

Bologna, 03 Gennaio, 2022

OGGETTO: SINTESI DELLA RELAZIONE FINALE DI PROGETTO: LIGHT ON SHELF-LIFE

"Fondo per il finanziamento di progetti innovativi, anche relativi alla ricerca e allo sviluppo tecnologico nel campo della shelf life dei prodotti alimentari e del confezionamento dei medesimi, finalizzati alla limitazione degli sprechi e all'impiego delle eccedenze"

Il presente documento presenta la sintesi delle attività svolte ed i risultati ottenuti nell'ambito del progetto "Light on Shelf Life", CUP: J56J20000410008. Il documento include informazioni relative all'acquisizione di strumenti e materiali per la realizzazione delle prove ed i risultati sperimentali e divulgativi ottenuti dal progetto.

In fede,

Prof. Francesco Orsini Professore Associato di Orticoltura Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroalimentari Università di Bologna Alma Mater Studiorum Viale G. Fanin 44, 40127 Bologna

e-mail: f.orsini@unibo.it



#### **SOMMARIO**

1. [	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	3
2.11	MPLEMENTAZIONE DEL SISTEMA SPERIMENTALE E PERSONALE COINVOLTO	4
2	2.1. Allestimento del sistema sperimentale	4
2	2.2 Personale di ricerca coinvolto	5
3. <i>F</i>	ATTIVITA' SPERIMENTALE	6
3	3.1. Prove sperimentali con LED lighting in post-raccolta	6
	3.1.1. Influenza di diversi colori sulla shelf life e qualità nutrizionale del pomodoro	7
	3.1.2. Influenza di diversi fotoperiodi di rosso monocromatico sulla shelf life e qualità nutritiva del pomodoro	10
3	3.2. Prove sperimentali con LED lighting in pre-raccolta	17
	3.2.1. Valutazione preliminare degli effetti di illuminazione LED supplementare in serra durante la coltivazione sulla qualità post-raccolta del pomodoro	17
	3.2.2. Effetto del LED nell'interazione pianta-patogeno e nella fisiologia delle piante di kiwi	19



## 1. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Una funzione importante delle tecniche di trasformazione alimentare è quella di ridurre le perdite post-raccolto, sia in termini di qualità che di quantità. Una buona qualità post-raccolto comprende la qualità visiva, tessiturale, nutrizionale e gustativa, l'assenza di agenti patogeni di origine alimentare, nonché il ritardo nel deterioramento del cibo da parte dei microrganismi. È stato osservato che alcuni alimenti, come le verdure a foglia, se esposti alla luce mantengono una migliore qualità rispetto a quelli conservati al buio, sebbene ci sia ancora una mancanza di chiarezza sull'effetto della luce rispetto alla qualità post-raccolta delle piante e dei frutti. Pertanto, una maggiore comprensione del rapporto tra la qualità della luce e la qualità post-raccolta potrebbe portare ad applicazioni potenzialmente utili nella conservazione di frutta e verdura.



*Figura 1*. Frutta e verdura di stagione.

Diverse analisi sono state effettuate attraverso misurazioni distruttive e non distruttive al fine di verificare i diversi effetti della luce LED sulle proprietà post-raccolta di frutta e verdura. Alcuni degli argomenti indagati sono:

- -la possibilità di ritardare la senescenza e di migliorare la capacità nutrizionale degli alimenti;
- l'accelerazione o il ritardo della maturazione dei frutti mediante LED;
- la prevenzione dal deterioramento da parte di funghi mediante LED;
- la valutazione generale dell'applicazione dei LED nella conservazione post-raccolta.

Il progetto si propone di definire protocolli di utilizzo della luce LED prima o durante lo stoccaggio, fornendo indicazioni specifiche su intensità luminosa, durata e cicli di trattamento e composizione spettrale ottimali.



