

# LEDによる夜間電照がブドウの果粒肥大に及ぼす影響 (第2報)

山梨県果樹試験場・山梨県工業技術センター<sup>1</sup>

齊藤典義・宇土幸伸・里吉友貴・三森真里子・阿部 治<sup>1</sup>・河野 裕<sup>1</sup>・平川寛之<sup>1</sup>

## The Influence of LED Irradiation on the Berry Weight of Grape (2nd report)

Yamanashi Fruit Tree Experiment Station

Yamanashi Industrial Technology Center Organization<sup>1</sup>

Noriyoshi SAITO, Yukinobu UDO, Yuki SATOYOSHI,

Mariko MITSUMORI, Osamu ABE<sup>1</sup>, Hiroshi KONO<sup>1</sup>, Hiroyuki HIRAKAWA<sup>1</sup>

### 要 約

施設ブドウの夜間電照光源として赤色LEDの利用方法を検討した。電照時間帯に果房を遮光し、新梢部のみに光が照射される条件においても果粒肥大は促進された。ローブ状の光源を平行整枝樹の主枝と主枝の中央部に、主枝と平行するように配置すると、多数の新梢に光が照射され、効率的に果粒肥大効果が得られた。

### Abstract

We examined whether the red LED was useful as a light source for light-culture greenhouse grape. The berry weight of grape increased even if a bunch was shaded the light while light was irradiated for the vine. When the rope-type light source is arranged in the center part of the branch and the branch at a parallel training method, the light is irradiated many shoot and the berry weight of grape increased with effectively.

### 1. 緒 言

施設栽培ブドウは、早期出荷による収益の向上、露地ブドウとの労力分散などの面から、山梨県のブドウ経営にとって重要な作目の一つとなっている。筆者らは‘巨峰’や‘ピオーネ’などの大粒系ブドウを対象として、12月に加温を開始し、4～5月に収穫を行う超早期加温栽培の高品質、多収技術について検討している<sup>1)</sup>。これまでの一連の研究において、夜間電照を利用した生育促進方法について検討を行い、落花期から40日間程度、深夜の23:00～2:00まで暗期中断を目的に電照を行うことで、果粒肥大が促進されることを明らかにした<sup>2)</sup>。

また、この電照において、従来から光源として使用されてきた植物育成用の蛍光灯などに替えて、発光ダイオード (Light Emitting Diode, 以下LED) を利用する方法を検討したところ、660nm付近に発光のピークを有する赤色LEDの電照効果が高く、また、必要な光量子束密度は、最低で $1.0\sim 1.5\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上と微量な光の照射によって果粒肥大効果が得られることを明らかにした<sup>3, 4)</sup>。

照射光量が微量であるにもかかわらず、果粒の肥大現

象が生じることは、積極的に光エネルギーを植物体に供給し、物質生産を促進した結果ではなく、光の刺激によって植物体内に生理的な変化を誘導したものと考えることができる。そのため、ブドウの果粒肥大を目的とした電照では、樹体内に果粒肥大を促進する光の刺激を与えることができれば、照射部位は直接の効果を期待する果房 (果粒) でなくともよいことが推測される。そこで、赤色LEDを利用してブドウの果粒肥大を促進する実用的な電照装置を開発するため、効率的に効果が得られる電照方法について検討した。

本試験では、電照の照射部位に着目し、果房に限らず、電照効果が得られる部位を明らかにし、効率的に果粒肥大を実現する照射方法について試験を行った。また、光源装置の有効利用を目指し、果粒肥大効果だけでなく、着色促進などに効果があるとされる波長域の光源についても利用の可能性を検討した。

### 2. 実験方法

#### 2-1 試験圃場の耕種概要

試験は2008年12月加温の山梨県果樹試験場加温ハウ

スで実施した。品種はハウス内に地植えした‘ピオーネ (Vitis labruscana)’ (2008年12月加温時, 13年生) およびポット栽培した‘巨峰 (Vitis labruscana)’ (2008年12月加温時, 8年生) を供試した。栽培管理は山梨県果樹試験場で作成した超早期加温栽培マニュアル<sup>6)</sup> に準じた。試験ハウスの管理概況と生育ステージを図1に示した。

