

トルコギキョウうどんこ病の発生生態

大分県温泉熱花き研究指導センター

おか
岡
たか
高もと
本
まつ
松じゅん
潤
すすむ
進

三重大学生物資源学部

は じ め に

トルコギキョウはリンドウ科 *Eustoma* 属の一年草または二年草で、原産地の北アメリカでは *Eustoma grandiflorum*, *E. exaltatum*, *E. barkleyi* の3種が知られている。このうち園芸品種として広く栽培されているトルコギキョウは *E. grandiflorum* 種である。以下園芸品種のトルコギキョウ (*E. grandiflorum*) をトルコギキョウと表記する。

トルコギキョウのうどんこ病は、KOIKE ら (1995) によって報告されたカリフォルニアでの発生事例が世界で最初の記録である。このとき報告された病原菌は内部寄生性の *Leveillula taulica* であり、我が国ではピーマンうどんこ病などの原因菌として知られている菌と形態的に同一の病原菌であった。しかし、1999年に大分県でトルコギキョウに新発生したうどんこ病 (岡本, 1999) は表皮寄生性であり、病原菌の形態が *L. taulica* とは明らかに異なっていた。そこで、形態を詳しく観察するとともに、rDNA の ITS 領域の塩基配列を解析した。その結果、病原菌の不完全世代は *Oidium* 属 *Pseudoidium* 亜属 (COOK et al., 1997) であること、および ITS 領域の塩基配列がオシロイバナ (*Mirabilis jalapa*) のうどんこ病菌と 100%一致することが明らかとなった。そこで、オシロイバナうどんこ病菌のトルコギキョウに対する病原性を検討するとともにトルコギキョウうどんこ病菌の由来について考察を行ったので紹介する。

I 症状と発生状況 (口絵参照)

トルコギキョウうどんこ病は、1999年3月31日に大分県三光村の施設栽培圃場で初確認された。発生圃場は周囲を水田に囲まれた7aのビニルハウスで、日当たりはよく、聞き取りによるとハウスのサイドを午前10時前後に開いていたという。そのため圃場内は、高温多湿の条件と風通しがよく比較的湿度が低い条件とがほぼ毎

日繰り返されていたと推測された。また、地上部の病害虫が目立たなかったため農薬の散布が1か月以上行われていなかった。圃場内には‘エクローサブルーフラッシュ’、‘エクローサブルーピコティ’、‘エクローサピンク’、‘キングオブスノー’、‘はまの宴’のトルコギキョウ5品種が栽培されていた。このうち‘はまの宴’を除く4品種で発病が認められ、特に‘エクローサブルーフラッシュ’での発病程度が高かった。病斑は白色粉状であり、典型的なうどんこ病として容易に診断された。発病は主として上位葉の表裏に認められ、一部は花梗にも認められた。しかし、茎や下位葉、花卉には認められなかった。病斑の大きさは、発病程度の高い‘エクローサブルーフラッシュ’では直径が1cmを超えるものも見られたが、多くの病斑はせいぜい1cm前後であった。しかし1枚の葉にいくつかの病斑が発生した場合は互いに融合して大きな病斑を形成している事例も認められた。ほとんどの発病葉は葉の変形を伴っていた。さらに、病斑下の葉の組織に黄化や褐変が認められる場合もあった。このような病徴は、トルコギキョウの切り花としての品質を著しく低下させるものであった。しかし、葉全体がうどんこ病菌に覆われて白くなったり枯れ上がったりするほどの激しい症状は認められなかった。

なお、トルコギキョウうどんこ病はこの三光村の1圃場が現在までの唯一の発生事例であり、その後の新たな発生は認められていない。

II 病 原 菌

1 病原性

採取したトルコギキョウうどんこ病菌の分生子をトルコギキョウ‘あずまの波’、イソマツ科のシュコンスターチス‘ブルーファンタジア100’、ナス科のホオズキ、マメ科のスイートピーの健全葉に払い落とし病原性を検討した結果、トルコギキョウにのみ病原性が認められた。しかし接種により発病したうどんこ病は菌叢が薄く、病斑上に分生子の形成は認められたものの、現地圃場の‘エクローサブルーフラッシュ’に見られたような明瞭な標徴は再現されなかった。

