夏秋作型カラーピーマン栽培における収穫後の光照射が 時期別の着色促進効果と収量性に及ぼす影響

古野伸典^{1a*}・吉田千恵²・松永 啓³

¹ 山形県庄内総合支庁農業技術普及課産地研究室 998-0112 山形県酒田市浜中

² 宮城県農業・園芸総合研究所 981-1243 宮城県名取市高館川上

³ 農業・食品産業技術総合研究機構野菜花き研究部門 514-2392 三重県津市安濃町

Effect of Light Irradiation after Harvest of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.) Fruit on Yield and Color Promotion in Summer-fall Cultivation

Shinsuke Furuno^{1a*}, Chie Yoshida² and Hiroshi Matsunaga³

¹ Agricultural Technique Improvement Research Office, Shonai Area General Branch, Administration of Yamagata Prefectural Office,
Hamanaka, Sakata, Yamagata 998-0112

² Miyagi Prefectural Institute of Agriculture and Horticulture, Takadate, Natori, Miyagi 981-1243

³ Institute of Vegetable and Floriculture Science, NARO, Ano-cho, Tsu, Mie 514-2392

Abstract

The effect of light irradiation after harvest of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) fruit on yield and color promotion by growing stage in summer-fall cultivation was investigated. Light irradiation for 4–7 days promoted fruit coloring by $\geq 10\%$, and $\leq 5\%$ of fruits did not color sufficiently to meet the shipping standard. The number of irradiation days required to promote fruit coloring after harvest from 10 to 90% was also investigated. About 4 days of irradiation promoted fruit coloring in 10% of fruits for each harvest period. Further, for fruits that were left on the plant, the number of days required for coloring from 10 to 90% was 4 days from July to mid-October. After late-October, it increased gradually, and it was over 20 days by December. It is recommended to perform light irradiation post harvest after October in the Tohoku region as it increases the fruit yield by more than 10%.

Key Words : coloring, light irradiation, paprika, temperature

キーワード : 着色, 光照射, 温度, パプリカ

緒 言

パプリカやカラーピーマン（以下、カラーピーマンとする）は、1993年の輸入解禁以降に日本国内での消費が拡大した野菜である。ネギなどの他種野菜では、輸入品の増加によって国産シェアが低下しているが、カラーピーマンは輸入品によって国内マーケットが形成され、その後に国産品が増加している稀な事例である。近年は、日本国内でも大型温室で養液栽培によってカラーピーマンを生産している法人も多く、国内生産は徐々に増加している（農林水産省, 2014）。しかし、それ以上にカラーピーマンの輸入量が増加しているため（財務省貿易統計（輸入）, 2016）、国産品のシェアは10%前後で推移している。こうした状

況から、加工業務需要を担う実需者からは安定した国産カラーピーマンの供給が望まれており、国内産地における生産性の向上は喫緊の課題である。

国内におけるカラーピーマン栽培は、夏秋作型と促成作型に大別される。夏秋作型は、4月に定植し、7月から12月までの収穫が代表的な栽培暦である。この場合、生産者は定植してから収穫終了まで暖房せずに栽培できるため、経営的にも優れた作型である。従来は夏期冷涼な関東以北での取り組みが多い作型であったが、近年の原油価格の影響で関東以西でも夏秋作型を導入する生産者が増えており（橋本, 2008）、国産カラーピーマンの最も重要な作型となっている。

カラーピーマンは、開花から収穫まで65日以上必要であるため（山本・前田, 2004）、着果負担が大きく定期的に落果することや、夏期に発生する高温障害などが課題となっている。また、夏秋作型では、晩秋期の日射量の減少や気温の低下の影響で着色が緩慢となり、出荷基準まで着色できない果実が大量に発生している（古野ら, 2012）。

