



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE ALIMENTARI

EFFETTO DELLA SCELTA VARIETALE SULLA PRODUZIONE DEL  
GIRASOLE COLTIVATO IN REGIME BIOLOGICO

*EFFECT OF VARIETAL CHOICE ON THE YIELD OF SUNFLOWER GROWN  
UNDER ORGANIC CONDITIONS*

TIPO TESI: sperimentale

Studentessa:

Virgen Caridad Martinez

[Mat. 1092263]

Relatore: Prof.ssa Paola A. Deligios

Correlatore: Prof. Luigi Ledda

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

Alla mia famiglia, ai miei amici e ai miei colleghi di corso.

# SOMMARIO

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| SOMMARIO .....                   | 2  |
| ELENCO DELLE TABELLE .....       | 3  |
| ELENCO DELLE FIGURE .....        | 4  |
| 1. INTRODUZIONE .....            | 5  |
| 2. OBIETTIVI DELLA TESI .....    | 14 |
| 3. MATERIALI E METODI.....       | 15 |
| 4. RISULTATI E DISCUSSIONE ..... | 20 |
| 5. CONCLUSIONI.....              | 25 |
| RINGRAZIAMENTI .....             | 27 |
| BIBLIOGRAFIA .....               | 28 |

## ELENCO DELLE TABELLE

|  |    |
|--|----|
| Tabella 1 Risultati dell'analisi della varianza per i giorni fenologici (n. giorni) delle quattro varietà di girasole a confronto dall'emergenza alla maturazione fisiologica. ....                                      | 21 |
| Tabella 2 Risultati dell'analisi della varianza sull'accumulo di gradi giorno nelle quattro varietà di girasole a confronto dall'emergenza alla maturazione fisiologica. ....  | 21 |
| Tabella 3 Altezza delle piante (cm) delle quattro varietà di girasole dall'emergenza alla maturazione fisiologica. ....  | 22 |
| Tabella 4 Diametro della calatide, biomassa epigea (sostanza secca), resa per pianta, peso di mille acheni, indice di raccolto (HI) delle piante di girasole delle quattro varietà durante la maturità fisiologica. .... | 23 |

## ELENCO DELLE FIGURE

|   |    |
|---|----|
| Figura 3-1 Tunnel allestiti per l'avvio della prova.....  | 16 |
| Figura 3-2 Peredovick .....   | 18 |
| Figura 3-3 Elena .....  | 18 |
| Figura 3-4 Gigante Mongolo.....   | 18 |
| Figura 3-5 MAS830OL .....   | 18 |
| Figura 4-2 Resa potenziale delle quattro varietà di girasole, calcolata in base alle componenti della resa..... | 23 |

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1. Il girasole

Il girasole (*Helianthus annuus* L.) è una pianta brevidiurna appartenente alla famiglia delle *Asteraceae* e al genere *Helianthus*, che comprende altre 70 specie. Il nome "girasole" deriva sia dalla forma dell'infiorescenza, che assomiglia al sole, sia dalla sua capacità di ruotare seguendo il movimento del sole. Il girasole è caratterizzato da una grande infiorescenza di forma circolare, chiamata calatide, che ospita i futuri semi detti acheni. Le foglie del girasole sono alterne, grandi, lungamente picciolate e dentate. L'apparato radicale della specie è di tipo fittonante.

Originaria dei climi temperati del Nord America (con temperature comprese tra 20 e 25 °C), la specie è stata successivamente introdotta in Europa dopo la scoperta dell'America nel XVI secolo. A livello globale, il girasole si classifica al quarto posto per produzione tra le specie oleaginose, dopo soia, colza e cartamo (FAOSTAT, 2024). Il capolino del girasole è apprezzato anche per i suoi valori estetici e ornamentali, con dimensioni e colori che variano in base alla cultivar.

Il miglioramento genetico ha sviluppato varietà ad alto contenuto di olio, capaci di massimizzare le rese in ambienti fertili e con adeguate precipitazioni. La specie ha un ciclo di tipo primaverile-estivo. Le rese del girasole variano annualmente in funzione delle condizioni climatiche. La capacità del girasole di crescere e sopravvivere in terreni con condizioni avverse lo rende una valida alternativa ad altre colture come mais, sorgo o fagioli dall'occhio. Rispetto ai cereali, il girasole cresce meglio in condizioni di alta temperatura e scarsità d'acqua, grazie all'apparato radicale fittonante lungo e profondo, che consente alla pianta di superare gli stress idrici utilizzando le riserve d'acqua del suolo (Hussain et al., 2018; Bartholomew Saanu Adeleke, 2020).

Condizioni limitanti a livello di nutrizione, fattori ambientali, edafici e gestionali possono ridurre la resa del girasole sia in termini di produzione di semi sia di contenuto di olio. L'apporto di materiale organico, come il letame, e la somministrazione di fertilizzanti possono influenzare sia la resa che la qualità delle produzioni di girasole. Ad esempio, la fertilizzazione potassica può aumentare sia la produttività della coltura sia la sua tolleranza a stress ambientali come la carenza idrica (Adeleke & Babalola, 2020).

I benefici per la salute derivanti dal consumo di semi e olio di girasole sono attribuiti alla presenza di elementi nutrizionali come acidi grassi monoinsaturi e polinsaturi, proteine, tocoferoli, fitosteroli, rame, zinco, folato, ferro e vitamine del gruppo B. Questi componenti presentano proprietà antimicrobiche, antidiabetiche, antinfiammatorie, antipertensive e antiossidanti (Nandha, Singh, Garg e Rani, 2014).

I principali acidi grassi presenti nell'olio di girasole sono acido oleico, stearico, linoleico e palmitico. Inoltre, l'olio di girasole contiene anche carotenoidi, cere, lecitina e tocoferoli (Kozłowska & Gruczyńska, 2018).

La richiesta di alimenti a base di prodotti derivati dal girasole è cresciuta notevolmente. Grazie al suo valore nutrizionale e salutare, il girasole viene consumato sia come olio che come semi, cucinati o lavorati in varie forme come insalate, snack, burro, pane e margarina (Khan et al., 2015). I semi possono essere consumati arrostiti, salati, bolliti o fermentati.

Indipendentemente dalla forma in cui viene consumato, il girasole fornisce ai consumatori un'adeguata nutrizione e diversi benefici per la salute (Rauf et al., 2017). Gli aspetti nutrizionali e medicinali del girasole non sono stati studiati quanto quelli di altri semi oleaginosi. Tuttavia, i prodotti a base di girasole possono essere utilizzati come ingredienti nella produzione di alimenti per la dieta umana, migliorando la salute grazie ai loro complessi indici nutrizionali (Grasso et al., 2019).

In letteratura, è riportato che il consumo di girasole trasformato come alimento è terapeuticamente importante nel ridurre il rischio di malattie croniche (Sarwar, Sarwar, Sarwar, Qadri e Moghal, 2013). Pertanto, il consumo quotidiano di prodotti a base di semi di girasole può essere raccomandato per rafforzare la salute degli individui e favorire una vita sana. I componenti nutrizionali e bioattivi unici del girasole svolgono un ruolo importante in diverse aree della salute umana, esercitando effetti antinfiammatori (Sarwar, Sarwar, Sarwar, Qadri e Moghal, 2013). Questo giustifica l'intensificazione della produzione agricola e della ricerca sul girasole come promettente coltura oleaginosa con proprietà multifunzionali.

Esistono tre principali tipi di varietà di girasole:

- Semi oleosi per la produzione di olio vegetale.
- Semi non oleosi per l'alimentazione umana e/o animale.
- Conoil, che può essere utilizzato per i mercati di dolci, olio o alimentazione animale.

Gli ibridi di girasole destinati alla produzione di semi oleosi possono essere distinti in base alla prevalenza dell'acido grasso presente. Si avranno quindi cultivar ad alto contenuto di acido linoleico, a medio contenuto di acido oleico (NuSun) e ad alto contenuto di acido oleico. Questi ultimi sono tipicamente a seme nero e hanno un mallo sottile che aderisce al nocciolo.

I semi delle varietà di girasoli oleosi contengono dal 38% al 50% di olio in peso e circa il 20% di proteine. Alcuni tipi di cultivar per la produzione di olio di semi sono destinati anche al mercato dei mangimi per uccelli. Inoltre, i girasoli non oleosi sono indicati per l'uso in pasticceria; i semi di queste cultivar sono caratterizzati da strisce bianche e da dimensioni maggiori. I girasoli non oleosi hanno generalmente un mallo relativamente spesso che rimane leggermente attaccato al nocciolo, permettendo una decorticazione più completa. I semi degli ibridi non oleosi sono generalmente più grandi rispetto ai semi oleosi e hanno una percentuale di olio e un peso inferiore (<https://www.ag.ndsu.edu/>).

