

# Fusarium solani f. sp. eumartii による トマトフザリウム株腐病とその発生生態

栃木県農業試験場・農業生物資源研究所 なかやま きいち あおき たかゆき  
中山 喜一・青木 孝之

## はじめに

2004 年、栃木県内のトマト施設栽培（土耕栽培，促成長期どり栽培）で立枯症状を呈する原因不明の病害が発生した。本症状の原因を調査したところ，*Fusarium solani* species complex（種複合体）の 1 菌種によって起こる新病害であることが判明した。そこで，本病の病徴，発生状況，病原菌の分類学的な所属の検討に加えて，土壌伝染以外の伝染経路の解明など本菌の発生生態の一端を明らかにしたのでその概要を紹介する。

## I 病 徴

根では，はじめ主根の表面に淡褐色で不整形の病斑が形成され，次第に拡大しながら褐変腐敗した大型の病斑となる。主根の病斑部から伸びている側根の付け根付近などに褐変腐敗が認められるが，大部分の側根には病徴は見られないことが多い。ただし，主根での病勢進展に伴って側根にも褐変腐敗は徐々に拡大する。主根の病斑は上下に拡大進展し，地際部付近の茎の褐変腐敗となって現れる。また，発病株では地際部付近の茎から不定根の発生が見受けられることも多い。まれに地際部から 50～100 cm 上位の茎まで病斑が進展し，茎の表面が褐色条斑を呈する病斑を形成する。葉では，葉縁部や葉脈間が淡黄色～黄褐色に変色し，次第に不整形の褐色病斑となり，拡大融合しながら葉枯症状を呈する。根や地際部の褐変腐敗が内部に進展すると，株が萎凋，枯死するなど立枯症状を呈する。発病株の果実では，肥大が悪くなったり，「まだら果」などが発生しやすい。

## II 発 生 状 況

本病は，促成長期どり栽培を中心に県内主要産地での発生が確認されている。本作型（本県では通常 8 月上旬定植，10 月～7 月収穫）では，10 月下旬ころから発生が始まり，翌春の 4 月下旬以降，地際部の茎に褐変腐敗症状を呈した発病株の発生が急激に目立ってくる。自然

発生圃場で調査したところ，地上部（地際部の茎）での病徴から判断した発病株率は 41.7%であったが，根部観察による発病株率は 68.0%に達していた。本病発生圃場での発病株率は予想以上に高く，トマトの収量，品質等に与える影響は大きいと考えられる。

## III 病 原 菌

### 1 形態

分離菌株を 25℃，暗黒下，SNA および PDA 上で培養したところ，分離菌の小分生子（気生分生子）は，気中に立ち上がった分枝のほとんどない長い分生子柄上のモノフィアライドから擬頭状に形成された。小分生子は楕円～紡錘形で 0～1 隔壁，SNA 上での 0 隔壁の小分生子は 3.5～18.5×1.5～6（平均値：8.5～9×2.7～2.8）μm であった。大分生子（分生子座性分生子）は，SNA 培地表面で分枝した分生子柄上のモノフィアライドから形成され，鎌形で基部に不明瞭なフット（脚胞）を有し，1～5 隔壁，多くは 3 隔壁であった。PDA 上での 3 隔壁分生子は 27～43.5×3～5.5（平均値：35～38.8×4.4～4.7）μm，5 隔壁分生子は 35.5～49.5×3.5～6.5（平均値：42.6～45.2×4.8～4.9）μm であった。厚壁胞子は球形，間生または頂生，単生または連鎖，平滑または粗面で，SNA 上で 7.5～15×7.5～8.8（平均値：10.1×8.6）μm であった。PDA 培地上，25℃での菌糸生育は早く，菌叢ははじめ白色，後に灰白色～オリーブ色，菌糸生育は 10～37℃で認められ，適温は 28～30℃付近の比較的高温であった。培養下での子嚢殻形成は認められなかった。

これら分離菌株の形態学的な特徴は GERLACH and NIRENBERG (1982) の記載による *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. とほぼ一致した。

### 2 病原性

#### (1) トマトに対する病原性

分離菌株を用いた浸根接種試験では，トマト台木品種「がんばる根 3 号」の根部に原病徴が再現され，接種菌が再分離された。また，トマト穂木品種「麗容」，「マイロック」，「桃太郎はるか」，「ハウス桃太郎」，台木品種「ブロック」，「ジョイント」，「がんばる根 3 号」，「がんばる根 11 号」，「ドクター K」，「サポート」，「マグネット」，「プロテクト 3」

