



山梨県総合理工学研究機構 研究報告書 第10号

山梨県
総合理
工学
研究
機構
研究
報告
書



第
10
号

Y-CROST Research Report No.10 (2015)

Y-CROST
Comprehensive Research Organization for Science and Technology
Yamanashi Prefectural Government



山梨県総合理工学研究機構研究報告書

第10号

Y-CROST

Research Report No.10 (2015)

目 次

はじめに

研究課題及び研究体制

研究成果報告

1	LED単波長光照射が動植物の生体に及ぼす影響と利用技術に関する研究	
	LED単波長光照射がコショウランの開花に及ぼす影響（第1報）	1
	LED単波長光照射がコショウランの開花に及ぼす影響（第2報）	7
	LED単波長光照射がシンビジウムの開花に及ぼす影響	13
	LED単波長光照射がシンビジウムの高温障害に及ぼす影響	19
	LED単波長光照射が採卵鶏の産卵及び卵質に及ぼす影響	25
	動植物への単波長照射に適したLED光源の開発（第3報）	31
2	タケ資源の有効利用に関する研究	
	タケ資源の有効利用に関する研究	35
3	クニマスの生態解明及び増養殖に関する研究	
	クニマスの生態解明及び増養殖に関する研究（第3報）	43
4	アニオン交換型燃料電池用電解質膜の研究開発	
	アニオン交換型燃料電池用電解質膜の研究開発（第2報）	67
5	富士北麓水資源の保全と活用のための水文科学的研究	
	富士北麓水資源の保全と活用のための水文科学的研究	77
	河口湖の水位変動と河口湖南東部の地下水位変動	91
6	山梨県固有のデザインソースの編集とアーカイブ構築	
	山梨県固有のデザインソースの編集とアーカイブ構築（第2報）	95
7	新しいバイオマーカーを利用した山梨県の有用植物等資源の探索と活用	
	新しいバイオマーカーを利用した山梨県の有用植物等資源の探索と活用	107
8	環境負荷低減のための豚の飼料調整に関する研究	
	飼料配合を目的とした乳酸菌凍結乾燥粉末の調製	117
	ブドウ滓サイレージからの乳酸菌の分離とその性質	121

資 料

1	平成26年度山梨県総合理工学研究機構の活動	125
	別表1 総合理工学研究機構運営委員会委員名簿	126
	別表2 山梨県総合理工学研究機構研究テーマ等調整会議構成員名簿	126
2	平成26年度山梨県総合理工学研究機構組織図	127
3	平成26年度職員名簿	128
4	研究課題及び担当コーディネーター一覧	129

Index

Preface

Index of Research Projects

Research Project and Title of Report

1. **Studies on the effects of the illuminance of monochromatic LED lamps on animals and plants and the technical development of its utilization**
Effect of irradiation with Monochromatic light-emitting diodes on flowering of *Phalaenopsis* (1st report) ... 1
Effect of irradiation with Monochromatic light-emitting diodes on flowering of *Phalaenopsis* (2nd report) ... 7
Effect of irradiation with far-red light-emitting diodes on flowering in *Cymbidium* 13
The effects of Monochromatic LED light on blasting by high temperature of *Cymbidium* 19
The Influence of monochromatic light on the egg production and quality of Laying hen 25
Development of the LED light source suitable for Monochromatic light irradiation to animals and plants (3rd report) ... 31
2. **Studies on the effective utilization of bamboo resources**
Studies on the effective utilization of bamboo resources 35
3. **Studies on the ecology and aquaculture of Kunimasu (*Oncorhynchus kawamurae*) in the population of Lake Saiko**
Studies on the ecology and aquaculture of Kunimasu (*Oncorhynchus kawamurae*) in the population of Lake Saiko (3rd report) 43
4. **Research and development of anion exchange electrolyte membrane for fuel cells**
Research and development of anion exchange electrolyte membrane for fuel cells (2nd report) 67
5. **Hydrologic science research for the management and utilization of ground water resources in the northern piedmont area of Mount Fuji**
Hydrologic science research for the management and utilization of ground water resources in the northern piedmont area of Mount Fuji 77
Chronological change of water level of Lake Kawaguchi and that of ground water level around south east area of Lake Kawaguchi 91
6. **Design sources peculiar to Yamanashi, Japan: The collection, digitization, and archiving**
Design sources peculiar to Yamanashi, Japan: The collection, digitization, and archiving (2nd report) ... 95
7. **Search and utilization of useful plant resources of Yamanashi Prefecture using a new biomarker**
Search and utilization of useful plant resources of Yamanashi Prefecture using a new biomarker ... 107
8. **Study on pig feed adjustment to reduce environmental impact**
Study of a method for making of freeze dried Lactobacteria powder to blend in pig feed 117
Isolation and characterization of lactic acid bacteria from wine by-products 121

Appendix

1. **Activity Record of Y-CROST 2014** 125
Appendix 1 Adomistration Commettee Member of Y-CROST 126
Appendix 2 Member for Liaison Commettee 126
2. **Diagram of Y-CROST Structure** 127
3. **List of Y-CROST Stuff** 128
4. **List of Research Projects and Their Coordinator** 129

はじめに

山梨県総合理工学研究機構は、10の県立試験研究機関が有する人的資源や設備を有機的に結びつけ、領域横断的な研究開発を推進し、その成果を本県の産業の発展や県民生活の質の向上に役立てる目的で、平成17年4月に設立され、本年3月末に満10周年を迎えました。10年を期に、新たな視点から次の10年のための意見を戴くために、委員長以外の4名の委員に交代戴くことに致しました。その中には初めて女性に加わって戴き、さらに広い視点からの意見を頂戴したく思っています。

この研究報告書は、山梨県総合理工学研究機構が平成26年度に行った8課題の研究成果をとりまとめたものです。このうち①LED単波長光の照射が動植物の生体に及ぼす影響と利用技術に関する研究、②「タケ資源の有効利用に関する研究」、③「クニマスの生態解明及び増養殖に関する研究」は24年度に始まり26年度に終了した研究で、④「アニオン交換型燃料電池用電解質膜の研究開発」は25年度から始まり26年度に終了したものです。これらは7月24日に開催予定の運営委員会で事後評価を受けることになっています。①の研究成果はたくさん出ており、全課題の約半数を占めています。③の研究は27年度から「クニマスの保全並びに活用に関する研究」として発展的に継続されています。

これ以外の4課題は継続中の課題です。⑤「富士北麓水資源の保全と活用のための水文科学的研究」と⑥「山梨県固有のデザインソースの編集とアーカイブ構築」は25年度から始まり27年度に終わる研究で、今、まとめの段階に差しかかっている研究です。⑦「新しいバイオマーカーを利用した山梨県の有用植物資源の探索と活用」、⑧「環境負荷低減のための豚の飼料調整に関する研究」は昨年度から始まった研究です。

以上が、本機構に配分された資金による研究ですが、このほかに本機構の役割として、重点化事業研究の採択と推進を行っています。重点化事業研究は、県の研究資金を重点的に投資する研究として採り上げるもので、政策的研究と言えるかもしれません。本来、行政の出先機関として存在する試験研究機関は行政上のニーズに応じた研究をすべきで、行政上に生じた県民的課題に対して解決策を提言できるものでなくてはなりません。総理研としては重点化事業研究についても事前評価・中間評価・事後評価を行っており、昨年も、7月と10月に実施しました。

毎年、繰り返しになりますが、『二番煎じの成功例より新しい失敗例の方が役に立つ』と私は思っています。勇気を持って役に立つ新しい失敗例が報告されることを希望してやみません。

25年度は私を除く総理研の全メンバーが総入れ替えになるという初めての人事(珍事)で、一時はどうなる事かと案じましたが、皆様のご協力により何とか1年間を乗り切ることが出来、さらに27年度からは県の理事が総理研の事務局長事務取扱となるなどの変化が起きました。10年の経験を生かし、更なる総理研研究の深化を図るべく、一同精励し、異分野間の人的交流による知的触発や研究者同士の切磋琢磨を促し、潜在能力を引き出すとともに、俯瞰的視野に立てる研究者の育成にも努めたいと思います。どうかこれからも、当機構へのご理解とご支援を宜しくお願い申し上げます。

平成27年6月22日

山梨県総合理工学研究機構

総長 小林正彦

研究課題及び研究体制

(◎は主幹事を示す)

1 LED単波長光照射が動植物の生体に及ぼす影響と利用技術に関する研究

山梨県総合農業技術センター ◎加藤 成二
藤木 俊也
窪田 浩一
山梨県畜産試験場 石原 希朋
船井 咲知
松下 浩一
山梨県工業技術センター 河野 裕
木島 一広
鈴木 文晃
大阪教育大学 向井康比己

2 タケ資源の有効利用に関する研究

山梨県森林総合研究所 ◎戸沢 一宏
柴田 尚
山梨県畜産試験場 池永 直浩
山梨県酪農試験場 保倉 勝己
土橋 宏司
神藤 学
角田真由美
山梨県工業技術センター 木村 英生

3 クニマスの生態解明及び増養殖に関する研究

山梨県水産技術センター ◎青柳 敏裕
大浜 秀規
谷沢 広将
小澤 諒
山梨県水産技術センター忍野支所 岡崎 巧
三浦 正之
山梨県衛生環境研究所 長谷川裕弥
吉澤 一家
(独)水産総合研究センター 坪井 潤一
東京海洋大学 勘坂 弘治
市田 健介
Lee Seungki
吉崎 悟朗
北海道大学 松石 隆

4 アニオン交換型燃料電池用電解質膜の研究開発

山梨県工業技術センター ◎三神 武文
佐藤 貴裕
山梨県富士工業技術センター 西村 通喜
阿部 治
(株)タカハタプレジジョンジャパン 横田 尚樹
島田 愛生

5 富士北麓水資源の保全と活用のための水文科学研究

山梨県富士山科学研究所 ◎内山 高
長谷川達也
山本 真也
赤塚 慎
山梨県衛生環境研究所 小田切幸次
小林 浩
吉澤 一家
山梨県富士工業技術センター 尾形 正岐
静岡県環境衛生科学研究所 村中 康秀
神谷 貴文
渡辺 雅之
古屋 洋一
山梨大学国際流域環境研究センター 佐野 哲也
中村 高志
都留文科大学 内山美恵子

6 山梨県固有のデザインソースの編集とアーカイブ構築

山梨県工業技術センター ◎串田 賢一
渡辺 誠
鈴木 文晃
佐藤 博紀
石田 正文
三井由香里
山梨県富士工業技術センター 五十嵐哲也
秋本 梨恵

7 新しいバイオマーカーを利用した山梨県の有用植物等資源の探索と活用

山梨県森林総合研究所	◎戸沢 一宏
	柴田 尚
山梨県衛生環境研究所	小林 浩
	小泉 美樹
山梨県工業技術センター	木村 英生
	樋口 かよ
山梨県富士山科学研究所	長谷川達也
昭和大学	北島 潤一
	高野 昭人
シミックバイオリサーチセンター	小松 弘幸

8 環境負荷低減のための豚の飼料調整に関する研究

山梨県畜産試験場	◎古屋 元宏
山梨県工業技術センター	長沼 孝多
	佐藤 憲亮
	木村 英生
山梨県総合農業技術センター	長坂 克彦
山梨大学ワイン科学研究センター	柳田 藤寿
	乙黒 美彩
	小西 啓太

Y - CROST Research Report No.10 (2015)

Research Report of Comprehensive Research Organization for Science and Technology, Yamanashi Prefectural Government (Y - CROST) No.10(2015)

Index of Research Projects

- 1. Studies on the effects of the Illuminance of monochromatic LED lamps on animals and plants and the technical development of its utilization**
Yamanashi Prefectural Agritech Center
Seiji KATO
Toshiya FUJIKI
Koichi KUBOTA
Yamanashi Prefectural Livestock Experiment Station
Kiho ISHIHARA
Sachi FUNAI
Koichi MATSUSHITA
Yamanashi Prefectural Industrial Technology Center
Hiroshi KONO
Kazuhiro KIJIMA
Fumiaki SUZUKI
Osaka Kyoiku University
Yasuhiko MUKAI
- 2. Studies on the effective utilization of bamboo resources**
Yamanashi Forest and Forestry Product Research Institute
Kazuhiro TOZAWA
Hisashi SHIBATA
Yamanashi Prefectural Livestock Experiment Station
Naohiro IKENAGA
Yamanashi Prefectural Daily Experiment Station
Katsumi HOKURA
Kouji DOBASHI
Manabu JINDOH
Mayumi TSUNODA
Yamanashi Prefectural Industrial Technology Center
Hideo KIMURA
- 3. Studies on the ecology and aquaculture of Kunimasu (*Oncorhynchus kawamurae*) in Lake Saiko.**
Yamanashi Fisheries Technology Center
Toshihiro AOYAGI
Hideki OHHAMA
Kosho TANIZAWA
- 4. Research and development of anion exchange electrolyte membrane for fuel cells**
Yamanashi Prefectural Industrial Technology Center
Takefumi MIKAMI
Takahiro SATO
Yamanashi Prefectural Fuji Industrial Technology Center
Michiyoshi NISHIMURA
Osamu ABE
TAKAHATA Precision Japan Co., Ltd.
Naoki YOKOTA
Manai SHIMADA
- 5. Hydrologic science research for the management and utilization of ground water resources in the northern piedmont area of Mount Fuji**
Mount Fuji Research Institute
Takashi UCHIYAMA
Tatsuya HASEGAWA
Shinya YAMAMOTO
Shin AKATSUKA
Yamanashi Institute for Public Health
Koji ODAGIRI
Hiroshi KOBAYASHI

Kazuya YOSHIKAWA
Yamanashi Pref. Fuji Industrial technology Center
Masaki OGATA

Shizuoka Institute of Environment and Hygiene
Yasuhide MURANAKA
Takafumi KAMITANI
Masayuki WATANABE
Yoichi FURUYA

University of Yamanashi
Tetsuya SANNO
Takashi NAKAMURA

Tsuru University
Mieko UCHIYAMA

6. Design sources peculiar to Yamanashi, Japan: The collection, digitization, and archiving

Yamanashi Prefectural Industrial Technology Center
Ken'ichi KUSHIDA
Makoto WATANABE
Fumiaki SUZUKI
Hiroki SATO
Masafumi ISHIDA
Yukari MITSUI

Yamanashi Prefectural Fuji Industrial Technology Center
Tetsuya IGARASHI
Rie AKIMOTO

7. Search and utilization of useful plant resources of Yamanashi Prefecture using a new biomarker

Yamanashi Forest and Forestry Product Research Institute

Kazuhiro TOZAWA
Hisashi SHIBATA
Yamanashi Institute for Public Health and Environment
Hiroshi KOBAYASHI
Miki KOIZUMI

Yamanashi Industrial Technology Center
Hideo KIMURA
Kayo HIGUCHI

Mount Fuji Research Institute
Tatsuya HASEGAWA

Showa Pharmaceutical University
Junichi KITAJIMA

Akihito TAKANO
CMIC Bio Research Center
Hiroyuki KOMATSU

8. Study on pig feed adjustment to reduce environmental impact

Yamanashi Prefectural Livestock Experiment Station
Motohiro FURUYA

Yamanashi Industrial Technology Center
Kota NAGANUMA
Kensuke SATO
Hideo KIMURA

Yamanashi Prefectural Agritechology Center
Katsuhiko NAGASAKA

The Institute of Enology and Viticulture in Yamanashi University

Fujitoshi YANAGIDA
Misa OTOGURO
Keita KONISHI

LED 単波長光照射が動植物の生体に及ぼす 影響と利用技術に関する研究

Studies on the Effects of the Illuminance of Monochromatic LED Lamps on Animals
and Plants and the Technical Development of its Utilization

LED単波長光照射がコショウランの開花に及ぼす影響（第1報）

藤木俊也

(山梨県総合農業技術センター)

Effect of irradiation with Monochromatic light-emitting diodes on flowering of *Phalaenopsis*

Yamanashi Prefectural Agritechology Center

Toshiya FUJIKI

要約：コショウラン (*Phalaenopsis*) の開花への単波長LED光照射の影響を調査した。 *Doritaenopsis* (*Dtps.*) 属系品種では、日没後の3時間遠赤色光照射により花茎の伸張や花蕾の増加が認められた。この傾向は複数年栽培した大株で顕著であった。また、7～8月の一季咲きである *Dtps.* Kenneth Schubert ‘山梨1号’に12月1日から遠赤色光を日没後3時間照射すると、2月上旬に花茎が発生し、4月下旬に開花した。品種や条件が限定的ではあるが、遠赤色光がコショウランの花芽分化の促進や誘導に影響を及ぼすことが明らかとなった。

Abstract : The effects of various single-wavelength light-emitting diodes(LEDs) irradiation on the flowering of the *Phalaenopsis* were investigated. The expansion of the scape and the increase of number of flowers were admitted by the far-red light (730-740nm, 1.6 or 3.1W/m²) irradiation of three hours at the end of day in *Doritaenopsis* (*Dtps.*) belonging the cultivars. The tendency was remarkable in the large stock that had been grown for two or more years. Furthermore, in *Dtps.* Kenneth Schubert 'Yamanashi No.1', the flower stalk was generated in the beginning of February if the far-red light was irradiated from December 1 for 3 hours at the end of day, that was one normal season flowering during the July-August and it flowered in the end of April. The far-red light's influencing the promotion and the inducement of the flower bud differentiation of the *Phalaenopsis* became clear though the cultivars and the condition were limited.

1. 緒言

照明用LED (light-emitting diodes) の普及により、農業分野でも導入が進んでいる^{1,2)}。花き生産現場においても、キクの電照栽培では白熱灯の照射から赤色LED光の照射へ移行している³⁾。これまで白熱電球では広範囲の波長照射であったが、LEDでは限られた範囲の単波長光を照射できることから、花きへの照射効果について研究が進み、LED単波長光照射による開花促進や花茎伸張など、開花への影響が報告⁴⁾されている。

山梨県内におけるコショウラン (*Phalaenopsis*) の生産額は年間8億円であり、生産額第1位の主要な品目である。花き類ではLED単波長光照射により、花芽の誘導効果が報告⁵⁾されているが、洋ランについての研究事例はない。コショウランの花芽分化は温度で誘導され、光(複合光)の関与は少ないとされている⁶⁾が、単波長光の照射では異なる反応が期待できる。そこで、LED単波長光照射の開花への影響を調査した。また、温度や日長処理では開花時期を変えることが難しい⁷⁾ *Dtps.* Kenneth Schubert ‘山梨1号’への単波長LED光照射が開花に及ぼす影響についても調査した。

2. 実験方法

試験1 異なる波長のLED光照射がコショウランの開花に及ぼす影響

試験は総合農業技術センター、高冷地野菜・花き振興センター八ヶ岳試験地(北杜市高根町、標高955m)のガラス温室で2012年に実施した。材料は *Doritaenopsis* (以下 *Dtps.*) Sogo ‘Vivien’, *Dtps.* Sogo Pinkama, *Phal.* amabilis, *Phal.* Sogo ‘Yukidian’ (V3) の2011年5月に経6cmポリポットに水ゴケでフラスコ出しし、約1年間栽培した株を使用した。LED光は、植物に受容体がある波長を中心に選び、波長730-740nm(遠赤色)、630-640nm(赤色)、530-540nm(緑色)、430-440nm(青色)の(株)鍋清社製電球型LED (DELED plants) を用い、栽培ベンチから高さ80cm、間隔50cmで設置した。その時の照射強度は遠赤色光が3.1、赤色光が5.2、青色光が7.1、緑色光が2.3W/m²であった。照射は2012年6月22日から2013年3月30日まで日没後3時間行なった。照射開始時刻は日没時刻に合わせ15分毎に変更した。試験は各区14株で実施した。

かん水は毎週1回手かん水で行い、隔週毎に液肥5,000倍液 (N-P₂O₅-K₂O=20-20-20) をかん水時に施用した。

温室内の温度管理は17:30-8:30の夜間は最低温度18℃、8:30-17:30の昼間は最低温度25℃に加温した。夏期は天窗・側窓の開閉により温室内の最高温度が30℃を超えない様に管理した。また、光管理は年間を通じて温室外の照度が4万lx以上に達したら50%の温室内遮光を、さらに、3月5日から11月1日までは照度に関係なく50%の温室外遮光を追加した。

調査は第1花が開花した日を開花日として、花蕾が全体の3分の2が開花した時点で株の葉数、葉長、葉幅、花茎数、花茎から発生した花枝である複総状花序数、花茎長、花蕾数を調査した。葉面積は窪田らの報告⁸⁾に準じ、葉長と葉幅から楕円の面積を求め概算値とした。

試験2 遠赤色光の照射光量が開花に及ぼす影響

試験は2012年に八ヶ岳試験地のガラス温室で実施した。供試材料は*Dtps.* Sogo 'Vivien', *Phal.* Sogo 'Venus', *Phal.* Equestris × *Dorit* (以下 *Dor.*) Pulcherrima (*Dtps.* 交配種), *Phal.* 'Little Spring Time' × *Dtps.* 'Sun JyeDiamond' (*Dtps.* 交配種) を2011年5月に試験1と同様にフラスコ出しし、約1年間栽培した株を使用した。LED光の照射は遠赤光を光強度3.1W/m²で日没後3時間と6時間、23:00から2:00の3時間に照射する暗期中断で比較した。日没後3時間区では光強度3.1W/m²と1.6W/m²の2区を設けた。照射は2012年6月22日から2013年3月30日まで行なった。試験は各区14株で実施し、栽培管理は試験1と同様に行い、調査も試験1に準じた。

試験3-1 遠赤色光照射が *Doritaenopsis* 属系品種1年性株の開花に及ぼす影響

試験は2012年に八ヶ岳試験地のガラス温室で実施した。供試材料は*Dtps.* 'はるももか', *Dtps.* 'アメジストミント', *Dtps.* Hatuyuki 'なごり雪'の2011年5月に試験1と同様にフラスコ出しし、約1年間栽培した株を使用した。試験は2012年から2013年に実施し、遠赤色LED光は2012年6月22日から2013年3月30日に光強度3.1W/m²で照射した。供試株数は各区14株とした。

温室の温度は18℃加温とし最高温度は25℃以下となるよう側窓の開閉により調節した。夏期は19:30-8:30の夜間は18℃、8:30-19:30の昼間は25℃となるよう冷房で調節した。栽培管理および調査は試験1に準じた。

試験3-2 遠赤色光照射が *Doritaenopsis* 属系品種3年性株の開花に及ぼす影響

試験は2010年から2011年に八ヶ岳試験地の温室で実施した。材料は*Dtps.* さくら姫, *Dtps.* 'しゅうめい華', *Dtps.* 'ローラン'のフラスコ出し後、約3年間生産者の温室で栽培した株を使用した。鉢は径10.5cmのポリポット、用土はパークを使用した。台湾製の電球型LED

(EDISON opto. corp.) を試験1と同様に設置し、照射は2010年10月12日から2011年8月30日に行った。光強度は1.6W/m²であった。*Dtps.* 'ローラン'については2012年から2013年に試験を実施し、2012年8月1日から2013年3月30日にLED(鍋清社製, 3.1W/m²)を照射した。*Dtps.* 'さくら姫', *Dtps.* 'しゅうめい華'は各区10株、*Dtps.* 'ローラン'は各区8株を供試した。

温室の温度は17:30-8:30の夜間が18℃、8:30-17:30の昼間は25℃になるよう加温し、夏はハウス内の最高温度が30℃を超えない様、天窗・側窓の開閉により管理した。調査は試験1に準じた。

試験4-1 遠赤色光照射が *Dtps.* Kenneth Schubert '山梨1号'の開花に及ぼす影響

試験は2009年から2010年に八ヶ岳試験地のガラス温室で実施した。材料は*Dtps.* Kenneth Schubert '山梨1号'のメリクロン苗を2009年5月20日に6cmポリポットに水ごけでフラスコ出した株を供試した。遠赤色光の照射は台湾製電球型LEDを使用し、2009年12月1日から3月31日まで日没後3時間照射した。光強度は1.6W/m²であった。温室の温度は17:30-8:30の夜間は18℃、8:30-17:30の昼間は25℃に加温し、夏期はハウス内の最高温度が30℃を超えない様、天窗・側窓の開閉により管理した。その他の栽培管理は試験1に準じ、花茎発生日、第1花開花日と花蕾の全体の3分の2が開花した時点で株あたりの花茎数、花蕾数、花茎長、花の大きさを調査した。

