



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti

Risorse naturali e Ambiente

Corso di laurea in Scienze e Tecnologie Agrarie

**EFFETTO DELLA TIPOLOGIA DI PACCIAMATURA SU
PRECOCITA', PRODUZIONE E QUALITA' DI LATTUGA
COLTIVATA IN AMBIENTE PROTETTO**

Relatore: prof. Carlo Nicoletto
Correlatore: dott.ssa Lucia Coletto

Laureanda: Dal Pezzo Sofia
Matricola n. 2034696

ANNO ACCADEMICO 2023/2024

Indice

Riassunto	5
Abstract	7
1 INTRODUZIONE	9
1.1 IMPORTANZA ECONOMICA DELLA LATTUGA	9
1.1.1 ASPETTI CHE INFLUENZANO IL MERCATO DELLA LATTUGA	11
1.1.2 ANDAMENTO DEL PREZZO DI MERCATO DELLA LATTUGA	12
1.2 LA LATTUGA	13
1.2.1 CLASSIFICAZIONE	13
1.2.2 MORFOLOGIA	14
1.2.3 FISIOLOGIA	15
1.2.4 COLTIVAZIONE DELLA LATTUGA	15
1.2.5 PRINCIPALI AVVERSITA'	19
1.2.6 ASPETTI QUALITATIVI	19
1.3 PACCIAMATURA	20
1.3.1 MATERIALI UTILIZZATI COME PACCIAMATURA	20
1.3.2 VANTAGGI E SVANTAGGI	21
2 SCOPO DEL LAVORO	25
3 MATERIALI E METODI	27
3.1 PREDISPOSIZIONE DELL'ESPERIMENTO E TRATTAMENTI A CONFRONTO	27
3.2 RILIEVI NON DISTRUTTIVI	29
3.3 RILIEVI DISTRUTTIVI	31
3.3.1 ANALISI QUALITATIVE	32
3.4 ANALISI STATISTICA	34
4 RISULTATI	35
4.1 ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA DEL SUOLO	35
4.2 GRADI UTILI ACCUMULATI	35
4.3 RILIEVI NON DISTRUTTIVI	36
4.3.1 SPAD	36
4.3.2 DUALEX	38
4.3.3 RILIEVO FOTOGRAFICO	43
4.4 ANALISI DISTRUTTIVE QUANTITATIVE	45
4.5 ANALISI DISTRUTTIVE QUALITATIVE	51
4.5.1 CAPACITA' ANTIOSSIDANTE TOTALE	55
4.5.2 POLIFENOLI TOTALI	56

4.5.3	CONTENUTO DI PIGMENTI	57
5	DISCUSSIONE	59
6	CONCLUSIONI.....	61
7	BIBLIOGRAFIA.....	63
8	SITOGRAFIA	65

Riassunto

I sistemi produttivi agricoli necessitano di strumenti e pratiche agronomiche in grado di aumentare la produzione e, al contempo, di ridurre gli impatti. In quest'ottica l'impiego della pacciamatura rappresenta una pratica in grado di migliorare molteplici aspetti agronomici tra cui il controllo della presenza di malerbe e la maggiore efficienza nell'uso dell'acqua. L'innovazione tecnologica ha favorito la produzione di materiali biodegradabili in grado di ridurre i costi di produzione e l'impiego di risorse fossili. La scelta di utilizzare diverse tipologie di materiali non solo è legata ad aspetti economici, ma anche alla possibilità di programmare la lunghezza dei cicli colturali, strategia fondamentale nella gestione commerciale degli ortaggi da foglia.

In questa prova si è verificato l'effetto di diversi materiali di pacciamatura su produzione e qualità di diverse tipologie di lattuga: film plastico di polietilene (PE), film biodegradabile (BIO) e infine un controllo su terreno nudo (TN).

La prova è stata eseguita in ambiente protetto, adottando uno schema sperimentale a blocchi randomizzati con tre ripetizioni. Sono state utilizzate 5 tipologie di lattuga gestite con le medesime pratiche agronomiche. Durante il ciclo è stato monitorato lo stato nutrizionale della pianta e la concentrazione di pigmenti unitamente alla valutazione della copertura del terreno da parte della canopy. Alla raccolta è stato misurato il peso fresco, il diametro del cespo, poi suddiviso in tre parti per le analisi di liofilizzazione, essiccazione e della qualità (pH, °brix, conducibilità elettrica e acidità). Dalla prova sostenuta, si è visto che è possibile produrre lattuga anche nel periodo autunno-invernale all'interno di serre-tunnel, in quanto la somma dei gradi utili è sufficiente per il raggiungimento del peso commerciale del cespo. La presenza della pacciamatura, inoltre, influisce positivamente sulle performance delle cinque tipologie di lattuga, in termini di precocità e di produttività a confronto con le stesse allevate su terreno nudo, sia per quanto riguarda il film plastico che quello biodegradabile. La presenza di pacciamatura non sembra invece influire sulle caratteristiche qualitative delle lattughe stesse.

Abstract

Agricultural production systems require tools and agronomic practices capable of increasing yield while simultaneously reducing environmental impacts. In this regard, the use of mulching represents a practice that can improve multiple agronomic aspects, including weed control and greater efficiency in water use. Technological innovation has promoted the production of biodegradable materials that can reduce production costs and the use of fossil resources. The choice of different types of materials is not only related to economic factors but also to the ability to plan the length of cultivation cycles, a fundamental strategy in the commercial management of leafy vegetables. In this experiment, the effects of different mulching materials on the yield and quality of various types of lettuce were tested: polyethylene plastic film (PE), biodegradable film (BIO), and, finally, a control on bare soil (TN). The trial was conducted in a protected environment, adopting a randomized block experimental design with three replications. Five types of lettuce were used, all managed with the same agronomic practices. During the cycle, the nutritional status of the plants and the concentration of pigments were monitored, along with the evaluation of soil coverage by the canopy. At harvest, fresh weight and head diameter were measured, then divided into three parts for freeze-drying, drying, and quality analyses (pH, °Brix, conductivity, and acidity). The results showed that lettuce can be produced during the autumn-winter period inside tunnel greenhouses, as the accumulation of degree days is sufficient to reach the commercial weight of the heads. The presence of mulching positively affects the performance of the five types of lettuce in terms of earliness and productivity, both for plastic and biodegradable films. The presence of mulching does not affect the qualitative characteristics of lettuce.

1 INTRODUZIONE

1.1 IMPORTANZA ECONOMICA DELLA LATTUGA

La lattuga è originaria delle zone della Turchia e del Medio Oriente ed è uno dei principali ortaggi coltivati a livello mondiale. Stime recenti affermano che la produzione mondiale nel 2022 (Faostat, 2022), si aggira intorno ai 27 milioni di tonnellate all'anno, dato che può variare in base all'andamento climatico. La Cina è il principale produttore con quasi 15 milioni di tonnellate, rappresentando il 55% della produzione mondiale e a seguire, USA e India. L'Italia si colloca al quinto posto mondiale, dietro la Spagna, con 735 kt (Faostat, 2022).

A livello nazionale, la superficie totale nazionale di lattuga in pieno campo è 13.804 ha (Istat, 2023), mentre in ambiente protetto è pari a 5.581 ha. Nonostante la notevole differenza tra superficie coltivata in pieno campo e in ambiente protetto, la lattuga in serra esprime una produzione totale quasi tre volte maggiore rispetto a quella in pieno campo (Fig. 1). In ambiente protetto si sono prodotte 828.659 t, mentre in pieno campo 324.880 t (ISTAT, 2023).

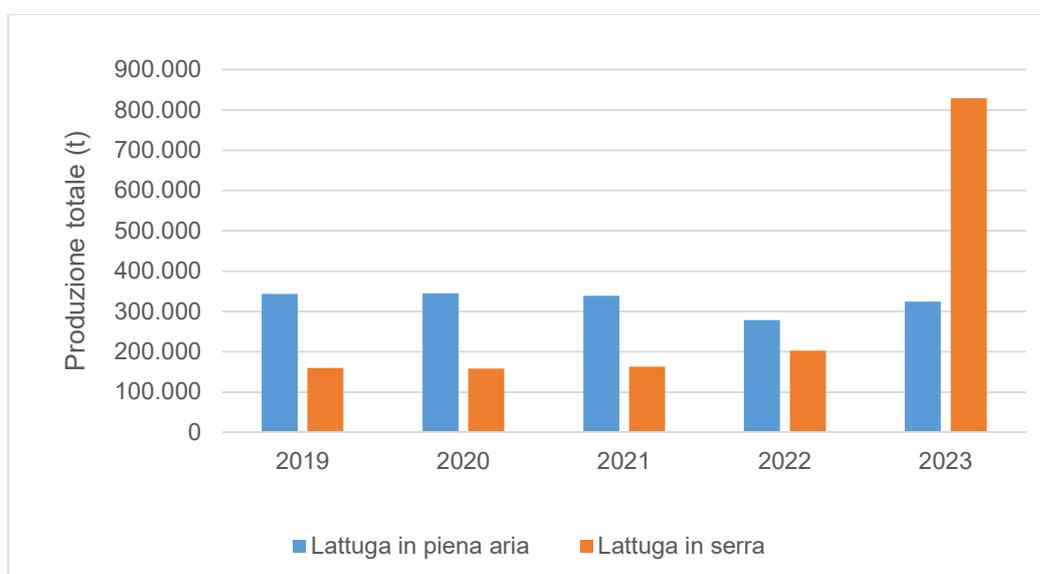


Figura 1 – Andamento della produzione nazionale di lattuga negli ultimi 5 anni in pieno campo e ambiente protetto (Istat, 2023).

A livello nazionale, le 3 regioni che producono i maggiori di lattuga in ambiente protetto (Fig. 2) sono Campania (708.800 t), Lazio (58.160 t) e Veneto (28.505 t).

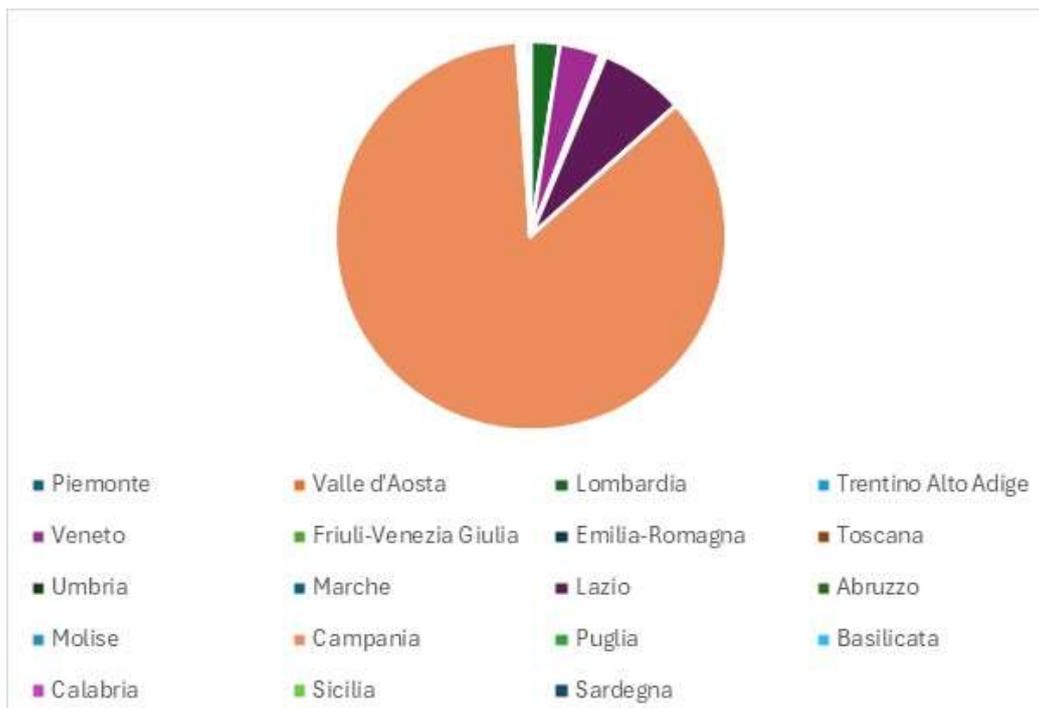


Figura 2 – Tonnellate di lattuga prodotta in serra (Istat 2023)

Mentre per la produzione in pieno campo (Fig. 3) sono coinvolte Puglia (59.262 t), Campania (45.480 t) e Sicilia (42.770 t) (ISTAT, 2023).

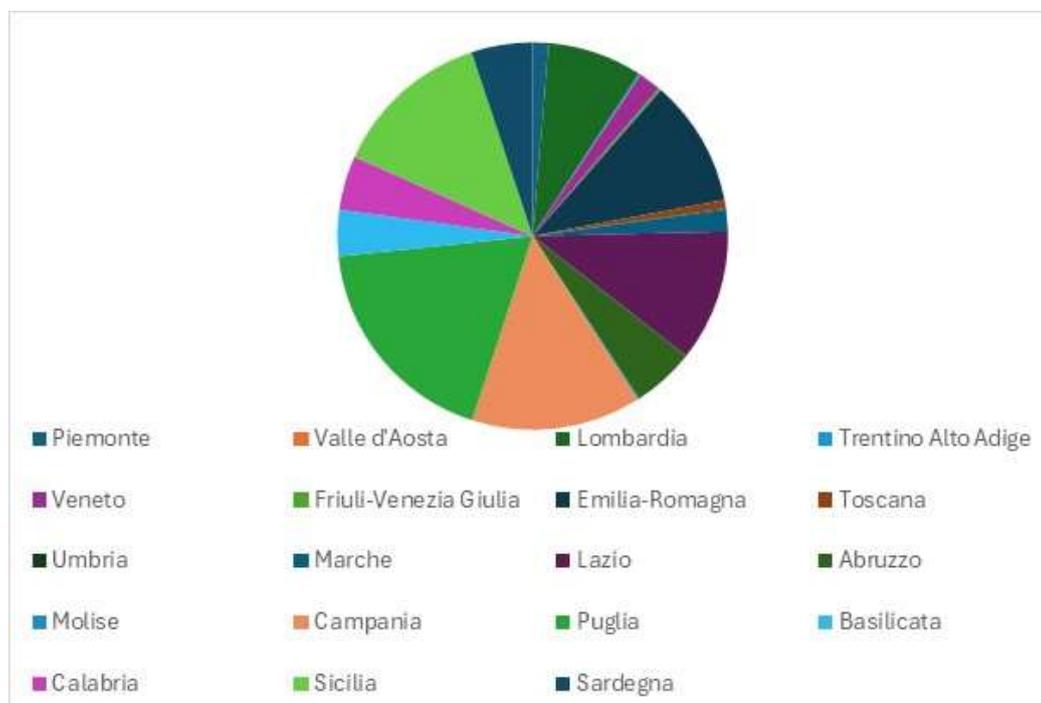


Figura 3 - Tonnellate di lattuga prodotta in piena aria (Istat, 2023).

I principali aspetti che hanno determinato l'importanza della lattuga possono essere schematizzati come segue:

- è una specie microterma, per cui non richiede esigenze termiche elevate, favorendone la presenza nel mercato tutto l'anno (Pardossi *et al.*, 2020);
- presenta un rapido tasso di crescita, che ne permette la produzione di più cicli l'anno (Gargaro *et al.*, 2023);
- viene apprezzata dal consumatore per il sapore dolce e la sua croccantezza, ma anche per la sua ampia variabilità di scelta (forme, colore, consistenza) (Incrocci *et al.*, 2013);
- la coltivazione è molto versatile, ci sono molte tecniche per poter produrre lattuga oltre la coltivazione in pieno campo o in ambiente protetto, come nuovi sistemi fuori suolo e idroponici (NFT, floating system, aeroponia) (Gargaro *et al.*, 2023);
- favorisce la salute umana, poiché è ricca di minerali, vitamine, ha un alto contenuto di fibre e di antiossidanti. È una verdura dietetica per il bassissimo contenuto calorico e il basso indice glicemico essendo riconosciuta come superfood antidiabetico. Inoltre, aiuta a prevenire malattie cardiovascolari (Jung Kim *et al.*, 2016).

1.1.1 ASPETTI CHE INFLUENZANO IL MERCATO DELLA LATTUGA

Per rifornire il mercato durante l'anno, i coltivatori producono lattuga tutto il tempo tramite la programmazione colturale e la scelta varietale (Subbarao *et al.*, 2017). Negli ultimi decenni però, non è importante solo produrre elevate quantità a bassi costi, ma la Grande Distribuzione Organizzata (GDO) richiede prodotti uniformi e di alta qualità sempre disponibili (Díaz-Pérez *et al.*, 2024). Definire cosa si intende per qualità del prodotto finale è ancora un tema complesso. La risposta a questa domanda può variare a seconda del punto di vista. Sicuramente per quanto riguarda la qualità della verdura, l'aspetto visivo, la freschezza e le qualità sensoriali sono il criterio principale di scelta per il consumatore (Fallik e Ilic, 2018). Di conseguenza, produttori, grossisti e rivenditori utilizzano principalmente questi aspetti per accettare o rifiutare il prodotto (Díaz-Pérez *et al.*, 2024). Per rispondere quindi alla domanda di lattuga, si sono ampliati i criteri di selezione delle varietà che non riguardano più solo la resa e i costi di produzione, ma vengono considerate anche le seguenti caratteristiche: l'elevata densità di piante, una lunghezza ridotta del fusto, una nervatura centrale solida, il gusto meno amaro, la ridotta presenza di lattice e lo scarso imbrunimento dei tessuti post-

raccolta (Thompson e Wilson, 1999). Questo porta ad una standardizzazione dei prodotti nel mercato come le GDO richiedono (Díaz-Pérez *et al.*, 2024).

La standardizzazione dei prodotti rappresenta una sfida per il comparto agricolo e tale obiettivo è reso ancora più complesso dalla necessità di adottare tecniche più sostenibili, in modo da ridurre l'impatto ambientale e i costi di produzione. Il cambiamento climatico è uno dei temi più dibattuti degli ultimi anni, poiché si tratta di una questione urgente di cui l'agricoltura fa parte, sia come parziale causa, sia subendone le conseguenze (Velten *et al.*, 2015). Ecco che pratiche agronomiche migliori possono aiutare a ridurre questo impatto negativo, come ad esempio, la scelta di genotipi che richiedono meno input idrici, energetici, più resistenti ai patogeni, oppure lo sviluppo di pratiche agronomiche che conservino il suolo dall'erosione, che migliorino anche la struttura del suolo stesso, che favoriscano la biodiversità e non la monocoltura (Rahman *et al.*, 2022). La riduzione delle lavorazioni del suolo ne aiuta la conservazione, ma ci sono anche altre tecniche come, ad esempio, la pacciamatura che permette di valorizzare molti aspetti agronomici (Mola *et al.*, 2014).

1.1.2 ANDAMENTO DEL PREZZO DI MERCATO DELLA LATTUGA

La figura 4 mostra il valore medio mensile di 5 anni dal 2019 al 2023 della lattuga; il prezzo si attesta attorno a valori di circa 0.75/0.80 €/kg con un crollo nei mesi di maggio e giugno quando mediamente la lattuga viene venduta a un valore anche inferiore ai 0.60 €/kg.

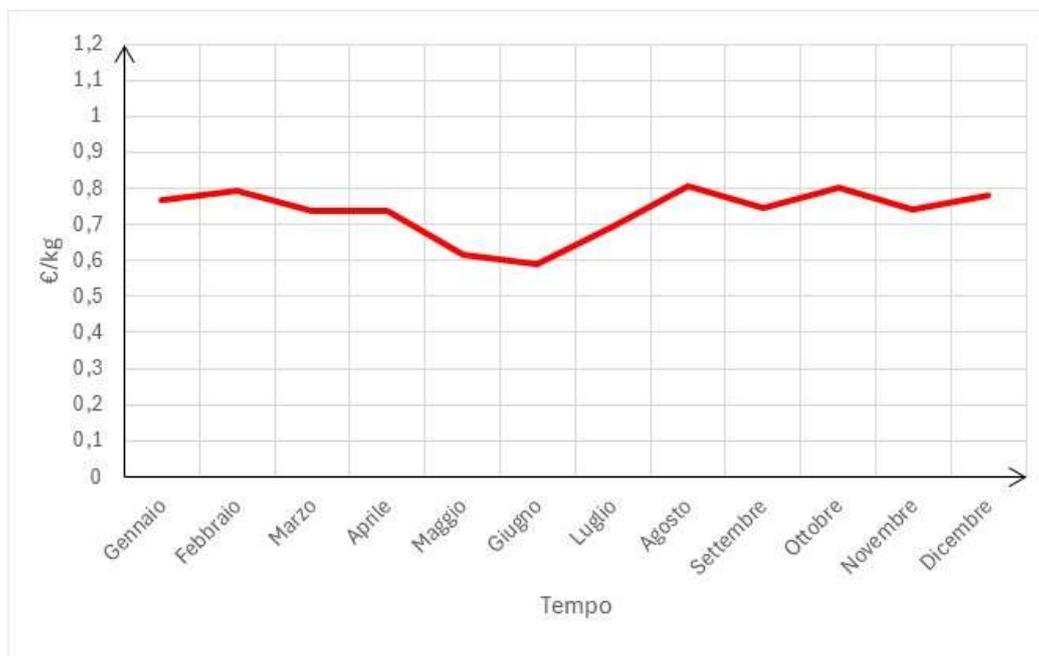


Figura 4 – Andamento medio del prezzo della lattuga dal 2019 al 2023 (Ismea)

Come si può notare dalla figura 5, la fluttuazione nel corso dell'anno è molto varia ad esempio nel 2023 passa da 0.7 €/kg a gennaio ad un massimo di 1.1 €/kg a metà agosto, ma in linea generale si può vedere come nel periodo autunno-vernino i prezzi siano più stabili e mediamente più alti.

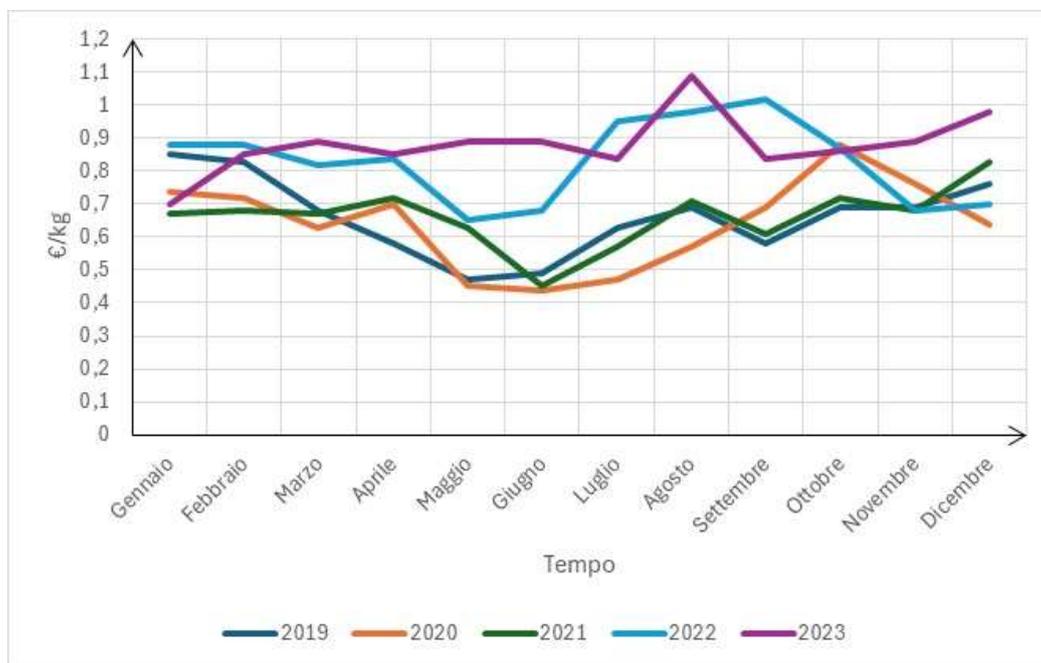


Figura 5 – Andamento mensile dei prezzi della lattuga negli ultimi 5 anni (Ismea)

Si può quindi dedurre che il periodo economicamente più conveniente per coltivare la lattuga è il periodo che va da fine agosto a fine aprile. È molto importante quindi, per il produttore, programmare con particolare attenzione i cicli autunno-invernali.

