

## エチレン感受性と DNA マーカーを利用して育成した日持ち性の高い アールスメロン ‘エキスポール’

大藪哲也 \*<sup>a</sup>・矢部和則・菅原眞治

愛知県農業総合試験場園芸研究部 480-1193 愛知県愛知郡長久手町岩作三ヶ峯

### Earl's-type Melon New Variety ‘Expole’ with Long Shelf Life Developed by Using Ethylene Sensitivity Test and a DNA Marker

Tetsuya Oyabu, Kazunori Yabe and Shinji Sugahara

Department of Horticulture, Aichi Agricultural Research Center, Nagakute-cho, Aichi 480-1193

#### Summary

An Earl's-type melon (*Cucumis melo* L.) new variety ‘Expole’ which has long shelf life characteristic and resistance to powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea* (Schlecht. ex Fr.) Poll., race 2) and Fusarium wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (Leach et Currence) Snyder et Hansen., races 0 and 2) was developed using the test for ethylene sensitivity and Fusarium wilt resistance. The long shelf life gene and Fusarium wilt resistance gene were confirmed by these DNA markers in ‘Expole’. It was shown that DNA markers facilitated selection in melon breeding.

**Key Words** : powdery mildew, Fusarium wilt, resistance, breeding

**キーワード** : うどんこ病, つる割病, 抵抗性, 育種

#### 緒 言

わが国のメロン (*Cucumis melo* L.) は収穫期が高温となる作型での生産が多いので, 果実の日持ち性の高いことが重要である. 日持ち性の高い品種は実生におけるエチレン感受性検定 (菅原ら, 1998) により選抜できる. また, DNA マーカー (遠山ら, 2000) を用いて確認する技術も開発された. 一方, 1970 年代にうどんこ病抵抗性を持つ品種が普及したが, 1980 年代の終わりからこれらの品種に発病がみられ始め, 細谷ら (1996) は *Sphaerotheca fuliginea* (Schlecht. ex Fr.) Poll. のレース 2 の発生を報告した. そのため, うどんこ病抵抗性品種の発病は, 新しいレースの出現によると考えられた (大藪・菅原, 1999). そこで, 日持ち性が高く, うどんこ病新レースに抵抗性の品種の育成を進め, 2002 年 11 月に目標とした特性を持つ品種を育成し, ‘エキスポール’ と命名して普及に移した. 本品種の育成経過と特性について報告する.

#### 材料および方法

##### 1. 素材および育成方法

うどんこ病抵抗性, つる割病抵抗性および日持ち性はいずれも優性に遺伝する (菅原ら, 1977; 菅原ら, 1998) ことから, 日持ち性とつる割病抵抗性を持つ系統とうどんこ病抵抗性を持つ系統をそれぞれ育成し, これらを両親に用いて F<sub>1</sub> 品種を育成することとした.

日持ち性およびつる割病抵抗性系統は, ‘クレスト春秋系 (横浜植木)’ に当场育成の日持ち性の高い固定系統 O-3 を交雑し, その後代から育成した. うどんこ病抵抗性系統は, うどんこ病 (レース 2) 抵抗性の F<sub>1</sub> 系統 KM (愛三種苗) から育成した. 日持ち性の選抜は, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> 世代でエチレン感受性検定により, また, うどんこ病とつる割病抵抗性の選抜は F<sub>2</sub> から F<sub>7</sub> 世代まで幼苗検定により行った. 実用形質の優れた個体を選抜, 自殖させ, 年に 2 世代ずつ進めて形質の固定を図った. 育成系統とそれらの F<sub>1</sub> についての日持ち性因子とつる割病抵抗性の保有は DNA マーカーにより確認した.

##### 2. ‘エキスポール’ の品種特性

###### 1) エチレン感受性検定

エチレン感受性検定は菅原ら (1998) の方法に従った. すなわち, エスレル 10 (エセフォン 10% 含有) を 5000 倍に希釈した溶液あるいは蒸留水を, ろ紙を敷いたシャーレにそれぞれ加え, 種子をその中に入れた. 暗黒 25°C 条件下

2005 年 3 月 10 日 受付. 2005 年 10 月 6 日 受理.  
本報告の一部は平成 15 年度園芸学会春季大会で発表した.  
\*Corresponding author. E-mail: tetsuya-ooyabu@pref.aichi.lg.jp

