

IL CENTRO STUDI E RICERCA IN AGRICOLTURA URBANA E BIODIVERSITÀ DELL'UNIVERSITÀ DI BOLOGNA HA VALUTATO LE RISPOSTE DI ORTICOLEDAFOGLIAE AROMATICHE A DIVERSI TRATTAMENTI DI LUCE A LED

LUCE ARTIFICIALE PER SISTEMI INDOOR



produzione agricola. In tali sistemi la coltivazione avviene in ambienti chiusi in cui è possibile controllare tutti i fattori ambientali. Ciò permette di produrre durante tutto l'anno e di aumentare le rese fino a 23 volte rispetto ai sistemi tradizionali. Inoltre, permette di migliorare la qualità e ottenere una maggiore stabilità nella produzione.

L'impiego dell'idroponica migliora l'efficienza d'uso delle risorse rispetto ai tradizionali sistemi di coltivazione, consentendo un risparmio di acqua (fino al 97%) e di nutrienti, grazie al riciclo della soluzione nutritiva drenata. L'illuminazione artificiale è imprescindibile per sviluppare questi sistemi. Ne consegue che, ad oggi, lo sviluppo e la diffusione del comparto siano limitati dai sostenuti costi energetici e di impianto.

La rivoluzione parte dalla luce

La luce è un fattore di fondamentale importanza per la crescita delle piante. Un'accurata gestione dell'illuminazione consente di modulare le risposte di crescita delle specie coltivate, di modificarne la stagionalità ed incrementarne il metabolismo secondario. L'illuminazione a Led ha rivoluzionato il settore agricolo in serra e in ambiente controllato. Negli ultimi anni questa

I cambiamenti climatici e il deperimento delle risorse naturali disponibili rappresentano importanti sfide per i sistemi agricoli attuali. Nei prossimi decenni sarà necessario soddisfare richieste crescenti di alimenti per sfamare città sempre più grandi, cercando di ridurre il più possibile l'impatto ambientale.

In questo contesto si sta diffondendo l'uso di sistemi innovativi di coltivazione, noti come indoor farms o Plant factories with artificial lighting (Pfal) o vertical farms, indipendenti dalla luce naturale e dal suolo agrario, che possono essere sviluppati in ambiente urbano, consentendo la riconversione di edifici abbandonati in spazi di

di Alessandro Pistillo,
Giuseppina Pennisi,
Francesco Orsini,
Giorgio Prosdocimi Gianquinto



Nel sistema idroponico deep-water culture le radici crescono immerse nella soluzione nutritiva, costantemente areata, contenuta all'interno di vasi di plastica rivestiti con tessuto coprente nero

tecnologia ha visto notevoli miglioramenti nell'efficienza di conversione dell'energia elettrica in energia luminosa. Essendo in grado di rispondere alle esigenze delle piante in termini di intensità e qualità della luce, permette di selezionare in maniera precisa il tipo di onde da fornire alle colture, evitando sprechi energetici.

Quest'ultimo aspetto è di fondamentale importanza, poiché all'interno dello spettro luminoso le frazioni del blu (400-500 nm) e del rosso (500-600 nm) sono quelle ritenute più importanti per la fotosintesi delle piante.

L'orientamento della ricerca

Tra le specie che si prestano alla coltivazione in ambiente protetto mediante illuminazione artificiale, le più studiate per valutazioni di tipo fisiologico e qualitativo sono lattuga (*Lactuca sativa* L.) e basilico (*Ocimum basilicum* L.).

Le due colture risultano idonee grazie alle piccole dimensioni, al breve periodo di sviluppo e alla possibilità di utilizzare un'illuminazione costante per l'intero ciclo di coltivazione. Altre orticole da foglia di crescente interesse per la coltivazione indoor con luce artificiale

sono rucola (*Eruca sativa* Mill.) e cicoria (*Cichorium intybus* L.).

Ad oggi, buona parte della ricerca in questo ambito ha avuto come scopo l'aumento di resa e il miglioramento della qualità del prodotto, prestando poca attenzione agli aspetti di sostenibilità di tali sistemi produttivi rispetto a quelli tradizionali. È evidente però che, tra i più importanti obiettivi della ricerca per migliorare le performance ambientali dell'indoor farming, sia necessario intervenire sulla riduzione dei consumi energetici associati all'illuminazione.

