

耐低温性濃果色系統「ピーマン高育交 15 号」の育成

中村美里・日置優実・細美祐子・横田真*・石井敬子**

Development of Dark Color 'Sweet Pepper Koikuko No. 15' Suitable for forcing cultivation at low temperature

Misato NAKAMURA, Yumi HIOKI, Yuko HOSOMI, Makoto YOKOTA* and Yukiko ISHII**

要 約

最低夜温 16°C 条件下の促成栽培に適した耐低温性濃果色 F₁ 系統「ピーマン高育交 15 号」を育成した。3 か年の生産力検定試験および現地実証試験において、有望と判断された。その特性の概要は以下のとおりである。

- 最低夜温 16°C 条件下において、対照品種「みおぎ」と比べて、A 品率は高く、A 品収量および可販果収量は同等以上で果皮色は濃緑色である。
- Pepper mild mottle virus* (P_{1,2}) (PMMoV (P_{1,2})) に抵抗性をもつ。

キーワード：濃果色ピーマン、耐低温性、F₁ 系統、PMMoV (P_{1,2}) 抵抗性

はじめに

ピーマンおよびシントウは高知県の主要園芸品目であり、その作付面積は 117ha、出荷量は 12,300t で、国内の出荷量の 9.3% を占める (2021 年産)⁷⁾。現在、ピーマン促成栽培の平均最低夜温は 18°C であるが、原油価格の高騰が施設園芸農家の経営を圧迫しており、燃料費削減の対策として耐低温性品種の育成が求められている。最低夜温を 18°C から 16°C に下げることにより、燃料使用量を 2,024L/10a 削減でき (高知県農業経営・指標モデルに基づく施設園芸経営総合支援システム (GMSS) により、場所：高知県高知市、ハウス：通常型、被覆資材：PO フィルム 1 層、作型：促成ピーマン、使用期間：10~4 月の条件で試算)、燃料費の削減につながる。しかし、慣行ピーマン品種では管理温度を下げることによって収量・品質の低下が懸念される。また、高知県がこれまでに育成したピーマン品種「トサミドリ」は整枝の遅れや受光不足等により果色が薄くなることが報告されており²⁾、生産者からも同様の指

摘が少なくなく、濃果色の品種開発が望まれていた。さらに、ピーマンをはじめとする *Capsicum* 属植物では防除が困難なウイルス性病害が安定生産の阻害要因の一つとなっている。PMMoV および *Tabacco mild green mosaic virus* (TMGMV) を含むトバモウウイルスの発生は広範囲に認められ、その被害も甚大である。本県では P₀ 型、P_{1,2} 型、および P_{1,2,3} 型の発生が確認されており、特に P_{1,2} 型が最も広く蔓延していると考えられている¹²⁾。トバモウウイルスは種子伝染や土壌伝染によって一次伝染し、発病株の汁液によって二次感染するため、対策として種子消毒および耕種防除、発病株の抜き取りが有効とされている⁶⁾。なかでも耕種防除は特別な防除作業や資材を必要としない、省力的で経済的な技術である。こういった対策が一般的に浸透し、2021 年の JA 高知県購買事業本部の品種別実績によると、ピーマンでは、トバモウウイルス抵抗性 L³ 遺伝子を持つ品種が 97.5% を占めている。

そこで、耐低温性ピーマン品種育成の素材とするため、

*現高知県中央西農業振興センター

**現高知県環境農業推進課

現行の最低夜温より 2℃低い 16℃でも高い収量特性および果実品質を示し、トバモウイルス抵抗性 L^3 遺伝子を持つ固定系統を選抜する。さらに、選抜固定系統間での交配により、現行ピーマン品種と同等の生育、果実および収量特性を持ち、濃緑果色の F_1 品種を育成することとした。今回、耐低温性濃果色 F_1 系統「ピーマン高育交 15 号」を育成したので報告する。

本研究を実施するにあたっては、当センター園芸育種担当の各位に多大な協力をいただいた。また、現地実証試験に際しては、生産者並びに安芸農業振興センター、中央東農業振興センター、中央西農業振興センターおよび幡多農業振興センターの普及指導員にご協力いただいた。ここに記して、これらの方々に感謝の意を表す。なお、本研究の一部は、内閣府地方大学・地域産業創生交付金「IoP (Internet of Plants)」が導く「Next 次世代型施設園芸農業」への進化」の助成を受けたものである。

育成過程

2016 年度に、「トサミドリ」(高知県育成)の花粉親である「99B2-11-7-4」にパプリカ市販品種「クブラ」(ENZA ZADEN 社)を交配した後代から作出した薬培養系統のうち、低温下での収量性に優れ、トバモウイルス抵抗性遺伝子型 L^3 であると推定された「(99B2-11-7-4×クブラ)-9ac2」を選抜した。2017 年度に、果色が濃くトバモウイルス抵抗性遺伝子型 L^3 の市販品種「京まつり」(タキイ種苗(株))の薬培養系統「京まつり ac2014-9」を選抜した。2018 年度に、「京まつり ac2014-9」を種子親、「(99B2-11-7-4×クブラ)-9ac2」を花粉親とする、 F_1 系統「2018 試交 13」を育成した(図 1)。

2018 年度に所内にて生産力検定を行い、「2018 試交 13」は対照品種「みおぎ」((公財)園芸植物育種研究所)と同等以上の収量で果実品質が優れていたため、「ピーマン高育交 15 号」と付番した。

材料および方法

1. 「ピーマン高育交 15 号」の生産力検定

試験は当センター内のビニルハウスで 2018 年度、2020

年度および 2022 年度の 3 か年実施した。2022 年度はビニルハウスに加えてフェンロー型プラスチックハウスでも試験を行い、ハイワイヤー養液栽培における生産力についても評価した。検定系統として「ピーマン高育交 15 号」、対照品種として「みおぎ」、参考品種として「トサミドリ」を供試した。

2018 年度には、2018 年 8 月 6 日に播種し、9 月 12 日に定植した。試験規模は 1 区 4 株、無反復とした。2020 年度は 2020 年 8 月 5 日に播種し、9 月 9 日に定植した。試験規模は 1 区 5 株、2 反復とした。栽植様式は、両年度ともうね幅 165cm、株間 55cm、1 条植え、主枝 4 本仕立てとした。ハウス管理温度は、2018 年度は、最低夜温度 16℃、強制換気開始温度を 28℃、2020 年度には、最低夜温度 16℃、強制換気開始温度を 27~28℃とした。基肥には、両年度とも配合肥料(商品名:レオボン 6 号、スミカエース 10)を用い、N、 P_2O_5 、 K_2O をそれぞれ 3.2、3.5、2.4kg/a、ケイントップ 120kg/a、アルカリ資材 19.6kg/a(商品名:マグライト 9.6kg/a、ハイグリーン 10kg/a)とともに施用した。ほ場の土壌消毒は蒸気消毒機により行った。

