

## V章. レース 1,2y 抵抗性の機作

### 目的

病原性糸状菌に対する宿主植物の抵抗性機作の解明は分子レベルまで進んでいる。しかし、それらの研究のほとんどは地上部を侵す病原菌と宿主との関係についての研究であり、地下部を侵す土壌病原菌と宿主との関係は、土壌中で生じる現象を的確に把握する実験手法が乏しいため地上部を侵す病原菌ほど研究が進んでいない(西村 1999)。

トマト萎ちょう病菌 (*F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*) レース 1 に対する真性抵抗性遺伝子に関する準同質遺伝子系統を用いた研究では、抵抗性系統も罹病性系統も接種初期には根への感染が見られるが (Elgersma *et al.*, 1972), その後罹病性系統では組織内の菌量が増加するのに対し、抵抗性系統では菌量の増加が止まる現象が観察され (Elgersma *et al.*, 1972; Conway and MacHardy, 1978), 真性抵抗性と組織内の菌量の関係が明らかになった。

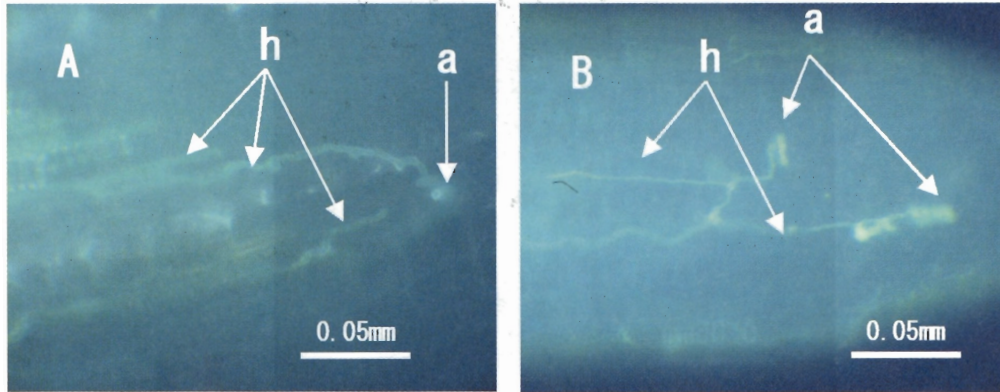
量的抵抗性については、土壌病原菌に感染した根などの組織内の菌量を培地上で定量的に観察する方法を用い、メロン (Gordon *et al.*, 1990), スイカ (Zhou and Everts, 2004), トマト (Gao *et al.*, 1995; Rodriguez-Molina *et al.*, 2003) およびワタ (Harrison and Beckman, 1982) について、組織内の菌量と宿主の抵抗性の程度には正の相関関係があり、この関係が量的抵抗性の指標となることが示唆された。

量的抵抗性であるレース 1,2y 抵抗性については、根部においてどのような機作で抵抗性が発現されているかは明らかになっていない。そこで、本章では組織内の菌糸を蛍光染色して蛍光顕微鏡で観察し、植物の土壌病原菌に対する抵抗性機作を視覚的に知る手法 (Hood and Shew, 1996a, 1997) を用い、レース 1,2y 抵抗性機作と抵抗性の関係について明らかにすることを目的とした。

### 材料及び方法

#### 試験 1

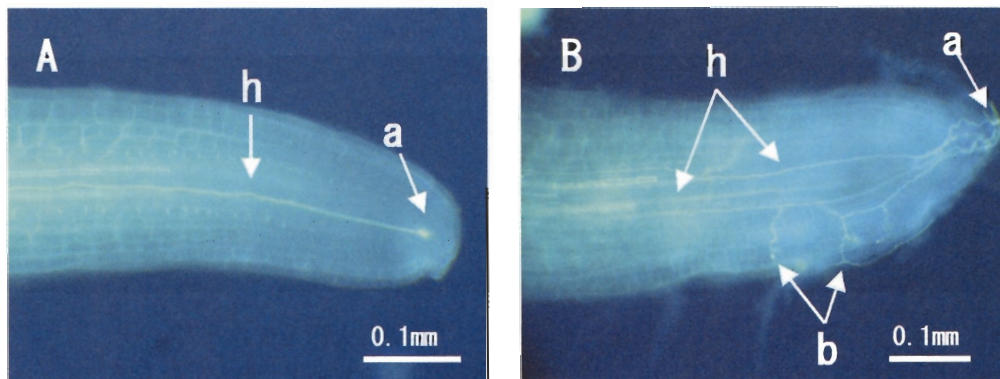
‘どうだい 1 号’育成過程における各世代における抵抗性機作の推移について検討した。供試材料および接種方法はIV章と同様で、供試個体数は 1 品種・系統当たり 5 個体とした。感染成立の可否の観察は、1 個体あたり約 25 本、合計 75 本の根端を含む根を無作為抽出して行った。分離世代における抵抗性評価試験では、全個体が枯死する直前の接種後 18~20 日目に発病度を調査したが、供試個体中に枯死個体が発生すると、その個体の根部組織が崩壊し組織内の観察が困難になることが予想されたため、全供試個体中に枯死個体が発生する直前の接種後 12 日目に接種試験を終了し、全供試個体の地上部を切除して根部を蒸留水で洗浄した。洗浄後の根部の処理および蛍光顕微鏡による観察は、Hood and Shew (1996a) の方法に準じて行った。すなわち、洗浄した根部を 1N の KOH に浸漬してオートクレーブで 121℃, 15 分間処理し、蒸留水で 3 回洗浄した後、1 個体から 1~2 cm の根を無作為に 25 本程度切り取ってスライドグラスに乗せ、0.067M の  $K_2HPO_4$  に溶解させたアニリンブルー 0.05% 液を数滴滴下してカバーグラスをかけ、HBO100-W/2 紫外線バーナーを光源とし、330-385 nm の励起フィルター、420 nm の吸収フィルターを用いた U 励起法で観察した。*F. oxysporum* は根冠表皮の細胞間隙から侵入すると言われており (駒田, 1976), 予備的な観察によっても主として根冠部付近から感染することが確認されたため、観察部位は根冠部を中心として行った。根冠部に菌糸の侵入がない場合は、根端から約 1.5 mm の範囲内の分裂帯および伸長帯も観察部位とした。感染成立の確認は、菌糸が根冠内部、皮層および維管束の組織内に達しているかどうかで判断し、1 本以上の菌糸が組織内に達していることが確認されれば感染が成立していると思なし (図 V-1, 図 V-2, 図 V-3, 図 V-4, 図 V-5, 図 V-6), (菌糸の感染が確認された根の数×100/観察した根の総数) を感



図V-1 メロンつる割病レース 1,2y 菌糸の根端分裂帯からの侵入

A: 'F<sub>2</sub>'接種 12 日後, B: 'どうだい1号'接種 12 日後

a: 根端組織への侵入点, h: 組織中を伸長する菌糸

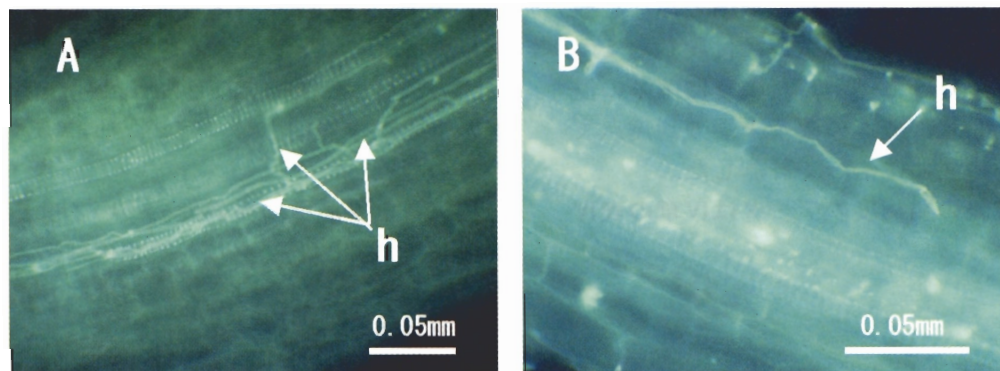


図V-2 メロンつる割病レース 1,2y 菌糸の根冠および分裂帯からの侵入

A: 'メロン中間母本農1号'接種 12 日後における根冠 (a) からの菌糸の侵入

B: 'F<sub>1</sub>'接種 12 日後における根冠 (a) および分裂帯(b)からの菌糸の侵入

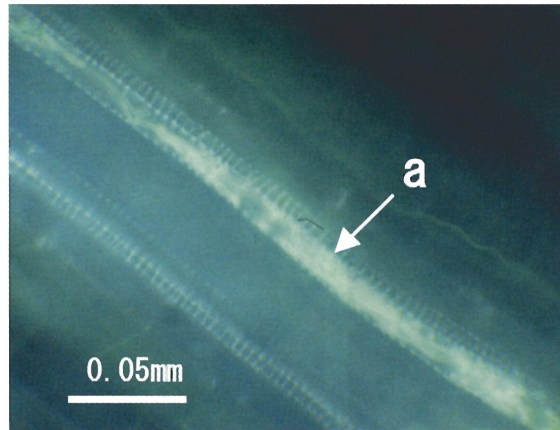
h: 組織中を伸長する菌糸



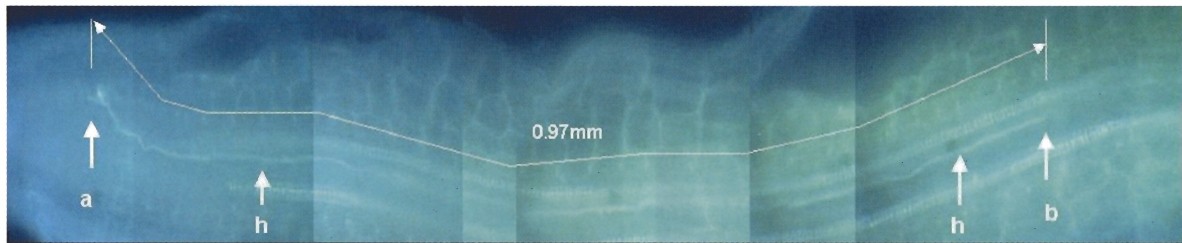
図V-3 メロンつる割病レース 1,2y 菌糸の根端組織内での伸長 (写真左側が根端)

A: 導管内および導管周縁部分を伸長する菌糸 (h) ('メロン中間母本農1号'接種 12 日後)

B: 皮層内を伸長する菌糸 (h) ('バーネットヒルフェボリット'接種後 12 日)



図V-4 メロンつる割病レース 1,2y 菌糸塊による  
根端部導管内における導管閉塞 (a)  
(‘メロン中間母本農1号’接種12日後)



図V-5 メロンつる割病レース 1,2y 菌糸の根端組織内での伸長と菌糸長の計測  
根端部分裂帯の a 点から侵入し導管内および導管周縁部を b 点まで伸長した菌糸 (h),  
(‘メロン中間母本農1号’接種12日後, 6枚の写真を合成)

染率とした。根部組織内に侵入した菌糸の長さは、感染が確認された根端のうち根に損傷等がなく観察可能な根について、蛍光顕微鏡に付設したモニター画面上で、図V-5に例示したように菌糸の侵入部位を起点とし基部側への菌糸末端の到達点までの長さを菌糸の屈曲に沿って計測した。

