

LED 光源を用いたミズナの栽培制御に関する基礎的研究

宮下 渉¹・中野和弘^{1*}・大橋慎太郎¹・渡辺亜郁²・知野秀次¹

(平成23年1月31日受付)

要 約

植物工場は小規模又は荒廃した土地でも安定した品質の植物を大量生産する事が可能であり、気候変動の影響を受ける事が少ない。そのため近年注目を集めている技術である。しかし植物工場は、高額な初期投資やランニングコストが問題となっている。そこで近年開発が急速に進んでいる LED 光利用による植物工場が増加している。LED 光の混合照射による植物栽培制御を行い、高付加価値化の可能性について検討する。LED 光、人工太陽光、自然光の三種の試験区でミズナ (*Brassica rapa L.*) を栽培し、その成長と品質の違いを検討した。その結果、混合 LED 光照射により糖度、ポリフェノール含有量に関して精製促進の可能性が示唆された。しかし、草丈成長が著しく低かったため光量の増加を考慮した光源の選択が必要であると考えられる。

新大農研報, 63(2):115-118, 2011

キーワード：LED、ミズナ、成分分析、水耕栽培

はじめに

近年、農地法の改正により特区制度が廃止され、農業分野への企業の参入が増加してきている。参入法人数は、2004 年 10 月の 71 法人から 2009 年 3 月には 349 法人となっている。ただし、現在仮借できるのは遊休地もしくは遊休地になる可能性のある土地であるため、参入へのハードルはまだ高い（農林水産省、2007）。そこで、小規模な土地又は荒廃した土地でも効率よく大量生産でき、気候変動の影響も受けず一定の品質を保つ事が可能な植物工場が注目されている。しかし植物工場設置のためには各種設備をそろえる必要があり、高額な初期投資が必要である。また生産に要するランニングコストも光源の電力費、温度調節の空調費、水耕栽培装置の稼働費などになるため、そこで栽培される植物については採算性の検討も必要である。

現在、植物工場で現在用いられる光源には高圧ナトリウムランプ、メタルハライドランプなどがある。これらの光源は発熱量が高いことから栽培植物へ近づけることが困難であるため空間を大きく設定する必要がある。また、電力使用料も高いことが欠点である。そこで植物工場で使用する光源として、近年開発が急速に進んでいる LED が注目されている。その特長として他の光源よりランニングコストが 1/3 と安価であることが挙げられる。

近年、波長ごとの LED が製造可能となったため、利用者が必要とする波長のみを照射することができるようになった。また、パルス照射が可能であるため、省コストおよび植物成長の促進につながる（武市と秋間、2008）。LED 光源は、これらの特徴を利用し植物工場の光源として利用頻度が増加していくと考えられる。

そこで本研究では LED 光の混合照射による特定の波長照射時における植物栽培をおこない、高付加価値化の可能性について実験的に検討した。

表 1. 養液栽培肥料の成分表

	製品名	大塚ハウス 1 号	大塚ハウス 2 号
保証成分 (%)	窒素 (N)	10.0	11.0
	リン酸 (P ₂ O ₅)	8.0	
	カリ (K ₂ O)	27.0	
	苦土 (MgO)	4.0	
	マンガン (MnO)	0.10	
	ホウ素 (B ₂ O ₃)	0.10	
配合成分 (%)	石灰 (CaO)		23.0
	鉄 (Fe)	0.18	
	銅 (Cu)	0.002	
	亜鉛 (Zn)	0.006	
	モリブデン (Mo)	0.002	

材料および方法

1. 栽培方法

今回は簡易的に栽培が可能な試供作物としてミズナ (*Brassica rapa L.*) を用いた。ミズナは子葉展開後各試験区の水耕栽培装置に定植した。水耕栽培装置はランニングコストが安く省力的であるパッシブ水耕栽培方式採用した。またその際に使用する植物支持には植物栽培用スポンジを使用した。水耕栽培の養液には、大塚ハウス 1 号および同 2 号（大塚化学株式会社）を溶解させたものを用いた。それらの成分を表 1 示す。

