



**UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA**

## **Università degli Studi di Padova**

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e  
Ambiente

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Corso di Laurea Magistrale in Scienze e tecnologie animali

# **BACHI-COMPOST: RIUTILIZZO DI SCARTI DERIVANTI DALL'ALLEVAMENTO DEL BACO DA SETA**

**Relatore:**

Prof.re Giuseppe Concheri

**Candidata:**

Anna Ceccarelli  
Matricola n.: 2020532

**Correlatori:**

dott.ssa Silvia Cappelozza  
dott. Andrea Fasolo  
dott. Federico Gavinelli

Anno: 2022/2023



<b>Riassunto</b>	<b>pag.5</b>
<b>Summary</b>	<b>pag.6</b>
<b>Introduzione</b>	
<b>1.0 Il baco da seta: biologia e allevamento</b>	<b>pag.8</b>
Ciclo biologico del baco e allevamento	pag.10
Le uova del <i>Bombyx mori</i>	pag.10
Lo sviluppo della larva	pag.12
La formazione del bozzolo	pag.13
La crisalide	pag.15
Lo sfarfallamento	pag.16
L'accoppiamento e la deposizione	pag.17
<b>1.2 Tecniche di allevamento del baco da seta</b>	<b>pag.18</b>
Strutture	pag.18
<b>1.3 Il compost</b>	<b>pag.21</b>
<b>1.4 Insect Frass e legislazione</b>	<b>pag.25</b>
<b>2.0 Scopo della tesi</b>	<b>pag.28</b>
<b>3.0 Materiali e Metodi</b>	<b>pag.29</b>
<b>3.1 Strumenti</b>	<b>pag.33</b>
3.1.1 Canopeo	pag.33
3.1.2 Biomassa	pag.34
<b>4.0 Risultati</b>	<b>pag.34</b>
4.1.1 Altezza e n. foglie	pag.34
4.1.2 Peso Fresco e Sostanza Secca di biomassa epigea e ipogea	pag.36
4.1.3 Canopeo	pag.38
<b>5.0 Discussione</b>	<b>pag.40</b>
<b>6.0 Conclusioni</b>	<b>pag.43</b>
<b>7.0 Fonti Bibliografiche e Sitografia</b>	<b>pag.45</b>



## Riassunto

Presso il CREA Laboratorio di gelsibachicoltura di Padova, del Centro di Ricerca per l'Agricoltura e l'Ambiente, specializzato negli allevamenti del baco da seta, si producono diverse quantità di rifiuti organici composti da esuvie dopo la muta, foglie, rami, deiezioni, bachi morti, bozzoli non utilizzabili e carta utilizzata per la copertura delle superfici d'allevamento.

Poiché si tratta di materiale completamente biodegradabile, per combattere lo spreco e la produzione di rifiuti, in un'ottica di economia circolare si è pensato di trasformare questi scarti organici in compost.

A questo scopo, pertanto è stato prelevato del materiale rimasto a maturare in campo per circa un anno e lo si è utilizzato per coltivare delle piante di pomodoro San Marzano, per verificare le proprietà ammendanti del bachi-compost.

La prova è stata svolta in condizioni climatiche non controllate, partendo dai semi, fatti germogliare e trapiantati in vasi contenenti diverse quantità di bachi-compost equivalenti a 30 t/ha, 40 t/ha, 50 t/ha e 60 t/ha per osservare non solo la funzionalità dell'ammendante, ma anche osservare le possibili differenze di crescita in relazione alle diverse quantità di compost.

La prova ha dimostrato l'effettiva utilità del compost e un certo effetto dose: un risultato molto importante dopo che la commissione europea il 29 novembre 2021 ha adottato una normativa (Regolamento UE 2021/1925) che regola e definisce il compost derivante dagli insetti, denominandolo Insect Frass, e ne ha previsto lo sviluppo negli anni futuri.

## Summary

At the CREA Sericulture Laboratory of Padua of the Research Centre of Agriculture and Environment, various quantities of organic waste are produced during silkworm rearing, consisting of exuviae after the moult, leaves, branches, droppings, dead worms, cocoons and paper used to cover the rearing shelves.

Since the material mentioned above is entirely biodegradable, with a view of circular economy, the idea was to turn this organic matter into compost.

Material left to mature for about a year in the field was taken and used to grow sample San Marzano tomato plants to test the nutritional properties of this kind of worm-compost.

The trial was carried out outdoors, starting from the seeds, sprouted and transplanted into pots containing different parts of worm-compost (at an amount referable to 30 t/ha, 40 t/ha, 50 t/ha and 60 t/ha) to observe not only the effectiveness of the soil conditioner, but also to observe possible differences in growth in relation to the different amounts of compost used.

The trial demonstrated the actual usefulness of the compost, a significant result after the European Commission on 29th November 2021 adopted the legislation (EU Regulation 2021/1925) regulating and defining compost from insects, naming it Insect Frass.



# Introduzione

## 1.0 - Il baco da seta: biologia e allevamento

La larva di *Bombyx mori* viene definita bruco o baco e, come le larve di tutti i Lepidotteri, è un organismo che essenzialmente e accumula si nutre voracemente e accumula sostanze nutritive.

Il corpo dell'insetto si può suddividere in 3 sezioni ben distinte: capo, torace e addome. Queste sezioni sono evidenti nell'adulto, ma non nella larva. Il corpo del baco si presenta a prima vista come un cilindro allungato e piuttosto informe, nel torace possiamo individuare tre segmenti e nell'addome dieci segmenti.

All'estremità anteriore troviamo il capo, caratterizzato da piccole antenne, occhi rudimentali e un apparato masticatore.

Gli occhi sono costituiti da sei ocelli, collocati simmetricamente sui due lati del capo. Anch'essi forniscono informazioni piuttosto limitate e consentono al baco solamente di discernere le variazioni di intensità luminosa (giorno e notte).

L'organo più completo e sviluppato è l'apparato boccale, costituito da un labbro inferiore e uno superiore che serve per la presa sul margine delle foglie e due mandibole, le quali si muovono lungo un asse laterale. Su ogni mandibola troviamo i palpi, ovvero dentini chitinosi, che provvedono a spingere i brandelli di foglia nella cavità boccale.

Il torace è costituito da tre segmenti ogni uno di questi porta un paio di zampe, che nello stadio di larva servono per mantenere salda la presa sulla foglia durante la fase di alimentazione; a questi tre segmenti seguono dieci segmenti addominali, nel terzo, nel quarto, nel quinto, nel sesto e nell'ultimo troviamo le pseudo zampe, rozze strutture terminanti con ventosa.

L'anatomia del baco da seta è in gran parte simile a quella delle altre larve di insetti. Gli organi principali sono: il tubo digerente, un sistema circolatorio con un vaso pulsante dorsale ovvero un dotto principale che corre lungo la regione dorsale, un sistema nervoso a gangli, un apparato respiratorio composto da un grande numero di trachee molto ramificate che si aprono all'esterno mediante gli stigmi.

L'apparato che caratterizza il baco da seta è il *seritterio*, ovvero ciascuna delle due ghiandole dove avviene la produzione della seta; che è appunto il prodotto di secrezione di tali ghiandole. Il baco estrae dall'emolinfa gli aminoacidi e li metabolizza trasformandoli in proteine della seta.

La seta, infatti è costituita essenzialmente da una sostanza proteica chiamata *fibroina*, che si presenta fluida e trasparente quando viene elaborata nel seritterio.

La qualità e la quantità della fibroina elaborata dal baco dipendono dalle sue condizioni di salute, dalla qualità dell'alimentazione ricevuta, consistente nella foglia di gelso, suo unico alimento.

La seta viene emessa sotto forma di una gocciolina di liquido pastoso fissata ad un punto (superficie d'appoggio) e ridotta a un esilissimo filo e grazie alla tensione esercitata dal movimento del capo della larva si solidifica quando viene emessa dalla filiera.



*Figura 1 baco da seta mentre si nutre della foglia di gelso*



Figura 2 baco da seta, possiamo osservare le pseudo zampe, zampe e gli stigmi

### **Ciclo biologico del baco da seta**

Il baco da seta essendo allevato da secoli ha inevitabilmente perso una parte delle caratteristiche originarie adattandosi a condizioni artificiali. Nonostante questo, le fasi principali del ciclo biologico si susseguono secondo ritmi naturali, ed è su questi ritmi biologici che le tecniche di allevamento si modellano per ottenere il massimo in termini di quantità e qualità del filato da questo delicato insetto.

### **Le uova del *Bombyx mori***

Le uova del baco da seta sono minuscole, molto simili ai semi di papavero, leggermente appiattite, hanno un diametro di 1 mm, per arrivare a un grammo ne occorrono più o meno 2000 poiché il loro peso si aggira intorno ai 0,5 milligrammi.

