ノート

白色 LED の光質の違いが葉菜類の生育に及ぼす影響

種村　竜太*　白川　正登*　馬場　大輔*　永井　智裕*　石井　治彦*

Effect of spectral quality of white LED on growth of leaf vegetables

TANEMURA Ryota*, SHIRAKAWA Masato*, BABA Daisuke*,
NAGAI Tomohiro* and ISHII Haruhiko*

1. 緒　　言

完全人工光植物工場で生産された野菜は，無農薬で，洗浄せずにそのまま食べられる，日持ちする，えぐみや苦みが少なく食べやすいなどの特徴があることから[1)]，消費者や食品加工業者へ浸透している。しかし，植物工場では設備コストや生産コストが高く，照明などの設備コストや電力コストの低減や生産性の向上が求められている。

これまで，植物工場用の光源には蛍光灯が主に使用されてきたが，近年，消費電力が少ないため生産コストの低減が期待できる LED の導入が進んでいる。LED の導入当初は，クロロフィルの光吸収スペクトルのピーク波長である赤色や青色 LED を用いて様々な試験が行われてきた[2~4)]。その後は一般家庭・店舗への普及により価格が低下傾向にある白色 LED を用いた研究も進んでいる[5, 6)]。白色 LED は，需要が多いために発光効率の向上が年々進んでいる。また，白色 LED 単一素子での制御のため，赤青 LED を使用したケースと比較して光源や制御システムの低コスト化が可能となる。白色 LED については，光質を色温度で表記しているケースが多く，3000K，5000K，6500K でレタスの生育を比較すると 3000K で優れると報告されているが[6)]，白色 LED の分光特性は色温度だけでなく演色性によっても異なる。

そこで，本研究では，白色 LED を用いた人工光葉菜類栽培における光質の違いが生育に及ぼす影響について検討した。

*　下越技術支援センター

2. 材料および方法

2.1 光環境条件

育苗時は，光源に昼白色の Hf 蛍光灯（パナソニック(株)，FHF32EX-N-H）を使用し，明期 16 時間，光合成光量子束密度（PPFD）200μmol・m^{-2}・s^{-1}，で管理した。定植後はシャープ新潟電子工業（株）の 23w 直管型白色 LED の 3000K 従来品（3K 従来区），3000K 高演色品（3K 高演色区），4000K 従来品（4K 従来区），4000K 高演色品（43K 高演色区）を用いて 16 時間明期で管理した。幅 60cm の栽培装置に白色 LED を 3 本設置し，LED の下面から定植パネル上までの距離は 25cm とした。また，LED 裏面全体と，装置側面の上から 15cm に反射材としてタイベック 700AG（丸和バイオケミカル(株)）を展張した。

2.2 栽培方法

品種は，レタスは‘ハンサムグリーン’（横浜植木）と‘グリーンジャケット’（タキイ種苗），ミズナは‘京しぐれ’（タキイ種苗），コマツナは‘わかな小松菜’（中原採種場）を供試した。ウレタンキューブ（2.5cm×2.5cm×3.0cm）に播種し，発芽後は OAT-A 処方 1/4 濃度（EC 0.7dS/m）の培養液により育苗した。播種 14 日後に各 LED が設置してある湛液式水耕栽培装置に定植した。栽植密度は，水耕栽培用パネル（W59cm×L88cm）にレタスは 32 株，

ミズナとコマツナは 64 株とした。定植後は植物の吸水による減水分を随時水道水で補充し，2～3 日ごとに EC を 1.4dS/m に調整した。いずれの品目ともに定植時に新たな培養液を作製し，収穫までは更新しなかった。‘ハンサムグリーン’は播種後 40 日，‘グリーンジャケット’は 37 日，‘京みぞれ’は 26 日，‘わかな小松菜’は 30 日で収穫した。収穫した地上部は黄化葉などを取り除いて可食部だけに調整し，重量と最大葉長を測定した。

3. 結果および考察

定植面 64 地点の光強度（μmol・m^{-2}・s^{-1}）の平均値は，3K 従来区で 221.7，3K 高演色区で 202.3，4K 従来区で 221.7，4K 高演色区で 213.3 であり，従来区と比較して高演色区で低くなる傾向を示した（図 1）。