試験4-2 異なる時期の遠赤色光照射が *Dtps.* Kenneth Schubert '山梨1号'の開花期に及ぼす影響

試験は八ヶ岳試験地(標高955m)のガラス温室で2012年から2013年に実施した。材料は*Dtps.* Kenneth Schubert '山梨1号'のメリクロン苗を2012年4月19日に試験4-1と同様にフラスコ出した株を使用した。遠赤色光LEDは(株)鍋清社製電球型LEDを使用し、照射開始期を6月1日、9月1日、12月1日とし3月31日まで照射した。遠赤色光の照射は日没後3時間に加え、23:00から2:00までの3時間の暗期中断、植物生育用蛍光灯(ネオボールアグリ、東芝ライテック社製)により明期が15時間となるよう長日処理した後、3時間遠赤色光を照射する区を設定した。遠赤色LED光の光強度は3.1W/m²であった。各区14株を供試した。栽培管理、調査は試験4-1と同様に行った。

3. 結果

試験1 異なる波長のLED光照射がコチヨウランの開花に及ぼす影響

異なる波長光(遠赤色光, 赤色光, 緑色光, 青色光)

表1 異なる波長光照射がコチヨウランの生育と開花に及ぼす影響

品種	LED光照射	葉数 (枚)	葉面積 (cm ²)	開花日 (月日)	開花 株率(%)	花茎数 /株(本)	枝数 /株(本)	花茎長 (cm)	総花蕾数 (個)
<i>Dtps.</i> Sogo 'Vivien'	遠赤色光照射	6.9a	37.1a	3/8a ± 8.7	100	1.6ab	0.1a	22.4a	11.6a
	赤色光照射	6.1a	38.3a	3/3a ± 10.3	100	1.4ab	0.0a	21.1ab	10.7ab
	青色光照射	6.1a	33.5a	3/10a ± 12.7	100	1.3b	0.1a	19.9ab	9.3b
	緑色光照射	6.2a	38.3a	3/5a ± 14.9	100	1.2b	0.2a	21.4ab	9.8ab
	無照射	5.9a	35.8a	2/17b ± 17.3	100	1.8a	0.0a	19.2b	10.6ab
<i>Dtps.</i> Sogo 'Pinkama'	遠赤色光照射	5.8a	50.0a	1/31a ± 22.3	79	1.0a	0.0a	40.4a	7.1a
	赤色光照射	5.2a	49.5a	2/2a ± 16.8	100	1.0a	0.0a	32.3b	5.6a
	青色光照射	5.3a	44.2b	2/16a ± 18.0	100	1.0a	0.0a	36.2ab	6.5a
	緑色光照射	5.4a	44.4ab	2/11a ± 23.2	100	1.0a	0.0a	34.6b	5.8a
	無照射	6.1a	39.4b	2/11a ± 25.2	72	1.0a	0.0a	36.8ab	5.9a
<i>Phal.</i> Amabilis	遠赤色光照射	4.7a	56.0a	1/12a ± 13.6	100	1.2a	0.0a	33.4a	5.2a
	赤色光照射	4.4a	60.5a	1/23a ± 19.1	92	1.0a	0.0a	34.0a	4.8a
	青色光照射	4.4a	57.7a	1/20a ± 5.0	100	1.0a	0.0a	32.8a	4.5a
	緑色光照射	5.1a	54.8a	1/24a ± 12.3	100	1.1a	0.0a	33.4a	4.5a
	無照射	4.5a	59.0a	1/19a ± 13.6	100	1.1a	0.0a	34.9a	5.5a
<i>Phal.</i> Sogo 'yukidian'	遠赤色光照射	5.3a	73.1a	1/13a ± 16.1	100	1.0a	0.0a	54.4a	4.7a
	赤色光照射	5.6a	74.2a	1/26ab ± 12.1	100	1.0a	0.0a	51.0ab	4.8a
	青色光照射	5.3a	76.0a	2/1b ± 13.1	100	1.0a	0.0a	45.9b	4.4a
	緑色光照射	5.1a	75.5a	1/27ab ± 13.0	92	1.0a	0.0a	47.8ab	4.5a
	無照射	5.4a	72.0a	1/23ab ± 11.5	91	1.0a	0.0a	53.0ab	5.0a

照射期間: 2012年7月11日から開花終了まで

開花日: 第1花が開花した日

花枝数: 複総状花序数

花茎長: 主花茎の長さ

総花蕾数: 株当たりの全花茎と全枝の合計

同一品種内における異なるアルファベットはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

表2 異なる光量の遠赤色光照射がコチヨウランの開花に及ぼす影響

品種	遠赤色光照射	葉数 (枚)	葉面積 (cm ²)	開花日 (月日)	開花 株率(%)	花茎数 (本/株)	花枝数 (本/株)	花茎長 (cm)	総花蕾数 (個)
<i>Dtps.</i> Sogo 'Vivien'	3.1W-3h	5.6a	42.0ab	2/22ab ± 13.2	100	1.8a	0.6a	26.3a	16.2a
	3.1W-6h	6.2a	44.4a	3/2b ± 7.4	100	1.6a	0.7a	25.6a	15.1ab
	3.1W-3h 暗期中断	5.9a	36.6b	2/17ab ± 23.8	100	1.9a	0.1a	22.8b	12.6b
	1.6W-3h	5.9a	36.4b	2/12a ± 14.0	100	1.9a	0.6a	24.4ab	14.9ab
	無照射	6.2a	36.5b	2/18ab ± 12.2	100	2.1a	0.1a	21.8b	13.7ab
<i>Phal.</i> Sogo 'Venis'	3.1W-3h	4.7a	60.3a	1/23ab ± 8.2	100	1.9a	0.1a	25.9a	13.5a
	3.1W-6h	4.5a	63.8a	1/21a ± 7.5	100	1.8a	0.1a	27.5a	14.6a
	3.1W-3h 暗期中断	4.5a	57.3ab	1/31b ± 8.1	100	1.9a	0.0a	22.7ab	12.4ab
	1.6W-3h	4.8a	58.0ab	1/26ab ± 8.7	100	1.9a	0.2a	27.1a	14.9a
	無照射	4.1a	51.4b	2/5c ± 7.5	100	1.6a	0.0a	19.4b	9.2b
<i>Phal.</i> e <i>questris</i> × <i>Dor.</i> <i>pulcherrima</i>	3.1W-3h	5.5b	29.1a	10/11a ± 26.4	100	1.0a	2.0a	50.4a	35.8a
	3.1W-6h	6.9a	27.2a	10/22a ± 21.1	100	1.1a	1.5a	49.5a	31.7ab
	3.1W-3h 暗期中断	6.2a	26.8ab	10/7a ± 22.6	90	1.0a	1.7a	48.7a	34.0ab
	1.6W-3h	5.7ab	27.5a	9/30a ± 21.1	100	1.1a	2.1a	47.7a	39.8a
	無照射	4.9b	21.5b	10/19a ± 25.6	89	1.0a	1.1a	38.9b	24.1b
<i>Phal.</i> 'Little Spring Time' × <i>Dtps.</i> 'Sun Jye Diamond'	3.1W-3h	4.4a	55.8a	2/12a ± 4.7	100	1.6a	0.0a	32.1ab	6.1a
	3.1W-6h	4.4a	56.7a	2/5a ± 4.7	100	1.4a	0.0a	31.0ab	5.4ab
	3.1W-3h 暗期中断	4.3a	58.1a	2/8a ± 4.0	100	1.5a	0.0a	29.0b	5.4ab
	1.6W-3h	4.7a	56.1a	2/8a ± 6.0	100	1.3a	0.0a	33.1a	5.2ab
	無照射	4.3a	54.9a	2/6a ± 5.5	100	1.3a	0.0a	30.8ab	4.9b

照射期間: 2012年7月11日から開花終了まで

3.1W-3h: 3.1W/m²の光強度で日没後3時間照射

暗期中断: 23:00-200に3.1W/m²で照射

開花日: 第1花が開花した日

花枝数: 複総状花序数

総花蕾数: 株当たりの全花茎と全枝の合計

同一品種内における異なるアルファベットはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

で小輪系の *Doritaenopsis* 属系品種および中～大輪系の *Pharaenopsis* 属系品種に照射した結果を表1に示した。生育について、葉数はいずれの品種でも照射波長による差は見られなかった。葉面積は *Dtps.* Sogo 'Pinkama' では、遠赤色光と赤色光で大きかった。

開花への影響は、*Dtps.* Sogo 'Vivien' では開花日が全ての波長で無照射より20~30日早くなった。一方、*Phal.* Sogo 'Yukidian' (V3) では、青色光照射で7日程度開花の遅れが認められた。株当たりの花茎数は多花茎品種の *Dtps.* Sogo 'Vivien' では青色光と緑色光の照射で少なかった。花茎長は *Dtps.* Sogo 'Vivien' では遠赤色光照射で3cm程度長く、*Dtps.* Sogo 'Pinkama' では赤色光と緑色光で2~3cm短く、*Phal.* Sogo 'Yukidian' では青色光で5cm短くなった。花蕾数は、*Dtps.* Sogo 'Vivien' において青色光の照射で1個少なかった。全体では *Dtps.* 系品種では遠赤色光の照射により花茎の伸張と花蕾数が増加する傾向が認められた。

試験2 遠赤色光の照射光量が開花に及ぼす影響

遠赤色光を光強度と照射時間を変えて *Doritaenopsis* 属系品種を中心に照射した結果を表2に示した。生育では *Phal.* Equestris × *Dor.* Pulcherrima (*Dtps.*) で 3.1W/m² の6時間照射と 3.1W/m² の3時間暗期中断で葉数が1.5枚程度多かった。葉面積は *Dtps.* Sogo 'Vivien' では 3.1W/m² の6時間照射が 6cm²、*Phal.* Sogo 'Venus' では 3.1W/m² の3時間と6時間照射で約6cm²、*Phal.* Equestris × *Dor.* Pulcherrima (*Dtps.*) では暗期中断を除く照射区で5cm²程度大きかった。開花日は *Dtps.* Sogo 'Vivien' では 3.1W/m² の6時間照射で15日遅くなった。一方、*Phal.* Sogo 'Venus' では全照射区で開花が10日程度早くなったが、3.1W/m² の6時間照射区で最も早くなった。花茎数や複総状花序数(花枝数)には照射の影響は認められなかった。

花茎長は *Dtps.* Sogo 'Vivien'、*Phal.* Sogo 'Venus'、*Phal.* Equestris × *Dor.* Pulcherrima (*Dtps.*) で遠赤色光照射により5~10cm長くなった。*Phal.* 'Little Spring Time' × *Dtps.* 'Sun JyeDiamond' (*Dtps.*) では暗期中断により花茎が2cm短くなった。総花蕾数は遠赤色光照射により全ての品種で1~10個程度の増加が認められた。3.1W/m²での3時間照射で増加量が多く、暗期中断で少なかった。*Phal.* Sogo 'Venus'、Equestris × *Dor.* Pulcherrima (*Dtps.*) では 1.6 W/m² の3時間照射で、11個と花蕾数の増加が認められた。

試験3-1 遠赤色光照射が *Doritaenopsis* 属系品種1年性株の開花に及ぼす影響

栽培1~2年で小鉢出荷する *Doritaenopsis* 属系品種に遠赤色光を照射した結果を表3にまとめた。いずれの品種においても生育には照射の影響は認められなかった。

開花では、*Dtps.* Hatuyuki 'なごり雪' で遠赤色光の照射により花茎が3~5cm伸張し、*Dtps.* 'アメジストミント' と *Dtps.* Hatuyuki 'なごり雪' で花蕾数が2~3個増加した。

表3 LED光照射が *Doritaenopsis* 属系品種栽培1年性株の開花に及ぼす影響

品種	LED光照射	葉数(枚)	葉面積(cm ²)	開花日(月日)	開花株率(%)	花茎数(本/株)	花枝数(本/株)	花茎長(cm)	総花蕾数(個)
<i>Dtps.</i> 'はるも華'	遠赤色光照射	4.7ns	78.4ns	9/29ns ± 17.9	100	1.0ns	0.6ns	49.3ns	11.4ns
	無照射	5.0	74.0	9/26 ± 12.8	83	1.0	0.7	45.7	10.3
<i>Dtps.</i> 'amejist mint'	遠赤色光照射	8.0ns	23.2ns	9/18ns ± 14.7	100	1.0ns	0.1ns	21.1*	11.3*
	無照射	8.6	23.7	9/17 ± 22.2	100	1.1	0.0	18.4	9.5
<i>Dtps.</i> Hatuyuki 'なごり雪'	遠赤色光照射	6.4ns	32.9ns	9/17ns ± 8.1	100	1.3ns	0.1ns	40.0**	12.1**
	無照射	6.1	31.5	9/18 ± 4.4	100	1.1	0.0	34.9	9.3

開花日: 第1花が開花した日
花枝数: 複総状花序数
花茎長: 主花茎の長さ
総花蕾数: 株当たりの全花茎と全枝の合計
t-検定により、*.5%, **.1%水準で有意差あり、ns:有意差なし

試験3-2 遠赤色光照射が *Doritaenopsis* 属系品種3年性株の開花に及ぼす影響

栽培を2年から3年間行い、大鉢で出荷する *Doritaenopsis* 属系品種の栽培3年目株へ遠赤光を照射した結果を第4表に示した。*Dtps.* 'さくら姫' では照射により開花が20日遅くなった。*Dtps.* 'しゅうめい華' と *Dtps.* 'ローラン' では照射による開花日への影響はなかった。開花株率は遠赤色光照射により向上した。*Dtps.* 'しゅうめい華' と *Dtps.* 'ローラン' では遠赤光照射により複総状花序(花枝)の発生が無照射の0.6本から3.0本、1.1本から2.7本となり、花茎長も5cm程度伸長し、その結果として花蕾数が10~12個増加した。*Dtps.* 'さくら姫' では遠赤色光の照射により複総状花序数は大きくは増加しなかったが、花茎長が12cm伸長し、花蕾数が37個増加した。

表4 遠赤色光照射が *Doritaenopsis* 系品種栽培3年性株の開花に及ぼす影響

品種	LED光照射	開花日(年月日)	開花株率(%)	花茎数(本/株)	花枝数(本/花茎)	花枝発生率(%)	花茎長(cm)	総花蕾数(個/株)
<i>Dtps.</i> 'さくら姫'	遠赤色光照射	2011/8/6** ± 16.9	90	1.2ns	2.6ns	100	67.0**	73.9**
	無照射	2011/7/17 ± 3.5	70	1.0	2.0	100	55.9	37.1
<i>Dtps.</i> 'しゅうめい華'	遠赤色光照射	2011/2/18ns ± 9.7	100	1.5ns	3.0**	100	60.2*	33.0**
	無照射	2011/2/22 ± 9.6	70	1.3	0.6	43	54.8	19.3
<i>Dtps.</i> 'ローラン'	遠赤色光照射	2013/2/8ns ± 7.2	100	1.7ns	2.7**	100	41.9*	29.7*
	無照射	2013/2/16 ± 2.9	100	1.3	1.1	86	36.2	18.7

試験期間: さくら姫、しゅうめい華は2010年10月12日~開花
ローランは2012年8月1日~開花まで
開花日: 第1花が開花した日
花枝数: 複総状花序数
花茎長: 主花茎の長さ
総花蕾数: 株当たりの全花茎と全枝の合計
t-検定により、*.5%, **.1%水準で有意差あり、ns:有意差なし

試験4-1 遠赤色光照射が *Dtps.* Kenneth Schubert '山梨1号'の開花に及ぼす影響

2009年5月20日にフラスコ出しした *Dtps.* Kenneth Schubert '山梨1号'に12月1日から遠赤色光を日没後3時間照射した結果、本来花茎が発生しない2月上旬から

花茎の発生が認められ、4月下旬に開花した。遠赤色光の照射は花茎数、花蕾数、花茎長、花の大きさには影響を及ぼさなかった(表5)。

表5 遠赤色光照射が *Dtps.* Kenneth Schubert '山梨1号' の開花に及ぼす影響

LED照射	花茎 発生日	開花日(年月日)	開花株率 (%)	花茎数 (本/株)	花蕾数 (個/株)	花茎長 (cm)	花の大きさ(cm)	
							縦	横
遠赤色光 照射	2/3	2010/4/25±16.5	90%	1.0	7.2	18.5	4.0	4.0
無照射	4/27	2010/7/7±19.9	95%	1.1	6.9	18.5	3.9	3.9
t-検定	**	**		ns	ns	ns	ns	ns

プラスチック出し:2009年5月

遠赤色光照射:16:30~19:30に遠赤色光を2009年12月1日から照射

開花日:第1花が開花した日

花茎長:主花茎の長さ

花蕾数:株あたりの主花茎の花蕾数

t-検定により,*:5%,**:1%水準で有意差あり,ns:有意差なし

試験4-2 異なる時期の遠赤色光照射が *Dtps.* Kenneth Schubert '山梨1号' の開花期に及ぼす影響

2012年4月19日にプラスチック出した *Dtps.* Kenneth Schubert '山梨1号' の株に6月1日、9月1日、12月1日から遠赤色光を照射し、開花に及ぼす影響を調査した結果を表6に示した。6月1日から遠赤色光を照射した場合、無照射では10月19日に14%の株が開花したのに対し、79%の株が10月3日に開花した。9月1日からの照射では日没後3時間照射では8%の株が10月15日に開花した。しかし、暗期中断で照射した場合や長日条件で照射した場合は、全く開花が認められなかった。12月1日からの照射では日没後3時間、暗期中断照射とも開花が認められなかった。3月31日までに開花しなかった株は、翌年、本来の開花期である7月下旬に開花した(データ省略)。

表6 遠赤色光照射方法と照射時期が *Dtps.* Kenneth Schubert '山梨1号' の開花に及ぼす影響

遠赤色光照射	照射 開始日	開花日 (月日)	開花 株率(%)	花茎数 /株	花茎長 (cm)	花蕾数 (個)
3.1W-3h	6月1日	10/3	79	1.1	17.9	5.7
	9月1日	10/15	8	1.0	20.0	6.0
	12月1日		0			
3.1W-3h 暗期中断	6月1日	10/15	50	1.0	13.9	4.0
	9月1日		0			
3.1W-3h 暗期中断	12月1日		0			
	9月1日		0			
長日+FR-5W-3h	9月1日		0			
Cont.		10/9	14	1.0	15.3	5.0

プラスチック出し:2012年4月19日

試験期間:2012年6月1日~2103年3月31日

3.1W-3h:3.1W/m²の光強度で日没後3時間照射

暗期中断:23:00-2:00に3.1W/m²で照射

開花日:第1花が開花した日

4. 考察

本研究では単波長LED光照射がコショウランの開花

に及ぼす影響を調査した。

植物に受容体があり、生育や開花にコショウランの生育や開花に影響を及ぼすと考えられた遠赤色光、赤色光、緑色光、青色光を照射したところ、葉面積の増加、開花日、花茎長、花蕾数などに品種間差はあるものの影響が認められた。中でも、*Doritaenopsis* 属系品種では遠赤色光の照射により花茎長や花蕾数の増加が認められた。供試品種は少ないが、交配親として多く利用されている *Phal.* amabilis, や大輪系白花の主要品種である *Phal.* Sogo 'Yukidian' (V3) にほとんど照射の効果は認められず、*Doritaenopsis* 属系品種を中心に照射の効果は認められたことは交配親に使用された *Doritis* 属品種が遠赤色の光照射の影響を受けやすいことによると考えられた。コショウランでは花茎の発生や伸長にジベレリンが関与すること⁹⁾ やキクでは遠赤色光の照射により内生ジベレリン活性が高まること¹⁰⁾ が知られており、*Doritaenopsis* で花茎長や花蕾数の増加が認められたことは、遠赤色光照射により内生ジベレリンの活性が高まった結果である可能性が高いと考えられた。

Doritaenopsis 属系品種では大株になるほど遠赤色光照射の影響が大きく、自然状態で花蕾数が多い品種ほど花蕾数の増加が大きかった。今回の試験では出荷形態から、1年性株と3年性株で異なる品種を使用したことから、今後、同じ品種での検討が必要と考えられた。

照射する遠赤色光の照射強度や照射時間変えた実験では、照射する光量間で効果の差は認められなかったが、光強度を3.1W/m²から、1.6W/m²に減らしても、照射時間を3時間から6時間に増やしても、*Doritaenopsis* 属系品種における花茎の伸張や花蕾数の増加の効果に差は認められなかった。このことは、遠赤色光照射効果が照射の有無によるスイッチ的なものである可能性が考えられ、今後、さらに必要最低限の光量などを詳しく調査していく必要があると考えられた。

一方、暗期中断する形での照射では、生育では負の効果があり、開花においても花蕾数や花茎長の増加が少なかった。このことは、暗期中断での照射が好ましくないことを示していると考えられるが、原因は不明であり今後のさらなる調査が必要である。

7月から8月の一季咲きであり、温度による開花調節が出来ない *Dtps.* Kenneth Schubert '山梨1号' に、12月1日から遠赤色光(波長740nm)を日没後3時間照射したところ、本来、花茎の発生しない1月下旬から花茎が発生し、4月下旬から5月中旬に開花した。これまで、コショウランでは光により花芽分化が誘導された報告はないことから、遠赤色光照射により花芽分化が誘導された今回の結果は新しい知見であると考えられた。しかし、その後は幼齡、温度、光など条件を同じとなるようにし、試験を実施しているが、再現性が得られていない。その原因として、2010年の試験で花芽分化が認められたの

は、その時の株齢、温度、光条件等が花芽分化の条件近くまで達しており、そこに遠赤色光を照射したことで花芽が分化したのではないかと考えられた。後の試験では、株、温度、光、気象条件の年次変動により、植物が花芽分化の状態には達せず、遠赤色光を照射しても花芽分化に至らなかったのではないかと考えられた。いずれにしても、再度、株齢、温室内の気温推移、日照条件などの影響について、より詳細な検討が必要であると考えられた。

さらに、山梨1号の花芽分化は、温度だけでなく長日にも影響を受けることから、9月からの照射で、植物育成用蛍光灯により長日条件とし遠赤色光照射を照射したが、花芽の誘導はなかった。この結果は、夏場の生育温度や株齢などの影響も考えられるが、植物育成用ランプの主波長が植物の生育に適した440nmと660nmに調節しており、660nmである赤色光の波長が遠赤色光の効果を相殺している可能性も考えられた。そのため今後、白熱灯や幅広い波長の照射による長日条件下での試験など、継続して調査いく必要があると考えられた。

今後も詳細な条件や品種間差の検討は必要と考えられるが、コチョウランにおいて、遠赤色光照射により花芽分化を誘導できる可能性、花芽分化を促進させることができたことは、生産での光利用技術の可能性が示唆されたと考えられた。

5. 結 言

本研究では、コチョウランに異なる波長のLED光を照射し、開花に及ぼす影響を調査した結果、遠赤色光を日没後に1.6または3.1W/m²の光強度で3時間照射すると、*Doritaenopsis*属系品種では花茎の伸張や花蕾数の増加が認められた。また、夏季の1季咲きであり、温度による開花調節が出来ない*Dtps. Kenneth Schubert*‘山梨1号’に、12月1日から遠赤色光(波長740nm)を日没後3時間照射したところ、本来、花茎の発生しない1月下旬から花茎が発生し、4月下旬から5月中旬に開花した。

これらの結果はさらなる再現性や詳細な照射条件の検討が必要であるが、コチョウランの花芽分化に遠赤色光の照射が何らかの影響を及ぼしていることは明らかであり、今後の研究の一助となることを期待する。

