

特集記事 ワークショップ報告

新技術バレイショ育種ワークショップ

實友玲奈¹⁾・梅基直行²⁾・波部一平³⁾・保坂和良¹⁾・関根久子⁴⁾

¹⁾ 帯広畜産大学, 北海道帯広市, 〒080-8555

²⁾ 理化学研究所環境資源科学研究センター, 神奈川県横浜市, 〒230-0045

³⁾ 長崎県農林技術センター, 長崎県諫早市, 〒854-0063

⁴⁾ 農研機構中日本農業研究センター, 茨城県つくば市, 〒305-8604

The new technology of potato breeding

Rena Sanetomo¹⁾, Naoyuki Umemoto²⁾, Ippei Habe³⁾, Kazuyoshi Hosaka¹⁾ and Hisako Sekine⁴⁾

¹⁾ Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro, Hokkaido 080-8555

²⁾ RIKEN Center for Sustainable Resource Science, Yokohama, Kanagawa 230-0045

³⁾ Nagasaki Agricultural and Forestry Technical Development Center, Isahaya, Nagasaki 854-0063

⁴⁾ Central Region Agricultural Research Center, NARO, Tsukuba, Ibaraki 305-8604

キーワード

バレイショ, ゲノム編集, グリコアルカロイド, SNP, 青枯病抵抗性, F₁ 育種, 畑作経営, 種イモ

はじめに

同質4倍体のバレイショは、高いヘテロ接合性の作物であり、4染色体的遺伝 (tetraomic inheritance) を行う複雑な遺伝様式のため、育種において目的の形質を効率的に選抜、導入することが非常に難しい作物の1つである。さらに栄養繁殖系による生産・増殖の裏には多くの問題点を抱えている。中でも最も大きな問題は、種イモ増殖体系による増殖率の低さと、種イモを介して土壌病害やウイルス病を次代へ感染させてしまう感染拡大の問題である。

本ワークショップでは、近年研究が進んでいるバレイショのゲノム編集、全ゲノム SNP 解析による抵抗性育種などの最新の技術を用いたバレイショ育種の現状と課題および、種子生産によるバレイショ F₁ 育種へ向けた材料づくりの状況や、バレイショ増殖生産体系の実状および畑作経営から見た種イモ生産の課題について話題提供を行い、それらについて討論することで、これらの新しいバレイショ育種技術の役割と方向性を共有し合った。

演題 1. ゲノム編集によるバレイショ育種の現状と課題 Current status and challenges of potato breeding by genome editing

梅基直行 (理研・環境資源科学研究セ)

2022年11月30日受領

2023年3月25日 J-STAGE 早期公開

Correspondence: sanetomo@obihiro.ac.jp

2019年にゲノム編集生物の届出制度が制定された。2021年4月5日に日本で初めて、研究目的として理研からゲノム編集技術を用いて作出した「ステロイドグリコアルカロイド低生産性ジャガイモ」を文科省に届出した。これによって限定された場所での上記バレイショの野外栽培が可能となった。つくば市の農研機構の敷地内にある隔離圃場を利用し、2021年は水田転換畑で春作・秋作を、2022年は加えて畑地で春作を行った。これら系統は Sawai *et al.* (2014) が見出した曝光などでバレイショに蓄積する有毒成分のグリコアルカロイド生合成の鍵遺伝子 SSR2 をゲノム編集技術で破壊したもので、グリコアルカロイドを野生型の10分の1以下に抑えることができる系統である。Yasumoto *et al.* (2020) が報告したアグロバクテリウム感染による一過的な発現による変異誘発 (通称アグロ変異法) をしており、外来遺伝子を含んでおらずゲノム編集生物の届出が可能である。品種はポテトサラダなどの原料で大きなシェアを持つ「さやか」をゲノム編集した開発初期に得られた2系統である。「さやか」はグリコアルカロイドがあまり高くない品種であるが、再分化能が高くゲノム編集をしやすい系統である。遺伝子破壊効果の確認の概念実証とゲノム編集技術の実用化への予備検討を目的とした。すでに市場に出ているサナテックシード社の GABA 高蓄積トマトなどが農水省・厚労省に届出をしているのと大きく異なっている。グリコアルカロイドが高くなりがちで廃棄損が多い「マークイン」でもゲノム編集体が見られている。次年度以降、新たに届出を行い技術評価と系統評価も進めていきたい。野外栽培は現在進行中で、結果は別の機会に譲るとし