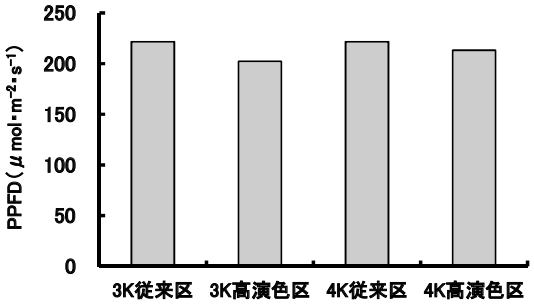

図 1　各試験区の光強度

各 LED のピーク波長は，4K 従来区では 458nm，4K 高演色区では 459nm で青色域であったのに対し，3K 従来区では 605nm，3K 高演色区では 620nm で赤色域であった（図 2）。4K 従来区，4K 高演色区では赤色域におけるピーク波長は 610nm で違いがなかった（図 2）。3000K，4000K ともに従来品と高演色品で全体に占める 400nm から 500nm までの青色域の比率に差はなかったが，高演色品の方が 500nm から 600nm までの緑・黄色・橙色の領域の比率が減少し，610nm より長波長側の赤色域の比率が高くなっていた（図 2）。

レタスの調整重は，2 品種’ともに 4000K と比較して 3000K で優れていたが，従来品と高演色品での差は見られなかった（図 3）。最大葉長は，2 品種ともに 4000K と比較して 3000K で，従来区と比較して高演色区で長くなる傾向を示した（図 4）。

ミズナの調整重は，4000K と比較して 3000K で，高演色区と比較して従来区で重くなる傾向を示した（図 3）。最大葉長は，4000K と比較して 3000K で若干長くなる傾向を示したが，演色性による違いは見られなかった（図 4）。

