辛味果実の発生しない甘トウガラシ新品種 ‘京都万願寺 2 号’ の育成

南山泰宏^{1a*}・古谷規行¹・稲葉幸司^{2b}・浅井信一²・中澤 尚³

¹ 京都府農林水産技術センター生物資源研究センター 619-0244 京都府相楽郡精華町北稲八間

² 京都府農林水産技術センター農林センター 621-0806 京都府亀岡市余部町

³ 京都府立農業大学校 623-0221 京都府綾部市位田町

A New Sweet Pepper Variety, ‘Kyoto Manganji No. 2’, with Non-pungent Fruit

Yasuhiro Minamiyama^{1a*}, Noriyuki Furutani¹, Koji Inaba^{2b}, Shinichi Asai² and Takashi Nakazawa³

¹ Kyoto Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Center, Biotechnology Research Department, Kitainayazuma, Seika, Soraku, Kyoto 619-0244

² Kyoto Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Center, Agriculture and Forestry Technology Department, Amarube, Kameoka, Kyoto 621-0806

³ Kyoto College of Agriculture, Iden, Ayabe, Kyoto 623-0221

Abstract

A sweet pepper, ‘Manganji’, is a local variety in Kyoto. However, fruits with pungency are frequently produced depending on the environmental conditions, e.g., high temperature or water stress. Previous studies reported that the complete lack of pungency was controlled by a single recessive gene. In this study, we developed a molecular marker (SCY-800) linked to this locus. A continuous backcross [(a bell pepper variety ‘Tongari’ × ‘Kyoto Manganji No. 1’) × ‘Kyoto Manganji No. 1’] with the help of marker-assisted selection was carried out in order to develop a novel non-pungent variety, ‘Kyoto Manganji No. 2’, by transferring the recessive gene to the original variety ‘Manganji’. In the new variety, pungent fruits were not observed at all in two different fields throughout two years. Other undesirable fruit characters (anthocyanin accumulation at pericarp, short fruit length, etc.) were found at very low frequencies as compared to ‘Kyoto Manganji No. 1’. Overall, our new variety, ‘Kyoto Manganji No. 2’, would be useful for the production of non-pungent pepper in Kyoto.

Key Words : continuous backcross breeding, marker-assisted selection, pungency

キーワード : 辛味形質, マーカー選抜, 連続戻し交雑育種

緒 言

現在栽培されているトウガラシには、カプサイシノイドと呼ばれる辛味成分を合成し、主に香辛料用として栽培されている品種群と、辛味がなく、大きな果実を主な特徴とする生食用の品種群の2種類がある。しかし、‘ししとう’や‘伏見甘長’のように、生食用品種として栽培されている品種においても、栽培環境によっては強い辛味果実を発生するものがある (Estrada ら, 1999; Harvell・Bosland, 1997; 曹ら, 1997)。これまで、このような生食用品種での辛味果実の発生条件はほとんど明らかにされておらず、栽培技術

だけでその発生を完全に抑えることはできないのが実情である。

京都府舞鶴市で在来の大型甘トウガラシとして栽培されている‘万願寺’では、‘ししとう’などと同様に、栽培環境により辛味の強い果実が発生することがあった。そのため、京都府では在来系統の中から純系分離により辛味果実の発生が少ない‘京都万願寺 1 号’を育成し (南山・稲葉, 2007)、『万願寺』栽培産地において普及を図った。しかし、辛味果実の発生を完全になくすまでには至らず、さらに低温期にアントシアニン着色果実、夏季に短形果が発生し、秀品率の低下が懸念されている。

一方、ピーマンの生食用品種では辛味果実が全く発生しない品種群があり、それらでは単一の劣性遺伝子がカプサイシノイド合成経路を遮断していると推察されている (Daskalov・Poulos, 1994; Deshpande, 1935; 南山, 2002)。「万願寺」を品種改良した‘京都万願寺 1 号’に本劣性遺伝子を導入することにより、辛味果実が全く発生しない生食用トウガラシ品種を育成できると考えた。そこで、効率的に育種を

2011 年 9 月 27 日 受付. 2012 年 1 月 11 日 受理.