### 1.1.1. Ciclo vegetativo-riproduttivo

Il girasole svolge il ciclo colturale attraverso due fasi principali: la fase vegetativa e la fase riproduttiva. All'interno di ciascuna fase, ci sono eventi specifici che segnano la crescita della pianta. Durante la fase vegetativa si ha l'emergenza della piantina e l'emissione delle foglie vere, mentre la fase riproduttiva è incentrata sulla formazione dei bottoni fiorali, sulla fioritura e sulla produzione dei semi.

Osservando e identificando da vicino le fasi di crescita del girasole, si possono prendere decisioni cruciali riguardanti le tecniche di coltivazione, l'uso dei prodotti per la difesa fitosanitaria e il momento ottimale per la raccolta. Il ciclo vitale di un girasole inizia con la germinazione, che avviene circa tre giorni dopo che il seme è stato deposto nel terreno. Durante la germinazione, il seme s'imbibisce, permettendo alle radici di emergere e crescere verso il basso, mentre le foglie cotiledonari emergono e si protendono verso l'alto.

La fase vegetativa è cruciale per stabilire un forte apparato radicale e per la crescita delle foglie, ponendo le basi per il futuro sviluppo dei fiori. Dopo la fase vegetativa, il girasole entra nella fase riproduttiva, caratterizzata principalmente dalla formazione del bottone florale tra le foglie e dai successivi eventi che portano alla formazione degli acheni. Il bottone florale, inizialmente, ha un aspetto a stella e si schiude lentamente man mano che il capolino si apre.

La fioritura può durare fino a trenta giorni, durante i quali il girasole si trova nella fase fenologica della "piena fioritura". Questo è il momento in cui le api e altri impollinatori svolgono un ruolo cruciale nella fecondazione dei fiori e nella produzione di semi. Quando la parte posteriore del capolino diventa gialla, i semi stanno maturando (Johnson, 2024).

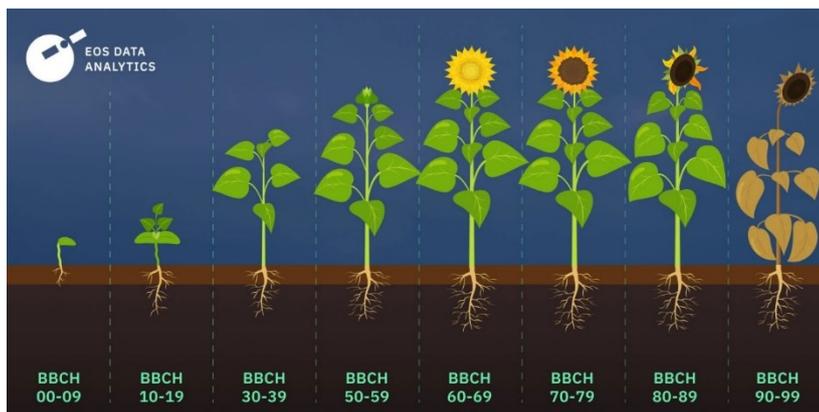


Figura 1-1 Rappresentazione schematica del ciclo vegeto-riproduttivo del girasole (*Helianthus annuus* L.), con le fasi fenologiche espresse secondo la scala BBCH. Le principali fasi includono: germinazione (BBCH 00), sviluppo delle foglie vere (BBCH 10-39), inizio della formazione delle infiorescenze (BBCH 50-59), sviluppo delle infiorescenze (BBCH 60-69), fioritura (BBCH 70-79) e maturazione (BBCH 80 in poi).

### 1.1.2. Esigenze ambientali

La coltura del girasole è considerata dagli agricoltori economica, rustica (tollerante allo stress

idrico), facile da gestire e adatta ad essere inserita in rotazione con i cereali autunno-vernini (Lecomte e Nolot, 2011; *Sunflower crop: environmental-friendly and agroecological*, 2017). Nonostante questi vantaggi, il girasole può restituire basse produzioni a causa di una serie di fattori limitanti quali: predazione da parte di uccelli, malattie fungine, densità di semina ridotta e/o irregolare (Jouffret et al., 2011). Di conseguenza, le superfici coltivate registrano una riduzione delle rese e i servizi ecosistemici forniti dalla coltura spesso non sono sufficienti a compensare la sua mancanza di competitività.

Essendo una coltura seminata nella tarda primavera, il girasole potrebbe interrompere le rotazioni invernali delle colture, offrendo benefici per il controllo biologico delle erbe infestanti e delle malattie trasmesse ai cereali e al colza. Tuttavia, non dovrebbe essere coltivato troppo frequentemente nei bacini di produzione tradizionali per prevenire l'insediamento di inoculi di malattie fungine e mantenere la sostenibilità dei sistemi di coltivazione a base di girasole.

La coltivazione del girasole richiede disponibilità idriche inferiori rispetto ad altre colture. Problemi di irrigazione possono sorgere in alcuni paesi con acqua ad alto contenuto salino. Inoltre, l'uso di acqua estratta dal sottosuolo può rivelarsi non economicamente efficiente (Adeleke & Babalola, 2020).

Le malattie e gli attacchi parassitari rappresentano un problema critico per la produzione di girasole sia nella fase di campo che nella fase di stoccaggio. La trasmissione delle malattie del girasole varia in funzione della cultivar e delle condizioni climatiche (soprattutto in ambienti umidi). Le malattie più comuni che colpiscono il girasole includono *Sclerotinia sclerotiorum* (avvizzimento e marciume della calatide), ruggine (*Puccinia helianthi*), marciume radicale (*Sclerotium rolfsii*), maculatura fogliare (*Septoria* e *Alternaria* spp.), marciume carbonico (*Rhizoctonia* spp.), vescicola bianca (*Albugo tragopogonis*), marciume della calatide (*Rhizopus* spp. e *Botrytis* spp.) e marciume del fusto (*Phoma oleracea* var. *helianthi-tuberosi*) (Adeleke & Babalola, 2020).

### 1.1.3. *Tecnica di coltivazione*

L'epoca e le tecniche di raccolta dei semi di girasole hanno un impatto significativo sulla qualità e sulla quantità della resa. A causa della sua efficienza, velocità e ridotta necessità di lavoro umano, la raccolta meccanizzata del girasole è diventata la metodologia principale nella moderna coltivazione su larga scala di questa specie. Esistono sia mietitrebbie specializzate (più costose) sia mietitrebbie standard munite di una testata per la raccolta del girasole, che permettono di eseguire queste operazioni in campo (Cherlinka, 2023).

Il girasole si adatta bene a una vasta gamma di terreni e climi, con esigenze moderate di acqua e nutrienti, e mostra una buona tolleranza alla salinità. È una pianta benefica per il rinnovo del suolo, poiché segue coltivazioni precedenti come il mais, preparando il terreno per la successiva coltivazione della bietola. È importante pianificare la rotazione delle colture per evitare di coltivare il girasole sullo stesso terreno prima di 3-5 anni, mantenendo una distanza temporale adeguata da

colture come il colza e la soia.

Per preparare il terreno per il girasole, si effettuano lavorazioni minime a una profondità di circa 25 cm, evitando le tradizionali arature. È possibile utilizzare seminatrici combinate o effettuare la semina su sodo. Il girasole richiede un apporto equilibrato di nutrienti, con una dose di azoto compresa tra 80 e 100 kg/ha. Per il fosforo, viene usata una dose media di 80 kg/ha, mentre per il potassio la quantità dipende dai risultati delle analisi del terreno, generalmente eseguite ogni tre anni.

La migliore epoca di semina del girasole va da fine marzo ai primi di aprile. La quantità di seme da utilizzare dipende dal metodo di semina e varia tra 4-6 kg/ha per seminatrici dotate di dischi specifici per il girasole, aumentando del 10% per la semina su sodo. Un obiettivo di semina ideale è di circa 7 piante/m<sup>2</sup>. È consigliabile scegliere ibridi di girasole che producano buoni raccolti di semi e olio e dimostrino stabilità produttiva anche in condizioni climatiche variabili. Queste scelte possono essere confermate dalle prove sperimentali condotte annualmente da centri di ricerca italiani.