コマツナの調整重は，色温度による違いはレ

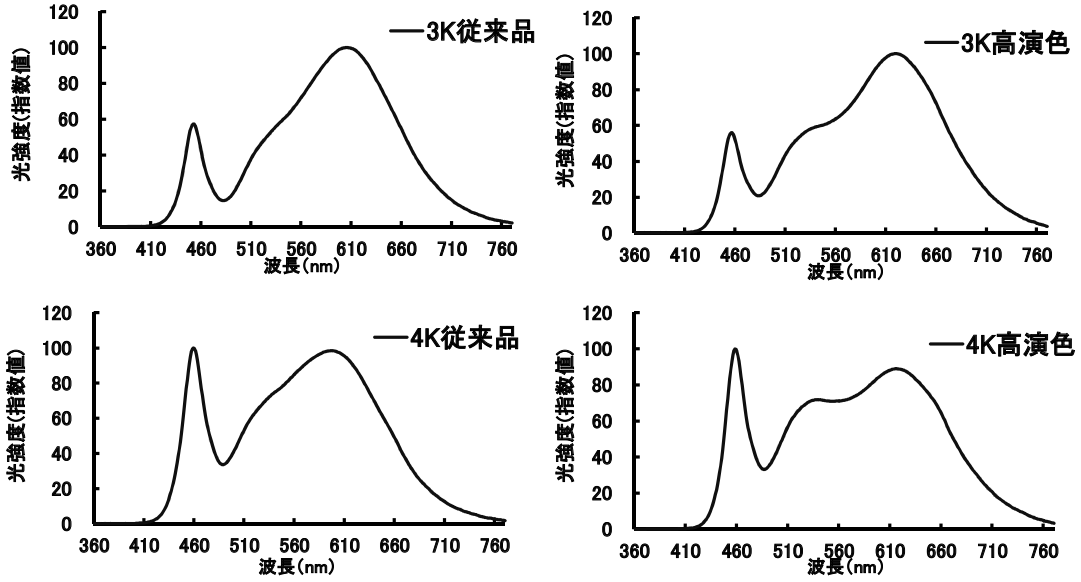

図 2　白色 LED の分光特性（最大強度を 100 とした指数値）

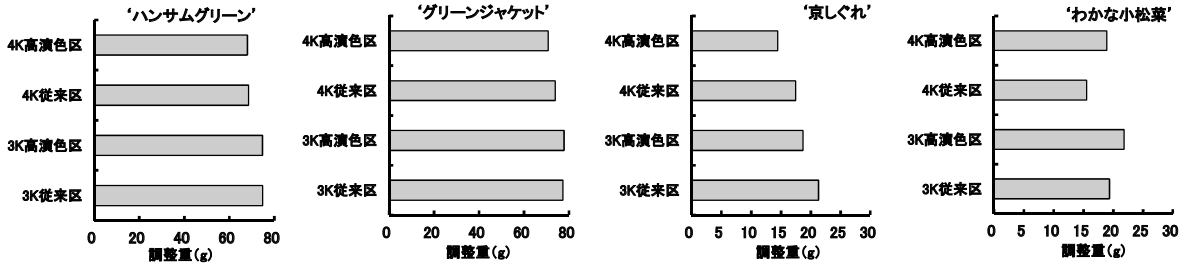

図 3　光質の違いが調整重に及ぼす影響

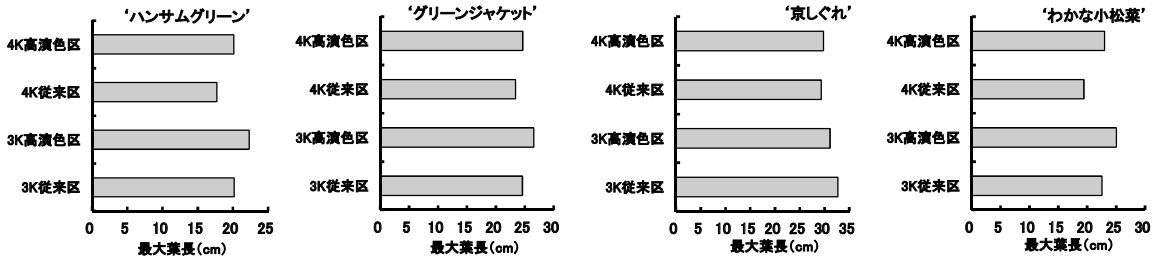

図 4　光質の違いが最大葉長に及ぼす影響

タスやミズナと同様に 4000K と比較して 3000K で優れていたが，演色性による傾向は 2 品目とは異なり，従来区と比較して高演色区で優れていた（図 3）。最大葉長は，4000K と比較して 3000K で，従来区と比較して高演色区で長くなる傾向を示した（図 4）。

以上のことから，完全人工光による葉菜類の栽培において，演色性に対する生育応答は品目によって異なると考えられる。色温度については 3000K と 4000K で比較すると赤色域にピーク波長のある 3000K が優れると考えられる。

4. 結　　言

（1）レタス，ミズナ，コマツナの生育を LED の色温度で比較すると 4000K と比較して 3000K で優れる。

（2）演色性に対する生育応答は品目によって異なり，コマツナでは演色性の高い光源で生育が優れる。

参考文献

1）高辻正基，“完全人工光植物工場の現状”，植物環境工学，22（1），2010，pp.2-7.

2）庄司和博，後藤英司，橋田慎之介，後藤文之，吉原利一，“赤色光と青色光がレッドリーフレタスのアントシアニン蓄積と生合成遺伝子の発現に及ぼす影響”，植物環境工学，22（2），2010，pp.107-113.

3）松本拓也，伊藤博通，白居祐希，白石斉聖，宇野雄一，“光質がレタス生長と野菜中硝酸イオン濃度に及ぼす影響”，植物環境工学，22（3），2010，pp.140-147.

4）大嶋泰平，大橋敬子，大野英一，渡邊博之，“レッドリーフレタス生産に適した赤色と青色発光ダイオードの光混合条件の検討”，植物環境工学，27（1），2015，pp.24-32.

5）白井花菜，梶川幸治，野末はつみ，五味正男，野末雅之，“分光分布の異なる白色 LED の植物育成効果”，日本生物環境工学会 2016 年大会　講演論文要旨，2016，pp.40-41.

6）種村竜太，内山雅彦，三村和弘，小林豊，“光質の違いがリーフレタスの生育・品質に及ぼす影響”，新潟工技総研研報，43，2014，pp.35-37.