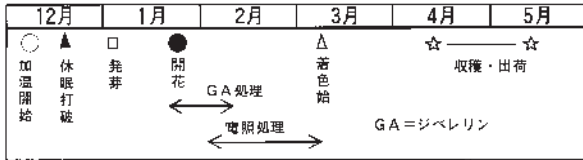


図1 ハウスの管理概況と‘ピオーネ’の生育ステージ

## 2-2 果房の遮光が果粒肥大に及ぼす影響

地植え‘ピオーネ’を供試し、電照光源として赤色蛍光灯 (FL40SR: 660nmに最大の発光のピークを持つ) を用いた。蛍光灯は防水ケースに装着し、棚下約1mに設置した。照射時間帯は23:00~2:00までの3時間、照射期間は満開期の2月13日から着色始め期の3月26日までの41日間とした。果房への照射の必要性を確認するため、電照期間の夕方~早朝の間、一部の果房に遮光袋 (KMP袋) をかけ、果房に照射される光を遮った。

電照時から果粒横径の推移を調査した。また、果粒軟化期直前に果粒を採取して果粒赤道面の徒手切片を作成した。顕微鏡下で果肉の細胞画像を撮影後、撮影画像の表皮直下から果粒中心部に引いた直線上にある果肉細胞数を計測した。さらに、収穫期には果実品質調査を行った。

## 2-3 赤色LEDの照射部位が果粒肥大に及ぼす影響

ポット植えの‘巨峰’を供試し、光源には赤色LED (L-53 SRC-E: KingBright) 108個を120×90mmのアルミ枠にシリコン樹脂で埋設したものをを用いた (やまと興業(株)製)。光源は、棚上区では棚上から下方に、棚下区では棚下から上方に向けて、それぞれ棚面から30cmの位置に斜めに設置した。照射時間帯は23:00~2:00までの3時間、照射期間は満開期の2月18日~着色始め期の3月31日までの50日間とした。電照開始時から、新梢の登熟長を経時的に調査し、収穫期には果実品質調査を行った。

## 2-4 ロープ状LED光源が果粒肥大に及ぼす影響

### (1) ロープ状光源の配置方法が果粒肥大に及ぼす影響

地植え‘ピオーネ’の平行整枝および自然形整枝樹を供試した。光源には市販の装飾用ロープ状光源 (やまと興業(株)製Rattan 100b) に既設されたLED素子を660nmに発光ピークを持つ赤色LED (L-53 SRC-E:

KingBright) に交換したものをを使用した。LEDの配置間隔は6cmで、個々のLEDは不定方向を向いている。平行整枝樹では、この光源を図2のように、主枝間の中央部に主枝と平行に配置し、主枝間に誘引した新梢に交差させる交差配置区 (A)、主枝と直角方向に配置し、新梢と平行に配置する平行配置区 (B) を設けた。自然形整枝樹では、主枝や新梢の方向に関係なく、棚面に直線状に配置する自然形整枝区を設けた。光源はいずれも棚面に密着するように棚下に設置した。照射時間帯は23:00~2:00、照射期間は、平行整枝樹が2月13日~3月26日、自然形整枝樹が2月10日~3月23日とし、ともに満開期~着色始期の41日間である。

果粒肥大の効果を確認するため、収穫期に果粒重の調査を行った。なお、不定方向を向くロープ状光源を使用したことから、照射時間帯に必ずしも棚面方向を向かないLEDが存在する状況で試験を実施した。

