

## トウガラシ ‘香川本鷹’ の染色体倍加

高村武二郎・原あかり・水谷大賀・奥田延幸

### Chromosome doubling of chili-pepper ‘Kagawa Hontaka’

Takejiro Takamura, Akari Hara, Taiga Mizutani and Nobuyuki Okuda

#### Summary

The chromosome-doubling treatment of chili-pepper ‘Kagawa Hontaka’ by seed soaking in amiprofos-methyl solution was conducted, and the treatment brought some polyploids including the tetraploids. No tetraploid line derived from ‘Kagawa Hontaka’ had larger fruits than ‘Kagawa Hontaka’, suggesting that it is not easy to breed the plants with large-sized fruits by the chromosome-doubling of ‘Kagawa Hontaka’. Although some of the tetraploid lines contained larger amount of capsaicinoid in the fruit than ‘Kagawa Hontaka’, it was difficult to conclude that chromosome-doubling caused the increment of capsaicinoid content in fruits of ‘Kagawa Hontaka’

Key words : amiprofos-methyl, *Capsicum annuum* L., chili pepper, chromosome doubling, ‘Kagawa Hontaka’, tetraploid

#### 緒 言

トウガラシ (*Capsicum annuum* L.) 品種の1つである ‘香川本鷹’ は、‘鷹の爪’ と同じ鷹の爪群の品種である<sup>(1)</sup>と報告されている香川県の伝統品種である。その果実の長さは ‘鷹の爪’ の4~5倍程度であり、果肉は ‘鷹の爪’ に比べてやや厚く、果実は枝の間から上を向いて上向きに着き、果色は濃赤色で辛味が強いとされており、新たな利用方法の拡大、需要の高まりをみせている<sup>(2)</sup>。また、国内で消費されているトウガラシの多くが輸入品であり、トウガラシ以外の作物を含めて地域固有の在来品種の維持・活用の重要性が指摘されている現状から、この ‘香川本鷹’ 由来の新たな有用形質を有するトウガラシ品種の育成も望まれている。

高村ら<sup>(3)</sup>は ‘香川本鷹’ 種子に 50~400 Gyの吸収線量のシンクロトロン光を照射して突然変異個体の作出を試み、多くの分枝を有する個体、色や形に変異が起きた果実を有する個体またはわい化した個体が得たが、色や形に変異が起きた果実を有する個体の後代では、その果実に関する変異形質が認められなかったと報告している。一方、Takamura and Miyajima<sup>(4)</sup>がシクラメン黄色花品種の四倍体で花弁が大型化するとともにカルコン集積が

二倍体のものと比較して増大していたことを、Chuan-guiら<sup>(5)</sup>が *Echinacea purpurea* の四倍体でカフェ酸誘導体とアルカミドが二倍体のものと比較して増大していたことを報告しているように、いくつかの植物では染色体倍加による器官の大型化や内生成分の増大が報告されている。

‘香川本鷹’ は、その辛みに影響を与えている主な成分としてカプサイシノイド、特にカプサイシン、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を果実に含まれている<sup>(6)</sup>。‘香川本鷹’ の染色体倍加により果実の大型化とともに、これらのカプサイシノイド等の内生成分の増大が認められれば、香辛料としてさらに有用なトウガラシ品種・系統が育成されるものと期待できる。そこで本研究では、染色体操作、特に倍加による ‘香川本鷹’ の品種改良の可能性を明らかにするために、倍加剤にアミプロホスメチル (APM) またはコルヒチンを用いた染色体倍加処理による ‘香川本鷹’ の倍数体の作出を試みるとともに、倍加個体由来の四倍体系統の特性および倍加がトウガラシ果実に含まれるカプサイシノイド量に及ぼす影響を調査した。

