



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

**Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse naturali e
Ambiente**

Scuola di Agraria e medicina veterinaria

**Corso di laurea in Tecnica e Gestione delle Produzioni Biologiche
Vegetali**

**INDAGINI SULL'IMPIEGO DI BIOSTIMOLANTI NATURALI A
BASE DI MICROALGHE SU COLTURE ORTICOLE
BIOLOGICHE**

Relatore

Prof. Malagoli Mario

Laureanda

Maria Brugnera

Anno Accademico 2022/2023

*A mio padre, a mia madre e a mio fratello,
che mi hanno trasmesso perseveranza e sacrificio.*

*Ai miei nonni,
per avermi insegnato la vita.*

*A Simone,
per il coraggio e la spensieratezza.*

*A chi non respira più con me,
ma continua a vivere al mio fianco.*

INDICE

INTRODUZIONE	1
1. L'AGRICOLTURA BIOLOGICA	3
1.1 Cos'è l'agricoltura biologica	3
1.2 Obiettivi e principi dell'agricoltura biologica	5
1.3 Etichettatura e logo	9
1.4 Agricoltura biologica o agricoltura a residuo zero	13
2 I PRODOTTI BIOSTIMOLANTI	16
2.1 Cosa sono i biostimolanti	16
2.2 Principali categorie di biostimolanti vegetali	17
2.2.1 Acidi umici e fulvici	17
2.2.2 Idrolizzato proteico e altri composti contenenti azoto	19
2.2.3 Estratti di alghe	20
2.2.4 Chitosano e altri biopolimeri	22
2.2.5 Composti inorganici	23
2.3 Cosa sono le microalghe	25
2.4 Processo di produzione delle microalghe	27
2.4.1 Il laboratorio	27
2.4.2 I sistemi di produzione	27
2.4.3 La biomassa algale	29
2.5 Descrizione del biostimolante "AB"	31
3 SCOPO DELLA SPERIMENTAZIONE	33
4 MATERIALI E METODI	34

4.1 Descrizione della bietola di Lusìa e della lattuga Gentile	34
4.1.1 Origine e importanza economica della bietola di Lusìa	34
4.1.2 Botanica, biologia e fisiologia della bietola di Lusìa	34
4.1.3 Esigenze e adattamento ambientale della bietola di Lusìa	35
4.1.4 Origine e importanza economica della lattuga Gentile	37
4.1.5 Botanica, biologia e fisiologia della lattuga Gentile	38
4.1.6 Esigenze e adattamento ambientale della lattuga Gentile	39
4.2 Tecniche di coltivazione	40
4.3 Sperimentazione con blocco randomizzato	43
4.4 Modalità di applicazione del biostimolante “AB”	46
5 RISULTATI	48
5.1 Raccolta dei campioni e dei dati per le analisi	48
5.2 Variazioni dello sviluppo in altezza delle piante di bietola di Lusìa	64
5.3 Variazioni dello sviluppo in altezza delle piante di lattuga Gentile	65
5.4 Variazioni del numero di foglie delle piante di bietola di Lusìa	66
5.5 Variazioni del numero di foglie delle piante di lattuga Gentile	68
6 CONCLUSIONE	70
BIBLIOGRAFIA	72
SITOGRAFIA	73

INTRODUZIONE

Le microalghe stanno attirando l'interesse delle industrie agronomiche e degli agricoltori, grazie alle loro proprietà di biostimolanti. Gli agricoltori, quindi, sono chiamati a garantire la produzione agricola affrontando al contempo le problematiche relative ai cambiamenti climatici. Dall'altro canto, le società biotecnologiche e i ricercatori devono sviluppare prodotti e tecnologie innovativi in grado di affrontare, contemporaneamente, le tre gravi problematiche che l'umanità sta vivendo oggi: la disponibilità di cibo, i costi dell'energia e la crisi ambientale.

Le microalghe svolgono un ruolo vitale nell'ecosistema marino, contribuendo alla produzione di ossigeno e alla regolazione del ciclo del carbonio. Tuttavia, oltre a questi benefici naturali, le microalghe hanno anche una vasta gamma di applicazioni industriali e sostenibili che ne aumentano l'importanza. Uno dei settori in cui le microalghe si distinguono è la produzione di biocarburanti. Questa fonte di energia rinnovabile può contribuire alla riduzione delle emissioni di gas serra e alla diversificazione delle fonti energetiche.

Le microalghe hanno anche un grande potenziale nel settore alimentare e nutrizionale o possono essere impiegate nell'industria cosmetica, farmaceutica e chimica. Inoltre le loro capacità consentono di depurare e trattare acque e reflui.

Esse presentano una potenziale risorsa preziosa in vari settori perché si sostiene che abbiano la capacità di fornire soluzioni sostenibili, di ridurre l'impatto ambientale e di offrire nuove opportunità.

Fino ad oggi, le microalghe sono state ampiamente studiate come approccio pratico per la produzione di lipidi e per finalità ambientali, come la mitigazione dell'anidride carbonica (CO₂) emessa da processi industriali e per il trattamento delle acque reflue. D'altra parte, le indagini sui prodotti microalgali adatti alle produzioni vegetali rimangono in gran parte non sfruttate. Perciò scopo di questo studio è analizzare quali possono essere gli effetti che si riscontrano sullo sviluppo della bietola di Lusia e della lattuga Gentile dopo l'applicazione del biostimolante "AB". Quindi verranno utilizzate le microalghe nel settore dell'orticoltura sotto forma di biostimolante naturale e vegetale.

In questa sperimentazione si vuole capire se i biostimolanti a base algale sono un valido contributo per trovare un equilibrio tra le richieste dei produttori (un'elevata performance in termini di peso, di crescita vegetativa e radicale) e dei consumatori per contenere o alleviare le tematiche che oggi colpiscono l'intera umanità.

1. L'AGRICOLTURA BIOLOGICA

1.1 Cos'è l'agricoltura biologica

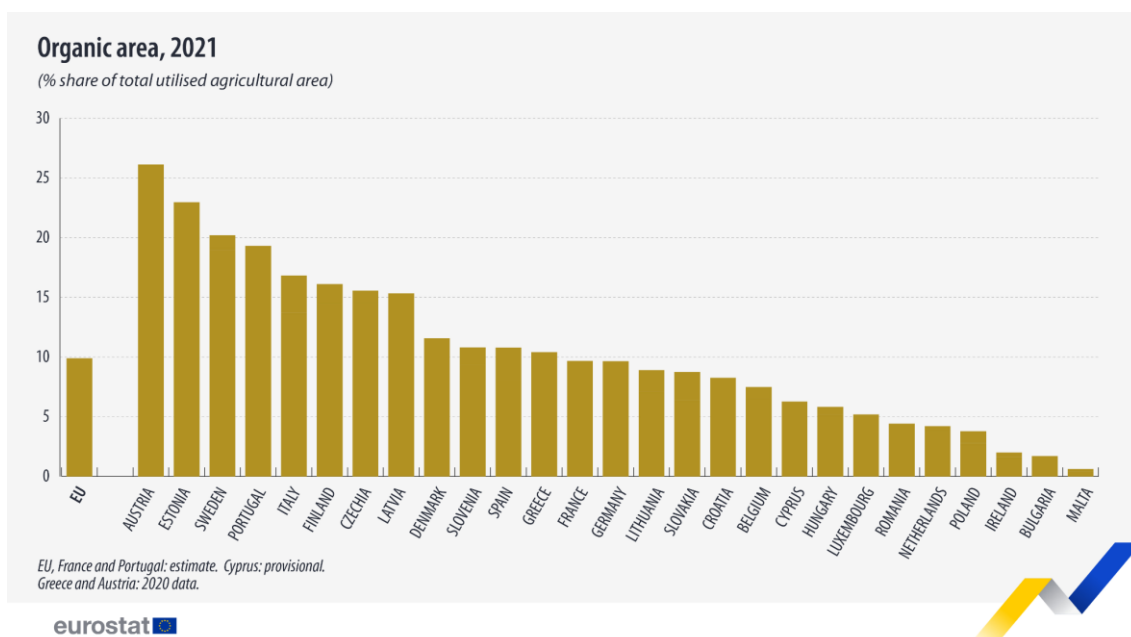
La produzione biologica è un sistema di gestione dell'azienda agricola e di produzione alimentare basato sull'interazione tra le migliori prassi in materia di ambiente ed azione per il clima, un alto livello di biodiversità, la salvaguardia delle risorse naturali e l'applicazione di criteri rigorosi in materia di benessere degli animali e di produzione confacenti alle preferenze di un numero crescente di consumatori per prodotti ottenuti con sostanze e procedimenti naturali. La produzione biologica esplica pertanto una duplice funzione sociale, provvedendo, da un lato, a un mercato specifico che risponde alla domanda di prodotti biologici da parte dei consumatori e, dall'altro, fornendo al pubblico beni che contribuiscono alla tutela dell'ambiente, al benessere degli animali e allo sviluppo rurale.

La produzione biologica persegue gli stessi obiettivi della politica agricola comune (PAC), che sono parte integrante di tutti i regimi di qualità dell'Unione applicabili ai prodotti agricoli. In particolare, gli obiettivi della politica in materia di produzione biologica sono integrati nella PAC, facendo sì che gli agricoltori che si conformano alle norme di produzione biologica ricevano un giusto compenso. La crescente domanda dei consumatori riguardo ai prodotti biologici crea, inoltre, condizioni favorevoli all'ulteriore sviluppo ed espansione del mercato di tali prodotti e, dunque, all'aumento del reddito degli agricoltori operanti nell'ambito della produzione biologica. Inoltre, la produzione biologica è un sistema che contribuisce all'integrazione dei requisiti di tutela ambientale nella PAC e promuove una produzione agricola sostenibile. Inoltre, contribuisce al conseguimento degli obiettivi della politica ambientale dell'Unione, in particolare quelli di cui alle

comunicazioni della Commissione intitolate «Strategia tematica sulla protezione del suolo».

Un sistema alimentare sostenibile è al centro del Green Deal europeo. Nell'ambito della strategia "Dal produttore al consumatore" del Green Deal, la Commissione europea ha fissato un obiettivo di "almeno il 25% dei terreni agricoli dell'UE destinati all'agricoltura biologica e un aumento significativo dell'acquacoltura biologica entro il 2030". Nella Figura 1 sono indicate le quote di superficie utilizzata per l'agricoltura biologica riferite al 2021. A tal fine la Commissione ha definito un piano d'azione organico completo per l'Unione europea.

Figura 1, quota di superficie utilizzata per l'agricoltura biologica sul totale della superficie utilizzata (SAU) per paese, 2021. Fonte: Eurostat.



Il nuovo piano d'azione sul biologico si basa sui risultati del piano d'azione 2014-2020 e tiene conto dell'esito di una consultazione pubblica sui prodotti biologici, tenutasi tra settembre e novembre 2020. Il piano d'azione è suddiviso in tre assi interconnessi che riflettono la struttura della filiera alimentare e gli obiettivi di sostenibilità del Green Deal:

- Asse 1: stimolare la domanda e garantire la fiducia dei consumatori.

- Asse 2: stimolare la conversione e rafforzare l'intera catena del valore.
- Asse 3: il biologico dà l'esempio: migliorare il contributo dell'agricoltura biologica alla sostenibilità ambientale.

I tre assi saranno sostenuti da 23 azioni, continuando alcune delle azioni di successo del periodo 2014-2020, oltre a presentare una serie di nuove azioni e mobilitare diverse fonti di finanziamento. La politica agricola comune (PAC) sarà pienamente mobilitata per sostenere l'attuazione del piano d'azione. Il sostegno finanziario per i prodotti biologici continuerà ad essere offerto attraverso impegni di sviluppo rurale, con un ulteriore flusso di finanziamenti reso disponibile attraverso eco-schemi. Il sostegno della PAC comprenderà anche l'assistenza tecnica e lo scambio di buone pratiche e innovazioni nel settore biologico. I servizi di consulenza agricola saranno rafforzati, in particolare nell'ambito dei sistemi di conoscenza e innovazione agricola (Agricultural Knowledge and Innovation Systems - AKIS), per promuovere lo scambio di conoscenze pertinenti.

1.2 Obiettivi e principi dell'agricoltura biologica

Il regolamento 2018/848 si applica ai seguenti prodotti provenienti dall'agricoltura, incluse l'acquacoltura e l'apicoltura, elencati nell'allegato I del TFUE, e ai prodotti derivanti da tali prodotti, qualora siano ottenuti, preparati, etichettati, distribuiti, immessi sul mercato, importati nell'Unione o esportati da essa, o siano destinati ad esserlo:

- prodotti agricoli vivi o non trasformati, compresi sementi e altro materiale riproduttivo vegetale;
- prodotti agricoli trasformati destinati a essere utilizzati come alimenti;

- mangimi.

Il regolamento si applica anche a taluni altri prodotti strettamente legati all'agricoltura elencati nell'allegato I del regolamento qualora siano ottenuti, preparati, etichettati, distribuiti, immessi sul mercato, importati nell'Unione o esportati da essa, o siano destinati a esserlo. Inoltre vengono presi in considerazione qualsiasi operatore che, in qualunque fase della produzione, della preparazione e della distribuzione, eserciti attività relative ai prodotti di cui al paragrafo 1; mentre le operazioni di ristorazione collettiva effettuate da una collettività, quale definita all'articolo 2, paragrafo 2, lettera d), del regolamento (UE) n. 1169/2011, non sono soggette al presente regolamento, fatta eccezione per quanto stabilito nel presente paragrafo. Gli Stati membri possono applicare norme nazionali o, in mancanza di queste, norme private sulla produzione, sull'etichettatura e il controllo dei prodotti provenienti da operazioni di ristorazione collettiva.

La produzione biologica persegue i seguenti obiettivi generali:

- contribuire a tutelare l'ambiente e il clima;
- conservare a lungo termine la fertilità dei suoli;
- contribuire a un alto livello di biodiversità;
- contribuire efficacemente a un ambiente non tossico;
- contribuire a criteri rigorosi in materia di benessere degli animali e soddisfare, in particolare, le specifiche esigenze comportamentali degli animali secondo la specie;
- promuovere le filiere corte e la produzione locale nelle varie zone dell'Unione;
- incoraggiare il mantenimento delle razze rare e autoctone in via di estinzione;

- contribuire allo sviluppo dell'offerta di materiale fitogenetico adeguato alle esigenze e agli obiettivi specifici dell'agricoltura biologica;
- contribuire a un elevato livello di biodiversità, in particolare utilizzando materiale fitogenetico di vari tipi, come materiale eterogeneo biologico e varietà biologiche adatte alla produzione biologica;
- promuovere lo sviluppo di attività di miglioramento genetico biologico dei vegetali al fine di contribuire a prospettive economiche favorevoli del settore biologico.

