

連載 病虫害抵抗性付与の品種開発 シリーズ(4)

いも類・甘味資源作物における病虫害抵抗性育種の現状と展望

農研機構 作物研究所 畑作研究領域

羽鹿 牧太 (はじか まきた)

はじめに

前号までに、稲麦大豆の病虫害抵抗性育種について紹介したので、今号ではその他の主要畑作物の病虫害抵抗性育種の現状と今後の展望を紹介する。

いも類や甘味資源作物の抵抗性育種は、研究者数が少ないことに加え遺伝様式が複雑なこともあり、稲麦大豆に比べてやや遅れている。しかし長年の研究蓄積によって様々な病虫害に対する抵抗性品種は着実に育成されてきており、さらにゲノム情報の利用が容易となってきたことから、今後は飛躍的な進展が期待される。

I バレイショの病虫害抵抗性育種の現状と課題

バレイショの病虫害には、海外で猛威をふるったジャガイモ疫病、近年被害を拡大させているジャガイモシストセンチュウなどに加えて、新たに発生する病虫害も多く、最近でも塊茎褐色輪紋病、紅色斑点病等が発生している。また重要病害の多くが種いもを通じて感染するので、病害の発生が種いもの生産に大きく影響するまでになっている。

バレイショでは近年 DNA マーカーの開発が急速に進み、抵抗性育種のツールとして広く利用されるようになっており、今後は様々な病虫害に対する抵抗性を複合的に有する品種の開発が進むと期待される。

1 そうか病

いもの表面にかさぶた状の病斑ができるため、外観品質が低下する。このためでん粉原料用ではそれほど問題とならないが、生食用や業務加工用では大きな問題となり、被害いもは商品価値が大きく下がる。防除は種いもの消毒の徹底や土壌 pH の改良(酸性化)による対応がなされているが、十分ではない。近年抵抗性品種の育成が進み、寒地向けでは‘スノーマーチ’、暖地向けでは‘さんじゅう丸’等が育成されているので、種いもの殺菌剤粉衣などと組み合わせることでより高い防除効果が期待される。

る。

2 ジャガイモシストセンチュウ

1970年代に侵入が確認された害虫で、根に寄生して養分を吸収することでバレイショの生育を極端に抑制し、大幅減収となる。雌成虫は成熟すると卵を抱えたままシスト(包のう)とよばれる殻状となり、このシストの中で卵が長期間生存するため、完全防除は極めて困難で、抵抗性品種の育成がほぼ唯一の有効な対策となっている。

シストセンチュウ抵抗性品種として、これまでに抵抗性遺伝子(Hi)を付与した‘さやか’‘きたひめ’‘アーリースターチ’等が育成されており、これらの抵抗性品種を栽培することでセンチュウ密度を大幅に減らすことも可能である。また抵抗性遺伝子関連 DNA マーカーが開発されて、最近育成される品種はほぼすべてがシストセンチュウ抵抗性を付与されるようになってきている。

一方海外では Hi 遺伝子を打破するシストセンチュウのパソタイプが拡大しており、国内への侵入が懸念されている。

3 ジャガイモ疫病

ジャガイモ疫病は冷涼多湿な条件で多発し、水浸状の病斑が拡大して葉が黒変し、次第に植物体全体にまん延して茎葉を急速に枯らす病気で(図-1)、世界的に重要



図-1 ジャガイモ疫病の被害状況
北海道農業研究センター 田宮誠司氏提供

なバレイシヨの病害となっている。耕種的には無病いもの植え付け、薬剤散布などが行われているが、いったん発生すると防除は困難でコストもかかるため、抵抗性品種への期待は大きい。

これまでに真性抵抗性を持つ品種も育成されたが、疫病菌のレース変化により抵抗性が打破されて効果が見られなくなっている。このため、圃場抵抗性品種の育成が進められ、‘さやあかね’‘花標津’‘キタムサシ’等が育成されている。

