

ISSN 1346-6968

No.56
2015.10

野菜茶業研究所 ニュース



特集

研究情報

カラーピーマンにおける光照射追熟技術を利用した増収栽培技術
接木によって日本のトマトの収量を増やす

特集

カラーピーマンにおける光照射追熟技術を利用した増収栽培技術



野菜育種・ゲノム研究領域
果菜育種研究グループ

まつなが ひろし
松永 啓

1 はじめに

最近、日本でもパプリカという名称が一般化されてきました。一方でカラーピーマンという名称も良く使用されます。この違いは何でしょうか？

実は、カラーピーマンとパプリカに正確な区別はありません。一般的に、大きくて果肉が厚く、赤、黄、オレンジなどの色をした果実を「パプリカ」、普通のピーマンを完熟させて赤くしたものを「赤ピーマン」、「パプリカ」と「赤ピーマン」の間くらい大きさで赤、黄、オレンジなどの色をした果実を「カラーピーマン」と呼ぶようになっています。

カラーピーマン・パプリカ(以降、「カラーピーマン」)は、1993年の輸入解禁以降、日本での需要が増え、現在では、サラダなどでは欠くことのできない食材になっています。しかし、ほとんどのカラーピーマンは輸入品で、国産品は、全体の約1割です。そのため、外食・中食の実需者を中心に国産品の増産が求められています。日本では、生産者および生産面積ともに少なく、十分に供給できるだけの生産体制が整っていません。こ

れは、生産性の不安定さが大きな要因と考えられますが、生産の不安定さを招く要因として、主として、以下の三つが挙げられます。カラーピーマンは、完熟果を収穫するため着果負担が大きく、その結果として生産量が制限されること、完熟するまでに時間を要するため裂果やひび割れなどの障害果が発生しやすいこと、および、夏秋栽培で栽培終了時が低温のため、十分に着色せずに出荷できない果実が大量に発生することなどです。カラーピーマンは、一般的に、緑色の未熟果から赤色または黄色の完熟果に変色(以降、「着色」)しますが、宮城県農業・園芸総合研究所の吉田氏ら(2014)は、この着色に光が大きく影響していることを突き止めました。すなわち、少し着色したカラーピーマンの未熟果は、光がないと着色があまり進みませんが、収穫後に光を照射することにより、着色が促進されることを明らかにしたのです。この研究成果を利用すれば、通常は高温期では70%以上、低温期では90%以上着色した果実を収穫していますが、5%程度着色した果実を収穫する(以降、「早どり」)ことが可能となり、着果負担や障害果の軽減による商品果数の増加や、栽培終了時に未着色であるために廃棄されていた果実の商品化などによる増収が期待されます。そこで、野菜茶業研究所が中核機関となり、岩手県、宮城県、山形県、長野県および高知県の研究機関、普及機関および農協などが連携して、農林水産業・食品産業科学技術研究推



進事業により2011年から2013年に「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)」に取り組みました。ここでは、その研究成果を中心に紹介します。

2 収穫した未熟果の着色程度と光照射による着色の促進

前出では、5%程度着色したカラーピーマンに光を照射すると着色が促進されるとのことでしたので、ここでは、5~10%着色した未熟果と全く着色していない未熟果を用いて、光照射が着色に及ぼす影響を調査しました。材料は、野菜茶業研究所内の雨よけビニールハウスで土耕栽培した赤色品種「スペシャル」および黄色品種「フェアウェイ」を用いて、「スペシャル」では、着色程度が10%、5%および0%（まったく着色していない）の果実を、「フェアウェイ」では、着色程度が10%および0%の果実を、2011年5月31日に収穫しました。収穫した果実をビニール袋に入れ、軽く封をした後、温度を20℃に設定した恒温器内に置き、白色蛍光灯で約 $50 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ の光を連続照射しました。なお、果実の着色程度の目安については図1に示しました。また、約 $50 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ の光は、1本の蛍光灯を照射し、その40~50cm離れた場所の明るさでイメージできます。

