

これまでの青枯病抵抗性育種の取り組み

長崎県農林技術開発センター 農産園芸研究部門
花き・生物工学研究室 主任研究員

はべ いっぺい
波部 一平

1. 青枯病による病害の特徴

青枯病は、植物病原性の *Ralstonia* 属細菌による土壌病害である。青枯病は、ナス科を中心として200種以上に感染報告があり、日本のみならず世界中で被害が問題となっている。特に、トマトやバレイショ、ナス等の経済的にも大きな品目で重要病害となっており、植物病原細菌において、経済的・学術的にも2番目に重要とされている。青枯病は、一般的に高温で発病が促進されるので、気候変動による温暖化により今後も被害の増加が予測されている。

青枯病は、土壌内の宿主の根の傷口や皮層より侵入して細胞間隙でコロニー化し、次いで木部組織へと移動して、植物体内を拡散していく。そして、菌体そのものや、粘質性多糖類および各種酵素等の病原性関連因子が要因となり、導管部が閉塞して通水能力の低下が生じて、急速な萎凋症状を示すとされる。図1の様に、植物体が青々した状態から急速に枯れていく。さらに、病徴が進むと茎の地際部に褐変もしくは黒褐変がみられる。また、塊茎にも感染し、基部や芽の周辺では褐変して腐敗がみられ、病徴の進展が激しい場合は、塊茎のほとんどが腐敗して消失する場合もある。そのため、発病してしまうと、収量に大きな影響を与え

る。加えて、感染した種いも塊茎を通して、その他の圃場に汚染が広がる危険性もある。

国内のバレイショ栽培において青枯病は、戦後の1950年頃に北海道で多発し、その後に、長崎県を含めた九州における西南暖地や沖縄で多発が確認されている。青枯病は高温で増殖が旺盛になるため、温暖な地域で多発しやすいと考えられるが、海外では冷涼な地域でも多発が報告されている。国内の青枯病菌の病原性について、24℃と28℃の2つの温度条件でバレイショへの病原力を筆者が評価したところ、一部の菌株は24℃で病原力がより向上することが確認された。そのため、北海道やそれ以外の比較的冷涼な地域でも青枯病が多発する可能性



図1 青枯病に罹病したバレイショ

があるので注意が必要であると考えられる。

2. 青枯病の防除対策

青枯病は典型的な土壌伝染性の病害であり、一度汚染された土壌から病原菌を完全に除去することは困難である。本病に対する防除法としては、これまでに輪作、間作、化学農薬による土壌消毒等が利用されてきており、抗菌植物の雑草を用いる方法や拮抗微生物を利用した生物防除の利用も試みられている。また、糖含有珪藻土を用いた土壌還元消毒法が新たに確立され、クロルピクリン等の化学農薬よりも圃場の深層に効果が期待できるとされる。しかしながら、それらの方法もバレイショにおける青枯病の発生を安定的に抑えることはむずかしい。一方、トマトやナスでは、新しい防除法として抵抗性台木を利用した高接ぎ法が確立され、土壌消毒法と組み合わせて生産現場で利用されている。しかし、バレイショの場合は、台木を利用することはできないため、抵抗性品種の利用が低コストであり、最も有効であると考えられる。

3. 海外の青枯病抵抗性育種

20世紀の初めに、青枯病に耐病性を持つバレイショ近縁種が確認され、その後青枯病抵抗性の個体の探索が行われてきている。しかし、今まで青枯病に対して完全な抵抗性を持つバレイショ個体は確認されておらず、他のナス科植物であるトマトやナスにおいてもその様な個体の報告はない。また、青枯病抵抗性は、複数の遺伝子により影響を受ける形質であり、ジャガイモシストセンチュウ抵抗性の様な一個の遺伝子による支配ではない。この様な複数の遺伝

子が影響を与える場合は、抵抗性遺伝子を集積させることで、抵抗性の向上が期待できる。しかし、バレイショの栽培品種は4倍体が主であるので、複数の抵抗性遺伝子を集積させて行っていく育種は難しい面がある。

