

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse  
Naturali e Ambiente (DAFNAE)**

**TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN  
SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE**

**EFFETTO DELLA BAULATURA E DI DIFFERENTI  
FILM PACCIAMANTI SU ACCRESCIMENTO E  
PRODUZIONE DI SPECIE ORTICOLE**

**Relatore: Dott. Giampaolo Zanin**

**Correlatore: Dott. Carlo Nicoletto**

**Laureando: Francesco Lain  
Matricola: 1057228**

**ANNO ACCADEMICO 2014-2015**

*Ai miei genitori e a quanti mi  
hanno insegnato il valore  
dell'impegno. A Giada.*

# INDICE

1. RIASSUNTO .....	2
2. ABSTRACT .....	3
3. INTRODUZIONE .....	4
3.1 LE LAVORAZIONI .....	4
3.2 LA PACCIAMATURA .....	7
3.3 LA BAULATURA .....	20
3.4 SCOPO DEL LAVORO .....	24
4. MATERIALI E METODI .....	25
5 RISULTATI.....	28
5.1 TEMPERATURE DELL'ARIA E DEL TERRENO .....	28
5.2 LATTUGA .....	29
5.3 POMODORO .....	31
6. DISCUSSIONE .....	35
7. CONCLUSIONI.....	40
8. BIBLIOGRAFIA .....	41
9. FIGURE.....	46
ALLEGATI	

# 1. RIASSUNTO

Le dinamiche del settore della produzione orticola, caratterizzato da rapide successioni colturali e su specie con esigenze molto diverse, di solito portano a una lavorazione del terreno molto intensa con conseguenti peggioramenti in termini di fertilità.

La pacciamatura e la sistemazione ad aiuole baulate sono due tecniche che tra i molteplici effetti positivi che esse apportano alle colture, annoverano anche quello di risparmiare sulle lavorazioni del terreno. Associare queste due tecniche può essere interessante in quanto potrebbe permettere di sfruttare entrambi gli effetti positivi che le due tecniche consentono di ottenere. Relativamente ai materiali impiegati per la pacciamatura, il polietilene nero è il materiale più utilizzato grazie alle sue eccellenti proprietà e basso costo. Tuttavia, l'uso massiccio di questo materiale suppone un rischio ambientale. Negli ultimi anni, l'uso di film biodegradabili è stato introdotto come alternativa a quelli plastici convenzionali. Questi materiali possono essere incorporati nel suolo a fine coltura e sottoposti a biodegradazione da parte dei microrganismi del suolo.

Lo scopo di questa prova è stato quello di valutare gli effetti della sistemazione del terreno, con o senza baulatura, su piante di lattuga e pomodoro da industria. In combinazione a questo, si è valutato l'effetto di pacciamatura con tre tipologie di film, uno in polietilene (PE) convenzionale e due biodegradabili: uno in poliacidolattico (PLA) ed un altro in poliidrossialcanoato (PHA), in confronto al testimone non pacciamato. In particolare, si sono valutati gli effetti sull'accrescimento (sia delle strutture aeree che radicali), sulla precocità di raccolta e sulle variabili produttive.

L'analisi dei dati ha evidenziato scarsi effetti d'interazione della pacciamatura con la sistemazione ad aiuole. In generale, con la baulatura si sono ottenute piante di maggiori dimensioni e con produzioni più elevate. Gli aumenti di temperatura del terreno garantiti dalla pacciamatura hanno permesso alle piante di essere più precoci. Tutti e tre film hanno aumentato la resa di lattuga in maniera analoga rispetto al testimone mentre nel pomodoro i film in PE e PLA hanno permesso un aumento (maggiore con il PE) della produzione che è stato assente con il film in PHA.

## **2. ABSTRACT**

### **EFFECT OF RAISED BED AND DIFFERENT MULCHING FILMS ON GROWTH AND PRODUCTION OF VEGETABLES SPECIES**

The dynamics of the vegetable production section, characterized by rapid cropping succession and species with very different cultivation needs, usually pushes to a very intensive tillage with a consequent deterioration soil fertility.

Mulching and raised beds are two techniques that, among the many positive effects that they bring to the crops, include savings on tillage. The combination of these two techniques can be interesting as it could even improve the positive effects that individually the two techniques already have. With regard to the materials used for mulching, black polyethylene is the most widely used material due to its excellent properties and low cost. However, the massive use of this material has an environmental risk. In recent years, the use of biodegradable films was introduced as alternative to conventional plastic films. These materials can be incorporated into the soil at the end of culture and go through biodegradation by the microorganisms of the soil.

The aim of this experimentation was to evaluate the effects of different soil management, with or without raised beds, on lettuce and tomato plants. In combination with this, it was evaluated the effects of mulching with three types of film, the conventional polyethylene (PE) and two biodegradable materials: Polylacticacid (PLA) and Polyhydroxyalkanoate (PHA), in comparison to soil without mulch. In particular the effects on growth (of both above and below organs of plants), on the earliness of harvest and on yield were evaluated.

The data analysis showed little effect of interaction between mulching and raised beds system. In general with raised beds the plants were bigger and had higher production. The increases of soil temperature guaranteed by mulching have allowed the plants to hasten production. All the three films have increased the yield of lettuce in a similar way in comparison to unmulched soil while in tomato, PE and PLA films have allowed an increase (higher with PE) of yield which has not been obtained with the PHA film.

### **3. INTRODUZIONE**

#### **3.1 LE LAVORAZIONI**

Le lavorazioni sono degli interventi agronomici eseguiti dall'uomo sul terreno, con semplici attrezzi manuali o con macchine più complesse, allo scopo prevalente di modificarne la sofficità (Giardini, 2004). La coltivazione delle piante non è possibile se il terreno che deve ospitarle non è stato prima lavorato e ben preparato. I lavori hanno appunto lo scopo di creare o mantenere nel suolo quelle proprietà fisiche, chimiche e biologiche necessarie allo sviluppo delle piante coltivate (Magelli, 1950). E' un'antichissima constatazione che le piante nascono, crescono e producono molto meglio se il terreno viene rotto, ossia lavorato; i lavori del terreno sono da considerare come il presupposto di qualsiasi attività agricola propriamente detta e la base indispensabile della produzione (Bonciarelli, 1978).

Il primo obiettivo delle lavorazioni va dunque individuato nella modifica della struttura e quindi della sofficità del terreno agrario (Giardini, 2004). Un terreno sottoposto a coltivazione tende a passare dallo stato di struttura grumosa, soffice a quello astrutturale, compatto: ciò soprattutto se è a grana fine. Questo peggioramento della struttura è dovuto all'azione battente delle piogge, all'azione deflocculante dell'acqua d'irrigazione, al costipamento dovuto al passaggio sul terreno di macchine, animali, uomini, ecc. Ne consegue che il suolo, duro e compatto, è poco arieggiato perché la macro porosità si è ridotta, o è scomparsa, ed è inadatto a ricevere il seme e ospitarvi le radici delle piante (Bonciarelli, 1978).

La modifica della sofficità non è tuttavia fine a se stessa e non rappresenta l'unico scopo delle lavorazioni del terreno che perseguono invece un insieme di obiettivi talora persino indipendenti dal precedente (Giardini, 2004). Il terreno lavorato è più permeabile ed ha un potere maggiore d'imbibizione di quello sodo; ne consegue che si lascia attraversare più facilmente dall'acqua, ne trattiene maggiore quantità in modo da costituire una riserva preziosa per i periodi siccitosi (Magelli, 1950; Giardini, 2004). L'aumento di permeabilità diminuisce inoltre i fenomeni di ristagno, di scorrimento superficiale e di erosione (Bonciarelli, 1978; Giardini, 2004). La capillarità è minore nel terreno lavorato rispetto a quello compatto e pertanto il consumo di acqua per evaporazione può essere limitato mediante lavori ripetuti (Magelli, 1950; Giardini

2004). Lo sminuzzamento delle zolle permette l'ingresso di una maggiore quantità di aria la quale, riscaldandosi e raffreddandosi lentamente, rende più costante la temperatura del terreno (Magelli, 1950; Bonciarelli 1978). Una maggiore quantità di aria favorisce la respirazione delle radici e specialmente rende più attive le funzioni dei batteri i quali provvedono alla trasformazione delle sostanze fertilizzanti che si trovano nel suolo (Magelli, 1950). Naturalmente le radici possono svilupparsi molto più in un terreno smosso, soffice che in uno sodo compatto, traducendosi in un aumento del volume esplorabile dalle stesse (Magelli, 1950; Bonciarelli, 1978; Giardini, 2004).

Altri obiettivi delle lavorazioni, indipendenti dalla modifica della struttura, sono: distruggere o contenere le erbe infestanti e alcuni parassiti, interrare i fertilizzanti organici e minerali, i correttivi, gli ammendanti e i residui colturali, livellare la superficie e preparare il letto di semina (Bonciarelli, 1978; Giardini, 2004), interrare la semente nel caso non si utilizzino seminatrici, raccogliere i prodotti sotterranei in mancanza di macchine raccogliatrici (Bonciarelli, 1978).

Alcune lavorazioni hanno influenza su altre operazioni colturali; la rincalzatura, ad esempio, può facilitare la raccolta meccanica della patata e rendere possibile l'irrigazione per infiltrazione laterale in diverse culture (Giardini, 2004).

### **3.1.1 Le lavorazioni convenzionali**

Le lavorazioni convenzionali possono essere suddivise in quattro gruppi (Giardini, 2004):

- *Lavori di messa in coltura*: operazioni che consentono di facilitare l'esecuzione dei lavori preparatori; consistono nel dissodamento del terreno.
- *Lavori preparatori principali*: lavorazioni che consentono il rompimento della massa terrosa, con o senza rivoltamento della fetta di terreno.
- *Lavori preparatori complementari*: manipolazioni meccaniche eseguite al terreno per realizzare le migliori condizioni per la semina.
- *Lavori di coltivazione*: operazioni eseguite alla coltura durante il ciclo di coltivazione.

L'aratura è il più classico lavoro preparatorio principale ed ha lo scopo di ricostituire una certa struttura mediante l'aumento della porosità del terreno, aumentare l'infiltrazione dell'acqua e il volume di terreno esplorabile dalle radici. Con il rivoltamento degli strati, inoltre, si ottiene l'interramento dei residui colturali, dei

fertilizzanti organici e minerali e dei semi d'infestanti, esponendo il suolo, privo di alcuna copertura, all'azione degli agenti atmosferici. Essi operano una prima frantumazione delle zolle (azione gelo-disgelo), importante in terreni con tessitura argillosa. Operativamente la profondità di lavoro si aggira mediamente tra i 30-40 cm, con velocità di avanzamento relativamente basse, solitamente inferiori ai 6-7 km/h (Bonciarelli, 1978; Giardini, 2004).

Le lavorazioni di affinamento non vanno oltre i 15 cm di profondità e sono eseguite mediante l'uso di diverse tipologie di erpici a elementi fissi o azionati dalla presa di potenza, combinati o meno con diverse tipologie di rulli. La loro funzione è chiaramente quella di ridurre la zollosità, livellare la superficie, sradicare le eventuali plantule d'infestanti già emerse e rendere così il terreno idoneo per l'operazione di semina (Bonciarelli, 1978; Giardini, 2004).

A coltura in atto, le lavorazioni possono consistere in sarchiature, mediante le quali si rompe il primo strato di crosta (2-3 cm) in modo da interrompere l'ascesa capillare dell'acqua, distruggere le malerbe e aumentare la permeabilità superficiale. Per l'imbianchimento di certe colture orticole come cardi, finocchi, sedani, radicchi o per evitare l'inverdimento dei tuberi superficiali di patata si esegue invece una rincalzatura spostando la terra verso la fila in modo da ricoprire il piede delle piante (Bonciarelli, 1978; Giardini, 2004).

Nonostante le importanti funzioni delle lavorazioni, è innegabile che non siano prive d'inconvenienti, come l'enorme consumo di energia (Bonciarelli, 1978; Giardini, 2004), l'eccessivo calpestamento del suolo dovuto ai numerosi passaggi di pesanti macchine (Giardini, 2004), l'aumento dell'ossidazione della sostanza organica con conseguente diminuzione della stabilità strutturale, l'esposizione del suolo agli agenti dell'erosione finché non si è riformata la copertura vegetale e le perdite d'acqua del suolo per evaporazione accelerata dalla movimentazione (Bonciarelli, 1978). Queste considerazioni hanno fatto orientare le ricerche verso nuove tecniche basate sulla sostituzione, riduzione o eliminazione delle lavorazioni tradizionali. Dagli anni settanta, soprattutto in seguito al diffondersi del diserbo chimico, si è iniziato a parlare di "minima lavorazione" di "non lavorazione" (Giardini, 2004), entrambe tecniche di Agricoltura Conservativa.

### **3.1.2 Le lavorazioni conservative**

Con il termine di Agricoltura Conservativa si definiscono tutte le successioni di



lavori che sono in grado di lasciare almeno il 30% della superficie del terreno coperto dai residui colturali (Struik e Bonciarelli, 1997). Questo nuovo modo di fare agricoltura si contrappone a quello convenzionale, basato principalmente sull'uso dell'aratro (Giardini, 2004). Le tecniche sviluppate a tal proposito sono rappresentate da cantieri di lavoro che riducono al minimo la lavorazione del terreno (Minimum Tillage), o che prevedono la semina diretta della cultura senza alcuna lavorazione preparatoria (No Tillage) (Archetti et al., 1996).

Le tecniche di minima lavorazione consistono in interventi che non prevedono l'inversione degli strati del suolo e si suddividono in due grandi gruppi a seconda della profondità di lavoro in minima lavorazione profonda e minima lavorazione superficiale. Nella minima lavorazione profonda si lavora a profondità di 40-50 cm con coltivatori pesanti e ripuntatori capaci anche di affinare il terreno in superficie, grazie ad utensili complementari, oltre che smuoverlo in profondità. Nella minima lavorazione superficiale lo strato interessato corrisponde ai primi 10-20 cm e si utilizzano coltivatori leggeri, zappatrici rotative o erpici rotanti (Benvenuti, 2007).

Nelle tecniche di non lavorazione, invece, non sono previsti interventi per la preparazione del letto di semina e si va a lavorare e seminare solo nella zona interessata dal seme, attraverso seminatrici appositamente progettate, definite "da sodo". Gli svantaggi rispetto alle minime lavorazioni consistono in una scarsa gestione meccanica delle infestanti (risolvibile con l'uso di diserbanti) e di lavorare su di un terreno compatto non ottimale per la germinazione dei semi e lo sviluppo delle giovani piantine. D'altra parte però si ha un miglior mantenimento della struttura e fertilità del suolo ed, entro certi limiti, una funzione pacciamante della sostanza organica che rimane in superficie (Giardini, 2004). Dal punto di vista ambientale si possono contenere due importanti fenomeni quali l'erosione e la liberazione di CO<sub>2</sub> (Ahrens et al., 2003). Considerando infine l'aspetto economico, le lavorazioni conservative portano un marcato risparmio per la messa in cultura variabile tra il 20 e il 35% a seconda se si utilizza la minima o la non lavorazione (Cera et al., 1997).

### **3.2 LA PACCIAMATURA**

La pacciamatura (in inglese mulching) è un termine derivante dalla parola "pacciamè" (materiali organici di scarto, stame, ecc.) (Bonciarelli, 1978) e indica il

ricoprimento del terreno con materiale vario (paglia, film plastici ecc.) permettendo però all'apparato aereo della specie coltivata di emergere in piena aria (Giardini, 2004). La pratica della pacciamatura è stata ampiamente utilizzata come strumento di gestione per secoli in molte antiche civiltà. La regione delle Grandi Pianure degli Stati Uniti, che una volta era considerata una ciotola di polvere, è stata trasformata nel "granaio del mondo" attraverso l'adozione di coltivazioni di conservazione, come la pratica di lasciare residui colturali in superficie o l'impiego di pacciamature di paglia appiattita (Acharya et al., 2005). Lo sviluppo di polietilene come film plastico nel 1938 e la sua successiva introduzione come materiale pacciamante nei primi anni '50, ha rivoluzionato la produzione commerciale degli ortaggi (Lament, 1993). In Italia questa tecnica si è diffusa dagli anni '20 e inizialmente lo scopo era di mantenere alta la temperatura del terreno in modo da aumentare la precocità delle colture (specialmente orticole) e ridurre l'evaporazione durante l'estate per conservarne l'umidità. Con l'aumento di diffusione di questa tecnica, dovuto anche all'introduzione di film plastici, sono stati osservati altri effetti positivi che la pacciamatura era in grado di offrire.

### **3.2.1 Gli effetti della pacciamatura sul terreno**

*Azione sulla temperatura del suolo:* con la pacciamatura adatta si può mantenere il terreno più fresco o più caldo del naturale, secondo la convenienza. Questi effetti dipendono dal terreno, dal clima, dalla quantità e dal tipo di materiale impiegato, dalla conducibilità termica e dalla capacità di trasmissione della radiazione solare intercettata e di quella infrarossa riemessa dalla terra (effetto serra). In generale la pacciamatura ha un effetto di smorzamento delle fluttuazioni di temperatura diurne del suolo. La pacciamatura organica aumenta la temperatura di notte e nelle prime ore del mattino mentre diminuisce la temperatura diurna rispetto alla non pacciamatura (Acharya et al., 2005). Utilizzando i film plastici invece, il fattore chiave è il colore: i film più usati sono di colore nero, grigio fumo con diverse intensità di trasparenza alla radiazione solare, bianchi e incolore (Fig. 1). Il colore bianco riflette l'80% della luce mantenendo il terreno più fresco. Per accentuare l'azione riscaldante del terreno si usa il film incolore in modo da sfruttare appieno l'effetto serra; il colore nero invece non altera la temperatura del terreno sensibilmente, ma è ideale piuttosto per contenere le malerbe. Il film grigio fumo rappresenta una soluzione intermedia poiché, essendo parzialmente trasparente alla radiazione del visibile, dovrebbe contenere le malerbe ed essendo trasparente all'infrarosso, dovrebbe anche riscaldare il terreno (Gordon et al., 1989). Un

inconveniente al quale bisogna fare attenzione sono le scottature alle quali le piantine appena trapiantate possono essere soggette nei periodi estivi se a contatto con il film.

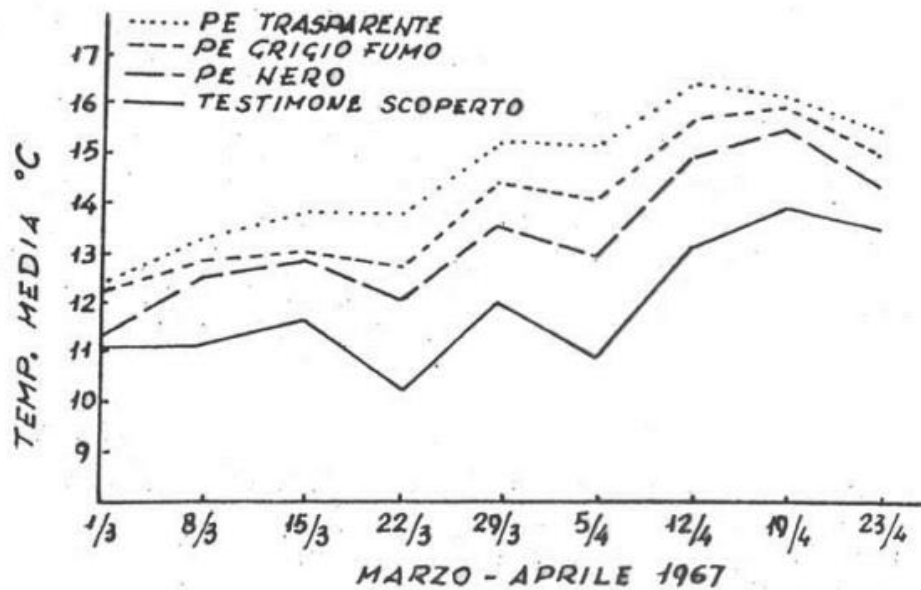


Figura 1. Andamento della temperatura media settimanale del terreno (7cm di profondità) in coltura di patate pacciamate con differenti film plastici (Fonte: Tesi, 1967).

*Azione sull'umidità del terreno:* la conservazione dell'umidità è l'effetto positivo forse più marcato della pacciamatura. Vanno distinti tre aspetti riguardanti il bilancio idrico: uno riguarda l'infiltrazione dell'acqua nel terreno, la quale è favorita se la copertura è permeabile, mentre è ostacolata da coperture impermeabili come i film plastici; esiste pur sempre l'infiltrazione laterale che porta l'acqua alle radici, però quest'ultima può essere difficoltosa in terreni molto permeabili (problema comunque risolvibile con l'irrigazione sotto il telo). Il secondo aspetto è che l'evaporazione è ridotta moltissimo dalla pacciamatura di qualsiasi genere, soprattutto l'evaporazione molto rapida che si verifica dopo una pioggia finché non si è formato uno strato superficiale asciutto. Il terzo aspetto è che la pacciamatura aumenta la capacità di ritenzione del suolo grazie ad un miglioramento a livello di struttura, di macropori e di sviluppo di fauna tellurica (Bonciarelli, 1978; De Vleeschauwer et al., 1980).

*Azione sulla struttura del suolo:* la pacciamatura elimina l'azione battente della pioggia (Colvin e Lafren, 1981) e quando è di materiale organico, decomponendosi, arricchisce il suolo di humus e dà luogo a una struttura superficiale eccellente; favorisce il proliferare di una pedofauna che contribuisce al mantenimento del suolo allo stato disgregato (De Vleeschauwer et al. 1980); evita o riduce di molto l'azione deleteria sul

terreno del calpestio di macchine e uomini. Il mantenimento della struttura si traduce anche con la possibilità di risparmiare sulle lavorazioni di coltivazione (Bonciarelli, 1978).

*Azione sull'aerazione del terreno:* la pacciamatura organica migliora l'aerazione del suolo promuovendo il libero scambio di gas tra il suolo e l'atmosfera. Ciò è facilitato dal miglioramento della stabilità strutturale, della porosità totale e macroporosità, dalla diminuzione della formazione di croste superficiali e dal miglioramento del drenaggio del suolo in generale (Acharya et al., 2005). Il film plastico, invece, è quasi impermeabile all'anidride carbonica rilasciata dalle radici e dalla decomposizione della materia organica nel suolo, la quale si accumula sotto la pacciamatura. L'unica via di uscita è costituita dal foro dove è alloggiata la pianta; questo crea un "effetto camino", determinando livelli più elevati di CO<sub>2</sub> favorevoli alla crescita attiva delle foglie vicino al foro di trapianto (Hopen, 1965).

*Azione sull'erosione e sul ruscellamento:* la pacciamatura diminuisce l'erosione del suolo e la quota di suolo perso per erosione decresce esponenzialmente con l'aumento della percentuale di area coperta dalla pacciamatura secondo questa formula (Colvin e Laflen, 1981):

$$Erosione = A e^{-bRC}$$

dove **A** e **b** sono delle costanti ed **RC** (residue cover) è la percentuale di area pacciamata o coperta da residui colturali.

La relazione esponenziale riguarda solo l'erosione per rigagnoli (rill erosion), mentre l'erosione laminare (interill erosion) decresce linearmente con la copertura pacciamante. E' stato osservato che è necessario minimo il 50% di suolo pacciamato per ottenere una significativa riduzione di erosione. Idealmente una pacciamatura ideale dovrebbe coprire il 65-75% del suolo (Morgan, 1986). Zingg (1954) ha inoltre verificato che i residui colturali possono ridurre la diretta azione del vento sul suolo fino al 99%, riducendo sostanzialmente quindi l'erosione da vento. Se la pacciamatura è di natura organica, si ha anche un contenimento del ruscellamento, favorito sia dall'aumento del tasso di infiltrazione ma anche dalla resistenza fisica che la pacciamatura contrappone al flusso dell'acqua. In generale, la perdita di acqua per ruscellamento decresce esponenzialmente con l'aumento della quantità di pacciamatura (Tab. 1).

Tabella 1. Effetto della quantità di pacciamatura sul ruscellamento e sulla perdita di suolo per stagione, in Nigeria (Fonte: De Vleeschauwer et al., 1980).

Quantità(t ha <sup>-1</sup> )	Ruscellamento(%)	Terreno perso(t ha <sup>-1</sup> )
0	75.4	9.6
2	43.4	2.3
3	15.2	0.5
6	5.4	0.1
12	0	0

*Azione sul ciclo degli elementi nutritivi:* l'azione della pacciamatura sui nitrati è assai complessa, poiché come già visto coinvolge umidità e temperatura. In generale, nei periodi secchi la maggiore umidità del suolo pacciamato consente una più continua mineralizzazione della sostanza organica e una maggiore formazione di nitrati rispetto al suolo nudo. In periodo piovoso il dilavamento dei nitrati è in relazione alla maggiore o minor infiltrazione che la copertura assicura. La pacciamatura con materiali vegetali ad alto rapporto C/N (paglia, segatura, ecc.) può dar luogo a una forte diminuzione dei nitrati nel suolo: ciò forse in relazione alla formazione di uno strato riducente, o alla liberazione di composti organici solubili che inibiscono o frenano la microflora nitrificante, o alla riorganizzazione di azoto nitrico nel corso della decomposizione del paccame. Peraltro, la successiva decomposizione della sostanza organica del materiale libera elementi nutritivi (Fe, Mn, Zn, Cu, ecc.) dei quali potranno giovare le coltivazioni (Bonciarelli, 1978; Acharya et al., 2005).

### 3.2.2 Gli effetti della pacciamatura sulla coltura

*Azione sull'emergenza delle piantine:* il mantenimento di uno strato di terreno più umido negli strati superficiali, migliora la germinazione del seme e l'emergenza delle piantine. I tempi necessari all'emergenza sono più brevi sotto pacciamatura rispetto al terreno nudo e lo strato pacciamato aumenta significativamente la percentuale di emergenza in condizioni siccitose o di eccessi di pioggia (Jalota et al., 1996). In condizioni di siccità l'emergenza viene accelerata grazie all'abbassamento della temperatura massima e alla diminuzione di evaporazione mentre in situazioni di alta piovosità, la pacciamatura evita la formazione di crosta che ostacolerebbe l'emergenza.

*Azione sulla crescita delle radici:* la radice è favorita nella sua crescita e

distribuzione nello strato superiore del terreno a causa della temperatura favorevole e dell'acqua presente. Un maggiore contenuto idrico del suolo nello strato superficiale, riduce la resistenza meccanica aiutando le radici nella loro proliferazione (Acharya et al., 2005). La striscia di pacciamatura riduce le lesioni alle radici, soprattutto quando usata in combinazione a una baulatura che fornisce un maggior volume di terreno esplorabile. Il diserbo chimico può quindi essere utilizzato tra le file con poco rischio di lesioni alla pianta coltivata (Lament, 1993).

*Azione sulle erbe infestanti:* i film plastici di colore nero contrastano la nascita della maggior parte delle infestanti, bloccando la luce. Quando, oltre al contenimento delle malerbe, è necessario anche il riscaldamento del terreno, si possono usare film che assorbono la radiazione solare bloccando quella parte dello spettro luminoso necessario alla fotosintesi e allo sviluppo delle malerbe, riscaldando anche il suolo (Gordon et al., 1989). Comeau e Purser (1990) hanno osservato che le erbe infestanti che nascono sotto questa tipologia di film continuano comunque a crescere, seppur lentamente, in estate ma vengono uccise dalle alte temperature che si registrano alla fine di giugno e inizio luglio. Quando invece c'è la necessità di tenere fresco il terreno esistono film composti di due facce bicolore bianco/nero; il lato nero a contatto con il suolo contrasta le malerbe mentre l'altro lato bianco riflette la luce. Un'osservazione importante nella pacciamatura con film plastico è che le malerbe tendono a concentrarsi nei fori che ospitano le piante, quindi è importante fare in modo che la pianta coltivata cresca prima delle malerbe e non sia soffocata da quest'ultime.

*Azione sulla morfologia della pianta:* usare film pacciamanti di diversi colori può modificare la crescita e/o la morfologia di alcune piante. Decoteau e collaboratori (1988, 1989), per esempio, hanno verificato che piante di pomodoro, cresciute con film pacciamante di colore rosso o nero, sono generalmente più precoci e producono meno foglie rispetto a piante cresciute con film di colore bianco o argentato, che risultano essere meno precoci ma con più fogliame. Il colore modifica il microclima (qualità della luce riflessa e temperatura del suolo) in modo diverso, andando a regolare in modo differente la crescita e lo sviluppo della pianta.

*Azione su patogeni e insetti:* la pacciamatura, isolando la pianta dal terreno, può contenere lo sviluppo di alcune malattie limitando, per esempio, gli schizzi di fango che veicolano il patogeno durante le piogge. Questo si traduce con un minor sviluppo di marciumi, prodotti più puliti e quindi miglior qualità finale. Adottando film pacciamanti di opportuni colori è possibile inoltre contrastare anche certi insetti o combattere certe

malattie veicolate da insetti. A tal proposito, pacciamature di colore giallo e, in misura minore, arancione sono risultate utili per attirare l'afide verde del pesco come esca (Broadbent, 1948). Pacciamature con superficie di alluminio o di color argento si sono mostrate invece utili a contrastare alcuni afidi e ridurre l'incidenza di virus da essi veicolati in zucca (Averre et al., 1990).

### **3.2.3 I materiali di pacciamatura**

Esistono diversi tipi di materiali pacciamanti, che vanno dai residui vegetali naturali, ghiaia, sabbia, a quelli derivanti da trasformazione industriale come fogli di carta o di plastica. Questi materiali possono sostanzialmente essere classificati in due gruppi ovvero, materiali organici e inorganici.

#### ***Materiali organici di origine naturale***

I materiali organici possono derivare dai residui della coltura precedente lasciati in superficie (cover crop), essere una copertura vegetale vivente (inerbimento) oppure consistere in materiali naturali non processati come residui di potatura, paglia, trucioli, corteccia, segatura, torba, pula di cereali ecc. Questo materiale organico dovrebbe essere un materiale stabile che espliciti la sua funzione almeno fino alla stagione di crescita per una coltura annuale o più a lungo per le colture perenni. La durata dipende dalla sua composizione; i fattori che influenzano la rapidità di decomposizione sono, per esempio, il rapporto C/N, il contenuto di cellulosa e di lignina ma anche le condizioni climatiche e il tipo di microrganismi del suolo. L'effetto isolante migliora con l'aumento di spessore dello strato superficiale mentre l'età del residuo, colore, geometria (appiattita o meno), e quantità sono le caratteristiche principali che influenzano la riflessione della radiazione. La temperatura del suolo diminuisce con l'aumento di riflettanza e questa è solitamente più grande nei residui luminosi come la paglia e diminuisce con l'invecchiamento (decolorazione) e con la decomposizione. Il vantaggio di questa tipologia di materiali è quello di essere biodegradabili; nel tempo, sono consumati dai microrganismi, aggiungendo sostanza organica e migliorando la struttura del terreno (Acharya et al., 2005).