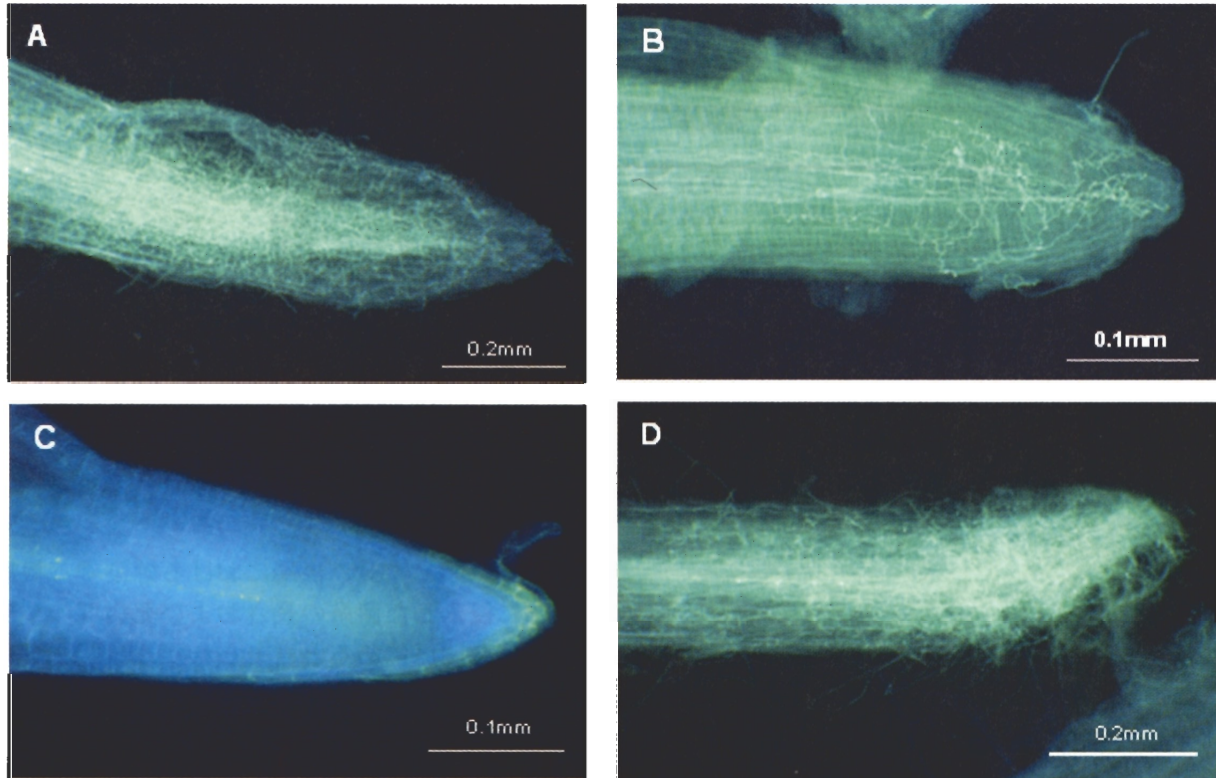
なお、供試材料の発病度のデータはIV章の表IV-2の値を用いた。

## 試験2

試験1では、‘どうだい1号’育成過程における分離世代という遺伝的に限定された範囲内での試験であったが、その結果がメロンにおけるより広い遺伝的変異の中においても当てはまるかどうかについて検討した。供試品種は、II章およびIV章の

結果からレース 1,2y 抵抗性について広い変異を示す‘金剛1号’、‘バーネット’、‘中母農1号’、‘東京早生’および‘どうだい1号’の5品種を供試した。試験方法は、接種後7日目に各品種3個体から50本の根を無作為抽出して行った他は実験1と同様の方法で行った。

供試した5品種の発病度については、接種方法は表II-2、図II-1に示した標準接種法とし、罹病程度の調査および発病度の算出は図II-2に示した標準調査法で行った。調査は供試品種の中で最も抵抗性が弱い品種が全株枯死する直前の接種14日後まで行い、接種11,12,14日後の計3回の調査結果を平均し、各品種の発病度とした。供試株数および反復数は、1品種当たり8株を1反復とした2反復の乱塊法で行った。



図V-6 メロンつる割病菌レース 1,2y 菌糸の根端組織内での感染・伸長程度の品種間差異

- A：菌糸が蔓延した‘メロン中間母本農1号’の根端（接種12日後）
- B：菌糸が蔓延した‘東京早生（丸葉）’の根端（接種12日後）
- C：菌糸の感染が見られないF<sub>6</sub>系統（‘どうだい1号’）の根端（接種12日後）
- D：菌糸が著しく蔓延した‘金剛1号’の根端（接種7日後）

表V-1 ‘どうだい1号’ 育成過程における各世代のレース1,2yに対する発病度、根端における菌糸の感染率および侵入した菌糸の長さ

世代	品種名	発病度	根端における 感染率(%)	侵入した菌糸の長さ(mm)	
				平均値	標準偏差
P(♀)	メロン中間母本農1号	97.9 a <sup>2</sup>	37.3	2.81	3.14
P(♂)	東京早生(丸葉)	85.6 a	34.7	2.02	2.83
F <sub>1</sub>		93.8 a	29.3	2.90	3.46
F <sub>2</sub>		91.2 a	40.0	2.14	1.64
F <sub>3</sub>		35.8 b	16.0	0.88	0.53
F <sub>4</sub>		25.7 bc	20.0	0.91	1.24
F <sub>5</sub>		16.3 bc	8.0	0.80	0.53
F <sub>6</sub>	どうだい1号	12.4 c	6.7	0.95	1.13

<sup>2</sup>異なる文字間に有意差あり(5%水準、Tukey-Kramer)

表V-2 メロン5品種におけるレース1,2yに対する発病度、根端における菌糸の感染率および侵入した菌糸の長さ

品種名	発病度	根端における 感染率(%)	侵入した菌糸の長さ(mm)	
			平均値	標準偏差
金剛1号	97.6 a <sup>2</sup>	65.0	2.18	1.15
バーネットヒルフェボリット	60.4 b	53.3	2.41	2.44
メロン中間母本農1号	49.0 b	35.0	1.19	0.76
東京早生(丸葉)	13.9 c	13.3	0.42	0.43
どうだい1号	0.4 c	7.3	0.44	0.49

<sup>2</sup>異文字間に有意差あり(5%水準、Tukey)

## 結果

### 試験 1

根部組織に菌糸が侵入する際、表面内部で菌糸の強い屈曲と菌糸の部分的な肥厚が観察された(図V-1)。また、根部組織への菌糸の侵入は、根の先端から侵入する場面も観察されたが(図V-2B)、根冠部あるいは分裂帯からの侵入が主であった(図V-1, 図V-2)。駒田(1980)は *F. oxysporum* の菌糸は根冠表皮の細胞間隙から侵入するとしているが、本試験では分裂帯からの侵入も観察された。根冠部あるいは分裂帯から根部組織内に侵入した菌糸は、導管内、導管の周縁部あるいは皮層を根端とは反対側(植物体基部側)に向かって伸長した(図V-3)。導管内を伸長した菌糸が導管内で増殖し、根端から数ミリの所で導管を閉塞させている場面も観察された(図V-4)。

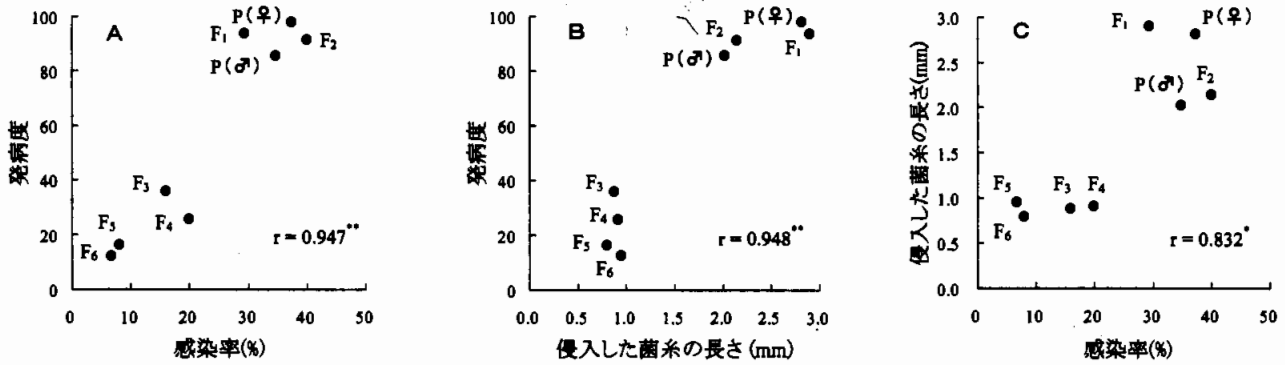
‘どうだい1号’の両親、F<sub>1</sub>およびその分離世代での根端における感染率、根部組織内に侵入した菌糸の長さ、および先に求めた発病度の3形質の値を表V-1に示した。レース1,2yに比較的強い抵抗性を示す‘東京早生’の根端における菌糸の感染率は34.7%であったが、強い抵抗性を示す‘どうだい1号’は6.7%であり、感染率は発病度と  $r=0.947$  の1%水準で有意な正の相関関係が見られた(図V-7A)。根部組織内に侵入した菌糸の長さは、標準偏差は大きいものの根端における菌糸の感染率が高いほどその平均値は大きく(表V-1)、両形質の相関係数は  $r=0.832$  と5%水準で有意であった(図V-7C)。さらに、根部組織内に侵入した菌糸の長さは発病度と  $r=0.948$  の有意な正の相関関係

にあり(図V-7B)、根端における感染率、根部組織内に侵入した菌糸の長さおよび発病度の3形質は密接な関係にあると考えられた。接種12日後の品種毎の代表的な根端の写真を図V-6に示した。これらの写真からも抵抗性が比較的強い‘東京早生’や‘中母農1号’の根端でも菌糸の侵入が見られるのに対し、‘どうだい1号’では菌糸の侵入がほとんど見られないことがわかる。

また、供試した8品種・系統は、レース1,2yによる選抜が加えられていない親品種およびF<sub>1</sub>およびF<sub>2</sub>集団のグループと、選抜が加えられたF<sub>3</sub>からF<sub>6</sub>系統のグループの2グループに分れた(表V-1, 図V-7)。このことから、レース1,2y抵抗性品種育成過程において認められた発病度の経代的な低下は、根端における感染率の低下、および根部組織内に侵入した菌糸の伸長抑制によって生じていることが明らかになった。

### 試験 2

‘どうだい1号’育成過程において確認された結果、すなわち感染率、根部組織内に侵入した菌糸の伸長距離、および発病度の3形質間に存在する相互に有意な正の相関関係は、メロンにおける広い遺伝的変異の中においても認められた(表V-2, 図V-8)。供試品種の中で最もレース1,2y抵抗性が低い‘金剛1号’は、根端における菌糸の感染率が65.0%と高く(表V-2)、接種7日後であっても根端付近から多くの菌糸が組織内に侵入しているのが観察された(図V-6D)。

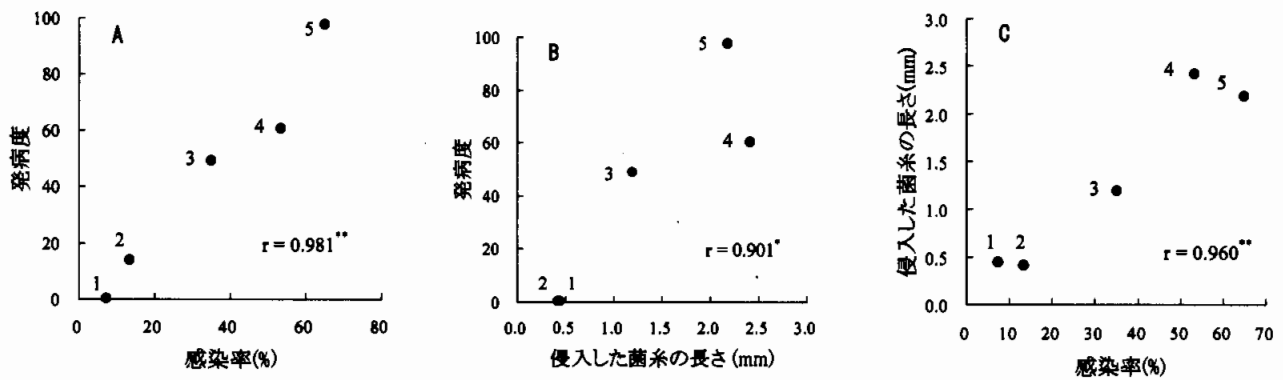


図V-7 'どうだい1号'育成過程における各世代のレース 1,2y に対する発病度, 根端への菌糸の感染率および根端に侵入した菌糸の長さの関係

P(♀): 'メロン中間母本農1号', P(♂): '東京早生(丸葉)'

F<sub>6</sub>: 'どうだい1号'

\*, \*\*: 5%水準, 1%水準でそれぞれ有意



図V-8 メロン5品種における各世代のレース 1,2y に対する発病度,

根端への菌糸の感染率および根端に侵入した菌糸の長さの相互関係

1: 'どうだい1号', 2: '東京早生(丸葉)', 3: 'メロン中間母本農1号'

4: 'パーネットヒルフェボリット', 5: '金剛1号'

\*, \*\*: 5%水準, 1%水準でそれぞれ有意

## 考察

米山 (1976) によると, *F. oxysporum* f.sp. *cucumerinum* によるキュウリつる割病における観察で, 罹病性品種に病原性フザリウムを接種すると, 病原菌は根冠の細胞間隙から侵入し, 菌の侵入を受けた細胞はやがて原型をとどめなくなり, その細胞内にも侵入して甚だしく繁殖し, 細胞内に充満する. その後, 柔組織を侵しながら上方へ侵入した菌糸は, 導管内にも侵入するが, 導管内部よりむしろその周辺細胞内に多量の菌糸が認められると報告している. 本章のメロンにおける観察でもそれとほぼ同様の結果となり, 菌糸は柔組織を侵しながら導管内に侵入し, 導管内部よりその周辺細胞内に多量に認められた.