本研究は、農林水産省プロジェクト研究「新鮮でおいしい『ブランド・ニッポン』農産物提供のための総合研究」の助成により実施した。

Corresponding author. E-mail: minami@center.wakayama-u.ac.jp

^a 現在 : 和歌山大学教育学部 640-8510 和歌山市栄谷 930

^b 故人

進めることを目的として、この劣性遺伝子と共分離する DNA マーカーを開発した (南山・井上, 2006; Minamiyama ら, 2005). 次に、ピーマン品種‘とんがり’に‘京都万願寺1号’を連続戻し交雑する過程においてマーカー利用選抜を行うことにより、辛味果実が全く発生しない新品種‘京都万願寺2号’を育成した. この品種は2009年4月に品種登録出願後、2011年3月に品種登録され (品種登録番号第20759号)、現在、‘万願寺’栽培産地に普及し始めている. 本報では、‘京都万願寺2号’の育成経過と‘京都万願寺1号’との特性の違いについて述べる.

材料および方法

1. ‘京都万願寺2号’の育成

辛味果実が全くなく、中長果型で大型のピーマン品種‘とんがり’ (ナント種苗) を種子親に、京都府育成の甘トウガラシ品種‘京都万願寺1号’を花粉親として2000年に人工交配を行い、以後、‘京都万願寺1号’の連続戻し交雑を進めた (第1図). 2003年に、山口・湯地 (1995) の蒔培養法により BC_3F_1 世代由来倍加半数体を作成した. 辛味遺伝子座に連鎖した DNA マーカーによる選抜は、 BC_2F_1 以降の世代について SCY-800 マーカー (Minamiyama ら, 2005) を用いて行った. さらに、マーカー選抜した BC_2F_1 、 BC_3F_1 および BC_4F_1 個体の自殖後代である BC_2F_2 、 BC_3F_2 および BC_4F_2 世代を、辛味果実の有無や果実特性に関する後代検定に供試した. 2004年からは、作出した倍加半数体の自殖後代系統をビニルハウスで栽培し、3か年を経て1優良系統を選抜した. 系統選抜は、従来の‘万願寺’の特徴をもち、辛味果実が全くなく、アントシアニン着色果実や短形果の発生が少ないといった形質に特に着目して行った. 2007年には、最終的に最も特性の優れた系統 (BC_5DH35) を、野菜品種特性分類調査基準ピーマン (農林水産省, 1998) に準じて特性調査を行い、‘京都万願寺2号’として育成を終えた.

2. ‘京都万願寺2号’の辛味果実発生調査

‘京都万願寺2号’、‘京都万願寺1号’および‘万願寺’の収穫果実を用い、辛味果実の発生調査を官能試験と化学成分分析により行った. 官能試験については、京都府農林水産技術センター農林センターにおいて、2006年と2007年の2か年にわたって収穫した果実から、任意に選んだ100個以上を用いた. 具体的には、以下の3つのカテゴリーに果実を分類した: 全く辛味を感じないものは「辛味なし」、

第1図 ‘京都万願寺2号’の育成経過

二重線で囲んだ世代は、後代検定に用いた世代を示す

二重縦線は、SCY-800 マーカーにより選抜したことを示す

わずかに辛味を感じるものは「辛味弱」、強く辛味を感じてしばらく刺激が残るものは「辛味強」。さらに、2007年に京都府農林水産技術センター生物資源研究センターにて収穫した果実について、化学成分の分析を南山 (2002) の方法に準じて行った. 分析に際して、1品種について10個の果実を供試した. 黄色く着色した胎座部が認められた果実を用い、凍結乾燥後に粉碎した乾物1gを5mLの溶媒 (アセトン: 酢酸エチル=1:1) に浸漬し、粗抽出物を準備した. この抽出液の上清1mLを減圧乾固した後、100 μ Lのメタノールに溶解したものをカプサイシノイドの分析試料とした. カプサイシノイドの定性・定量は、高速液体クロマトグラフィー (HPLC; LC-10, 島津製作所) を用い、メタノール抽出液10 μ Lを4.6 mm $\times$ 150 mm の Shim-pack VP-ODS カラム (島津製作所) に注入し、カラム温度40°C、移動相は70%メタノール、流速1 mL $\cdot$ min⁻¹、吸光度280 nmで行った. カプサイシン、ジヒドロカプサイシンおよびノルジヒドロカプサイシンの主要3成分の総計を、カプサイシノイド含量として算出した.

