

ジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種育成の これまでとこれから

■ ■ ■
(国法) 農研機構 北海道農業研究センター
畑作基盤研究領域

浅野 賢治

はじめに

ばれいしょに寄生するシストセンチュウには、ジャガイモシストセンチュウ (*Globodera rostochiensis*) とジャガイモシロシストセンチュウ (*G. pallida*) の2種が知られており、50か国以上で発生が認められている。日本では、1972年に北海道で初めてジャガイモシストセンチュウの発生と被害が確認された⁽¹⁾。その後1992年に長崎県、2003年に青森県、2008年に三重県、2011年に熊本県で発生が確認されるなど発生は全国に及び、発生面積は1万haを越え拡大傾向にある。なお現在日本で発生が確認されているのは、ジャガイモシストセンチュウのパソタイプRo1のみである。

本種が寄生したばれいしょでは萎凋症状や下葉の脱落、早期枯凋などにより収量が激減する。ジャガイモシストセンチュウ発生圃場において、シストセンチュウの密度を低減させ減収を回避するための手段として、殺線虫剤による防除、非寄主作物を取り入れた適正な輪作体系の確保、抵抗性品種の導入等があげられる。特に抵抗性品種の作付けは異なる地域や年次など環境条件が異なっても安定的な効果が期待でき、1作で土壤中のシストセンチュウ密度を平均80～90%減少させることから最も有効な手

段と考えられている。

本稿ではこれまでのジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種育成の取り組みと今後の課題について紹介する。

抵抗性遺伝資源の導入と抵抗性品種育成

ジャガイモシストセンチュウの発生が確認されるとすぐに、総合防除技術の基幹となる抵抗性品種の育成が開始された。まず始めに保存していた遺伝資源の中から抵抗性遺伝資源の探索が行われた。探索の結果、国内育成品種には抵抗性品種はなく、近縁野生種及び種間雑種系統に抵抗性遺伝資源が存在するだけであることが明らかとなった。外国品種では1971年から1974年にかけてヨーロッパから導入した「ツニカ」などが国内発生のシストセンチュウに対して抵抗性を示すことが明らかとなった⁽¹⁾。「ツニカ」は、当時シストセンチュウ発生地帯の主要品種に代わるでん粉原料用抵抗性品種として北海道における奨励品種に採用されたが、応急措置的な品種であり低収であったことなどからあまり普及しなかった。しかし「ツニカ」を親とする交配からは比較的優良な後代が得られたことから、その後多くの抵抗性品種の育成に貢献した。「ツニカ」を親として「キタアカリ」、「ム

サマル」等の初期世代の抵抗性品種が育成された。また、「サクラフブキ」、「アイユタカ」、「キタムラサキ」、「こがね丸」なども「ツニカ」を祖先とする品種である⁽²⁾(表1)。

「ツニカ」はジャガイモシストセンチュウ抵抗性遺伝子 *H1* を一つしかもたない simplex (*H1h1h1h1*) であり、感受性個体と交配した場合、後代の約半数は初期段階で感受性個体として淘汰されるため、選抜初期の集団サイズを大きくしなければならず育種の効率がよくない。この状況を改善するためにアメリカ合衆国から *H1* が duplex (*H1H1h1h1*) の「Hudson」と simplex の「Wauseon」の交配種子 (R392) が導入され、そこから triplex (*H1H1H1h1*) の「R392-50」が選抜された。「R392-50」では、感受性個体との後代でも約96.4%は抵抗性個体となる。そのため選抜初期の集団サイズを小さくできるだけでなく、選抜初期での抵抗性検定が不要となり育種効率が格段に向上した。「R392-50」は抵抗性品種の育成に多用され、「とうや」、「さやか」、「アー