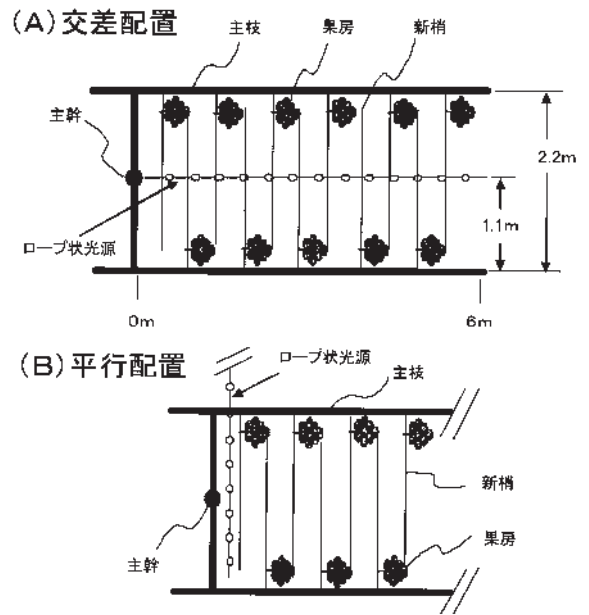


図2 試験2-3におけるロープ状光源の設置方法

### (2) 赤色LEDの種類が果粒肥大に及ぼす影響

地植え‘ピオーネ’の平行整枝樹を供試した。光源として市販の635nmに発光のピークを持つ装飾用ロープ状光源 (やまと興業(株)製Rattan 100b) とこの光源のLED素子を前述の試験 (1) で使用した660nmに発光のピークを持つ赤色LED (L-53 SRC-E: KingBright) に交換したものをを用いた。両者の光源を前述の試験 (1) の交差配置区 (A) と同様の方法で設置し、照射条件も同様とした。なお、660nmの光源と635nmの光源では光出力が異なり、棚面で果粒肥大に最低限必要な光量子束密度  $1.0 \sim 1.5 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  を得られる距離は、660nmで約30cm、635nmで2cmである<sup>7)</sup> が、いずれも棚面に密着するように設置した。

2-5 赤色LEDの间断照射が果粒肥大に及ぼす影響

地植えの‘ピオーネ’を供試し、光源には岩崎電気(株)製の直線型LED(赤色660nm, 高輝度反射型LED)を用いた。試験区として、電照時間帯に5秒点灯-10秒消灯, または5秒点灯-15秒消灯を繰り返す间断照射区, 対照区として電照時間帯に連続して照射を行う連続照射区と無照射区を設けた。電照開始時から、新梢の登熟率を調査するとともに、収穫期には果実品質調査を行った。

2-6 青色および紫外光が着色に及ぼす影響

地植えの‘ピオーネ’を供試し、光源には岩崎電気(株)製の直線型LED(青色430nm, 高輝度反射型)および紫外線蛍光灯(ブラックライト, 352nm)を用いた。紫外線蛍光灯では、光量を変えるため、1本または2本の設置区を設けた。光源は棚下約1mに設置し、上方に向けて照射した。照射期間は着色始期の3月31日~収穫までの約40日間とし、毎日18:00~22:00までの4時間照射した。

また、ブドウの着色に及ぼす光の影響を明らかにするため、山梨県果樹試験場内で露地栽培されている着色系のブドウ数品種について、着色始期から、遮光袋(KMP袋)および市販の紫外線遮断資材(農業用POフィルム:シーアイ化成, ストロング5UV)で製作した果実袋をかけ、着色に対する光の影響を調査した。

いずれの試験でも、収穫期に果実品質の調査およびアントシアニン含量の測定を行った。アントシアニン含量は、果皮を4℃, 暗黒下でエタノール抽出し、520nmでの吸光度から、Cyanidin-3-glucoside chloride換算とした。なお、果皮表面積は、果粒の縦径、横径から算出した。

3. 結果

3-1 果房の遮光が果粒肥大に及ぼす影響

果房を含めた棚面全体に赤色光を照射した条件下で、照射時間帯に果房を遮光した区(遮光区)および遮光せずに果房に光が照射される区(照射区)を設け、対照として赤色光を照射しない無遮光区を設定した。これら3区の果粒横径の変化を図3に示した。照射開始から約3週後の3月上旬以降、無照射の果粒に比べ、照射区の果粒横径は大きくなった。また、遮光区の横径も照射区と同等であった。その後、両区とも無照射区よりも大きく推移し、収穫時の果粒横径は最終的に無処理区に比べ約10%大きくなった。