2022 年度は 2022 年 8 月 3 日に播種し、9 月 13 日に定植した。試験は土耕栽培およびハイワイヤー養液栽培で行い、試験規模はいずれも各 5 株、反復なしとした。栽植様式は、土耕栽培はうね幅 165cm、株間 50cm、2 条植え、主枝 2 本仕立てとした。ハウス管理温度は、最低夜温度を 16℃、強制換気開始温度を 27~28℃とした。基肥は 2019 年度および 2020 年度と同じとした。ほ場の土壌消毒は低濃度エタノールによる土壌還元処理により行った(商品名:エコロジアル、液肥混入器を用いて 1%濃度エタノールで処理)。ハイワイヤー養液栽培はうね幅 180cm、条間 40cm、株間 33cm、2 条植え、主枝 2 本仕立てとした。ハウス管理温度は、最低夜温を 16℃、強制換気開始温度を 27~28℃とした。養液組成は大塚ハウス肥料 B 処方(園試処方準拠)に基づき、EC1.4~1.6mS/m で給液した。養液の給液方法はかけ流し方式とし、給液量は排液率 30~40%に調節した。

収量特性として、2018 年度は 2019 年 5 月 31 日まで、2020 年度は 2021 年 6 月 30 日まで、2022 年度は 2023 年



図1 「ピーマン高育交 15号」の育成経過

5月29日まで、収穫果の果実重を等級別に計量した。収穫果実の目安は30gとし、等級判別はJA高知県出荷規格に基いた。

果実特性として、2018年度は2019年1月21日にそれぞれ10果、2020年度は2021年1月20日～1月25日にそれぞれ20果、2022年度は2023年3月6日にそれぞれ5果、6月6日にそれぞれ5果について調査した。調査項目は果色、しわ、光沢、果揃い、こうあ部の深さ、果頂部の形状、果重、果長、果幅、果皮硬度、心室数、果肉厚とした。また、2020年度、2022年度には果皮の明度—L*—および色度—a*、b*—調査も併せて行った。なお、果皮の明度および色度調査は、2020年度には色差計（株）日本電色工業NF333）、2022年度には分光測色計（コニカミノルタ（株）CM-700d）により行った。

栽培初期の成育特性として、2018年度は2018年10月1日にそれぞれ4株、2020年度は2020年10月1日にそれぞれ10株、2022年度は2022年10月12日にそれぞれ5株について調査した。調査項目は草勢、第一分枝下側枝の吹き、主茎径、主茎長、第一花開花日とした。また、2018年度および2020年度は葉長、葉幅、葉柄長、草丈についても調査した。2022年度は主枝長、主枝節数、節間長についても調査した。摘心時期の生育特性として、2018年度は2018年11月28日にそれぞれ4株、2020年度は2020年11月10日にそれぞれ10株、2022年度は土耕栽培では2022年12月27日にそれぞれ5株、ハイワイヤー養液栽培では2023年4月17日にそれぞれ5株調査した。調査項目は草勢、葉の大きさ、主枝長、主枝節数、節間長とした。2018年度および2020年度は主茎径、主枝径についても調査した。

2. 「ピーマン高育交15号」および親系統のトバモウウイルス抵抗性検定

供試系統として「ピーマン高育交15号」、「(99B2-11-7-4×クブラ)-9ac2」および「京まつり ac2014-9」、対照品種・系統として「昌介」（同抵抗性L⁺遺伝子型品種系統）、「チャガマラン」（同L⁺遺伝子型、高知県育成）³⁾、「台パワー」（同抵抗性L⁺遺伝子型品種、農研機構育成）¹⁰⁾、「L4台パワー」（トバモウウイルス抵抗性L⁺遺伝子型品種、農研機構育成）⁸⁾を用いた。2020年5月20日に50穴セルトレイに各品種・系統を10粒播種し、ガラス温室で育苗した。TMGMV (P₀)を50ng/mL、PMoV (P_{1,2})を10ng/mLに調整し、検定植物の本葉にカーボランダム法で6月11日に接種した。接種後は23℃恒温、16時間日長のインキュベーター内で管理した。6月17日に目視によるえそ斑の確認およびDot immunobinding assay (以下、DIBA法)^{1,11)}によるウイルス検出を行った。

3. 「ピーマン高育交15号」の現地実証試験

2020年度および2022年度に、「ピーマン高育交15号」の現地実証試験を安芸市で2戸、土佐市で1戸、四万十市で1戸、香南市で1戸、南国市で1戸の計6戸で実施した。耕種概要は表9に示した。

収量特性として、生産者が計量したA品、A品以外の重量について聞き取り調査した。調査期間は、安芸市1では2020年10月～2021年3月、四万十市では2020年12月～2021年3月、香南市では2022年10月～2023年6月、南国市では2022年10月～2023年4月とした。

果実特性として、安芸市1および安芸市2では2021年1月5日、土佐市では同年1月18日、四万十市では同年1月28日に、それぞれ5果について、果色、こうあ部の深さ、果頂部の形状、果長、果幅、果重、果肉厚、果皮硬度を調査した。

生育特性調査は、摘心期に行った。調査日は安芸市1では2020年11月2日、安芸市2では2020年9月30日、土佐市では2020年10月19日、四万十市では2020年10月29日とし、調査項目は、それぞれ5株の主茎長、主茎径、主枝長、主枝節数とした。

結 果

1. 「ピーマン高育交15号」の生産力検定

1) 収量特性

供試系統・品種の収量特性を表1に示した。「ピーマン高育交15号」の収量特性は対照品種、参考品種と比べ次のとおりであった。2018年度における全期間の可販果収量は16.8kg/m²、A品収量は12.1kg/m²、A品率は65.7%で、「みおぎ」と比べ可販果収量は同程度であるが、A品収量は多く、A品率は高かった。また、厳寒期の可販果収量は5.6kg/m²、A品収量は3.7kg/m²、A品率は64.0%で、「みおぎ」および「トサミドリ」と比べ収量は多く、A品率は高かった。2020年度における全期間の可販果収量は19.7kg/m²、A品収量は17.6kg/m²、A品率は85.6%で、「みおぎ」と比べ収量は多く、A品率は高かった。また、厳寒期の可販果収量は5.9kg/m²、A品収量は5.0kg/m²、A品率は83.3%で、「みおぎ」および「トサミドリ」と比べ収量は多く、A品率は高かった。2022年度土耕栽培における全期間の可販果収量は15.1kg/m²、A品収量は14.8kg/m²、A品率は96.4%で、「みおぎ」および「トサミドリ」と可販果収量は同程度であるが、A品収量は多く、A品率は高かった。また、厳寒期の可販果収量は5.6kg/m²、A品収量は5.6kg/m²、A品率は98.2%で、「みおぎ」と収量は同程度であるが、A品率は高かった。2022年ハイワイヤー養液栽培における全期間の可販果収量は12.8kg/m²、A品収量は12.1kg/m²、A品率は91.1%で、「みおぎ」および「トサミ