La produzione biologica è un sistema di gestione sostenibile che si basa sui seguenti principi generali:

- rispettare i sistemi e i cicli naturali e mantenere e migliorare lo stato dei suoli, delle acque e dell'aria, la salute dei vegetali e degli animali e l'equilibrio tra di essi;
- preservare elementi del paesaggio naturale, come i siti del patrimonio naturale;
- assicurare un impiego responsabile dell'energia e delle risorse naturali come l'acqua, il suolo, la sostanza organica e l'aria;
- produrre un'ampia varietà di alimenti e altri prodotti agricoli e dell'acquacoltura di elevata qualità che rispondano alla domanda dei consumatori di prodotti ottenuti con procedimenti che non danneggino l'ambiente, la salute umana, la salute dei vegetali o la salute e il benessere degli animali;
- garantire l'integrità della produzione biologica in tutte le fasi della produzione, della trasformazione e della distribuzione di alimenti e mangimi;

- progettare e gestire in modo appropriato processi biologici basati su sistemi ecologici e impiegando risorse naturali interne al sistema di gestione, con metodi che:
 - i) utilizzano organismi viventi e metodi di produzione meccanici;
 - ii) praticano la coltura di vegetali nel suolo e la produzione animale legata alla terra, o l'acquacoltura nel rispetto del principio dello sfruttamento sostenibile delle risorse acquatiche;
 - iii) escludono l'uso di OGM, dei prodotti derivati da OGM e dei prodotti ottenuti da OGM che non siano medicinali veterinari;
 - iv) si basano sulla valutazione del rischio e, se del caso, si avvalgono di misure precauzionali e di misure preventive;
- limitare l'uso di fattori di produzione esterni; qualora siano necessari fattori di produzione esterni ovvero non esistano le pratiche e i metodi di gestione appropriati di cui alla lettera
- i fattori di produzione esterni si limitano a:
 - i) fattori di produzione provenienti da produzione biologica; per quanto concerne il materiale riproduttivo vegetale, si dà priorità alle varietà selezionate per la loro capacità di rispondere alle esigenze e agli obiettivi specifici dell'agricoltura biologica;
 - ii) sostanze naturali o derivate da sostanze naturali;
 - iii) concimi minerali a bassa solubilità;
- adattare il processo di produzione, ove necessario e nel quadro del presente regolamento, per tenere conto delle condizioni sanitarie, delle diversità regionali in materia di equilibrio ecologico, climatico e delle condizioni locali, dei vari stadi di sviluppo e delle particolari pratiche zootecniche;

- escludere dall'intera catena dell'alimentazione biologica la clonazione animale, l'allevamento di animali poliploidi artificialmente indotti e le radiazioni ionizzanti;
- mantenere un elevato livello di benessere degli animali rispettando le esigenze specifiche delle specie.

1.3 Etichettatura e logo

L'etichetta è un ottimo modo per agevolare il consumatore a distinguere i prodotti europei di tipo biologico, ha il compito di garantire all'utilizzatore, che il bene è stato realizzato applicando la regolamentazione europea sull'agricoltura biologica.

Si considera che un prodotto riporti termini riferiti alla produzione biologica quando, nell'etichettatura, nella pubblicità o nei documenti commerciali, il prodotto stesso, i suoi ingredienti o le materie prime per mangimi usati per la sua produzione sono descritti con termini che suggeriscono all'acquirente che il prodotto, gli ingredienti o le materie prime per mangimi sono stati prodotti conformemente al regolamento. In particolare, i termini elencati nell'allegato IV, i loro derivati e le loro abbreviazioni, quali «bio» ed «eco», possono essere utilizzati, singolarmente o in abbinamento, in tutta l'Unione e in qualsiasi lingua elencata in detto allegato per l'etichettatura e la pubblicità dei prodotti indicati all'articolo 2, paragrafo 1, conformi al regolamento. Inoltre, nell'etichettatura e nella pubblicità non sono utilizzati termini, compresi quelli impiegati in marchi o denominazioni di società, o pratiche che possano indurre in errore il consumatore o l'utente suggerendo che un prodotto o i suoi ingredienti siano conformi al presente regolamento.

I prodotti ottenuti nel periodo di conversione non sono etichettati o pubblicizzati come prodotti biologici o come prodotti in conversione. Tuttavia, il materiale riproduttivo vegetale, gli alimenti di origine vegetale e i mangimi di origine vegetale ottenuti durante il periodo di conversione che siano conformi all'articolo 10, paragrafo 4, possono essere etichettati e pubblicizzati come prodotti in conversione, utilizzando il termine «in-conversione», o un termine corrispondente, insieme ai termini di cui al paragrafo 1.

Quando il tenore degli ingredienti bio è inferiore al 95% non è possibile riportare il termine “biologico” nel campo visivo della denominazione del prodotto, ma solo nella lista degli ingredienti, indicando quelli certificati ed evidenziandone la percentuale complessiva (normalmente si utilizza un simbolo –asterisco o altro- in prossimità degli ingredienti certificati). I prodotti formulati con una percentuale di ingredienti biologici superiore al 95%, possono riportare il termine biologico nella denominazione, non devono riportare la percentuale e devono esibire il logo biologico, uguale in tutta la UE. Le indicazioni delle etichette dei prodotti confezionati devono essere riportate anche per i prodotti sfusi. Ad esempio una cassetta di frutta biologica deve riportare un'etichetta che certifichi la provenienza biologica e il consumatore ha il diritto di chiedere di visionare le etichette o i certificati che hanno accompagnato la merce durante il trasporto.

Per l'etichettatura dei prodotti della caccia o della pesca devono essere osservate queste indicazioni: non è consentito l'utilizzo del logo comunitario; l'ingrediente principale deve essere un prodotto della caccia o della pesca; tutti gli altri ingredienti di origine agricola devono essere biologici; l'indicazione “biologico” deve essere riportata nell'elenco degli ingredienti e nello stesso campo visivo della denominazione di vendita; la preparazione deve essere separata nel tempo o nello spazio dagli alimenti

non biologici; possono essere utilizzati solo gli additivi, gli ausiliari di fabbricazione, gli aromi, l'acqua, il sale, le preparazioni a base di microrganismi ed enzimi, i minerali, gli oligoelementi, le vitamine, nonché gli amminoacidi e gli altri micronutrienti destinati ad un'alimentazione particolare inclusi nell'art. 27 e nell'allegato VIII del Reg. CE 889/2008.

Per l'etichettatura dei prodotti in conversione all'agricoltura biologica devono essere osservate queste indicazioni: non è consentito l'utilizzo del logo comunitario; tale dicitura può essere utilizzata per prodotti agricoli vegetali, solo se sono trascorsi almeno dodici mesi dall'inizio della conversione; per gli alimenti trasformati solo se il prodotto è composto di un solo ingrediente di origine agricola; tale dicitura non può essere utilizzata per prodotti di origine animale ottenuti nel periodo di conversione; la dicitura è presentata in un colore, formato e tipo di carattere che non la pongano maggiormente in risalto rispetto alla denominazione di vendita del prodotto e l'intera dicitura è redatta in caratteri della stessa dimensione.

Il logo biologico è un'etichetta che viene messa sul prodotto per fornirgli l'identità biologica. Esso, infatti, definisce quando un prodotto è biologico ed è realizzato all'interno dell'Unione Europea. Il logo è composto da due simboli:

- la bandiera europea, che è il simbolo ufficiale dell'Unione Europea dal 1986,
- una foglia, che esprime la natura e la sostenibilità.

La combinazione di questi due simboli, su uno sfondo verde, crea un interessante elemento visivo.



Figura 2, European Commission.

Il logo biologico (Figura 2) è utilizzato solo ed esclusivamente su tutti quei prodotti che sono stati certificati come biologico da un organismo autorizzato. Quel prodotto, infatti, avrà soddisfatto tutte le condizioni riguardanti la produzione, il trattamento, il trasporto e l'immagazzinamento. I prodotti che hanno il logo biologico contengono al loro interno almeno il 95% di ingredienti biologici e per il restante 5% dovranno rispettare rigorose condizioni.

Oltre al logo biologico dell'Unione Europea, è importante indicare il codice dell'organismo di controllo.

L'etichetta è obbligatoria nella maggior parte per prodotti biologici, essa infatti deve essere utilizzata per tutti i prodotti alimentari preconfezionati dell'Unione Europea e venduti come biologici all'interno dell'Unione Europea.

Ci sono però dei casi dove può essere facoltativo, come di seguito riportato:

- per i beni importanti che sono conformi alle norme dell'Unione Europea sull'importazione;
- per i beni biologici che non sono preconfezionati;
- per i beni dell'Unione europea immessi sui mercati dei paesi terzi.

Non può, invece, essere applicato nei casi in cui:

- i beni contengono meno del 95% di ingredienti di tipo biologico;
- i servizi di ristorazione di tipo collettiva;
- i beni che non rientrano nelle norme per i prodotti biologici.

Possono etichettare un prodotto tutti quegli operatori che sono agricoltori, distributori a marchio o importatori che sono assoggettati alle misure di controllo previste dal Regolamento 834/07.

1.4 Agricoltura biologica o agricoltura a residuo zero

Spesso i consumatori vengono tratti in inganno quando al supermercato di trovano a dover distinguere le differenze tra un prodotto biologico e uno con certificazione di residuo zero. I due termini riportano a modelli di approccio e di conduzione della coltura totalmente diversi tra loro.

Il biologico non ammette prodotti di sintesi, mentre il residuo zero li applica in maniera così fine e precisa, che nel prodotto per il consumatore non se ne rilevano più.

Quindi residuo zero non significa non utilizzo (come nel biologico), ma significa che nel prodotto finito non ne rimangono quantità rilevabili. L'agricoltura biologica ha una visione di tipo olistica, perché si tratta di tecniche agricole che tengono in considerazione l'intero ecosistema in cui la produzione della coltura è inserita.

Il residuo zero, invece, è raggiungibile utilizzando esclusivamente molecole che hanno una degradazione piuttosto veloce sul prodotto e comunque rispettando tempi di "sicurezza" tali per cui il residuo riscontrabile sul prodotto sia inferiore a 0,01 mg/kg. La soglia limite di presenza di sostanze chimiche di sintesi non viene determinata da norme nazionali o europee come nel caso del biologico, ma è un riferimento dettato da standard privati che generalmente scelgono lo stesso stabilito dall'Europa sugli alimenti per lattanti e bambini nella prima infanzia.

Si tratta comunque di una dichiarazione certificata da organismi accreditati che attestano la conformità del prodotto allo standard di riferimento". La sua certificazione ha valenza triennale e prevede controlli annuali.

Detto ciò, la differenza principale tra biologico e residuo zero è però soprattutto etica e nelle priorità dei consumatori. Se la preoccupazione di chi

acquistare un alimento è esclusivamente quella di non ingerire pesticidi, la scelta del ‘residuo zero’ soddisfa pienamente le sue esigenze. Se si sceglie la produzione biologica, invece, è perché il focus è posto su questioni più ampie, come la contaminazione ambientale, la salvaguardia e l’aumento della fertilità del suolo, le rotazioni, la rinaturalizzazione degli habitat, la tutela della biodiversità e il benessere animale. Si tratta insomma di una tecnica agronomica che fornisce alla collettività dei ‘beni pubblici’ come quelli che l’Unione europea riconosce sin dal reg.834/2007.

La nuova legge sul biologico del 9 marzo 2022 n. 23 contiene le disposizioni per la tutela, lo sviluppo e la competitività della produzione agricola, agroalimentare e dell’acquacoltura con metodo biologico. Come stabilito dalla legge, la produzione biologica viene definita attività di interesse nazionale con funzione sociale e ambientale. Viene poi istituito il marchio biologico italiano per quei prodotti biologici ottenuti da materia prima italiana.

Inoltre prevede che il Ministro delle politiche agricole alimentari e forestali, adotti il Piano d’azione nazionale per la produzione biologica e i prodotti biologici.

2 I PRODOTTI BIOSTIMOLANTI

2.1 Cosa sono i biostimolanti

Diversi prodotti sono disponibili in commercio per l'uso in agricoltura come prodotti innovativi e promettenti per migliorare i raccolti.

I biostimolanti sono considerati rispettosi dell'ambiente e convenienti alternative ai prodotti sintetici come fertilizzanti, prodotti per la protezione delle colture e crescita delle piante regolatori. Sono prodotti che, se applicati a basse dosi su semi, colture o terreno, sono in grado di regolare e potenziare i processi fisiologici della coltura. Essi agiscono sulla fisiologia delle piante attraverso diversi percorsi, migliorando la crescita delle colture, i raccolti, la qualità, l'assorbimento dei nutrienti, tolleranza agli stress abiotici e durata di conservazione dei prodotti raccolti.

Attualmente, l'interesse dei biostimolanti nelle produzioni vegetali, e in particolare nel sistema colturale biologico, è fortemente incrementato. L'agricoltura biologica è generalmente caratterizzata da resa del raccolto inferiore rispetto ai sistemi di produzione convenzionali. Questo divario di rendimento è principalmente attribuito ai diversi fertilizzanti e fitofarmaci consentiti nei due sistemi colturali. I biostimolanti possono risultare molto utili per migliorare la sostenibilità agricola; infatti potrebbero facilitare produzioni elevate con ridotto impatto ambientale.

Diversi studi sui biostimolanti hanno dimostrato che questi prodotti sono in grado di influenzare la respirazione cellulare, fotosintesi, sintesi di acidi nucleici e assorbimento di ioni nelle piante. Inoltre possono migliorare disponibilità di nutrienti del suolo per la crescita delle colture, migliorare la capacità di ritenzione idrica del suolo, aumentare il contenuto di antiossidanti vegetali, migliorano il metabolismo cellulare e aumentano la clorofilla fogliare. (du Jardin, 2015)

Le caratteristiche chimiche sono uno degli aspetti più critici del loro utilizzo. In effetti le diverse specie microalgali e il processo utilizzato per la produzione potrebbero influenzare le loro composizioni finali. In genere, le etichette sui prodotti a base di microalghe riportano informazioni relative alla loro composizione, comprese le concentrazioni di elementi minerali, gli aminoacidi e il fitormone contenuto.

La biomassa di microalghe ha mostrato di contenere micro e macronutrienti, in particolare azoto, fosforo e potassio, mentre il contenuto di calcio nella microalga è relativamente inferiore rispetto agli altri minerali.

2.2 Principali categorie di biostimolanti vegetali

2.2.1 Acidi umici e fulvici

Le sostanze umiche svolgono un ruolo fondamentale nella fertilità del suolo grazie alla loro capacità di influenzare diverse proprietà e processi. Una delle principali azioni benefiche delle sostanze umiche è il miglioramento della nutrizione delle piante. Esistono diversi meccanismi attraverso i quali le sostanze umiche favoriscono l'assorbimento di nutrienti da parte delle radici.

In primo luogo, le sostanze umiche aumentano la capacità di scambio cationico del suolo. Ciò significa che possono trattenere e rilasciare più facilmente cationi nutrienti come potassio, calcio e magnesio, rendendoli disponibili per le radici delle piante.

In secondo luogo, le sostanze umiche possono interferire con la precipitazione del fosfato di calcio nel suolo, aumentando così la disponibilità di fosforo per le piante. Il fosforo è un nutriente essenziale per la crescita delle piante, e le sostanze umiche possono contribuire ad assicurare una sua adeguata disponibilità.