果粒軟化期直前の果肉の細胞数には明確な差は認められなかったが(表1)、収穫果房の果粒重は照射区と遮光区で明らかに増加した(表2)。

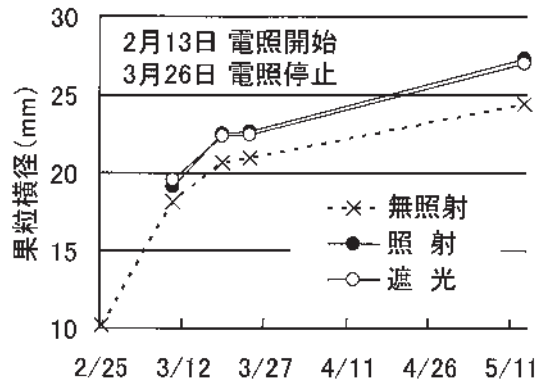


図3 電照照射時の果房の遮光と果粒横径の推移

表1 電照照射時の果房の遮光と果肉細胞

処理区	細胞数 (個)	果肉厚 (mm)	細胞径 (μm)
照射	47.5±1.33 <sup>Z</sup>	a <sup>Y</sup>	8.30±0.14
遮光	47.3±1.12	a	8.16±0.25
無照射	44.2±1.87	a	7.96±0.24

2009年3月24日調査

Z) 平均値±標準誤差,

Y) 異符号間にTukeyの多重検定で有意差あり (5%水準)

表2 電照照射時の果房の遮光と‘ピオーネ’の果実品質

処理区	果房重 (g)	着粒数 (粒/房)	1粒重 (g)	着色 (c.c.)	糖度 (Brix)	酸度 (g/100ml)
照射	446.5	31.9	13.8a <sup>Z</sup>	10.2	19.0	0.62
遮光	401.4	31.8	12.5a	10.8	19.6	0.62
無照射	287.7	32.8	9.3b	11.4	20.9	0.67

2009年5月13日調査

Z) 異符号間にTukeyの多重検定で有意差あり (5%水準)

3-2 赤色LEDの照射部位が果粒肥大に及ぼす影響

電照を行ったポット植え樹の棚面における光子束密度は、光源に最も近い棚面付近で約0.5 μmol・m<sup>-2</sup>・s<sup>-1</sup>, 光源から2m棚面では計測できないレベルであった。

新梢の登熟は、棚上照射の光源から約2m離れたポットが無処理区と同様に進行が早く、他の区ではやや遅

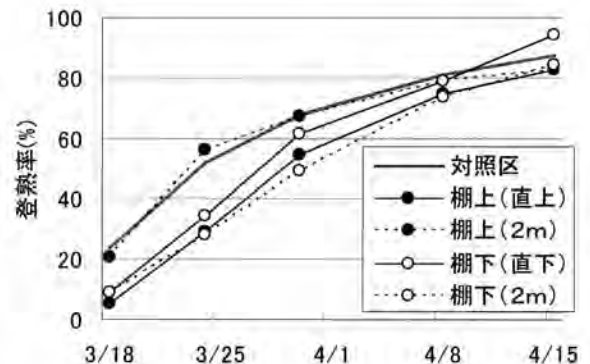


図4 棚上、棚下照射と‘巨峰’の登熟率の推移

れた (図4)。果粒重の増加はいずれの照射方法でも認められ、棚上照射、棚下照射ともほぼ同じであった (表3)。

表3 棚上、棚下照射と‘巨峰’の果実品質

照射方法	距離	1粒重 (g)	糖度 (Brix)	酸度 (g/100ml)
棚上	直下	6.5 a <sup>z</sup>	22.7	0.65
	2 m	6.3 a	22.3	0.64
棚下	直下	6.9 a	23.1	0.60
	2 m	6.2 a	22.9	0.58
無照射		5.2 b	23.1	0.71