4 ジャガイモYウイルス

ジャガイモYウイルスの病徴としては、葉脈間の黄化、縮葉、えそ症状、モザイク葉、塊茎えそ等がある。従来は普通系統(PVYO)とタバコ葉脈えそ系統(PVYN(旧PVY-T))の2系統が知られていたが、近年はジャガイモ塊茎えそ病を引き起こす塊茎えそ系統(PVYNTN)の割合が高い。防除は媒介虫のアブラムシの防除や無病いもの植え付けなどの耕種の対策が行われているほか、でん粉原料用では‘コナフブキ’‘サクラフブキ’等の抵抗性品種が育成されており近年の被害は減少している。生食用ではまだ抵抗性品種が普及していないが、選抜に有効なDNAマーカーの開発も行われており、今後は多くの抵抗性品種が育成されると期待されている。

5 その他の病虫害抵抗性育種

上記のほかバレイシヨの病害には粉状そうか病、青枯病、黒あし病、黒あざ病等が知られている。粉状そうか病抵抗性品種には‘ユキラシャ’‘紅丸’‘サクラフブキ’等、青枯病に中程度の抵抗性を持つ‘さんじゅまる’などが育成されているが、発生が局所的な黒あし病などは抵抗性育種が未着手となっている。

II カンシヨの病虫害抵抗性育種の現状と課題

カンシヨで最も重要な病虫害はサツマイモネコブセンチュウ、立枯病、つる割病、黒斑病である。また南西諸島ではアリモドキゾウムシやイモゾウムシ等の防除が困難な虫害も発生し、本土への侵入が警戒されている。

青果用カンシヨは高収益が見込まれるため、抵抗性に関係なく商品価値の高い品種が作付けられる傾向にあり、病虫害対策としてクロールピクリンなどの土壌燻蒸剤が多用されて連作が常態化している。薬剤の多用はコスト高につながるだけでなく、環境に与える影響なども心配されていることから、病虫害抵抗性育種への期待は大きい。

しかしカンシヨは同質6倍体で自家不和合性を示すため、遺伝学的な研究が遅れており、抵抗性育種は抵抗性

検定による選抜が主体となっている。このため複数の病虫害への複合抵抗性を付与することは困難となっているが、最近になってゲノム解読の動きが始まっており、今後はゲノム情報を利用したマーカー育種も取り入れられていくものと思われる。

1 サツマイモネコブセンチュウ

サツマイモネコブセンチュウ (*Meloidogyne incognita*) は根に寄生し、密度が高くなるとコブ状のゴールを形成する。養分をセンチュウに吸収されるため生育が劣り、また寄生されたいもは細根基部のいわゆる芽の部分を中心に肥大不良となって奇形化するとともに表面が黒化して商品価値が損なわれる(図-2)。ネコブセンチュウ防除には薬剤散布のほか、パスツアリアのような生物農薬が開発されているが、薬剤散布は青果用を除けばコスト面の課題が大きく、生物農薬は効果が出るまで数年以上かかることなどから、いずれも決め手となっていない。

これまでにネコブセンチュウ抵抗性品種として‘あいこまち’‘ほしこがね’‘コガネマサリ’などが育成されている。青果用の‘べにはるか’は良食味に加えて、これまでの主力品種‘ベニアズマ’や‘高系14号’に比べて抵抗性に優れることもあって、全国で作付けを延ばしている。

センチュウ類ではほかにいもの裂開、くびれ、病斑による外観品質の低下を引き起こすミナミネグサレセンチュウが問題となるが、ネコブセンチュウに比べて被害が目立たないため、最近の品種では‘コガネマサリ’‘ダイチノユメ’等少数の品種に抵抗性が付与されている程度である。



図-2 サツマイモネコブセンチュウの被害
九州沖縄農業研究センター 高畑康浩氏提供。

2 サツマイモつる割病

Fusarium oxysporum に起因する土壌伝染性の病害で、植え付け直後の活着期から、葉の黄化や茎の褐変が目立ち始め、茎の伸長遅延、茎の裂け目の発生等の症状が生じて枯死する(図-3)。連作を避ける種いもを経由して苗でも伝染することから、無菌いもを使うか苗床の土壌消毒や苗消毒が有効な対策となる。