ドリ' に比べ、可販果収量およびA品収量は多く、A品率は高かった。厳寒期の可販果収量は6.0kg/m²、A品収量は6.0kg/m²、A品率は97.4%で、可販果収量およびA品収

量、A品率は'みおぎ' および'トサミドリ' と比べ高かった。

表1 収量特性

試験年度	栽培様式	系統・品種	収穫期間 ^{z)}	可販果収量 ^{y)} (kg/m ²)	A品収量 (kg/m ²)	A品率 (%)
2018	土耕栽培 1条4本仕立て	ピーマン高育交15号	全期	16.8	12.1	65.7
			厳寒期	5.6	3.7	64.0
		みおぎ(対照)	全期	16.7	8.3	40.4
			厳寒期	5.0	2.3	39.9
		トサミドリ(参考)	全期	17.3	12.3	59.7
			厳寒期	4.9	3.3	57.0
2020	土耕栽培 1条4本仕立て	ピーマン高育交15号	全期	19.7	17.6	85.6
			厳寒期	5.9	5.0	83.3
		みおぎ(対照)	全期	18.4	10.8	51.3
			厳寒期	5.3	2.8	46.2
		トサミドリ(参考)	全期	19.9	16.3	74.1
			厳寒期	5.4	4.2	71.3
2022	土耕栽培 2条2本仕立て	ピーマン高育交15号	全期	15.1	14.8	96.4
			厳寒期	5.6	5.6	98.2
		みおぎ(対照)	全期	14.9	11.9	77.0
			厳寒期	6.0	5.4	88.0
		トサミドリ(参考)	全期	15.5	14.2	89.8
			厳寒期	6.4	6.2	95.3
	ハイワイヤー 養液栽培 2条2本仕立て	ピーマン高育交15号	全期	12.8	12.1	91.1
			厳寒期	6.0	6.0	97.4
		みおぎ(対照)	全期	12.1	9.1	69.7
			厳寒期	5.5	4.8	84.8
		トサミドリ(参考)	全期	11.2	10.4	88.4
			厳寒期	4.7	4.5	95.2

z) 調査日(全期)：2018：2018年10月12日～2019年5月31日。2020：2020年10月12日～2021年6月30日。
2022：2022年10月24日～2023年5月29日。

調査日(厳寒期)：各年度の12月～2月。

y) 収穫果の等級区分はJA高知県出荷規格により、可販果はA及びマルAとした。

2) 果実特性

供試系統・品種の果実特性を表2に示した。「ピーマン高育交15号」の果実特性は対照品種、参考品種と比べて次のとおりであった。「みおぎ」と比べ果重はやや重く、果皮硬度はやや高く、果肉はやや厚かった。しわは、「トサミドリ」に比べ少ないか同程度で、「みおぎ」に比べ少なかった。光沢、心室数は同程度で、果揃いは中～やや良で「みおぎ」と比べ同程度か良い傾向だった。こうあ部の深さ、果頂部の形状は年度により違いがみられた。果長、果幅は年度によって異なり「みおぎ」および「トサミドリ」と比べ、2018年度および2020年度は縦横比1.8～2.0で同程度、2022年度は縦横比1.5と小さかった。

供試系統・品種の果実の写真を図2、果皮の明度および彩度を表3、図3、図4に示した。「ピーマン高育交15号」の果色は、いずれの調査年度および調査時期においても、「みおぎ」および「トサミドリ」に比べ明度および彩度の値が小さく、濃緑色であった。色相角度—h—は90度が黄

色、180度が緑色を示すため、「ピーマン高育交15号」は「みおぎ」および「トサミドリ」に比べ黄みが少なく緑に近い色相であった。

栽培様式および収穫時期における果皮の明度および彩度を比べると次のとおりであった。「ピーマン高育交15号」はいずれの栽培様式、収穫時期においても明度は同程度であった。

土耕栽培ではハイワイヤー養液栽培と比べ、彩度は大きく、色相角度はやや小さくなった。収穫時期による各値の変化および標準偏差は小さかった。「みおぎ」はいずれの栽培様式、収穫時期においても明度および彩度は同程度であった。土耕栽培ではハイワイヤー養液栽培に比べて色相角度が小さかった。「トサミドリ」では土耕栽培に比べハイワイヤー養液栽培で彩度および色相角度が大きかった。また、土耕栽培における2023年3月と6月の測定結果を比較すると明度および彩度が大きくなった。

表2 果実特性²⁾

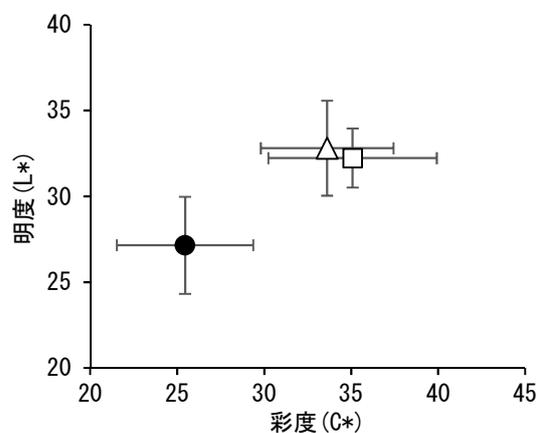
試験年度	系統・品種	果色 ^{y)}	しわ ^{y)}	光沢 ^{y)}	果揃い	こうあ部の深さ ^{y)}	果頂部の形状 ^{y)}	果重 (g)	果長 (cm)	果幅 (cm)	縦横比	果皮硬度 (g/3mmφ)	心室数 ^{y)}	果肉厚 (mm)
2018	ピーマン高育交15号	濃緑	中	中	中	やや凹	平	36	8.5	4.3	2.0	0.9	3	2.3
	みおぎ(対照)	緑	やや多	中	やや不良	平	平	34	8.4	4.5	1.8	0.8	3	2.2
	トサミドリ(参考)	緑	中	中	中	やや凹	平	31	7.8	4.1	1.9	0.9	3	2.4
2020	ピーマン高育交15号	やや濃緑	中	中	やや良	浅	やや凹	34	7.6	4.2	1.8	0.9	3	2.5
	みおぎ(対照)	緑	多	中	やや不良	浅	やや凹	32	8.3	4.2	2.0	0.7	3	2.3
	トサミドリ(参考)	緑	中	中	やや不良	中	やや凹	32	8.0	4.2	1.9	0.8	3	2.4
2022 土耕栽培	ピーマン高育交15号	濃緑	少	やや多	中	やや凹	やや凹	36	6.9	4.4	1.5	0.5	3	2.9
	みおぎ(対照)	緑	中	中	中	やや凹	やや凹	30	7.6	4.3	1.7	0.4	3	2.1
	トサミドリ(参考)	緑	中	中	中	やや凹	やや凹	32	7.6	4.3	1.8	0.4	3	2.3
2022 ハイワイヤー 養液栽培	ピーマン高育交15号	濃緑	少	中	やや良	平	平	37	6.9	4.5	1.5	0.5	4	2.8
	みおぎ(対照)	緑	中	中	中	やや凹	やや凹	28	7.5	4.2	1.8	0.5	3	2.2
	トサミドリ(参考)	緑	中	中	中	やや凹	やや凹	27	7.1	4.1	1.7	0.4	3	2.3