1.2 LA LATTUGA

1.2.1 CLASSIFICAZIONE

La lattuga appartiene alla famiglia delle Asteracee e alla tribù delle Cicorie (Pardossi *et al.*, 2020). Il suo nome scientifico è *Lactuca sativa* L. che deriva dal latino e va a richiamare la secrezione di succhi bianchi e lattiginosi che abbondano nella radice e nel fusto (Motta, 1960). Esistono varie sottospecie di lattuga che si differenziano sia per la morfologia della pianta, che dalla colorazione, dalla forma delle foglie e dall'uso finale (Pardossi *et al.*, 2020). Di seguito è riportata la classificazione delle specie di lattuga secondo il *Multilingual multiscrypt plant name database* (Fig. 6):

- *Lactuca sativa* subsp. *longifolia* L.= lattuga romana, foglia allungata con margine liscio, forma grumoli allungati (Fig. 6a);

- *Lactuca sativa* subsp. *capitata* L.= lattuga iceberg, a cappuccio, a foglia riccia o liscia che tendono ad avvolgersi una sull'altra a formare un grumulo tondeggiante (Fig. 6b);
- *Lactuca sativa* subsp. *crispa* L.= lattuga gentile (Fig. 6c);
- *Lactuca sativa* subsp. *acephala* L.= lattuga da taglio, Lattughino da raccogliere o baby leaf utilizzato principalmente per la IV gamma;
- *Lactuca sativa* subsp. *angustana* L.= lattuga asparago o da stelo (Fig. 6d);
- *Lactuca sativa* subsp. *quercifolia* L.= lattuga a foglia di quercia, foglie arrotondate di colore verde o rosse (Fig. 6e);
- Batavie = derivano dall'incrocio tra *L. capitata* x *L. longifolia* x *L. acephala*, può essere utilizzata sia da taglio che da cespo, hanno foglie con colorazione anche rossa e margine ondulato (Fig. 6f);



Figura 6 – Esempi di diverse tipologie di lattuga: a) lattuga romana, b) lattuga cappuccia, c) lattuga gentile, d) lattuga asparago, e) lattuga foglia di quercia rossa, f) batavia

1.2.2 MORFOLOGIA

La lattuga presenta un apparato radicale con un fittone corto e numerose radici secondarie, che si approfondiscono nei primi 30-40 cm del suolo (Pardossi *et al.*, 2020). Durante la fase vegetativa il fusto è molto corto e carnoso, da cui si dipartono le foglie. Nelle fasi iniziali si dispongono a rosetta (lattughino da taglio) e poi successivamente possono diventare embricate e formano un grumulo compatto come nel caso della lattuga a cappuccio o l'iceberg, oppure possono rimanere aperte e ben distinte come per la gentile (Pardossi *et al.*, 2020). Le foglie nuove si formano dalla parte centrale,

ognuna presenta una nervatura centrale che può arrivare a costituire il 50% della lamina (Pardossi *et al.*, 2020). L'infiorescenza è a pannocchia con numerosissimi capolini, ciascuno dai 10 ai 20 fiori di color giallo. La fecondazione è prevalentemente autogama, anche se un 6% può essere allogamo (Pardossi *et al.*, 2020). Dalla maturazione dell'infiorescenza si ottengono i frutti, piccoli acheni di forma ovale-affusolata, che garantiscono la sopravvivenza della specie (Pardossi *et al.*, 2020).

1.2.3 FISILOGIA

La lattuga è una coltura erbacea biennale (Pardossi *et al.*, 2020). Il primo anno sviluppa la fase vegetativa da cui fuoriesce poi il prodotto finale di interesse economico. Mentre nel secondo anno, sviluppa la fase riproduttiva con la produzione del seme, caratterizzata dall'allungamento del fusto raggiungendo altezze da 70 a 150 cm (Pardossi *et al.*, 2020). Le foglie diventano sempre più piccole man mano ci si distanzia dalla base (Pardossi *et al.*, 2020). Due fattori possono condizionare il ciclo della lattuga: la luce e la temperatura. Per questo motivo, sono state classificate in base alla stagione di coltivazione in: primaverili, estive-autunnali e invernali (De Lucia, 2018). Nella scelta è importante sapere che, se il fotoperiodo è lungo (tipico estivo), la lattuga tende ad anticipare la fioritura; quindi, bisogna prediligere varietà a giorno corto o brevidiurne (Pardossi *et al.*, 2020).

1.2.4 COLTIVAZIONE DELLA LATTUGA

La lattuga predilige terreni sciolti e ben drenati, con un pH ottimale di 6-7 e non sopporta terreni acidi o salini (Pardossi *et al.*, 2020). È una specie microterma che si adatta bene alle condizioni autunno-invernali. Le temperature ottimali di crescita sono 15-20°C (Pardossi *et al.*, 2020), con soglia minima di 3,5°C (Marrou *et al.*, 2013 e Galieni *et al.*, 2016). Il fabbisogno idrico non è elevato, ma deve essere costante in tutto il ciclo. Per i metodi irrigui in pieno campo si può utilizzare l'aspersione a bassa portata oppure infiltrazione laterale, ma ha una bassa efficienza energetica e un elevato consumo idrico. Mentre in ambiente protetto il metodo ottimale è l'uso di microirrigazione sotto alla pacciamatura (Pardossi *et al.*, 2020). La lattuga asporta 2.0-3.0 kg di N, 1.0-1.6 kg di P₂O₅ e 5.0-7.0 kg di K₂O per tonnellata di prodotto. Un Esempio di concimazione standard per lattuga può essere: 50-100 kg/ha di N frazionati in più momenti del ciclo; 25-80 kg/ha di P e 100-180 kg/ha di K da distribuirsi interamente durante le fasi finali della preparazione del terreno (Pardossi *et al.*, 2020). Bisogna prestare attenzione però all'accumulo eccessivo di nitrati che si può verificare su lattuga nelle seguenti condizioni: scarsa luminosità, tipico durante l'inverno, abbondanti irrigazioni e concimazioni azotate e anche una lunga conservazione può incidere sull'accumulo (Pardossi *et al.*, 2020). L'Unione Europea ha stabilito dei limiti massimi ammissibili, sia in pieno campo che in serra,

4000-5000 mg di nitrato per kg di peso fresco in inverno, mentre 3000-4000 mg di nitrato per kg di peso fresco in estate (Reg. UE 1258/2011).

La lattuga si presta ad essere coltivata sia in pieno campo, che in ambiente protetto, quest'ultimo metodo permette la presenza del prodotto nel mercato anche durante la stagione più fredda, come si nota in figura 7.

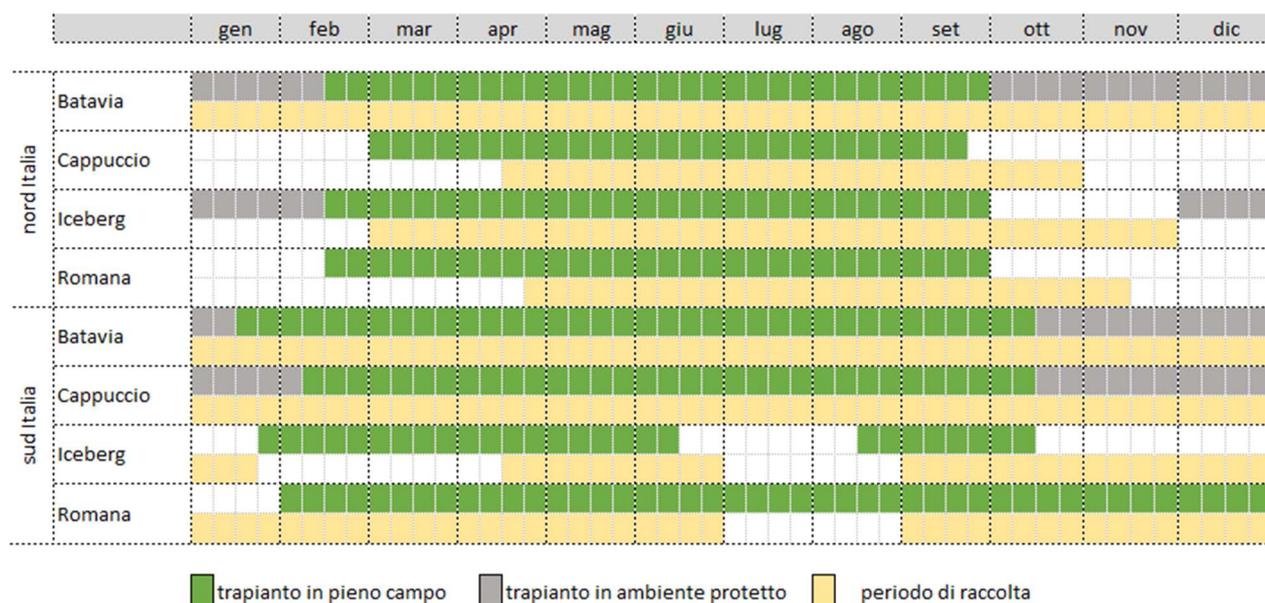


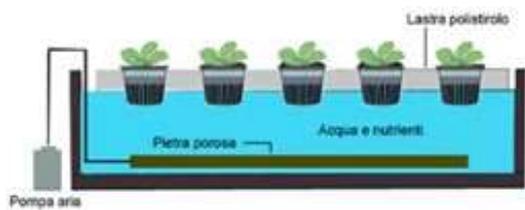
Figura 7: Calendari di trapianto e raccolta di alcune specie di asteraceae divise per tipologia e macro-zone di coltivazione (Pardossi *et al.*, 2020)

Le modalità d’impianto della lattuga possono essere a semina diretta a mano o con seminatrici di precisione, tipico del lattughino da taglio, è importante che il terreno sia ben affinato e livellato in modo che il seme possa aderire. Nella maggior parte dei casi invece, si utilizza il trapianto degli alveoli, manuale o con macchine trapiantatrici. Il trapianto può essere eseguito su terreno nudo oppure sul terreno pacciamato (Pardossi *et al.*, 2020).

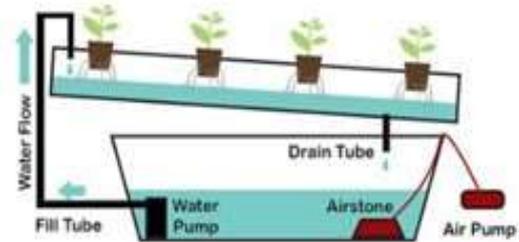
Negli ultimi anni, con la diminuzione delle terre arabili, l’aumento della popolazione e la ricerca di cibi di qualità (ad esempio esenti da prodotti fitosanitari), si è diffusa la coltivazione fuori suolo, che risulta particolarmente idonea per la lattuga. Questo metodo è una pratica agricola in cui le piante vengono coltivate senza suolo, ma su di un substrato o direttamente nella soluzione nutritiva (Thomas *et al.*, 2021). I principali sistemi di coltivazione in fuori suolo sono:

– Coltivazioni in mezzo liquido: sistemi caratterizzati dall’assenza di un mezzo di coltura solido, ma le radici si trovano completamente o parzialmente all’interno di una soluzione che può essere statica o in circolazione (Pardossi *et al.*, 2020). I principali metodi idroponici sono (Fig. 8):

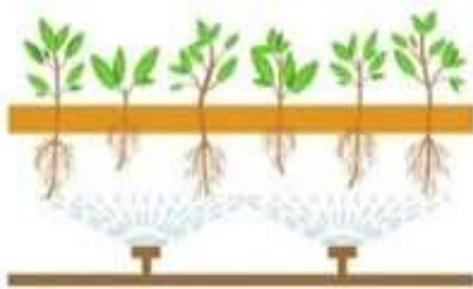
- coltivazione in soluzione statica (Deep water culture): in questo sistema, la soluzione nutritiva non viene fatta circolare, ma viene fornita solo una volta quando cambia la conducibilità elettrica (EC) (Khan *et al.*, 2018). Non ha avuto però molto successo, a causa delle difficoltà che ne conseguirono per l'insufficiente aerazione della soluzione dovuta alla sua staticità (Pardossi *et al.*, 2020).
- idroponica galleggiante (Floating system): questo sistema prevede una vasca generalmente profonda 20-30 cm, contenente la soluzione nutritiva. Sulla superficie della soluzione sono posti dei pannelli galleggianti con all'interno alloggiato le piante su un substrato. L'ossigenazione della soluzione è garantita dal ricircolo della stessa con una pompa controllata (Pardossi *et al.*, 2020) (Fig. 8a).
- coltivazione su film di soluzione (Nutrient Film Technique, NFT): in questo sistema, le piante sono poste su dei canali o spesso in vasi a rete riempiti di substrato. All'interno dell'apparato radicale passa una canaletta in cui scorre la soluzione nutritiva, sotto forma di un sottile strato di qualche mm, guidata da un leggero gradiente. La soluzione in eccesso viene raccolta e rimessa in circolo. Questa tecnica permette di riutilizzare la soluzione nutritiva, ha bassi costi iniziali, ma la diffusione delle malattie tra le piante è rapida e il ricalcolo della soluzione da apportare è difficile perché non si conosce la composizione di quella recuperata (Fussy e Papenbrock, 2022) (Fig. 8b).
- aeroponica: questo metodo consiste nel racchiudere il sistema radicale in una camera oscura e fornire una soluzione nutritiva attraverso un dispositivo di nebulizzazione, le radici sono sospese in aria. È stato ampiamente utilizzato in specie orticole come pomodoro, lattuga, cetriolo e anche per la produzione di tuberi. I sistemi aeroponici sono più efficienti nel consumo di risorse idriche rispetto ai sistemi idroponici, controlla l'assorbimento dei nutrienti della pianta, è molto efficiente in termini di spazio, la diffusione delle malattie tra le piante è ridotta. Un altro vantaggio notevole è il contatto minimo tra la struttura di supporto e la pianta, grazie al quale è possibile una crescita della pianta senza vincoli (Gopinath *et al.*, 2017) (Fig. 8c).
- acquaponica: è un sistema che combina l'idroponica per la coltivazione delle piante con l'acquacoltura in un ciclo idrico chiuso o disaccoppiato e l'ausilio di batteri nitrificanti. Questo metodo è caratterizzato da elevata efficienza d'uso di acqua e sostanze nutritive, richiede un minore utilizzo di fertilizzanti, soprattutto azotati, poiché apportati dai pesci. Il sistema è però più complesso da gestire, per maggior rischio di malattie che può manifestare il pesce e per l'eventuale ossigenazione insufficiente (Fussy e Papenbrock, 2022) (Fig. 8d).



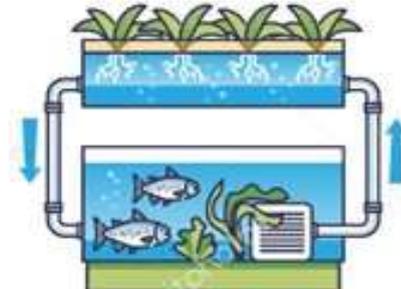
a



b



c



d

Figura 8 – Esempi di sistemi di coltivazione in fuori suolo: a) floating system, b) NFT, c) aeroponica, d) acquaponica.

– Coltivazione su substrato: è caratterizzata dalla presenza di un contenitore e di un mezzo solido che assicura lo sviluppo delle radici della pianta. Tutti i materiali solidi possono essere utilizzati da substrato, in misura in cui siano compatibili con lo sviluppo della pianta. Alcuni esempi di substrato possono essere: torba, fibra di cocco, lana di roccia e argilla espansa (Pardossi *et al.*, 2020).

Indipendentemente dal metodo di coltivazione, la raccolta del cespo di lattuga viene eseguita quando ha raggiunto il peso commerciale. Secondo il Reg. (UE) n. 543/2011 del 7/06/11 Allegato I parte B/4, la pezzatura è determinata dal peso unitario e l'imballaggio non deve superare:

- 40 g se il cespo più leggero ha un peso inferiore a 150 g
- 100 g se il cespo più leggero ha un peso compreso tra 150 e 300 g
- 150 g se il cespo più leggero ha un peso compreso tra 300 e 450 g
- 300 g se il cespo più leggero ha un peso superiore a 450 g.

Tolleranze: 10% in numero di cespi non rispondenti ai requisiti di pezzatura, ma di peso inferiore o superiore del 10% al massimo alla pezzatura richiesta.

Le lattughe devono rispettare le seguenti caratteristiche minime: intere, sane, pulite, turgide, di aspetto fresco, non prefiorite, esenti da parassiti, prive di umidità anormale e di odore e/o sapore estranei. Il torsolo deve essere reciso nettamente in corrispondenza della corona fogliare esterna (Reg. (UE) n. 543/2011 del 7/06/11 Allegato I parte B/4).

La lattuga viene consumata fresca, nella I gamma come cespo intero, mentre in IV gamma come foglie giovani intere (baby leaf) o foglie adulte tagliate (Pardossi *et al.*, 2020).

1.2.5 PRINCIPALI AVVERSITA'

Numerose possono essere le avversità in grado di attaccare la lattuga.

I principali fitopatogeni sono:

- *Phytium* spp., *Rhizoctonia solani* e *Sclerotinia* spp.: colpiscono nel colletto le giovani plantule, portandole brevemente a morte;
- *Bremia lactucae*, *Botrytis cinerea* ed *Erysiphe cichoracearum*: colpiscono l'apparato fogliare, soprattutto in serra, inizialmente si presenta macchie biancastre, poi necrotiche compromettendo la commerciabilità del prodotto;
- *Alternaria porri*, *Marssonina panattoniana* e *Pseudomonas* spp. (batteriosi): colpiscono le foglie e compromettono la commerciabilità.

La difesa contro queste patologie si basa su interventi di prevenzione come le rotazioni, evitare i ristagni idrici o favorire la ventilazione. L'uso di mezzi chimici per la lattuga è difficile da gestire, in quanto il ciclo è breve e molti trattamenti hanno tempi di carenza lunghi che rischiano di non corrispondere con il ciclo di lattuga (Pardossi *et al.*, 2020).

Tra i vari agenti di danno, nella lattuga si possono trovare anche avversità biotiche, come afidi che possono trasmettere il virus del mosaico della lattuga (LMV), le nottue, lumache e limacce, miridi e liriomyza. Per controllare queste avversità si può utilizzare mezzi chimici oppure biologici come il *Bacillus thuringensis* (Pardossi *et al.*, 2020).

1.2.6 ASPETTI QUALITATIVI

Sebbene sia uno degli ortaggi più consumati, la lattuga non è mai stata considerata un alimento molto nutriente, infatti ha un elevato contenuto d'acqua (circa 95%) ed è povera di calorie. Tuttavia, presenta diversi benefici nutrizionali, dovuti alla presenza di fibra alimentare, diversi minerali importanti, varie vitamine come la C e composti bioattivi (come carotenoidi e composti fenolici) (Kim *et al.*, 2016). La lattuga favorisce la salute umana e aiuta a prevenire le malattie cardiovascolari (Kim *et al.*, 2016). Le condizioni di crescita, come le proprietà del terreno, la fertilizzazione e il regime di irrigazione, la stagione di crescita, la qualità e la quantità di luce, nonché la gestione e la conservazione post-raccolta, influenzano i contenuti nutrizionali (Kim *et al.*, 2016).

1.3 PACCIAMATURA

La pacciamatura è una pratica agronomica che consiste nella copertura della superficie del suolo con uno strato di materiale, con lo scopo di impedire la crescita di infestanti, mitigare la temperatura del suolo, conservare l'acqua, ridurre l'erosione del suolo, le perdite per evapotraspirazione e per dilavamento (Mola *et al.*, 2014) Questa pratica, in combinazione con l'irrigazione localizzata a goccia, ha avuto un ruolo decisivo nel incrementare la produzione di ortaggi (Cozzolino *et al.*, 2015).

1.3.1 MATERIALI UTILIZZATI COME PACCIAMATURA

La pacciamatura può essere applicata in modo integrale, eseguibile solo su ambienti protetti, mentre in pieno campo viene utilizzata quella a strisce in modo da permettere lo scolo dell'acqua piovana.

Molti sono i materiali che possono essere utilizzati, vediamo alcuni esempi:

- **Materiali Organici:** rappresentati dai residui agricoli come la paglia, ma possono derivare anche dall'industria del legno, come la segatura, dalle lavorazioni degli alimenti e residui animali. Tradizionalmente si utilizzano materiali abbondanti localmente (Coolong, 2012). Si è visto che, la copertura con materiali organici riduce l'evaporazione diretta dalla superficie del suolo, mantenendo l'umidità. La pacciamatura organica inoltre, tende a diminuire il pH, acidificando il suolo, migliorando la disponibilità nutritiva. (Chopra e Koul, 2020). Dixit e Majumdar (1995) hanno ottenuto un aumento del 27,9% della resa di patate con un incremento del 18,2% del contenuto di amido sotto pacciamatura con paglia rispetto alla parcella non pacciamata (Kader *et al.*, 2017). È vero però, che, per quanto la pacciamatura organica sia economica (Ranjan *et al.*, 2017), le spese e i problemi logistici ne hanno limitato l'uso (Choudhary *et al.*, 2022);
- **Materiali Inorganici:** ha avuto grande successo e diffusione la pacciamatura in polietilene (PE). Studi recenti hanno infatti dimostrato che la pacciamatura in plastica può aumentare la resa delle colture del 20-50% (Liu *et al.*, 2014 a; Liu *et al.*, 2014 b) perché riduce la lisciviazione dell'azoto, migliora la qualità della lavorazione, aumenta la temperatura del suolo e riduce l'evaporazione dell'acqua nel suolo, influenzando così le condizioni idriche e termiche del suolo (Gao *et al.*, 2018). Mahadeen (2014) ha dimostrato che l'uso di pacciamatura in plastica nera di PE in regioni semiaride, come la Giordania, migliorino la crescita e le rese degli ortaggi estivi.

Il polietilene è uno dei materiali plastici più utilizzati in pacciamatura, perché è facile da lavorare, ha un'eccellente resistenza chimica, elevata durata, flessibilità ed è inodore rispetto

ad altri polimeri (Helaly *et al.*, 2017). Il pH del suolo non è influenzato da questo materiale (Chopra e Koul, 2020).

In generale il colore dei film plastici maggiormente impiegato è quello nero perché da prestazioni migliori nella maggior parte delle colture e stagioni (Solia *et al.*, 2018; Kumar e Sharma, 2018). Esistono però anche altre colorazioni, gialle, marroni, rosse, utilizzate negli ortaggi (Orzolek e Lamont, 2015), per esempio quello trasparente permette la gestione delle infestanti tramite solarizzazione, mentre quello in alluminio, funge da repellente per insetti per la sua colorazione, ma è meno diffuso poiché costoso (Mohiuddin *et al.*, 2020).

Le pacciamature plastiche però non si degradano e si ritiene che l'uso eccessivo di polietilene porti all'accumulo di notevoli quantità di residui di rifiuti plastici ogni anno (Albertsson *et al.*, 1987). Ciò a sua volta potrebbe potenzialmente rilasciare additivi tossici nel terreno (Ramos *et al.*, 2015). Una possibile strategia per ridurre il materiale plastico da smaltire è riutilizzarli più volte, ma ancora più promettente è l'uso di film biodegradabili che, alla fine del ciclo colturale, vengono interrati nel terreno e trasformati in acqua, anidride carbonica (o metano) e biomassa microbica (Kyrikou e Briassoulis, 2007; Malinconico *et al.*, 2008) per azione della microflora tellurica (Cozzolino *et al.*, 2015).

- **Materiali biodegradabili:** le bioplastiche (BDMs polimeri biobased) sono costituite da polimeri che includono l'amido e l'acido polilattico (PLA) e i poliidrossialcanoati (PHAs) (Shan *et al.*, 2022). Comunemente riconosciute sotto il marchio MaterBi, sono materiali con caratteristiche e proprietà d'uso del tutto simili alle plastiche tradizionali ma sono biodegradabili e compostabili ai sensi della norma UNI EN 13432. La loro composizione è ciò che gli permette di degradarsi a differenza dei plastici.
- **Materiali misti:** applicazioni di pacciamature miste di materiali organici e inorganici (Luo *et al.*, 2015; Kader *et al.*, 2017).