Il letto di semina deve essere esente dalla presenza di infestanti. È preferibile adottare strategie di diserbo preventivo, considerando che il periodo critico per le infestazioni va dall'emergenza alle 6-8 foglie vere del girasole (Bartolini, 2015).

#### *1.1.4. Principali prodotti ottenibili e qualità*

L'aumento della disponibilità di fonti proteiche facilmente accessibili e nutrizionalmente equilibrate è cruciale per soddisfare la crescente domanda alimentare globale. La farina di semi di girasole (SMP) ha il potenziale per contribuire significativamente a questo obiettivo. Tuttavia, l'uso delle SMP nell'industria alimentare è limitato a causa dei loro elevati livelli di fattori antinutrizionali, in particolare composti fenolici, e delle loro proprietà funzionali limitate. Rimuovere questi fattori antinutrizionali dalla farina di girasole può migliorarne la qualità nutrizionale, rendendola una risorsa preziosa per alleviare la malnutrizione nei paesi gravemente colpiti. Diversi trattamenti di lavorazione, come quelli a ultrasuoni, a membrana, con solventi e termici, possono essere utilizzati per questo scopo.

L'uso della farina di semi di girasole può contribuire a raggiungere tre degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite: Obiettivo 2 ("Fame zero"), Obiettivo 3 ("Buona salute e benessere") e Obiettivo 12 ("Produzione e consumo responsabili") (Hadidi, 2024). Inoltre, l'olio di girasole, un prodotto non volatile ottenuto durante la lavorazione dei semi, è molto apprezzato per il suo alto contenuto di acidi grassi mono e polinsaturi e di vitamina E. Questo lo rende l'olio preferito nell'alimentazione umana in Europa, dove circa il 90% della produzione viene utilizzato per scopi alimentari, mentre il restante 10% viene impiegato per la produzione di biodiesel e altri usi industriali (Adeleke & Babalola, 2020).

Il girasole è la seconda pianta oleaginosa più importante in Europa. La selezione delle varietà ha portato a un aumento significativo del contenuto di olio e a un miglioramento della sua

composizione, grazie anche alle moderne tecniche biotecnologiche che permettono la creazione di genotipi più produttivi anche in ambienti sfavorevoli. I sottoprodotti dell'estrazione dell'olio di girasole, come la farina, contengono alti valori di proteine e composti fenolici. Questi sottoprodotti possono essere trasformati in farine o ingredienti che migliorano il valore nutrizionale degli alimenti. Gli isolati proteici ottenuti dai sottoprodotti dei semi di girasole hanno buone proprietà tecnologiche e possono migliorare il valore nutrizionale dei prodotti alimentari. Inoltre, i composti fenolici presenti, come l'acido clorogenico, possono essere utilizzati nello sviluppo di alimenti funzionali e imballaggi alimentari attivi e bioattivi (Radanović, 2023).

I sottoprodotti dell'estrazione dell'olio di girasole costituiscono una materia prima con potenzialità per diverse applicazioni nel settore alimentare grazie alla loro composizione ricca di proteine e composti fenolici. Questi sottoprodotti possono essere trasformati in farine e ingredienti che migliorano il valore nutrizionale degli alimenti. Inoltre, gli isolati proteici ottenuti dai sottoprodotti dei semi di girasole possiedono buone proprietà tecnologiche e migliorano il valore nutrizionale dei prodotti alimentari.

I sottoprodotti dei semi di girasole sono anche una fonte di composti fenolici con proprietà bioattive, principalmente acido clorogenico, che può essere estratto con diversi metodi e utilizzato nello sviluppo di alimenti funzionali e di imballaggi alimentari attivi e bioattivi. L'uso dei semi di girasole e delle varie frazioni dei sottoprodotti permette la produzione di alimenti più sani e meno costosi, contribuendo a mitigare i problemi ambientali causati dall'industria dell'olio di girasole (Gonçalves de Oliveira Filho, 2021).

La farina di girasole è una fonte di composti ad alto valore nutrizionale, come proteine, fibre, minerali e composti fenolici. L'uso della farina di girasole e delle sue frazioni negli alimenti e nello sviluppo di materiali funzionali, come pellicole e rivestimenti, è un'alternativa promettente per ridurre la generazione di residui agroalimentari dell'olio di girasole e valorizzare questo sottoprodotto (Gonçalves de Oliveira Filho, 2021).

Gli estratti di semi di girasole, come la farina e il pannello, potrebbero essere una promettente aggiunta alla dieta umana oltre che come mangime per il bestiame. L'uso di prodotti a base di semi di girasole ad alto contenuto proteico trova applicazione nella produzione di vari prodotti alimentari e in diversi settori farmaceutici e agricoli (Adeleke & Babalola, 2020).

## **1.2. L'Agricoltura Biologica**

L'Agricoltura Biologica è un sistema che esclude in gran parte l'uso di input artificiali come fertilizzanti, pesticidi, ormoni e additivi per mangimi (Ashoka Gamage, 2023). Questo approccio, rispettoso dell'ambiente, costituisce un'alternativa alle pratiche agricole convenzionali, basate sull'uso intensivo di prodotti chimici di sintesi. La filosofia sottostante considera il suolo come un sistema vivente, promuovendo pratiche come la rotazione delle colture e il controllo biologico per preservare la sua salute e produttività.

Le colture biologiche spesso mostrano un valore superiore a quelle convenzionali, sia economicamente che in termini di qualità, con un trend di produzione in costante aumento. La vendita di prodotti biologici è regolamentata con rigore nei mercati avanzati. L'impatto ambientale dell'agricoltura biologica è ridotto, contribuendo al recupero e al miglioramento dei terreni agricoli degradati. Questa pratica favorisce anche una gestione sostenibile del suolo e delle risorse naturali.

La combinazione di agricoltura biologica e nuove tecnologie è cruciale per affrontare le sfide del settore. Tale approccio contribuisce a ridurre gli effetti negativi del cambiamento climatico, migliorando la resilienza degli agroecosistemi e promuovendo sistemi agricoli più produttivi e rispettosi dell'ambiente. Inoltre, l'agricoltura biologica offre soluzioni per molti dei problemi contemporanei legati alla produzione alimentare, con prodotti caratterizzati da livelli inferiori di pesticidi e nitrati.

Gli alimenti biologici derivano da materie prime prodotte secondo rigorosi standard di agricoltura biologica, che vietano l'uso di sostanze chimiche. Questi prodotti sono regolati da leggi specifiche che ne definiscono il quadro normativo e stabiliscono gli standard di produzione, etichettatura e controllo. Sebbene la produzione biologica sia in crescita globale, il consumo rimane limitato, principalmente a causa di disponibilità limitate, prezzi più alti e scarsa informazione sui prodotti (Perretti et al., 2004).

L'Agricoltura Biologica offre una serie di vantaggi distintivi che vanno oltre la semplice produzione alimentare. Innanzitutto, permette di ottenere alimenti sani e nutrienti, contribuendo al contempo alla salvaguardia dell'ambiente. Attraverso l'adozione di pratiche come una fertilizzazione ottimale e l'utilizzo di pesticidi naturali, si riduce l'inquinamento e si preserva la fertilità del suolo. Allo stesso tempo, l'Agricoltura Biologica promuove la biodiversità e la sostenibilità degli ecosistemi agricoli.

Grazie a un approccio sistemico, si contribuisce alla mitigazione dei cambiamenti climatici e all'adattamento degli agricoltori alle nuove sfide ambientali. Ciò si traduce in una maggiore resilienza dei terreni agricoli e in una migliore gestione delle risorse naturali. Un aspetto cruciale dell'Agricoltura Biologica è il suo impatto positivo sull'emissione di gas serra. Grazie alla riduzione dell'utilizzo di input sintetici e al ricorso a pratiche di gestione sostenibile, si riducono significativamente le emissioni di CO<sub>2</sub> e si aumenta il sequestro di carbonio nel suolo.

Ciò porta a un'agricoltura più efficiente dal punto di vista energetico e meno dipendente dai combustibili fossili. Inoltre, l'Agricoltura Biologica favorisce il benessere degli animali e dei loro habitat, promuovendo il pascolo libero e riducendo l'uso di antibiotici e ormoni. Questo approccio rispettoso degli animali si riflette anche nella qualità superiore dei prodotti alimentari biologici.