# 2.IMPLEMENTAZIONE DEL SISTEMA SPERIMENTALE E PERSONALE COINVOLTO

#### 2.1. Allestimento del sistema sperimentale

Le prove del progetto sono state ospitate in una camera isotermica appositamente allestita (Fig. 2 e 3). I sistemi prototipali realizzati per ospitare le prove, posseggono le seguenti caratteristiche tecniche:

- Cella climatica con controllo di temperatura e attivatori d'aria, integrata con prese elettriche per l'allacciamento degli scompartimenti sperimentali.
- 27 scompartimenti sperimentali, equipaggiati con sistemi di ventilazione indipendente per garantire uniformità climatica e sportelli con aggancio magnetico per facilitare le operazioni di misura.
- Lampade LED sperimentali, con controllo remoto della composizione spettrale, del fotoperiodo e dell'intensità luminosa. Possibilità di gestione simultanea di 9 trattamenti luminosi, ciascuno distribuito su 3 scompartimenti, corrispondenti alle repliche sperimentali. Integrazione di tecnologie sperimentali per la modulazione della pulsazione luminosa e misuratori del consumo elettrico per studi di efficienza energetica.



Figura 2. La camera isotermica per ricerca sulla luce artificiale realizzata presso il DISTAL.





Figura 3. Disposizione degli scompartimenti sperimentali con illuminazione LED.

### 2.2 Personale di ricerca coinvolto

Nelle attività realizzate sono stati coinvolte i seguenti ricercatori del DISTAL:

#### Personale strutturato

Prof. Francesco Orsini (Professore Associato)

Prof. Francesco Spinelli (Professore Associato)

Dr. Giuseppina Pennisi (RTD-A)

Dr. Chiara Pastore (RTD-A)

Dr. Giovanni Fiori (Tecnico)

#### Personale non strutturato

Dr. Ivan Paucek Pagan (Borsista)

Dr. Elisa Appolloni (Studente di Dottorato di Ricerca)

Dr. Alessandro Pistillo (Borsista)

Dr. Elisa Frasnetti (Borsista)



## 3. ATTIVITA' SPERIMENTALE

#### 3.1. Prove sperimentali con LED lighting in post-raccolta

Nei primi mesi del progetto, sono state realizzate delle prove sperimentali preliminari (1ª e 2ª prova), presso il Centro sperimentale di patologia per la conservazione e la trasformazione degli ortoflorofrutticoli (CRIOF) di Cadriano, nel comune di Granarolo nell'Emilia (Bologna) (Fig. 4). Successivamente, una volta completata l'attrezzatura della camera isotermica destinata al progetto (Fig. 2), è stato effettuata la 3ª prova sperimentale nelle celle a disposizione del Dipartimento di Scienze e Tecnologie AgroAlimentari (DISTAL) dell'Università di Bologna Alma Mater Studiorum.

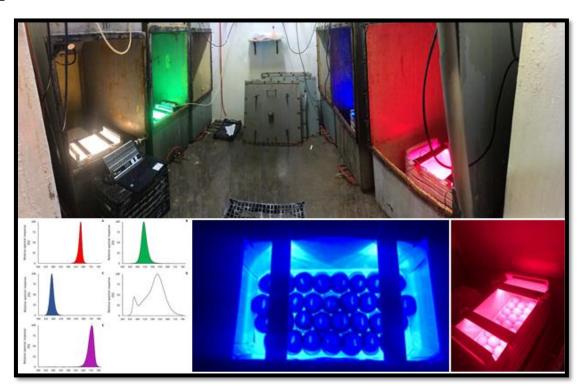


Figura 4. Prove sperimentali realizzate presso il CRIOF e composizione degli spettri luminosi impiegati.

Inizialmente le prove hanno interessato la conservazione di pomodoro da mensa, ottenuto presso l'azienda I-POM Pellerossa (Mezzolara di Budrio, Bologna) e coltivato in serra ad alta tecnologia, con impiego di sistema idroponico a ciclo semi-chiuso ed integrazione del fabbisogno energetico tramite bio-digestore integrato alla serra. Inoltre, è stato valutato l'effetto dell'illuminazione a LED sulla conservazione delle fragole.