海外でのバレイショの青枯病抵抗性育種は、1970年頃から国際ばれいしょセンター（以下CIP）で势力的に行われてきた。加えて、ウルグアイ、ブラジル、米国等でも抵抗性育種が試みられてきた。バレイショにおいて、栽培種でも青枯病に対して一定の抵抗性を示す品種系統はあるが、多発している圃場や発病条件が整ってしまうと被害が拡大してしまうので、より強度の抵抗性を持つ品種育成が進められてきた。青枯病抵抗性育種の主な方法は、近縁種の抵抗性系統を栽培種に導入するものである。青枯病抵抗性の育種において世界的に利用されている主な近縁種としては、*Solanum phureja*、*S. commersonii*、*S. chacoense*がある。これら近縁種を栽培種に導入する際には、普通交配に加えて細胞融合も利用されている。また、近年では、ウルグアイの研究チームが遺伝子組換え技術により、シロイヌナズナのelongation factor-Tu (EF-Tu) receptor 遺伝子をバレイショの商業品種に導入することで、高い抵抗性を持つ個体を育成している。この遺伝子は、細菌の植物体内への侵入を感知する機能があるとされ、トマトにおいても遺伝子組換え技術でこの遺伝子を導入することで青枯病抵抗性の向上が確認されている。

CIPでは、普通交配による育種が行われてきた。育種を開始した当初は*S. phureja*を利用して育種を進めていたが、高温環境

下で抵抗性が弱まる等、不安定なところがあった。そこで、その他の青枯病抵抗性が確認された近縁種 *S. chacoense*、*S. raphanifolium*、*S. microdontum* 等も用いて抵抗性遺伝子を集積させることで、より安定した抵抗性を示す系統を育成した。しかし、青枯病に対して完全に抵抗性を示す個体は育成できていない。

4. 国内の青枯病抵抗性育種

国内での青枯病抵抗性育種は長崎県が主体となって行っており、普通交配で育種を行ってきた。青枯病抵抗性の品種としては「農林1号」（1943年に品種登録）が有名である。長崎県では、春と秋の二期作が主体であるため、二期作を行う上では休眠が長い「農林1号」を改良して、より休眠期間が短く二期作に適合できる様な品種を育成してきた。その中で、1955年に登録した「ウンゼン」、「タチバナ」等の一定程度の抵抗性を持つ品種を育成した。また、長崎県を含めた西南暖地での主要な品種品種である「ニシユタカ」も「農林1号」、「タチバナ」の後代であり、中程度の青枯病抵抗性を持つ。しかし、これら品種でも、青枯病の多発圃場等では発病を抑制することが難しく、さらなる高い抵抗性を持つ品種の育成が必要であった。

5. 青枯病高度抵抗性品種「ながさき黄金」の育成

より高い抵抗性を示す品種育成には、「農林1号」由来の抵抗性に加えて、これまで利用されていない由来の抵抗性を栽培種に導入しようと考えた。そこで、北海道農業研究センターで育成された二倍体の「イン

カのめざめ」を青枯病抵抗性育種に利用した。「インカのめざめ」は、橙黄色の肉色を持ち、カロテノイド含量が高く、風味に優れている品種であるが、青枯病抵抗性も圃場検定において高いことが確認されていた。「インカのめざめ」は *S. phureja* の系統を交配に用いて育成された品種であり、青枯病抵抗性を示すのは *S. phureja* 由来の抵抗性を受け継いでいるからであると考えられた。そのため、これまでと異なる *S. phureja* 由来の抵抗性を新たに導入・集積させることでより高い抵抗性品種を育成できるのではないかと考えた。しかし、「インカのめざめ」は二倍体であり、通常の栽培品種は四倍体であるため、直接交配に利用できなかった。そこで、「インカのめざめ」の染色体を倍加させた四倍体の系統を育成し、「サクラフブキ」と交配して、「西海35号」という系統を育成した。「西海35号」は高い青枯病抵抗性を圃場検定で示しており、この系統と「農林1号」の由来で一定程度の青枯病抵抗性を示す「西海33号」を交配して育成したのが「ながさき黄金」である（図2）。「ながさき黄金」は、図3に示す様に、「農林1号」と比較しても高い抵抗性を示しており、圃場検定においてバレイショ品種の中で最も高い青枯病抵抗性を示す。現地圃場においても、安定した抵抗性が確認されている。