Nonostante i suoi numerosi vantaggi, l'Agricoltura Biologica non è priva di criticità. Uno dei principali punti di discussione riguarda la sua capacità di soddisfare la domanda alimentare su larga scala. Poiché le pratiche biologiche tendono a generare rese inferiori rispetto all'agricoltura convenzionale, alcuni dubitano della loro efficacia nel fornire cibo a una popolazione in crescita.

Inoltre, il costo più elevato dei prodotti biologici rispetto a quelli convenzionali può limitare l'accesso a una dieta sana per le fasce economicamente svantaggiate della società.

Allo stesso tempo, l'assenza di pesticidi sintetici potrebbe rendere le coltivazioni biologiche più suscettibili a malattie e parassiti, mettendo a rischio la sicurezza alimentare. Infine, l'impatto ambientale complessivo dell'Agricoltura Biologica è oggetto di dibattito, poiché alcuni ritengono che le pratiche intensive di coltivazione possano avere un impatto maggiore su alcune risorse, come l'acqua e il suolo, rispetto all'agricoltura biologica.

In definitiva, mentre l'Agricoltura Biologica offre molteplici benefici, è importante considerare anche le sfide e le criticità associate a questo approccio agricolo.

### *1.2.1 Tecniche di agricoltura biologica*

Il mercato delle oleaginose biologiche, e quindi anche del girasole, e dei rispettivi prodotti finiti sono in forte crescita sia in Italia e sia nel mondo. L'incremento dei consumi di prodotti alimentari biologici, inoltre, si inserisce nell'ambito di una tendenza sempre più consolidata verso la ricerca di prodotti salutistici ed ecologici. Il forte aumento, inoltre, della domanda di proteine animali per la popolazione mondiale prevista per i prossimi anni, porta ad una costante ricerca di alternative, sia da un punto di vista sociale che ambientale. Nella filiera del girasole viene prodotto anche il pannello, un sottoprodotto dell'estrazione dell'olio ad alto tenore proteico, che attualmente viene utilizzato per l'alimentazione animale. Il girasole è una coltura da rinnovo perché si adatta ai terreni collinari siccitosi e all'avvicendamento con i cereali, permettendo quella rotazione essenziale per un'agricoltura sostenibile, come chiesto dalla Politica agricola comune e da alcune misure agroambientali del Programma di Sviluppo Rurale.

Questa coltura è da sempre considerata una pianta mellifera e quindi in grado di fornire dei servizi ecologici. Per piante mellifere si intendono quelle specie vegetali capaci di attrarre le api (*Apis mellifera*) e altri insetti impollinatori perché ricche di polline e nettare di cui esse si nutrono e da cui deriva poi la produzione di miele. Il miele uniflorale di girasole ha sempre rappresentato in passato una produzione caratteristica del territorio marchigiano. Diversamente dal passato e per varie cause, quali l'organizzazione e gestione dei sistemi culturali, la diffusione di varietà di girasole non in grado di fornire alle api nutrimento, gli alveari affrontano lunghi periodi di "carestia" che compromettono la loro sopravvivenza. Per la sostenibilità e la biodiversità dell'agroecosistema è importante avere a disposizione piante di girasole adatte a specifiche condizioni di coltivazioni in grado di fornire servizi ecologici e contrastare i cambiamenti climatici.

Un'altra criticità della coltivazione del girasole in regime biologico è rappresentata dalla gestione delle infestanti.

La selezione di cultivar di girasole altamente competitive è stata adottata come strategia primaria per limitare la crescita delle erbe infestanti. Tuttavia, è emerso che affidarsi esclusivamente a questa capacità competitiva potrebbe non essere sufficiente per sopprimere efficacemente le infestanti nel

girasole. Per affrontare questa sfida, sono state esplorate altre strategie di gestione complementari, come l'impiego di specie di pacciamatura vivente appropriate.

Sono stati condotti due esperimenti distinti per valutare l'efficacia combinata della cultivar e del pacciame vivo sulla crescita delle infestanti e sulla resa del girasole. Tre cultivar di girasole sono state prese in considerazione: Allstar, Azargol e Farokh. Inoltre, sono stati testati tre trattamenti di pacciamatura vivente, includendo consociazioni di grano saraceno, erba medica e vecchia pelosa.

I risultati hanno rivelato significative differenze nella capacità competitiva delle diverse cultivar di girasole contro le erbe infestanti. In particolare, la cultivar Azargol ha dimostrato una maggiore competizione rispetto ad Allstar e Farokh, influenzando positivamente sia la resa del girasole che il livello di infestazione delle erbe infestanti. Inoltre, l'utilizzo di pacciamatura vivente ha contribuito significativamente a ridurre la crescita delle infestanti e migliorare la resa del girasole, soprattutto quando combinato con cultivar altamente competitive come Azargol.

## 2. OBIETTIVI DELLA TESI

Il lavoro sperimentale condotto per l'elaborato di tesi fa parte integrante dell'attività di ricerca prevista dal Progetto Beeflower, finanziato dal PSR Marche (Programma di Sviluppo Rurale 2014/2020 - M16.1.A.2 Finanziamento dei Gruppi Operativi - FA 2A), e coordinato dalla professoressa Paola Riolo, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali (D3A) dell'Università Politecnica delle Marche (UNIVPM).

Il Progetto Beeflower nasce nel contesto delle aziende biologiche della collina interna (Montefeltro) della Regione Marche, in risposta all'esigenza degli agricoltori di trovare colture da reddito, sostenibili ed ecologiche da inserire nelle rotazioni aziendali per aumentare la diversificazione e la competitività dell'azienda.

Gli obiettivi principali del Progetto, che vede la partecipazione di tre gruppi di ricerca del D3A (Entomologia, Tecnologie alimentari e Agronomia) sono: i) valutare le caratteristiche morfofisiologiche, fenologiche, resa in acheni e olio di accessioni di girasole di vecchia costituzione coltivate in specifici sistemi agricoli biologici; ii) caratterizzare gli acheni raccolti in termini di potenziale germinativo; iii) stimare la forza delle famiglie di api domestiche, che bottineranno sui fiori delle singole accessioni, quantità di miele e polline stoccato all'interno delle arnie; iv) valutare da un punto di vista nutrizionale e di contenuto in componenti bioattivi i prodotti (acheni decorticati, olio estratto a freddo), i sottoprodotti (panello proteico), il miele e il polline stoccato dalle api nelle arnie; v) esplorare la possibilità di utilizzare il pannello proteico per la produzione di alimenti funzionali.

Il lavoro per l'elaborato di tesi è stato svolto presso l'azienda di proprietà del capofila del Progetto Beeflower, nell'ambito delle attività condotte dalla sezione di Agronomia con il coordinamento del Prof. Ledda.

Gli obiettivi specifici includono la valutazione delle caratteristiche morfologiche e produttive di accessioni di girasole di vecchia costituzione.

## 3. MATERIALI E METODI

### 3.1. Sito sperimentale

L'esperimento è stato condotto presso l'azienda privata di Maria Luisa Grestini (43° 40' 12.00" N, 12° 46' 48.00" E), situata nel comune di Fossombrone (provincia di Pesaro-Urbino). Questa azienda è la capofila del progetto BeeFlower. Fondata nel 1973, oggi l'azienda si estende su circa 35 ettari di superficie agricola totale, suddivisi in seminativo (circa 14,50 ha), oliveto (circa 0,70 ha), pascolo arborato (circa 1,50 ha), tartufaia (circa 2,10 ha) e bosco (circa 14,10 ha).

Dal 2018 l'azienda è gestita in regime biologico e, per massimizzare la diversificazione produttiva, affianca all'allevamento di bovini da ingrasso, la produzione di energia elettrica tramite un impianto fotovoltaico da 100 kW. È stata anche avviata un'attività di panificazione e pastificazione utilizzando farine e semole prodotte con i cereali dell'azienda, i prodotti ottenuti da quest'attività sono venduti nel punto vendita aziendale. Nel 2020 è stata introdotta anche l'attività apistica, che attualmente comprende un numero limitato di alveari, ma che l'imprenditrice agricola intende sviluppare in un settore importante per l'azienda. Nel 2021 la titolare Maria Luisa Grestini è stata socia fondatrice del Distretto Biologico Terre Marchigiane, che riunisce molte delle imprese agroalimentari biologiche della Regione Marche. Attualmente l'azienda Grestini è una delle cinque aziende nella Regione Marche autorizzate a utilizzare il marchio "Prodotto di Montagna" per i propri prodotti. L'azienda vende direttamente olio d'oliva, farro decorticato, farine di farro, grano tenero, grano duro e orzo mondo, pasta secca, pasta fresca, pane, orzo tostato per caffè e miele.