## 材料および方法

### 1. ‘香川本鷹’の染色体倍加法

トウガラシの香川県伝統品種‘香川本鷹’を用いて、2016年5月、ならびに2017年3および4月に倍加処理を行った。いずれにおいても、‘香川本鷹’の種子を20 mLのAPMまたはコルヒチン溶液に、25℃暗黒下で浸漬した。2016年に行った実験では、0, 5, 25および125  $\mu\text{M}$  APM, ならびに250  $\mu\text{M}$ コルヒチンでの2日間浸漬処理区を設けた。一方、2017年の実験では、0, 1, 5, 25および125  $\mu\text{M}$  APMでの2日間浸漬処理区に加え、5  $\mu\text{M}$  APMでの1および4日間浸漬処理区を設けた。いずれにおいても浸漬処理後、種子をイオン交換水で3回洗浄して、BM2 (Berger社)：パーミキュライト (旭工業株式会社) を2:1 (v/v) で配合した培土に播種した。発芽までの約2週間遮光して、香川大学農学部の25℃ファイトトロン内で栽培した。播種2週間後、同大学内のビニールハウスに移動し、処理区ごとの発芽率を調査した。発芽した実生は順次6または9 cmポットへ移植し、ビニールハウス内で栽培した。鉢上げ後成長し、本葉が3~4枚展開した植物体についてはフローサイトメトリーによる倍数性の検定を行った。

倍数性の検定においては、本実験で得られた個体と香川本鷹のそれぞれの葉の葉身から5 mm角程度の切片を切り取り、その切片を核抽出用バッファー抽出液 (A液, Partec) 中で、カミソリを用いて細断した。得られた懸濁液は、10分後に20または30  $\mu\text{m}$ 孔径のフィルターでろ過した。ろ過した懸濁液に約5倍量のDAPI染色液を加え、10分後にその懸濁液中の核のDAPI蛍光強度をフローサイトメーター (プロイディーアナライザー-PA型, Partec) を用いて分析した。なお、DAPI染色液にはMishibaら<sup>(7)</sup>と同様のものを用いた。

### 2. ‘香川本鷹’由来の四倍体系統の果実形態と果実中のカプサイシノイド分析

2021年3月に‘香川本鷹’および‘香川本鷹’由来の四倍体系統の種子をミックスビートBM2 (Berger社) とパーミキュライト (旭工業株式会社) 2:1 (v/v) で混合した培土に播種し、香川大学農学部内にある25℃ファイトトロンで発芽させた後、播種6週間後に発芽した個体を9 cmポットへ移植し、香川大学農学部内の無加温ビニールハウスで、赤玉土と腐葉土とパーミキュライトを6:3:1 (v/v) で配合した土を用いて栽培した。7月に6号鉢に植え替え、開花結実させた。

果実は、収穫後にMinamiら<sup>(8)</sup>の方法に準じて36℃で4日間乾燥させた。‘香川本鷹’および‘香川本鷹’由来の

四倍体系統のうち5系統の乾燥した果実を20秒間ミル (ラボ用粉碎機, テスコム電機株式会社) で磨砕し、その粉末をアセトンと酢酸エチルの混合液 (1:1, v/v) に室温で1時間浸漬した。得られた素抽出液を減圧乾固した後、2 mLの100%メタノールで再抽出した。この再抽出液をメンブレンフィルター (孔径0.45  $\mu\text{m}$ ) でろ過し、高速クロマトグラフィー (以下HPLC) 分析の試料とした。HPLCシステムにはCBM-20Aliteシステムコントローラー (島津製作所), DGU-12Aデカッサー (島津製作所), SIL-10AFオートインジェクター (島津製作所), 2台のLC-20ADポンプ, SPD-M40検出器 (島津製作所) および40℃に設定したCTO-10Aカラムオープン (島津製作所) を用い、カラムにはODS-2 (4.6 mm $\times$ 250 mm, GLサイエンス) を使用した。Johnsonら<sup>(9)</sup> およびSakamotoら<sup>(10)</sup>の方法に準じて、HPLCの溶媒には溶媒Aを0.1%トリフルオロ酢酸、溶媒Bを100%アセトニトリルとした混合溶液 (A: B = 100:0, v/v) 用いて、流速は1 mL $\cdot$ min<sup>-1</sup>を維持し、溶液Bの濃度を50分後に100%に変化させる直線濃度勾配溶出法を採用した。なお、50分後から65分後まで溶媒Bを100%に維持した。また、同じく2021年に、シンクロトロン光照射により得られた‘香川本鷹’の分枝促進変異個体<sup>(3)</sup>の後代種子を用い、APM処理で倍加個体を得て、その果実中のカプサイシノイドを調査した。