Quando vengono deposte aderiscono al substrato di deposizione per mezzo di una sostanza secreta dall'ovopositore della madre. In natura la farfalla deporrebbe le uova sulla corteccia del tronco del gelso; invece, in allevamento le uova vengono deposte sopra un foglio di carta e ogni farfalla è divisa dalle altre da un conetto di metallo o strumenti simili.

L'uovo appena deposto si presenta di colore bianco-giallo, successivamente, se l'uovo se è fecondato, diventerà di un colore grigio scuro, eccetto in alcune razze. con mutazioni nel colore del guscio o della sierosa o in quelle polivoltine.

Poco dopo lo sviluppo dell'embrione si interrompe e riprende in primavera, quando le uova vengono estratte dal frigorifero, dove sono conservate una volta superata la

diapausa, per bloccarne la nascita. Il periodo d'incubazione inizia quando l'uovo è riportato a temperatura superiore ai 15 °C e l'embrione reagisce a un progressivo aumento di calore; in sostanza l'incubazione è programmata dall'uomo in modo che la schiusa avvenga nel periodo più favorevole: quando il gelso si sta coprendo di foglie.

Nel periodo di incubazione l'embrione necessita di un graduale rialzo della temperatura dai 15 ai 25 °C circa, anche l'umidità è molto importante: il livello di umidità dovrebbe essere compreso tra l'80 e l'85%.

Il giorno prima della schiusa le uova, prendono una sfumatura biancastra, in gergo si dice che “sbianchiscono”, all'alba del giorno successivo o alla ‘accensione della luce compaiono i primi bacolini, i primi nati si chiamano “spie”; nelle ore seguenti di solito massimo in due giorni, si schiude l'intera ovatura.



*Figura 3 Uova del Baco*

## **Lo sviluppo della larva**

Il minuscolo bruco pratica con le mandibole un foro sul guscio dell'uovo, dopo di che inizia la sua carriera di voracissimo e instancabile mangiatore di foglie di gelso. La larva mangia senza sosta per un periodo di tempo che varia a seconda delle condizioni ambientali e della qualità dell'alimento, nonché della razza, ma che è in genere compreso tra un minimo di 25 e un massimo di 35 giorni.

In questo periodo di tempo il baco aumenta di molto di dimensioni, la sua lunghezza diventa 30 volte maggiore e il suo peso aumenta di ottomila volte.

Questa crescita smisurata obbliga il baco da seta a compiere delle *mute* periodiche, ovvero dei processi nei quali abbandona la vecchia cuticola che lo riveste e lo sostituisce con uno più capace.

Nella sua vita la larva è soggetta a quattro mute, che scandiscono lo stadio larvale in cinque età.

Avvicinandosi alla muta, il baco appare irrequieto, smette di cibarsi e si fissa alla foglia del gelso, il colorito varia diventando più giallastro e lucido. La tipica forma del baco da seta che "dorme" (in gergo così si intende il baco nel giorno della muta) è con il capo eretto sollevato e sulla sommità di questo compare un triangolo: è il punto in cui si vede comparire il nuovo rivestimento del capo, più chiaro rispetto a quello vecchio che si sta staccando.

Con dei piccoli movimenti il baco si libera dal vecchio involucro, che rimarrà attaccato alla foglia; immediatamente dopo questa fase durante l'allevamento verrà effettuato il cambio del letto, ovvero la pulizia del substrato. Il baco ritornerà a cercare cibo e a mangiare con più appetito di prima.

Età larvali	Durata in giorni
Prima età	3-4 + 1 giorno di muta
Seconda età	3 + 1 giorno di muta
Terza età	4-5 + 1 giorno di muta
Quarta età	5-6 + 1 giorno di muta
Quinta età	7-9

Tabella 1 esplicativa della durata delle età larvali

## La formazione del bozzolo

Come si può notare in tabella 1, la quinta età non termina con una muta larvale perché il baco inizia a fabbricare il bozzolo all'interno del quale si trasformerà in crisalide e poi in farfalla.

L'animale, quando è pronto ad iniziare a filare, smette di nutrirsi, la sua pelle assume un colore giallastro e diventa traslucido, inoltre i suoi escrementi sono di colore più verde e di consistenza più molle, finché non emette la cosiddetta purga, ovvero l'acido urico accumulato durante la vita larvale. Il baco si aggira inquieto, trascurando la foglia fresca, dondolando il capo ed emettendo piccoli abbozzi di filo di seta.

Negli allevamenti questo è il momento adatto per mettere a disposizione dei bachi i *boschi*, ovvero quel fascio di rametti, oggi sostituito da strutture in plastica, su cui verrà fabbricato il bozzolo.

La prima operazione del baco consiste nel fissarsi al ramo (naturale o artificiale) in diversi punti, con fili rozzi ma robusti, che formano la cosiddetta *spelaia*; con movimenti continui e regolari a forma di 8 il baco inizia a fabbricare il bozzolo vero e proprio disponendo i fili attorno a sé.

Il filo di seta finale è il risultato di due fili separati prodotti dalle due ghiandole della seta (le ghiandole sericigene) uniti e fissati tra loro per mezzo della sericina, che li ricopre esternamente; il filo fuoriesce dalla filiera posta in prossimità dell'apparato boccale.

La fabbricazione dell'involucro dura due-tre giorni a 25°C, nei quali il baco si chiude all'interno della trama molto fitta del bozzolo, ragione per cui non è più visibile dall'esterno. Lo strato più interno del bozzolo viene chiamato *gallettamine* o *capo morto* ed è molto simile alla pergamena e non può essere dipanato dalla struttara, ma solo utilizzato per la produzione di cascami.

La lunghezza del filo che compone il bozzolo va dai 300 metri ai 1500 metri, il peso va da 1 grammo a 2-2,5 grammi: la grandezza, il peso, la forma e il colore variano in base allo stato di salute del baco ma anche a seconda della razza; esistono bozzoli di colore bianco, giallo, verde, oro, arancione in diverse tonalità, tondi, ovali, con cinturazione centrale o allungati.



Figura 4 Durante la filatura del bozzolo



*Figura 5 Bozzolo formati su boschetti di plastica*

### **La crisalide**

Chiuso nel bozzolo, il baco da seta continua la sua metamorfosi diventando una crisalide. Il suo copro diventa di un color bianco, si gonfia, le zampe addominali (le false zampe) avvizziscono, l'apparato boccale diventa inutile, esocuticola si raggrinzisce, si spacca e si riduce a un grumo nerastro appallottolato sul fondo del bozzolo. Appare la crisalide: qui si prepara la futura farfalla, il piccolo “sarcofago” è bianco ma passa rapidamente ad un colore bruno-rossastro acceso. In questo momento la maggior parte delle crisalidi vengono uccise per recuperare la seta, solo alcune farfalle vengono fatte uscire dal bozzolo e mantenute per la riproduzione e quindi possono terminare il naturale ciclo biologico della specie.



*Figura 6 Crisalide all'interno del bozzolo, con a fianco l'esocuticola ormai inutile*

## Lo sfarfallamento

Dopo circa quindici-diciassette giorni di immobilità all'interno del bozzolo, avviene lo sfarfallamento. Nei giorni che lo precedono, la crisalide si è trasformata in farfalla, compaiono le sei zampe corte, il grosso addome peloso, le antenne piumate e un abbozzo di apparato boccale e le ali che, però non permetteranno alla farfalla di volare.

Con l'aiuto di una sostanza alcalina, un enzima chiamato coconasi, la farfalla scioglie la sostanza che tiene uniti tra loro i fili del bozzolo e con le zampine apre un varco guadagnando la libertà.

Nel giro di poche ore, la farfalla è pronta per iniziare la sua breve vita da adulto, ovvero riprodursi; la farfalla non può nutrirsi perché non possiede un apparato boccale e come già ribadito non può volare nonostante abbia le ali. Possiamo ritenere che la perdita della capacità di volare sia la conseguenza dell'allevamento ormai attuato da secoli.



*Figura 7 Farfalla appena uscita dal bozzolo*

## L'accoppiamento e la deposizione

Uscite dal bozzolo le farfalle cominciano a cercarsi fra di loro per accoppiarsi. Quando il maschio ha individuato la femmina, esso porta a contatto l'estremità del proprio addome con quello della femmina e utilizza gli uncini sull'estremità addominale per agganciare l'addome della femmina e fecondarla. L'accoppiamento può durare diverse ore, quando termina gli insetti si separano e le femmine si preparano a deporre le uova. Il maschio dopo l'accoppiamento può essere utilizzato per inseminare altre farfalle femmine (al massimo 3), la femmina invece ricerca un substrato dove deporre le uova; in allevamento di solito si utilizzano dei fogli di carta.