Negli anni è stata sperimentata anche la coltivazione del girasole, una coltura da rinnovo, con il prodotto destinato alla spremitura a freddo per la vendita dell'olio. Il pannello, sottoprodotto del processo di estrazione dell'olio, è stato riutilizzato come alimento per la zootecnia aziendale. Da questa esperienza con la filiera del girasole bio sono emerse potenzialità economiche, legate all'ampliamento dell'offerta di prodotti commercializzabili, e agronomiche, legate all'inserimento nelle rotazioni colturali di una specie vegetale da rinnovo.

### 3.2. Descrizione della prova sperimentale

L'esperimento è stato avviato a maggio 2023 con la semina di quattro varietà di girasole. Di queste varietà, una era rappresentata da un ibrido della MAS Sementi, già coltivato dall'azienda e utilizzato come varietà di controllo. Le altre tre varietà erano accessioni di vecchia costituzione, non ibride. Due di queste ultime, Peredovick ed Elena, sono state incluse nella lista delle varietà utilizzabili nell'ambito dell'ecoschema sull'apicoltura della nuova PAC 2027.

Dopo la preparazione del letto di semina, la semina è avvenuta il 5 maggio 2023 attraverso una seminatrice pneumatica di precisione con dischi da girasole. Il quantitativo di seme usato è stato pari a 4 - 6 kg per ettaro. Trattandosi di un terreno con buona capacità di ritenzione idrica l'investimento si è aggirato intorno ai 7 – 9 semi a m<sup>2</sup> per un totale di 6 - 7 piante a m<sup>2</sup>. La semina è stata effettuata in macroparcelle da 200 m<sup>2</sup> l'una. Ogni varietà è stata identificata da un cartellino numerato inserito nella macroparcella stessa per facilitare la distinzione delle parcelle di prova.

La sperimentazione non ha previsto l'impiego di uno schema sperimentale, ma all'interno di ciascuna macroparcella sono state individuate 5 aree di saggio di superficie pari a 2 m<sup>2</sup> con, in media, 5 piante sulle quali sono stati effettuati i rilievi fenologici e di produzione.

Dopo le prime fasi di sviluppo e di accrescimento iniziale, e poco prima dell'inizio della fase di emissione dei capolini, su ogni parcella sono stati realizzati dei tunnel (Fig. 3-1). All'interno di questi tunnel sono state poi posizionate le arnie dal gruppo di ricerca della sezione di Entomologia del D3A, con l'obiettivo di valutare la capacità nettarifera di ciascuna varietà posta a confronto rispetto all'ibrido.



*Figura 3-1 Tunnel allestiti per l'avvio della prova*

### *3.2.1 Caratteristiche del materiale vegetale*

#### MAS 830 OL (MAS Seeds Italia)

Il MAS 830 OL è un ibrido distribuito dalla MAS Seeds Italia, originario della Francia. Questo tipo di materiale vegetale è particolarmente versatile, risultando adatto a tutti gli ambienti e certificato per l'agricoltura biologica. Dal punto di vista morfologico, la pianta ha una fioritura media con un intervallo tra l'emergenza e la fioritura di circa 72 giorni. La sua altezza è medio-alta, variando tra i 180 e i 190 cm. La calatide è leggermente convessa e inclinata, mentre i semi hanno un peso di 55-65 grammi per 1000 unità. In termini di produzione, il MAS 830 OL è utilizzato principalmente per la produzione di olio. Agronomicamente, la densità di semina ottimale è di 6,5

semi per metro quadrato, che si riduce a 5,5 piante per metro quadrato in condizioni limitanti. Questo ibrido è rustico, tollerante allo stress idrico e alle più comuni patologie fungine.

Peredovick (Arcoiris, Modena)

La varietà Peredovick è fornita da Arcoiris, Modena, ed è originaria dell'Unione Europea. È una varietà a impollinazione aperta, caratterizzata da una grande rusticità che la rende adatta a tutti gli ambienti. Morfologicamente, la Peredovick ha una fioritura media che dura circa 40 giorni e la pianta raggiunge un'altezza considerevole. La calatide produce più di un'infiorescenza, e si consiglia di rimuovere quelle secondarie. Questa varietà è principalmente coltivata per la produzione di olio. Le densità di semina ottimali sono di 5,3 piante per metro quadrato, mentre in condizioni limitanti si riducono a 4,8 piante per metro quadrato. Il sesto di impianto consigliato è di 70-100 cm tra le file e 30-40 cm sulla fila. La Peredovick è abbastanza rustica e tollerante allo stress idrico e alle patologie fungine comuni. Inoltre, è inclusa nella lista dell'ecoschema 5 "Misure specifiche per gli impollinatori" della nuova PAC 2022-2027.

Elena (MEB Ribeyrolles, Arcoiris, Modena)

Distribuita da Arcoiris, Modena, la varietà Elena è originaria dell'Europa dell'Est e sviluppata in Italia. È una varietà a impollinazione aperta, molto rustica e adatta a vari ambienti. La pianta fiorisce in un periodo medio e raggiunge un'altezza compresa tra 1,60 e 1,80 metri. I semi sono grossi e striati, ideali per la decorticazione. Questa varietà è coltivata sia per la produzione di olio che per la decorticazione a uso alimentare. Le densità di semina ottimali sono di 5,3 piante per metro quadrato, ridotte a 4,8 piante per metro quadrato in condizioni limitanti. Il sesto di impianto è simile a quello della Peredovick, con 70-100 cm tra le file e 30-40 cm sulla fila. L'accessione Elena è resistente alla carenza idrica e ha una buona stabilità produttiva in ambienti biologici e terreni marginali. Anche questa varietà è inclusa nella lista dell'ecoschema 5 della nuova PAC 2022-2027.

Gigante Mongolo (Exotic Seeds, KR)

Il Gigante Mongolo, distribuito da Exotic Seeds Store in Croazia, ha origine russa. Questa varietà richiede terreni fertili e ben lavorati per svilupparsi correttamente. Morfologicamente, la pianta ha una fioritura media e può raggiungere un'altezza di 4 metri. L'infiorescenza può avere un diametro fino a 45 cm. I semi sono grandi, fino a 3 cm, con un peso di 100 grammi per 1000 semi, e sono adatti alla decorticazione a uso alimentare. Per quanto riguarda le caratteristiche agronomiche, questa varietà necessita di un terreno fertile e ben lavorato per garantire un corretto sviluppo delle radici.

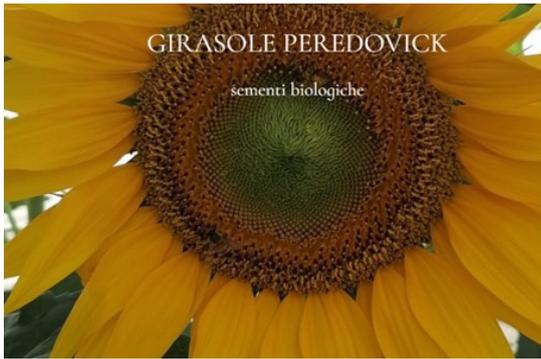


Figura 3-2 Peredovick



Figura 3-3 Elena



Figura 3-4 Gigante Mongolo



Figura 3-5 MAS830OL

### 3.3. Fenologia

Per valutare lo sviluppo vegetativo e la precocità, sono state monitorate le piante (in media 5) presenti nelle 5 aree di saggio permanenti individuate all'interno di ogni macroparcella. A cadenza bisettimanale si è proceduto all'osservazione e assegnazione dello stadio fenologico delle piante. Per lo stadio fenologico si è ricorso alla scala BBCH (*Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie*; (Lancashire, et al., 1991)) che suddivide l'intero ciclo biologico in 10 stadi principali (da 0 a 9) così da assegnare lo stesso codice a stadi di crescita simili per ciascuna specie vegetale. Combinando i parametri di temperatura e i dati fenologici è stato possibile individuare l'accumulo di gradi giorno (GDD - *Growing Degrees Days*). Questo è stato calcolato sommando le differenze tra la temperatura media giornaliera ( $T_m$ ) e la temperatura base ( $T_b$ ) del girasole, 6 °C per l'intero ciclo colturale (Benventi & Vannozzi, 2001), con la formula:

$$GDD = \sum(T_m - T_b)$$

### 3.4 Resa e componenti della resa

In corrispondenza della maturazione fisiologica, all'interno delle aree di saggio è stata misurata l'altezza di due piante che sono state poi prelevate e analizzate per la determinazione delle componenti della resa. La resa in acheni e i componenti della resa (numero di acheni per calatide; peso di 1000 acheni) sono stati misurati sulle piante utilizzate per la valutazione fenologica. Gli acheni di ciascuna delle 10 calatidi sono stati contati e pesati. La biomassa epigea è stata misurata sulle stesse 10 piante per parcella. La sostanza secca degli acheni e della biomassa epigea sono state determinate dopo essiccazione in stufa a 60 °C fino al raggiungimento di un peso costante.