Un altro meccanismo importante è legato alle H⁺-ATPasi della membrana plasmatica delle cellule radicanti. Questi enzimi trasportano protoni attraverso la membrana, creando un potenziale elettrochimico che può essere utilizzato per il trasporto attivo di nutrienti come i nitrati. Le sostanze umiche stimolano l'attività di queste ATPasi, favorendo così l'assorbimento di nutrienti da parte delle radici. (du Jardin, 2015)

Le sostanze umiche possono anche migliorare la respirazione delle piante e le attività degli enzimi come l'invertasi, che sono coinvolti nel metabolismo del carbonio. Fornendo substrati di carbonio, le sostanze umiche favoriscono la produzione di energia e la crescita delle piante. (du Jardin, 2015)

Inoltre, le sostanze umiche sono state associate alla protezione delle piante contro lo stress. Sono coinvolte nel metabolismo dei fenilpropanoidi, che sono composti fenolici responsabili di diverse risposte di difesa delle piante. Le sostanze umiche ad alta massa molecolare sono state dimostrate in grado di migliorare l'attività degli enzimi chiave coinvolti in questo metabolismo, offrendo quindi una protezione aggiuntiva alle piante in condizioni di stress. (du Jardin, 2015)

Tuttavia, è importante considerare che gli effetti delle sostanze umiche possono variare a seconda della loro fonte, delle condizioni ambientali, delle colture coinvolte e delle modalità di applicazione. Pertanto, l'ottimizzazione delle interazioni tra le sostanze umiche, la materia organica, i microbi del

suolo e le radici delle piante è fondamentale per ottenere risultati consistenti e desiderati e per promuovere la crescita delle piante e migliorare la resa delle piante colture.

2.2.2 Idrolizzato proteico e altri composti contenenti azoto

Gli idrolizzati proteici e altri composti contenenti azoto sono ottenuti attraverso la decomposizione delle proteine presenti in sottoprodotti agroindustriali, sia di origine vegetale che animale. Questi composti, ottenuti tramite idrolisi chimica o enzimatica, possono svolgere diversi ruoli come biostimolanti della crescita delle piante.

Uno degli effetti diretti degli idrolizzati proteici sulle piante è l'assorbimento e l'assimilazione dell'azoto. Questi composti possono regolare gli enzimi coinvolti nell'assimilazione dell'azoto e i geni strutturali correlati, influenzando quindi la via di segnalazione coinvolta nell'acquisizione di azoto da parte delle radici delle piante. (du Jardin, 2015)

Alcuni aminoacidi contenuti negli idrolizzati proteici, come la prolina, hanno dimostrato effetti chelanti. Questi aminoacidi possono proteggere le piante dai metalli pesanti e contribuire anche alla mobilità e all'acquisizione di micronutrienti.

Gli idrolizzati proteici contengono anche composti azotati che hanno attività antiossidante. Questi composti aiutano a neutralizzare i radicali liberi e possono contribuire a mitigare lo stress ambientale nelle piante.

Gli effetti indiretti degli idrolizzati proteici sulla nutrizione e sulla crescita delle piante sono altrettanto importanti. Questi composti sono noti per

favorire l'aumento della biomassa microbica e l'attività nel suolo, inclusa la respirazione del suolo. Questo contribuisce a migliorare la fertilità complessiva del suolo. Si ritiene che le attività chelanti e la complessazione di specifici aminoacidi e peptidi favoriscano la disponibilità e l'assimilazione dei nutrienti da parte delle radici delle piante. (du Jardin, 2015)

Sono disponibili sul mercato diversi prodotti commerciali basati sugli idrolizzati proteici di origine vegetale e animale. Molti di questi prodotti hanno riportato miglioramenti significativi nella resa e nella qualità delle colture agricole e orticole. Tuttavia, vi è una crescente preoccupazione per la sicurezza dell'uso di idrolizzati proteici derivati da sottoprodotti animali nella catena alimentare. Pertanto, l'Unione Europea ha vietato l'applicazione di tali idrolizzati proteici animali sulle parti commestibili delle colture biologiche per garantire la sicurezza e la conformità agli standard regolatori.

2.2.3 Estratti di alghe

Gli estratti di alghe sono utilizzati come biostimolanti nella crescita delle piante. Le alghe fresche sono state utilizzate da molto tempo in agricoltura come fonte di materia organica e fertilizzante, ma solo di recente sono stati riconosciuti i loro effetti biostimolanti. Questo ha portato all'uso commerciale di estratti di alghe e di composti purificati.

Gli estratti di alghe contengono diversi composti che promuovono la crescita delle piante. Tra questi ci sono i polisaccaridi come la laminarina, gli alginati e le carragenine, nonché i loro prodotti di degradazione. Altri costituenti importanti sono i micro e macro nutrienti, gli steroli e altri composti contenenti azoto. Molti di questi composti sono unici e specifici delle alghe,

il che spiega il crescente interesse della comunità scientifica e dell'industria per l'utilizzo di questi prodotti.

Le alghe interessano sia sul suolo che sulle piante. Esse possono essere applicate direttamente sui terreni tramite soluzioni radicali o come trattamenti fogliari. Nei suoli, i polisaccaridi presenti nelle alghe contribuiscono alla formazione di un gel che favorisce la ritenzione idrica e l'aerazione del suolo. I composti polianionici presenti negli estratti di alghe favoriscono la fissazione e lo scambio di cationi nel suolo, il che è interessante anche per la fissazione dei metalli pesanti e per la bonifica del terreno. Inoltre, gli estratti di alghe favoriscono l'attività della microflora del suolo, promuovendo batteri benefici per la crescita delle piante e antagonisti dei patogeni. (du Jardin, 2015)

Nelle piante, gli estratti di alghe forniscono effetti nutrizionali attraverso la fornitura di micro e macro nutrienti, agendo come fertilizzanti. Inoltre, hanno impatti positivi sulla germinazione dei semi, sull'attecchimento delle piante e sul loro ulteriore crescita e sviluppo. Gli effetti ormonali degli estratti di alghe sono considerati le cause principali dell'attività di biostimolazione sulle piante coltivate. (du Jardin, 2015)

Gli estratti di alghe sono anche noti per i loro effetti antistress e protettivi. Contengono composti con attività antiossidante che aiutano a neutralizzare i radicali liberi e regolano i geni endogeni coinvolti nella risposta allo stress nelle piante.

Complessivamente, gli estratti di alghe offrono una serie di benefici per la crescita delle piante, influenzando sia il suolo che le piante stesse. Il loro utilizzo può migliorare la fertilità del suolo, favorire l'assorbimento di

nutrienti, stimolare la crescita delle radici e proteggere le piante dagli stress ambientali.

2.2.4 Chitosano e altri biopolimeri

Il chitosano, una forma deacetilata del biopolimero chitina, si trova in diversi settori come quello alimentare, cosmetico, medicale e agroalimentare. Gli effetti fisiologici degli oligomeri del chitosano sulle piante sono dovuti alla capacità di questo composto policationico di legarsi a diversi componenti cellulari, come il DNA, i costituenti della membrana plasmatica e della parete cellulare, nonché a recettori specifici coinvolti nell'attivazione dei geni di difesa delle piante. Il chitosano agisce come stimolatore delle difese delle piante, utilizzando recettori e percorsi di segnalazione specifici. L'interazione del chitosano con le cellule vegetali può portare all'accumulo di perossido di idrogeno e alla perdita di ioni calcio all'interno delle cellule, che a loro volta causano cambiamenti fisiologici rilevanti. Questi cambiamenti sono importanti per la segnalazione delle risposte allo stress e la regolazione dello sviluppo delle piante. Studi sul proteoma dei tessuti vegetali trattati con chitosano hanno confermato queste ipotesi. (du Jardin, 2015)

Le applicazioni agricole del chitosano si sono sviluppate nel corso degli anni, principalmente per proteggere le piante dai patogeni fungini. Tuttavia, il chitosano ha anche dimostrato di aumentare la tolleranza delle piante agli stress abiotici come la siccità, la salinità e il freddo. Inoltre, può influenzare i tratti di qualità delle piante relativi ai metabolici primari e secondari.

Il chitosano può indurre la chiusura degli stomi, il che contribuisce alla protezione delle piante dagli stress ambientali. Allo stesso modo, altri polimeri e oligomeri di origine biologica vengono sempre più utilizzati in agricoltura come elicitatori delle difese delle piante. Ad esempio, i polisaccaridi di alghe menzionati in precedenza possono avere effetti simili. È importante fare una distinzione tra il biocontrollo (ad esempio, la protezione dalle malattie) e la biostimolazione (ad esempio, il miglioramento della tolleranza agli stress abiotici), ma i percorsi di segnalazione coinvolti possono essere collegati e gli stessi induttori possono avere effetti su entrambi gli aspetti.

2.2.5 Composti inorganici

Gli elementi chimici benefici promuovono la crescita delle piante e possono essere essenziali solo per determinati taxa o condizioni specifiche. I cinque principali elementi benefici sono alluminio (Al), cobalto (Co), sodio (Na), selenio (Se) e silicio (Si). Questi elementi sono presenti nei suoli e nelle piante sotto forma di diversi sali inorganici e forme insolubili. Le loro funzioni possono essere costitutive, ad esempio, il silicio può contribuire al rafforzamento delle pareti cellulari, o possono essere espresse in condizioni ambientali specifiche, ad esempio, il selenio può essere coinvolto nella difesa contro attacchi patogeni e il sodio nella risposta allo stress osmotico.

La definizione di elementi benefici non è limitata alla loro natura chimica, ma deve considerare anche i contesti specifici in cui si osservano effetti positivi sulla crescita delle piante e sulla risposta allo stress. Si presume che la bioattività di alcuni composti biostimolanti, come gli estratti di alghe o di

residui colturali o animali, coinvolga anche le funzioni fisiologiche degli elementi benefici. La letteratura scientifica riporta molti effetti positivi degli elementi benefici sulla crescita delle piante, sulla qualità dei prodotti vegetali e sulla tolleranza agli stress abiotici. (du Jardin, 2015) Questi effetti includono il rinforzo delle pareti cellulari, l'osmoregolazione, la riduzione della traspirazione, la regolazione termica tramite riflessione della radiazione, l'attività enzimatica come co-fattori.

I sali inorganici degli elementi benefici e degli elementi essenziali possono essere utilizzati come fungicidi. Anche se la modalità d'azione non è completamente chiarita, si ritiene che questi composti influenzino l'osmosi, il pH, l'omeostasi redox, la segnalazione degli ormoni e gli enzimi coinvolti nella risposta allo stress. Tuttavia, l'azione fungicida di questi composti inorganici è distinta dalla loro funzione di biostimolanti della crescita delle piante e dalla loro funzione come fonti di nutrienti.

In sintesi, gli elementi benefici inorganici svolgono ruoli importanti nella crescita delle piante, nella risposta allo stress e nella protezione contro patogeni ed erbivori. Il loro impiego come composti biostimolanti può migliorare la nutrizione e la tolleranza delle piante, mentre l'utilizzo di sali inorganici come fungicidi può contribuire al controllo delle malattie delle piante.

2.3 Cosa sono le microalghe

Generalmente, i biologi classificano le alghe in quattro categorie in base alla loro taglia e alle caratteristiche morfologiche. Questa classificazione include

unicellulari, coloniali, filamentosi, e alghe pluricellulari. Seguendo questa classificazione le alghe sono divise in due gruppi principali: macro e micro alghe.

Le macroalghe (o alghe marine) sono:

- organismi macroscopici, pluricellulari, aventi una lunghezza massima di 65 m;
- vengono raccolte dalle acque delle coste marine, quindi la materia prima oltre ad essere eterogenea, è stata esposta alle contaminazioni e presenta grandi variazioni di contenuto e qualità;
- hanno una composizione biochimica molto variabile a seconda della parte di alga utilizzata in quanto sono organismi pluricellulari, contengono solo alcuni composti ed in piccole quantità (contenuto proteico che oscilla tra il 5 e il 9%);
- possono derivare da sottoprodotti di altre industrie perché alcuni composti d'interesse possono essere utilizzati da quest'ultime, altri invece vengono degradati da processi chimico-fisici estremi per stabilizzare la materia perché contiene un'alta salinità e quindi si ottiene un prodotto finale degradato e con un basso contenuto di amminoacidi, fitormoni e altre molecole nutrizionali.

Le microalghe vengono classificate principalmente considerando la loro pigmentazione, il ciclo di vita e la struttura cellulare. Ne esistono più di 800.000 specie diverse tra di loro, di cui ne sono descritte circa 60.000. Questo alto numero di specie potrebbe fornire una vasta gamma di possibili usi. Infatti, si possono selezionare diversi ceppi con diverse composizioni biochimiche che sono in grado di crescere in ambienti diversi, ovvero sia in acqua marina che dolce, oppure anche utilizzando acque reflue consentendo così un risparmio sui costi di produzione.

Le loro numerose proprietà offrono un immenso potenziale e sono interessanti per vari settori e industrie. Attualmente sono già utilizzate in settori come agricoltura, acquacoltura, nutrizione (umana e animale) e cosmetica, e si stanno studiando le loro capacità per l'utilizzo in farmacia, per l'ottenimento di biomateriali o nel settore energetico come precursori dei biocombustibili di 4^a generazione.

Le microalghe sono precursori della vita vegetale. Sono una materia prima di qualità con un immenso potenziale applicativo:

- sono esseri unicellulari fotosintetici di piccole dimensioni (da circa 1 a 900 micron) e altamente produttive perché crescono in tutti i tipi di acque;
- sono una fonte inesauribile di composti di grande interesse (proteine, lipidi, Ω -3, vitamine, carboidrati, carotenoidi, polisaccaridi, ecc.);
- non competono con l'alimentazione umana ed altre materie prime perché non hanno bisogno di terreni fertili e sostengono l'economia circolare evitando l'emissione di 2 kg di CO₂ per ogni kg di biomassa prodotta;
- sono antiche quanto la vita sul nostro pianeta e sono all'origine di tutta la vita vegetale;
- sono responsabili di oltre il 50% dell'ossigeno che respiriamo;
- sono il primo anello della catena trofica.

2.4 Processo di produzione delle microalghe

La produzione di microalghe non altera il processo fotosintetico naturale che esse attuano da miliardi di anni ma sono state sviluppate tecnologie,

conoscenze e protocolli per ottimizzare questo fenomeno naturale, in modo che possa realizzarsi in un ambiente controllato e in un modo molto più intensivo. Per questo vengono controllate tutte le variabili del processo di coltivazione delle microalghe, specifiche per ogni specie.

2.4.1 Il laboratorio

L'origine di tutto il processo viene realizzato in laboratorio dove si generano e vengono tenuti i ceppi algali e inoculi in piccole quantità. L'obiettivo è generare giovani cellule dai ceppi conservati selezionati in funzione dell'applicazione. Si cerca di ottenere volumi di coltura di grande qualità, con densità cellulare ottimale e un volume sufficiente che permetta di avviare coltivazioni su scala industriale.

2.4.2 I sistemi di produzione

Sono due i principali sistemi di produzione di biomassa microalgale: gli stagni raceway e i fotobioreattori. Entrambi i sistemi sono utilizzati sia per scopi di laboratorio che industriali.