La scelta del materiale più appropriato dipende principalmente dal clima locale e anche dalla convenienza economica. In generale i ricercatori eseguono diverse prove per determinare l'effettiva convenienza dei vari tipi di materiali, sia già in utilizzo, che per le possibili nuove tipologie di coperture (Kader *et al.*, 2017).

1.3.2 VANTAGGI E SVANTAGGI

Numerosi sono i vantaggi indotti dalla pacciamatura sull'ambiente circostante, sia a livello del terreno sia sul microclima che circonda le piante. Tra i principali troviamo:

- conservazione dell'umidità del suolo riducendo il tasso di evaporazione. In base al tipo e allo spessore del materiale utilizzato, può variare l'umidità mantenuta (Kader *et al.*, 2017). Ad esempio, dalla prova di Jenni *et al.*, (2004) per la coltivazione di lattuga durante il periodo secco, ha scoperto che la pellicola di plastica è più efficace nel conservare l'umidità del terreno rispetto alla pacciamatura di carta;
- mantenimento delle proprietà fisico-chimiche del suolo. Le pacciamature riducono il deterioramento della qualità del suolo prevenendo il deflusso e riducendo la perdita di suolo dall'erosione, migliorando l'aerazione, aumenta la porosità, migliora la struttura del suolo, il contenuto di materia organica e le proprietà fisiche del suolo. Le pacciamature organiche sono molto efficaci per migliorare la qualità del suolo e aumentare la resa delle colture (Kader *et al.*, 2017);
- controllo delle infestanti e riduzione degli erbicidi. I film di colorazione nera hanno un'ottima capacità di impedire la crescita delle malerbe, mentre nei film trasparenti, la luce è in grado di penetrare favorendone la crescita sotto il telo (Kader *et al.*, 2017);
- riduzione delle fluttuazioni della temperatura del suolo (Abouzienna e Radwan, 2015). In generale, l'effetto delle pacciamature sul regime termico del suolo varia a seconda della capacità dei materiali di pacciamatura di riflettere e trasmettere l'energia solare (Lamont, 2005). Le pacciamature riducono la temperatura del suolo in estate e la aumentano in inverno. La colorazione del film può fare la differenza sui fattori di radiazione. Ad esempio, un film trasparente è in grado di riscaldare il terreno in profondità, motivo per cui viene preferito per risanare il terreno con la solarizzazione (Kader *et al.*, 2017). Un film nero aumenta la temperatura del terreno (Ibarra *et al.*, 2012), mentre uno di colore argentato la riduce rispetto al terreno nudo (Lamont, 1993). Tuttavia, gli effetti della temperatura del suolo sulla crescita delle colture sono correlati alle condizioni climatiche in cui le piante sono coltivate;
- promozione della raccolta anticipata. Uno dei maggiori benefici della pacciamatura è l'aumento della temperatura del terreno, che promuove uno sviluppo più rapido delle colture e una raccolta anticipata, favorevole durante il periodo freddo (Choudhary *et al.*, 2022). Ad esempio, la pacciamatura nera può anticipare la raccolta di 7-14 giorni, mentre quella trasparente può anticiparla di 21 giorni (Parmar *et al.*, 2013). Nel periodo estivo invece, la pacciamatura, favorisce la maturazione precoce degli ortaggi e maggiori rese (Choudhary *et al.*, 2022).
- effetto indiretto sulla microbiologia del suolo dovuti ai cambiamenti di umidità e temperatura. L'aumento della temperatura promuove l'attività microbica e accelera la decomposizione della

materia organica (Wang *et al.*, 2016). Mentre l'umidità del suolo è fortemente correlata con l'aumento della biomassa microbica del carbonio (Smith *et al.*, 1993);

- creazione di una zona ottimale per le radici delle piante. La pacciamatura elimina tutte le infestanti che possono competere con la coltura, favorendo la distribuzione delle radici nella zona superficiale del suolo, nonché quella più fertile (Kader *et al.*, 2017);
- acidificazione del suolo, aumento della disponibilità dei nutrienti. La combinazione che si crea tra la CO₂ e l'acqua sotto la pacciamatura determina la formazione di acido carbonico che abbassa il pH del suolo e migliora la capacità delle radici delle colture di assorbire i nutrienti (Kader *et al.*, 2017);
- riduzione degli attacchi parassitari (Kader *et al.*, 2017);
- aumento dell'attività fotosintetica. La pacciamatura riflette la radiazione solare e aumenta la superficie in grado di fotosintetizzare della pianta (Kader *et al.*, 2017). È stato riscontrato che la pacciamatura con paglia e plastica aumenta il contenuto di clorofilla delle colture (Yang *et al.*, 2006);
- pulizia del prodotto finale. La pacciamatura impedisce ai frutti maturi di entrare a contatto con il terreno, in questo modo rimane più pulito e sano (Kader *et al.*, 2017);
- miglioramento economico. L'uso della pacciamatura, porta notevoli vantaggi, che permette al produttore di risparmiare in termini di lavorazioni, irrigazioni, manodopera e fertilizzazioni, favorendo l'economia aziendale (Choudhary *et al.*, 2022). Ad esempio, l'uso di pacciamatura in polietilene nero ha generato un incremento del 106,4% dei ricavi netti nella coltivazione di melanzane rispetto ai campi senza pacciamatura (Kumar *et al.*, 2019).

Nonostante i numerosi vantaggi, la pacciamatura presenta anche alcuni aspetti negativi quali:

- gestione dei rifiuti e impatto ambientale della pacciamatura in plastica. Le pacciamature in plastica creano difficoltà nello smaltimento e rilasciano sostanze nocive durante la combustione (Lamont, 1993). Queste pacciamature promuovono la degradazione del suolo. causano repellenza all'acqua del suolo e si comportano come potenziali inquinanti nel suolo (Steinmetz *et al.*, 2016). Di conseguenza, gli impatti della pacciamatura in plastica sui servizi ecosistemici necessitano di un'adeguata attenzione. Inoltre, diventano problematiche durante la concimazione in copertura, richiedono macchine costose per l'installazione e anche per la rimozione presentano elevati costi di manodopera (Malinconico *et al.*, 2008);
- la pacciamatura organica non è sempre efficiente. I materiali utilizzati possono essere inquinati da sementi di infestanti che possono facilmente germinare, mentre altri materiali per la loro natura, possono acidificare eccessivamente il suolo, come i trucioli di legno e corteccia.

Strati eccessivi di pacciamatura organica possono creare un'eccessiva umidità che favorisce l'attacco di patogeni. Altro aspetto da tenere in considerazione, è l'impovertimento di azoto del letto di semina nel caso della paglia o di materiali con un elevato rapporto carbonio/azoto, in quanto viene utilizzato dai microrganismi per decomporre la pacciamatura, rendendolo indisponibile per la pianta. Infine, la distribuzione di questi materiali pacciamanti non è sempre facilitata e sfavorita dalla presenza di vento (Kader *et al.*, 2017).

La pacciamatura dal punto di vista agronomico, ha portato rilevanti benefici con l'aumento delle rese, ma dal punto di vista economico rimane ancora irrisolta l'effettiva convenienza. Infatti, non è ancora chiaro come i ricavi compensino i costi di acquisto, gestione e smaltimento della pacciamatura in plastica e la letteratura è ancora scarsa e contraddittoria (Kader *et al.*, 2017). In generale, gli effetti economici più pronunciati riportati in letteratura sono stati ottenuti con il risparmio idrico (fino al 25%) e la riduzione dei costi di manodopera per il controllo delle infestanti e dei parassiti (Ingman *et al.*, 2015; Jabran *et al.*, 2015). Questi effetti economici hanno tenuto conto solo delle risorse di base, come l'acquisizione di materiali e il consumo di risorse commerciabili, senza calcolare lo sforzo per applicare e rimuovere le coperture in plastica (Steinmetz *et al.*, 2016). In conclusione, sono necessarie più analisi che verifichino l'impatto ambientale a lungo termine di questa pratica (Kader *et al.*, 2017).

2 SCOPO DEL LAVORO

Il settore orticolo, caratterizzato da elevata dinamicità e complessità colturale, richiede notevoli sforzi in termini di programmazione, scelta varietale e pratiche agronomiche per soddisfare le crescenti esigenze della grande distribuzione organizzata e del consumatore. La lattuga rappresenta uno degli ortaggi da foglia di riferimento per il mercato, che richiede costanza di produzione, conferimento e qualità. Tali parametri vengono garantiti dalla professionalità dei produttori, tuttavia sono necessari continui miglioramenti per consentire non solo il soddisfacimento delle esigenze citate, ma anche la redditività della coltura.

In questa prova si è valutato l'effetto di diverse modalità di pacciamatura sulle performance produttive e qualitative di 5 tipologie di lattuga durante il periodo invernale.

Sono state messe a confronto una pacciamatura con film plastico nero in polietilene (PE) con materiale biodegradabile (BIO) ed un controllo rappresentato da terreno nudo (TN). Per ogni copertura sono state utilizzate 5 tipologie di lattuga: gentile rossa MINERAL (V1), foglia di quercia verde KIELA (V2), rougette selez. G1417 (V3), trocadero varietà SPENCER (V4) e foglia di quercia rossa AYARAI (V5).

3 MATERIALI E METODI

3.1 PREDISPOSIZIONE DELL'ESPERIMENTO E TRATTAMENTI A CONFRONTO

La prova è stata eseguita presso l'Azienda Agraria sperimentale "Lucio Toniolo" dell'Università degli Studi di Padova situata nel comune di Legnaro (45° 20' 32" N, 11° 57' 58" E, 8 m s.l.m.) in provincia di Padova.

L'apprestamento protettivo, con orientamento Nord-Sud, all'interno del quale è stata condotta la prova è una serra-tunnel fredda, dalla superficie complessiva di 400 m², lunga 50 metri (45 m utilizzati per la prova) e larga 8 metri, con un'altezza al colmo di 3,90 metri, coperta con film singolo di materiale plastico (polietilene) e provvista di finestre laterali e rete antinsetto. La prova è stata eseguita su terreno caratterizzato da una tessitura argillosa-limoso. Quest'ultimo è stato estirpato, affinato tramite erpice rotante e, successivamente, sagomato tramite baulature alte 0,15 m, larghe 1 m e lunghe 45 m (Fig. 9). Non è stata eseguita nessuna concimazione di fondo.



Figura 9 - Preparazione delle tre baule all'interno della serra.

Le baule sono state suddivise in tre blocchi da 15 m cadauno secondo l'asse Est/Ovest. Sono state posate due manichette forate per baula a distanza di 20 cm, caratterizzate da distanza tra i fori di 20 cm e portata nominale di 1.2 L h⁻¹.

La prova è stata organizzata adottando uno schema sperimentale a blocchi randomizzati con tre ripetizioni (Fig. 10). Ciascun blocco, costituito da 3 parcelloni, ha considerato la pacciamatura con film PE nero (PE) dello spessore di 0.05 mm, con film biodegradabile (BIO) nero dello spessore di 0.015 mm a confronto col testimone a terreno nudo (TN) (Fig. 11).

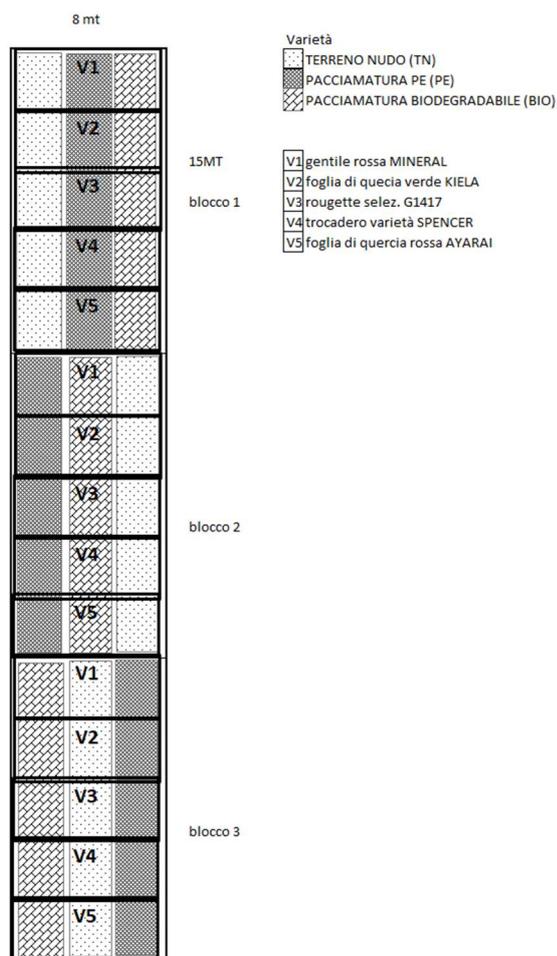


Figura 10 - Disegno sperimentale della prova su lattuga.



Figura 11 - Sistemazione dell'impianto di irrigazione e applicazione dei trattamenti di pacciamatura.

Il 27 ottobre 2023 è stato eseguito il trapianto manuale delle lattughe con un sesto di impianto di 10 piante m^{-2} .

In questa prova sono state utilizzate 5 tipologie di lattuga: gentile rossa MINERAL (V1) ditta sementiera Rijk Zwaan, foglia di quercia verde KIELA (V2) ditta sementiera Rijk Zwaan, rougette selez. G1417 (V3) ditta sementiera Gautier, trocadero varietà SPENCER (V4) ditta sementiera Gautier e foglia di quercia rossa AYARAI (V5) ditta sementiera Rijk Zwaan. Per ogni baula sono state trapiantate 3 file di lattuga.

Durante il ciclo di coltivazione tutti i trattamenti sono stati irrigati in egual modo; sono state eseguite tre fertirrigazioni con Fertyl® 3 caratterizzato dal titolo N-P-K(Mg) pari a 15-10-15+(2) + microelementi, apportando alle piante una soluzione con concentrazione di 2 g L^{-1} di fertilizzante. È stata registrata la temperatura sia del terreno che dell'aria attraverso dei sensori (Fig 12 e 13).



Figura 12 - Sensore per la misurazione della temperatura a terra, cartellino per identificare posizionamento sensore temperatura



Figura 13 - Sensore per la misurazione della temperatura dell'aria

Per quanto riguarda il terreno i sensori utilizzati sono Data Logger serie FT-90 (Fig. 12), interrati a 5 cm di profondità nella baula centrale in corrispondenza di ogni trattamento. La temperatura dell'aria è stata invece misurata con due sensori di temperatura HOBO temp/RH logger ONSET, posti al centro della serra tunnel. Con un sensore è stata misurata la temperatura a livello della pianta, 20 cm da terra, mentre con il secondo è stata misurata la temperatura dell'aria della serra tunnel, 1 m da terra (Fig. 13).

Utilizzando la media ponderata tra i gradi misurati dai due sensori, sono stati ottenuti i gradi utili per la crescita della lattuga, utilizzando la temperatura minima biologica di 3.5°C (Marrou *et al.*, 2013 e Galieni *et al.*, 2016).

3.2 RILIEVI NON DISTRUTTIVI

Durante il ciclo di coltivazione sono stati eseguiti rilievi non distruttivi finalizzati al monitoraggio dei principali parametri morfologici e fisiologici della coltura. Settimanalmente è stato effettuato un

rilievo con lo strumento SPAD (502Plus - Konica Minolta) in grado di dare indicazioni sullo stato nutrizionale della coltura; parallelamente è stato anche impiegato lo strumento DUALEX® (Force-A - Francia) dedicato alla determinazione del contenuto di clorofille, flavonoidi, antociani e del Nitrogen Balanced Index (NBI). Entrambi gli strumenti prevedono la lettura dei parametri tramite pinzatura della foglia senza danneggiarla. Oltre ai rilievi fogliari, sono stati eseguiti dei rilievi fotografici, con area di saggio delimitata da un quadrato di 1x1 m, con cadenza settimanale durante i primi 2 mesi di coltivazione e quindicinale nei successivi (8/11/23, 16/11/23, 23/11/23, 30/11/23, 14/12/23, 27/12/23 e 9/01/24).

Nello specifico, il Chlorophyll Meter SPAD-502Plus (Fig. 14a) (<https://www.konicaminolta.it/it-it/hardware/strumenti-di-misura/misura-di-colore/misuratore-di-clorofilla/spad-502plus>) consente di effettuare istantaneamente la misura del contenuto di clorofilla in unità di SPAD. Non è una misurazione invasiva, infatti è sufficiente pinzare lo strumento sulla quarta foglia dal centro per ottenere una lettura indicizzata (da 0 a 99.9) del contenuto di clorofilla. Lo strumento misura l'assorbanza della foglia nelle regioni della lunghezza d'onda del blu (400-500 nm) e del rosso (600-700 nm).

Il DUALEX (Fig. 14b) (<https://metos.global/it/dualex/>) invece, misura il contenuto di clorofilla, flavonoidi e antociani della foglia, inoltre determina anche l'indice di equilibrio dell'azoto (NBI) combinando clorofilla e flavonoidi in un solo risultato. L'NBI è un indicatore più preciso dello stato di azoto della pianta, perché è meno sensibile alle variazioni delle condizioni ambientali rispetto alla clorofilla. Questo strumento, per dare le misurazioni, utilizza diverse lunghezze d'onda della luce per misurare la fluorescenza della clorofilla e poi ne ricava il contenuto di polifenoli in base all'assorbanza relativa. Esegue misurazioni istantanee e non distruttive, sempre pinzando la foglia. Il suo GPS interno viene utilizzato per la geolocalizzazione dei blocchi.



a



b



c

Le immagini ottenute (Fig. 14c), infine, sono state scattate per valutare l'indice di accrescimento delle lattughe. Ogni foto è stata analizzata da un sistema che misura l'area di copertura dei cespi rispetto l'area totale della foto. Per le lattughe verdi è stato utilizzato il programma Canopy (<https://andres-patrignani.github.io/foilage/>) mentre per quelle rosse è stato utilizzato Image J 1.54g (<https://imagej.net/ij/>).

3.3 RILIEVI DISTRUTTIVI

Le tipologie di lattuga sono state raccolte in date differenti sulla base del raggiungimento del peso commerciale nel trattamento migliore.

Peso commerciale minimo indicato:

- V1 Mineral - Gentile rossa 250/280 g pianta⁻¹;
- V2 Kiela - Foglia di quercia verde 280/300 g pianta⁻¹;
- V3 G1417 - Rougette 180/200 g pianta⁻¹;
- V4 Spencer - Trocadero 300 g pianta⁻¹;
- V5 Ayarai - Foglia di quercia rossa 250/280 g pianta⁻¹ minimo.

Le date di raccolta delle diverse tipologie sono riportate in tabella 1.

Tabella 1 - Date di raccolta delle diverse tipologie di lattuga.

V1	01/02/2024
V2	19/01/2024
V3	01/02/2024
V4	29/01/2024
V5	01/02/2024

Sono state raccolte le 10 piante della fila centrale per ogni parcella e trattamento al fine di evitare eventuali effetti di bordo. Alla raccolta ogni cespo di lattuga è stato reciso al colletto, pesata la biomassa aerea totale e misurato il diametro della pianta. Per le analisi successive sono stati selezionati 3 cespi rappresentativi. Ognuno dei 3 cespi è stato suddiviso (Fig. 15) in 3 parti e ciascuna di esse è stata utilizzata assieme alle porzioni degli altri per ricavare un campione rappresentativo che è stato in parte destinato all'essiccazione per la determinazione della sostanza secca, alla liofilizzazione e, dopo congelamento a -20°C, alla valutazione delle principali caratteristiche

organolettiche (pH, conducibilità elettrica (mS cm⁻¹), contenuto Solidi Solubili (°Brix) e acidità titolabile (% ac.citrico eq.).

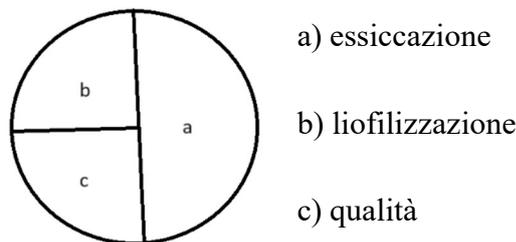


Figura 15 - Suddivisione del cespo.

3.3.1 ANALISI QUALITATIVE

pH e conducibilità elettrica: sono stati misurati con un pHmetro conduttivimetro portatile (Hanna Instruments modello HI 9813-5), mediante inserimento della sonda in abbondante volume di succo cellulare estratto in seguito allo scongelamento del prodotto.

CSS: il contenuto di solidi solubili espresso in °Brix, è stato misurato con un rifrattometro portatile digitale (Milwaukee), il quale sfrutta il fenomeno della rifrazione della luce per determinare l'indice di rifrazione che è correlato con la concentrazione zuccherina del succo; per ottenere la lettura sono state messe alcune gocce di succo sul prisma dello strumento, il quale fornisce un valore numerico sul display espresso in °Brix.

Acidità Titolabile: la restante quota di estratto è stata impiegata per la determinazione in laboratorio dell'acidità titolabile, secondo il metodo standard ISO 750:1998 (E), che prevede il prelievo di un volume noto di succo cellulare (10 mL) ai quali vengono aggiunti 40 mL di acqua demineralizzata; servendosi della opportuna strumentazione di laboratorio è stata condotta la titolazione con idrossido di sodio (NaOH) 0,1 N fino al raggiungimento del valore soglia di pH 8,2 della soluzione; i mL utilizzati sono stati annotati per ciascun campione per il calcolo dell'acidità titolabile espressa in percentuale di acido citrico equivalenti per 100 g di succo, tramite la seguente formula:

$$Z = [(V * N * mEqwt) / Y] * 100$$

dove:

Z= g di acido per 100 g di campione

V= volume in ml di NaOH usato per la titolazione

N= normalità di NaOH

mEqwt= milliequivalenti di acido (0.064 ac. citrico)

Y= volume in ml di campione

Essiccazione: ogni campione, composto dalle porzioni dei tre cespi, è stato pesato fresco (PF) e successivamente posto in stufa ventilata a 65°C per 48 ore. È stato quindi pesato per determinare la sostanza secca.

Liofilizzazione: ogni campione è stato surgelato in freezer a -30°C. Dopo di che sono stati messi all'interno di un liofilizzatore Virtis. I campioni liofilizzati sono stati macinati e successivamente sono stati pesati con una bilancia di precisione a 4 decimali, in modo da ottenere due pesate, ognuna di 0.1 grammi, che sono state utilizzate poi per l'esecuzione dei metodi FRAP e Folin-Ciocalteu. Entrambe le metodiche prevedono una fase comune di estrazione che prevede la pesata di 0.1 g di campione liofilizzato macinato ai quali sono stati aggiunti 20 mL di metanolo (per HPLC); il campione è stato filtrato con carta da filtro (589 Schleicher diametro 125 mm) ottenendo l'estratto da impiegare.

Metodica FRAP: L'attività antiossidante è stata determinata con il metodo FRAP (FerricReducingAbility of Plasma). Il reagente FRAP (soluzione 1 mM di 2,4,6- tripiridil-2 triazina [TPTZ], 2 mM cloruro ferrico e 250 mM di acetato di sodio a pH 3.6) è stato preparato giornalmente a partire da soluzioni madri di 300 mM di buffer acetato, 12 mM di TPTZ (in acido cloridrico 48 mM) e 24 mM di cloruro ferrico in rapporto 10:1:1. A 100 µL di estratto sono stati aggiunti 1900 µL di reagente FRAP e si è omogeneizzato con l'ausilio di un vortex; dopo 4' a 20 °C è stata letta l'assorbanza a 593 nm (Shimadzu UV-1800). La lettura è stata confrontata con una curva di calibrazione costituita da soluzione di solfato di ammonio ferroso con concentrazione da 0 a 1200 µg mL⁻¹ di ione ferroso. L'attività antiossidante è stata quindi successivamente espressa come mg di Fe²⁺ equivalenti (Fe²⁺E) per kg di campione secco.