# 3.1.1. Influenza di diversi colori sulla shelf life e qualità nutrizionale del pomodoro (1ª Prova sperimentale post-raccolta)

Il pomodoro è un frutto climaterico che può maturare dopo il raccolto. Il processo di maturazione comporta un progressivo accumulo della produzione di etilene, che porta ad alterazioni biochimiche, fisiologiche e strutturali, con conseguente sviluppo di colore, consistenza, sapore e aroma. Tali caratteristiche qualitative, quali il colore del pomodoro, la fermezza, il sapore, le lesioni da raffreddamento e la durata e la sicurezza postraccolta, possono determinare la scelta alimentare dei consumatori e il valore commerciabile del frutto. Tuttavia, dopo il raccolto, la qualità dei pomodori si deteriora, influenzata da importanti fattori quali la respirazione dei pomodori, la traspirazione e la produzione di etilene. Di conseguenza, una più ampia gamma di pratiche post-raccolta viene regolarmente utilizzata per prolungare la durata di conservazione e mantenere il valore nutrizionale del prodotto.

In questa prima prova, i pomodori sono stati raccolti nella fase di "Turning" (con una colorazione verdegiallastra) e sono stati conservati a temperatura costante di 13°C (corrispondente alle condizioni comunemente impiegate nella cella dell'azienda commerciale I-POM Pellerossa), per un periodo di 21 giorni. All'interno della cella sono stati impiegati 6 trattamenti luminosi (al buio, come trattamento di controllo, e in presenza di radiazione nelle frazioni spettrali del bianco, blu, rosso, verde e rosso lontano). I trattamenti luminosi sono stati forniti da lampade LED ad alta efficienza energetica (dell'azienda FLYTECH® e già di proprietà del DISTAL), settate in modo da fornire un'intensità luminosa pari a 55  $\mu$ mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, per 24 ore al giorno.

I rilievi sperimentali sono stati effettuati all'inizio del periodo di conservazione e dopo rispettivamente 7, 14 e 21 giorni.

Le misure sperimentali ad ogni data di misura sono state le seguenti:

- > <u>Analisi non distruttive</u>: calo di peso, diametro e altezza dei frutti (tramite calibro), indice di maturazione (tramite DA-Meter) e analisi colorimetrica (tramite colorimetro);
- > <u>Analisi distruttive:</u> consistenza della polpa (tramite penetrometro), solidi solubili totali (°Brix, tramite refrattometro) e acidità dei frutti (tramite titolatore di acidità);
- > Analisi biochimiche: contenuto in licopene, beta-carotene, capacità antiossidante e fenoli.

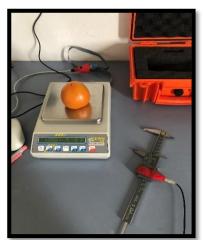




*Figura 5.* Selezione iniziale e misurazione dei pomodori con lo strumento DA-Meter.



**Figura 6.** Esposizione dei pomodori ai trattamenti luminosi bianco, blu e rosso.



**Figura 7**. Misurazione del peso del pomodoro con bilancia digitale e misura di diametro e altezza con calibro.



Figura 8. Strumento per la misura della durezza della buccia (Durofel).





Figura 9. Misurazione della consistenza della polpa del pomodoro con lo strumento penetrometro.



Figura 10. Strumento rifrattometro per la misurazione dei solidi solubili.

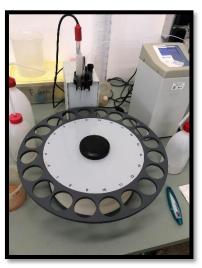


Figura 11. Strumento per la misura dell'acidità titolabile.



**Figura 12.** Numerazione di ciascun pomodoro e analisi visiva.



Figura 13. Preparativi per l'analisi biochimica.