6. 謝 辞

本研究の実施にあたり、試験株の調達に尽力頂いた生産者の松村秀彦氏、試験株を提供して頂いた石原 洋氏、奥山一太郎氏に厚く御礼申し上げます。

また、試験の遂行にあたりご指導、ご助言を賜りました総合理工学研究機構の市川和規特別研究員、本稿の執筆にあたりご指導頂いた同機構の雨宮圭一特別研究員に

は厚く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 森 安裕, 高辻正基, 原田順二: 種々の波長のLEDとLD光がバラの生育と開花に及ぼす影響. レーザー研究,33 (8) ,537-541 (2005)
- 2) 新井 聡, 大石一史: 夜間の各種単波長のLED照明が数種の鉢物の生育に及ぼす影響. 愛知農総試研報, 43, 41-53 (2001)
- 3) 白山竜次, 永吉実孝, 郡山啓作: キクの電照栽培における電照期間と花芽分化抑制に必要な放射照度との関係. 園学研,12 (2) ,195-200 (2013)
- 4) 島 浩二, 川西孝秀, 山田 真, 石渡政紀, 住友克彦, 久松 完: 明期終了時の短時間遠赤色光照射が冬季におけるスプレーギクの茎伸張に及ぼす影響. 園学雑, 8 (3) ,335-340. (2009)
- 5) 住友克彦, 山形敦子, 島 浩二, 岸本真幸, 久松 完: 数種切り花類の開花および茎伸長に及ぼす明期終了時の短時間遠赤色光照射 (EOD-FR) の影響. 花き研報, 9,1-11, (2009)
- 6) 市橋正一: ファレノプシス 栽培と生産. ファレノプシスの栽培-開花調節の方法-. 誠文堂新光社. 東京, p204-210 (2006)
- 7) 藤木俊也, 窪田浩一, 堀内浩明, 三宅ひろみ:コチョウラン (*Doritaenopsis*)「山梨1号」の開花習性. 山梨総農セ研報,4, 9-15 (2011)
- 8) 窪田 聡, 米田和夫: ファレノプシスの生育並びに養分吸収に及ぼす温度と施肥の影響. 園学雑,59別2: 554-555 (1990)
- 9) 小幡彩夏, 秋山直樹, 名和俊一郎, 窪田 聡, 腰岡政二: ファレノプシスの主茎および花茎におけるジベレリンの局在性. 園学研.11別2,511 (2012)
- 10) T. Hisamatsu, K. Sumitomo and H. Shimizu: End-of-day far-red treatment enhances responsiveness to gibberellins and promotes stem extension in *chrysanthemum*. Journal of Horticultural Science & Biotechnology,83 (6) ,695-700 (2008)

LED単波長光照射がコショウランの開花に及ぼす影響（第2報）

加藤 成二¹・藤木 俊也¹・河野 裕²・木島 一広²・鈴木 文晃²・向井 康比己³
(¹山梨県総合農業技術センター、²山梨県工業技術センター、³大阪教育大学)

Effect of irradiation with Monochromatic light-emitting diodes on flowering of *Phalaenopsis* (2nd report)

Seiji Kato¹, Toshiya Fujiki¹, Hiroshi Kono², Kazuhiro Kijima², Fumiaki Suzuki², Yasuhiko Mukai³

(¹Yamanashi Prefectural Agritechology Center, ²Yamanashi prefectural Industrial technology center, ³Osaka Kyoiku University)

要約：コショウランは、日長での開花調節ができないため、苗を高温で栽培することにより花芽形成を抑制し、冷房管理を行う開花温室へ移動することで開花調節を行っている。これらの管理には、冷暖房のための燃料費が多くなるため、より低コストな開花調節法が求められている。そこで、第1報に続き、遠赤色LED光が主要品種の開花に及ぼす影響およびコショウランの遺伝子発現について調査した。

遠赤色LED光の照射時間帯を変えた試験では、総花蕾数は、*Phal.(Dtps.)* Hatuyuki, *Phal.(Dtps.)* Sogo Vivienでは、無照射区が最も少ない傾向が認められ、*Phal.(Dtps.)* Hatuyukiで、暗期中断区で有意差が見られたことから遠赤色光照射による花蕾数の増加が確認できた。夏咲き品種である‘山梨1号’では、夏季25℃換気で1年生株が日没後12月照射区で最も早い開花となった他、植物蛍光灯を用いた長日処理を除く遠赤色光照射区で開花日が早まる傾向がみられた。遠赤色光照射は、旧*Dritaenopsis*属において花蕾数の増加および開花期前進の効果が認められた。花蕾数の増加が認められた*Phal.(Dtps.)* Hatuyuki を用い遺伝子の活性状態の指標となるDNAのメチル化を観察し、両親ゲノムの遺伝子発現を調査した。*Phal.(Dtps.)* Hatuyukiでは核内において両ゲノムの区画化がみられ、*Doritis*ゲノムは核の外側または片側に偏在していた。遺伝子発現の不活性の目安となるDNAのメチル化は、*Doritis*染色体で多く観察された。

遠赤色光照射は、温度管理で開花の制御を行っている慣行栽培への代替え技術には適していなかったが、温度管理で開花調節のできない品種への開花制御の可能性を示した。

Abstract : It is not possible for the flowering regulation by the day length in *Phalaenopsis*. Therefore, flower bud formation is controlled by cultivating a young plant in high temperature and regulates flowering by moving to the flowering greenhouse keeping low temperature by cooling. Because fuel cost for air-conditioning increases in these tending, it is required the lower-cost flowering regulation method. Following the first report, the influence that far-red light LED gave to flowering of the leading varieties and a gene expression of the *Phalaenopsis* were studied.

By the experiment that changed an irradiation time zone of the far-red light LED, the number of the total flower buds was the tendency that there was the least no irradiation in *Phal.(Dtps.)* Hatuyuki, *Phal.(Dtps.)*Sogo Vivien. In *Phal.(Dtps.)* Hatuyuki, significant difference was recognized the number of the total flower buds in night-interruption treatment. It was confirmed that the number of the flower buds increased by far-red light irradiation. In ‘Yamanashi No. 1’ of the variety which bloomed in summer, it was with the flowering which was the earliest in irradiation plot from December after sunset by summer 25℃ ventilation. The tendency that a flowering date was moved forward in far-red light irradiation plot except the long-day treatment using the plant fluorescent lamp was admitted. As for the far-red light irradiation, proal effect was accepted in old *Dritaenopsis* genus for increase of the number of the flower buds and a blooming season. Methylation of the DNA which was an indicator of the genetic active state was observed using *Phal.(Dtps.)* Hatuyuki where increase of the number of the flower buds was admitted, and the gene expression of the parents genomes were studied. The compartmentation of both genomes was seen in a nucleus in *Phal.(Dtps.)* Hatuyuki, and the *Doritis* genome was maldistributed in the nuclear outside or the one side. The DNA methylation domain where gene expression was inert was observed mainly on *Doritis* chromosome. The far-red light irradiation was not suitable for a substitution technology to the convention cultivation which performed flowering regulation in temperature management. However, the possibility of the blooming control to these varieties was shown.

1. 緒言

照明用LEDの技術開発の進歩に伴い農業分野においてLED照明の導入が、始まっている。LED照明の利点として、消費電力が低い、発熱が少ない、波長の調整が可能などがある。キクなどの短日植物では、従来使用されていた白熱電球に変わり、LED照明が使用され始めているが、波長を調整できなかった白熱電球に比べ、赤色単波長照明が効果的であることが明らかとなっている¹⁾。

植物においては葉緑体が行う光合成に有効な波長として青色(約440nm)付近と赤色(約650nm)が知られているが、植物色素としてフィトクロム等の存在が注目されている。フィトクロムは、赤色と赤外域に近い遠赤色光に反応する色素であり、茎の伸長や開花などに影響するという報告がある。日没時に赤色と遠赤色光の照射によりフィトクロム分子は、活性と不活性へと可逆的に変化することが報告されている²⁾。

コチョウランは、平成25年の生産額で約7億6千万円と山梨県の花きで最も重要な品目である。コチョウランは、日長での開花調節ができないため、苗を高温で栽培することにより花芽形成を抑制し、冷房管理を行う開花温室へ移動することにより開花調節を行っている。これらの管理には、冷暖房のための燃料費が多くなるため、より低コストな開花調節法が求められている。

第1報に続き、光の波長が主要品種の開花に及ぼす影響、遠赤色LED光が主要品種の開花に及ぼす影響およびコチョウランの遺伝子発現について調査した。

2. 実験方法

試験1 遠赤色光が主要品種の開花に及ぼす影響

1-1 (平成25年度試験)

試験には、*Phal. (Dtps.) Sogo Vivien*、*Phal. (Dtps.) Hatuyuki* 'なごり雪'第1報で用いた同一株をプラスチック出し後2年生株を用いた。栽培場所は、八ヶ岳試験地ガラス温室で栽培した。温度管理は、4:30から8:30まで20℃に加温、8:30から16:30まで25℃に加温、16:30から19:30まで20℃に加温、19:30から4:30まで18℃に加温し、25℃を超えないように空調により室温を管理した。その他の管理は八ヶ岳試験地慣行とした。試験区は、日没後照射として、3時間、6時間とした。暗期中断区として3時間照射とした。対照として無照射区を設置した。波長はいずれも遠赤色光(740nm)とした。LED光源は(株)鍋清DELEDplants)を以後のすべての試験に用いた。照射強度は日没後3時間区では、1.5W/m²と3W/m²とした。照射強度1.5W/m²区は、LEDライトに工業技術センター作製のフィルタを用い、光量を半減した。日没後6時間区、暗期中断区では、3W/m²とした。照射期間は、

2013年6月3日から試験終了まで照射を行った。試験区は1区12株とした。花茎発生日、開花日、花茎数、花茎長、小花数、花の大きさ、花枝発生を調査した。

1-2 (平成26年度試験)

試験には、*Phal. (Dtps.) Sogo Vivien*、*Phal. (Dtps.) Hatuyuki* 'なごり雪' *Phal. Sogo yukidian* 'V3'の花芽形成後の株を用いた。'なごり雪'は慣行栽培と同様に第1花茎を切除した株を試験に用いた。栽培場所は、八ヶ岳試験地ガラス温室で栽培した。温度管理は、最低室温を19℃とし、25℃を超えないように空調により室温を管理した。その他の管理は八ヶ岳試験地慣行とした。遠赤色光は、日没後3時間、日没前3時間、日中12時間(6:00~18:00)の3水準に無照射を加えた4試験区を設置した。

波長はいずれも遠赤色光(740nm)とした。2014年6月2日から試験終了まで照射を行った。試験区は1区12株とした。花茎発生日、開花日、花茎数、花茎長、小花数、花の大きさ、花枝発生を調査した。

試験2 遠赤色LED光照射による'山梨1号'の開花調節 2-1 (25年度試験)

試験には、供試品種として2013年5月7日(1年生株)にプラスチック出したコチョウラン'山梨1号'を用いた。栽培場所は、八ヶ岳試験地ガラス温室で栽培した。温度管理は、夏期の最高温度を30℃以下で窓管理した区と最高温度を25℃以下で窓管理した区の2水準を設置した。最低温度は、いずれの区も18℃とした。その他の管理は八ヶ岳試験地慣行とした。試験区は、最高温度の他、照射開始時期を9月1日、12月1日の2水準、照射時間日没後3時間、6時間、暗期中断3時間の3水準を設け組み合わせた。更に長日処理後に3時間の遠赤色光照射区を設置した。長日処理の光源は、植物育成用蛍光灯を用いた。対照として無照射区を設置した。照射強度は3.0W/m²とした。照射開始後、試験終了まで照射を行った。試験区は1区12株とした。花茎発生日、開花日、花茎数、花茎長、小花数、花の大きさ、花枝発生を調査した。

2-2 (平成26年度試験)

試験には、供試品種として2014年5月19日にプラスチック出したコチョウラン'山梨1号'を用いた。温度管理は、栽培場所は、八ヶ岳試験地ガラス温室で栽培した。温度管理は、夏期の最高温度を30℃以下で窓管理し最低温度は18℃とした。1年生株は、平成25年度試験に準じて行ったが、暗期中断区を設置せず、長日処理のみの区を設置した。長日処理の光源は、20W白熱電球を用いた。花茎発生日、開花日、花茎数、花茎長、小花数、花の大きさ、花枝発生を調査した。

試験3 *Dritanopsis* 属における両親ゲノムの遺伝子発現

遠赤色光照射への花蕾数への影響が大きい交配種であるドリテノプシス系品種‘なごり雪’を用いて旧 *Doritis* 属, *Phalaenopsis* 属のゲノム発現を調査した。

GISH 染色体標本は根端細胞を押しつぶし法で作製した。GISH法は、向井らの手法³⁾で行い、FITC、ローダミンにより両親ゲノム (*Phal. baby hat*, *Doritis. pulcherrima*) を蛍光染色した。カウンターステインとしてDAPIを用いた。検鏡は、蛍光顕微鏡Axioskop (ZEISS) で観察した。画像は、冷却CCDカメラDual mode CCD camera C4880 (浜松ホトニクス) を用いて撮影した。

免疫染色法 染色体標本は根端細胞を押しつぶし法で作製した。5 m C抗体を用いた免疫染色法は、鈴木らの手法で行い⁴⁾、蛍光染色した。カウンターステインとしてDAPIを用いた。画像は、冷却CCDカメラDual mode CCD camera C4880 (浜松ホトニクス) を用いて撮影した。

3. 結果

試験1-1

開花日に関しては、‘なごり雪’では、無照射が最も遅

い値を示したが、有意な差は見られなかった。‘Vivian’では、1.5W3時間照射の開花日が早かったが、有意な差は得られなかった。総花数は、‘なごり雪’・‘Vivian’では、無照射区が最も少ない傾向が認められた。なごり雪では、暗期中断区で有意差が見られた(表1-1)。

試験1-2

花芽発生後に照射を開始した平成26年度試験では、いずれの品種でも開花日および花蕾数は、照射により差は認められなかったが、花茎長は、V3において日中の遠赤色光照射区で無照射区より長くなる結果となった(表1-2)。

試験2-1 (平成25年度試験)

夏季25℃換気では、1年生株は日没後12月照射区で最も早い開花となった他、長日処理を除く遠赤色光照射区で開花日が早まる傾向がみられた(表2-1)。長日処理+日没後処理では開花の前進は見られなかった(表2-1)。総花数、花茎長ともに日没後12月処理区で高い値を示した。夏季30℃換気では、日没後3時間処理で花茎長がやや高い値を示したが、有意な差は得られなかった(表2-1)。

表1-1 遠赤色光の照射時間および強度が開花に及ぼす影響

品種	試験区	調査日	開花日	開花株率(%)	花茎数(本/株)	第1花茎		第2花茎		総花蕾数(個/株)
						花蕾数	花茎長(cm)	花蕾数	花茎長(cm)	
<i>Phal.(Dtps.)</i> Hatuyuki ‘なごり雪’	1.5W3h	10/28	9/30 ± 11.3	90.9	1.18	6.9	23.7	6.0	23.9	8.0 ± 3.4 ^a
	3.0W3h		9/29 ± 5.1	100.0	1.25	9.5	29.0	5.0	22.8	10.8 ± 4.1 ^{ab}
	3.0W6h		10/6 ± 27.4	100.0	1.08	9.0	30.8	4.0	16.3	9.3 ± 3.8 ^a
	暗期中断		9/29 ± 4.5	100.0	1.42	12.3	34.3	6.6	28.0	15.1 ± 4.9 ^b
	無照射		10/18 ± 24.6	90.9	1.00	7.4	26.2	-	-	7.4 ± 3.2 ^a
<i>Phal.(Dtps.)</i> Sogo Vivien	1.5W3h	2/14	12/30 ± 24.7	100.0	1.91	7.8	20.6	9.1	21.2	16.7 ± 4.3
	3.0W3h		1/20 ± 12.6	100.0	1.91	7.8	19.4	7.5	20.3	15.4 ± 2.4
	3.0W6h		1/12 ± 10.5	90.9	1.45	11.0	23.2	9.0	23.6	15.1 ± 4.8
	暗期中断		2/3 ± 99.3	100.0	1.50	12.4	25.4	4.0	17.4	14.1 ± 4.7
	無照射		1/16 ± 12.3	100.0	2.00	6.1	17.6	6.4	17.7	12.5 ± 2.8

異なる英文字はTukeyの多重検定(5%)で有意差があることを示す。

表1-2 遠赤色光照射が開花に及ぼす影響

品種	照射時期	調査日	開花日	開花株率(%)	花茎数(本/株)	第1花茎		第2花茎		総花蕾数(個)
						花蕾数	花茎長(cm)	花蕾数	花茎長(cm)	
<i>Phal.(Dtps.)</i> Hatuyuki ‘なごり雪’	日中	10/7	9/10 ± 17.6	91.7	1.0 ± 0.0	9.8 ± 2.5	32.0 ± 11.3	-	-	9.8 ± 2.5
	日没後		9/10 ± 9.2	100.0	1.3 ± 0.5	8.8 ± 2.6	33.8 ± 8.1	0.0 ± 0.0	28.9 ± 5.3	10.9 ± 3.1
	日没前		9/10 ± 25.3	100.0	1.1 ± 0.3	9.1 ± 3.1	32.2 ± 9.1	5.0 ± -	24.5 ± -	9.8 ± 3.1
	無照射		9/10 ± 17.2	100.0	1.4 ± 0.5	9.0 ± 3.4	32.9 ± 9.5	6.6 ± 1.3	26.0 ± 5.0	11.9 ± 2.5
<i>Phal.(Dtps.)</i> Sogo Vivien	日中	9/11	9/5 ± 1.9	100.0	1.4 ± 0.5	9.8 ± 2.4	19.1 ± 2.9	6.2 ± 1.5	14.5 ± 2.5	12.4 ± 3.8
	日没後		9/6 ± 3.2	81.8	1.3 ± 0.5	9.0 ± 2.6	20.1 ± 2.4	6.0 ± 4.4	16.0 ± 3.4	10.5 ± 2.5
	日没前		9/5 ± 3.1	83.3	1.4 ± 0.5	9.3 ± 4.0	17.7 ± 3.4	6.6 ± 1.1	15.5 ± 1.0	12.1 ± 3.7
	無照射		9/6 ± 1.8	100.0	1.5 ± 0.5	9.3 ± 4.1	17.4 ± 3.1	7.3 ± 1.9	16.8 ± 1.7	13.0 ± 2.3
<i>Phal.</i> Sogo yukidian (V3)	日中	9/11	9/4 ± 3.7	100.0	1.2 ± 0.4	11.5 ± 3.4	97.3 ± 7.2 [*]	8 ± 0.0	83.0 ± 2.8	12.8 ± 3.5
	日没後		9/4 ± 3.9	91.7	1.4 ± 0.5	9.7 ± 2.2	95.1 ± 10.7	7.6 ± 0.5	83.9 ± 6.3	13.2 ± 2.5
	日没前		9/4 ± 3.1	91.7	1.3 ± 0.5	10.1 ± 2.4	92.0 ± 7.5	7.8 ± 1.3	82.6 ± 5.2	12.7 ± 3.2
	無照射		9/4 ± 3.4	91.7	1.7 ± 0.5	9.1 ± 1.8	88.0 ± 8.6	8.4 ± 0.5	85.2 ± 3.5	14.7 ± 3.0

‘**’はDunnettの多重検定で無照射に対してそれぞれ5%レベルで有意差あり

表2-1 遠赤色光照射が山梨1号1年生株の開花に及ぼす影響について

温度管理	照射時期・時間	照射開始時期	花茎発生日	開花日	開花株率(%)	総花蕾数	花茎長
25℃換気	EOD3h	9月	2014/4/20 ± 11.9	2014/7/1 ± 14.8 ^{ab}	100.0	4.9 ± 1.1 ^{ab}	17.4 ± 2.1 ^a
	EOD3h	12月	2014/4/15 ± 6.8	2014/6/27 ± 10.5 ^a	100.0	5.6 ± 1.2 ^a	17.6 ± 3.2 ^a
	暗期中断3h	9月	2014/5/1 ± 20.7	2014/7/8 ± 13.8 ^{ab}	91.7	4.5 ± 1.1 ^{ab}	13.9 ± 2.5 ^b
	長日+3h	9月	2014/5/17 ± 25.6	2014/7/31 ± 21.1 ^c	100.0	3.9 ± 0.4 ^b	14.8 ± 1.9 ^{ab}
	無照射		2014/5/4 ± 19.1	2014/7/16 ± 18.3 ^{bc}	100.0	4.3 ± 1.2 ^{ab}	12.9 ± 2.9 ^b
30℃換気	EOD3h	9月	2014/5/2 ± 18.1	2014/7/12 ± 18.9	100.0	4.7 ± 0.9	17.2 ± 3.1
	EOD6h	9月	2014/5/13 ± 19.4	2014/7/22 ± 15.9	100.0	4.6 ± 0.5	15.0 ± 4.2
	無照射		2014/5/3 ± 25.3	2014/7/11 ± 17.1	100.0	4.8 ± 1.1	15.3 ± 3.7

異なる英文字はTukeyの多重検定(5%)で有意差があることを示す。EOD:日没後処理

試験2-2 (平成26年度試験)

2015年4月28日現在, EOD6時間照射12月開始区においてすべての株で花茎の発生が確認された. 次いで花茎発生率が高かった区は, 同じく12月に照射を開始したEOD3時間照射区と長日処理+EOD3時間照射区であった, 最も花茎発生が遅い区は, 無照射区であった. 開花については, 4月28日現在, 長日処理区でのみ確認されているが, 開花株率は低く, 揃いが悪い傾向が認められた(表2-2).

表2-2 遠赤色光照射が山梨1号の開花に及ぼす影響について

照射時期・時間	照射開始時期	花茎発生日	花茎発生株率(%)	開花日	開花株率(%)
EOD3h	9月	2015/4/7 ± 13.4	58.3	-	-
EOD6h		2015/4/13 ± 13.0	50.0	-	-
長日+EOD3h		2015/2/19 ± 82.2	66.7	2015/2/10 ± 32.0	25.0
EOD3h	12月	2015/3/27 ± 20.0	83.3	-	-
EOD6h		2015/3/15 ± 13.0	100.0	-	-
長日+EOD3h		2015/3/5 ± 29.3	83.3	2015/4/24 ± 3.5	16.7
長日処理16h		2015/2/27 ± 22.1	72.7	2015/4/8 ± -	9.1
無照射		2015/4/14 ± 17.4	50.0	-	-

2015年4月28日現在 EOD:日没後処理

試験3

‘なごり雪’の染色体数は2n=57で, *Doritis*由来の染色体(19本), *Phalaenopsis*由来の染色体(38本)を持っている異質3倍体ことが可視化できた. 核内において両ゲノムの区画化がみられ, *Doritis*ゲノムは核の外側または片側に偏在していた(図3-1). 遺伝子発現の不活性の目安となるDNAのメチル化は, *Doritis*染色体で多く観察された(図3-2).

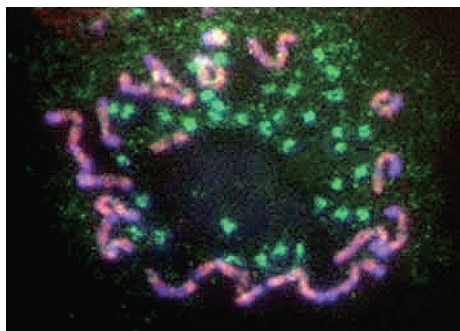


図3-1 GISHによるゲノムの識別
Doritis (赤) + *Phalaenopsis* (緑)

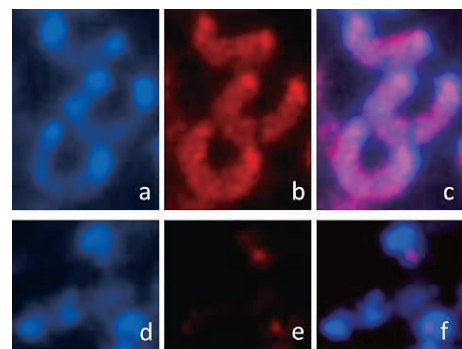


図3-2 両ゲノム染色体におけるDNAメチル化の比較
a,b,c *Doritis*由来染色体, d,e,f *Phalaenopsis*由来染色体 a,d染色体領域(青), b,eメチル化領域(赤), c,f合成した画像

4. 考察

LEDの性能が向上したため本試験では比較的強い強度の照射区の設置が可能であった. 本試験では1.5W/m²および3W/m²での照射区を設けたが, 照射強度については, より弱い強度での照射で効果があるとの報告がある. キク, ヒマワリ, カーネーション等では, EOD-FRによって0.32W/m²で茎の伸長や開花の誘導や抑制等の効果が報告されている⁵⁾. LEDは消費電力が低いという特性を持つが, 照明の単価は比較的高くコスト面での弱点となっている. 照射強度を低くすることが可能になればよりLED照明の単位面積当たりの数量を少なくすることが可能となり, コストの削減につながると思われる. 本試験では1.5W/m²3時間以下の照射光量での試験を行っていないが, 第1報での結果からは, 照射強度の最適値は, さらに低い値であることが推測できる. 遠赤色光照射は, 適切な照射強度を把握することでより低コストな技術となりうると考えられる.