Metodica Folin-Ciocalteu: per la determinazione dei fenoli, invece, si sono prelevati 200 µL dell'estratto, si sono aggiunti 1000 µL di reattivo di Folin-Ciocalteu e 800 µL di carbonato di sodio anidro al 7.5 %. Si è quindi proceduto con 15" di agitazione e successivo riposo per 30' a temperatura ambiente prima di leggere allo spettrofotometro ad una lunghezza d'onda di 765 nm (Shimadzu UV-1800). L'assorbanza è stata confrontata con quella letta per soluzioni a concentrazione nota di acido gallico (da 0 a 300 µg mL⁻¹) che hanno subito lo stesso procedimento dei campioni. Il contenuto totale di fenoli è stato espresso come mg di ac. gallico equivalenti (GAE) per kg di campione secco. Infine, sono state misurate le clorofille per quantificare i pigmenti fotosintetici, fondamentali per la fotosintesi, valutando così la salute e il vigore delle piante.

La **misura del contenuto di clorofilla** è stata eseguita seguendo la metodica proposta da Wellburn e Lichtenthaler (1984). La metodologia prevede l'estrazione della clorofilla dai tessuti vegetali con etanolo (96 %) con un rapporto 0.1:10 (g) tra tessuto vegetale ed etanolo. Nella prova sono stati utilizzati 0.10 g di campione di foglia liofilizzata e macinata, e 20 mL di etanolo. Le provette contenenti il campione ed etanolo sono state poi avvolte in film di alluminio e poste in cella frigo a 4 °C. Dopo 24 ore si è eseguita la lettura dell'assorbanza della clorofilla ad una lunghezza d'onda di 665 nm per Chla, 649 nm per Chlb e 470 nm per carotenoidi e xantofille, con l'utilizzo dello spettrofotometro Shimadzu UV-1800.

I contenuti di clorofilla a e b, espressi in $\mu\text{g mL}^{-1}$, carotenoidi e xantofille, sono stati calcolati utilizzando le seguenti formule:

$$\text{Chla} = 13.95 \times \lambda_{665} - 6.88 \times \lambda_{649} \text{ (clorofilla a)}$$

$$\text{Chlb} = 20.96 \times \lambda_{649} - 7.32 \times \lambda_{665} \text{ (clorofilla b)}$$

$$C_{x+c} = \frac{1000 \times \lambda_{470} - 2.05\text{Chla} - 114.8\text{Chlb}}{245}$$

Per ottenere le concentrazioni in $\mu\text{g g}^{-1}$ è stato poi moltiplicato per i mL utilizzati e quindi diviso per la pesata del campione estratta a quattro decimali.

3.4 ANALISI STATISTICA

I dati ricavati dai rilievi quanti-qualitativi di ciascun ciclo sono stati elaborati statisticamente attraverso l'analisi della varianza ANOVA. È stato utilizzato un test a un'unica via considerando che l'unico fattore allo studio era rappresentato dal trattamento di pacciamatura. Le tipologie di lattuga, molto diverse tra loro, sono state comparate in modo indiretto e non supportate da statistica solo ai fini di un ulteriore commento nella discussione. Per l'elaborazione statistica è stato utilizzato il software Statgraphics 19 centurion (Statgraphics Technologies, Inc.). Le medie sono state separate impiegando il test HSD di Tukey.

4 RISULTATI

4.1 ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA DEL SUOLO

Dall'elaborazione dei dati ottenuti dalla misurazione della temperatura del terreno nei diversi trattamenti (Fig. 16), è risultato che nel trattamento TN le temperature sono state minori durante tutto il ciclo produttivo. PE e BIO, invece, hanno mantenuto temperature più elevate del terreno in media di 1.5 °C rispetto TN.

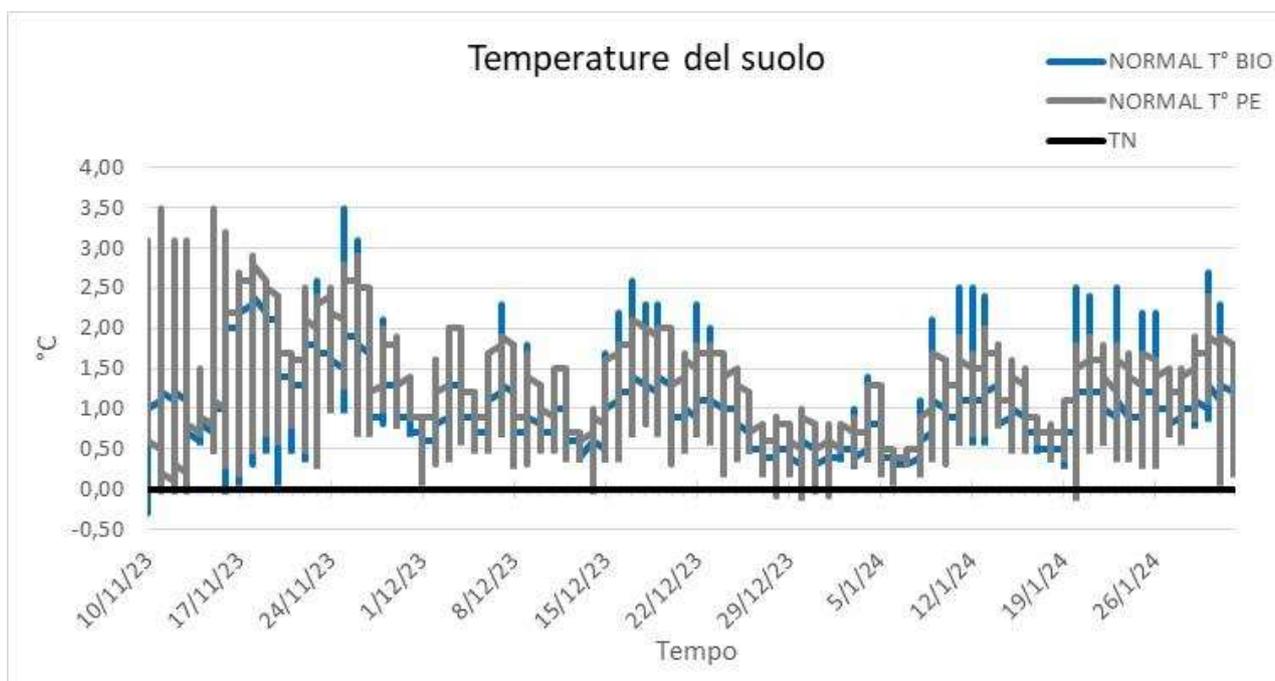


Figura 16 - Andamento della temperatura del suolo. Temperature rilevate per PE e BIO normalizzate rispetto TN. Dati registrati dal 10/11/23 al 1/02/24, con cadenza oraria.

4.2 GRADI UTILI ACCUMULATI

Dalla media dei dati raccolti (media dei due sensori posti rispettivamente a 20 e 100 cm dal suolo) relativi alle temperature dell'aria, è stata calcolata la somma dei gradi utili necessari alle diverse tipologie di lattuga per raggiungere il peso commerciale. Nello specifico i dati sono stati registrati da 13/11/23 alla raccolta. La figura 17 mostra come in generale le due tipologie di lattuga a foglia verde abbiano necessitato di meno GDD rispetto quelle a foglia viola, in particolare Kiela ha necessitato di circa 300 gradi utili, mentre le lattughe a foglia rossa di circa 300 gradi utili.

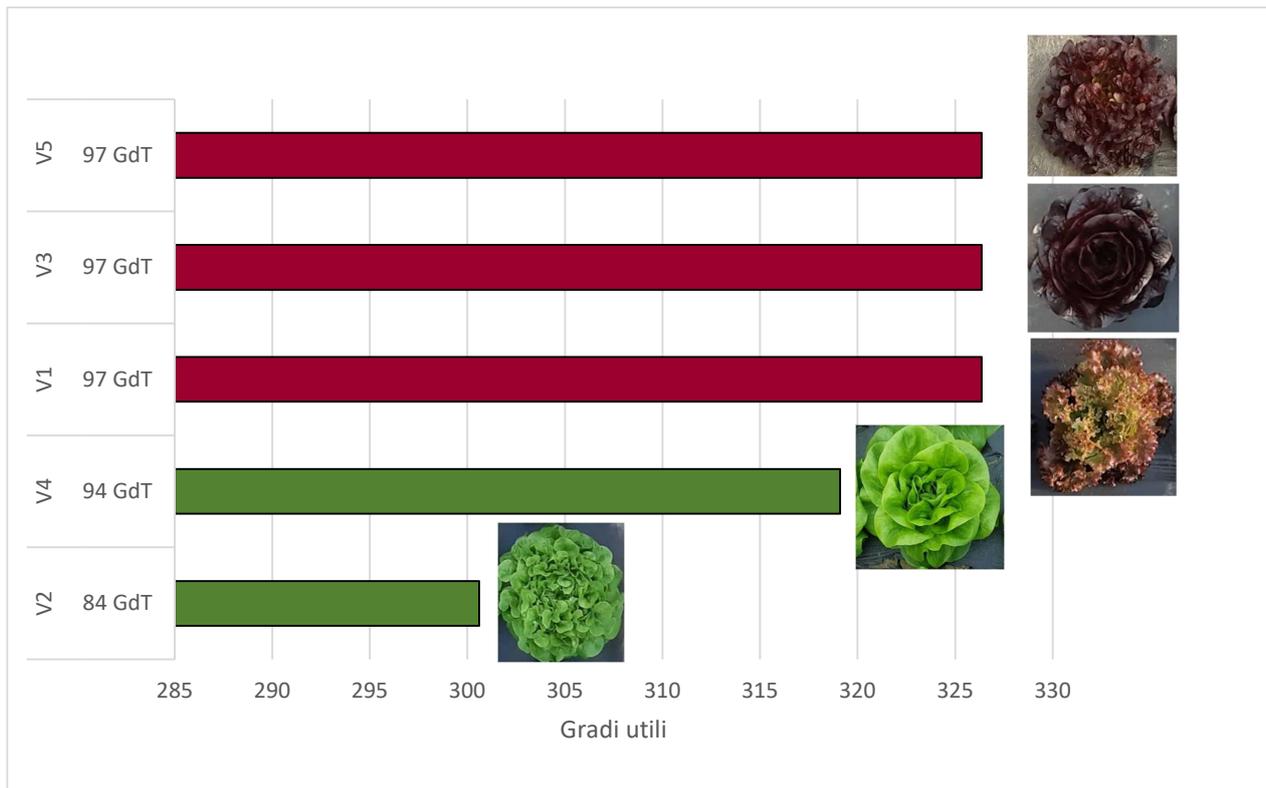
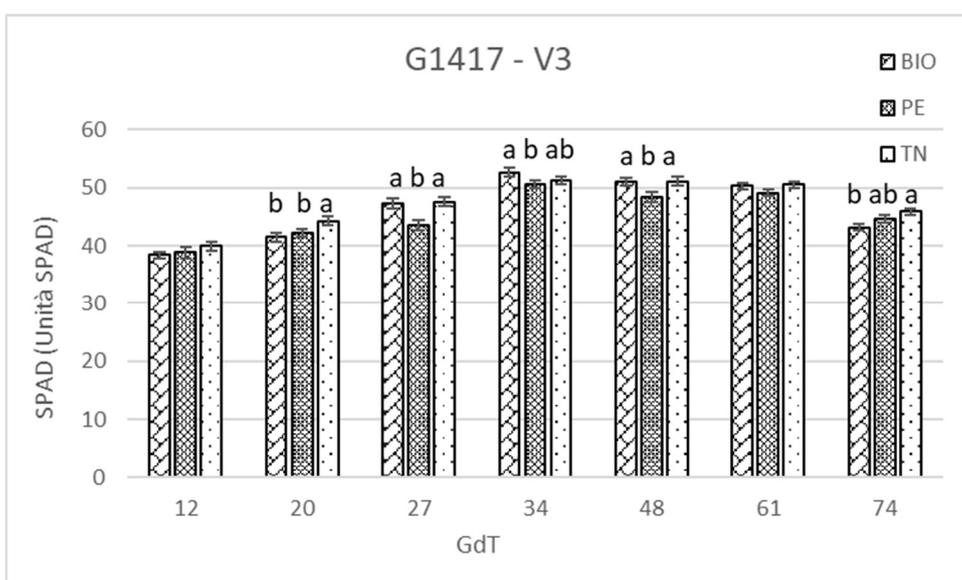
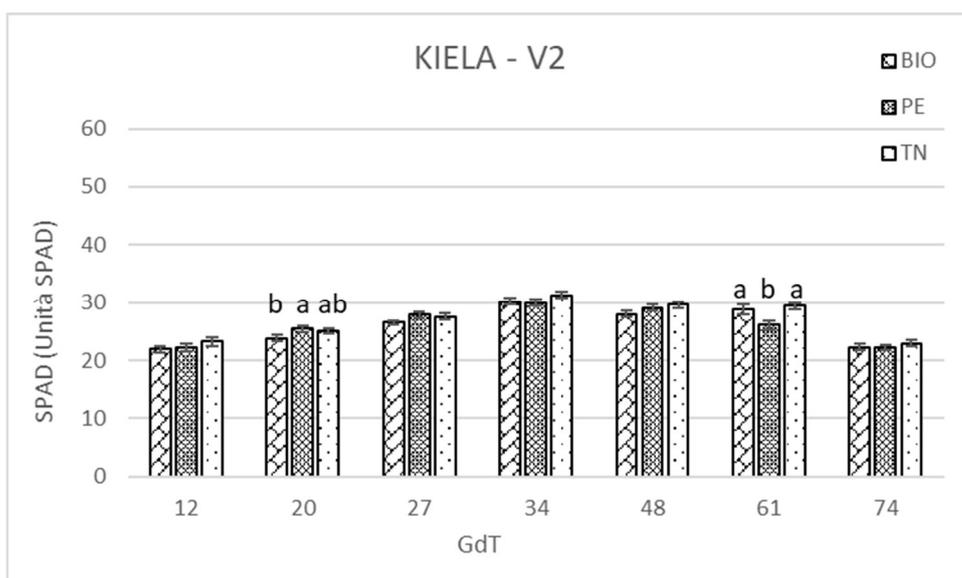
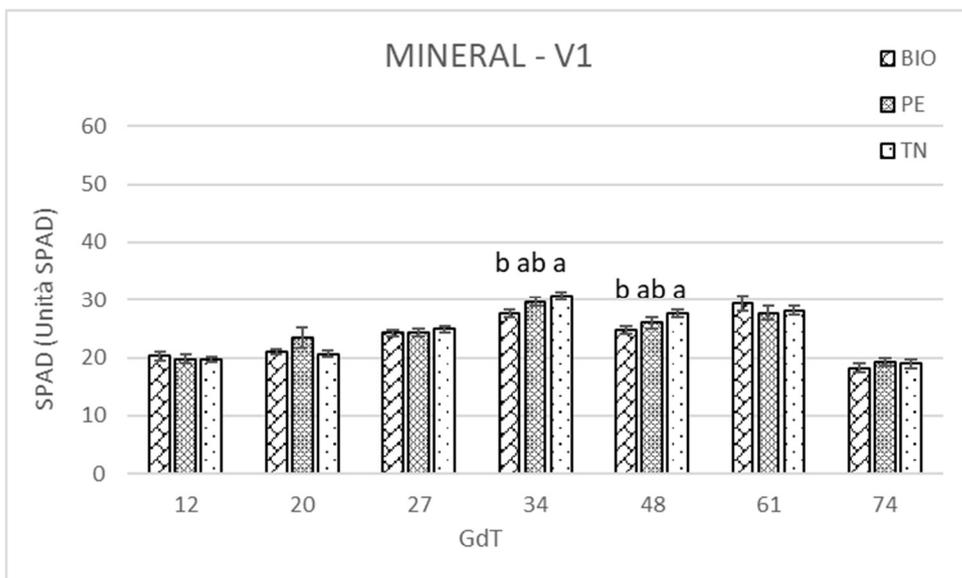


Figura 17: Gradi utili necessari per completare il ciclo culturale delle diverse tipologie di lattuga (zero vegetativo a 3.5°C).

4.3 RILIEVI NON DISTRUTTIVI

4.3.1 SPAD

I rilievi SPAD (Fig. 18) non hanno evidenziato differenze statisticamente significative tra i diversi trattamenti, ad eccezione di qualche data per ogni tipologia. Più precisamente, la tipologia V1 a 34 e 48 giorni dal trapianto (GdT) mostra un indice SPAD maggiore nel trattamento a terreno nudo anche se la tendenza non è confermata nelle altre date di rilievo. Per quanto riguarda V2 differenze statisticamente significative tra i trattamenti sono state evidenziate a 20 e 61 GdT, anche se in trattamenti diversi. La tipologia V3 rougette a foglia viola è l'unica che presenta differenze statisticamente significative tra i trattamenti (BIO, PE e TN) in tutte le date ad eccezione di 12 e 61 GdT anche se l'andamento tra gli stessi è molto variabile: nelle date intermedie le piante coltivate su pacciamatura biodegradabile mostrano indici SPAD maggiori rispetto gli altri trattamenti, mentre a 20 e 74 GdT l'indice SPAD risulta maggiore nelle piante allevate su terreno nudo. Anche Spencer e Ayarai hanno mostrato differenze statisticamente significative solo rispettivamente a 20, 27 e 61 GdT e 48 e 61 GdT anche se per entrambe non è stata evidenziata una tendenza specifica.



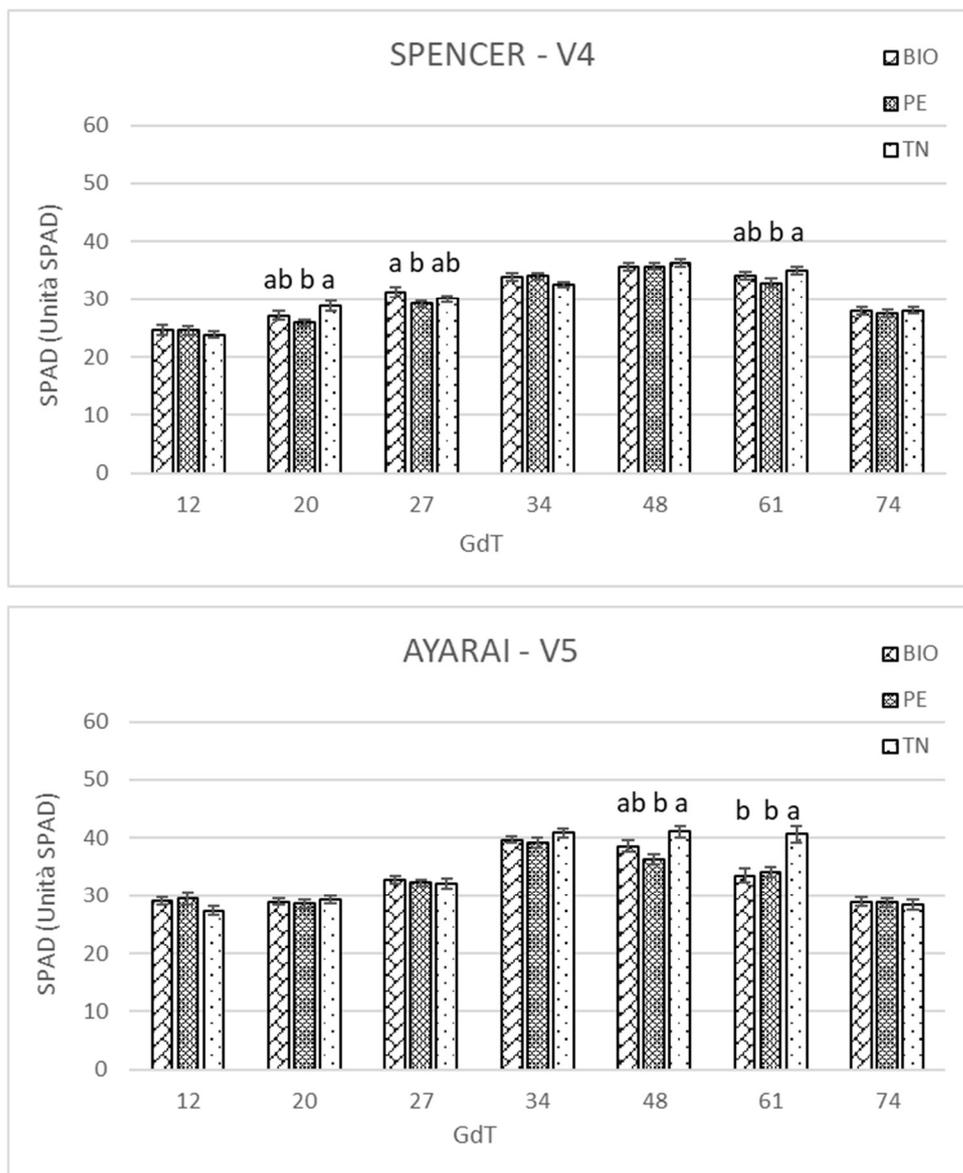


Figura 18: Rilievi SPAD nelle diverse tipologie di lattuga. Le barre indicano l'errore standard, mentre le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$). Dove non è riportata alcuna lettera il test non è significativo.

4.3.2 DUALEX

V1 GENTILE ROSSA (CV MINERAL)

I rilievi DUALEX della tipologia V1 (Fig. 19) generalmente, non hanno evidenziato differenze statisticamente significative tra i diversi trattamenti. Per quanto riguarda il contenuto in clorofilla (espresso in microgrammi per cm^2 di foglia) (Fig. 19a), nel corso del ciclo, è stata verificata una differenza significativa a 30, 36 e 63 GdT ove le lattughe allevate su BIO hanno mostrato un maggior contenuto di pigmento, parimenti alle stesse allevate su TN a 30 giorni dal trapianto.

Per i flavonoidi (Fig. 19b), invece, è stata rilevata una differenza significativa solo a 30, 36 e 50 GdT, dove il trattamento BIO ha influenzato positivamente il contenuto, mentre nei rimanenti rilievi non è stata notata alcuna significatività.

Gli antociani (Fig. 19c) sono risultati maggiori in modo significativo nelle piante coltivate su terreno nudo in tutti i rilievi ad eccezione di quelli a 15 e 63 giorni dal trapianto. A 50 GdT i trattamenti PE e TN sono stati maggiori del BIO, anche se permane il trend evidenziato poc'anzi. Si differenzia l'ultimo rilievo ove gli antociani sono stati misurati in maggior quantità sulle foglie del trattamento PE di circa mezza unità Dualex.

In relazione all'indice NBI (Fig. 19d), nel corso del ciclo sono state rilevate differenze statisticamente significative solo a 30, 36 e 50 GdT, dove il trattamento BIO è risultato maggiore rispetto gli altri, mentre nei rimanenti rilievi non è stata notata alcuna differenza significativa.