Le uova vengono deposte in fitte file più o meno concentriche intorno alla farfalla che sposta lentamente l'estremità posteriore, dove troviamo l'ovopositore, e solitamente la farfalla evita di sovrapporre; ogni farfalla può deporre dalle 400 alle 600 uova, ma non è detto che tutte siano fecondate.

Terminata la deposizione per la femmina e gli accoppiamenti per il maschio queste farfalle concludono il loro ciclo biologico e dopo un paio di giorni muoiono avendo consumato tutte le riserve lipidiche.



*Figura 8 Farfalle durante l'accoppiamento. Farfalla dx femmina, farfalla sx maschio*

## 1.2 Tecniche di allevamento del baco da seta

### Strutture

Dalla prima età larvale alla terza età larvale esclusa, gli allevatori utilizzano dei castelli di graticci, questi sono strutture rettangolari di dimensioni pari a circa 2 o 3 metri per 1 metro. Questi vengono sovrapposti e possono essere di legno o di alluminio. Strutture più moderne sono castelli di ripiani estraibili poiché scorrono su guide laterali.

Il fondo dei ripiani d'allevamento in passato era composto da un intreccio di canne o altro materiale vegetale atto a lasciar passare l'aria ma oggi si utilizza una rete che poi viene ricoperta da carta assorbente o materiale simile.

I vantaggi di queste strutture sono molteplici: l'utilizzo dei castelli aiuta ad organizzare meglio lo spazio di lavoro, riducendo l'ingombro del locale, poiché la superficie occupata dai bachi è distribuita su 3-4 piani sovrapposti.

Le pulizie quotidiane sono semplificate e quindi può essere ottenuta una maggiore igiene e gli operatori sono agevolati nel lavoro e nell'ispezione e nel controllo dell'andamento degli allevamenti, poiché il sistema permette di rilevare per tempo l'approssimarsi delle mute e l'insorgere di eventuali malattie.

Purtroppo, però, si riscontrano delle problematiche nell'utilizzo di queste strutture: anche i graticci più leggeri e maneggevoli richiedono la presenza di due operatori per essere spostati, anche se questo inconveniente non si verifica nei graticci a ripiani scorrevoli.

Per alimentare i bachi, la foglia deve essere sempre tagliata o almeno spiccata dal ramo, quindi, il lavoro è notevole rispetto alla tecnica del pezzone friulano dove la foglia può essere somministrata con il ramo intero; per questo motivo il pasto deve essere distribuito almeno 3 volte al giorno, perché la foglia spiccata si mantiene meno facilmente in condizioni ottimali di umidità.

Con questa tecnica di allevamento deve essere effettuato il "cambio lettiera" per evitare il riscaldamento o la fermentazione della foglia di gelso estremamente dannosa per la larva.

Il cambio della lettiera dev'essere praticato dopo ogni muta e dopo qualche ora dai pasti; si posiziona sopra il graticcio con le larve e il residuo di cibo o di muta una carta forata, i fori hanno dimensione variabile in base all'età in cui si trova il baco

poiché attraverso i fori la larva raggiungerà la foglia fresca. Sopra alla carta forata, si distribuirà la foglia fresca di gelso, i bachi attirati dal cibo attraverseranno i fori della carta, in questo modo dopo un paio di ore la maggior parte dei bachi sarà passato dalla foglia vecchia a quella nuova.

È in questo momento che noi andremo a sollevare la carta forata con la foglia fresca e i bachi ed elimineremo i residui della muta o di cibo, cambiando anche la carta assorbente usata come substrato.

Alla fine del secolo scorso furono ideate e poste in atto tecniche di allevamento più pratiche rispetto al castello di graticci come l'allevamento su "pezzone friulano". Oggi questa tecnica è molto apprezzata dagli allevatori per la quarta e quinta età larvali, poiché i bachi in queste fasi occupano grandi spazi.

I pezzoni sono costituiti da unici grandi assi di legno larghi in media 1-1,5 m e lunghi quanto consentono i locali in cui si allevano i bachi, sono paralleli fra loro con un corridoio che consente agli operatori di circolare con facilità; queste strutture possono essere sospese con dei cavi o sollevati da terra per mezzo di cavalletti.

Per ogni telaino di seme bachi (circa 20000 bachi) occorrono dai 15 ai 20 metri quadrati; per alimentare i bachi si utilizzano direttamente i rami del gelso, che ad ogni pasto sono alternati longitudinalmente e trasversalmente; pertanto non c'è bisogno di defogliare il ramo con un notevole risparmio di tempo e lavoro.

Con questa tecnica non bisogna effettuare il cambio di lettiera poiché l'intrico di ramaglie che viene a formarsi consente una buona circolazione dell'aria che impedisce la proliferazione di muffe o sviluppo di fermentazioni.

Finita la quinta età i bachi sono pronti a salire a bosco. Quando cominciamo a notare che i bachi sono irrequieti, smettono di nutrirsi e diventano leggermente trasparenti, quello è il momento per appoggiare sul pezzone i boschetti di plastica, su cui i bachi costruiranno il loro bozzolo. È buona norma dopo alcuni giorni eliminare i bachi ritardatari che ancora non sono saliti a bosco e quelli morti che potrebbero imbrattare i bozzoli con un liquido nerastro che fuoriesce dal corpo delle larve che vanno incontro a processi putrefattivi.

Passati 7-8 giorni dalla salita al bosco, a una temperatura di 25°C si può effettuare lo sboscamento: è importante attuarlo nel momento giusto per non rischiare di rovinare il bozzolo: se si ritardasse quest'operazione, potrebbe nascere la farfalla e quindi danneggiare il bozzolo, se si anticipa potrebbero morire prematuramente le crisalidi e quindi imbrattare la seta.

Tramite una “pettine” in metallo o legno si possono facilmente rimuovere i bozzoli dal boschetto, oppure lo si può fare manualmente, specialmente se abbiamo numerosi bachi morti; i bozzoli attorno a loro hanno la spelaia, ovvero la seta rudimentale che è servita per fissare il bozzolo al boschetto, la quale si può rimuovere grazie ad un attrezzo chiamato “spelaiatrice”.

Una volta pronti i bozzoli vengono suddivisi in bozzoli di 1° scelta ovvero quelli di dimensioni normali, senza alcun difetto e macchia, quelli di 2° scelta con piccoli difetti o imperfezioni nella forma e nella dimensione oppure quelli macchiati o forati da cui è emersa la farfalla.

Ripulito e cernito il bozzolo va subito avviato all’essiccatoio per poi essere utilizzato per i vari scopi commerciali.

### Struttura metallica semovente

L’obbiettivo di ogni bachicoltore dovrebbe essere quello di produrre seta al minor costo possibile.

Un’analisi dei costi porta a concludere che, accanto all’alimentazione, la voce relativa alla manodopera assorbe una parte significativa delle spese.

Per risolvere questo problema si sono ideati nel tempo varie strutture di allevamento per la meccanizzazione del cambio dei letti ed alimentazione.

Queste strutture sono formate generalmente da ripiani semoventi che portano i bachi davanti ad un punto fisso dove avviene l’alimentazione da parte di un operatore e il cambio delle lettiere o, alternativamente, da distributori automatici di foglia che si muovono lungo i ripiani, mentre il cambio delle lettiere avviene con meccanismi diversi.

Nonostante i possibili pregi legati all’automazione queste strutture non ha preso piede nell’allevamento dei bachi da seta, per il forte costo d’investimento iniziale.

### 1.3 Il Compost

Il compost, detto anche terriccio o composta, è il risultato della bio-ossidazione e dell'umificazione di un misto di materie organiche ad opera di diversi organismi operanti in ambiente aerobico quali batteri, funghi, alghe, protozoi, lombrichi e altri artropodi presenti naturalmente nelle biomasse organiche. Essi traggono l'energia necessaria per le funzioni metaboliche degradando il substrato.

Una volta maturo, il compost può essere utilizzato come ammendante organico. Il suo utilizzo, si traduce in un apporto di sostanza organica che migliora la struttura del suolo e la disponibilità di elementi nutritivi. Inoltre:

- Supporta gli organismi viventi del suolo;
- Aiuta a rendere più biodisponibili i nutrienti;
- Protegge il suolo da squilibri chimici;
- Aiuta nel controllo biologico di alcuni parassiti del suolo;
- Aiuta a restituire materiali organici al suolo valorizzandoli e non rendendoli fonte d'inquinamento.

In Italia, la produzione e commercializzazione del compost ricade all'interno del Decreto Legislativo 75/2010, che regola la produzione, commercializzazione e utilizzo dei concimi e degli ammendanti in agricoltura, e definisce quindi le caratteristiche minime degli ammendanti compostati misti (ACM).