2 病原菌の諸形態

トルコギキョウうどんこ病菌の菌糸は、葉や花梗枝の

Occurrence of Powdery Mildew of Prairie Gentian. By
Jun OKAMOTO and Susumu TAKAMATSU

(キーワード: トルコギキョウ, オシロイバナ, うどんこ病, 病原性, 塩基配列)

表面に分岐しながら表生し、幅 5～7 (平均 5.8) μm 、そのところどころに付着器と分生子柄を形成した。付着器は掌状で幅 7～10 (平均 8.8) μm であった。分生子柄は菌糸から直立し、基部は湾曲せず、通常 3 細胞で、Foot-cell は 6～10×32～60 (平均 7.9×44.7) μm であった。分生子は分生子柄上に単生し、内部にフィブリン体を欠き、無色、単胞、長楕円形～樽型、大きさは 33～52×13～20 (平均 44.0×17.4) μm で、多数の液胞と顆粒状内容を有していた。本菌は分生子の端部から発芽し、発芽管の先端に比較的複雑なこぶし状の付着器を形成することから、平田 (1955) の記述した *Erysiphe polygoni* 型に一致すると考えられた。また、閉子のう殻は現在まで未確認である (表-1)。これらの結果から *Oidium* 属 *Pseudoidium* 亜属のうどんこ病菌であることが明らかとなった。

3 rDNA ITS 領域のシークエンス

大分県のトルコギキョウで発生したうどんこ病発病葉上の不完全世代の菌糸から DNA を抽出し、rDNA ITS 領域の塩基配列を解析した。その結果をこれまでに解析された *Oidium* 属 *Pseudoidium* 亜属のうどんこ病菌と照合したところ、オシロイバナうどんこ病菌の塩基配列と 100% の相同性を持つことが明らかとなった。また、後に述べる接種に用いたオシロイバナうどんこ病菌も同

様に解析を行い、過去の解析結果と同じであることを確認した。

解析された塩基配列データに DNA データベース上で公開されている塩基配列データを加えて系統解析を行った結果、トルコギキョウとオシロイバナのうどんこ病菌は、マメ科の *Vicia* spp. に発生する *Erysiphe baeumleri* およびアカクロバに発生する *E. trifolii* と、高い信頼度で同一のクレードを形成した。またトルコギキョウとオシロイバナのうどんこ病菌は、遺伝子系統樹の一番派生的なグループに属し、比較的最近になって分化した菌であると考えられる。

III オシロイバナうどんこ病菌のトルコギキョウに対する病原性

rDNA の ITS 領域の塩基配列がトルコギキョウうどんこ病菌とオシロイバナうどんこ病菌とで完全に一致したといっても、必ずしも両者が同一の菌であることを示しているわけではない。そこで、オシロイバナうどんこ病菌がトルコギキョウうどんこ病菌の由来となり得るかどうかを検討するため、トルコギキョウ 120 品種にオシロイバナうどんこ病菌を接種した。その結果、120 品種のうち 81 品種で発病が認められ 77 品種で病斑上に分生子の形成が認められた (表-2)。接種によって発病した