2009年5月13日調査

Z) 異符号間にTukeyの多重検定で有意差あり (5%水準)

### 3-3 ロープ状LED光源が果粒肥大に及ぼす影響

(1) ロープ状光源の配置方法が果粒肥大に及ぼす影響

ロープ状の光源を新梢と交差させて配置した交差配置区では、主幹部から延長した光源6mまでの主枝に着生したすべての果房で明らかに果粒重の増加が確認された。一方で、光源を新梢と平行に配置した平行配置区では、光源を配置した主幹付近でやや果粒重が増加する傾向にあったものの、光源から0.5m以上離れた果房では、果粒重の増加は認められなかった。

また、自然形整枝樹では、光源から約1mの範囲に着生した果房で果粒重が増加する効果がみられたが、それ以上光源から離れた部分では効果が認められなかった (表4)。

(2) 光源の種類が果粒肥大に及ぼす影響

赤色LEDの波長635nmと660nmのロープ状光源の果粒

表4 ロープ状光源の配置と‘ピオーネ’の果粒重

主幹からの距離 <sup>Z</sup>	交差配置	平行配置	自然形整枝
0.0~0.5m	12.4 a <sup>Y</sup>	10.8 a	13.3 a
0.5~1.0m		9.5 a	11.0 a
1.0~1.5m		9.0 a	9.5 b
1.5~2.0m		9.3 a	10.0 b
2.0~4.0m	13.3 a	—	—
4.0~6.0m	13.4 a	—	—
無照射	9.8 b	9.8 a	—

2009年5月13日調査

Z) 主幹から主枝先端方向への距離 (図2参照)

Y) 異符号間にTukeyの多重検定で有意差あり (1%水準)

表5 赤色LEDの波長と‘ピオーネ’の果粒肥大

波長	果房重 (g)	着粒数 (粒/房)	1粒重 (g)	着色 (c.c.)	糖度 (Brix)	酸度 (g/100ml)
660nm	420.7	33.3	13.0 a <sup>Z</sup>	11.8	20.2	0.54
635nm	308.9	32.6	9.5 b	11.8	21.4	0.61
無照射	306.1	33.1	9.4 b	11.9	21.7	0.58

2009年5月13日調査

Z) 異符号間にTukeyの多重検定で有意差あり (5%水準)

肥大効果を比較したところ、660nmのLED光源を照射した区で果粒重の増加効果が高く、635nmの光源では効果が認められなかった (表5)。

### 3-4 間断照射が果粒肥大に及ぼす影響

照射時間帯に赤色光を連続照射する方法と5秒-10秒、5秒-15秒で点灯と消灯を繰り返す間断照射で果粒重を比較した。無照射区と比較して、連続照射区で明らかな果粒重の増加が認められた。間断照射における点灯-消灯時間の違いによる果粒重の増加効果は明確ではなかった (表6)。

表6 電照の照射間隔と‘ピオーネ’の果実品質

照射方法	1粒重 (g)	糖度 (Brix)	酸度 (g/100ml)	着色 (c.c.)
連続照射 <sup>Z</sup>	14.2 a <sup>W</sup>	19.6	0.58	11.3
間断照射 (5-10) <sup>Y</sup>	12.2 ab	20.3	0.56	11.6
間断照射 (5-15) <sup>X</sup>	12.0 ab	19.7	0.60	11.4
対照 (無照射)	10.3 b	20.6	0.56	11.5

Z) 23:00~2:00に連続して照射

Y) 23:00~2:00に5秒点灯, 10秒消灯の繰り返し照射

X) 23:00~2:00に5秒点灯, 15秒消灯の繰り返し照射

W) 異符号間にはTukey検定で有意差あり (5%水準)