La sperimentazione

Grazie al lavoro del Centro studi e ricerca in agricoltura urbana e biodiversità (Rescue-ab) del Dipartimento di scienze e tecnologie agro-alimentari dell'Università di Bologna, supportato dall'azienda Flytech® (BI) che ha fornito le lampade Led per la sperimentazione, sono state fatte delle ricerche volte a comprendere meglio le relazioni che intercorrono tra specie orticole e aromatiche, illuminazione artificiale e performance nell'impiego delle risorse. La sperimentazione ha avuto luogo nelle serre del Distal, in compartimenti separati (0.6 m² ciascuno) all'interno di una cella climatica con condizioni di temperatura (24°C) e umidità relativa (55-70%) mantenute costanti. Un sistema di ventilazione garantisce il

ricambio d'aria all'interno degli scompartimenti. Inoltre, per avere un'illuminazione omogenea e l'isolamento dall'esterno, le pareti interne delle camere sono state rivestite di pannelli di polistirene bianco.

In ogni camera sono state installate lampade Led in grado di generare diversi rapporti di luce rossa e blu (Rb), mantenendo costante l'intensità luminosa. I rapporti di luce a Led utilizzati sono stati: 0.5, 1, 2, 3, 4 e il trattamento di controllo è stato realizzato mediante l'impiego di lampade a fluorescenza. Dopo la germinazione e il raggiungimento dello stadio di due foglie vere, le piante sono state trasferite in sistemi idroponici singoli assimilabili ad un sistema di deep-water culture, costituiti da vasetti in plastica riempiti di soluzione nutritiva costantemente areata, in cui le radici erano direttamente immerse nella soluzione nutritiva. Le piante sono poi state collocate nelle camere di crescita e sottoposte ai diversi trattamenti luminosi.

I molteplici vantaggi

In un primo studio sono stati valutati lo sviluppo e l'efficienza d'uso delle risorse di basilico coltivato usando i differenti rapporti di luce rossa e blu prima citati. Dalla sperimentazione è emerso come l'illuminazione con rapporto Rb=3 abbia permesso di ottenere la massima resa (21 g/pianta) ed il miglior valore di efficienza d'uso dell'acqua (45 g/L H₂O).

Quest'ultimo dato, se confrontato con i valori di efficienza d'uso dell'acqua per i tradizionali sistemi di coltivazione in pieno campo (circa 3 g/L H₂O) o in serra (circa 22 g/L H₂O), rende evidente il grande potenziale di tali sistemi nel limitare gli sprechi idrici.

La combinazione di sistemi idroponici e illuminazione artificiale permette di sviluppare in verticale la coltivazione, incrementando le rese per unità di superficie fino a 25 volte rispetto a sistemi di coltivazione in pieno campo. Sulla base dei risultati della ricerca, ipotizzando un sistema di coltivazione di basilico su 10 livelli, risulta ottenibile una resa di circa 1 kg di prodotto fresco per metro quadro al giorno, valore di circa 10 volte superiore ai tradizionali metodi di coltivazione.

Da notare che le piante coltivate con rapporto di luce $R_b=3$ hanno presentato un maggiore contenuto in composti antiossidanti, confermando come sia possibile creare delle condizioni di coltivazione in grado di migliorare le caratteristiche qualitative dei prodotti.