Nell'Allegato 2 del D. Lgs. 75/2010 vengono definiti gli "ammendanti", in particolare l'ammendante compostato misto come "Prodotto ottenuto attraverso un processo controllato di trasformazione e stabilizzazione di rifiuti organici che possono essere costituiti dalla frazione organica degli RSU proveniente da raccolta differenziata, da rifiuti di origine animale compresi liquami zootecnici, da rifiuti di attività agroindustriali e da lavorazione del legno e del tessile naturale non trattati, da reflui e fanghi, nonché dalle matrici previste per l'ammendante compostato verde".

Per quanto riguarda il "Titolo minimo in elementi e/o sostanze utili, Criteri concernenti la valutazione. Altri requisiti richiesti", l'ACM deve risultare, alle analisi, con "Umidità: massimo 50%; pH compreso tra 6 e 8,5; C organico sul secco: minimo 20%; C umico e fulvico sul secco: minimo 7%; Azoto organico sul secco:

almeno 80% dell'azoto totale; C/N massimo 25.” Inoltre, “è consentito dichiarare i titoli in altre forme di azoto, fosforo totale e potassio totale. Il tenore dei materiali plastici vetro e metalli (frazione di diametro >2 mm) non può superare lo 0,5% s.s. Inerti litoidi (frazione di diametro >5 mm) non può superare il 5% s.s. Sono inoltre fissati i seguenti parametri di natura biologica:

- Salmonella: assenza in 25 g di campione t.q.; n (1)=5; c (2)=0; m(3)=0; M(4)=0;
- Escherichia coli in 1 g di campione t.q.; n (1)=5; c (2)=1; m(3)=1000 CFU/g; M(4)=5000 CFU/g;

Indice di germinazione (diluizione al 30%) deve essere >60%

-Tallio: meno di 2 mg kg<sup>-1</sup> sul secco (solo per Ammendanti con alghe).

Per gli ammendanti dove non diversamente previsto, i tenori massimi consentiti in metalli pesanti espressi in mg/kg e riferiti alla sostanza secca sono i seguenti:

Metalli Ammendanti

Piombo totale 140

Cadmio totale 1,5

Nichel totale 100

Zinco totale 500

Rame totale 230

Mercurio totale 1,5

Cromo esavalente totale 0,5

Per avere un buon compost è fondamentale creare e mantenere le condizioni ambientali necessarie per favorire ed accelerare le attività dei microorganismi aerobi responsabili della degradazione della sostanza organica.

Tali condizioni ottimali per i microorganismi dipendono dalla compresenza di diversi fattori, che devono essere valutati con attenzione se si vuole avere un processo di compostaggio con la massima efficienza.

I principali sono:

- **La temperatura:** fornisce informazioni importanti sull'andamento del processo e di conseguenza, sull'intensità delle reazioni in gioco. Durante la fase termofila del processo di compostaggio, l'innalzamento della temperatura consente di ottenere importanti risultati quali la riduzione dell'umidità dei materiali e l'igienizzazione del prodotto attraverso l'annullamento della carica patogena dei substrati alimentati.

- **La concentrazione di ossigeno:** essendo un processo aerobico l'ossigeno è necessario per favorire l'attività di biodegradazione ad opera dei microrganismi.

La quantità di ossigeno necessaria per lo svolgimento del processo è diversa a seconda della fase in cui ci troviamo: la maggior parte dell'ossigeno disponibile viene consumato durante la prima fase, ovvero la fase attiva in cui la presenza di sostanze facilmente biodegradabili favorisce la creazione di nuove cellule di microrganismi, che quindi si moltiplicano.

È importante mantenere il contenuto di ossigeno all'interno della massa in degradazione al di sopra del 10 - 12%; se diminuisce fino a valori al di sotto del 5% iniziano ad instaurarsi condizioni anaerobiche, portando a processi di tipo putrefattivo, con la conseguente formazione di composti ridotti (acidi grassi volatili, idrogeno solforato ed altri ancora) in genere caratterizzati da odore decisamente aggressivo ed elevata fitotossicità.

- **La porosità del substrato:** l'area superficiale di contatto aumenta con il diminuire della pezzatura, il tasso di degradazione aerobica si innalza quanto più piccole sono le dimensioni delle particelle presenti nella matrice organica ma particelle troppo piccole rischiano di compromettere la porosità, per cui risultati soddisfacenti si ottengono quindi con un diametro medio delle particelle tra 0,5 e 5cm

- **Il contenuto d'acqua (o umidità):** il range ottimale di contenuto d'acqua è tra il 55 e il 65%.

È infatti dimostrato che per valori di umidità della sostanza organica intorno al 40% il processo di compostaggio inizia ad essere inibito (ovvero le reazioni di degradazione sono più lente); se invece l'umidità è al di sopra del 65%, nella maggior parte dei pori del substrato l'acqua va a sostituire l'ossigeno favorendo l'insorgenza di condizioni anossiche. Poiché durante le diverse fasi di compostaggio il contenuto d'acqua dei substrati di partenza diminuisce, è necessario che nel substrato di partenza esso sia ben superiore al 55% o sarà necessario apportarne durante il processo.

- **Il rapporto C/N e la presenza di nutrienti:** Elementi nutritivi come il carbonio, l'azoto, il fosforo e il potassio sono fondamentali per la crescita e lo sviluppo microrganismi; essi sono anche i principali nutrienti delle piante e, proprio per questo motivo, la loro presenza e concentrazione influenza il valore agronomico del compost. Tuttavia, è soprattutto il rapporto tra le quantità di carbonio e azoto

presente nel substrato che ne influenza la stabilizzazione durante il compostaggio.

In generale, i microrganismi attivi nel processo di compostaggio necessitano di:

- carbonio come fonte energetica;
- azoto per sintetizzare le proteine.

Il rapporto C/N è quindi un indice attraverso il quale è possibile valutare il risultato dell'attività microbica durante il processo di compostaggio.

Un eccesso di carbonio in rapporto all'azoto può determinare un rallentamento dell'attività di decomposizione svolta dai microorganismi, mentre un eccesso di azoto può determinare perdite di ammoniaca per volatilizzazione, soprattutto quando pH e temperatura sono elevati.

L'eccesso di azoto può quindi essere perso in atmosfera in forma ammoniacale, causando emissioni maleodoranti. Di contro, substrati con C/N superiore a 40:1 necessitano tempi di compostaggio più lunghi, a causa di una lenta crescita microbica in presenza di eccesso di carbonio.

Tuttavia, se il carbonio del substrato è scarsamente degradabile, il processo di compostaggio sarà decisamente rallentato; di conseguenza nel caso di matrici carboniose scarsamente degradabili, è possibile impostare il rapporto C/N di partenza su valori più alti di quelli ottimali, tenendo conto del conseguente allungamento del tempo necessario al completamento del processo di compostaggio

- **Il pH:** Nel corso dell'intero processo di compostaggio si hanno inizialmente valori di pH acidi, con il conseguente sviluppo di anidride carbonica e la formazione di acidi organici; in seguito a meccanismi di aerazione il pH sale a valori compresi tra 8 e 9. Alla fine del processo il pH si stabilizza nuovamente su valori prossimi alla neutralità (7-7,5). Il pH inizia ad essere un parametro fondamentale da controllare quando abbiamo a che fare con substrati ricchi di azoto (es. deiezioni zootecniche); in tal caso, infatti, valori di pH > 8,5 facilitano la trasformazione dei composti azotati in ammoniaca per effetto di microrganismi ammonizzanti, con conseguente perdite di azoto tramite volatilizzazione di NH<sub>3</sub>.

Il controllo di questi indici è fondamentale soprattutto nelle prime fasi, cioè quando il materiale subisce le principali trasformazioni. Inoltre, le tipologie di substrati utilizzati, in relazione anche alla complessità delle reazioni di trasformazione, determinano le caratteristiche per il monitoraggio di tali parametri.

In condizioni ottimali, il processo di compostaggio si svolge in tre stadi principali:

- 1. la fase mesofila di latenza:** può durare da qualche ora fino ad alcuni giorni, in cui la matrice di partenza viene invasa dai microrganismi, la cui attività metabolica determina un brusco innalzamento delle temperature;
- 2. la fase termofila o di stabilizzazione:** la cui durata varia da alcuni giorni a qualche settimana, caratterizzata da intense reazioni di bioossidazione;
- 3. la fase di raffreddamento o maturazione:** la quale può durare anche qualche mese, in cui avvengono le reazioni di umificazione.

In realtà, da un punto di vista gestionale, il processo di compostaggio viene in genere suddiviso in due fasi temporali (USDA-NRCS, 2000):

- **Una fase di bioossidazione (1 e 2):** ovvero la fase attiva caratterizzata da intensi processi di degradazione delle frazioni organiche facilmente biodegradabili;
- **Una fase di maturazione (3):** caratterizzata da processi di invecchiamento e trasformazione della sostanza organica in sostanze umiche.