また, 照射時間においてもより短い時間での効果が報告されている. シロイヌナズナでは10分間の照射で効果があるとの報告がある²⁾. 本試験では, 3時間および6時間の照射を行ったが, 照射強度と併せて適切な照射時

間の検討が必要であると考えられる。

通常、‘山梨1号’は、春に花茎が発生し夏に開花する。このため、長日植物であると考えられているが、長日処理による開花誘導は成功していなかった。本試験では、試験2において長日条件下の栽培を行ったが、平成26年度試験で用いた白熱電球では、花茎発生が早まる傾向が見られたが、平成25年に用いた植物育成用蛍光灯では開花時期は若干遅くなる傾向が認められた。長日植物において蛍光灯による電照は、開花誘導に効果がないという報告がある。相対的長日植物であるトルコギキョウでは蛍光灯などの赤色(R)と遠赤色光(FR)の比率が高い光源では開花が遅れ、R/FR比の低い光源により促進される⁶⁾。‘山梨1号’の結果と類似しており、照射時間や強度と併せてR/FR比の検討も重要であると考えられる。しかしながら、EOD遠赤色光照射においては、12月からの照射では花茎の発生が早かったが、9月からの照射では花茎の発生がやや遅かったことから、‘山梨1号’の花茎発生には、長日条件や遠赤色光を照射する前に短日環境が必要であると考えられる。

‘なごり雪’での花蕾数の増加、‘山梨1号’で開花時期の前進が遠赤色光照射で観察されていることから、コショウランへの遠赤色光照射は花蕾の増加および開花期の前進に効果があると考えられる。今回効果が確認された品種はいずれも旧*Dritaeopsis*属であり、第1報の結果とも一致する。

本試験で用いた旧*Dritaeopsis*属は、従来*Doritis*属は*Phalaenopsis*属の交配種として分類されてきたが、2013年5月22日の英国王立園芸協会(RHS)の蘭の交配登録に関する諮問委員会(OHRAG)にて審議された結果、*Doritis*属は*Phalaenopsis*属に変更されている。このため、現在では両者は同属に分類される。しかしながら、染色体の核型は、大型染色体の旧*Doritis*属と小型染色体の旧*Phalaenopsis*属の染色体の形態は大きく異なり、両者の染色体は交じることなく核内分布においてもゲノムの区画化が認められた。このことから、*Dritaeopsis*属の両親ゲノムは、核内で別のゲノムとして存在していると考えられる。また、遺伝子の活性化の指標となるDNAメチル化は、*Doritis*属由来の染色体で多く観察された。本の試験では、個々の遺伝子発現については、明確になっていないが、ゲノムサイズが大きい*Doritis*属由来染色体は、メチル化領域が多く、遺伝子の不活性化領域が多いと考えられる。一方で旧*Phalaenopsis*属は、メチル化領域が少なく遺伝子の活性化領域が多いと考えられる。DNAの配列変化によらない遺伝子発現を制御・伝達するエピジェネティックな変化は、DNAのメチル化が指標となる⁷⁾。LED照射による遺伝子の活性化もフィトクロームが反応することによるエピジェネティックな反応と考えられる。今回の試験では根端細胞を用いたため、LED照射によるDNAメチル化の

変化の比較には至らなかったが、マイクロアレイを用いたDNAメチル化解析を行うことにより照射による遺伝子の活性をより詳細に解析できると考えられる。

今回効果が確認された品種はいずれも旧*Dritaeopsis*属であり、商業品種の多い*Phalaenopsis*属への効果は低いことから、温度管理で開花の制御を行っている慣行栽培への代替え技術には適していなかった。しかしながら、温度管理で開花調節のできない品種への開花制御と品質向上への効果の可能性を示した。

5. 結 言

遠赤色光がコショウランの開花に及ぼす影響については不明な点が多い。本試験では、遠赤色LED光を日没後、暗期中断、長日処理後に照射し、花蕾数や開花期への影響を調査した。その結果、旧*Dritaeopsis*属品種において、花蕾数の増加や開花期の前進することが明らかになった。また、一方でR/FR比の低い白熱電球は、‘山梨1号’に対して遠赤色光と同様に開花期の前進に効果があることを明らかにした。温度管理で開花の制御を行っている慣行栽培への代替え技術には適していなかった。しかしながら、温度管理で開花調節のできない品種への開花制御と品質向上への効果の可能性を示した。

参考文献

- 1) 白山 竜次, 永吉 実孝: キクの花芽分化抑制における暗期中断電照の波長の影響, 園芸学研究 [Internet]. 園芸学会, Vol,12 No,2 P.173-8 (2013) .
- 2) Hisamatsu T, King RW, Helliwell CA, Koshioka M.: The involvement of gibberellin 20-oxidase genes in phytochrome-regulated petiole elongation of *Arabidopsis*, *Plant physiology*. Vol,138 No.2, P.1106-16 (2005) .
- 3) Mukai Y, Nakahara Y, Yamamoto M.: Simultaneous discrimination of the three genomes in hexaploid wheat by multicolor fluorescence in situ hybridization using total genomic and highly repeated DNA probes, *Genome* [Internet]. NRC Research Press; Vol,36 No,3, P.489-94 (1993) .
- 4) Suzuki G, Shiomi M, Morihana S, Yamamoto M, Mukai Y.: DNA methylation and histone modification in onion chromosomes, *Genes & genetic systems*. 日本遺伝学会; Vol,85 No,6, P.377-82 (2010) .
- 5) 住友 克彦, 山形 敦子, 島 浩二: 数種切り花類の開花および茎伸長に及ぼす明期終了時の短時間遠赤色光照射(EOD-FR)の影響, 花き研究所研究報告. 農業技術研究機構花き研究所, No,9, P.1-11 (2009) .
- 6) 佐藤 武義, 工藤 則子, 森山 巖興, 大川 秀樹, 金山

喜則, 金浜 耕基. トルコギキョウの秋冬出し作型における遠赤色光電球形蛍光ランプを利用した日長延長による開花促進, 園芸学研究 [Internet]. 園芸学会; Vol,8 No,3, P.327-34 (2009) .

- 7) Soppe WJJ, Jacobsen SE, Alonso-Blanco C, Jackson JP, Kakutani T, Koornneef M, et al. : The late flowering phenotype of fwa mutants is caused by gain-of-function epigenetic alleles of a homeodomain gene , Molecular cell. Elsevier, Vol,6 No,4, P.791-802 (2000) .

成果発表状況

学会発表

- 1) 向井琴美、横河由樹子、加藤成二、山本真紀、向井康比己：コチョウラン‘なごり雪’のGISH解析、染色体学会、倉敷市、2014

LED単波長光照射がシンビジウムの開花に及ぼす影響

藤木俊也

(山梨県総合農業技術センター)

Effect of irradiation with far-red light-emitting diodes on flowering in *Cymbidium*

Yamanashi Prefectural Agritechology Center

Toshiya FUJIKI

要約：単波長LED光をシンビジウムに照射し開花に及ぼす影響を調査した。遠赤色光を高冷地で日没後3時間、1.6W/m²で照射したところ、品種間差はあるものの、花茎及び花蕾枯死などの高温障害が軽減された。他の波長では開花に及ぼす影響はほとんど認められなかった。遠赤色光の光強度を0.7W/m²と減らしても、照射時間を6時間に増やしても効果に差は認められなかった。平坦地で照射した場合、7-8月の高温期では効果が認められなかった。8月中旬以降、夜温が下がり、高温障害が減少するにしたがい、照射の効果も増加した。平坦地で遠赤色光照射により出荷可能な状況まで回復したのは供試した3品種のうち1品種であり、品種間で効果の差が大きかった。

Abstract : The effects of various single-wavelength light-emitting diodes (LEDs) irradiation on the flowering of *Cymbidium* were investigated at the highland. The irradiance of far-red (730-740nm, 1.6 W/m²) light at the end of day for three hours was effective to reduce the necrosis of flower stalks and flower buds on high temperature. These effects were difference among the cultivars. In other wavelengths, these effects were not observed. There were the same effects with the light intensity between 1.6W/m² and 0.7W/m², of irradiation time between three hours and six hours. In the summer the effects of the irradiance by far-red was a little at the lowland, but the effects were increase after the middle of august. One of tested three varieties was recovered until being varid ship by the far red color light irradiation. The difference between the variety was great in the flat land.

1. 緒言

照明用LEDの普及により、農業分野でもLED照明の導入が進んでいる^{1),2)}。花き生産現場においても、キクの電照栽培では白熱灯の照射から赤色LED光の照射へ移行している³⁾。これまで、白熱電球では広範囲の波長照射であったが、LED光では限られた範囲の単波長光を照射できることから、花きへの照射効果について研究が進み、単波長光照射による開花促進や花茎伸張などの開花への影響が報告^{4),5)}されている。しかし、現在のところ、洋ラン類への単波長光照射についての報告はない。

山梨県内におけるシンビジウムの生産額は、年間7億円であり、コショウランに次ぐ主要な品目である。シンビジウムは3年間栽培し出荷するが、開花年の花芽分化後に高温に遭遇すると花飛びや開花遅延がおこる。これまでは山上げにより高温障害を回避してきたが、最近では山上げた株でも障害が発生し、問題となっている。

そこで、花茎発生後のシンビジウムへLED光を照射し、開花に及ぼす影響を確認するとともに、高温障害への対策を模索する。

2. 実験方法

試験1 山下げ時期以降の遠赤色LED光照射が開花に及ぼす影響

試験は総合農業技術センター、高冷地野菜・花き振興センターハヶ岳試験地(北杜市高根町、標高955m)のガラス温室で実施した。供試材料は生産者が栽培している中型品種の‘ピンクティアーズ’(2010年実施)と‘チャンゲム’(2011年実施)を使用した。株は生産者が3年間栽培した出荷予定株で花茎が3~4本発生している株を用いた。夏の山上げ栽培(7月上旬から)終了後、2010年は10月12日、2011年は9月15日に北杜市大泉町の山上げ地(標高1000m)から株を温室に移し、遠赤色光(波長730-740nm)を照射した。試験は各区5株使用した。照射は日没後3時間、山下げ時から全ての花が開花した時点まで行った。照射開始時刻は日没時刻に合わせ15分毎に変更した。2010年は台湾製の電球型LED(EDISON opto. corp.)を、2011は(株)鍋清社製電球型LED(DELED plants)を使用し、栽培ベンチの上部1mの高さに50cm間隔で設置した。葉の先端部での光強度は2010年が0.7W/m²、2011年は1.6W/m²であった。温室は最低温度15℃になるよう加温し、最高温度は25℃

以下になるよう天窗・側窓の開閉により管理した。光管理は年間を通じて温室外の照度が7万lx以上に達したら50%の温室内遮光とした。かん水は2日に1回手かん水により行い、施肥は生産者が使用している慣行の置肥(菜種かす、骨粉 20g/鉢)のみとし、開花まで他の肥料は施さなかった。

調査は、温室搬入時の花茎数、各花茎ごとに、一番花の開花日、花茎毎の花蕾数、全ての花が開花した段階での生存花茎数を、さらに、花蕾が9割以上生存し、出荷が可能と判断できた花茎を正常開花花茎とし、その花茎数を調査した。

試験2 山上げ時からの遠赤色LED光照射が開花に及ぼす影響

試験は試験地1に準じて、ハヶ岳試験地のガラス温室で2012年に実施した。供試材料は生産者が3年間栽培し、花茎が4～8本発生している出荷株の品種、‘インザムード’、‘お姫様’、‘福娘’、‘プロムナード’、‘セレブの集い’を使用した。試験株は7月上旬にそれぞれの生産者から株を集め温室に移した。LED光の照射は植物に受容体がある波長を中心に、波長730-740nm(遠赤色)、630-640nm(赤色)、530-540nm(緑色)、430-440nm(青色)の電球型LED(鍋清社製)を試験1に準じて設置し、7月11日から開花終了時まで日没後3時間照射した。その時の光強度は遠赤色光が1.6、赤色光が3.1、青色光が3.2、緑色光が1.2W/m²であった。

また、遠赤光については、照射時間を日没後3時間と6時間、光強度を0.7W/m²と1.6W/m²とし、‘お姫様’と‘インザムード’を用いて比較した。試験は各区5株で実施した。栽培管理は基本的には試験1に準じた。ただし、灌水は7月22日から8月17日は午前中に葉水と鉢への灌水、夕方は鉢への灌水とし1日2回行った。また、8月18日から9月30日は1日1回の葉水と鉢への灌水、10月1日からは2日に1回の鉢への灌水とした。ハウスの加温温度は最低10℃とした。調査は試験1の調査項目に準じ、花茎長を追加した。

試験3 平坦地、高温期でのLED光照射が開花に及ぼす影響

試験は笛吹市石和町の生産者栽培温室で品種プロムナード、ハレルヤ、お姫様の生産者が3年間栽培した出荷予定株を使用し実施した。LED光は730-740nmの遠赤色を2012年6月21日～開花終了日まで日没後3時間、1.6W/m²で照射した。試験株は各区5株ずつとした。栽培管理は温室の温度を6～10月は天窗・側窓全開とし11月からは10℃に加温した。光環境は10月までは50%の温室内遮光を行った。かん水は1日2回の上部からの自動散水、10月からは1日1回、12月は乾いたら鉢灌水とした。施肥は各生産者が花茎発生時に施用した置肥の

ままとした。調査は試験1、2と同様とし、併せてハウス内の温度を20分間隔で調査した。

3. 結果

試験1 山下げ時期以降のLED光照射が開花に及ぼす影響

2010年10月から遠赤色光LED光を‘ピンクティアーズ’に照射した結果を表1に示す。遠赤色光照射により、花茎の生存率が無照射の75%から90%に、花蕾が9割以上正常に開花し、出荷できる程度の障害であると判断できる正常開花花茎率が50%から80%に向上した。一方、開花日、花蕾数は遠赤色光照射による影響は認められなかった。

表1 山下げ後の遠赤色光照射が開花に及ぼす影響(2010)

LED光照射	花茎数/株 (本)	生存 花茎率 (%)	正常開花 花茎率 (%)	開花日 (月日)	花蕾数/花茎 (個)
遠赤色光照射	4	90	80	12/5±4.2	11.7±2.0
無照射	4	75	50	12/4±3.4	12.2±2.3
t-検定	ns	*	*	ns	ns

品種:ピンクティアーズ
照射期間:2010年10月12日から開花終了まで
花茎数:山下げ時での花茎数
開花日:花茎ごとの第1花が開花した日
正常開花花茎率:花蕾が9割以上生存し、正常に開花している花茎の割合
t-検定により,*:5%,**:1%水準で有意差あり,ns:有意差なし

また、2011年9月15日から‘チャングム’に遠赤色光を照射したところ、‘ピンクティアーズ’と同様に、生存花茎率が50%から86%へ、正常開花花茎率が6%から43%へ向上した(表2)。この場合も、開花日と花蕾数には照射の影響は認められなかった。

表2 山下げ後の遠赤色光照射が開花に及ぼす影響(2011)

LED光照射	花茎数/株 (本)	生存 花茎率 (%)	正常開花 花茎率 (%)	開花日 (月日)	花蕾数/花茎 (個)
遠赤色光照射	2.8	86	43	11/23±14.5	11.1±2.1
無照射	2.8	50	6	11/28±23.9	11.0±2.4
t-検定	ns	*	**	ns	ns

品種:チャングム
照射期間:2011年9月15日から開花終了まで
花茎数:山下げ時での花茎数
開花日:花茎ごとの第1花が開花した日
正常開花花茎率:花蕾が9割以上生存し、正常に開花している花茎の割合
t-検定により,*:5%,**:1%水準で有意差あり,ns:有意差なし

試験2 山上げ時からのLED光照射が開花に及ぼす影響

山上げ時期である7月上旬から、異なる波長のLED光を照射した結果を表3に示した。

高温障害(花飛び、花茎枯死)がなく正常に開花した

花茎の割合には品種間で差が認められ、正常開花花茎率は‘お姫様’と‘プロムナード’で68%、44%と低かった。供試した他の品種では高温による障害はほとんど認められなかった。花茎に障害が多く発生した2品種では、遠赤色光の照射により障害の発生が抑制され、87%、86%まで回復した。

表3 山上げ時の異なる波長の照射が開花に及ぼす影響

品種	LED照射	正常開花 花茎率 (%)	開花日 (月日)	花茎長 (cm)	花蕾数 /花茎 (本)
インザムード	遠赤色光照射	92a	12/20a ± 9.9	60.3ab	17.2a
	赤色光照射	91a	12/26a ± 9.4	61.6ab	15.1a
	青色光照射	88a	12/22a ± 9.1	58.7b	15.5a
	緑色光照射	91a	12/19a ± 7.5	67.5a	17.0a
	無照射	96a	12/21a ± 6.8	60.5ab	15.5a
お姫様	遠赤色光照射	87a	12/20a ± 11.5	59.7a	19.7a
	赤色光照射	81ab	12/18a ± 9.6	54.1a	19.8a
	無照射	68b	12/26a ± 17.1	54.7a	19.0a
福娘	遠赤色光照射	100a	12/14a ± 10.9	60.5ab	18.0a
	赤色光照射	94a	12/18a ± 6.1	63.5a	15.9a
	無照射	100a	12/21a ± 13.5	55.6b	16.6a
プロムナード	遠赤色光照射	86a	10/23a ± 21.2	46.5a	11.3a
	無照射	44b	11/28b ± 25.6	43.4a	10.7a
セレブの集い	遠赤色光照射	95a	12/18a ± 7.7	72.5a	22.5a
	無照射	95a	12/20a ± 9.2	69.5a	20.3a

照射期間: 2012年7月11日から開花終了まで
 正常開花花茎率: 花蕾が9割以上生存し、正常に開花している花茎の割合
 開花日: 花茎ごとの第1花が開花した日
 同一品種内での異なるアルファベットはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

また、‘プロムナード’を用い、遠赤色光以外の波長を、赤色光(630nm)、緑色光(530nm)、青色光(440nm)を、‘お姫様’と‘福娘’を用いて赤色光を照射したが、正常開花花茎率に及ぼす影響は認められなかった。花茎長は、‘インザムード’では緑色光で7cm長かった。‘福娘’では赤色光照射で8cm長くなった。花茎あたりの花蕾数はいずれの品種においても、どの波長の光を照射しても変化は認められなかった。開花日は‘プロムナード’においてのみ遠赤色光照射により1ヶ月早くなった。

表4 異なる光量の遠赤色光照射が開花に及ぼす影響

品種	遠赤色光 照射	花蕾数 /株 (本)	正常開花 花茎率(%)	開花日 (月日)	花茎長 (cm)	花蕾数 /花茎(個)
お姫様	1.6W-3h	4.6a	87a	12/20a ± 11.5	59.7a	19.7a
	0.7W-3h	4.0a	95a	12/22a ± 14.9	54.4a	19.6a
	1.6W-6h	4.2a	76ab	12/14a ± 12.9	57.5a	18.4a
	無照射	5.0a	68b	12/26a ± 17.1	54.7a	19.0a
	1.6W-3h	5.2a	92a	12/20a ± 9.9	60.3a	17.2a
インザムード	1.6W-3h	4.6a	87a	12/22a ± 8.6	61.3a	16.4a
	0.7W-3h	4.4a	100a	12/23a ± 6.3	64.0a	16.9a
	1.6W-6h	4.4a	100a	12/23a ± 6.3	64.0a	16.9a
	無照射	4.6a	96a	12/21a ± 6.8	60.5a	15.5a
	1.6W-3h	4.6a	92a	12/20a ± 9.9	60.3a	17.2a

照射期間: 2012年7月11日から開花終了まで
 1.6W-3h: 1.6W/m²の光強度で日没後3時間照射
 正常開花花茎率: 花蕾が9割以上生存し、正常に開花している花茎の割合
 開花日: 花茎ごとの第1花が開花した日
 同一品種内での異なるアルファベットはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

‘お姫様’と‘インザムード’を用いて、遠赤色LED光照射の光強度と照射時間の影響を調査した結果を表4に示した。‘お姫様’では遠赤色光を照射しない区に比べ、照射した区で正常開花花茎率が向上し、0.7W/m²で効果が高かった。6時間照射では逆に効果が認められなかった。開花日、花茎長、花蕾数については差がなかった。一方、‘インザムード’では遠赤色光照射の光量(光強度、照射時間)間で差が認められなかった。

試験3 平坦地、高温期でのLED光照射が開花に及ぼす影響

平坦地では遠赤色光を照射しても高温期の8月から8月上旬までは正常開花花茎率は低く、枯死する花茎が多かった。しかし、夜温が低下する8月中旬から正常開花花茎率は上昇し、遠赤色光照射区で高かった(図1)。

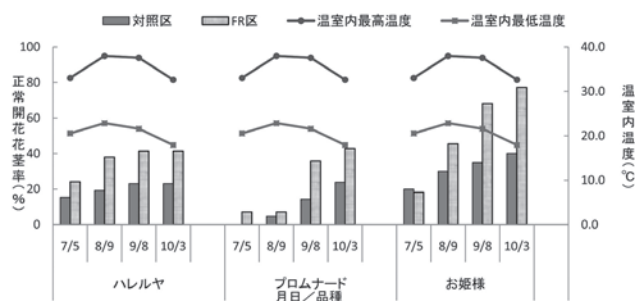


図1 盛夏に平坦地で栽培した株の開花に及ぼす遠赤色光の影響

12月6日時点での正常開花花茎率は‘ハレルヤ’と‘プロムナード’では無照射の23.1%、28.6%が遠赤色光照射により上昇したが、41.4%、42.9%と低かった。‘お姫様’では遠赤色光の照射により、60.0%が90.9%まで上昇した。

また、‘お姫様’では開花日が4日早くなった。‘ハレルヤ’と‘プロムナード’では生存花茎率、開花日、花茎長、花蕾数では照射による影響は認められなかった(表5)。

表5 盛夏に平坦地で栽培した株の開花に及ぼす遠赤色光の影響

品種	LED光照射	発生 花茎数 (本)	生存 花茎率 (%)	正常 花茎率 (%)	開花日 (月日)	花茎長 (cm)	花蕾数 /花茎 (個)
ハレルヤ	遠赤色光照射	6.0ns	62.1ns	41.4ns	11/11ns	±16.5	43.9ns
	無照射	5.2	88.5	23.1	11/12	±20.5	41.8
プロムナード	遠赤色光照射	2.8ns	42.9ns	42.9*	12/9ns	±12.7	43.5ns
	無照射	4.2	42.9	28.6	11/23	±15.0	48.3
お姫様	遠赤色光照射	4.4ns	90.9ns	90.9**	12/24**	± 3.1	59.2ns
	無照射	4.0	85.0	60.0	12/20	± 2.4	56.7

開花日: 花茎ごとの第1花が開花した日
 正常開花花茎率: 花蕾が9割以上生存し、正常に開花している花茎の割合
 t-検定により、*:5%、**:1%水準で有意差あり、ns:有意差なし

4. 考察

花きの高温障害に対して、光の照射、特に遠赤色光照射による軽減効果についてはこれまでに報告がない。シンビジウムでは大野により、高温障害は花茎内のジベレリンが高温により分解し、エチレンが発生することで起こることが報告^{6),7)}されている。また、久松らはキクに遠赤色光を照射すると内生ジベレリンが増加すると報告⁸⁾している。

シンビジウムでは遠赤色光照射により、落蕾などの高温障害の発生が軽減され、正常開花花茎率が向上した。高冷地での高温障害の軽減効果は品種間で差が認められ、‘ピンクティアーズ’、‘プロムナード’、‘お姫様’のように40から50%であった正常開花花茎率が遠赤色光照射により80から90%まで向上した。一方、‘チャンダム’のように高温に弱い品種では遠赤色光照射による回復も40%と低く、出荷できるまでは至らなかった。このように、品種間で差はあるものの、遠赤色光の照射が高温障害の軽減に効果的であることが明らかとなった。これらのことから、シンビジウムでは、高温によるジベレリンの分解が、遠赤色光照射により抑制されるのではないかと考えられた。