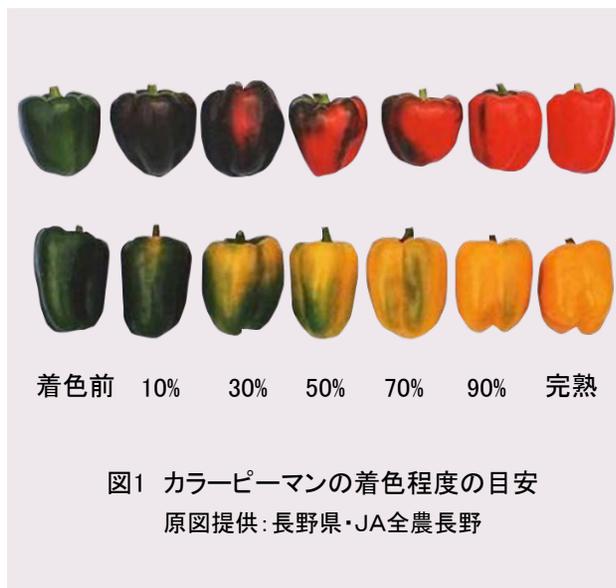


図1 カラーピーマンの着色程度の目安
原図提供:長野県・JA全農長野

図2に照射9、16、20および40日後の果実の着色程度を示しました。着色程度が10%程度の「スペシャル」の果実は、光照射9日後に完熟果実とほぼ同等に着色しました。着色程度が5%の「スペシャル」の果実と10%の「フェアウェイ」の果実は光照射16日後に、ほぼ全体が着色しました。一方、着色程度が0%の「フェアウェイ」の果実は光照射20日後にほぼ全体が着色しましたが、果梗(かこう)の切り口が黒くなり始めていました。また、着色程度が0%の「スペシャル」は光照射40日後にようやく果実全体が着色しましたが、果梗の切り口は真っ黒に変色して商品としての扱いは難しいと考えられました。

以上のことより、5%程度以上着色した未熟果に光を照射すると、着色が促進され、商品として販売できる可能性があります。全く着色していない果実は光を照射しても、商品果になりにくいと考えられました。