2) 調査日：2018；2019年1月21日に10果、2020；2021年1月20日～1月25日に20果、2022；2023年3月6日に5果、同年6月6日に5果。

y) 最頻値。



図2 「ピーマン高育交15号」の果実
(2020年12月2日撮影)



●ピーマン高育交15号 □みおぎ △トサミドリ

図3 果皮の明度および彩度(2020年度)²⁾

z) 2021年1月20日から1月25日に20果調査。

色差計は(株)日本電色工業NF333を使用。

$$\text{彩度}(C^*) = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

表3 果色²⁾

試験年度	系統・品種	調査日：2023年3月6日			調査日：2023年6月6日			平均		
		L*	c* ^{y)}	h ^{x)}	L*	c* ^{y)}	h ^{x)}	L*	c* ^{y)}	h ^{x)}
2020	ピーマン高育交15号	—	—	—	—	—	—	26.8	25.4	128.1
	みおぎ(対照)	—	—	—	—	—	—	32.2	35.0	125.3
	トサミドリ(参考)	—	—	—	—	—	—	32.8	33.5	123.1
2022 土耕栽培	ピーマン高育交15号	28.5	12.6	121.8	28.3	13.0	122.8	28.4	12.8	122.2
	みおぎ(対照)	35.7	20.5	114.2	34.9	22.4	114.1	35.3	21.4	113.7
	トサミドリ(参考)	33.2	21.3	114.7	37.3	25.3	112.3	35.2	23.3	113.2
2022 ハイワイヤー 養液栽培	ピーマン高育交15号	28.5	9.7	126.8	28.1	11.1	125.4	28.3	10.4	125.7
	みおぎ(対照)	34.1	20.4	117.1	35.9	21.9	115.9	35.0	21.1	116.3
	トサミドリ(参考)	34.7	21.7	115.6	35.5	22.1	116.1	35.1	21.9	115.7

z) 調査日：2020；2021年1月20日～1月25日に20果調査。色差計は(株)日本電色工業NF333を使用。

2022；2023年3月6日に5果、同年6月6日に5果調査。分光測色計(コニカミノルタ(株)CM-700d)を使用。

y) 彩度(C*) = $\sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$

x) 色相角度(h) = $\tan^{-1}(b^*/a^*)$

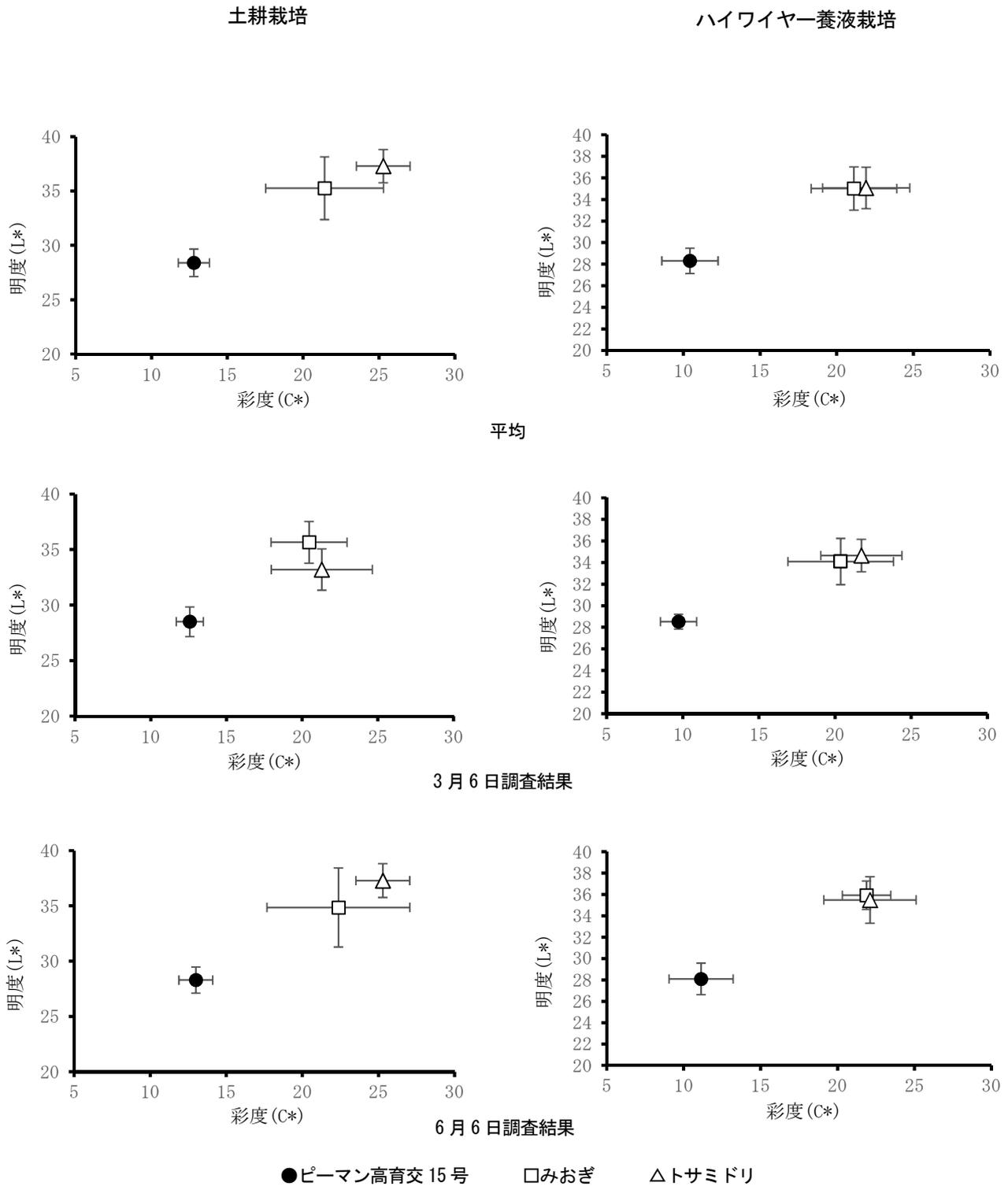


図4 果皮の明度および彩度(2022年度)²⁾

2) 2023年3月6日に5果、同年6月6日に5果について調査。
 分光測色計(コニカミノルタ(株)CM-700d)を使用。
 $彩度(C*) = \sqrt{(a*)^2 + (b*)^2}$
 エラーバーは標準偏差を示す。

