

果実の着色促進を目的とした樹上照射装置の検討

吉村 和正*

Study on a Light Irradiation Device on Tree for Promoting Fruit Coloration Kazumasa Yoshimura

1. 緒 言

地球温暖化や生産者の高齢化・労働力不足などが原因で、様々な樹種において果実の着色不良が発生し大きな問題となっている。果皮着色は販売価格に直結するため、着色不良や着色ムラの改善が可能な技術が求められている。我々は、収穫後のリンゴおよびブドウを対象とした果実発色促進装置の開発に成功した¹⁻³⁾。本装置は果実品質の低下を抑制しつつ、着色改善を行うことが可能であるが、品質保持のために照射光強度や照射期間に制限がある。また、収穫後の照射が適さない樹種があるため、樹上での光照射による着色改善技術への要望も大きい。

本報告では、樹上果実にスポット照射を行うための樹上照射モジュールに関する検討結果について報告を行う。

2. 実験方法

照射モジュールの検討は、まず、光学シミュレーションソフト (Ansys 社 Zemax OpticStudio) による LED (発光ダイオード: Light Emitting Diode) の仕様決定から行った。モジュールは栽培作業の妨げとならず、かつ防水対策が容易な構造とするために、12LED 用円形基板 (Audio-Q AQC-12LC) および 12LC 用ホルダー (同 AQC-12LC-H) をベースとしたモデルとした。果実表面に照射される光の目標値として、放射照度は収穫後果実の着色促進の典型条件である 20 [W/m²] と照射期間短縮の検討を目的に 50 および 75 [W/m²] とし、照射範囲は ϕ 20 ~ 30 [mm] とした。検討を行った LED の配光特性は、スペクトラ・コープ製 配光測定装置による実測結果を用いた。また、放射束は光強度分布の違いをわかりやすくするために固定値とした (1 [W])。次に、シミュレーション結果に基づき、市販の青色 LED の中から 3 つを選定し、モジュールを試作して光強度分布をスペクトラ・コープ製 輝度・照度自動マッピング装置を用いて評価した。

3. 実験結果

3・1 光学シミュレーションによる検討

照射装置の光源として使用する LED は、砲弾型と表面実装型 (以下、SMD 型) の 2 つのタイプが候補として挙げられる。砲弾型は 1 ランプあたりの光量は小さいが、指向性が高いため照射範囲を狭く限定することができる。一方、SMD 型は 1 ランプあたりの光量は大きい、指向性が低い、ため広範囲に光を照射する場合に適している。そこで、市

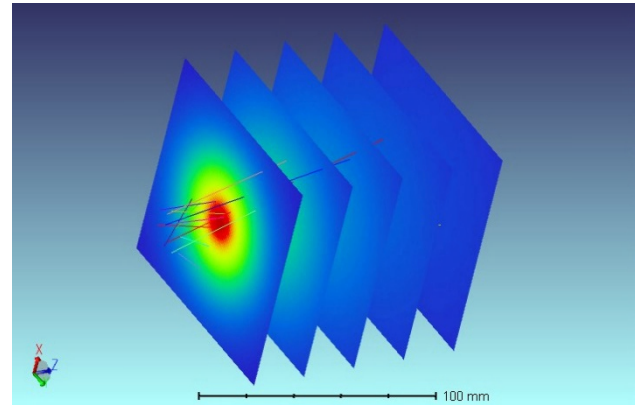


図 1 光学シミュレーションレイアウト

販されている複数の青色 LED の内、半値全角 (2 $\theta_{1/2}$) が 30 ~ 120 [deg.] の製品を対象に検討を行った。

図 1 にシミュレーションレイアウトを示す。シミュレーションモデルは 12 個の LED からなる光源、および LED の先端からそれぞれ 25, 50, 75, 100 および 125 [mm] 離れた距離に配置された検出面で構成されている。検出面サイズは \square 100 [mm] とし、メッシュサイズは \square 10 [mm] とした。

半値全角が 60 [deg.] の LED を用いたモデルで、距離 50 [mm] の検出面におけるシミュレーション結果を図 2 に示す。図に見られるように、光強度は同心円状の分布となった。

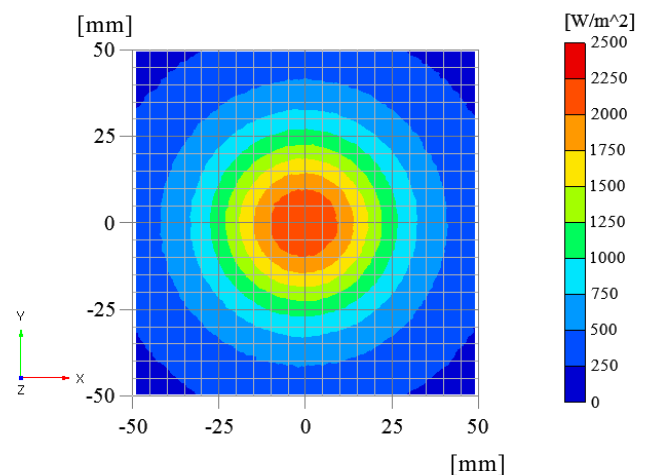


図 2 シミュレーション結果

半値全角が 30, 60 および 120 [deg.] の LED を用いたモデルについて、各照射距離におけるピーク放射照度の 90% の強度になるエリアの直径の変化を図 3 に示す。最も指向性が高い LED (30 [deg.]) では、目標とする ϕ 20 [mm] 以上の照射範囲を得るためには 90 [mm] 程度以上離す必要があることがわかった。指向性が低くなると照射距離を近付