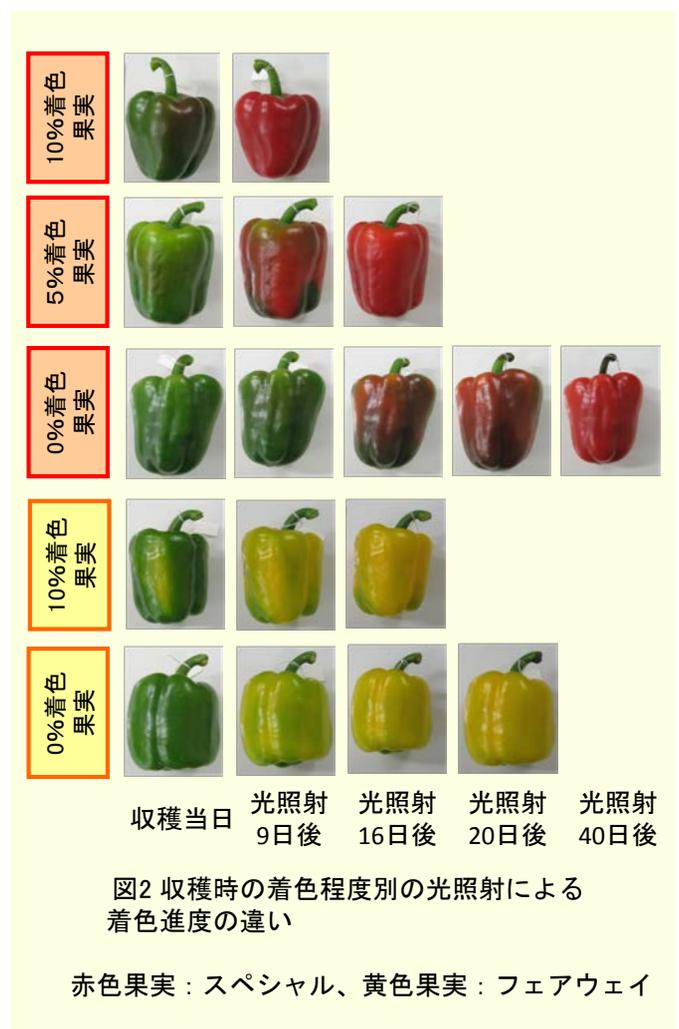


図2 収穫時の着色程度別の光照射による着色進度の違い

赤色果実：スペシャル、黄色果実：フェアウェイ

3 光照射追熟技術の手順

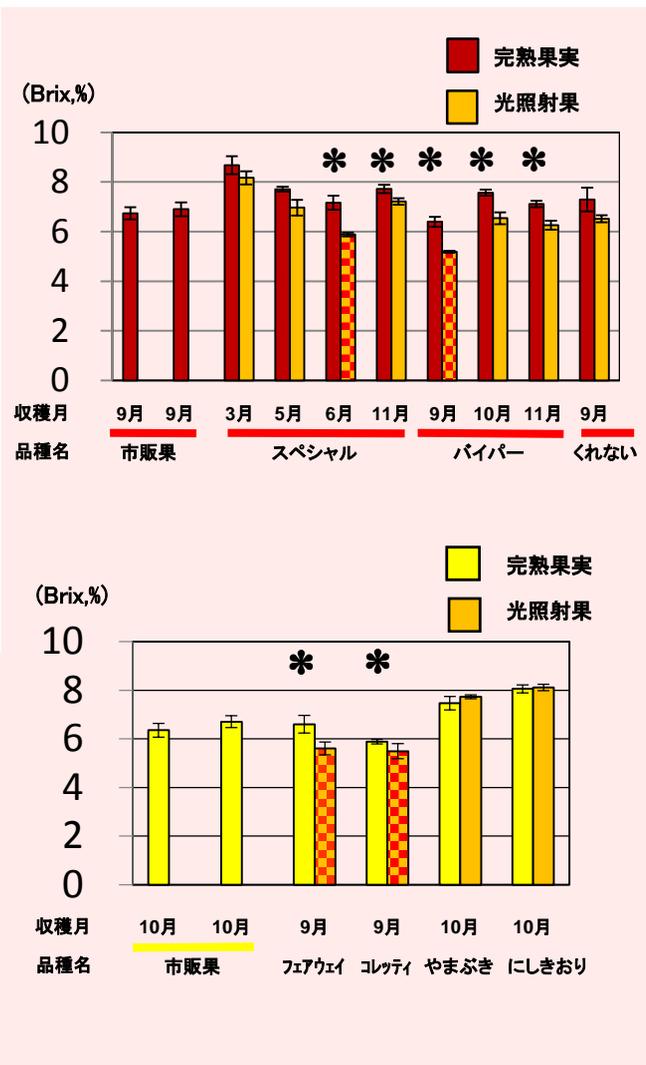
着色程度が5～10%の未熟果に光を照射して着色させる(以降、「光照射追熟」) 技術を開発するためには、①収穫時の果実の着色程度、②光照射追熟時の包装の有無、③光照射追熟時の最適温度、④光照射追熟時の最適光強度などの条件を適切に設定することが重要となります。そこで、これらの最適な条件を先述した研究機関が分担して調査しました。ここでは、各項目の詳細な記述は割愛しますが、調査結果をとりまとめ、カラーピーマンの光照射追熟技術の手順を以下のように決めました(図3)。



- ①10%以上着色した果実を収穫する。
- ②果実をポリ袋に入れ、軽く封をする。
- ③15～20℃の条件下で、蛍光灯などで
50～100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の光を連続照射する。
- ④3～10日後に、果実の着色が完了する。

4 光照射追熟技術により着色させた果実の糖度(Brix値)

赤色品種として、3, 5, 6および11月に収穫した「スペシャル」、9, 10および11月に収穫した「バイパー」および9月に収穫した「くれない」、黄色品種として、9月に収穫した「フェアウェイ」および「コレッティ」、10月に収穫した「やまぶき」、橙色品種として10月に収穫した「にしきおり」の10%着色した未熟果を供試し、上述の光照射追熟処理の手順により着色させた果実(以降、「光照射果」と、同時期に収穫した完熟果実および市販の完全着色果実(以降、「市販果」)のBrix値を図4に示しました。



黄色品種の「やまぶき」および橙色品種の「にしきおり」では、光照射果と完熟果実のBrix値は同等でしたが、その他の品種では光照射果のBrix値は完熟果実より低い値でした。また、光照射果と市販果のBrix値を比較すると、6月に収穫した「スペシャル」、9月に収穫した「バイパー」、9月に収穫した「フェアウェイ」および9月に収穫した「コレッティ」は市販果より低い値でしたが、その他の区では市販果と同等以上でした。

以上のことから、6～9月のような高温期の光照射果は、市販果よりBrix値が低い傾向があったものの、それ以外の時期の光照射果は市販果と同等以上であり、わが国での主要な用途である彩りを主目的としたサラダや加熱調理用の食材として十分に利用可能と考えられました。また、「くれない」、「やまぶき」および「にしきおり」は、主に九州や四国で生産されている果実がやや小さい品種で、「くれない」は市販果と差が出やすい9月の光照射果のBrix値が市販果と有意差が出なかったこと、「やまぶき」および「にしきおり」の光照射果は市販果よりBrix値が高かったことから、これら3品種は光照射追熟処理に適する品種と考えられました。

5 光照射追熟技術を利用した増収栽培技術

前述の通り、着色が10%程度の未熟果を収穫しても光照射追熟技術で商品果にできることが明らかになったことから、①栽培期間中に着色程度が10%以上の未熟果を収穫し、着果負担や裂果や日焼け果の発生を抑えることによる増収効果、②栽培終了時に収穫されずに残った未熟果を商品果に変えることによる増収効果、などが期待できます。ここでは、これらの増収効果を作型別に見ていきます。