‘どうだい 1 号’の選抜過程における抵抗性の世代間で選抜によって抵抗性機作がどのように推移したかについて検討した結果, 根端部分でのレース 1,2y 菌糸の感染率と根端部分に侵入した菌糸長が  $F_2$  から  $F_3$  世代の間で顕著に低下することが明らかになった. これは, 相加効果を有する抵抗性微働遺伝子の同型接合化によって, 根端部分におけるレース 1,2y 菌糸の感染率が低下し, 根端部分に侵入した菌糸の伸長が抑制されたためと考えられた. それ故, レース 1,2y に抵抗性を有する微働遺伝子の集積と同型接合化は, 根端部分における菌糸の感染に対する抵抗性および組織内に感染

した菌糸の伸長に対する抵抗性を増大させるのではないかと推定された.

Elgersma *et al.* (1972) と Conway and MacHardy (1978) は, *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* によるトマト萎凋病の真性抵抗性遺伝子の準同質遺伝子系統を用い, 抵抗性と感染のメカニズムを詳細に検討し, 真性抵抗性遺伝子を持つ系統は 1 次根にわずかに感染がみられるが, その後の菌糸の伸長が抑制されることを報告しており, 本報の結果もそれらとほぼ同様の結果であることから, 萎凋性の土壌病害に対する真性抵抗性遺伝子と微働遺伝子の抵抗性には共通の機作が存在する可能性がある. しかし, このことについては生きた病原菌の行動を視覚的に観察できる Nonomura *et al.* (2001) の手法等を用いた感染生理学的な検証が必要であろう.

‘どうだい 1 号’育成過程における各系統についてみられた発病度と根端部分での感染率および根端部分に侵入した菌糸長の相関関係はメロンにおける広い遺伝的変異の中においても認められ, これらはメロンにおける一般的な現象であると考えられる. したがって, メロンにおけるレース 1,2y 抵抗性は, 侵入抵抗である根端における菌糸の感染阻止, および進展抵抗である菌糸の伸長阻止によって発現されていると考えられる.

## VI章 . レース 1, 2y 抵抗性台木品種の特性

### 目的

‘どうだい 1 号’は、レース 1, 2y に対する強い抵抗性を有する台木品種の開発が緊急に必要とされたことから、台木品種として必要な「接ぎ木作業のし易さ」や「穂木品種の草勢の維持」については選抜の対象とせず、1999 年に品種登録した品種である。そのため、それらの形質について問題があるとの指摘が‘どうだい 1 号’を栽培したメロン農家や栽培指導に当たった農業改良普及員から寄せられた。そこで、「接ぎ木作業のし易さ」や「穂木品種の草勢の維持」を育種目標とし、‘パーネット’ (♀) × ‘どうだい 1 号’ (♂) の組合せで採種を行った F<sub>1</sub> 系統に‘どうだい 2 号’の系統名を付し、1999 年から各種の試験に供試した。

本章では、‘どうだい 1 号’と‘どうだい 2 号’について、台木品種が保有すべき特性であるメロンつる割病菌レース 1, 2y, レース 0, レース 1 およびレース 2 に対する抵抗性程度 (試験 1), 接ぎ木作業のし易さ (試験 2), および穂木品種の果実品質や収量等に与える影響 (試験 3) を調査することを目的とした。

### 材料及び方法

#### 試験 1

表 VI-1 に示した供試品種を用い、メロンつる割病菌レース 1, 2y, レース 0, レース 1 およびレース 2 に対する抵抗性を調査するため幼苗接種検定を行った。

分生孢子濃度以外の接種検定方法は標準接種法 (表 II-2, 図 II-1) に準じ、調査方法は標準調査法 (図 II-2) に準じて行った。レース 1, 2y は接種源の分生孢子濃度  $1.0 \times 10^5$  個/ml, 12 個体 2 反復で行った。罹病程度の調査は、供試品種の中で最も抵抗性が強い‘どうだい 1 号’の病徴が発現し、最も抵抗性が弱い‘金剛 1 号’が全個体枯死する直前の接種 12~14 日後に行った。

レース 0 およびレース 2 は接種源の分生孢子濃度  $1.0 \times 10^6$  個/ml, 8 個体 2 反復で、罹病程度の調査はレース 0 が接種 21 日後、レース 2 は接種 16 日後にそれぞれ行った。

レース 1 は接種源の分生孢子濃度  $1.0 \times 10^5$  個/ml, 5 個体 4 反復で、罹病程度の調査は接種 23 日後に行った。

検定に用いたレース 0 とレース 2 の菌株は、北海道内で採集し北海道立中央農業試験場においてレース判定された菌株である。レース 1 は北海道内での発生がないため、財団法人日本園芸生産研究所から分譲を受けた菌株を用いた。対照品種として用いたメロン純系品種‘大井’はレース 0 およびレース 2 に対し真性抵抗性を有し、マクワ純系品種‘黄金 9 号’はレース 0 およびレース 1 に対し真性抵抗性を有する品種であり、メロン F<sub>1</sub> 品種‘アムス’ (日本園芸生産研究所育成) はいずれのレースにも真性抵抗性を持たないことが確認されている品種である (並木, 1996, 1997, 2001)

#### 試験 2

種子重は表 VI-2 に示した供試品種の種子 20 粒を調査し、1 粒重を算出した。接ぎ木時の苗の生育調査は、表 VI-2 に示した供試品種あたり 10 個体を抽出して行った。接ぎ木活着率は、メロン F<sub>1</sub> 品種‘夕張キング春系’ (J A 夕張市育成) を穂木とし、‘どうだい 1 号’, ‘どうだい 2 号’ および台木用メロン F<sub>1</sub> 品種‘金剛 1 号’を台木とした呼び接ぎ法による接ぎ木の活着率とした。なお、‘夕張キング春系’の種子は、育成元の J A 夕張市の協力を得て提供を受けた。

#### 試験 3

レース 1, 2y 発生圃場における罹病程度および収量性等の調査は表 VI-3 に示した北海道内の 5 箇所の農家圃場で行った。これらの農家圃場はいずれもメロンを連作しており、夕張市 A, D および奈井江町 C では試験開始 3~4 年前から、奈井江町 B と富良野市 E では試験開始 2 年前からレース 1, 2y による被害の発生が確認されている。夕張市 A では‘夕張キング春系’を穂木とし、‘どうだい 1 号’と‘金剛 1 号’を台木、夕張市 D では‘夕張キング春系’を穂木とし、



表VI-1 各品種のメロンつる割病菌レース1,2y, レース0, レース1およびレース2に対する発病度

品種	レース1,2y	レース0	レース1	レース2
どうだい1号	0.5 d <sup>z</sup>	0 b <sup>z</sup>	0 c <sup>y</sup>	17.2 b <sup>z</sup>
どうだい2号	28.5 c	0 b	0 c	0 c
メロン中間母本農1号	49.0 bc	0 b	81.3 b	0 c
東京早生(丸葉)	13.9 c	0 b	0 c	95.4 a
パーネットヒルフェボリット	60.4 b	0 b	96.3 a	0 c
金剛1号	97.6 a	—	—	—
大井	—	0 b	100 a	0 c
アムス	93.1 a	80.0 a	100 a	100 a
黄金9号	47.9 bc	0 b	0 c	98.5 a

<sup>z</sup> 異文字間に有意差あり(Tukey, <sup>z</sup>:1%水準, <sup>y</sup>:5%水準)

‘どうだい1号’, ‘どうだい1号’および‘金剛1号’を台木として接ぎ木栽培した場合の発病の程度および果実収量等を表VI-3に示した株数について調査した。奈井江町BではメロンF<sub>1</sub>品種‘ルピアレッド’を、奈井江町CではメロンF<sub>1</sub>品種‘北紅キング’をそれぞれ穂木とし‘どうだい1号’を台木として接ぎ木栽培した場合と、‘ルピアレッド’および‘北紅キング’を自根栽培した場合の発病の程度および果実収量等を表VI-3に示した株数について調査した。富良野市Eでは‘サッポロレッド94’を穂木とし、‘どうだい1号’, ‘どうだい1号’および‘金剛1号’を台木として接ぎ木栽培した場合の発病の程度および果実収量等を表VI-3に示した株数について調査した。作型はいずれも無加温半促成栽培(中住, 1999c)で行った。

レース 1,2y の未発生圃場における供試台木品種の特性調査は 1999 年に滝川市で行い、供試台木品種に草勢が強いメロン F<sub>1</sub> 品種‘サッポロキング ER’と草勢が中庸な‘ルピアレッド’を接ぎ木した場合と、両品種を自根栽培した場合の生育特性および果実収量を調査した。作型は無加温半促成栽培(中住, 1999c), 畦幅 270 cm, 株間 80 cm で、5月6日に定植し、仕立て法は遠い作り子づる2本仕立て、予定着果数は株当たり4果とした。試験は1区5株の2反復で行った。

## 結果

### 試験1

レース 1,2y の幼苗接種検定の結果、発病度には

有意な品種間差が見られ、‘どうだい1号’の発病度 0.5 は、その育種素材である‘東京早生’の 13.9 と‘中母農1号’の 49.0 より有意に強い抵抗性の値を示した。また、‘どうだい2号’の発病度 28.5 は種子親の‘パーネット’の 60.4 と花粉親の‘どうだい1号’の 0.5 との中間の値を示した(表VI-1)。

レース0については、発病度が80.0の‘アムス’は罹病性と判断されたが、‘アムス’以外の品種は発病度が0であることから、抵抗性と判断された(表VI-1)。

レース1については、‘中母農1号’の発病度が81.3, ‘パーネット’は96.3, ‘大井’と‘アムス’はいずれも100であり、これらの品種は罹病性と判断された(表VI-1)。「どうだい1号’, ‘どうだい2号’, ‘東京早生’および‘黄金9号’は発病度が0であり抵抗性と判断された。しかし、‘中母農1号’は‘パーネット’, ‘大井’および‘アムス’とは有意に異なる量的な抵抗性を示した(表VI-1)。

レース2については、‘どうだい1号’の発病度は17.2, ‘東京早生’は95.4, ‘アムス’は100, ‘黄金9号’は98.5といずれも発病度が0より大きいため罹病性と判断された(表VI-1)。「どうだい2号’, ‘中母農1号’, ‘パーネット’および‘大井’は発病度が0であり抵抗性と判断された。しかし、‘どうだい1号’は‘東京早生’, ‘アムス’および‘黄金9号’とは有意に異なる量的な抵抗性を示した(表VI-1)。

‘どうだい1号’, ‘どうだい2号’の各レースに対する抵抗性反応から推定される真性抵抗性遺伝子について、‘どうだい1号’は‘東京早生’に由来す

る *Fom2* を有するためレース 0 とレース 1 に真性抵抗性を示し、'どうだい 2 号' は 'どうだい 1 号' に由来する *Fom2* と 'バーネット' に由来する *Fom1* をそれぞれ有するためレース 0, レース 1 およびレース 2 に対して真性抵抗性を示すと考えられた。

### 試験2

'どうだい 1 号' の種子重は 19.5mg/粒で '金剛 1 号' の 31.9mg/粒より軽く、接ぎ木時の胚軸長と胚軸径も '金剛 1 号' より小さく (表 VI-2), 苗の大きさも '金剛 1 号' より小さかった (図 VI-1), そのため接ぎ木の成功率は 80.6% と '金剛 1 号' より劣った (表 VI-2), それに対し 'どうだい 2 号' の種子重は 39.5mg/粒と '金剛 1 号' よりやや重く, 胚軸長,

胚軸径は同等で, 苗の大きさも '金剛 1 号' とほぼ同等であることから (図 VI-1), 接ぎ木作業が容易であり, 接ぎ木の成功率は 100% と高かった (表 VI-2)。