Gli stagni raceway sono sistemi aperti con una profondità compresa tra 10 e 50 cm. Presentano una ruota a pale per la miscelazione e la circolazione del terreno di coltura. Questo sistema permette l'evaporazione che regola la temperatura del terreno di coltura. È utilizzato per la produzione di microalghe e cianobatteri. Gli stagni aperti hanno il vantaggio di richiedere materiali meno costosi e meno energia per la miscelazione del terreno di

coltura. Tuttavia, presentano anche alcune limitazioni, come una minore efficienza nell'utilizzo dell'energia radiante, un minore trasferimento di massa gas-liquido, l'assenza di controllo della temperatura e un maggior rischio di contaminazione rispetto ai fotobioreattori.

I fotobioreattori, d'altra parte, sono sistemi chiusi che possono essere progettati in diverse dimensioni, come reattori tubolari piatti. Questi sistemi offrono una maggiore produttività grazie a una migliore efficienza della luce e a un uso più efficiente della zona coltivata. Possono essere controllati più precisamente i parametri ambientali come la temperatura e il pH. Tuttavia, richiedono materiali più costosi e un maggior consumo per il funzionamento dei dispositivi di miscelazione e per il controllo dei parametri ambientali.

Entrambi i sistemi di produzione di biomassa microalgale seguono protocolli specifici in cui vengono controllati tutti i parametri critici, come pH, temperatura, nutrienti, ossigeno disciolto e CO₂. Questo controllo mira a garantire tassi massimi di produzione e la qualità desiderata della biomassa. La biomassa microalgale prodotta può essere utilizzata per la produzione di diversi prodotti, tra cui pigmenti, mangimi per animali, acidi grassi e composti antiossidanti.

In conclusione, sia gli stagni raceway che i fotobioreattori sono sistemi utilizzati per la produzione di biomassa microalgale, ciascuno con vantaggi e limitazioni specifiche. La scelta del sistema dipende dalle esigenze specifiche dell'applicazione e dalle risorse disponibili.

2.4.3 La biomassa algale

L'ultimo passo è la raccolta della biomassa a base di microalghe generata.

La biomassa di microalghe può essere utilizzata per ottenere diversi tipi di estratti in modo economico importante nel commercio. Generalmente, durante la fase di crescita esponenziale della microalga, il massimo la resa della biomassa è raggiunta. Data l'elevata produttività delle microalghe, la raccolta può essere effettuata addirittura giornalmente, fattore che dà un vantaggio straordinario se paragonato alla produttività che si ottiene coltivando qualunque altra materia prima vegetale.

Una volta che la coltura è pronta, se ne concentra una parte, si separano le cellule delle microalghe mentre l'acqua ed i nutrienti si reimmettono nel sistema. Questa biomassa può essere recuperata dal brodo mediante microfiltrazione o centrifugazione. Uno dei processi più comuni per preservare la biomassa microalgale è la sua pastorizzazione, disidratazione a 70 °C per 14 ore e la successiva macinazione e conservazione per ulteriori utilizzi.

La biomassa risultante stabilizzata viene sottoposta a successivi processi per ottenere il prodotto finale, in funzione del settore di applicazione. I composti attivi delle microalghe sono racchiusi nelle pareti cellulari e/o legati a varie strutture. Per un elevato recupero dei composti attivi e per il loro rilascio dalle strutture cellulari, la biomassa microalgale può essere sottoposta a diversi processi:

- l'essiccazione,
- la criolavorazione (la biomassa congelata viene trattata da un mulino che viene raffreddato con azoto liquido per ottenere una sospensione micronizzata di particelle fini),
- rottura cellulare con trattamenti ad alta pressione (le biomasse sono trattate con alta pressione e successivamente sono soggette ad una

riduzione della pressione, causando la rottura delle pareti cellulari, rilasciando così il loro contenuto).

Inoltre, nelle microalghe, l'alto rapporto di pareti cellulari potrebbero richiedere un trattamento per una maggiore rottura cellulare.

Diverse tecniche di estrazione possono essere utilizzate per estrarre i composti microalgali come quelli convenzionali (estrazione liquido-liquido o solido-liquido, estrazione liquido-pressurizzato, CO₂ subcritica ed estrazione supercritica, microonde, estrazioni assistite da ultrasuoni e adozione di un omogeneizzatore a pistone ad alta pressione.

Tuttavia, i processi di produzione delle microalghe hanno mostrato un alto costo di produzione in termini di energia, tempo e risorse e i suoi usi dovrebbero superare i diversi problemi per diventare economicamente più sostenibili. Pertanto, per rendere più efficiente e conveniente la coltivazione delle microalghe, è fondamentale sviluppare strategie mirate che ottimizzino l'applicazione di nutrienti, la gestione delle condizioni ambientali e altri fattori che influenzano la crescita delle microalghe. In questo modo, sarà possibile migliorare il rapporto tra il costo di produzione e la quantità di prodotto ottenuto, rendendo le produzioni microalgali più sostenibili ed economicamente vantaggiose.

2.5 Descrizione del biostimolante “AB”

Il biostimolante “AB” è di origine vegetale, composto al 100% da microalghe. Non è un fertilizzante, ma va ad aumentare l'assorbimento e il trasporto dei nutrienti. È un prodotto complementare al fertilizzante in grado

di migliorare considerevolmente il processo nutritivo e il rendimento finale della pianta e della coltivazione.

Il prodotto contiene tutti gli L-Amminoacidi Liberi. La forma “L” degli amminoacidi è quella più funzionale, l’unica che si trova in natura e che le piante possono assorbire e utilizzare. Il biostimolante “AB” contiene fitormoni, vitamine, minerali, pigmenti, peptidi, acidi grassi polinsaturi e polisaccaridi. Questa ricca composizione lo rende il miglior alleato per massimizzare il rendimento del raccolto.

Il biostimolante “AB” si caratterizza per un assorbimento che favorisce sia lo sviluppo radicale sia quello fogliare della pianta. Aumenta la capacità fotosintetica della coltura e favorisce la rigenerazione dei tessuti danneggiati. Può fornire alla coltura una maggiore resistenza contro episodi di stress abiotico; si è inoltre osservato un aumento della fioritura e una migliore fruttificazione grazie alla sua applicazione. Tutti i componenti utilizzati per la sua produzione sono convalidati dal Regolamento (CE) N° 889/2008 in materia di produzione biologica. Il suo utilizzo è ammesso inoltre dall’ente di certificazione CAAE nell’ambito di questo sistema di produzione.

Può essere applicato sia per via fogliare che radicale.

Può essere applicato in combinazione con qualsiasi nutriente, ma viene sconsigliato il rame perché può avere un’azione fitotossica.

3 SCOPO DELLA SPERIMENTAZIONE

L’obiettivo del presente studio è quello di sviluppare un processo sotto controllo per la produzione di bietola di Lusia e lattuga Gentile biostimate dal biostimolante “AB” a base algale che metta in luce gli effetti positivi

della sua applicazione. Verranno valutati gli effetti di questo prodotto sulla crescita, lo sviluppo e la produttività delle colture.

Il biostimolante a base di microalghe potrebbe:

- determinare risultati nel miglioramento di resa e qualità delle produzioni ortofrutticole;
- favorire crescita e sviluppo e promuove lo sviluppo radicale, notando una maggiore vigoria delle foglie.

La sperimentazione è stata strutturata in modo da confrontare il gruppo di piante trattate con il biostimolante a base di microalghe con un gruppo di controllo non trattato. Vengono misurati e confrontati diversi parametri come altezza delle piante, peso fresco o secco, numero di foglie e resa del raccolto.

Attraverso dati scientifici e prove concrete sull'efficacia del biostimolante a base di microalghe nell'ottimizzazione delle colture selezionate si può valutare se l'applicazione del biostimolante naturale “AB” a base di microalghe produce effetti positivi sulle colture target, come un aumento della crescita vegetativa o una maggiore produttività, fornendo così una base per le decisioni pratiche riguardanti l'uso di questo prodotto in agricoltura.

4 MATERIALI E METODI

4.1 Descrizione della bietola di Lusìa e della lattuga Gentile

4.1.1 Origine e importanza economica della bietola di Lusìa

La bietola è di origine europea e nord-africana, caratterizzata da grande variabilità che rende difficoltosa l'attribuzione di una stabile posizione sistematica. Negli ultimi anni l'areale di coltivazione degli ortaggi da foglia da taglio, cosiddetti "baby leaf", si sta estendendo, con sempre maggiore interesse, in diversi Paesi del mediterraneo a causa della crescente domanda di prodotti ad opera delle industrie di IV gamma.

4.1.2 Botanica, biologia e fisiologia della bietola di Lusìa

La bietola appartiene alla famiglia delle Chenopodiaceae (*Beta vulgaris* L. var. *cycla* L.).

Di norma, al primo anno di crescita, forma una rosetta di 10-12 foglie provvista di radice fittonante e al secondo differenzia e accresce lo stelo florale. Le foglie della rosetta, si originano lungo una stretta spirale, nella quale le più vecchie sono le più esterne hanno un picciolo verde, sottile e lungo. Possono variare in modo notevole nei confronti della forma anche all'interno della stessa cultivar e sono, in generale, triangolari, oblunghe od ovale-allungate con lembo liscio o bolloso. La lamina fogliare, inoltre, in alcune tipologie, può subire variazioni di colore dal verde chiaro allo scuro fino al rosso viola, dovute sia alla temperatura che alla fertilità del terreno. La radice fittonante è carnosa, cilindrica. I fiori, poco visibili, sono ermafroditi, piccoli, sessili, normalmente raggruppati in infiorescenze che ne comprendono da 1 a 6, hanno origine all'ascella di piccole foglie molto allungate considerate come brattee o direttamente sulle ramificazioni dello

stelo florale. L'autofecondazione non avviene poiché impedita da dicogamia proterandrica (polline di colore giallo intenso disponibile ma stigma non recettivo). Di conseguenza la fecondazione è prevalentemente incrociata e la specie si comporta come tipica allogama. Avvenuta la fecondazione si ottengono delle infruttescenze a forma di glomeruli, comunemente e in modo non corretto commercializzate come semi. Questi sono rotondeggianti, rugosi, grinzosi, di colore bruno, contengono da 1 a 6 frutti saldati assieme, ciascuno dei quali racchiude un seme dentro un involucro legnoso, suberoso, molto consistente, costituito dai tessuti del ricettacolo e del perianzio dei fiori. I glomeruli sono costituiti da un solo frutto e hanno forma appiattita con corona a forma di stella. Il vero seme contenuto nel glomerulo è molto piccolo, reniforme, bruno e brillante. La temperatura ottimale di germinazione è di 25 °C.

4.1.3 Esigenze e adattamento ambientale della bietola di Lusìa

La bietola di Lusìa (Figura 3) si adatta a tutti i tipi di terreno, anche se preferisce quelli profondi, ben drenati e dotati di sostanza organica, con pH compreso tra 6 e 7; tollera bene elevati gradi di salinità. Sono da evitare terreni troppo alcalini o asfittici che possono portare alla perdita del raccolto o ad una produzione qualitativamente scarsa (foglie ingiallite). La bietola è una coltura tollerante alla salinità del terreno.

Tabella 1, esigenze termiche della bietola di Lusìa.

Minima letale	°C
Minima biologica	°C
Ottimale di crescita	Notturna 16-18°C

	Diurna 22-24°C
Massima biologica	Notturna °C Diurna °C
Massima letale	<30°C
Ottimale del suolo	10-16°C
Umidità relativa	60%

Possiamo distinguere due categorie di bietola: quella brevidiurna e quella longidiurna. Quest'ultima richiede un periodo di vernalizzazione per la differenziazione a fiore e successiva salita a seme. L'esposizione dei semi al freddo, nella fase di maturazione, sembra ridurre la successiva esigenza di vernalizzazione, ma può provocare un'elevata frequenza di prefioritura. le esigenze della bietola sono riportate nella tabella 1.

È una pianta erbacea a ciclo biennale. La semina e il trapianto possono essere fatti da febbraio a ottobre con una distanza sulla fila di 15-20 cm e tra le file 30-40 cm (si può seminare anche a spaglio). Mentre la raccolta avviene circa 70 giorni dalla semina, a seconda del periodo di coltivazione.



Figura 3, bietola di Lusìa.

4.1.4 Origine e importanza economica della lattuga Gentile

Il centro di origine primario della lattuga sembra il Medio-oriente già nelle antiche popolazioni egiziane, greche e romane. La grande variabilità intraspecifica, a seconda delle teorie evolutive, è dovuta a mutazioni naturali. La superficie e la produzione globale, risultano di difficile determinazione; alcune indagini hanno stimato, una produzione di oltre 5 milioni di tonnellate, prevalentemente concentrata, per il pieno campo, negli USA (1,84 milioni di tonnellate in 83 mila ettari di superficie), in Cina e in India; le nazioni leader della coltivazione protetta di lattuga, sono l'Olanda e il Belgio. L'Italia, secondo produttore di lattuga in Europa, raccoglie, in pieno campo, 379.377 tonnellate, su una superficie di 16.900 ettari, prevalentemente in Puglia, Campania e Lazio; in serra, sono stati destinati alla lattuga, 3.984 ettari (di cui il 49% in Campania), da cui vengono prodotte 135.988 tonnellate (ISTAT 2011).

4.1.5 Botanica, biologia e fisiologia della lattuga Gentile

Appartenente alla famiglia delle Asteraceae, conosciuta in cinque varietà botaniche:

- var. *capitata* (L.) Janchen: lattuga a cappuccio a foglia liscia;
- var. *crispa* (L.): lattuga a cappuccio a foglia riccia;
- var. *longifolia* (Lam.) Janchen: lattuga romana;
- var. *acephala* Dill.: lattuga da taglio, lattughino, lattuga da cogliere;
- var. *augustana* All.: lattuga asparago o da stelo;
- var. *batavie*: incrocio tra lattuga cappuccio, romana e da taglio, utilizzate sia da taglio che da cespo.

Nell'ambito di ciascuna sottospecie le singole varietà sono classificate anche in base alla stagione di coltivazione in: primaverili, estivo-autunnali e invernali. È pianta erbacea, annuale (da cespo) o biennale (da seme), con: radice fittonante (profondità 30-40 cm); fusto corto (massimo 5 centimetri) e carnoso; foglie inserite nel fusto (inizialmente disposte a rosetta e successivamente a grumolo) in numero, forma, dimensione e colore variabile a seconda delle varietà e delle cultivar; lo stelo, ramificato, ha altezza variabile da 50 a 150 cm. La formazione del grumolo, nelle lattughe, inizia quando le foglie della rosetta cominciano ad accrescersi, in direzione verticale. Man mano che nuove foglie si formano, al centro della rosetta, il loro margine viene temporaneamente racchiuso dalle foglie erette, più vecchie; alla fine anch'esse si dispiegano, diventano erette, si curvano per dare origine alle foglie involucri. Le nuove foglie centrali, rimangono sempre più intrappolate, fino a racchiudersi nel centro, per formare il grumolo maturo e compatto; le lattughe da taglio o da cogliere, rimangono allo stato di rosetta. La lattuga forma oltre la metà del suo peso, durante le tre settimane che precedono la raccolta. Una parte delle radici, comincia a morire circa 15 giorni prima della raccolta, mentre nello stesso periodo, solo il 9% dell'apparato radicale viene formato; questo fenomeno può comportare una minore capacità di assorbimento degli elementi nutritivi, in quanto, ad una maggiore richiesta da parte della pianta, spesso non corrisponde un adeguato accrescimento dell'apparato radicale.