1) 夏秋栽培での試験事例

カラーピーマンの夏秋栽培で、光照射追熟を利用した増収効果を高知県の山間部で調査しました。試験区として、①通常の栽培区(慣行区)、②栽培期間中に着色程度が10%以上の未熟果を早どりし、光照射追熟させた区(栽培期間光照射区)、③栽培期間中の早どりを行わないが、摘心を遅らせる等

により、慣行区より栽培終了時に未熟果が多く残るように栽培管理して、栽培終了時に多様な着色程度の未熟果を一斉収穫し、光照射追熟させた区(終了時光照射区)および②と③を併用した区(栽培期間+終了時光照射区)の4区を設定し、商品果収量を比較しました。なお、カラーピーマンの栽培は高知県の山間部で行い、品種は赤色の「くれない」を用いました。各区の商品果収量を図5に示しました。商品果収量は慣行区が8.3kg/m²であったのに対し、栽培期間光照射区は9.3kg/m²、終了時光照射区は9.5kg/m²、栽培期間+終了時光照射区は9.6kg/m²で、いずれの光照射区ともに慣行区と比較して10%以上の増収が認められました。以上のことから、夏秋栽培の場合、栽培期間中の光照射追熟処理も、栽培終了時の光照射追熟処理も10%以上の増収効果があると考えられます。ただ、栽培期間中の光照射追熟処理では、高温により処理中に果実が萎れる危険が高いため、より確実な増収効果を得るためには栽培終了時にだけ光照射追熟処理を行う方法も選択肢のひとつであると考えられます。

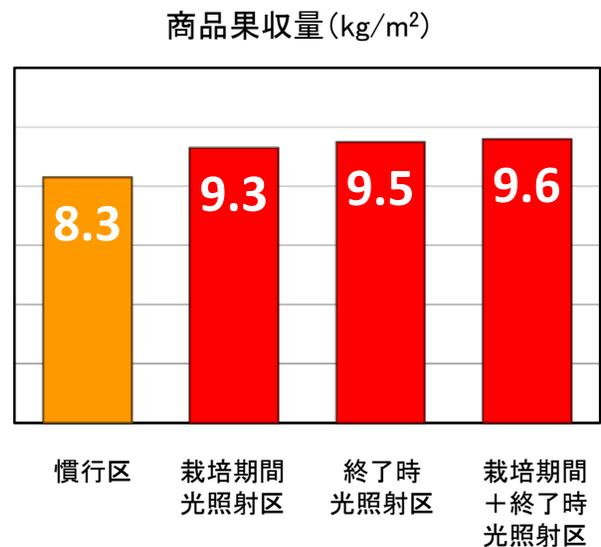


図5 夏秋栽培での栽培期間および栽培終了時の光照射による増収効果(品種「くれない」)

各区の処理方法は、本文を参照

データ提供: 高知県農業技術研究センター 児玉氏



2) 促成栽培での試験事例

カラーピーマンの促成栽培での光照射追熟を利用した増収効果についても調査しました。試験区は、通常栽培した慣行区と、栽培期間中に着色程度が10%以上の未熟果を収穫し、光照射追熟させ、また、栽培終了時に樹に残っている未熟果を一斉収穫し、光照射追熟させた光照射区の商品果収量を比較しました。なお、カラーピーマンの栽培は高知県の平野部で行い、品種は赤色の「デブラ」を用いました。

商品果収量は慣行区が12.7kg/m²であったのに対し、光照射区は14.2kg/m²で12%増収しました(図6)。光照射区のうち栽培期間中の光照射追熟による増収は14.0kg/m²、栽培終了時の光照射による増収は僅かに0.2kg/m²であり(データ省略)、促成栽培の場合、終了時の光照射追熟による商品果は非常に少ない収量でした。この原因として、促成栽培の栽培終了時は高温期であり、果実の着色が早く進み、栽培終了時に樹に残っている未熟果が少なかったことが考えられます。また、収穫期間別に商品果収量を見ていくと、12月～3月は光照射区の方が高く、4月以降は慣行区の方が高い収量でした(データ省略)。これは、4月以降は高温になり、光照射中の温度制御が不十分となって高温のために萎れたり腐敗したりした果実が多かったことが原因と考えられます。以上のことから、促成栽培では低温期(12～3月)は、光照射追熟処理を行い、4月以降は通常の収穫を行う方がより確実な増収効果が得られると考えられます。