L'inerbimento è un'altra tecnica di pacciamatura importante, specialmente per l'arboricoltura. Questo sistema funziona a patto che l'erba venga costantemente falciata e rimanga bassa, in modo da non competere per la luce, l'umidità o per le sostanze nutritive con la coltura principale. La copertura vivente conferisce alcuni dei vantaggi

analoghi alla pacciamatura con residui organici, come il maggiore contenuto di carbonio nel suolo, l'aumento dell'infiltrazione dell'acqua piovana e la riduzione dell'erosione. Inoltre è soppressa la crescita di malerbe attraverso la modificazione del microclima e il rilascio di sostanze allelochimiche (Giardini, 2004; Acharya et al., 2005).

Esistono anche materiali organici provenienti dalla trasformazione industriale, esempio teli in fibra di cellulosa (carta). La pacciamatura in carta è usata come sostituto alla plastica, inoltre la carta non richiede il recupero al termine della stagione e l'utilizzo di carta riciclata aiuta a ridurre i rifiuti solidi così come i costi energetici. Essa però tende a decomporsi troppo rapidamente e spesso non garantisce la copertura per tutta la stagione. Questo può essere evitato trattando la carta con olio da cucina, che ritarda la decomposizione e migliora il riscaldamento del suolo, aumentando la traslucenza della carta alla luce solare (Acharya et al., 2005).

### ***Materiali inorganici e film biodegradabili***

I materiali inorganici possono essere naturali non processati come la ghiaia o sabbia, quest'ultima utilizzata principalmente per ortaggi con foglia da taglio poiché è facilitato lo sgrondo dell'acqua e la raccolta, ma anche materiali provenienti da trasformazione industriale come nastri di alluminio, emulsioni bituminose, ma soprattutto film plastici. Questi materiali utilizzati per la pacciamatura non aggiungono sostanze nutritive o humus al suolo e non si decompongono se non dopo lunga esposizione agli agenti atmosferici.

I film plastici sono i più usati e i materiali di cui sono costituiti sono il poli-vinil-cloruro (PVC), l'etilene-vinil-acetato (EVA) ed il poli-etilene (PE), il più utilizzato (Life-Pianalto, 2007).

Il PVC è una molecola molto complessa e ancor di più lo è la sua formulazione. Viene additivato spesso con sostanze stabilizzanti che ne aumentano la resistenza. Nel PVC si possono trovare parti del monomero cloruro di vinile ancora libere che, in caso di contatto con la pianta od il frutto, possono determinare contaminazioni molto serie. Inoltre la presenza di plastificanti, stabilizzanti e lubrificanti e altri additivi, rendono il PVC veramente pericoloso non solo per le piante e la produzione in generale, ma anche per gli operatori stessi. E' il polimero che presenta il massimo effetto serra ma il suo utilizzo è rapidamente crollato negli ultimi anni a causa di fattori quali l'alto peso specifico, il prezzo elevato e problemi ecologici di utilizzo e smaltimento (C.A.L.V., 2009).



L'EVA è un co-polimero e il suo utilizzo in agricoltura risale agli anni '80 quando per la prima volta viene reso disponibile un film simile al PVC ma con caratteristiche quali peso specifico, resistenza meccanica e resistenza alle basse temperature nettamente migliorate. E' l'unico prodotto con trasparenza ed effetto serra simili al PVC però anch'esso di costo elevato (C.A.L.V, 2009).

Il PE è un polimero con una struttura molecolare relativamente semplice. Ha una durata più breve rispetto ai precedenti materiali a causa della degradazione dovuta all'elevata sensibilità ai raggi ultravioletti, all'ossigeno e alla luce, fattori questi che contribuiscono alla sua ossidazione e conseguente perdita di resistenza nel tempo. Ha inoltre una scarsa tenuta termica rispetto al PVC ed EVA, ossia le sue caratteristiche non sono ottimali per un elevato effetto serra, quindi tende a disperdere il calore. La durata della coltura in campo, dato che difficilmente il film è riutilizzabile, indica quale spessore è più opportuno usare, anche se un ruolo importante è dato dalla facilità di raccolta a fine utilizzo in campo. I film più utilizzati sono di polietilene a bassa densità (LDPE) ed hanno uno spessore da 0.05 a 0.15 mm ma esiste anche il polietilene lineare (LLDPE) con il quale è possibile ridurre lo spessore a 15-30 µm mantenendo sufficienti caratteristiche meccaniche. La larghezza del film può variare da 0.80 a 2.00 m e oltre in relazione allo spessore e la lunghezza delle bobine è di oltre 100 m. Il PE è il materiale più economico e con peso volumico più basso; con la successiva aggiunta di sostanze amminiche, benzofenoni con azione antiossidante e antiattinici, è stato migliorato per le caratteristiche di elasticità e resistenza all'invecchiamento tanto che attualmente rappresenta il materiale plastico più usato (Life-Pianalto, 2007).

Tra gli inconvenienti dell'uso dei materiali plastici per pacciamatura, a parte i costi di acquisto e di messa in opera, il vero problema è quello del recupero e dello smaltimento. In particolare la rimozione risulta difficoltosa per le problematiche legate alla frammentazione dei teli e alla loro dispersione nel terreno. Secondo l'Ente Italiano di Unificazione nelle Materie Plastiche (UNI 9738), è stato stabilito che i film, a fine esercizio, devono possedere valori delle caratteristiche meccaniche riferite all'allungamento (resistenza allo strappo), non inferiori al 50% a quelli iniziali; ciò consente il recupero meccanico agevolmente.

I teli che vengono recuperati dal terreno devono essere trattati e smaltiti come rifiuti speciali, con costi spesso non irrisori. La caratteristica principale dei teli derivanti da pacciamatura è la loro sporcizia, in quanto presentano spesso grandi quantità di terra e di residui di antiparassitari che rende difficoltosa qualsiasi operazione di riciclo (Life-

Pianalto, 2007).

I teli non devono essere bruciati altrimenti possono diffondere nell'aria sostanze tossiche. Nelle aree di maggiore consumo di questi materiali vi sono consorzi che si occupano del loro ritiro e dello smaltimento-recupero. Negli altri casi bisogna rivolgersi all'azienda che, nella propria zona, esegue lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani per sapere come comportarsi (Cipriani, 2004).

Per il problema dello smaltimento, ma anche del recupero, la possibilità di avere materiali fotodegradabili o biodegradabili continua a suscitare interesse in particolare in orticoltura dove la pacciamatura del suolo interessa periodi limitati. Esistono in commercio teli che sono definiti fotodegradabili all'UV, i quali sono soggetti a rapida depolimerizzazione a causa di calore, umidità, ossigeno; la parte di telo interrato, essendo maggiormente protetta, subisce effetti ridotti degli agenti atmosferici, rimanendo in parte intatta nonostante la frammentazione dello strato superiore. Tale situazione risulta dannosa per le coltivazioni e per i frammenti di teli che rimangono sparsi nel terreno, motivo per cui questi teli non si sono diffusi in modo ampio sul mercato, nonostante si auspichi una loro diffusione per motivazioni legate al rispetto ambientale e al risparmio energetico (Life-Pianalto, 2007).

Molto più interessanti invece sono risultati essere i film costituiti da polimeri biodegradabili; in commercio si possono trovare film a base di amido di mais (quali ad es. Mater bi e polilattico) ed altri polimeri, quali ad es. copoliestere, poliesterammide, poliestere (PET modificato) (Martin-Closas et al., 2003; Tab. 2).

Tabella 2. Materiali polimerici biodegradabili usati come pacciamanti (Candura et al., 2005).

<b>Nome commerciale</b>	<b>Produttore</b>	<b>Polimero base</b>
Bak	Bayer	Poliesterammide
Biomax	DuPont	(PET modificato)
Ecoflex	BASF	Copoliestere
Hydrolene	Idroplast	Alcool Polivinilico
Ecopla	Cargill Dow Polymers	Acido Polilattico
Mater- Bi	Novamont	Blend di amido e polimeri sintetici

La differenza sostanziale rispetto ai polimeri convenzionali risiede nel fatto che per via della loro struttura chimica e fisica, queste bioplastiche possono essere attaccate e degradate da microrganismi quali funghi e batteri. Il vantaggio è quindi apprezzabile perché l'agricoltore si trova risolto sia il problema dello smaltimento sia il lavoro di rimozione dei teli dalle aiuole, con notevole risparmio di tempo (Life-Pianalto, 2007).

Giannini e Mantoan (2004) hanno confrontato alcuni di questi film biodegradabili (Mater-Bi®) con il PE tradizionale su melone, analizzando le risposte produttive e facendo un'analisi dei costi: quelli biodegradabili hanno dimostrato di avere un effetto analogo al PE per quanto riguarda la produzione e nel controllo delle infestanti, con costi equiparabili se si considerano la rimozione e lo smaltimento del polietilene. Analogamente Cozzolino e collaboratori (2010) hanno testato tre tipi di film biodegradabili (uno in Mater-Bi® e altri due sperimentali) confrontandoli con un film in PE su pomodoro ottenendo risposte quantitative simili e qualitative addirittura superiori nel caso del Mater-Bi® con un aumento di 1.5 °Brix e un accentuazione del colore rosso dei frutti.

### **3.2.4 La tecnica di pacciamatura con film plastico**

In pieno campo la pacciamatura viene applicata a strisce di larghezza variabile in relazione alle esigenze delle diverse specie coltivate. In questi casi la copertura può interessare dal 40-50% fino al 70-80% dell'intera superficie. I film sono generalmente applicati da pacciamatrici disponibili in commercio o costruite dagli agricoltori stessi. Esse sono costituite da un supporto per il rotolo del film, due apri solchi e due ruote seguite da due dischi o palette chiudi solchi montati su una barra (Fig. 2).



Figura 2. Esempio di pacciamatrice (Fonte: Sfoggia, 2013).

Gli apri solchi aprono due trincee nel terreno la cui distanza deve essere inferiore di almeno 30 cm rispetto alla larghezza del film. Si forma così una prosa sulla quale viene steso il telo che sarà in seguito fissato al suolo interrandolo nei solchi. Sul telo sono poi praticati i fori per permettere la semina o il trapianto (Acharya et al., 2005). Quando si stendono i teli, è opportuno non scegliere né periodi troppo freddi né molto caldi per evitare irregolari tensioni dei teli stessi (quando fa freddo, è meglio operare nelle ore centrali del giorno soleggiato, con il caldo è meglio posare i teli la mattina presto). Il loro ancoraggio dovrà inoltre essere il più solido possibile altrimenti il vento, anche leggero, potrebbe sollevarli e strapparli, e nello stesso tempo la tensione non dovrà essere eccessiva perché altrimenti gli sbalzi di temperatura potrebbero provocare rotture dei teli (Cipriani, 2004). Attuare una fresatura prima dell'installazione, aiuta a creare una superficie priva di grumi, che contribuisce a garantire una stretta unione tra la plastica e il terreno; esistono pacciamatrici con incorporati organi di fresatura a monte (Acharya et al., 2005).

La tecnica di pacciamatura con film plastico risulta più efficace se usata in combinazione con l'irrigazione o fertirrigazione a goccia con manichetta forata. Il tubo di gocciolamento può essere steso sul suolo sotto al film oppure interrato 5-7 cm; l'interramento ne impedisce lo spostamento e riduce i danni (Mc Craw e Motes, 1991). Tuttavia è possibile creare delle aiuole a porche pacciamate, per dare acqua col sistema a scorrimento-infiltrazione laterale in solchi. In questo caso si stende la pacciamatura e si praticano numerosi piccoli fori soprattutto in corrispondenza del fondo dei solchi. L'acqua così defluisce facilmente dai fori, non vi è sviluppo d'infestanti e si può concimare in copertura senza problemi (Cipriani, 2004).

Il trapianto attraverso il film può essere realizzato manualmente o meccanicamente. Il sistema manuale più semplice consiste nel forarlo con un pianta bulbi, il quale consente, tra l'altro, anche di asportare il terreno in modo da formare una conca dove porre le piante con il pane di terra (Cipriani, 2004). Il trapianto meccanico, invece, si opera mediante trapiantatrici. La tipologia più semplice consiste in una trapiantatrice "a mulino", la quale pratica un buco nel film e spruzza dentro acqua o una soluzione starter; due operatori guidano la macchina e inseriscono le piante in ogni foro (Fig. 3). Altre tipologie, ricevono la pianta in una tasca, fanno il buco nella plastica, depositano la pianta nel foro, premono il terreno attorno alla pianta e forniscono acqua o una soluzione di avviamento su ogni pianta (Fig. 4) (Mc Crawe Motes, 1991).

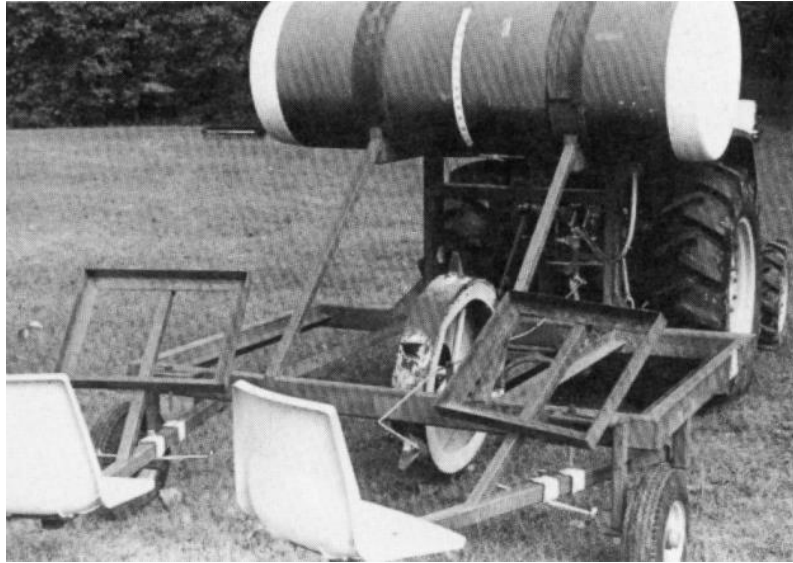


Figura 3. Trapiantatrice a mulino per trapianto (Fonte: Mc Crawe Motes, 1991).



Figura 4. Trapiantatrice con tasca (Fonte: Mc Crawe Motes, 1991).

Dopo che la plastica ha raggiunto il suo scopo, cioè superato almeno uno e preferibilmente due o più cicli colturali, deve essere rimossa dal campo. La plastica deve essere rimossa il più presto possibile dopo l'uso. Non bisogna lasciare che la plastica sia invasa dalle malerbe prima della rimozione poiché quest'ultima sarebbe assai complicata. Un utile sollevatore di film plastico può essere costituito da un coltro o da un disco affilato su una barra centrata sulla riga. Il coltro taglia la pacciamatura in due strisce mentre due avvolgitori raccolgono il film (McCrawe Motes, 1991).

### 3.3 LA BAULATURA

Le aiuole baulate sono un sistema in cui la zona di coltivazione e le corsie di traffico (tracce delle ruote o solchi) sono nettamente e costantemente separate. Il terreno viene spostato dalle corsie di traffico (o solchi) e aggiunto nella zona coltivata, sollevando leggermente il livello della superficie di quest'ultima (Fig. 5). La pratica convenzionale consiste nel coltivare e poi riformare l'aiuola dopo ogni raccolto. Se le baulature sono adeguatamente costruite però, possono essere mantenute almeno per cinque anni. In questo modo si riducono ulteriormente i costi operativi per la costruzione annuale dei letti evitando anche i peggioramenti al suolo dovuti al compattamento e alla perdita di sostanza organica. Inoltre vi è la possibilità per l'agricoltore di doppia coltivazione nelle diverse aiuole offrendo miglior flessibilità nella scelta delle colture e migliore utilizzo del territorio (Beecher et al., 2003).

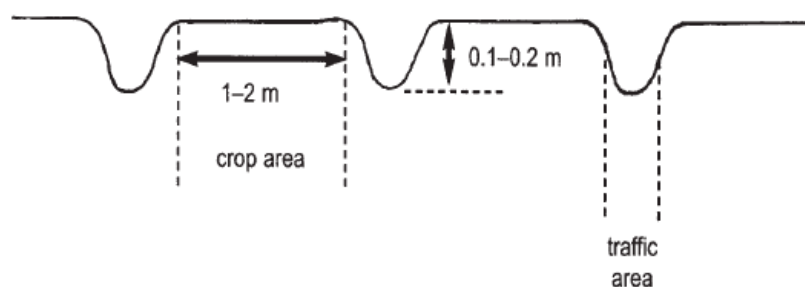


Figura 5. Esempio di dimensionamento di un sistema ad aiuole baulate (Fonte: Beecher et al., 2003).

#### 3.3.1 I vantaggi della baulatura

La baulatura migliora la superficie e il drenaggio interno del suolo, perché l'intera superficie non viene allagata. Si creano condizioni più favorevoli per le radici e per la crescita delle piante poiché vi è una maggiore profondità di terreno superficiale e la creazione di solchi come canali di scolo, ripristinano velocemente l'aerazione dopo l'irrigazione o la pioggia. La bagnatura del terreno, avvenendo prevalentemente dal basso verso l'alto, riduce l'incidenza di croste in superficie, migliorando le condizioni del letto di semina e la conseguente emergenza delle colture. Viene migliorata la struttura del suolo nella zona di coltura, perché la compattazione, dovuta alle ruote dei macchinari, è confinata ai solchi; grazie a questo vi è la possibilità di ridurre le richieste di lavorazione per il minor compattamento dovuto al traffico gommato (Beecher et al., 2003). Inoltre le aiuole baulate, assieme alla ridotta lavorazione e alla pacciamatura,

possono essere un'alternativa praticabile per ridurre il ruscellamento e l'erosione del suolo, oltre che per aumentare l'infiltrazione (Alliaume et al., 2014).

Spesso si associa la baulatura con la pacciamatura in modo da sfruttare entrambi gli effetti positivi che le due tecniche consentono di ottenere. Baulature permanenti con il mantenimento dei residui colturali hanno dimostrato di migliorare l'infiltrazione, la stabilità degli aggregati del suolo e la biomassa microbica (Deckers et al., 2011). In una regione arida, i letti permanenti con pacciamatura organica offrono una maggiore ritenzione di acqua di circa il 30% per il frumento e 80% per il mais, con una riduzione dell'11-23% della quantità di acqua d'irrigazione (Devkota et al., 2013). Una gestione simile, in un clima Mediterraneo, non ha migliorato l'efficienza dell'uso dell'acqua, ma ha eliminato l'uso di acqua da parte del mais a fine ciclo, senza cambiamenti delle rese (Boulal et al., 2012). Questo ritardo può portare a un uso più tempestivo ed efficiente delle risorse disponibili per la crescita (acqua e azoto) e quindi, come hanno concluso gli autori, i letti permanenti hanno un potenziale nel ridurre i costi e aumentare la redditività.

### **3.3.2 La tecnica di coltivazione con le aiuole baulate**

Le baulature sono create con baulatrici costituite da zappe rotanti in associazione con dischi o piccoli aratri a doppia lama, per formare i letti rialzati (Figg. 6 e 7).



Figura 6. Baulatrice a 4 sezioni (Fonte: Massano, 2011).



Figura 7. Baulatrice Forigo D35-130 usata nella prova di questa tesi.

Una volta che i letti sono stati costruiti, possono avere un profilo non omogeneo, con una miscela di terra fine e grandi zolle. E' meglio lasciarli in questa condizione piuttosto che cercare di lavorare ulteriormente il terreno; la bagnatura da parte della pioggia e la successiva essiccazione, di solito, sistemano questo difetto. Il terreno dovrebbe essere lavorato con un'aratura profonda prima della baulatura, in modo che risulti sciolto nella zona tra le aiuole e che la successiva rincalzatura sia accurata (Beecher et al., 2003). L'orientamento ideale delle aiuole è nord-sud, ma potrebbe non essere sempre possibile. Quest'orientamento consente un'esposizione che massimizza le possibilità di sviluppo uniforme per tutta la larghezza della baulatura (Bakker et al., 2005). La larghezza dipende dal tipo di terreno e dalle attrezzature che si usano per lavorare la coltura. Normalmente sono larghe 1.5-2.0 m garantendo una superficie superiore utilizzabile di 1.0-1.5 m. Per i cicli estivi non sono ideali aiuole troppo larghe ma se nel programma di raccolta sono previsti anche cicli invernali allora avere un'aiuola più larga consente anche di coltivare più righe. L'altezza può essere di 15-20 cm, essa dipende comunque dalla pendenza e dal tipo di suolo. Per le aiuole molto lunghe, l'altezza dovrebbe essere maggiore per evitare ristagni, mentre per le aiuole più corte e per i suoli non ideali alla sub-irrigazione, il letto dovrebbe essere più superficiale. Su terreni pesanti e ben livellati, lunghezze intorno agli 800 m sono state utilizzate con successo nel Nuovo Galles del Sud, in Australia (Beecher et al., 2003).

La semina o il trapianto vengono effettuati con seminatrici o trapiantatrici aventi



larghezza di lavoro pari alla larghezza della aiuola (Fig. 8) oppure con seminatrici aventi più sezioni, in grado quindi di seminare più aiuole con un solo passaggio (Fig. 9).



Figura 8. Trapiantatrice per aiuola singola (Fonte: Ferrari, 2011).



Figura 9. Seminatrice pneumatica con 3 sezioni di semina utilizzabile sia su terreno piatto che aiuolato (Fonte: Kverneland, 2014).

L'irrigazione classica delle aiuole baulate avviene per infiltrazione laterale lungo i solchi, in particolare per le colture erbacee. Si usano piccoli sifoni di 5.0-7.5 cm, uno o due per solco, con la presenza o meno di sistemi di ricircolo (Beecher et al., 2003) (Fig. 10). Per le colture orticole pacciamate, vista la presenza del film plastico che limita

l'infiltrazione laterale, si tende ad usare l'irrigazione tramite manichetta sotto pacciamatura (Fig. 11).



Figura 10. Irrigazione per infiltrazione laterale lungo i solchi (Fonte: CSIRO, 2013).



Figura 11. Melone aiuolato con pacciamatura e irrigazione a goccia con manichette (Fonte: Cuke Hort, 2010).

### **3.4 SCOPO DEL LAVORO**

Lo scopo della tesi è stato quello di valutare gli effetti della sistemazione del terreno, con o senza baulatura, su piante di lattuga e pomodoro da industria. Inoltre si è valutato anche l'effetto di pacciamatura con tre tipologie di film diversi (PE, PLA e PHA) rispetto al terreno nudo. In particolare, si sono valutati gli effetti sull'accrescimento (sia delle strutture aeree che radicali), sulla precocità di raccolta e sulle variabili produttive.

## 4. MATERIALI E METODI

La prova è stata condotta presso l'Azienda Agraria Sperimentale "Lucio Toniolo" dell'Università degli Studi di Padova situata a Legnaro (45° 20' N; 11° 57' E; 8 m s.l.m) ed è iniziata il 14 aprile 2014.

La prova è stata condotta su un appezzamento di 530 m<sup>2</sup> con un terreno franco-limoso (11% di argilla, 65% limo, 24% di sabbia) preventivamente affinato e concimato con Biorex (2.8-3-2, N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O; 38% carbonio organico), per una concimazione equivalente a 130-80-200 kg/ha di N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O.

L'appezzamento è stato diviso in tre blocchi (ripetizioni) e in ogni blocco sono state ricavate due parcelle principali per valutare l'effetto della sistemazione del terreno con la baulatura rispetto al terreno piano. Inoltre, ognuna delle parcelle principali è stata suddivisa a sua volta in quattro sub-parcelle di uguali dimensioni (1.3 × 10 m) per confrontare l'effetto di tre film pacciamanti rispetto al testimone nudo.

Le tesi a confronto sono state disposte secondo uno schema sperimentale a split-plot con la baulatura randomizzata nelle parcelle e la pacciamatura randomizzata nelle sub-parcelle.

La baulatura è stata eseguita con l'ausilio di una baulatrice Forigo D35-130, con larghezza di lavoro pari a 1.3 m.

I film pacciamanti confrontati sono stati tre: uno in polietilene convenzionale (PE), uno in poliacidolattico (PLA) e uno in poliidrossialcanoato (PHA), tutti dello spessore di 15 µm. I film in PLA (BF7210) e PHA (BF3051), prodotti dall'azienda Microtech s.r.l, sono dichiarati come biodegradabili e compostabili al 100%. Il film in PLA è costituito da polimeri prodotti per via sintetica a partire da monomeri bio-derivati mentre il film in PHA è costituito da polimeri ottenuti da microrganismi. La composizione specifica dei due film è protetta da segreto aziendale; negli Allegati 1 e 2 sono riportate tutte le informazioni così come vengono fornite dall'azienda.

Al momento della stesura dei film sono state stese anche delle manichette forate per l'irrigazione delle parcelle con passo dei gocciolatori pari a 30 cm e portata di 2 L/h.

Il trapianto della lattuga gentilina (Fantime) è stato effettuato su metà parcella in data 16 aprile. Le piante sono state disposte su due file distanti tra loro 30 cm, mentre sulla fila sono state distanziate di 25 cm. Nell'altra metà, in data 28 aprile, è stato

trapiantato pomodoro da industria (Perfect Peel), a distanza di 50 cm tra le due file e di 50 cm sulla fila.

Durante la coltivazione sono state eseguite quattro irrigazioni (il 5 e 15 maggio, il 13 giugno e il 23 luglio) della durata di quattro ore ciascuna e sono state seguite le normali pratiche colturali inerenti ai trattamenti fitoiatrici.

Successivamente alla raccolta della lattuga della parcella baulata del primo e del secondo blocco, sono stati interrati dei sensori di temperatura FT-90/USB della ditta Econorma s.a.s, uno ogni sub-parcella pacciamata e sul testimone nudo, posti al centro della bina e a 5 cm di profondità, per rilevare le temperature del terreno pacciamato con i tre diversi materiali e del terreno nudo in condizione di non coltivazione.

I dati meteorologici giornalieri relativi alla temperatura minima, massima e media dell'aria a 2 m d'altezza e alle precipitazioni, sono stati forniti dalla stazione meteorologica dell'ARPAV n° 111, situata proprio nell'Azienda Agraria Sperimentale "Lucio Toniolo".

### **Rilievi eseguiti**

Per la lattuga è stato effettuato un solo rilievo e la raccolta dei campioni è avvenuta in maniera differenziata per i diversi film, al raggiungimento della maturità commerciale, la quale è vincolata al raggiungimento di una adeguata consistenza del cespo. Con l'ausilio di un badile sono state scalzate dal terreno cinque piante contigue per ogni parcella, facendo in modo di prelevare tutto il pane di terra contenente le radici. Successivamente, con l'ausilio di acqua corrente, la terra è stata delicatamente rimossa dall'apparato radicale. E' stata poi divisa la parte aerea dalle radici per eseguire le opportune misurazioni. Del cespo è stata misurata l'altezza, la larghezza e il peso fresco; in seguito questo è stato fatto seccare in stufa ventilata a 105 °C per 48 ore per misurare il peso secco e determinarne la percentuale di sostanza secca. Della radice sono stati misurati la lunghezza e il peso fresco e anch'essa è stata fatta seccare in stufa per determinarne il peso secco e, quindi, la sostanza secca.

Per il pomodoro sono stati eseguiti tre rilievi:

- 22 maggio: sono stati misurati l'altezza e il diametro del fusto alla base di cinque piante contigue di ogni parcella. Inoltre sono state contate le foglie.
- 10 giugno: sono stati misurati l'altezza, la larghezza e il diametro del fusto alla base di cinque piante contigue di ogni parcella. Inoltre sono state contate le ramificazioni della pianta.

- 1 agosto: sono state raccolte le bacche di cinque piante contigue per ogni parcella e determinati separatamente i pesi delle bacche commerciali, delle immature e delle marce. Successivamente si sono determinati i pesi secchi e la percentuale di sostanza secca, facendo seccare un sub-campione in stufa ventilata a 105 °C per 48 ore. Le stesse piante prive di bacche (strame) sono state tagliate a livello del terreno, pesate e ne sono stati determinati peso secco e percentuale di sostanza secca. Come per lattuga, la rimozione dell'apparato radicale è stata condotta con il metodo dello scavo e con l'ausilio di acqua corrente tutta la terra è stata delicatamente rimossa dall'apparato radicale. Le misurazioni sulle radici sono state sulla lunghezza, larghezza, peso fresco e successiva determinazione della sostanza secca dopo 48 ore di stufa ventilata a 105 °C.

### **Elaborazione statistica**

L'esperimento è stato condotto come un fattoriale a 2 vie (baultura × pacciamatura). I dati relativi a ogni parametro sono stati sottoposti ad analisi della varianza (CoStat 6.400; CoHort Software, Monterey, CA) e le differenze fra le medie sono state sottoposte al test Tukey. I valori espressi in percentuale sono stati trasformati nei rispettivi valori angolari prima dell'analisi.

## 5 RISULTATI

### 5.1 TEMPERATURE DELL'ARIA E DEL TERRENO

La prova si è svolta tra il 16 aprile e il primo di agosto. L'andamento meteorologico di questo periodo, per quanto riguarda le temperature, è stato leggermente diverso da quello storico trentennale. In particolare, come si vede in figura 12, sia le temperature medie, che le massime e le minime, sono state più elevate nella seconda metà di aprile, prima quindicina di giugno e a metà luglio e leggermente più basse a inizio e fine luglio rispetto ai dati storici. Le temperature più alte durante la prova si sono registrate nella seconda settimana di giugno (+34 °C) mentre le temperature più basse si sono avute nel primo periodo della prova, ovvero nella terza settimana di aprile (+4 °C).

Durante l'intera prova sono caduti 458 mm di pioggia. Nella seconda metà di aprile sono caduti 108 mm, altri 109 mm nel mese di maggio, 52 mm in giugno e il mese più piovoso è stato luglio con un ammontare di 189 mm. In figura 13 si può osservare che gli eventi piovosi si sono distribuiti abbastanza omogeneamente durante tutto il periodo della prova e che ci sono stati due eventi nei quali si sono sfiorati i 70 mm ciascuno. Va inoltre ricordato che, durante la prova sono state eseguite quattro irrigazioni (il 5 e 15 maggio, il 13 giugno e il 23 luglio).

Tutti e tre i film pacciamenti hanno generalmente alzato le temperature minime giornaliere del suolo a 5 cm di profondità rispetto al testimone nudo. In particolare i film in PLA e PHA hanno garantito un aumento medio delle temperature minime rispettivamente di 1.2 e 2 °C mentre il film in polietilene ha garantito un aumento analogo a quello dei film biodegradabili fino alla seconda decade di giugno, dopo di che gli aumenti sono diventati più consistenti, ovvero di circa 5 °C rispetto alle temperature minime registrate su terreno nudo (Fig. 14).

I film in PE e PLA hanno aumentato le temperature massime giornaliere mediamente di 6.6 e 4.7 °C. L'aumento delle temperature massime garantito questi due film non è stato costante durante la rilevazione, in particolare nella seconda metà di giugno il PLA non ha comportato evidenti aumenti di temperatura nei confronti del terreno nudo. Da luglio però, gli andamenti dei film PE e PLA si sono riallineati e gli

aumenti sono tornati a essere intorno agli 8°C (Fig. 15). Durante tutto il periodo considerato, le temperature massime del suolo con l'adozione del film PHA non si sono discostate particolarmente da quelle del terreno nudo, anzi, nella media la temperatura massima giornaliera con questo film è diminuita mediamente di 1.2 °C rispetto al terreno nudo.