て、このワークショップでは現時点で感じている演者の個人的な考えや感想を紹介した。本試験は、大阪大学、農研機構生物研・北農研、神戸大学などとの共同研究で進めているが、関係者の方針・意見を代表したものではないことを申し添える。

届出制度の野外栽培について：ゲノム編集技術は、標的遺伝子に変異を誘発できること、高次倍数体でも1回の操作で表現型を得られることなど、それ自体の有用性は明らかである。以前から言われてきた点であるが、バレイショは畑で植えてみないとわからないとあらためて感じている。文科省での届出は「限定された場所」との制約があるが、「限定された場所」の要件は極めて低く設定されている（我々の後に届出を行った東京大学や岡山大学は敷地内にある一般栽培地である）。2019年に行った事前相談では、農水省への届出でも、限定された施設を届出することも可能とのことであったが、求められる届出の書類の量は文科省よりはるかに多いことが予想される。ゲノム編集技術を利用しようとする関係者は文科省への届出制度をうまく活用してもらいたい。

届出制度の外来核酸がないことの証明について：今のところ方法に限定はない。今回はPCR法をメインにサザンハイブリダイゼーション法も記載した。記載はしなかったが、ショートリードの次世代シーケンスによるデータの取得も行っていった。アグロ変異法でも、種子系作物で用いられている方法、つまり一旦形質転換体を得てゲノム編集を起こしたのち、遺伝子組換え部分を交配で除くヌルセグリガントを得る方法でも細胞に核酸を導入する際はアグロバクテリウムを用いることが多い。この場合に、ごく稀に極めて短い断片がゲノムに挿入される場合がある。安本ら（2022）はバレイショでも約150 bpの挿入された系統が見つかったことを本年の植物バイオテクノロジー学会の大会で報告した。次世代シーケンスのデータをk-mer法（Itoh *et al.* 2020）で検出した結果であったが、PCR法で検出することは極めて難しい長さである。今後、k-mer法による証明が主流になると考えられる。システムさえ組むことができる／誰かしてくれるのであれば、むしろ実験の手間はかからない。しかし少なくとも現時点では、ゲノムの30倍以上のデータ量が必要であり、バレイショでは100 Gbが必要となる。現在はデータ取得の外注は安いところで11万円／系統ほどであるが、多くの系統で届出する場合には問題となる金額である。

バレイショ品種をそのままにゲノム編集で改良できれば大変すばらしい技術になるが、再分化による変異、特にヘテロ接合性の消失の問題は大きい。近年4倍体の栽培種のゲノムが報告されているが、ゲノムのヘテロ接合性の高さは驚くばかりである。我々は茎からカルスをほとんど経ない方法で再分化個体を得る過程でゲノム編集を起こしているが、それでも再分化変異の影響を受けている。種子系作物ではそもそもないヘテロ接合性の消失

の影響をバレイショでは受けやすいと言える。そのためゲノム編集で得られた系統をできるだけ多く試験をしたいと考えているが、問題となるのは外来遺伝子の証明である。今後、次世代シーケンスのデータを使うことでヘテロ接合性の消失の評価ができてくると思われるが、それでも畑で栽培することに勝る評価方法はないのではないかと感じている。ゲノム編集技術を直接の品種改良に使うこととは別に、ゲノム編集体を育種母本として作成し、そこから交配で新しい品種を作成することを主眼とした取り組みもコストパフォーマンスと合わせて考えていく必要があるだろうと思う。

演題 2. 長崎県のバレイショの最新育種技術～全ゲノムSNP解析による青枯病抵抗性育種～

The latest breeding technology for potato in Nagasaki Prefecture: Breeding for bacterial wilt resistance by whole genome SNP analysis