他の波長(赤色、緑色、青色)では、開花に及ぼす影響はほとんどなかったが、供試した‘インザムード’ではほとんど高温障害が認められなかったことから、遠赤色光以外の波長が高温障害に及ぼす効果については再度検討する必要がある。さらに、開花日についても‘プロムナード’以外では影響が認められないこと、花蕾数は全ての品種で、照射と非照射で差がなかったこと、花茎長では品種により、効果の現れ方が異なったことから、これらについても再度調査する必要があると考えられた。

一方、遠赤色光照射が正常開花花茎率に及ぼす影響について、光強度では0.7W/m²と1.6W/m²で、照射時間では6時間と3時間で差がなかったことは、さらに詳細な実験を行い、それぞれの限界を調査する必要があるが、照射の有無がスイッチ的に働いている可能性が高く、光量の影響を受けていない結果であると考えられた。

シンビジウムでは高温障害回避のため、山上げ栽培を行っているが、3年間栽培した鉢は重く、期間も4tトラックを利用しても1ヶ月程度かかることから、生産者にとっては重労働である。今回は、山上げの省略を視野に平坦地での遠赤色光照射の試験を実施したが、猛暑期では高温障害の軽減効果は少なかった。夜温が下がり始めるお盆以降では遠赤色光照射による障害の軽減効果が認められたが、出荷期で、出荷可能な状態まで回復出来たのは‘お姫様’だけであり、花芽の再生など、品種間差による差が大きく関係していると考えられ、実用化には、さらなる検討が必要であると考えられた。

本試験では、平坦地での実用化は難しいと考えられた

が、高冷地の結果から山上げ地での効果が認められた。シンビジウムの場合、3年間栽培した出荷予定株に高温障害が発生すると、株の仕立ての問題から、翌年に出荷することは難しく、一般的には障害が多く出た品種は処分することになり生産者の損害も大きい。高温に弱い品種は、以前に栽培したことがあれば苗を購入する段階で避けられるが、新しい品種では栽培して初めて高温に弱いことが分かる場合もある。山上げ地は露地であり、電源の確保が難しく、LEDの照射施設を設置できないことが想定されるが、タイマーによるミスト冷却を取り入れている生産者もあり、電源が確保できる生産者においては、高温障害が認められた場合に遠赤色光を照射することで、高温に弱い品種があっても出荷が可能となる点で有効であると考えられた。

5. 結言

本研究ではシンビジウム高温障害に対し、遠赤色光の照射が障害を軽減することを明らかにした。軽減効果には品種間差があることや、効果も完全ではないなど、今後の課題もあるが、温度障害が光により抑制されることを明らかに出来た。今後の研究により、実用化のレベルとなることを期待したい。

6. 謝辞

本研究の実施にあたり、栽培株を分譲してくださった生産者の飯田裕彦氏、八田政臣氏、萩原 齊氏、梶原吉久仁氏には厚く御礼申し上げます。さらに、平坦地での現地試験に対し、温室の提供及び栽培管理にご協力頂いた八田政臣氏には深く感謝の意を表します。

また、試験の遂行にあたりご指導、ご助言を賜りました総合理工学研究機構の市川和規特別研究員、併せて、本稿の執筆にあたりご指導頂いた同機構の雨宮圭一特別研究員に厚く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 森 安裕, 高辻正基, 原田順二: 種々の波長のLEDとLD光がバラの生育と開花に及ぼす影響. レーザー研究, 33 (8), P537-541, (2005)
- 2) 新井 聡, 大石一史: 夜間の各種単波長のLED照明が数種の鉢物の生育に及ぼす影響. 愛知農総試研報, 43, P41-53, (2001)
- 3) 白山竜次, 永吉実孝, 郡山啓作: キクの電照栽培における電照期間と花芽分化抑制に必要な放射照度との関係. 園学研, 12 (2), P195-200, (2013)
- 4) 島 浩二, 川西孝秀, 山田 真, 石渡政紀, 住友克彦, 久松 完: 明期終了時の短時間遠赤色光照射が冬季に

- おけるスプレーギクの茎伸張に及ぼす影響. 園学雑, 8 (3) , P335-340, (2009)
- 5) 住友克彦, 山形敦子, 島 浩二, 岸本真幸, 久松 完 : 数種切り花類の開花および茎伸長に及ぼす明期終了時の短時間遠赤色光照射 (EOD-FR) の影響. 花き研報, P9,1-11, (2009)
- 6) Hajime Ohno : Microsporogenesis and Flower Bud Blasting as Affected by High Temperature and Gibberellic Acid in *Cymbidium* (*Orchidaceae*). J. Japan. Soc. Hort. Sci.,60 (1) , P149-157, (1991)
- 7) Hajime Ohno : Participation of Ethylene in Flower Bud Blasting Induced by High Temperature in *Cymbidium* (*Orchidaceae*). J. Japan. Sci. Hort. Sci.,60 (2) , P415- 420, (1991)
- 8) T. Hisamatsu, K.Sumitomo and H.Shimizu : End-of-day far-red treatment enhances responsiveness to gibberellins and promotes stem extension in *chrysanthemum*. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 83 (6) , P695-700, (2008)

成果の発表状況

学会発表

- 1) 藤木俊也, 加藤成二 : 遠赤色LED光照射がシンビジウムの開花に及ぼす影響. 園学研13 別2, P490, (2014)

LED単波長光照射がシンビジウムの高温障害に及ぼす影響

加藤 成二・藤木 俊也
(山梨県総合農業技術センター)

The effects of Monochromatic LED light on blasting by high temperature of *Cymbidium*

Seiji Kato, Toshiya Fujiki
(Yamanashi Prefectural Agritechnology Center)

要約：シンビジウムは花芽分化後に高温に遭遇すると花茎内のジベレリンが分解し、エチレンが発生することで花飛びと呼ばれる高温障害や開花遅延が生ずるとされている。これまでは山上げと呼ばれる冷涼な高冷地への輸送により障害を回避してきた。しかしながら、山上げ栽培はその輸送に多くの労力や輸送費を要する欠点もある。更に温暖化の影響で最近では山上げ株でも障害が発生しており、山上げに代わる技術が求められている。前報に続き、遠赤色LED光がシンビジウムの高温障害に及ぼす影響および遺伝子発現について調査した。

遠赤色光照射が山下げ時期に及ぼす影響については、供試した晩生品種2品種とも8月山下げ区では、遠赤色光照射に関わらず最も開花が遅くなった。LED照射と山下げ日の前進の組合せは、開花の遅延から実用的ではないことが明らかになった。遠赤色光照射が高温処理に及ぼす影響については、供試した非耐暑性品種2品種ともに高温処理区で顕著に正常花茎率が低下した。正常花茎率は、露地、高温処理に関わらず、照射により若干改善した。エチレン前駆物質である1-アミノシクロプロパン-1-カルボン酸 (ACC) の酸化遺伝子(CyACO1) は、LED遠赤色光照射区、無照射区の両方で発現が確認できた。本研究により、遠赤色光照射がシンビジウムの高温障害の軽減に一定の効果があることを明らかにした。

Abstract : It is said that the blasting on high temperature occurs because ethylene produces by decomposition of the gibberellin in the flower stalk when the cymbidium meets with high temperature after flower bud differentiation. The blasting on high temperature has been evaded until now by transfer to highland during summer. However, transfer to highland during summer has the problem to need much labor and shipping charges for the transport. Furthermore, under the influence of global warming, the blasting occurs in the cymbidium by transfer to highland recently. Therefore, it is required the skill for the mountain raising. Following the first report, we studied the influence and gene expressions that far-red light LED gave to the blasting on the high temperature of the cymbidium.

In the plot which it bring down the plants from highland to lowland in August, flowering became latest regardless of far-red light irradiation 2 late variety. The combination of the early date from highland to lowland and LED irradiation was not practical. About the influence that far-red light irradiation gave to high temperature treatment, a normal flower stalk rate decreased under high temperature treatment in 2 non-heat resistance varieties conspicuously. The normal flower stalk rate was improved by irradiation regardless of high temperature treatment slightly. An oxidation gene (CyACO1) of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) which was an ethylene precursor was able to confirm expression regardless of LED far-red light irradiation. In this study, we had proved that there was a constant effect in far-red light irradiation for the reduction of the blasting by high temperature of the cymbidium.

1. 緒言

前項のコショウランの開花技術の開発で述べたように照明用LEDの技術開発の進歩に伴い農業分野においてLED照明の導入が始まっており、キクなどの短日植物では従来使用されていた白熱電球に変わり、LED照明が使用され始めている¹⁾。波長を調整できなかった白熱電球に比べ、赤色単波長照明が効果的であることが明らかとなり、県内花き栽培への応用に期待が高まっている。

シンビジウムは、平成25年の生産額で約6億円と山梨県の花きとしてはコショウランに次ぐ品目である。シンビジウムの栽培の特徴の一つとして山上げ栽培がある。山上げ栽培とは、高温に弱いシンビジウムを夏の高温期間に標高1000m前後の高冷地で栽培管理する技術であり、標高差のある山梨県の特性を活かした栽培技術である。シンビジウムは花芽分化後高温に遭遇すると花茎内のジベレリンが分解し、エチレンが発生することで花飛びと呼ばれる高温障害や開花遅延がおけるとされて

いる²⁾。これまではこの山上げにより障害を回避してきた。しかしながら、山上げ栽培はその輸送に多くの労力や輸送費を要する欠点もある。更に温暖化の影響で最近では山上げ株でも障害が発生しており、山上げに代わる技術が求められている。

植物においてジベレリンは、植物色素であるフィトクロムに赤色光あるいは赤外線に近い遠赤色光を照射することによりその生成が制御されているとの報告がある。フィトクロムは、活性型である遠赤色光吸収型 (Pfr 型) と不活性型である赤色光吸収型 (Pr 型) の二つの構造が可逆的に変化し、スイッチの役割を果たすことが知られている。茎の伸長や花成における日長感受等がフィトクロムによる反応として知られている³⁾。スプレーギクでは、花茎の伸長が認められ⁴⁾、日没後の遠赤色光照射によりジベレリンが生成される事が確認されている⁵⁾。そこで、シンビジウムに遠赤色光を含む単波長LED光照射し、花飛び等の高温障害に及ぼす影響を調査した。

前報では、遠赤色LED光照射が、高温障害に対する軽減効果があることが明らかになった。そこで、本報ではLED照射時の栽培温度との関係について以下の3つを調査する。第1に晩生品種について、遠赤色光照射が山下げ時期の前進と開花時期に及ぼす影響を調査する。第2に山上げ地でも障害が発生する品種に山上げ期間にLED照射を行った際の高温障害に及ぼす影響を調査する。第3にLED光照射により花茎内の関連遺伝子の活性がどのように変化するかを調査し、花飛びなどの高温障害の抑制との関連を明らかにする。

2. 実験方法

試験1 遠赤色光照射が山下げ時期に及ぼす影響

試験には、晩生品種である‘アリユウラ’、‘ひよこちゃん’の花茎が3～4本発生した株を用いた。2013年8月8日に導入した株を八ヶ岳試験地ほ場(標高955m)で50%遮光ネット下で管理した後、笛吹市石和町の平坦地栽培温室(標高約260m)へ山下げした。平坦地への山下げ時期は、8月20日、9月10日、10月1日(標準)の3水準とした。LED単波長光照射は波長740nmの遠赤色光を照射強度1.6W/m²で日没後3時間照射した。対照として無照射区を用意した。照射開始時期は、山下げ直後から開花期までとした。試験区は1区5株とした。花茎長、開花日、花蕾数、障害発生状況として花茎枯死数と落蕾数と花弁の変色程度を調査した。

試験2 高標高地での遠赤色光照射が高温障害に及ぼす影響

試験には、非耐暑性品種である‘メモリーオブユー’と‘お姫様’の花茎が3から4本発生した株を用いた。試験は、2014年7月17日から開始し、露地栽培区と温室に

よる加温区を設けた。露地栽培区は、50%遮光下で栽培した。加温区は、最低室温20℃以上とし、最高温度は25℃以下になるよう天窓と側窓の開閉により調節した。8月31日までに障害が発生しなかったため、9月8日～12日、9月15日～24日の間は、更に高負荷をかけるため、夜温25℃換気30℃とした。露地栽培区、加温区ともに10月1日からは、温室内で栽培した。最低室温15℃、最高温度は25℃以下になるよう天窓と側窓の開閉により調節した。加温区は50%外部遮光に加え、照度70,000Lux以上では50%の内部遮光とした。LED単波長光照射は波長740nmの遠赤色光を照射強度1.6W/m²で日没後3時間照射し、対照として露地栽培区、加温区ともに無照射区を設けた。照射期間は、露地栽培区では、7月17日から試験終了まで、加温区では、7月17日から試験終了までと山上げ期間である9月30日まで照射とした。試験規模は1区5株とした。花茎長、開花日、花蕾数、障害発生状況として花茎枯死数と落蕾数と花弁の変色程度を調査した。

試験3 遠赤色光照射がACC酸化酵素(CyACO1)遺伝子の発現に及ぼす影響

試験には、‘メモリーオブユー’の花茎が3から4本発生した株を用いた。試験は、2014年7月17日から開始し、温室内で栽培した。最低室温20℃以上とし、最高温度は25℃以下になるよう天窓と側窓の開閉により調節した。8月31日までに障害が発生しなかったため、9月8日～12日、9月15日～26日の間は、更に高負荷をかけるため、夜温25℃換気30℃とした。LED単波長光照射は波長740nmの遠赤色光を照射強度1.6W/m²で日没後3時間照射し、対照として無照射区を設けた。

2014年8月14日と9月16日に花粉母細胞が前減数分裂にある花茎長5～10cmの花茎を採取し、ただちに液体窒素で瞬間冷凍した後、-80℃で保存した。RNAの抽出は、Fruit-mate(takara)を用いた。逆転写は、PCR装置は、Thermal Cycler Dice Touch(Takara)を使用し、High-capacity cDNA Reverse Transcription kit(applied biosystems)を用いた。リアルタイムPCRは、StepOne Plus(applied biosystems)を使用して行った。全てのPCR反応は、DNA Master SYBR Greenキット(applied biosystems)を用いて行った。

PCR条件は三田らの手法に従った⁶⁾。エチレン前駆物質である1-アミノシクロプロパン-1-カルボン酸(ACC)をエチレンに変換するACC酸化酵素(CyACO1)の発現を調査した。遺伝子のフォワードプライマー(F)、リバープライマー(R)の配列は、5'-CACGGATGCGGGAGGGATTA-3'(F)、5'-CTTCTTCTCCTCCGCCTCTC-3'(R)とした。対照遺伝子としてシロイヌナズナのArgonauteタンパク質と相同性を示すCy37を用いた。遺伝子のフォ

ワードプライマー (F), リバースプライマー (R) の配列は, 5'-GCAAGGTTTATATGGAGCC-3' (F), 5'-TGCAAATCCAGCGAAATAGG-3' (R) とした。

3. 結果

試験1

高温時の花飛び症状は, “アリュウラ”, “ひよこちゃん” 両品種ともすべての区において発生しなかった (表1-1, 1-2)。

開花日については, 両品種とも8月山下げ区で最も開花が遅い結果となった。同一山下げ日においては, 9月山下げ区, 10月山下げ区においてLED照射区が早く開花したが, 8月山下げ区では, LED照射区で開花が遅れる傾向があった (表1-1)。“ひよこちゃん”では, 対照区で試験終了時の2月13日において未開花の株が見られた (表1-1)。LED照射と山下げ日の前進の組合せは, 晩生品種の開花時期の促進に効果がないことが明らかになった。

表1-1 山下げ日とLED遠赤色光照射がシンビジウムの開花に及ぼす影響

品種	試験区		正常花茎率 (%)	花茎数	開花日	開花株率 (%)
	山下げ日	LED照射				
‘ひよこちゃん’	8/20	+	100	3.8 ± 0.5	2014/2/8 ± 3.0 ^b	100
		-	100	2.6 ± 0.9	2014/1/30 ± 3.9 ^{ab}	80
	9/10	+	100	4.3 ± 0.6	2014/1/22 ± 9.5 ^{ab}	100
		-	100	3.2 ± 1.3	2014/1/24 ± 6.2 ^{ab}	100
	10/1	+	100	3.8 ± 1.0	2014/1/20 ± 9.4 ^a	100
		-	100	3.4 ± 0.9	2014/1/23 ± 7.0 ^{ab}	80
‘アリュウラ’	8/20	+	100	5.0 ± 0.8	2014/1/3 ± 3.4 ^b	100
		-	100	4.4 ± 1.5	2014/1/1 ± 4.7 ^b	100
	9/10	+	100	5.6 ± 1.5	2013/12/23 ± 6.5 ^{ab}	100
		-	100	5.8 ± 0.8	2013/12/28 ± 11.5 ^{ab}	100
	10/1	+	100	5.8 ± 0.8	2013/12/15 ± 8.7 ^a	100
		-	100	6.0 ± 0.7	2013/12/22 ± 5.4 ^{ab}	100

調査日 1/9日 開花日を除く
異なる英文字は同一品種内でTukeyの多重検定 (5%) で有意差があることを示す。

試験2

供試した2014年は, 夏季に気温が低めに推移したため, 8月31日までに高温障害による花飛びは発生しなかった。9月に25℃までの高温を加えたところ, 高温処理区で顕著に正常花茎率が低下した (図2-1, 2-2)。正常花茎率は, 露地, 高温処理に関わらず, 照射により若干改善した。供試2品種は同様な傾向を示した。‘メモリーオブユー’では, 生存花茎率と正常花茎率との差はほとんどないが, ‘お姫様’では, 生存花茎率は正常花茎率より低い傾向にあった。‘メモリーオブユー’では, 異常花茎はほとんど枯死するが, ‘お姫様’では, 枯死に至らない異常花茎の発生が高いことを意味する。露地区での障害株の発生は, 10月上旬に発生した (表2-1, 図2-1, 2-2)。開花日は両品種とも温室内での加温区で遅延が認められた (表2-1)。

表2-1 遠赤色光照射がシンビジウムの開花に及ぼす影響

品種	試験区	発生花茎数 (本)	開花日	開花率 (開花花茎 / 正常花茎)	生存花茎率 (%)	正常花茎率 (%)	花茎長 (cm)	花茎数 / 花茎	先端花茎枯死花茎率 (%)	異常花茎発生花茎率 (%)
メモリーオブユー	高温処理 (9月まで照射)	3.8	-	0.0	42.1	42.1 ^a	47.9	11.2	0.0	0.0
	高温処理 (開花まで照射)	4.4	2014/12/14	36.4	50.0	50.0 ^{ab}	43.0	11.9	0.0	0.0
	露地 (無照射)	3.8	-	0.0	31.6	26.3 ^a	50.6	10.5	0.0	16.7
	露地 (開花まで照射)	3.8	2014/11/25	94.4	94.7	94.7 ^b	45.4	10.1	0.0	0.0
	露地 (無照射)	4.0	2014/11/28	87.5	85.0	80.0 ^{ab}	47.5	10.1	0.0	5.9
	高温処理 (9月まで照射)	6.0	2014/12/7	53.3	76.7	50.5 ^a	55.4	18.1	28.1	34.8
お姫様	高温処理 (開花まで照射)	6.0	2014/12/12	31.6	90.0	64.1 ^{ab}	53.3	18.3	11.1	23.6
	露地 (無照射)	5.4	2014/12/11	41.7	70.4	44.0 ^a	57.5	18.8	21.1	36.8
	露地 (開花まで照射)	5.6	2014/11/20	92.3	96.4	92.0 ^b	56.6	25.3	0.0	3.7
	露地 (無照射)	6.0	2014/11/21	88.5	96.7	85.5 ^b	50.0	22.8	10.3	10.3

12月15日現在 生存花茎率および正常花茎率は, 発生花茎を元に算出した先端花茎枯死花茎率および異常花茎発生率は, 生存花茎を元に算出した開花日, 花茎数は, 正常花茎を元に算出した異なる英文字はTukeyの多重検定 (5%) で有意差があることを示す

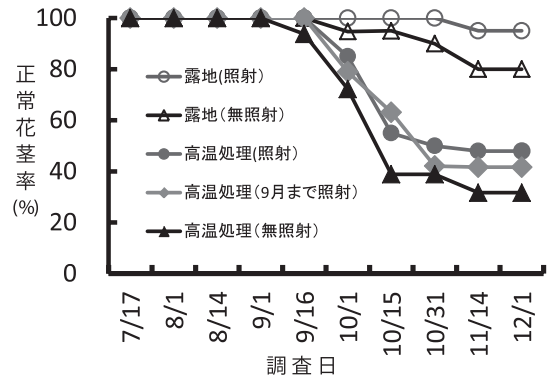


図2-1 “メモリーオブユー”の正常花茎率の推移
正常花茎率：正常花茎 / 発生花茎 (枯死含む)

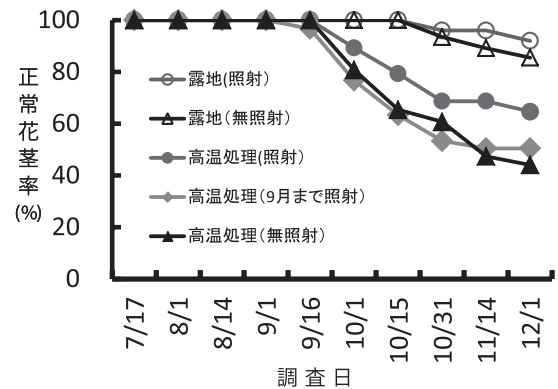


図2-2 “お姫様”の正常花茎率の推移
正常花茎率：正常花茎 / 発生花茎 (枯死含む)

試験3

エチレンの前駆物質であるACCを酸化する遺伝子 (CyACO1) は, LED照射区, 無照射区の両者で発現が確認できた。8月14日 (照射後28日) および9月16日 (照射後61日) の2回の測定では, 照射の有無による発現量が安定しなかったため, 照射による差は, 明らかにならなかった (データ略)。

4. 考察

試験1の結果では, 山下げを早めても高温遭遇するこ

とにより開花が遅れる結果となった。山上げの効果として開花期の前進がある。前報では、遠赤色光照射により品種によっては1月以上開花が早まるとの報告もあり、遠赤色光照射を照射することにより山上げ期間を短縮しても慣行と同時期に開花することを期待した。しかしながら、今回供試した晩生系の2品種では、開花期の前進はほとんど認められなかった。8月20日山下げ区で、慣行の10月1日山下げ区に対して開花が遅延し、照射による開花日の前進は見られなかった。試験を実施した2013年の栽培条件では高温障害の発生が見られなかったため、高温障害におよぼす影響については明らかにできなかったが、これらの品種は高温障害の有無にかかわらず、一定期間の山上げが必要であると考えられる。

シンビジウムの高温障害回避には最低温度20℃以下の環境が必要であると報告されている⁷⁾。また、昼温30℃夜温25℃以上が継続すると発生すると報告もある⁸⁾。本試験では当初、最低室温を20℃に設置した。しかしながら、試験2では、最低室温20℃環境に遭遇しても高温障害の発生は見られなかった。そこで、高温障害の発生を誘発するため、最低室温を25℃に変更する必要があった。試験環境では8月の最高室温の平均が28.8℃と30℃に達しておらず、最も近い気象観測地である大泉(標高867m)における試験を行った2014年8月の最高気温の平均は、27.5℃であった。この値は平年より0.7℃低く、前年の8月の31.1℃と比較すると3.6℃低い数値であり、試験は夏の低温により高温障害の発生が低い傾向にあったと考えられる。2013年の8月の最高気温は36.1℃を記録しており、高標高地でも35℃を超える猛暑日に遭遇する危険性が高まっている。本試験では、遠赤色光照射による高温障害軽減効果は、10～20%程度が認められており、高温耐性の低い品種には山上げ地での照射は有効であると考えられる。しかしながら、前報で述べたように高温障害が発生しづらい品種もあり、それらの品種では、山上げ地での照射による品質向上は低いと考えられる。試験2では、高温障害は高温処理を終えた10月以降でも発生が見られた。高温処理区では、高温処理時期のみに照射した9月まで照射区よりも開花まで照射した区の方が、正常花茎率は高かった。これらの結果から、遠赤色光の照射期間は長いほど効果が高いと考えられる。