表-1 トルコギキョウうどんこ病菌、およびオシロイバナうどんこ病菌を接種して発病した植物上の病原菌の諸形態

寄主植物 (品種)	トルコギキョウ (エクローサ ブルーフラッシュ)	オシロイバナ	トルコギキョウ (エクローサブルー)	トルコギキョウ (あすかの調)	トルコギキョウ (あずまの微笑)
採取年, 採取地	1999, 大分県三光村	2001, 大分県別府市	2001, 大分県別府市	2001, 大分県別府市	2001, 大分県別府市
菌の由来	自然発生	オシロイバナの菌接種	オシロイバナの菌接種	オシロイバナの菌接種	オシロイバナの菌接種
分生子					
長さ×幅 (μm)	33-52×13-20	33-49×14-20	32-50×13-19	31-52×12-19	31-47×13-19
(平均)	(44.0×17.4)	(42.4×16.5)	(41.4×15.8)	(41.6×15.2)	(40.2×15.9)
形状	長楕円形～樽型	長楕円形～樽型	長楕円形～樽型	長楕円形～樽型	長楕円形～樽型
形成様式	単生	単生	単生	単生	単生
フィブリン体	含まず	含まず	含まず	含まず	含まず
分生子柄					
細胞数	2-4	2-4	2-4	2-3	2-4
長さ	80-132 (98.4)	85-112 (100.0)	75-124 (101.4)	75-122 (99.5)	68-125 (96.9)
形状	直状	直状	直状	直状	直状
foot-cell					
長さ×幅 (μm)	32-60×6-10	31-56×7-11	38-55×7-10	32-66×6-10	30-70×7-10
(平均)	(44.7×7.9)	(41.0×8.4)	(45.8×8.8)	(46.1×8.6)	(46.4×8.7)
付着器	<i>E. polygoni</i> 型	<i>E. polygoni</i> 型	<i>E. polygoni</i> 型	<i>E. polygoni</i> 型	<i>E. polygoni</i> 型
閉子のう殻	未確認	未確認	未確認	未確認	未確認

表-2 オシロイバナうどんこ病菌のトルコギキョウ 120 品種に対する病原性 (2000~2001)

供試品種名 (50 音順)	発病	分生子 形成	供試品種名 (50 音順)	発病	分生子 形成
あすかの調	+	+	ソヨカゼ	+	+
あすかの新雪	+	+	ダイヤモンド	—	—
あずまの碧波	+	+	ダブルピンク	+	+
あずまの曙	+	+	つくしの薫	+	+
あずまの小春	+	+	つくしの波	+	+
あずまの調 2 号	+	+	つくしの羽衣	—	—
あずまの波	+	+	つくしの雪	+	+
あずまの微笑	+	+	ティファニーリボン	+	+
あやの桜	—	—	ネイルスター	—	—
あやの調	+	+	ネイルハート	—	—
あやの波	+	+	ネイルピーチネオ	—	—
あやの春	—	—	ネイルピンク	—	—
あやの雪	+	+	ネイルマリンネオ	—	—
アリスパープル	—	—	ネイルライトピンク	—	—
アリスピンク	+	+	パトラッシュ	—	—
アリスホワイト	+	+	はまの波	—	—
アロハオレンジ	+	+	ハムレット	—	—
アロハスノー	+	+	ピータークリーム	+	+
アロハスモールブライト	+	+	ピーターピーチ	—	—
アロハバイカラーピンク	—	—	ピーターブルーライン 2	+	+
アロハブルーライン	+	+	ピーターライラック	—	—
エースホワイト	+	+	ピーターラベンダー	+	+
エクセルクールピンク	+	+	ピッコロエロー	+	+
エクセルドルフィン	+	+	ピッコロパープル	—	—
エクセルホワイト	+	+	ピッコロピンク	+	+
エクローサグリーン	+	+	ピッコロピンクフラッシュ	+	+
エクローサピンク	+	+	ピッコロブルーピコティ	+	—
エクローサピンクフラッシュ	+	+	ピッコロブルーフラッシュ	+	+
エクローサブルー	+	+	ピッコロホワイト	+	+
エクローサブルーフラッシュ	+	+	プラチナキング	+	+
エクローサホワイト	+	+	プラチナバイオレット	+	+
カタリーナ	—	—	ブルーベル	+	+
キャンディイエロー	—	—	フローネグリーン	—	—
キャンディイエローダブル	—	—	フローネピンクフラッシュ	+	+
キャンディオーキッド	+	+	フローネブルーピコティ	+	+
キャンディドルフィン	—	—	ベガコーラル	—	—
キャンディピンク	+	+	ホワイトブーケ	+	+
キャンディホワイト	+	+	マイテスカイ	—	—
キャンディマリン	—	—	マイテバイオレット	+	+
キュートピンク	+	+	マイテホワイト	+	+
キュートピンクピコティ	+	+	マイテレディ	—	—
キュートブルーピコティ	—	—	マリオンローズピンク	—	—
キュートホワイト	+	+	ミッキーアイボリー	—	—
キングオブエロー	+	+	ミッキーバイカラーパープル	+	+
キングオブスノー	—	—	ミッキーピーチ	+	—
キングオブエローピンクフラッシュ	+	+	ミッキーピンク	+	+
クララ	—	—	ミッキーライラック	—	—
クリアピンク	—	—	ミッキーラベンダー	—	—
クリアマリン	—	—	ミッキーローズ	+	+
コメット	—	—	ミラマリン 2	+	+
サマーキング	+	+	メロウライム	+	+
サマークイーン	+	+	リップルクリアピンク	+	+
サマーバイカラーレッド	+	+	リップルクリアホワイト	+	—
サマーピーチ	+	+	リップルクリーム	+	—
サマーラベンダー	+	+	リネーションピンク	—	—
スーパープリマドンナ	+	+	リネーションブルー	—	—
セレモニーオレンジ	+	+	レッドベル	+	+
セレモニースノー	+	+	ロココホワイト	+	+
セレモニーピンク	+	+	ロココマリン	+	+
セレモニームーン	+	+	ロココラベンダー	—	—