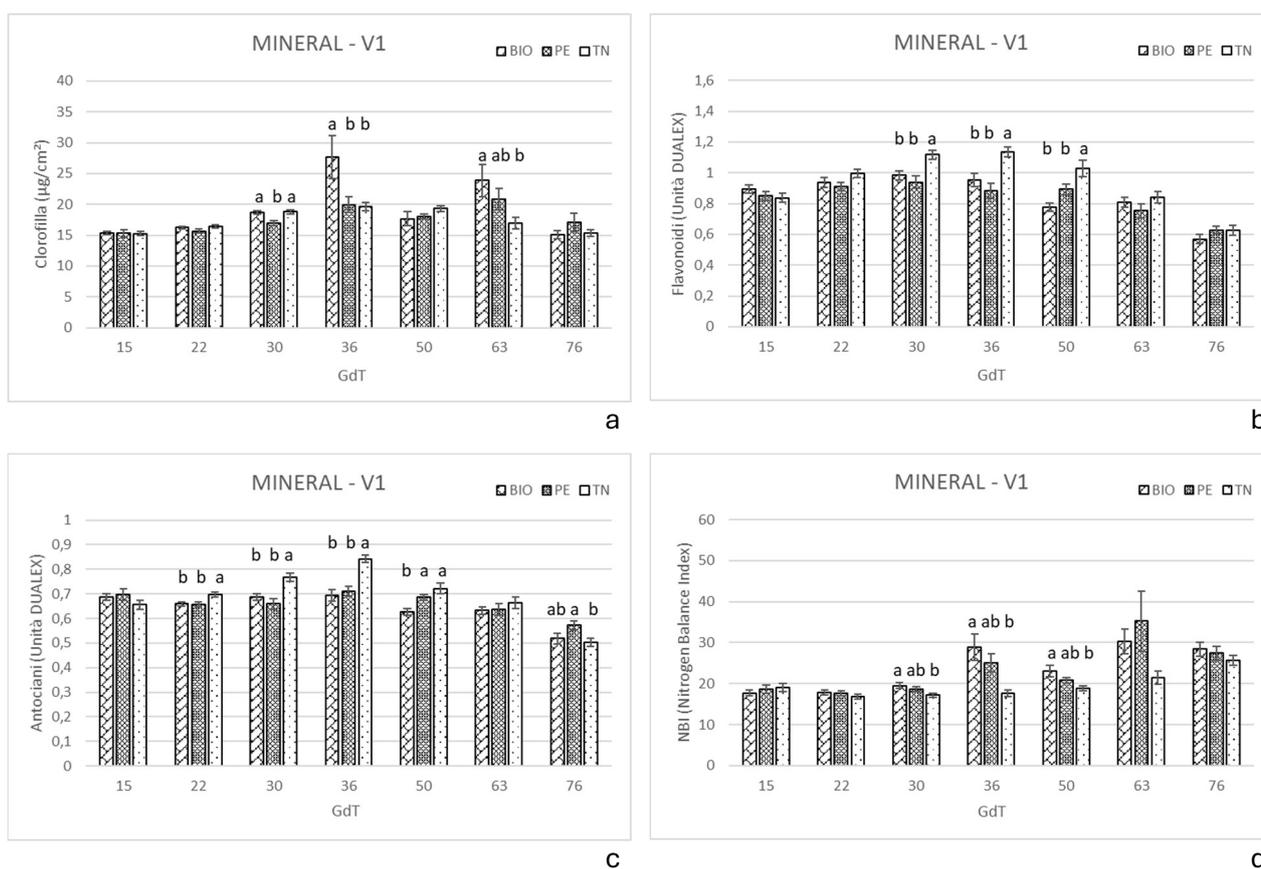


Figura 19: Rilievi DUALEX della tipologia V1. Effetto del trattamento di pacciamatura sul contenuto di clorofille, flavonoidi, antociani, NBI in lattuga. Le barre indicano l'errore standard, mentre le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$). Dove non è riportata alcuna lettera il test non è significativo.

V2 FOGLIA DI QUERCIA VERDE (CV KIELA)

I rilievi DUALEX della tipologia V2 (fig. 20) non hanno evidenziato differenze statisticamente significative tra i diversi trattamenti alla raccolta. Nel corso del ciclo colturale, invece, le clorofille,

hanno evidenziato una diversa concentrazione solamente a 50 GdT dove il trattamento TN è risultato maggiore (Fig. 20a). Per i flavonoidi (Fig. 20b) TN è risultato maggiore rispetto gli altri trattamenti fino a 50 GdT di valori superiori al 20%. Anche il contenuto di antociani (Fig. 20c), non ha manifestato variazioni significative tra i diversi trattamenti, ad eccezione a 50 GdT, dove il trattamento PE e BIO sono risultati significativamente maggiori. Infine, l'indice NBI (Fig. 20d) è risultato significativamente inferiore in TN rispetto gli altri trattamenti a 22, 30 e 36 GdT rispettivamente in media di circa 29%, 26% e 46%, mentre nei rimanenti rilievi non è stata riscontrata alcuna significatività.

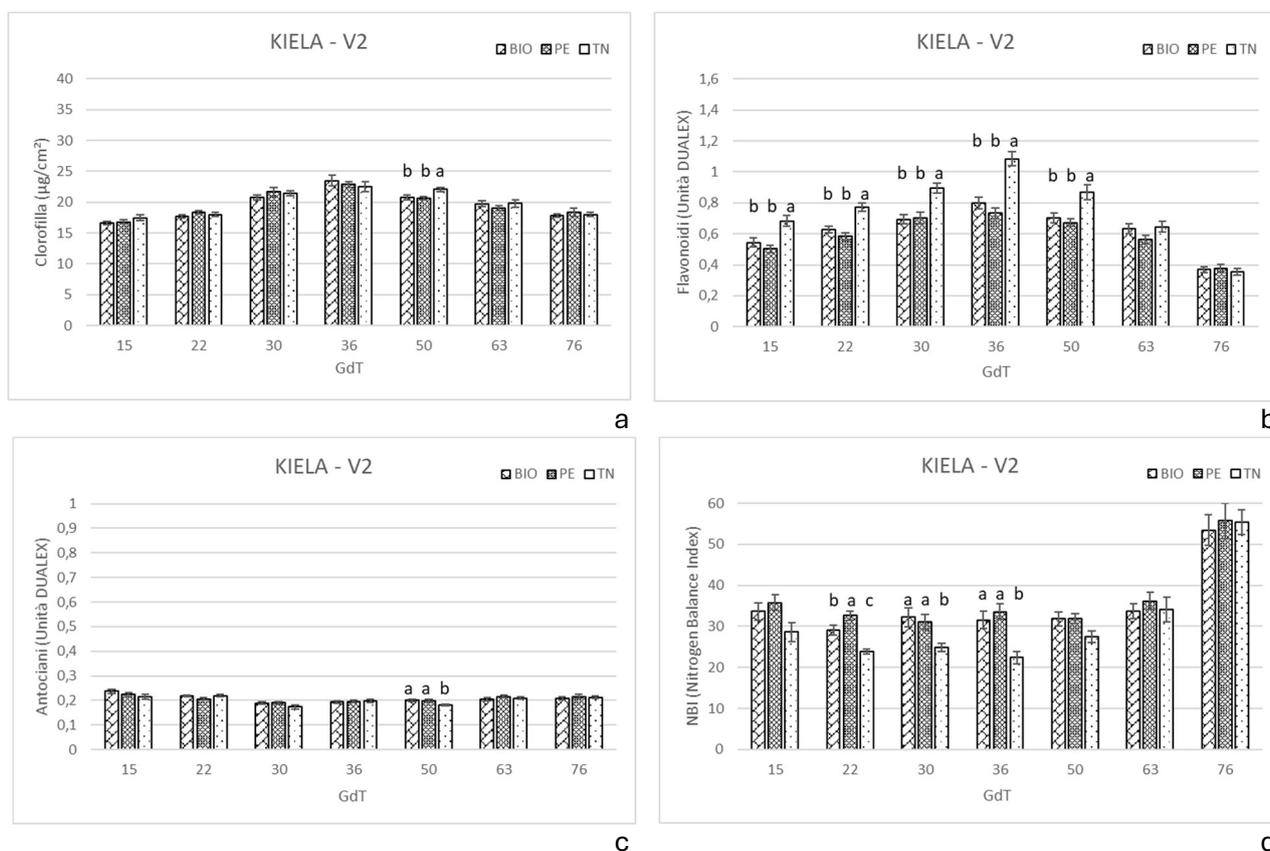


Figura 20: Rilievi DUALEX della tipologia V2. Effetto del trattamento di pacciamatura sul contenuto di clorofille, flavonoidi, antociani, NBI in lattuga. Le barre indicano l'errore standard, mentre le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$). Dove non è riportata alcuna lettera, significa che il test non è significativo.

V3 ROUGETTE (CV G1417)

Anche per la tipologia V3 i rilievi alla raccolta non hanno evidenziato differenze statisticamente significative tra i diversi trattamenti (Fig. 21). Per le clorofille (Fig. 21a), nel corso del ciclo è stata rilevata una differenza significativa a 22, 36 e 50 GdT tra i trattamenti, mentre nei rimanenti rilievi non è stata notata alcuna significatività e non si evidenzia alcuna moda. Per i flavonoidi (Fig. 21b), non sono state evidenziate differenze statisticamente significative tra i diversi trattamenti, ad eccezione di 30 e 36 GdT, dove il trattamento PE è risultato inferiore rispetto gli altri di circa una

unità Dualex. Gli antociani (Fig. 21c) sono stati significativamente più elevati in TN nelle prime fasi di sviluppo delle lattughe, mentre non sono state evidenziate differenze significative a partire dai 50 giorni dal trapianto. L'indice NBI (Fig. 21d) ha manifestato variazioni statisticamente significative solamente a 30 e 36 GdT dove il trattamento PE è risultato superiore rispetto gli altri.

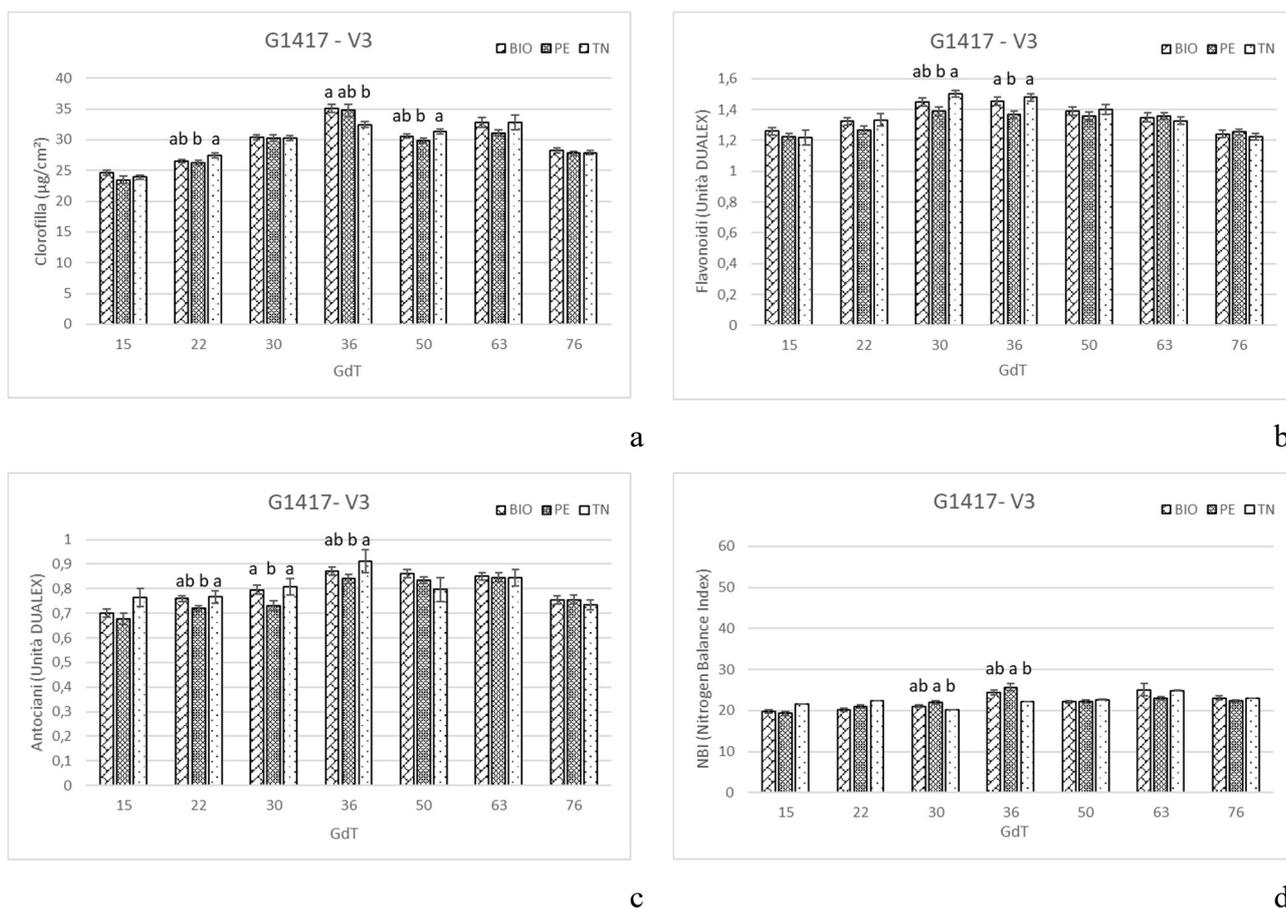


Figura 21: Rilievi DUALEX della tipologia V3. Effetto del trattamento di pacciamatura sul contenuto di clorofille, flavonoidi, antociani, NBI in lattuga. Le barre indicano l'errore standard, mentre le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$). Dove non è riportata alcuna lettera, significa che il test non è significativo.

V4 TROCADERO (CV SPENCER)

I rilievi DUALEX della tipologia V4 generalmente, non hanno evidenziato differenze statisticamente significative tra i diversi trattamenti alla raccolta (Fig. 22).

Per le clorofille (Fig. 22a), non sono state evidenziate differenze significative tra i diversi trattamenti, ad eccezione a 15 e 36 GdT, dove il trattamento BIO è risultato superiore. Per i flavonoidi (Fig. 22b), fino a 50 GdT, è stata rilevata differenza significativa, dove il TN è risultato maggiore rispetto gli altri trattamenti. Il contenuto di antociani (Fig. 22c) si è differenziato solamente a 36 GdT dove il trattamento TN è risultato superiore. L'indice NBI (Fig. 22d) è stato condizionato dal trattamento di pacciamatura nella maggior parte del ciclo. In particolare, il trattamento TN è risultato inferiore a 15,

22, 30, 36 e 50 GdT, mentre all'ultimo rilievo, 76 giorni, è risultato superiore rispetto gli altri trattamenti.

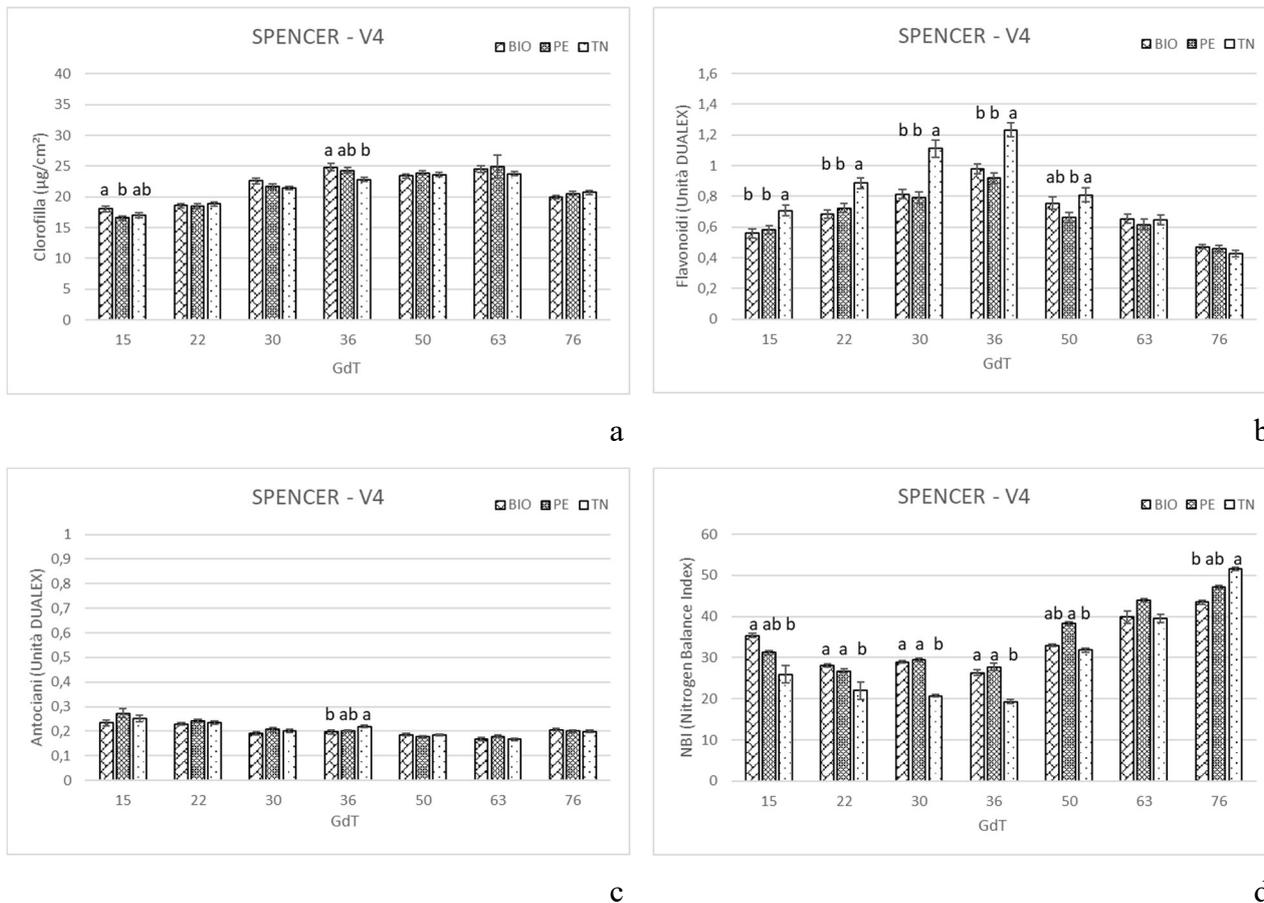


Figura 22: Rilievi DUALEX della tipologia V4. Effetto del trattamento di pacciamatura sul contenuto di clorofille, flavonoidi, antociani, NBI in lattuga. Le barre indicano l'errore standard, mentre le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$). Dove non è riportata alcuna lettera, significa che il test non è significativo.

V5 AYARI FOGLIA DI QUERCIA ROSSA

In relazione al contenuto di clorofille rilevato col Dualex (Fig. 23a), non sono state evidenziate differenze significative tra i diversi trattamenti, ad eccezione di 50 e 63 GdT, dove il trattamento TN è risultato significativamente maggiore di circa il 10%. Per i flavonoidi, a 22, 30, 36 e 50 GdT, il trattamento TN è risultato superiore rispetto gli altri con valori che hanno superato 1,2 unità Dualex. Gli antociani del TN sono risultati elevati solo a 22, 36 e 50 GdT e poi non significativi. Mentre per l'indice NBI rispettivamente a 15, 22, 30 e 50 GdT il trattamento a TN ha registrato valori inferiori rispetto gli altri trattamenti.

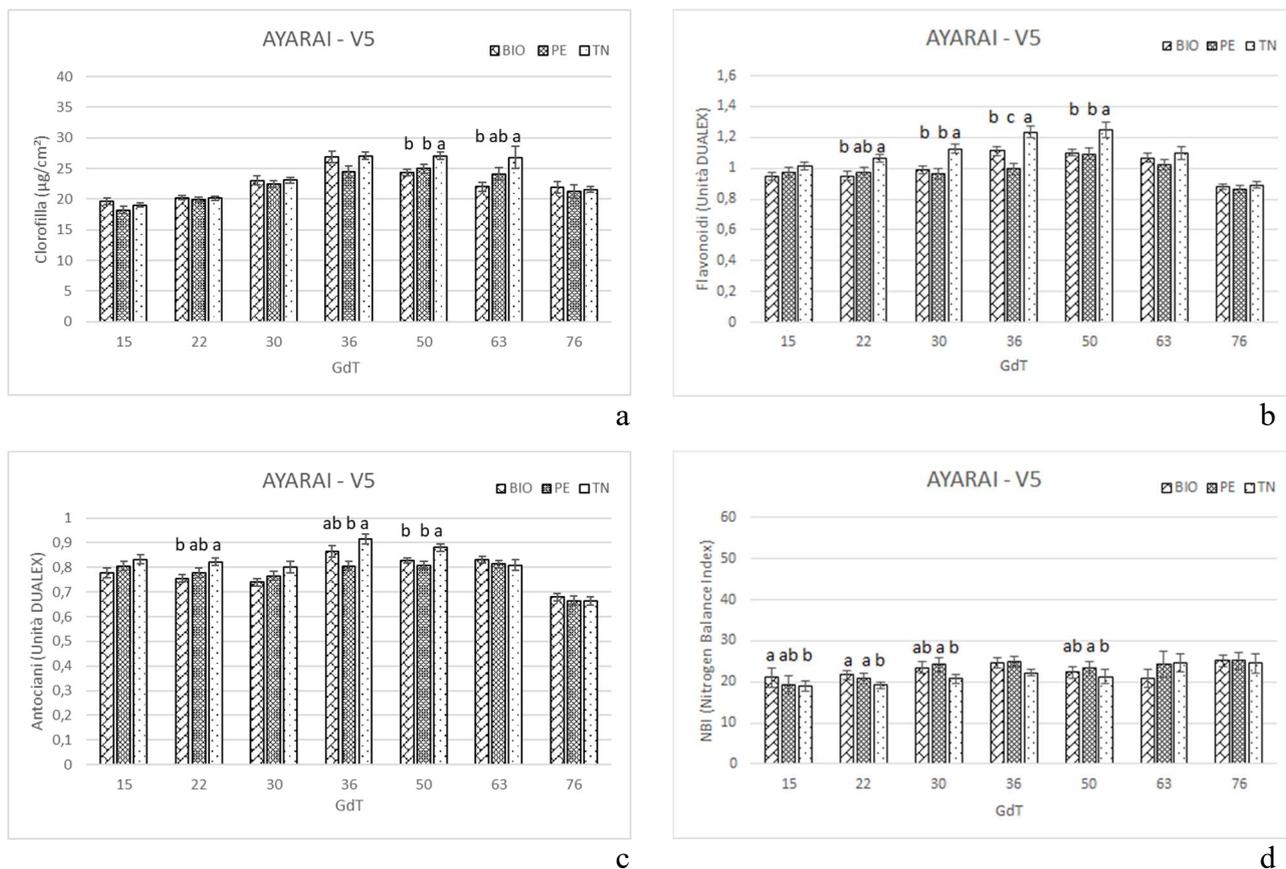


Figura 23: Rilievi DUALEX della tipologia V5. Effetto del trattamento di pacciamatura sul contenuto di clorofille, flavonoidi, antociani, NBI in lattuga. Le barre indicano l'errore standard, mentre le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$). Dove non è riportata alcuna lettera il test non è significativo.

4.3.3 RILIEVO FOTOGRAFICO

I rilievi fotografici (Fig. 24) hanno evidenziato differenze statisticamente significative tra i diversi trattamenti, durante il ciclo di produzione, mentre al momento della raccolta, la differenza tra le foto dei diversi trattamenti, generalmente non è risultata significativa. In V1 (Fig. 24a) il trattamento TN è tendenzialmente sempre meno coperto rispetto agli altri trattamenti con differenze significative a 20, 27 e 34 GdT. Al momento della raccolta non è stata, però, riscontrata nessuna differenza significativa, nonostante si possa osservare che PE e BIO sono circa il 30% in più rispetto al TN. Per la V2 (Fig. 24b) da 20 giorni dopo il trapianto fino alla raccolta, sono state rilevate differenze significative tra i trattamenti, dove PE e BIO sono risultati in media, superiori del 31% rispetto al TN in tutto il ciclo. Per la V3 (Fig. 24c) non sono state evidenziate differenze significative tra i diversi trattamenti. Ad eccezione a 20, 27 e 34 GdT dove il trattamento PE è risultato mediamente superiore del 31% rispetto al TN. Per la V4 (Fig. 24d) non sono state evidenziate differenze significative tra i diversi trattamenti. Ad eccezione a 14, 20, 27 e 48 GdT dove il trattamento TN è risultato inferiore rispetto agli altri.

Per la V5 (Fig. 24e) non sono state evidenziate differenze significative tra i diversi trattamenti, si può dire però che al momento della raccolta il TN aveva 14 punti percentuali in meno rispetto gli altri due.