図6 促成栽培での光照射による増収効果(品種「デブラ」)
各区の処理方法は、本文を参照
データ提供: 高知県中央西農業振興センター 矢野氏

6 光照射追熟設備

図7および図8にカラーピーマンに光を照射するための棚の試作例を示しました。図7は合板パネルなどを使用した木製品で、図8はメタルラックを利用しており、光源はいずれも20Wの蛍光灯を使用し、制作費はともに2～3万円程度です。

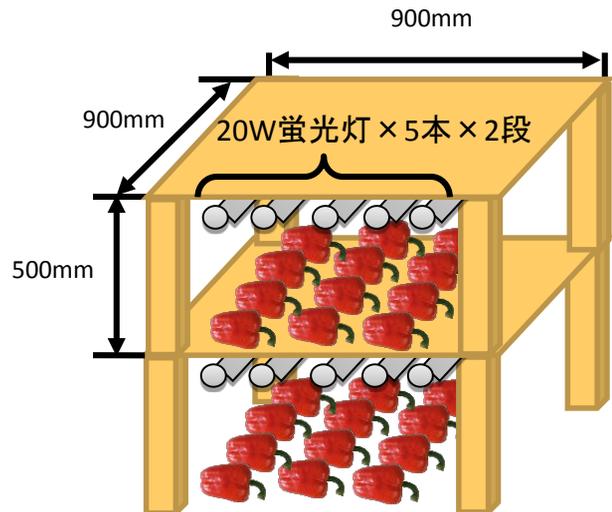


図7 光照射棚の試作例(木製)

原図提供:

山形県庄内総合支庁産業経済部農業技術普及課産地研究室 古野氏

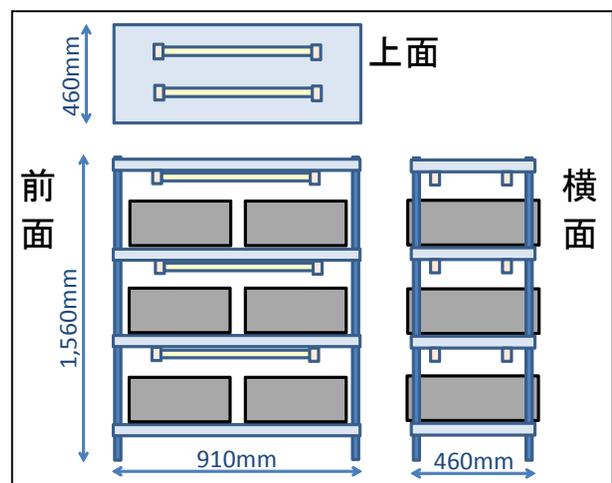


図8 光照射棚の試作例(メタルラック)

原図提供: 高知県農業技術センター 児玉氏

7 光照射追熟による経済効果

山形県の100坪ハウス(約3.3a)でカラーピーマンを夏秋栽培し、栽培終了時に樹上に残った未熟果を図7で示した光照射棚を用いて、光照射追熟処理した場合の経費試算を行いました(山形県庄内総合支庁産業経済部農業技術普及課産地研究室古野氏, 2014)。

光照射棚の制作費が今回の場合約27,205円で、5年償却とすると1年当たりの償却費は5,441円となります。10月下旬から12月下旬まで、蛍光灯を24時間連続照射した場合の電気料金は10,367円でした。従って、栽培終了時の光照射に係る経費は一作当たり15,808円でした。一方、栽培終了時の増収を100kg/aと仮定すると、100坪(約3.3a)で330kgの増収となり、平均単価を450円/kgとした場合、光照射追熟による増収分の売り上げは148,500円となります。従って、収支は132,692円の増収となります。また、償却費を考えない1年目に実際に係る経費で計算しても、支出が27,205円+10,367円=37,572円で、110,928円の増収となります。

表1 100坪ハウス²における夏秋栽培で終了時光照射追熟を実施した時の増収効果の経済的評価

(単位:円)		
支出	光照射棚償却費 ¹	5,441
	電気代 ^x	10,367
	合計	15,808
収入	増収分の売上額 ^w	148,500
収支		132,692

²100坪ハウスで900株を栽培した

¹5年償却、残存1円と仮定

^x2013年10/20~12/24まで24時間連続照射、1KWh当たり27.95円として計算、消費電力量が少ないため、基本料金には影響を与えないと想定

^w平均増収効果 100kg/a=330kg/100坪 (A)

平均単価 450円/kg (B)