試験区は LED 光区、人工太陽光区、自然光区の 3 区とした。各試験区の人工光源は LED パネル (ICI・河西電子技研製, ICL-11) と人工太陽光 (セリック株式会社, XC-100BF) を使用した。LED 区の波長は、赤色 (580nm ~ 680nm) と青色 (420nm ~ 480nm) の混合光とした。PPFD (光合成光子束

¹ 新潟大学大学院自然科学研究科

² 新潟大学農学部

*代表著者：knakano@agr.niigata-u.ac.jp

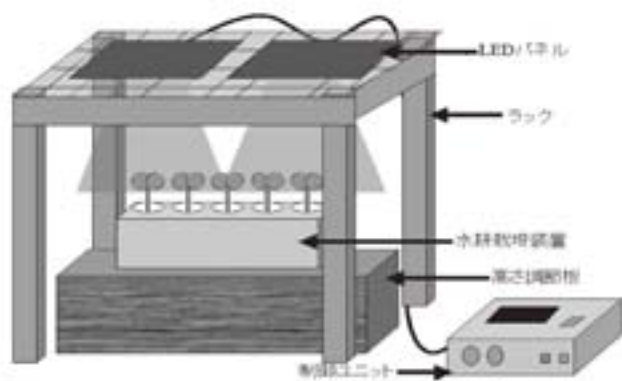


図1 実験装置概要

密度)は、 $85.2 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ である。パルス照射間隔は、光合成に有効とされる $200 \mu\text{S}$ (森ら, 2002)とした。人工太陽光区の波長は $300\text{nm} \sim 780\text{nm}$ で、PPFDは $113.9 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ である。これら2つの人工光源試験区の照射時間は、12時間/日とした。自然光区では、日出から日没までの太陽日射の下で栽培した。その時の南中時で太陽光のPPFDは $336.0 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ であった。なお栽培実験は、平成21年9月～12月において行なわれ、上記の3試験区においてミズナを栽培し生育状況を評価した。図1に実験装置の概要を示す。

2. 評価方法

ミズナの栽培結果の評価には、草丈、糖度、ビタミンC含量、ポリフェノール含量を採用した。糖度測定は、収穫したミズナをホモジナイズし、濾過により抽出液を採取後、デジタル屈折糖度計(株式会社 ATAGO 社製、PR-101 α)により測定した。

ビタミンC(アスコルビン酸)含量測定は、収穫したミズナに5%メタリン酸水溶液を加えてビタミンCの分解を防止した後、ホモジナイズし濾過処理した。その後、反射式光度計(MERCK社,RQflex plus 10)及びリフレクトクアント アスコルビン酸テスト試験紙(MERCK社,Cat.NO.16981-1M)を使用し測定した。

ポリフェノール含量は、フォリンデニス法(図2参照)を用いた。処理プロセスは図2の①で浸透処理を24時間行ない、②でホモジナイズした後、③で再度浸透処理を行ないフィルターにより濾過し定溶する。次に、④で試験管に蒸留水を入れ、⑤で③の抽出液、⑥でフォリンデニス試薬、⑦で飽和炭酸ナトリウム水溶液を加える。⑧の30分後に紫色へ変色する。⑨反応液は700nmの波長に設定した分光光度計(ファルマシア、Ultrospec3000)で測定する。ポリフェノール量は、カテキン換算である。フォリンデニス試薬は、蒸留水にタングステン酸ナトリウム、リンモリブデン酸、リン酸を加え、湯せんで溶解させ作成した。飽和炭酸ナトリウム水溶液は、無水炭酸ナトリウムに蒸留水を加え、70～80℃の湯せんで溶解させ作成した(知野ら, 2007; 篠原ら, 2000; 津志田ら, 1994)。