Foot Rot of Tomato Caused by *Fusarium solani* f. sp. *eumartii*.  
By Kiichi NAKAYAMA and Takayuki AOKI

（キーワード：トマト，フザリウム株腐病，*Fusarium solani* f. sp. *eumartii*）

の計 12 品種に土壤接種したところ、供試品種すべてで発病が認められた。供試品種の中では、台木品種は穂木品種に比較して発病株率が全般に高く、本病に対する抵抗性が低い傾向であった（表-1）。

## (2) ジャガイモに対する病原性

分離菌株のジャガイモに対する病原性調査のため、分離菌株の土壤ふすま培養菌を‘男爵薯’に土壤接種したところ、茎の基部が褐変腐敗し、塊茎ではその表面の一部が淡褐色に変色して亀裂が入り、内部も褐変腐敗した。以上から、トマト分離菌株がジャガイモにも病原性を有することが明らかとなった。なお、分離菌株の分生子懸濁液を‘男爵薯’の茎葉へ噴霧接種したが、茎葉には病徴は認められなかった。

## (3) 宿主範囲

分離菌株の宿主範囲調査のため、トウモロコシ‘ハニーバンダム’、ダイズ‘富貴’、インゲンマメ‘本金時’、‘初みどり2号’、ササゲ‘赤種三尺大長’、ソラマメ‘讃岐長莢早生蚕豆’、ナス‘はやぶさ’、キュウリ‘鈴成四葉’、カボチャ‘みやこ’、ユウガオ‘相生 FMT’、ハクサイ‘金将二号’、シュンギク‘きわめ中葉春菊’、オクラ‘大和グリーンオクラ’の計 12 種 13 品種に土壤接種した。その結果、インゲンマメ‘初みどり2号’、ソラマメ‘讃岐長莢早生蚕豆’にのみ病原性が認められた。

## 3 分子系統解析

近年、*Fusarium* 属菌は種分類に関する分子系統解析が進み、これまで *F. solani* 1 種として分類されてきた菌群にも複数種（少なくとも 50 種）が内在することが指摘され、現在では *F. solani* 種複合体（species complex）

と呼称されている（O'DONNELL, 1996 ; 2000）。そこで、*Fusarium* 属菌の種分類に関する有力な情報である TEF-1  $\alpha$  遺伝子や rDNA ITS 領域について、その分子系統解析を行った。その結果、分離菌株は、ROMBERG and DAVIS (2007) による米国カリフォルニア州で発生したジャガイモの *Eumartii wilt* およびトマトの *Foot rot* の原因菌である *F. solani* f. sp. *eumartii* 菌株とその TEF-1  $\alpha$  遺伝子の塩基配列が完全に一致あるいは 99.8% 相同で、rDNA ITS 領域も 98.8 ~ 99.8% と高い相同性を示した。さらに、分離菌株より得た DNA 塩基配列を GenBank に登録の *F. solani* 種複合体の典型菌株のデータおよび日本産典型菌株のデータと併せ解析した。その結果、分離菌株は O'DONNELL (2000) による *F. solani* 種複合体のクレード 1 ~ 3 のうちクレード 3 に属したが、*F. solani* 種複合体の既存の交配群 (MPI ~ VII) のいずれとも異なる系統学的な位置であった（図-1）。以上から、分離菌株は ROMBERG and DAVIS (2007) による *F. solani* f. sp. *eumartii* と同一のクレードに所属し、分子系統学的にもよく対応しており、*F. solani* f. sp. *eumartii* として扱ってよいと判断した。本邦では *F. solani* f. sp. *eumartii* によるトマトの病害発生の報告はなく、本病を *F. solani* f. sp. *eumartii* によるトマトフザリウム株腐病と呼称することを提案した（中山・青木, 2010）。