<sup>a</sup> 現在: 愛知県知多農林水産事務所

で4日間置き、エスレル10希釈液で発芽させた種子根の長さ、蒸留水で発芽させたものとの比較から、感受性を判断した。

## 2) DNA マーカーによる日持ち性検定およびつる割病抵抗性検定

日持ち性因子に連鎖する CAPS マーカー C2 (遠山ら, 2000) およびつる割病抵抗性遺伝子 (*Fom1*) に連鎖する PCR マーカー D1 (遠山ら, 2002) により、それらの遺伝子の有無を調査した。DNA の抽出および遺伝解析は遠山ら (2000) の方法に従った。

## 3) うどんこ病およびつる割病抵抗性検定

検定に使用したうどんこ病菌は、愛知県内の産地から採取し、細谷ら (1996) の方法によりレース検定を行い、レース2と判断された菌を用いた。つる割病菌は、県内種苗会社から提供を受けた。うどんこ病抵抗性個体を選抜するために、うどんこ病の胞子を筆で幼苗に振りかけ接種するとともに、発病を促進するために罹病株を混植した。つる割病については、幼苗にレース0あるいは2を浸根接種して検定した。発病程度は、それぞれ0 (病徴が認められない) ~ 3 (甚だしい病徴が認められる) の4段階に分けて評価した。

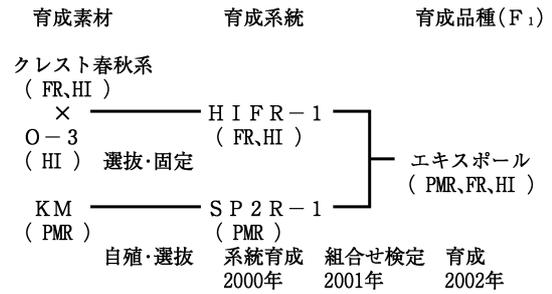
## 4) 盛夏作における特性

‘エキスポール’の特性は温室栽培の盛夏作 (8月上旬収穫) で調査した。対照品種として‘アールス雅夏系’ (以下‘雅夏系’とする) および‘夏系15号’を用いた。2001年4月20日にポリ鉢へ播種し、5月9日に1区9株2区制で、うね幅200cm、株間35cm、2条植えて定植した。栽培管理は愛知農総試園研のメロン栽培の慣行法に従い、特性調査は「植物遺伝資源特性マニュアル」(農業生物資源研, 1992) に準じて行った。果実は収穫後室温で7日間貯蔵後、日持ち性は黄色度および果肉硬度で評価した。黄色度は果実赤道部の果皮色を測色色差計 (NR-3000, 日本電色工業) で測定して  $b^*$  値で、果肉硬度は果実を赤道部で切断し果肉中央部を果肉硬度計 (木屋製作所) で4ヵ所測定し、その平均値で表示した。

# 結 果

## 1. 育成経過

‘クレスト春秋系’とO-3を交雑したF<sub>2</sub>世代におけるエチレン感受性では、感受性の低い個体が463、高い個体が77と分離した。日持ち性が高いと考えられる感受性の低い個体を全て鉢上げし、子葉展開期につる割病抵抗性検定を行い、抵抗性を示した個体のなかで、65個体を栽培し、自殖した。その中から、果実形質が優れ、日持ち性が高いことを確認した9個体を選抜した。F<sub>3</sub>世代では、9系統180粒についてエチレン感受性検定を行った。エチレン感受性の低い個体が162個体、高い個体が18個体認められた。このうち感受性の低い個体を鉢上げし、つる割病抵抗性検定を行い、抵抗性を示した個体のうちの73個体を栽培し、自



第1図 ‘エキスポール’の育成経過と形質の系譜

PMR—うどんこ病 (レース2) 抵抗性  
FR—つる割病 (レース0, レース2) 抵抗性, HI—日持ち性

殖した。その後、F<sub>4</sub>世代10系統76株、F<sub>5</sub>世代5系統40株、F<sub>6</sub>世代3系統27株についてつる割病抵抗性検定を行い、抵抗性を保有する系統のみから自殖後代を採種した。F<sub>4</sub>世代以降、果実収穫後室温で1週間保存したが、日持ち性の劣った個体は認められなかった。F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>の2世代のエチレン感受性検定によって、日持ち性の高い系統の固定が図られたと考えられる。同時に、他の実用形質についても固定を進め、2000年にF<sub>7</sub>世代を得た。その中で、つる割病抵抗性と日持ち性を合わせ持ち、かつ果実形質も優れた1系統をHIFR-1と名付けた。