Successivamente, i dati medi di sostanza secca ottenuti per parcella sono stati rapportati all'ettaro.

### **3.5 Analisi statistica**

I dati ricavati dai rilievi quanti-qualitativi sono stati elaborati statisticamente attraverso l'analisi della varianza ANOVA a una via e le medie sono state separate attraverso il test HSD di Tukey con  $p \leq 0.05$ . Per l'elaborazione statistica è stato utilizzato il software R (Team R Core, 2024). Nell'ambito delle figure, quando non sono state riscontrate differenze significative si è riportata la sigla ns (non significativo) e ogni figura è stata dotata della barra di errore standard (SE - *Standard Error*).

## 4. RISULTATI E DISCUSSIONE

### 4.1. Andamento termo-pluviometrico

Nel 2023 le temperature sono mediamente aumentate rispetto alla serie storica, con un incremento medio di 1.6 °C. In tutti i mesi compresi tra aprile e settembre, durante i quali si è svolto il ciclo del girasole, si sono registrati scostamenti positivi.

Le precipitazioni hanno mostrato incrementi significativi in primavera, tanto che il cumulato delle piogge è stato superiore rispetto alla serie storica. Gli eventi meteorici di maggio sono stati molto abbondanti e, non raramente, intensi, interferendo negativamente con lo sviluppo delle giovani piante (Fig. 4-1).

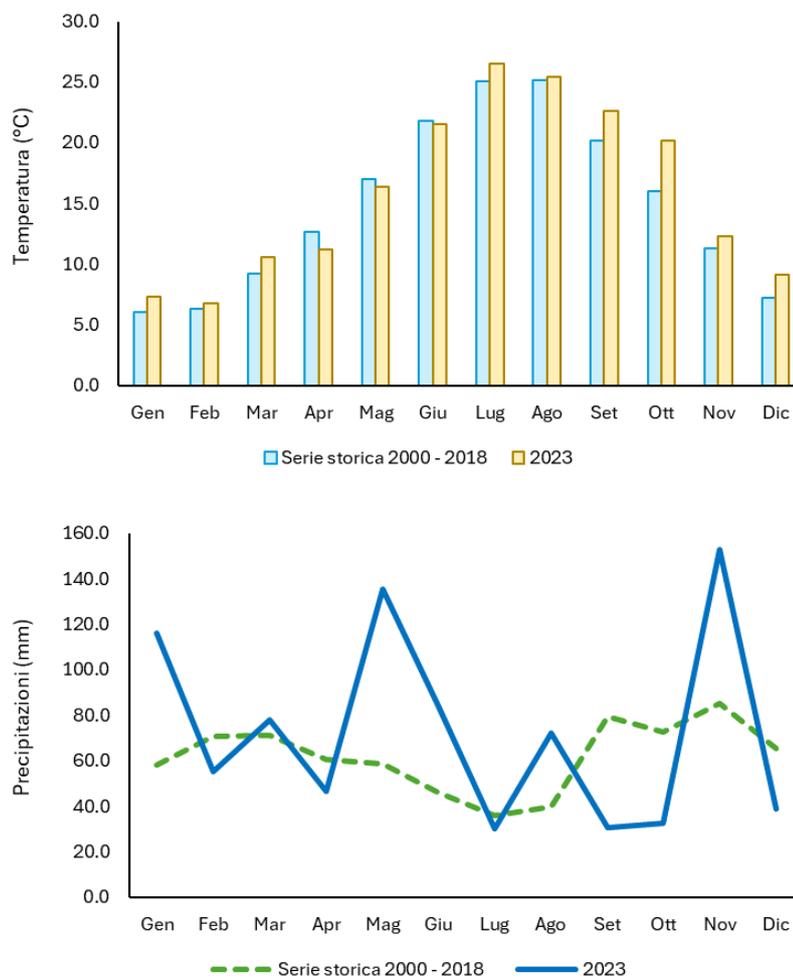


Figura 4-1 Andamento della temperatura e delle precipitazioni nel 2023 nel comune di Fossombrone (PU) e confronto con l'andamento termopluviometrico della serie storica (2000 – 2018) (Fonte AMAP).

### 3.2. Stadi fenologici

I risultati hanno mostrato che l'emergenza, la fase di bottone visibile, la piena fioritura e la maturità fisiologica per le 4 varietà di girasole sono state significativamente influenzate dalle somme termiche. Secondo la Tabella 2, le varietà di girasole mediamente hanno richiesto 109.0 °C (GDD) fino all'emergenza, 602.3 °C (GDD) fino al bottone visibile (51), 1226.6 °C (GDD) fino alla piena fioritura (65), e tra 129 e 137 giorni, 2228.67 °C (GDD) dalla semina alla maturità (Tab. 1 e 2). Dal punto di vista della precocità di fioritura, Elena e Peredovick sono risultate le varietà più precoci, fiorendo a 77 giorni dall'emergenza. L'ibrido ha registrato un comportamento intermedio, mentre il Gigante Mongolo è risultato tardivo. Questo trend si è confermato anche per il raggiungimento della maturità fisiologica.

*Tabella 1 Risultati dell'analisi della varianza per i giorni fenologici (n. giorni) delle quattro varietà di girasole a confronto dall'emergenza alla maturazione fisiologica.*

| Varietà         | Scala fenologica BBCH |    |       |        |
|-----------------|-----------------------|----|-------|--------|
|                 | 10                    | 51 | 65    | 89     |
| MAS8300L        | 12                    | 49 | 80 ab | 136 a  |
| Peredovick      | 11                    | 48 | 77 b  | 131 ab |
| Elena           | 12                    | 47 | 77 b  | 129 b  |
| Gigante Mongolo | 11                    | 51 | 89 a  | 137 a  |

| Fonte di variazione | Gradi di libertà | Pr(>F) |    |   |   |
|---------------------|------------------|--------|----|---|---|
| Varietà             | 3                | ns     | ns | * | * |

ns differenza non significativa; \* differenza significativa per  $p < 0.05$ ; \*\*\* differenza significativa per  $p < 0.001$ . Lettere diverse indicano differenze significative tra le medie ( $p < 0.05$ ) secondo il test HSD di Tukey. 10: emergenza, 51: bottone fiorale visibile, 65: piena fioritura, 89: maturità fisiologica

*Tabella 2 Risultati dell'analisi della varianza sull'accumulo di gradi giorno nelle quattro varietà di girasole a confronto dall'emergenza alla maturazione fisiologica.*

| Varietà         | Scala fenologica BBCH |          |           |           |
|-----------------|-----------------------|----------|-----------|-----------|
|                 | 10                    | 51       | 65        | 89        |
| MAS8300L        | 112.9 a               | 606.4 ab | 1215.3 ab | 2276.5 a  |
| Peredovick      | 105.6 b               | 586.9 b  | 1146.6 b  | 2189.8 ab |
| Elena           | 112.9 a               | 568.7 b  | 1146.6 b  | 2153.2 b  |
| Gigante Mongolo | 105.6 b               | 647.4 a  | 1398.0 a  | 2295.2 a  |

| Fonte di variazione | Gradi di libertà | Pr(>F) |     |     |     |
|---------------------|------------------|--------|-----|-----|-----|
| Varietà             | 3                | ***    | *** | *** | *** |

\*\*\* differenza significativa per  $p < 0.001$ . Lettere diverse indicano differenze significative tra le medie ( $p < 0.05$ ) secondo il test HSD di Tukey. 10: emergenza, 51: bottone fiorale visibile, 65: piena fioritura, 89: maturità fisiologica

Le somme termiche calcolate per le varietà in prova sono risultate in linea con quelle riportate

da Qadir (Qadir, 2007). L'ibrido ha mostrato uno schema differente per i giorni dalla semina alla maturità fisiologica, probabilmente a causa di una diversa risposta alla lunghezza del giorno, alla carenza d'acqua e ad altre condizioni ambientali.