### 3-5 青色および紫外光が着色に及ぼす影響

着色始期以降に青色光、紫外光による補光を行った果房の果粒重と着色指数の関係を図5に示した。着色指数と果粒重には負の相関が認められるが、無照射区も含めたいずれの試験区においても果粒重の増加にともなって、着色指数は低下することから、補光による着色向上の効果はみられなかった。また、アントシアニン含量への影響は判然としなかった (表7)。

露地栽培したブドウ数品種について、着色期以降に光透過性の異なる資材で被覆したところ、完全遮光によりいずれの品種もアントシアニン含量は低下した。紫外線の遮断により‘ゴルビー’‘赤嶺’でアントシアニン含量

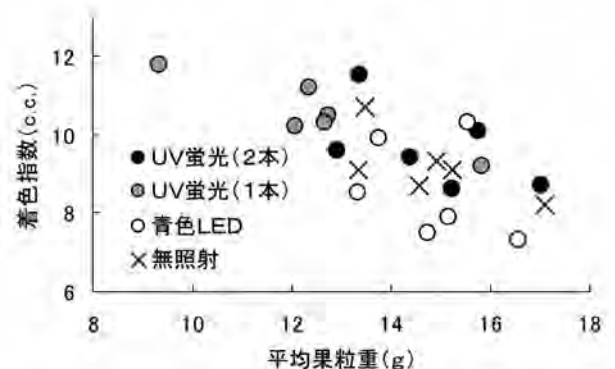


図5 青色光、紫外光の補光下における‘ピオーネ’の果粒重と着色の関係



表7 青色光, 紫外光の補光が‘ピオーネ’の果実品質およびアントシアニン含量に及ぼす影響

電照機材	1粒重 (g)	糖度 (Brix)	着色 (c.c.)	アントシアニン ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )
青色LED <sup>Z</sup>	16.4	19.0	9.7	103.7
UV蛍光 <sup>Y</sup> (2本)	15.6	18.6	8.6	73.9
UV蛍光 (1本)	13.5	20.3	10.5	136.9
対照 (無照射)	15.2	19.2	9.2	104.7

Z) 波長430nm, 高輝度反射型LED (岩崎電気株)

Y) 中心波長352nm, 紫外線蛍光灯

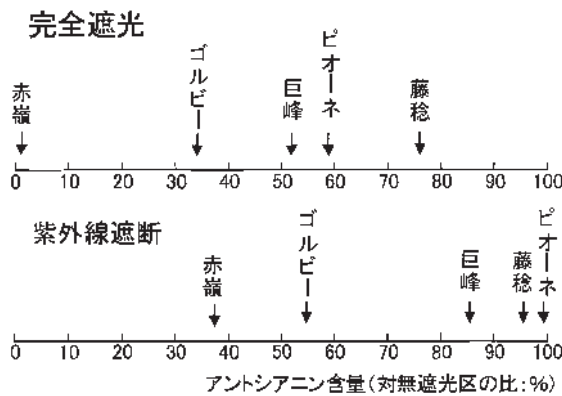


図6 着色期の果房への遮光がブドウ果皮のアントシアニン含量に及ぼす影響

の低下割合が大きかったが, ‘巨峰’ ‘ピオーネ’ ではほとんど低下しなかった (図6)。

#### 4. 考察

これまでに暗期中断を目的とした夜間電照が, ブドウの果粒肥大に効果があり, 赤色光を特異的に照射するLEDを用いても効果が得られることを明らかにしてきた<sup>3, 4)</sup>。しかし, LED光源は小型で, 個々の光源は照射範囲がきわめて狭く, 光量も小さいことから, ブドウ棚全体のような広範囲に光を照射する光源としては適していない。そのため, 果粒肥大に必要な光量が微量であっても, 棚面に均一に照射するためには, 多数の光源を密に配置する必要がある, 実用的ではないと考えられる。