2018年3月7日 受付. 2018年8月19日 受理.
本報告の一部は、園芸学会平成26年度秋季大会で発表した。

* Corresponding author. E-mail: furunos@pref.yamagata.jp

^a 現在：山形県農林水産部園芸農業推進課 990-8570 山形市松波

これらの果実障害の発生や落果を回避したり、着色途中の果実の着色を促進したりすることができれば、生産現場における収量水準を飛躍的に向上させられるはずである。

これまで、カラーピーマンの着色促進に関しては元木ら(2001)が、10%以上着色した果実を10℃の暗黒条件である冷蔵庫に貯蔵することで完熟することを報告している。また、河野(2002)は、収穫後に暗所保存した場合、着色促進には10℃以上の温度が必要であり、23℃までは温度が高くなるほど早く着色促進することを報告している。一方、吉田ら(2014)は、着色途中のカラーピーマン果実に積極的に光を照射することで、暗黒条件よりも着色が促進することを明らかにした。この技術は、従来よりも早い着色段階で収穫し、収穫後の処理で着色促進できる可能性のある技術である。しかし、どの程度果実の着色が進んだ段階から光照射による着色促進が可能なのかについては未検討である。また、早い着色段階で収穫し、光照射により着色促進することができれば、着果負担が軽減されることによって商品収量の増加が期待される。加えて、早期に収穫することで、夏期に発生する高温障害なども回避できる可能性があると考えられる。そこで、本研究では光照射による着色促進技術の生産現場での実用化を目的に、収穫時の着色段階の違いが着色進展に及ぼす影響を検討するとともに、夏秋作型の収穫時期ごとの光照射による着色促進の効果と収量性について検討した。

材料および方法

1. 収穫時の着色割合が光照射による着色伸展に及ぼす影響(実験1)

赤色品種として‘スペシャル’(Enza Zaden)を、黄色品種として‘フェアウェイ’(Enza Zaden)を供試し、2012年2月20日に播種した。直径10.5 cm ポリポットで育苗し、山形県庄内総合支庁農業技術普及課産地研究室(山形県酒田市)の敷地内にあるパイプハウスに畝間1.8 m、株間0.4 m、条間0.5 mの2条千鳥植えで4月23日に1区10株3反復で定植した。主枝2本仕立てとし、着花第1節から第3節まではすべての側枝と果実を除去した。着花第4節からは主枝のみに着果させ、側枝は1節で摘心した。

ハウス内におけるカラーピーマンの着色は、果実全体が均一に進行せず、催色期を経て徐々に拡大する。元木ら(2009)は、盛夏期の場合、催色期から4～6日で収穫に至ると報告している。このため、収穫始期である7月から10月22日までは、3～4日に1回の割合で果実表面積に対する着色面積が出荷基準である90%以上になった果実を収穫した。着色進展が緩慢となった10月23日から12月23日までは、着色途中の果実も収穫した。これらの果実を対象に、収穫直後に目視で収穫時の果実表面積に対する着色面積の割合(着色割合)を調査し、50%、40%、30%、20%、10%、5%、0%の果実ごとに分類したうえで後述する方法で光照射を行った。なお、赤色品種は果実表面が緑

色から黒褐色を経て赤色に着色するが、本稿における着色割合とは完全に赤色になった部分の面積割合とした。光照射処理には、人工気象器(BIOTRON LPH-200、(株)日本医化器械製作所)を用い、気温20℃の条件で側面と上方から蛍光灯により24 h連続照射した。なお、光照射時は果実の乾燥を防ぐため入り口を折り込んだポリエチレン袋(大きさ900 mm×1,000 mm、厚さ0.045 mm)に果実が重ならないように入れた。この際の光強度は、Takahashiら(2017)の報告に従い果実表面付近で40～120 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ となるように調整した。

収穫から1日後、3日後、5日後、7日後に一時的にポリエチレン袋から果実を出して、果実表面の着色割合を目視で調査し、果実が重ならないように調査前と同じ向きで置いて再包装した。

2. 収穫時期が光照射の効果に及ぼす影響(実験2)

赤色品種として‘スペシャル’(Enza Zaden)を、黄色品種として‘フェアウェイ’(Enza Zaden)を供試し、2013年2月21日に播種した。直径10.5 cm ポリポットで育苗し、実験1と同じ栽植様式で4月26日に1区10株3反復で定植した。整枝と着果方法も実験1に準じた。