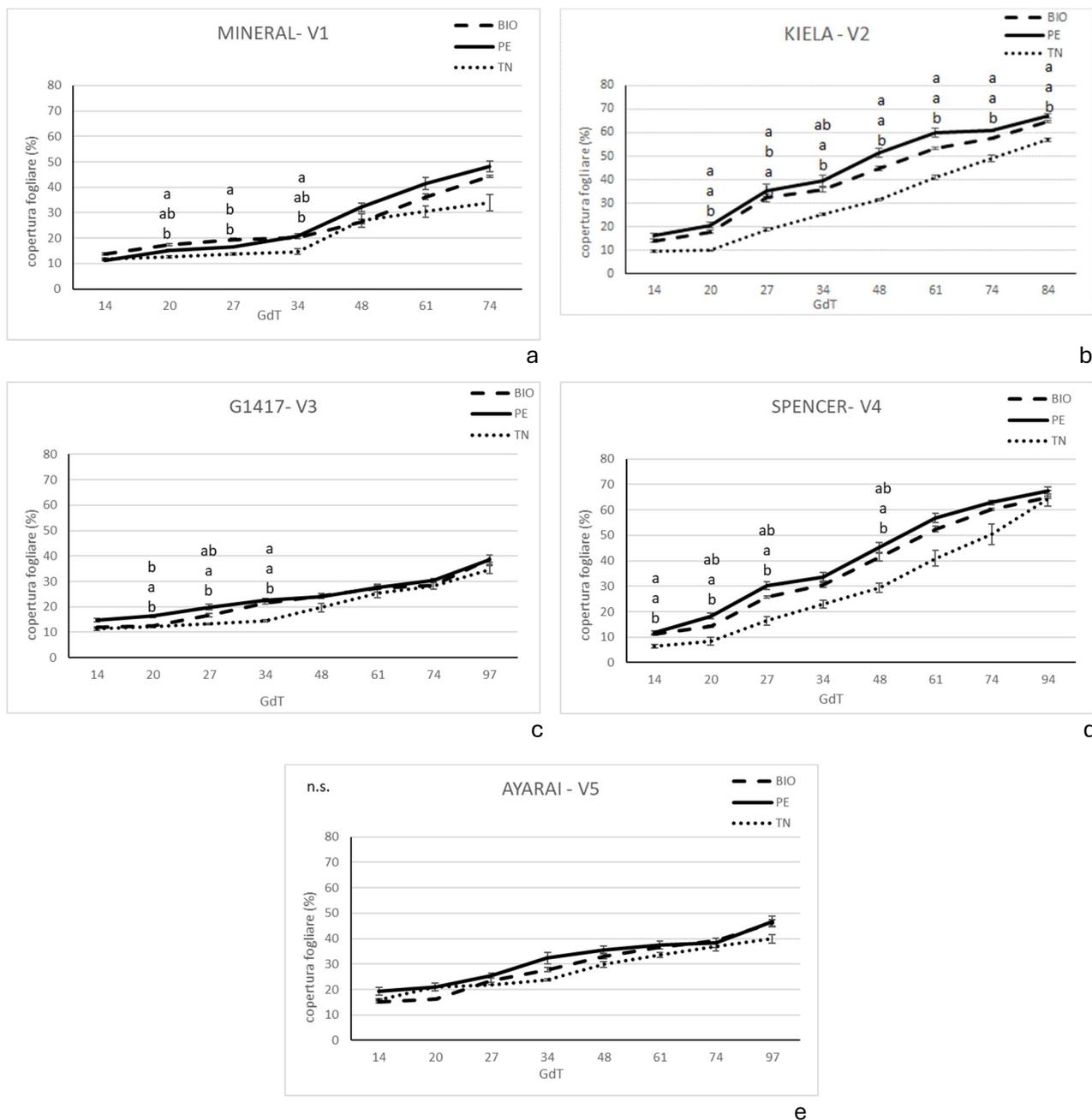


Figura 24: Effetto della tipologia di pacciamatura sulla percentuale di copertura vegetale delle diverse tipologie di lattuga. Le barre indicano l'errore standard, mentre le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$). La sequenza con cui sono riportate le lettere corrisponde alla legenda. Dove non è riportata alcuna lettera il test non è significativo.

4.4 ANALISI DISTRUTTIVE QUANTITATIVE

Di seguito (Tab. 2) sono stati riportati i pesi delle varietà nel trattamento PE al momento della raccolta, trattamento di riferimento in quanto è stato il primo ad aver raggiunto il peso commerciale.

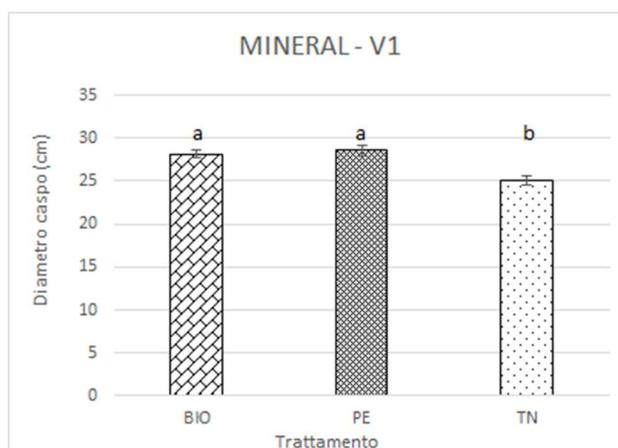
Tabella 2 - Date di raccolta delle diverse tipologie di lattuga e relativo peso medio nel trattamento PE

	Legnaro	Peso medio/tratt.
V1	01/02/2024	185 g/PE
V2	19/01/2024	307 g/PE
V3	01/02/2024	158 g/PE
V4	29/01/2024	310 g/PE
V5	01/02/2024	166 g/PE

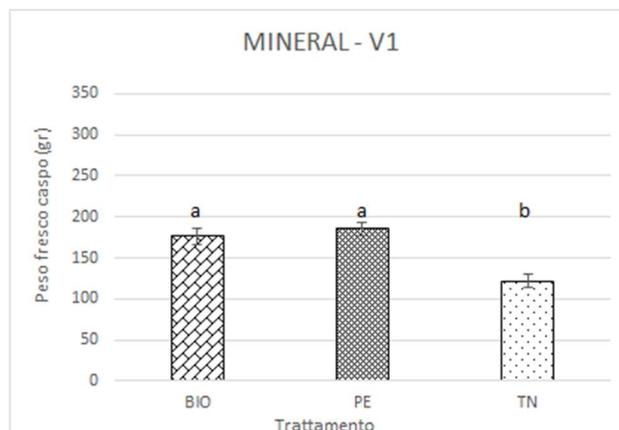
Per quanto riguarda i dati relativi ai rilievi distruttivi sono stati riportati i grafici relativi ai vari parametri presi in esame, sia ponderali che qualitativi.

V1 GENTILE ROSSA (CV MINERAL)

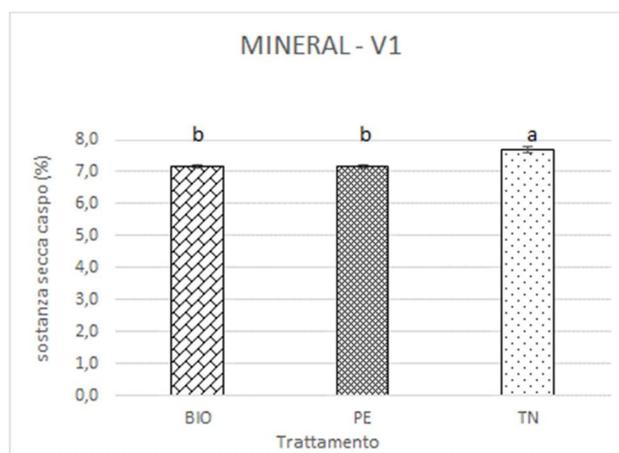
Per i caratteri quantitativi della lattuga V1 Mineral gentile rossa (Fig. 25), sono state osservate differenze statisticamente significative tra i trattamenti. Per quanto riguarda il diametro il trattamento a terreno nudo è risultato minore rispetto gli altri trattamenti (Fig. 25a). Dal punto di vista produttivo il peso del TN è risultato il 34% minore rispetto il PE (Fig. 25b). Diversamente la percentuale di sostanza secca dove il TN è risultato statisticamente maggiore (Fig. 25c).



a



b



c

Figura 25: Effetto della pacciamatura su parametri morfologici (a), produttivi (b) e percentuale di sostanza secca (c) della tipologia V1. Le barre indicano l'errore standard, mentre le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$)

V2 KIELA FOGLIA DI QUERCIA VERDE

Per i caratteri quantitativi della lattuga V2 kiela foglia di quercia verde (Fig. 26), è stata osservata una differenza statisticamente significativa tra i trattamenti. Il trattamento a terreno nudo è risultato morfologicamente minore del 11.5% e con il 25% in meno di peso rispetto agli altri trattamenti. La percentuale di sostanza secca non ha mostrato effetti significativi.

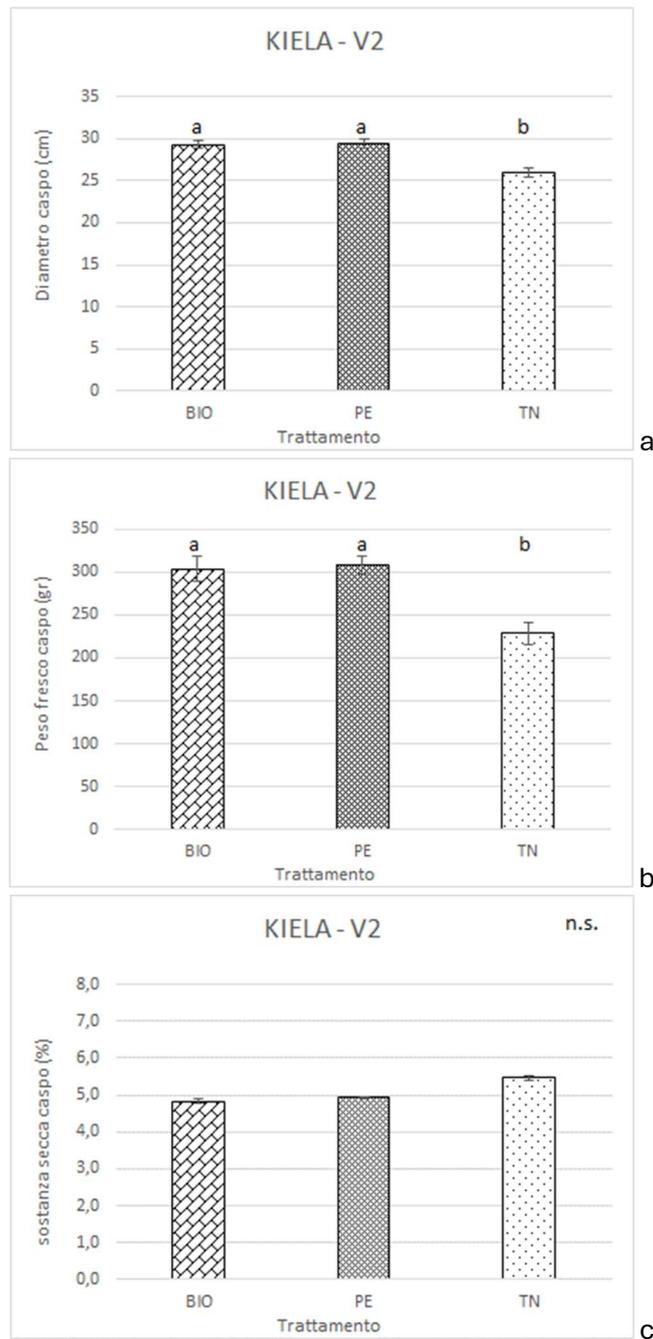


Figura 26: Effetto della pacciamatura su parametri morfologici (a), produttivi (b) e percentuale di sostanza secca (c) della tipologia V2. Le barre indicano l'errore standard, mentre le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$)

V3 G1417 ROUGETTE

Per i caratteri quantitativi della lattuga V3 rougette (Fig. 27), è stata osservata una differenza statisticamente significativa tra i trattamenti. Il trattamento a terreno nudo è risultato morfologicamente minore del 7% e con il 24% in meno di peso rispetto PE. La percentuale di sostanza secca non ha mostrato alcuna differenza significativa.

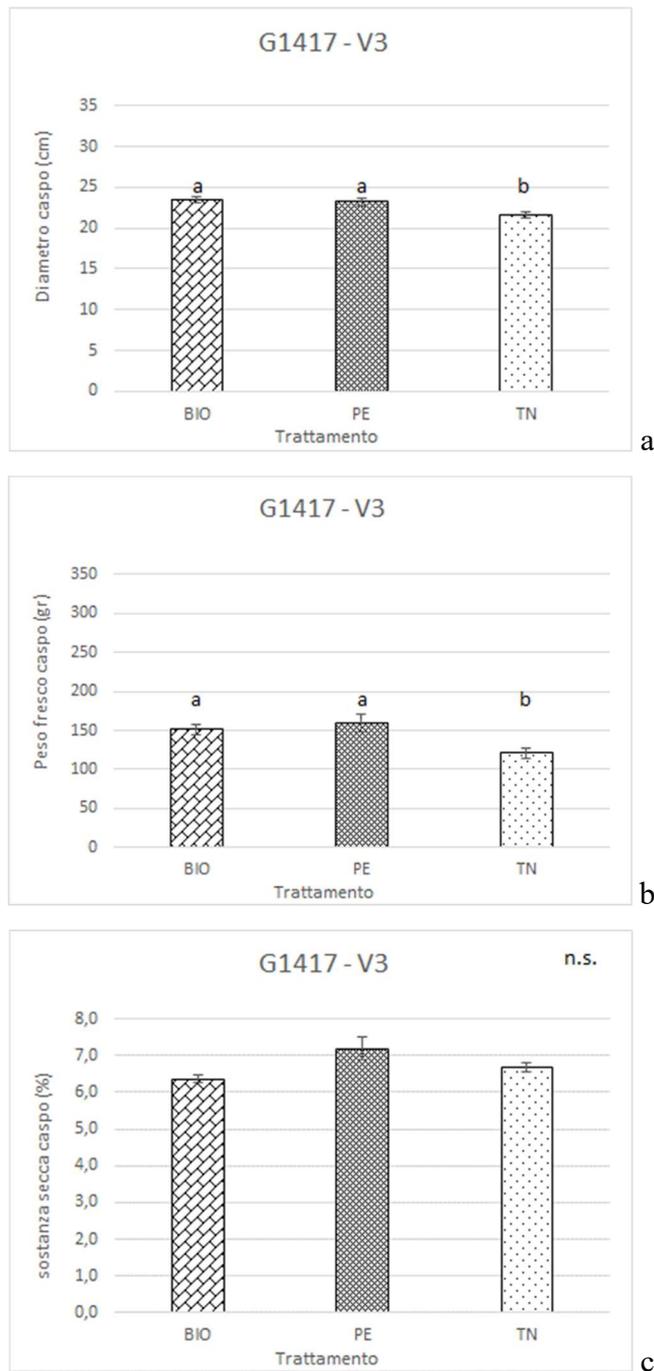


Figura 27: Effetto della pacciamatura su parametri morfologici (a), produttivi (b) e percentuale di sostanza secca (c) della tipologia V3. Le barre indicano l'errore standard, mentre le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$)

V4 SPENCER TROCADERO

Per i caratteri quantitativi della lattuga V4 spencer trocadero (Fig. 28), è stata osservata una differenza statisticamente significativa tra i trattamenti. Il trattamento a terreno nudo è risultato morfologicamente minore del 9% e con il 27% in meno di peso rispetto al PE. La percentuale di sostanza secca non ha mostrato alcuna differenza significativa.

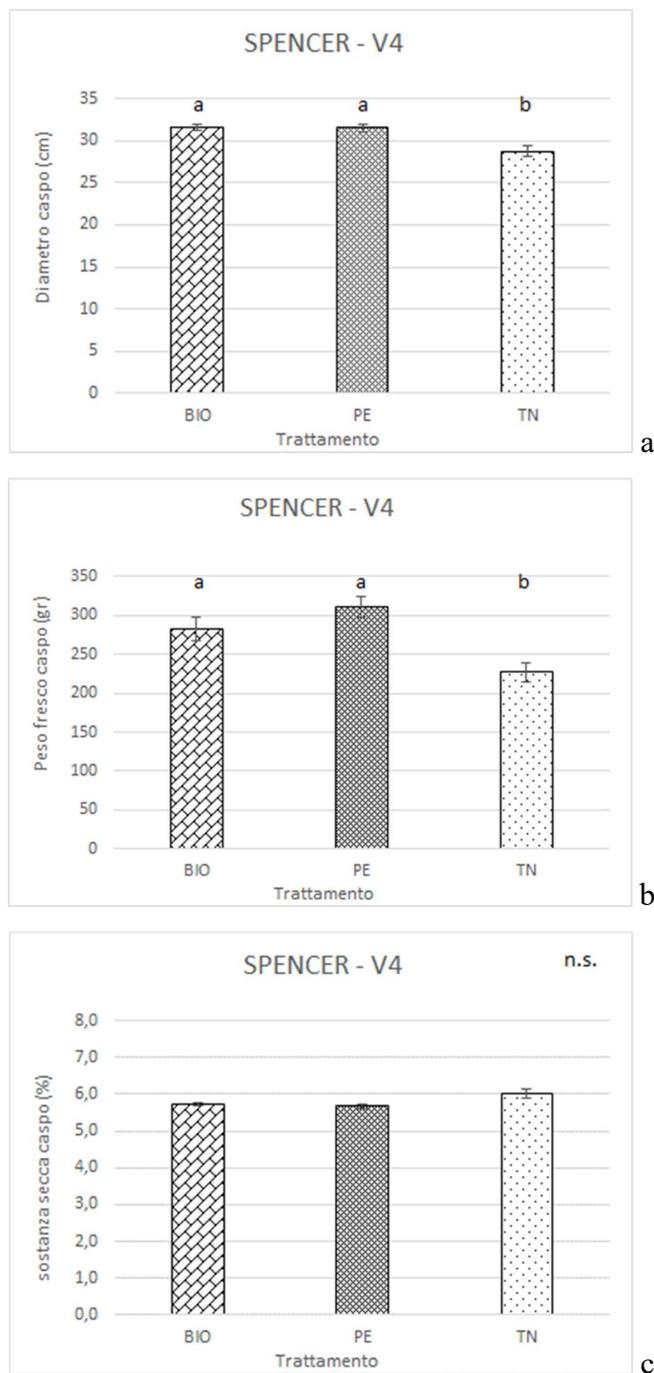


Figura 28: Effetto della pacciamatura su parametri morfologici (a), produttivi (b) e percentuale di sostanza secca (c) della tipologia V4. Le barre indicano l'errore standard, mentre le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$)

V5 AYARI FOGLIA DI QUERCIA ROSSA

Per i caratteri quantitativi della lattuga V5 ayarai foglia di quercia rossa (Fig. 29), è stata osservata una differenza statisticamente significativa tra i trattamenti. Il trattamento a terreno nudo è risultato morfologicamente minore del 7% e con il 19% in meno di peso rispetto gli altri trattamenti. La percentuale di sostanza secca non ha mostrato alcuna differenza significativa.

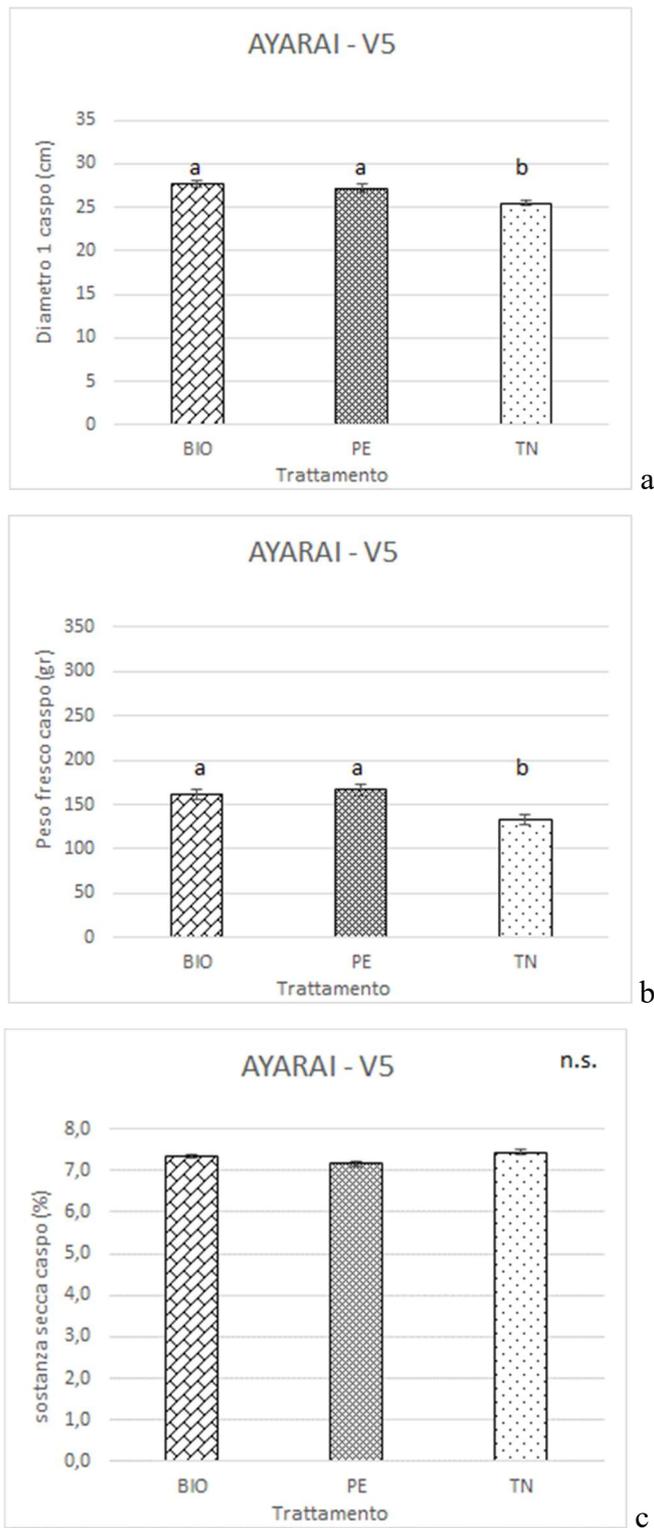


Figura 29: Effetto della pacciamatura su parametri morfologici (a), produttivi (b) e percentuale di sostanza secca (c) della tipologia V5. Le barre indicano l'errore standard, mentre le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$)

4.5 ANALISI DISTRUTTIVE QUALITATIVE

V1 MINERAL GENTILE ROSSA

Per i caratteri qualitativi della lattuga V1 mineral gentile rossa (Fig. 30), non sono state osservate differenze significative tra i diversi trattamenti, tranne nel caso del pH dove le lattughe nel trattamento PE hanno ottenuto un valore significativo di 5.7 rispetto i 6.4 e 6.5 di BIO e TN.