Per quanto riguarda, infine, le temperature medie giornaliere, nel terreno pacciamato con film in PHA le temperature sono state maggiori in media di 0.7 °C rispetto al testimone nudo, mentre in caso di pacciamatura con PE mediamente di 4.8 °C. Nel terreno con film in PLA le temperature sono state mediamente di 2 °C maggiori di quelle del testimone nudo fino a metà giugno, successivamente hanno avuto un abbassamento durato fino a inizio luglio quando hanno cominciato ad aumentare e ad essere superiori di circa 4 °C a quelle del terreno nudo (Fig. 16).

## **5.2 LATTUGA**

L'analisi statistica dei dati ha spesso messo in evidenza l'effetto significativo di entrambi i fattori allo studio (sistemazione e pacciamatura) e raramente un effetto di interazione tra questi.

In primo luogo va evidenziato che l'impiego di un qualsiasi film pacciamante ha permesso di ottenere ritmi di crescita maggiori e questo ha fatto sì che la raccolta delle piante allevate su film pacciamante sia avvenuta in media circa undici giorni in anticipo rispetto a quelle su terreno nudo.

L'altezza della pianta alla fine della prova è risultata maggiore nel caso del terreno baulato, rispetto al testimone non baulato, del 3.7% (Fig. 17). Per quanto riguarda l'effetto della pacciamatura, nel caso del terreno non pacciamato mediamente le piante sono risultate alte 13.8 cm; rispetto al testimone, solamente il film pacciamante in PE ha permesso di ottenere piante di maggiore altezza, con un incremento di oltre il 6.0% (Fig. 18). In figura 19 viene evidenziato, comunque, che su questo parametro, la pacciamatura non ha avuto alcun effetto nel caso del terreno non baulato, mentre con la baulatura l'adozione del PE e del PLA come film pacciamanti ha permesso di aumentare i valori di questo parametro rispetto a quanto osservato per il terreno nudo (+12.0 e +11.2%, rispettivamente).

Sulla larghezza della pianta, solamente la sistemazione ha avuto una influenza

significativa con valori maggiori del 6.7% nel caso del terreno baulato rispetto a quello piano (Fig. 20).

La lunghezza della radice, nel caso del terreno non pacciamato, è stata di 14.7 cm (Fig. 21); con la pacciamatura, si sono avuti valori tendenzialmente minori ma le differenze sono risultate significative solamente nel caso del film PHA (-13.6%). Come si nota in figura 22, comunque, questo contenimento dell'accrescimento verticale dell'apparato radicale nel caso del film PHA è decisamente più rilevante nel caso del terreno baulato.

La baulatura del terreno ha decisamente favorito la produzione di biomassa fresca della lattuga che da 431 g è passata a 543 (+26.1%; Fig. 23). L'adozione di un film pacciamante è risultato negativo in particolar modo nel caso dei film PHA e PLA (-20.4 e -19.8%, rispettivamente; Fig. 24). Questa riduzione nel peso fresco della parte aerea ha riguardato tutti i film plastici, nel caso terreno piano, ma solamente i film PHA e PLA nel caso del terreno baulato (Fig. 25).

Anche il peso fresco dell'apparato radicale è stato influenzato favorevolmente dalla baulatura del terreno (+17.9%) e negativamente dalla pacciamatura, con valori mediamente inferiori del 19.2% (Figg. 26 e 27).

Il peso secco della parte aerea delle piante è stato superiore nel terreno baulato rispetto al terreno piano del 15.4 % (Fig. 28). Per quanto riguarda l'effetto della pacciamatura, essa ha prodotto risultati peggiori, riducendo i valori del 26.4% rispetto al testimone non coperto (Fig. 29). Nella figura 30 si può osservare come la riduzione del peso secco della parte aerea abbia riguardato tutti i film plastici in entrambe le sistemazioni; mentre però in assenza di baulatura tutti i film hanno prodotto uguali risultati, nel caso del terreno baulato la riduzione di questo parametro è stata più contenuta nel caso del film in PE.

Il peso secco della radice nel caso di terreno nudo è stato mediamente di 31 g e questo valore si è ridotto mediamente del 31.1% con la pacciamatura (Fig. 31).

La baulatura ha prodotto una riduzione della percentuale di sostanza secca della parte aerea della lattuga dal 5.7 al 5.3% rispetto alla non baulatura (Fig. 32). Anche la pacciamatura ha ridotto i valori di questo parametro con un decremento dal 5.9 al 5.4% rispetto al testimone nudo (Fig. 33).

La percentuale di sostanza secca dell'apparato radicale è stata anch'essa minore nel caso di piante pacciamate, ma solo nel caso dei film in PHA e PLA con un valore medio di 11.7% contro il 14.2% del terreno nudo (Fig. 34).



## **5.3 POMODORO**

### **5.3.1 Rilievo del 22 maggio**

Nel rilievo del 22 maggio su pomodoro, l'elaborazione dei dati ha evidenziato l'effetto significativo di entrambi i fattori allo studio (sistemazione e pacciamatura) ma in nessun caso un effetto interazione tra questi.

L'altezza della pianta non è stata influenzata dalla pacciamatura rispetto al testimone nudo, l'unica differenza significativa si può notare tra le piante pacciamate con film in PE e quelle con film in PLA, le quali presentano un'altezza media rispettivamente di 19.4 e 17.9 cm (Fig. 35).

La baulatura ha permesso di ottenere piante con diametro alla base del fusto principale maggiore (+10.7%) rispetto a quelle su terreno non baulato (Fig. 36). L'unico film plastico che ha permesso un aumento di questo parametro rispetto al terreno nudo è stato quello in PE, con un aumento del 17.7% (Fig. 37).

Il numero di foglie per pianta è risultato maggiore (+8.3%) nelle parcelle baulate rispetto a quelle con terreno piano (Fig. 38). Nuovamente, l'adozione della pacciamatura con PE ha permesso di ottenere valori di questo parametro più elevati del 18.1% rispetto al terreno nudo (Fig. 39).

### **5.3.2 Rilievo del 10 giugno**

Nel rilievo su pomodoro del 10 giugno, l'analisi statistica dei dati ha messo in evidenza l'effetto significativo di entrambi i fattori allo studio (sistemazione e pacciamatura) in tutti i parametri studiati e un effetto di interazione tra i fattori solo nel caso del parametro altezza della pianta.

In figura 40 si può notare come la baulatura abbia permesso l'ottenimento di piante con altezza maggiore, infatti le piante sono alte mediamente 50.7 cm contro i 48.1 cm (-5.1%) di quelle non baulate. Per quanto riguarda l'effetto della pacciamatura, nel caso del terreno non pacciamato le piante sono risultate alte 46.3 cm; rispetto al testimone, solamente i film in PE e PLA hanno permesso di ottenere piante di maggiore altezza, con un incremento dell' 8.1% con PLA e di ben in 17.1% con PE (Fig. 41). Nella figura 42 si può notare che nel caso della baulatura, solo il film in PE ha fatto ottenere piante più alte mentre nel caso di terreno piano le piante più alte si sono riscontrate con il PE ma anche con il PLA.

La larghezza della pianta è risultata maggiore in caso di baulatura (+14.1%)

rispetto a quelle del terreno piano (Fig. 43). Relativamente all'effetto della pacciamatura, solamente i film in PE e PLA hanno permesso di ottenere piante più larghe, con un incremento rispettivamente del 42.3 e del 20.0% (Fig. 44).

La baulatura ha permesso di ottenere piante con diametro alla base del fusto principale maggiore (+14.5%) rispetto a quelle su terreno non baulato (Fig. 45). La pacciamatura invece ha permesso un aumento del diametro, rispetto al terreno non pacciamato, del 45.5% con il film in PE e mediamente del 25.8% con i film in PHA e PLA (Fig. 46).

Anche il numero di ramificazioni presente nelle piante è stato influenzato positivamente dalla baulatura: infatti quest'ultima ha garantito il 7.5% di ramificazioni in più rispetto alle piante crescite su terreno senza questa sistemazione (Fig. 47). In figura 48 si nota che l'effetto della pacciamatura su questo parametro si è fatto sentire sono nel caso dei film in PE (+56.2%) e PLA(+25.8%).

### **5.3.3 Rilievo del 1 agosto**

Alla fine della prova, l'analisi statistica dei dati ha spesso messo in evidenza l'effetto significativo di entrambi i fattori allo studio (sistemazione e pacciamatura) e solamente in un paio di casi un effetto di interazione tra questi.

I dati sulla lunghezza della radice hanno evidenziato solo un effetto di interazione dei due fattori. In figura 49, infatti, si può notare che nella situazione di terreno piano con la pacciamatura in PE e PHA la lunghezza della radici è risultata inferiore a quella riscontrata con terreno nudo (-4.5 cm). Con la baulata, invece, sono i film in PE e PLA che hanno prodotto radici meno lunghe (-3.3 cm) rispetto al testimone nudo, mentre il film in PHA ha prodotto radici della stessa lunghezza.

La larghezza radicale è stata influenzata negativamente dalla baulatura la quale ha ridotto del 13.8% questo parametro rispetto al terreno non baulato (Fig. 50). L'effetto della pacciamatura ha permesso di ottenere valori maggiori di larghezza radicale solo in caso di copertura con film in PE e PHA con un aumento medio del 32.4% rispetto al terreno nudo (Fig. 51).

Come è possibile notare in figura 52, il peso fresco di tutte le bacche commerciali presenti nella pianta è stato favorito dalla baulatura. Infatti essa ha permesso di produrre il 19.5% di peso in più rispetto alla situazione di non baulatura. L'effetto della pacciamatura non ha influenzato significativamente questo parametro rispetto alla situazione di non pacciamatura però si è osservata una differenza tra i tre film usati: le

bacche commerciali di una pianta cresciuta su film in PHA pesavano 1.77 kg mentre i film in PE e PLA hanno fatto riscontrare valori simili tra loro e superiori mediamente del 24.6% rispetto a quelli del film in PHA (Fig. 53).

Il peso fresco delle bacche immature per pianta, invece, è stato sfavorito dalla baulatura con una diminuzione di peso del 33.0% (Fig. 54).

La pacciamatura è l'unico fattore che ha influito sul peso fresco delle bacche marce. In figura 55 si vede come le piante con pacciamatura in PE e solo quelle, abbiano prodotto 480 g di bacche marce in più rispetto a quelle non pacciamate.

Se consideriamo il peso fresco totale delle bacche, il terreno baulato ha garantito i pesi più alti (+10.7%; Fig. 56) mentre per il fattore pacciamatura sono stati solamente i film in PE e PLA ad aumentare i pesi (in media del 22.9%) rispetto al terreno nudo (Fig. 57).

Il peso fresco delle stame (fusti+foglie) ha presentato delle differenze significative solo nel caso della pacciamatura; in particolare solo il film in PE ha garantito un aumento del parametro del 72.0% rispetto al testimone nudo.(Fig. 58).

Nelle aiuole baulate si sono ottenute piante con peso fresco dell'intera parte aerea (stame + bacche) maggiore rispetto al terreno senza aiuole, infatti l'aumento è stato del 10.9% (Fig. 59). L'effetto della pacciamatura su questo parametro si è fatto sentire solamente con i film in PE e PLA con un aumento medio del 26.9%, mentre il film in PHA ha prodotto pesi freschi analoghi a quelli delle piante non pacciamate (Fig. 60).

Similmente le coperture in PE e PLA hanno prodotto radici dal peso fresco maggiore rispetto a quelle del testimone nudo (in media +14 g; Fig. 61).

Il peso secco totale delle bacche commerciali nel caso del terreno non pacciamato è stato mediamente di 86 g e con la pratica della pacciamatura non si sono evidenziate differenze significative per questo parametro. L'unica differenza significativa riscontrata è stata tra il film in PE e quello in PHA con pesi secchi maggiori in corrispondenza (102 g) rispetto al secondo (81 g; Fig. 62).

Il peso secco delle bacche marce per pianta è stato considerevolmente maggiore con la pacciamatura in PE (+143%) rispetto al testimone nudo, mentre i valori relativi ai film in PHA e PLA, apparentemente superiori, non sono invece risultati statisticamente diversi da quelli del terreno non pacciamato (Fig. 63).

Considerando il peso secco totale delle bacche, solo la pacciamatura e in particolare solo le coperture in PE e PLA, ha garantito differenze significative rispetto al testimone nudo. L'incremento è stato del 33.3 e del 17.8% rispettivamente. (Fig. 64).

Il PE e il PLA sono stati i materiali di pacciamatura che hanno tendenzialmente aumentato i pesi secchi delle stame rispetto al testimone nudo però queste differenze sono risultate significative solo nel caso del PE che ha assicurato un aumento medio di 41 g (Fig. 65).

Per quanto riguarda il peso secco dell'intera parte aerea, l'utilizzo della pacciamatura ha apportato degli aumenti ma le differenze sono state significative solo nel caso di pacciamatura con PE (+41.0%) e PLA (+21.6%) rispetto al terreno non coperto (Fig. 66).

Nelle aiuole baulate le radici hanno avuto un peso secco maggiore del 15.2% rispetto a quelle nel terreno piano (Fig. 67) mentre gli unici film che hanno aumentato questo parametro rispetto alla situazione non pacciamata sono stati quelli in PE e PLA con un aumento medio del 36.2% (Fig. 68).

La percentuale di sostanza secca delle bacche commerciali, immature e marce non sono state influenzate dai trattamenti.

La percentuale di sostanza secca delle stame è stata penalizzata, in generale, da tutti i film però la differenza è stata significativa solo nel caso del PE dove si è ottenuto un valore medio del 18.0% contro il 20.4% del terreno nudo (Fig. 69)

Solo il film in PHA è stato in grado di aumentare la percentuale di sostanza secca della radice di 2 punti percentuali rispetto al terreno nudo (Fig. 70) e questo aumento, come si nota bene in figura 71, ha riguardato specialmente le parcelle non baulate mentre in quelle baulate l'effetto dei tre film è stato simile ma comunque leggermente superiore al terreno nudo.

## 6. DISCUSSIONE

In generale la baulatura ha favorito l'accrescimento della parte aerea garantendo un aumento della produzione poiché il prodotto utile, nel caso della lattuga, è l'intero cespo. I cespi cresciuti sulle aiuole baulate erano, infatti, il 3.7% più alti e il 6.7% più larghi di quelli del terreno piano. Non solo le dimensioni ma anche il peso secco (+15.4%) e il peso fresco del cespo (+26.1%) sono stati favoriti dalla sistemazione con la baulatura. Analizzando il peso fresco delle radici, vi sono risultati positivi nei confronti della baulatura con aumenti significativi di peso fresco (+17.9%). Quest'aspetto, in accordo con alcuni studi (Beecher et al., 2003), può essere giustificato considerando i miglioramenti a livello di struttura del suolo dovuti alla baulatura che stimolano lo sviluppo radicale, come la miglior porosità, conseguenza del minor compattamento. Scarso è stato invece l'effetto sulla lunghezza delle radici che non hanno presentato differenze tra le piante cresciute sulle aiuole baulate e quelle su terreno piano; questo può esser dovuto alla non necessità da parte delle piante di approfondire l'apparato radicale per il rifornimento idrico, visto che era presente l'irrigazione localizzata fornita dalle manichette.

La baulatura, come per la lattuga, ha aumentato anche le dimensioni delle piante di pomodoro. Le piante allevate su terreno baulato sono risultare più alte e più larghe rispetto a quelle del testimone su terreno piano. Inoltre, con la baulatura, le piante hanno presentato diametri del fusto maggiori e un maggior numero di ramificazioni. La baulatura ha mostrato effetti positivi anche nei riguardi del numero di foglie, questo risultato è stato descritto in letteratura (Arvidsson, 1999) e può essere attribuito alla miglior assimilazione di nutrienti, specialmente del fosforo, dovuta alla minor compattazione delle parcelle baulate. Oltre alle dimensioni, anche il peso fresco della parte aerea è risultato maggiore con la baulatura. Per quanto riguarda l'apparato radicale, la baulatura ha aumentato il peso secco delle radici e ne ha diminuito (-13.8%) lo sviluppo laterale. Secondo Crossett (1975) la proliferazione laterale delle radici sembra essere una comune risposta al compattamento del terreno il quale provoca la perdita della dominanza apicale delle radici stimolando lo sviluppo di radici laterali vicino all'apice. Per quanto riguarda la produzione, ovvero il peso fresco delle bacche, le piante su terreno baulato hanno prodotto un 10.7% di bacche in più, producendo una

maggior quantità di bacche mature commerciabili (19.5%) e diminuito, di conseguenza, quelle immature (-33%). Scarso però è stato l'effetto sui pesi secchi e sulle percentuali di sostanza secca delle bacche.

La maggior parte delle prove dove si sono sperimentati film plastici come pacciamanti, dimostra che l'incremento della temperatura della zona radicale (root zone temperature) è uno dei principali effetti che essi provocano al terreno (Lament, 1993). Anche in questa prova la pacciamatura ha garantito un aumento della temperatura del suolo. In particolare il film in PE ha aumentato mediamente le temperature di 4.8 °C, quello in PLA di 2.6 °C e quello in PHA di 0.7 °C, rispetto al testimone nudo. Confrontando i tre film, le temperature più basse sono state rilevate in quelli biodegradabili e questo potrebbe essere spiegato dalla composizione di questi materiali, la quale permette di aumentare lo scambio di gas con l'esterno, come conseguenza della loro maggiore permeabilità (Chandra e Rustgi, 1998). Bisogna considerare che gli incrementi medi di temperatura sopra menzionati, e illustrati in figura 16, sono stati garantiti dai film senza copertura vegetale quindi non sono influenzati dall'ombreggiamento delle piante, il quale risulta contenuto nel caso della lattuga ma abbastanza importante nel caso del pomodoro. Probabilmente quindi l'effetto sulla temperatura apportato dai film è stato decisivo nella prima parte della prova ed è man mano diminuito con la crescita delle piante, questo in particolare sul pomodoro il quale ha uno sviluppo della parte aerea maggiore rispetto alla lattuga. La temperatura del suolo è un fattore chiave per la crescita della pianta perché va a influire su diversi processi biochimici. Essa influenza processi fisiologici nelle radici, come l'assorbimento di acqua e nutrienti minerali, inoltre influenza lo scambio di gas e l'attività dei microrganismi (Dodd et al, 2000).

La pacciamatura ha prodotto un effetto precocizzante di circa undici giorni sulle lattughe con pacciamatura rispetto a quelle su terreno nudo. Le temperature ottimali per un buon accrescimento radicale si aggirano attorno ai 15-20 °C (Gregory, 2006) e la pacciamatura ha permesso il raggiungimento anticipato di tali temperature. Le piante sono risultate leggermente più alte, specialmente nel caso del film in PE e PHA su terreno baulato. I pesi invece, sia freschi che secchi, hanno presentato valori minori in caso di pacciamatura. Questo risultato, in apparenza anomalo, può esser dovuto al fatto che, nonostante si sia cercato di raccogliere nel momento in cui i cespi raggiungevano le dimensioni commerciali, le lattughe raccolte dal terreno nudo sono cresciute comunque di più e i dati hanno risentito in qualche modo di quest'approccio sperimentale. Infatti,

in letteratura esistono diverse sperimentazioni dove è stato confermato che la pacciamatura aumenta sia il peso fresco che secco della lattuga oltre che le dimensioni. Moniruzzaman (2006), per esempio, in una prova di pacciamatura su lattuga (cultivar Green Wave) ha ottenuto piante più alte di 0.5 cm e circa 2.5 cm più larghe, in più essa ha aumentato leggermente il numero di foglie per cespo (+1%) e la larghezza massima della foglia (+9%). Per quanto riguarda il peso fresco e il peso secco egli ha ottenuto aumenti rispettivamente del 10 e dell'11% con l'utilizzo di pacciamatura. Egli sostiene che l'effetto positivo è stato probabilmente dovuto alla riduzione dei nutrienti persi per dilavamento, all'aumento delle temperature del suolo e la conservazione dell'umidità. Le radici delle lattughe in questa prova sono risultate essere più corte nelle piante pacciamate e ad avere pesi freschi e secchi minori. Questo è probabilmente dovuto all'effetto che la pacciamatura ha nei confronti dell'umidità del terreno. Mantenendo lo strato più superficiale del terreno più idratato, la pianta non ha bisogno di approfondire troppo le radici. Questo migliore stato idrico del terreno è anche la causa delle minori percentuali di sostanza secca delle radici e della parte aerea che si sono registrate per le lattughe pacciamate. Le radici e di conseguenza anche i cespi, avendo più acqua a disposizione, sono risultati più idratati. I tre film hanno, sostanzialmente, esplicato le loro funzioni nei confronti dei parametri analizzati in maniera simile non dimostrando differenze statisticamente significative o comunque non rilevanti tra di loro.

Anche per il pomodoro la pacciamatura ha esplicato i suoi effetti positivi sui parametri studiati e in maniera differenziata tra i diversi materiali di copertura. In particolare i film in PE e PLA sono stati quelli che hanno garantito generalmente miglioramenti rispetto alla situazione di terreno nudo; il PE in maniera più importante rispetto al PLA. Diversamente da quanto osservato in lattuga, il film in PHA, nella quasi totalità dei parametri analizzati su pomodoro, non ha prodotto differenze significative rispetto al testimone non pacciamato. Questo diverso effetto è da ricondurre ai diversi aumenti di temperatura del suolo prodotti dal film in PHA. Infatti, inizialmente il film ha garantito aumenti di temperatura del terreno simili a quelli rilevati con PE e PLA, rispetto al terreno nudo. In seguito, però, questi incrementi sono diminuiti in modo evidente. Il film in PHA nel caso della lattuga, che ha un ciclo più breve del pomodoro, è riuscito a esplicare gli effetti per tutta la durata della coltura mentre nel caso del pomodoro ad un certo punto il deterioramento di questo film biodegradabile ha influito sulle sue performance a livello di temperatura, peggiorandole (Fig. 16). Il pomodoro pacciamato con film in PE e PLA ha presentato altezze e larghezze maggiori oltre a

presentare una maggiore ramificazione e un diametro del fusto maggiore. Maggiore è risultato essere anche il peso fresco e secco della parte aerea. In accordo con questi risultati Cozzolino e collaboratori (2010) hanno ottenuto risposte dello stesso tipo su pomodoro San Marzano, confrontando due tipologie di film biodegradabile in Mater-bi ed un telo in PE fumé con il testimone nudo.

Per quanto riguarda la parte radicale, il film in PE ha contenuto l'estensione in lunghezza delle radici in tutte le parcelle rispetto al terreno nudo, il PLA l'ha fatto solo nelle parcelle baulate mentre il PHA solo in quelle piane. La larghezza radicale è risultata maggiore solo con PE e PHA. I pesi freschi e secchi sono stati maggiori con PE e PLA. La percentuale di sostanza secca della radice è stata maggiore solo in PHA.

Dal punto di vista produttivo i film in PE e in PLA hanno aumentato la produzione totale di bacche del 22.9% rispetto al testimone nudo. Non ci sono state invece differenze nella resa di bacche commerciali e questo è dovuto al fatto che, specialmente nel caso del film in PE, c'è stato un aumento della quota di bacche marce causato probabilmente da una maturazione anticipata. È intuibile che, se la raccolta fosse stata anticipata, per le piante pacciamate con film in PE, la quota di bacche commercialmente mature potrebbe essere stata maggiore. Risultati simili sono stati ottenuti da Moreno e Moreno (2007) i quali hanno confrontato diversi teli biodegradabili con quelli convenzionali in PE, concludendo che la produzione totale di bacche dei diversi film è risultata simile tranne che in un caso dove la precoce degradazione di un film biodegradabile ha prodotto una resa minore. Analogamente Cozzolino e collaboratori (2010), nella prova su San Marzano in precedenza menzionata, hanno osservato che la produzione di bacche è stata simile tra il film in PE e uno dei film in Mater-bi, mentre il terzo film biodegradabile ha avuto una produzione più scarsa dovuta alla degradazione.

Secondo Diaz-Pérez e Batal (2002), la temperatura ottimale del terreno per l'ottenimento di una buona resa e un buon numero di frutti nel pomodoro è di circa 26°C, mentre temperature maggiori di 30 °C sono causa di stress, con conseguente perdita di vigore da parte della pianta e minor produzione. In questo esperimento, la temperatura media del suolo a 5 cm di profondità ha superato questa soglia solo nel mese di luglio nei film in PE e PLA senza copertura vegetale (Fig. 16). Nel mese di luglio però le piante avevano raggiunto una dimensione tale da creare un ombreggiamento che probabilmente ha mantenuto le temperature sotto la soglia critica. Le differenze nel rendimento possono essere attribuite a differenze di temperatura del



terreno quando la temperatura è un fattore limitante (Brown et al., 1992). Quando le temperature del suolo sono alte, ma non raggiungono la soglia massima per ciascuna coltura, la pacciamatura non influenza la resa (Lorenzo et al, 2005). I risultati ottenuti in questo esperimento sostengono questi studi, infatti, il peso totale delle bacche tra i due film non ha presentato dati statisticamente differenti. Il film in PHA invece non ha garantito le temperature ottimali ed ha prodotto una resa simile a quella del testimone nudo (Figg. 52 e 59).

## 7. CONCLUSIONI

Questa prova ha dimostrato che la baulatura è una sistemazione del terreno che, grazie ai numerosi miglioramenti a livello del suolo e quindi a livello radicale garantisce aumenti sia di dimensione sia di produzione alle piante di lattuga e a quelle di pomodoro rispetto alla sistemazione di terreno piano. Le aiuole baulate possono essere considerate come una tecnica conservativa, con i relativi vantaggi in termini di costi e di risparmio di tempo e risorse. In futuro potrebbe essere interessante studiare più a fondo l'influenza della baulatura sulle proprietà del suolo nel lungo periodo, in modo da esaminare come tutti questi miglioramenti possono essere mantenuti nel tempo in un'ottica di agricoltura conservativa.

Per quanto riguarda la pacciamatura, questa sperimentazione ha dimostrato che, generalmente, tale pratica consente di ottenere miglioramenti dei vari parametri morfologici e produttivi nelle due specie studiate, rispetto alla situazione di terreno non pacciamato. Inoltre ha dimostrato che l'uso dei film biodegradabili in PLA e PHA può essere, in alcuni casi, un'alternativa al film di polietilene, poiché sono in grado di esplicare gli stessi effetti. In particolare, nel caso della lattuga, i film biodegradabili non hanno presentato differenze significative per i parametri studiati rispetto al polietilene mentre, nel caso del pomodoro, solo il film in PLA ha garantito una performance abbastanza simile a quella del PE.

La pacciamatura ha manifestato anche un effetto precocizzante sulle piante garantendo alla lattuga il raggiungimento delle dimensioni commerciali undici giorni in anticipo rispetto al testimone nudo. Anche nel pomodoro c'è stata un'accelerazione nella maturazione, infatti, al momento della raccolta il numero di bacche sovra mature (marce) era maggiore nelle piante pacciamate. I teli biodegradabili hanno scaldato meno il terreno rispetto al polietilene, il che può essere un aspetto positivo in zone o periodi caratterizzati da temperature elevate responsabili di danni alle colture mentre, allo stesso modo, il PE può essere vantaggioso in aree con condizioni più fredde.

I materiali biodegradabili non solo hanno permesso in alcuni casi di ottenere rese analoghe a quelle ottenibili con i materiali convenzionali, ma a differenza di questi, essi vengono degradati, evitando la contaminazione del suolo e facendo risparmiare all'agricoltore i costi di recupero e smaltimento dei film stessi.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- Acharya, C.L., Bandyopadhyay, K.K. e Hati, K.M. 2005. Mulches. p. 521-532. In: Encyclopedia of Soil in the Environment. Elsevier, Oxford.
- Ahrens, T., Carmo, J.B., Feigl, B.J., Melillo, J.M., Passianoto, C.C. e Steudler, P.A. 2003. Emission of CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O and NO in conventional and no-till management practices in Rondonia, Brazil. *Biology and Fertility of Soils*. 38:200-208.
- Alliaume, F., Dogliotti, S., Jorge, G., Rossing, W. A. H., Tittonell, P. 2014. Reduced tillage and cover crops improve water capture and reduce erosion of fine textured soils in raised bed tomato systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 183:127-137.
- Archetti, R., Bonciarelli, F. e Farina, G. 1996. Reduced tillage on clay soils in central Italy. *Soil & Tillage Research*. 8:354-364.
- Arvidsson, J. 1999. Nutrient uptake and growth of barley as affected by soil compaction. *Plant and Soil*. 208:9-19.
- Averre, C.W., Lamont, W.J. e Sorenson, K.A. 1990. Painting aluminum strips on black plastic mulch reduces mosaic symptoms on summer squash. *HortScience*. 25:1305.
- Bakker D., Hamilton, G., Houlbrooke, D. e Spann C. 2005. A manual for Raised Bed Farming in western Australia. The Department of Agriculture, Western Australia.
- Beecher, H.G., Mc Caffery, D.W., Muir, J.S. e Tompson, J.A. 2003. Cropping on raised beds in southern NSW. Agfact P1.2.1, NSW Agriculture.
- Benvenuti, L. 2007. Le tecnologie meccaniche. p.187-260. In: Pisante, M. *Agricoltura Blu - La via italiana dell'agricoltura conservativa - Principi, tecnologie e metodi per una produzione sostenibile*. Edagricole, Bologna.
- Bonciarelli, F. 1978. *Agronomia*. Edagricole, Bologna.
- Boulal, H., Gómez-Macpherson, H. e Villalobosa, F.J. 2012. Permanent bed planting in irrigated Mediterranean conditions: short-term effects on soil quality, crop yield and water use efficiency. *Field Crops Res*. 130:120-127.
- Broadbent, L. 1948. Aphid migration and efficiency of the trapping method. *Annals of Applied Biology*. 35:379-394.

- Brown, J.E., Goff, W.D., Dangler, J.M., Hogue, W. e West, M.S. 1992. Plastic mulch color inconsistently affects yield and earliness of tomato. *HortScience* 27 :1135.
- Candura, A., Russo, G. e Scarascia-Mugnozza, G., 2005. Soil solarization with biodegradable plastic films: Two years of experimental tests. *Acta Horticulturae*. 691: 717-724.
- Cera, A., Peruzzi, A. e Sartori, L. 1999. Aspetti meccanici, energetici, organizzativi ed economici. Progetto Editoriale PANDA - Le lavorazioni del terreno. *L'Informatore Agrario*. 2:187-201.
- Chandra, R. e Rustgi, R. 1998. Biodegradable polymers. *Prog. Polym. Sci.* 23:1273–1335.
- Cipriani, G. 2004. Il corretto impiego dei teli plastici per la pacciamatura dell'orto. *Vita in campagna*. 2:17-20.
- Colvin, T.S. e Laflen, J.M. 1981. Effect of crop residue on soil loss from continuous row cropping. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*. 24:605-609.
- Comeau, M. e Purser, J. 1990. The effect of raised beds, plastic mulches and row covers on soil temperature. p. 29-34. In: *Demonstration and research report*, University of Alaska Fairbanks Cooperative Extension Service. Kenneth L. Krieg Editor.
- Consorzio Agrario Lombardo Veneto. 2009. [http://test.calv.it/agrofarmaci/materie\\_plastiche/films\\_plastici.html](http://test.calv.it/agrofarmaci/materie_plastiche/films_plastici.html). (Ultimo contatto:30/10/2014).
- Cozzolino, E., Leone, V. e Piro, F. 2010. Teli biodegradabili e tradizionali a confronto su pomodoro. *L'Informatore Agrario*. 38:56-57
- Crossett, R. N., Campbell, D. J. e Stewart, H. E. 1975. Compensatory growth in cereal root systems. *Plant and Soil*. 42:673-683.
- CSIRO. 2013. <http://csironewsblog.com/tag/north-australia/>. (Ultimo contatto 01/11/2014).
- Cuke Hort. 2010. <http://cuke.hort.ncsu.edu/cucurbit/melon/melonimages/melonimages.html>. (Ultimo contatto 01/11/2014).
- De Vleeschauwer, D., Lal, R. e Nganje, R.M. 1980. Changes in properties of a newly cleared tropical Alfisol as affected by mulching. *Soil science society of America Journal*. 44: 827-833.