波部一平（長崎県農林技術センター）

青枯病は、植物病原細菌の *Ralstonia solanacearum* species complex による土壌病害である。本病害は熱帯、亜熱帯、温暖地域を中心として、バレイショを含めたナスやトマトなどのナス科品目を中心とした200種以上の植物で感染が報告されており、世界的に重要視されている。本病害は主に高温期で多発する傾向があり、温暖化によって今後さらに被害が大きくなることが予測されている。

本病害に対するバレイショにおける抵抗性の育種選抜は、国内では1950年代から長崎県農林技術開発センターのみで実施している。国内外においてこれまでバレイショにおける青枯病抵抗性に連鎖した実用的なDNAマーカーの報告がなく、抵抗性の評価方法として圃場検定でのみ行われてきた。青枯病抵抗性は複数の Quantitative Trait Locus（以下 QTL）による支配ということもあり、環境条件に影響を受けるため、正確な抵抗性程度を明らかにするには3回以上検定をする必要がある。圃場検定は発病しやすい高温期の秋作でのみ行うため、抵抗性評価には3年以上が必要となる。そのため、効率的な選抜方法であるDNAマーカーによる選抜技術が求められているが、バレイショにおける青枯病抵抗性のQTLについてはほとんど報告がなかった。そのため、まずはQTL解析に取り組んだのでその内容を本ワークショップで報告した。

遺伝解析を行うためには多数の個体の形質評価が必要であるが、圃場検定では評価に時間がかかり過ぎるため、まずに室内で効率的に抵抗性を評価できる検定法の開発に取り組んだ。青枯病は根部層の傷口から主に侵入するため、根部が伸長する際にパーミキュライトにより傷がつくことをねらいとして、パーミキュライトとMS液体培地を充填した培地を作成し、植物体の大きさ・葉齢を合わせやすい培養植物体を移植して行う評価系を開発した（Habe 2018）。

現在、国内の青枯病抵抗性育種は、*Solanum phureja* 由来の抵抗性を持つとされる育成系統「西海 35 号」やその後代品種の「ながさき黄金」を母本として交配育種を行っている。そのため「西海 35 号」を用いることを検討し、遺伝解析を容易にするため「西海 35 号」の半数性 2 倍体系統「10-03-30」を育成して、これを抵抗性親とした 2 倍体の F₁ 集団を作成した。この抵抗性親については、圃場検定および室内評価系においても「西海 35 号」と同程度の高い青枯病抵抗性を持つことを確認できている。

形質評価については、接種菌株として 3 株を用いた。青枯病菌は、種レベルで 3 つのグループに分けられ、国内で確認されているのは、*R. pseudosolanacearum* および *R. syzygii* の 2 種である。この 2 種間でバレイショへの病原性が異なる可能性もあるため、この 2 種を含む 3 菌株を用いて F₁ 集団の形質評価を行った。加えて、青枯病の抵抗性は温度に大きく影響を受けることが知られており、青枯病菌接種後の温度条件についても 24°C と 28°C の 2 水準設定して合計 6 処理区を設けて形質評価を行った。遺伝子型データについては、マイクロアレイの solcap array を活用して全ゲノムをカバーすると考えられる 12,808 SNP のデータを取得し、それらを連鎖マーカーとして two-way pseudo-testcross による連鎖地図の作成に用いた。

その結果、第 1, 3, 5, 6, 7, 10 および 11 番染色体に合計 10 個の QTL が検出され、寄与率は 11.2~40.5% であった (Habe and Miyatake 2022)。特徴的な点としては、菌株特異的な QTL と菌株非特異的な QTL が確認された。また、接種後の環境温度 24°C と 28°C で抵抗性の効果に違いが見られた温度依存的な QTL と、温度非依存的な QTL も確認された。PBWR-3 (第 3 染色体) と PBWR-7 (第 7 染色体) の QTL は、どちらも菌株非特異的且つ温度非依存的な効果を示し、接種した 3 株全てに対して、非常にブロードで安定した効果を示した。加えて、第 6 染色体の長腕に検出された PBWR-6b は *R. pseudosolanacearum* の 1 菌株のみに特異的に効果を発揮し、接種後温度 24°C で 40.5% と高い寄与率を示した。しかし、28°C では寄与率が半減し、高温では抵抗性の効果が抑制される温度依存的な特性を示した。PBWR-6b は同じナス科のトマトにおける青枯病抵抗性 QTL *Bwr-6* とナスの *ERPR-6* の座乗領域と重複しており、これら QTL と何らかの関連性があることも考えられた。