3. ‘京都万願寺2号’における収量および果実形質の調査

2006年と2007年に生物資源研究センターと農林センターにおいて、対照品種に‘京都万願寺1号’を用い、ビニルハウス栽培による‘京都万願寺2号’の収量調査を行った. 耕種概要は第1表に示した通りで、追肥は植物体の様子を

第1表 ‘京都万願寺2号’の育成地における栽培概要

試験地	年次	播種日 (月/日)	定植日 (月/日)	畝幅 (m)	株間 (cm)	仕立て法	基肥 (kg $\cdot$ a ⁻¹)			試験規模
							N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
生物資源研究 センター	2006	1/20	3/24	1.8	40	主枝V字3本	2	2	1.5	8株3反復
	2007	1/22	4/13	1.8	40	主枝V字3本	2	2	1.5	8株3反復
農林センター	2006	1/20	3/22	1.8	50	主枝V字4本	2	2	1.5	5株2反復
	2007	1/22	3/26	1.8	50	主枝V字4本	1.4	1.4	1.4	5株2反復

見ながら適宜行った。収量調査は、生産地で行なわれている出荷規格に合わせて秀、優、良および規格外品に分類して行った。アントシアニン着色果実や短形果（13 cm 以下）の調査も、収量調査と合わせて行った。果実形質については、2007 年の 5 月 29 日と 7 月 10 日に収穫した秀品の中から、中庸の果実を各 10 個、1 品種当たり 20 果実を用いて調査した。

結 果

1. ‘京都万願寺 2 号’ の育成

‘京都万願寺 2 号’の育成経過を第 1 図に示す。DNA マーカーが利用できなかった BC_1F_1 世代においては、まず任意に選んだ 8 個体から自殖種子（ BC_1F_2 世代）をそれぞれ採種した。その後、南山（2002）の方法によりガラス温室内にて辛味形質の後代検定を行ったところ、同世代の 3 系統にて本形質の分離がみられたので、‘京都万願寺 1 号’の花粉を用いた戻し交雑を継続した。

$BC_2F_1 \sim BC_4F_1$ 世代では、幼苗段階で SCY-800 マーカー座がヘテロ接合性（第 2 図）を示した個体に戻し交雑するとともに、後代検定用の自殖種子を各世代にて採種した。後代検定には、 BC_2F_2 を 14 系統、 BC_3F_2 を 10 系統および BC_4F_2 を 10 系統それぞれ用いた。なお、系統内の検定個体数を少なくするために、 BC_3F_2 と BC_4F_2 世代は、幼苗段階で SCY-800 マーカー座が‘とんがり’由来のアリルだけを持つホモ接合性個体のみを供試した。辛味形質に関する後代検定の結果、全 34 系統において辛味果実を発生しない個体を確認し、マーカー座がヘテロ接合性を示した $BC_2F_1 \sim BC_4F_1$ 世代の 34 個体では、辛味遺伝子座もヘテロ接合性であることが明らかになった。また、辛味形質の調査と同時に、アントシアニン着色果実の発生や果実形状について観察を行い、これらの形質が良好であった系統を選抜し、戻し交雑を繰り返した。

最終的に、系統選抜された BC_5F_1 世代に見いだされた優良個体の花蕾を薬培養に供試した結果、得られた 83 個体の倍加半数体から、SCY-800 マーカーが‘とんがり’と同じホモ接合性を示す 38 個体が選抜された。さらに、それらの中の 33 個体から自殖種子がそれぞれ得られた。そこで、2004～2007 年のビニルハウスで $BC_5F_1DHS_1$ 世代の栽培を試みたところ、33 系統のうち 2 系統のみで辛味果実の発生が認められた。また、アントシアニン着色果実の発生程度、収量および果実特性を調査し、最も特性が優れた系統を選抜して、‘京都万願寺 2 号’とした。

2. ‘京都万願寺 2 号’の辛味形質

官能試験による辛味果実の発生調査の結果を第 3 図に示した。2006 年と 2007 年において、‘京都万願寺 2 号’からの辛味果実の発生は、全く認められなかった。一方、‘京都万願寺 1 号’では、「辛味強」の果実は全くなく、「辛味弱」が 2006 年で 6%，2007 年で 3% となり、辛味果実の発生がわずかに認められた。また、‘万願寺’については、2006

第 2 図 戻し交雑第 1 代における SCY-800 マーカーの分離の様相

M は万願寺ホモ接合型，H はヘテロ接合型を示す

第 3 図 万願寺トウガラシ 3 品種の辛味果実発生率の比較
棒グラフ中の数値は、各カテゴリーの果実発生率を示す

第 2 表 万願寺トウガラシ 3 品種の果実における辛味成分含量の比較^z

品種名	カプサイシノイド含量 ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{DW}$)		
	最小	最大	平均
京都万願寺 2 号	0	0	0
京都万願寺 1 号	0	649	81
万願寺	33	3,786	898