#### <u>Risultati</u>

I risultati hanno mostrato il potenziale dei trattamenti LED per prolungare e migliorare alcuni parametri di qualità del pomodoro. Durante il primo esperimento, il misuratore di assorbanza differenziale (DA), che misura il contenuto di clorofilla nel frutto e, di conseguenza, il suo stadio di maturazione, ha dimostrato che la luce blu si è rivelata un'applicazione efficace per ritardare la maturazione del frutto. Inoltre, la luce rossa e il rosso lontano hanno promosso una maggiore induzione di licopene per tutto il periodo di conservazione. Inoltre, lo spettro blu ha aumentato il contenuto di licopene nei pomodori tra 7 e 21 giorni di conservazione.



## 3.1.2. Influenza di diversi fotoperiodi di rosso monocromatico sulla shelf life e qualità nutritiva del pomodoro (2ª Prova sperimentale post-raccolta)

La seconda prova ha valutato l'effetto di diverse durate del trattamento luminoso sulla conservazione del pomodoro. I pomodori sono stati raccolti nella fase di "Turning" (con una colorazione verde-giallastra) e conservati a  $13^{\circ}$ C per un periodo di 18 giorni. All'interno della cella sono stati effettuati 6 trattamenti con illuminazione monocromatica rossa e diversi fotoperiodi (24h, 12h, 6h, 3h, 1h e un controllo al buio). Il colore rosso è stato scelto in quanto, durante la prima sperimentazione, ha determinato un minore perdita di peso, oltre a risultati interessanti in diversi parametri fisico-chimici analizzati. I trattamenti sono stati effettuati con un'intensità luminosa di circa  $55 \, \mu$ mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.



Figura 14. Identificazione iniziale di ciascun pomodoro e la loro distribuzione nei vari trattamenti luminosi.

I campioni sperimentali sono stati prelevati all'inizio del periodo di conservazione e durante il periodo di conservazione (il 6°, 12° e 18° giorno).

Le misure sperimentali ad ogni data di misura sono state le seguenti:

- > <u>Analisi non distruttive</u>: calo di peso, diametro e altezza dei frutti (tramite calibro), indice di maturazione (tramite DA-Meter) e analisi colorimetrica (tramite colorimetro);
- > <u>Analisi distruttive</u>: consistenza della polpa (tramite penetrometro), solidi solubili totali (°Brix, tramite refrattometro) e acidità dei frutti (tramite titolatore di acidità);
- > Analisi biochimiche: contenuto in licopene, beta-carotene, capacità antiossidante e fenoli.





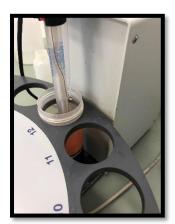
Figura 15. Selezione iniziale dei pomodori.



**Figura 16.** Pomodori selezionati dal trattamento "3 ore" per la realizzazione di misure distruttive.



**Figura 17.** Misurazione della consistenza della polpa del pomodoro con lo strumento penetrometro.



**Figura 19**. Misurazione dell'acidità titolabile.



Figura 20. Centrifugazione di campioni di pomodoro per la determinazione di composti biochimici.



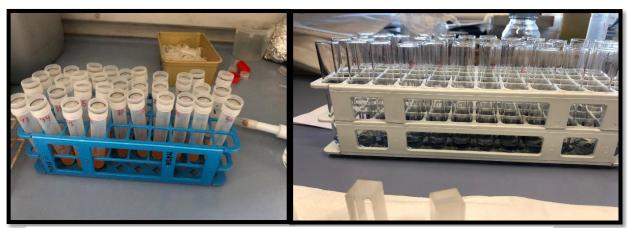


Figura 21. Preparazione dei campioni per la determinazione dei composti biochimici.

