heliyon*.

Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V. P., & Prasad, S. M. (2015). Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(6), 4056–4075. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3739-1>

Paschero, T. P. (1963). The practice of Homœopathy. *British Homeopathic Journal*, 52(1), 12–20. [https://doi.org/10.1016/S0007-0785\(63\)80005-8](https://doi.org/10.1016/S0007-0785(63)80005-8)

Patel, O. P. (2022). *HOMEOPATHIC AND BIOCHEMIC MEDICINE BLESSING FOR PLANTS AND AGRICULTURE*.

- Pešaković, M., Karaklajić-Stajić, Ž., Milenković, S., & Mitrović, O. (2013). Biofertilizer affecting yield related characteristics of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) and soil micro-organisms. *Scientia Horticulturae*, 150, 238–243. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.11.016>
- Pfannenstiel, B. T., Greco, C., Sukowaty, A. T., & Keller, N. P. (2018). The epigenetic reader SntB regulates secondary metabolism, development and global histone modifications in *Aspergillus flavus*. *Fungal Genetics and Biology*, 120, 9–18.
- Pichersky, E., & Gang, D. R. (2000). Genetics and biochemistry of secondary metabolites in plants: An evolutionary perspective. *Trends in plant science*, 5(10), 439–445.
- Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D., & Seidel, R. (2005). Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. *BioScience*, 55(7), 573–582. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0573:EEAECO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0573:EEAECO]2.0.CO;2)
- Ponisio, L. C., M'Gonigle, L. K., Mace, K. C., Palomino, J., de Valpine, P., & Kremen, C. (2015). Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1799), 20141396. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.1396>
- Ricottini, L. (2008). From Homeopathy to Physiological Regulating Medicine: Highlights. *Physiological Regulating Medicine, Italy*, 1, 31–35.
- Rivera Guillén, J. M., & Tórres Valdivia, R. (1998). *Efecto de cuatro biofertilizantes (EM-BOKASHI) sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*.
- Robinson, G. M., & Carson, D. A. (2015). *Handbook on the Globalisation of Agriculture*. Edward Elgar Publishing.
- Rovira, A. D. (1969). Plant root exudates. *The botanical review*, 35, 35–57.
- Sartori, L., Basso, B., Bertocco, M., & Oliviero, G. (2005). Energy Use and Economic Evaluation of a Three Year Crop Rotation for Conservation and Organic Farming in NE Italy. *Biosystems Engineering*, 91(2), 245–256. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2005.03.010>

- Savci, S. (2012). An agricultural pollutant: Chemical fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3(1), 73.
- Searchinger, T., Waite, R., Hanson, C., Ranganathan, J., & Matthews, E. (2019). *Creating a Sustainable Food Future*. <https://www.wri.org/research/creating-sustainable-food-future>
- Sen, S., Chandra, I., Khatun, A., Chatterjee, S., & Das, S. (2018). *AGROHOMEOPATHY: AN EMERGING FIELD OF AGRICULTURE FOR HIGHER CROP PRODUCTIVITY AND PROTECTION OF PLANTS AGAINST VARIOUS STRESS CONDITIONS*. <https://doi.org/10.1729/Journal.18583>
- Shin, Y., Liu, R. H., Nock, J. F., Holliday, D., & Watkins, C. B. (2007). Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. *Postharvest Biology and Technology*, 45(3), 349–357. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.03.007>
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144–158.
- Stoate, C., Boatman, N. D., Borralho, R. J., Carvalho, C. R., De Snoo, G. R., & Eden, P. (2001). Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of environmental management*, 63(4), 337–365.
- Sumberg, J., & Giller, K. E. (2022). What is ‘conventional’ agriculture? *Global Food Security*, 32, 100617. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100617>
- Suzuki, N., & Mittler, R. (2006). Reactive oxygen species and temperature stresses: A delicate balance between signaling and destruction. *Physiologia plantarum*, 126(1), 45–51.
- Tahjib-Ul-Arif, M., Zahan, M. I., Karim, M. M., Imran, S., Hunter, C. T., Islam, M. S., Mia, M. A., Hannan, M. A., Rhaman, M. S., Hossain, M. A., Brestic, M., Skalicky, M., & Murata, Y. (2021). Citric Acid-Mediated Abiotic Stress Tolerance in Plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(13), Articolo 13. <https://doi.org/10.3390/ijms22137235>