## 結果および考察

いずれの年においても、125  $\mu\text{M}$  APM処理区で種子発芽率が著しく低下し、また、発芽が遅れる傾向が認められた (第1図)。なお、2016年の実験では無処理区や5および25  $\mu\text{M}$  APM処理区と比較して、250  $\mu\text{M}$ コルヒチン処理区で発芽率が低くなった。また、2017年の実験の5  $\mu\text{M}$  APM処理区において、処理期間が長くなると発芽が遅れる傾向が認められた。

発芽した実生の倍数性を調査した結果、2016年の実験では5  $\mu\text{M}$  APM処理区で四倍体が2個体、四倍性と六倍性のキメラ1個体および四倍性と八倍性のキメラ1個体が認められた (第1表, 第2図)。また、25  $\mu\text{M}$  APM処理区で四倍体1個体および二倍性と四倍性のキメラ2個体が認められた。2017年の3月処理の実験では、5  $\mu\text{M}$  APM 2日間処理区および125  $\mu\text{M}$  APM 2日間処理区でそれぞれ四倍体が1個体得られ、4月処理の実験では、5  $\mu\text{M}$  APM 2日間処理区で二倍性と四倍性のキメラ個体が1個体、5  $\mu\text{M}$  APM 4日間処理区で四倍体が4個体認められた。なお、無処理区で三倍体が1個体確認されたが (第1表)、これはサトイモ<sup>(11)</sup>、シクラメン<sup>(12)</sup>、ユリ<sup>(13)</sup>、プリムラ<sup>(14)</sup>