### 試験3

'金剛 1 号' を台木として供試したレース 1, 2y 発生圃場 (農家 A, D, E) では, 発病株率が農家 A では 87.5, D では 50.0, E では 25.0 と差があったが, 'どうだい 1 号' および 'どうだい 2 号' に接いだ場合は穂木品種に発病が認められなかった (表 VI-3), また, 農家 B では 'ルヒアレッド' の自根栽培において 11.8%, 農家 C では '北紅キング' の自根栽培において 100% の発病が認められたが, これ



図 VI-1 各品種の播種 10 日後の苗

左: '金剛 1 号', 中: 'どうだい 2 号', 右: 'どうだい 1 号'

表 VI-2 種子重, 接ぎ木時の苗の生育および接ぎ木活着率

台木品種	種子重 (mg)	胚軸長 (mm)	胚軸径 (mm)	接ぎ木活着率 (%)
どうだい 1 号	19.5	15.8 b <sup>1</sup>	1.6 b	80.6 (29/36) <sup>2</sup>
どうだい 2 号	39.5	29.0 a	2.4 a	100 (30/30)
金剛 1 号	31.9	27.7 a	2.4 a	96.4 (53/55)

<sup>1</sup> 異文字間に有意差あり (Tukey, 5% 水準)。

<sup>2</sup> (活着株数/供試株数)

らの農家で‘どうだい1号’を台木として用いた場合には発病株率は0であった(表VI-3)。これらのことから、‘どうだい1号’および‘どうだい2号’に接いだ場合は穂木品種に発病が認められず、接ぎ木により強い抵抗性が付与されることが明らかになった(表VI-3)

レース1,2y発生圃場では、‘どうだい1号’を台木とした場合の平均1果重は最小値が農家Dの1570g、最高値が農家Eの1853gであったが、自根栽培および‘金剛1号’を台木とした場合は最小値が農家Cの1783g、最高値が農家Dの2190gであり、‘どうだい1号’を台木とした場合、平均1果重は自根栽培および‘金剛1号’を台木とした場合よりやや小さくなる傾向があった(表VI-3)。しかし、‘どうだい1号’を台木とした場合は株当たり収穫果数が自根栽培および‘金剛1号’を台木とした場合より多いため、穂木品種の株当たり収量は3.6~6.9kgであり、自根栽培および‘金剛1号’を台木とした場合の0.9~6.9kgより多収を示した

(表VI-3)。また、農家D, Eにおいて‘どうだい2号’を台木とした場合、‘どうだい1号’と‘金剛1号’を台木とした場合より平均1果重が重く、穂木品種の株あたり収量も多収を示した(表VI-3)。

レース1,2y未発生圃場において行った台木品種の比較試験の結果、草勢が中庸な‘ルピアレッド’では‘どうだい1号’、‘どうだい2号’、‘金剛1号’および‘ルピアレッド’の自根栽培において全ての形質で有意な品種間差は認められなかった(表VI-4)。しかし、草勢が強い‘サッポロキングER’では‘金剛1号’を台木とした場合の平均1果重は2033gであり、‘どうだい1号’を台木とした場合の1858gより有意に大きかったのに対し、‘どうだい2号’は2046gで‘金剛1号’と差がなかった。株当たり収量についても平均1果重と同じ傾向があり、‘どうだい1号’は‘金剛1号’より低収量であったが、‘どうだい2号’は‘金剛1号’と同等であった(表VI-4)。

表VI-3 メロンつる割病菌レース1,2y発生圃場において台木品種が穂木品種の罹病程度と収量に与える影響

試験場所	農家名	穂木品種	台木品種	供試株数(株)	発病株率(%)	枯死株率(%)	平均1果重(g)	株当たり収穫果数(個)	株当たり収量(kg)
夕張市	A	夕張キング春系	どうだい1号	8	0	0	1671	3.0	5.0
			金剛1号	8	87.5	75.0	1985	0.6	1.2
奈井江町	B	ルピアレッド	どうだい1号	17	0	0	1713	4.0	6.9
			自根栽培	17	11.8	11.8	1949	3.5	6.9
奈井江町	C	北紅キング	どうだい1号	9	0	0	1785	2.0	3.6
			自根栽培	42	100	66.7	1783	0.7	1.2
夕張市	D	夕張キング春系	どうだい1号	10	0	0	1570	3.4	5.3
			どうだい2号	10	0	0	2410	3.8	9.2
			金剛1号	10	50.0	40.0	2190	0.4	0.9
富良野市	E	サッポロレッド94	どうだい1号	25	0	0	1853	3.1	5.7
			どうだい2号	11	0	0	2115	3.6	7.6
			金剛1号	4	25.0	25.0	2036	1.8	3.7

農家A, B, C, は1998年、農家D, Eは1999年に行った

表VI-4 メロンつる割病菌レース1,2y未発生圃場において台木品種が穂木品種の生育および果実収量に与える影響

穂木品種	台木品種	節間長 (1~25節) (cm)	第10葉		果実の 成熟日数 (日)	平均 1果重 (g)	糖度 (Brix) (%)	株当たり 収量 (kg/株)
			葉長 (cm)	葉幅 (cm)				
サッポロキングER	どうだい2号	257.5 a <sup>2</sup>	19.9 a	28.7 a	43.8 a	2046 a	8.9 a	8.2 a
	どうだい1号	265.0 a	20.7 a	29.6 a	43.3 a	1858 c	9.5 a	7.4 c
	金剛1号	262.5 a	20.8 a	29.3 a	42.7 a	2033 a	8.9 a	8.1 a
	自根栽培	272.5 a	21.9 a	31.5 a	43.5 a	1940 b	10.2 a	7.8 b
ルピアレッド	どうだい2号	206.5 a	16.4 a	24.2 a	54.4 a	1918 a	12.1 a	7.7 a
	どうだい1号	205.0 a	16.4 a	23.9 a	55.5 a	1947 a	12.8 a	7.8 a
	金剛1号	199.0 a	16.7 a	22.2 a	55.3 a	2052 a	11.6 a	8.2 a
	自根栽培	204.0 a	16.2 a	22.2 a	54.3 a	1986 a	12.1 a	7.9 a

<sup>2</sup> 異文字間に有意差あり(Tukey, 5%水準)

### 考察

‘どうだい1号’は、レース 1,2y 抵抗性の強化を最も重要な育種目標として緊急に育成したため、接ぎ木作業性や穂木品種の果実肥大性等に問題があるが、レース 1,2y に対し強い抵抗性を有するため、レース 1,2y による汚染が著しい圃場における台木品種として利用できる。しかし、‘どうだい1号’はレース 1,2y に対し真性抵抗性を有しないことを考慮して利用すべきである。また、‘どうだい1号’は、F<sub>1</sub> 品種の花粉親として利用できる他、抵抗性の育種素材として、あるいはレース 1,2y 抵抗性台木品種育成における抵抗性程度の指標品種としての利用も可能である。

‘どうだい2号’のレース 1,2y 抵抗性は両親の中間となり、Ⅲ章の結果と矛盾しなかった。今後、‘どうだい1号’と同等以上の抵抗性を有する F<sub>1</sub> 品種を育成するためには、両親共に‘どうだい1号’と同等以上の抵抗性を有する親系統の育成が必要であると考えられる。

また、‘どうだい2号’はレース 0, レース 1 およびレース 2 に対して真性抵抗性を有し、胚軸長が長く、胚軸径が太いため接ぎ木作業性が容易で接ぎ木成功率も高く、草勢の強い品種の台木としても利用できる実用性を有する台木品種である。本章での結果では‘どうだい2号’の農家圃場での罹病は確認されなかったが、‘どうだい2号’はレース 1,2y 抵抗性が‘どうだい1号’より弱いため、レース 1,2y による圃場の汚染程度を把握した上で‘どうだい2号’の導入の可否を決める

必要がある。小松ら(2003)は、乾土 1 g 当たりのレース 1,2y の菌密度が概ね 10<sup>3</sup> 個を超えるような強度に汚染された圃場では‘どうだい2号’の発病の危険性が高くなることを報告しており、レース 1,2y の菌密度が 10<sup>3</sup> 個以下であることが‘どうだい2号’の導入の基準となると考えられる。レース 1,2y に強度に汚染された圃場にレース 1,2y の非宿主であるトマトを 1~2 年間栽培すると菌密度が低下し、その後に栽培した‘どうだい2号’の発病を低減できることが八木ら(2003)によって報告されており、レース 1,2y に強度に汚染された圃場では耕種的防除法との併用によって‘どうだい2号’を安定的に利用できると考えられる。

‘どうだい1号’は、レース 2 に対する選抜を加えていないにもかかわらず、レース 2 に対して量的抵抗性を有することが明らかになった。北海道立花・野菜技術センター(2005)は‘どうだい4号’の花粉親で、レース 1,2y に‘どうだい1号’と同程度の抵抗性を有する系統が、レース 2 に対し量的抵抗性を示すことを報告しており、レース 1,2y 抵抗性遺伝子とレース 2 抵抗性とは何らかの関係があると推察される。また、‘どうだい1号’の種子親である‘中母農1号’がレース 1 に対し量的抵抗性を有することからレース 1,2y 抵抗性遺伝子とレース 1 抵抗性との関係についても精査する必要がある。

## VII章. 総合考察

1993年に北海道内で発生したレース1,2yによるメロンつる割病は、その後急速に被害が拡大し、メロン生産を脅かす存在になった。それに対し、土壌消毒や対抗作物被害回避を試みたが、それらは効果が不安定である上、メロン農家の経済的・作業的負担が大きいという問題も発生した。また、既存の抵抗性品種による被害回避も試みられたが、レース1,2yの発生当初は‘パーネット’と同程度の抵抗性を有する台木品種しかなく、既存台木品種では十分な被害回避効果が得られなかった。そこで、筆者らは、強い抵抗性を有する台木品種の育成に着手し、育種素材の探索、抵抗性の遺伝解析、抵抗性品種の育成、抵抗性の機作の解明、抵抗性品種による被害回避効果等について検討してきた。本章ではそれら一連の試験を取りまとめた中から様々な課題が抽出されたので、それらについて考察する。

### 1. レース1,2y抵抗性の遺伝解析

メロンつる割病菌レース1,2yに対する抵抗性の多くは、相加的な効果を有する抵抗性微動遺伝子に支配され、シロウリの‘東京早生’が持つ劣性の抵抗性遺伝子の関与も明らかになった。これらの結果から、‘東京早生’よりレース1,2y抵抗性の強い台木品種を緊急に育成するためには、相加効果を有する抵抗性遺伝子を多く集積した上で、‘東京早生’が持つ劣性の抵抗性遺伝子を発現させる系統選抜法による固定種の育成が最適であると考えられた。これらの遺伝解析の結果を受け、‘中母農1号’を種子親に‘東京早生’を花粉親にした交配後代を系統選抜法によって育成した結果、初期世代で顕著な選抜効果が得られ、レース1,2yに対し‘東京早生’より強い抵抗性を有する‘どうだい1号’を育成することができた。

一方、ヨーロッパでレース1,2抵抗性品種育成を行った欧州の研究者は、抵抗性素材として中国のマクワ‘黄金9号’を用い、系統選抜法によりレース1,2に量的抵抗性を有する‘Isabelle’を育成し(Perchepped and Pitrat, 2004) , ‘Isabelle’とイタリアの在来種‘Giallo di Paceco’の交配後代

の花粉を培養して得られた半数体を倍化する方法でレース1,2w抵抗性品種‘Nad-1’, ‘Nad-2’を育成している(Ficcadenti *et al.*, 2002)。さらに、Perchepped and Pitrat (2004)は、レース1,2に関する遺伝解析を行い、抵抗性遺伝子数は4~14個で、遺伝率は0.72~0.96であると推定し、Perchepped *et al.* (2005)は、レース1,2に抵抗性を示す微動遺伝子は、5つの連鎖群に属する9つのQTLに座乗していると推定した。

本研究で得られた遺伝解析の結果とヨーロッパで得られた結果を比較すると、本研究ではシロウリの‘東京早生’が劣性の抵抗性遺伝子を保有し、‘シャランテ’が核外の抵抗性遺伝子を保有することを明らかにした以外は基本的に異なった結果とはなっていない。このことから、‘東京早生’レース1,2(yおよびw)の抵抗性遺伝子はある程度相同であると推察される。そのことは、ヨーロッパから導入された品種およびそれを素材として国内の民間種苗会社で育成された抵抗性台木品種が北海道でも普及していることから伺える(田中・内館, 2000; 八木ら, 2004; 八木, 2004)。