## IV 発 生 生 態

### 1 トマト茎での原病徴の再現

本病は土壌病害であり、トマトの根、主に主根から発病が始まり、褐色で不整形の病斑が拡大しながら地際付近に達するが、摘葉に伴う茎の傷口から感染し発病に至ったと考えられる病斑がまれに見受けられる。また、それら病斑部からは *F. solani* が高率に分離された。そこで、本菌のトマト茎に対する病原性を明らかにするための試験を行った。分離菌株の土壤ふすま培養菌、または分生子懸濁液を‘麗容’および‘ジョイント’の茎へ接種したところ、茎に褐色で不整形の病斑が形成され、原病徴が再現された。また、台木品種‘ジョイント’は、穂木品種‘麗容’に比較して発病率がやや高かった（表-2）。これはトマト各品種への土壤接種試験において台木品種が穂木品種に比較して発病株率が全般に高かったことと一致していた。以上から、本病はトマト茎の傷口などから感染、発病する場合があることが裏付けられた（中山ら, 2010）。

### 2 トマト花器、果実での発病の可能性

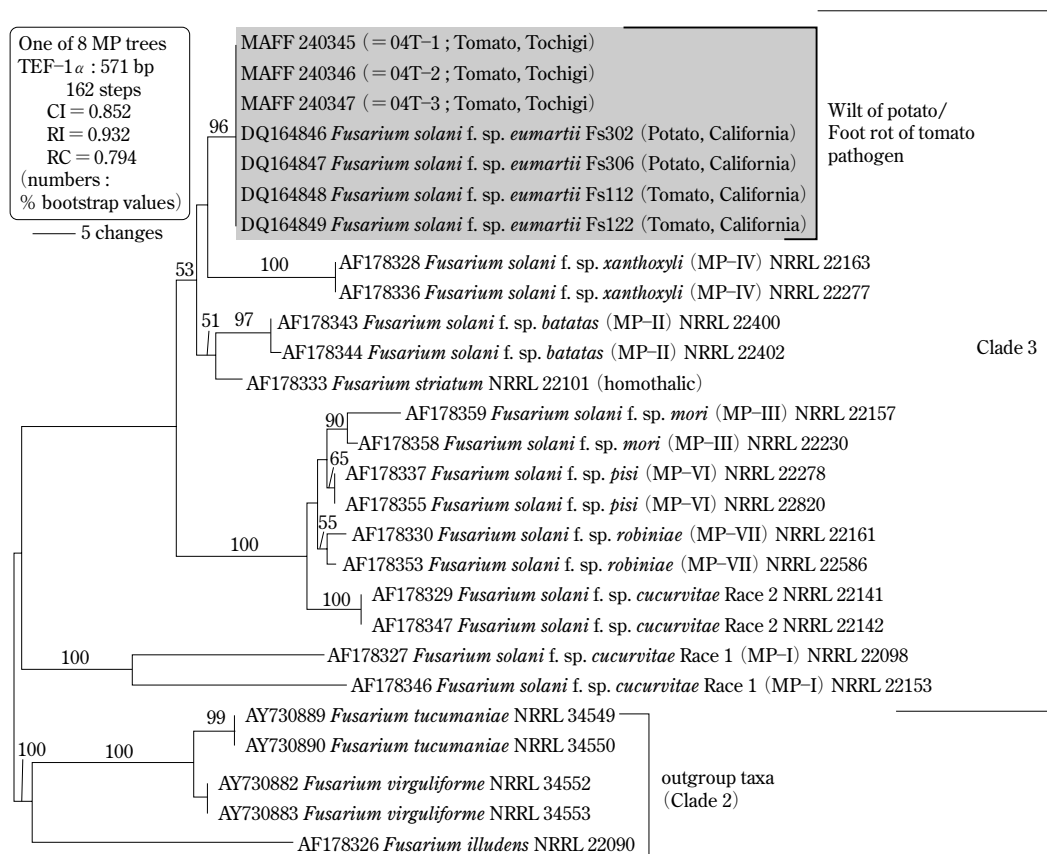
トマトの土壌病原菌の一種であるトマト根腐萎凋病菌

表-1 分離菌株 04T-2 のトマト各品種に対する病原性

| 品 種        | 発病株率 (%) | 発病度 <sup>a)</sup> |
|------------|----------|-------------------|
| 麗容         | 40       | 10.0              |
| マイロック      | 30       | 17.5              |
| 桃太郎はるか     | 30       | 10.0              |
| ハウス桃太郎     | 30       | 12.5              |
| ブロック       | 60       | 25.0              |
| ジョイント      | 100      | 55.0              |
| がんばる根 3 号  | 40       | 20.0              |
| がんばる根 11 号 | 70       | 25.0              |
| ドクター K     | 70       | 32.5              |
| サポート       | 80       | 42.5              |
| マグネット      | 60       | 27.5              |
| プロテクト 3    | 60       | 27.5              |