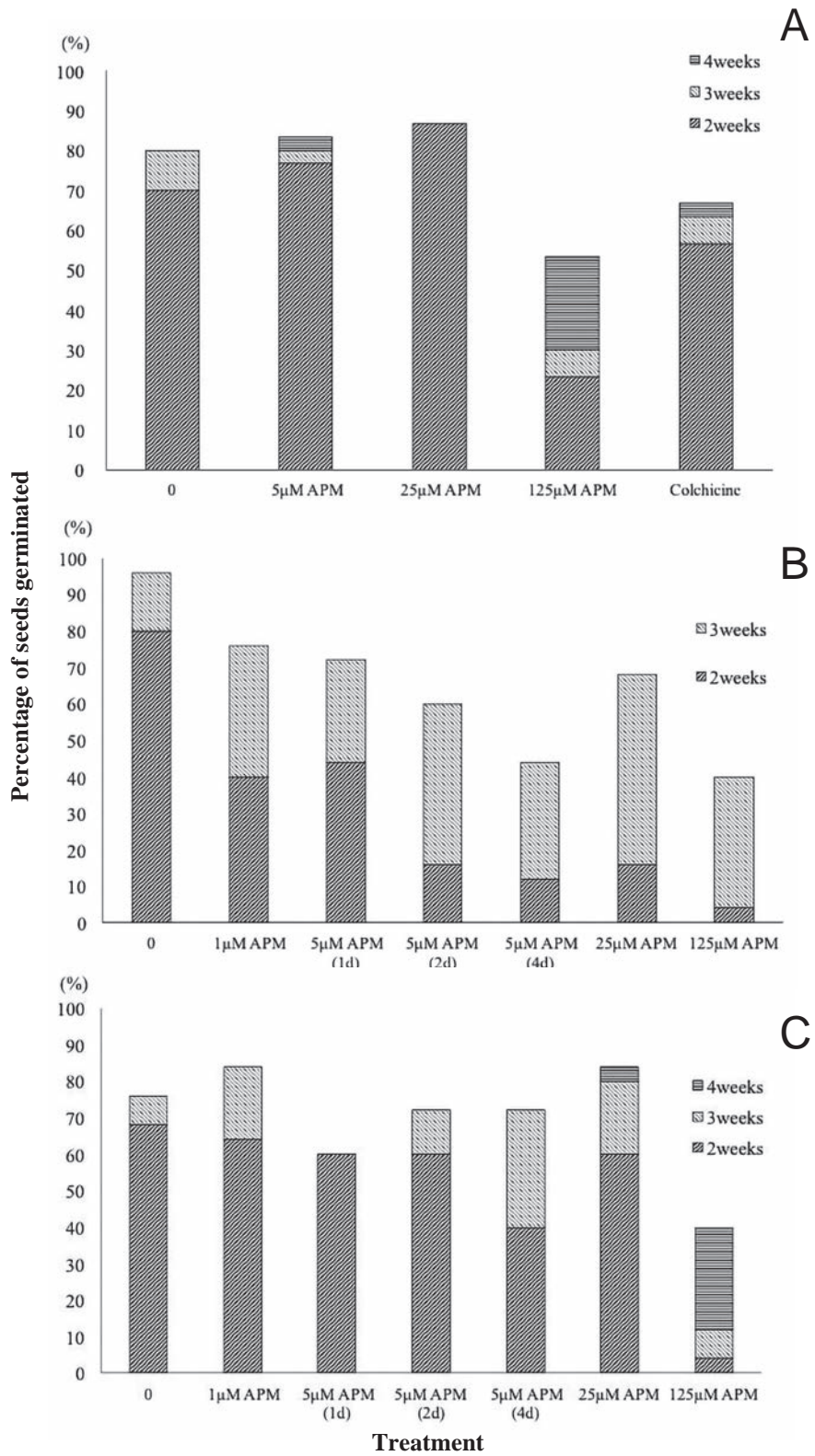


Fig. 1. Germination rate of 'Kagawa Hontaka' after chromosome-doubling treatment. A: Treatment of chromosome doubling in May 2016, B: Treatment in March 2017, C: Treatment in April 2017.

Table 1. Ploidy level of the plantlets obtained by APM or colchicine treatment in 'Kagawa Hontaka'.

Experiment	Chemical and concentration	Treatment period (day)	No. of plantlets observed	No. of plants with indicated		
				2x	4x	Others
A (May 2016)	Water	2	22	22	0	0
	5 $\mu$ M APM	2	20	16	2	2 <sup>z,y</sup>
	25 $\mu$ M APM	2	21	18	1	2 <sup>x</sup>
	125 $\mu$ M APM	2	1	1	0	0
	250 $\mu$ M Colchicine	2	20	20	0	0
B (March 2017)	Water	2	21	20	0	1 <sup>w</sup>
	1 $\mu$ M APM	2	20	20	0	0
	5 $\mu$ M APM	1	19	19	0	0
	5 $\mu$ M APM	2	18	17	1	0
	5 $\mu$ M APM	4	16	16	0	0
	25 $\mu$ M APM	2	19	19	0	0
	125 $\mu$ M APM	2	2	1	1	0
C (April 2017)	Water	2	15	15	0	0
	1 $\mu$ M APM	2	16	16	0	0
	5 $\mu$ M APM	1	15	15	0	0
	5 $\mu$ M APM	2	16	15	0	1 <sup>x</sup>
	5 $\mu$ M APM	4	16	12	4	0
	25 $\mu$ M APM	2	21	21	0	0
	125 $\mu$ M APM	2	0	-	-	-

<sup>z</sup> Chimera (4x + 6x), <sup>y</sup> Chimera (4x + 8x), <sup>x</sup> Chimera (2x + 4x), <sup>w</sup> Triploid (3x)