- Deckers, J., Govaerts, B., Kienle, F., Raes D' Limon-Ortega, A., Sayre, K.D., Tijerina-Chavez, L. e Verhulst, N. 2011. Soil quality as affected by tillage-residuemanagement in a wheat–maize irrigated bed planting system. *Plant Soil*. 240:453–466.
- Decoteau, D.R., Kasperbauer, M.J., Daniel, D.D. e Hunt, P.G. 1988. Plastic mulch color effects on reflected light and tomato plant growth. *Scientia Horticulturae*. 34:169-175.
- Decoteau, D.R., Kasperbauer, M.J. e Hunt P.G. 1989. Mulch surface color affects yield of freshmarket tomatoes. *J. American Society for Horticultural Science*. 114:216-219.
- Devkota, M., Devkota, K.P., Egam-berdiev, O., Gupta, R.K., Lamers, J.P.A., Martius, C., Sayre, D.D. e Vlek, P.L.G. 2013. Combining permanent beds and residue retention with nitrogen fertilization improves crop yields and water productivity in irri-gated arid lands under cotton, wheat and maize. *Field Crops Res*. 149:105-114.
- Dìaz-Pérez, J.C. e Batal, K.D. 2002. Colored plastic film mulches affect tomato growth and yield via changes in root-zone temperatures. *J. Am. Soc. Hortic. Sci*. 127:127–136.
- Dodd, I.C., He, J., Turnbull, C.G.N., Lee, S.K. e Critchley, C. 2000. The influence of supraoptimal root-zone temperatures on growth and stomatal conductance in *Capsicum annum* L. *J. Exp. Bot*. 51:239–248.
- Ente Italiano di Unificazione nelle Materie Plastiche. 1990. Codice norma UNI 9738:1990.
- Ferrari Costruzioni. 2011. [http://www.ferraricostruzioni.com/it/serie/fx\\_multipla](http://www.ferraricostruzioni.com/it/serie/fx_multipla). (Ultimo contatto 01/11/2014).
- Giannini, M., Mantoan, C. 2004. Pacciamatura su melone con materiali biodegradabili. *L'Informatore Agrario*. 25:55-57.
- Giardini, L. 2004. *Agronomia generale ambientale e aziendale*. Patron Editore, Bologna.
- Gordon, S., Lindstrom, J., Loy, B., Rudd, D. e Wells, O. 1989. Theory and development of wavelength selective mulches. *Proceedings of National Agriculture Plastics Congress*. 21:193-197.
- Gregory, P. J. 2006. *Plant roots: growth, activity and interactions with the soil*. Blackwell Publishing.

- Hopen, H.J. 1965. Effects of black and transparent polyethylene mulches on soil temperature, sweet corn growth and maturity in a cool growing season. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*. 86:415-423.
- Jalota, S.K., Prihar, S.S. e Steiner, J.L. 1996. Residue management for reducing evaporation in relation to soil type and evaporativity. *Soil Use and Management*. 12:150–157.
- Kverneland. 2014. <http://www.kvernelanditalia.it/Semina/Seminatrici-di-precisione/Seminatrici-pneumatiche-di-precisione/Kverneland-seminatrice-pneumatica-Accord-Mini-air-Nova>. (Ultimo contatto 01/11/2014)
- Lament, W.J. 1993. Plastic mulches for the production of vegetable crops. *HortTechnology*. 3:35-39.
- Life-Pianalto. 2007. [http://www.life-pianalto.org/documents/Progetto\\_Filiera\\_teli\\_agricoli.pdf](http://www.life-pianalto.org/documents/Progetto_Filiera_teli_agricoli.pdf). (Ultimo contatto: 30/10/2014).
- Lorenzo, P., Sánchez-Guerrero, M.C., Medrano, E., Soriano, T. e Castilla, N. 2005. Response of cucumbers to mulching in an unheated plastic greenhouse. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 80:11–17.
- Magelli, E. 1950. *Lavorazioni dei terreni*. Antonio Vallardi Editore, Milano.
- Martín-Closas, L.; Soler, J. e Pelacho, A.M. 2003. Effect of different biodegradable mulch materials on an organic tomato production system. *Ktbl schrift*. 414:78–85
- Massano. 2011. <http://www.massanosnc.com/site/index.php?id=21.html>. (Ultimo contatto 01/11/2014).
- McCraw, D. e Motes, J. E. 1991. Use of plastic mulch and row covers in vegetable production. Cooperative Extension Service. Oklahoma State University. OSU Extension Facts F-6034.
- Moniruzzaman, M. 2006. Effects of plant spacing and mulching on yield and profitability of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Agriculture & Rural Development*. 4:107-111.
- Moreno, M.M. e Moreno, A. 2008. Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop. *Scientia Horticulturae*. 116:256-263.
- Morgan, R.P.C. 1986. *Soil Erosion and Conservation*. Longman, London.
- Riccardi, R., Spigno, P., Vitiello, P., Perreca, R. e Cozzolino, E. 2014. Collaudo di teli biodegradabili e di telo fotoselettivo su pomodoro San Marzano. ARCA 2010.

- Sfoggia. 2013. <http://www.sfoggia.com/CatalogoDettaglio.aspx?ProductID=10226>. (Ultimo contatto 01/11/2014).
- Struik, P.C. e Bonciarelli, F. 1997. Resource use at the cropping system level. *Developments in Crop Science*. 25:179-189.
- Zingg, A.W. 1954. Wind erosion problem in the Great Plains. *Trans. Am. Geophys. Union*. 35:252-285.

## 9. FIGURE



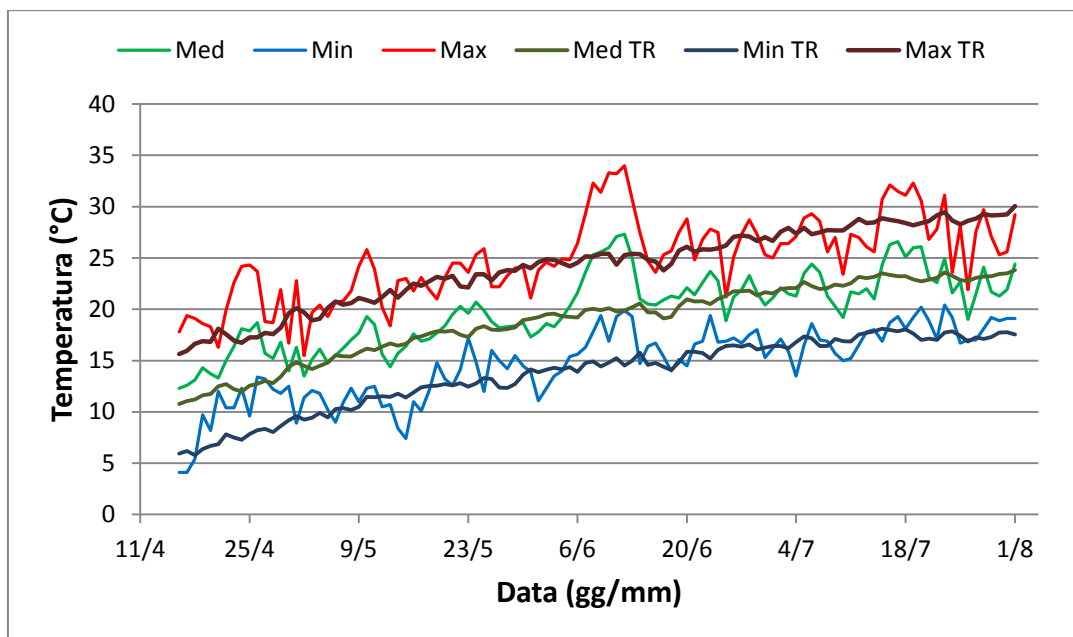


Figura 12. Temperature minime, massime e medie giornaliere dell'aria a 2 metri d'altezza misurate durante il periodo della prova dalla stazione meteo dell'ARPAV, situata nell'Azienda Agraria Sperimentale "Lucio Toniolo" (Legnaro), confrontate con le temperature minime, massime e medie trentennali (TR) dello stesso periodo.

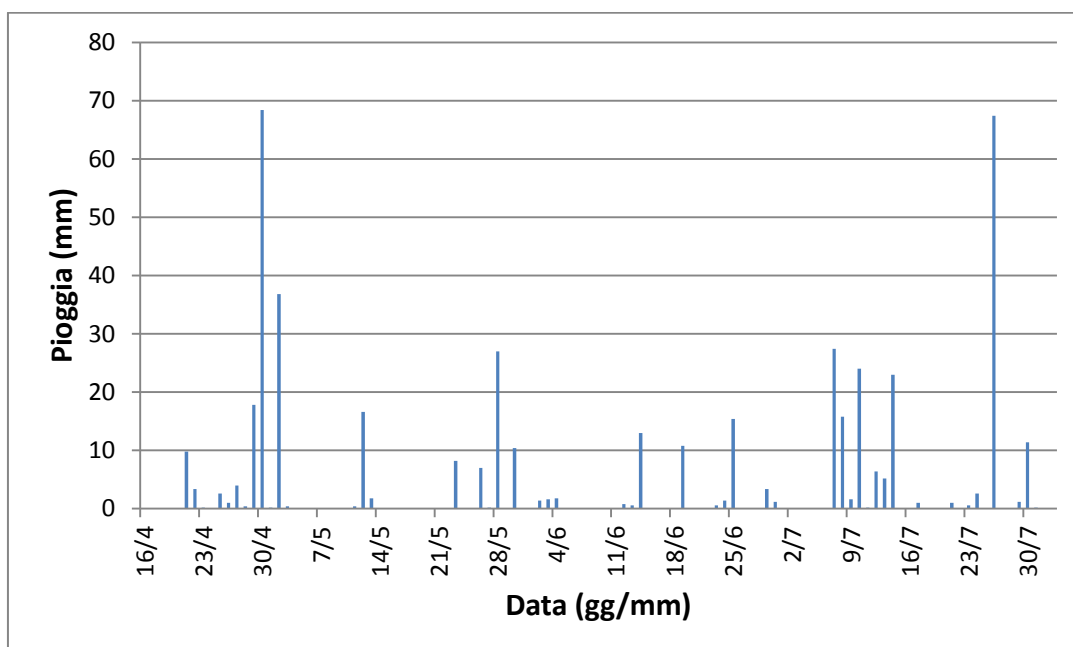


Figura 13. Precipitazioni giornaliere misurate durante il periodo della prova dalla stazione meteo dell'ARPAV, situata nell'Azienda Agraria Sperimentale "Lucio Toniolo" (Legnaro).

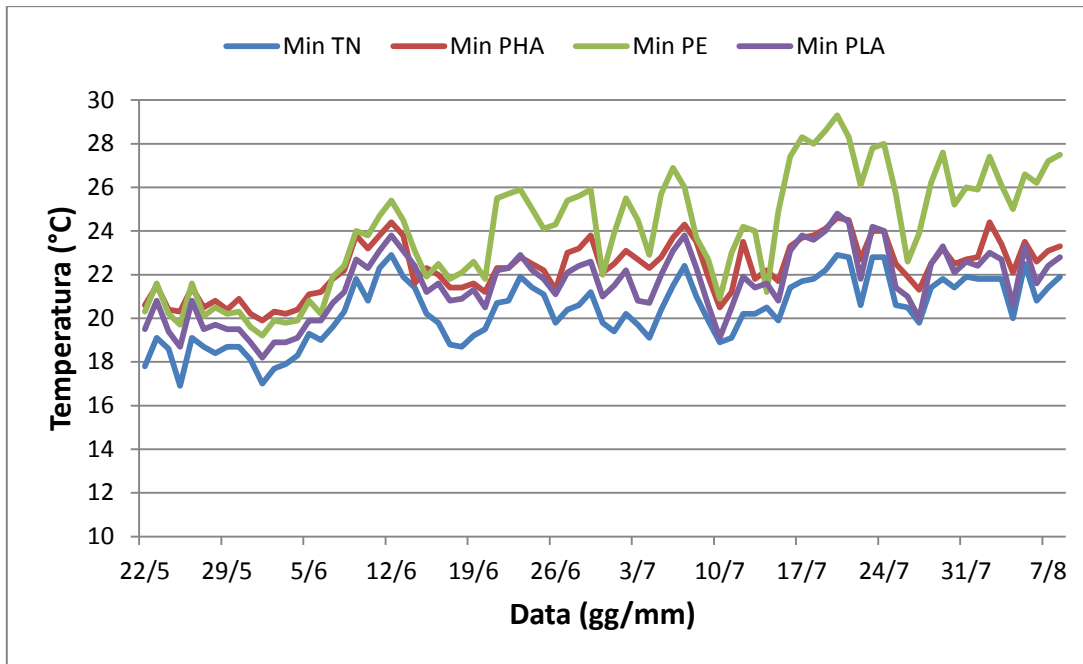


Figura 14. Temperature minime giornaliere registrate dalle sonde situate a 5 cm di profondità relative ad ogni copertura pacciamante e al terreno nudo.

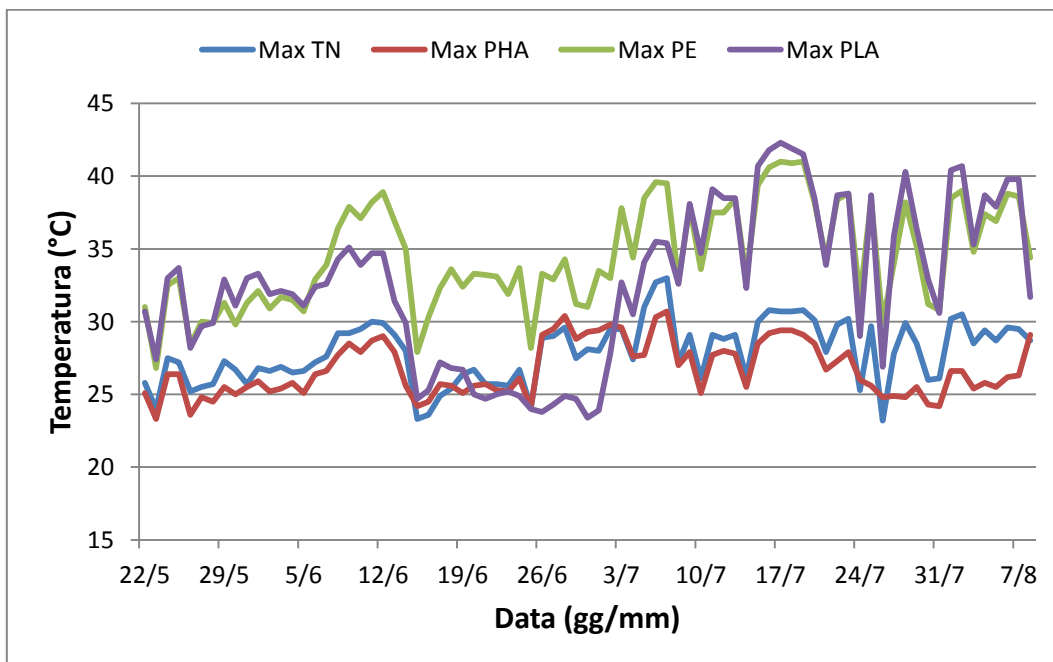


Figura 15. Temperature massime giornaliere registrate dalle sonde situate a 5 cm di profondità relative ad ogni copertura pacciamante e al terreno nudo.

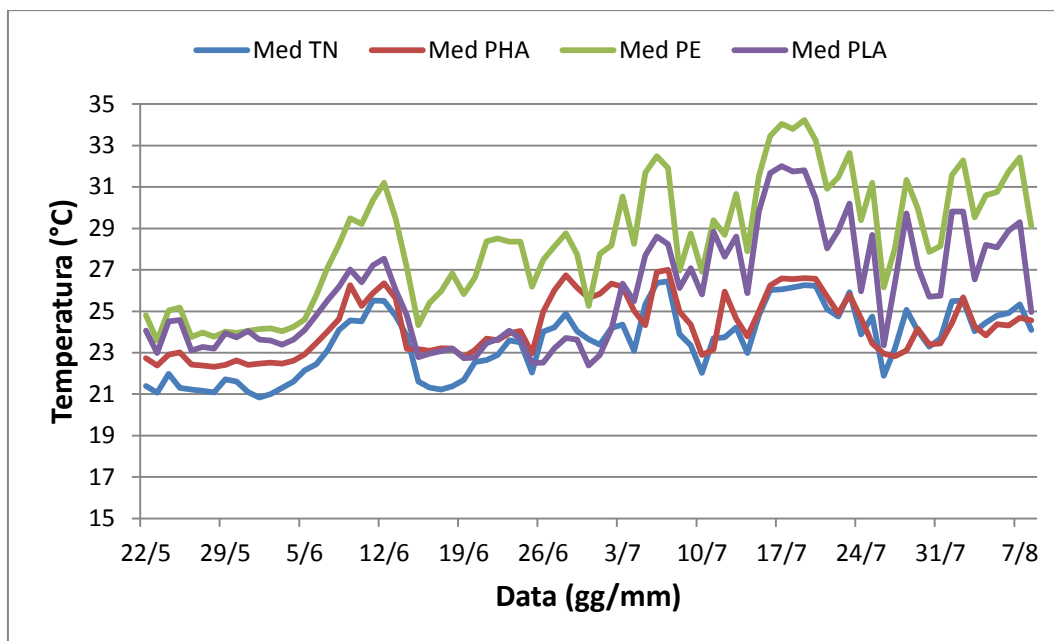


Figura 16. Temperature medie giornaliere registrate dalle sonde situate a 5 cm di profondità relative ad ogni copertura pacciamante e al terreno nudo.

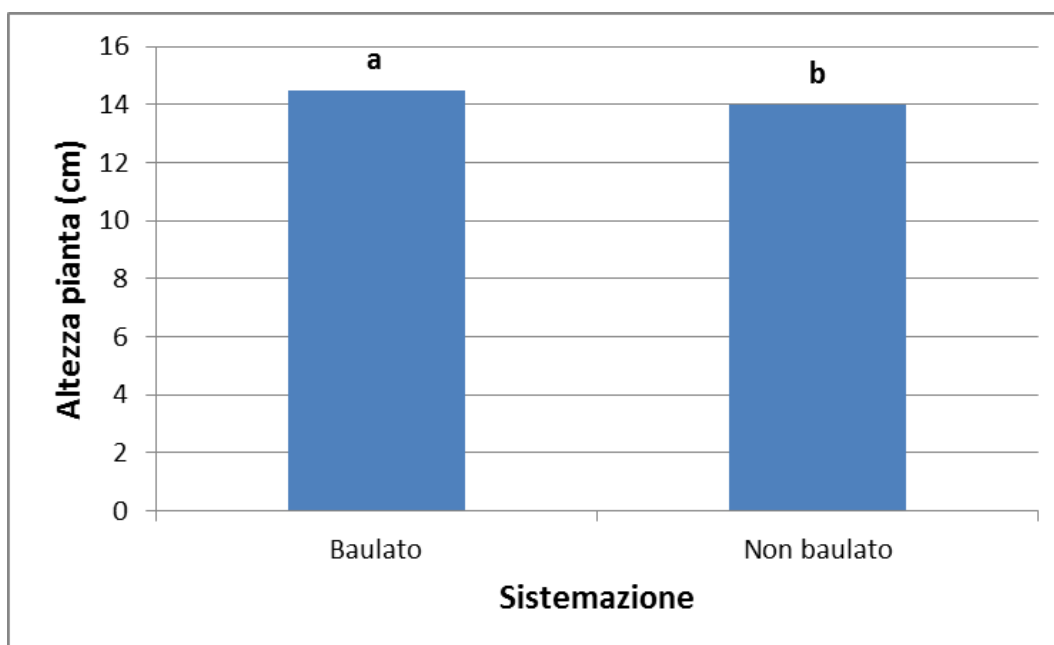


Figura 17. Lattuga: effetto della baulatura sull'altezza della pianta alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

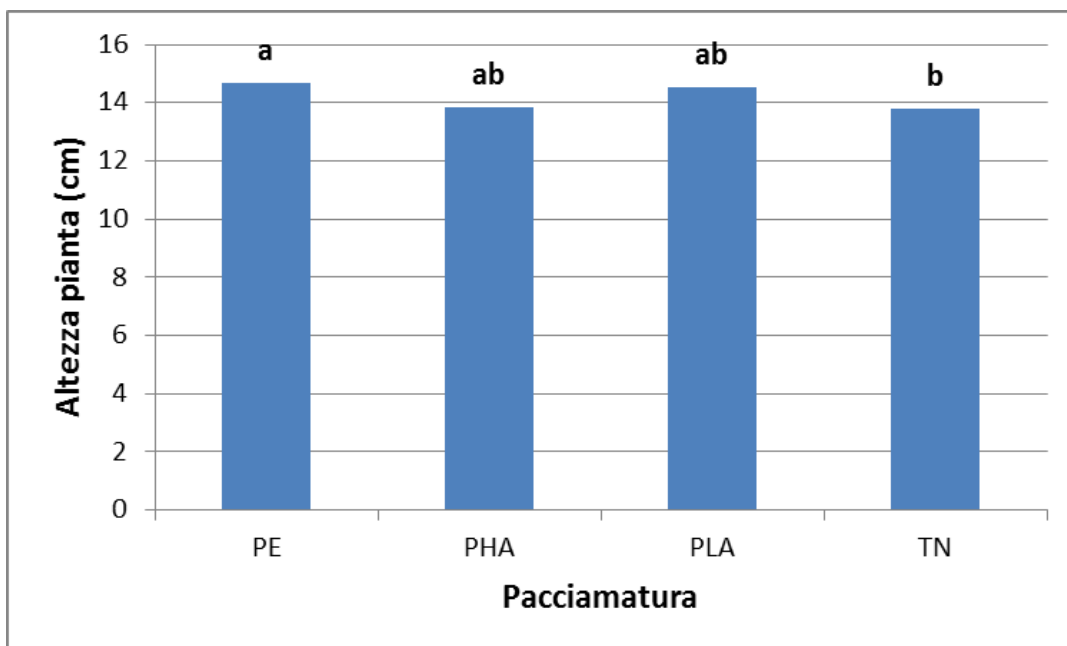


Figura 18. Lattuga: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sull'altezza della pianta alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

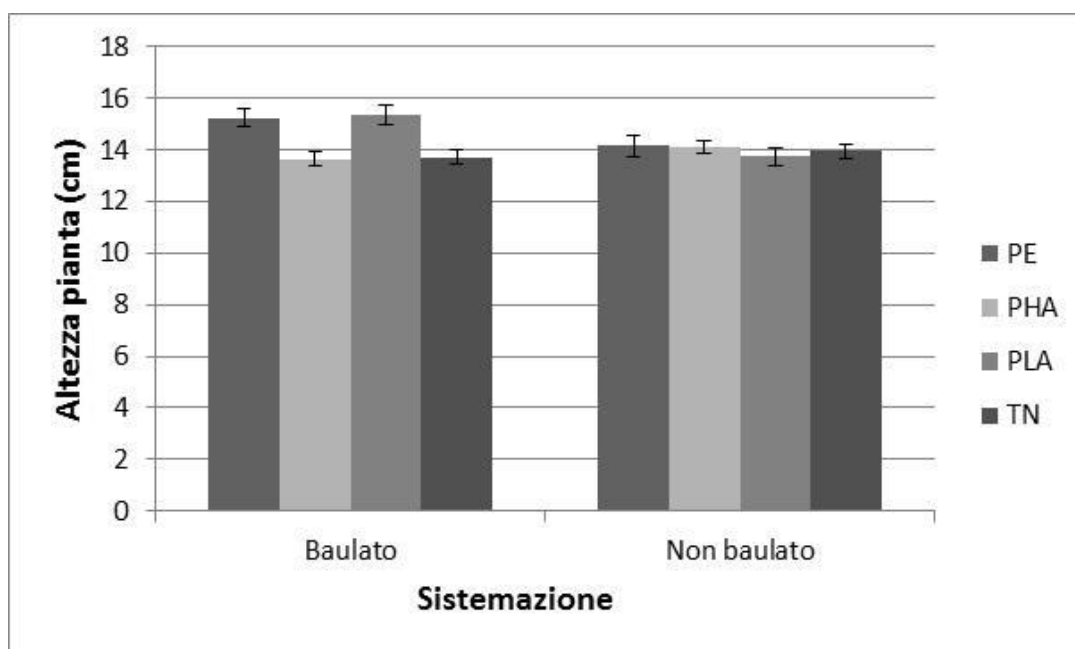


Figura 19. Lattuga: effetto di interazione “pacciamatura × lavorazione” sull'altezza della pianta alla fine della prova. Le barre indicano l'errore standard della media.

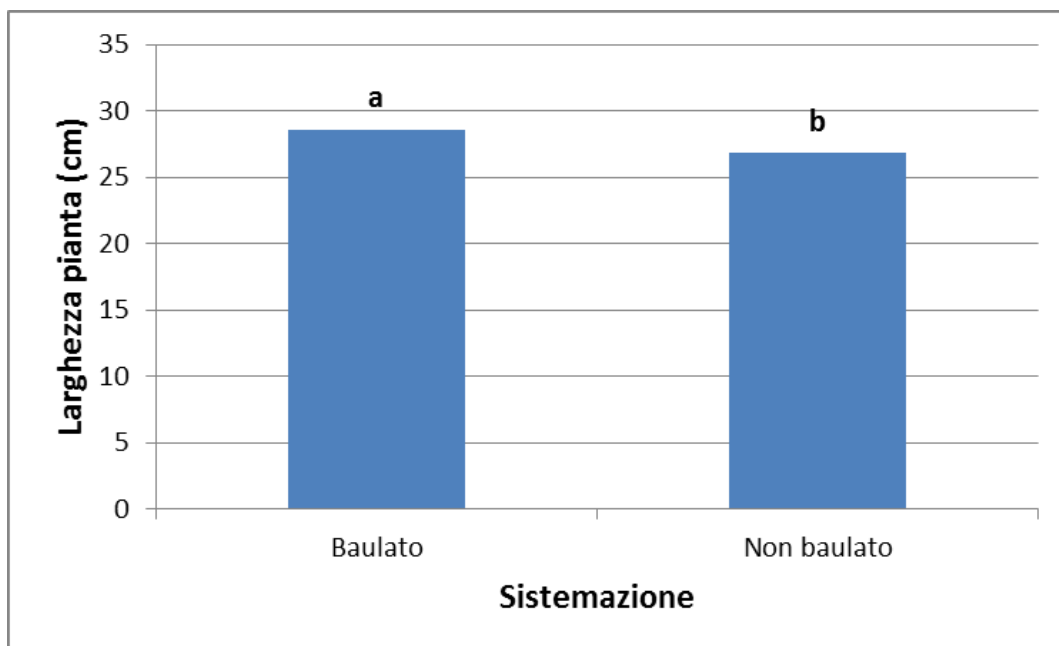


Figura 20. Lattuga: effetto della baulatura sulla larghezza della pianta alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

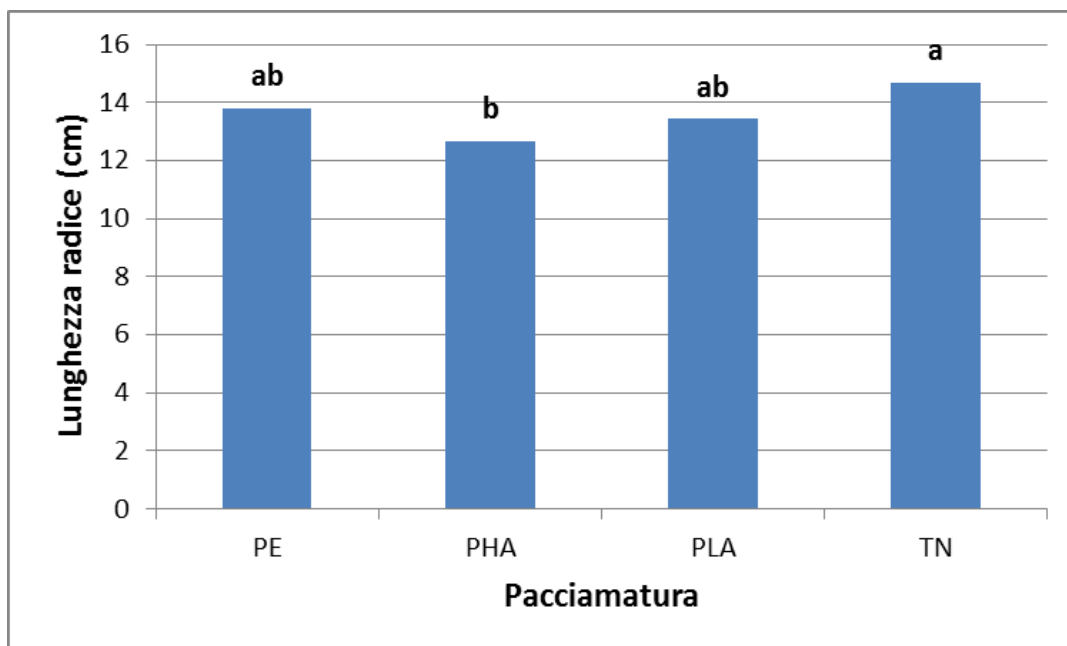


Figura 21. Lattuga: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sulla lunghezza della radice alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

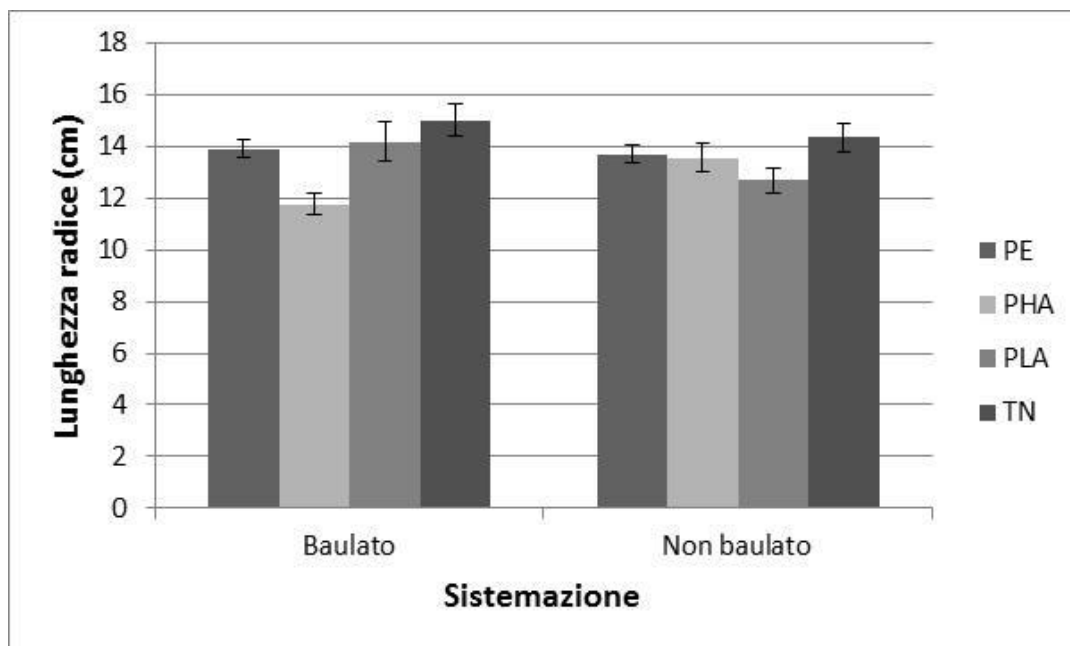


Figura 22. Lattuga: effetto di interazione “pacciamatura × lavorazione” sulla lunghezza della radice alla fine della prova. Le barre indicano l’errore standard della media.