うどんこ病抵抗性素材F<sub>1</sub>系統KMのF<sub>2</sub>23個体にうどんこ病抵抗性の幼苗検定を行い、抵抗性が認められた12個体を栽培して自殖種子を得た。同様にF<sub>3</sub>世代9系統70株、F<sub>4</sub>世代10系統77株、F<sub>5</sub>世代5系統40株およびF<sub>6</sub>世代3系統27株について幼苗検定を行い、抵抗性が認められ、果実形質の優れた個体から自殖後代を得た。2000年にF<sub>7</sub>世代に至り、最も実用形質が優れた1系統SP2R-1を得た。

これらの2つの育成系統を組み合わせたHIFR-1×SP2R-1を、2001年から場内で特性検定と愛知県内主産地で現地適応性検定を行ったところ、日持ち性が高く、うどんこ病 (レース2) に強い抵抗性を示し、実用形質も優れていることが確認された。そこで、‘エキスポール’と命名し、2002年11月に種苗登録出願した (第1図)。

## 2. ‘エキスポール’の品種特性

### 1) エチレン感受性検定

日持ち性の高い‘エキスポール’は、根の伸長抑制率が2%と小さく、エセフォンによって伸長抑制されず、エチレン感受性が低かった。一方、日持ち性の低い‘春系3号’は伸長抑制率が58.5%と、伸長抑制程度が大きく、感受性が高かった (第1表, 第2図)。

### 2) DNA マーカーによる日持ち性検定およびつる割病抵抗性検定

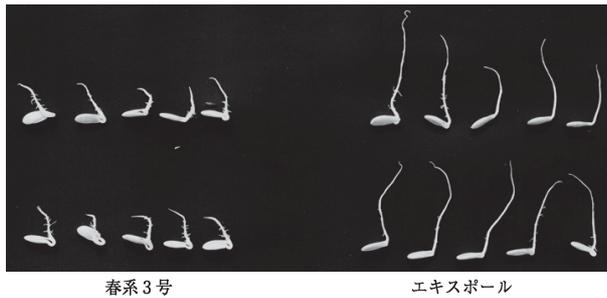
日持ち性因子に連鎖する CAPS マーカー C2 により、日持ち性の低いSP2R-1については85bpおよび44bp付近に、日持ち性の高いHIFR-1については129bp付近にバンドが認められた。SP2R-1とHIFR-1のF<sub>1</sub>である‘エキスポール’では、両親に由来する129bp, 85bpおよび44bp付近

第1表 ‘エキスポール’ の発芽時にエセフォンが根の伸長におよぼす影響

品種・系統	根長 (mm)		伸長抑制率 (%) <sup>2)</sup>
	蒸留水	エセフォン	
エキスポール	38.3±1.8 <sup>2)</sup>	37.6±2.4 <sup>2)</sup>	2.0
春系3号	44.7±2.7	18.6±0.7	58.5

<sup>2)</sup> 標準誤差 (n=20)

<sup>1)</sup> 伸長抑制率 = [(蒸留水区の平均根長 - エセフォン区の平均根長) / 蒸留水区の平均根長] × 100



第2図 ‘エキスポール’ のエセフォン存在下における種子根の伸長 (処理4日後)

にバンドが認められた。つる割病抵抗性遺伝子 (*Fom1*) と連鎖する PCR マーカー D1 により、抵抗性を持つ HIFR-1 および ‘エキスポール’ については 350 bp 付近にバンドが認められたが、持たない SP2R-1 については認められなかった (第3図)。

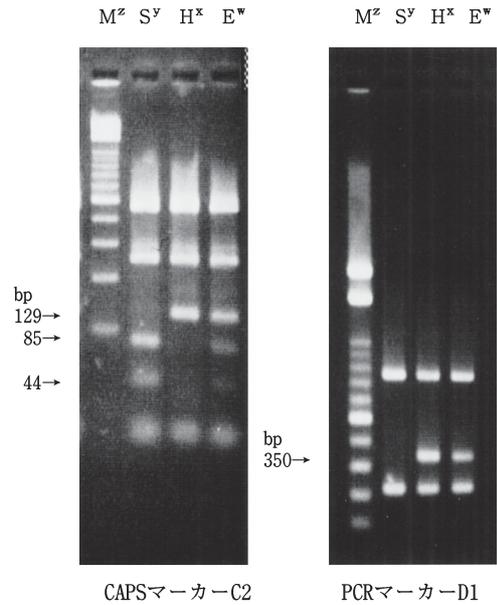
3) うどんこ病およびつる割病抵抗性検定

うどんこ病に対しては、‘雅夏系’、‘夏系15号’および‘春系3号’は全ての個体において葉の大半が激しく発病し、発病率 100.0%、発病指数 100.0 であった。一方、‘エキスポール’は8個体中3個体において葉の表面の一部に病斑が認められ、発病率が 37.5%、発病指数 12.5 で、発病率、発病指数とも低く、実用上十分な抵抗性を有していた。つる割病に対しては、‘エキスポール’はレース0および2とも‘雅夏系’、‘夏系15号’と同様に全く発病せず抵抗性であった (第2表)。

