

La luce dell'altro mondo

LE SORGENTI LUMINOSE ARTIFICIALI ED I LORO EFFETTI SUL MONDO VEGETALE: MODALITÀ DI QUANTIZZAZIONE DELLA RADIAZIONE

■ di FAUSTO MARTIN

Negli ultimi anni, l'impiego di sorgenti artificiali si è largamente diffuso come supporto nella coltivazione delle piante in condizioni critiche, favorito anche alla diminuzione sia del costo unitario degli apparecchi, sia di quello di esercizio degli stessi.

La quantità di luce è uno dei fattori più importanti che influiscono sulla crescita delle piante, insieme alla qualità della luce, dell'acqua ed al biossido di carbonio, oltre, ovviamente, ai nutrienti ed agli altri fattori ambientali.

■ LUCE PER CRESCERE

La luce artificiale può essere impiegata come stimolante della crescita secondo tre modalità, cioè come:

- sorgente primaria della luce necessaria alla crescita;
- complemento alla luce solare nei mesi a minor insolazione (inverno);
- per allungare artificialmente la durata del giorno, stimolando la crescita e la fioritura.

Così come gli esseri umani hanno bisogno di una dieta bilanciata, anche le piante hanno la necessità di nutrirsi di una "dieta solare" variegata, che comprenda tutto lo spettro per poter crescere adeguatamente e conservarsi in buona salute. Inoltre, la quantità della luce è altrettanto importante della qualità. Le piante sono sensibili alle stesse radiazioni cui è sensibile l'occhio umano, cioè quelle comprese nell'intervallo 400÷700 nm, tuttavia la risposta delle piante allo stimolo è molto diversa da quella dell'occhio. Per questa ragione conviene parlare di Radiazione Efficace alla Fotosintesi (REF), direttamente tradotto dall'espressione anglosassone "*Photosynthetically Active Radiation*".

Il nostro sistema di visione presenta un picco di sensibilità in corrispondenza della regione gial-

lo/verde, ovverosia attorno ai 550 nm; per questo motivo siamo soliti segnalare il pericolo con un colore detto, non a caso, "giallo ottico". In altre parole, tra i raggi UV e gli infrarossi la nostra sensibilità descrive una "campana", che potremmo anche definire come andamento ad "A".

Le piante, invece, fatte le debite distinzioni tra specie, rispondono in maniera quasi complementare, prediligendo i rossi (630 nm) ed i blu, descrivendo un andamento ad "M", in cui il picco del rosso supera di un 20% l'intensità di quello del blu (figura 1).

Così come i grassi forniscono il maggior contributo specifico in termini di calorie per il corpo umano, le radiazioni rosse costituiscono il "cibo" più nutriente per le piante. Va, comunque, detto che una pianta illuminata con sola luce rossa o arancione non si svilupperà compiutamente. La crescita vegetativa delle foglie richiede anche radiazioni blu, un po' come noi abbiamo bisogno di carboidrati e verdura, oltre alle proteine ed ai grassi.

Inoltre, altre importanti funzioni sono governate da altre lunghezze d'onda intermedie, tanto da poter dire che la porzione ottimale di spettro varia da specie a specie. In prima approssimazione possiamo affermare che le piante abbisognano di tutte le lunghezze d'onda dello spettro per garantire una crescita sana e robusta. Alla luce di quanto visto, non stupirà se affermiamo che la luce per le piante non possa essere misurata con gli stessi criteri impiegati per gli esseri umani.

Introduciamo, quindi, alcune distinzioni, che torneranno utili nella determinazione di un'illuminazione adeguata al mondo vegetale. Noi siamo soliti misurare il flusso in lumen e la porzione che investe una superficie (illuminamento) in lux, ossia lumen per metro quadro. Poiché siamo naturalmente sensibili al centro dello spettro, abbiamo costruito strumenti (luxmetri) che approssimano la curva di sensibilità del nostro sistema vi-

sivo, con la già citata curva ad "A", dando poco peso ai rossi ed ai blu, cioè alle lunghezze d'onda marginali allo spettro, in totale antitesi a come le piante vedono la luce. Come potremmo correggere questa aberrazione dovuta all'egocentrismo umano? Proviamo, di seguito, a suggerire degli approcci alternativi.