遠赤色光照射における植物の反応としては、フィトクロムの分子構造の変化による種子の発芽の促進、茎の伸長、花芽形成などが知られるが、本試験で確認されたような障害軽減効果の事例は知られていない。しかしながら、フィトクロムの反応によりジベレリンが生成される事例は知られており、シンビジウムの反応も同様のメカニズムである可能性がある。シンビジウムの高温障害は、エチレンの生成により発生し、ジベレリンの散布により発生を軽減できるとの報告がある²⁾。植物色素である

フィトクロムは、遠赤色光に反応することでジベレリンの生成を高めるとの報告もあり、シンビジウムの高温障害についても同様のメカニズムでジベレリンの生成が生じ、それに伴いエチレンの発生が抑制されることが推測される。今回の試験で用いたACC酸化遺伝子CyaCO1は、花飛び現象が生じる際に発現が確認されている⁶⁾。高温下ではCyaCO1遺伝子は、照射の有無に関わらず発現しており、発現量についても明確な差は認められなかった。遠赤色光照射期間の比較では、試験終了時まで照射した方が9月末までの照射よりも正常花茎率は高くなっていることから、遠赤色光が遺伝子等に及ぼす影響も照射の後半に現れる可能性がある。また、エチレン発生を抑制するとされるジベレリンの発生については、現段階では確認できていない。シンビジウムにおけるジベレリン生成経路は不明であるため、遠赤色光照射とジベレリンの関係を明らかにするためには、その生成経路の解明が不可欠であり、現在、エチレン生成経路の分析を行っている。経路が明らかになればターゲットとなるジベレリンの発現量を測定することでジベレリンと高温障害の関係が明確になる。遠赤色光照射によるジベレリンの影響が明らかにすることで、照射のメカニズムを解明しより効果的な照射技術の開発につながると考えられる。

本研究では、遠赤色光照射がシンビジウムの高温障害の軽減に一定の効果があることを示した。LED照明の価格は、生産量が増えるに従い下落傾向にあるが、現時点で1球3000円前後である。本試験の状況では、1㎡当たり1球以上のLED照明が必要となるため、300㎡のほ場で100万円以上の費用が必要となる。生産農家への導入には、高温障害が発生しやすい耐暑性のない品種に照射を行うなど部分的な導入を行い、なおかつ、より弱い強度での照射の効果を継続して調査する必要があると考えられる。

5. 結 言

遠赤色光照射によるシンビジウムの高温障害の影響について行った本試験は、単波長光を応用した新たな高温対策技術の可能性を示した。しかしながら、照射強度および時間を始め、最適な照射条件と効果についてはまだまだ、解明できていない点も多い。地球温暖化が急速に進む中で、農作物における高温対策の必要性は、今後更に高くなると考えられる。

参考文献

- 1) 白山 竜次, 永吉 実孝: キクの花芽分化抑制における暗期中断電照の波長の影響, 園芸学研究, Vol.12 No.2, P.173-178 (2013)

- 2) 大野 始. シンビジウムの花粉形成ならびに「花飛び」現象に及ぼす高温およびGA3の影響 [英文] . :園芸學會雜誌. Vol,60 No,1, P.149-157 (1991)
- 3) Hisamatsu T, King RW, Helliwell CA, Koshioka M. The involvement of gibberellin 20-oxidase genes in phytochrome-regulated petiole elongation of Arabidopsis. *Plant physiology*. Vol,138 No,2 P.1106-1116 (2005) . pp.104.059055.1106.
- 4) Shima K, Miyamae H, Kawanishi T, et al. : 明期終了時における遠赤色光照射の光強度および照射時間がスプレーギクの茎伸長に及ぼす影響. Vol,10 No,3, P.401-406 (2009)
- 5) Hisamatsu T, Sumitomo K, Shimizu H. : End-of-day far-red treatment enhances responsiveness to gibberellins and promotes stem extension in chrysanthemum. :*Journal of Horticultural Science & Biotechnology*. Vol,83 No,6 P.695-700 (2008)
- 6) Mita S, Henmi R, Ohno H. : Enhanced expression of genes for ACC synthase, ACC oxidase, and NAC protein during high-temperature-induced necrosis of young inflorescences of Cymbidium. :*Physiologia Plantarum*. Vol,128 No,3 P.476-486 (2006)
- 7) 大野始, 加古舜治, 榊原孝平 : シンビジュウムの発育と開花に関する研究 (第8報). 花序の発育段階と高温の影響及び高温下での枯死段階について, 園芸学雑誌, Vol,46 No,別冊2 P.356-357 (1977)
- 8) 一橋正一 : Cymbidium 研究の現状, *Orchid Research*. Vol,1 No,4 (1994)

LED単波長光照射が採卵鶏の産卵及び卵質に及ぼす影響

船井 咲知¹, 松下 浩一¹, 河野 裕², 木島 一広², 鈴木 文晃²
(¹山梨県畜産試験場, ²山梨県工業技術センター)

The Influence of Monochromatic Light on the Egg production and quality of Laying hen

Sachi Funai¹, Koichi Matushita¹, Hiroshi Kono², Kazuhiro Kijima², Fumiaki Suzuki²

(¹Yamanashi prefectural Livestock experimental station, ²Yamanashi prefectural Industrial technology center)

要約: 本研究では、波長の違いが採卵鶏の産卵及び卵質に及ぼす効果と影響を調査した。

ウインドウレス鶏舎において産卵初期(184~267日齢)及び産卵後期(392~483日齢)のボリスブラウン種に単一波長のLEDライト青色光(457nm), 緑色光(521nm), 赤色光(631nm)および対照として白熱電球を照射し, 産卵及び卵質成績を調査した。また生体内での反応違いを調査するため血漿中のエストラジオール17β, ストレスの指標となるコルチコステロン濃度を測定した。照射時間は産卵初期では10ルクスで15時間, 産卵後期では70ルクスで16時間点灯とした。

その結果, 産卵初期において, 青色光で産卵率が有意に低下し(P<0.05), 緑色光でも低下する傾向が見られた。また産卵後期では, 青色光及び緑色光で有意に低下した(P<0.01)。卵重は, 産卵後期において青色光及び緑色光において増加する傾向を示した。卵質成績(卵殻強度, 卵殻厚, ハウユニット, 卵黄/卵重)は, 産卵初期及び後期ともに各波長で違いが認められなかった。血漿中のエストラジオール17β濃度は, 産卵初期及び産卵後期ともに白熱電球及び赤色光に比べ, 青色光, 緑色光で低下した。ストレスの指標となる血漿中のコルチコステロン濃度は, 各区で有意な差はないものの産卵初期では他の区に比べ青色光で低く, 緑色及び赤色光で高くなり, 産卵後期では緑色光及び赤色光で高くなる傾向を示した。

以上のことから, 緑色光, 青色光を照射すると白熱電球を照射した場合に比べ, 産卵率が低下し, また血漿中のエストラジオール濃度も低下することから, 産卵が抑制されることが明らかになった。

Abstract: The experiment was examined different light wavelengths affect egg production, egg quality and hormone concentration of serum. Hy-Line Brown hens from 184 to 267 day old (first stage of laying egg) and from 392 to 483 day old (second stage of laying hen) were reared under blue(457nm) and green(521nm) and red(631nm) of light-emitting diode lamps, and incandescent bulbs (White light). Brightness of all lights was the same. The lighting time was 15 hours in first stage and 16 hours in second stage. The hormones were examined concentrations of estradiol 17β and corticosterone.

The result showed that egg production was decreased in blue and green light than red and white light in first and second stage. The egg weight was increased blue and green in second stage. Egg quality was not significantly different among all wavelengths. In first stage, the concentration of estradiol 17β was significantly decreased green compared with red. However, in second stage, It was significantly decreased in green compared with white only. The concentration of corticosterone level did not differ among all light.

There result suggested that the egg production was difference by wavelengths, and the blue and green light can repress laying egg.

1. 緒言

鳥類は, 他の動物に比べ光の感受性が強いと言われていいる。鶏の産卵に最も影響を及ぼしている要因は光であり, 採卵鶏は人為的に光をコントロールできるウインドウレス鶏舎で飼育されている場合が多い。また鳥類は, 可視領域がヒトよりも広く, 紫外線領域まで見ることができ, 波長に対する感受性も強いと考えられている。波長と鶏に関する研究はこれまでも行われてきたが, 蛍光灯や白熱電球に色つきのセロハンを被せて実施する場

合が多く, 波長を厳密に限定することができなかつたため, 波長と鶏に生産性の関係については, 明確な結果は得られていない。

しかし, 近年, LEDライトが開発され, 単一の波長を照射することが可能となった。単波長ライトは農業分野での利用において期待が高まっており, トマトなどの野菜の育苗, また花きにおいては, 花芽形成の調節などに利用され幅広い分野で取り入れられている。一方で, 養鶏業界では電気料金の低減などから白色のLEDライトが開発され, 白熱電球の代替えとして普及し始めてい

る。龍田ら¹⁾は、白色のLEDライトを22～100週齢までの採卵鶏に照射しても白熱電球と比べ、産卵性や卵質に影響はなく、利用可能であると報告している。しかし、白色LEDライトは、複数の波長が組み合わせられており、波長幅も150nmほどと単波長ライトの約20nmに比べ幅広いため、波長による効果は不明なままである。Rozenboinら²⁾は、ブロイラーに、白熱電球及びLEDライトの青色光、緑色光、赤色光を照射すると青色及び緑色光で体重が増加したと報告している。またCAO Jingら³⁾の報告によれば、雄ブロイラーに青色光を照射すると血清中のテストステロン濃度が増加するとされている。

このように波長がブロイラーの生産性及びホルモン濃度に影響を及ぼしていることがわかってきた。そのためホルモンが深く関与している採卵鶏の産卵能力においても波長が大きな影響を及ぼしている可能性が考えられる。

そこで、本研究において、波長が鶏の産卵に影響を及ぼすかについて、産卵率などの生産性及びホルモン等の生体反応の両面から調査するとともに産卵初期(試験1)及び産卵後期(試験2)の日齢の違いについても明らかにした。

2. 実験方法

2-1 産卵初期における波長の影響 (試験1)

(試験期間 H25 6.19～9.10)

試験区

白熱電球(40w)を照射した区を対照とし単波長LEDライト(株鍋清DELEDplants)の青色光、緑色光、赤色光をそれぞれ照射した。

使用したライトの波長については、表-1に示したとおりである。(山梨県工業技術センター測定値)

ライトごとの照度を同じにするため、緑色ライト及び赤色ライトにフィルム(赤ライトに装着：ポリカラー #950(透過率50%) 緑ライトに装着：ポリカラー #925(透過率25%) + ポリカラー #975(透過率75%))を被せ(図-1)、青色光と同様の照度となるようにした。白熱電球の照度は、調光器によりLEDライトの照度と同様になるよう調節した。

表1:試験区 羽数 各区20羽×4反復

電球種類	波長			
	ピーク	範囲	幅	
白熱電球			588.46	
LED電球	青色光	457.39	447.67～468.16	20.48
	緑色光	521.28	507.00～538.60	31.60
	赤色光	631.48	622.72～637.40	14.68



図1 使用ledライト (試験1)



図2 照射の状況

供試鶏及び飼養条件

供試鶏は184～267日齢のボリスブラウン種を320羽使用した。(1区20羽×4区分×4反復)

試験鶏舎は開放鶏舎を改造したウインドウレス鶏舎を暗幕により4区に分け使用し、2段ケージ(一区画7.5×3寸)に単飼とした。換気等の日常管理は当場の慣行に従った。

飼料は、市販の成鶏用飼料(CP17%:ME2850kcal/kg)を給与した。

点灯管理

点灯時間は4時30分～19時30分の15時間連続点灯とし、照度はライト真下のケージ上(ライトの直下84.5センチ)が10ルクスとなるように調整した。

調査項目

生産性の調査項目は、産卵成績(産卵率・平均卵重・日産卵量・1日1羽あたりの飼料摂取量)、卵質成績(卵殻強度、卵殻厚、ハウユニット、卵黄色(ロッシュ社製のヨークカラーファン(1987年版)、卵黄重量)を調査した。産卵成績については、各区の総産卵個数と総産卵重量を毎日測定し、産卵率、平均卵重、日産卵量を算出した。1日1羽あたりの飼料摂取量については、飼料の総摂取量と総羽数及び給与期間から算出した。卵質成績については、試験期間中に3回実施し、各区M玉を採卵して、その翌日に各区10個ずつ(10個×4区分×4反復=160個)検査を行った。

生体内のホルモン分析として、血漿中のエストラジオール17βおよびコルチコステロン濃度を測定した。

採血羽数は、各区10羽ずつとし、ヘパリンを注入したシリンジ及び注射針(テルモ23G 1 1/4)を使用し、産卵6～7時間後の鶏の浅尺骨静脈と深尺骨静脈の合流部(静脈血)から採血を行った。その後、遠心分離により血漿を分離し、一旦、-20℃で保存した。保存した試料は融解後、エストラジオール17β(GWB社 Estradiol

17b EIA kit 961tests) 及びコルチコステロン (CAY社 Corticosterone, EIA kit 96tests) の濃度をエライザ法により測定した。測定方法は使用したキットに準じて行った。

2-2産卵後期における波長の影響 (試験2)
(試験期間 H24 6.20 ~ 9.18)

試験区

試験区及び使用した電球の波長は、試験1と同様である。LED単波長ライトは、DELEDplants DOWN LIGHT Series ((株) 鍋清) を使用した(図3)。

ライトごとの照度を同じにするため、緑色光ライト及び赤色光ライトにフィルター(エドモンドオプティクス 赤ライト装着フィルター 65813-L Φ50mm OD 0.5 (透過率32%に相当) 緑ライト装着フィルター 65814-L Φ50mm OD 0.6 (透過率25%に相当))を装着し(図4)、青色光と同様の照度となるようにした。白熱電球については、調光器によりLEDライトの照度と同様になるよう調節した。



図4 使用したLEDライト (試験2)
(左から赤, 緑, 青, 購入時のライト)

供試鶏及び飼養条件

供試鶏は392 ~ 483日齢のポリスブラウン種を400羽使用した。(1区25羽×4区分×4反復)

試験鶏舎及び給与飼料, その他飼養管理は試験1と同様とした。

点灯管理

点灯時間は、4時00分~20時00分の16時間連続点灯とし、照度はライト真下のケージ上(ライトの直下84.5センチ)が70ルクスとなるように調整した。

その他調査項目及び調査方法については試験1と同様に行った。

統計処理

試験1及び試験2ともに産卵成績(産卵率, 平均卵重, 日産卵量, 飼料摂取量, 飼料要求率)各区4反復とし、繰り返しのある一元配置による分散分析を行った。卵質成績については、試験期間中3回検査した結果をTukey法で検定した。血漿中ホルモン濃度については、棄却検定後、Tukey-kramer法で検定した。

3. 結果

3-1 産卵成績

産卵初期(試験1)において、産卵率は、白熱電球を照射した場合に比べ、青色光で有意に低下した(図5)。

また、有意差はないものの緑色光でも低下した(図5)。一方で赤色光と白熱電球では差は認められなかった(図5)。平均卵重及び飼料摂取量については、各区で差は認められなかった。飼料要求率は白熱電球に比べ、青色光で有意に高くなった(表3)。

産卵後期(試験2)において、産卵率は白熱電球及び赤色光に比べ、青色光及び緑色光で有意に低下した(図5)。平均卵重は、緑色光を照射した場合、白熱電球に比べ危険率1%で、赤色光に比べ危険率5%で有意に増加した(表3)。日産卵量及び飼料摂取量については各区で差がなかった。飼料要求率は、赤色光に比べて緑色光で有意に高くなった(表3)。

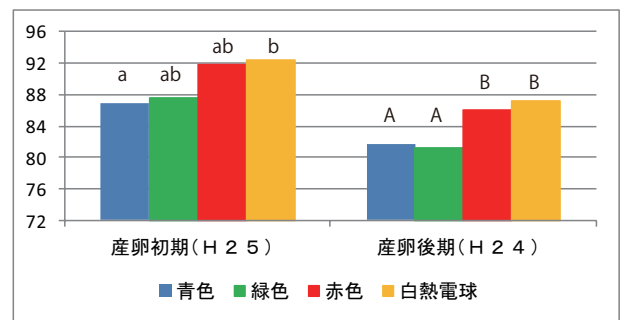


図-5.産卵率 (%)

表3 産卵成績 (試験1)

区分	平均卵重 (g)	日産卵量 (g)	飼料摂取量 (g/日・羽)	飼料要求率
白熱電球	59.82	55.40	93.41	1.72a
青LED	60.92	52.91	96.45	1.85b
緑LED	60.81	53.25	91.94	1.79ab
赤LED	60.21	55.25	94.67	1.79ab

区分	平均卵重 (g)	日産卵量 (g)	飼料摂取量 (g/日・羽)	飼料要求率
白熱電球	61.12A	53.24	99.61	1.92ab
青LED	63.03ab	51.48	100.16	2.01a
緑LED	64.23Bb	52.20	102.33	1.92ab
赤LED	61.75a	53.18	99.07	1.84b

- ・大文字異符号間に有意差あり (P<0.01)
- ・小文字異符号間に有意差あり (P<0.05)
- ・統計処理は,Tukey法で検定した。

3-2 卵質成績

産卵初期(試験1)及び産卵後期(試験2)において、卵殻強度及び卵殻厚、ハウユニット(HU)、卵黄重量、卵黄/卵重に差は認められなかった(表4)。

表4 卵質成績(試験1)

区分	卵殻強度(kg)	卵殻厚(0.01mm)	HU	卵黄重量(g)	卵黄/卵重
白熱電球	3.46	36.31	96.72	14.34	23.68
青LED	3.76	36.34	95.56	14.88	24.60
緑LED	3.67	36.85	94.79	14.90	24.29
赤LED	3.65	36.41	96.09	14.38	23.69

(試験2)

区分	卵殻強度(kg)	卵殻厚(0.01mm)	HU	卵黄重量(g)	卵黄/卵重
白熱電球	3.41	36.67	89.18	16.10	26.21
青LED	3.42	36.49	89.95	16.21	25.96
緑LED	3.49	37.30	89.21	16.20	25.74
赤LED	3.42	36.60	89.24	16.19	26.12

・有意差なし

3-3 血漿中のホルモン濃度

(エストラジオール17β濃度)

血漿中のエストラジオール17βを測定した結果、217日齢及び260日齢ともに、緑色光で最も低くなり、またその次に青色光で低くなる傾向が認められた。産卵後期の421日齢においては、白熱電球と比べLEDライトを照射した区で低く、特に緑色光で有意に低い値となった(表-5)。

表5 血漿中のエストラジオール濃度

区分	エストラジオール17β (pg/ml)			
	産卵初期		産卵後期	
	217日齢	260日齢	計	421日齢
白熱電球	518.05	453.05	466.98ab	419.63A
青LED	411.28	414.27	412.86ab	372.78AB
緑LED	396.76	393.64	395.30a	315.67B
赤LED	465.39	498.46	498.54b	380.45AB

・大文字異符号間に有意差あり (P<0.01)

・小文字異符号間に有意差あり (P<0.05)

・統計処理は、棄却検定後、Tukey-kramer法で検定した。

(コルチコステロン濃度)

血漿中のコルチコステロン濃度を測定した結果、各区で有意な差は認められなかったが、産卵初期の260日齢において、青色光で最も低くなった。産卵後期の421日齢においては、白熱電球に比べLED電球照射で高くなり特に緑色光及び赤色光で高くなる傾向が認められた(表6)。

表6 血漿中のコルチコステロン濃度

区分	コルチコステロン濃度 (pg/ml)	
	260日齢	421日齢
白熱電球	106.29	256.96
青LED	77.48	307.09
緑LED	112.29	617.67
赤LED	121.45	491.18

・有意差なし

4. 考察

近年LEDライトは、生産及び普及が進み、農業及び畜産分野等で取り入れられてきている。LEDライトの特徴は、節電効果に加え、単一波長の照射が可能であるという点である。そのため波長の違いが動植物へ与える効果を明らかにすることができ、それ活用することでより効率的な生産が可能であると考えられる。特に農業分野では、単一波長のLEDを使った研究は進んでおり、ナスは青色光下では茎の伸長が促進されるのに対して、リーフレタスでは逆に顕著に抑制されるなど種によって波長への反応が異なることまで明らかとなっている。

一方、畜産分野においては、電気代を減らす目的で白色LEDライトが養鶏業界で取り入れられつつある。しかし、単一波長のLEDを照射した場合の効果や影響についての報告は少なく、養鶏分野で飼養を目的とした養鶏用単波長LEDライトはない。そこで本試験では、単一波長が及ぼす採卵鶏への影響及び効果を明らかにし、単波長LEDライトを取り入れた新たな飼養方法について検討した。

採卵鶏のウインドウレス鶏舎で一般的に使用されている白熱電球を対照に、単波長LEDライトの青色光、緑色光、赤色光をボリスブラウン種に照射し、産卵成績及び卵質成績を調査した。さらに生体反応への影響を調査するために血漿中のエストラジオール17β及びコルチコステロン濃度を測定した。

産卵成績の結果、産卵前期及び後期に関係なく、青色光及び緑色光を照射すると産卵率が低下した。D.Erら⁴⁾は、ハイラインブラウン種に白熱電球および青、緑、赤色光のLEDライトを照射すると19～37週齢において白熱電球、赤色及び緑色LEDに比べて青色LEDで産卵率が有意に向上し、38～52週齢では、赤色LEDに比べ青色及び緑色LEDで有意に低下すると報告している。本試験でも、産卵後期では、青色及び緑色LEDで産卵が低下した。このことは、上記報告と一致する。しかし産卵初期においては、D.Erら⁴⁾とは異なる結果となった。このことは、点灯時間が関係していると考えられる。D.Erら⁴⁾の報告では、19週齢で13時間試験の点灯を開始し、その後25週齢までに16時間点灯となるように段階的に点灯時間を増やしたとしている。本試験では、184日齢(26

週)から267日齢(38週)の間15時間点灯を行った。本試験で産卵が低下した青色LEDライトは、自律神経を刺激する作用があることから、早朝浴びると体内を覚醒する働きがあるが、深夜に浴びると体内時計が狂い自律神経失調症になることがヒトにおいて知られている。採卵鶏にとって短い点灯時間では、青色光は有効に働くが、15～16時間と長時間点灯すると夜に照射する時間が増え、悪影響を及ぼす可能性がある。また照射する日齢が関係していることも考えられることから、今後検討していく必要がある。一方で、本試験において赤色LEDと白熱電球では、大きな差が見られなかった。このことはD.Erら⁴⁾の報告とも一致する。池谷ら⁵⁾は、ジュリア種に30日齢から赤色LEDライト及び白熱電球を照射した場合、産卵成績及び卵質成績に差はなかったと報告している。このことから、赤色LEDライトは、白熱電球と同等の生産性が得られと考える。

本試験においては、産卵率に影響する波長は、日齢と関係なく同じであったが、その程度を見てみると産卵後期の方が顕著であった。R.Pyizakら⁶⁾の報告によると、50週齢までの産卵1年鶏及び強換後の産卵2年鶏に異なる波長を照射したところ、産卵1年鶏より産卵2年鶏の方が、波長に対する感受性が高いとされており、本試験においても波長ごとの産卵率が産卵1年鶏より2年鶏のほうが顕著に影響していることからR.Pyizakら⁶⁾の結果と一致する。このことから、産卵後期の方が波長に対する影響が強いと考える。

平均卵重は、産卵初期では各波長で違いが見られなかったが、産卵後期では白熱電球及び赤色LEDに比べ緑色LEDで大きくなった。D.Erら⁴⁾の報告では、卵重は白熱電球に比べ赤色LEDで低下したと報告している。一方でKim.M.J⁷⁾らは、緑と赤の間の波長である黄色LEDで卵重が大きくなると報告している。さらにR.Pyizakら⁶⁾は、青色及び緑色波長で卵重が大きく、赤色波長で小さくなると報告している。R.Pyizakら⁶⁾の報告は、本試験の結果と一致するが、卵重と波長の関係についての報告は、様々であり、卵重に影響を及ぼす波長は、鶏の品種や日齢、または照度等の点灯条件などで大きく異なるのではないかと考える。