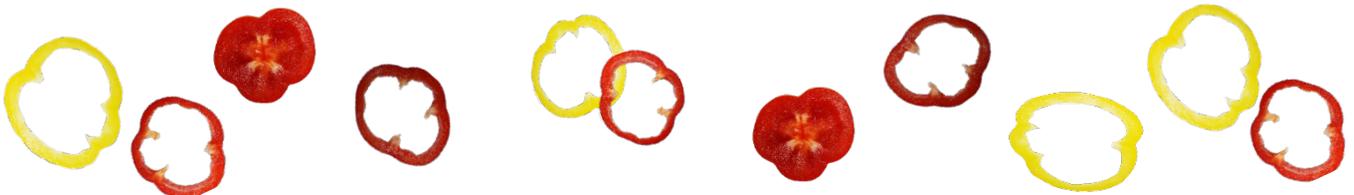
増収分の売上額=(A)×(B)=148,500円

データ提供:

山形県庄内総合支庁産業経済部農業技術普及課産地研究室 古野氏

8 今後の展望

以上のように、カラーピーマンの光照射追熟処理を利用した栽培技術は、増収効果が高く、本技術を利用して得られた果実はサラダや加熱調理の食材として十分な品質を備えることが明らかになりました。今後は、この技術が一般化し、カラーピーマンの生産農家が増え、将来的には国産のカラーピーマンの供給量が大きく増加することを期待しています。



引用文献

- 1)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), 6-11.
- 2)松永ら(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. 園学雑.,11別1,160.
- 3)高橋ら(2012):光照射によるカラーピーマンの着色技術の開発.園学雑.,11別1,159.
- 4)吉田ら(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.園学雑.,13(2),155-160.

研究情報



野菜生産技術研究領域
施設野菜生産技術研究グループ

ひがしで ただひさ
東出 忠桐

はじめに

日本では、品質のよいトマトの品種の育成が行われてきましたが、収量の多い品種(多収品種)の育成はあまり行われませんでした。日本のトマトの収量向上のためには、オランダの多収品種の利用が最も効果的ですが、日本の消費者や小売業者は、トマト果実の品質に強いこだわりがあるため、オランダの多収品種の導入がそのまま受け入れられることは考えられません。最近では日本の種苗会社も日本型の多収品種の育成を進めていますが、今のところオランダ品種並みの高い収量と高品質の両方を備える日本品種は開発されていません。したがって、現在の日本品種を用いて多収化を目指す必要があります。



図1 日本のトマト品種は収量よりも品質を重視

トマト栽培における接木の利用

日本のトマト栽培では、多くの場合、接木苗が用いられます。日本のトマト栽培の多くは土耕であり、青枯れ病や萎凋病のような土壌伝染性病害を回避

接木によって日本の トマトの収量を増やす

する目的で接木苗が用いられます。日本では、一般に養液栽培では土壌病害は発生しにくいとされています。そのため、日本の養液栽培では自根苗を用いる場合が多く、接木苗の利用はあまり多くありません。一方、オランダのトマト栽培では、ロックウール栽培が主流であり、土壌伝染性病害の危険はさほど高くありません。それにも関わらず、オランダのトマト栽培ではほとんど接木苗が用いられています。オランダの台木品種は、多くの場合、*Solanum lycopersicum* (ソラナム・リコペルシカム) × *S. habrochaites* (ソラナム・ハプロカイテス) のような種間雑種です。私たちが食べているトマトはソラナム・リコペルシカムであり、日本のトマトの台木品種も、ほとんどがこの種です。オランダと日本では、台木の意義や種類も大きく異なるといえます。



図2 オランダの台木品種‘マキシフォート’を接木せずに栽培すると(普通は台木品種を接木しないで栽培することはありません)

左図: 一般の日本品種(左側)に比べて‘マキシフォート’(右側)の生育は旺盛
右図: ‘マキシフォート’の果実は小さく、赤くならない

日本およびオランダ台木品種の比較

オランダの台木品種‘マキシフォート’ (*S. lycopersicum* × *S. habrochaites*)と日本の台木品種‘スパイク23’に、オランダ品種‘グルメ’、日本品種‘桃太郎ヨーク’を接木して比較しました。穂木/台木の組み合わせとして、グルメ/マキシフォート、グルメ/スパイク23、グルメ/グルメ、桃太郎ヨーク/マキシフォート、桃太郎ヨーク/スパイク23及び桃太郎ヨーク/桃太郎ヨークの6種類について比較しました。なお、穂木と台木が同一品種のものは、自根ではなく、共台で接木したものです。10～3月の6カ月間、施設においてロックウール・ハイワイヤー栽培にて試験を行いました。