Un focus sull'efficienza ambientale

Migliorare l'efficienza d'uso dell'energia è un punto fondamentale. Per tale motivo è stato condotto un secondo

Bibliografia

Per ulteriori approfondimenti, si rimanda alle pubblicazioni originali:

Giuseppina Pennisi, Esther Sanyé-Mengual, Francesco Orsini, Andrea Crepaldi, Silvana Nicola, Jesús Ochoa, Juan A. Fernandez, Giorgio Prosdocimi Gianquinto (2019). Modelling environmental burdens of indoor-grown vegetables and herbs as affected by red and blue Led lighting. Sustainability 11:4063. doi:10.3390/su11154063

Giuseppina Pennisi, Sonia Blasioli, Antonio Cellini, Lorenzo Maia, Andrea Crepaldi, Ilaria Braschi, Francesco Spinelli, Silvana Nicola, Juan A. Fernandez, Cecilia Stanghellini, Leo F. M. Marcelis, Francesco Orsini, Giorgio Prosdocimi Gianquinto (2019). Unraveling the role of red:blue Led lights on resource use efficiency and nutritional properties of indoor grown sweet basil. Frontiers in plant science 10:305. doi:10.3389/fpls.2019.00305

studio che ha valutato le performance di efficienza ambientale di sistemi indoor con illuminazione Led.

Sono stati ottenuti dei dati sulla produzione indoor di ortaggi da foglia e aromatiche, al fine di fare delle valutazioni mediante l'analisi Life cycle assessment (Lca) e Life cycle costing (Lcc). Il primo parametro permette di quantificare il consumo di risorse e le emissioni associate alla produzione di un bene o servizio mettendoli in relazione con gli impatti sull'ambiente e la salute; il secondo di esaminare i costi di produzione.

Sono state studiate 4 specie: lattuga, cicoria, basilico e rucola. Similmente all'esperienza precedente, ogni specie è stata sottoposta a differenti trattamenti Led in cui, a parità di intensità luminosa, sono stati testati i diversi rapporti di luce rossa e blu di cui sopra. Per questo esperimento è stato impiegato il medesimo sistema colturale descritto in precedenza e lampade Led dell'azienda Flytech® (BI).

I risultati ottenuti dipendono dal consumo elettrico delle lampade e dall'influenza della luce sulla fisiologia della pianta, che ha modificato la resa e i consumi idrici. Il maggiore impatto è risultato con $R_b=1$ per la cicoria e il minore con $R_b=3$ sulla lattuga. Il consumo di energia elettrica è risultato il principale fattore associato agli impatti ambientali ed economici. I diversi trattamenti hanno influenzato il consumo totale di elettricità, che variava da un minimo di 30.6 kWh per la lattuga ($R_b=0.5$) ad un massimo di 51.7 kWh per il basilico ($R_b=3$ e 4). Non è stato possibile identificare un'unica soluzione ottimale di illuminazione per tutte le specie vegetali; ciò si deve alle diverse caratteristiche intrinseche delle quattro

colture.

Per quanto riguarda la produzione di biomassa, i più alti valori sono stati ottenuti con un rapporto $R_b=3$ per lattuga (103.6 kg/m²/anno) e $R_b\geq 2$ per basilico (54.7 kg/m²/anno), rucola (52.3 kg/m²/anno) e cicoria (37.1 kg/m²/anno). Considerando le performance di efficienza ambientale delle singole specie, i migliori risultati sono stati ottenuti con un rapporto di luce pari a $R_b=3$ per la lattuga, $R_b=2$ per il basilico, $R_b=4$ per rucola e cicoria. Le differenze sono il risultato delle caratteristiche della coltura (resa e durata del ciclo di crescita) e degli input necessari nei diversi trattamenti luminosi (elettricità e fabbisogni di soluzione nutritiva).

Le prossime frontiere

Queste ricerche, identificando il migliore rapporto R_b per una coltivazione sostenibile, sono un primo passo verso l'efficientamento dei sistemi di coltivazione indoor di orticole e aromatiche. Futuri sviluppi della ricerca potrebbero valutare gli effetti di altre porzioni dello spettro luminoso sulle performance di crescita delle piante, identificare le varietà che meglio si adattano alla coltivazione indoor, delineare nuovi approcci di management ambientale e di fertirrigazione mirati al tipo di specie e di trattamento luminoso; al fine di incrementare la sostenibilità del sistema di coltivazione.

Inoltre, la sperimentazione dovrebbe considerare l'impiego di sistemi commerciali di coltivazione indoor, per fornire dati ambientali ed economici che possano essere di aiuto nell'offrire indicazioni operative agli attori del settore. •

Gli autori sono dell'Università di Bologna