

植物防疫基礎講座：土壤病害の見分け方(6)

青枯病菌による病害

岡山県農業総合センター農業試験場 伊 達 寛 敬

はじめに

青枯病は、世界の熱帯および温帯に広く分布し、ナス科をはじめとする多くの植物に大きな被害を与える土壤病害である。また、我が国では糸状菌が多くを占める土壤病菌のなかで、青枯病菌は軟腐病菌と並んで主要な土壤病原細菌である。その病原である *Ralstonia solanacearum* (*Pseudomonas solanacearum*) は宿主範囲が広く、世界的には44科数百種の植物を侵すとされ、その中でもナス科が最も多く、キク科、マメ科の順となっている (HAYWARD, 1991)。我が国でも20科38種の植物に青枯病が記載されている (表-1)。

ここでは、青枯病菌の生活環、主な植物の病徴、病原

菌の分離および接種法、病原性および系統を中心に紹介したい。

I 生活環

青枯病菌は被害残さ、非宿主植物や雑草の根の周りおよび土壤中で生存し、第一次伝染源となる。土壤中の生存期間は1年から数年であるが、乾燥土壤では比較的短期間で死滅する。また、病原細菌が検出されるのは、地表下100 cm ぐらいまでで、細菌密度が高いのは、地表下5~40 cm ぐらいの間である。

宿主植物が植え付けられると病原細菌は根の周りで増殖し、主に根の傷口から侵入する。また、土壤害虫や線虫の食害、定植、除草作業などによる根の傷並びに破壊溝(側根が発生するときに見える亀裂部位)からも侵入する。侵入した病原細菌は、根や茎の維管束で増殖し地上部を萎凋させるとともに、根から排出されて第二次伝染源となる。また、根の接触、収穫や剪定などの管理作業でも発病株から健全株へ伝染する。

無病土への伝染は降雨や出水などによる汚染した水や土の移動あるいは農機具に付着した汚染土壌で起こる。

II 病 徴

青枯病の主な症状は、株全体の萎凋や青枯症状、下葉の黄化、茎部等の維管束の褐変である。その後枯死するという病勢の進展過程が急激である。しかし、これは高温条件での症状であり、秋冬期の施設栽培では症状の進展が緩慢な場合が多い。また、発病株では病原細菌が茎部等の維管束で増殖するため、地際付近の茎部を切断して、ペンチのようなもので軽くしめると断面の維管束部から宿主汁液とともに病原細菌が白色の液体となることが多い。さらに、地際付近の茎部を水につけて断面から病原細菌が流れ出るかどうかを確認する方法が青枯病の簡易な診断方法としてよく知られている。これらのことから、青枯病は他の土壤病害に比べて病徴等から見分けやすい特徴をもっている。

以下、代表的な青枯病の病徴を示す植物について述べる。

1 ナス青枯病

露地栽培などで梅雨明け以降に一般的に見られる症状

表-1 我が国で青枯病が記載されている植物^{a)}

| 科 | 植 物 |
|---------|---|
| ナス科 | ジャガイモ、タバコ、ナス、トマト、ピーマン |
| キク科 | シュンギク、ジニア、ヒマワリ、ダリア、オオキンケイギク、キク、マーガレット、マリーゴールド |
| マメ科 | インゲンマメ、ソラマメ、ラッカセイ |
| アブラナ科 | ダイコン、カブ |
| ウリ科 | カボチャ、キュウリ、ツルレイシ* |
| バラ科 | イチゴ |
| バショウ科 | ストレリチア |
| シソ科 | シソ |
| アマ科 | アマ |
| アオイ科 | ケナフ |
| ゴマ科 | ゴマ |
| トウダイグサ科 | ヒマ |
| ショウガ科 | ショウガ*、ミョウガ*、クルクマ |
| イソマツ科 | スターチス |
| セリ科 | アシタバ |
| ツリフネソウ科 | インパチェンス |
| リンドウ科 | トルコギキョウ |
| ベンケイソウ科 | カランコエ |
| キンボウゲ科 | デルフィニウム |
| スベリヒユ科 | ポーチュラカ (ハナスベリヒユ)* |