桃太郎ヨークの収量はオランダ台木で増える

図3に6種類の穂木/台木の組み合わせのトマトにおける果実収量を示しました。なお、図中の棒上にあるアルファベット(a, b, A, Bなど)が同じ穂木品種で異なっているときに、両者には統計的に差があります。一見してわかるように台木に関係なく、オランダ品種の‘グルメ’の方が、日本品種‘桃太郎ヨーク’よりも収量が多くなっています。穂木がオランダ品種‘グルメ’の場合、共台であるグルメ/グルメとグルメ/マキシとの間に違いはみられません。これに対して、穂木が日本品種‘桃太郎ヨーク’の中でみると、共台のヨーク/ヨークよりもヨーク/マキシの方が収量は多く(約30%)なっています。つまり、‘桃太郎ヨーク’は、オランダの台木‘マキシフォート’に接ぎ木することで収量が増加したのです。このとき、収量と植物体全体の総乾物生産とを比較すると、両者には強い正の相関がみられました。総乾物生産が多い穂木/台木の組み合わせほど、果実収量も多いことがわかりました。

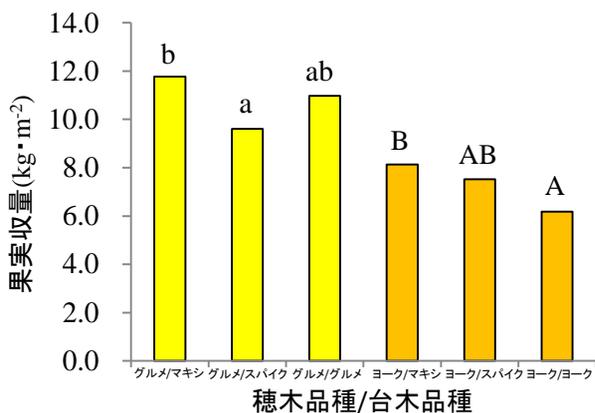


図3 日蘭の穂木/台木品種の組み合わせの違いがトマトの果実収量に及ぼす影響

光利用効率の違いが総乾物生産に

受光量あたりの乾物生産の効率を示すのが、光利用効率です。図4のように総乾物生産と光利用効率との間には非常に強い相関関係がみられました。すなわち、光利用効率の高い穂木/台木の組み合わせほど、総乾物生産が多く、その結果、果実収量も多くなったということになります。

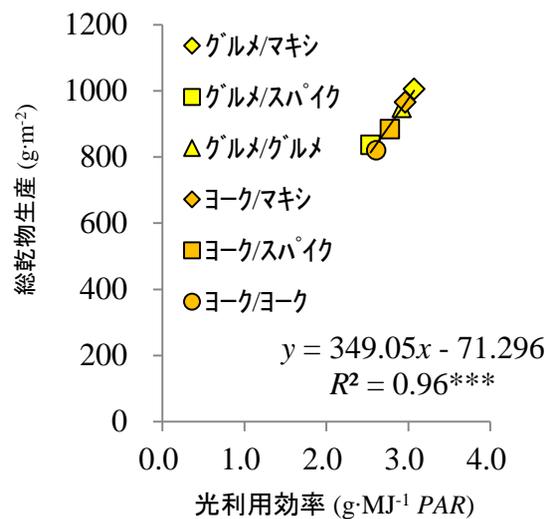


図4 光利用効率と総乾物生産の関係

光利用効率に影響する要因としては、光合成速度や群落の吸光係数があり、これらがオランダ品種の多収化に関わっていました。しかしながら、光合成速度について生育中期(定植57日目)と生育後期(定植119日目)に測定してみると、両時期とも最大光合成速度には穂木、台木による違いはみられませんでした。また、群落の吸光係数については、台木による違いはみられたが、光利用効率との間には相関関係はみられませんでした。したがって、接木によって光利用効率が異なる要因については特定されていません。しかしながら、オランダ台木品種‘マキシフォート’への接木によって‘桃太郎ヨーク’の収量が増加することと、この収量増加は総乾物生産および光利用効率の向上によることが明らかになりました。既存の日本品種において接木による収量向上の可能性が示されたのです。



平成27年度 海外評価者による研究レビュー報告

野菜育種・ゲノム研究領域長 坂田 好輝(さかた よしてる)

農研機構では、第3期中期目標期間(平成23～27年度)において国際的に高い水準で評価を実施するために、実施中の24の大課題から国際比較が可能な研究分野、国際的な評価が必要な研究分野あるいは国際的な要望が高い研究分野を選定し、海外の著名な評価者を委嘱し、研究レビューを実施しています。

平成27年度は、大課題「日本型の高収益施設園芸生産システムの構築」が選定され、8月26日に農林水産省農林水産技術会議事務局筑波事務所(つくば市)において、研究レビューが開催されました。海外からの評価者として、花き分野はテキサスA&M 大学 David Byrne教授(アメリカ)、野菜育種分野は農業研究普及会議Giuseppe Leonardo Rotino研究部長(イタリア)、そして野菜栽培分野はワーゲニンゲン大学 Ep Heuvelink准教授(オランダ)を招聘し、有益な評価と数多くの貴重なご意見をいただきました。