#### <u>Risultati</u>

La luce rossa è stata scelta per analizzare diversi tempi di luce durante la giornata. Brevi fotoperiodi (1-3 ore) rappresentano la durata potenzialmente migliore per controllare la senescenza, avendo riscontrato una perdita di peso non significativo, rispetto ai pomodori conservati al buio. Inoltre, 1 ora al giorno di irradiazione di luce rossa ha migliorato il contenuto di licopene dei pomodori, in particolare tra 12 e 18 giorni di conservazione.



# 3.1.3. Influenza di diversi colori e fotoperiodi nella shelf life e qualità nutrizionale della fragola (3º Prova sperimentale post-raccolta)

Una volta completata e messa a disposizione la camera isotermica destinata ad accogliere le prove del progetto, si è proceduto alla prima prova sperimentale al suo interno con l'obiettivo di valutare l'effetto di diversi trattamenti luminosi sulla conservazione delle fragole.



Figura 22. Numerazione iniziale delle fragole per la loro distribuzione nei vari scompartimenti luminosi.

A tal fine sono state introdotte nella camera isotermica un totale di 910 fragole allo stesso grado di maturazione, allo scopo di iniziare la sperimentazione con fragole allo stesso stato fenologico. I frutti sono stati distribuiti in 27 scomparti con 3 repliche, per un totale di 30 fragole a scomparto. Sono stati applicati 9 diversi trattamenti luminosi (90 fragole per trattamento) con diverse intensità e fotoperiodi, descritti di seguito:

- 4 Trattamenti con illuminazione continua di 48 ore durante i primi 2 giorni di conservazione, seguita da un periodo di oscurità nei prossimi giorni di conservazione:
  - o (a) Rosso (intensità 80 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)
  - o (b) Blu (intensità 80  $\mu$ mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)
  - o (c) Far-red (intensità 80  $\mu$ mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)
  - o (d) UV-A (con intensità 30  $\mu$ mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> non essendo possibile fornire intensità maggiori a fronte delle caratteristiche delle lampade).



- 4 Trattamenti con illuminazione intermittente corrispondente a 12h di illuminazione durante il primo giorno di conservazione e altre 12 ore di illuminazione durante il secondo giorno, seguito da un periodo di oscurità nei seguenti giorni di conservazione:
  - o (e) Rosso (intensità 80 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)
  - o (f) Blu (intensità 80  $\mu$ mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)
  - o (g) Far-red (intensità 80 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)
  - o (h) UV-A (con intensità 30  $\mu$ mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> non essendo possibile fornire intensità maggiori a fronte delle caratteristiche delle lampade).
- 1 Trattamento Controllo in cui i frutti sono stati disposti al buio durante il periodo di conservazione.



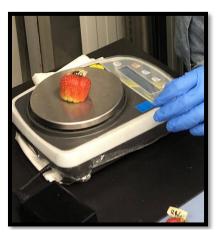
Figura 23. Immagini dei diversi trattamenti luminosi impiegati nel test.



Le fragole sono state esposte a 7 giorni di conservazione a una temperatura di 5ºC e le misurazioni sono state effettuate durante il 1°, il 4° e il 7° giorno. Le fragole sono state posizionate verticalmente (con il peduncolo orientato verso il basso) al fine di facilitare l'esposizione luminosa su tutta la superficie del frutto.

Le misure sperimentali ad ogni data di misura sono state le seguenti:

- > <u>Analisi non distruttiva</u>: perdita di peso, perdita di larghezza e altezza del frutto (tramite calibro), indice di maturazione (tramite DA-meter) e analisi colorimetrica (tramite colorimetro).
- > <u>Analisi distruttiva</u>: colorazione interna del frutto (tramite colorimetro), consistenza (tramite penetrometro), solidi solubili totali (°Brix, tramite rifrattometro) e acidità dei frutti (tramite titolatore di acidità), solubilità solidi totali/ acidità rapporto, peso secco (tramite stufa).