4.1.6 Esigenze e adattamento ambientale della lattuga Gentile

La lattuga Gentile (Figura 4) si adatta bene a diversi tipi di terreno, ma predilige quelli sciolti, ben drenati, ricchi di sostanza organica ed elementi

nutritivi assimilabili. Non sono adatti terreni acidi o salini. Le basse esigenze termiche (microterma), conferiscono alla lattuga adattabilità alla coltivazione invernale in apprestamenti freddi (Tabella 2).

Tabella 2, esigenze termiche della lattuga Gentile.

Minima letale	-2°C
Minima biologica	4-6°C
Ottimale di crescita	Notturna 10-12°C Diurna 16-20°C
Massima biologica	Notturna 16°C Diurna 25°C
Massima letale	>30°C
Ottimale del suolo	10-15°C
Umidità relativa	60-80%

Per quanto riguarda la luce, possiamo dividere le lattughe in due gruppi principali, in base al fotoperiodo: longidiurne (necessitano di almeno 15 ore di luce per fiorire; varietà invernali con formazione rapida del grumolo) e neutrodiurne (indifferenti alle ore di luce, vengono coltivate in tutti i periodi dell'anno). Il ciclo colturale varia, a seconda della cultivar e del metodo di impianto:

- Coltura estiva 30-35 giorni
- Trapianti a settembre/ottobre o febbraio/marzo 50-60 giorni
- Trapianti a fine autunno 60-90 giorni.



Figura 4, lattuga Gentile da trapiantare (a sinistra) e sei giorni dopo il trapianto (a destra).

4.2 Tecniche di coltivazione

La sperimentazione in campo è avvenuta nella cooperativa Ca' Magre situata a Isola Della Scala (VR). Questa cooperativa si occupa di agricoltura biologica dagli inizi del 1990 e le principali attività che svolge sono: vendita diretta, gestione di un agriturismo e di una fattoria didattica.

Mentre le analisi dei campioni sono state eseguite nel laboratorio del campus di Agripolis dell'università degli studi di Padova.

Sia per la bietola di Lusia che per la lattuga Gentile si parte da un terreno incolto, le lavorazioni effettuate negli appezzamenti iniziano con la rottura delle zolle del terreno con l'uso di un frangizolle per tre volte in modo da interrare tutti i residui colturali rimasti dalla coltivazione precedente. Successivamente si attua una ripuntatura a 60 cm di profondità; dopo aver rimpinguato la scorta di sostanza organica del terreno con circa 200 quintali di compost organico, si procede con una erpicatura superficiale mediante un erpice rotante.

Entrambe le colture sono state trapiantate (la bietola di Lusìa il 26/04/2023 con sesto d'impianto 30 x 75 cm, la lattuga Gentile il 19/04/2023 con sesto d'impianto 30 x 45 cm) con l'uso di una trapiantatrice (Figura 7). Durante il ciclo sono state effettuate delle sarchiature per l'eliminazione meccanica delle infestanti e delle irrigazioni per compensare le carenze idriche. In Figura 5 e 6 sono riportati gli andamenti di temperatura e pluviometrici del periodo. Il metodo irriguo maggiormente usato è quello per aspersione. Non sono stati necessari trattamenti per prevenire o curare qualsiasi problematica biotica o abiotica.

Figura 5, dati riguardanti la temperatura e le precipitazioni nel mese di Aprile 2023.

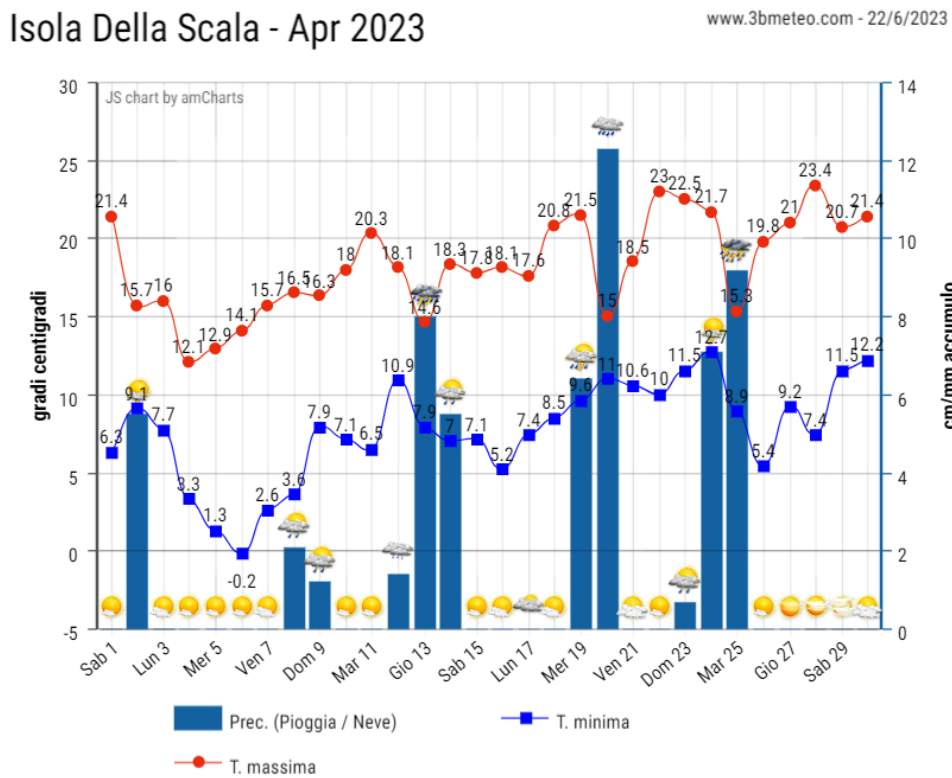
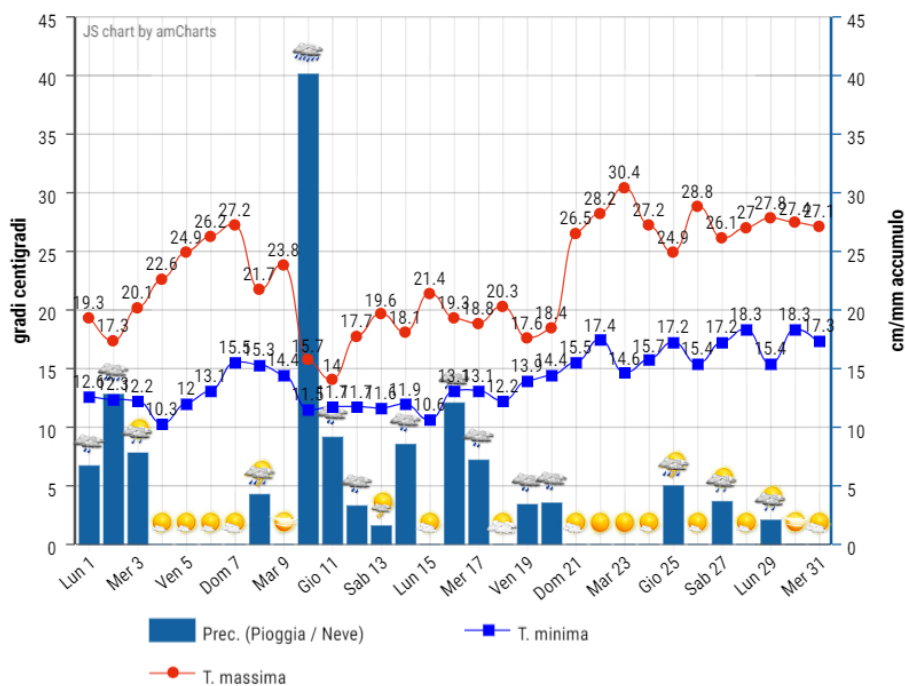


Figura 6, dati riguardanti la temperatura e le precipitazioni nel mese di Maggio 2023.



La raccolta della bietola di Lusìa e della lattuga Gentile viene effettuata quando le piante hanno raggiunto uno sviluppo in peso e un aspetto commercialmente accettabile, in funzione della cultivar; viene eseguita manualmente. Solitamente viene effettuata al mattino presto, evitando le ore più calde, in modo da prolungare la conservazione. Della bietola viene raccolto tutto il cespo, quindi la pianta intera e non solo le coste.



Figura 7, bietola di Lusia (a sinistra) e lattuga Gentile (a destra).

4.3 Sperimentazione con blocco randomizzato

Il blocco randomizzato consiste nel suddividere l'area sperimentale in blocchi, in modo che questi ultimi abbiano la massima omogeneità al loro interno e siano il più possibile differenziati tra loro; vengono disposti casualmente i livelli del trattamento, per consentire che ad ogni blocco sia rappresentato uno e un solo livello (si parla perciò di randomizzazione ristretta). È lo schema più usuale nelle prove sperimentali agronomiche. Richiede esperimenti bilanciati e offre la possibilità di controllare, almeno in parte, gli effetti dell'eterogeneità del terreno, migliorando la potenza dell'esperimento grazie all'eliminazione delle variabilità tra i blocchi dall'errore sperimentale.

Nella seguente Tabella 3 viene raffigurato il sistema del blocco randomizzato utilizzato sia in bietola di Lusia sia in lattuga Gentile per la sperimentazione. Le particelle sono state scelte in modo casuale: due particelle trattate disposte

in modo parallelo tra di loro e in file adiacenti, così come le particelle non trattate. Ogni particella era composta da 10 piante.

Tabella 3, illustrazione del blocco randomizzato utilizzato per la sperimentazione.

PARTICELLE TRATTATE

PARTICELLA A	PARTICELLA B
PIANTA 1	PIANTA 1
PIANTA 2	PIANTA 2
PIANTA 3	PIANTA 3
PIANTA 4	PIANTA 4
PIANTA 5	PIANTA 5
PIANTA 6	PIANTA 6
PIANTA 7	PIANTA 7
PIANTA 8	PIANTA 8
PIANTA 9	PIANTA 9
PIANTA 10	PIANTA 10

PARTICELLE NON TRATTATE

PARTICELLA C	PARTICELLA D
PIANTA 1	PIANTA 1
PIANTA 2	PIANTA 2
PIANTA 3	PIANTA 3

PIANTA 4	PIANTA 4
PIANTA 5	PIANTA 5
PIANTA 6	PIANTA 6
PIANTA 7	PIANTA 7
PIANTA 8	PIANTA 8
PIANTA 9	PIANTA 9
PIANTA 10	PIANTA 10

Sono state prelevate due piante per ogni particella che sono state inserite all'interno di sacchetti in plastica biodegradabili e riposti all'interno di borse frigo per mantenere una temperatura stabile non troppo alta. Questi campioni sono stati portati nel laboratorio dell'università di Padova nelle successive ore per effettuare le misurazioni del peso fresco della parte epigea di entrambe le culture che è stato poi fatto essiccare in stoffa.

Il tenore di sostanza secca ben espressa come percentuale del peso del campione esaminato. Esso viene determinato con una stufa termoregolata, una bilancia analitica di precisione e un foglio di alluminio atto a contenere il campione da analizzare.

Essiccazione del campione è avvenuta ad una temperatura di 80° per quarantott'ore. Al termine dell'essiccazione quanto resta nel foglio di alluminio è stato nuovamente pesato il tasso di sostanza secca può essere ricavato con la seguente formula:

- $\text{sostanza secca (\%)} = x \cdot 100$

P' = Peso in grammi del campione dopo la disidratazione.

P = Peso in grammi del campione prima della disidratazione.

L'umidità del campione è la percentuale di acqua in esso contenuta. Essa viene calcolata per differenza sottraendo a 100 il tenore in sostanza secca determinato con la metodologia sopra indicata.

4.4 Modalità di applicazione del biostimolante “AB”

Il biostimolante “AB” è stato distribuito tramite l'uso di una pompa a spalla a pressione per l'irrorazione vegetale. La dose utilizzata nelle particelle trattate è stata di 17,5 ml in 5 L di acqua. Il piano di applicazione ha previsto una ripetizione dell'intervento ogni 15 giorni circa. Il primo trattamento su bietola di Lusìa è avvenuto il 26 Aprile 2023 alle 12:17 e su lattuga gentile alle 13:23.

Il secondo trattamento in data 17 Maggio su bietola di Lusìa alle 10:53, mentre su lattuga Gentile alle 12:02.

La bietola di Lusìa è stata raccolta il 29 Maggio e la lattuga Gentile il 03 Giugno.

Il campionamento il primo di bietola di Lusìa e di lattuga Gentile è stato eseguito il 26 Aprile, contestualmente al prelievo di campioni di suolo per le analisi. Il secondo campionamento per entrambe le colture è stato effettuato il 17 Maggio e il terzo solo per la bietola di Lusìa il 24 Maggio.

Sulle piante sono state effettuate le seguenti analisi: misurazione dell'altezza, conteggio del numero di foglie, peso fresco e peso secco. Mentre nel suolo è stato esaminato il contenuto di: azoto totale, carbonio totale, calcio, potassio, magnesio, sodio e fosforo.

5 RISULTATI

5.1 Raccolta dei campioni e dei dati per le analisi

Prima di ogni trattamento, dopo aver definito le parcelle, sono state effettuate delle rilevazioni in campo e sono stati raccolti dei campioni.

Ogni pianta, di ognuna delle parcelle destinate a trattamento e a testimone, è stata misurata l'altezza della parte epigea con l'aiuto di un metro; sono state individuate il numero di foglie appartenenti e nel primo campionamento anche le analisi del terreno. Nelle tabelle 4 e 5 sono stati riportati i dati dell'altezza e del numero di foglie per ogni pianta di bietola di Lusìa e lattuga Gentile del primo campionamento delle particelle trattate, mentre nelle tabelle 6 e 7 quelle non trattate.

Rilevazioni in data 26 Aprile prima del primo trattamento su bietola di Lusìa:

Tabella 4, dati del primo campionamento di bietola di Lusìa delle parcelle destinate al trattamento.

PARTICELLA	N. PIANTA	N. FOGLIE	ALTEZZA (cm)	PARTICELLA	N. PIANTA	N. FOGLIE	ALTEZZA (cm)
A TRATTATA	1	7	21	B TRATTATA	1	10	20
	2	7	19		2	8	19
	3	7	17		3	8	14
	4	8	17.5		4	10	15.5
	5	6	15		5	9	12
	6	5	19.5		6	10	16.5
	7	6	16		7	10	16
	8	7	16		8	9	17
	9	7	15.5		9	9	15
	10	7	16		10	9	15

Tabella 5, dati del primo campionamento di bietola di Lusìa delle parcelle testimone.