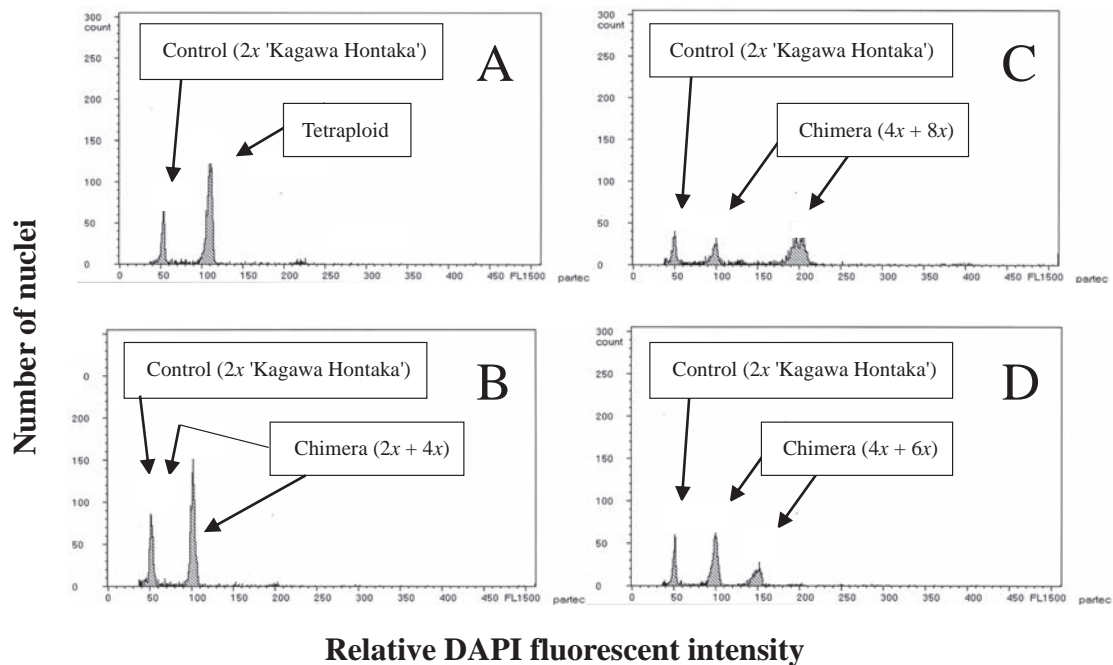


Fig. 2. Typical flow cytometric histograms of polyploid seedlings obtained by chromosome-doubling treatment in 'Kagawa Hontaka'. A: Tetraploid, B: Chimeric plant (2x + 4x), C: Chimeric plant (4x + 8x), D: Chimeric plant (4x + 6x).

などと同様に非還元性配偶子が受精に関与して形成された可能性が考えられる。

‘香川本鷹’の倍加個体より育成された四倍体系統は、

分枝は多くなる傾向が認められたものの(データ未掲載)、第一花開花日が‘香川本鷹’と比べて遅くなるなど(第2表)、『香川本鷹』と比べて生育が遅くなる傾向を示

Table 2. Flowering and fruiting characteristics in tetraploid lines derived from ‘Kagawa Hontaka’.

Cultivar or line	No. of Plants	Days for flowering <sup>z</sup>	Fruit size (cm)		Weight of fruits (g)	
			Length	Width	FW	DW
‘Kagawa Hontaka’ (2x)	12	109.7 ± 0.5	5.7 ± 0.2	1.3 ± 0.0	3.755 ± 0.241	0.804 ± 0.051
1903 (4x)	5	135.4 ± 3.9	4.5 ± 0.1	1.2 ± 0.1	2.673 ± 0.324	0.528 ± 0.067
1905 (4x)	7	132.7 ± 1.6	4.1 ± 0.4	1.3 ± 0.1	3.033 ± 0.238	0.532 ± 0.046
1908 (4x)	9	139.8 ± 5.5	4.1 ± 0.3	1.1 ± 0.1	2.248 ± 0.307	0.500 ± 0.061
2003 (4x)	2	119.0 ± 2.9	4.5 ± 1.0	1.3 ± 0.1	3.159 ± 1.625	0.714 ± 0.168
2007 (4x)	12	126.0 ± 1.2	3.9 ± 0.0	1.2 ± 0.0	2.172 ± 0.181	0.420 ± 0.031
2008 (4x)	10	143.8 ± 6.1	4.2 ± 0.2	1.3 ± 0.0	2.921 ± 0.263	0.584 ± 0.042
2031 (4x)	12	118.3 ± 1.1	5.5 ± 0.2	1.1 ± 0.0	2.682 ± 0.194	0.533 ± 0.035
2032 (4x)	12	119.0 ± 1.8	5.6 ± 0.2	1.1 ± 0.0	2.806 ± 0.197	0.631 ± 0.032

Mean ± SE.