* 技術支援部電子技術グループ

けることが可能となり、半値全角が 60 [deg.]および同 120 [deg.]の LED では、それぞれ 40 および 50 [mm]程度の距離から目標値を満たすことがわかった。

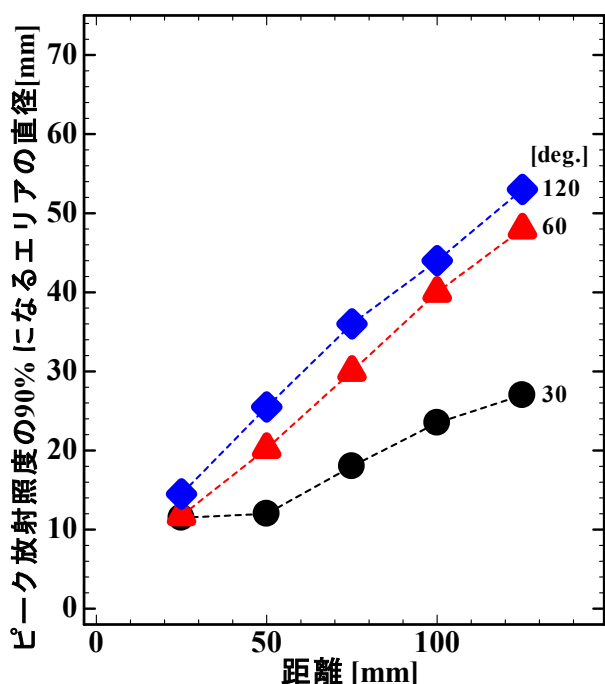


図3 照射距離に対するピーク放射照度の90%強度になるエリアの直径の変化

3・2 試作モジュールの実測評価

光学シミュレーション結果から次の3製品に絞り込み、モジュールを試作して光強度分布の実測評価を行った。

(a) Avago 製 HLMP-CB3B: 砲弾型, 放射束 18 [mW], 半値全角 30 [deg.], 定格電流 20 [mA]

(b) Audio-Q AQ-L05070BC: 砲弾型, 放射束 35 [mW], 半値全角 60 [deg.], 定格電流 20 [mA]

(c) 日亜化学製 NCSB119T: SMD型, 放射束 98 [mW], 半値全角 120 [deg.], 定格電流 350 [mA]

ピーク放射照度とピーク放射照度の90%の強度になるエリアの直径の関係を図4に示す。ただし、モジュール(c)については、LEDの個数を4個とし、定格電流では放射照度が高くなりすぎるため、印加電流を200 [mA]とした。

指向性が高いLED(a)は、目標とする放射照度を得ることができるものの、放射照度が75 [W/m²]のときにピーク放射照度の90%の強度になるエリアの直径が約13 [mm]となり、照射範囲の目標値を下回る結果となった。指向性が低く照射範囲が広いLED(b)および(c)は、放射照度が75 [W/m²]のときに同直径が約27 [mm]となり、目標値を満たすことができた。

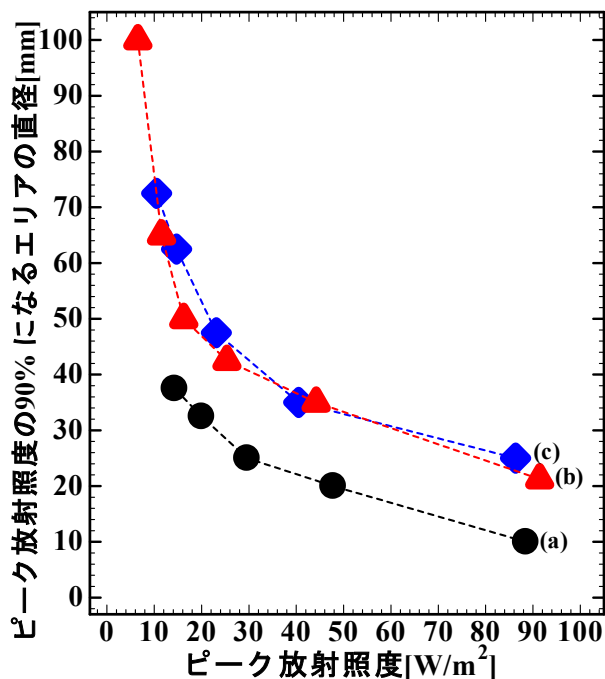


図4 ピーク放射照度に対するピーク放射照度の90%強度になるエリアの直径の変化

4. 結 言

樹上果実の着色促進を行うための照射装置の開発を目的に、光学シミュレーションによる光源モジュールの検討を行い、その結果に基づいてモジュールの試作および実測評価を行った。使用するLEDの放射束および配光特性を考慮して適当な位置に配置することで、必要な範囲に必要な光量を照射することが可能であることがわかった。

参考文献

- 1) C. Honda, H. Iwanami and K. Yoshimura: Effect of LED blue light irradiation on anthocyanin synthesis in the fruit skin of detached apples, *Acta Horticulturae*, **1312**, p.235-241 (2021).
- 2) 東暁史: ブドウの収穫後の着色促進技術, 果実日本, **77**, p.43-47 (2022).
- 3) 吉村和正, 本多親子: リンゴの収穫後着色促進技術, 果実日本, **77**, p.53-56 (2022).