現在は菌株非特異的な安定した効果を示す PBWR-3 と PBWR-7、菌株特異的であるが、高い効果を示す PBWR-6b などの QTL に連鎖する DNA マーカーの開発に取り組んでいる。また、2 倍体の F₁ 集団の罹病性親系統は後述の自家不和合性阻害遺伝子 (Hosaka and Hanneman 1998a, 1998b) を保持しており、集団において高い抵抗性を示す系統を用いた自家交配などによって、抵抗性遺伝子を集積させた 2 倍体の抵抗性系統の作出にも取り組んでいる。2 倍体から 4 倍体への青枯病抵抗性の伝達は、全数性配偶子を活用することで高い伝達率を示すため (Watanabe

et al. 1992)、この様に 4 倍体だけでなく 2 倍体での育種も推進していきたいと考えている。

演題 3. バレイショ 2 倍体 F₁ 育種の現状と課題

Current status and perspectives for diploid inbred-based F₁ hybrid breeding in potato

保坂和良 (帯広畜産大)

バレイショはヘテロ接合性の高い同質 4 倍体で、二重還元により形質の遺伝は複雑となり育種効率は低い。このため、遺伝分析の多くは半数体を用いて行われてきた。半数体を含め近縁野生種の多くは 2 倍体であり、S 遺伝子座による配偶体型自家不和合性を示す。過去にいくつかの自家和合性変異体が報告されている。chc 525-3 もその 1 つであり、元来、自家不和合性を示す野生 2 倍種 *Solanum chacoense* から見出された自家和合性系統で、自殖を繰り返し第 7 代に達した系統である (Hanneman 1985)。この系統の遺伝分析によって、12 番染色体の末端に座乗する単一優性遺伝子が花粉で働くことにより自家和合性となることが明らかとなり、これを自家不和合性阻害遺伝子 (*S*-locus inhibitor gene, *Sli*) と名付けた (Hosaka and Hanneman 1998a, 1998b)。*Sli* は交配によって栽培 2 倍種に容易に移すことができることから、自殖系統を育成し種子播きバレイショ品種の育成や、雑種強勢育種への道が開けた (Birhman and Hosaka 2000)。いち早くこれを取り上げ 2011 年に Hybrid seed potato breeding として特許申請したのはオランダの民間会社 Solynta である。育種法自体が特許対象となったので欧米では騒然としたが、その後実用化に向けて競い合っているのが現状である。

2 倍体 F₁ 育種が実用化されるには 2 つの問題が解決されなければならない。バレイショには多くの劣性有害遺伝子や致死遺伝子がヘテロ接合型として隠されており、半数体の多くは雄性不稔性を示すことから、ホモ接合性の高い自殖系統を作出できるかという問題である。自殖を続けると、世代が進むにつれて生育が遅延し、落蕾がひどくなることを観察した。開花期がたまたま好条件だと次代種子が得られたので、約 30 年を経てようやく自殖第 10 世代 (S₁₀) に到達した。この世代で、ゲノムを網羅する 18,579 SNP 座全てでホモ接合型となった個体が初めて出現した (Hosaka and Sanetomo 2020)。