<sup>z</sup> Days for first flowering from seeding.

Table 3. Capsaicinoid contents in fruit of tetraploid lines derived from ‘Kagawa Hontaka’.

Cultivar or line	Capsaicinoid <sup>z</sup>	Content (mg) / fruit	Content (mg) /gDW
‘Kagawa Hontaka’ (2x)	CP	1.067 ± 0.181	1.949 ± 0.347
	DCP	1.533 ± 0.251	3.105 ± 0.489
	NDC	0.731 ± 0.092	1.514 ± 0.203
	Total	3.332 ± 0.505	6.568 ± 0.973
1905 (4x)	CP	3.042 ± 0.231	4.506 ± 0.577
	DCP	1.638 ± 0.223	2.458 ± 0.470
	NDC	0.731 ± 0.093	1.068 ± 0.155
	Total	5.411 ± 0.523	8.032 ± 1.180
2007 (4x)	CP	0.983 ± 0.239	2.238 ± 0.398
	DCP	0.724 ± 0.125	1.750 ± 0.284
	NDC	0.313 ± 0.055	0.767 ± 0.128
	Total	2.020 ± 0.415	4.755 ± 0.764
2008 (4x)	CP	1.532 ± 0.275	2.143 ± 0.493
	DCP	1.263 ± 0.265	1.808 ± 0.495
	NDC	0.531 ± 0.106	0.761 ± 0.200
	Total	3.326 ± 0.627	4.713 ± 1.163
2031 (4x)	CP	1.651 ± 0.154	3.213 ± 0.462
	DCP	2.173 ± 0.174	4.304 ± 0.664
	NDC	1.029 ± 0.086	1.999 ± 0.297
	Total	4.853 ± 0.389	9.516 ± 1.389
2032 (4x)	CP	1.702 ± 0.193	2.291 ± 0.233
	DCP	2.169 ± 0.342	2.819 ± 0.356
	NDC	1.019 ± 0.136	1.336 ± 0.141
	Total	4.890 ± 0.650	6.446 ± 0.675

Mean ± SE, n = 3 (1905) or 6 (other 4x lines and ‘Kagawa Hontaka’).

<sup>z</sup> CP: capsaicin, DCP: dihydrocapsaicin, NDC: nordihydrocapsaicin.

した。また、いずれの四倍体系統においても果実長と果実幅のいずれかまたは両方が‘香川本鷹’より小さな値を示し、果実重においても‘香川本鷹’より大きな値を示した四倍体系統は認められなかった。一般に四倍体は

二倍体より各器官が大型化するとされているが、Ogawaら<sup>(15)</sup>はトウガラシと同種のシントウにおいて、藤原ら<sup>(16)</sup>はロコトウガラシ (*C. pubescens*) において四倍体の果実が二倍体と比較して大きくならなかったことを

Table 4. Capsaicinoid contents in fruit of line 1951 and the tetraploid derived from 1951.

Line	Capsaicinoid <sup>z</sup>	Content (mg)/ fruit	Content (mg)/gDW
1951	CP	1.494 ± 0.078	2.151 ± 0.166
	DCP	1.482 ± 0.149	2.136 ± 0.257
	NDC	0.743 ± 0.051	1.066 ± 0.105
	Total	3.718 ± 0.188	5.353 ± 0.424
4x derived from 1951	CP	1.798 ± 0.255	3.230 ± 0.818
	DCP	1.304 ± 0.211	2.379 ± 0.697
	NDC	0.587 ± 0.059	1.084 ± 0.246
	Total	3.689 ± 0.486	6.693 ± 1.734

Mean ± SE (n=3).

1951 is a 2x line derived from a 'Kagawa Hontaka' mutant with large number of branch.