結果および考察

図3に光源別の育成状況の比較を示す。人工太陽光区および

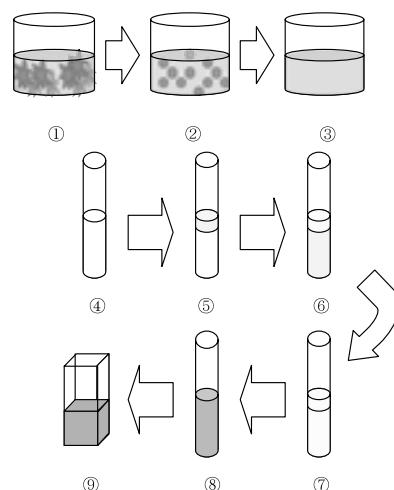


図2 フォリンデニス法処理プロセス



図3 光源別育成状況

自然光区が市販のミズナの形状であったのに対し、LED光区では葉茎部が短く球形であった。

光源別の草丈の経日変化を、図4に示す。経過15日目から各区の成長に特徴が見られる。自然光区および人工太陽光区の草丈は同程度の推移を示したが、LED光区は成長が鈍くなり、前二者と比較して10cm程度低い草丈となった。これは、LED光区のPPFDが $85.2 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ であり、人工太陽光区の $113.9 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ や自然光区の $336.0 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ に比べて低い値であることによると考えられる。今後はLED光区でもPPFDの高い光源を用いた検討が必要である。

図5の糖度に関しては、LED光区(平均値)が他の区より0.3Brix%高い結果となった。また、どの区も市販のミズナの測定値(約2.3Brix%)と比較して高い糖度であるため、LED光がミズナの糖度生成を促進効果が期待される。

図6のビタミンC含量に関しては、市販のミズナの測定値(88mg/100g)に対し、全区で下回る数値であった。なお、今回の実験では自作の栽培装置であったため、光の照射以外の要因がミズナの成長に影響を与えた可能性がある。今後、精密な環境制御を検討する必要がある。

図7のポリフェノール含量に関しては、自然光区は他区より著しく低い結果となった。このことから、今回使用したLED光及び人工太陽光の光源波長にポリフェノールの生成を促進する波長域が含まれている可能性や照射方法(時間、パルス間隔等)の効果の検討が指摘される。