第2表 ‘エキスポール’ のうどんこ病 (*S. fuliginea* レース2) およびつる割病 (メロンつる割病菌 レース0および2) 抵抗性検定結果

品種・系統	供試株数	うどんこ病		つる割病			
		レース2		レース0		レース2	
		発病率 (%)	発病指数 <sup>2)</sup>	発病率 (%)	発病指数 <sup>2)</sup>	発病率 (%)	発病指数 <sup>2)</sup>
エキスポール	8	37.5	12.5	0	0	0	0
雅夏系	8	100.0	100.0	0	0	0	0
夏系15号	8	100.0	100.0	0	0	0	0
春系3号	8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

<sup>2)</sup> 発病指数:  $\frac{\Sigma (\text{発病程度} \times \text{発病程度別個体数}) \times 100}{4 \times 8}$



第3図 ‘エキスポール’ および親系統をテンプレートにした日持ち性に連鎖する CAPS マーカー C2 およびつる割病抵抗性に連鎖する PCR マーカー D1 による多型

<sup>2)</sup> サイズマーカー  
<sup>3)</sup> SP2R-1  
<sup>4)</sup> HIFR-1  
<sup>5)</sup> エキスポール

4) 盛夏作における特性

‘エキスポール’の果重は 1.50 kg で‘雅夏系’と同程度で、‘夏系15号’の 1.74 kg に比べやや軽かった。‘エキスポール’の果皮色は灰色で、‘雅夏系’および‘夏系15号’は緑色であった。‘エキスポール’のネットの高さは、‘雅夏系’および‘夏系15号’より高かった。‘エキスポール’の糖度は、‘雅夏系’および‘夏系15号’と同様、15以上と高かった。収穫7日後における黄色度は、‘エキスポール’、‘雅夏系’および‘夏系15号’の間に大きな差が認められなかった。果肉硬度についても3品種の間に差は認められなかった (第3表)。以上のことから、‘エキスポール’は市販品種と同等以上の品質の高さを示していた (第4図)。

第3表 ‘エキスポール’の盛夏作（8月上旬収穫）での果実特性

品種・系統	果重 (kg)	果皮色 <sup>2</sup>	ネットの高さ <sup>2</sup>	糖度	黄色度 <sup>3</sup>	果肉硬度 (kg) <sup>4</sup>
エキスポール	1.50b <sup>w</sup>	灰色	より高	15.4a	19.7a	0.41a
雅夏系	1.59b	緑色	やや高	15.1a	20.1a	0.38a
夏系15号	1.74a	緑色	やや高	15.0a	21.3a	0.43a

<sup>2</sup>植物遺伝資源特性マニュアルによる評価

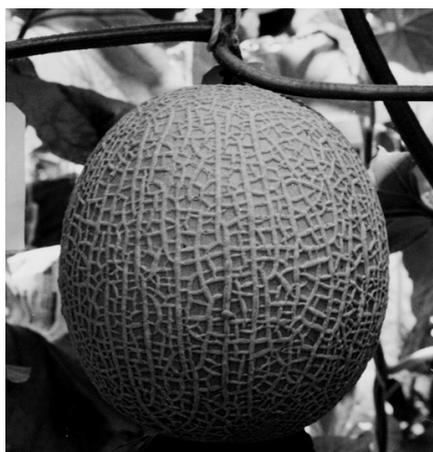
<sup>3</sup>数字が大きいほど黄化している

25以上で黄化が識別できる

<sup>4</sup>数字が小さいほど軟化している

0.35 kg以下で食べ頃の軟らかさである

<sup>w</sup>異なる英小文字間に5%レベルで有意差あり (Tukey 法)



