

動植物への単波長照射に適したLED光源の開発（第2報）

河野 裕¹, 木島 一広¹, 鈴木 文晃¹, 加藤 成二², 藤木 俊也², 窪田 浩一², 船井 咲知³, 松下 浩一³
(¹山梨県工業技術センター, ²山梨県総合農業技術センター, ³山梨県畜産試験場)

Development of the LED Light Source Suitable for Monochromatic Light Irradiation to Animals and Plants (2nd Report)

Hiroshi Kono¹, Kazuhiro Kijima¹, Fumiaki Suzuki¹, Seiji Kato², Toshiya Fujiki², Koichi Kubota², Sachi Funai³, and Koichi Matsushita³

(¹Yamanashi Prefectural Industrial Technology Center, ²Yamanashi Prefectural Agritechology Center, ³Yamanashi Prefectural Livestock Experiment Station)

要約：市販されている単波長LED光源について放射照度や色による照度のばらつきを測定し、動植物への実験用途に即した光量子束密度や照度に調整する改良を行った結果、改良したLED光源は、光量子束密度を約42～45%の範囲に調整でき、83%の照度が中央値（10.2lx）の±15%の範囲に収まった。

Abstract : We measured irradiance and variance dependence of the illuminance of monochromatic LED lamps that are commercially available, and then adjusted the photon flux density and illuminance to be suitable for the experiment that we irradiate animals and plants. As a results, photon flux density of the LED lamps that we prepared was adjusted to about 42 to 45% of range, and 83% of the LED lamps that we prepared were adjusted illuminance to the value in the range of 10.2lx±15%.

1. 緒言

農家の経営は景気の低迷や生産コストの高騰により非常に厳しい状況にあり、高品質化や差別化技術の開発が望まれている。近年の照明用LED光源における技術開発の進展にともない、農業分野に単波長LED光源を応用して農畜産物の高品質化や差別化を図る取り組みが始まっているが、動植物への単波長光照射の効果は、まだ解明され尽くされていない。

本研究では、植物として洋ランについてLED光照射が花芽形成や花蕾の成熟に及ぼす影響を、動物として鶏について単一波長光照射が生体反応へ及ぼす影響と生産性への効果を調査し、効率的な洋ラン栽培技術の確立および養鶏における効果的なLED光照射技術の実用化を図る。

洋ランと鶏では必要な波長、光強度などが異なるため、平成25年度は前年度に引き続き、市販されている単波長LED光源について、実験用途に即した照度に調整する改良を行った。

2. 実験方法

市販されているLED光源は主に白色光の開発に重点

が置かれているが、最近では農業用製品の単波長LED光源も製品化されてきている。ただし、洋ラン栽培と養鶏では必要な波長、光強度、配光性および使用環境が異なるため、用途に適したLED光源の調整が必要となる。

2-1 洋ラン栽培向け単波長LED光源の光量調整

洋ランでは、青色、赤色、遠赤色について市販されているLED光源（鍋清 DELED Plants）を用いて実験が行われたが、遠赤色については光量子束密度を約半分にしたものとの比較実験が行われるため、図1に示すようにLED光源と分光放射計（英弘精機 MS-720）を設置して光量子束密度を測定した。測定時には、暗幕と空調により外乱光と周囲温度変化の影響を低減している。光



図1 光量子束密度測定の様子

量子束密度の調整には、摺りガラス (Edmund Optics ϕ 50) とフィルム状のNDフィルタ (ポリカラー) を用いた。フィルタをLED光源へ固定するため、3Dプリンタ (Objet Connex500) でジグを作製した。

光量を調整しながら実験を行うこともあるため、光量調整可能な遠赤色LED光源の試作を行うために、数式解析ソフトウェア (Mathematica 9J) および光学設計・解析ソフトウェア (Optica 3) を用いて光量子束分布を計算し、最適な素子の配置をしたLED光源を検討した。