この間、従来知られていた自家和合性変異体の多くは *Sli* が機能したためであり、男爵薯も含め Rough Purple Chili に由来する多くの近代品種に *Sli* が存在する可能性が示唆された (Clot *et al.* 2020)。2021 年になって、中国とオランダのグループはそれぞれ独立に *Sli* の同定に成功し、同じ学術雑誌の続きページに掲載された。*Sli* は 12 番染色体末端の F-box タンパクをコードする遺伝子で、上流 100 bp ほどのところで約 535 bp のトランスポゾンが入ることにより機能し、S-RNase と作用してこれを無害化し自家和合性になることが証明された (Eggers *et al.* 2021, Ma *et al.* 2021)。

第2の問題は2倍体バレイショで4倍体品種並の収量が得られるかということである。我々は、chc 525-3の自殖世代を進めた系統、栽培2倍種 *Solanum phureja* の倍加半数体、および上述した S₁₀ 系統の3つを便宜的にホモ系統と呼び、S₁₀ 系統の元親である S₀ 系統、Atlantic 半数体、およびコナフブキ半数体をヘテロ系統と呼んで、これらを相互に交雑した F₁ 集団について評価を行った（未発表）。ホモ系統間の雑種は集団内での均一性は極めて高く、花粉稔性、着蕾数、および着果数など稔性に関わる形質、および地上部重など生育力に関わる形質で両親を大きく上回った。一方、イモ収量、最大イモの重量、およびイモ数は、交配組み合わせに依存していた。次にこれらのゲノムを網羅する 17,713 SNP 座の平均ヘテロ接合度と諸形質の相関を見たところ、ヘテロ接合度が高いほど、出芽が早く、地上部重も大きかった。また開花も早く着蕾数も多くなった。最大イモの重量との相関は高いが ($r=0.684$)、イモ数は負の相関を示し ($r=-0.509$)、結果として収量との相関はさほど高くはなかった ($r=0.493$)。これは、生育力の増大がイモの個重を大きくし収量が高まったと考えられ、雑種強勢の2次的効果と考えられた。圃場試験では、S₀ 系統と Atlantic 半数体の雑種集団で、株当たり 900 g を越える試験区があり、4倍体品種に近い収量が得られた。

以上に述べたように、純系に近いものを得ることは可能であり、2倍体であっても4倍体並の収量が得られる潜在力が示された。しかし、先進国において2倍体 F₁ 品種が、従来品種に置き換わるとは考えにくく、無病種イモの生産体系がまだ整備されていない地域での栽培、種イモ不足の緊急対応、家庭園芸用、あるいはベビーポテトなどの新しい需要に対応する目的で今後広がる可能性はあると考えられる。

演題 4. 北海道畑作経営におけるバレイショ生産の現状と課題

Current situation of potato farms in Tokachi, Hokkaido

関根久子（農研機構中日本農業研究センター）

国産バレイショの約8割は北海道で生産され、そのうち4割が十勝地域で生産されている。本稿では、日本におけるバレイショの主産地である十勝地域を対象に、バレイショ生産の現状と課題について示す。

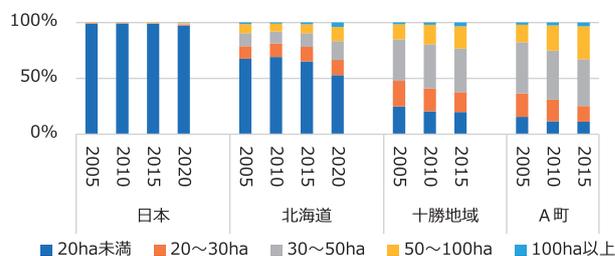


図1. 規模拡大の状況。

資料：農林水産省「農林業センサス」。

バレイショは青果として取引される「生食用」、ポテトチップスやサラダなどに加工されてから流通する「加工用」、デンプンの原料となる「でん原用」、種イモとなる「種子用」がある。十勝地域で生産されるバレイショの約7割は食用である生食用および加工用であり、コムギ、テンサイ、マメ類と合わせた輪作体系で生産される。表1にバレイショと他の畑作物の収益性および労働時間を示した。バレイショは、テンサイとともに収益性が高い作物である。生産者は、毎年、各圃場の前年の作物、土壌条件などを考慮し、各圃場に作付ける作物を決定するが、十勝の生産者はバレイショを作付ける圃場を優先的に決定することが多い。しかし、収益性が高いからといって、バレイショが制限なく作付けできるわけではない。連作障害を回避するためには、作付間隔を3年以上空ける必要があり、経営面積全体の25%がバレイショの作付面積の上限となる。また、表1にも示したように、バレイショは他の畑作物と比較して多くの労働力を必要とする。畑作経営が保有する労働力にも限りがあり、これもまたバレイショの作付面積の制約となる。