## 1.4 Insect Frass e legislazione

**Definizione:** «frass» indica una miscela di escrementi, derivati da insetti d'allevamento, il substrato di alimentazione, parti di insetti d'allevamento, uova morte con un contenuto di insetti d'allevamento morti non superiore al 5% in volume e non superiore al 3% in peso. ( Regolamento UE 2021/1925)

Il 29 novembre 2021 la Commissione Europea ha adottato una normativa – ovvero il Regolamento (UE) 2021/1925. Si tratta di una normativa che regola e definisce il compost derivante dagli allevamenti di insetti e quindi anche dall'allevamento del baco da seta.

Simile al compost o ad altri tipi di letame animale, il frass si presenta in forma granulare e contiene importanti nutrienti e micronutrienti e polimeri come la chitina, che stimola la crescita di batteri benefici nel suolo. Queste proprietà rendono il frass

una soluzione preziosa per l'impiego in agricoltura in particolare nei vivai e nell'orto-florovivaismo come valida integrazione organica, considerando che in questo tipo di produzione zootecnica il frass rappresenta uno dei maggiori output – circa 40 volte la produzione di biomassa animale – e quindi il suo utilizzo e reimpiego agronomico diventa strategico per tutta la filiera a partire dall'agricoltura (che trova nuove fonti di fertilizzanti) all'allevamento (che può generare valore da un sottoprodotto) (Poveda, 2021).

I prodotti derivanti dall'allevamento di insetti (esuvie ed escrementi) contengono chitina e altri composti che possono stimolare alcuni microrganismi benefici presenti nel suolo e che possono avere capacità di indurre resistenza nelle piante (ISR) e di biocontrollo (Dicke et al., 2021)

Negli ultimi anni sta crescendo la produzione di insetti in Europa, generando così quantità crescenti di Insect Frass.

Questa crescita è iniziata a partire dal 2018 poiché è stato possibile commercializzare insetti per il consumo umano.

Gli insetti, infatti, rappresentano nuove soluzioni alimentari altamente proteiche e nutrienti, fonti in grado di “sfamare” il pianeta e sono più sostenibili in termini di sfruttamento del suolo e delle acque (Poveda, 2021). Indubbiamente essi sono un'assoluta novità

Nel mondo occidentale, dove non sono ancora considerati come pietanze consuetudinarie, ma se guardiamo all'estremo oriente, troveremo gli insetti commestibili ben inseriti nella dieta umana anche di tutti i giorni.

Stando al Regolamento (UE) 2021/1925 , gli escrementi degli insetti dovranno essere trattati per un'ora a 70 °C, allineando il metodo di lavorazione alle norme applicabili ad altri letami. Gli standard di prossima attuazione riflettono le più recenti conoscenze tecniche e scientifiche per garantire l'applicazione sicura di escrementi di insetti sui terreni agricoli dell'UE.

La creazione di standard dell'UE per gli escrementi degli insetti svolge un ruolo chiave nell'armonizzazione degli standard di lavorazione negli stati membri. Gli operatori di tutta l'UE devono ora rispettare le norme di tempo/temperatura, nonché gli altri standard proposti dal regolamento (UE) 2021/1925 (ad es. rispetto della soglia degli insetti morti su massa e volume e la soglia microbiologica).

Essendo un settore in continua espansione, la legislazione è in fase di perfezionamento e sviluppo.

Nel nostro caso, lo sfruttamento dei residui dell'allevamento del baco da seta diventa molto importante per il riutilizzo e lo smaltimento dei rifiuti, e anche per poter fruire di un ulteriore prodotto commercializzabile derivante da questo tipo di allevamento, oltre alla seta.

## **2.0 Scopo della tesi**

La produzione di compost mira al recupero di materia organica che altrimenti verrebbe persa, limitando così la produzione di rifiuti e riutilizzandola, invece in maniera positiva.

Negli ultimi anni quest'idea di economia circolare è applicata alle aziende zootecniche con il recupero delle deiezioni e rifiuti degli animali che vengono utilizzati per riportare fertilità ai suoli, utilizzati per produrre alimenti per uomo e animali, rendendo così un rifiuto una risorsa.

In questo lavoro sono quindi stati valutati gli effetti ammendanti dell'utilizzo del compost derivante dall'allevamento del baco da seta, su una pianta modello individuata nel pomodoro San Marzano.

### 3.0 Materiali e Metodi

La prova ha avuto inizio l'01/08/2022 con la messa in germinazione dei semi di pomodoro San Marzano, varietà scelta per la prova poiché ritenuta veloce e resistente durante la germinazione e la crescita.

L'08/08/2022 le plantule sono risultate pronte per il trapianto nei vasi.

Sono stati preparati 15 vasi con una miscela di suolo prelevato il 26/07/2022 presso l'azienda Toniolo del campus di Agripolis (Legnaro Pd) (vedi Tabella 1 per caratteristiche suolo) a cui sono state aggiunte diverse quantità di bachi-compost (questo termine verrà utilizzato per intendere il compost derivante dall'allevamento del baco da seta)

Sono stati utilizzati quattro dosaggi di compost a confronto di un testimone non trattato e per ciascuna di queste cinque tesi sono state effettuate tre repliche.

Parametro	UM	Suolo Legnaro	Note
Argilla	%	19	
Limo	%	39	
Sabbia	%	42	Franco
pH		8,05	Alcalino
Carbonati totali	%	18,6	Sensibilmente calcareo
Calcare attivo	%	3,42	Mediamente dotato
Carbonio organico	%	0,96	Scarsamente dotato
Azoto totale	%	0,109	Mediamente dotato
Rapporto C/N		8,8	
Sostanza organica	%	1,6	Scarsamente dotato
P assimilabile	mg/kg s.s.	15,6	Mediamente dotato
CSC	cmol(+)/kg s.s.	21,6	Alta
Conducibilità (EC 1:2,5)	mS/cm	0,224	Normale
Ca scamb.	mg/kg s.s.	5460	Molto ricco
K scamb.	mg/kg s.s.	93	Mediamente dotato
Na scamb.	mg/kg s.s.	49	Normale

Tabella 1 Analisi Chimico-Fisiche suolo Agripolis

Il bachi-compost è stato prelevato dal CREA- Laboratorio di gelsibachicoltura di Padova, il 29/03/2022 da un cumolo di residui dei loro allevamenti che comprendeva: resti di lettiera, deiezioni, larve morte, carta paglia, rametti di gelso e foglie. Questi residui sono rimasti a maturare in campo per circa un anno.

Sono state effettuate delle analisi chimiche di base presso il laboratorio di analisi chimiche (LaChi) del dipartimento DAFNAE - UniPd. I risultati sono riportati in tabella n°.2.

Come si può vedere, rispetto ai requisiti richiesti dal D. Lgs. 75/2010, il carbonio organico è sotto la soglia del 20% richiesta per un compost di qualità.

Per quanto riguarda il contenuto di azoto e fosforo, non essendo previsti limiti di legge ma soltanto la possibilità di indicarne il titolo, ci si limita a esprimere un giudizio qualitativo da un punto di vista agronomico. Il rapporto C/N equilibrato e il buon tenore in elementi nutritivi restituiscono l'immagine di un ammendante compostato misto di buona qualità per l'impiego agronomico e il mantenimento della fertilità dei suoli in cui viene applicato.

Nome campione	N° Lachi	P_OLSEN	Ntot	C totale	C organico	C/N
		mg/Kg	%	%	%	
Bachicomp 1	22LA02117	1490	1,76	18,69	17,19	9,7446118
Bachicomp 2	22LA02118	1365	1,77	16,52	15,13	8,5643296
Bachicomp 3	22LA02119	1670	1,76	17,03	15,5	8,8079559

Tabella 2 Analisi Chimiche Bachi- Compost

In ogni vaso sono stati pesati 800g di suolo e diversi dosaggi di compost come descritto di seguito:

- 3 vasi → 800g suolo + 36g Bachi-Compost (30t/ha)
- 3 vasi → 800g suolo + 48g Bachi- Compost (40t/ha)
- 3 vasi → 800g suolo + 60g Bachi-Compost (50t/ha)
- 3 vasi → 800g suolo + 72g Bachi- Compost (60t/ha)
- 3 vasi → 800g solo suolo “controllo



*Figura 9- Preparazione vasi*



*Figura 10- Da Sx %60-%50-%40-%30-controllo*

Trapianto plantule: in ogni vaso sono state posizionate due plantule e dopo 15 giorni è stata fatta una selezione ed eliminata la pianta che risultava meno sviluppata.

Da questo momento in poi le piantine sono state osservate, misurate in altezza e le foglie sono state contate fino alla fine della prova, per monitorarne lo sviluppo. Le piante sono state poste all'aperto, in pieno sole e parzialmente protette dalle intemperie, annaffiate al bisogno in maniera omogenea.

