

迫りくるF₁バレイシヨの時代



帯広畜産大学 環境農学研究部門
バレイシヨ遺伝資源開発学講座 助教

さねとも 実友
れな 玲奈

はじめに

バレイシヨ畑を見渡すとミニトマトによく似たバレイシヨの実がぶら下がっていることに気づくと思う（写真1）。1つ実の中には0.6mgほどの小さな種が100~200粒入っている（図1）。この種子は今までの生産現場では見向きもされてこなかった、むしろ実生由来の野良イモになることから嫌われ物として扱われてきた。しかし、世界ではこの10年間に種子を利用したF₁バレイシヨ（ハイブリッドポテト）の育種および栽培技術の確立が破竹の勢いで進んでおり、新しいバレイシヨ生産供給体系の時代がいよいよそこまで迫ってきた。

F₁バレイシヨのメリット

現在のバレイシヨ栽培ではイモ（塊茎）を種イモとして植え付けて栽培し、そこから出来た新しいイモを収穫している。1株当たりイモが10個収穫できればいいところなので、種イモ1個からの増殖率は約10倍となる。一方、イネやムギの種子1粒を播けば、1株から穂が何本もでき、その穂から約500~1000粒の種子が採れると考えた場合、増殖率は1000倍になる。このような種子増殖に比べイモによる栄養繁殖体での増殖率の低さは歴然であり、十分な量の生



写真1 バレイシヨの実

産物を確保するために長期に渡る厳格な種イモ生産供給体系に従って増殖が行われているのが現状である。例えば、新しい品種が育成された場合、消費者の元に届くまでに、試験管苗増殖（G0）、ミニチューバー増殖（G1）、基本種栽培（G2）、原原種栽培（G3）、原種栽培（G4）、採種栽培（G5）、一般圃栽培（G6）、と少なくとも6年間、増殖を繰り返さなければいけない（図1、GはGeneration）。この栽培期間中に一度ウイルス病や土壤伝染性病原菌に感染してしまうと、種イモ自身が伝染源となり、病気をばら撒いてしまう大きなリスクを抱えている。従って、この種イモの増殖率の低さと伝染病感染リスクの問題がバレイシヨ

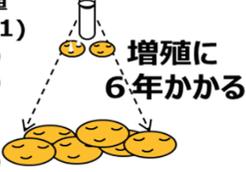
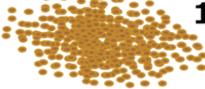
今までの種イモによるバレイショ生産	これからの種子によるバレイショ生産
	
1個の塊茎から10個しかできない	1粒植えると1000粒できる
<p>1年目 試験管苗増殖 2年目 ミニチューバー (G1) 3年目 基本種 (G2) 4年目 原原種 (G3) 5年目 原種 (G4) 6年目 採種 (G5) 7年目 一般圃 (G6)</p> 	<p>純系A親 — 純系B親 F₁品種 1年で十分</p> 
ウイルス病や土壌病害虫の伝染源となる。 栽培中の手間、コストが大きい。	次代にウイルスや病気を伝染しない。 労力、コストを削減できる。
長期にわたる育種、増殖、生産	夢のバレイショ生産体系

図1 種イモによるバレイショ生産と種子によるバレイショ生産の違い

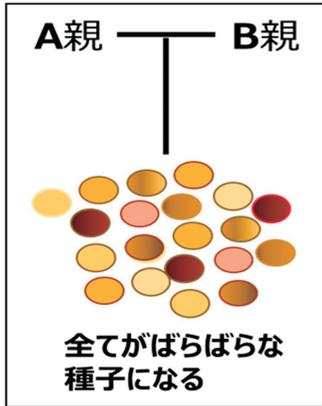
育種、増殖、および生産の効率を低下させていると言える。一方、もし種イモではなく、イネやムギと同じように種子を利用してバレイショ生産ができれば、種イモの100倍以上の速さで増殖が可能になり、これまでの煩雑な種イモ生産体系が簡素化され、新品種を迅速に生産現場へ導入できる。そして、種子はウイルス病などの感染リスクがないため、生産者の労力やコストを大幅に削減することができる。さらに、重量物である種イモの輸送や、イモの休眠や萌芽を制御しながらの貯蔵が一切不要となり、まさに夢のバレイショ生産体系と言える。

F₁ バレイショの可能性と克服すべき課題

ゴマ粒よりも小さい種を播いて収量性が

望めるのか？それはバレイショに携わる世界の何億人の人々が第一に思う疑問である。種子をそのまま畑に播けば当然、雑草との競争に負け、生育期間内に十分な生産量を確保することはできないであろう。そしてもう1つの問題点は均一性である。イネやムギとは異なりバレイショは他殖性である。そのため自家受精（自分の花粉を自分のめしべに受粉させること）による種子を播いても、種子1粒1粒から出来た植物は全て異なったものになり、均一な生産物を得ることはできない（図2A）。収量性と均一性、この2点さえ克服できれば種子を用いたF₁バレイショ生産は実現可能であると考えられる。