また、研究レビューに先だって、農研機構内研究施設(農研機構植物工場つくば実証拠点、花き研究所)及び千葉県の野菜・花き苗生産業者およびトマト農家圃場等を視察し、活発な意見交換を行いました。



植物工場内での搬送ロボットの視察



海外評価者レビューの様子



コメント中の評価者



海外評価者レビューの様子

大課題を構成する中課題一覧

- ・高生産性と低環境負荷を両立させる施設野菜生産技術の体系化
- ・安全・省エネ・好適環境のための低コスト施設設計・環境制御技術の開発
- ・日光温室等の活用による温暖地における高収益・安定生産施設園芸技術の開発
- ・イチゴ等施設野菜の周年多収生産システムの開発
- ・生育開花機構の解明によるキク等の主要花きの効率的計画生産技術の開発
- ・果菜類の高品質化・生産性向上に資する品種・系統の育成
- ・野菜におけるゲノム情報基盤の構築と利用技術の開発
- ・分子生物学的手法による新形質花きの創出

野菜茶業研究所の動き (これまでの動き)

農研機構(つくば地区)「夏休み公開」平成27年7月25日(土)

～食と農のおもしろ体験～きて、みて、さわって、つくって、たべよう～

野菜茶業研究所は、食と農の科学館(茨城県つくば市)にて、農研機構本部、中央農業総合研究センター及び作物研究所と合同で子ども達を対象にした夏休み公開を開催しました。夏休み中の子供たちに農業と科学について、体験しながら楽しく学んでいただきました。



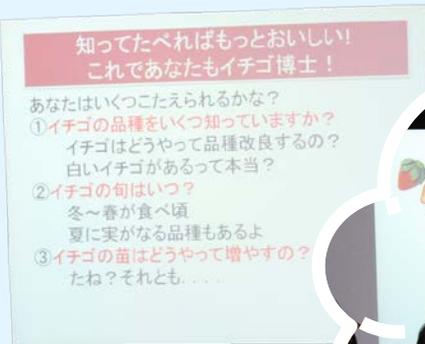
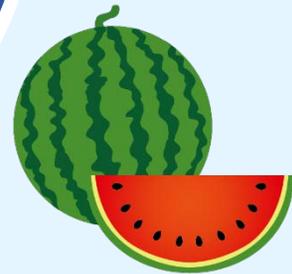
トマト糖度の非破壊計測を体験中。



親株から切り離れたイチゴの苗を自宅でも育てよう。



オランダ品種や高糖度トマト釣りに夢中!



ミニ講演「知って食べればもっとおいしい! あなたもイチゴ博士」も盛況でした。



金谷茶業研究拠点一般公開(静岡県島田市) 平成27年9月8日(火)

「お茶と健康」をテーマに、研究成果の紹介や展示、セミナー、野菜茶業研究所が育成した品種の試飲、手揉み製茶の実演、手作り紅茶体験などを実施しました。

当日は、あいにくの雨天となりましたが、お茶に対して熱心な方々378名が来所され、研究成果の紹介や各種イベント等を通じ、当所及び茶業について理解を深めていただけました。



「お茶と健康」関連パネル展示、
関連商品の紹介



セミナーの様子



土壌相談のコーナー



サンプルジュの試飲と
各品種の紹介



茶の病害虫を顕微鏡で観察



手もみ製茶の実演



手作り紅茶体験中

野菜茶業研究所の動き (これからの動き)

農研機構シンポジウムのご案内

開催時期	課題名・開催場所
11/19(木)	わが国における茶品種をとりまく現状と品種活用戦略 島田市地域交流センター(歩歩路)(静岡県島田市)

(詳細は、<http://www.naro.affrc.go.jp/vegetea/contents/kadaibetsu/>)

野菜茶業研究所課題別研究会のご案内

開催時期	課題名・開催場所
10/27(火)～10/28(水)	トマトの生産を取り巻く現状と今後の研究方向 愛知県産業労働センター(ウインクあいち)(愛知県名古屋)

(詳細は、<http://www.naro.affrc.go.jp/vegetea/contents/kadaibetsu/>) **参加申し込みは9月28日に終了しました。**

野菜茶業研究所(安濃本所)一般公開のご案内

開催日	開催場所
11/7(土)	安濃本所一般公開(三重県津市)

(詳細は、<http://www.naro.affrc.go.jp/vegetea/contents/ippankoukai/>)