<sup>z</sup> See Table 3.

報告しており、トウガラシ類では倍加による果実の大型化を必ずしも望めないことが示唆される。

石川ら<sup>(17)</sup>は、シシトウの四倍体は二倍体と比べて乾燥重1gあたりのカプサイシノイド量が減少したと報告している。一方、本研究の四倍体系統2031、2032および1905では‘香川本鷹’より高い1果実あたりのカプサイシノイド含有量を示し、2031では乾燥重1gあたりのカプサイシノイド量も有意に高い値を示した(第3表)。これはTakamura and Miyajima<sup>(4)</sup>の黄色花シクラメンの花色素の例と同様にgene dosage effectによって生じたものである可能性が考えられた。

そこで、シンクロトロン光照射によって作出された‘香川本鷹’由来の二倍体分枝促進変異系統<sup>(3)</sup>の後代種子にAPM処理を行い四倍体個体を得て(データ未掲載)、これらの果実中のカプサイシノイド量を比較した。その結果、四倍体個体の1果実および乾燥重1g当たりのカプサイシノイド含有量においては、二倍体個体と明確な差異が認められなかった(第4表)。これについては、カプサイシノイド含有量の系統内での個体間差異や植物体の生育へのAPM処理の影響も関与している可能性があり、果実中のカプサイシノイド含有量に及ぼす倍加の影響については、倍加処理自体の影響とともにクローン個体とその倍加個体を用いるなど遺伝的背景の影響をできるだけなくしてさらに精査する必要があるかもしれない。

本研究の結果、APMを用いた倍加処理によって‘香川本鷹’の倍数体が作出された。*C. annuum*の倍加処理について、これまででは倍加処理剤としてコルヒチンが用

いられていたが<sup>(18)</sup>、本研究においてAPM処理でも*C. annuum*の倍数体を作成できることが示唆された。APMはコルヒチンと比較して植物に対する毒性が低く<sup>(19)</sup>、コルヒチンより低濃度の処理で倍数体が得られたことから、*C. annuum*においてAPMは倍数体の誘導に適した薬剤の1つであることが示唆される。また、‘香川本鷹’の倍加個体では株全体が大きくなるが、生育は遅くなることが示唆されるとともに、果実の大型化は期待できないことが示唆された。なお、倍加個体後代の選抜により果実中のカプサイシノイド量を増加できる可能性が示唆されたが、これについてはさらなる調査が必要であると考えられる。これらの知見は‘香川本鷹’の優良形質を有した新品種の育成に寄与するものと考えられる。

## 摘 要

トウガラシ‘香川本鷹’の染色体倍加を試みたところ、APM溶液を用いた種子浸漬処理により四倍体を含む倍数体を作成できることが示された。また、‘香川本鷹’由来の四倍体系統で‘香川本鷹’より明確に大きな果実を有する個体は認められず、‘香川本鷹’の倍加による果実の大型化は容易ではないものと示唆された。さらに、四倍体系統の中には果実中のカプサイシノイド総量が‘香川本鷹’と比べて高い値を示すものも認められたが、倍加が‘香川本鷹’果実中のカプサイシノイド含有量を増大するとは断定できなかった。

## 引 用 文 献

- (1) 熊沢三郎, 小原 赳, 二井内清之: 本邦に於けるとうがらしの品種分化. 園芸学会雑誌 30, 152-158 (1954).
- (2) 糸川桂市: 魅力的なトウガラシ「香川本鷹」のストーリー性を生かした鳥おこしと町おこし. 特産種苗 20, 39-42 (2015).