関東では感受性の‘ベニコマチ’の普及に伴って発生域が拡大したことが知られている。‘ベニコマチ’に代って中程度の抵抗性品種‘ベニアズマ’の育成・普及に伴って被害は少なくなったが、近年再拡大の傾向が指摘されている。最近になって‘ひめあやか’‘ほしこがね’などの抵抗性品種が育成されており、耕種的防除と組合せることで効果的な抑制ができると期待される。なおカンショの作付け域の拡大に伴って、平成24年には北海道でも発生が確認されている。

3 サツマイモ立枯病

Streptomyces ipomoea に起因する土壌伝染性の病害で、高温・乾燥・高pH等の条件下で多発し、植え付け後2週間くらいで苗がしおれて枯れていく。個体がかなり成長してからも罹病し枯死させることもあり、枯死に至らないでもいもに黒色円形の病斑を生じて商品価値が低下する(図-4)。関東の主力品種‘ベニアズマ’は相対的に立枯病害に強いことが普及を助けたと言われており、立枯病害抵抗性の重要性は高い。

これまで抵抗性育種が試みられているが、簡易な抵抗性検定手法がなく、多発地に設けた現地圃場での複数年の評価を総合して評価することが判定手段となっている。しかし圃場内の発病は均一ではなく確実な抵抗性判定には多年月を要する場合があり、育成当初は抵抗性と判断された品種が普及段階で感受性であることが判明した例もある。またRapid マーカーも開発されたが精度が低く利用されていない。

近年育成された青果用の‘べにはるか’‘ひめあやか’は育成段階では「やや強」の評価となっているが、真性抵抗性ではないため耕種的防除の併用が必要である。最近遺伝資源の中から‘ベニアズマ’よりも抵抗性程度が高い‘90IDN-47’が見いだされており、より強い抵抗性品種の育成が期待されている(蔵之内ら, 2014)。

4 黒斑病

黒斑病(*Ceratocystis fimbriata*)は感染したいもが貯蔵中に黒い病斑を生じて腐敗の原因となる病害で、圃場では植え付け後に下葉が黄化・落葉して枯死することもある。種いもを通じた苗からや土壌感染により被害が拡大するので、発病した場合は種いもや苗の消毒を徹底



図-3 サツマイモつる割れ病の茎被害
作物研究所 片山健二氏提供。

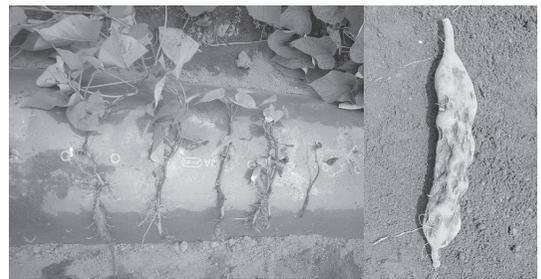


図-4 サツマイモ立枯れ病と被害塊根
九州沖縄農業研究センター 高畑康浩氏提供。

し、苗床は消毒して使用するとともに、罹病いもは圃場に回らず焼却処分することが有効である。抵抗性品種としては‘コガネマサリ’‘タムユタカ’等が知られ、近年育成された‘あいこまち’も抵抗性強である。

5 その他の病虫害抵抗性育種

このほかにカンショでは帯状粗皮症、紫紋疫病、黒あざ病等が知られているが積極的な抵抗性育種には至っていない。南西諸島ではアリモドキゾウムシ、イモゾウムシが大きな問題となっており、沖縄県からのいも類の移動が禁止されているが、近年イモゾウムシの抵抗性に品種間差があることが明らかになりつつある。