リースターチ」などが育成された。「R392-50」を親とする品種や系統からも多くの抵抗性品種が育成されている⁽²⁾(表1)。

アメリカ合衆国でポテトチップス用品種として育成され、1986年に日本に導入された「アトランチック」も「普賢丸」、「スノーマーチ」、「オホーツクチップ」といった抵抗性品種の育成に利用された(表1)。日本で育成された抵抗性品種は全て「ツニカ」、「R392」(R392-50及びR392-3)、「アトランチック」のいずれかに由来する。

ジャガイモシストセンチュウ抵抗性の検定方法

抵抗性品種の育成が開始された当初、抵抗性個体の選抜は隔離温室内でのポット栽培や汚染圃場での栽培によって行われていた⁽¹⁾。これらの方法は広い面積と大量の土壌を必要とし、栽培管理や調査、汚染防止のための土壌消毒などに多大な労力を必要とする。そこで省スペース化、省力化を目的としてカップ検定法の開発が行われた。本方法では小さな蓋付き透明プラスチックカップにシストを含む土壌と小粒塊茎を入れ、約20℃暗黒条件下を2か月程度保つことによって、感受性個体ではカップ面に張り付いたように伸びた根にシストが観察できる(図1)。カップ検定法では小さなカップ内で検定が完了するため非常に省スペースであり、調査やその後の処理も容易である⁽³⁾。北海道では2003年から北海道澱粉工業協会の支援とJA斜里町の協力を得て、JA斜里町の温室内でカップ検定を利用した抵抗性検定を実施している。また、近年では北海道で *H1* の有無を識別するDNAマーカーが開発され、抵抗性個体の選抜に

表1 国内で育成されたジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種と抵抗性の由来

T: ツニカ由来、R: R392由来、A: アトランチック由来、TR: ツニカ及びR392由来、AR: アトランチック及びR392由来の品種

登録 年代	生食用	加工原料用	でん粉原料用
1980	キタアカリ(T) エゾアカリ(T)		トヨアカリ(T)
1990	とうや(R) ベニアカリ(R) 花標津(R) 普賢丸(A) スタークイーン(A)	ムサマル(T) さやか(R)	サクラフブキ(T) アーリースターチ(R)
2000	十勝こがね(R) 春あかり(A) アイユタカ(TR) スタービー(R) キタムラサキ(TR) スノーマーチ(A) ゆきつばら(R) ノーザンビー(TR) さやあかね(R) はるか(R)	きたひめ(R) ひかる(T) オホーツクチップ(A) らんらんチップ(R) こがね丸(TR)	ナツフブキ(TR) コナユキ(R)
2010	さんじゅう丸(A R) キタムサシ(R) 紫月(R)		

利用されている⁽⁴⁾(図2) カップ検定法とDNA マーカー選抜を併用することによって、現在では選抜初期ではほぼ確実に抵抗性個体を選抜することが可能となっている。このようにジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種育成において、カップ検定の開発及びその継続的な実施、DNA マーカー開発の貢献は非常に大きい。

魅力ある抵抗性品種の育成を目指して

これまでに多くのジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種が育成されてきたが、その中で栽培面積を伸ばしている品種は一部であり、多くの品種が既存品種の壁を越えられないでいる。表2に栽培面積を伸ばしている主な抵抗性品種の作付面積を示し