A. 今までのバレイショ育種



B. F₁バレイショ育種

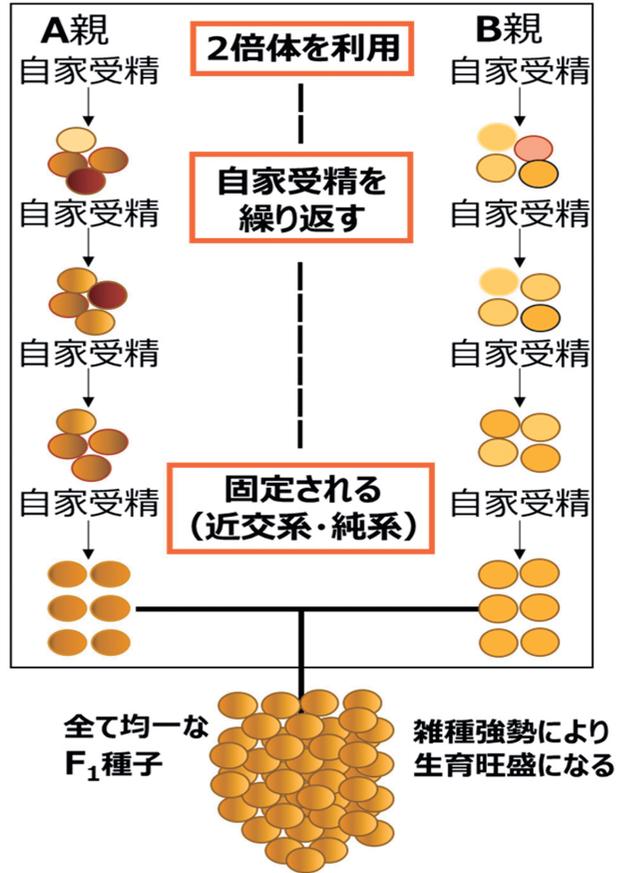


図2 F₁バレイショ育種の流れ

1. 均一な種子を得るには

播いたバレイショの種子がすべて均一になるためには、他殖性のバレイショを自家受精して、純系ないしはそれに近い近交系を作り遺伝子を固定しなくてはならない。そのために行うべき流れは、

- ① 現在の4倍体バレイショ品種や育成系統を2倍体にする。
- ② 自家受精ができるようになる遺伝子を交配により導入する。
- ③ 何度も自家受精を繰り返して近交系を作出する。
- ④ 近交系どうしを交配して均一なF₁種子

を得る、ということになる(図2B)。

ここでの一番の問題は、本来他殖性のバレイショで自家受精を繰り返すと近交弱勢が働き、植物体がひ弱になり花粉が出なくなってしまうことである。それを回避しながら近交系を作らなければいけない。もう1つの問題は、近交系の育成には非常に長い年月を要することである。いったい何世代の自家受精を繰り返せば均一なF₁雑種を得られる近交系となるのか明らかにしなくてはならない。

2. 高い収量を確保するためには

2倍体バレイショでなければ均一な種子を得ることはできない。従って、現在の4倍体バレイショの収量や品質に匹敵する2倍体品種を作らなければいけない。そのため、

- ① 農業形質に優れた2倍体を作ること。
- ② 農業形質に優れた2倍体から近交系を作ること。
- ③ 近交系どうしを交配したときに両親の特性を上回る雑種強勢を最大限に発揮させること。
- ④ F₁バレイショの栽培体系を確立すること、である。

優れた2倍体とは、耐暑性や耐寒性などを持ち環境変動に左右されにくく、病害虫に抵抗性で、多収、高比重でイモの形が良いなどの農業特性を持った系統を育成することである。雑種強勢とは、ひ弱な近交系どうしを交配したときに、その組み合わせによって両親の能力を超越する雑種（いわゆるF₁品種）ができることであり、これを利用しなければ4倍体品種に匹敵するものは得られない。どのような材料を用いて優秀な2倍体を作成し、どの2倍体近交系どうしを交配すれば雑種強勢が発現するかを実際に試してみなければならぬ。

そして次に重要なことは栽培体系である。小さな種子をコーティングし播種する技術、育苗システム、畑への移植技術、畝幅、株間の調整や栽培技術の確立、さらに実生由来の収穫物を最終生産物とするのか、あるいは一旦種イモとして保管し、次年度に種イモから栽培した生産物を出荷するかの判断など、効率的かつ安定的に収量を確保するための生産増殖流通システムの

改革が求められる。

海外におけるF₁バレイショの状況

F₁バレイショの育成を意欲的に進めているオランダの育種会社Solynta（ソリント）は、5～7回に渡り自家受精を繰り返した近交系どうしを交配して得た種子由来のF₁バレイショ（ハイブリッドポテト）と、ビンチュ（Bintje）やラセットバーバンク（Russet Burbank）を含む19の4倍体既存品種について、異なる環境下での収量および収量構成要素を比較した（引用1）。2016年に4か所の試験場で栽培した結果、乾物重（デンプン含量に相当）および圃場の違いによる影響は、F₁バレイショと4倍体品種で大差はなかった。イモの形についても4倍体品種と同じようにF₁バレイショは丸型から楕円型までのものが得られた。一方、イモ1個重は4倍体品種の平均が117gであったのに対して、F₁バレイショは平均71gと小さく、1m²当たりの茎数も4倍体品種が25.6本に対してF₁バレイショは14.9本とかなり少なくなった（表1）。最も収量に大きな影響を与えたのは、イモ1個重よりも茎当たりイモ数であり、それが多いF₁バレイショは既存品種に匹敵する収量性を示した。また昨年、オランダのラテナウ研究所は、F₁バレイショは将来の生態学的持続可能性と世界の食料安全保障の探求において重要な役割を果たすと記し、ヴァーヘニンゲン大学およびフローニンゲン大学と協力して2040年までに企業、社会組織、および政府がF₁バレイショの革命に向けて行うべき指針を公表した（引用2）。