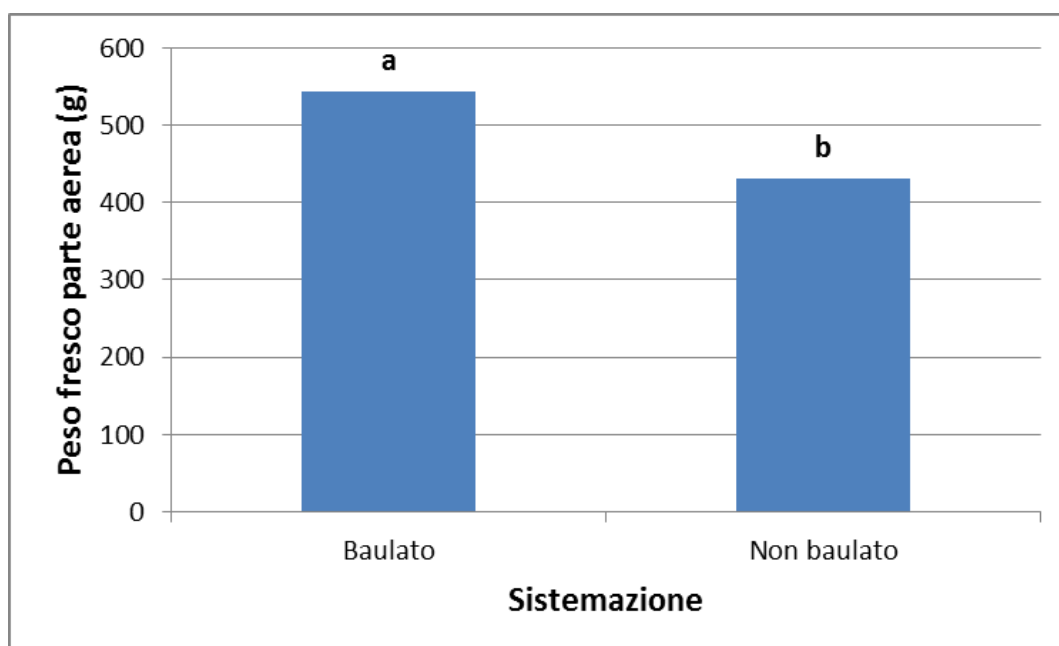


Figura 23. Lattuga: effetto della baulatura sul peso fresco della parte aerea alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

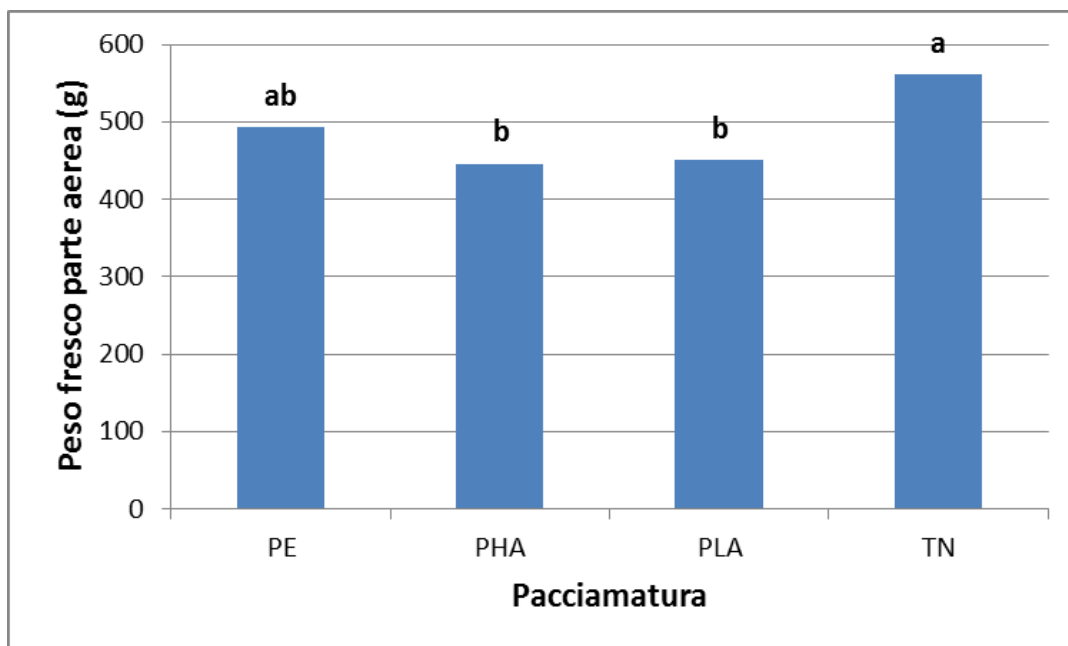


Figura 24. Lattuga: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul peso fresco della parte aerea alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

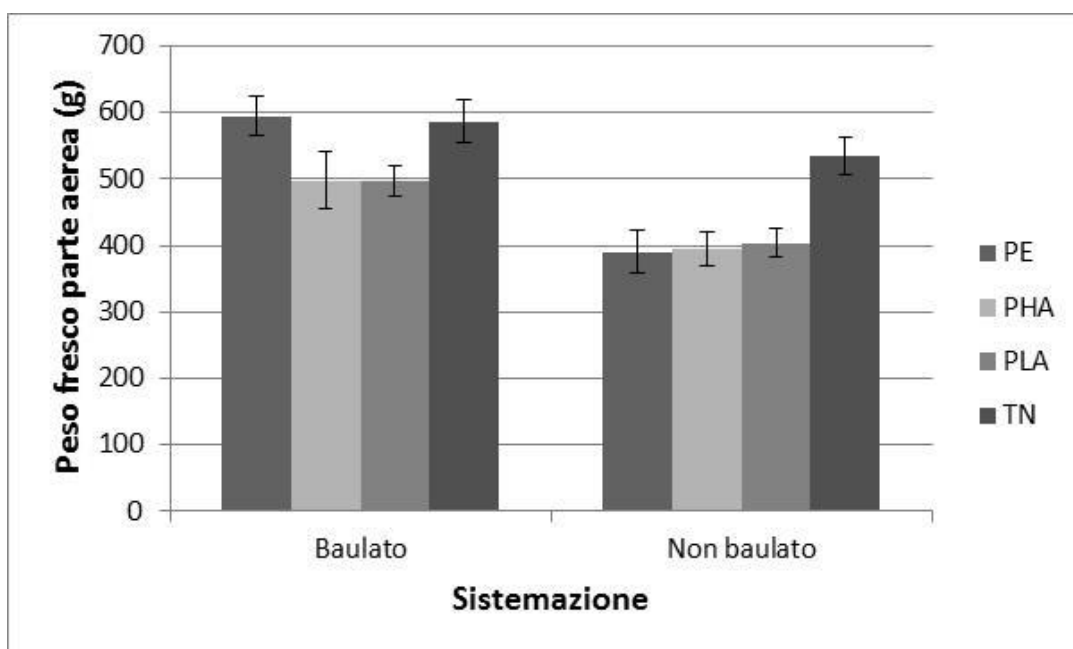


Figura 25. Lattuga: effetto di interazione “pacciamatura × lavorazione” sul peso fresco della parte aerea alla fine della prova. Le barre indicano l’errore standard della media.

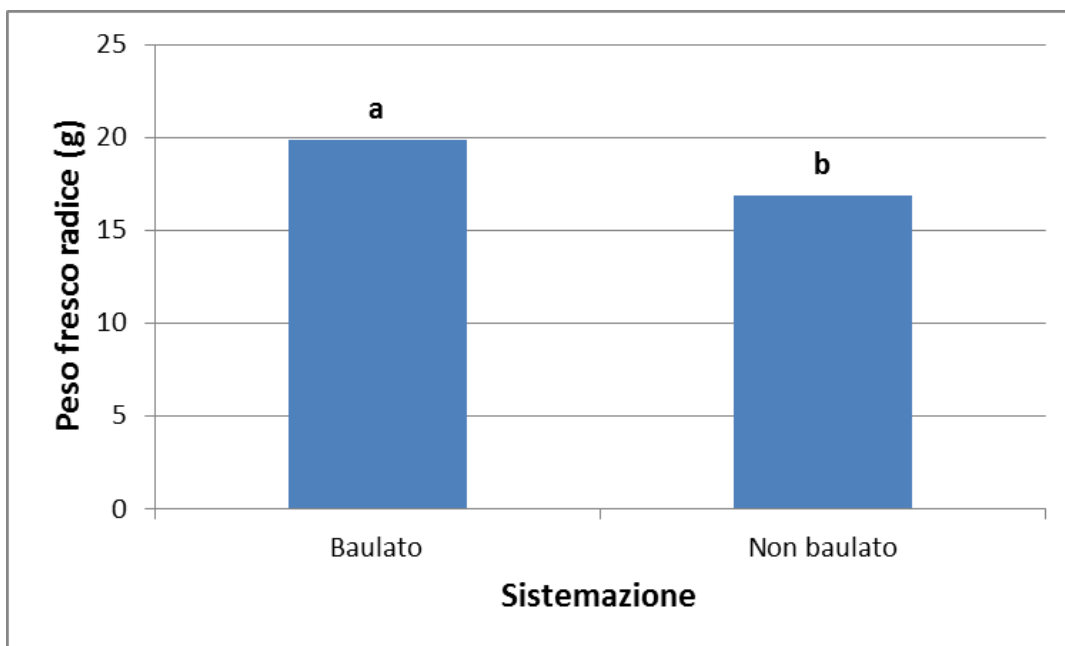


Figura 26. Lattuga: effetto della baulatura sul peso fresco della radice alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

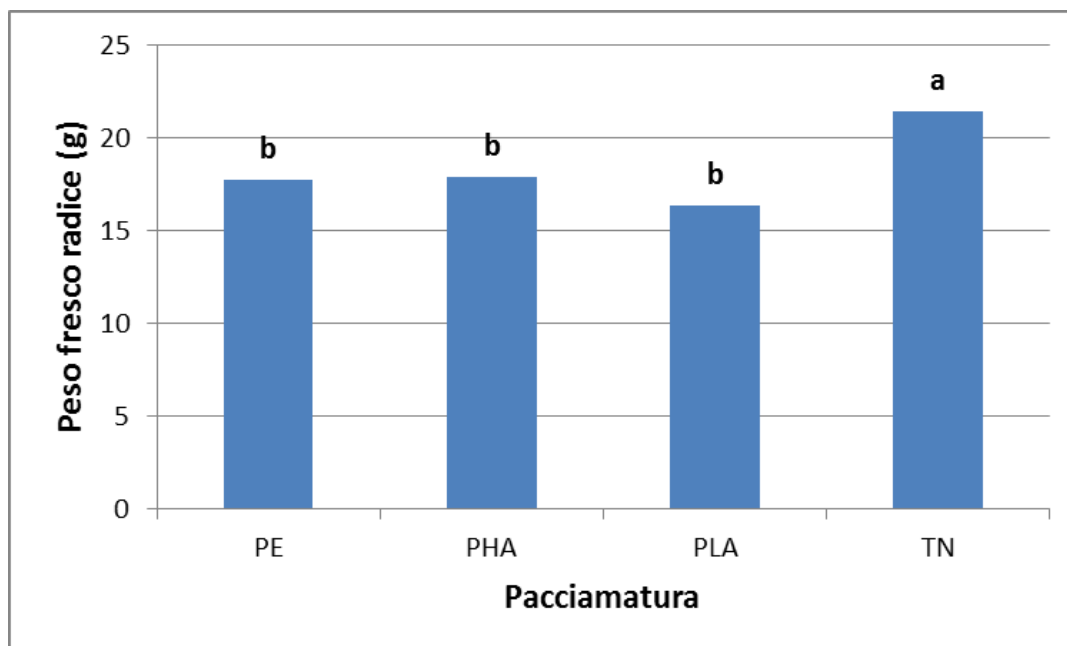


Figura 27. Lattuga: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul peso fresco della radice alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).



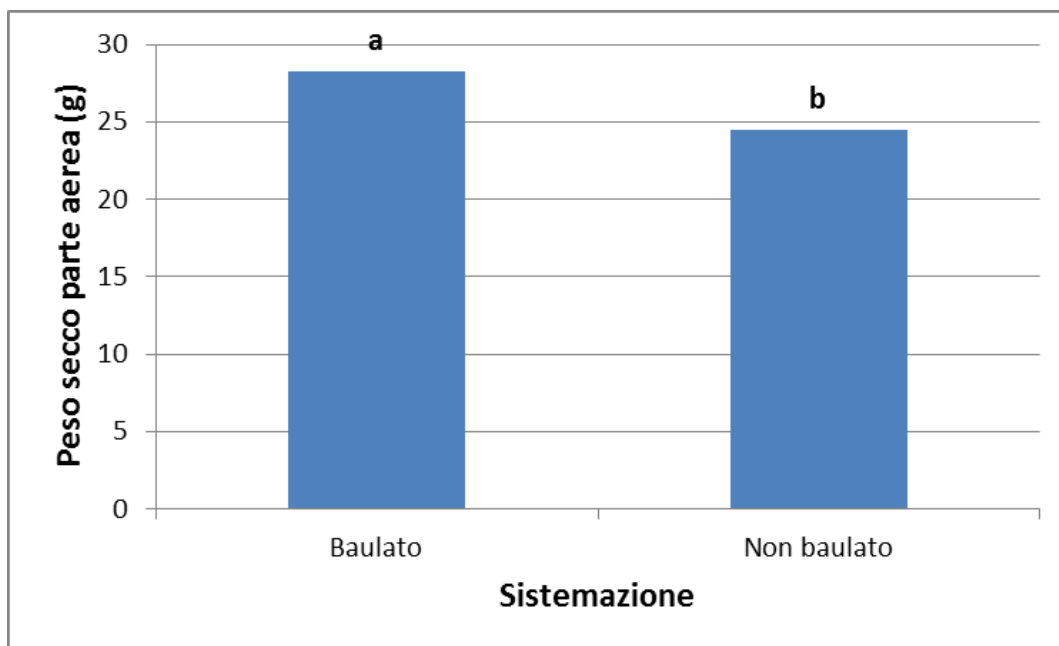


Figura 28. Lattuga: effetto della baulatura sul peso secco della parte aerea alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

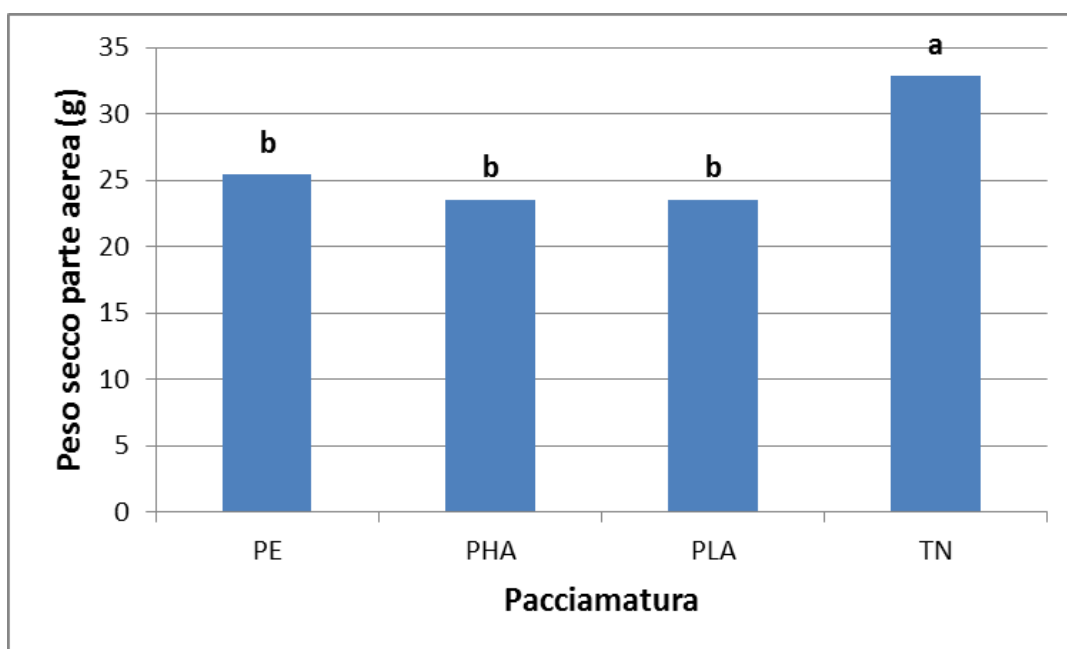


Figura 29. Lattuga: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul peso secco della parte aerea alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

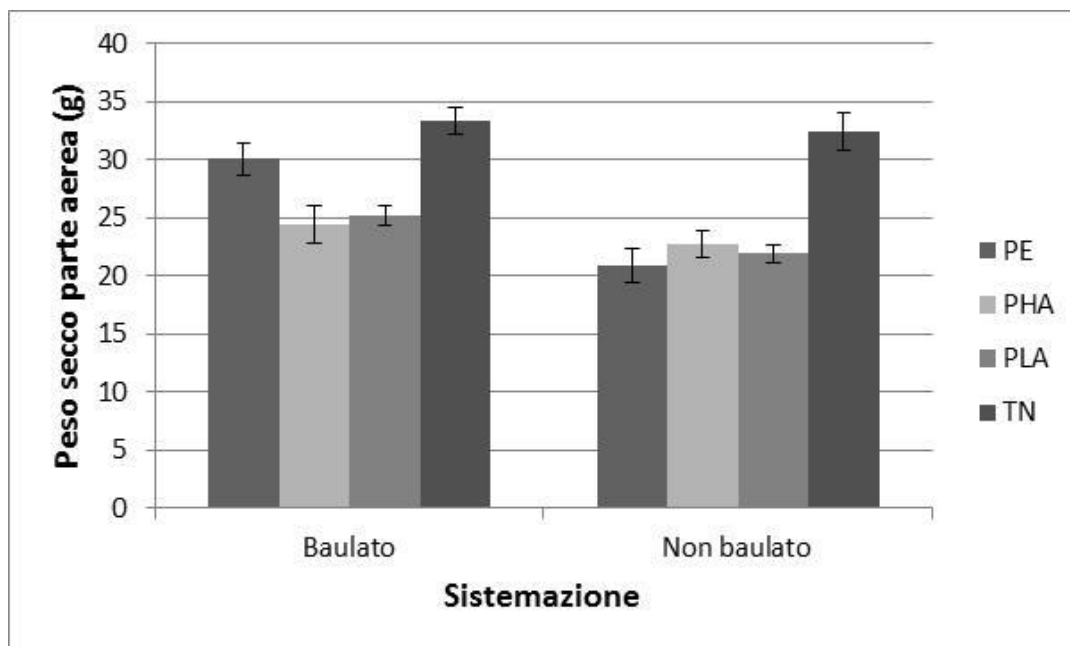


Figura 30. Lattuga: effetto di interazione “pacciamatura × lavorazione” sul peso secco della parte aerea alla fine della prova. Le barre indicano l’errore standard della media.

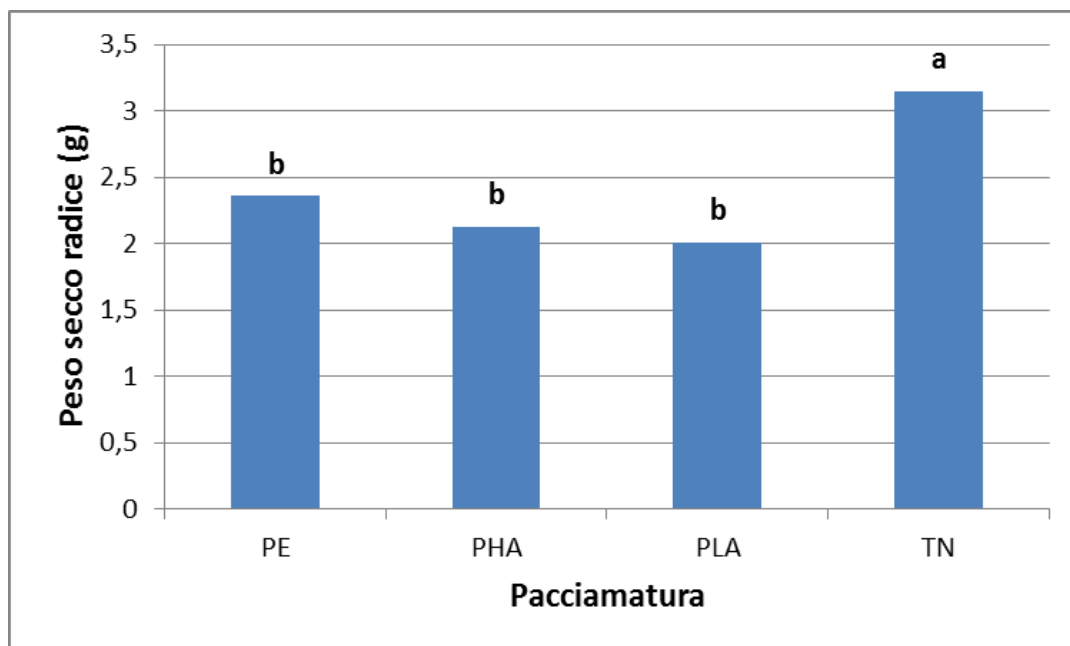


Figura 31. Lattuga: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul peso secco della radice alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

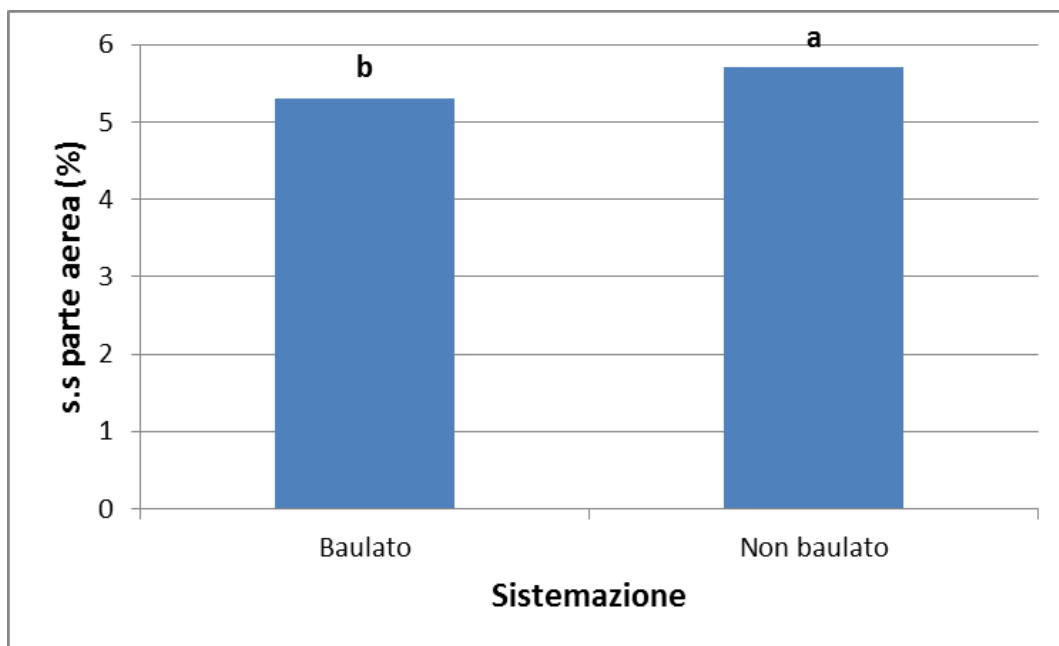


Figura 32. Lattuga: effetto della baulatura sulla percentuale di sostanza secca della parte aerea alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

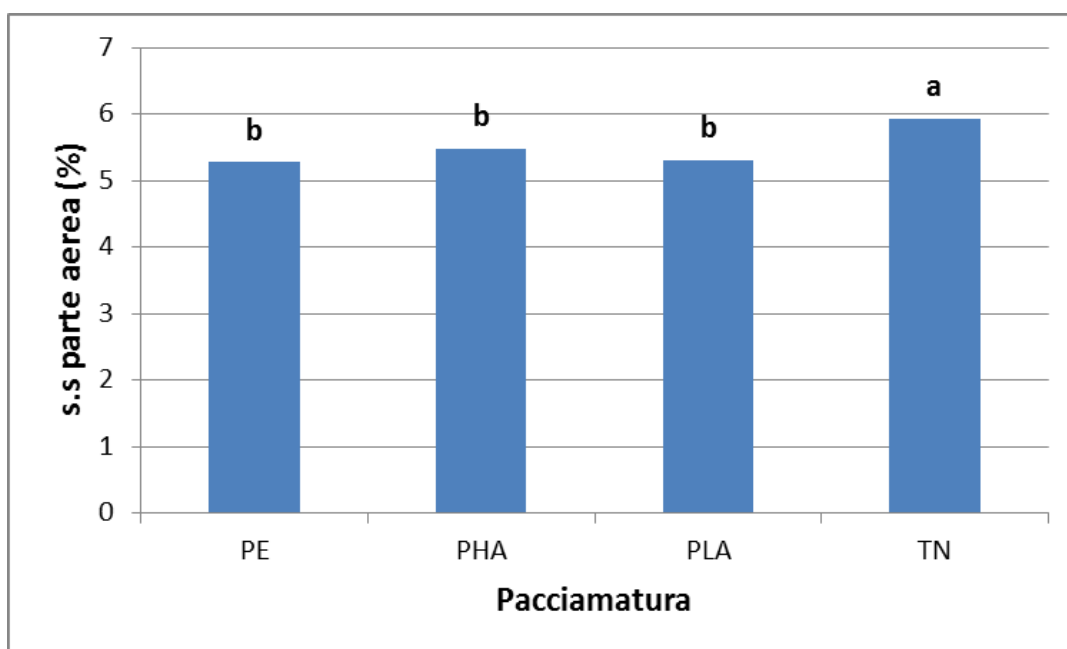


Figura 33. Lattuga: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sulla sostanza secca della parte aerea alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

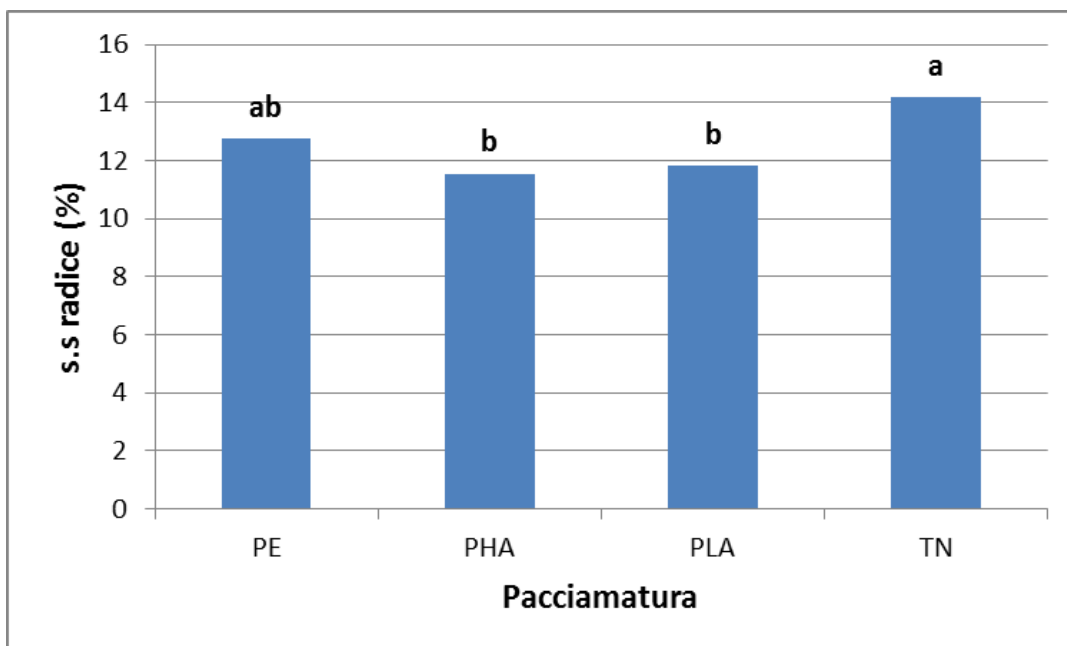


Figura 34. Lattuga: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul peso secco della radice alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

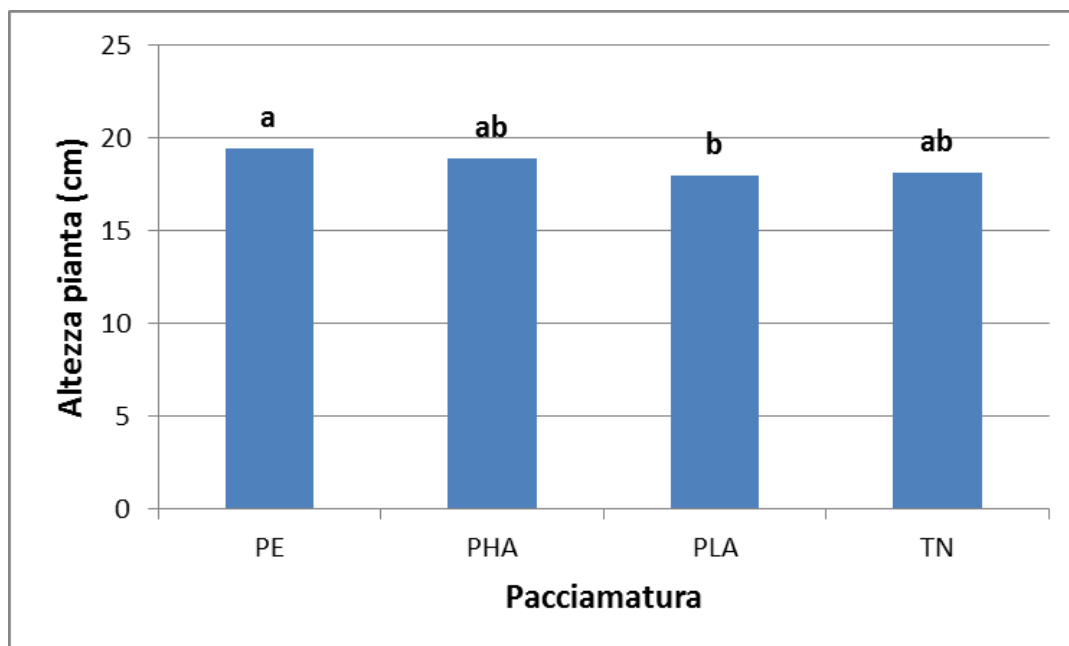


Figura 35. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sull'altezza della pianta nel rilievo del 22 maggio. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