**Figura 24.** Misurazione del peso delle fragole all'interno della camera isotermica.

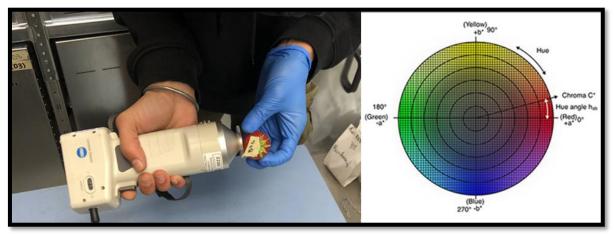


Figura 25. Strumento colorimetro e grafico esplicativo dei valori dei suoi indici.





**Figura 26.** Misurazione del livello di acidità titolabile.



**Figura 27.** Preparazione delle fragole prima dell'introduzione nella stufa e successiva misurazione del contenuto secco.

#### <u>Risultati</u>

I risultati preliminari suggeriscono che l'applicazione della luce LED nei primi giorni di stoccaggio potrebbe effettivamente migliorare alcuni parametri di qualità delle fragole. In particolare, la luce blu influenza positivamente il rapporto SSC/TA (correlato con il sapore) e il contenuto di materia secca. Per quanto riguarda il tempo di esposizione alla luce, per prolungare la durata di conservazione, l'irradiazione intermittente sembra essere più efficace dell'irradiazione continua.



#### 3.2. Prove sperimentali con LED lighting in pre-raccolta

3.2.1. Valutazione preliminare degli effetti di illuminazione LED supplementare in serra durante la coltivazione sulla qualità post-raccolta del pomodoro (1º Prova sperimentale pre-raccolta)

Nell'ambito del progetto è stato studiato l'effetto su qualità e conservabilità del prodotto in risposta ad illuminazione LED supplementare durante la fase di coltivazione.

Le prove sono state svolte presso l'azienda I-POM Pellerossa (Mezzolara di Budrio, Bologna), in una serra ad alta tecnologia, con impiego di sistema idroponico a ciclo semi-chiuso ed integrazione del fabbisogno energetico tramite bio-digestore integrato alla serra. Le piante di pomodoro di varietà Siranzo sono state allevate con il metodo olandese dell'high-wire system, raggiungendo circa 4 metri di altezza e una densità di coltivazione di 3 piante m<sup>-2</sup>.

I trattamenti LED hanno interessato il periodo tra inizio settembre e fine ottobre 2020 e sono consistiti in:

- (a) Luce rossa:blu (rapporto = 3:1), 170  $\mu$ mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (RB)
- (b) Luce rossa:blu (rapporto = 3:1), 170  $\mu$ mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> + Far-red, 40  $\mu$ mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (FR)
- (c) Luce rossa:blu (rapporto = 3:1), 170  $\mu$ mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> + Far-red alla fine del giorno per 30 minuti dopo il fotoperiodo, 40  $\mu$ mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (EOD)

Tutti i trattamenti hanno ricevuto un fotoperiodo di 16 h giorno<sup>-1</sup> (8:00). Oltre ai trattamenti sopracitati, è stato considerato un trattamento di controllo coltivato con sola luce naturale (CK).

A fine ottobre i pomodori di ciascun trattamento, incluso il controllo, sono stati raccolti e conservati al buio a una temperatura costante di 13°C (corrispondente alle condizioni comunemente impiegate nella cella dell'azienda commerciale I-POM), per un periodo di una settimana. I rilievi sperimentali sono stati effettuati dopo un giorno (TIME 1) di conservazione e dopo una settimana di conservazione (TIME 2).

Le misure sperimentali ad ogni data di misura sono state le seguenti:

- > <u>Analisi non distruttive</u>: durezza della buccia (Durofel), indice di maturazione (DA-Meter) (dato non riportato) e analisi colorimetrica (Colorimetro); perdita di peso.
- > <u>Analisi distruttive</u>: consistenza della polpa (Penetrometro), solidi solubili totali (°Brix) e acidità dei frutti (Titolatore di acidità);
- > Analisi biochimiche: contenuto in licopene, beta-carotene, capacità antiossidante e fenoli totali.