オシロイバナとトルコギキョウのうどんこ病をオシロイバナ健全葉に試し接種した結果、いずれもオシロイバナに感染し病斑上に分生子を形成した。無接種区のオシロイバナとトルコギキョウは発病しなかった。

オシロイバナは、オシロイバナうどんこ病菌の接種によって明瞭な標徴を伴ったうどんこ病を発病した。一方トルコギキョウは発病した 81 品種のすべてで菌叢は薄く、現地圃場の‘エクローサブルーフラッシュ’に認められたような明瞭な標徴は形成されなかった。トルコギキョウでの発病は主として上位葉に認められ、わずかに花梗にも認められた。発病葉は変形し、病斑下の組織に黄化や褐変が見られるものもあった。病斑上に閉子のう殻は確認されなかった。発病したオシロイバナとトルコギキョウ‘エクローサブルー’、‘あすかの調’、‘あずまの微笑’上の病原菌の形態は、圃場で自然発生したトルコギキョウうどんこ病菌と一致した(表-1)。また、接種によって得られた菌叢から DNA を抽出し、rDNA ITS 領域の塩基配列を決定したところ、自然発生したトルコギキョウうどんこ病菌の塩基配列と一致した。

これらの結果から、オシロイバナうどんこ病菌はトルコギキョウうどんこ病の病原菌となり得ることが明らかとなった。オシロイバナうどんこ病のトルコギキョウに対する病原性は自然発生圃場のうどんこ病に比べて病原性が弱いようにも感じるが、トルコギキョウうどんこ病をトルコギキョウに接種しても菌叢は薄かったこと、現地圃場とは環境が異なることなどから、自然発生した病原菌とオシロイバナうどんこ病菌との間に病原性の違いがあるとは断言できない。

IV 病原菌の由来

近年花き類で話題となったうどんこ病といえば 1995 年に広島、福島(佐藤ら, 1996)、大分(森田・菊池, 1996)の各県で新発生したシュコンカスミソウ(*Gypsophila paniculata*)のうどんこ病があげられる。佐藤(1999)はこれを、「本宿主がナデシコ科というわが国では今までうどんこ病が発生していなかった科に属する植物であること」などの理由から「衝撃的であった」と述べ、突発的な発生要因が解明されることへ期待を込めていた。シュコンカスミソウうどんこ病菌の完全世代は我が国では確認されていないため、形態的な分類による病原菌の所属は判然とせず、平田の言う *Erysiphe polygoni* 型の *Oidium* sp. とされていた。しかし高松ら(2000)によって rDNA ITS 領域の塩基配列が明らかにされ、広島県と大分県で採取された病原菌の塩基配列はこれまでに解析されたどの日本産うどんこ病菌と