ここで、十勝地域に位置するA町のバレイショの作付動向を見てみたい。図1に示すようにA町は、十勝の中でも規模拡大が進む町である。少子高齢化の影響から、十勝全体で今後も規模拡大が進むと考えられるが、A町を見ることで十勝地域の将来像が想定可能となる。表2に2004年と2021年におけるA町のバレイショ生産の状況を示した。2004年から2021年の17年の間に、バレイショを作付ける経営は27戸減少した。しかしながら、A町全体のバレイショ作付面積は24 ha増加している。これは高性能の収穫機の開発・普及により、一戸当たりの面積が増加していることによる。バレイショの用途別に

表1. 畑作4品目における収益性・労働時間の比較

単位：千円/ha, 時間/ha

	バレイショ			でん原	テンサイ (移植)	コムギ	アズキ
	生食用	加工用	種子用				
生産額	1,553	1,159	1,798	963	1,128	876	754
変動費	893	379	898	298	436	392	201
生産額－変動費	660	780	900	665	692	484	553
労働時間	113.6	113.6	207.6	52.9	103.8	14.4	51.4

資料：北海道農政部編「北海道農業生産技術体系 第5版」。

表2. A町におけるバレイショ生産

単位：戸， ha， ha/戸

年	A町			生食・加工用			でん原用			種子用		
	戸数	面積	平均	戸数	面積	平均	戸数	面積	平均	戸数	面積	平均
2004	109	819.4	7.5	88	706.8	5.4	7	32.1	4.6	15	80.5	5.4
2021	82	843.4	10.3	69	763.3	11.1	1	2.9	2.9	12	77.3	6.4
差	-27	+24.0	+2.8	-19	+56.5	+5.7	-6	-29.2	-1.7	-3	-3.2	+1.0

注：2004年は生食・加工用とでん原用の両方を生産する1戸の経営があった。

見ると、生食・加工用が増加、でん原用は減少、種子用は若干の減少となっている。A町のバレイショ面積の増加は、生食・加工用の増加によるものである。

ところで、バレイショの生産には当然ながら種イモが必要である。十勝地域は、バレイショの主産地であるとともに、種イモを他の産地にも供給する地域でもある。A町においても、種イモを生産しており、町内で必要とする量を確保した後の余剰分は、他の産地へ販売している。バレイショの増殖率は10倍であり、町内で必要な種イモを生産するならば、種子用バレイショの面積は、生食・加工用とでん原用を合わせた面積の10分の1以上でなければならない。2004年時点では、生食・加工用(706.8 ha)とでん原用(32.1 ha)を合わせた面積は738.9 ha、種子用バレイショの面積が80.5 haであったことから、町内で種子供給は十分にでき、余剰分は他の地域に販売することもできた。しかし、2021年になると、生食・加工用(763.3 ha)とでん原用(2.9 ha)を合わせた面積は766.2 haに増加、一方の種子用バレイショの面積は77.3 haへと減少し、おおよそ自給が可能となる水準で、A町が他の産地へ種イモを供給することは難しくなっている。

図2に、2021年におけるA町畑作経営の経営面積とバレイショの作付面積の関係を示した。青が生食・加工用バレイショを作付けする経営、オレンジが種子用バレイショを作付けする経営である。青で示した生食・加工用バレイショとオレンジで示した種子用バレイショの線を比較すると、種子用バレイショでは経営面積が大きくてもバレイショの作付面積は生食・加工用バレイショほど