<sup>a)</sup> 発病度 =  $[\Sigma (\text{発病程度別株数} \times \text{指数}) / (4 \times \text{調査株数})] \times 100$ 。

発病程度 0 : 病徴なし, 1 : 主根の一部が褐変腐敗, 2 : 主根の大部分が褐変腐敗, 3 : 褐変腐敗が茎に進展, 4 : 枯死。

図-1 TEF-1 $\alpha$  遺伝子の DNA 塩基配列に基づいた最大節約系統樹表-2 分離菌株 04T-2 のトマト茎  
に対する病原性

| 品種名   | 発病率 (%) <sup>a)</sup> |
|-------|-----------------------|
| 麗容    | 13.3 (2/15)           |
| ジョイント | 33.3 (5/15)           |

<sup>a)</sup> ( ) 内は発病箇所数/接種箇所  
数を示す。

表-3 分離菌株 04T-2 のトマト花器、果実に対す  
る病原性

| 接種部位 | 接種法 | 発病率 <sup>a)</sup> |
|------|-----|-------------------|
| 花器   | 無傷  | 80.8 (21/26)      |
| 果実   | 有傷  | 100 (26/26)       |
| 果実   | 無傷  | 12.5 (3/24)       |

<sup>a)</sup> ( ) 内は発病数/接種花器 (果実) 数を示す。

(*F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*) は、トマトでの果実腐敗症の原因となることが報告されている (富川, 1987)。一方, 本病ではこれまでのところ自然発生圃場の果実腐敗症状からトマトフザリウム株腐病菌は分離されていないものの, トマト茎の地際部付近の病斑上には多数の分生子が形成されることから, それらが飛散しトマトの花器, 果実からの感染発病の可能性も懸念される。そこで, 分離菌株の分生子懸濁液を「麗容」植物体上の花器および果実に接種したところ, 花器では柱頭付近から褐変が始まり, 次第に枯死し落花するものが認めら

れた。果実では, 有傷接種により供試した全果実で果実腐敗が見られ, 無傷接種でも発病率は 12.5% となった (表-3)。果実での病徴は, 果頂部の花柱基部付近に水浸状で褐変した病斑を生じ, 次第に果梗部へ拡大し果実腐敗を呈した。また, 採取した「麗容」果実に分離菌株の分生子懸濁液を有傷接種したところ, 接種 48 時間後には接種部位である果頂部から果実腐敗が認められ, 接種 96 時間後には供試果実の 95.0% が果実腐敗を呈した。本菌の接種により果実腐敗が引き起こされたことから, 自然感染におけるトマト果実での発病の可能性が示唆さ

れ(中山ら, 2010), 今後圃場内での発生動向に注意が必要である。

## おわりに

*F. solani* f. sp. *eumartii* によるトマトの新病害「フザリウム株腐病」について, 病徴や病原菌の同定, 地上部からの発病など発生生態も含めて, これまでの知見を紹介した。本菌については, 本県への侵入経路など不明な点も多い。どこからどのような経路で入ってきて, どう分布を拡大したのかなどは未解明である。また, そもそも本菌が本県へ侵入したのか, 既に土着化し生息していたものが何らかの原因で被害が顕在化したのか不明である。

ただ, 本病は従来の作型ではこれまで問題にならなかったこと, 新たな作型「促成長期どり栽培」の導入と普及拡大に伴って発生が確認されたことから, 作型の変遷が本病の発生要因の一つになった可能性もある。本作型は, 従来の作型に比較して, 収穫期間が約10か月と長

期化を実現したが, 本菌の感染・発病による被害が顕在化しやすくなった点も否めない。

なお, 本病に関する防除技術の確立は今後の検討課題であるが, トマト各品種への接種試験結果から, 他の土壌病害のように台木品種を有力な防除手段として活用することは现阶段では困難である。本病の効率的な防除体系構築には抵抗性品種・台木の育成が待たれるところである。

## 引用文献

- 1) GERLACH, W. and H. NIRENBERG (1982): Mitt Biol. Bundesanst Land-u. Forstw. (Berlin-Dahlem) **209**: 364 ~ 368, 373 ~ 376.
- 2) 中山喜一・青木孝之 (2010): 日植病報 **76**: 7 ~ 16.
- 3) ————ら (2010): 同上 **76**: 134 ~ 140.
- 4) O'DONNELL, K. (1996): Sydowia **48**: 57 ~ 70.
- 5) ———— (2000): Mycologia **92**: 919 ~ 938.
- 6) ROMBERG, M. K. and R. M. DAVIS (2007): Plant Disease **91**: 585 ~ 592.
- 7) 富川 章 (1987): 植物防疫 **41**: 56 ~ 61.