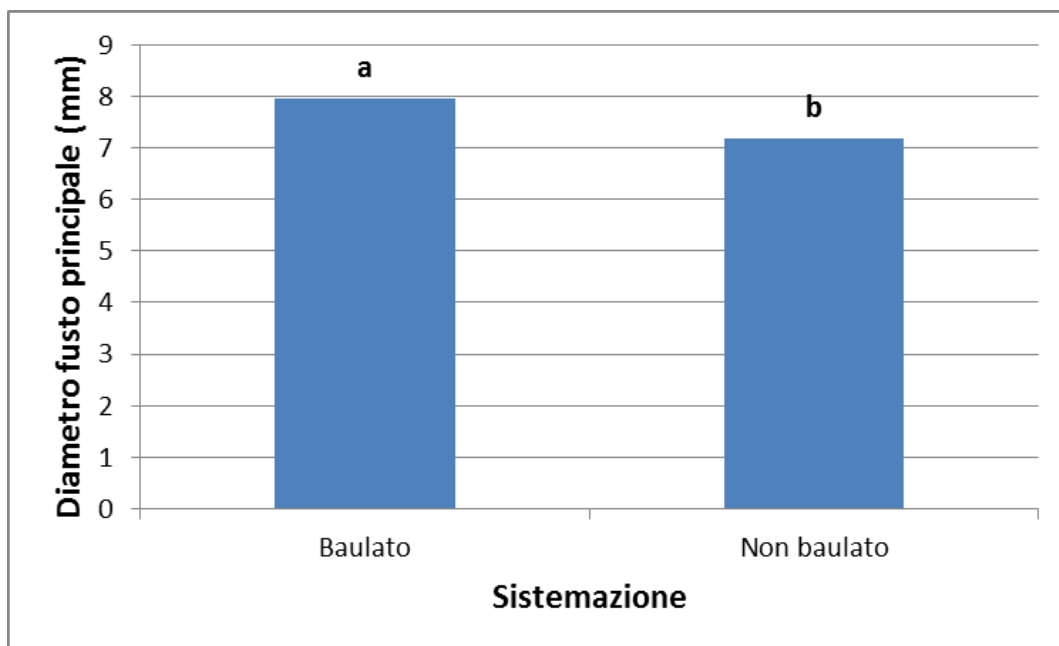


Figura 36. Pomodoro: effetto della baulatura sul diametro del fusto principale nel rilievo del 22 maggio. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

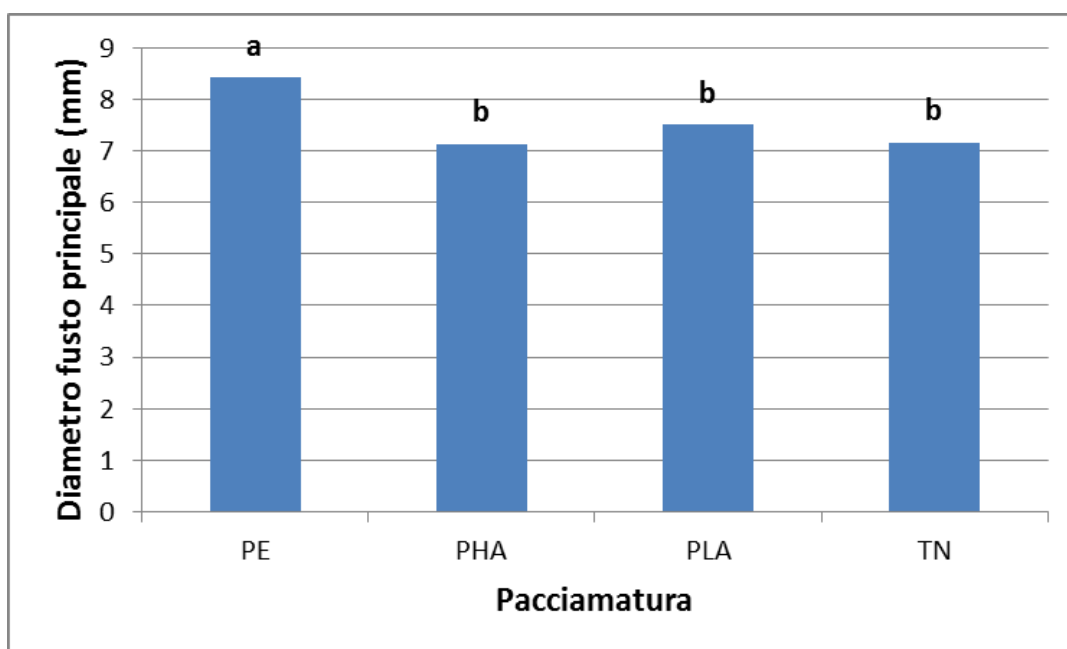


Figura 37. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul diametro del fusto principale nel rilievo del 22 maggio. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

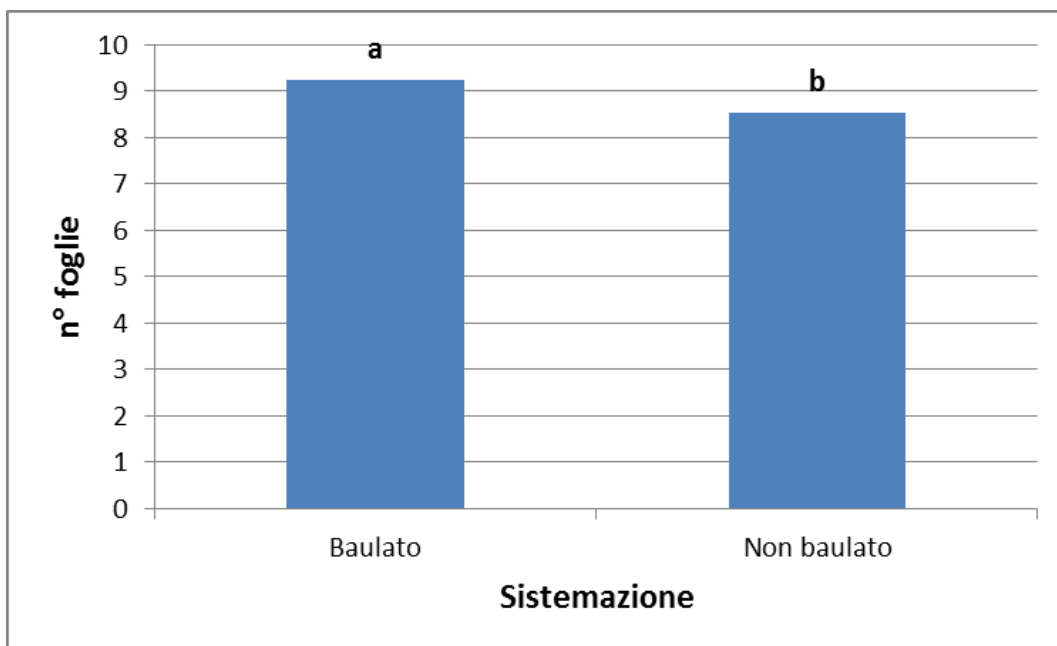


Figura 38. Pomodoro: effetto della baulatura sul numero di foglie nel rilievo del 22 maggio. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

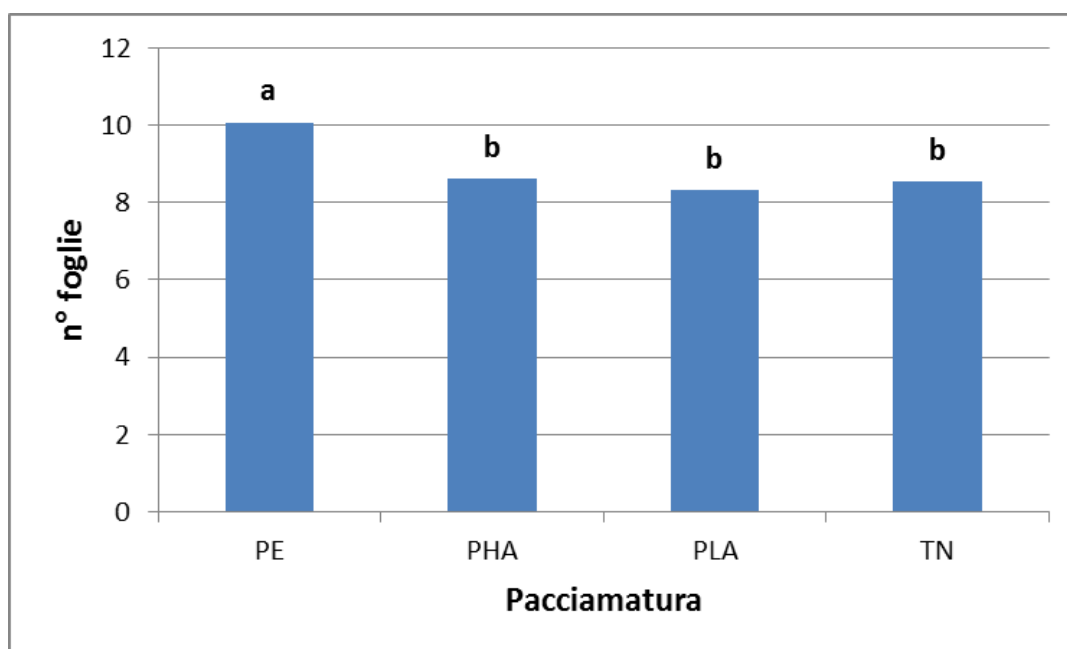


Figura 39. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul numero di foglie nel rilievo del 22 maggio. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

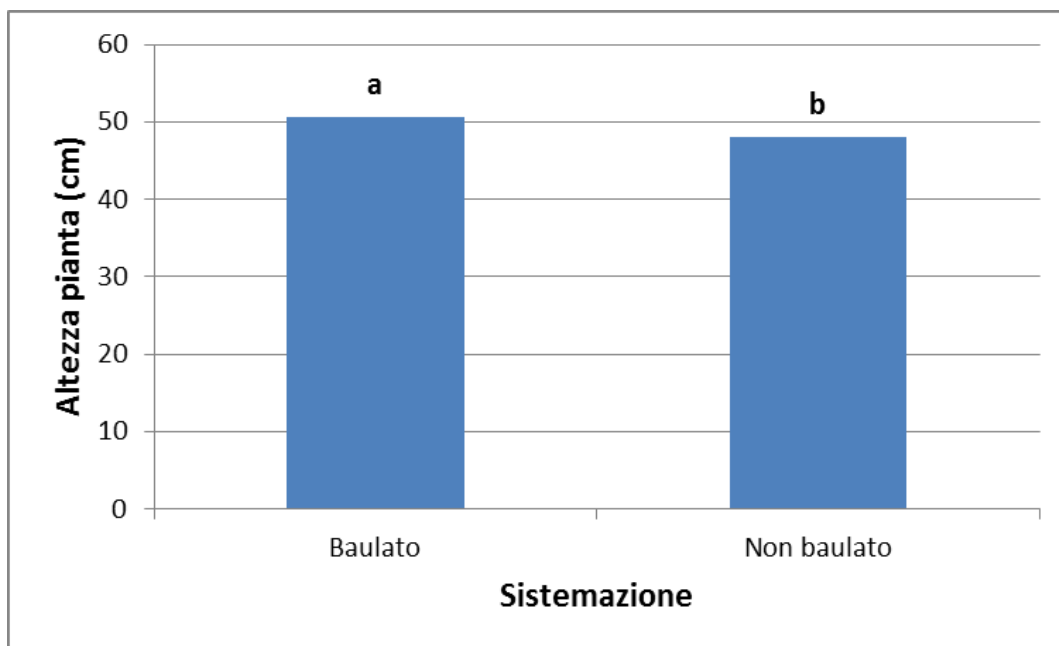


Figura 40. Pomodoro: effetto della baulatura sull'altezza della pianta nel rilievo del 10 giugno. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

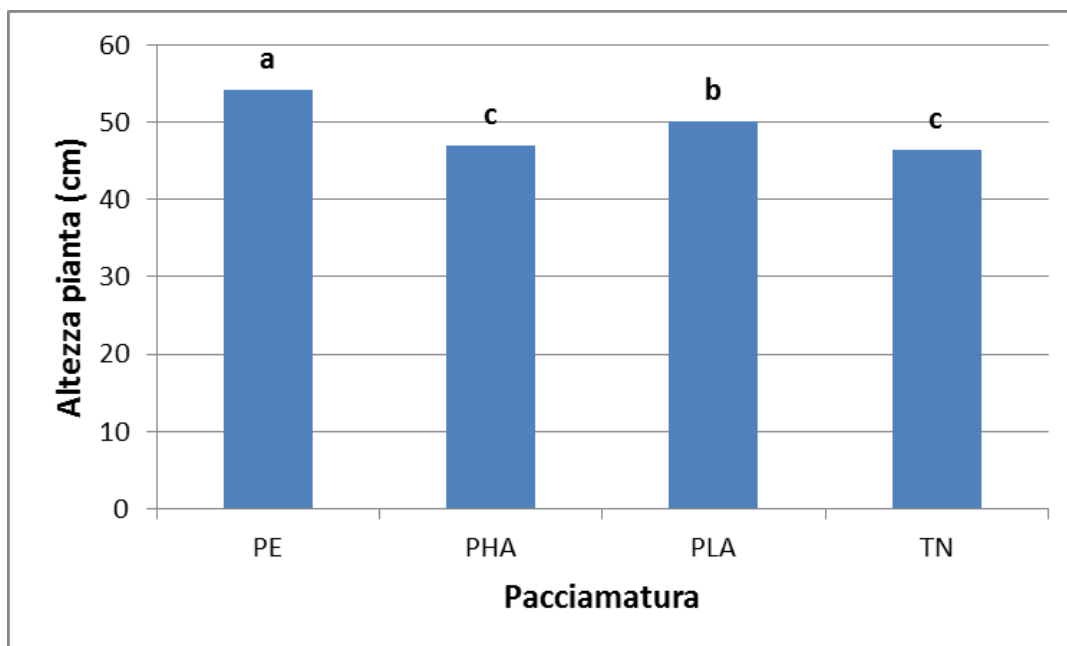


Figura 41. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sull'altezza della pianta nel rilievo del 10 giugno. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

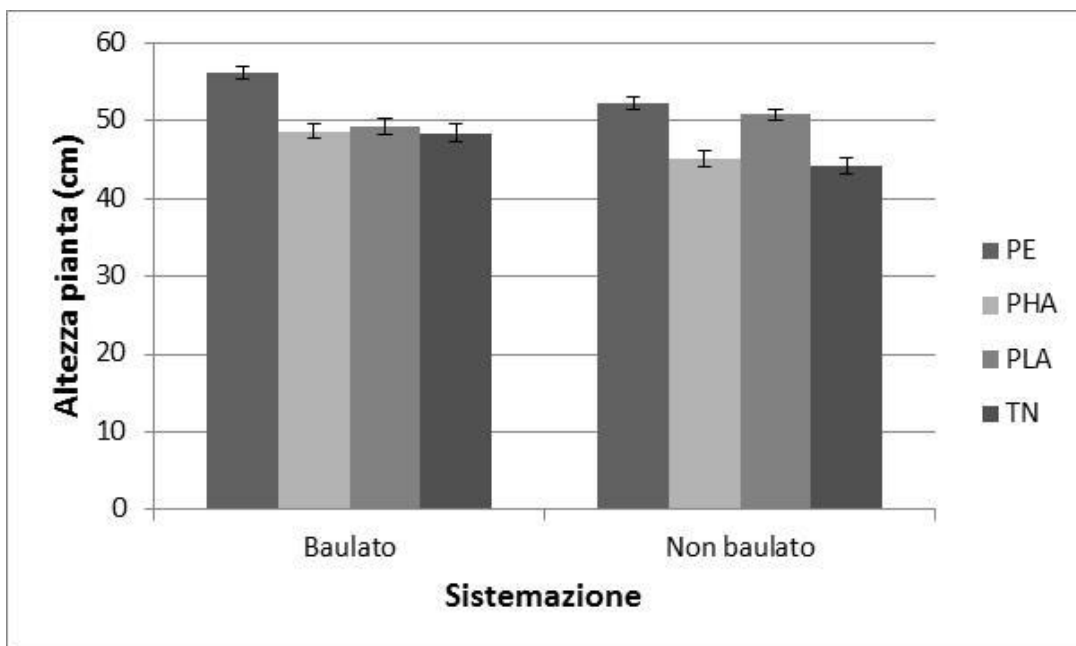


Figura 42. Pomodoro: effetto di interazione “pacciamatura × lavorazione” sull’altezza della pianta nel rilievo del 10 giugno. Le barre indicano l’errore standard della media.

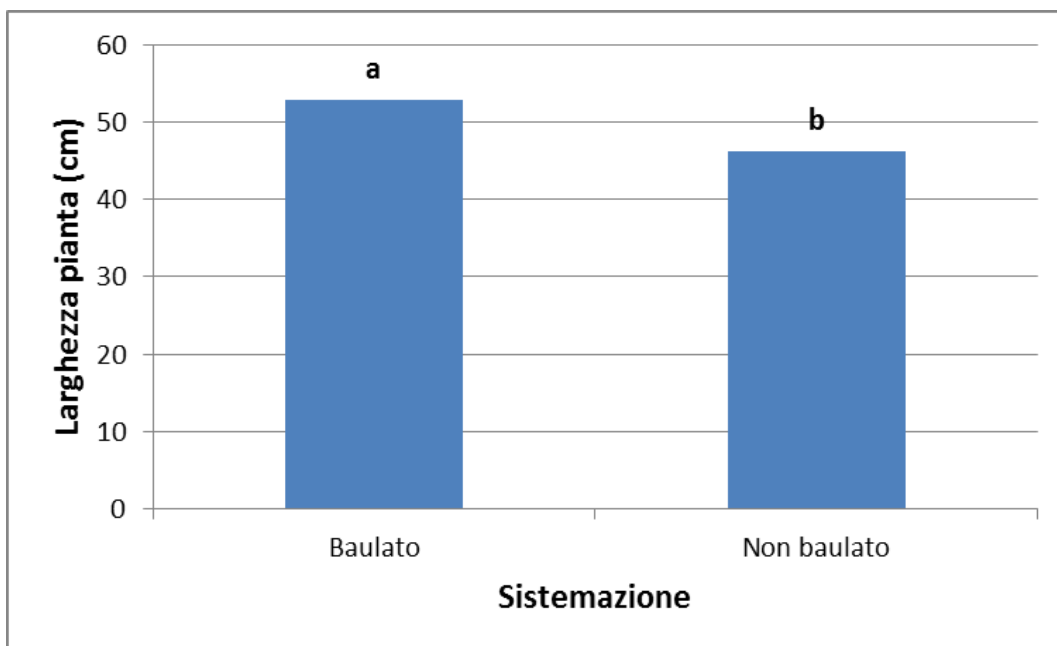


Figura 43. Pomodoro: effetto della baulatura sulla larghezza della pianta nel rilievo del 10 giugno. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).



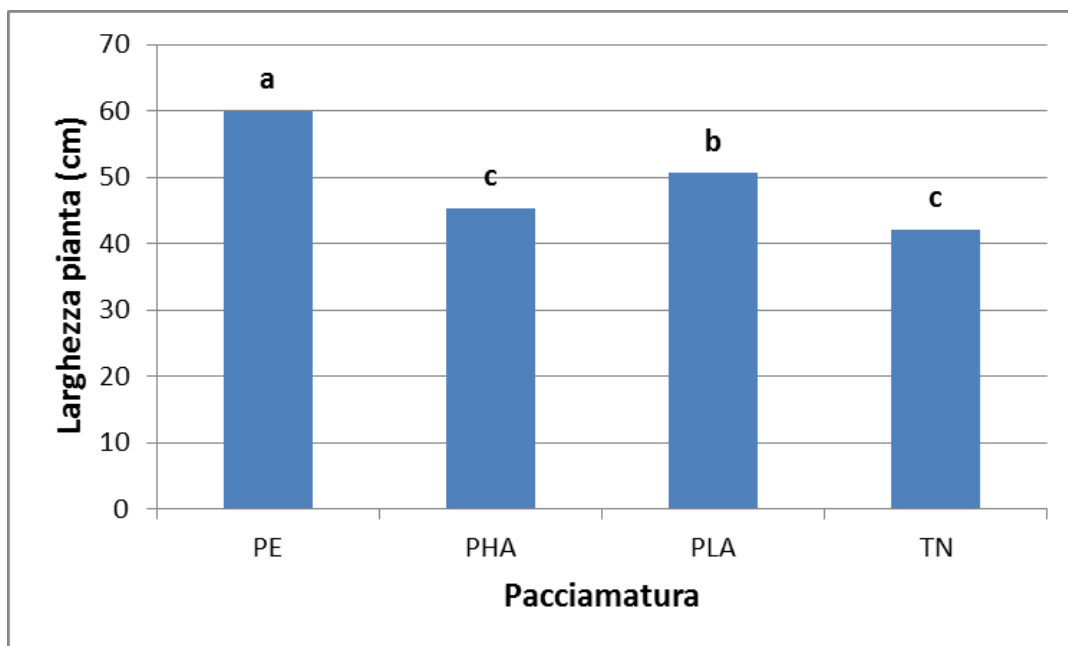


Figura 44. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sulla larghezza della pianta nel rilievo del 10 giugno. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

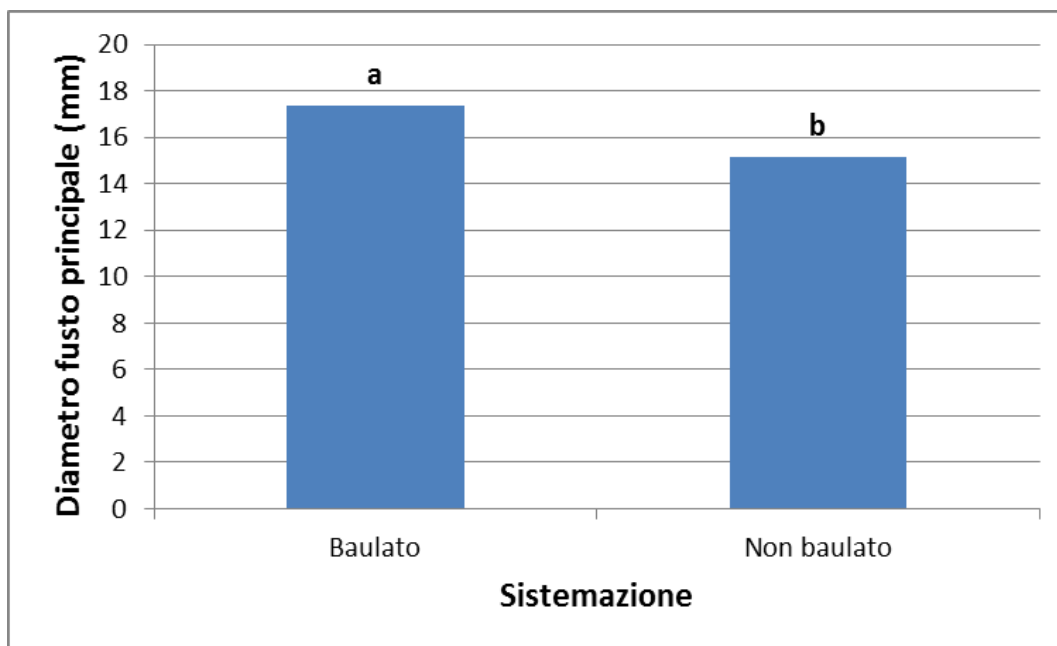


Figura 45. Pomodoro: effetto della baulatura sul diametro del fusto principale nel rilievo del 10 giugno. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

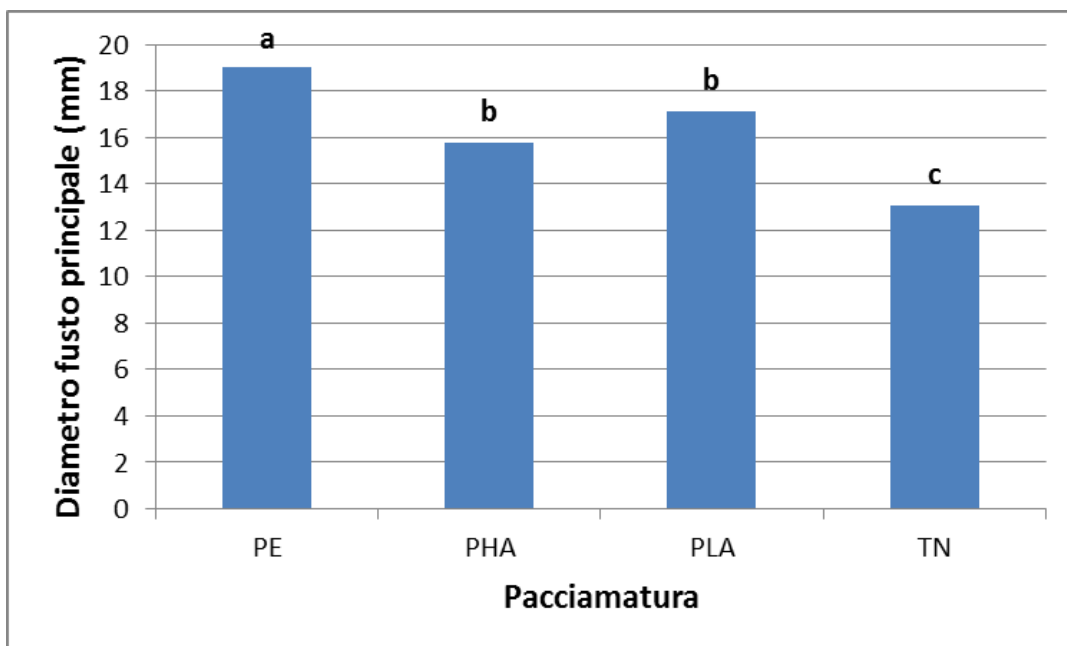


Figura 46. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul diametro del fusto principale nel rilievo del 10 giugno. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

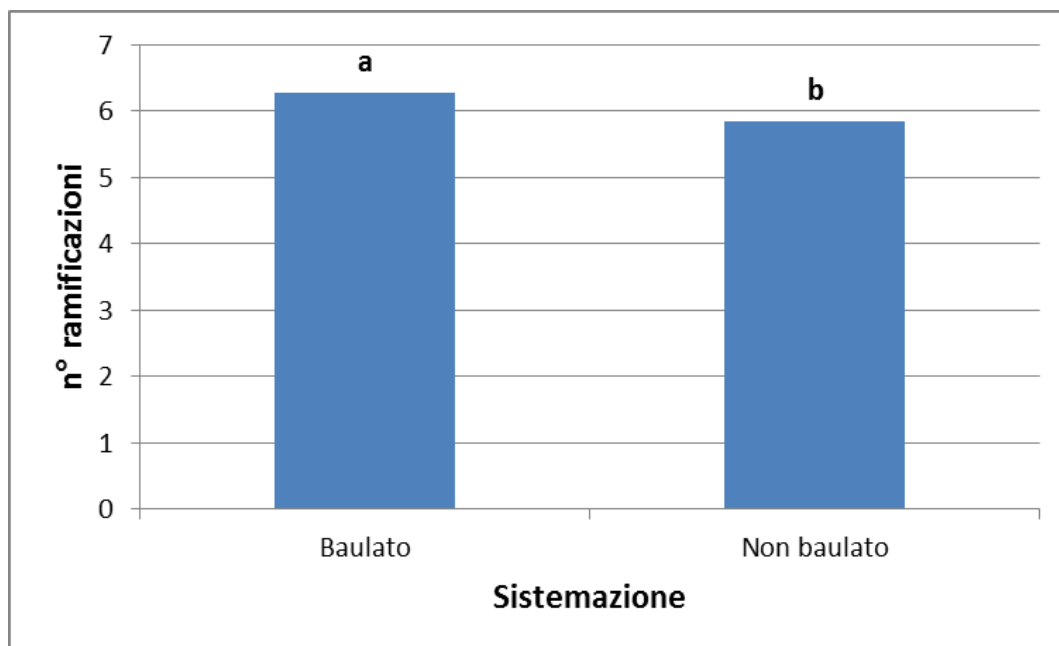


Figura 47. Pomodoro: effetto della baulatura sul numero di ramificazioni nel rilievo del 10 giugno. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

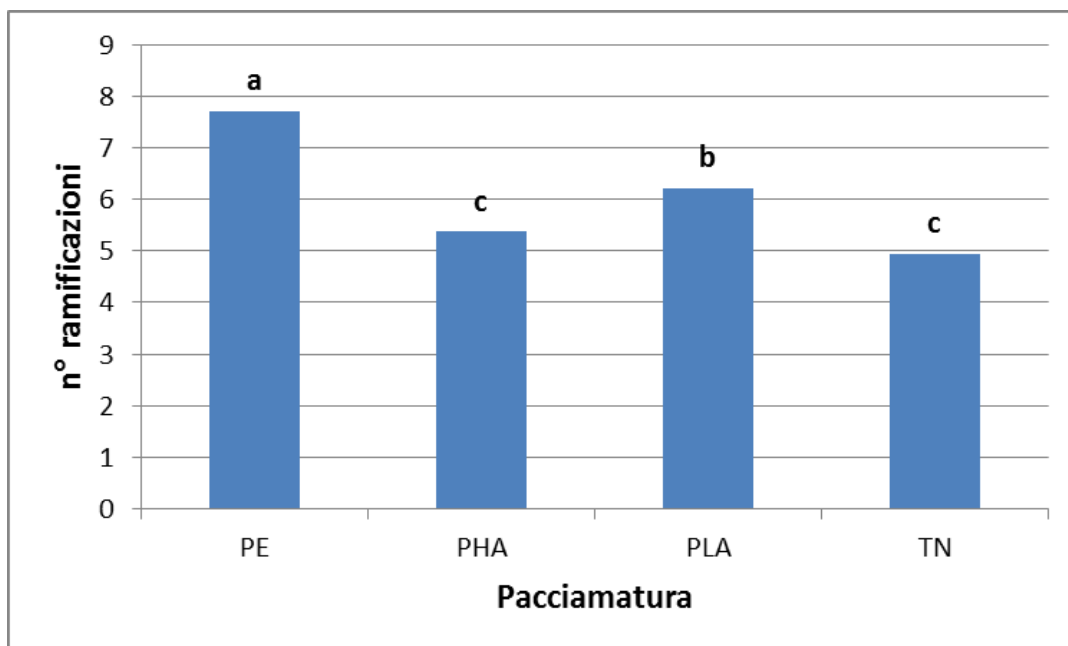


Figura 48. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul numero di ramificazioni nel rilievo del 10 giugno. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

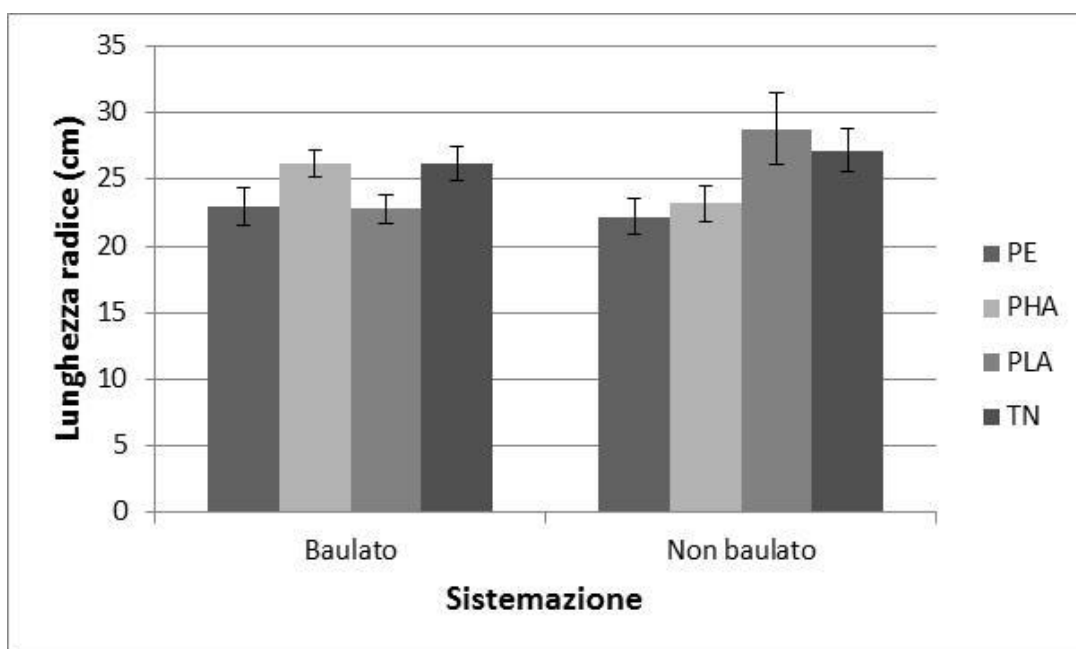


Figura 49. Pomodoro: effetto di interazione “pacciamatura × lavorazione” sulla lunghezza della radice nel rilievo del 1 agosto. Le barre indicano l’errore standard della media.

