

令和3年度
生産流通振興事業報告書

令和4年6月

公益社団法人
北海道農産基金協会

目 次

区分	番号	課題名	課題区分		研究機関	開始 ページ
			完了	継続		
品種改良	A-1-1	馬鈴しょ疫病圃場抵抗性系統の開発促進	○		北見農試	1
	A-1-2	でん粉原料用馬鈴しょにおける高品質でん粉系統の開発促進	○		〃	5
	A-1-3	馬鈴しょGr・PVY等の抵抗性品種開発強化および特性検定試験		○	〃	9
	A-1-4	でん粉原料用馬鈴しょにおける早掘り適性をもつ多収品種の開発強化		○	〃	15
	A-1-5	DNAマーカーを用いたでん粉原料用馬鈴しょの効率的育種法の開発	○		帯広畜産大学	19
病害虫	A-2-1	オホーツク地方におけるでん粉原料用馬鈴しょの早期枯凋症状の原因解明と被害軽減対策の検討	○		北見農試	31
	A-2-2	インファロー散布を活用した馬鈴しょ害虫の防除法の確立		○	〃	39
	A-2-3	ジャガイモシロシストセンチュウ地域個体群の抵抗性品種等に対する寄生特性および遺伝的多様度の解明	○		北農研センター	45
	A-2-4	ジャガイモYウイルスの茎葉への移行速度とアブラムシ媒介率との関係	○		〃	49
	A-2-5	馬鈴しょ実生の雑草化リスクと病害虫への影響の検証	○		〃	55
栽培技術	A-3-1	でん粉原料用ばれいしょ新品種「コナヒメ」の安定生産のための栽培法の開発		○	十勝農試	61
	A-3-2	ジベレリンおよびジャスモン酸処理を組み合わせたでん粉原料用馬鈴しょの多収栽培技術の開発		○	北農研センター	69

馬鈴しょ疫病圃場抵抗性系統の開発促進 (完了課題)

1. 研究機関 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 北見農業試験場

2. 研究期間 令和元～3年度

3. 研究目的

(1) ジャガイモ疫病は、被害発生時には大幅な減収を引き起こす馬鈴しょの重要病害であり、薬剤防除のための農薬使用が生産コストの増加に繋がっている。特にでん粉原料用馬鈴しょでは常に安価な輸入代替品との競合に晒されている一方、生育期間が長いことで疫病防除回数が多く、さらに他用途より生産物の価格が低いため、生産コストの一層の低減が強く求められている。

(2) 疫病抵抗性を持つ多収品種の育成は、被害軽減と防除回数削減による生産コストの低下により、安定生産に寄与することが期待される。道総研では、抵抗性崩壊が起きにくい圃場抵抗性の付与を目指した品種開発を行っており、生食用の「花標津」、「さやあかね」を育成した。

有望系統の早期開発には初期世代からの選抜が有効であり、昨年度までの研究課題において、でん粉原料用「北系72号」、加工用「北系74号」などの有望な疫病圃場抵抗性系統を選抜している。これら有望系統の品種化および普及のためには、疫病無防除栽培における発病程度および収量性（減収程度）および塊茎腐敗抵抗性の情報を提示することが求められる。

(3) このため、疫病圃場抵抗性馬鈴しょ系統を、でん粉原料用を主体とし、一部加工用も加えて、初期世代から接種および圃場での無防除栽培による自然感染によって選抜を行う。抵抗性の目標は“強”とし、でん粉原料用では慣行栽培において「コナヒメ」以上の収量性、加工用では中生までの枯凋期で慣行栽培において「トヨシロ」以上の収量性を目標とする。また、北農研育成系統を含めた有望系統の疫病抵抗性検定試験・塊茎腐敗抵抗性検定試験を行う。

以上により、疫病および塊茎腐敗に抵抗性をもつ馬鈴しょ品種系統の開発を促進することで、北海道馬鈴しょおよび馬鈴しょでん粉の低コスト安定生産、安定供給に資することができる。

4. 研究内容

(1) 疫病菌の実生集団への接種による個体選抜

実生集団に疫病菌を接種し抵抗性個体を選抜する。令和3年は、でん粉原料用10組合せ、加工用1組合せ計5,376個体を供試。疫病菌を噴霧接種し、1週後に病斑の有無で選抜した。