1995年にレース1,2y抵抗性育種を始めた当初は、北海道の菌はヨーロッパの菌とは病原性が異なるという判断に立っていた。しかし、並木ら(1996, 2000)は、突然変異誘発剤(REMI)法を用いた実験によりレース1,2yに突然変異が生じることでレース1が得られることを明らかにした。Inoue *et al.* (2001)も同様の方法でレース2から変異株を得ている。また1994年に滋賀県で発生が確認されたレース1(並木ら, 1995; 並木, 1996; Namiki *et al.*, 1998, 2000)は、その後1999年に茨城県でも発生が確認されたが(小河原ら, 2001, 2003), 茨城県で発生したレース1は滋賀県のレースとは判別品種に対する病原性が若干異なっている(小河原ら, 2003; 薄ら, 2004; 葛谷ら, 2005)。これらのことから、メロンつる割病菌のレースおよびレースの病原性は、今後も遺伝的変異が生じる可能性があるかと推定されることから、今後の北海道におけるレース1,2y抵抗性育種には、ヨーロッパで育成された抵抗性品種も含め、広い

遺伝資源を用いる必要があると考えられる。

## 2. レース 1,2y 抵抗性遺伝子の由来

石内ら(1995a, 1996)は、シロウリの中にレース 1,2y 抵抗性が強い品種が多いことを明らかにしているほか、本研究でもⅡ章で述べたように、中国北部から収集したマクワの中に強いレース 1,2y 抵抗性を有する品種が存在することが明らかになった。シロウリとマクワはレース 0 とレース 1 に抵抗性を有する真性抵抗性遺伝子 *Fom2* を有する品種が多い(並木, 1996, 1997)。 *Fom2* はレース 1,2 に抵抗性を示す QTL のひとつと強い連鎖関係にあることが最近明らかになった(Perchepped *et al.*, 2005)。これらのことからシロウリやマクワにはレース 1,2y に強い量的抵抗性を示す品種が多いことが理解できる。

マクワとシロウリの起源はインドとその周縁地域であると考えられ(Akashi *et al.*, 2002; Yashiro *et al.*, 2005)、その地域から東方に伝わって発達したものがマクワとシロウリであると考えられていることから(Yashiro *et al.*, 2005)、マクワとシロウリの系統分化を辿ると、マクワとシロウリの多くがレース 1,2y に対する相加的な抵抗性遺伝子を有し、劣性の抵抗性遺伝子も有している理由がわかるのではないかと推察される。

一方、メロンの二次センターから西方の南欧やエジプト方面に拡まって改良されたものがヨーロッパ系メロン (*var. reticulatus*, *var. cantalupensis*, *var. inodorus*) である(藤下, 1983; 瀬古, 1999a)。*var. reticulatus* は比較的広いレース 1,2y 抵抗性の変異が見られたが、マクワとシロウリより抵抗性は全体に弱かった。*var. inodorus* についてもレース 1,2y の抵抗性程度は全体に弱かった。したがって、Risser and Rode (1973) や石内ら (1995a, 1996) が指摘しているように、今後もレース 1,2y 抵抗性の遺伝資源は主として東洋系メロンであるマクワやシロウリに求めるべきであろう。しかし、ヨーロッパ系メロンの‘シャランテ’が核外の抵抗性遺伝子保有すると考えられること、*var. reticulatus* はマクワやシロウリより抵抗性程度は弱いが比較的広いレース 1,2y 抵抗性を保有することから、ヨーロッパ系のメロンも抵抗性素材としての再評価が必要であると考えられる。

## 3. レース 1,2y の抵抗性機作

根端組織内へのレース 1,2y 菌糸のメロンの根端組織内への侵入状況を Hood and Shew (1996a) の方法を用いて直接観察することにより、レース 1,2y 菌糸の根端組織内での挙動を知ることができた。従来は、菌と植物との関係を、土壌病原菌に感染した根などの組織を採取し、それらを培養して得られたコロニー数から菌量を間接的に定量する方法を用いて論議されてきたが、今後は本報の報告や Nonomura *et al.* (2001) の報告のように、病原菌と植物組織の関係を視覚的に捉えた研究が進むことが期待できる。

また、相加的な効果を有するレース 1,2y 抵抗性の相加的遺伝子を多く保有する品種ほど根端組織内への菌糸の感染率が低く、感染した菌糸の長さも抑制されることを明らかにし、レース 1,2y の抵抗性機作が抵抗性遺伝子と密接に関係していることを明らかにした。

奥ら (1995) および奥 (1998) は、植物の病害抵抗性機作を静的抵抗性と動的抵抗性に分け、以下のように解説している。すなわち、静的抵抗性は植物が病原菌の感染を受ける前から持っている抵抗性であり、植物組織表面の構造や、感染前後でその量に変化しない抗菌作用を示す化学物質等を指す。一方、動的抵抗性は、植物が病原菌の侵入を受けた後、その刺激に反応して発揮される抵抗性であり、パピラの形成、リグニンの柔組織細胞壁への沈着による木質化、過敏反応、フェノール成分の増加、ファイトアレキシンの生成、感染特異的タンパク質 (PR タンパク質) の誘導等を指す。

レース 1,2y の抵抗性機作は、抵抗性が強い品種ほどレース 1,2y 菌糸の根端組織内への侵入が少なく、侵入した菌糸も伸長が抑制されていることから、主として動的抵抗性によると推定される。

Mas *et al.* (1981) は、メロンで *F. oxysporum* 接種後、ポリフェノールオキシターゼの増加が罹病性品種より抵抗性品種の方が激しいことを明らかにしており、Beckman *et al.* (1982) はトマトで、Jordan *et al.* (1988) はセロリで *F. oxysporum* に対する品種の抵抗性が強いほどカロースの蓄積が多いことを明らかにしている。フェノールおよびカロースはパピラを形成する成分のひとつであることから、レース 1,2y の抵抗性にパピラの形成が関係している可能性はあるが、本報では明らかにで

きなかった。今後、本報で明らかにしたレース 1,2y 抵抗性機作が生理化学的な研究に結びつけば幸いである。

#### 4. レース 1,2y に対する総合的な防除対策の必要性

真性抵抗性遺伝子を有するメロン品種でもわずかに罹病することがある (Zink *et al.*, 1983; 山下ら, 1981)。これは、真性抵抗性品種を作付けしても土壤中の菌密度は低下しない可能性を示唆している。抵抗性が完全ではない‘どうだい1号’においてもわずかに罹病が確認され (IV章), V章でも根部組織内への菌糸の侵入が確認されていることから, ‘どうだい1号’を作付けしても土壤中の菌密度が低下する可能性は少ないと考えられる。さらに, ‘どうだい1号’より明らか

に罹病程度が高い‘どうだい2号’では作付け後の土壤中菌密度の低下が認められていない (小松ら 2003)。このように, レース 1,2y 抵抗性台木の利用は土壤中の病原菌密度を低下させる効果は期待できないと考えられることから, レース 1,2y 対策は抵抗性台木品種の利用を中心技術としながらも, それとは別に何らかの防除手段を並行して用いることが重要である。

抵抗性台木以外の防除方法についてはVI章で述べたとおりである。今後は‘どうだい1号’や‘どうだい2号’などの抵抗性台木品種の利用を中心としつつ, 土壤消毒や対抗作物の利用等の防除法を組み合わせた総合的なレース 1,2y 対策を組み立てる必要があると考えられる。

## 摘 要

1993年に北海道内でメロンつる割病菌 (*Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*) レース 1,2y の発生が認められた。この病害に対しては太陽熱土壌消毒等の耕種的防除法では十分な効果が期待できないことから農家や農業指導者からレース 1,2y に対し強い抵抗性を有する品種の育成に期待が集まった。そこで、著者らは 1995年にレース 1,2y 抵抗性台木品種の育成を開始した。本論文は、レース 1,2y 抵抗性台木品種（‘どうだい1号’、‘どうだい2号’）の育成過程において、抵抗性の遺伝変異、抵抗性の遺伝性、抵抗性の選抜効果および抵抗性機作等の新しい知見が得られたので、それらについて報告する。

### レース 1,2y 抵抗性素材の遺伝的変異

花・野菜技術センターで保有している *Cucumis melo* L. var. *reticulatus* 20品種のレース 1,2y 抵抗性は比較的大きな変異がみられたが、シロウリ (*C. melo* var. *conomon*) の‘東京早生’より弱かった。黒竜江省から収集したマクワ (*C. melo* var. *makuwa*) の中にはレース 1,2y 抵抗性が‘東京早生’と同等程度に強い品種があったが、タクラマカン砂漠の新疆ウイグル自治区から収集した冬メロン (var. *inodorus*) の品種のレース 1,2y 抵抗性は全体的に弱い傾向があった。このように、レース 1,2y 抵抗性の遺伝変異はメロンの系統分化と関係があると推測された。

### レース 1,2y 抵抗性の遺伝解析

レース 1,2y に対する抵抗性の遺伝様式を調査し、抵抗性台木品種育成の基礎的知見とするため、ネットメロン 6品種とシロウリ 1品種を親とする 7×7 の総当たり交雑によるダイアレル分析を行った。抵抗性検定は標準接種法ならびに標準調査法で行い、接種後 10~11 日目に罹病程度を調査した。ネットメロンの‘シャランテ’は抵抗性の核外遺伝子を持つと推定されたため、‘シャランテ’を除く 6品種についてサブダイアレル表を作成し、ダイアレル分析を行った。その結果、メロンつる割病菌レース 1,2y に対する発病度は、狭義の遺伝率が 0.81 と高く、正逆交雑に差はなく、遺伝的変異の大部分は相加効果によるものであり、優性効

果は小さいことが明らかになった。また、シロウリの‘東京早生’は相加的遺伝子の他に劣性の抵抗性遺伝子を持つと推定された。それらの結果から、抵抗性品種の育成には相加的な効果を有する抵抗性遺伝子の集積に加え、シロウリの‘東京早生’が持つ劣性の抵抗性遺伝子を導入することが効果的であると考えられた。

### レース 1,2y 抵抗性台木品種の育成

‘中母農1号’×‘東京早生’の後代を用い、メロンつる割病菌レース 1,2y を接種源とした選抜を行ったところ、Ⅲ章で得られた遺伝解析の結果どおり、初期世代で顕著な選抜効果が見られた。この選抜効果は主として相加効果を有する比較的少ない数の微働遺伝子の同型接合化であると考えられ、両親である‘中母農1号’と‘東京早生’の遺伝的背景が大きく異なっていることと関係が深いと考えられた。さらに、F<sub>3</sub> から F<sub>5</sub> 系統までの世代では緩やかな選抜効果がみられ、F<sub>3</sub> 世代以降においても相加効果を有する抵抗性微働遺伝子のホモ接合化が進んだと考えられた。本実験での F<sub>2</sub> での選抜効率から見て、今後レース 1,2y 抵抗性育種にあたって、分離初期世代での選抜が有効であることが示された。

### レース 1,2y 抵抗性の機作

‘どうだい1号’の育成に用いた親品種とそれらの F<sub>1</sub> および F<sub>2</sub> 種子、F<sub>3</sub> から F<sub>6</sub> 世代の選抜余剰種子を用い、根端部分でのレース 1,2y 抵抗性機作の変化を蛍光顕微鏡で観察した。その結果、根端部分でのレース 1,2y 菌糸の感染率と根端部分に侵入した菌糸長が F<sub>2</sub> から F<sub>3</sub> 世代の間で顕著に低下することを明らかにした。これは、相加効果を有する抵抗性微働遺伝子の同型接合化によって、根端部分におけるレース 1,2y 菌糸の感染率が低下し、根端部分に侵入した菌糸の伸長が抑制されたためと考えられ、レース 1,2y に抵抗性を有する微働遺伝子の集積と同型接合化によって、根端部分における菌糸の感染に対する抵抗性および組織内に感染した菌糸の伸長に対する抵抗性が増大した結果であると推定された。‘どうだい1号’育成過程における各系統についてみられた発病度と根端部分での感染率および根端部分に侵入した菌糸