第4図 ‘エキスポール’の収穫果実

## 考 察

種子をエセフォン処理して、根の伸長が良い個体を選ぶことで、エチレン低感受性因子を保有する個体を4日で選抜できた。この方法で育成した‘エキスポール’は、日持ち性に優れる‘雅夏系’および‘夏系15号’（菅原ら、1998）と同等の日持ち性を保有していた。今回の試験ではDNAマーカーの開発と品種育成を平行して行ったため、マーカーを直接選抜に用いることはできなかったが、‘エキスポール’はCAPSマーカーC2によって日持ち性因子をヘテロに保有し、PCRマーカーD1によりつる割病抵抗性遺伝子 (*Fom1*) を保有することを確認した。うどんこ病抵抗性について連鎖するDNAマーカーも開発されており（斉藤ら、1998）、今後のわが国でのメロンの品種改良において、DNAマーカーの利用は品種改良の時間短縮と目標遺伝子の集積に効果を発揮するものと考えられる。

‘エキスポール’は、うどんこ病罹病株と混植し菌が常時降りかかる強い接種条件においても、一部個体にわずかな病斑が認められるのみで、十分な抵抗性を有する。つる割病については、抵抗性遺伝子が *Fom1* であるため、北海道、高知などで問題となっているレース1, 2y およびレース1には抵抗性を持たない（山川、1978; 坂田・杉山、2002）が、わが国の主要なレースである0および2に抵抗性を持つ。そのため、うどんこ病防除やつる割病対策としての接

ぎ木がほとんどの地域で不要である。‘エキスポール’は、高い病害抵抗性を持つとともに、果実はネットの発生が良好であり、果皮色は灰色で、高温期においても果皮の黄化は少ない。糖度が高く、品質が優れる。これらのことから、本品種はわが国で栽培が多い7~8月収穫の作型において、高品質な果実を省力的に減農薬栽培する場合に利用効果が大きいと考えられる。

## 摘 要

日持ち性が高く、うどんこ病の新しいレース (*S. fuliginea* レース2) とつる割病 (レース0および2) に抵抗性を持つアールス系メロン‘エキスポール’を、育成過程においてエチレン感受性検定とうどんこ病、つる割病抵抗性幼苗検定を行い、育成した。‘エキスポール’は、日持ち性因子とつる割病抵抗性遺伝子を持つことがDNAマーカーにより確認され、メロン育種におけるDNAマーカーの有用性が示された。

**謝 辞** 本研究を行うにあたり、DNAの抽出、マーカーによる遺伝解析のご指導を頂いた愛知県農業総合試験場環境基盤研究部生物工学グループ石田朗研究員に深く感謝します。

## 引用文献

- 細谷和重・成澤才彦・江面 浩. 1996. フランスにおいてうどんこ病に抵抗性を示すメロン3系統の日本における抵抗性. 育学雑. 46 (別2): 169.
- 農業生物資源研究所. 1992. メロン特性調査基準. 植物遺伝資源特性調査マニュアル. 4: 391-400.
- 大藪哲也・菅原眞治. 1999. アールス系温室メロンうどんこ病菌のレース判別と抵抗性素材の検討. 愛知農総試研報. 31: 71-74.
- 斉藤猛雄・森下昌三・平井正志. 1998. メロンのうどんこ病抵抗性の遺伝様式とそれに関連したRAPDマーカー. 育学雑. 48 (別1): 111.
- 坂田好輝・杉山充啓. 2002. メロンつる割病レース1, 2y抵抗性素材の検索. 園学雑. 71 (別1): 353.
- 菅原眞治・浅見逸夫・古川 一・大藪哲也・朱宮昭男・落合秀彦. 1998. 日持ち性の高いアールス系温室メロン

- のエチレン感受性による選抜. 農及園. 73: 1098-1105.
- 菅原祐幸・五十嵐勇・中鶴 功・青木和年. 1977. メロンの育種 IV F<sub>1</sub> 育種によるうどんこ病・つる割病複合耐病性利用の拡大と新品種 'グリーンパール' の育成. 野菜試報. C3: 1-16.
- 遠山孝通・浅見逸夫・大薮哲也・矢部和則・菅原真治・神戸三智雄. 2000. アールスメロンの日持ち性形質 (非黄化形質) と連鎖する PCR マーカーの開発. 愛知農総試研報. 32: 47-52.
- 遠山孝通・神戸三智雄. 2002. アールスメロンをつる割病抵抗性遺伝子 (*Fom1*) と連鎖する PCR マーカーの開発. 愛知農総試研報. 33: 49-53.
- 山川邦夫. 1978. ウリ科野菜の抵抗性品種とその利用. p. 103-114. 野菜/抵抗性品種とその利用. 全国農村教育協会. 東京.