^z 各品種について、10 個の果実の分析から得られた数値データを示す

年のみ調査を行い、「辛味なし」は 41%，「辛味弱」は 40%，「辛味強」が 19% で、調査した果実の半分以上が辛味を呈した。

次に、化学成分分析による調査の結果を第 2 表に示した。‘京都万願寺 2 号’では、10 果実すべてでカプサイシノイドが検出されなかった。これに対して、‘京都万願寺 1 号’

第3表 ‘京都万願寺2号’ と ‘京都万願寺1号’ の果実形質^z

品種名	果実重 (g)	果実長 (cm)	果実幅 (mm)	果柄長 (cm)	果柄幅 (mm)	果肉厚 (mm)	果実当たり種子数 (粒)
京都万願寺2号	25.6	18.0** ^y	26.7	3.1	6.7	2.7	55
京都万願寺1号	25.1	16.1**	26.7	2.9	6.7	2.7	65

^z表中の数値は、20 果実の平均値を示す^y**は、品種間においてt検定により1%水準で有意差があることを示す

第4表 ‘京都万願寺2号’ と ‘京都万願寺1号’ のアントシアニン着色 (AC) 果実の発生量の比較

品種名	2006 年			2007 年		
	総果実数	AC 果実数	発生率 (%)	総果実数	AC 果実数	発生率 (%)
京都万願寺2号	6,069	73	1.2** ^z	2,922	28	1.0**
京都万願寺1号	5,559	459	8.3**	2,475	364	14.7**

^z**は、同一調査年の品種間において χ^2 検定により1%水準で有意差があることを示す

京都万願寺2号

京都万願寺1号

第4図 ‘京都万願寺2号’ と ‘京都万願寺1号’ の果実形状

のカプサイシノイド含量は0～649 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ DW の範囲となり、5 果実でカプサイシノイドが検出され、10 果実の平均含量は81 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ DW であった。また、‘万願寺’ は、すべての果実でカプサイシノイドが検出され、その範囲は33～3,786 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ DW で、平均含量は898 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ DW であった。

3. ‘京都万願寺2号’ のその他の特性

果実形状に関する形質の調査結果を第3表にまとめた。20 果実の ‘京都万願寺2号’ の果実長の平均は18.0 cm で、‘京都万願寺1号’ の16.1 cm よりも約2 cm 長かった。さらに、果実長の品種間差をt検定により検証してみると、1%水準で有意差が認められた ($P=1.3\cdot 10^{-6}<0.01$)。また、その他の果実形質に関しては、品種間ではほとんど差はなく、第4図に示したように外観は極めて類似していた。しかし、全収穫果実についてアントシアニン着色果実数を調査したところ、どちらの年の発生率も ‘京都万願寺2号’ の方が低かった (第4表)。また、2年分の調査データを用いたカイ2乗検定により、品種間におけるアントシアニン発生率の独立性を調査年ごとに検証したところ、ともに1%水準で有意差が検出された [$\chi^2=331$ (2006 年) と 376 (2007

第5表 ‘京都万願寺2号’ と ‘京都万願寺1号’ の収量性の比較^z

品種名	生物資源研究センター		農林センター	
	2006 年	2007 年 ^y	2006 年	2007 年
京都万願寺2号	388/600	217/301	369/495 (57) ^x	574/626 (13)
京都万願寺1号	313/550	206/295	312/505 (143)	370/553 (157)

^z表中の数値は、上果収量 (秀品と優品) / 可販果収量 (秀、優および良品) を示し、単位は $\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ ^y生物資源研究センターの2007年調査は、PMMoVの発生により7月で調査を終了した^x括弧内の数値は、果実長が13 cm以下の良品果実収量を示す年)、両年ともに $P<0.01$]

その他の野菜品種特性分類調査基準に示される特性項目について、2階級以上の違いが認められた形質は、第1分枝の角度だけであった。第1分枝の角度は、‘京都万願寺1号’ に比べて ‘京都万願寺2号’ でやや狭く、後者の草姿が立性であることを示した。

異なる2つの圃場における2年分の収量調査の結果を第5表に示した。可販果収量と上果収量 (秀品と優品) を場所と年次ごとに比較したが、有意な品種間差は認められなかった (統計処理結果は省略)。しかし、2006年の農林センターにおける可販果収量を除いて、‘京都万願寺2号’ の収量の方が ‘京都万願寺1号’ よりもやや多く、特に上果の収量が多い傾向にあった。また、農林センターでの良品 (果実長13 cm以下) の収量調査において、‘京都万願寺1号’ では2006年と2007年でそれぞれ143と157 $\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ であったのに対し、‘京都万願寺2号’ ではそれぞれ13と57 $\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ と半分以下であった。