2-2 養鶏向け単波長LED光源の照度調整

鶏では、赤色、青色、緑色LED光源の照度を同程度にして比較実験が行われたが、今年度は立体的に放射するタイプのLED光源を使用することとなったため、改めて照度測定した結果をもとに照度調整を試みた。照度調整にはフィルム状のNDフィルタ (ポリカラー) を用いた。

3. 結果および考察

3-1 光量子束密度の調整

洋ラン栽培の実験では、温室内での使用で防水性を考慮した調整が必要となるため、遠赤色LED光源に摺りガラスとフィルム状のNDフィルタを重ねて取り付ける



図2 約50%に減光した遠赤色LED光源

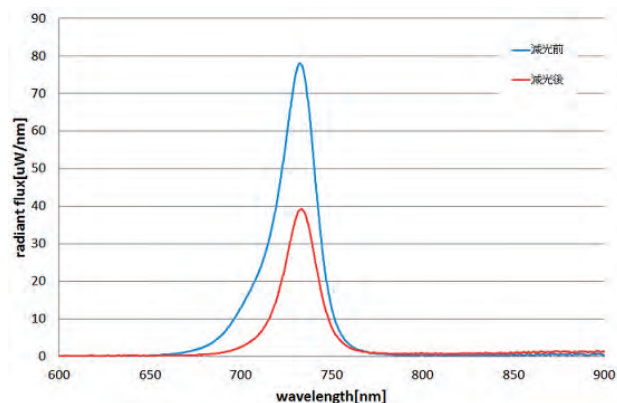


図3 遠赤色LED光源の放射照度分布の一例

構造とした。実験では図2に示すように75% NDフィルタを3枚重ねる形とし、防水性を保ちながら光量子束密度を約42~45%の範囲で調整した。減光前後の放射照度分布の一例を図3に示す。

3-2 試作に向けた検討

洋ラン栽培の実験では、インキュベータ内で用いる光量調整可能な遠赤色LED光源も必要となる。今年度に導入した解析ソフトウェアを用いて、LED光源の試作に向けた光量子束分布の計算を、次の条件で行った。