アメリカ合衆国の育種家らは、自家受精

表1 オランダの育種会社が公開したF₁バレイショと既存品種の収量 (Stockem et al. 2020)

	収量 (t/10a)	イモ数 (個/m ²)	茎数 (本/m ²)	茎当たりイモ数 (個/茎)	イモ重 (個/g)
F ₁ バレイショ					
ハイブリット 1	1.6	31.2	29.9	1.0	48
ハイブリット 2	2.8	31.1	17.9	1.7	89
ハイブリット 3	2.9	51.9	34.1	1.5	56
ハイブリット 4	3.3	36.1	19.6	1.8	89
ハイブリット 5	3.8	54.7	31.3	1.7	71
ハイブリット 6	3.8	43.7	22.4	2.0	91
ハイブリット 7	3.8	52.0	19.8	2.6	68
ハイブリット 8	4.8	56.0	25.5	2.2	85
ハイブリット 9	5.2	60.6	26.4	2.3	93
品種					
Annabelle	5.2	44.6	17.4	2.6	117
Innovator	6.4	29.8	16.0	1.9	222
Hermes	6.9	43.1	11.6	3.7	159
Bintje	7.2	60.3	16.0	3.8	125
Berthem	3.0	38.6	27.6	1.4	93
Warmeriville	3.1	37.4	20.9	1.8	99
Est	3.3	36.6	18.5	2.0	98
Giethoorn	5.3	60.8	25.3	2.4	90
Hilvarenbeek	5.5	63.7	23.7	2.7	96

を7回繰り返して作られたチップ適正に優れ、高デンプン価で軟腐病や半身萎凋病 (Verticillium Wilt) に耐性のある近交系「M6」を育成した (引用3)。そして、2倍体近交系を利用したF₁バレイショは、遺伝資源を効率よく利用できるだけでなく、種子を急速に増殖できることから大きな利益性があることを示し、実現に向けた新しい戦略を公的機関および民間組織の指導者に呼びかけた。この様に、ヨーロッパ諸国、アメリカ合衆国および中国では既に、F₁バレイショを積極的に進めており、その波に乗るか乗り遅れるかの判断が迫られている。

私たちがF₁育種へ向けてこれから取り組むこと

F₁バレイショは上に挙げたように多くの課題があり、その可能性は良くも悪くも未知数である。しかし、私たちはこれまでの遺伝育種学の経験と知識、そして手元にある200種類の品種・育成系統と2000種類の遺伝資源を活用して、F₁バレイショの材料づくりをこれから何十年か先を見据えて実施していく覚悟である。具体的には、既存の2倍体系統を利用しないしは優良4倍体系統から2倍体を作成し、DNAマーカーによる抵抗性遺伝子の集積や農業形質と連鎖している優良遺伝子座の選抜により効率的に優れた2倍体を育成すること。そして近

交弱勢を回避するために、花粉が出やすい系統や既に有害遺伝子を排除した系統などを利用し近交系を作っていく、最終的には雑種強勢を最大限に発揮できる組み合わせを探し、既存品種に匹敵するだけでなく、今までの品種にないような優れた特徴を含むF₁バレイショを世に出していくことを考えている。今はまさに従来のバレイショの育種・増殖・生産体系からの大きな転換点であり、今後の大きなイノベーションとなり得る革新的な取り組みを実行しようとしている。しかし、私達だけではこれを実現させることはできない。どうか今後、さまざまな分野の方々にF₁バレイショを普及させるためのご協力とご理解をお願い申し上げます。そして皆で共にF₁バレイショを成功に導きたい。

引用文献

- 1 : Stockem J, Vries M, Nieuwenhuizen E, Lindhout P, Struik CP (2020) Contribution and stability of yield components of diploid hybrid potato. *Potato Research* 63:345-366.
- 2 : Edelenbosch R, Munnichs G (2020) Potatoes are the future—Three scenarios for hybrid potatoes and the global food supply. The Hague: Rathenau Instituut.
- 3 : Jansky SH, Charkowski AO, Douches DS, Gusmini G, Richael C, Paul C, Spooner DM, Novy RG, De Jong H, De Jong WS, Bamberg JB, Thompson L, Bizimungu B, Holm DG, Brown CR, Haynes KG, Vidyasagar R, Veilleux RE, Miller JC, Bradeen JM, Jiang JM (2016) Reinventing potato as a diploid inbred line-based crop. *Crop Sci* 11:1-11.