長の相関関係はメロンにおける広い遺伝的変異の中においても認められたため、この現象はメロンにおける一般的な現象であると考えられた。

#### レース 1,2y 抵抗性台木品種の特性

‘どうだい1号’はレース 1,2y 発生圃場での罹病は見られなかったが、レース 1,2y 未発生圃場での試験結果から、穂木に草勢が中庸な品種を用いた場合は収量性に問題はないが、穂木に草勢が強い品種を用いた場合には収量の低下が懸念されることから、‘どうだい1号’は草勢が中庸な品種の台木としての利用に適すると考えられた。また、‘どうだい1号’はレース 0, レース 1 に真性抵抗性を有していた。

‘どうだい2号’は‘バーネット’を種子親に‘どうだい1号’を花粉親にして育成された F<sub>1</sub> 品種で、レース 1,2y にやや強い量的抵抗性を有する他、レース 0, レース 1 およびレース 2 に真性抵抗性を有し、種子が大きく、台木品種として十分な接ぎ木作業性を有し、草勢が強い穂木品種に対しても台木品種として十分な果実生産力を有するため、実用性のあるメロンつる割病抵抗性台木である。しかし、レース 1,2y 発生圃場での罹病が報告されていることから、‘どうだい2号’の利用にあたってはトマトとの輪作等によってレース 1,2y の菌密度を高めないように作付け体系を組むことが必要であると考えられた。

## 謝 辞

本論文は、主として北海道立中央農業試験場園芸部野菜花き第一科および北海道立花・野菜技術センター研究部野菜第一科（現、野菜科）において、一部を北海道立道南農業試験場研究部園芸環境科（現、作物科）において実施した研究をとりまとめたものである。

本論文をとりまとめるにあたり、帯広畜産大学畜産学部教授三浦秀穂博士には懇切なご指導とご校閲をいただいた。また、同名誉教授沢田壮兵博士には懇切なご指導をいただいた。心から感謝申し上げます。

研究の開始に際して、野菜・茶業試験場野菜育種部育種第2研究室（現、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構野菜茶業研究所野菜育種研究チーム）の元室長石内傳治氏（現、社団法人日本施設園芸協会）、北海道立中央農業試験場元園芸部長土肥紘氏（現、拓殖大学北海道短期大学非常勤講師）、同場元野菜花き第一科長宮浦邦晃氏（現、F & Gクリエーション）、同場元野菜花き第一科研究職員田中静幸氏（現、北海道立花・野菜技術センター研究部野菜科長）および同場元病虫科研究職員角野晶大氏（現、北海道立中央農業試験場生産環境部病虫科長）には育種方法、接種検定法等の抵抗性品種育成に関する基礎的知見について多くのご教示を頂いた。心から感謝申し上げます。

研究を進めるにあたり、北海道立花・野菜技術センター元主任研究員志賀義彦氏（現、北海道農業企業化研究センター評議員）、同場元野菜第一科長中野雅章氏（現、北海道立原子力環境センター主任研究員）、同場元野菜第一科研究職員平井剛氏（現、北海道立花・野菜技術センター研究部園芸環境科研究職員）および北海道立中央農業試験場元土壌微生物科長田中民夫氏（現、北海道立中央農業試験場基盤研究部長）には多大なる協力をいただいた。また、北海道立中央農業試験場園芸部野菜花き第一科および北海道立花・野菜技術センターの元研修生であった中川玲二氏（現、後志農業改良普及センター調査員）、村井忠夫氏（現、後志農業改良普及センター地域第一係長）、寺嶋教安氏（現、空知農業改良普及センター北空知支所沼田分室地域第三係長）、北山政幸氏（上川農

業改良普及センター士別支所地域第一係長）、寺西範晃氏（現、網走農業改良普及センター清里支所専門普及員）、渡辺和重氏（現、渡島農業改良センター主査）、田辺清美氏（現、上川農業改良普及センター大雪支所地域第一係長）、佐々木近義氏（現、空知農業改良普及センター専門普及員）、澤村三枝氏（現、渡島農業改良普及センター渡島北部支所専門普及員）、相馬晴康氏（現、上川農業改良普及センター名寄支所専門普及員）、堀内学氏（現、網走農業改良普及センター専門普及員）、宮村謙一氏（現、上川農業改良普及センター名寄支所主査）、梅田俊直氏（現、十勝農業改良普及センター十勝東部支所主査）、玉井雅浩氏（現、留萌農業改良普及センター専門普及員）、高松聡氏（現、上川農試技術普及部主査）、前野利幸氏（現、胆振農業改良普及センター地域係長）、中村浩氏（現、上川農業改良普及センター大雪支所専門普及員）、小林靖幸氏（現、渡島農業改良普及センター専門普及員）、成松靖氏（現、空知農業改良普及センター空知南東部支所専門普及員）、樋口裕二氏（現、十勝農業改良普及センター十勝北部支所専門普及員）、伊東健氏（上川農業改良普及センター富良野支所専門普及員）、伊藤貴人氏（現、上川農業改良普及センター士別支所専門普及員）、平田修一氏（現、空知農業改良普及センター専門普及員）、山崎和也氏（現、北海道立農業大学校専門普及員）、丹伊田進氏（現、JAこしみず金融審査課長）、辻学氏（現、JAようてい作物専任課長）、長船昌伸氏（現、JAようてい真狩支所）、三田村正幸氏（現、遠別町農業者）、森宗厚志氏（現、三石町役場）、向正行氏（現、ホクレン）、岡本和彦氏（現、JAふらの東山支所農業振興係長）、八巻直人氏（現、JAオロロン遠別支所）、金塚昭義氏（JAふらの山部支所農業振興係）、吉永雅一氏（現、上士幌町農業技術センター）、坂巻裕仁氏（北竜町農業者）、喜多淳次氏（現、士別市農業者）、孫東模氏（韓国全羅南道農村振興院）および小野圭介氏（現、JAふらの）には研究に協力いただいた。心から感謝申し上げます。

現地試験を行うにあたり、現地試験担当普及員であった宮町良治氏（現、空知農業改良普及セン

ター空知南東部支所主査), 友成公士氏 (現, 空知農業改良普及センター地域第一係長), 山黒良寛氏 (現, 網走農業改良普及センター清里支所調整係長), 井村直樹氏 (現, 上川農業改良普及センター地域第四係長), 池田亮司氏 (現, 後志農業改良普及センター主査), 越浩一氏 (現, 檜山農業改良普及センター主査), 吉田均氏 (現, 網走農業改良普及センター美幌支所調整係長), 松澤光弘氏 (現, 空知農業改良普及センター主任普及指導員), 大竹口嘉教氏 (現, 留萌農業改良普及センター主査) にはご協力とご尽力をいただいた。また, 現地試験に惜しみなく協力をいただいた J A 夕張市, J A ふうらのおよび J A 新すながわの皆様 に心から感謝申し上げます。

研究のとりまとめにあたり, 北海道立道南農業試験場元研究部谷川晃一氏 (現, 三笠市), 同場元研究部長笹島克己氏 (現, 北広島市), 同場主任研究員日笠祐治氏, 北海道立花・野菜技術センター元病虫科長堀田治邦氏 (現, 北海道立中央農業試験場農産工学部遺伝子工学科長) および同場野菜科研究職員八木亮二氏 にはご助言, ご指導, ご協力いただいた。心から感謝申し上げます。

北海道立道南農業試験場元場長下小路英男氏

(現, 北海道立中央農業試験場長), 北海道農政部農業経営局技術普及課の加藤和彦課長, 吉川孝志参事, 小林正廣主幹, 志賀弘行主幹, 下堀亨主査, 鈴木久雄主査, 斉藤智実主査, 榎本章司主査, 千崎利彦主査, 森太郎主任および中谷浩樹主任には論文執筆にご協力いただくとともに, ご激励をいただいた。心から感謝申し上げます。

北海道立中央農業試験場, 北海道立花・野菜技術センターおよび北海道立道南農業試験場の総務科, 管理科職員ならびに臨時職員各位には様々な面で研究を支えていただいた。心から感謝申し上げます。

レース 1,2y 抵抗性の遺伝資源を提供していただいた野菜・茶業試験場野菜育種部育種第 2 研究室, 門外不出である '夕張キング春系' と '夕張改良 1 号' の種子を抵抗性検定の供試材料として特別に提供していただいた J A 夕張市およびメロンつる割病菌レース 1 を分譲していただいた財団法人日本園芸生産研究所には心から感謝申し上げます。

このほかにも, 多くの方々のご協力とご指導により本研究をとりまとめることができたことを心より感謝申し上げます。

## 引用文献

- Akashi, Y., N. Fukuda, T. Wako, M. Masuda and K. Kato (2002) Genetic variation and phylogenetic relationships in East and South Asian melons, *Cucumis melo* L. based on the analysis of five isozymes. *Euphytica* 125: 385-396.
- Baudracco-Arnas and M. Pitrat (1996) A Genetic map of melon (*Cucumis melo* L.) with RFLP, RAPID, isozyme, disease resistance and morphological markers. *Theor. Appl. Genet.* 93:57-64.
- Beckman, C. H., W. C. Mueller, B. J. Tessier and N. A. Harrison (1982) Recognition and callose deposition in response to vascular infection in fusarium wilt-resistant or susceptible tomato plants. *Physiol. Plant Pathol.* 20: 1-10.
- Brotman, Y., L. Silberstein, I. Kovalski, C. Perin, C. Dogimont, M. Pitrat, J. Klingler, G.A. Thompson and R. Perl-Treves (2002) Resistance gene homologues in melon are linked to genetic loci conferring disease and pest resistance. *Theor. Appl. Genet.* 104: 1055-1063.
- Burger, Y., N. Katzir, G. Tzuri, V. Portnoy, U. Saar, S. Shriber, R. Perl-Treves and R. Cohen (2003) Variation in the response of melon genotypes to *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* race 1 determined by inoculation tests and molecular markers. *Plant Pathology* 52:204-211.
- Cohen, R., S. Schreiber and H. Nerson (1995) Response of melon breeding lines to powdery mildew, downy mildew, Fusarium wilt, and sudden wilt. *Plant Disease*. 79: 616-619.
- Conway, W. S. and W. E. MacHardy (1978) Distribution and growth of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* race 1 or 2 within tomato plants resistant or susceptible to wilt. *Phytopathology*. 68:938-942.
- De Cara, M., E. J. Fernandez, R. Blanco and J. C. Tello Marquina (2004) Detection of *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* race 1 in soil in Colima State, Mexico. *Plant Dis. Disease Note* 88:1383.
- Elgersma, D. M., W. E. MacHardy and C. H. Beckman (1972) Growth and distribution of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* in near-isogenic lines of tomato resistant or susceptible to wilt. *Phytopathology*. 62: 1232-1237.
- Ficcadenti, N., S. Sestili, S. Annibali, G. Campanelli, A. Belisario, M. Maccaroni, and L. Corazza (2002) Resistance to *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* in muskmelon lines Nad-1 and Nad-2. *Plant Disease*. 86:897-900.
- 藤下典之(1983) メロン=植物としての特性. 追録第8号 基. p. 3-32 の14. 農業技術体系4 メロン類・スイカ. 農山漁村文化協会. 東京.
- 藤下典之・前川誦良(1967) *Cucumis* 属の種間交雑に関する研究(第2報). 交雑親和性について. 園芸学会昭和42年春季大会講演要旨 222-223.
- Gao, H., C. H. Beckman and W. C. Mueller (1995) The rate of vascular colonization as a measure of the genotypic interaction between various cultivars of tomato and various formae or races of *Fusarium oxysporum*. *Physiol. and Mol. Plant Pathol.* 46: 29-43.
- Gordon, T. R., D. Okamoto and D. J. Jacobson (1989) Colonization of muskmelon and non susceptible crops by *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* and other species of *Fusarium*. *Phytopathology* 79: 1095-1100.
- Gordon, T. R., D. J. Jacobson, D. M. May, K. B. Tyler and F. W. Zink (1990) Fruit yield, disease incidence, and root colonization of hybrid muskmelons resistant to Fusarium wilt. *Plant Disease*. 74: 778-781.
- Griffing, B. (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. *Aust. J. Biol. Sci.* 9: 463-493.
- 萩原 廣 (1990) 日本産パーティシリウム病菌 *Verticillium dahliae* の病原性の分化. 日植病報 44: 299-303.
- Harrison, N. A. and C. H. Beckman (1982) Time/space relationships of colonization and host responses in wilt-resistant and wilt-susceptible cotton (*Gossypium*) cultivars inoculated with *Verticillium dahliae* and *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum*. *Physiol. Plant Pathol.* 21:

- 193-207.
- Hayman, B. I. (1954) The analysis of variance of diallel tables. *Biometrics* 10: 235-244.
- 平井 剛・中住晴彦・八木亮治・中野雅章・志賀義彦・土肥 紘 (2003) えそ斑点病抵抗性台木用メロン「空知台交3号」の育成. 北海道立農試集報 84: 47-54.
- 北海道立中央農業試験場 (1995) メロンの萎ちょう性病害の道内における分布と防除対策. 北海道農業試験会議資料. p. 1-84.
- 北海道立中央農業試験場 (2000) メロンつる割病 (レース 1,2y) の防除対策. 北海道農業試験会議資料. p. 1-46.
- 北海道立道南農業試験場 (1999) ねぎの根腐萎ちょう病に対する還元殺菌法. 北海道農業試験会議資料 p. 1-30.
- 北海道立花・野菜技術センター (2005) メロンつる割病 (レース 1,2y) 抵抗性台木「空知台4号」. 北海道農業試験会議資料 p. 1-41.
- Hood, M. E., and H. D. Shew (1996a) Applications of KOH-aniline blue fluorescence in the study of plant-fungal interactions. *Phytopathology* 86: 704-708.
- Hood, M. E., and H. D. Shew (1996b) Pathogenesis of *Thielaviopsis basicola* on a susceptible and resistant cultivar of Burley Tobacco. *Phytopathology* 86: 38-44.
- Hood, M. E., and H. D. Shew (1997) Initial cellular interactions between *Thielaviopsis basicola* and tobacco root hairs. *Phytopathology* 87: 228-235.
- 堀田治邦 (2005) 北海道におけるメロンえそ斑点病の発生分布. 北日本病虫研報 56: 81-83.
- 堀田治邦・布目暁洋・八木亮治・平井 剛 (2005a) 抵抗性台木を用いたメロンえそ斑点病の防除. 北日本病虫研報 56: 84-87.
- 堀田治邦・塚本貴敬・上松 寛・安岡眞二 (2005b) 日本で発生した *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* によるメロン果実汚斑細菌病 (新称). 日植病報講演要旨 72: 82.
- 東 正昭 (1995) イネのいもち病圃場抵抗性の遺伝様式. 東北農試研報 90: 19-75.
- 飯田 格 (1984) 土壌病害の実験法 I 接種試験法 (接種法と調査法). p. 215-221. 新版土壌病害の手引. 「新版土壌病害の手引」編集委員会編. 日本植物防疫協会. 廣濟堂. 東京.
- 石内傳治・山田文典・岡本 毅・小原隆由 (1995a) 北海道及び高知県で新たに分離されたメロンつる割病菌の病原性の比較. 野菜・茶業試験場野菜育種部研究年報 8: 68-71.
- 石内傳治・山田文典・岡本 毅・小原隆由 (1995b) 北海道及び高知県で新たに分離されたメロンつる割病菌に対する抵抗性素材の検索. 野菜・茶業試験場野菜育種部研究年報 8: 71-76.
- 石内傳治・岡本 毅・山田文典・小原隆由 (1996) 北海道及び高知県で新たに分離されたメロンつる割病菌に対する抵抗性素材の検索. 園学雑誌 65: 190-191.
- Inoue, I., T. Ohara, F. Namiki and T. Tsuge (2001) Isolation of pathogenicity mutants of *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* by insertional mutagenesis. *J. Gen. Plant Pathol.* 67: 191-199.
- 岩田康広・田村 修・角野晶大 (1994) 北海道で発生したメロンつる割病菌の新系統について. 北日本病虫研報 45: 62-66.
- Jordan, C. M., R. M. Endo and L. S. Jordan (1988) Penetration and colonization of resistant and susceptible *Apium graveolens* by *Fusarium oxysporum* f.sp. *apii* race 2: Callose as a structural response. *Can. J. Bot.* 66: 2385-2391.
- 北沢健治・鈴井孝仁 (1980) *Verticillium dahliae* Klebahn による各種作物の半身萎ちょう病. 日植病報 46: 267-270.
- 岸 国平 (1960) マスクメロンのバイラス病に関する研究 俗称“点々病”の病原について. 日植病報 25: 237-238.
- 岸田幸也 (2004) 北海道における各種土壌消毒の実施状況とその問題点. 土壌伝染病談話会レポート 22: 61-72.
- 小林達夫 (1989) メロンつる割病の新レースの発生. 施設園芸 11: 24-26.
- 小林達夫・矢野和孝・倉田宗良 (1988) メロンつる割病抵抗性品種および抵抗性台木の罹病化. 日植病報講演要旨 54:106.
- 小林達夫・矢野和孝・倉田宗良・五十嵐勇 (1989) メロンつる割病菌 *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* の新レースの出現. 日植病報講演要旨 55: 91.
- 小牧孝一 (1999) 黒点根腐病. 追録第24号 基403-404. 農業技術体系4 メロン類・スイカ. 農山漁村文化協会. 東京.

- 小牧孝一・清田洋次 (1998) メロン黒点根腐病に対する防除技術の開発. 熊本県農研センター研報 7: 40-45.
- 小松 勉・八木亮治・堀田治邦 (2003) 土壌中のメロンつる割病菌レース 1,2y 密度と台木品種の発病. 北日本病虫研報 54: 64-66.
- 駒田 且 (1976) 野菜のフザリウム病菌, *Fusarium oxysporum* の土壌中における活性評価技術に関する研究. 東海近畿農試研報 29: 132-269.
- 駒田 且 (1980) 作物のフザリウム病. (土壌フザリウム病菌の生活史). p.88-102. 松尾卓見・駒田 且・松田 明編集. 作物のフザリウム病. 全国農村教育協会編. 東京.
- 小長井健・宇佐見俊行・雨宮良幹・宍戸雅宏 (2002) 野生エンバク (ヘイオーツ) の緑肥施用による土壌微生物相の変化と土壌病害軽減との関連性. 日植病報講演要旨 68: 203.
- 小玉孝司・福井俊男 (1979) 太陽熱とハウス密閉処理による土壌消毒法について. I. 土壌伝染性病原菌の死滅条件の設定とハウス密閉処理による土壌温度の変化. 奈良農試研報 10: 71-82.
- 葛谷真輝・高津康正・和気慶介・成澤才彦・小河原孝司・薄史明・加藤鎌司・富田建夫 (2005) 茨城県で発生しているメロンつる割病菌の評価と抵抗性遺伝資源の探索. 園学雑 74 別 1: 316.
- Martyn, R. D. and T. R. Gordon (1993) *Fusarium wilt of melon*. In "Compendium of Cucurbit Diseases" Zitter, T. A., D. L. Hopkins and C. E. Thomas (eds.), APS Press, St. Paul, Minnesota, p.14-15.
- Mas, P., P. M. Molot and G. Risser (1981) *Fusarium wilt of muskmelon*. In "Fusarium: Diseases, Biology, and Taxonomy" Nelson, P. E., T. A. Toussoun and R. J. Cook (eds.), The Pennsylvania State University Press, London, p.169-177.
- 松田 明・下長根鴻・尾崎克己 (1970) 作物の連輪作とフザリウム病発生との関係 各種作物跡地におけるキュウつる割病とトマト萎ちょう病の発生. 日植病報講演要旨 36: 163-164.
- 中住晴彦 (1999a) 障害と対策, 重要病害, メロン半身萎ちょう病, レース 1,2y によるメロンつる割病. 追録第 24 号 基 p.405-412. 農業技術大系野菜編 4 メロン類・スイカ. 農山漁村文化協会. 東京.
- 中住晴彦 (1999b) 育苗, 台木と接ぎ木, 接ぎ木の判断と台木の選択, 接ぎ木苗の生育特性, 各種接ぎ木法の特徴とポイント. 追録第 24 号 基 p. 221-223. p. 225-228. 農業技術大系野菜編 4 メロン類・スイカ. 農山漁村文化協会. 東京.
- 中住晴彦 (1999c) 地域条件と品種・作型, 栽培の要点, 北海道＝主要作型と栽培. 追録第 24 号 基 p. 425-434. 農業技術大系野菜編 4 メロン類・スイカ. 農山漁村文化協会. 東京.
- 並木史郎 (1996) ウリ科植物つる割病菌の病原性分化と遺伝的変異. 平成 8 年度野菜・茶業試験場課題別研究会資料 p.17-25.
- 並木史郎 (1997) メロンつる割病菌の病原性分化と遺伝的変異. 植物防疫 51: 45-49.
- 並木史郎 (2000) メロンつる割病菌の病原性分化とその遺伝的基礎. 土壌伝染病談話会レポート 20:96-108.
- 並木史郎 (2001) メロンつる割病菌のレースに対する品種抵抗性. 植物防疫 55: 55-59.
- 並木史郎・清水寛二・佐藤京子・平林哲夫・西和史・栢村鶴雄・柘植尚志 (1995) 滋賀県で発生したメロンつる割病菌の新系統. 日植病報講演要旨 61: 227.
- 並木史郎・西 和史・松永路子・奥田 充・栢村鶴雄・柘植尚志 (1996) メロンつる割病菌 (*Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*) の病原性変異株の分離. 日植病報講演要旨 62: 271.
- 並木史郎・西 和史・藤田佳克・柘植尚志 (2000) 化学的突然変異誘発によって分離したメロンつる割病菌の病原性変異株の宿主範囲. 日植病報講演要旨 66: 119.
- Namiki, F., T. Shiomi, K. Nishi, T. Kayamura, and T. Tsuge (1998) Pathogenic and genetic variation in the Japanese strains of *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*. Phytopathology 88: 804-810.
- Namiki, F., Shimizu, K., Satoh, K., Hirabayashi, T., Nishi, K., Kayamura, T. and Tsuge, T. (2000) Occurrence of *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* race 1 in Japan. J. Gen. Plant Pathol. 66: 12-17.
- 成田保三郎 (1991) スイカ・メロンの連作障害に対するネギ混植の抑制効果. 北海道有機農研報

- 平成2年度年報 19-24.
- 西村正暘 (1999) フザリウム病およびフザリウム病菌の病理化学. p.257-274. 作物のフザリウム病. 全国農村教育協会. 東京.
- Nonomura, T., Y. Matsuda., M. Takasugi, T. Ootani., T. Hasegawa., k. Miyajima, T. Hatasa and H. Toyoda (2001) A monitoring system for green fluorescence protein gene-transformed *Fusarium oxysporum* in melon seedlings. J. Gen. Plant Pathol. 67: 273-280.
- 農林水産省資料 (2003) 野菜栽培の低コスト・省力化技術. 農林水産. 農林水産研究文献解題.No.28.
- 農林水産省資料 (2006) 平成17年度「指定野菜に準ずる野菜」の作付面積, 収穫量及び出荷量. 農林水産省大臣官房統計部. 農林水産統計. p. 1-50.
- 小河原孝司・並木史郎・富田恭範・千葉恒夫(2001) 茨城県におけるメロンつる割病菌レース1の発生と太陽熱土壌消毒による防除. 日植病報講演要旨 67: 201.
- 小河原孝司・佐藤裕子・富田恭範・長塚 久(2003) 茨城県で発生しているメロンつる割病菌レース1に対する品種抵抗性. 日植病報講演要旨 69: 273.
- 奥 八郎(1988) 植物と病原菌の攻防. p. 64-106. 病原性とは何か. 農文協. 東京.
- 奥 八郎・大内成志・道家紀志・久能 均・山本弘幸・夏山滋志・大口富三・大橋裕子・吉川正明 (1995) 植物の病害抵抗性. p. 447-495. 日本植物病理学会編. 植物病理学事典. 養賢堂. 東京.
- 奥村香世・大谷奈々・小池正徳・長尾英幸 (1999) *Verticillium dahliae* ウリ科分離株の病原性. 日植病報講演要旨. 64: 363.
- 小倉寛典・馬 俊栄 (1992) 連作圃場における *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum* の生存. 日植病報 58: 671-676.
- Perchepped, L., and M. Pitrat (2004) Polygenic inheritance of partial resistance to *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* race 1.2 in melon. Phytopathology 94: 1331-1336.
- Perchepped, L., C. Dogimont and M. Pitrat (2005) Strain-specific and recessive QTLs involved in the control of partial resistance to *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* race 1.2 in a recombinant inbred line of melon. Theor. Appl. Genet. 111: 65-74.
- Risser, G., and J. C. Rode (1973) Breeding for resistance to *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*. In "Eucarpia" . G.Risser, ed INRA, Montfavet-Avignon, France. 37-39.
- Risser, G., Z. Banihashemi and D. W. Davis (1976) A proposed nomenclature of *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* races and resistance genes in *Cucumis melo*. Phytopathology 66: 1105-1106.
- Robinson, R. W. and D. S. Decker-Walters (1997) Cucurbits. CAB International, New York.
- Rodriguez-Molina, M., I. Medina., L. Torres-Vila and J. Cuartero (2003) Vascular colonization patterns in susceptible and resistant tomato cultivars inoculated with *Fusarium oxysporum* f.sp.*lycopersici* race 0 and 1. Plant Pathol. 52: 199-203.
- 酒井 宏 (2004) 緑肥およびブロッコリーを利用したパーティシリウム病対策. 土壌伝染病談話会レポート 22: 159-173.
- 佐久間太 (2004) エンバク野生種を用いた各種土壌病害の被害軽減. 土壌伝染病談話会レポート 22: 146-158.
- 佐久間太・前田征之・横山和成. 橋詰 健 (2002) 野生エンバクの緑肥利用によるアズキ落葉病の防除. 日植病報講演要旨 68: 203.
- 瀬古龍雄 (1999a) メロン類の系統, 品種のとらえ方, 追録第24号 基 p. 109-120. 農業技術体系. 農山漁村文化協会. 東京.
- 瀬古龍雄 (1999b) わが国露地(ハウス)メロンの系譜 [7], 農業および園芸 74: 291-295.
- 新村昭憲 (2004) 還元消毒法の原理と効果. 土壌伝染病談話会レポート 22:2-12.
- 新村昭憲・坂本宣崇・阿部秀夫 (1999) 還元消毒法によるネギ根腐萎ちよう病の防除. 日植病報講演要旨 67: 352.
- 高田勝也 (1983) 病害複合抵抗性メロン「安濃1号・同2号・同3号」の育成と特性. 野菜試験場報告 A 11: 1-22.
- 田中民夫・田村 修 (1997) 北海道における *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* レース1,2yによるメロンつる割病の発生. 北日本病虫研報 48: 96-98.