一方で, LEDは消費電力が少なく, 寿命が長いなど, 低コストな光源として農業場面でも植物工場などを中心に利用が拡大しつつある<sup>5)</sup>。また, 特定の波長のみを照射することが可能であり, 植物生産に有効な波長域を選択して照射することで, さらに電力消費を抑えることもできる。また, 小型のLED素子は加工が容易であることから, ささまざまな形態の光源装置の製作が可能であると考えられる。

本試験は, 省電力, 長寿命など優れた特性を持つLEDを活用して, 夜間電照に応用するための基礎的な知見を得ることを目的にした。

電照による果粒肥大の現象を, 細胞分裂期の細胞数の増加によるものと考え, 無照射区, 電照区および電照時間帯に果房を遮光した区で細胞数を比較したが, 明確な差は認められず, 電照による果粒肥大の具体的な要因については明らかでなかった。しかし, 最終的な果粒重は, 果房を遮光した場合にも増加することから, 果粒肥大を目的とした夜間電照においては, 直接の効果を期待する果房に対して, 必ずしも光の照射を必要とせず, 果房以外のブドウ樹の特定部位に光が照射されることでも肥大効果が得られることが明らかになった。

また, 主要な受光器官である葉に対する照射方法の違いが果粒肥大に及ぼす影響を検討した結果, 棚上からの照射で葉の表面に照射した場合, 棚下からの照射で葉の裏面に照射した場合とも同等な果粒肥大効果が得られた。特に棚上照射では, 棚下に着房した果房には光が到達しない条件であるにもかかわらず果粒肥大効果が得られた。このことは, 電照時間帯に果房を遮光した条件でも果粒肥大効果が得られる結果とあわせ, 果粒肥大を促進する夜間の電照は, 必ずしも果房に対して行う必要がないと考えられる。

ブドウ樹の仕立てを平行整枝として, 主枝間に誘引, 配置されるほとんどの新梢に対して, 光が照射されるようなロープ状光源の配置では, 光源と新梢が交差した新梢に着生した果房で果粒肥大効果が認められた。このとき, ロープ状光源から照射される光は, 果房には到達せず, 平行整枝樹の主枝と主枝の間部にある新梢の1~2枚の葉に限られており, 照射部位がきわめて限定的になるにもかかわらず効果が得られた。

以上のように, 赤色光による夜間電照で果粒肥大効果を得ようとする場合, 必ずしも果房への光の照射は必要なく, 新梢の一部分に光を照射することで, 効果が期待できると考えられた。特に平行整枝樹では主枝間に新梢が規則的に配置されることから, 棚面全体に照射することなく, ほぼすべての新梢に光を照射できる。そのため, 仕立て方法と電照の配置を適切に組み合わせることによって, 効率的に光を照射することが可能で, LEDの設置個数を制限しながら果粒肥大効果を期待できることが示された。今後, 平行整枝樹の主枝間の新梢に効率的に赤色光を照射できる照射装置を試作し, その効果を検討する必要がある。

一方, ロープ状の光源の配置は, 自然形整枝樹では十分な効果が得られなかった。これは, 自然形整枝樹では, 棚面上の新梢の配列が不規則であり, ロープ状の光源を設置した場合, 光が照射されない新梢が多数存在するためと考えられる。そのため, 自然形整枝樹に対して電照を行う場合には, 広範囲に照射可能な光源の開発が必要となる。一つの方法として, 光源をサーチライト状に回転させながら照射する方法が考えられる。そこで, 電照時間帯に一定時間ごとに照射と無照射を繰り返す間