拡大していないことがわかる。

今後も規模拡大が進むことが予想される中で、A町においても種イモが自給できなくなる可能性がある。種イモの生産が減少すれば、十勝産種イモを使用する他の北海道や九州のバレイショ産地にも問題が波及する。規模が拡大しても種イモ生産の維持、拡大を可能とする仕組みが求められている。

総合討論

総合討論では青枯病抵抗性試験における接種・評価方法についての質問があり、青枯病菌の種の違いや菌株の違いを考慮して評価されたことがうかがえた。またバレイショF₁育種について、育種法の特許についてや、2倍体である必要性が問われた。4倍体レベルでは減数分裂時の染色体不分離による不稔性の問題などが浮上したが、それでも4倍体で行うべきだという議論がなされた。つまり2倍体では4倍体の収量を超えるのは不可能ではないかという見解である。植物は倍加することで収量性を向上させてきた、いや正しくはヒトが収量性の高いものを選抜した結果、それらが倍数体であった。果たして歴史に逆らい2倍体が倍数性の壁を超えることは不可能なのか、が焦点となった。

おわりに

ヘテロ接合性の高い4倍体のバレイショであっても、ゲノム編集技術を用いて新たな形質を持った材料を産み出せることが証明された。今後克服すべき課題は多いが、ゲノム編集技術がバレイショ育種の1手段となることを本ワークショップで示すことができたと思う。また、全国的にバレイショの作況指数の年次変動率が大きくなっている昨今、青枯病抵抗性をはじめ、より多くの病虫害抵抗性に対して遺伝子レベルで選抜を強化し、抵抗性品種の育成に努めなければ、バレイショ需要に対する供給不足やバレイショ生産者の減少に歯止めがかからないであろう。それを今回、北海道畑作経営におけるバレイショ生産の現状として具体的な数値で示されたことは参加者に大きな衝撃を与えた。特に種イモ生産の深刻な課題が露骨になった今、私たち育種研究従事者は何かが

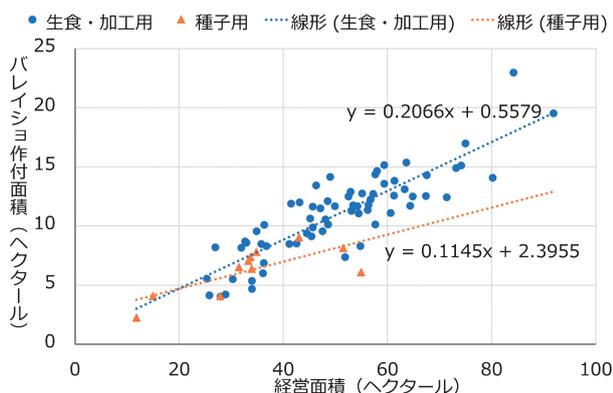


図2. 経営面積とバレイショ作付面積の関係(2021年)。

きるのであろうか。今後期待されるバレイシヨ F₁ 育種だけがそれを全て解決するとは思えない。しかし、何十年先を見据えた持続的なバレイシヨ育種と増殖生産体系を今考えなければ衰退の一途である。今こそ、異業種、異分野で融合し、問題解決に向けた1歩を踏み出す時である。

謝辞

本ワークショップの研究内容は、JST 創発的研究支援事業 JPMJFR2006 および、JSPS 科研費 JP21K19173 の助成(関根分)を受けて実施された。また、本ワークショップは多くの方々に関心を寄せて頂き、大盛況に終わった。この場を借りて参加者に御礼を申し上げるとともに、今後のバレイシヨの育種に期待を寄せて頂きたいと願う。