Figura 28. Disposizione del trattamento luminoso durante la coltivazione.



**Figura 29**. Misurazione della durezza della polpa con il penetrometro.



**Figura 30.** Preparazione dei campioni per la determinazione dei composti biochimici.

#### Risultati

I risultati preliminari hanno mostrato una capacità del trattamento LED, in particolare rosso:blu e rosso:blu + Far-Red, di mantenere la durezza della buccia rispetto ai frutti coltivati con la sola luce solare, dopo una settimana di conservazione. Questo risultato potrebbe essere particolarmente interessante nella fase di trasporto, aiutando a ridurre le perdite per maneggiamento. Inoltre, il trattamento rosso:blu ha mostrato una significativa efficacia nell'aumentare il contenuto di licopene e  $\beta$ -carotene dopo una settimana di conservazione rispetto al controllo.



## 3.2.2. Effetto del LED nell'interazione pianta-patogeno e nella fisiologia delle piante di kiwi (2º Prova sperimentale pre-raccolta)

Sono stati studiati gli effetti della qualità della luce sull'interazione pianta-patogeno e sulla fisiologia delle piante.

Piante di *Actinidia chinensis* var. *deliciosa* 'Hayward' (Dalmonte nursery, Ravenna, Italy) di due mesi di età coltivate in vasi di plastica (10x10x12 cm) sono state sottoposte a diversi trattamenti di illuminazione a LED, testati in compartimenti di coltivazione separati. L'esperimento è stato eseguito all'interno della camera climatica del DISTAL attrezzata nel corso del progetto "Light on Shelf Life" (temperatura di  $21\pm1^{\circ}$ C e RH dell'80  $\pm$  6%). Per i 9 trattamenti luminosi sono state impiegate le seguenti componenti luminose: 3 combinazioni di luce rossa e blu (diodi rosso e blu con diversi rapporti rosso:blu (RB) pari a 0,5, 1 e 3), 1 trattamento monocromatico rosso, 1 trattamento monocromatico blu, 1 trattamento monocromatico verde e 1 trattamento di luce bianca). In tutti i trattamenti, sono state adottate sia la stessa densità di flusso fotosintetico (PPFD, 200  $\pm$  8 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) che lo stesso fotoperiodo (16/8 luce/buio). Ogni trattamento è stato replicato in tre scompartimenti separati.



Figura 31. Disposizione dei trattamenti luminosi nella cella climatica con le piante di Actinidia.

Dopo due settimane di esposizione alla luce, in ogni trattamento le piante sono state separate in due gruppi: 4 piante per il gruppo di controllo e 5 piante per il gruppo infetto. I gruppi sono stati collocati in compartimenti fisicamente separati. Le foglie delle piante sono state inoculate a spruzzo con Psa (CFBP 7286) (4x107 CFU/mL) o 10 mM MgSO<sub>4</sub> fino a esaurimento della soluzione. La gravità della malattia, l'indice di malattia e la popolazione di Psa sono stati determinati 21 giorni dopo l'inoculazione.



Per la valutazione dell'effetto di ciascun trattamento di luce sulla fisiologia delle piante, sulla crescita delle piante (ad es. numero di nuove foglie coltivate, altezza dei germogli, fusto e foglie di peso fresco/secco (FW/DW), superficie fogliare (LSA) e superficie fogliare specifica (SLA)) e misurazioni relative alla fotosintesi (ad es. clorofilla, fluorescenza, fotosintesi netta, conduttanza stomatica, traspirazione).



Figura 32. Piante in ogni trattamento di luce alla fine dell'esperimento.

#### Risultati

Questo esperimento ha mostrato una riduzione della gravità della malattia sulle piante trattate con luce blu al 100%, rispetto agli altri trattamenti. Inoltre, i trattamenti con le più alte percentuali di luce blu hanno mostrato una migliore correlazione con la crescita delle piante e l'efficienza fotosintetica.