3) 生育特性

2018年度および2020年度の供試系統・品種の栽培初期の生育特性を表4に示した。「ピーマン高育交15号」の草勢は「みおぎ」、「トサミドリ」と同程度かやや弱く、第1分枝下の側枝の吹きは同程度かやや弱かった。主茎長は同程度かやや長く、主茎径は同程度で、主茎節数はやや少ないか同程度であった。葉身長および葉幅はやや長かった。また、第1花開花日はやや遅かった。

供試系統・品種の摘心期の生育特性を表5に示した。

「ピーマン高育交15号」の草勢は「みおぎ」と同程度か強く、葉の大きさは同程度かやや大きかった。主茎径および主枝径はやや太かった。主枝節数は「みおぎ」より1節程度少なかった。

2022年度栽培初期の生育特性を表6に示した。「ピーマン高育交15号」の草勢は「みおぎ」および「トサミドリ」と同等で、第一分枝下の側枝の吹きは同程度かやや強かった。主茎径は同程度だった。主茎長は土耕栽培では「みおぎ」および「トサミドリ」に比べて長く、ハイワイヤー

養液栽培では「トサミドリ」に比べて長く「みおぎ」に比べて短かった。主枝長は土耕栽培では「みおぎ」および「トサミドリ」に比べて長く、ハイワイヤー養液栽培では「みおぎ」および「トサミドリ」に比べて短かった。また、節数はいずれの栽培においても「みおぎ」、「トサミドリ」に比べて少なかった。節間長は土耕栽培では最も長く、養液栽培では同等だった。第1花開花日はやや遅かった。

2022年度摘心期の生育特性を表7に示した。「ピーマン高育交15号」の草勢はやや強く、葉の大きさは土耕栽培では同等だが、ハイワイヤー養液栽培ではやや大きかった。節間長はいずれの栽培においても長く、「みおぎ」および「トサミドリ」に比べ3~4節程度節数が少なかった。

2. 「ピーマン高育交15号」および親系統のタバモウイルス抵抗性検定供試系統・品種のタバモウイルス抵抗性検定の結果を表8に示した。対照系統・品種の「昌介」、「チャガマラン」、「台パワー」、「L4台パワー」はTMGMVおよびPMMoV(P_{L2})に対し、それぞれ既報と同じL遺伝子型の

表4 栽培初期の生育特性(1)²⁾

試験年度	系統・品種	草勢	第1分枝下側枝の吹き	主茎径 ^{y)} (mm)	主茎長(cm)	主枝節数	葉長 ^{x)} (cm)	葉幅 ^{x)} (cm)	葉柄長 ^{x)} (cm)	草丈(cm)	第1花開花日
2018	ピーマン高育交15号	やや弱	中	8.3	30.9	8.3	22.8	10.7	9.8	48.5	9月24日
	みおぎ(対照)	中	中	8.6	28.4	8.8	19.9	8.5	10.4	56.6	9月21日
	トサミドリ(参考)	中	やや強	8.8	30.9	10.3	23.1	10.0	9.5	54.3	9月22日
2020	ピーマン高育交15号	中	中	10.4	34.0	12.1	21.0	9.7	8.7	58.0	9月22日
	みおぎ(対照)	中	やや強	10.4	31.1	12.0	21.1	8.4	9.3	65.6	9月19日
	トサミドリ(参考)	中	やや強	9.3	28.1	13.4	19.4	8.3	7.9	53.9	9月19日

z) 調査日：2018：2018年10月1日に4株。2020：2020年10月1日に10株。

y) 2018は地際から第1分枝までの中間部を測定。2020は分枝下3~4節目の中央部を測定。

x) 第1分枝の葉を測定。

表5 摘心時期の生育特性(1)²⁾

試験年度	系統・品種	草勢	葉の大きさ	主茎径 ^{y)} (mm)	主枝径 ^{x)} (mm)	主枝長(cm)	主枝節数(節)	節間長
2018	ピーマン高育交15号	中	中	14.9	8.5	122	18.8	-
	みおぎ(対照)	中	中	14.5	8.0	114	19.6	-
	トサミドリ(参考)	中	中	14.3	8.1	103	19.1	-
2020	ピーマン高育交15号	やや強	やや大	15.9	6.6	91	14.9	中
	みおぎ(対照)	中	中	15.4	6.2	95	15.9	中
	トサミドリ(参考)	やや弱	中	14.1	5.9	76	15.1	やや短

z) 調査日：2018：2018年11月28日に4株。2020：2020年11月10日に10株。

y) 2018：地際から第1分枝までの中央部を測定。2020：第1分枝下3から4節目の中央部を測定。

x) 2018：第一分枝から4~5節目の中央部を測定。2020：第一分枝から5~6節目の中央部を測定。

表6 栽培初期の生育特性(2)²⁾

試験年度	系統・品種	草勢	第1分枝下側枝の吹き	主茎径 ^{y)} (mm)	主茎長(cm)	主枝長(cm)	主枝節数(節)	節間長 ^{x)} (cm)	第1花開花日
2022 土耕栽培	ピーマン高育交15号	中	やや強	9.6	34.8	43	4.9	8.7	9月24日
	みおぎ(対照)	中	中	9.9	27.6	39	5.4	7.2	9月21日
	トサミドリ(参考)	中	やや強	9.6	26.4	38	5.6	6.8	9月21日
2022 ハイワイヤー 養液栽培	ピーマン高育交15号	中	やや強	10.0	37.8	50	5.8	8.6	9月24日
	みおぎ(対照)	中	中	9.9	40.4	64	7.2	8.9	9月22日
	トサミドリ(参考)	中	やや強	9.9	34.6	58	6.6	8.8	9月23日

z) 調査日：2022年10月12日に各系統5株ずつ調査。

y) 地際から第1分枝までの中間部を測定。

x) 節間長=主枝長÷節数

表7 摘心時期の生育特性(2)