引用文献

- Birhman, R.K. and K. Hosaka (2000) Production of inbred progenies of diploid potatoes using an S-locus inhibitor (*Sli*) gene, and their characterization. *Genome* 43: 495–502.
- Clot, C.R., C. Polzer, C. Prodhomme, C. Schuit, C.J.M. Engelen, R.C.B. Hutten and H.J. van Eck (2020) The origin and widespread occurrence of *Sli*-based self-compatibility in potato. *Theor. Appl. Genet.* 133: 2713–2728.
- Eggers, E.-J., A. van der Burgt, S.A.W. van Heusden, M.E. de Vries, R.G.F. Visser, C.W.B. Bachem and P. Lindhout (2021) Neofunctionalisation of the *Sli* gene leads to self-compatibility and facilitates precision breeding in potato. *Nat. Commun.* 12: 4141.
- Habe, I. (2018) An *in vitro* assay method for resistance to bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum*) in potato. *Am. J. Potato Res.* 95: 311–316.
- Habe, I. and K. Miyatake (2022) Identification and characterization of resistance quantitative trait loci against bacterial wilt caused by the *Ralstonia solanacearum* species complex in potato. *Mol. Breed.* 42: 50.

当日 演題

はじめに 實友玲奈 (帯広畜産大学)

講演

- ゲノム編集によるバレイシヨ育種の現状と課題
梅基直行 (理研・環境資源科学研究セ)
- 長崎県のバレイシヨの最新育種技術～全ゲノム SNP 解析による青枯病抵抗性育種～
波部一平 (長崎県農林技術センター)
- バレイシヨ 2 倍体 F₁ 育種の現状と課題
保坂和良 (帯広畜産大)
- 北海道畑作経営におけるバレイシヨ生産の現状と課題
関根久子 (農研機構中日本農業研究センター)

- Hanneman, R.E. Jr. (1985) Self fertility in *Solanum chacoense*. *Am. Potato J.* 62: 428–429.
- Hosaka, K. and R.E. Hanneman, Jr. (1998a) Genetics of self-compatibility in a self-incompatible wild diploid potato species *Solanum chacoense*. 1. Detection of an S locus inhibitor (*Sli*) gene. *Euphytica* 99: 191–197.
- Hosaka, K. and R.E. Hanneman, Jr. (1998b) Genetics of self-compatibility in a self-incompatible wild diploid potato species *Solanum chacoense*. 2. Localization of an S locus inhibitor (*Sli*) gene on the potato genome using DNA markers. *Euphytica* 103: 265–271.
- Hosaka, K. and R. Sanetomo (2020) Creation of a highly homozygous diploid potato using the S locus inhibitor (*Sli*) gene. *Euphytica* 216: 169.
- Itoh, T., R. Onuki, M. Tsuda, M. Oshima, M. Endo, H. Sakai, T. Tanaka, R. Ohsawa and Y. Tabei (2020) Foreign DNA detection by high-throughput sequencing to regulate genome-edited agricultural products. *Sci. Rep.* 18: 4914.
- Ma, L., C. Zhang, B. Zhang, F. Tang, F. Li, Q. Liao, D. Tang, Z. Peng, Y. Jia, M. Gao *et al.* (2021) A *nonS-locus F-box* gene breaks self-incompatibility in diploid potatoes. *Nat. Commun.* 12: 4142.
- Sawai, S., K. Ohshima, S. Yasumoto, H. Seki, T. Sakuma, Y. Takebayashi, M. Kojima, H. Sakakibara, T. Aoki, T. Muranaka *et al.* (2014) Sterol side chain reductase 2 is a key enzyme in the biosynthesis of cholesterol, the common precursor of toxic steroidal glycoalkaloids in potato. *Plant Cell* 26: 3763–3774.
- Yasumoto, S., S. Sawai, H.J. Lee, M. Mizutani, K. Saito, N. Umemoto and T. Muranaka (2020) Targeted genome editing in tetraploid potato through transient TALEN expression by *Agrobacterium* infection. *Plant Biotechnol. (Tokyo)* 37: 205–211.
- 安本周平・坂井寛章・吉田均・梅基直行・斉藤和季・村中俊哉 (2022) ゲノム編集ジャガイモ中の外来遺伝子検出法の検討. 第 39 回日本植物バイオテクノロジー学会大会.
- Watanabe, K., H.M. El-Nashaar and M. Iwanaga (1992) Transmission of bacterial wilt resistance by First Division Restitution (FDR) 2n pollen via 4x × 2x crosses in potatoes. *Euphytica* 60: 21–26.