I dati sull'altezza delle piante delle quattro varietà di girasole dalla fase di piena fioritura (65) al momento della maturazione fisiologica (89) sono risultati significativamente diversi, come riportato nella Tabella 3. L'ibrido MAS830OL ha raggiunto l'altezza massima delle piante (141.2 cm), superiore di circa 10 cm rispetto al valore raggiunto dalle altre varietà a parità di fase fenologica. Le differenze nell'altezza delle piante possono anche essere attribuite al differente potenziale genetico esistente tra ibridi e accessioni "antiche" e anche alla differente risposta che tale materiale vegetale ha alle diverse condizioni ambientali. Risultati simili sono stati riportati da Canavar et al. (Canavar et al., 2010).

*Tabella 3 Altezza delle piante (cm) delle quattro varietà di girasole dall'emergenza alla maturazione fisiologica.*

| Varietà         | Scala fenologica BBCH |      |         |         |
|-----------------|-----------------------|------|---------|---------|
|                 | 10                    | 51   | 65      | 89      |
| MAS830OL        | 14.7                  | 62.6 | 140.7 a | 141.2 a |
| Peredovick      | 14.9                  | 61.6 | 133.7 b | 133.8 b |
| Elena           | 11.8                  | 63.1 | 133.0 b | 133.0 b |
| Gigante Mongolo | 16.3                  | 58.0 | 133.8 b | 134.4 b |

| Fonte di variazione | Gradi di libertà | Pr(>F) |    |    |   |
|---------------------|------------------|--------|----|----|---|
| Varietà             | 3                | ns     | ns | ** | * |

ns differenza non significativa; \*\* differenza significativa per  $p < 0.01$ ; \*\*\* differenza significativa per  $p < 0.001$ . Lettere diverse indicano differenze significative tra le medie ( $p < 0.05$ ) secondo il test HSD di Tukey. 10: emergenza, 51: bottone fiorale visibile, 65: piena fioritura, 89: maturità fisiologica

### 3.3. Produzione

L'analisi della varianza condotta sui dati raccolti a fine ciclo colturale ha mostrato differenze significative per tutti i parametri considerati per le quattro varietà a confronto (Tabella 4). Il diametro della calatide più grande (20.5 cm) è stato prodotto da Peredovick, anche se nessuna differenza significativa è emersa rispetto alla varietà Gigante Mongolo. L'ibrido e Elena hanno restituito diametri di calatide significativamente più bassi (16.3 e 17.4 cm, rispettivamente). Per questo parametro, i dati raccolti sono risultati in linea con quanto riportato in bibliografia da Qadir et al. (2006). Il peso di 1000 acheni è variato da 64.2 a 118.2 g. La varietà Peredovick ha prodotto i semi con il peso maggiore, significativamente ( $p < 0.001$ ) diverso dai valori registrati dalle altre tre varietà. L'ibrido ha restituito i valori più bassi, per quest'ultimo parametro (64.2 g), come mostrato in Tabella 4. I nostri dati in termini di peso di 1000 acheni sono stati simili a quelli di Asbag et al.

(Asbag, 2009). Tan e Tan (Tan, 2010) ha riportato che la principale causa della riduzione del peso degli acheni è una diminuzione della fase di riempimento degli acheni dovuta a stress di natura biotica e abiotica. In un confronto varietale, a parità di condizioni pedo-climatiche e di tecnica agronomica, la ragione di questa variabilità è da attribuire principalmente all'influenza specifica del genotipo.

*Tabella 4 Diametro della calatide, biomassa epigea (sostanza secca), resa per pianta, peso di mille acheni, indice di raccolto (HI) delle piante di girasole delle quattro varietà durante la maturità fisiologica.*

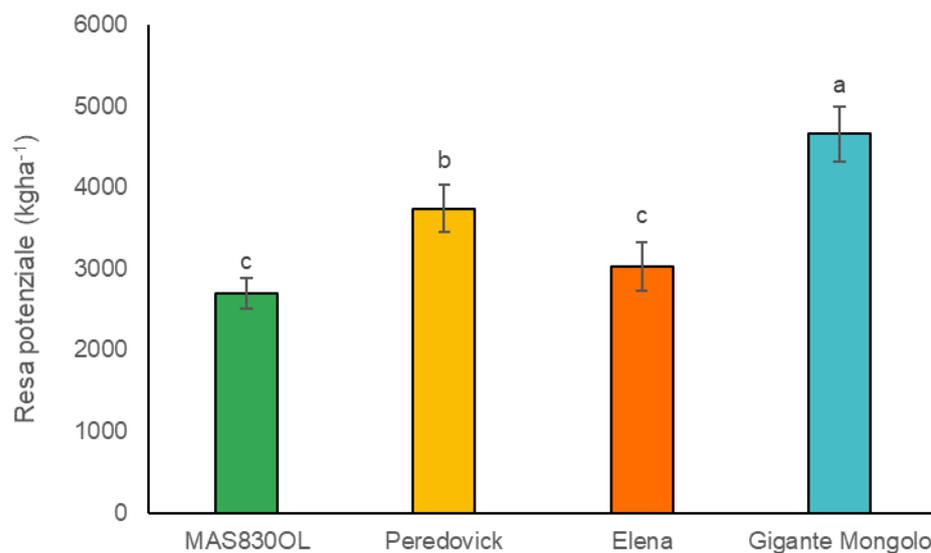
| Varietà         | Diametro calatide (cm) | Biomassa epigea (g pianta <sup>-1</sup> ) | Produzione acheni (g pianta <sup>-1</sup> ) | Peso di 1000 acheni (g) | HI     |
|-----------------|------------------------|---|---|-------------------------|--------|
| MAS 801 OL      | 16.3 b                 | 165.0 c                                   | 79.5 c                                      | 64.2 d                  | 0.53 a |
| Peredovick      | 20.5 a                 | 345.4 a                                   | 137.2 a                                     | 118.2 a                 | 0.44 b |
| Elena           | 17.4 b                 | 283.3 b                                   | 101.1 b                                     | 88.1 b                  | 0.54 a |
| Gigante Mongolo | 20.2 a                 | 334.0 a                                   | 133.6 a                                     | 78.1 c                  | 0.44 b |

Fonte di variazione Gradi di libertà Pr(>F)

|         |   |     |     |     |     |    |
|---------|---|-----|-----|-----|-----|----|
| Varietà | 3 | *** | *** | *** | *** | ** |
|---------|---|-----|-----|-----|-----|----|

\*\* differenza significativa per  $p < 0.01$ ; \*\*\* differenza significativa per  $p < 0.001$ . Lettere diverse indicano differenze significative tra le medie ( $p < 0.05$ ) secondo il test HSD di Tukey.

Gli varietà oggetto di studio hanno prodotto quantità diverse di biomassa aerea. Peredovick ha fatto registrare i valori di biomassa prodotta più alti (345.4 g pianta<sup>-1</sup>), significativamente diversi da Elena e dall'ibrido.



*Figura 4-1 Resa potenziale delle quattro varietà di girasole, calcolata in base alle componenti della resa*

Tekelwold et al. (Tekelwold, 2000) hanno riportato che piante alte con molte foglie potrebbero aumentare la biomassa totale attraverso un aumento della fissazione del carbonio che può essere infine ripartito. Il più alto indice di raccolto (54%) è stato ottenuto dalla varietà Elena. Il più basso indice di raccolto (44%) è stato ottenuto da Peredovick e Gigante Mongolo (Tabella 4). Gli indici di raccolto di tutte e quattro le varietà sono stati influenzati dal diametro della calatide, dal peso di mille acheni, dalla precocità, dalla tardività, dall'altezza della pianta, dal numero di acheni per calatide. La resa di acheni per pianta è variata da 64.2 g a 118.2 g, con una media di 112.9 g (Tabella 4). La resa potenziale in acheni delle 4 varietà in prova è variata da 2703 a 4664 kg ha<sup>-1</sup>, con una media di 3535 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 4-2). La resa potenziale più alta è stata osservata in Gigante Mongolo quella più bassa nell'ibrido.

## 5. CONCLUSIONI

I risultati preliminari ottenuti nell'ambito del primo anno di studio condotto del Progetto Beeflower offrono una panoramica rilevante sulle performance delle accessioni di girasole di vecchia costituzione quando coltivate nel contesto tipico delle colline interne della Regione Marche e in regime biologico.