断照射について検討したところ、5秒間の点灯、10～15秒間の消灯を繰り返す照射方法では、ある程度の果粒肥大は期待できるものの、電照時間帯に連続的に照射される場合と比較して、明らかに果粒肥大効果は劣った。前報<sup>3)</sup>では、15秒点灯と15秒消灯を繰り返す条件で、十分な果粒肥大効果が得られているが、本試験による効果の低下については以下のような要因が考えられる。一つには、照射時間が15秒から5秒に短縮され、ブドウ樹に光が照射される時間が短く、もう一つには、間断照射によって実質照射時間が短くなったこと、すなわち15秒間隔の点灯消灯が、連続照射に比較して実質照射時間が1/2であるのに対し、本試験での5秒点灯-10秒消灯では1/3、5秒点灯-15秒消灯では1/4となり、光エネルギーの供給量が少なくなったことが考えられる。このように、照射時間が短い場合、あるいは消灯時間が長い条件では、十分な果粒肥大効果は認められなかった。この要因については明らかではないが、今後、広範囲に照射可能なサーチライト状の光源を試作して、果粒肥大効果を検証する予定である。

青色光および紫外光による補光は、いずれの光質を用いても着色の促進効果は認められなかった。露地栽培樹で遮光資材を用いて果房に対する光の必要性を検討した結果、本試験で供試した‘ピオーネ’は自然光および紫外線を遮った条件においてもアントシアニンの蓄積に悪影響が少なかったことから、着色に対する青色光、紫外光の必要性が少なかったためと考えられる。そのため、着色向上を目的とした補光は、アントシアニンの蓄積に光の影響が大きい品種を対象にする必要がある。また、本試験では、入手が容易なUV-A領域(400～315nm)のブラックライト蛍光灯(352nm)を用いたが、さらに紫外域のUV-B(315～280nm)の利用についても検討の余地があると考えられる。

## 5. 結 言

赤色光の夜間電照は、果房に遮光処理した条件や平行整枝樹の主枝間にローブ状のLED光源を配置し、果房に直接光が照射されない条件でもブドウの果粒肥大に効果が認められる。本試験において、LED赤色光(660nm)による夜間電照は、新梢のみに照射を行っても効果が期待できることから、新梢の配置が規則的な平行整枝樹を対象に、主枝間で交差する新梢部分に照射可能な光源を組み合わせることで、実用的な光源が開発できる可能性がある。今後、こうした照射方法に適した光源の製作と実証試験を進める予定である。

## 参考文献

- 1) 齊藤典義：ブドウ超早期加温栽培における生産安

定・多収技術の開発、平成17年度落葉果樹研究会資料、P.69-72 (2005)

- 2) 齊藤典義：すぐに役立つハウス栽培新技術、(社)農業電化協会、P.44 (2008)
- 3) 齊藤典義、宇土幸伸、三森真里子、萩原茂、阿部治、平川寛之：赤色LED光源による夜間電照処理がブドウ‘ピオーネ’の果粒肥大に及ぼす影響、園芸学雑誌、8 (別1) P.89, 2009
- 4) 齊藤典義、宇土幸伸、三森真里子、萩原茂、阿部治、平川寛之：LEDによる夜間電照がブドウの果粒肥大に及ぼす影響、山梨県総合理工学研究機構研究報告書、第4号P.29-34 (2009)
- 5) 後藤英司：LEDの農林水産分野への応用、(社)農業電化協会、P.35 (2006)
- 6) 「種なしピオーネ」の超早期加温栽培マニュアル、山梨県果樹試験場 (未発表)、(2005)
- 7) 阿部治、平川寛之、河野裕、萩原茂、齊藤典義、宇土幸伸、三森真里子：ローブ状およびサーチライト型電照光源の開発、山梨県総合理工学研究機構研究報告書、第5号、27-30 (2010)

## 成果発表状況

### 学会発表

- 1) 齊藤典義、宇土幸伸、三森真里子、萩原茂、阿部治、平川寛之：赤色LED光源による夜間電照処理がブドウ‘ピオーネ’の果粒肥大に及ぼす影響、園芸学雑誌、8 (別1)、89 (2009)

### 特許出願

ブドウ果房の育成方法及び電照装置、特願2010-062147

### その他

- 1) 人工光利用による施設栽培ブドウの高品質化技術の開発、平成20年度やまなし産学官連携研究交流事業研究発表会
- 2) 施設ブドウの果粒肥大を目的とした赤色LEDの照射方法、平成20年度山梨県試験研究成果情報