試験区として、光照射区と無処理区を設けた。光照射区では、収穫始期である7月から収穫終了の12月末まで3～4日間隔で果実表面積の10%以上赤色もしくは黄色に着色した果実を収穫し、実験1と同じ規格のポリエチレン袋に入れて光照射した。光照射は、生産現場での実施を想定し、第1図に示す光照射棚を用いた。光照射棚は、0.9 m×0.9 mの棚面に対して20 W 蛍光灯を5本設置した構造である(古野, 2014)。本装置において光強度が実験1と同じになるように果実表面と蛍光灯の距離を調整したところ0.44 mであった。生産現場での普及性を考慮し、本実験では、果実表面と蛍光灯の距離を0.4 mとして24 h連続照射した。なお、この場合の果実表面付近の光強度は50～150 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ であった。また、Takahashiら(2017)によれば、光照射に適した温度は15～25℃であり、それよりも高い温度では着色異常が発生すると報告されている。このため、ポリエチレン袋内の温度が15～20℃となるように設置場所や被覆方法を変えながら光照射棚内の温度管理を行った。具体的には、7月から10月までは外気温が高いため、光照射棚を設定温度15℃の大型冷蔵庫の庫内に設置して処理した。なお、蛍光灯からの発熱の影響で、ポリエチレン袋内の温度は17℃前後で推移した。11月以降は外気温が低下するため、光照射棚を作業小屋へ設置し、光照射棚の周囲をフィルムで覆い蛍光灯の発熱を利用して15～20℃となるように管理した。収穫期間を通して、果実表面の着色割合を収穫時と収穫後2～3日ごとに一時的にポリ袋から果実を出して着色割合が出荷基準である90%以上に達するまでの日数を調査するとともに収量調査を行った。収量調査では、山形県青果物等出荷規格集(山形県, 2013)のパプリカ(カラーピー

第1図 試験処理に用いた光照射棚の外観

マン)に準じて、商品果(等級Aおよび等級B)と日焼け果の重量を調査した。

無処理区では、収穫始期である7月から収穫終了時の12月末まで2~3日ごとに目視で着色割合を調査し、ハウス内で果実表面が10%以上着色した果実にラベルを付けた。ラベルを付けた当日と、その2~3日後ごとに果実表面の着色割合を目視で調査した。出荷基準である90%以上となった段階で収穫し、その所要日数を調査するとともに光照射区と同様に収量調査を行った。

栽培期間中の気象条件として、日射量とハウス内気温を記録した。なお、日射量は試験場内に設置されている気象観測システムで記録された値、ハウス内気温は通風条件で白金測温抵抗体を用いて記録した値を用いた。

第2図 収穫時の着色割合が光照射処理による着色伸展に及ぼす影響

調査日ごとに異なる英小文字を付した試験区間にはTukey-KramerのHSD検定により5%水準で有意差のあることを示す着色割合については角度変換後有意差検定した

結 果

1. 収穫時の着色割合が光照射による着色伸展に及ぼす影響(実験1)

収穫時の着色割合が光照射による着色伸展に及ぼす影響を第2図に示す。赤色品種の「スペシャル」、黄色品種の「フェアウェイ」ともに、収穫時の着色割合に関わらず光照射期間が長いほど着色は進んだ。しかし、収穫時の着色割合が低いほど着色伸展は遅かった。赤色品種の「スペシャル」では、収穫時の着色割合が30%以上であれば処理開始の3日後までには出荷基準である90%以上の着色となった。また、5%以上であれば5日後までには90%以上の着色となった。しかし、収穫時の着色割合が0%の場合は、処理開始から7日後でも90%まで着色しなかった。

黄色品種の「フェアウェイ」では、収穫時の着色割合が30%以上であれば処理開始の3日後までには出荷基準である90%以上の着色となった。また、10%以上であれば5日後までには90%以上の着色となった。しかし、収穫時の着色割合が0%に加えて5%でも処理開始から7日後でも90%まで着色しなかった。

2. 収穫時期が光照射の効果に及ぼす影響(実験2)

光照射により着色割合が10%であった果実が出荷基準である90%以上まで着色するための所要日数(光照射区)と、ハウス内で着色割合が10%であった果実が90%以上まで着色するための所要日数(無処理区)の時期別推移を第3図に示す。「スペシャル」は、収穫始期である7月から9月上旬までは両区とも3~5日の範囲で推移し、試験区間に差はなかった。9月中旬以降は無処理区の所要日数が有意に多くなった。特に、10月中旬以降は、光照射区の所要日数が5日前後と8月や9月とほぼ変わらなかったのに対して、無処理区では徐々に所要日数が増加し、12月には