PARTICELLA	N. PIANTA	N. FOGLIE	ALTEZZA (cm)	PARTICELLA	N. PIANTA	N. FOGLIE	ALTEZZA (cm)
C NON TRATTATA	1	5	16	D NON TRATTATA	1	8	16
	2	6	17.5		2	6	15

	3	7	16		3	8	15
	4	7	17		4	7	13
	5	8	15		5	8	18
	6	8	15		6	8	15.5
	7	8	16.5		7	6	13
	8	7	18.5		8	8	18
	9	5	17		9	8	15.5
	10	8	14.5		10	8	20

Rilevazioni in data 26 Aprile prima del primo trattamento su lattuga Gentile:

Tabella 6, dati del primo campionamento di lattuga Gentile delle particelle destinate al trattamento.

PARTICELLA	N. PIANTA	N. FOGLIE	ALTEZZA (cm)	PARTICELLA	N. PIANTA	N. FOGLIE	ALTEZZA (cm)
A TRATTATA	1	6	4	B TRATTATA	1	7	3
	2	7	5		2	7	5
	3	6	3		3	7	4
	4	7	4		4	6	3
	5	6	4		5	7	5
	6	8	6		6	6	5
	7	7	5		7	6	4
	8	7	5		8	7	3
	9	6	5		9	7	6
	10	7	4		10	7	4

Tabella 7, dati del primo campionamento di lattuga Gentile delle particelle testimone.

PARTICELLA	N. PIANTA	N. FOGLIE	ALTEZZA (cm)	PARTICELLA	N. PIANTA	N. FOGLIE	ALTEZZA (cm)
C NON TRATTATA	1	7	3	D NON TRATTATA	1	5	4
	2	6	4		2	6	4

	3	8	4		3	7	4
	4	6	5		4	5	5
	5	6	4		5	6	3
	6	6	3		6	6	5
	7	7	3		7	7	5
	8	6	5		8	7	4
	9	5	5		9	6	5
	10	7	4		10	6	3

Il 02/05/2023 è stato misurato il peso secco di bietola di Lusìa e di lattuga Gentile (Figura 7). Nella Tabella 8 sono riportati i dati del peso fresco e secco epigeo, della percentuale del peso secco sul fresco (sostanza secca) e del peso secco ipogeo della bietola di Lusìa (Figura 8), invece nella tabella 9 i dati si riferiscono alla lattuga Gentile.

Tabella 8, dati del peso epigeo e ipogeo prima del primo trattamento su bietola di Lusìa.

	N. PIANTA	PESO FRESCO PARTE EPIGEA (gr)	PESO SECCO PARTE EPIGEA (gr)	SOSTANZA SECCA (%)	PESO SECCO PARTE IPOGEA (gr)
PARTICELLA A	4	26.537	2.677	10.087	0.190
	8	24.111	3.453	14.321	0.231
PARTICELLA B	2	55.800	5.705	10.224	0.338
	6	68.312	6.713	9.826	0.301
PARTICELLA C	9	53.432	6.119	11.451	0.335
PARTICELLA D	6	41.556	4.258	10.246	0.280
	3	42.256	4.341	10.273	0.396

Tabella 9, media del peso epigeo e ipogeo prima del primo trattamento su bietola di Lusìa.

	MEDIA PESO FRESCO PARTE EPIGEA (gr)	MEDIA PESO SECCO PARTE EPIGEA (gr)	MEDIA SOSTANZA SECCA (%)	MEDIA PESO SECCO PARTE IPOGEA (gr)
PARTICELLA A	25.324	3.065	12.204	0.210
PARTICELLA B	62.056	6.209	10.025	0.319
PARTICELLA C	53.432	6.119	11.451	0.335
PARTICELLA D	41.906	4.299	10.259	0.338

Tabella 10, dati del peso epigeo e ipogeo prima del primo trattamento su lattuga Gentile.

	N. PIANTA	PESO FRESCO PARTE EPIGEA (gr)	PESO SECCO PARTE EPIGEA (gr)	SOSTANZA SECCA (%)	PESO SECCO PARTE IPOGEA (gr)
PARTICELLA A	5	2.747	0.371	13.505	0.015
	7	2.680	0.398	14.851	0.017
PARTICELLA B	10	2.668	0.358	13.418	0.016
	2	2.848	0.392	13.764	0.016
PARTICELLA C	8	2.232	0.315	14.112	0.008
	3	3.291	0.445	13.521	0.021
PARTICELLA D	4	1.914	0.266	13.897	0.014
	5	2.168	0.298	13.745	0.016



Figura 7, pesatura della parte ipogea della bietola di Lusìa.

Tabella 11, media del peso epigeo e ipogeo prima del primo trattamento su lattuga Gentile.

	MEDIA PESO FRESCO PARTE EPIGEA (gr)	MEDIA PESO SECCO PARTE EPIGEA (gr)	MEDIA SOSTANZA SECCA (%)	MEDIA PESO SECCO PARTE IPOGEA (gr)
PARTICELLA A	2.713	0.384	14.178	0.016
PARTICELLA B	2.758	0.375	13.591	0.016
PARTICELLA C	2.761	0.380	13.817	0.014
PARTICELLA D	2.041	0.282	13.821	0.015

La deviazione standard e la media sulla sostanza secca del primo campionamento è:

Tabella 12, deviazione standard e media sulla percentuale di sostanza secca di bietola di Lusìa e di lattuga Gentile del primo campionamento.

	PARTICELLE TRATTATE DI	PARTICELLE NON TRATTATE DI BIETOLA DI LUSIA	PARTICELLE TRATTATE DI	PARTICELLE NON TRATTATE DI

	BIETOLA LUSIA	DI	LATTUGA GENTILE	LATTUGA GENTILE
DEVIAZIONE STANDARD	1,856786	0,561787	0,572338	0,215762
MEDIA	11.114	10.855	13.819	13.884

Nella Tabella 12 sono indicate la deviazione standard e la media sulla sostanza secca della bietola di Lusia e della lattuga Gentile del primo campionamento.

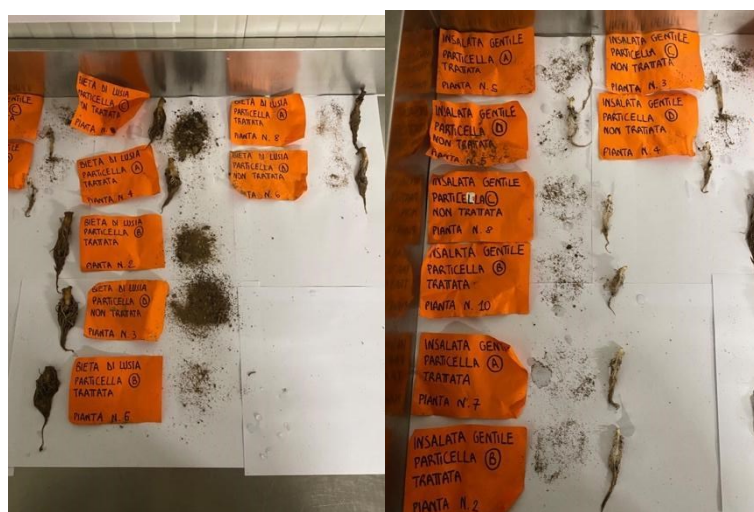


Figura 8, parte epigea di bietola di Lusia (a sinistra) e della lattuga Gentile (a destra).

Le grandi quantità di pioggia cadute durante la seconda settimana di maggio 2023 hanno creato gravi disagi allo sviluppo della coltura.

A causa delle condizioni meteorologiche avverse, il secondo trattamento non è avvenuto allo scadere dei 15 giorni dal primo intervento come previsto dal piano di applicazione, ma dopo 21 giorni quindi il 17/05/2023.

Rilevazioni in data 17 Maggio prima del secondo trattamento su bietola di Lusìa:

Tabella 13, dati del secondo campionamento di bietola di Lusìa delle parcelle destinate al trattamento.

PARTICELLA	N. PIANTA	N. FOGLIE	ALTEZZA (cm)	PARTICELLA	N. PIANTA	N. FOGLIE	ALTEZZA (cm)
A TRATTATA	1	14	42	B TRATTATA	1	19	46
	2	14	40		2	-	-
	3	17	37		3	14	32
	4	-	-		4	20	35
	5	13	37.5		5	15	31
	6	17	36		6	-	-
	7	25	37		7	17	28
	8	-	-		8	14	35
	9	16	38		9	16	32.5
	10	17	39		10	12	27

Tabella 14, dati del secondo campionamento di bietola di Lusìa delle parcelle testimone.

PARTICELLA	N. PIANTA	N. FOGLIE	ALTEZZA (cm)	PARTICELLA	N. PIANTA	N. FOGLIE	ALTEZZA (cm)
C NON TRATTATA	1	-	-	D NON TRATTATA	1	12	38
	2	15	38		2	17	39
	3	19	40		3	-	-
	4	11	45		4	16	30
	5	10	33		5	14	40
	6	10	46		6	-	-
	7	13	38.5		7	11	37
	8	11	46		8	12	41
	9	-	-		9	16	36
	10	16	36		10	20	48

Rilevazioni in data 17 Maggio prima del secondo trattamento su lattuga Gentile:

Tabella 15, dati del secondo campionamento di lattuga Gentile delle particelle destinate al trattamento.

PARTICELLA	N. PIANTA	N. FOGLIE	ALTEZZA (cm)	PARTICELLA	N. PIANTA	N. FOGLIE	ALTEZZA (cm)
A TRATTATA	1	28	14.5	B TRATTATA	1	25	15
	2	25	14.5		2	-	-
	3	25	16		3	25	14
	4	26	17		4	26	15
	5	-	-		5	28	15.5
	6	23	14.5		6	27	13.5
	7	-	-		7	27	13.5
	8	24	15		8	30	14
	9	23	15		9	25	13
	10	23	18		10	-	-

Tabella 16, dati del secondo campionamento di lattuga Gentile delle particelle testimone.

PARTICELLA	N. PIANTA	N. FOGLIE	ALTEZZA (cm)	PARTICELLA	N. PIANTA	N. FOGLIE	ALTEZZA (cm)
C NON TRATTATA	1	24	16	D NON TRATTATA	1	22	14
	2	28	14		2	20	14
	3	-	-		3	22	15
	4	17	13		4	-	-
	5	20	14		5	-	-
	6	22	15		6	26	14
	7	23	14.5		7	21	16
	8	-	-		8	24	14.5
	9	23	14.5		9	23	14
	10	25	15.5		10	22	14.5

Nello stesso giorno è stata pesata e messa ad essiccare in stufa la parte epigea della lattuga Gentile (Figura 9), mentre quella della bietola di Lusìa solo pesata.

Invece nella giornata del 22/05/2023 è stata messa ad essiccare la bietola di Lusìa e inoltre è stata pesata la parte ipogea (Tabella 10) di entrambe le colture raccolte nel primo campionamento perché è stato necessario effettuare due interventi a distanza di giorni per lavare le fragili radici delle piante da poco trapiantate.

Il 29/05/2023 sono stati rilevati i pesi secchi degli apparati radicali (Tabella 17 e 19) di bietola di Lusìa e di lattuga Gentile (Figura 10).

Tabella 17, dati del peso epigeo e ipogeo prima del secondo trattamento su bietola di Lusìa.

	N. PIANTA	PESO FRESCO PARTE EPIGEA (gr)	PESO SECCO PARTE EPIGEA (gr)	SOSTANZA SECCA (%)	PESO SECCO PARTE IPOGEA (gr)
PARTICELLA A	2	969.38	55.915	5.77	8.954
	6	875.3	61.64	7.04	7.006
PARTICELLA B	4	889.78	71.438	8.03	11.096
	9	905.44	74.011	8.17	6.432
PARTICELLA C	3	846.93	57.698	6.81	10.815
	7	716.68	45.794	6.39	8.578
PARTICELLA D	5	1069.21	97.935	9.16	7.062
	10	906.74	61.611	6.79	8.976

Tabella 18, media del peso epigeo e ipogeo prima del secondo trattamento su bietola di Lusìa.

	MEDIA PESO FRESCO PARTE EPIGEA (gr)	MEDIA PESO SECCO PARTE EPIGEA (gr)	MEDIA SOSTANZA SECCA (%)	MEDIA PESO SECCO PARTE IPOGEA (gr)
PARTICELLA A	922.34	58.77	6.41	7.98
PARTICELLA B	897.61	72.72	8.10	8.76

PARTICELLA C	781.81	51.75	6.60	9.69
PARTICELLA D	987.97	79.77	7.97	8.02

Nella Tabella 18 vengono riportati i dati medi di peso fresco e secco epigeo, della percentuale di sostanza secca e del peso secco ipogeo di ogni particella di bietola di Lusìa. Non si riscontrano delle differenze tra le particelle trattate e quelle non trattate, quindi la prima l'applicazione del biostimolante "AB" non ha portato ad un aumento della rese nelle particelle interessate dal trattamento.

Tabella 19, dati del peso epigeo e ipogeo prima del secondo trattamento su lattuga Gentile.

	N. PIANTA	PESO FRESCO PARTE EPIGEA (gr)	PESO SECCO PARTE EPIGEA (gr)	SOSTANZA SECCA (%)	PESO SECCO PARTE IPOGEA (gr)
PARTICELLA A	1	139.53	15.987	11.45	0.494
	9	158.73	17.804	11.21	0.551
PARTICELLA B	3	156.64	24.208	15.45	0.429
	6	101.13	12.745	12.60	0.353
PARTICELLA C	4	63.286	6.875	10.86	0.352
	7	122.17	13.751	11.25	0.558
PARTICELLA D	2	135.07	16.710	12.37	0.404
	8	131.01	17.480	13.34	0.405

Tabella 20, media del peso epigeo e ipogeo prima del secondo trattamento su lattuga Gentile.

	MEDIA PESO FRESCO PARTE EPIGEA (gr)	MEDIA PESO SECCO PARTE EPIGEA (gr)	MEDIA SOSTANZA SECCA (%)	MEDIA PESO SECCO PARTE IPOGEA (gr)
PARTICELLA A	149.13	16.895	11.33	0.522

PARTICELLA B	128.88	18.476	14.02	0.421
PARTICELLA C	92.73	10.313	11.05	0.455
PARTICELLA D	133.04	17.095	12.85	0.404

Per quanto riguarda la resa del prodotto le Tabelle 19 e 20 mostrano che le piante di lattuga Gentile delle particelle trattate hanno un peso superiore rispetto a quelle non trattate e se consideriamo la percentuale di sostanza secca, quindi l'incremento di biomassa, si nota un incremento cospicuo. Ciò indica che il biostimolante "AB" ha determinato un maggiore accumulo di metaboliti e/o una riduzione di acqua, fattore che permette anche una migliore conservazione del prodotto una volta raccolto.



Figura 9, peso secco della parte epigea della lattuga Gentile.



Figura 10, parte ipogea della bietola di Lusìa e della lattuga gentile.

Tabella 21, deviazione standard e la media sulla percentuale di sostanza secca di bietola di Lusìa e di lattuga Gentile del secondo campionamento.