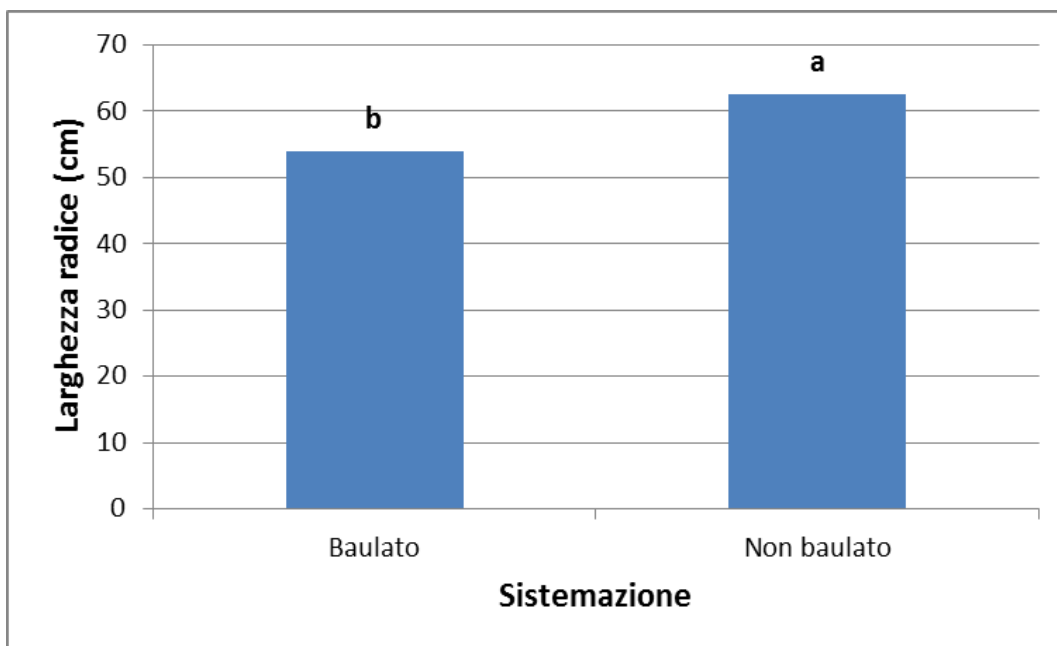


Figura 50. Pomodoro: effetto della baulatura sulla larghezza della radice nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

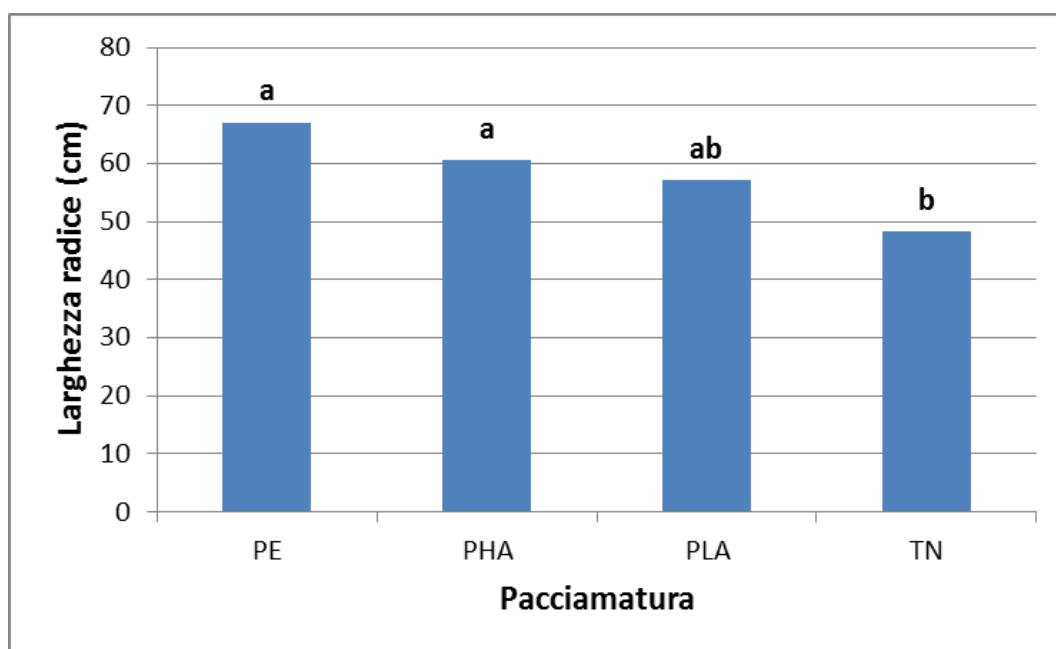


Figura 51. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sulla larghezza della radice nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

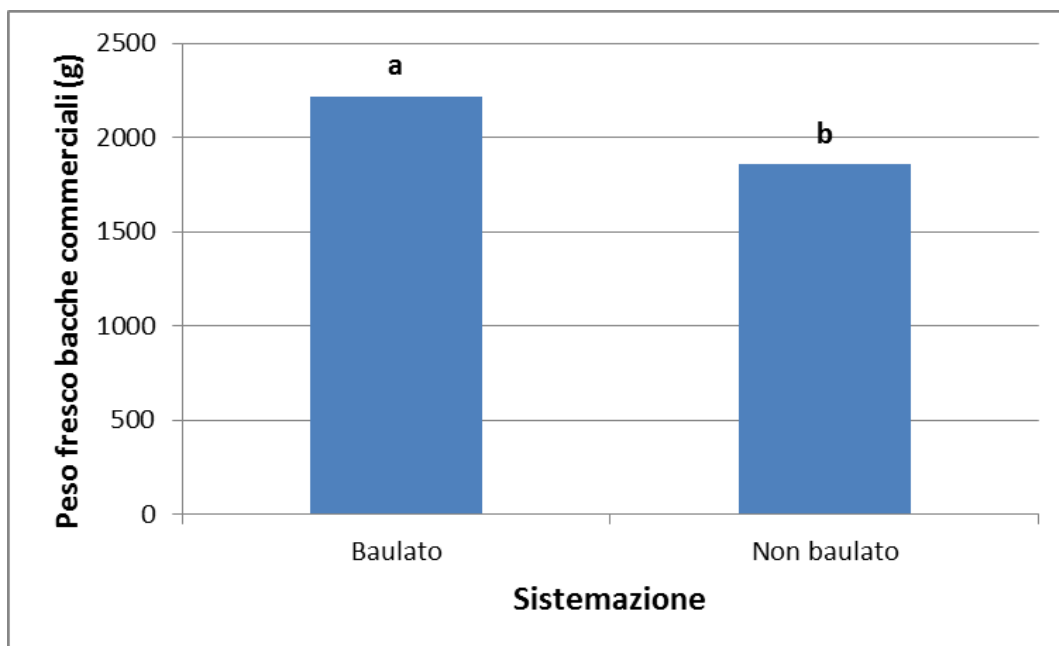


Figura 52. Pomodoro: effetto della baulatura sul peso fresco delle bacche commerciali nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

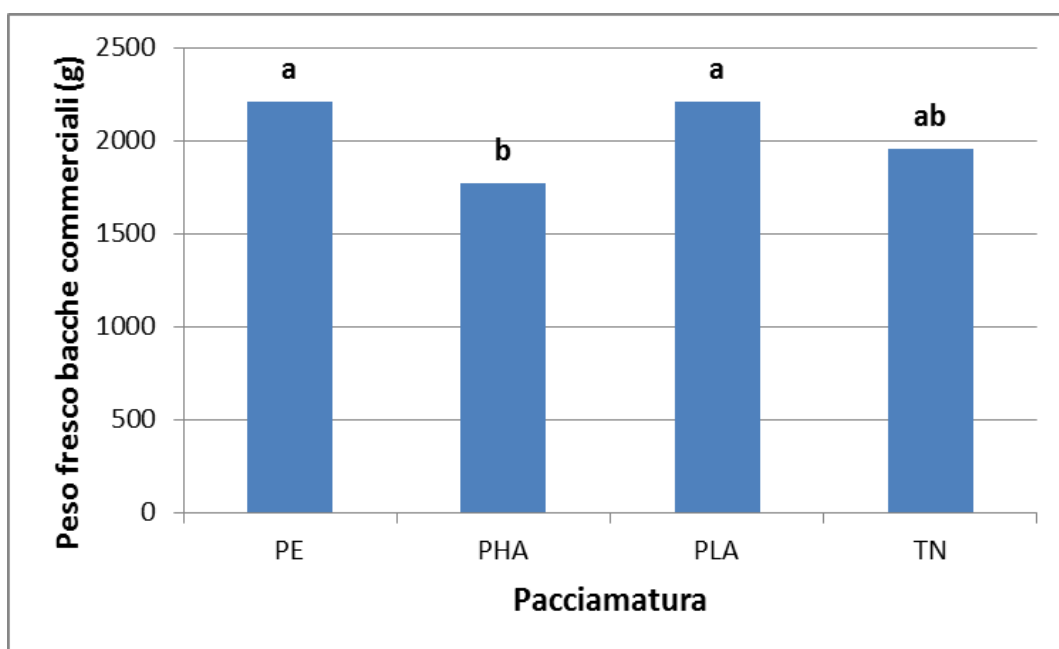


Figura 53. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul peso fresco delle bacche commerciali nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

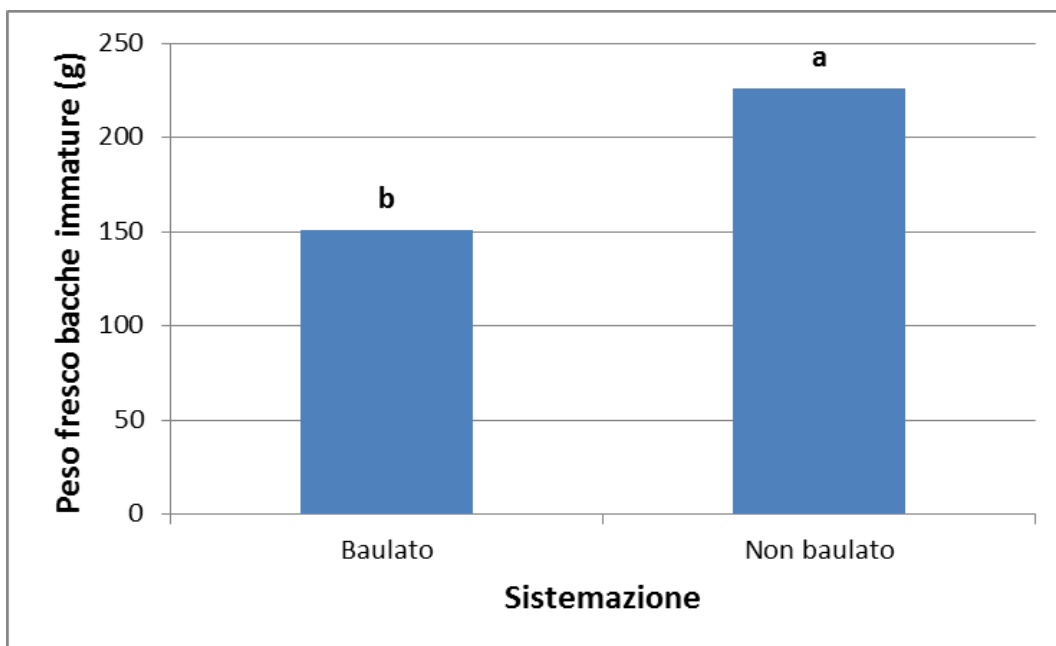


Figura 54. Pomodoro: effetto della baulatura sul peso fresco delle bacche immature nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

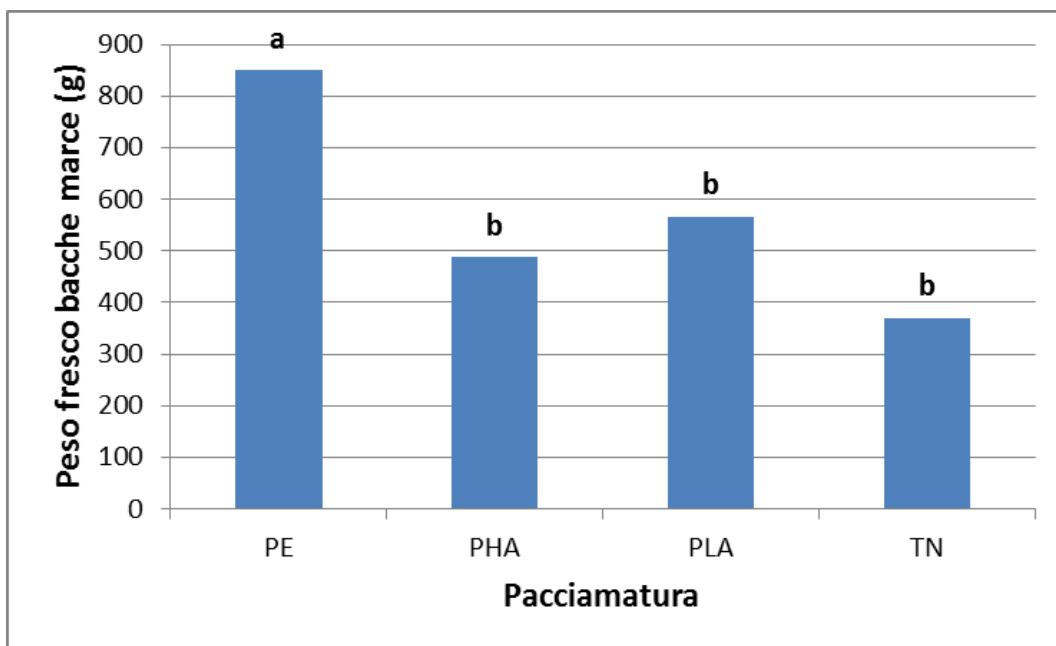


Figura 55. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul peso fresco delle bacche marce nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

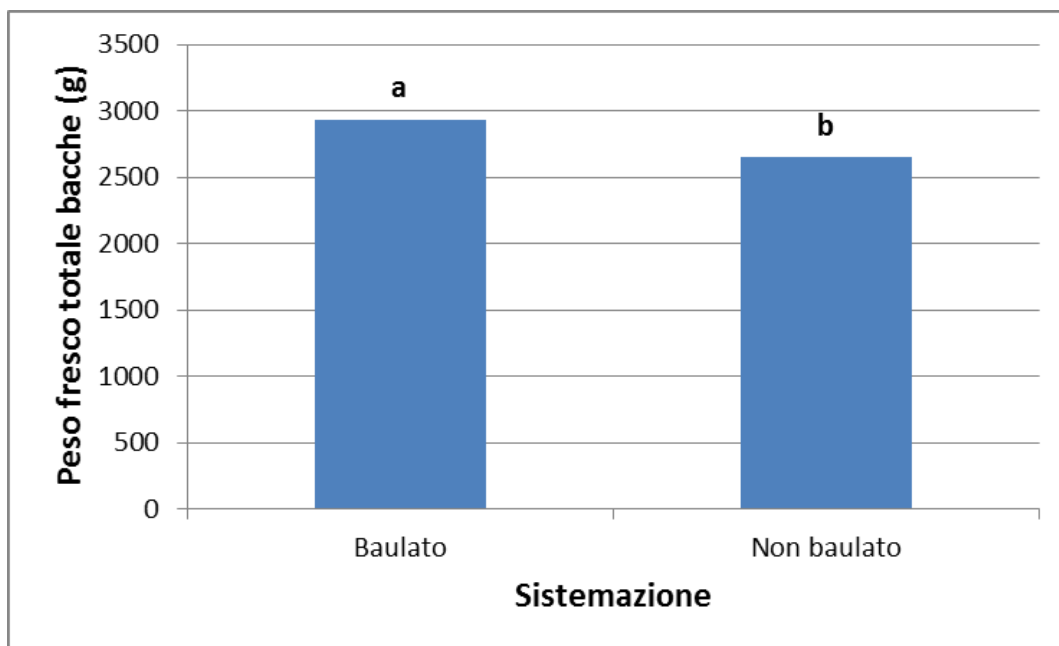


Figura 56. Pomodoro: effetto della baulatura sul peso fresco totale delle bacche nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

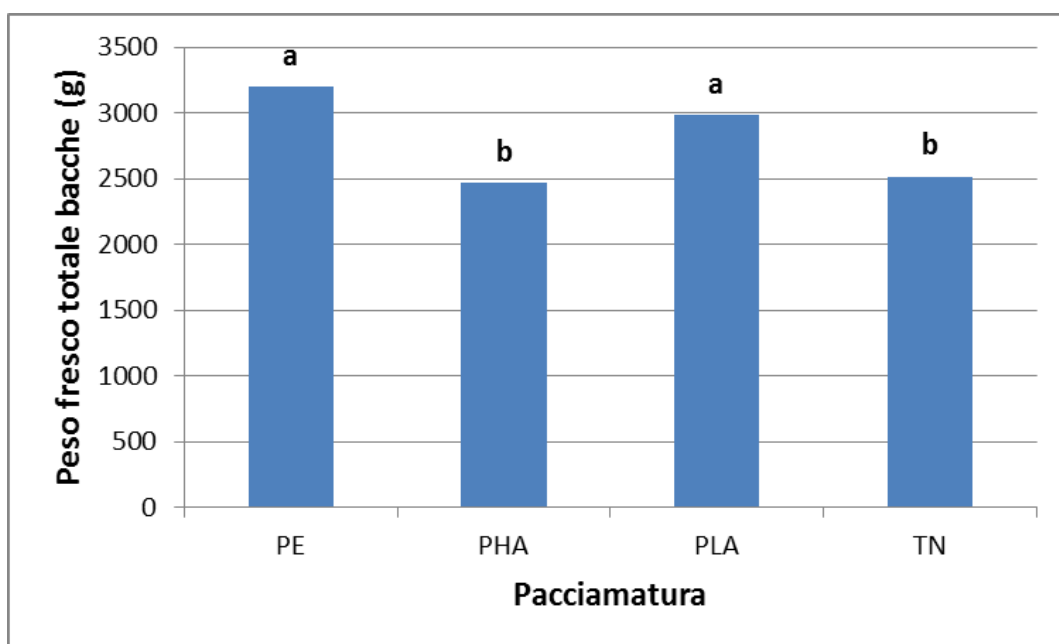


Figura 57. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul peso fresco totale delle bacche nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey)

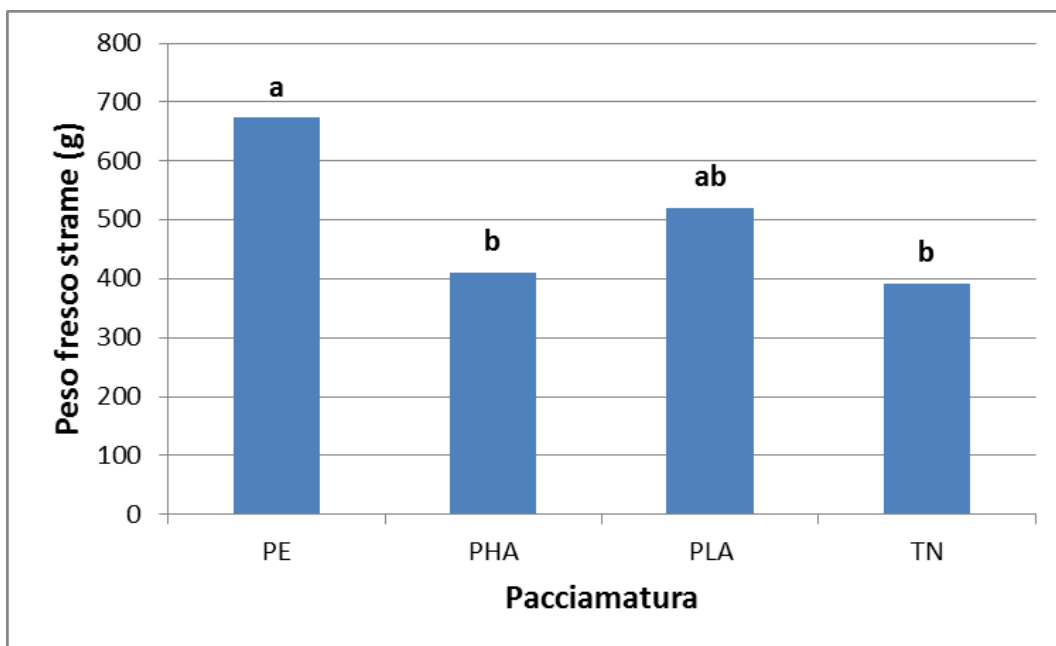


Figura 58. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul peso fresco delle stame nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

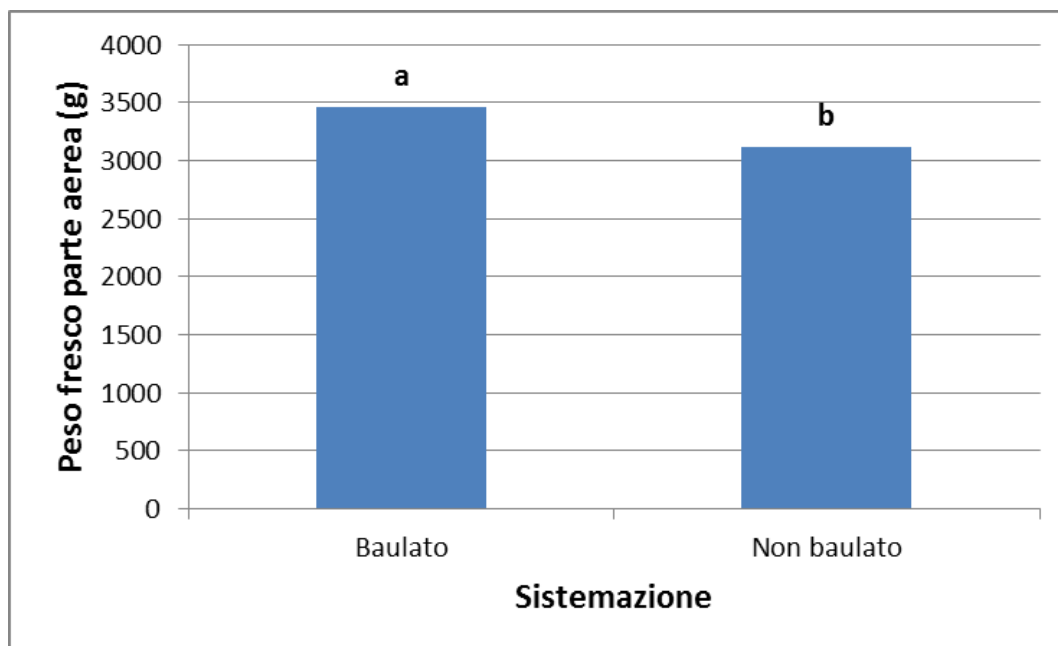


Figura 59. Pomodoro: effetto della baulatura sul peso fresco della parte aerea nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).



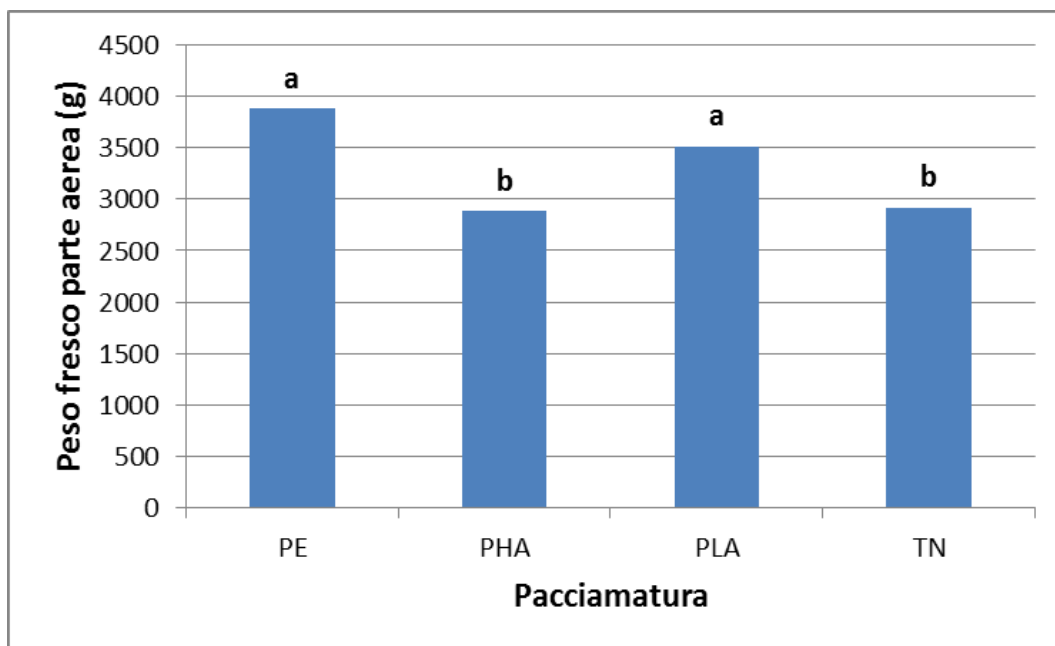


Figura 60. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul peso fresco della parte aerea nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

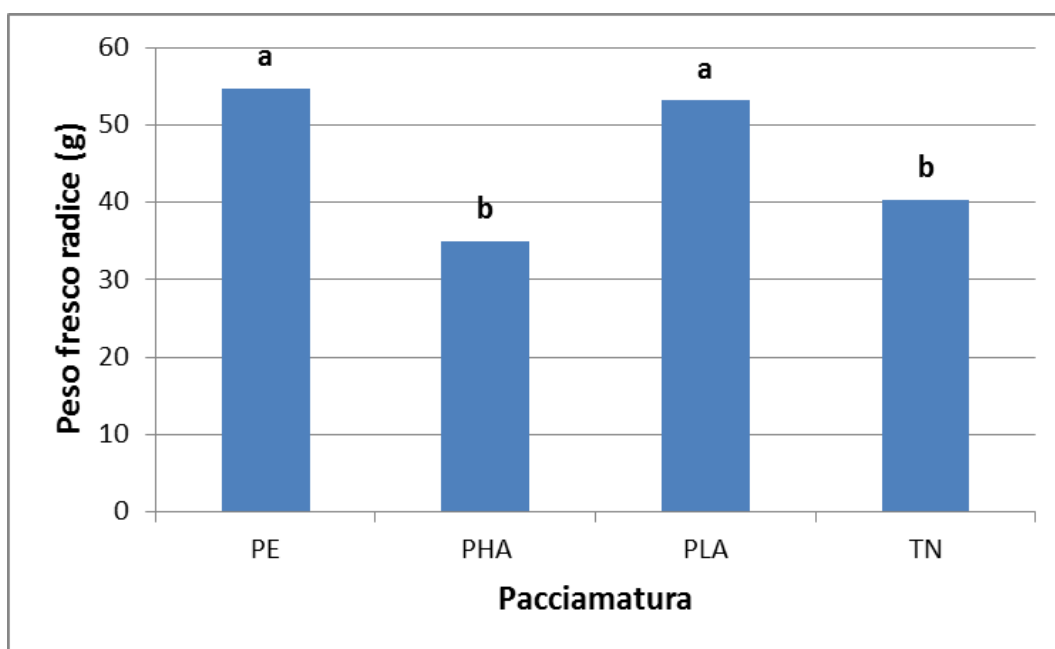


Figura 61. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul peso fresco della radice nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

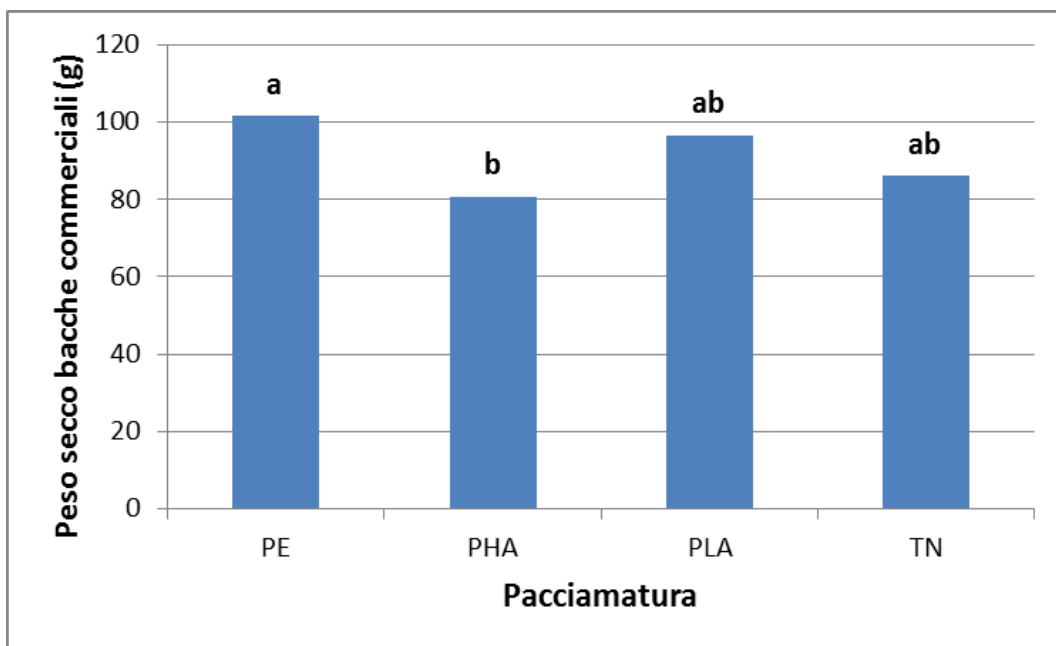


Figura 62. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul peso secco delle bacche commerciali nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