^{a)} 日本植物病名目録(2000)に記載された植物とその後新たに*印の2003年までに日本植物病理学会で発表された植物。

Soilborne Disease Caused by *Ralstonia solanacearum*. By Hiroataka DATE

(キーワード：青枯病菌，生活環，病徴，病原性)

は、初め、一部の葉が水分を失って青いまま急にしおれ、2~3日の間に日中萎凋し、夜間や曇雨天の日には回復する。しかし、4~5日すると夜間にも萎凋したままとなり、下葉から黄化して枯死する。発病株の根は、被害の軽い株では数本の根が暗褐色に変色しているにとどまるが、被害の激しい株では、根全体が変色して腐敗している。地際付近の茎や根の維管束部分が褐変する。地際付近の茎から上部を切断した株は、しばらくすると茎切断面から白色菌泥が漏出し（口絵参照）、やがて黒褐変するが多い。

促成栽培や半促成栽培では病徴がやや異なり、特に低温期では病勢の進行が緩慢となる。促成栽培では11月以降に発病する株は、下葉の黄化や中位葉の葉縁の退色が見られる程度のもが多く、症状は徐々に進行する。これらの発病株は、3月ごろになると葉が黄化し、晴天日には上位葉が萎凋し、最後には枯死する。2~4月に発病する株の場合には、一部の側枝の葉だけが萎凋して黄化するものがあり、この側枝の木質部は褐変している。これらの症状株は、管理作業用のハサミで伝染した株の場合がほとんどである（口絵参照）。このような株は5月ごろになると、側枝のある主枝およびその他の主枝が萎凋して枯死する。

2 ラッカセイ青枯病

8月を中心とした盛夏期に発生する。突然茎葉が萎凋し、葉は垂れ下がって褪色し、のち褐変して枯死する。茎部の維管束部は黒褐変し、根は褐変・腐敗する（長井, 1991）。

3 シソ青枯病

土壌伝染での病徴は生育が悪く、その後萎凋枯死する。また、収穫時に茎葉部から感染した場合には、茎の表面が黒変して内部の維管束が崩壊して株全体が萎凋枯死する（小林ら, 1985）。

4 ショウガ青枯病

下葉での黄化・萎凋が速やかに上位葉へと進展し、全身的な萎凋・枯死に至る。偽茎は水浸状となり、根茎から容易に離脱、倒伏する。偽茎と根茎の切断面からは白色菌泥が漏出し、維管束部は暗褐~黒変する（土屋ら, 1999）。

5 ストレチア青枯病

ハウス栽培で発生し、葉の黄化を伴う緩慢な萎凋枯死が特徴である（後藤ら, 1985）。初め葉身が内側に筒状に巻き込み、やや褪色して黄緑色となり、徐々に脱水症状を呈して萎凋する。発病葉は葉柄とともに垂れ下がりが、最後には枯死する。1株の葉が一度に発病して萎凋することはまれで、数枚の外側の葉にまず病徴が現れ、

徐々に内側の葉に拡がり、数か月を経て株全体が萎凋枯死するが多い。葉柄および球茎の維管束は黒褐色に変色し、球茎の断面はしばしば菌泥の漏出が見られる。また、根の中心柱は赤褐色に変色し、やがて腐敗して外皮のみを残して消失する。発病株を基点に植え、畦に沿って数株連続して発生する傾向があり、本病は主に下葉の切断や花の収穫に使う刃物によって伝染するものと考えられている。

III 病原細菌の分離、培養・保存、接種法

1 病原細菌の分離

分離源はなるべく新鮮な罹病茎を採集し、表皮をはがし、褐変した維管束の組織片を用いて殺菌水中に病原細菌を流失させて分離源液とする。通常、分離は平板分離法で行うことが多い。分離培地には肉エキス・ペプトン寒天培地、ジャガイモ半合成培地（PSA）、TZC培地（KELMAN, 1954）、原・小野培地（原・小野, 1983）などを用いるが、病原細菌の特徴がわかりやすいTZC培地や原・小野培地は分離できる可能性が高い。したがって、病徴等から青枯病が疑われる場合には、TZC培地や原・小野培地を用いるとよい。