- Tamburini, G., Bommarco, R., Wanger, T. C., Kremen, C., van der Heijden, M. G. A., Liebman, M., & Hallin, S. (2020). Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. *Science Advances*, 6(45), eaba1715. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba1715>
- Teoh, E. S. (2015). Secondary Metabolites of Plants. *Medicinal Orchids of Asia*, 59–73. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24274-3_5
- Tian, L., Lin, X., Tian, J., Ji, L., Chen, Y., Tran, L.-S. P., & Tian, C. (2020). Research Advances of Beneficial Microbiota Associated with Crop Plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(5), Articolo 5. <https://doi.org/10.3390/ijms21051792>
- Tichavský, R. (2008). Organon de la Holohomeopatia. *Saltillo, Coahuila, Mexico: Quintanilla Ed.*
- Tichavský, R., & Di Lorenzo, F. (2019). *Fondamenti di agro-omeopatia. L'omeopatia applicata alle piante*. Nuova IPSA.
- Trebbi, G., Dinelli, G., Marotti, I., Bregola, V., Benni, A., & Betti, L. (2014). Effects of homeopathic treatments on strawberry plants in field. *Homeopathy*, 103(1). <https://doi.org/10.1016/j.homp.2013.10.064>
- Trebbi, G., Nipoti, P., Bregola, V., Brizzi, M., Dinelli, G., & Betti, L. (2016). Ultra high diluted arsenic reduces spore germination of *Alternaria brassicicola* and dark leaf spot in cauliflower. *Horticultura Brasileira*, 34, 318–325.
- Tuck, S. L., Winqvist, C., Mota, F., Ahnström, J., Turnbull, L. A., & Bengtsson, J. (2014). Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: A hierarchical meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 51(3), 746–755. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12219>
- Tudor, V., Manole, C. G., Teodorescu, R., Asanica, A., & Barbulescu, I. D. (2015). Analysis of Some Phenolic Compounds and Free Radical Scavenging Activity of Strawberry Fruits During Storage Period. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 6, 157–164. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.053>

- Tulipani, S., Mezzetti, B., Capocasa, F., Bompadre, S., Beekwilder, J., de Vos, C. H. R., Capanoglu, E., Bovy, A., & Battino, M. (2008). Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), 696–704. <https://doi.org/10.1021/jf0719959>
- Tuomisto, H. L., Hodge, I. D., Riordan, P., & Macdonald, D. W. (2012). Does organic farming reduce environmental impacts? – A meta-analysis of European research. *Journal of Environmental Management*, 112, 309–320. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.08.018>
- Villena, J., Kitazawa, H., Van Wees, S. C., Pieterse, C. M., & Takahashi, H. (2018). Receptors and signaling pathways for recognition of bacteria in livestock and crops: Prospects for beneficial microbes in healthy growth strategies. *Frontiers in immunology*, 9, 2223.
- Wang, S. Y., & Lin, H.-S. (2000). Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(2), 140–146.
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., & David, C. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for sustainable development*, 29, 503–515.
- WHITE, P. J., & BROADLEY, M. R. (2003). Calcium in Plants. *Annals of Botany*, 92(4), 487–511. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg164>
- Wink, J., Mohammadipanah, F., & Hamedi, J. (2017). *Biology and biotechnology of actinobacteria*. Springer.
- World Health Organization. (2009). *Safety issues in the preparation of homeopathic medicines*. World Health Organization.
- Zhao, Y., Liu, G., Yang, F., Liang, Y., Gao, Q., Xiang, C., Li, X., Yang, R., Zhang, G., Jiang, H., Yu, L., & Yang, S. (2023). Multilayered regulation of secondary metabolism in medicinal plants. *Molecular Horticulture*, 3, 11. <https://doi.org/10.1186/s43897-023-00059-y>