

うどんこ病菌の薬剤耐性機構と遺伝子診断

独立行政法人農業環境技術研究所 石井英夫

はじめに

花、野菜類、緑化樹木のうどんこ病菌のうち、我が国で発生が報告されている薬剤耐性菌には、ウリ類うどんこ病菌のベンゾイミダゾール耐性菌 (OHTSUKA et al., 1991) やステロール脱メチル化阻害剤 (DMI 剤) 耐性菌 (OHTSUKA et al., 1988; 竹内・村田, 1988), イチゴうどんこ病菌の DMI 剤耐性菌 (中野ら, 1992) などがある。この他、果樹では既に報告のあるカキうどんこ病菌 (松本, 1981) のほか、ナシうどんこ病でベンゾイミダゾール系薬剤の効力低下が各地で指摘され、耐性菌が存在する可能性が濃厚である。また海外では、ブドウうどんこ病で DMI 剤耐性菌 (STEVA and CLERJEAU, 1990) の報告もある。

うどんこ病菌は一般に孢子形成量が多く、しかも世代交代に要する時間も短いことから、耐性菌発達のリスクが高い病原菌といえるが、薬剤耐性の分子遺伝学的な機構が明らかになっているものは比較的少ない。しかし、うどんこ病菌はべと病菌などとともに、人工培養のできない純寄生菌 (絶対寄生菌) であることから、薬剤耐性機構の解明に基づく耐性菌の遺伝子診断が最も威力を発揮する場面と考えられる。

ここでは、筆者らが最近取り組んでいる、ウリ類うどんこ病菌のストロビルリン系薬剤耐性菌を中心に、耐性機構と遺伝子診断の実例を紹介する。なお、耐性菌発生の経過や遺伝子診断全般については既に報告がある (天野, 2000; 石井, 2000; ISHII, 2002; 石井, 2002 a) ので、それらもあわせて参照願いたい。

I ストロビルリン系薬剤の作用機構と交差耐性

そもそもストロビルリン系薬剤の作用点は、菌のミトコンドリア内膜に存在するチトクローム *bc₁* (複合体 III) であるとされ、薬剤がこのタンパク質に鍵と鍵穴のように結合する結果、ミトコンドリアにおける電子伝達、ひいては菌の呼吸が阻害される (SAUTER et al., 1995)。

Mechanism of Fungicide Resistance in Powdery Mildew and Gene Diagnosis of Resistance. By Hideo ISHII

(キーワード: ストロビルリン系薬剤, ステロール脱メチル化阻害剤, チトクローム *b*, ミトコンドリア DNA, PCR)

ストロビルリン系薬剤はアゾキシストロビン (商品名: アミスター) やクレソキシムメチル (同: ストロビー) に代表されるが、これらの薬剤に対する耐性菌は、最近農業登録された同系統の薬剤、トリフロキシストロビン (同: フリント) にも交差耐性を示す。また、シモキサニルとの混合剤 (商品名: ホライズン) に含まれるファモキサドンは、化学構造の基本骨格は異なるものの、ストロビルリン系薬剤と同様、チトクローム *b* の Qo 部位に作用点をもつことから、最近はこれらをまとめて QoIs (Quinone outside inhibitors) と呼ぶようになってきている。国の内外で今後も新たな QoIs の開発が見込まれるため、この交差耐性の問題を植物防疫関係者は十分認識しておく必要がある。

II うどんこ病菌の薬剤耐性機構

1 ストロビルリン系薬剤耐性

キュウリなどウリ類のうどんこ病菌のストロビルリン系薬剤耐性菌では、コムギうどんこ病菌 (SIEROTZKI et al., 2000) やキュウリべと病菌 (ISHII et al., 2001) などの耐性菌と同様、薬剤作用点の変異が耐性に密接に関係すると考えられる (HEANEY et al., 2000; ISHII et al., 2001)。過去にベンゾイミダゾール系薬剤耐性菌の多くで経験したように、普及後間もない薬剤に対して速やかに耐性菌が出現した場合、耐性機構として薬剤作用点の変異をまず疑ってみるのが、いわば常識である。これはストロビルリン系薬剤耐性菌の場合にも当てはまる。すなわちキュウリのうどんこ病菌やべと病菌で、チトクローム *b* 遺伝子の塩基配列を解析した結果、耐性菌からは点突然変異が見つかり、それによってコドン 143 のアミノ酸がグリシンからアラニンに置き換わっていると推定された (図-1)。この変異部位はちょうど、薬剤の結合にとって重要とされる箇所でもあることから、このアミノ酸置換によって、チトクローム *b* の薬剤に対する結合親和性が低下しているものと思われる。

ただし、うどんこ病菌の耐性菌の中には、この変異が見られない菌株も一部に存在するようなので、それらでは作用点変異以外の機構が関係している可能性がある。また、これまで我が国で見つかっている耐性菌のほとんどは、ストロビルリン系薬剤を実用濃度で散布しても全く効果が見られないような、高いレベルの耐性をもって