以下、本細菌の各培地上でのコロニー（集落）の特徴を記載する。TZC平板培地上では、30°C、48時間培養後、直径が2~5mm、白色で中心部が紅色の不整形・流動性コロニーを作る。時間がたつと白色部もしだいに紅色になる。原・小野平板培地上では、30°C、48時間培養後、直径が約2mmの小コロニーを形成したとき、白色、平滑、流動性であり、直径4mm以上のコロニーは白色~淡紅色を帯び、平滑で極めて流動性に富み、時にはコロニー内部に同心円状の輪紋を形成することがある。

2 培養・保存法

純粋培養のための釣菌は、完全に独立したコロニーで、病原細菌の特徴を示し内容、周辺が均質なものを選び、先端を鋭利にした白金線でコロニーの中央表面から細菌を取り、斜面培地に移植する。斜面培地はPSAなど細菌用培地を用い、25~28°Cで培養する。TZC培地や原・小野培地を用いてもほかの細菌が出てくるので、前述のコロニーの特徴を考慮して釣菌する。識別が困難なときにはそれぞれのコロニーを釣菌して斜面培養後に確認するとよい。

保存には長期保存の冷凍保存法および凍結乾燥保存法があるが、病原性の確認前には簡易な水保存法（尾崎, 1995）がある。

3 接種法

本病原細菌は変異性に富むので、長期間凍結あるいは

水保存した細菌株は接種前にPSA等で画線培養し、本病原細菌の特徴を呈するコロニーを釣菌して接種源とする。病原性の確認には、トマトが本葉2~3葉期に生育したところに、第1本葉の腋芽部に分離細菌懸濁液(10⁸ CFU/ml:白濁し透かして見えない程度)を殺菌ピペットで1滴置き、針または楊枝で腋芽部を突き刺して接種するか同様の懸濁液で汚染させた刃物で第1本葉の葉柄を茎の基部付近で切断するのが簡便である。病徴は1週間後から現れてくる。しかし、トマトに病原性の弱い青枯病菌もあるので、病原性の確認には分離宿主を用いることが望ましい。

なお、病原細菌の分離、接種、培養等については、さらに詳しく知りたい場合には、作物病原菌研究技法の青枯病(尾崎, 1995)を参照していただきたい。

III 病原性および各種系統

ナス科青枯病菌は、多犯性で地理的分布も広く、変異性に富んで多くの系統またはレースの存在が知られており、宿主範囲、生理的性質などにより類別されている。

1 病原性による類別

青枯病菌には病原性の分化が見られ、三つのレースに類別される。レース1はタバコ、トマト、その他のナス科植物を侵し、レース2はバナナ、ヘリコニアを侵し、レース3はジャガイモ、トマトを侵すが、他のナス科植物には弱い病原性だけを示す(BUDDENHAGEN et al., 1962)。さらに、クワから分離した系統はレース4とされた(He et al., 1983)。また、我が国に分布する青枯病菌はタバコ、ナス、トマト、ゴマ、ラッカセイに対する病原性から13の病原型に類別された(岡部・後藤, 1961)。さらに、ナスの抵抗性台木における罹病化の原因を病原細菌の分化の面から究明し、4種のナス属植物(‘千両2号’、‘ツノナス’、‘ヒラナス’、‘トルバム・ビガー’)で関

表-2 岡山県の促成栽培ナスの1ハウスにおける青枯病菌の菌群分布(1984)(尾崎・木村の類別に一部加筆)

| 菌群 | 判別植物 | | | | 該当菌株数 |
|--------------------|-----------------|--------|--------|------------|-------|
| | ‘千両2号’ | ‘ツノナス’ | ‘ヒラナス’ | ‘トルバム・ビガー’ | |
| I | S ^{a)} | R | R | R | 0 |
| II | S | S | R | R | 0 |
| III | S | S | S | R | 35 |
| IV | S | S | S | S | 0 |
| V | S | R | S | R | 0 |
| (IV) ^{b)} | S | S | S | MR | 1 |