も異なるが、ヨーロッパや中東などでナデシコ科 *Gypsophila* 属植物に発生する *Erysiphe buhrii* とは完全に一致することが判明し、シュコンカスミソウうどんこ病菌はヨーロッパまたは中東から我が国に侵入した病原菌ではないかと考えられている。

トルコギキョウうどんこ病も、リンドウ科という我が国では今までうどんこ病が発生していない宿主に新発生した病害であり、病原菌の形態も平田の言う *Erysiphe polygoni* 型の *Oidium* sp. であったことからシュコンカスミソウうどんこ病のように短期間のうちに全国的な発生を見るようになるのではないかと心配された。しかし、リンドウ科 *Eustoma* 属の植物に *Oidium* 属 *Pseudoidium* 亜属によるうどんこ病が発生した事例は、世界的にも本例を除いていまだに知られておらず、この病原菌が海外から持ち込まれた可能性はほとんどないと考えられた。さらに、現地で発生したトルコギキョウうどんこ病では一部の病斑下に組織の褐変が認められたことなども考え合わせると、トルコギキョウはこの病原菌の本来の宿主ではないと推測された。一方オシロイバナうどんこ病は、我が国では野村(1964)により記載された病害で、九州でも普遍的に発生が認められている。トルコギキョウうどんこ病菌とオシロイバナうどんこ病菌の ITS 領域の塩基配列が完全に一致したこと、接種試験により多くの品種に発病したことなどから、トルコギキョウうどんこ病はオシロイバナうどんこ病菌に由来し、薬剤散布が控えられたことなど発病を助長する要因が重なった施設栽培という特殊な環境下で顕在化したのではないかと考えている。

おわりに

ウドンコカビ科(Erysiphaceae)の病原菌の大半は宿主特異性が高く、ごく限られた範囲の植物にしか寄生できないと考えられていた(SCHMITT, 1955)。しかし近年、植物の科レベルを越えて広い範囲の植物に寄生するうどんこ病菌の存在が明らかになってきた(佐藤, 1999)。オシロイバナうどんこ病菌もそのような病原菌の一つではないかと考えられている。*Oidium* 属 *Pseudoidium* 亜属によるトルコギキョウうどんこ病の発生事例は世界でも今回が初めてである。しかしオシロイバナうどんこ病は普遍的に発生しているので、それらが感染源となり今後突発的にトルコギキョウうどんこ病が発生する危険性があるので注意が必要である。少なくとも栽培施設内にオシロイバナを植えることは避けるべきと考えられる。

なお、付け加えると、1999 年に鹿児島県で新発生し

たソラマメうどんこ病菌(大司ら, 2000)も, ITS領域の解析でオシロイバナうどんこ病菌と100%の相同性が確認され, オシロイバナうどんこ病菌を接種すると感染することが筆者らによって確認されている。それらの結果の詳細は, JGPP に投稿中である。

今後, もしトルコギキョウうどんこ病が発生した場合, 遺伝子解析はもちろんであるが, トルコギキョウに対してだけではなくオシロイバナやソラマメに対する病原性も検討されることが望まれる。

引用文献

- 1) AMANO, K. (1986): Host range and geographical distribution of the powdery mildew fungi, Japan sci. Soc. Press, Tokyo, 741 pp.
- 2) COOK, R. T. A. et al. (1997): Mycol. Res. 101: 675~1002.
- 3) 平田幸治 (1955): 新大農学報 7: 24~36.
- 4) KOIKE, S. T. et al. (1995): Plant Dis. 79: 426.
- 5) 森田鈴美・菊池徳宏 (1996): 九州病虫研報 42: 48~54.
- 6) NOMURA, Y. (1964): 日菌報 7: 346~349.
- 7) 岡本 潤 (1999): 日植病報 65: 643 (講要).
- 8) 佐藤 衛ら (1996): 同上 62: 226 (講要).
- 9) 佐藤幸生 (1999): 植物防疫 53(5): 185~194.
- 10) SCHMITT, J. A. (1955): Mycologia 47: 688~701.
- 11) 大司さえきら (2000): 日植病報 66: 255 (講要).
- 12) 高松 進ら (2000): 同上 66: 101~102 (講要).