Il 2023 ha visto un significativo aumento delle temperature medie di 1.6 °C rispetto alla serie storica, con impatti rilevanti durante i mesi critici per il ciclo del girasole, da aprile a settembre. Le precipitazioni primaverili sono state abbondanti, superando la media storica, ma con eventi meteorici intensi in maggio che hanno interferito negativamente con lo sviluppo delle giovani piante. Queste condizioni climatiche hanno evidenziato la necessità di varietà di girasole resilienti e adattabili alle variazioni climatiche.

Il nostro studio ha valutato le caratteristiche fenologiche di quattro varietà di girasole, mostrando come le somme termiche abbiano influenzato significativamente stadi cruciali come l'emergenza, il bottone florale visibile, la piena fioritura e la maturità fisiologica. Le varietà Elena e Peredovick si sono distinte per la loro precocità, mentre il Gigante Mongolo ha mostrato un comportamento più tardivo. Questi risultati sono fondamentali per selezionare varietà che meglio si adattano ai cicli culturali nelle aziende biologiche del Montefeltro anche in funzione di quella che sarà la destinazione d'uso.

In termini di produzione, le analisi condotte hanno rivelato differenze significative tra le varietà per parametri come il diametro della calatide, la biomassa epigea, la resa per pianta e il peso dei 1000 acheni. La varietà Peredovick ha prodotto i semi più pesanti e il diametro della calatide più grande, mentre l'ibrido MAS830OL ha registrato valori più bassi in termini di biomassa. Queste differenze produttive sottolineano l'importanza della scelta varietale per massimizzare la resa in acheni e olio in regime biologico, uno degli obiettivi chiave del Progetto Beeflower.

L'altezza delle piante ha mostrato variazioni significative, con l'ibrido MAS830OL che ha raggiunto l'altezza massima, superando le altre varietà di circa 10 cm. Questo parametro, influenzato dal potenziale genetico e dalla risposta alle condizioni ambientali, è cruciale per comprendere come le diverse varietà possano contribuire alla diversificazione e alla competitività delle aziende agricole biologiche.

Infine, l'analisi della resa ha evidenziato che la varietà Gigante Mongolo ha ottenuto la resa potenziale più alta in acheni, mentre l'ibrido ha mostrato la resa più bassa. Questi risultati forniscono indicazioni preziose per le strategie agronomiche future, evidenziando la necessità di varietà ad alta

resa per migliorare la sostenibilità economica delle aziende biologiche se l'obiettivo è quello di coltivare girasole sia per la produzione di acheni che per garantire la continuità della catena di alimentazione delle api.

## RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare tutta la mia famiglia: mamma, Vincenzo e Dunieski, per avermi supportato e incoraggiato ad intraprendere questo percorso universitario, aiutandomi nei momenti di grande difficoltà e condividendo con me i vari traguardi raggiunti nel corso di questi anni di studio.

Uno speciale grazie a tutte le persone che non sono qui con me oggi perché sono lontane. Grazie a Michelle e Alexis.

Un sentito grazie va a Marika, che è stata al mio fianco fin dal primo giorno del mio percorso, offrendomi un costante supporto e consolidando la nostra preziosa amicizia nel corso degli anni.

Grazie a Oronzo, Livia e Siria per avermi accolto nella loro famiglia e per avermi supportato in questo percorso.

Grazie a Sofia e Fatima per essere persone speciali su cui posso sempre contare.

Vorrei ringraziare in particolare la mia relatrice, la prof.ssa Paola Deligios, e il mio correlatore, il prof. Luigi Ledda, per la loro gentilezza e sensibilità. Senza le loro indicazioni, sarebbe stato certamente più difficile completare questa tesi.

Desidero inoltre ringraziare la dott.ssa Rivosecchi, il signor Marco Fattorini, il dott. Matteo Francioni e il dott. Marco Appicciutoli per avermi assistito nel lavoro di campo e laboratorio, nell'elaborazione dei dati e nella stesura dell'elaborato. La loro professionalità e competenza hanno contribuito in maniera significativa alla riuscita del lavoro di tesi.

Infine, grazie a tutte le persone che non ho citato ma che fanno parte della mia vita.

## BIBLIOGRAFIA

- Adeleke, B. S., & Babalola, O. O. (2020). Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits. *Food Sci Nutr.*, 4666–4684.
- Afrin Jahan Mila, R. W.-L. (2023). Flowering is the critical growth stage for adverse effects of salinity on the grain yield of sunflower. *Plant and Soil*, 285–299.
- Ahmad Sher, A. N.-A. (2024). Foliar application of 5-aminolevulinic acid improves the salt tolerance in sunflower (*Helianthus annuus* L.) by enhancing the morphological attributes and antioxidant defense mechanism. *Acta Physiologiae Plantarum*, 24.
- Aleksandra Radanovic', S. C. (2023). Conventional and Molecular Breeding for Sunflower Nutrition Quality Improvement. *Advanced Crop Improvement, Volume 2*, 351-391.
- Asbag, F. G. (2009). Effects of Planting Date and Irrigation Management on Sunflower Yield and Yield Components. *Res. J. Biol. Sci.*, 306-308.
- Ashoka Gamage, R. G. (2023). Role of organic farming for achieving sustainability in agriculture. *Farming System*.
- Bartholomew Saanu Adeleke, O. O. (2020). Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: . *Food Science & Nutrition*, 4668.
- Bartolini, R. (2015). Il girasole, una pianta da rinnovo: consigli per la coltivazione. *Il nuovo agricoltore*.
- Benventi, A., & Vannozzi, G. (2001). Girasole (*Helianthus annuus* L.). In R. Baldoni, & L. Giardini, *Coltivazioni erbacee vol. II* (p. 59-95). Bologna: Pàtron Editore.
- Canavar, Ö. E. (2010). INVESTIGATION OF YIELD AND YIELD COMPONENTS OF SUNFLOWER (*Helianthus annuus* L.) CULTIVARS IN THE ECOLOGICAL CONDITIONS OF BERLIN (GERMANY). *HELIA*, 117-130.
- Cherlinka, V. (2023). Growing Sunflowers: High-Yield Cultivation Practices. *EOS Data Analytics*.
- G. Perretti, E. F. (2004). Composition of Organic and Conventionally Produced Sunflower Seed Oil . 1119.
- Hadidi, M. A. (2024). Sunflower meal/cake as a sustainable protein source for global food demand: Towards a zero-hunger world. *Food Hydrocolloids*, 109329.
- IFOAM. (2022). Organic agriculture and its benefits for climate and biodiversity. *IFOAM*.
- Ivan Tsvetkov, A. A. (2018). Plant organic farming research – current status and opportunities for future development. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 241-260.
- Johnson, K. (2024). Sunflower Growth Stages: From Seed to Bloom. *LAWN CARE*.
- Jonh Beteri, J. G. (2024). The influence of climatic and environmental variables on sunflower planting season suitability in Tanzania. *Scientific reports*, 3906.

- Josemar Gonçalves de Oliveira Filho, M. B. (2021). Sunflower seed byproduct and its fractions for food application: An attempt to improve the sustainability of the. *Food Science*, 1497.
- Kumar, V. (2021). Organic Farming. *Organic Farming – Types, Objectives And Methods*.
- Lancashire, P., BLEIHOLDER, H., VAN DEN BOOM, T., LANGELÜDDEKE, P., STAUSS, R., WEBER, E., & WITZENBERGER, A. (1991). A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology*, 561-601.
- Latify, S. Y. (2017). Integration of competitive cultivars and living mulch in sunflower (*Helianthus annuus* L.): a tool for organic weed control. *Organic Agriculture*.
- M. Šrútek, J. U. (2008). Organic Farming. *Science Direct*.
- Qadir, G. C. (2007). Relationship of heat units accumulation and fatty acid composition in sunflower. *Pak. J. Agri. Sci.*, 24-29.
- Solfanelli, O. P. (2021). Potential outcomes and impacts of organic group certification in Italy: An evaluative case study . *Elsevier*.
- Sunflower crop: environmental-friendly and agroecological. (2017). *Oilseeds & fats Crops and Lipids*, 12.
- Tan, A. a. (2010). SUNFLOWER (*Helianthus annuus* L.) LANDRACES OF TURKEY - THEIR COLLECTION, CONSERVATION, AND MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION. *HELIA*, 55-62.
- Team R Core. (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Tekelwold, A. J. (2000). Correlation and path analysis of physiomorphological characters of sunflower (*Helianthus annuus* L.) as related to breeding method. *Helia*, 105-114.

Sitografia

<https://www.ag.ndsu.edu/publications/crops/sunflower-production-guide#section-3>