6. 今後の青枯病抵抗性育種

青枯病抵抗性の評価・選抜は、これまで圃場検定で行ってきた。圃場検定では、環境条件によって結果にばらつきが出るため、正確な抵抗性程度を明らかにするためには、3回以上は行う必要がある。しかし、

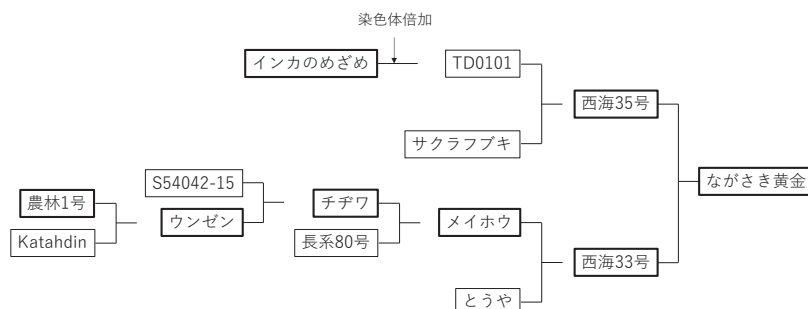


図2 「ながさき黄金」の育成系譜

太線の品種系統は、圃場検定において一定程度以上の青枯病抵抗性を確認

*「TD0101」については、圃場検定での青枯病抵抗性は未評価

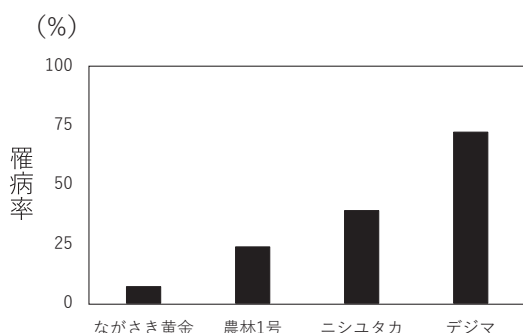


図3 青枯病抵抗性圃場検定における各品種の罹病率
Sakamoto et al. (2017) のデータを基に作成
2006年から2014年の9年間の検定結果を平均して算出

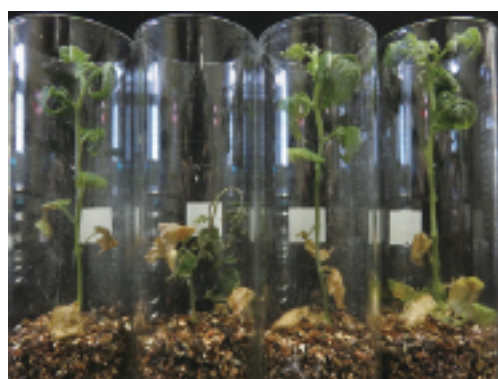


図4 開発した試験管内で評価できる青枯病抵抗性室内検定法

圃場検定は秋作の年に1回しか行うことができず、効率的な抵抗性育種を進める上で、抵抗性評価の効率化・高精度化が課題となっていた。そこで、室内でいつでも検定ができる評価法を開発した(図4)。これは、試験管の中で培養植物体を育成して、青枯病菌を接種して評価するものである。この方法は、環境条件を一定に保つことが可能であるため、再現性が高く試験結果も圃場検定と比較して安定している。加えて、試験管内で評価可能なため、圃場検定と比較して多くの個体を供試できる。現在、この室内評価法を利用して、さらに効率的に抵抗性個体を選抜できるDNAマーカーの開発に取り組んでいる。

一方、抵抗性素材については、「ながさき黄金」が十分な圃場抵抗性を示しているものの、青枯病菌の一部の菌株には罹病性である可能性が指摘されている。そのため、新たな由来の抵抗性遺伝子と「ながさき黄金」由来の遺伝子を集積させる必要がある。このため、上記の室内評価法を用いて、新たな抵抗性育種素材の探索を行っており、その結果、強度の抵抗性素材も見つかりきている。今後は、強度の抵抗性素材も交配に用いることで、さらに安定した抵抗性を示す品種育成を行っていく予定である。

引用文献

- (1) Sakamoto Y. et al. (2017) Breeding Science, 67: 320-326.