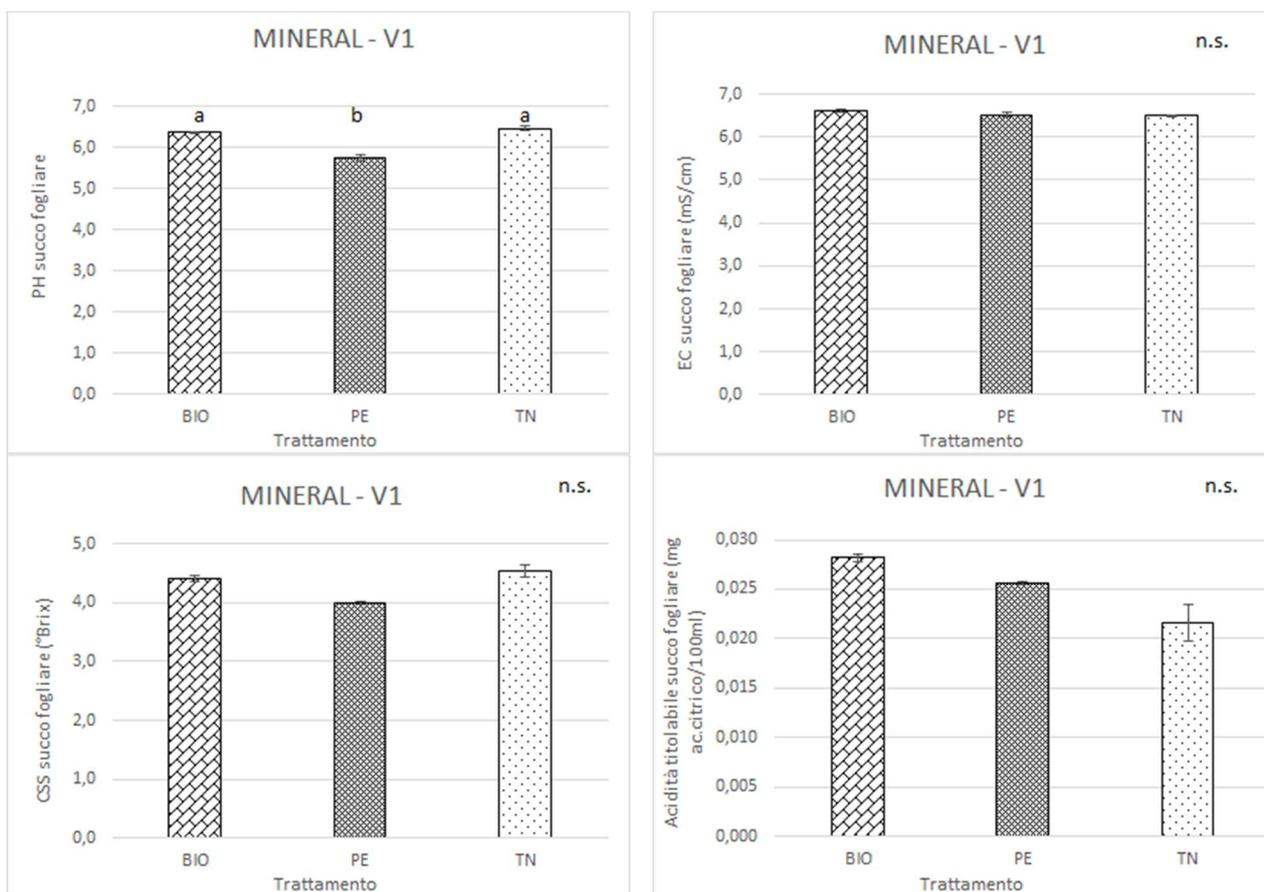


Figura 30: Effetto della pacciamatura su pH, conducibilità elettrica, contenuto di solidi solubili e acidità titolabile della tipologia V1. Le barre indicano l'errore standard, mentre le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$)

V2 KIELA FOGLIA DI QUERCIA VERDE

Per i caratteri qualitativi della lattuga V2 kiela foglia di quercia (Fig. 31), non sono state osservate differenze significative tra i diversi trattamenti.

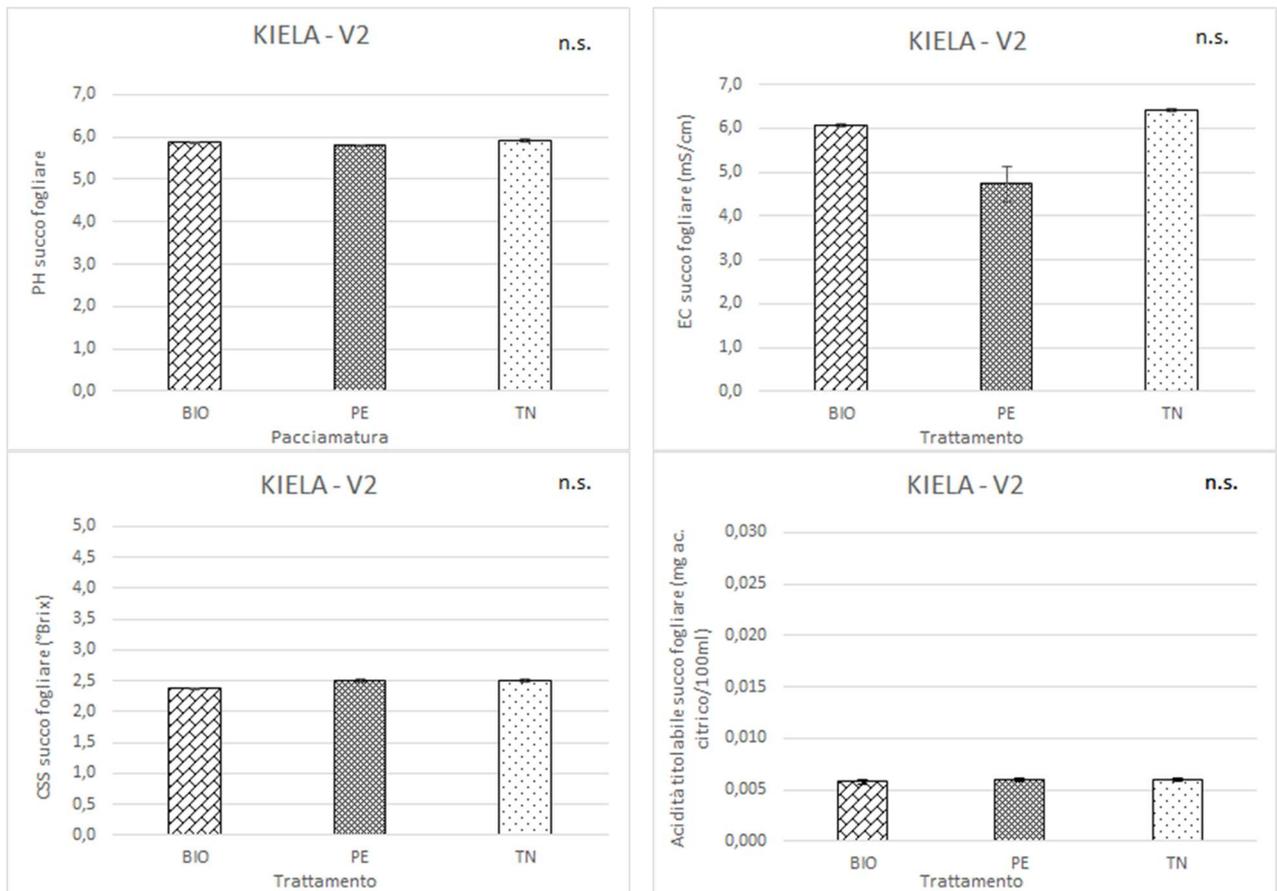


Figura 31: Effetto della pacciamatura su pH, conducibilità elettrica, contenuto di solidi solubili e acidità titolabile della tipologia V2. Le barre indicano l'errore standard, mentre le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$)

V3 G1417 ROUGETTE

Per i caratteri qualitativi della lattuga V3 G1417 rougette (Fig. 32), non sono state osservate differenze significative tra i diversi trattamenti.

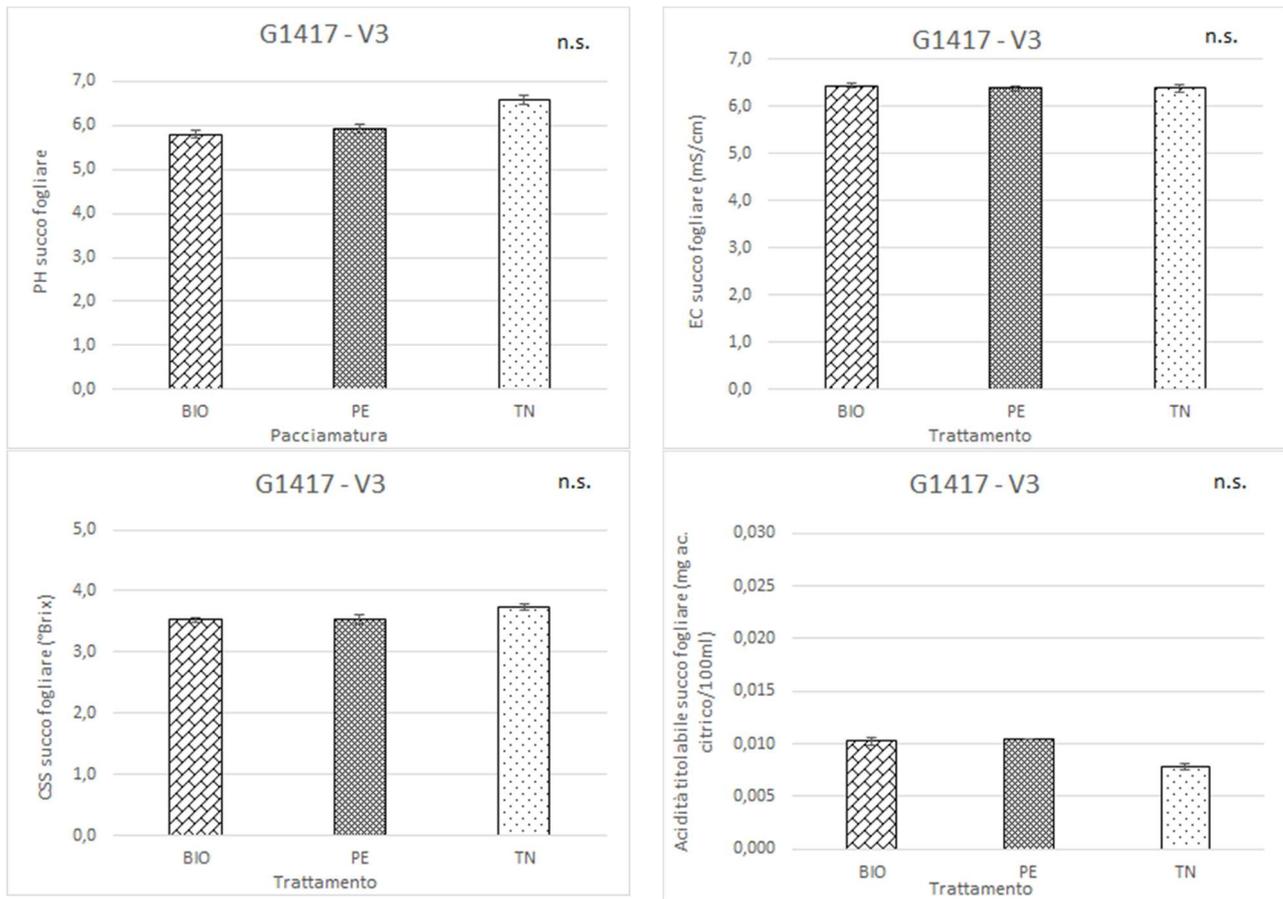


Figura 32: Effetto della pacciamatura su pH, conducibilità elettrica, contenuto di solidi solubili e acidità titolabile della tipologia V3. Le barre indicano l'errore standard, mentre le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$)

V4 SPENCER TROCADERO

Per i caratteri qualitativi della lattuga V4 spencer trocadero (Fig. 33), non sono state osservate differenze significative tra i diversi trattamenti.

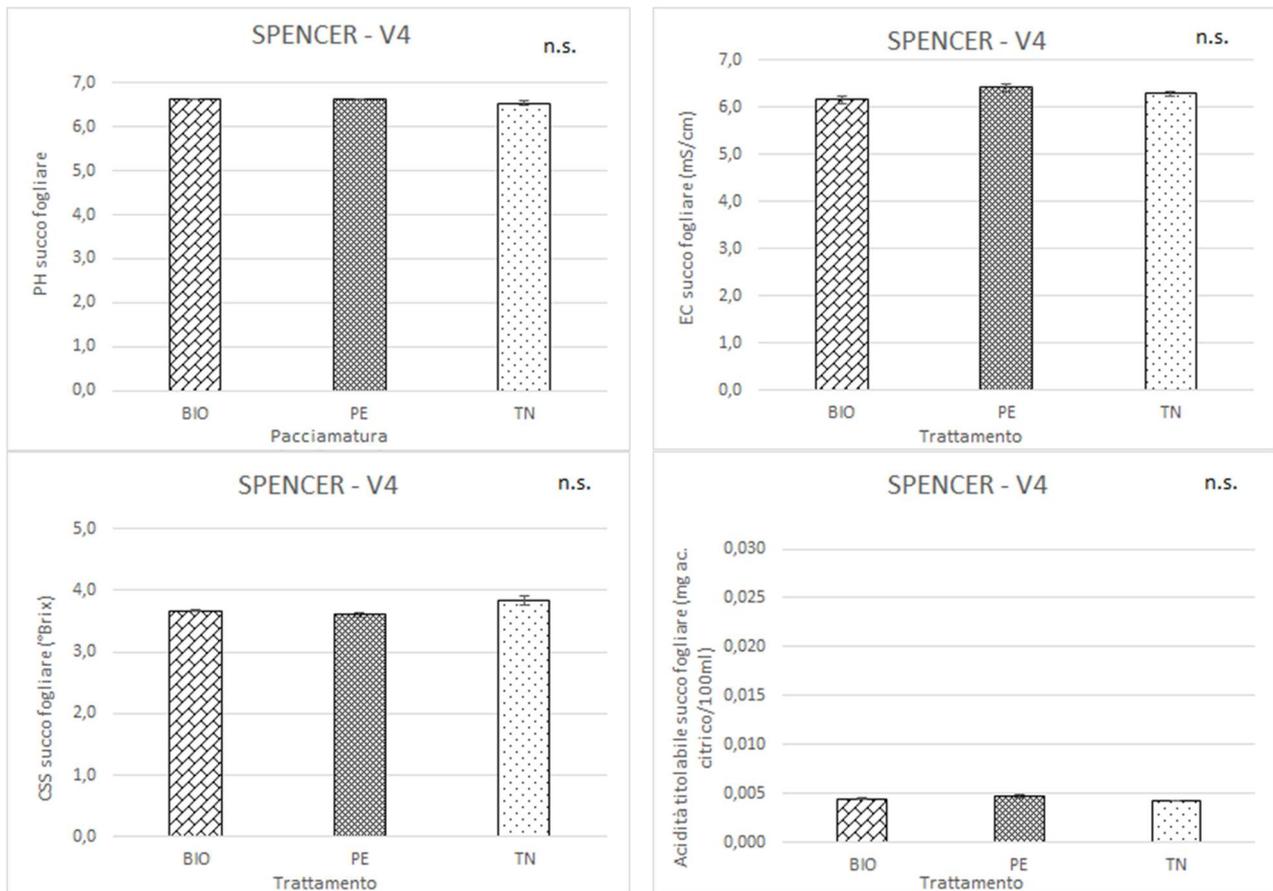
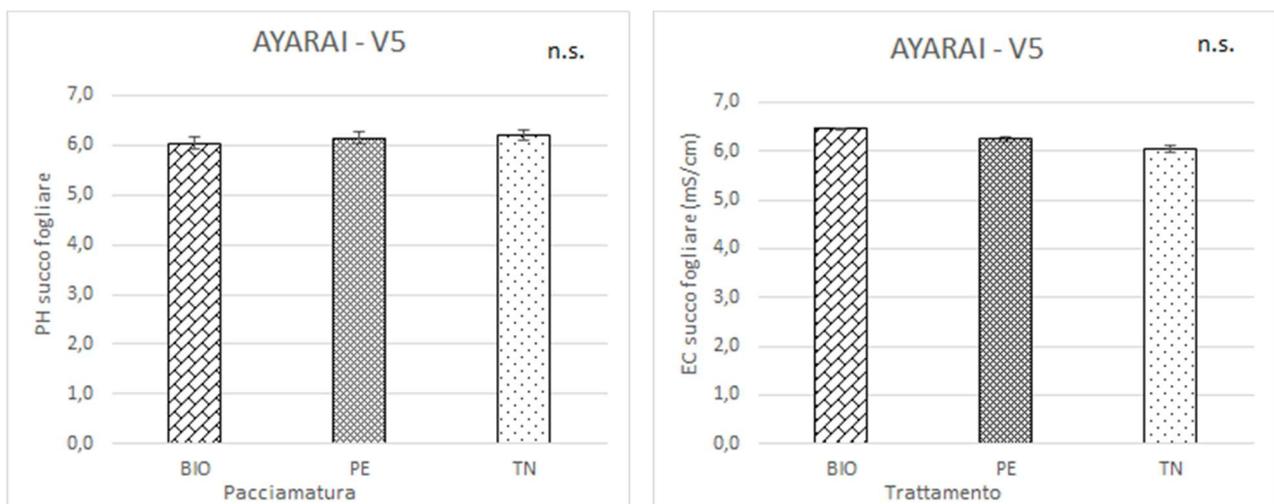


Figura 33: Effetto della pacciamatura su pH, conducibilità elettrica, contenuto di solidi solubili e acidità titolabile della tipologia V4. Le barre indicano l'errore standard, mentre le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$)

V5 AYARAI FOGLIA DI QUERCIA ROSSA

Per i caratteri qualitativi della lattuga V5 ayarai foglia di quercia rossa (Fig. 34), non sono state osservate differenze significative tra i diversi trattamenti.



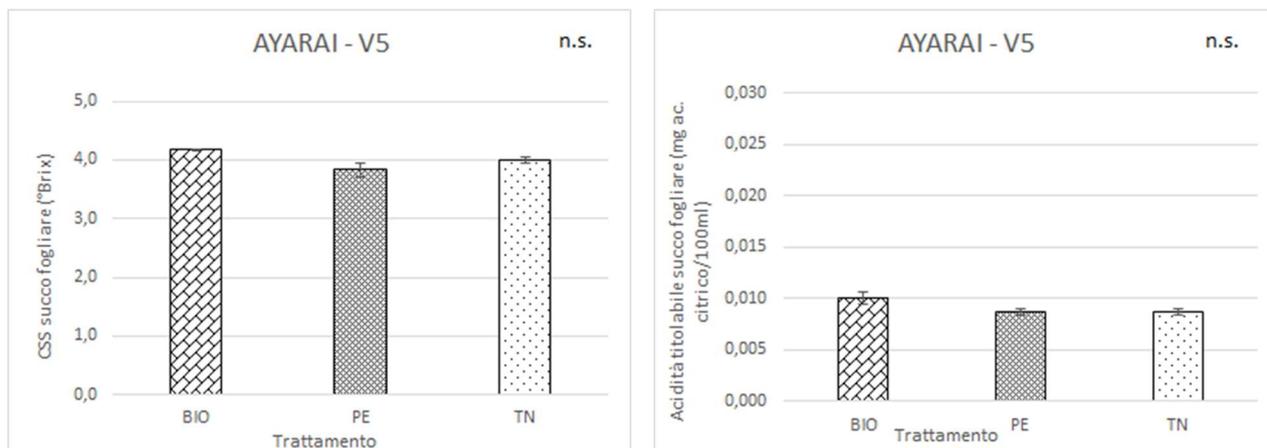
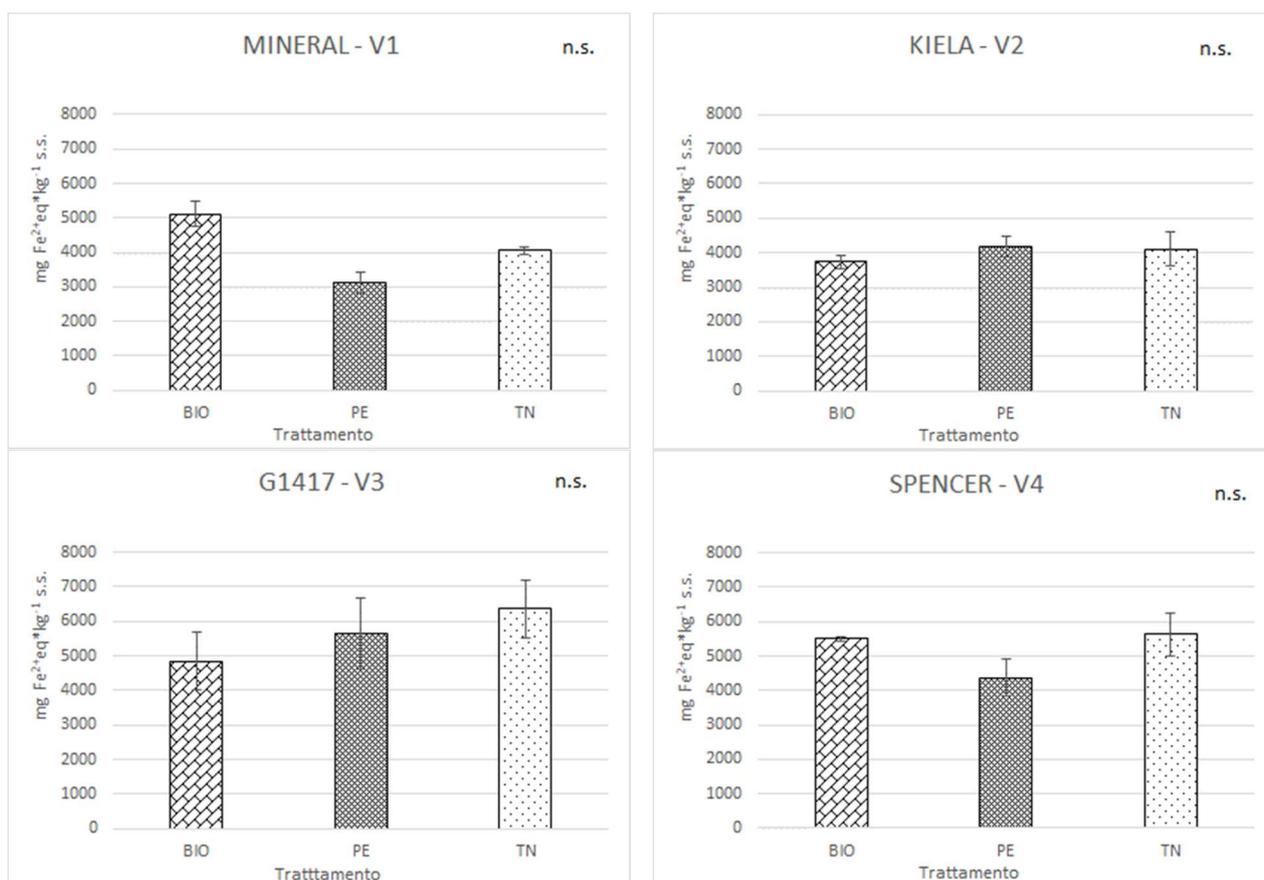


Figura 34: Effetto della pacciamatura su pH, conducibilità elettrica, contenuto di solidi solubili e acidità titolabile della tipologia V5. Le barre indicano l'errore standard, mentre le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$)

4.5.1 CAPACITA' ANTIOSSIDANTE TOTALE

Dalle analisi per l'attività antiossidante (Fig 35), non sono state osservate differenze significative tra i diversi trattamenti in nessuna tipologia di lattuga. Non si notano particolari andamenti a favore di qualche trattamento sia a livello generale che confrontando le tipologie viola con le verdi.