試験年度	系統・品種	草勢	葉の大きさ	主枝長 (cm)	主枝節数 (節)	節間長 ^{x)}
2022 土耕栽培 ^{z)}	ピーマン高育交15号	やや強	中	111	12.3	9.1
	みおぎ(対照)	中	中	112	16.0	7.0
	トサミドリ(参考)	やや弱	中	108	16.8	6.4
2022 ハイワイヤー ^{y)} 養液栽培	ピーマン高育交15号	やや強	やや大	219	22.3	9.8
	みおぎ(対照)	中	中	222	24.9	8.9
	トサミドリ(参考)	中	中	226	26.2	8.6

z) 調査日：2022年12月27日に各系統5株ずつ調査。

y) 調査日：2023年4月17日に各系統5株ずつ調査。

x) 節間長=主枝長÷節数

表8 トバモウイルス抵抗性検定^{z)}

品種・系統	TMGMV (P ₀) 接種後の症状										PMMoV (P _{1,2}) 接種後の症状										推定されるトバモウイルス抵抗性遺伝子型	
	接種葉					上位葉					接種葉					上位葉						
	供試株数	個体数	検出の有無		個体数	検出の有無		判別不能	供試株数	個体数	検出の有無		個体数	検出の有無								
ピーマン高育交15号	5	5	0	4	1	0	5	0	5	0	5	5	0	5	0	0	5	0	5	0	5	L ³
(99B2-11-7-4×クブラ)-9ac2	5	5	0	4	1	0	5	0	3	2	5	5	0	5	0	0	5	0	5	0	5	L ³
京まつり ac2014-9	4	4	0	4	0	0	4	0	4	0	5	5	0	5	0	0	5	0	5	0	5	L ³
昌介(L ¹ 遺伝子型)	5	0	5	5	0	0	5	5	0	0	5	0	5	5	0	0	5	5	0	0	5	-
チャガマラン(L ^{1g} 遺伝子型)	5	5	0	4	1	0	5	0	5	0	5	0	5	5	0	0	5	4	1	0	5	-
台パワー(L ³ 遺伝子型)	4	4	0	4	0	0	4	0	4	0	5	5	0	5	0	0	5	1	4	0	5	-
L4台パワー(L ⁴ 遺伝子型)	4	2	2	2	2	0	4	0	4	0	4	4	0	4	0	0	4	0	4	0	4	-

z) 2020年6月11日にカーボランダム法による接種(TMGMV:50ng/10mL, PMMoV (P_{1,2}):10ng/10mL)、同年6月17日に目視によるえそ斑の確認およびDIBA法によるウイルス検出。

LL:局部えそ, SN:全身えそ, SL:無病徴, +:ウイルス検出(DIBA法), -:ウイルス非検出(DIBA法)

反応を示した。「ピーマン高育交15号」および親系統である「(99B2-11-7-4×クブラ)-9ac2」, 「京まつり ac2014-9」は, TMGMV 接種では, 接種葉にえそ症状がみられ, DIBA 法によるウイルス検定では TMGMV が検出されたが, 上位葉は無病徴であり, DIBA 法では TMGMV は検出されなかった。PMMoV (P_{1,2}) 接種では, 接種葉にえそ症状がみられ, DIBA 法では PMMoV (P_{1,2}) が検出されたが, 上位葉は無病徴であり, DIBA 法では PMMoV (P_{1,2}) は検出されなかった。

3. 「ピーマン高育交15号」の現地実証試験

1) 収量特性

「ピーマン高育交15号」と対照品種の収量特性を表10に示した。安芸市1および四万十市においては「ピーマン高育交15号」のA品収量は対照品種より多かった。香南市および南国市では対照品種よりもA品収量が少なかった。総収量は試験場所により異なる傾向を示した。「ピーマン高育交15号」のA品率は香南市を除いて対照品種に比べて高かった。

表9 現地実証試験における耕種概要

試験場所	品種・系統 ^{z)}	備考
安芸市1	試験区: 「ピーマン高育交15号」(11株/実生) 対照区: 「みおぎ」(実生)	播種日: 2020年8月10日 定植日: 2020年9月4日 栽培方法: 土耕栽培 栽植様式: うね幅170cm, 株間35cm, 1条植え, 主枝2本仕立て 最低夜温: 18~20℃
安芸市2	試験区: 「ピーマン高育交15号」(20株/実生) 対照区: 「みおぎ」(実生)	播種日: 2020年7月5日 定植日: 2020年7月30日 栽培方法: 養液栽培(ロックウール) 栽植様式: うね幅135cm, 株間30cm, 1条植え, 主枝2本仕立て 最低夜温: 18℃
土佐市	試験区: 「ピーマン高育交15号」(13株/実生) 対照区: 「みおぎ」(実生)	播種日: 2020年7月28日 定植日: 2020年8月25日 栽培方法: 養液土耕栽培 栽植様式: 畝幅180cm, 株間60cm, 2条植え, 主枝2本仕立て 最低夜温: 18~19℃, 着果数や時期によりプレナイトドロップ(16℃)を実施
四万十市	試験区: 「ピーマン高育交15号」(10株/「台助」) 対照区: 「みはた2号」(「台助」)	定植日: 2020年8月19日 栽培方法: 養液土耕栽培 栽植様式: うね幅140cm, 株間70cm, 1条植え, 主枝4本仕立て 最低夜温: 16℃
香南市	試験区: 「ピーマン高育交15号」(350株/「台助」) 対照区: 「みおぎ」(台木「台助」)	定植日: 2022年9月17日 栽培方法: 土耕栽培 栽植様式: うね幅160cm, 株間60cm, 1条植え, 主枝4本仕立て 最低夜温: 20℃
南国市	試験区: 「ピーマン高育交15号」(150株/「みやざき台木5号」) 対照区: 「みおぎ」(「みやざき台木5号」)	定植日: 2022年9月4日 栽培方法: 土耕栽培 栽植様式: うね幅150cm, 株間60cm, 2条植え, 主枝2本仕立て 最低夜温: 20℃

z) ()内は試験区の定植株数および台木品種を示す

2) 果実特性

「ピーマン高育交15号」と対照品種の果実特性を表11に示した。「ピーマン高育交15号」の果実特性は対照品種と比べいずれの試験場所でも次のとおりの傾向であった。すなわち、果色は濃く、やや濃緑から濃緑、こうあ部の深さ、果長、果幅、縦横比は対照品種と同程度、果重はやや重く、果肉は厚く、果皮硬度は高かった。