考 察

カプサイシノイド合成経路を遮断している劣性遺伝子を、連続戻し交雑により ‘万願寺’ に導入することで、辛味果実が全く発生しない甘トウガラシ品種 ‘京都万願寺2

号’を育成した。‘京都万願寺2号’の栽培時に、辛味果実を全く発生しないことの確認は、官能試験と化学成分分析の2通りの方法を用いて行った。官能試験では、任意に抽出した100個以上の果実を2か年調査した。辛味果実の発生が極めて少ないとされてきた‘京都万願寺1号’では、両年ともに「辛味弱」が3～6%の割合で発生したが、‘京都万願寺2号’では調査したすべての果実が「辛味なし」であった。一方、南山(2002)によると、胎座が黄色く着色しつつカプサイシノイドを合成する果実を産する品種は、黄色部に辛味成分が蓄積するが、合成経路が遮断されている品種は蓄積しないとされている。そこで、化学成分分析には胎座に黄色の着色がある果実を供試した。‘京都万願寺1号’では、‘万願寺’と比べてカプサイシノイド含量は少なかったが、前者から任意に選んだ10果実中の5果実からカプサイシノイドが検出され、同化学物質合成経路の遮断に關与する遺伝子座が優性のホモ接合になっていることを追認した。カプサイシノイドが未検出となった果実は、胎座の極一部にしか黄色の着色を観察しておらず、同化合物の含量は極めて微量であったと推察される。また、‘京都万願寺2号’では、胎座の広範囲に黄色の着色が認められたにもかかわらず、任意に選んだ10果実すべてでカプサイシノイドは検出されなかった。交配母本とした辛味果実が全くない‘とんがり’においても、‘京都万願寺2号’と同様な現象がみられたことから、両者のカプサイシノイド合成経路の遮断に關与する遺伝子座が劣性ホモ接合の状態にあると考えられた。以上の2通りの調査により、‘京都万願寺2号’では、辛味果実が全く発生しない形質が遺伝的に固定されていることを確認した。

‘京都万願寺2号’の育成過程における戻し交雑の反復親は‘京都万願寺1号’であり、両品種の特性は極めて類似している。しかし、辛味形質とともに、アントシアニン着色果実の発生頻度や果実長に關しても品種間差が認められた。これは、戻し交雑育種時の後代検定における選抜効果と考えられる。‘万願寺’の出荷規格では、アントシアニン着色果実は規格外品として、また果実長が13 cm以下のものは良、もしくは規格外品として扱われる。そのため、収量性においても、‘京都万願寺1号’と比べて上果収量(秀品と優品)が多くなることが期待され、実際の栽培においてもその傾向が認められた。また、‘京都万願寺2号’でアントシアニン着色果実の発生が少なく、果実長が長い特性が、5回の連続戻し交雑後にも維持されていたことから、これらの形質の発現には少数の遺伝子が関与すると推測される。今後、‘京都万願寺1号’と‘京都万願寺2号’を素材に、これら形質に關する遺伝様式の解明が期待される。

‘京都万願寺2号’育成時の辛味形質の選抜には、DNAマーカー選抜を用いた。より正確に選抜するため、目的遺伝子を7.4 cMの遺伝距離で挟む2つのDNAマーカーを開発した(南山・井上, 2006)。しかし、マーカー開発に先立って実際の育種を始めたため、本研究では、片側のSCY-