第3図 10%着色から出荷までの所要日数の時期別推移

誤差線は標準誤差 (n=3~27) を示す

*は5%水準でt検定により試験区間に有意差があることを示す

10%着色から収穫に至るまで20日以上必要となった。

‘フェアウェイ’は、収穫始期から10月上旬までは試験区間に差はなく3日前後で推移した。10月中旬以降は、‘スペシャル’と同様に光照射区の所要日数が5日前後とほぼ変わらなかったのに対して、無処理区では徐々に所要日数が増加し、12月には10%着色から収穫に至るまで20日以上必要となった。

収穫期間中の日射量とハウス内平均気温の推移を第4図に示す。9月までの日射量は $10 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ であったが、10月上旬以降に急激に減少した。また、11月中旬以降はさらに減少し、 $5 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 以下となった。ハウス内の平均気温は、8月上旬をピークに低下した。特に、10月上旬までは 20°C 以上であったが10月中旬には 15°C まで急激に低下した。また、11月中旬以降はさらに低下し、 10°C 以下となった。

時期別収量を第5図に示す。品種によって収穫の周期と試験区間の差に若干の違いが見られた。赤色品種である‘スペシャル’では、7月中旬から収穫が始まり、光照射の有無に関わらず7月下旬に1回目の収穫のピークが現れた。また、その後も両試験区とも低い水準で推移した。

10月上旬中に両試験区とも2回目の収穫のピークが現れたが、光照射区で有意に多かった。11月以降は光照射の有無に関わらず 100 g/株 以下の低い水準で推移した。

黄色品種である‘フェアウェイ’では、7月上旬から収穫が始まり、7月中旬から収穫のピークが見られたが‘スペシャル’と同様に有意な差は見られなかった。2回目のピークは‘スペシャル’よりも早く9月上旬に見られたが、試験区間に有意な差は見られなかった。10月下旬以降、無処理区では 100 g/株 以下の低い水準で推移したが、光照射区では11月中旬に約 200 g/株 と有意に多かった。11月下旬以降は 100 g/株 以下の低い水準で推移した。

第1表に光照射が商品収量と日焼け果の発生に及ぼす影響を示す。‘スペシャル’および‘フェアウェイ’の栽培期間を通した商品果の平均果重に差はなかった。商品収量はいずれの品種とも無処理区に比べて光照射区で15%以上多かった。一方、日焼け果の発生に差は見られなかった。

考 察

光照射によるカラーピーマンの着色促進を初めて指摘した吉田ら(2014)の報告では、本研究と同じく赤色品種‘スペシャル’を用いて実験が行われている。この報告でも果実表面全体の5%程度が着色し始めた果実に光を照射することにより5日間で出荷できる水準まで着色が進んでおり、本実験の赤色品種と同様な結果であった。一方、本実験において黄色品種である‘フェアウェイ’についても調査したところ、収穫時の着色割合が5%では出荷基準である90%まで着色しなかった。高橋(2012)は、光照射による着色の進展には品種間差があり、赤色品種の方が黄色品種よりも着色が進みやすいことを指摘している。永田ら(2015)は、赤色品種に光照射することで、ピーマンの主要な赤色色素であるカプサンチンなどの生成に関わるカロテノイド合成関連遺伝子が多く発現することを報告している。しかし、カラーピーマンの黄色品種には、カプ

第4図 旬平均日射量とハウス内平均気温の時期別推移

第5図 商品収量の時期別推移

誤差線は標準誤差 (n=3) を示す

*は5%水準でt検定により試験区間に有意差があることを示す

第1表 光照射が商品収量と日焼け果の発生に及ぼす影響

	スペシャル			フェアウェイ		
	商品果		日焼け果 収量 (kg/株)	商品果		日焼け果 収量 (kg/株)
	平均 果重 (g)	収量 (kg/株)		平均 果重 (g)	収量 (kg/株)	
光照射区	141	2.09	0.01	141	2.40	0.01
無処理区	143	1.81	0.01	141	2.09	0.01
有意性 ^z	N.S.	*	N.S.	N.S.	*	N.S.