Periodo di crescita: fino al 10 ottobre 2022 le piantine di pomodoro sono state monitorate nella loro crescita. Come valore aggiunto a questa prova, le piantine sono state sottoposte alle condizioni climatiche reali del periodo di estivo, con incluse avversità metereologiche come i relativi temporali e periodi di maggiore intensità di calore.



*Figura 11 in crescita 1 settembre*



*Figura 12 Esempio rilevazione altezze nell'ultimo periodo*

## 3.1 Strumenti

**3.1.1 Canopeo** Una volta terminato il periodo di crescita, è stato deciso di valutare l'ampiezza della copertura vegetale di ogni piantina, per questo scopo è stata utilizzata l'applicazione smartphone Canopeo.

La fotografia a Canopeo e la relativa percentuale di copertura sono state ricavate per ogni pianta e successivamente è stata ripetuta la misura sempre per ogni singola pianta ma utilizzando solo le foglie, che sono state delicatamente separate dal gambo e distese su un foglio di carta (figura14)



*Figura 13 Canopeo a Pianta intera e con foglie staccate*

**3.1.2 Biomassa:** per valutare le piante in termini di biomassa sono state divise le foglie con il gambo dall'apparato radicale, ed ogni parte è stata pesata. Avremmo quindi per ogni pianta il peso della sua biomassa epigea formata da foglie e fusto e un peso del suo apparato radicale, ripulito dal substrato.

Ogni campione accuratamente conservato, separato dagli altri e sigillato, è stato posto poi in stufa per 72 h a 105°C per procedere all'essiccazione e quindi all'eliminazione dell'acqua.

Successivamente ogni campione è stato ripesato ottenendo così la sostanza secca di ogni pianta e ottenere così un'immagine più precisa degli effetti del compost.

## **4.0 Risultati**

### **4.1.1 Altezza e numero Foglie**

Nella seguente tabella possiamo osservare i dati relativi alle altezze e al numero di foglie alla fine del ciclo di crescita delle piante (10 ottobre 2022).

Sono state eliminate due piante dalla prova, la pianta denominata “50C” e il “controllo C”, poiché i due campioni non erano più idonei per le varie misurazioni visto il loro mancato sviluppo.

<b>Campione</b>	<b>Altezze (Cm)</b>	<b>Numero Foglie</b>	<b>Media H</b>	<b>Media N. Foglie</b>	<b>E.S. Altezza</b>	<b>E.S. Foglie</b>
60 A	35,4	12	36,27	10,33	0,82	0,88
60 B	35,5	9				
60 C	37,9	10				
50 A	43,8	11	40,70	10,50	3,10	0,50
50 B	37,6	10				
40 A	29,02	9	31,57	9,33	2,61	0,33
40 B	36,8	10				
40 C	28,9	9				
30 A	24	9	28,50	9,67	2,60	0,67
30 B	28,51	11				
30 C	33	9				
Controllo A	6,8	5	7,90	4,50	1,10	0,50
Controllo B	9	4				

*Tabella 3 Dati Altezze e Numero Foglie.*

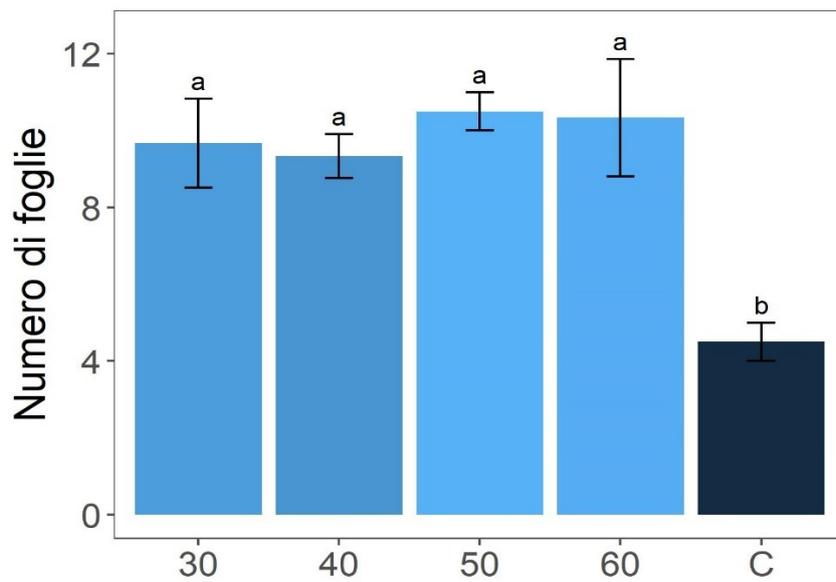
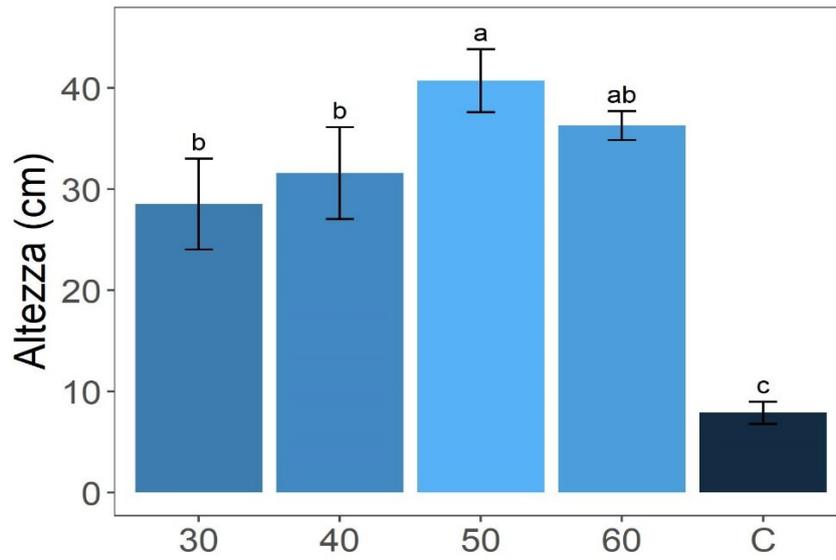


Figure14 Grafici con i dati "N. Foglie" e "Altezze" con errore standard

#### 4.1.2 Peso Fresco e Sostanza Secca di biomassa epigea e ipogea

Come spiegato precedentemente foglie e fusto sono stati divisi dall'apparato radicale per verificare la differenza di sviluppo nei vari campioni.

Campione	epigea fresco	ipogea fresco	epigea secco	ipogea secco	%SS Foglie	% SS Radici	ES %S.S. epigea	ES %S.S. ipogea
60 A	15,19	2,75	1,35	1,59	0,09	0,58	0,01	0,05
60 B	15,35	2,51	1,55	1,22	0,10	0,49		
60 C	13,72	3,58	1,63	1,49	0,12	0,42		
50 A	18,61	3,5	1,94	2	0,10	0,57	0,01	0,05
50 B	16,83	2,08	1,59	1,04	0,09	0,50		
40 A	20,2	3,35	2,08	1,77	0,10	0,53	0,01	0,01
40 B	16,28	1,71	1,68	0,9	0,10	0,53		
40 C	8,72	1,4	0,75	0,69	0,09	0,49		
30 A	9,24	1,68	0,98	0,87	0,11	0,52	0,00	0,03
30 B	10,31	1,41	0,94	0,79	0,09	0,56		
30 C	11,96	1,18	1,17	0,54	0,10	0,46		
Controllo A	0,69	0,23	0,06	0,09	0,09	0,39	0,00	0,01
Controllo B	1,48	0,27	0,14	0,1	0,09	0,37		