(注) ^{a)} S: 発病株率が50%以上, MR: 発病株率が11~49%, R: 発病株率が10%以下。 ^{b)} いずれの菌群にも類別できないもの。

東以南のナス科野菜青枯病菌は五つのグループ(菌群)に類別された(尾崎・木村, 1992b)。岡山県ではナスから分離された青枯病菌を尾崎・木村の類別に従って調査した結果、1980年代後半はIII群菌が多かった(表-2)が1990年以降はIV群菌が多くなり、また類別できない(IV)群菌もかなりあった(伊達, 未発表)。このように、青枯病菌は類別する判別植物や採集地などで異なり、本菌の病原性の多様性が示唆される。

2 我が国におけるナス科青枯病細菌の各種植物に対する病原性

ナス、トマト、タバコ、ジャガイモおよびピーマンからの各30, 13, 2, 2および1菌株、計48菌株をナス科、マメ科、キク科、アブラナ科およびイネ科など17種の植物に接種し病原性を見ると(伊達, 1996)、すべてあるいはほとんどの菌株に対してナス、トマトは高率に発病した。また、それら以外に高率に発病したシュンギク、ダイコン、キク、インゲンマメ、ゴマは、我が国では自然発病が認められている植物で、ハウレンソウでは接種による発病の報告がなされている。一方、発病が認められなかったチシャ、イネおよびトウモロコシや、発病株率の低いハクサイ、ニンジン、エンドウ、ゴボウおよびネギはいずれも自然発病が認められていない(表-3)。我が国でナス科青枯病菌のナス科以外の植物に対する病原性を見ると、ゴマ、ラッカセイおよびショウガに対しては病原性がある菌株とない菌株とに分かれるが(岡部・後藤, 1952; 岡部・後藤, 1961; 尾崎・木

表-3 ナス科植物青枯病菌の各種植物に対する病原性

| 供試植物 | 10%以上の発病株率を示した菌株率(%) | 50%以上の発病株率を示した菌株率(%) | 80%以上の発病株率を示した菌株率(%) |
|--------|----------------------|----------------------|----------------------|
| トマト | 100 | 100 | 100 |
| ナス | 98 | 96 | 94 |
| インゲンマメ | 92 | 63 | 40 |
| ダイズ | 56 | 17 | 6 |
| エンドウ | 71 | 19 | 10 |
| シュンギク | 98 | 92 | 83 |
| チシャ | 0 | 0 | 0 |
| キク | — | 59 | 43 |
| ゴボウ | 44 | 8 | 2 |
| ダイコン | 96 | 79 | 63 |
| ハクサイ | 81 | 4 | 2 |
| イネ | 0 | 0 | 0 |
| トウモロコシ | 0 | 0 | 0 |
| ハウレンソウ | 77 | 27 | 10 |
| ニンジン | 33 | 27 | 8 |
| ゴマ | 90 | 58 | 35 |
| ネギ | 14 | 0 | 0 |

村, 1992 c), イチゴでは接種したいずれの菌株も病原性が認められている (後藤ら, 1978)。これらの植物はいずれも我が国では青枯病菌の宿主植物である。これらのことから, 我が国のナス科青枯病菌は青枯病菌の宿主あるいは青枯病の発病事例がある植物に病原性を示す場合が多いと考えられる。

3 生理型 (biovar)

Ralstonia solanacearum は二糖類 (マルトース, ラクトース, セロビオース) と糖アルコール (マンニトール, ダルシトール, ソルビトール) からの酸の産生能の有無を基準に 4 種類 (biovar I~IV) に類別される。近年, 二糖類を利用し, 糖アルコールのうちマンニトールを利用するが, ダルシトール, ソルビトールを利用しない系統を biovar V と類別している (HAYWARD, 1964)。なお, 病原性のレースと biovar 類別との直接の関係は認められていない。

我が国では biovar I~IV が分離され, 関東以南のナス科野菜から分離される青枯病菌の biovar は IV が最も多いとされたが (尾崎・木村, 1992 a), 岡山県の促成栽培ナスでは biovar III が最も多く, II, IV はわずかであった (伊達, 1996)。また, 長崎県のジャガイモの青枯病菌は時期により biovar II と IV の分離頻度が異なった。(片山・木村, 1986)。このように, 各地に分布する biovar は宿主植物, 栽培条件などで異なることが考えられる。