■ POTENZA FOTONICA

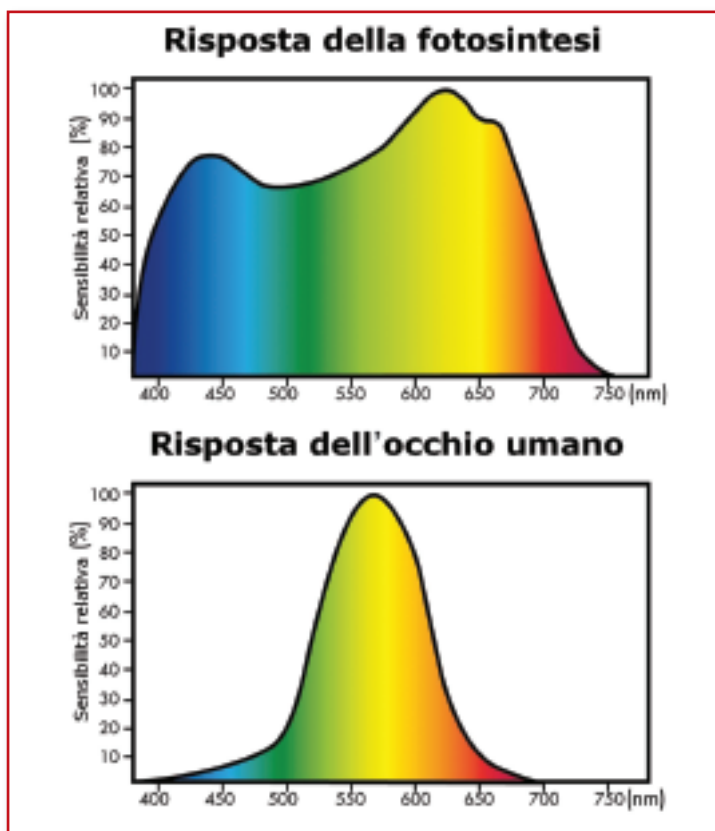
Un primo metodo pratico si basa sulla potenza della fonte; la potenza è l'energia emessa ogni secondo dalla sorgente, quindi assumiamo implicitamente che la pianta "veda" in quantità uguali tutte le lunghezze d'onda. Un andamento a "II", quindi, della curva. Questo va decurtato delle perdite, perciò si considera l'efficienza energetica della sorgente. Nel caso di una lampada ad incandescenza da 100 W, si moltiplicherà la potenza nominale per l'efficienza, in maniera tale da ottenere una potenza efficace pari a 5; lampade a scarica più moderne, come quelle al sodio in alta pressione o quelle ad ioduri metallici, accreditate di efficienza del 30÷40%, avranno conseguentemente maggiori prestazioni.

Questa potenza efficace viene definita "PAR watt", derivata direttamente dalla già citata espressione "*Photosynthetically Active Radiation*"; in tal guisa, siamo passati da un'unità di misura soggettiva, basata sulla percezione umana (lumen), ad una oggettiva (PAR watt), che indica la quantità di energia disponibile per la fotosintesi della pianta. Alla stessa maniera in cui si passa dai lumen ai lux (lumen per unità di superficie), s'introduce un'unità equivalente (PAR watt/m²), che qualcuno ha chiamato "irradianza".

Un secondo approccio, più scientifico del precedente, fa riferimento alla Teoria Quantistica, secondo la quale la luce viaggia in "pacchetti" discreti, chiamati fotoni; tali pacchetti sono la minima confezione in cui la luce può essere scambiata e, quindi, interagire con il mondo vegetale. Da ciò discende che se la fotosintesi necessita di un certo numero di fotoni per aver luogo, ha senso allora considerare quanti fotoni investono la pianta ogni secondo.

Se poi, anche qui, solo i fotoni attivi alla fotosintesi debbano essere considerati, conviene allora chiamarli fotoni PAR, analogamente a quanto visto per la potenza.