^z Student の t 検定により * は 5% 水準で有意差あり
N.S. は有意差なし (n=3)

サンチンは含まれない (Hussein ら, 1996) ことや, 赤色品種はカプサンチンやビオラキサンチン, ゼアキサンチンなどが主要な色素であるのに対して, 黄色品種はルテインやビオラキサンチンが多く含まれている (Rodriguez-Urbe ら, 2012) ことなどの報告がある. 黄色品種と赤色品種の色素組成が異なることが, 光照射による着色の進展の違いに影響している一因と考えられる. 一方, 黄色品種の‘フェアウェイ’であっても, 収穫時の着色割合が 10% 以上であれば光照射によって 90% 以上の着色が可能であった. また, 5% で収穫した果実であっても 5 日程度で 80% まで着色が進んでいる. このため, 収穫せずに着果した状態であれば 5% から 10% までに達する日数は極めて短いと考えられる. また, 松永ら (2012) は, 収穫時の着色割合が 10% 未満の果実は, 完熟果実と比べて糖含量が少なく Brix が低い傾向が見られたが, 10% 以上の着色であれば完熟果とほぼ同等の果実品質を有していると報告している. 生産現場での実用性や普及性を考慮すると, 光照射には赤色品種と黄色品種ともに収穫時の着色割合が 10% 以上の果実を用いるという基準が妥当と考えられる.

古野ら (2012) によれば, 夏秋作型の栽培終了時に着色途中で出荷できない果実が 0.2~0.5 kg/株発生している.

これは, 栽培期間を通した商品収量の 9~26% に相当する量であり, 晩秋期に光照射を行う意義は大きい. 実験 2 では, 収穫時期ごとの効果を検証するために, 7 月から 12 月までの収穫期間を通して光照射を行ったが, 両品種とも栽培期間を通した平均果重に差はなかったものの商品収量が有意に多くなった. 時期別収量では, ‘スペシャル’は 10 月中旬に, ‘フェアウェイ’では 11 月中旬に有意な差が見られており, 晩秋期の増収効果が高いことが示された. なお, 収穫終了直前に, 10% 以上着色したすべての果実を処理しても同様の増収効果が得られると推定される. しかし, こうした処理方法は一挙に大量の果実を処理することになるため, 大型の光照射装置が必要となる. 経済性を考慮して光照射装置をより小さい規模にするためには, より早い時期から光照射を開始し, 処理時期を分散することが望ましい. 第 3 図の結果から, 両品種とも 10 月以降に有意な差が見られており, この時期が光照射を開始する適期であると考えられる. 本技術の汎用性を高め, 他地域での利用を考慮した場合, 日射量やハウス内気温を目安に光照射の開始時期を決定できると考えられる. 本実験を行った山形県庄内地方の 10 月は, 日射量が $10 \text{ MJ} \cdot \text{day}^{-1}$ より少なくなる, もしくはハウス内平均気温が概ね 15°C より低くなり始める時期となっている. 他地域の夏秋栽培で光照射を実施する場合は, これらの気象条件を参考に開始設定することができると考えられる.

光照射は, 夏秋作型における晩秋期の増収効果の他に, より早く果実を収穫できることによる着果負担の軽減や夏期の高温障害の回避などの効果も期待された. しかし, 時期別収量の結果から, 晩秋期以外の時期の増収効果は認められなかった. 後藤ら (2013) も, 最も着果負担が大きくなるとされる着果初期に着色割合 10% の段階で早く収穫しても, 通常どおり収穫した無処理区と商品収量に差は見られなかったと報告している. これは, 第 3 図の無処理区の結果が示すとおり, 着色割合 10% で収穫したとしても,

通常収穫に比べて3～5日しか早く収穫できないことに起因している可能性がある。夏秋作型の着果負担が大きい着果初期の果実が収穫されるのは7月前後である。作型は異なるが、山本・前田（2004）によれば7月に収穫される果実は、開花から収穫まで65日程度必要であると報告しており、3～5日の短縮は着果している日数の10%にも満たない。このため、商品収量の増加につながるほどの着果負担の軽減ならなかったと考えられる。また、日焼け果に対する効果も同様の理由から試験区間に差が見られなかったと考えられる。

以上のことから、カラーピーマンの夏秋作型では、日射量や気温が低下する10月以降に10%以上着色した果実に対して光照射する方法が適すると考えられる。なお、果実の色や品種によって光照射による着色促進の効果が異なった。本試験では2品種のみでの比較であったが、生産現場では多くの品種が栽培されている。生産現場における調査事例を重ねて、品種間差や品質に及ぼす影響などについて検討し、より実用性の高い技術にしていけることが期待される。