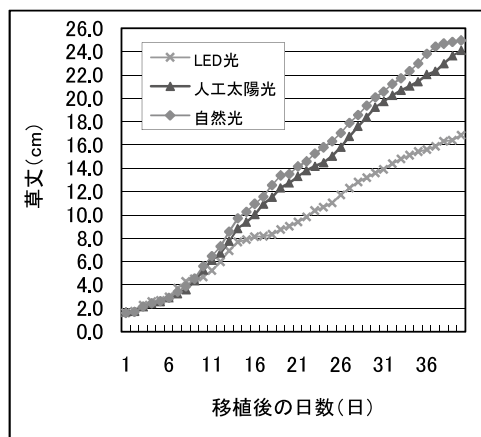


図4 光源別草丈の経日変化

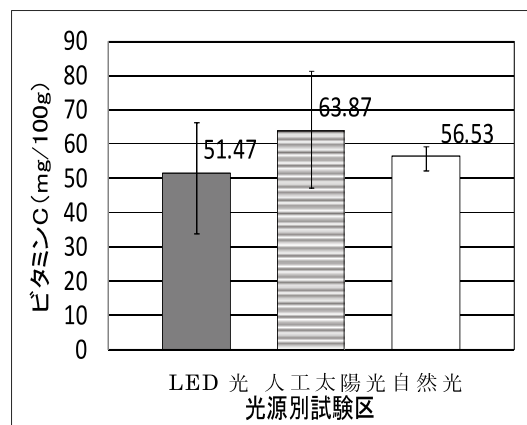


図6 光源別ビタミンC含量比較

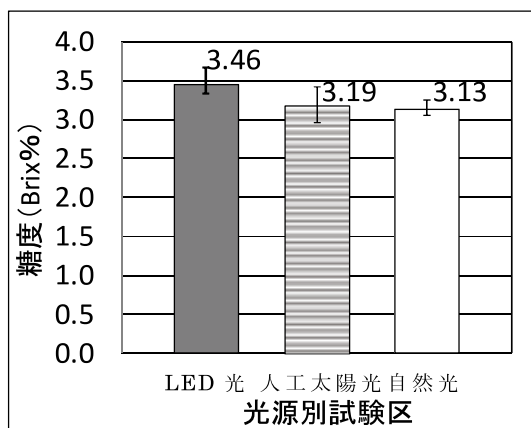


図5 光源別糖度比較

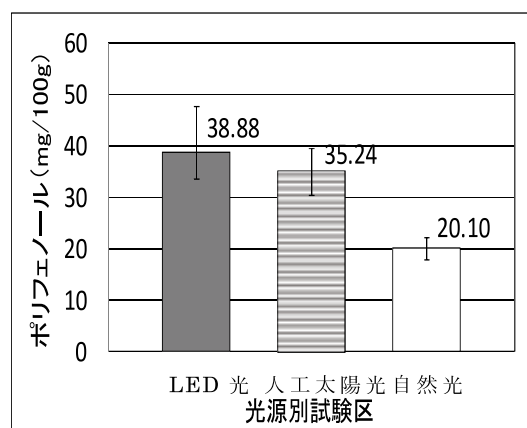


図7 光源別ポリフェノール含量比較

各測定結果から、LED 光の照射で栽培したミズナは糖度やポリフェノール含量において、自然光や人工太陽光より高い数値を示したものの、草丈については低い数値を示した。このことから、LED 光を照射しながら草丈も大きく成長させることが可能となれば、付加価値の高いミズナを出荷できる可能性がある。そのためには、LED 自体の光量の増加や補光（自然光照射に加えたLED 光の照射）を検討する必要がある。自然光の他にLED 光で補光する場合には、両者のバランス（光量と照射時間）を検討する必要がある。さらに、今回測定した項目以外の成分（鉄分やカルシウム、食物繊維など）を測定することで、LED 光区における付加価値向上の可能性を検討する必要がある。

引用文献

- 篠原和毅・鈴木建夫・上野川修一. 2000. 食品機能研究法, pp.318-322. 光琳.
- 武市真吾・秋間和広. 2008. 高付加価値植物栽培用光源としてのLEDの可能性. pp.215-227. 監修:後藤英司. アグリフォトニクス. シーエムシー出版.
- 知野秀次・塩田望・太田祐樹・元木悟・児島清秀. 2008. 収穫期がアスパラガス (*Asparagus officinalis* L.) 若莖のポリ

- フェノール含量に及ぼす影響. *新大農研報*, 60(2):115-118.
- 津志田藤二郎・鈴木雅博・黒木柁吉. 1994. 各種野菜類の抗酸化性の評価および数種の抗酸化成分の同定. *日本食品工業学会誌*, 41:611 - 618.
- 農林水産省. 2007. 農業経営の多角化・高度化及び企業参入の促進 (現状と課題). 第5回専門部会会議. 9-17.
- URL:http://www.maff.go.jp/j/study/nouti_seisaku/senmon_05/pdf/data4.pdf
- 森康裕・高辻正基・安岡高志. 2002. 白色LEDパルス光がサラダナ生育に及ぼす影響. *植物工場学会誌*. 14(3):136-140

A Basic Study on Controlling Cultivation of Potherb Mustard (Mizuna) by Using LED Irradiation

Wataru MIYASHITA¹, Kazuhiro NAKANO^{1*}, Shintaroh OHASHI¹, Ai WATANABE² and Shuji CHINO¹

(Received January 31, 2011)

Summary

The plant factory can produce plants with the stable quality in small scale or in the wasteland. In addition, it is rare that the plant factory is affected by the climate change. Therefore in recent years it is attracting technology. However, in the plant factory, expensive initial investment and running cost become the problem. Therefore the plant factories which use LED light that is developing advances rapidly in recent years. We performed plant cultivation control by the mixture irradiation of the LED light and examine the possibility of the high added value. We cultivated potherb mustard (*Brassica rapa L.*) in three kinds of examination section (LED light, artificial light of the sun, natural sun light) and examined the growth or differences of the quality. As a result, the possibility of the refinement was suggested on a sugar content, polyphenol content by mixture LED light irradiation. However, it is thought that the choice of light source available to increase the light quantity is necessary because the height of a plant was remarkably low.

Bull. Facul. Agric. Niigata Univ., 63(2):115-118, 2011

Key words : LED, potherb, mustard, analysis of component, hydroponic, culture

¹ Graduate School of Science and Technology, Niigata University

² Faculty of Agriculture, Niigata University

* Corresponding author: knanano@agr.niigata-u.ac.jp