3) 生育特性

「ピーマン高育交15号」と対照品種の生育特性を表12に示した。「ピーマン高育交15号」の主茎長は、対照品種と比べやや長〜長く、主茎径はやや太い傾向がみられ、主枝長は同程度であった。主枝節数は同程度か2節程度の差であった。

表10 現地実証試験における収量特性

試験場所	系統・品種	A品 (kg/m ²)	A品以外 (kg/m ²)	総収量 (kg/m ²)	A品率 (%)
安芸市 ¹⁾	ピーマン高育交15号	11.3	1.2	12.5	90.3
	みおぎ(対照)	7.3	3.7	11.0	66.1
四万十市 ^{y)}	ピーマン高育交15号	9.0	0.4	9.4	95.6
	みはた2号(対照)	8.2	1.5	9.7	84.7
香南市 ^{x)}	ピーマン高育交15号	6.9	1.6	8.5	79.9
	みおぎ(対照)	15.9	2.9	18.8	83.4
南国市 ^{w)}	ピーマン高育交15号	18.2	0.3	18.5	98.2
	みおぎ(対照)	19.8	2.6	22.4	89.7

z) 調査期間：2020年10月～2021年3月。各系統10株調査し、面積当たり重量(kg/m²)に換算した。

y) 調査期間：2020年12月～2021年3月。「ピーマン高育交15号」は10株、「みはた2号」は48株調査し、面積当たり重量(kg/m²)に換算した。

x) 調査期間：2022年10月～2023年6月。各系統5株調査し、面積当たり重量(kg/m²)に換算した。

w) 調査期間：2022年10月～2023年4月。各系統5株調査し、面積当たり重量(kg/m²)に換算した。

表11 現地実証試験における果実特性

検定場所	品種・系統	果色	こうあ部の深さ	果頂部の形状	果長 (cm)	果幅 (cm)	縦横比	果重 (g)	果肉厚 (mm)	果皮硬度 (g/3mmφ)
安芸市 ¹⁾	ピーマン高育交15号	やや濃緑	浅	平	8.0	3.9	2.0	33	2.2	1.0
	みおぎ(対照)	緑	浅	やや凸	7.9	4.2	1.9	31	1.7	0.8
安芸市 ²⁾	ピーマン高育交15号	やや濃緑	浅	やや凹	7.7	4.3	1.8	40	2.4	1.1
	みおぎ(対照)	緑	浅	やや凹	7.9	4.1	1.9	31	1.9	0.9
土佐市 ^{y)}	ピーマン高育交15号	濃緑	浅	平	7.3	4.0	1.8	33	2.7	1.0
	みおぎ(対照)	緑	浅	やや凹	7.7	4.2	1.8	31	2.3	0.9
四万十市 ^{x)}	ピーマン高育交15号	やや濃緑	浅	やや凹	7.3	4.1	1.8	32	2.5	0.9
	みはた2号(対照)	緑	浅	やや凸	7.6	4.2	1.8	30	2.2	0.9

z) 2021年1月5日にAM品5果を調査。

y) 2021年1月18日にAM品5果を調査。

x) 2021年1月28日にAM品5果を調査。

表12 現地実証試験における摘心期の生育特性

検定場所	系統・品種	主茎長 (cm)	主茎径 ^{u)} (mm)	主枝長 (cm)	主枝 節数
安芸市 ^{z)}	ピーマン高育交15号	36.8	12.7	87	12
	みおぎ(対照)	34.2	11.1	79	12
安芸市 ^{y)}	ピーマン高育交15号	29.4	18.3	105	12
	みおぎ(対照)	26.0	17.2	109	10
土佐市 ^{x)}	ピーマン高育交15号	39.2	12.7	97	11
	みおぎ(対照)	31.6	12.8	104	12
四万十市 ^{w)}	ピーマン高育交15号	37.0	15.6	107	13
	みはた2号(対照)	32.0	15.4	103	11
香南市 ^{v)}	ピーマン高育交15号	47.0	15.7	106	12
	みおぎ(対照)	26.0	14.3	107	15
南国市 ^{v)}	ピーマン高育交15号	-	14.4	73	9
	みおぎ(対照)	-	14.5	79	9

z) 2020年11月2日に5株調査。

y) 2020年9月30日に5株調査。

x) 2020年10月19日に5株調査。

w) 2020年10月29日に5株調査。

v) 2022年12月に5株調査。

u) 主茎径は分枝下から3~4節目の中央部を測定。

考 察

ピーマンと同じ *Capsicum* 属のトウガラシは、15°C以下になると生育が不良になり、落花や着果不良などにより収量が著しく減少するとされている⁹⁾。しかし、「ピーマン高育交15号」の可販果収量およびA品収量は、いずれの試験年度でも最低夜温16°Cの条件で対照品種「みおぎ」を上回った。また、ピーマンの低温栽培では特に夜間の低温によって、花粉の発芽が不良となるために石果が発生しやすく、花器の発育が異常となり小型で不整形な果実となるために⁹⁾、果実品質が低下しやすいと考えられる。しかし、本試験において、「ピーマン高育交15号」のA品率は栽培全期通して高く、厳寒期においても高く維持されていることから、夜間の低温による果実品質への影響は小さかったと推察される。これらのことから、「ピーマン高育交15号」は低温への耐性を有することが示唆された。今後は、「ピーマン高育交15号」を有望な耐低温性濃果色系統として現場導入を図るとともに、低温下でも収量性、花粉稔性が高い品種を育成するための育種素材として活用する。

「ピーマン高育交15号」は、「みおぎ」、「トサミドリ」に比べて明度および彩度の値が小さく濃い果色であった。これは、果皮の明度が小さいほど黒に近い果色、彩度が小さいほど灰色に近い果色となり、目視では暗く濃い色に見えるためである。また、色差計で測定した明度および彩度について、「ピーマン高育交15号」は個体による色のばらつきが小さかった。2023年3月と6月の測定結果を比較すると「トサミドリ」は6月の調査で明度および彩度が高くなり、淡い色になっているのに対して、「ピーマン高

育交15号」は収穫時期による果色の変化が少ないことが示唆された。そのため春先の着果負担、肥切れ等による淡色化や白果、厳寒期のアントシアン果といった着色不良が起りにくく、こういった点もA品率の高さに寄与していると考えられた。

「ピーマン高育交15号」は、果長、果重、果肉厚について、「みおぎ」と異なる特性を示した。「みおぎ」と比べて果長が小さい傾向がある一方で、果重は2~9g程度重い。これは、果肉厚が厚いためであると推察される。