おわりに

以上, 青枯病菌による病害についてナス科植物を中心

に述べてきた。最近, ナス科以外で新しい宿主が記載されており (表-1), 今後新しい宿主が増加するものと考えられる。しかし, 青枯病の防除対策としては土壌消毒や抵抗性品種・台木の利用等があるが, 本病はいまだに難防除病害である。近年, 定植直後から茎葉散布する薬剤もあるが (伊達, 2001), 他の対策との組み合わせが必要であり, 本病防除には総合防除で対応したい。最後に, ここに記載したことが青枯病の診断や新病害の発見, さらに防除対策に役立てば幸いである。

引用文献

- 1) BUDDENHAGEN, I. W. et al. (1962): *Phytopathology* 52: 726.
- 2) 伊達寛敬 (1996): 岡山農試臨時報告 83: 10~16.
- 3) ———・那須英夫 (2001): 岡山農試研報 19: 29~35.
- 4) 後藤正夫ら (1978): 日植病報 44: 270~276.
- 5) ———ら (1985): 同上 51: 231~233.
- 6) 原 秀紀・小野邦明 (1983): 岡山たばこ試報 42: 127~138.
- 7) HAYWARD, A. C. (1964): *J. Appl. Bact.* 27: 265~277.
- 8) ——— (1991): *Annu. Rev. Phytopathol.* 29: 65~87.
- 9) HE, L. Y. et al. (1983): *Plant Dis.* 67: 1357~1361.
- 10) 片山克己・木村貞夫 (1986): 長崎総農林試研報 14: 1~30.
- 11) KELMAN, A. (1954): *Phytopathology* 44: 693~695.
- 12) 小林正伸ら (1985): 日植病報 51: 54.
- 13) 長井雄治 (1991): 作物の細菌病, 日植協, 東京, pp. 157~158.
- 14) 岡部徳夫・後藤正夫 (1952): 静大農研報 2: 94~114.
- 15) ——— (1961): 同上 11: 25~42.
- 16) 尾崎克己・木村俊彦 (1992 a): 中国農研報 10: 41~48.
- 17) ——— (1992 b): 同上 10: 49~58.
- 18) ——— (1992 c): 近畿中国農研報 83: 11~16.
- 19) 尾崎克己 (1995): 作物病原菌研究技法の基礎, 日植協, 東京, pp. 270~273.
- 20) 土屋健一ら (1999): 日植病報 65: 363.

新しく登録された農薬 (15.6.1~6.30)

掲載は, 種類名, 登録番号: 商品名: (製造業者又は輸入業者) 登録年月日, 有効成分および含有量, 対象作物: 対象病害虫: 使用時期および回数など。ただし, 除草剤については, 適用雑草: 使用方法を記載。(…日…回は収穫何日前まで, 何回以内散布又は摘採何日前まで何回以内の散布の略)。(登録番号 21065~21075) 新規成分にはアンダーラインを付した。

「殺虫剤」

●デジェネランスカブリダニ剤

21081: スリバンス (アリストダ) 03/06/03

デジェネランスカブリダニ幼虫および成虫 1,000 頭/ポリエチレン瓶

なす (施設栽培): ミナミキイロアザミウマ: 発生初期: 放飼

●ミヤコカブリダニ剤

21082: スパイカル (アリストダ) 03/06/03

ミヤコカブリダニ (アンプリセイウス・カルフォルニクス) 40 頭/10 ml

いちご (施設栽培): ハダニ類: 発生初期: 放飼

「殺虫殺菌剤」

●ジノテフラン・カスガマイシン・フサライド粉剤

21078: カスラプスターク粉剤 DL (北興化学) 03/06/03

ジノテフラン 0.35%

カスガマイシン 0.11%

フサライド 1.5%

稲: いもち病・ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・カメムシ類: 21 日前: 3 回

「除草剤」

●テブチウロン水和剤

21079: ハービック SC (ダウケミカル), 21080 (住化武田) 03/06/03

テブチウロン 42%

駐車場, 道路, 運動場, 宅地, 鉄道軌道内: 一年生および多年生雑草: 雑草発生前~発生始期, 生育中期: 雑草茎葉散布又は全面土壌散布: 3 回