III サトウキビの病虫害抵抗性育種の現状と課題

サトウキビは高次倍数性の植物で総染色体数は100本以上と多く、系統だった耐病虫害育種が困難な作物の一つである。主な病虫害は黒穂病、さび病、モザイク病、葉焼け病、カンシャクシコメツキ、イネヨトウ等のメイチュウ類などである。

1 黒穂病

黒穂病菌(*Ustilago scitaminea*)の感染により、茎頂部から鞭状物と呼ばれる黒褐色の長い孢子堆の集塊を抽

出する(図-5)。発病茎は製糖原料に利用できず、最終的に枯死し、欠株の大きな原因となる。株出し圃場で多く見られ、梅雨時期にピークとなる。苗の薬剤浸漬処理による種苗消毒のほか、罹病株の抜き取りが有効であるが、‘NiF8’を始め広く栽培されている品種や近年育成された品種の多くは抵抗性を備えている。

近年黒穂病抵抗性遺伝子に関連する DNA マーカーの開発も行われており、今後抵抗性系統の選抜効率の向上が期待される。

2 さび病

Puccinia 属の2種の病原菌が知られ、病菌により病徴はやや異なるが、いずれも葉裏に孢子堆が生じて孢子を放出してまん延する。抵抗性が中の‘Ni27’の作付けが多い宮古島では特に大きな問題となるが、‘NiF8’‘Ni22’‘Ni23’‘KN00-114’等の抵抗性品種も多く育成されており、抵抗性品種の作付けで回避できる。なお、近年ガンマー線やイオンビーム照射による突然変異でサトウキビのさび病抵抗性系統の作出も行われている。

3 葉焼け病

葉焼病菌 (*Stagonospora sacchari*) の感染により葉に黄色の小斑点が多数生じ、次第に病斑が褐色に変じて、葉が枯死する。降雨が多い年に多発し、罹病葉・茎が感染源となって被害が拡大する。被害個体の持ち出しなどの耕種的防除も行われるが、‘NiF8’‘Ni22’‘Ni27’等主要な品種は抵抗性を備えていることから抵抗性品種の作付けが最も効果的な対策である。

4 モザイク病

アブラムシを媒介虫とするウイルス性病害であり、展開中～直後の若い葉に緑色の葉に黄色～淡黄色のモザイク症状を呈する。罹病株からの伝搬のほかメヒシバ等イ

ネ科雑草を介して伝染する。新植の場合は健全株を植え付けるなどの耕種的防除のほか、‘NiF8’‘Ni23’等の抵抗性品種を選択する。

5 その他の病虫害抵抗性育種

このほかの病害では梢頭部腐敗病、白条病 葉片赤斑病などがあり、抵抗性品種も育成されている。成長点の加害による心枯れなどの被害をもたらすカンシャシクイハマキガやイネヨトウ等のメイチュウ類に対する抵抗性には品種間差があるが、防除不要なほど強力なものではないことから積極的な抵抗性育種は取り組まれておらず、合成フェロモントラップによる捕殺などの防除で対応している。

近年わい化病の罹病率が高いことが報告され、わい化病が潜在的に大きな被害を与えている可能性も指摘されている(出花・与那覇, 2013)。

なお最も広く栽培されている‘NiF8’が主要病害を含めた多くの病害に対して抵抗性を備えていることは、病虫害抵抗性がサトウキビの広域適応性に不可欠であることを示唆しているようで興味深い。

IV テンサイの病虫害抵抗性育種の現状と課題

テンサイの実用品種開発は、海外の民間種苗会社が主導しており、一部の病害抵抗性素材などの開発を米国農務省 (USDA) が実施している。国内の主産地の北海道は、海外と比べて生育期間が短いため、育苗した苗を用いた移植栽培が主たる栽培方法である。さらに、夏季が高温・多湿で、海外より厳しい栽培環境であるため、発生する病虫害もやや異なり、独自の抵抗性育種が行われてきている。