- 田中民夫・内館雅晴 (2000) 圃場において抵抗性を示すメロン品種を台木に用いたレース 1,2y に起因するメロンつる割病の防除. 日植病報講演要旨 66: 177.
- 田中民夫・田村 修・児玉不二雄 (1997) 北海道における *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* レース 2 によるメロンつる割病の発生. 北日本病虫研報 48: 91-95.
- 遠山孝通・神戸三智雄 (2002) アールスメロンつる割病抵抗性遺伝子 (*Fom1*) と連鎖する PCR マーカーの開発. 愛知県農総試研報 34: 49-53.
- 上松 寛・塚本貴敬・堀田治邦・佐藤成良 (2006) タイ産メロン種子による *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* の伝搬. 日植病報講演要旨 72: 46.
- 植松清次 (1991) メロン黒点根腐病. 植物防疫 45: 407-410.
- 鶴飼保雄 (1989) 量的形質のダイアレル分析のためのパソコン用プログラム DIALL の作成. 育種 39: 107-109.
- 薄 史暁・小河原孝司・富田恭範・長塚 久 (2004) 茨城県に発生しているメロンつる割病菌の病原性. 日植病報講演要旨 70: 211.
- Wang, Y-H, C. E. Thomas and R. A. Dean (2000) Genetic mapping of *Fusarium* wilt resistance gene *Fom-2* in melon (*Cucumis melo* L.). Mol. Breed. 6:379-389.
- Wang, Y-H. W. Choi, C. E. Thomas and R. A. Dean (2002) Cloning of disease-resistance homologues in end sequences of BAC clones linked to *Fom-2*, a gene conferring resistance to *Fusarium* wilt in melon (*Cucumis melo* L.). Genome 45: 473-480.
- Wechter, W. P., M. P. Whitehead, C. E. Thomas and R. A. Dean (1995) Identification of a randomly amplified polymorphic DNA marker linked to the *Fom 2* *Fusarium* wilt resistance gene in muskmelon MR-1. Phytopathology 85: 1245-1249.
- Whitaker, T. W. and G. W. Bohn (1954) Mosaic reaction and geographic origin of accessions of *Cucumis melo* L. Plant Dis. Repr. 38: 838-840.
- 八木亮治 (2004) メロンつる割病レース 1,2y およびえそ斑点病抵抗性台木品種の育成と利用. 土壤伝染病談話会レポート 22:109-119.
- 八木亮治・小松勉・岸田幸也・松澤光弘 (2003) メロンつる割病レース 1,2y 抵抗性台木品種「どうだい 2 号」導入指針. 北海道立農試集報 85:41-44.
- 八木亮治・小松勉・平井剛・中住晴彦 (2004) 抵抗性台木品種によるメロンつる割病レース 1,2y 対策. 野菜茶業研究集報 1:55-60.
- 山下文秋・鈴木智博・武井昭夫・山田金雄・伊藤克己 (1981) 温室メロンつる割病抵抗性新台木利用に関する研究. 愛知県農総試研報 13:150-156.
- Yashiro, K., H. Iwata, Y. Akashi., K. Tomita., M. Kuzuya., Y. Tsumura and K. Kato (2005) Genetic relationship among East and South Asian melon (*Cucumis melo* L.) revealed by AFLP analysis. Breeding Sci. 55: 197-206.
- 吉田幸二・後藤忠則・根本正康・土崎常男 (1980) 北海道のメロン (*Cucumis melo* L.) より分離された 5 種類のウイルス. 日植病報. 46: 339-348.
- 米山伸吾 (1976) キュウリつる割病の病態生理ならびに接木による発病回避機構に関する研究. 茨城県園試研報 2: 1-89.
- Zhen, X.Y., D.W. Wolff, S. Baudracco-Arnas, and M. Pitrat (1999) Development and utility of cleaved amplified polymorphic sequences (CAPS) and restriction fragment length polymorphism (RFLPs) linked to the *Fom-2* *Fusarium* wilt resistance gene in melon (*Cucumis melo*). Theor. Appl. Genet. 99: 453-463.
- Zhou, X. G. and K. L. Everts (2004) Quantification of root and stem colonization of watermelon by *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* and its use in evaluating resistance. Phytopathology 94: 832-841.
- Zink, F. W. (1991) Origin of *Fusarium* wilt resistance in Texas AES muskmelon cultivars. Plant Disease. 75: 24-26.
- Zink, F. W. and W. D. Gubler (1985) Inheritance of resistance in muskmelon to *Fusarium* wilt. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 110: 600-604.
- Zink, F. W. and C. E. Thomas (1990) Genetics of resistance to *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* races 0, 1, and 2 in muskmelon line MR-1. Phytopathology 80: 1230-1232.



Zink, F. W., W. D. Gubler and R. G. Grogan (1983)  
Reaction of muskmelon germ plasm to  
inoculation with *Fusarium oxysporum* f.sp.  
*melonis* race 2. Plant Disease. 67: 1251-1225.  
Zuniga, T. L., T. A. Zitter, T. R. Gordon, D. T.

Schroeder and D. Okamoto (1997)  
Characterization of pathogenic race of  
*Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* causing  
fusarium wilt of melon on New York. Plant  
Disease. 81: 592-596.

## **Studies on breeding methods of melon (*Cucumis melo* L.) resistant to *Fusarium* wilt caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* race 1,2y**

Haruhiko Nakazumi

Melon production in Hokkaido has been severely damaged since *Fusarium* wilt of melon caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* race 1,2y was first reported there in 1993. We immediately started a rootstock breeding project for race 1,2y resistance to meet farmers' demand. This report concerned with genetic variation, genetic analysis, selection effectiveness and resistance mechanism of expression for race 1,2y resistance in a breeding process of the rootstock cultivars 'Dodai No.1' and 'Dodai No.2'.

### **1. Genetic variation in *Fusarium* wilt caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* race 1,2y**

Genetic variation in the race 1,2y resistance of *C. melo* L. var. *reticulatus*, var. *makuwa* and var. *inodorus* were investigated. Accessions of var. *reticulatus* (20 pure lines) conserved at Hokkaido Ornamental Plants and Vegetables Research Center, accessions of var. *makuwa* (6 land races) provided from North east China, and accessions of var. *inodorus* (15 land races) provided from West China were used in the experiment. Genetic variation in the race 1,2y resistance in var. *reticulatus* were relatively large and that in var. *inodorus* were relatively small, but their resistance were less than the resistance in the oriental pickling melon (*C. melo* var. *conomon*) cultivar "Tokyo wase (maruba)". The resistance of 2 accessions in var. *makuwa* were almost similar to variety "Tokyo wase (maruba)". These suggested that genetic variation in the race 1,2y resistance concerned to phylogenetic variation in *C. melo* L.

### **2. Genetical analysis for the resistance to *Fusarium* wilt caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* race 1,2y**

Diallel analysis of the race 1,2y resistance was performed using six netted melon (*C. melo* var. *reticulatus* Naud.) cultivars and an oriental pickling melon (*C. melo* var. *conomon* Makino) cultivar as parents. The disease severity index (0 - no symptoms; 1 - chlorosis of cotyledon; 2 - moderate wilt with chlorosis; 3 - severe wilt with chlorosis; 4 - death of plant) were recorded, and the degree of disease severity ( $\Sigma(100 \times \text{disease severity index} / \text{maximum disease severity index} \times \text{No. of materials inoculated})$ ) was calculated. The degree of disease severity of parental cultivars varied from 1.3 to 71.5. Since the netted melon cultivar "Charentais" showed the reciprocal difference for disease severity, 6 × 6 subdiallel analysis was performed, excluding "Charentais" and its F<sub>1</sub>s. 6 × 6 diallel analysis showed neither reciprocal difference nor epistasis of the genes. Resistance was partially dominant over non-resistance and controlled by additive effects of genes. The dominant effect was also statistically significant. Heritability in broad and narrow sense estimated to be 0.96 and 0.81, respectively. The (Wr+Vr)/Pr graph suggested that the oriental pickling melon cultivar "Tokyo wase (maruba)" has recessive resistance gene(s) for race 1,2y.

### **3. Selection effectiveness of *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* race 1,2y resistance in a breeding process of the rootstock cultivar 'Dodai No.1'**

As a rootstock cultivar of melon, 'Dodai No.1' was developed from the F<sub>6</sub> progeny of a cross between 'Melon Parental Line 1' ((var. *reticulatus* Naud. × var. *makuwa* Makino) × var. *reticulatus* Naud.) and 'Tokyo-wase (maruba)' (var. *conomon* Makino). This cultivar shows remarkable quantitative resistance to the race

1,2y of *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*. In order to clarify the selection effectiveness of resistance, both parents, F<sub>1</sub> line ('Melon Parental Line 1' × 'Tokyo-wase (maruba)'), F<sub>2</sub> line and F<sub>3</sub>-F<sub>6</sub> lines were evaluated for resistance by inoculation with *F. oxysporum* f.sp. *melonis* race 1,2y. In the breeding process, the resistance was remarkably improved F<sub>2</sub> to F<sub>3</sub>, and moderately improved over F<sub>4</sub> to F<sub>6</sub>. These results indicate that the *F. oxysporum* f.sp. *melonis* race 1,2y resistance is controlled by several additive genes derived from both parents.

#### **4. Mechanism of expression in *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* race 1,2y resistance**

*F. oxysporum* f.sp. *melonis* race 1,2y resistance is controlled by several additive genes. The observation through the KOH-aniline blue technique for fluorescent staining of fungi revealed that infection rate and extension of hyphae in the root apical tissues were suppressed in resistant cultivars and lines. These results imply that the mechanisms in expression of additive genes are related with suppression of entrance and extension of *F. oxysporum* f.sp. *melonis* race 1,2y hyphae. Furthermore, it seemed that these defense mechanisms in roots are common among *C. melo* cultivars that have different genetic backgrounds.

#### **5. Breeding 'Dodai No.1' and 'Dodai No.2' with *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* race 1,2y resistance**

'Dodai No.1' showed remarkable quantitative resistance to the race 1,2y, moderate quantitative resistance to the race 2 and true resistance to the race 0 and race 1. The F<sub>1</sub> cultivar 'Dodai No.2' was developed as a hybrid of two melon cultivars, 'Barnett Hill Favorite' and 'Dodai No.1'. It showed moderate resistance to the race 1,2y, and true resistance to the race 0, race 1 and race 2. Both cultivars can be effectively used as rootstock to control the Fusarium wilt in farmers' melon fields infested by the race 1,2y in Hokkaido.