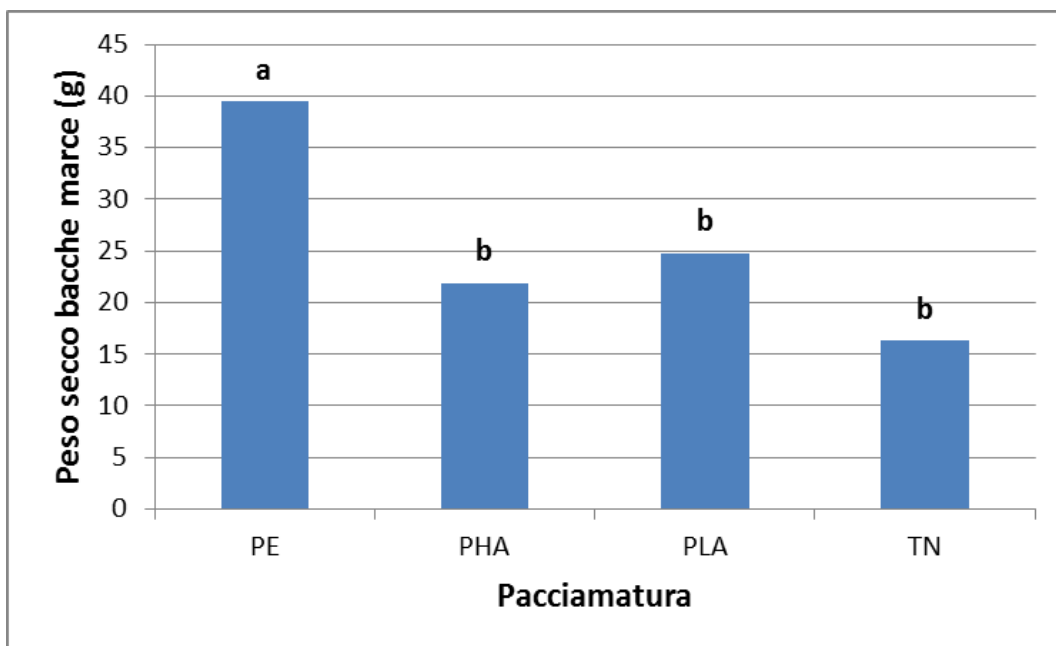


Figura 63. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul peso secco delle bacche marce nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

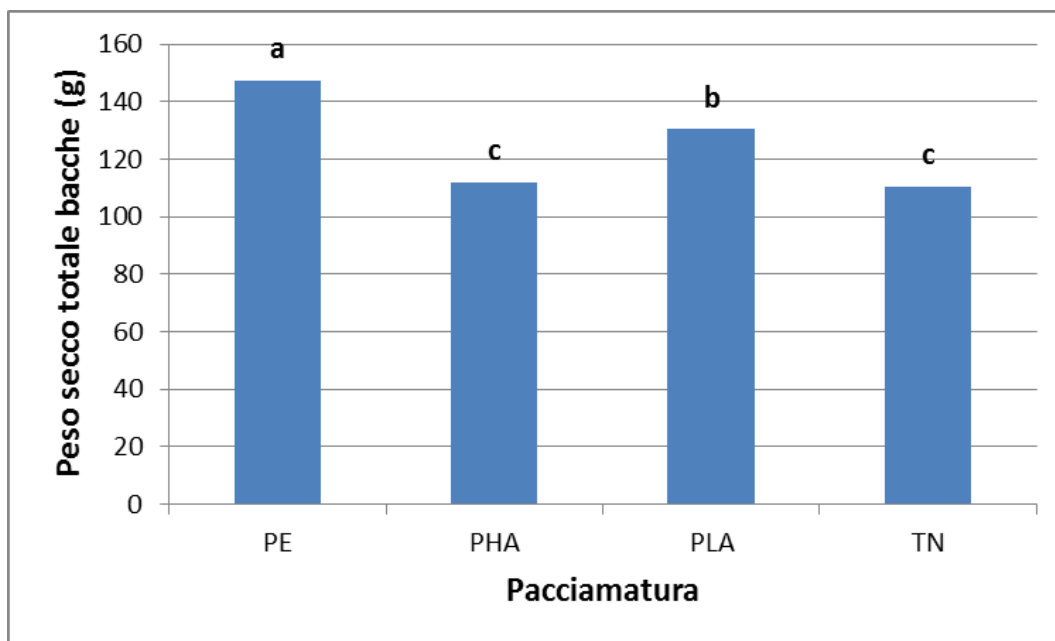


Figura 64. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul peso secco totale delle bacche nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey)

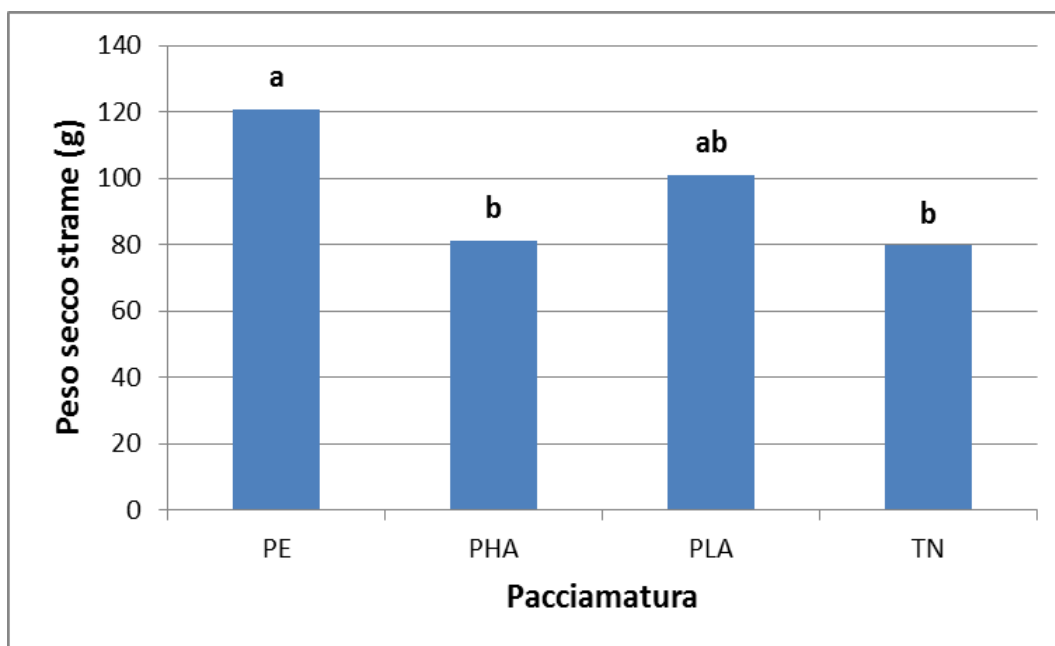


Figura 65. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul peso secco delle stame nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

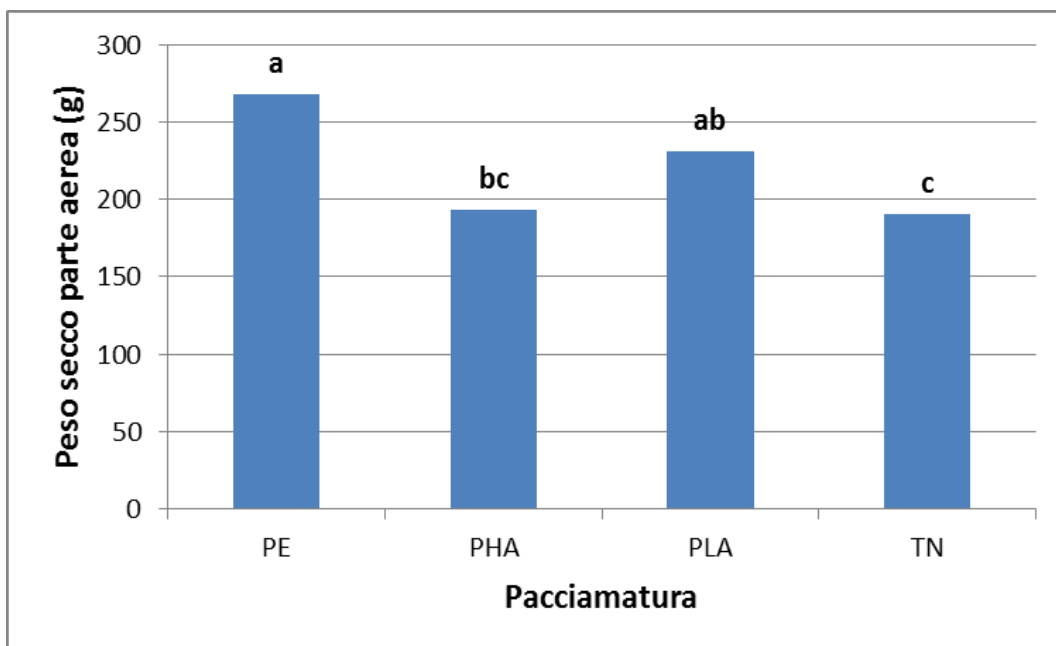


Figura 66. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul peso secco della parte aerea nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

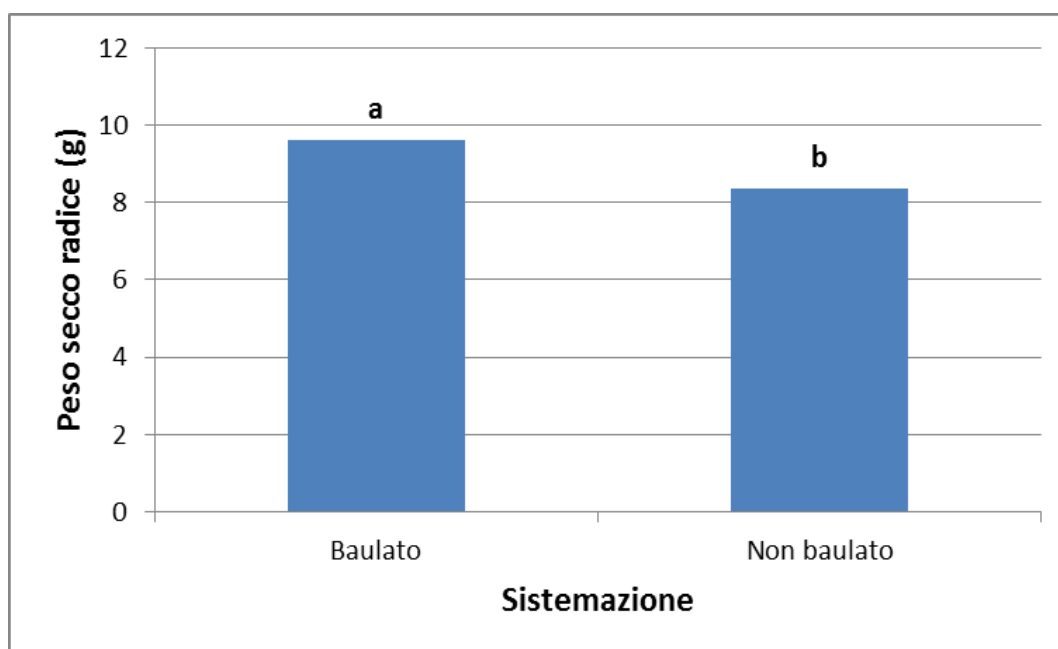


Figura 67. Pomodoro: effetto della baulatura sul peso secco della radice nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

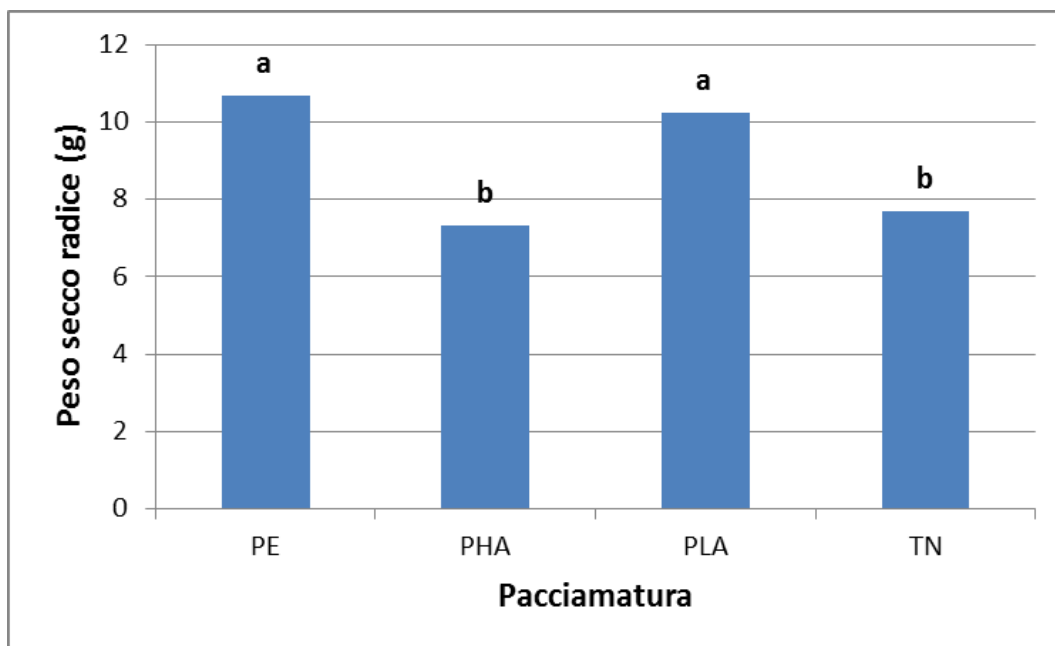


Figura 68. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sul peso secco della radice nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

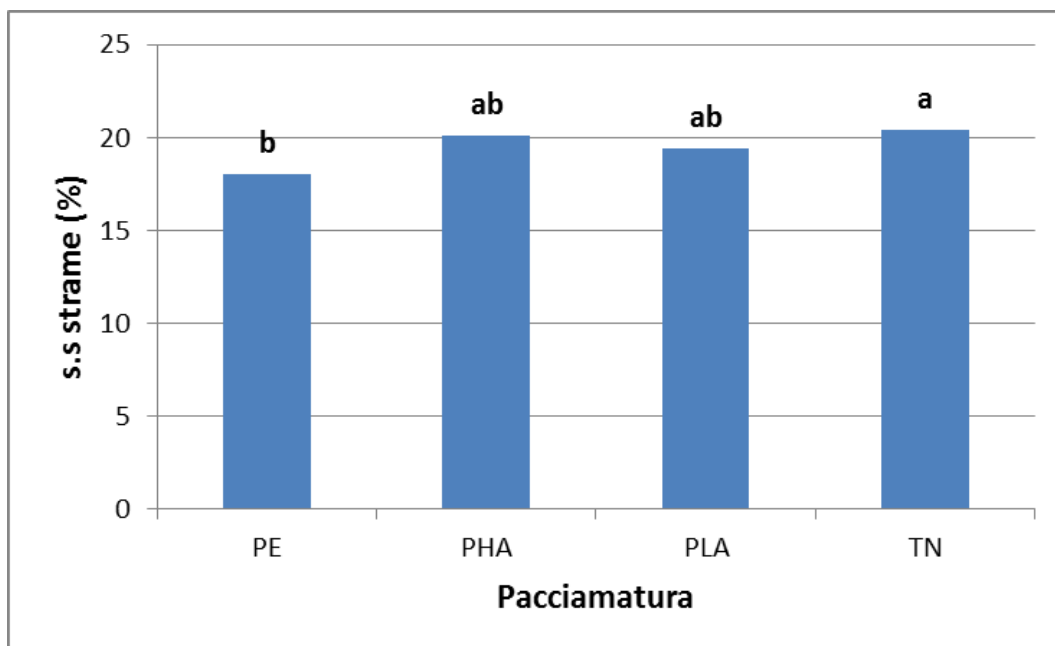


Figura 69. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sulla sostanza secca delle strame nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

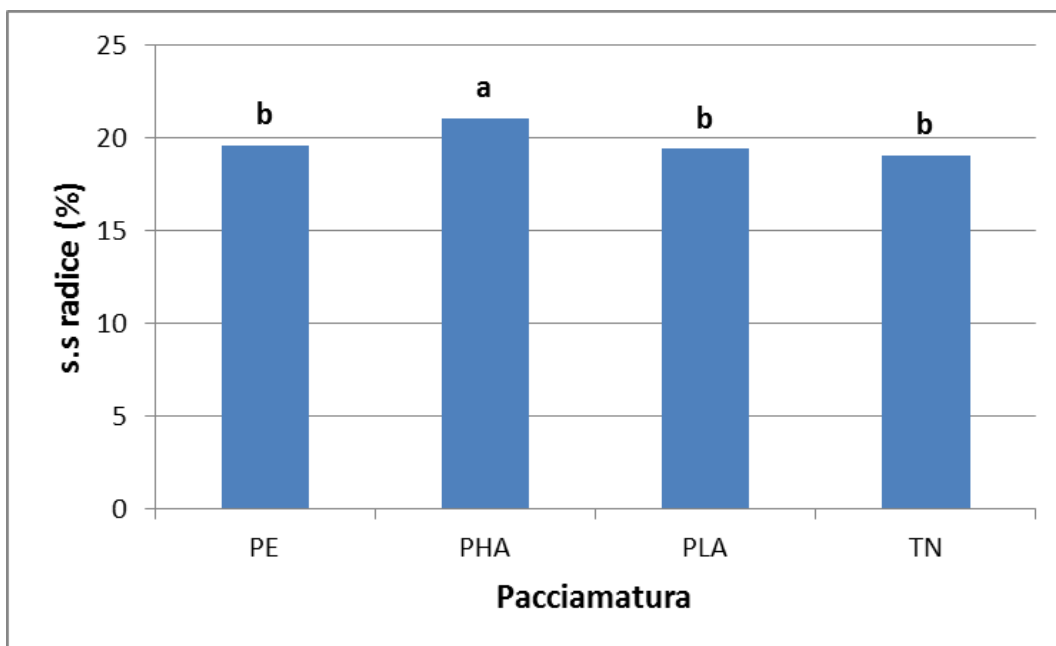


Figura 70. Pomodoro: effetto della pacciamatura e/o del film pacciamante sulla sostanza secca della radice nel rilievo del 1 agosto. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per  $P \leq 0.05$  (Test di Tukey).

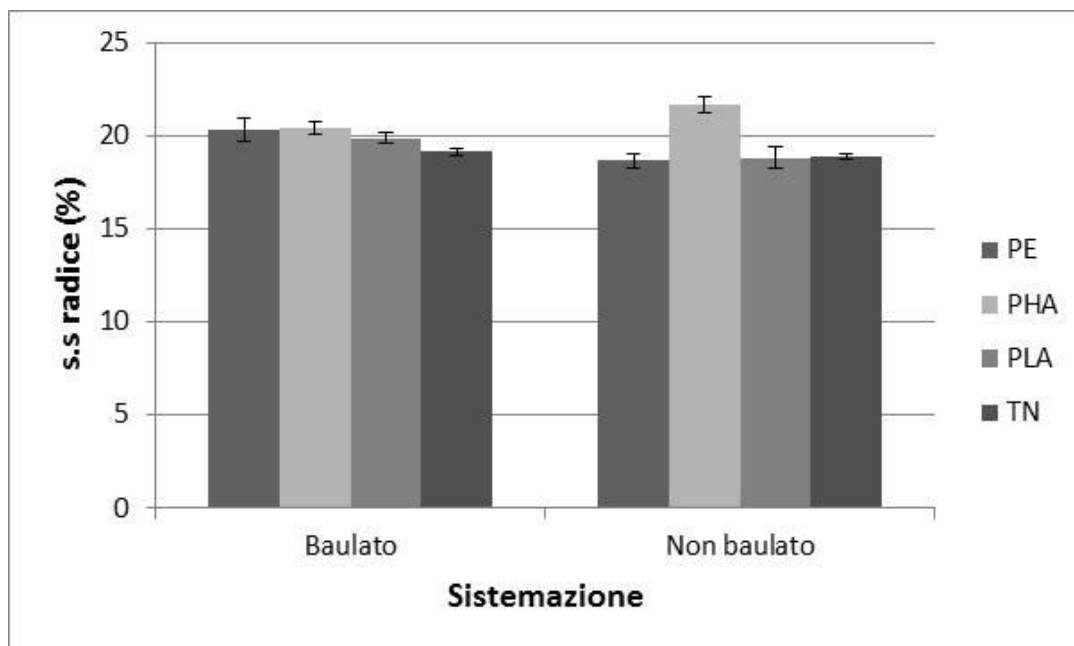


Figura 71. Pomodoro: effetto di interazione “pacciamatura  $\times$  lavorazione” sulla percentuale di sostanza secca della radice nel rilievo del 1 agosto. Le barre indicano l’errore standard della media.

## **ALLEGATI**

# Allegato 1

Film in PLA

## BioComp BF 7210

### Informazioni di Processo

Parametri di estrusione	Valore
Temperatura zona di alimentazione	130°C
Temperatura zona di fusione	140-150°C
Temperatura in testa	130-145°C
Temperatura massima	170-180°C
Temperatura del fuso	140-150°C

#### Note

Si considerino le informazioni riportate in questa scheda informativa come linee guida per un corretto utilizzo del BioComp® BF 7210. E' comunque consigliabile ottimizzare le condizioni del processo di estrusione e di filmatura a seconda dei macchinari a disposizione del cliente.

BioComp® BF 7210 è un innovativo tipo di bioplastiche pensato principalmente per filmatura in bolla e processabile con le convenzionali apparecchiature di estrusione e con comuni configurazioni della vite. In particolare, la conformazione della vite più adeguata per la lavorazione del BioComp® BF 7210 è quella tipica utilizzata per il polietilene.

Questa formulazione biodegradabile non contiene amidi ma contiene Poli Acido Lattico (PLA).

### Applicazioni

BioComp® BF 7210 è un innovativo tipo di bioplastiche concepito per applicazioni principalmente nel campo del packaging e specialmente sotto forma di shopper.

I sacchetti in BioComp® BF 7210 costituiscono a tutti gli effetti un'alternativa ottimale e sostenibile ai materiali in PE ed una soluzione competitiva agli attuali shopper in plastica biodegradabile in commercio.

I dati di cui sopra sono forniti al meglio delle nostre conoscenze ed esperienze. Devono essere considerati attendibili, ma non una totale garanzia di idoneità del prodotto per ogni singola applicazione. E' sempre necessaria una prova preliminare del prodotto alle condizioni specifiche del cliente per stabilire l'idoneità.



Per maggiori informazioni e specifiche del prodotto, contattare:

MICROTEC S.r.l.

Uffici e Magazzino: Via Po, 53/55  
30030 Pianiga (VE), ITALY

Tel +39.041.5190621

Fax +39.041.5194765

E-mail: [info@microtecsrl.com](mailto:info@microtecsrl.com)



[www.mastercolour.eu](http://www.mastercolour.eu)

[www.biocomp.it](http://www.biocomp.it)



## Informazioni Tecniche

Test	Metodologia	Unità	Valori
Densità	D792	g/cm <sup>3</sup>	1,3
MFI (190°C, 5 Kg, 10 minuti)		190°C/10min	9,2
Umidità		ppm	500-600
Carico a Rottura Longitudinale	UNI 11415:2011	MPa	35,7
Carico a Rottura Trasversale	UNI 11415:2011	Mpa	25,7
Allungamento a Rottura Longitudinale	UNI 11415:2011	%	250
Allungamento a Rottura Trasversale	UNI 11415:2011	%	610
Resistenza all'Urto	UNI EN ISP 7765-1:2005	Massa Critica (g)	173
Resistenza alla Lacerazione Longitudinale	UNI EN ISO 6383-2:2005	N	0,4
Resistenza alla Lacerazione Trasversale	UNI EN ISO 6383-2:2005	N	2,3
Resistenza al Carico Statico	UNI 11415:2011	Sacchetto	B
Resistenza al Carico Dinamico	UNI 11415:2011	Sacchetto	B

## Imballaggio

Tutte le resine BioComp® sono fornite sotto forma di granulo in box da 750Kg.

## Immagazzinamento

Lunghi periodi di immagazzinamento potrebbero essere causa di variazioni nel contenuto di umidità. Tali cambiamenti possono variare a seconda delle condizioni atmosferiche del luogo di deposito del materiale. Per questo motivo, BioComp® BF 7210 deve essere conservato in contenitori chiusi e sigillati in luoghi freschi ed asciutti e lontani dalla luce diretta del sole. Non è consigliato lasciare aperti i contenitori di BioComp® BF 7210 durante le procedure di lavorazione per più di 5-6 ore. Si consiglia comunque di essiccare il prodotto per 4h a 80°C.



Per maggiori informazioni e specifiche del prodotto, contattare:

MICROTEC S.r.l.

Uffici e Magazzino: Via Po, 53/55  
30030 Pianiga (VE), ITALY

Tel +39.041.5190621

Fax +39.041.5194765

E-mail: [info@microtecsrl.com](mailto:info@microtecsrl.com)



[www.mastercolour.eu](http://www.mastercolour.eu)

[www.biocomp.it](http://www.biocomp.it)

I dati di cui sopra sono forniti al meglio delle nostre conoscenze ed esperienze. Devono essere considerati attendibili, ma non una totale garanzia di idoneità del prodotto per ogni singola applicazione. E' sempre necessaria una prova preliminare del prodotto alle condizioni specifiche del cliente per stabilire l'idoneità.

## Allegato 2

Film in PHA

# BioComp BF 3051

## Informazioni di Processo

Parametri di estrusione	Valore
Temperatura zona di alimentazione	150°C
Temperatura zona di fusione	150-160°C
Temperatura in testa	145-155°C
Temperatura massima	150-160°C
Temperatura del fuso	140-150°C

### Note

Si considerino le informazioni riportate in questa scheda informativa come linee guida per un corretto utilizzo del BioComp® BF 3051. E' comunque consigliabile ottimizzare le condizioni del processo di estrusione e di filmatura a seconda dei macchinari a disposizione del cliente.

BioComp® BF 3051 è un innovativo tipo di bioplastiche pensato principalmente per filmatura in bolla e processabile con le convenzionali apparecchiature di estrusione e con comuni configurazioni della vite. In particolare, la conformazione della vite più adeguata per la lavorazione del BioComp® BF 3051 è quella tipica utilizzata per il polietilene.

Questa formulazione biodegradabile non contiene amidi.

## Applicazioni

BioComp® BF 3051 è un innovativo tipo di bioplastiche concepito per applicazioni principalmente nel campo del packaging e specialmente sotto forma di shopper.

I sacchetti in BioComp® BF 3051 costituiscono a tutti gli effetti un'alternativa ottimale e sostenibile ai materiali in PE ed una soluzione competitiva agli attuali shopper in plastica biodegradabile in commercio.



Per maggiori informazioni e specifiche del prodotto, contattare:

MICROTEC S.r.l.

Uffici e Magazzino: Via Po, 53/55  
30030 Pianiga (VE), ITALY

Tel +39.041.5190621

Fax +39.041.5194765

E-mail: [info@microtecsrl.com](mailto:info@microtecsrl.com)



[www.mastercolour.eu](http://www.mastercolour.eu)

[www.biocomp.it](http://www.biocomp.it)

I dati di cui sopra sono forniti al meglio delle nostre conoscenze ed esperienze. Devono essere considerati attendibili, ma non una totale garanzia di idoneità del prodotto per ogni singola applicazione. E' sempre necessaria una prova preliminare del prodotto alle condizioni specifiche del cliente per stabilire l'idoneità.

## Informazioni Tecniche

Test	Metodologia	Unità	Valori
Densità	D792	g/cm <sup>3</sup>	1.3
MFI (170°C, 2.16Kg, 10 minuti)		170°C/5Kg/ 10min	2,71
Umidità		ppm	500-600
Carico a Rottura Longitudinale	UNI11415:2011	MPa	32,3
Carico a Rottura Trasversale	UNI 11415:2011	MPa	22,2
Allungamento a Rottura Longitudinale	UNI 11415:2011	%	180
Allungamento a Rottura Trasversale	UNI 11415:2011	%	590
Resistenza all'Urto	UNI EN ISP 7765- 1:2005	Massa Critica (g)	193
Resistenza alla Lacerazione Longitudinale	UNI EN ISO 6383- 2:2005	N	0,34
Resistenza alla Lacerazione Trasversale	UNI EN ISO 6383- 2:2005	N	4,50
Resistenza Carico Dinamico	UNI 11415:2011	Sacchetto	B

## Imballaggio

Tutte le resine BioComp® sono fornite sotto forma di granulo in box da 800Kg.

## Immagazzinamento

Lunghi periodi di immagazzinamento potrebbero essere causa di variazioni nel contenuto di umidità. Tali cambiamenti possono variare a seconda delle condizioni atmosferiche del luogo di deposito del materiale. Per questo motivo, BioComp® BF 3051 deve essere conservato in contenitori chiusi e sigillati in luoghi freschi ed asciutti e lontani dalla luce diretta del sole. Non è consigliato lasciare aperti i contenitori di BioComp® BF 3051 durante le procedure di lavorazione per più di 5-6 ore.



Per maggiori informazioni e specifiche del prodotto, contattare:

MICROTEC S.r.l.

Uffici e Magazzino: Via Po, 53/55  
30030 Pianiga (VE), ITALY

Tel +39.041.5190621

Fax +39.041.5194765

E-mail: [info@microtecsrl.com](mailto:info@microtecsrl.com)



[www.mastercolour.eu](http://www.mastercolour.eu)

[www.biocomp.it](http://www.biocomp.it)

I dati di cui sopra sono forniti al meglio delle nostre conoscenze ed esperienze. Devono essere considerati attendibili, ma non una totale garanzia di idoneità del prodotto per ogni singola applicazione. E' sempre necessaria una prova preliminare del prodotto alle condizioni specifiche del cliente per stabilire l'idoneità.

## **RINGRAZIAMENTI**

Desidero ringraziare il Dott. Zanin, relatore di questa tesi, per la disponibilità e cortesia dimostratemi e per tutto l'aiuto fornito durante la stesura. Inoltre, ringrazio il Dott. Nicoletto che è stato sempre disponibile a dirimere i miei dubbi durante l'elaborazione dei dati e durante i rilievi in campo.

Un sentito ringraziamento ai miei genitori che, con il loro sostegno morale ed economico, mi hanno permesso di raggiungere questo traguardo.

Come non ringraziare anche Giada, la mia fidanzata e compagna di tanti momenti, che con estrema pazienza ha sopportato i miei sbalzi di umore quando, sotto stress per un esame, non avevo altra valvola di sfogo che lei, che mi ha sempre incoraggiato dicendomi che potevo farcela.