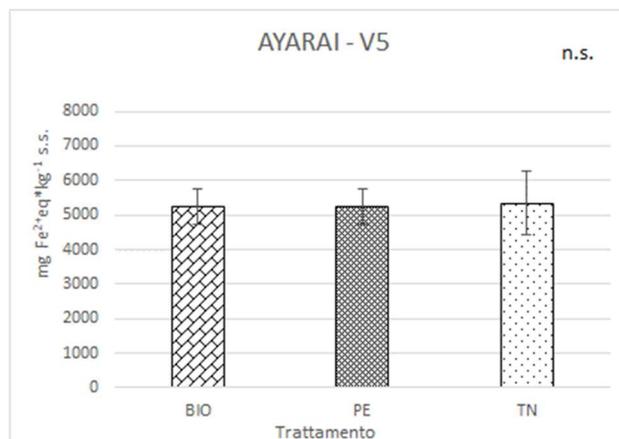
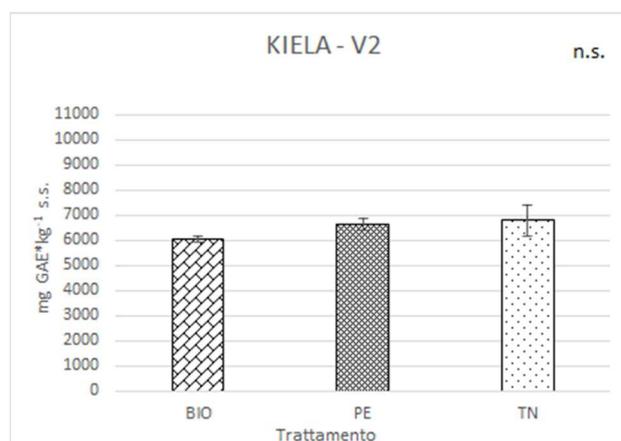
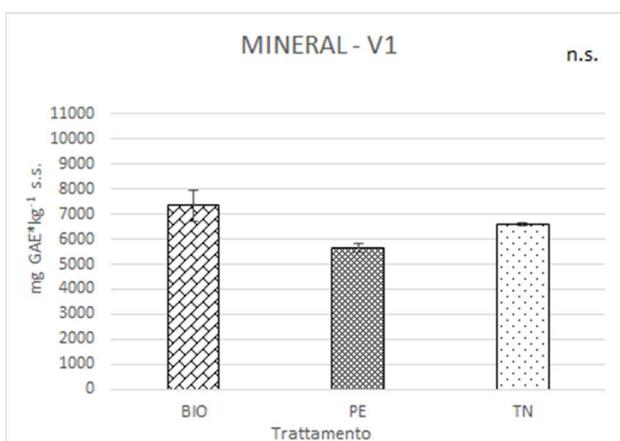


Figura 35: Effetto della pacciamatura sull'attività antiossidante delle diverse tipologie di lattuga. Le barre indicano l'errore standard, mentre le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$). Dove non è riportata alcuna lettera, significa che il test non è significativo

4.5.2 POLIFENOLI TOTALI

Le analisi per determinare il contenuto di fenoli (Fig 36), non sono state osservate differenze significative tra i diversi trattamenti in nessuna tipologia di lattuga. Il terreno nudo, ha un andamento superiore rispetto gli altri trattamenti, per la maggior parte delle lattughe, ma in generale non si notano particolari andamenti a favore di qualche trattamento sia a livello generale che confrontando le tipologie viola con le verdi.



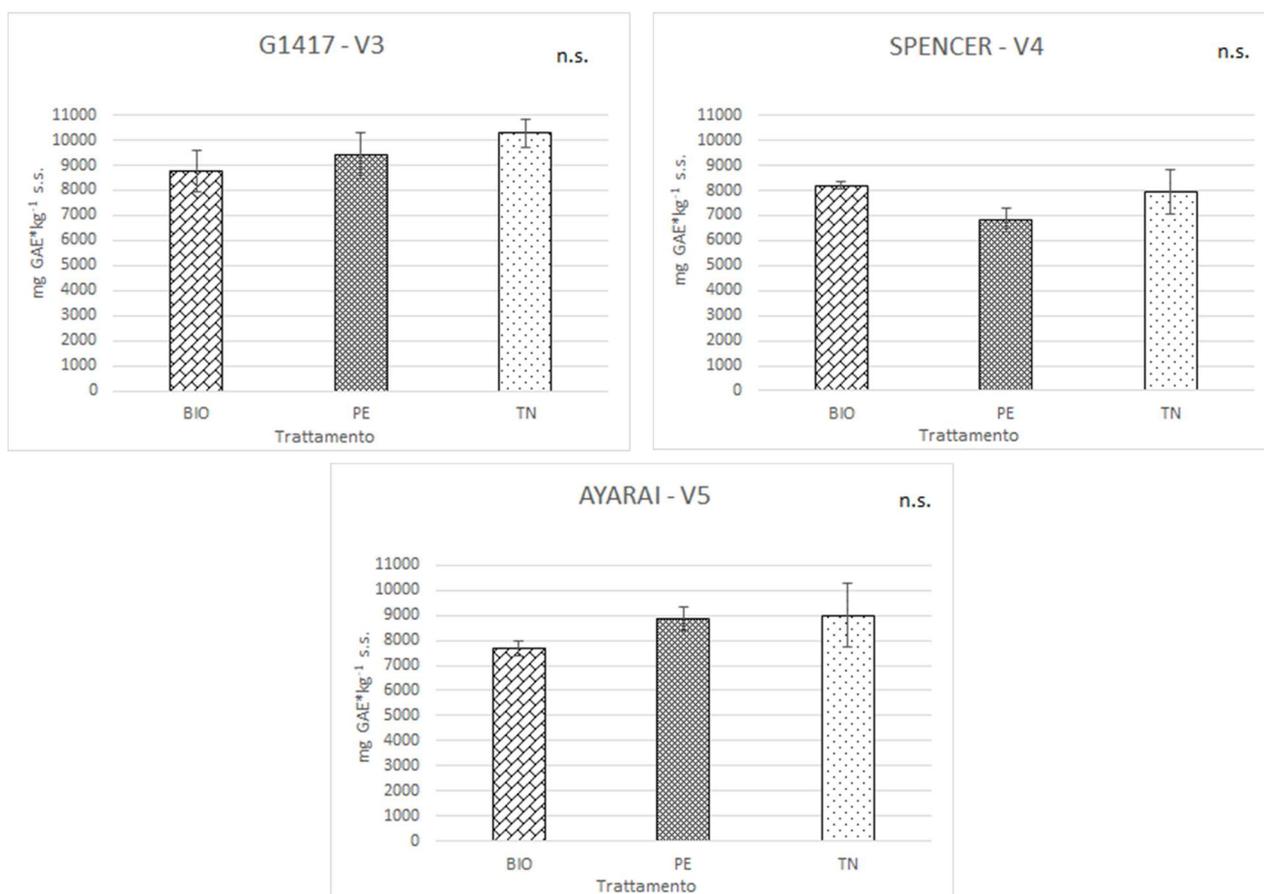
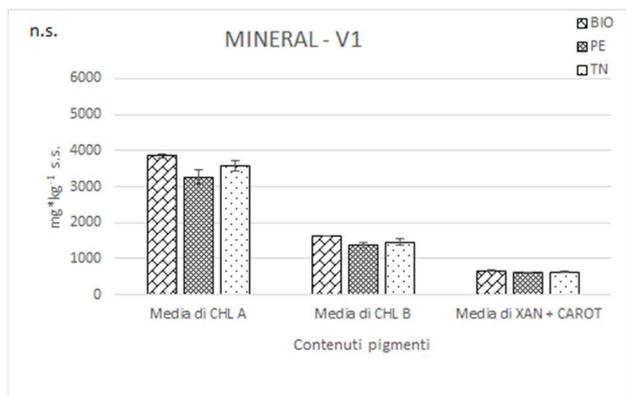


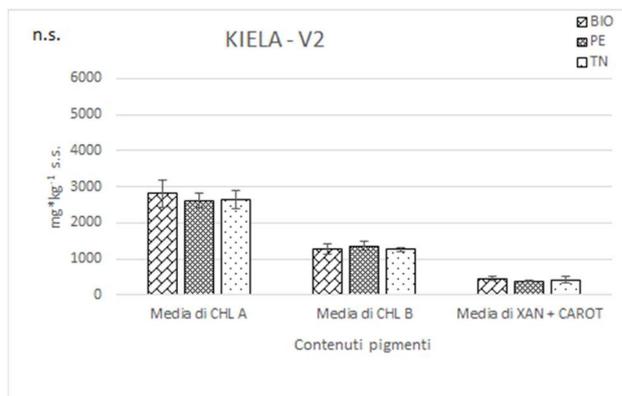
Figura 36: Effetto della pacciamatura sul contenuto di fenoli delle diverse tipologie di lattuga. Le barre indicano l'errore standard, mentre le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$). Dove non è riportata alcuna lettera, significa che il test non è significativo

4.5.3 CONTENUTO DI PIGMENTI

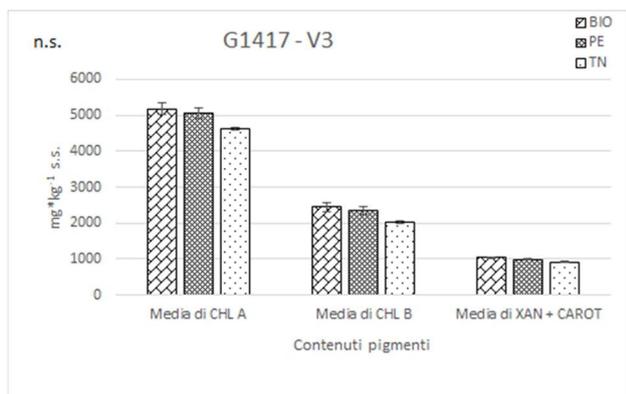
Nelle analisi per determinare il contenuto di pigmenti (Fig 37), non sono state osservate differenze significative tra i diversi trattamenti in nessuna tipologia di lattuga. Non si notano particolari andamenti a favore di qualche trattamento sia a livello generale che confrontando le tipologie viola con le verdi. Solo all'interno di alcune tipologie di lattuga si può notare un andamento comune, nello specifico, tutti i pigmenti di V1(Fig. 37a), si trovano in quantità maggiori nel trattamento BIO, per la tipologia V3 (Fig. 37c) il TN ha riscontrato un minor contenuto, a differenza nella V4 (Fig. 37d), è il superiore. Nella V5 (Fig. 37e) il BIO è quello con un contenuto minore.



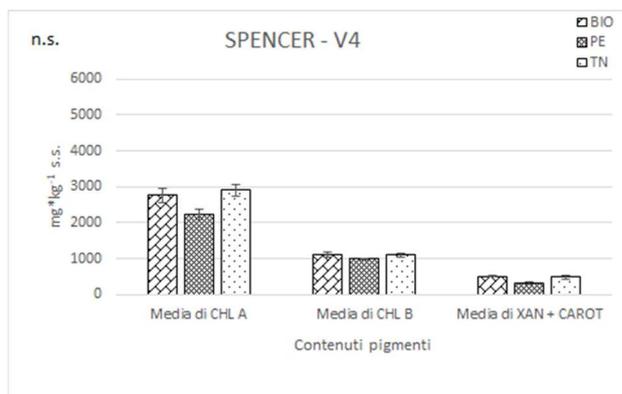
a



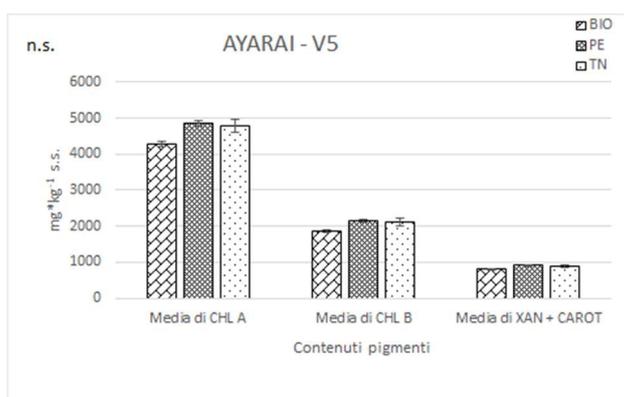
b



c



d



e

Figura 37: Effetto della pacciamatura sul contenuto di pigmenti delle diverse tipologie di lattuga. Le barre indicano l'errore standard, mentre le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0.05$). Dove non è riportata alcuna lettera, significa che il test non è significativo

5 DISCUSSIONE

La lattuga è uno dei principali ortaggi prodotti a livello mondiale. Come accennato nell'introduzione, il mercato della lattuga, richiede prodotti che rispondano a determinate caratteristiche morfologiche, qualitative e costanza di produzione, ma anche un percorso produttivo più sostenibile a livello ambientale. Dal punto di vista economico invece, il periodo in cui i prezzi sono maggiori, quindi favorevoli, per la lattuga è l'autunno-invernale.

Lo scopo principale di questo lavoro di tesi era verificare se diverse tipologie di pacciamatura potessero determinare effetti differenti e in che misura, sulle prestazioni della lattuga in termini di precocità, produttività e qualità.

La pacciamatura, come ci si attendeva (Ray e Biswasi, 2016), ha favorito lo sviluppo dei cespi di lattuga sia per quanto riguarda i dati ponderali sia in termini di precocità; non sono state evidenziate differenze significative tra i due trattamenti in prova (BIO e PE). Mentre pH, contenuto di solidi solubili (°Brix), conducibilità elettrica e acidità titolabile sono rimasti invariati indipendentemente dalla presenza o meno della pacciamatura.

La temperatura del terreno in TN è stata in media minore rispetto agli altri due trattamenti, come già dimostrato nella prova di Moreno (2008), confermando quindi che uno dei vantaggi della presenza della pacciamatura è l'innalzamento della temperatura del suolo (Abouziena e Radwan, 2015) verificatasi indipendentemente dal materiale e mediamente di circa 1.5 °C.

Come si può notare nei rilievi fotografici eseguiti nel corso del ciclo, la copertura delle lattughe nel terreno nudo è sempre stata inferiore rispetto agli altri trattamenti. Anche al momento della raccolta l'andamento finora seguito dai trattamenti si è confermato, ad eccezione della tipologia V2 che ha mostrato una crescita media significativa del 13% in più nelle lattughe coltivate su terreno pacciamato.

L'epoca di raccolta delle cinque tipologie, come descritto nei materiali e metodi, è stata determinata in funzione del raggiungimento della maturazione commerciale del primo trattamento considerato. In particolare Kiela è stata la più precoce raggiungendo i 307 g in 87 giorni accumulando 300 gradi utili, mentre le lattughe a foglia rossa, più tardive, hanno raggiunto i pesi commerciali in 97 giorni dopo un accumulo di 326 gradi utili. Proiettando questi dati al 2050, in relazione ai dati di cambiamento climatico (Yerlikaya et al., 2020), si può ipotizzare che tali gradi utili possano essere raggiunti in circa 60 giorni, nello specifico Kiela avrebbe un anticipo di produzione di 20 giorni circa, le altre tipologie di circa 30 giorni.

Dal punto di vista produttivo, come ci si aspettava dai rilievi fotografici, le lattughe coltivate su terreno nudo hanno mostrato sia in termini di peso che morfologici, risposte inferiori rispetto ai trattamenti BIO e PE. Nello specifico i cespi ottenuti dal trattamento non pacciamato hanno presentato il 24% di peso in meno rispetto la media dei pacciamati. In linea di massima, tutte le lattughe ottenute dal terreno nudo hanno una tendenza maggiore ad accumulare sostanza secca.

Le misurazioni effettuate durante il ciclo produttivo di SPAD e DUALEX sono risultate pressoché costanti tra i vari trattamenti in tutte le tipologie. Questi esiti, sono stati poi confermati anche dalle analisi di Frap, Follin-Ciocalteau e contenuto di clorofille, dove non sono state rilevate differenze o andamenti tra i trattamenti. Anche le lattughe, coltivate sul terreno nudo, nonostante la situazione di maggior stress, non hanno mostrato differenze o particolari andamenti sul contenuto di antociani, rispetto gli altri trattamenti

Non essendo state rilevate differenze in termini produttivi e qualitativi tra le lattughe allevate su terreno pacciamato con film plastico in PE spessore 0.05 mm e quelle allevate su film nero biodegradabile spessore 0.015 mm, sembrerebbe alternativo l'uso dell'uno rispetto all'altro, come affermato anche nella prova di Moreno (2008). Analizzando il tutto dal punto di vista economico, si può affermare che, ad oggi, i due tessuti non differiscano di costo (dati di costo di mercato). Infatti con una bobina da 50 kg di film PE si copre una superficie di 1400 m², superficie coperta con 27 kg di tessuto BIO, differenza in peso tale da pareggiare il costo di acquisto.

Inoltre, il telo BIO ha notevoli vantaggi in termini di mancati costi di smaltimento del film e di manodopera per la raccolta post-coltivazione (Cozzolino et al., 2015), nonché ambientali (Dong et al., 2022).

Concludendo, si può affermare che la pacciamatura è una tecnica che durante il periodo invernale, favorisce la precocità della lattuga rispetto un terreno nudo e che non esistono differenze significative in termini di anticipo tra l'uso di materiale plastico o biodegradabile.

6 CONCLUSIONI

Il settore agricolo è un ambito molto complesso e dinamico. La grande distribuzione organizzata ed i consumatori richiedono costanza di produzione, uniformità e prodotti freschi. L'aspetto ambientale sta diventando un tema su cui questo settore deve far fronte ed iniziare a fare delle scelte. In un contesto così insidioso, il produttore ha bisogno di maggiori informazioni per poter organizzare al meglio le produzioni, tecniche agronomiche più sostenibili ed essere in grado di ottenere un rientro economico.

In merito a questo, la prova sostenuta ha mostrato che, è possibile produrre lattuga tutto l'anno, anche nel periodo autunno-invernale all'interno di serre-tunnel, in quanto la pianta è in grado di ottenere i gradi utili necessari per il raggiungimento del peso commerciale.

La pacciamatura è risultata un'ottima soluzione per velocizzare i cicli produttivi e aumentare le performance produttive della lattuga. Mentre le caratteristiche qualitative rimangono invariate indipendentemente dalla presenza o meno della pacciamatura.

Dai risultati ottenuti, è possibile ottenere lo stesso esito, indipendentemente se il film utilizzato sia plastico in PE o biodegradabile.

In una prospettiva futura, dove la richiesta di cibo rimarrà costante e l'innalzamento della temperatura di 2°C nel 2050 sarà concreta, si può evidenziare che i cicli produttivi della lattuga, si accorceranno in media di un mese, aumentando la produttività annua, ma con possibili riscontri negativi dovuti al cambiamento, non ancora studiati.

Concludendo, la pacciamatura è un vantaggio per il produttore, la scelta del tipo di film da utilizzare in base ai risultati ottenuti è indifferente, perché con entrambi si riesce ad ottenere lo stesso esito, da un punto di vista di convenienza economica, il costo per coprire la stessa superficie in base ai prezzi commerciali, è uguale, ma utilizzando il film biodegradabile si risparmiano gli ulteriori costi di manodopera per la raccolta a fine ciclo e per lo smaltimento. Anche dal punto di vista ambientale il film biodegradabile è meno impattante.

7 BIBLIOGRAFIA

- Chopra, M., & Koul, B. J. P. A. (2020). Comparative assessment of different types of mulching in various crops: A review. *Plant Arch*, 20, 1620-1626.
- Choudhary, M., Kumari, A., & Choudhary, S. (2022). Effect of mulching on vegetable production: A review. *Agricultural Reviews*, 43(3), 296-303.
- Cozzolino, E., Bilotto, M., Leone, V., Zampella, L., Petriccione, M., Cerrato, D., & Morra, L. (2015). Produzione e qualità di melone retato su pacciamatura in Mater-Bi®. *Colture Protette*, 6, 66-71.
- De Lucia L Lattuga 12 giugno 2018 STA Orticoltura e floricoltura
- Díaz-Pérez, M., Ramos, J. M. C., Martí, B. V., & Callejón-Ferre, Á. J. (2024). Commercial quality of ‘little gem’ lettuce hearts. *Journal of Agriculture and Food Research*, 16, 101168.
- Di Mola, I., Cozzolino, E., Mori, M., & Fagnano, M. (2014). Film biodegradabili in Mater-BI® nella pacciamatura della lattuga: primi risultati nell'agro Acerrano. In “*La sostenibilità dell'intensificazione colturale e le politiche agricole: il ruolo della ricerca agronomica*”. Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa.
- Dong, H., Yang, G., Zhang, Y., Yang, Y., Wang, D., & Zhou, C. (2022). Recycling, disposal, or biodegradable-alternative of polyethylene plastic film for agricultural mulching? A life cycle analysis of their environmental impacts. *Journal of Cleaner Production*, 380, 134950.
- Fallik, E., & Ilic, Z. (2018). Pre-and postharvest treatments affecting flavor quality of fruits and vegetables. In *Preharvest modulation of postharvest fruit and vegetable quality* (pp. 139-168). Academic Press.
- Fussy, A., & Papenbrock, J. (2022). An overview of soil and soilless cultivation techniques—chances, challenges and the neglected question of sustainability. *Plants*, 11(9), 1153.
- Gao, H., Yan, C., Liu, Q., Ding, W., Chen, B., & Li, Z. (2019). Effects of plastic mulching and plastic residue on agricultural production: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 651, 484-492.
- Galieni, A., Stagnari, F., Speca, S., & Pisante, M. (2016). Leaf traits as indicators of limiting growing conditions for lettuce (*Lactuca sativa*). *Annals of Applied Biology*, 169(3), 342-356.
- Gargaro, M., Murphy, R. J., & Harris, Z. M. (2023). Let-Us Investigate; A Meta-Analysis of Influencing Factors on Lettuce Crop Yields within Controlled-Environment Agriculture Systems. *Plants*, 12(14), 2623.
- Gopinath, P., Vethamoni, P. I., & Gomathi, M. (2017). Aeroponics soilless cultivation system for vegetable crops. *Chemical Science Review and Letters*, 6(22), 838-849.

- Kader, M. A., Senge, M., Mojid, M. A., & Ito, K. (2017). Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. *Soil and Tillage Research*, 168, 155-166.
- Kim, M. J., Moon, Y., Tou, J. C., Mou, B., & Waterland, N. L. (2016). Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 49, 19-34.
- Mahadeen, A. Y. (2014). Effect of polyethylene black plastic mulch on growth and yield of two summer vegetable crops under rain-fed conditions under semi-arid region conditions. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 9(2), 202-207.
- Moreno, M. M., & Moreno, A. (2008). Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop. *Scientia Horticulturae*, 116(3), 256-263.
- Marrou H., Wéry J., Dufour L., Dupraz C. (2013) Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *European Journal of Agronomy*, 44, 54–66
- Pardossi A. Prosdocimi Gianquinto G., Santamria P., incrocci L., 2018, *Orticultura principi e pratica (edagricole)*. 247-259. 185-795.
- Ray, M., & Biswasi, S. (2016). Impact of mulching on crop production: A review. *Trends Biosci*, 9, 757-767.
- Rehman, A., Farooq, M., Lee, D. J., & Siddique, K. H. (2022). Sustainable agricultural practices for food security and ecosystem services. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(56), 84076-84095.
- Shan, X., Zhang, W., Dai, Z., Li, J., Mao, W., Yu, F., ... & Zeng, X. (2022). Comparative analysis of the effects of plastic mulch films on soil nutrient, yields and soil microbiome in three vegetable fields. *Agronomy*, 12(2), 506.
- SK, P. G. P., Debnath, S., & Maitra, S. (2020). Mulching: Materials, advantages and crop production. *Protected Cultivation and Smart Agriculture; Maitra, S., Gaikwad, DJ, Tanmoy, S., Eds*, 55-66.
- Thomas, T., Biradar, M. S., Chimmad, V. P., & Janagoudar, B. S. (2021). Growth and physiology of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars under different growing systems. *Plant Physiology Reports*, 26(3), 526-534.
- Velten, S., Leventon, J., Jager, N., & Newig, J. (2015). What is sustainable agriculture? A systematic review. *Sustainability*, 7(6), 7833-7865.

- Yerlikaya, B.A., Ömezli, S., Aydoğan, N. (2020). Climate Change Forecasting and Modeling for the Year of 2050. In: Fahad, S. Environment, Climate, Plant and Vegetation Growth. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49732-3_5

8 SITOGRAFIA

- https://esploradati.istat.it/databrowser/#/it/dw/categories/IT1,Z1000AGR,1.0/AGR_CRP/DC_SP_COLTIVAZIONI/IT1,101_1015_DF_DCSP_COLTIVAZIONI_1,1.0
- <https://www.helgilibrary.com/charts/which-country-produces-the-most-lettuce/>
- <https://www.google.com/url?q=https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/ocm/ortofrutta-crisi-ritiri/crisi-ritiri-dal-mercato/schede-tecniche-ortofrutta/lattughe.pdf&sa=D&source=docs&ust=1725100796732155&usg=AOvVaw1BNY8tyHFGbs-ytmFmfGup> □ Reg. (UE) n. 543/2011 del 7/06/11 Allegato I parte B/4, la pezzatura
- <https://www.plantnames.unimelb.edu.au/>
- <https://andres-patrignani.github.io/foilage/>
- https://402067.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/402067/Manuals%20Statgraphics_Centurion_19_User_Guide.pdf
- <https://imagej.net/ij/>