主な病害は、褐斑病、そう根病、黒根病、根腐病で、黒根病以外の3病害は世界共通の重要病害であり、黒根病は高温・多湿な日本における特徴的な病害である。一方、海外で問題となる直播栽培での苗立枯病や急速に被害が拡大しているテンサイストセンチユウは現在のところ問題となっていない。抵抗性品種の開発においては、病害抵抗性などの選抜の効率化を図るために DNA マーカーの開発も同時に行われており、いくつかの病害に複合的な抵抗性を備えた品種の育成が進められている。

1 褐斑病

糸状菌 (*Cercospora beticola*) による葉の病害で、テンサイ栽培地帯では必ず発生する最重要病害である(図-6)。初期は葉に細かい褐色の斑点が生じ、次第に病斑が拡大・融合して大型病斑を形成する。病徴が激しい場合は葉全体が枯れて著しい収量低下を招く。



図-5 黒穂病に罹病したサトウキビ
九州沖縄農業研究センター 田中穰氏提供.



図-6 テンサイ褐斑病抵抗性の品種間差
北海道農業研究センター 岡崎和之氏提供.

本病は、連作を避け、計画的な薬剤散布で発生を抑えることが可能とされているが、長雨などで防除適期を逸すると大規模に発生し莫大な被害をもたらす。そのため、‘リボルタ’、‘北海 101 号’等の抵抗性品種を併用することが安定栽培には有効である。近年、褐斑病抵抗性に関連する遺伝的解析が行われ、DNA マーカーによる選抜も可能となってきており、今後、抵抗性育種の加速化が期待される。

2 そう根病

土壌伝染性のウイルス (Beet necrotic yellow vein virus) によって引き起こされる最重要病害の一つで、細根が異常増殖し、軽度の被害でも糖分が著しく低下し、激発時には根部維管束が褐変して枯死に至る。ウイルスを媒介する *Polymixa* 菌の休眠胞子は、耐久年数が長く、実用上有効な薬剤や軽減策がなく発生地域は徐々に広がっていると考えられている。

抵抗性品種以外の作付け以外に有効な対策がないことから、積極的に抵抗性品種の育成がすすめられ、抵抗性に関連する DNA マーカーも早くから開発・実用化された。当初、そう根病抵抗性品種は従来品種に比べて収量・品質が劣っていたが、DNA マーカーなど先進的な育種技術の利用によって農業特性は改善されている。こうした努力で、近年育成された‘リッカ’、‘パピリカ’、‘クリスター’等多くの品種はそう根病抵抗性を備えており、現在では、抵抗性品種が作付面積の7割以上を占めている。

3 黒根病

糸状菌 (*Aphanomyces cochlioides*) によって引き起こされる土壌伝染性病害で、黒色の病斑が主根先端に生

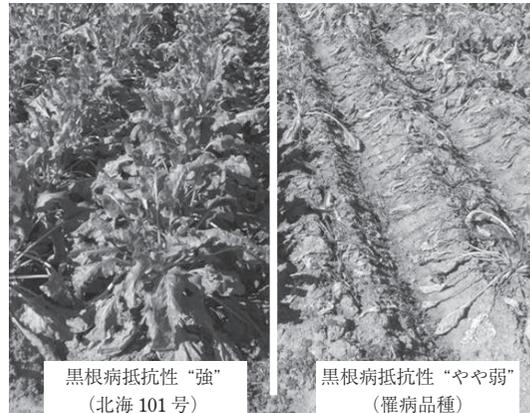


図-7 テンサイ黒根病抵抗性の品種間差
北海道農業研究センター 田口和憲氏提供.