「ピーマン高育交15号」の初期の生育特性として、「みおぎ」および「トサミドリ」と比べ草勢は同等かやや強いが、主枝長の伸長速度や第一花の開花日がやや遅い傾向がある。摘心時期の生育特性においては、主茎径および主枝径が太く、草勢がやや強い。また、主茎長および節間長が長いと、摘心位置が同じ場合主枝長が短く、主枝の節数が少なくなる。節間長を抑制し側枝の発生を盛んにするには主枝を開帳気味に誘引し、側枝を捻枝等でやや水平にし、適宜整枝や摘葉を行うことが有効である⁴⁾。「ピーマン高育交15号」は主枝が強く誘引できる時期が限られるため、作業適期を逃さないよう管理する必要がある。限られた栽培空間の中で、収穫できる側枝数が少なくなることは収量低下につながるため、主茎長および節間長の短縮についても今後改良の必要がある。また、主茎長および節間長が長く葉が大きい「ピーマン高育交15号」の特性は、葉で受光が制約されやすく側枝を1~2節で切り戻すハイワイヤー養液栽培には適さないと考えられる。

現地実証試験の結果および生産者からの意見は次のとおりである。収量特性について、収穫開始時期が「みおぎ」

に比べ約2~3週間遅れたために初期収量が少なく、3月中旬以降は対照品種の収量を超える日が多くなり総収量は大きな差はなかった。果実特性については、果色の濃さは厳寒期および春先でもほぼ変わることがなかった、低温によるアントシアニン着色や果形の変形、春先の尻腐れ果や白果はほとんど発生しなかった。また、外観の大きさより果重が重く、JA高知県出荷規格に基づき30gを目安に収穫すると、見た目が小ぶりの果実になりやすい。見た目の収穫適期より早く収穫してしまっても規格に合っているため収穫しやすいという声もあるが、出荷場で規格外とされてしまう可能性がある。見た目の重量感や果色の濃さについて「みおぎ」等の他の品種との差異が大きいため、生産者には収穫適期の見直し、JAや出荷場には果実特性、出荷時や袋詰め時の扱いについて理解してもらう必要がある。生育特性については、初期の草勢が強くと主枝径がやや太く枝も曲がり難いため、誘引ができる期間が短く、側枝を長く寝かせる仕立て方法には向かない、主茎長や節間長が長くなりやすく主枝の節数が少ない、「みおぎ」と同様の管理をしていると肥切れの症状が出るため灌水量および追肥量をより多く管理すべき、といった意見があった。

現在栽培されているピーマン品種は、トバモウイルス抵抗性 L^3 遺伝子を持つものが多く、本県の産地からも同遺伝子を持つ品種の育成が求められている。トバモウイルス抵抗性検定では、「ピーマン高育交15号」およびその親系統は、TMGMV、PMMoV(P_1)で接種葉にえそ症状を示し、上位葉へのウイルスの移行はみられなかったことから、えそ症状は抵抗性による過敏感反応であり、いずれの系統も両ウイルスに対し抵抗性を持ち、「ピーマン高育交15号」はトバモウイルス抵抗性 L^3 遺伝子をホモに持つと推測された。

以上より、慣行温度より2℃低い最低夜温16℃条件下でA品収量が多く、A品率が高く、果色が濃く、トバモウイルス抵抗性 L^3 遺伝子をホモに持つ「ピーマン高育交15号」は、本県のピーマン生産における燃料費の削減、収入の増加、トバモウイルスに対する抵抗性の安定化および抵抗性打破ウイルスの発生抑制に寄与できる。また、みどりの食料システム戦略にも掲げられている「地球にやさしいスーパー品種等の開発・普及」および「気候変動に適応する生産安定技術・品種の開発・普及」に貢献できると考えられる。

利益相反の有無

すべての著者は開示すべき利益相反はない。

引用文献

- 1) Hibi, T. and Y. SAITO (1985). A Dot Immunobinding Assay for the Detection of Tobacco Mosaic Virus in Infected Tissues. J. gen. Virol. 66:1191-1194.
- 2) 細美祐子・澤田博正・新田益男・松本満夫(2007). ピーマン新品種「トサミドリ」および「トサミドリ2号」の育成. 高知農技セ研報. 16:45-52.
- 3) 細美祐子・山田美保江・澤田博正・岡田昌久・松本満夫(2014). トウガラシ台木品種「チャガマラン」の育成. 高知農技セ研報. 23:39-47.
- 4) 加藤徹(1983). ピーマン=植物としての特性. 農業技術体系野菜編5. P.17.
- 5) 加藤徹(1983). 生育のステージと生理, 生態. 農業技術体系野菜編5. PP.54-55.
- 6) 古谷眞二(1991). 土壌病害. こうち21世紀をひらくくらしと農業《別冊》. 2:31-33.
- 7) 高知県農業振興部(2023). 高知県の園芸. PP20-22
- 8) 松永啓・齋藤猛雄・斎藤新・吉田建実・佐藤隆徳・坂田好輝・門馬信二(2015). 青枯病および疫病抵抗性を有する台木用トウガラシ品種「L4 台パワー」および「台ちから」の育成経過とその特性. 野茶研報. 14:39-56.
- 9) 三浦周行. 低温によるピーマンの花および果実の発育異常(2012). 農業および園芸. 87:326
- 10) 齋藤新・松永啓・斎藤猛雄・吉田建実・山田朋宏・佐藤隆徳(2011). 疫病・青枯病およびモザイク病(PMMoV)抵抗性のピーマン・トウガラシ類台木用品種「台パワー」の育成とその特性. 野茶研報. 10:39-50.
- 11) Suzuki, N., Shirako, Y. and Ehara, Y. (1990). A Simple method for elimination of non-specific reactions in non-precoated indirect and electroblot enzyme-linked immunosorbent assay procedures used for detection of zucchini yellow mosaic virus. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 56:337-341.
- 12) 竹内繁治(2000). *Capsicum*属におけるトバモウイルス病の発生生態とその防除に関する研究. 高知農技セ特報. 3:1-52.

Summary

We have bred a new variety of sweet pepper, 'Sweet Pepper Koikuko No. 15', suitable for forcing cultivation at minimum night temperature of 16°C. 'Sweet Pepper Koikuko No. 15' was judged to be promising because it showed high yield and quality fruit to the standard cultivars in three years of productivity tests and field test. The characteristics of this variety are summarized as follows.

1. Under the minimum night temperature of 16°C, it showed the following characteristics compared to the standard variety 'Miogi': high A-product ratio, equal to or high yield. The skin color was dark.
2. It is resistant to pepper mild mottle virus pathotype 1, 2 (PMMoV(P_{1,2})).

key words:dark green sweet pepper ,low temperature resistance,F₁ hybrid,PMMoV(P_{1,2})-resistance