800マーカーのみが利用可能であった。従って、連続戻し交雑途中での組換えによる目的遺伝子の消失を防ぐため、各戻し交雑世代において、マーカー選抜とともに食味に關する後代検定も行った。その結果、マーカー座がヘテロ接合性を示した $BC_2F_1 \sim BC_4F_1$ 世代の34個体では、すべての個体において目的遺伝子が維持されていた。さらに、マーカー座が‘とんがり’と同じホモ接合体として選抜した倍加半数体33個体のほとんどが辛味を伴わないものであったことから、SCY-800によるマーカー選抜が育成過程においても有効であることが示された。近年、‘万願寺’に類似した甘トウガラシ品種が多数育成されているが、これらの品種の多くは辛味果実の発生を完全になくすまでには至っていない。また、辛味の強いメキシコ品種‘ハラペーニョ’を育種素材として利用することにより、逆に辛味果実を完全になくした画期的な品種開発も進んでいる(島越, 2011)。トウガラシの辛味遺伝子については、候補遺伝子としてアシル基転移酵素をコードする遺伝子の塩基配列が決定され、劣性遺伝子の配列中に約2.5 kbの欠失が存在することが報告されている(Stewartら, 2005)。今後、辛味果実が全く発生しないトウガラシ品種を育成する場合には、SCY-800マーカーなどの連鎖マーカーとともに、上記の候補遺伝子マーカーによるDNA多型解析を行うことで、辛味遺伝子近傍の不良形質の排除が可能となり、より精度の高いマーカー選抜育種を展開できる可能性がある。

摘 要

京都府特産野菜のひとつである舞鶴市在来の甘トウガラシ‘万願寺’では、栽培環境によって、時折、辛味果実が発生して問題になっている。これまでの遺伝解析研究において、生食用のピーマン品種では、単一の劣性遺伝子により辛味果実が全く発生しないことが明らかにされている。本研究では、新品種‘京都万願寺2号’の育成過程で得られた戻し交雑世代を用い、この遺伝子座に連鎖したDNAマーカー(SCY-800)の開発を行った。また、各戻し交雑世代を本DNAマーカーで選抜したところ、在来品種‘万願寺’の主要特性を残しながら、辛味果実が全く発生しない優良個体が得られて新品種の完成に繋がった。先行して育成された‘京都万願寺1号’と各形質を比較すると、新品種は低温期のアントシアニン着色果実の発生が少なく、辛味のない長果を産することが判明した。以上より、新品種はこれまでの品種にない優良形質を有しており、今後の生産現場への普及に期待がもたれる。

謝 辞 本研究に際し、圃場試験を支援頂いた京都府農林水産技術センター生物資源研究センターならびに農林センターの技術専門職員各位ならびに臨時職員各位に深く感謝の意を表する。

引用文献

Daskalov, S. and J. M. Poulos. 1994. Updated *Capsicum* gene

- list. *Capsicum Newslett.* 13: 15–26.
- Deshpande, R. B. 1935. Studies in Indian chillies. 4. Inheritance of pungency in *Capsicum annuum* L. *Ind. J. Agr. Sci.* 5: 513–516.
- Estrada, B., F. Pomar, J. Diaz, F. Merino and M. A. Bernal. 1999. Pungency level in fruits of the Pandron pepper with different water supply. *Sci. Hortic.* 81: 385–396.
- Harvell, K. P. and P. W. Bosland. 1997. The environment produces a significant effect on pungency of chilles. *Hort. Science* 32: 1292.
- 曹 萬鉉・山本昌豊・松原幸子・村上賢治. 1997. トウガラシの品種間雑種の果実の収量, アスコルビン酸およびカプサイシノイド含量. *園学雑.* 65: 713–722.
- 南山泰宏. 2002. 胎座部黄色色素を指標としたトウガラシの辛味形質に関する遺伝分析. *近畿作育研究.* 47: 9–11.
- 南山泰宏・稲葉幸司. 2007. 辛味果実の出にくい万願寺トウガラシ新品種「京都万願寺1号」. *近畿作育研究.* 52: 21–24.
- 南山泰宏・井上雅好. 2006. トウガラシ属植物の辛味遺伝子座近傍に位置する DNA マーカーを用いた遺伝子型判別方法, DNA マーカー検出に用いられるプライマー, およびこれを用いた遺伝子型判別方法. 特許第 3836451 号.
- Minamiyama, Y., S. Kinoshita, K. Inaba and M. Inoue. 2005. Development of a cleaved amplified polymorphic sequence (CAPS) marker linked to pungency in pepper. *Plant Breed.* 124: 288–291.
- 農林水産省. 1998. 野菜品種特性分類調査基準ピーマン. p. 1–13.
- 島越 敏. 2011. 園芸新知識タキイ最前線春号. p. 17–20.
- Stewart, C., B. C. Kang, K. Liu, M. Mazourek, S. L. Moore, E. Y. Yoo, B. D. Kim, I. Paran and M. M. Jahn. 2005. The *Pun1* gene for pungency in pepper encodes a putative acyltransferase. *Plant J.* 42: 675–688.
- 山口和典・湯地健一. 1995. ピーマン蒔培養における無移植法の開発. *園学雑.* 64 (別2): 28–29.