Tabella 4 Pesi e S.S Epigea e Ipogea

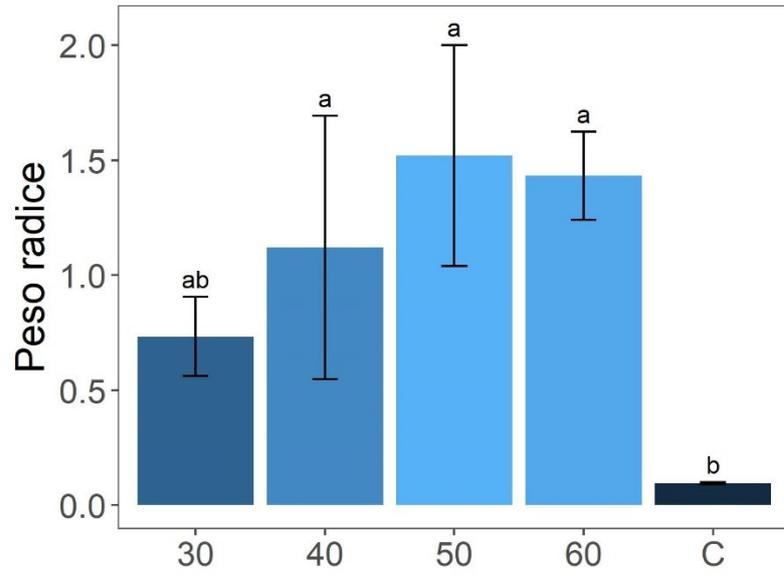


Figura 15 Media pesi parte ipogea in grammi

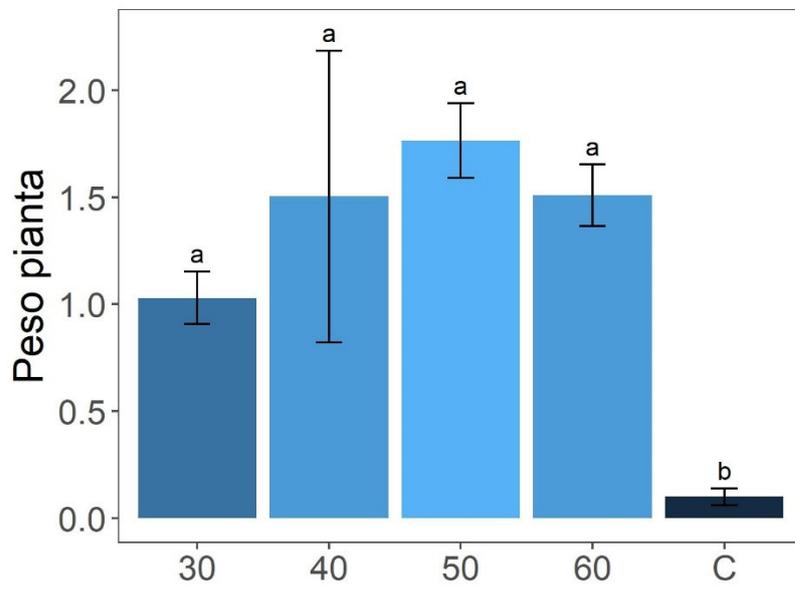


Figura16 Media Pesi parte Epigea in grammi

### 4.1.3 Canopeo

Vengono riportati oltre ai valori del Canopeo eseguito a pianta intera anche i valori del Canopeo con foglie staccate, come descritto sopra, ma verranno discussi solo i dati relativi al Canopeo a pianta intera, ritenuti più idonei anche se leggermente inferiori di valore. Come nelle misurazioni precedenti le piante denominate “50c” e “Controllo c” non sono state prese in considerazione.

<b>Campione</b>	<b>Canopeo Pianta Intera</b>	<b>Canopeo Foglie staccate</b>
60 A	7,6%	7,4%
60 B	9,2%	8,1%
60 C	6,6%	7,0%
50 A	14,6%	11,0%
50 B	15,9%	8,8%
40 A	10,6%	11,9%
40 B	11,7%	9,9%
40 C	5,6%	5,6%
30 A	2,5%	3,6%
30 B	4,9%	6,1%
30 C	6,3%	6,8%
Controllo A	0,4%	0,5%
Controllo B	0,5%	0,7%

*Tabella 5 valori Canopei*

Campione	Canopeo medio	ES
60	7,79%	0,75%
50	15,26%	0,68%
40	9,29%	1,88%
30	4,57%	1,11%
controllo	0,30%	0,15%

Tabella6 Medie Canopeo Pianta intera

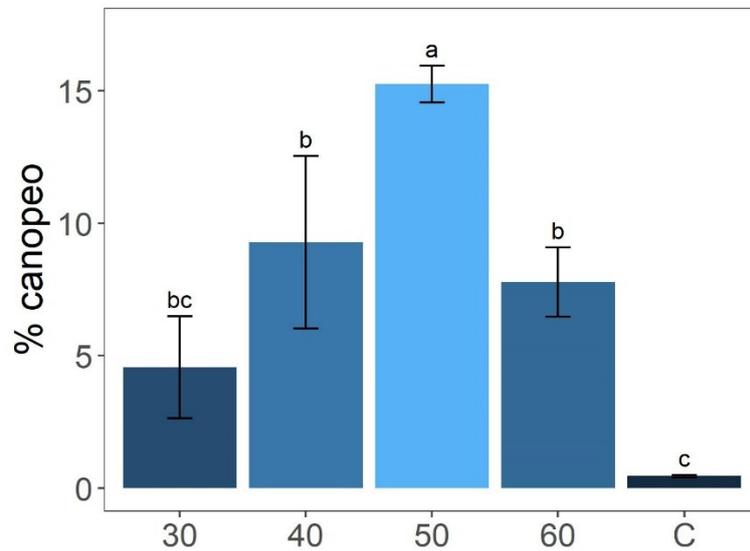


Figura17 Grafico Canopeo in %

Le significatività di tutti i grafici sono state calcolate tramite modello test di TukeyHSD.

## **5.0 Discussione**

Dai risultati ottenuti in questo esperimento, si può notare chiaramente che le piante di pomodoro San Marzano cresciute con il compost denominato “bachi-compost” hanno avuto uno sviluppo maggiore rispetto alle piante “controllo” che invece non avevano nessun tipo di compost apportato, ma solo il suolo come supporto fisico e nutrizionale.

I valori riguardanti il numero di foglie rilevate nelle piante trattate sono risultati piuttosto simili nelle tesi, non mostrando differenze significative e aggirandosi su una media di 10 foglie per campione, mentre notevole differenza c'era nei confronti delle piante di “controllo” che si fermavano a circa 4 foglie per pianta.

L'altezza misurata nelle piante, invece, si è rivelata un parametro in grado di discriminare efficacemente le varie concentrazioni di compost nel suolo con cui sono cresciute le piante di pomodoro, mostrando un effetto dose che ha avuto il suo massimo nella tesi equivalente a 50 t/ha, e una situazione di eccesso e quindi depressione della crescita alla dose massima.

Questa notevole differenza ovviamente influisce direttamente sui dati della chioma ottenuti con il Canopeo, che valuta appunto la percentuale di copertura.

Per la prova del Canopeo, si è eseguita una seconda prova, lo scopo era di verificare la validità della percentuale del Canopeo a pianta intera poiché si ipotizzava. Una volta fatte le dovute osservazioni si è notato che le percentuali ottenute non si discostavano molto dal metodo più in uso e, anzi, in alcuni casi la variabilità superiore rispetto alla pianta intera, ha fatto ritenere più opportuno mantenere la modalità più diffusa di utilizzo dell'applicazione (Tabella 5). Nel grafico della chioma espressa come percentuale ottenuta dal Canopeo in riferimento alla Figura 17, si può osservare una netta differenza di capacità di copertura delle piante cresciute su suolo arricchito con il bachi-compost rispetto alle tesi di controllo.

Per quanto riguarda i valori ponderali delle biomassa sia ipogee che epigee, ci si è concentrati soprattutto sulla sostanza secca, sia perché la sua percentuale sulla biomassa fresca era piuttosto omogenea rispetto alle varie tesi, dipendendo molto dallo stadio di sviluppo della pianta, più che dalle condizioni di crescita, e si è voluto quindi lavorare con i dati "ripuliti" dell'eventuale eterogeneità data dal contenuto idrico. Il peso della parte radicale ha mantenuto la capacità di mostrare un certo effetto dose, pur diventando molto più sfumato dei valori discussi in precedenza. Si mantiene un notevole effetto incrementale sui controlli, andando da 5,6 a 12 volte la biomassa dei controlli non ammendati. Questo parametro non ha mostrato un decremento con la dose più alta utilizzata in questo

esperimento, aspetto che invece è tornato a manifestarsi nella biomassa epigea, pur non risultando in una differenza statisticamente significativa. Per quanto riguarda i valori di sostanza secca aerea prodotta dalle varie tesi, infatti, non è emersa nessuna differenza significativa eccetto quella delle piante trattate rispetto alla tesi di controllo.

Oltre a questo generale effetto positivo dato dall'impiego del bachi-compost, si può notare nella tabella 7 come ci sia stato un marcato effetto dose, con la migliore prestazione avuta sempre nelle piante con 50 t/ha di compost, un effetto intermedio delle dosi 60 e 40 e infine un risultato modesto della dose inferiore, 30 t/ha. La tesi migliore è risultata avere piante più alte del 515% rispetto ai controlli e valori di copertura ottenuti attraverso il Canopeo superiori del 5029% rispetto ai controlli. La dose inferiore, 30 t/ha, risulta la quantità meno impattante per la crescita e lo sviluppo delle piante, pur dando un

risultato comunque migliore rispetto alle piante non trattate, con una crescita in altezza del 361% in più e il Canopeo superiore al 1507% rispetto a queste ultime.