摘 要

カラーピーマン果実への光照射による着色促進技術の生産現場での実用化を目的に、着色段階の違いが着色進展に及ぼす影響を検討するとともに、夏秋作型の収穫時期ごとの光照射による着色促進効果について調査した。その結果、果実表面積に対する着色面積が、赤色品種では5%以上、黄色品種では10%以上であれば7日以内に出荷基準である90%以上まで着色することが明らかとなった。生産現場での実用性や普及性を考慮すると、光照射には赤色品種と黄色品種ともに収穫時の着色割合が10%以上の果実を用いる基準が妥当と考えられる。夏秋作型の収穫期間を通して、10%以上着色した果実を収穫して光照射により着色促進することで、通常の収穫方法に比べて商品収量が10%以上増加した。特に、日射量の減少や気温の低下が著しい晩秋期での増収効果が高く、処理開始時期としては東北地方の場合は10月以降が望ましいと考えられた。一方、着果負担軽減による増収や、夏期の高温障害の発生軽減などの効果は認められなかった。

謝 辞 本研究は、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「カラーピーマンの光照射追熟技術を利用した増収栽培技術の開発 23004」により実施した。ここに記して謝意を表する。

引用文献

古野伸典. 2014. 光照射によるパプリカ（カラーピーマン）の追熟技術の基本と実用例. 農業電化. 67(4): 6-10.
古野伸典・菅原 敬・伊藤政憲・伊藤聡子. 2012. パプリカ（カラーピーマン）の青枯病対策としての接ぎ木栽培が生育、収量に及ぼす影響. 山形農研報. 4: 31-40.
後藤佳奈・伊藤聡子・松永 啓. 2013. パプリカの光照射

追熟のための早どりによる着果負担軽減が、上位節の着果率および収量に及ぼす影響. 園学研. 12（別2）: 142.
橋本文博. 2008. パプリカ暖房いらずの夏秋作へ転換. 現代農業. 87: 144-147.
Hussein, G. D., M. Vinkler, F. Markus, E. A. Hebshi and P. A. Biacs. 1996. Antioxidant vitamin content of spice red pepper (paprika) as affected by technological and varietal factors. Food Chem. 55: 365-372.
河野靖司. 2002. パプリカ類の追熟方法. 特許公開 2002-238450.
松永 啓・永田雅靖・齊藤猛雄・斎藤 新. 2012. 催色初期の果実に光を照射して着色させたカラーピーマン果実の品質. 園学研. 11（別2）: 160.
元木 悟・矢崎明美・小林 優・古越 悟・高橋直志・小西千秋・上杉壽和. 2009. 寒冷地における新規導入カラーピーマン（*Capsicum annuum* L.）の特性. 長野野菜花き試報. 14: 9-15.
元木 悟・湯本悦子・小澤智美・小松和彦・塚田元尚. 2001. いわゆる完熟型ピーマン（カラーピーマン）の特性について. 園学雑. 70（別1）: 242.
永田雅靖・吉田千恵・松永 啓. 2015. 収穫したカラーピーマン果実に対する光照射に伴うカロテノイド生合成関連遺伝子の発現変化. 園学研. 14: 391-396.
農林水産省. 2014. 地域特産野菜生産状況調査. <http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan_yasai/>.
Rodriguez-Urbe, L., I. Guzman, W. Rajapakse, R. D. Richins and M. A. O'Connell. 2012. Carotenoid accumulation in orange-pigmented *Capsicum annuum* fruit, regulated at multiple levels. J. Exp. Bot. 63: 517-526.
Takahashi, M., C. Yoshida and T. Komoda. 2017. Establishing an efficient fruit ripening method for sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) through light irradiation and dark processing. Hort. J. 87: 73-79.
高橋拓也. 2012. パプリカ光照射追熟に対する果実熟度、処理時期および品種の影響. 園学研. 11（別2）: 413.
山形県. 2013. パプリカ（カラーピーマン）. p.32. 山形県新農業推進課編. 山形県青果物等出荷規格集. 山形県. 山形.
山本正志・前田幸二. 2004. 高知方式湛液型ロックウールシステムによる果菜類の栽培（第5報）パプリカの促成栽培における仕立て方法、株間および摘葉方法が生育、収量に及ぼす影響. 高知農技セ研報. 13: 59-69.
吉田千恵・高橋正明・岩崎泰永・古野伸典・松永 啓・永田雅靖. 2014. 催色期に収穫したカラーピーマン果実の着色促進に関する要因について. 園学研. 13: 155-160.
財務省貿易統計（輸入）. 2016. <<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kokusai/#m2>>.