学 界 だ よ り

●平成 14 年度植物感染生理談話会のご案内

■テーマ: 植物-微生物相互作用研究の現状と将来展望

■日 程: 平成 14 年 8 月 7 日(水)~9 日(金)

■場 所: 「ホテル大山」鳥取県西伯郡大山町大山 36-3

■プログラム

7 日(水)開会の辞 14:00~

I ウイルス病

14:10~ジーンサイレンシングとウイルス

西口正通氏 (愛媛大学農学部)

14:50~Movement protein 発現植物のウイルス特異的抵抗性とそのメカニズム

吉川信幸氏 (岩手大学農学部)

15:50~Benyvirus の宿主適応と病徴出現の分子機構

玉田哲男氏 (岡山大学資源生物研)

16:30~植物ウイルス学の現状と将来展望

奥野哲郎氏 (京都大学大学院)

II 特別講演

17:40~癌と老化の接点

押村光雄氏 (鳥取大学医学部)

19:00~懇親会

8 日(木) III 菌類病

9:00~ウリ類炭疽病菌の病原性機構の研究

高野義孝氏 (京都大学大学院)

9:40~リング斑点落葉病感受性因子の解析

田平弘基氏 (鳥取県園芸試)

10:40~高等植物における病害抵抗性シグナル伝達と病原菌による制御

豊田和弘氏 (岡山大学農学部)

11:20~菌類病研究の現状と将来展望

道家紀志氏 (名古屋大学大学院)

13:30~ポスター展示ならびにエクスカーション

19:30~ポスター説明および討論

9 日(金) IV 細菌病

9:00~イネ白葉枯病菌のゲノム解析

落合弘和氏 (農業生物資源研究所)

9:40~ファイトプラズマの植物と昆虫における生存戦略

佐藤 守氏 (農業生物資源研究所)

10:40~細菌病研究の現状と将来展望

露無慎二氏 (静岡大学農学部)

11:30~総合討論

12:00~閉会

■参加申し込みと費用・宿泊

6月10日までにE-mailまたはFaxで事務局まで住所・指名を連絡のこと。詳しい「ご案内」と振込用紙をお送りします。参加費2,500円, 講演要旨2,500円で参加者全員の宿泊と懇親会参加とし, 1泊3食付き11,000円程度を予定。120名程度収容可能。

■交通

米子空港からJR「米子駅」(バス約30分), JR「米子駅」から大山寺(バス約50分, この間は送迎バスを準備する予定), 大山寺バス停より徒歩5分

■申し込み先

鳥取大学農学部植物病理学研究室(平成14年度植物感染生理談話会事務局) TEL (0857) 31-5364, FAX (0857) 31-5356, E-mail: mk@muses.tottori-u.ac.jp

発 行

日本植物防疫協会

作物病原菌研究技法の基礎

〈分離・培養・接種〉 大畑 貫一 他編

B5判 342頁 定価8,360円(本体7,962円+税) 送料340円

植物病理学の実験では病気の生態を熟知し, 対象となる病気を思うように発病させることが重要です。本書は病原菌の分離・培養・保存・接種・発病調査法および薬剤の効果検定法を, 第一線で活躍されている方々に執筆していただいた実験の手引書です。

ご購入は, 直接本会「出版情報グループ」に申し込むか, お近くの書店でお取り寄せ下さい

(株)日本植物防疫協会 〒170-8484 東京都豊島区駒込1-43-11 Tel (03) 3944-1561 Fax (03) 3944-2103