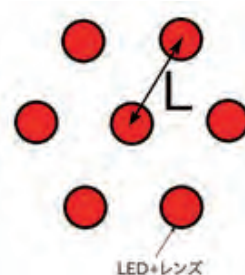


図4 光量子束分布の計算に用いたLED光源の配置

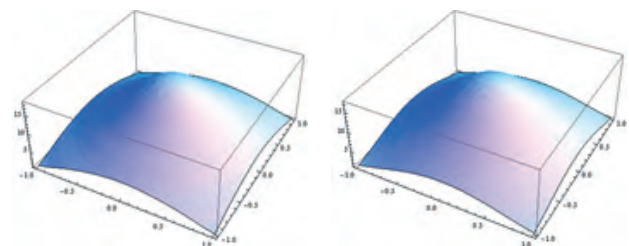


図5-1 L=1cm 最大光量子束18.49 μ mol/s
図5-2 L=20cm 最大光量子束17.53 μ mol/s

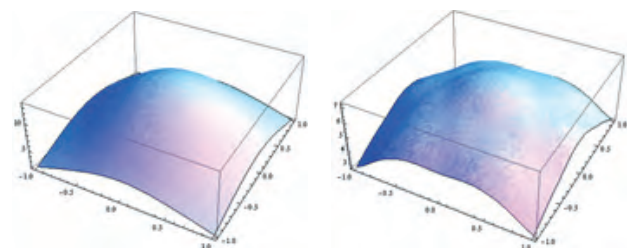


図5-3 L=50cm 最大光量子束13.65 μ mol/s
図5-4 L=100cm 最大光量子束7.234 μ mol/s

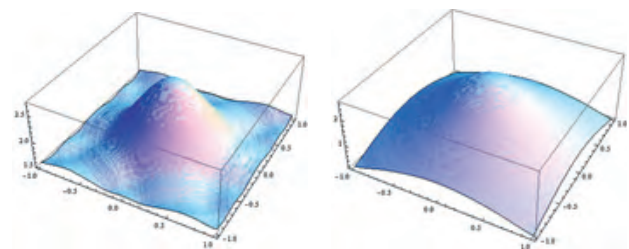


図5-5 L=200cm 最大光量子束2.731 μ mol/s
図5-6 光源中心に1個のみ 最大光量子束2.642 μ mol/s

- ・遠赤色LED光源：LED Engin 00R300
740nm 強度約1W
- ・レンズ：LED Engin LLFL-1T06-H
拡がり角約40°（半値全幅）
- ・遠赤色LED光源を距離Lで等間隔に7つ配置（図4）
- ・光源から1mの位置での光量子束分布を計算

計算結果の一例を図5に示す。それぞれx方向、y方向ともLED光源中心直下から±1mの範囲を表示している。これらの結果をもとに、最適なLED光源の配置を検討して試作をすすめている。

3-3 照度調整

養鶏の実験では、使用するLED光源が変更されたため、新たにフィルム状のNDフィルタを用いた立体的な減光素子を試作することとした。新たに暗室内に1.2mの高さに設置した調整前のLED光源で、点灯1時間後の照度を測定したところ、赤色が20lx前後、緑色が46lx前後、青色が9lx前後であったため、青色の照度を基準にしてフィルム状のNDフィルタにより、赤色を約50%（50% NDフィルタ使用）、緑色を約20%（25%、75% NDフィルタを重ねて使用）に減光して照度調整を行うこととした。照度調整したLED光源の一例を図6に示す。また、点灯開始約2ヶ月後の測定結果から得られた到達照度のヒストグラムを図7に示す。実験に使用したLED光源12個中10個（83%）が中央値（10.2lx）の±15%の範囲に収まった。

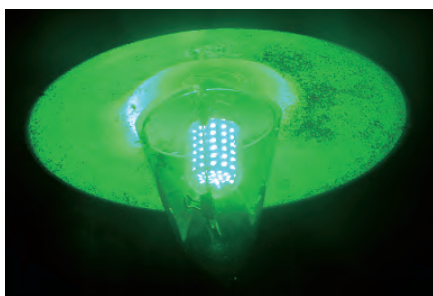


図6 照度調整後のLED光源

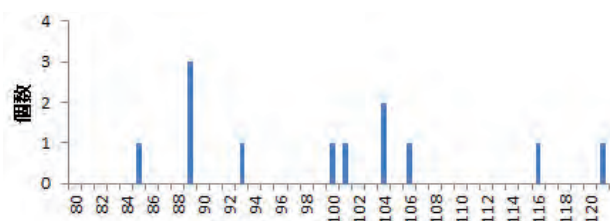
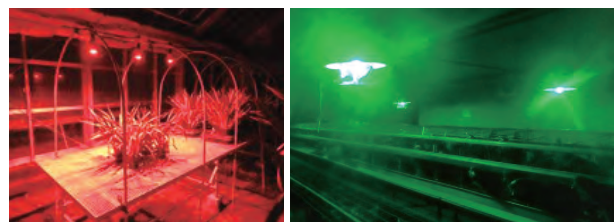


図7 到達照度のヒストグラム

3-4 実験風景

実際に温室や鶏舎においてLED光源を用いて動植物に対してLED光照射実験している様子を図8に示す。



洋ラン（遠赤色光）

鶏（緑色光）

図8 LED光源を使った実験風景

4. 結 言

市販されている単波長LED光源について、実験用途に即した光量子束密度や照度に調整する改良を行った。今後は、光の拡散や光量の調節機構についてさらに検討を進めていく。

参考文献

- 1) 河野 裕, 木島一広, 鈴木文晃, 藤木俊也, 窪田浩一, 船井咲知, 松下浩一：山梨県総合理工学研究機構研究報告書, 第8号, P.81-83 (2013)