- (3) 高村武二郎, 窪田真喜, 奥田延幸: シンクロトロン照射によるトウガラシ‘香川本鷹’の変異個体誘発, 香川大学農学部学術報告74, 1-4 (2022)
- (4) Takamura, T. and I. Miyajima, I.: Colchicine induced tetraploids in yellow-flowered cyclamens and their characteristics, *Sci. Hort.* 65, 305-312 (1996).
- (5) Chuan-gui, Xu., Chen, T. R., Liang, C., Liu, X., Wu, C., Yang, Y., Yang, D. and Wu, H.: A comparative study of bioactive secondary metabolite production in diploid and tetraploid *Echinacea purpurea* (L.) Moench. *Plant Cell Tiss. Organ. Cult.* 116, 323-332 (2014).
- (6) 嵯峨紘一, 佐藤 玄: トウガラシ果実のフェノール, フラボノイドおよびカプサイシノイド含量の品種間差異 園学雑., 72, 335-341 (2003).
- (7) Mishiba, K., Ando, T., Mii, M., Watanabe, H., Kokubun, H., Hashimoto, G. and Marchesi, E.: Nuclear DNA content as an index character discriminating taxa in the genus *Petunia sensu* Jussieu (Solanaceae). *Ann. Bot.* 85 : 665-673 (2000).
- (8) Minami, M., Matsushima, K and Ujihara, A.: Quantitative analysis of capsaicinoid in chili pepper (*Capsicum sp.*) by high performance liquid chromatography-operating condition, sampling and sample preparation-. *J. Fac. Agr. Shinshu Univ.* 34, 97-102 (1998).
- (9) Johnson, T. S., Ravishankar, A. and Venkataraman, L. V.: Separation of capsaicin from phenylpropanoid compounds by high-performance liquid chromatography to determine the biosynthetic status of cells and tissues of *Capsicum frutescens* Mill. *in vivo* and *in vitro*. *J. Agric. Food Chem.* 40, 2461-2463 (1992).
- (10) Sakamoto, S., Goda, Y., Maitani, T., Yamada, T., Nunomura, O. and Ishikawa, K.: High-performance liquid chromatographic analyses of capsaicinoids and their phenolic intermediates in *Capsicum annuum* to characterize their biosynthetic status. *Biosci. Biotech. Biochem.* 58, 1141-1142 (1994).
- (11) Isshiki, S., Otsuka, K., Tashiro, Y. and Miyazaki, S.: A Probable Origin of Triploids in Taro [*Colocasia esculenta* (L.)]. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 68, 774-779 (1999).
- (12) Takamura, T. and Miyajima, I.: Cross-compatibility and the ploidy of progenies in crosses between diploid and tetraploid cyclamen (*Cyclamen persicum* Mill.), *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 64, 883-889 (1996).
- (13) Van Tuyl, J. M. and Lim, K. B.: Interspecific hybridization and polyploidization as tools in ornamental plant breeding. *Act Hort.* 621, 13-22 (2003).
- (14) Kato, J. and Mii, M.: Differences in ploidy levels of interspecific hybrids obtained by reciprocal crosses between *Primula sieboldii* and *P. kisoana*. *Theor. Appl. Genet.* 102, 690-696 (2000).
- (15) Ogawa, D., Ishikawa, K and Mii, M.: Difference in the polysomaty degree during fruit development among plants with different ploidy levels produced by artificial chromosome doubling of a pepper (*Capsicum annuum*) cultivar ‘Shishitou No. 562’. *Sci. Hort.* 134, 121-126 (2012).
- (16) 藤原菜々子, 水ノ江雄輝, 宮島郁夫, 尾崎行生: コルヒチン処理により得られた四倍体口コトウガラシ (*Capsicum pubescens*) の自家和合性系統における果実形質. 園芸学研究 21 (別1), 278 (2022).
- (17) 石川恵子, 久保木均, 佐藤恭子, 米谷民雄, 布村伊: 4倍体シシトウ果実の形態とカプサイシノイド含量. 日本食品化学学会誌7, 74-77 (2000).
- (18) Kulkarni, M. and Borse, T.: Induced polyploidy with gas expression for root traits in *Capsicum annuum* (L.). *Plant Breeding* 129, 461-464 (2010).
- (19) Rodrigues, F. A., Soares, J. D. R., Santos, R. R., Pasqual, M. and Silva, S. O. : Colchicine and amiprofos-methyl (APM) in polyploidy induction in banana plant. *Afr. J. Biotechnol.* 10, 13476-13481 (2011).