Questo approccio non trova ampio riscontro tra i produttori di sorgenti artificiali, ma è, invece, molto popolare tra i biologi, che parlano di Fluss



▲ **Figura 1:** Risposta delle piante e dell'occhio umano alla radiazione

so di Fotoni per la Fotosintesi, in inglese *Photosynthetic Photons Flux* (PPF), cioè il numero di fotoni che investe una superficie unitaria nell'unità di tempo. Dato che i fotoni sono molto piccoli, è logico attendersi che questo metodo introduca numeri molto grandi. Affinando il ragionamento, qualcuno ha pensato bene di non considerare il flusso nella sua totalità, ma solo la componente attiva, quella che viene ceduta alla pianta (*Yield Photon Flux*).

Nel caso specifico, le piante sono molto più "ghiotte" di fotoni rossi, che quindi "peseranno" di più nel conteggio, in accordo con la curva di sensibilità della pianta. Mutuando dalla chimica, che si trova alla prese con enormi quantità di componenti base, i ricercatori hanno introdotto la "micromole di fotoni" (mmol) pari a 6×10^{17} fotoni. L'irradianza è misurata, quindi, in micromoli per secondo al metro quadro ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Quando 6×10^{23} fotoni ogni secondo cadono su un metro quadro, si definisce tale grandezza come un "einstein"; quindi, i livelli di irradianza per la crescita delle piante si misurano in micro einstein oppure in PAR watt/m².

Queste tre unità di misura sono legittime, pur discendendo da presupposti diversi; hanno tutte il

TABELLA 1: Fattori di conversione per sorgenti a ioduri metallici

Livello di luce	PAR watt/m ²	μ-einstein	lux
Basso	22	100	6.000
Medio	45	200	12.000
Alto	75	350	21.000
Altissimo	135	600	36.000

► **Figura 2:** Una radiazione insufficiente comporta foglie più piccole e più lunghe



pregio di affrancarsi dalla sensibilità dell'occhio umano e tentare di adottare una "visione" quanto più vicina a quella del mondo vegetale. Le piante che ricevono una quantità insufficiente di radiazione, producono foglie più piccole e più lunghe rispetto alla larghezza consueta e pesano meno rispetto alle consorelle sane. Per contro, un eccesso di radiazione può portare ad evidente secchezza della pianta, che appare sbiancata per distruzione della clorofilla, oltre a manifestare altri evidenti segni di stress dovuti alla crescita forzata (figura 2).

In ogni caso, un eccesso di radiazione, sia infrarossa, sia ultravioletta, è dannoso alla pianta. Rimanendo entro una "dieta solare bilanciata", le piante rispondono bene in termini di crescita e si può ragionevolmente ritenere che esista una certa proporzionalità tra livelli di irradianza e di crescita. La relazione tra le varie lunghezze d'onda e la risposta in termini di crescita della pianta è

descritta dalla curva di fotosintesi; tuttavia, è anche possibile determinare una relazione tra le diverse regioni dello spettro e la fotosintesi conseguente. Il fatto che i fotoni blu convogliano maggiore energia rispetto a quelli rossi può essere tenuto nel dovuto conto e portare a diagrammi "pesati"; comunque sia, il principale responsabile della fotosintesi è la clorofilla. Alcuni ricercatori l'hanno estratta per studiare la risposta a specifiche lunghezze d'onda; si è giunti alla conclusione che il processo è una somma di risposte dei diversi pigmenti ed è perciò variabile da pianta a pianta entro un range massimo del 25% rispetto alla curva di risposta media. Fin qui la fotosintesi; la fotomorfogenesi, che comprende la germinazione e la fioritura, è invece regolata dalla presenza o dall'assenza di luce; questi fenomeni non dipendono tanto dall'intensità della luce, quanto dalla presenza oltre un certo valore di soglia ed è regolata da ricettori detti fitocromi. Ma questa è un'altra storia.

■ AUTORE

Fausto Martin

Ingegnere Elettrotecnico, opera come consulente libero professionista; componente del SC 34 C del CEI, presiede il Comitato Tecnico della European Sign Federation (www.faustomartin.com).