じ、やがて根全体に拡大して腐敗・枯死に至る (図-7)。高温多湿条件で多発し、近年のテンサイ生産の不安定化の要因の一つである。そう根病と同様に実用上有効な薬剤がないため、圃場の排水性改善しか対策がなく、抵抗性品種の開発が強く求められている。このような状況の中で、テンサイ遺伝資源から高度抵抗性素材が発見され、2007年に世界初の黒根病抵抗性「強」品種‘北海 90 号’が育成された。本品種は、収量性などの面で実用栽培に至らなかったが、2012年に黒根病抵抗性「強」に加えて、褐斑病およびそう根病抵抗性を併せ持つ三病害抵抗性品種‘北海 101 号’が開発され、2015年から一般栽培される予定である。また、抵抗性品種の育成と並行して抵抗性遺伝子に関連する DNA マーカーも世界に先駆けて開発・実用化された (田口, 2014)。

4 根腐病

糸状菌 (*Rhizoctonia solani*) により葉柄基部や根部が腐敗したものが根腐病、葉に病徴が現れたものが葉腐病となる。高温・多湿条件で多発し、短期輪作や連作で被害が拡大する。根腐病の場合、初期には葉柄基部に症状が現れ、病徴が進展すると根部に黒斑が生じて腐敗が進行する。被害組織や耐久性のある菌核が伝染源となるので、被害個体の圃場外への持ち出しや適切な輪作体系を行うとともに、定植前の苗への薬剤灌注と圃場での根際散布が有効である。ほとんどの普及品種は抵抗性を持たないが、‘リボルタ’のみではあるが抵抗性品種も育成され始めている。

5 その他の病虫害抵抗性育種

その他の病害として、斑点細菌病や葉腐病等があるが大きな被害がないことから、薬剤散布などで対応しており抵抗性育種の知見は多くない。その一方で、近年、こ

れまで局所的な発生であったアブラムシ媒介性のウイルス病害である西部萎黄病の被害面積が急速に拡大してきており、ここ数年は特に糖分に対して甚大な被害を及ぼしている。また、大規模化と省力化を見据えて直播栽培面積が拡大傾向にあることから、苗立枯病への対策の重要性が増すことが予想される。そのため、これらの新たな抵抗性育種を積極的に進める必要がある。さらに、病害以外では、ヨウトウガの幼虫であるヨトウムシによる

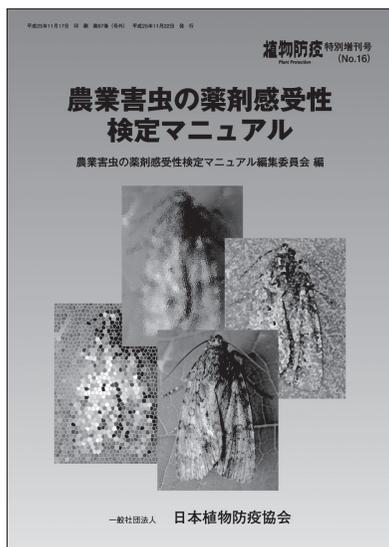
食害や、新規外来害虫アシグロモグリハナバエの被害も顕在化してきている。テンサイにおける虫害抵抗性品種の開発は、実用例が少なく今後の課題である。

引用文献

- 1) 出花幸之介・与那覇 至 (2013): http://www.alic.go.jp/joho-s/joho07_000734.html
- 2) 蔵之内利和ら (2014): 育種学研究 16: 147 ~ 150.
- 3) 田口和憲 (2014): 育種学研究 16: 186 ~ 191.

植物防疫
特別増刊号 No.16

農業害虫の薬剤感受性検定マニュアル



B5版 179頁、定価 2,600円 (本体、税別)

農業害虫の殺虫剤感受性の状況を把握することは、発生予察の重要な情報となります。本書では42種(類)の農業害虫について、感受性検定法の基礎から現在の手法、1990年代から最新の状況まで、広範な情報を1冊にまとめました。あわせて「最近の話題」および「過去10年間に植物防疫誌に掲載された抵抗性関連記事リスト」を収載しました。

感受性検定を初めて行う方から経験者まで、幅広く活用いただけます。農薬の有効成分を作用機構分類別にまとめた「農薬作用機構分類一覧」とともに本書をご活用下さい。

一般社団法人日本植物防疫協会 支援事業部

TEL 03-5980-2183 FAX 03-5980-6753

<http://www.jpqa.or.jp/> order@jpqa.or.jp