	PARTICELLE TRATTATE DI BIETOLA LUSIA	PARTICELLE NON TRATTATE DI BIETOLA LUSIA	PARTICELLE TRATTATE DI LATTUGA GENTILE	PARTICELLE NON TRATTATE DI LATTUGA GENTILE
DEVIAZIONE STANDARD	0,960374	1,093992	1,8684716	1.158285
MEDIA	8.37	8.85	12.675	11.95

Nella Tabella 21 sono riportate la deviazione standard e la media della bietola di Lusìa e della lattuga Gentile del secondo campionamento. Per quanto riguarda la bietola di Lusìa si può notare che le piante non trattate non siano omogenee, perché la deviazione standard indica un alto indice di distacco tra la media dei campioni e i valori dei campioni stessi. Mentre le particelle trattate hanno un contenuto di biomassa più vicino alla media. Nella lattuga Gentile, invece, si osserva il risultato opposto. le particelle trattate hanno un valore di discrepanza dalla media del contenuto di biomassa molto più significativo rispetto alle particelle non trattate.

La deviazione standard sulla percentuale di sostanza secca indica, però, un valore più grande nelle particella A e B (Tabella 21 - 1.8684716) rispetto alle particelle C e D (Tabella 21 - 1.158285), quindi le piante di lattuga Gentile sono meno omogenee e hanno valori più discordanti tra di essi.

Nella giornata del 24/05/2023 è stato eseguito il nuovo campionamento (Tabella 18 e 19) subito a ridosso della fase di raccolta della stessa (Figura 11).



Figura 11, bietola di Lusia trattata (in alto) e non trattata (in basso).

Rilevazioni adiacenti alla raccolta di bietola di Lusia:

Tabella 22, dati del terzo campionamento in pre-raccolta di bietola di Lusia delle parcelle trattate.

PARTICELLA	N. PIANTA	N. FOGLIE	ALTEZZA (cm)	PARTICELLA	N. PIANTA	N. FOGLIE	ALTEZZA (cm)
A TRATTATA	1	20	47	B TRATTATA	1	22	48
	2	-	-		2	-	-
	3	19	41		3	18	33
	4	-	-		4	-	-
	5	18	44		5	17	31
	6	-	-		6	-	-
	7	30	43.5		7	19	33
	8	-	-		8	20	37
	9	18	38		9	-	-
	10	18	43		10	16	31

Tabella 23, dati del terzo campionamento in pre-raccolta di bietola di Lusìa delle parcelle testimone.

PARTICELLA	N. PIANTA	N. FOGLIE	ALTEZZA (cm)	PARTICELLA	N. PIANTA	N. FOGLIE	ALTEZZA (cm)
C NON TRATTATA	1	-	-	D NON TRATTATA	1	14	40
	2	17	42		2	22	39
	3	-	-		3	-	-
	4	17	48		4	16	32
	5	14	38		5	-	-
	6	16	46		6	-	-
	7	-	-		7	14	38
	8	15	47		8	19	41
	9	-	-		9	20	38
	10	18	39		10	-	-

Nello stesso giorno sono state prelevate le piante di bietola di Lusìa per il peso fresco che sono state messe in stufa per l'essiccazione assieme alle radici di bietola di Lusìa e di lattuga gentile del secondo campionamento perché sono state precedentemente pulite in modo accurato per togliere il terreno di cui erano ricoperte.

Il 29/05/2023 sono state messe ad essiccare la parte epigea della bietola di Lusìa ed è stata pesata la parte ipogea del penultimo campionamento (Tabella 17 e 19).

L'01/06/2023 è stata pesata la parte epigea del terzo campionamento, mentre la parte ipogea è stata essiccata il 06/06/2023 e analizzata l'08/06/2023 (Tabella 24).

Tabella 24, dati del peso epigeo e ipogeo del campionamento in pre-raccolta della bietola di Lusìa.

	N. PIANTA	PESO FRESCO PARTE EPIGEA (gr)	PESO SECCO PARTE EPIGEA (gr)	SOSTANZA SECCA (%)	PESO SECCO PARTE IPOGEA (gr)
PARTICELLA A	9	1195.3	75.03	5.55	8.69
	5	1053.2	66.35	6.29	6.85
PARTICELLA B	1	1568.8	99.86	6.36	14.84
	7	1239.4	82.20	6.63	10.83
PARTICELLA C	4	1192.4	53.46	4.48	7.78
	6	1533.4	57.01	3.71	12.40
PARTICELLA D	2	649.6	63.14	9.71	5.36
	8	1076.1	118.11	10.97	11.10

Tabella 25, media del peso epigeo e ipogeo prima del campionamento in pre-raccolta su bietola di Lusìa.

	MEDIA PESO FRESCO PARTE EPIGEA (gr)	MEDIA PESO SECCO PARTE EPIGEA (gr)	MEDIA SOSTANZA SECCA (%)	MEDIA PESO SECCO PARTE IPOGEA (gr)
PARTICELLA A	1124.25	70.69	5.92	7.77
PARTICELLA B	1404.1	91.03	6.49	12.83
PARTICELLA C	1362.9	55.23	4.09	10.09

PARTICELLA D	862.85	90.62	10.34	8.23
-----------------	--------	-------	-------	------

Osservando la percentuale di sostanza secca dell'apparato epigeo, sia nella Tabella 24 che 25, delle piante di bietola di Lusìa del secondo campionamento non si notano significative diversità. Questo dato spicca in modo più assoluto nel terzo campionamento perchè si nota una grave riduzione della percentuale di sostanza secca sulla parte epigea della bietola di Lusìa nella particella C rispetto al secondo campionamento, ma nella particella D la biomassa è cresciuta (Tabella 24).

Dalle Tabelle 12, 21 e 24 si notano delle piccole variazioni di peso secco delle radici, sia di bietola di Lusìa che di lattuga gentile, nelle particelle trattate e non trattate. Infatti esse mostrano che nelle particelle A e B c'è un peso lievemente maggiore rispetto alle particelle C e D. Quindi possiamo dedurre che nelle particelle trattate ci sia stato un maggiore immagazzinamento di metaboliti.

Tabella 26, deviazione standard e la media sulla percentuale di sostanza secca di bietola di Lusìa del terzo campionamento.

	PARTICELLE TRATTATE DI BIETOLA DI LUSIA	PARTICELLE NON TRATTATE DI BIETOLA DI LUSIA
DEVIAZIONE STANDARD	0,400273	3,165844
MEDIA	6.205	7.215

Nella Tabella 26 sono riportati i dati della deviazione standard e della media sulla sostanza secca della bietola di Lusìa del terzo campionamento. Si può notare che le piante non trattate non siano omogenee, perché la deviazione

standard indica un altro indice di distacco tra la media dei campioni e i valori dei campioni stessi. Mentre le particelle trattate hanno un contenuto di biomassa quasi uguale.

Tabella 27, dati ottenuti dalle analisi del suolo espressi sul suolo secco.

ANALISI DEL SUOLO - DATI ESPRESSI SUL SUOLO SECCO									
			N tot	C tot	Ca	K	Mg	Na	P
	CODE		%	%	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
1	IT1	Lattuga trattata	0,15	1,46	9160,0	3850,0	3900,0	299,0	857,0
2	IT2	Lattuga trattata	0,17	1,80	9231,8	3957,9	3948,1	304,2	822,8
3	IN1	Lattuga controllo	0,16	1,71	10320,2	4378,9	4407,8	329,9	860,3
4	IN2	Lattuga controllo	0,16	1,75	11085,0	4228,0	4247,6	321,8	878,9
5	BT1	Bieta trattata	0,16	1,53	6491,8	4997,2	4052,8	374,1	565,7
6	BT2	Bieta trattata	0,15	1,44	6802,3	4670,5	4011,6	331,4	641,5
7	BN1	Bieta controllo	0,14	1,22	5850,4	4300,7	3516,1	322,5	522,1
8	BN2	Bieta controllo	0,14	1,26	5205,5	4305,3	3405,1	331,7	528,4

Dalle analisi (Tabella 27) non si evidenziano differenze tra i campioni di suolo delle diverse particelle. Il contenuto in carbonio è leggermente più alto nei terreni dove è coltivata la lattuga, mentre non ci sono differenze nel livello di azoto. Risultano superiori le concentrazioni di calcio e fosforo nei terreni a lattuga mentre potassio e sodio sono mediamente più presenti nei terreni dove è coltivata la bieta.

5.2 Variazioni dello sviluppo in altezza delle piante di bietola di Lusìa

Esaminando le altezze delle colture di ogni particella (Figura 12 e 13) si può fare la seguente considerazione: le particelle trattate mostrano una significativa omogeneità delle piante che non viene, però, osservata nelle piante non trattate.

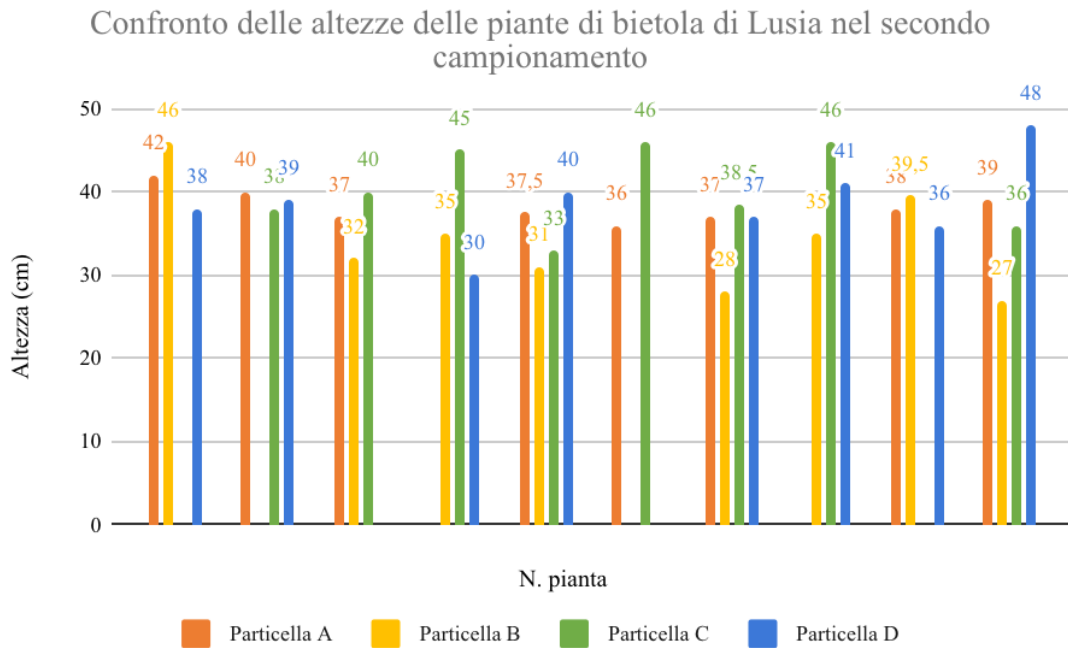


Figura 12, confronto delle altezze di bietola di Lusia nel secondo campionamento.

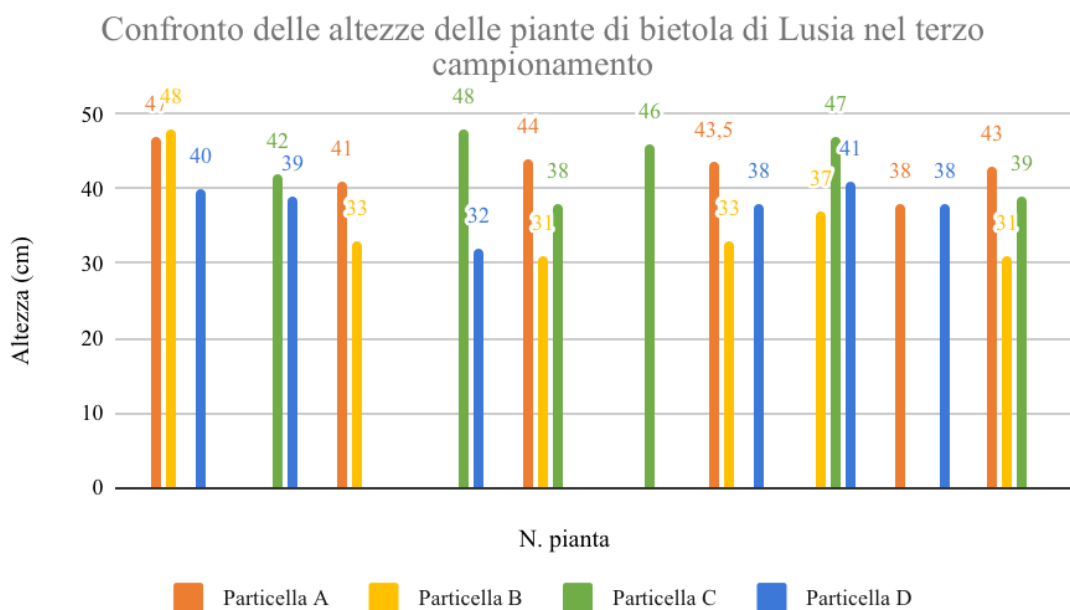


Figura 13, confronto delle altezze di bietola di Lusìa nel terzo campionamento.

Dalla Figura 12 si evidenzia una forte difficoltà di crescita da parte della bietola di Lusìa trattata rispetto a quella destinata a testimone.

In Figura 13 che riporta il terzo campionamento (avvenuto sette giorni dopo il secondo trattamento), si riscontra il fenomeno contrario: ricordando che tra il primo e il secondo trattamento e le culture sono state sottoposte a grandi quantità d'acqua nell'arco di sette giorni, possiamo notare che dopo il secondo trattamento, quindi al terzo campionamento, ci sia stato uno spiccato aumento dell'altezza della bietola di Lusìa nelle particelle trattate le quali hanno raggiunto l'altezza osservata nel secondo campionamento della bietola non trattata.

5.3 Variazioni dello sviluppo in altezza delle piante di lattuga Gentile

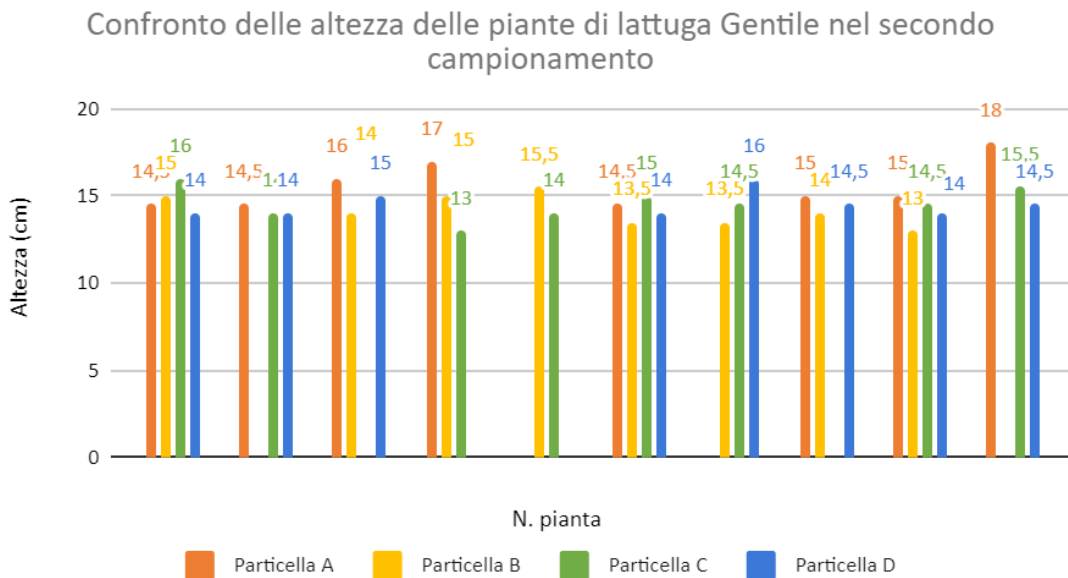


Figura 14, confronto delle altezze di lattuga Gentile nel secondo campionamento.