卵質成績は、産卵前期(試験1)及び産卵後期(試験2)ともに、卵殻強度、卵殻厚、ハウユニット、卵黄重量、卵黄重/卵重に差は認められなかった。D.Erら⁴⁾緑色LEDで卵殻強度が良くなり、一方、Kim.M.J⁷⁾は赤色LEDで良くなると報告している。卵重に加え卵殻強度についても再度検討していく必要がある。

本試験では鶏の体内での反応も同時に調査した。エストラジオール17βは、ステロイドホルモンの一つで、エストロゲン(卵胞ホルモン)に分類される。エストロゲンは女性ホルモンであり、排卵や卵巣、卵胞などの発育に関わっている。鶏では卵白の形成及び肝臓での卵黄脂

質の生成、また骨を介した卵殻形成に関与していることが知られており、産卵及び卵形成に広く関与しているホルモンである。エストロゲンや黄体形成ホルモンなどの産卵に関するホルモンの濃度は、排卵のサイクルである24～25時間周期に応じて体内で変動することが知られている。エストラジオールは排卵の4～5時間前にピークとなる。ピーク時におけるエストラジオール17β濃度は、個体間での差が大きいため、本試験では、比較的低濃度で安定している時間の濃度を測定することとした。また産卵サイクルの同じ鶏で調査する必要があるため、採血は産卵時刻を基準とし産卵約7時間後に行った。

産卵初期の217日齢及び260日齢の血漿中のエストラジオール17βの濃度は、有意差はないものの緑色LEDで最も低く、次に青色LEDで低くなった。2つの日齢の合計では、赤色LEDと比較して緑色LEDで有意に低下した。また産卵後期においては、白熱電球において緑色LEDで有意に低下した。産卵率が低下した青色LED及び緑色LEDでエストラジオール17βの濃度も低かったことから、青色及び緑色波長で産卵が抑制されていると考える。

コルチコステロンは、副腎皮質ホルモンでグルココルチコイドの一種である。このホルモンは、ストレスを感じると産出され、リンパ球の活性が低下し、免疫力が低下することが知られている。本試験においても、波長が及ぼす鶏へのストレスを調査するため血漿中のコルチコステロン濃度を測定することとした。

コルチコステロン濃度を測定した結果、産卵初期においては、有意差はないものの青色LEDで低くなる傾向を示し、産卵後期においては、緑色LED、赤色LEDで高くなった。

D.Xieら⁸⁾は、ブローラーに青、緑、赤、白のLEDライトを7週間照射した結果、赤及び白色LEDに比べて青色LEDで血清中のIL-1βの濃度が低下したことを報告している。IL-1βは脳視床下部に働き、コルチコステロン放出ホルモンの分泌を促進することから青色光はストレスを緩和する作用があることを示唆している。本試験においても青色LEDは、産卵初期で最も低く、産卵後期においてもLEDライトのなかで最も低くなったことから、青色LEDライトは、ストレス緩和する可能性が期待できる。

鶏舎内の明るさ(照度)は、白熱電球の場合、5ルクス以上であれば生産性に影響はないといわれており、電気代を考慮し、5～10ルクスで飼養されている場合が多い。LEDライトの場合、照度が鶏に及ぼす影響について、明らかにされていないが、照度により生産性が変化する可能性も十分に考えられることから、各波長での照度を同じにすることとした。本試験では、最も照度が低い青色光ライトの照度に揃えることとし、ライトにフィルムまたはフィルターを装着して各ライトで照度が同じに

なるようにした。このように単波長LEDには、調光機能が備わっているものがなく、今後、養鶏業界に単波長を取り入れていくためにはさらなる改良が必要である。本試験では、産卵初期での試験(試験1)の照度は10ルクス、産卵後期の試験(試験2)の照度が70ルクスと照度を変えて試験を実施した。その結果、産卵率等の生産性は、照度の違いに関係なく同様の結果となったことから、LEDライトを使用する場合、10ルクス以上あれば照度による産卵率への影響は少ないと考える。

以上より、採卵鶏に青色LED、緑色LED、赤色LED及び白熱電球を照射すると日齢に関係なく、青色及び緑色LED照射で産卵率が低下し、血漿中のエストロジオール 17β の濃度も低くなることから、産卵が抑制され、赤色LEDは、白熱電球とほぼ同等の生産性が得られることが明らかとなった。産卵を低下させる青色及び緑色波長は、産卵を人為的に停止させる強制換羽及び誘導換羽に利用できる可能性がある。産卵後期の鶏は秋にかけて古い羽毛が脱落し、新しい羽毛となる。これを自然換羽というが、これを絶食や絶水により人為的に引き起こしたものが強制換羽である。

これにより、加齢による産卵率の低下、及び卵質の劣化を改善でき飼養期間の延長を図ることができることから多くの生産現場で取り入れられている。しかし、絶食による強制換羽は、鶏にストレスが過大にかかることから、近年では、飼料の栄養分を低下させる誘導換羽法が注目されている。また換羽期は、エストロゲンの濃度が低下することが知られている。強制換羽技術に産卵を抑制させる効果がある青色及び緑色光を利用することにより、換羽期間の短縮や換羽を誘導するための飼料制限の低減を図ることが可能となれば、鶏へのストレス軽減につながると考える。さらに従来、人為的に引き起こす換羽は、飼料の栄養調節でのみ行われてきたが、光調節によることが可能となれば新しい飼養技術となる。今後、青ライト及び緑ライトを利用した新たな換羽法について検討することが必要であろう。

5. 結 言

波長の違いが鶏の産卵に及ぼす影響については不明な点が多い。本試験では、青色、緑色、赤色の単波長LEDライト及び白熱電球を採卵鶏に照射し、産卵及び卵質への影響を調査した。その結果、産卵日齢に関係なく、青色及び緑色LEDで産卵が抑制されることが明らかになった。また、一方で赤色LEDは、白熱電球と同等の生産性を得られることを明らかにした。今後、産卵を抑制する効果がある青色及び緑色LEDを強制換羽及び誘導換羽に活用していく方法について明らかにすることが普及のためには不可欠であると思われる。

参考文献

- 1) 龍田 健, 黒枝 浩二: LED照明が採卵鶏の産卵性及び経済性に及ぼす影響兵庫県農林水産技術総合センター研報Vol 48, P.23-27, (2012)
- 2) Israel Rozenboim, Issak Biran, Zehava Uni, Boaz Robinzon, Orna Halevy: The Effect of Monochromatic Light on Broiler Growth and Development, Poultry Science 78, P.135-138, (1999)
- 3) J.Cao, W.Liu, Z.Wang, D.Xie, L.Jia, Y.Cen: Green and Blue Monochromatic Light Promote Via Stimulating Testosterone, secretion and myofiber growth., J.Appl.Poult.Ros.17, P.211-218, (2008)
- 4) D.Er, Z.Wang, J.Cao, Y.Chen: Effect of Monochromatic Light on the Egg Quality of Laying Hen, J.Appl.Poult.Ros.16, P.605-612, (2007)
- 5) 池谷 守司, 松井 繁幸: ウィンドウレス鶏舎内における赤色LEDによる照明が卵の生産と経済性に及ぼす影響, 静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター研報6, P19-23, (2013)
- 6) R.Pyrzak, N.Snapir, G.Goodman, M.perek: The effect of light wavelength on the production and quality of eggs of the domestic hen, theriogenology, vol 28, P.947-960, (1987)
- 7) Kim.M.J, Choi.H.C, Suh.O.S, Chae.H.S, Na.J.C:A: Study of Different Sources and Wavelengths of Light on Laying Egg Characteristics inlaying Hen, Korean Journal of Poultry Science vol37, P383-388, (2010).
- 8) D.Xie, Z.X.Wang, Y.L.Dong, J.Cao, J.F.Wang, J.L.Chen, Y.X.Chen: Effects of Monochromatic Light on Immune Response of Broilers, Poultry Science 87, P.1535-1539, (2008)

動植物への単波長照射に適したLED光源の開発（第3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・石原 希朋³・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 (3rd Report)

Hiroshi Kono¹, Kazuhiro Kijima¹, Fumiaki Suzuki¹, Seiji Kato², Toshiya Fujiki², Koichi Kubota², Kiho Ishihara³, Sachi Funai³, and Koichi Matsushita³
(¹Yamanashi Prefectural Industrial Technology Center, ²Yamanashi Prefectural Agritechology Center, ³Yamanashi Prefectural Livestock Experiment Station)

要約：主に洋ラン栽培に向けた光強度調整可能な分散型遠赤色光源を試作し、試作光源の光強度分布測定結果および解析ソフトウェアによる計算値と光強度測定値を比較した結果、実際の強度分布とシミュレーション結果が比較良い一致を示し、解析方法の有用性が確認できた。今後は解析に基づいて所望の強度分布を得ることが可能となった。

Abstract : For a tropical orchid cultivation, we fabricated a far-red light source array, and characterized them. As a result of the comparison between the measured value of the strength distribution and the simulated value by using numerical analysis software, they showed good agreement.

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、まだ解明されて尽くされていない。

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。

平成26年度は主に洋ラン栽培に向けた光強度調整可能な分散型遠赤色光源を試作した。本報では、試作光源の光強度分布測定結果および解析ソフトウェアによる計算値と光強度測定値を比較した結果について報告する。

ンが貼付されたアルミ基板 (□36mm, 厚さ3mm) 上に装着し、拡散用レンズ (LED Engin LLFL-1T06-H, 拡がり角: 40度 (半値全幅)) を装着することで構成されている。放熱フィンのみで室温中においてLEDを連続点灯すると、アルミ基板の温度が100度付近まで上昇するため、さらに小型ファンを背面に装着することで強制空冷方式とした。試作した小型光源を図1に示す。



図1 試作した光源

2. 実験方法

2-1 分散型遠赤色光源の試作

洋ラン栽培において、広範囲にわたり均一な強度分布で様々な強度による単色光照射を可能とするため、照度調整が可能な複数の小型光源を空間的に配置する分散型遠赤色LED光源を試作した。それぞれの小型光源は高出力遠赤色LEDデバイス (LED Engin LZ4-40R300, 波長: 740nm (代表値), 出力: 2.1W (代表値)) を放熱フィ

実際の使用ではこの小型光源を複数台用意し、分散配置することで、所望の光強度分布を得る。一般的に、LEDは定電流駆動で動作させることが望ましいが、複数台の光源を単一の定電流源で駆動すると、特性のばらつきのために、ある特定の光源に電流が集中し破損する可能性があるため、今回の光源では小型の定電流LEDドライバ (RECOM RCD-24-0.70) を光源ごとに接続した。使用したLEDドライバは外部電圧信号によって調光が可能であるため、小型光源単体において、LED

ドライバの制御電圧-出力電流特性と小型光源の制御電圧-照度特性を測定した。

2-2 試作光源の光強度分布測定と解析ソフトウェアによるシミュレーション結果との比較

試作した光源について、光強度分布測定を実施した。測定では、単一小型光源と小型光源7個を図2のように配置したときのものを測定した。測定には照度計(コニカミノルタ T-10A)を用いた。照度計にはセンサを11個接続し、センサは角材の上に10cmに直線状に配置した。この角材をセンサが並ぶ方向と垂直に10cmおきに移動させることで、2次元の光強度分布を測定した。光源と照度計とは、直下で1mとなるように配置した(図3)。

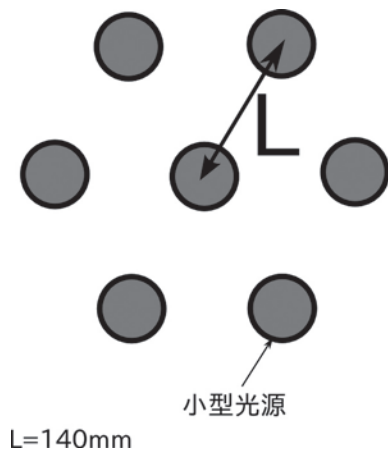


図2 小型光源配置の模式図

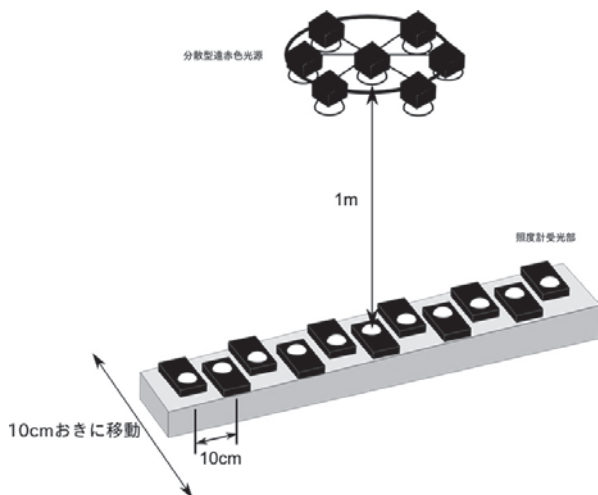


図3 光強度分布測定模式図

あわせて、光強度分布について、数値解析ソフトウェア(Wolfram Research Mathematica9.0J)を用いてシミュレーションを行い、実測値と比較した。

3. 結果と考察

3-1 分散型遠赤色光源の試作

小型光源単体において、LEDドライバの制御電圧-出力電流特性を図4に、小型光源の制御電圧-照度特性を図5に示す。

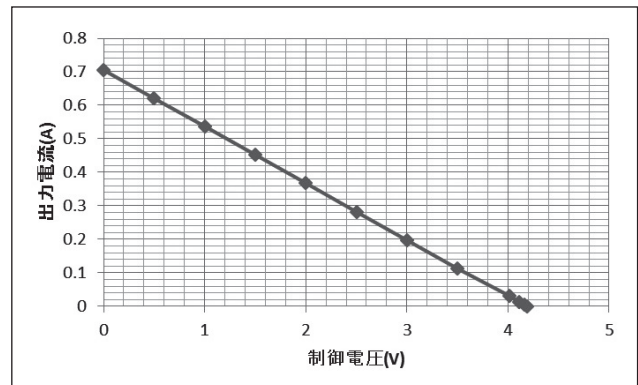


図4 LEDドライバの制御電圧-出力電流特性

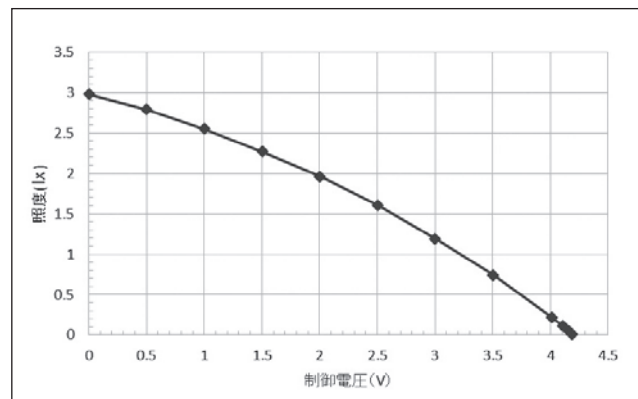


図5 小型光源の制御電圧-照度特性

LEDドライバの出力電流は、制御電圧に対して線形に変化するが、小型光源の照度は、LEDの特性により、制御電圧に対して非線形な変化を示すことが確認された。

3-2 試作光源の光強度分布測定と解析ソフトウェアによるシミュレーション結果との比較

試作した小型光源単体、および7個を配置した分散型光源の1次元照度分布を図6に、小型光源単体と分散型光源の光拡散の様子を比較しやすいように最大強度で規格化した1次元強度分布を図7に、分散型光源の2次元強度分布を図8にそれぞれ示す。

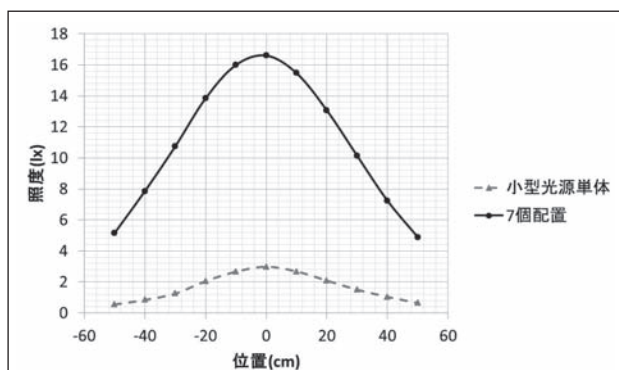


図6 1次元照度分布

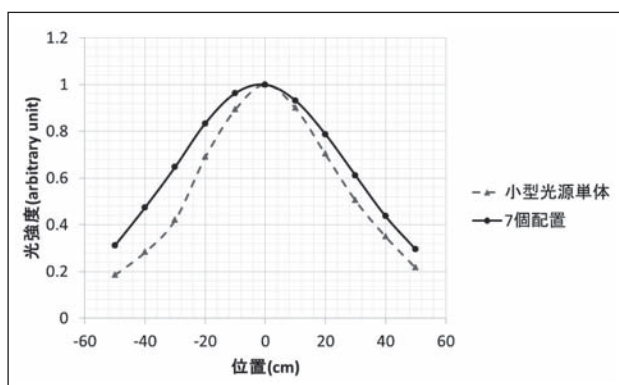


図7 規格化した1次元強度分布

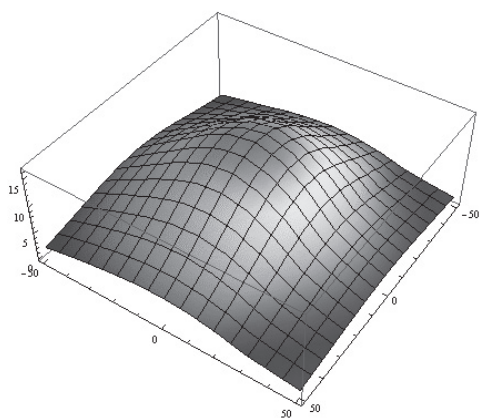


図8 分散型光源の2次元強度分布

光強度分布測定を通して、分散型光源が小型光源単体と比較して、光強度分布がより広範囲に広がっていることが確認された。光強度分布は、分散型光源を構築する際に、小型光源の間隔をさらに広げることによって、さらに広範囲に分散させられることが考えられる。

分散型光源に関して、解析ソフトウェアによるシミュレーション結果と強度分布実測値との比較結果を図9に示す。

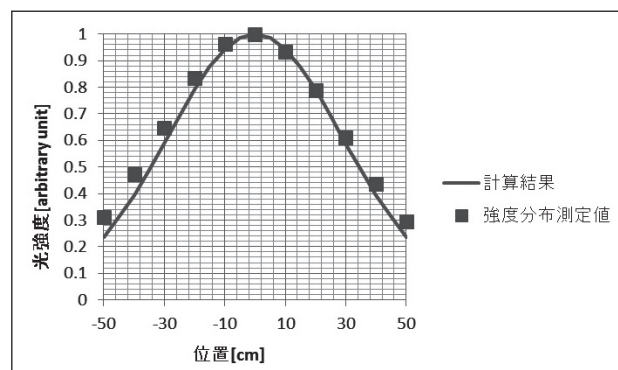


図9 シミュレーション結果と強度分布実測値との比較

シミュレーション結果と実測値は比較的良い一致を示しているが、強度分布の裾では、実測値のほうが若干強い結果となっている。これは、測定時に周囲の壁などの反射による影響を受けているものと考えられる。このことによって、実測値によらず、強度分布形状の目安を得ることが可能となった。

4. 結 言

効率的な洋ラン農畜産物生産技術の確立のための効果的なLED光照射技術の実用化を図ることを目的として、主に洋ラン栽培に向けた光強度調整可能な分散型遠赤光源を試作し、試作光源の光強度分布測定結果および解析ソフトウェアによる計算値と光強度測定値を比較した結果、実際の強度分布とシミュレーション結果が比較的良い一致を示し、解析方法の有用性が確認できた。今後は解析に基づいて所望の強度分布を得ることが可能となった。

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: 動植物への単波長照射に適したLED光源の開発 (第1報), 山梨県総合理工学研究機構研究報告書, 第8号, P. 81-83 (2013)
- 2) 河野 裕, 木島一広, 鈴木文晃, 加藤成二, 藤木俊也, 窪田浩一, 船井咲知, 松下浩一: 動植物への単波長照射に適したLED光源の開発 (第2報), 山梨県総合理工学研究機構研究報告書, 第9号, P. 39-41 (2014)

タケ資源の有効利用に関する研究

Studies on the Effective Utilization of Bamboo Resources

タケ資源の有効利用に関する研究

戸沢 一宏, 柴田 尚¹, 池永 直浩², 角田 真由美, 土橋 宏司, 神藤 学, 保倉 勝己³, 木村 英生⁴
(¹森林総合研究所, ²畜産試験場, ³酪農試験場, ⁴工業技術センター)

Studies on the effective utilization of bamboo resources

Kazuhiro Tozawa, Hisashi Shibata¹, Naohiro Ikenaga², Mayumi Tsunoda, Kii Suzuki, Kouji Dobashi, Manabu Jindou, Katsumi Hokura³ and Hideo Kimura⁴
(¹Yamanahi Forest and Forestry Product Research Institute, ²Yamanashi Prefectural Livestock Experiment Station, ³Yamanashi Prefectural Daily Experiment Station, ⁴Yamanashi Prefectural Industrial Technology Center)

要約: タケを資源として活用するため、タケを粉末状或いはチップ状に加工し、きのこ栽培の菌床培地基材としての活用と畜産・酪農分野での飼料や敷料等としての新たな竹材の有効利用法を検討する。

Abstract: In order to utilize bamboo as resources, the method of using effectively the powdered or bamboo material new as practical use, feed in stock raising and the dairy field, bedding, etc. as a mushroom bed culture-medium base material of mushroom cultivation which processes it in the shape of a chip is examined for bamboo.