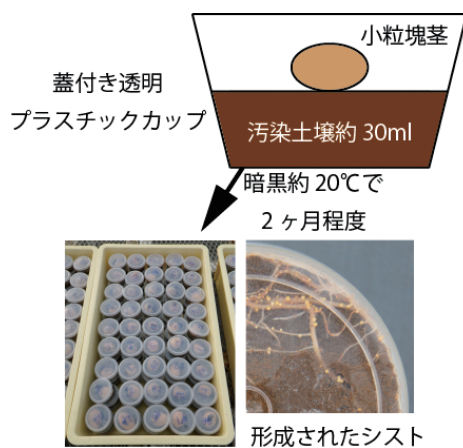


図1 ジャガイモシストセンチュウカップ検定

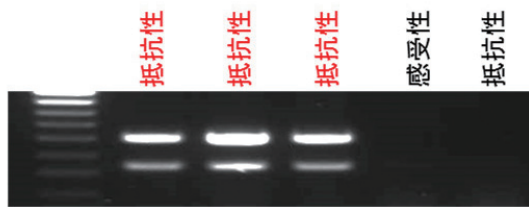


図2 DNA マーカーによる抵抗性個体の選抜バンドの増幅した個体が抵抗性個体

た。栽培面積を伸ばしている品種では、ジャガイモシストセンチュウ抵抗性に加えてさらなる魅力を有していることがわかる。

早生で良食味の「キタアカリ」や早期出荷に適し滑らかな食感の「とうや」は消費者や生産者にとって魅力のある品種である。収量性や品質は加工原料として重要な要素であり、「さやか」は大粒で目が浅く剥皮歩留まりが高いことに加え、白肉で変色が少なく且つ高いサラダ適性を有している。長期貯蔵用のポテトチップス用品種である「きたひめ」は低温貯蔵後も揚げた際のチップカラーが優れている。「オホーツクチップ」や「アンドーバー」は栽培地域にもよるが、早生でチップ品質が優れ、中程度のそうか病抵抗性を有している。これらの品種は実需者及び生産者のニーズに合致した品種である。表には示していないがそうか病抵抗性が強である「スノーマーチ」や早期出荷が可能な「きたかむい」も近年栽培面積を伸ばしており、これらは生産者にとってメリットがある品種である。そうか病については、近年被害が拡大しており今後抵抗性品種へのニーズがより一層増していくと考えており、抵抗性系統の選抜を強化している。

表2 日本における主なジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種の栽培面積

生食用及び加工用で100ha以上、でん粉原料用で500ha以上栽培されている品種を示す。比較として現在の主要品種の栽培面積も示す。
*ムサマル及びこがね丸はフライ用として開発されたがでん粉原料用としての作付が多い。

品種名	栽培面積(ha)	比率	抵抗性	特徴
キタアカリ	3,411.3	4.1	R	早生、良食味
きたひめ	1,635.0	2.0	R	チップ適性
さやか	1,322.0	1.6	R	サラダ適性
とうや	1,269.5	1.5	R	早生、良食味
アーリースターチ	956.0	1.2	R	早掘り、多収
アスタルテ	663.0	0.8	R	でん粉高品質、多収
オホーツクチップ	340.0	0.4	R	そうか病抵抗性、チップ適性
こがね丸*	248.0	0.3	R	多収、フライ用
アンドーバー	125.0	0.2	R	そうか病抵抗性、チップ適性
ムサマル*	112.0	0.1	R	多収、フライ用
男爵薯	15,130.4	18.2	S	生食用主要品種
コナフキ	13,716.0	16.5	S	でん粉原料用主要品種
トヨシロ	8,675.1	10.4	S	チップ用主要品種
メークイン	8,262.2	9.9	S	生食用主要品種
ニシユタカ	5,728.5	6.9	S	暖地向き生食用主要品種

でん粉原料用品種では、収量性が最優先であり「コナフブキ」の多収性の壁は高い。しかしながらシストセンチュウによる被害が著しい高汚染地を中心に「アーリースターチ」、「アスタルテ」等の抵抗性品種が作付けされている。またフレンチフライ用として育成された「ムサマル」や「こがね丸」も多収であるという理由から、でん粉原料用として作付けされている地域もある。このことは抵抗性のでん粉原料用開発に対する高いニーズを示すものであり、「コナフブキ」に代わる抵抗性品種の開発は急務である。近年「コナユタカ」(登録出願中)、「コナヒメ」(登録出願中)、「北海105号」(登録出願予定)といった3つの抵抗性でん粉原料用品種・系統が育成され、「コナフブキ」に代わって普及することが期待される。

現在農林水産省の農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業によって、育種機関、実需者、生産者が一体となって品種育成に取り組んでいる。本事業を通じて、3者にとって魅力的な品種が育成され、既存の感受性品種が置き換えられることが期待される。

ジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種育成のこれから

現在日本国内で発生が確認されているのはジャガイモシストセンチュウのパソタイプRo1のみであるが、世界各地で他のパソタイプやジャガイモシロシストセンチュウの発生が拡大している。特にジャガイモシロシストセンチュウはジャガイモシストセンチュウよりも大きな減収被害をもたらすとされており、発生国の拡大が問題となっている。ヨーロッパを中心にジャガイモシロシストセンチュウ抵抗性品種の育成や抵

抗性遺伝子の探索が進められているが、これまでに見出された抵抗性は複数の遺伝子座によって制御されるものであり、H1の様に1つの遺伝子座でほぼ完全な抵抗性を示す抵抗性遺伝子は見つかっていない。そのため、抵抗性品種の育成は時間がかかると予想される。海外からの新たな病害虫侵入を防ぐために厳格な植物検疫が実施されているが、万が一侵入した際の被害の大きさ、抵抗性品種の育成にかかる労力を考えると、新たなパソタイプや種の侵入に備える危機管理として抵抗性親系統の育成を継続しなければならない。北海道農業研究センターでは、保存する800点を超える遺伝資源から、DNAマーカーを用いて異種や異パソタイプに対する抵抗性遺伝子を有する可能性の遺伝資源の探索を行った。しかしながら、国内には現在世界中で拡大しているシストセンチュウに対して有効であると考えられる抵抗性遺伝子は見つからなかった⁽⁵⁾。そのため、海外から新たに遺伝資源を導入し、その有効性の確認と抵抗性親系統の育成を進めている。これまでに、海外で報告されているDNAマーカーを用いれば、ジャガイモシロシストセンチュウに対する抵抗性を選抜できる可能性が高いことを明らかにしており、今後はこのDNAマーカーを活用して抵抗性系統の育成を進めていく。

育種というものは、「変異の作出・拡大」と拡大した変異から目的に合致するものを「選抜」ということである。30年前頃までは近縁野生種を利用した変異の拡大が積極的に行われ、そこから目的に合致した形質が選抜、集積され多くの品種が育成された。しかし優良形質の集積を進めた結果、

現在の国内のばれいしょの遺伝的多様性は限られたものとなっており、ここで改めて変異の拡大を図る必要があると考えられている。前述したように、国内で育成されたジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種のHIが「ツニカ」、「R392」、「アトランチック」のいずれかに由来することからも遺伝的多様性が限られていることがわかる。なお、「R392」も「アトランチック」も片親が「Wauseon」であり遺伝的には近縁関係にある。

近年、帯広畜産大学を中心として、近縁栽培種や近縁野生種を利用した変異拡大に関する取り組みが開始された。この取り組みは帯広畜産大学が近縁種を利用して育成した父本系統を国内の育種機関に配布し、育種機関では配布された父本系統の中から目的にあった優良系統を選抜し、品種育成に利用するというものである。現在各育種機関で父本系統の評価と利用を進めているところであるが、遺伝子レベルでの解析では既存品種にない新たな遺伝子の供給を期待できるような結果も得られている。これ

らの取り組みを通じて、既存品種を越えるような画期的品種を育成できるよう取り組んでいきたい。

参考文献

- (1) ジャガイモシストセンチュウの防除に関する研究 (1980) 農林水産技術会議事務局 研究成果127
- (2) 森元幸 日本におけるジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種の育成 (2009) 北農 76 (1) p.7-13
- (3) 百田洋二ら プラスチックカップによるジャガイモシストセンチュウ抵抗性の新検定法 (2003) 研究成果情報
- (4) 竹内ら ばれいしょの病害虫抵抗性遺伝子を選抜するDNAマーカー (2009) 研究成果情報
- (5) Asano *et al* DNA marker-assisted evaluation of potato genotypes for potential resistance to potato cyst nematode pathotypes not yet invading into Japan (2012) Breeding Science 62 (2) p.142-150