Dal grafico 14 si riscontra un'evidente disomogeneità delle altezze della lattuga Gentile nelle particelle A e B. Inoltre non si notano particolari differenze di altezza tra le particelle trattate e non trattate.

5.4 Variazioni del numero di foglie delle piante di bietola di Lusìa

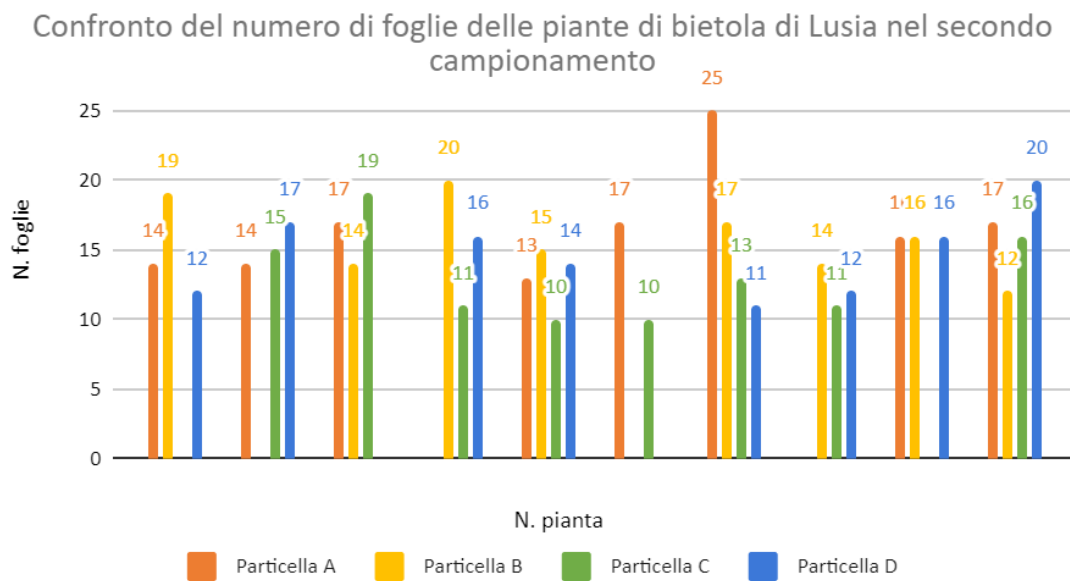


Figura 15, confronto del numero di foglie delle piante di bietola di Lusìa nel secondo campionamento.

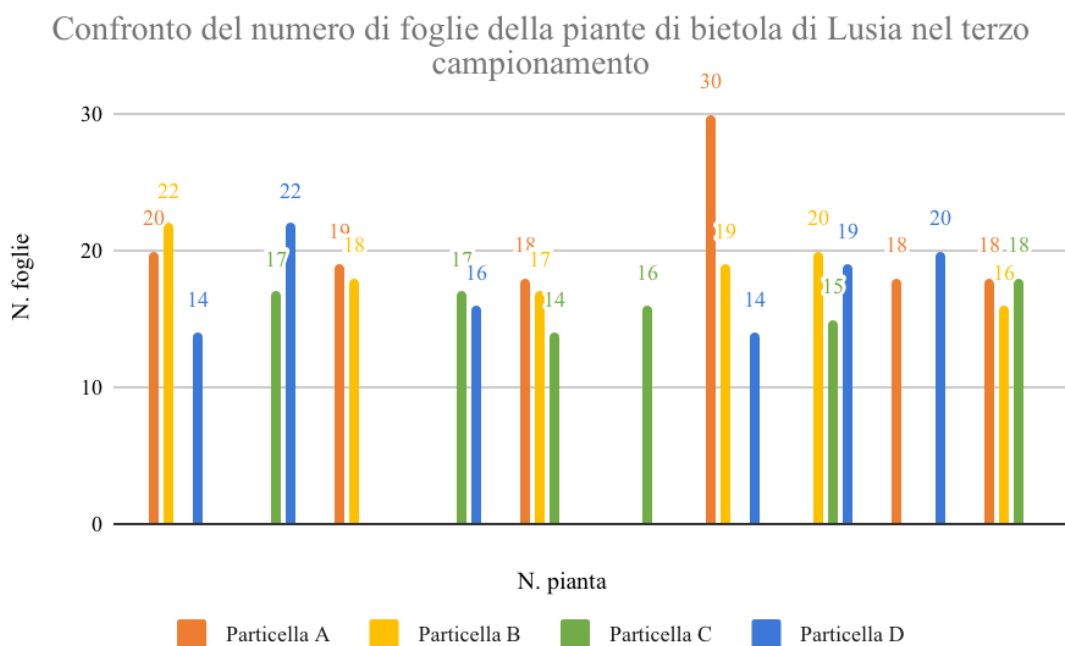


Figura 16, confronto del numero di foglie delle piante di bietola di Lusìa nel terzo campionamento.

In Figura 15 si riscontrano lievi, ma pur sempre presenti, differenze nel numero di foglie delle piante di bietola di Lusìa, infatti nelle particelle A e B è stato rilevato un numero maggiore. Questo esito vantaggioso si è mantenuto costante anche nel terzo campionamento (Figura 16) in cui si vede anche una maggiore omogeneità delle colture trattate rispetto alle particelle C e D.

Durante il terzo campionamento livello visivo si è potuto notare di come le piante delle particelle non trattate fossero state colpite da insetti e le foglie presentavano dei buchi, cosa invece non riscontrato nelle particelle trattate le cui piante e presentavano un portamento più compatto e chiuso. Si può ipotizzare che i metaboliti apportati dalle microalghe abbiano anche degli effetti indiretti sul metabolismo di difesa delle piante e che ne vada a migliorare la struttura.

5.5 Variazioni del numero di foglie delle piante di lattuga Gentile

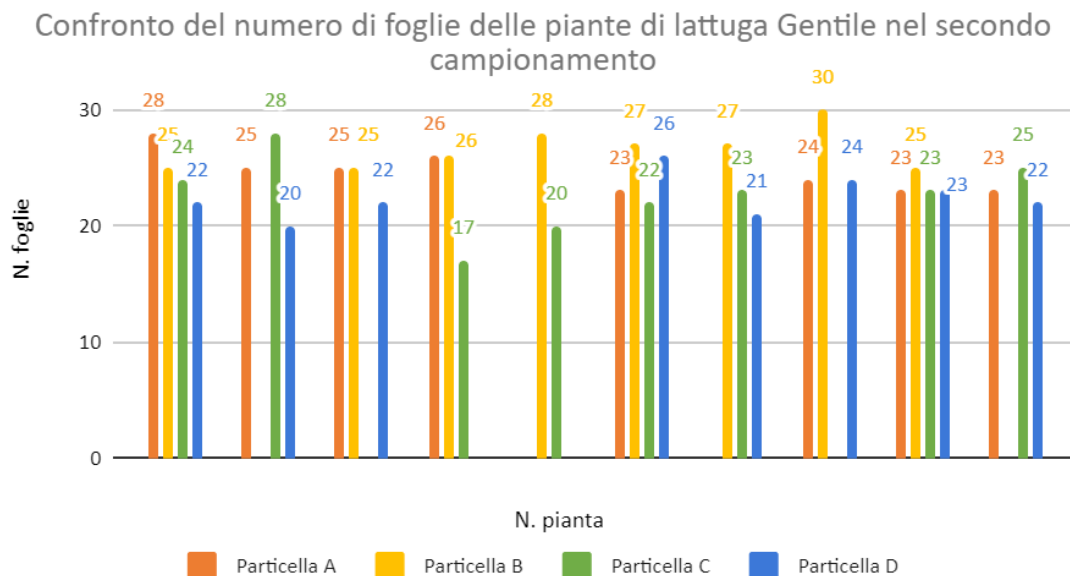


Figura 17, confronto del numero di foglie delle piante di lattuga Gentile nel secondo campionamento.

Nella lattuga Gentile si rileva una diversità tra le particelle A - B e C- D. Infatti dalla Figura 17 si può constatare che nelle particelle trattate il numero delle foglie delle piante sia notevolmente più alto rispetto a quelle a testimone. In particolare la particella C mostra uno sviluppo in biomassa fortemente ridotto rispetto alle altre e la particella D presenta piante con un numero irregolare di foglie.

Durante il secondo campionamento della lattuga gentile si è osservato che all'apice della pianta non trattata, le foglie si presentavano di un colore giallo, mentre le culture precedentemente trattate erano di un colore verde brillante, voluminose, visibilmente più grandi rispetto al testimone e la particella era omogenea.

6 CONCLUSIONE

Lo studio proposto si focalizza sugli effetti dell'applicazione del biostimolante "AB" sullo sviluppo della bietola di Lusìa e della lattuga Gentile, analizzando l'efficacia di questo prodotto nell'agricoltura biologica. L'indagine ha voluto valutare gli eventuali effetti della somministrazione del biostimolante "AB" mediante la misura dell'altezza e del numero di foglie delle piante, della resa della coltura e del peso secco della biomassa, anche al fine di considerare l'utilizzo di questo prodotto nel contribuire a garantire la produzione alimentare e ambientale nell'orticoltura biologica.

È interessante notare che nel terzo campionamento, dopo il secondo trattamento, si è verificato un aumento significativo dell'altezza della bietola di Lusìa trattata, raggiungendo l'altezza osservata nel secondo campionamento della bietola non trattata. Lo stesso risultato, però, non è stato osservato nella lattuga Gentile in cui la differenza di sviluppo in altezza è stata minima.

Si possono osservare lievi, ma comunque presenti, differenze nel numero di foglie delle piante di bietola di Lusìa con un trend positivo fino alla raccolta. Mentre nella lattuga Gentile si notano delle piante voluminose e con un apparato epigeo ricco di foglie.

Riguardo alla percentuale di sostanza secca dell'apparato epigeo delle piante di bietola di Lusìa l'indice di deviazione standard indica una minore dispersione tra le unità statistiche nelle particelle trattate, quindi si ha una omogeneità superiore del prodotto. Questo esito non si è riscontrato nella lattuga Gentile che presentava valori discordanti.

Risultati positivi si sono riscontrati a livello visivo in quanto si è potuto osservare che le piante delle particelle trattate avessero:

- colori più intensi e mancanza di giallumi sulle foglie in confronto alle piante non trattate;
- foglie meno danneggiate da insetti.

Quindi dai dati forniti da quest'indagine si comprende che il biostimolante naturale "AB" a base di microalghe è a basso impatto ambientale, ma non determina una variazione nella biomassa tale da aumentare la resa della bietola di Lusia e della lattuga Gentile in maniera significativa. Infatti le applicazioni del prodotto microalgale non hanno avuto effetti positivi sulla crescita vegetativa e sulla produttività perché dagli esiti raccolti dalla sperimentazione non si evincono differenze significative tra le particelle trattate e quelle non trattate.

Di conseguenza anche il guadagno è ridotto perché l'incremento della produzione è limitato e ciò non stimola l'agricoltore a scegliere il biostimolante "AB" in orticoltura come prodotto che gli possa dare la garanzia di un aumento dello sviluppo delle piante.

BIBLIOGRAFIA

Biazzi E., , Carminati D., Carminati E., Parati K., Ronga D. and Aldo Tava. 2019. Microalgal Biostimulants and Biofertilisers in Crop Productions. *Agronomy* 2019, 9, 192; doi:10.3390/agronomy9040192.

Chiaiese P., Corrado G., Colla G., Kyriacou M. C. and Rouphael Y. 2018. Renewable Sources of Plant Biostimulation: Microalgae as a Sustainable Means to Improve Crop Performance. Volume 9, article 1782.

Cice D., Cirillo A., Di Vaio C., Graziani G. and Ritieni A. 2020. Effects of Biostimulants on Annurca Fruit Quality and Potential Nutraceutical Compounds at Harvest and during Storage. *Plants* 2020, 9, 775; doi:10.3390/plants9060775.

du Jardin P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and Regulation. *Scientia Horticulturae*. Volume 196, 30 November 2015, Pages 3-14.

SITOGRAFIA

Organic action plan

https://agriculture.ec.europa.eu/farming/organic-farming/organic-action-plan_it

Regolamento (UE) 2018/848 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 30 maggio 2018, relativo alla produzione biologica e all'etichettatura dei prodotti biologici e che abroga il regolamento (CE) n. 834/2007 del Consiglio

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0848&from=IT>

L'agricoltura biologica: e se l'Italia diventasse un paese bio?

http://tesi.luiss.it/33558/1/247281_GAETANI_ERIKA.pdf

Lezione di etichetta bio

<https://feder.bio/lezione-etichetta-bio/>

Linee guida per l'etichettatura

https://www.qcertificazioni.it/wp-content/uploads/2021/03/W_Linee_guida_Etichettatura_08-03-2021-2.pdf

Residuo zero, facciamo chiarezza

<https://www.ccpb.it/blog/2022/07/15/residuo-0-facciamo-chiarezza/#:~:text=prodotti%20di%20sintesi%3A%20considerando%20solo,non%20se%20ne%20ritrovano%20pi%C3%B9>

Orticoltura biologica e convenzionale: due realtà a confronto
https://thesis.unipd.it/bitstream/20.500.12608/18364/1/Convertino_Luca.pdf

Ortaggi da foglia e da taglio

<https://www.venetoagricoltura.org/upload/pubblicazioni/E51.pdf>

Download dei dati meteo storici

<https://www.3bmeteo.com/meteo/isola+della+scala/storico/202304>

Metodologia Sperimentale Agronomica / Metodi Statistici per la Ricerca Ambientale

http://www.acutis.it/materiali_statistica/2014-2015/07_MetSpA_SchemiSperimentali.pdf

Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and Regulation.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423815301850>

Effects of Biostimulants on Annurca Fruit Quality and Potential Nutraceutical Compounds at Harvest and during Storage

<https://www.mdpi.com/2223-7747/9/6/775>

Microalgal Biostimulants and Biofertilisers in Crop Productions

<https://www.mdpi.com/2073-4395/9/4/192>

Renewable Sources of Plant Biostimulation: Microalgae as a Sustainable Means to Improve Crop Performance

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.01782/full>