## 新しく登録された農薬 (22.8.1 ~ 8.31)

掲載は, **種類名**, 登録番号: **商品名** (製造者又は輸入者) 登録年月日, 有効成分: 含有量, **対象作物**: 対象病害虫: 使用時期等。ただし, 除草剤・植物成長調整剤については, **適用作物**, 適用雑草等を記載。(登録番号: 22759 ~ 22788) 種類名に下線付きは新規成分。※は新規登録の内容。

### 「殺虫剤」

#### ●フィプロニル粒剤 ※処方変更

22760: **BASF プリンス粒剤** (BASF ジャパン) 10/08/04

フィプロニル: 1.0%

稲 (箱育苗): ウンカ類, イネミズゾウムシ, イネドロオウムシ, イネツトムシ, ニカメイチュウ, イナゴ類, イネヒメハモグリバエ, コブノメイガ: は種前

稲 (箱育苗): ウンカ類, イネミズゾウムシ, イネドロオウムシ, イネツトムシ, ニカメイチュウ, イナゴ類, イネヒメハモグリバエ, コブノメイガ, フタオビコヤガ: は種時 (覆土前) ~ 移植当日

稲 (箱育苗): イネシガラセンチュウ: は種時 (覆土前)

キャベツ: ハイマダラノメイガ: は種前

ブロッコリー: ハイマダラノメイガ: は種時

#### ●ダイアモルア剤 ※中央値換算

22762: コナガコン (サンケイ化学) 10/08/04

(Z)-11-ヘキサデセナール: 44.8%, (Z)-11-ヘキサデセニル=アセタート: 45.9%

コナガコン (No.17212) と適用内容は同様

#### ●アルミゲルア・ダイアモルア剤 ※中央値換算

22763: コナガコン-プラス (信越化学) 10/08/04

(Z)-9-ヘキサデセナール: 2.0%, (Z)-11-ヘキサデセニル=1-オール: 1.0%, (Z)-11-ヘキサデセナール: 48.7%, (Z)-11-ヘキサデセニル=アセタート: 39.2%

コナガコン-プラス (No.20768) と適用内容は同様

#### ●ダイアモルア剤 ※中央値換算

22764: 信越コナガコン (信越化学) 10/08/04

(Z)-11-ヘキサデセナール: 44.8%, (Z)-11-ヘキサデセニル=アセタート: 45.9%

信越コナガコン (No.18835) と適用内容は同様

#### ●インドキサカルブ水和剤

22766: トルネードエース DF (デュボン) 10/08/10

22767: **MIC トルネードエース DF** (三井化学アグロ) 10/08/10

22768: **クミアイトルネードエース DF** (クミアイ化学) 10/08/10

22769: **丸和トルネードエース DF** (丸和バイオケミカル) 10/08/10

インドキサカルブ: 5.0%

キャベツ: コナガ, アオムシ, ヨトウムシ, ハスモンヨトウ, タマナギンウワバ, ハイマダラノメイガ: 収穫7日前まで

はくさい: コナガ, アオムシ, ヨトウムシ: 収穫7日前まで  
だいこん: コナガ, アオムシ, ヨトウムシ: 収穫21日前まで

ブロッコリー: コナガ, アオムシ: 収穫14日前まで

ねぎ: シロイチモジヨトウ: 収穫14日前まで

いちご: ハスモンヨトウ: 収穫前日まで

なす: ハスモンヨトウ, オオタバコガ: 収穫前日まで

トマト: ハスモンヨトウ, オオタバコガ: 収穫前日まで

ピーマン: オオタバコガ: 収穫前日まで

レタス: ハスモンヨトウ, オオタバコガ: 収穫7日前まで

だいず: ハスモンヨトウ: 収穫7日前まで

(8ページに続く)