1. 緒言

竹材は、過去には家屋の壁材や竹細工などに用いられてきたが、これらの需要も減少し、さらに食材としての筍も従事者の高齢化などにより、山間部を中心に放棄される竹林が増加している。放棄された竹林は、造林地や畑などに浸食するだけではなく、稈の薄いマダケは雪折れ等のため、近隣の民家や道路等に被害を与えている。

そこで、タケの利用法について多方面から検討し、タケを資源として活用し、竹林の適切な管理に繋げることを目的としている。

2. 実験方法

2-1 哺乳豚寝床に乾燥竹粉敷設試験

哺乳豚の寝床に乾燥竹粉を敷設した場合に、その後の闘争行動に与える影響について調査を行った。条件は以下の通り。

①試験条件

各母豚から産まれた哺乳豚群毎に娩出時から離乳日である21日齢までの期間、寝床に乾燥竹粉を敷設し、22日齢以降に別腹2群を同居させた。

表1 寝床乾燥竹粉敷設試験

区分	試験回数	内容
対照区	2グループ	寝床に乾燥竹粉を敷設しなかった哺乳豚群2腹を子豚の家で同居させる
混合区	2グループ	寝床に乾燥竹粉を敷設しなかった哺乳豚群と敷設した哺乳豚群各一腹ずつを子豚の家で同居させる
敷設区	2グループ	寝床に乾燥竹粉を敷設した哺乳豚群2腹を子豚の家で同居させる

②試験期間：子豚の家での同居期間（21日間）

③調査内容：行動観察（同居1, 3, 7日目の朝から夜にかけて連続12時間ビデオカメラで豚房内を録画し、闘争行動の発現時間の計測）、発育調査（1日平均増体量）

④闘争行動：相手の顔や体を激しく噛む、体をぶつけ合う、乗駕するといった攻撃的行動と定義し観察を行った。

2-2 肥育豚の後期飼料にマダケサイレージ5%添加試験

肥育豚の肥育後期飼料に粉碎したマダケで作ったサイレージを5%添加した場合の影響について調査を行った。試験条件は以下の通り。

①試験条件

表2 マダケサイレージ5%添加肥育試験

区分	飼料内容
対照区	未添加
添加区	マダケサイレージ5%上乗せ添加

各区：5頭（同腹豚6頭と4頭を各区に均等分配）

品種：LW、性別：去勢、ベース飼料：通常の肥育用配合飼料

②調査期間：体重概ね60kgから120kgまで

③調査内容：発育成績、枝肉成績、肉質成績、肝機能（脂質代謝）、血液性状（コレステロール値）、腸内環境（糞便中有機脂肪酸、腸内細菌叢）

2-3 竹チップの畜産資材としての活用方法の検討

タケ堆肥及び場内慣行戻し堆肥を使用した牛床敷料における大腸菌群の推移

①材 料：タケ堆肥及び場内慣行戻し堆肥（リサイクル堆肥）

タケ堆肥及びリサイクル堆肥を育成牛及び肉用繁殖牛舎の敷料として使用し、各敷料中における大腸菌群の推移を調査した。

②試験期間：14日間

③調査方法：各試験区の牛床から敷料を3カ所ずつ採材し、均一に混合した後10gを秤量し滅菌PBS90mlと混和。10⁻⁶まで段階希釈し各希釈100 μlをDHL寒天培地に塗抹し37℃ 18時間培養し生育した大腸菌群数をカウントした。

④調査項目：各試験区における敷料中大腸菌群の推移

2-4 竹チップの堆肥化特性の調査

竹チップを堆肥の水分調整材として用い、現場での堆肥化を想定して、実規模堆肥化試験（以下、実規模試験）を行った。試験条件は以下の通り

表3 実規模堆肥原料混合量及び混合割合

原料	水分含有率(%)	モウソウチク区 ¹⁾		マダケ区 ²⁾	
		混合量(m ³)	混合割合(%)	混合量(m ³)	混合割合(%)
牛ふん	77.3	3.2	53.3	3.2	53.3
種堆肥	29.6	0.6	10.0	0.6	10.0
米ぬか	5.6	0.2	3.3	0.2	3.3
オガクズ	8.9	1.0	16.7	1.0	16.7
モウソウチク	17.6	1.0	16.7	-	-
マダケ	30.5	-	-	1.0	16.7
合計	-	6.0	100	6.0	100

注) 1)モウソウチクを混合した区、2): マダケを混合した区



図1 竹チップ

堆肥化方法は、堆肥舎に水分含有率70%になるよう調整した全材料を混合して高さ約150cmに堆積し、地上から30cm、70cm、120cmの3点で堆肥内部の発酵温度を計測した(図2)。堆肥化期間は、平成24年8月14日から11月12日までの90日間で、堆積後1ヶ月間は2~3日おきに切り返し、以降は週1回切り返しを行った。一週間毎にサンプリングを行い、水分含有率や容積重、肥料成分等を調査した。

また、竹チップ堆肥を施用したときの作物への影響を調査するため、ポット栽培試験を行った。実規模試験で作成したモウソウチク区とマダケ区の堆肥を1mmに粉碎し、堆肥標準区(10g)、堆肥2倍区(20g)、堆肥3倍区(30g)、堆肥4倍区(40g)の4処理区を設け、対照区

として化学肥料区を設けた。全処理区には、N-P-K各25mg相当を施肥した。供試作物としてコマツナをワグネルポット(1/5000a、表面積200cm²)に25粒播種した。栽培期間は21日間で、温室内の温度を15℃~25℃に保つようにした。



図2 堆肥の堆積と温度計設置(3点で測定)

2-5 竹チップを用いたきのこ菌床栽培

きのこ菌床栽培において、菌床基材の一部に竹チップを加え、菌床栽培の可能性について試験を行った。

用いた菌は、クロアワビタケ(大貫菌茸)、ヌメリスギタケ(大貫菌茸)、ヤナギマツタケ(大貫菌茸)、アラゲキクラゲ(加川椎茸)の4種4系統を用いた。

菌床の構成は表4のとおり。

表4 菌床構成比(体積比)

試験区	広葉樹 おが粉	タケ チップ	米ぬか
1	10	-	2
2	5	5	2

菌床水分率 60%

菌床重量 600g/瓶

培養条件 25℃

湿度条件 90%

調査項目：①子実体原基発生までの期間(Day)(培養期間)

②子実体原基から発生までの期間(Day)(発生期間)

③子実体重量(g)(収量)

2-6 菌糸伸長促進成分の検討

菌糸の伸長試験結果から、クロアワビタケ、ヌメリスギタケ、ヤナギマツタケは、菌糸の伸長を促す成分がタケに含まれていると考えられる。

そこで、タケの水抽出液(10g/L)をイオン交換樹脂XAD-2で樹脂に吸着する成分(XAD-2 EtOH)と、それ以外(XAD-2 Water)の成分に分離し、乾燥したものを、それぞれをPDA(ジャガイモ蔗糖寒天)培地に加えてシャーレに分注、コルクボーラーで同じ大きさの菌を接

種し、2週間後の菌糸の面積を測定した。

面積の測定には、シャーレをフラットベッドスキャナーでスキャンし、Adobe Photoshopで画像処理後、フリーソフトのImage-Jで解像度などから、菌糸の占めるピクセル数をカウントした。

試験条件は表4の通り。

表5 試験条件

	PDB (g/l)	Ager (g/l)	Dextrose (g/l)	XAD-2 EtOH (g/l)	XAD-2 Water (g/l)
試験1	24.0	15.0	—	0.1	—
試験2	24.0	15.0	—	—	0.1
対象区	24.0	15.0	0.1	—	—

培養温度 25℃

調査項目：菌糸伸長面積

3. 結果

3-1 哺乳豚寝床に乾燥竹粉敷設試験

観察時間12時間中の合計闘争時間の平均時間は、3日間ともに敷設区で一番短かった。また全区ともに同居時間が長くなるにつれて合計闘争時間が短くなった。敷設区の3日目について1グループで撮影機器の不具合により撮影が一時できなかつたため合計闘争時間を算出することができなかった。

1日当たりの増体量は3つの異なつた比較期間で算出したが、全てにおいて対照区が一番多かつた。(表6, 表7)

表6 観察時間12時間中の合計闘争時間の平均

	1日目	3日目	7日目
対照区	2:59:20	0:36:17	0:17:02
混合区	1:41:35	1:24:48	0:20:23
敷設区	1:22:33	NT	0:16:22

* 単位は時間：分間：秒間

表7 1日当たりの平均増体量

	離乳日~同居後 7日目	離乳日~同居後 21日目	同居後7日目 ~21日目
対照区	255±112 a	463±73 a	583±114 a
混合区	199±69 b	408±77 b	535±102 b
敷設区	228±68	401±61 c	505±83 c

* 平均±標準偏差, 単位は g/g

* 各区の異符号間に有意差あり (小文字 a,b,c : p<0.05)

3-2 肥育豚の後期飼料にマダケサイレージ5%添加試験

発育成績, 枝肉成績, 肉質成績, 血中コレステロール値, 糞便中の有機脂肪酸量について, 肉色L値(明度)で統計的に有意差が認められたが, そのほかについては有意差は認められなかつた。(表8, 9, 10, 11)

肝臓の脂質代謝機能はマダケサイレージ添加区で機能

が亢進する傾向が見られた。(表12)

腸内細菌叢の分布については, 対照区と添加区の間大きな差は認められなかつた。(図3)

表8 発育成績および枝肉成績

	生育日数 日	出荷体重 kg	増体量 (試験開始 ~終了) g/日	ロース断 面積 (第4-5胸 椎間) cm ²	背脂肪厚 mm
対照区	159±10	116±3.3	987±118	18.32±2.06	17.6±3.2
添加区	163±10	120±3.5	967±116	18.96±4.57	18.2±2.1

表9 肉質成績

	水分 %	加圧保水力 %	ドリップ %	進展率 %	破断力価 g
対照区	73.6±0.4	78.2±5.0	4.0±2.5	31.2±3.5	583.1±27.1
添加区	73.6±0.7	75.1±1.7	5.7±3.2	30.1±2.3	568.2±78.3

	筋肉内脂肪 %	加熱損失 %	肉色 L値 (明度)	a値 (赤色度)	b値 (黄色度)
対照区	2.17±1.1	25.7±1.8	46.0±2.9	14.1±4.6	10.5±1.0
添加区	2.74±1.5	27.3±2.5	50.3±1.9	13.0±2.9	11.1±0.9

表10 血中コレステロール値

	総コレステロール	HDLコレステロール
対照区	93.4±9.44	41.2±3.92
添加区	94.0±12.4	38.6±4.72

* 単位は mg/dl

表11 糞便中の有機脂肪酸量

	コハク酸	乳酸	ギ酸	酢酸	プロピオン酸
対照区	<0.05	0.30±0.14	<0.05	3.97±0.84	4±1.05
添加区	<0.05	0.55±0.48	<0.05	4.47±0.73	4±1.44

	iso-酪酸	n-酪酸	iso-吉草酸	n-吉草酸
対照区	0.26±0.09	2.2±0.86	0.45±0.16	0.60±0.21
添加区	0.28±0.13	2.9±1.02	0.46±0.25	0.68±0.31

* 単位は mg/g

表12 肝臓の糖代謝・脂質代謝

	肝臓1g当たりの 代謝産物量	タンパク質1g当たりの 代謝産物量
対照区	3.75±1.72	0.30±0.23
添加区	5.07±1.24	0.52±0.18

* 平均±標準偏差, 単位は nmol/min/g tissue (g protein)

* 代謝産物は NADPH

* 脂質代謝過程における脂肪酸代謝律速酵素3HADHによる代謝産物 NADPH の量を計測。

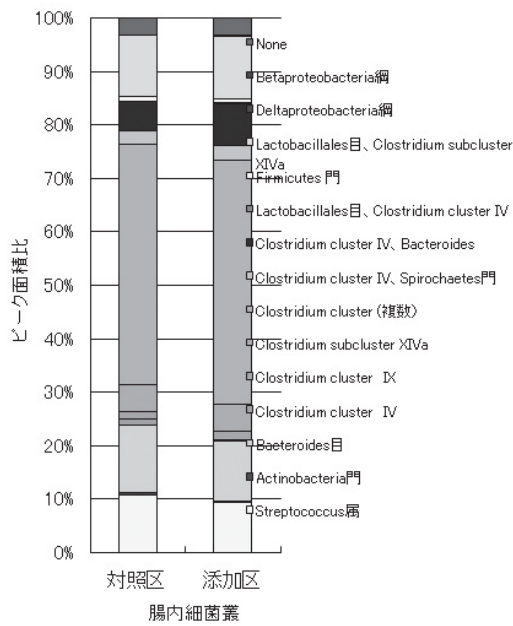


図3 腸内細菌叢

3-3 竹チップの畜産資材としての活用方法の検討

戻し堆肥区では観察期間を通じて大腸菌群数は 10^2 cfu/gのレベルで推移したのに対し、タケ堆肥区では設置後2日目に 10^3 cfu/gとなったがそれ以上増加せずに同レベルで推移した(図4)。また試験期間中、飼養牛の健康状態に異常は認められなかったことから、タケチップは堆肥化することにより牛舎敷料として活用可能であると思われる。

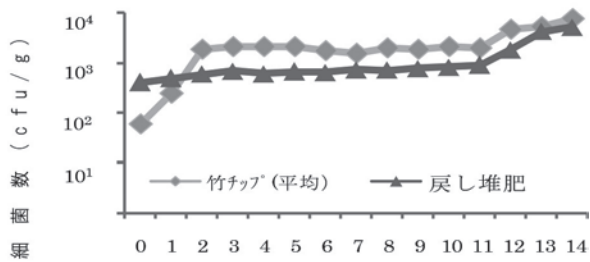


図4 各試験区における敷料中大腸菌群の推移

3-4 竹チップの堆肥化特性の調査

2種類の竹チップを用い、モウソウチク区とマダケ区として堆肥化を行った(図5, 図6)。

いずれの堆肥も堆肥化開始後2週間で最高温度に達し、切り返し後も温度が70℃以上に上昇したことから、十分な発酵温度が得られた(図7)。



図5 モウソウチク区 (堆肥化90日目)



図6 マダケ区 (堆肥化90日目)

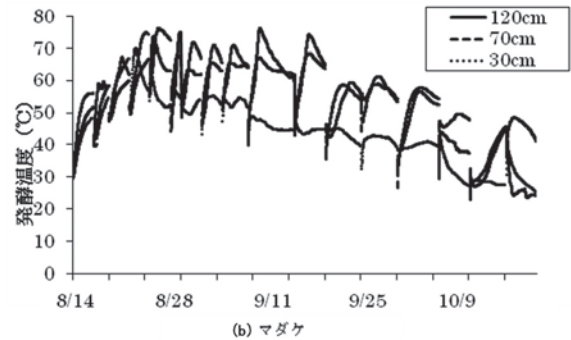
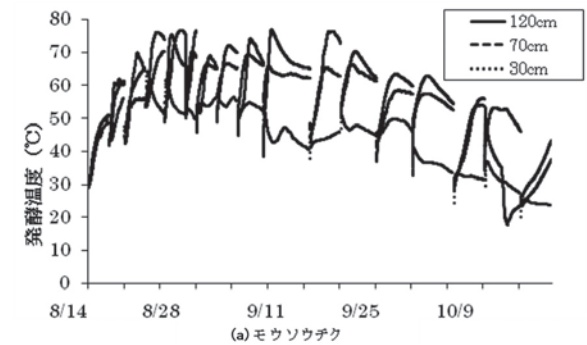


図7 実規模試験発酵温度の推移
(a. モウソウチク区, b. マダケ区)

堆肥化終了時には、水分含有率約36%、容積重約0.4 kg/Lになり、堆肥として扱いやすい状態になった(表13)。

表13 堆肥化時の水分含有率と容積重の変化

	水分含有率 (%)		容積重 (kg/L)	
	開始時 ¹⁾	終了時 ²⁾	開始時 ¹⁾	終了時 ²⁾
モウソウチク区	65.8	35.5	0.59	0.39
マダケ区	63.5	37.7	0.59	0.41

注) 1) : 堆肥化0日目、2) : 堆肥化90日目

成分について、全窒素は牛ふん、種堆肥、米ぬかが多いことから、堆肥の窒素分に影響していると考えられる(表14)。オガクズや竹チップ等の木質系資材は肥料成分が少ないが、竹チップはカリウムが多かった。しかし、1%未満と低いいため竹の種類によって堆肥の成分に与える影響はあまりないと推察された。

表14 原料の成分

原料	全窒素 (%)	全炭素 (%)	C/N比	乾物中(%)			
				P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
牛ふん	1.7	36.4	21.4	0.69	2.78	2.21	1.08
種堆肥	1.5	32.9	21.9	1.03	2.31	2.38	0.93
米ぬか	2.7	50.0	18.5	3.28	0.65	0.07	1.69
オガクズ	0.2	50.5	252.5	0.00 ¹⁾	0.08	0.10	0.05
モウソウチク	0.3	49.7	165.7	0.14	0.65	0.06	0.07
マダケ	0.2	49.8	249.0	0.14	0.49	0.10	0.05

注) 1)極微量であったため、検出できなかった。

表15 堆肥の成分

	全窒素 (%)	全炭素 (%)	C/N比	乾物中(%)			
				P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
モウソウチク区	1.9	34.3	18.1	1.67	2.96	2.41	1.23
マダケ区	1.8	35.0	19.4	1.60	3.01	2.34	1.23

注) 堆肥化90日目の値

また、木質系資材はC/N比が高く、これによって堆肥のC/N比も高くなることが多い¹⁾が、本試験では木質系資材約30%を混合して堆肥化を行い、C/N比がモウソウチク区18.1、マダケ区19.4だった(表15)。これは、堆肥化によって有機物が分解されて炭素分が減少し、窒素分が濃縮されたためと考えられる(図8、図9)。

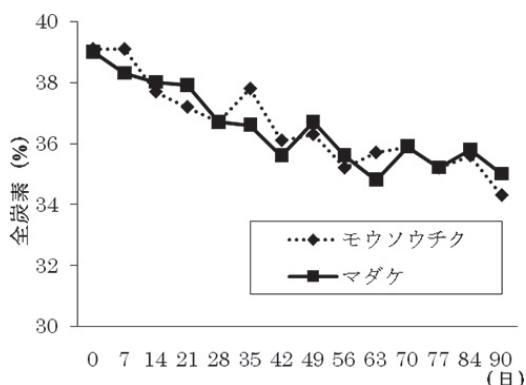


図8 堆肥化中の全炭素の推移

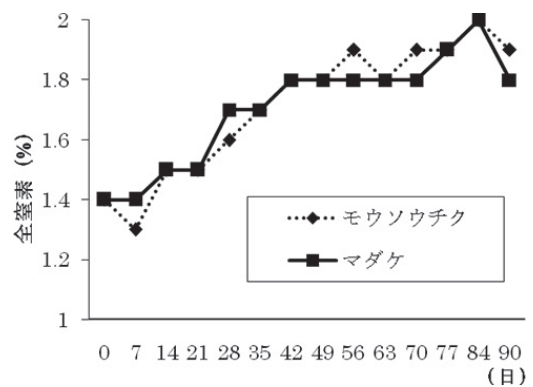


図9 堆肥化中の全窒素の推移

ポット栽培試験では、モウソウチク標準区で発芽率及び地上部生重量(生体重指数74)が対照区よりやや少なかったが、堆肥の施用量が多くなるにつれて生重量も多くなった(図10、表16)。生育に異常は見られなかったことから、作物栽培への利用も可能であると考えられる。



図10 ポット栽培試験

表16 発芽率及び生育特性

	発芽率 ¹⁾ (%)	最大葉長 (mm)	地上部生重量 (g/鉢)	生体重指数 ¹⁾
モウソウチク標準区	88	64.5	4.3	73
モウソウチク2倍区	130	72.0	6.9	117
モウソウチク3倍区	103	79.0	8.1	137
モウソウチク4倍区	100	74.0	9.3	158
マダケ標準区	121	69.0	7.0	119
マダケ2倍区	100	75.0	7.9	134
マダケ3倍区	121	77.0	9.2	156
マダケ4倍区	115	66.5	10.5	178
化学肥料区 (対照区)	100	77.0	5.9	100

注) 1) 対照区を100としたときの比率

3-5 竹チップを用いたきのこ菌床栽培

菌床栽培の培地基材にタケチップを添加して菌床栽培を行い、瓶または袋内に菌糸が蔓延するまでの期間(培養期間)と発生操作後の収穫までの期間(発生期間)、お

よび収量を測定した。クロアワビタケの栽培結果を表17に示す。

表17 クロアワビタケ栽培試験結果

	対照区	試験区
培養期間(day)	40.3 ± 5.21	33.2 ± 5.21*
発生期間(day)	7.5 ± 0.86	7.5 ± 0.78
収量(g)	84.2 ± 9.30	88.1 ± 8.54*

n=96

*有意差がある P<0.05。

クロアワビタケの菌床栽培では、タケチップを用いたほうが栽培期間が短くなり、年間でのローテーションに影響を与えることが確認された。

アラゲキクラゲの栽培結果を表18に示す。

表18 アラゲキクラゲ栽培試験結果

	対照区	試験区
培養期間(day)	48.0 ± 1.99	48.2 ± 4.45
発生期間(day)	12.6 ± 0.86	12.5 ± 1.68*
収量(g)	101.1 ± 8.39	107.5 ± 5.31*

n=96

*有意差がある P<0.05

培養期間、発生期間ともに大差がないが、収量に関しては、タケチップを用いたほうが良好な結果が得られた。

ヌメリスギタケ及びヤナギマツタケの栽培結果を表19,20に示す。

表19 ヌメリスギタケ栽培試験結果

	試験区1	試験区2
培養期間(day)	44.9 ± 2.63	44.1 ± 4.71
発生期間(day)	11.8 ± 1.11	11.7 ± 1.79
収量(g)	96.1 ± 9.15	102.8 ± 6.18*

n=96

*有意差がある P<0.05

表20 ヤナギマツタケ栽培試験結果

	試験区1	試験区2
培養期間(day)	44.9 ± 2.63	44.1 ± 4.71
発生期間(day)	11.6 ± 1.11	11.5 ± 1.81
収量(g)	94.8 ± 9.33	101.7 ± 6.42*

n=96

*有意差がある P<0.05

試験に供した菌では、栽培期間や発生期間では差が見られないものもあったが、収量に関してはタケチップを用いた方が良好な結果を得られた。

3-6 菌糸伸長促進成分の検討

タケ水抽出物をPDA(ジャガイモ寒天培地)に添加し、菌糸の伸長面積(cm²)を測定した結果を表21に示す。

表21 菌糸伸長測定結果

種名	Control	XAD-2 EtOH	XAD-2 Water
クロアワビタケ	54.86 ± 1.58	54.71 ± 1.40	57.71 ± 1.38
アラゲキクラゲ	50.12 ± 1.67	50.81 ± 1.57	52.00 ± 1.30
ヌメリスギタケ	44.39 ± 1.68	45.94 ± 1.57	44.66 ± 1.11
ヤナギマツタケ	52.91 ± 1.75	50.67 ± 0.99	54.14 ± 1.04

それぞれの種に対して、ControlとXAD-2 Water、XAD-2EtOHとXAD-2 Water間に優位差があり、XAD-2 Water区が伸長速度が大きい結果となった。

XAD-2 Water区には、糖類が主に含まれていると見られ、糖類の一部が影響を与えていると考えられる。

4. 考察

哺乳期に乾燥竹粉を寝床に敷設した哺乳豚群同士を同居させたグループでは闘争行動時間が対照区と比較して短かったことから、乾燥竹粉が闘争行動の抑制に何らかの形で関わっているのではないかと考えられたが、1日当りの増体量との相乗効果は認められなかった。このことから1日当りの増体量については、闘争行動による増体量の減少効果よりも個体差による増体量の増加効果のほうが要因として大きいのではないかと考えられた。

タケに含まれるリグニンなどの抗酸化物質の効果を検証するために肝臓の脂質代謝機能や血中コレステロール値について試験を実施したところ、血中コレステロール値に大きな影響は認められなかったが、脂質代謝機能はマダケサイレージ添加区で亢進する傾向がみられ、マダケサイレージが豚の肝機能に良い影響を与えていると考えられた。

腸内細菌叢については、対照区と添加区の間には大きな差は認められなかったが、これは試験を開始した100日齢の頃には腸内細菌叢がすでに定着しているためではないかと考えられた。

水分調整材として竹チップを混合した堆肥は、発酵と有機物分解がよく進み、90日間と短い期間であったが、堆肥として扱いやすい状態となった。

作物栽培について、タケ資材には生育抑制に関与すると推測される成分が含まれており、未熟堆肥を用土の50%を混合すると発芽抑制されるという報告がある²⁾。本試験では堆肥施用量が土壌の2%と少量であり、地上部生重量等でほとんどの試験区が対照区より増加する傾向が見られたことから、生育に影響はなく、利用可能だと考えられる。

タケチップを加えた菌床栽培試験においては、培養期間と収量で良好な結果を得ているが、これは、菌糸の伸長が良好な事が考えられた。

また、菌糸伸長促進効果についても検討したところ、XAD-2 Water区において、促進効果が見られ、HPLCに寄る単離を試みたが、糖類の影響で分離が困難であっ

た。今後、この部分の検討が必要であると考えられる。

5. 結 言

闘争行動抑制のための乾燥竹粉の利用法については、優位性があると思われるが、今回は各試験区2グループずつと例数が少ないため、今後は例数を増やし、試験精度を高めていく必要がある。

マダケサイレージが発育や肉質に影響せずに健康な豚の生産に有用であると示唆された。このことから、マダケサイレージを飼料に添加することによって健康的な肥育豚の生産だけでなく、種豚の健康維持にも有用ではないかと考えられた。

堆肥化時の水分調整材として、タケチップは利用できる事が判明し、タケチップを用いた堆肥の野菜への利用についても問題のない事が判明した。

きこの菌床栽培においても、クロアワビタケなどにはきこの類については、問題なく使用できる事が判明した。

しかし、本試験に用いたタケチップの価格は、現在利用している堆肥化資材や菌床培地基材と比較して、高額である事から、今後効率的かつ低価格のタケチップの供給が不可欠であると考えられる。

6. 参考文献等

- 1) 羽賀清典, 薬師堂健一, 原田靖生, 山口武則, 原正之, 内山知二, 磯部武志, 小柳 涉, 木嶋伸行, 木村 武, 安藤義昭, 上園一郎, 山本克巳, 郡司掛則昭: 家畜ふん堆肥の品質評価・利用マニュアル, 農林水産技術会議事務局 農業・生物系特定産業技術研究機構, p17-21, 2004
- 2) 磯部武志, 内山知二: タケ堆肥化物の理化学特性と栽培利用, 大阪府立農林技術センター, 36:1-4, 2000