Le piante cresciute con 50 t/ha di bachi-compost risultano quindi più alte e con una chioma maggiore (percentuale di copertura misurata con Canopeo) e quindi con un'efficienza nella fotosintesi migliore rispetto alle altre piante nelle medesime condizioni.

<b>campione</b>	<b>Altezze</b>	<b>Canopeo</b>	<b>Peso Epigeo</b>	<b>Peso Ipogeo</b>
60	459%	2567%	1354%	1180%
50	515%	5029%	1626%	1116%
40	400%	3062%	1382%	860%
30	361%	1507%	963%	568%

*Tabella 7*

Le piante cresciute con 50 t/ha di bachi-compost risultano quindi più alte e con una chioma maggiore (percentuale di copertura misurata con Canopeo) e quindi con un'efficienza nella fotosintesi migliore rispetto alle altre piante nelle medesime condizioni.

In questa prova le piante sono state fatte crescere per circa due mesi, un tempo troppo breve per arrivare a fioritura e quindi poter valutare l'impatto produttivo dell'aggiunta dei vari ammendanti, tutta si ipotizza come il miglioramento della fitness della pianta (chioma più espansa, maggiore biomassa) si possa tradurre in una maggiore produzione. Miller et al., (2002) hanno riscontrato un aumento del 33% della produzione su pomodoro quando le piante ricevevano del compost, con un miglioramento anche nella maturazione rispetto ai controlli non trattati. Cultivar diverse rispondevano in maniera diversa sia in produttività che in sanità della pianta a fronte dell'apporto o meno di varie tipologie di compost.

È interessante osservare come, per quanto riguarda numero di foglie, altezza delle piante e chioma, facendo riferimento ai grafici 14, l'andamento è simile nelle piante trattate e tende a salire fino alla dose di 50 t/ha per scendere leggermente nelle piante che hanno ricevuto l'equivalente di 60 t/ha: questo fa pensare che si sia raggiunto un livello di Bachi-compost eccessivo, da risultare limitante per la crescita delle piante, mentre il dosaggio 30 t/ha non sia sufficiente a manifestare effetti importanti soprattutto in termini di biomassa prodotta dalla pianta, anche se può essere un quantitativo impiegabile in agricoltura per mantenere un certo tenore di sostanza organica, con apporti ripetuti negli anni.

Anche per i pesi della biomassa divisa in parte Epigea e Ipogea (Figura 15 e 16) si può osservare lo stesso andamento anche se gli incrementi in termini percentuali risultano meno marcati rispetto agli altri parametri misurati, ma capaci comunque di dimostrare come le piante cresciute con 50 t/ha di compost hanno dato le migliori prestazioni.

Confrontando nel dettaglio le piante cresciute con 50 t/ha e 40 t/ha, si nota che le differenze sono minime in quasi tutti i parametri eccetto per la chioma (Canopeo).

## **6.0 Conclusioni**

Durante l'allevamento del baco da seta, presso il CREA (Laboratorio di Gelsicoltura di Padova) e nelle aziende che praticano questo tipo di allevamento si producono grandi quantità di rifiuto organico comprendenti bachi morti, esuvie dopo la muta, deiezioni e residui di gelso oltre che carta, rami e bozzoli inadatti alla trattura.

Attraverso un'analisi della letteratura esistente, Poveda (2021) ha sintetizzato quali siano gli effetti positivi dell'utilizzo agronomico come ammendante dell'Insect Frass: (1) apporta nutrienti al suolo, prevalentemente azoto, facilmente assimilabili dalle piante; (2) fornisce biomolecole e microrganismi che promuovono la crescita delle piante e (3) aumenta la tolleranza a stress abiotici e resistenza a patogeni e parassiti, grazie alla presenza di diversi composti e microrganismi. Quindi, il compost derivante dai residui dell'allevamento degli insetti rappresenta un'importante fonte di fertilizzante organico per un'agricoltura sostenibile.

Questo materiale maturato e trasformato in compost si è rivelato molto utile e con proprietà stimolanti la crescita di piante di pomodoro San Marzano, a confronto con piante cresciute nelle stesse condizioni ma senza che il suolo fosse stato arricchito.

Allo stesso tempo si è osservato un effetto negativo del dosaggio più elevato: diventa, quindi, molto importante valutare anche la quantità di compost da aggiungere al terreno. Da questo esperimento è emerso che i dosaggi corrispondenti a 50 t/ha e 40 t/ha sono risultati i migliori. Anche le piante che hanno beneficiato del dosaggio minore (30 t/ha di bachi-compost) sono cresciute meglio rispetto alle piante di controllo, confermando l'utilità dell'ammendante, ma lo hanno fatto in maniera minore rispetto alle tesi con quantità maggiori di compost. Per quanto riguarda una verosimile applicazione in campo, probabilmente è preferibile scegliere una quantità di compost non eccessivamente alta (40 t/ha) da distribuire anche in più momenti e per più anni per ricercare gli aspetti positivi dell'apporto di sostanza organica e migliorare la fertilità del suolo, evitando gli effetti negativi delle dosi più alte, e rimanendo, al contempo, una scelta mirata a contenere le spese legate a questo apporto.

Ulteriori future sperimentazioni potranno validare ulteriormente questi risultati esplorando altre combinazioni tra suolo-dose-pianta rispetto a quella utilizzata in questa tesi. Sono inoltre in corso altre prove presso il CREA di Padova per valutare se il compost prodotto dall'allevamento dei bachi da seta, migliori le proprie proprietà ammendanti e le

caratteristiche compositive, che, come evidenziato, nei campioni utilizzati in questo lavoro non rispettano i parametri qualitativi previsti dalla legge, grazie all'inserimento di lombrichi delle specie *Eisenia foetida* (Savigny, 1826) e *Eisenia andrei* (Bouché, 1972) nella zona di compostaggio per un periodo di circa 6 mesi.

Il riutilizzo di materiale organico derivante da un allevamento di insetti, e in particolare del baco da seta può diventare un ottimo prodotto ammendante per il terreno e una risorsa importante nell'economia di un allevamento, che potrà trarne vantaggio per le proprie coltivazioni ma anche come fonte di guadagno, derivante dalla vendita di questo ammendante naturale, trasformando un prodotto di scarto in una risorsa.

## 7.0 Fonti bibliografiche e sitografiche

Abbasi, P.A., Al-Dahmani, J., Sahin, F., Hoitink, H.A.J., Miller, S.A., 2002. Effect of Compost Amendments on Disease Severity and Yield of Tomato in Conventional and Organic Production Systems. *Plant Dis.* 86(2):156-161. doi: 10.1094/PDIS.2002.86.2.156

ALIA, 2023. Insetti commestibili, il cibo del future. <https://aliainsectfarm.it/insetti-edibili-il-cibo-del-futuro/>

Barragán-Fonseca, K.Y., Nurfikari, A., van de Zande E.M., Wantulla M., van Loon J.J.A., de Boer W., Dicke M., 2022. Insect frass and exuviae to promote plant growth and health. *Trends in Plant Science*, 27:7

Ceriani, V., Della Pietà, C., 1984. Dal baco alla seta. Tecniche, applicazioni e prospettive della bachicoltura. Milano: Ottaviano

EU, 2021. Regolamento (UE) 2021/1925, Comm. 5 novembre 2021 che modif. reg. (UE) n. 142/2011 su prescrizioni per l'immissione sul mercato di determinati prodotti a base di insetti e l'adattamento di un metodo di contenimento. <http://data.europa.eu/eli/reg/2021/1925/oj>

Giorgi, D., 1957. Il manuale del bigattino. IV edizione, Milano. XVI, 355 p. BN 1957 6543

IPIFF, 2023. Insect frass as fertiliser. Valorisation of insect frass as fertiliser – an overview. <https://ipiff.org/insects-frass/>

ISPRA, 2023 [www.isprambiente.gov.it/it](http://www.isprambiente.gov.it/it)

Masaf, 2010. Decreto Legislativo 29 aprile 2010, n.75 - Riordino e revisione della disciplina in materia di fertilizzanti, a norma dell'articolo 13 della legge 7 luglio 2009, n. 88

Poveda, J., 2021. Insect frass in the development of sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(1), pp.5. DOI:10.1007/s13593-020-00656-x.

Reali, G., Meneghini, A., Trevisan M., 1985. Bachicoltura moderna. V, 162 p. ISBN: 8820624435

Reali, G., 1990. L'allevamento del baco da seta, I libri di Vita in campagna, L'informatore agrario, 60p. ISBN-10: 8872200067, ISBN-13: 9788872200063

USDA NRCS, 2000. National Engineering Handbook (Title 210), Part 637, Chapter 2, Composting. Washington, D.C. <https://directives.sc.gov.usda.gov/>

VenetoAgricoltura, 2023. [www.venetoagricoltura.org](http://www.venetoagricoltura.org)