(2) 中期世代における疫病無防除栽培による疫病抵抗性の検定

選抜個体・系統の疫病圃場抵抗性を、疫病無防除栽培で確認する。令和3年は、①第二次個体選抜世代では前年に接種検定で選抜した9組合せ990個体を供試。②系統

選抜試験では105系統、③生産力検定予備試験では16系統、④前期生産力検定世代では4系統を供試。

(3) 抵抗性系統・母本の疫病無防除における減収程度の調査と交配への利用

疫病圃場抵抗性をもつ有望系統及び母本の疫病無防除圃での減収程度を把握する。令和3年の検定材料は3系統。2反復。防除区は生産力検定試験成績を使用。抵抗性母本のうち有望なものは交配に利用した。

(4) 疫病抵抗性検定試験抵抗性系統

北見農業試験場・北海道農業研究センターの有望育成系統の疫病茎葉抵抗性について、疫病無防除圃で発病の推移を調査した。

(5) 塊茎腐敗抵抗性検定試験

北見農業試験場・北海道農業研究センターの有望育成系統の疫病茎葉抵抗性について、灌水を行うことにより疫病菌を感染させ塊茎腐敗の発生程度を調査した。

5. 研究結果

(1) 疫病菌の実生集団への接種による個体選抜

1,641個体を選抜し、選抜率は7～62%であった。最終的に1,301個体を収穫した(表1)。本課題を実施した3年間においては合計30組合せ14,304個体に接種を行い、接種による選抜率はそれぞれの年次において34%、31%、31%であり、接種検定は安定して実施できたと考える。最終的に3,909個体を収穫した。

(2) 中期世代における疫病無防除栽培による疫病抵抗性の検定

本年度は圃場で疫病の発生がなかったため、抵抗性の判定は行えなかった。本課題を実施した3年間では、表2のとおり検定を行い、疫病抵抗性“強”の有望系統「北系81号(K16117-2)」を育成した(系統選抜(R元)、生産力予備検定(R2)での検定結果による)。

(3) 抵抗性系統・母本の疫病無防除における減収程度の調査と交配への利用

圃場での疫病の発生がなかったため、本年度の減収程度は調査できなかった。本課題実施年度中に、試験に供試された圃場疫病抵抗性を有する有望系統は、「北系68号」、「北系69号」、「北系72号」、「北系74号」の4系統であった。いずれの系統も疫病の発生が少なく、比較品種と比べ減収程度は小さく母本として有望なことを明らかにした(表3)。交配については、総計でん粉原料用93組合せ、加工用50組合せで交配種子を得た(本年度は各7、9組合せ)。

(4) 疫病抵抗性検定試験抵抗性系統

本年度は圃場で疫病の発生がなかったため、抵抗性の判定は行えなかった。(表4)。

(5) 塊茎腐敗抵抗性検定試験

高温・干ばつの影響で地上部疫病の発生は遅れ8月24日であった。腐敗の発生は少なかったが品種間差が認められ、基準品種の発病いも率に基づき抵抗性を評価した。その結果「勝系54号」を弱、「北育29号」を中、その他の9系統を強と判定した(表5)。

6. 今後期待される成果

本課題で疫病抵抗性が強であると確認された「北系68、69、72、74号」については、疫病抵抗性母本として交配に活用することにより疫病抵抗性系統の開発が促進される。

「北系81号」については次期課題で継続して検定を行う共に、優良品種化に向けた試験を実施する。

< 具体的データ >

表1 実生集団における疫病抵抗性個体選抜（接種検定）

用途	組合せ 番号	交配組合せ		接種検定数			収穫 個体数
		母親	父親	供試	選抜	出現率(%)	
で ん 粉	K20102	アーリースターチ	K97022-24	528	166	31	158
	K20108	北育23号	根育38号	576	73	13	2
	K20111	北育26号	K97022-24	672	75	11	2
	K20122	北系72号	KG1478-2	144	10	7	9
	K20135	K14134-1	サクラフブキ	720	250	35	188
	K20139	K14134-1	K14135-20	576	226	39	202
	K20150	97A-77	サクラフブキ	216	133	62	116
	K20151	KB12183-1	北系64号	216	61	28	48
	K20162	北系68号	Eden	528	134	25	121
	K20164	K14134-1	Eden	600	356	59	320
加工	K20026	K07033-1	K13034-23	600	157	26	135
合計(平均)				5376	1641	(31)	1301

注1) 太字は疫病抵抗性母本。

2) 収穫個体数は、選抜個体のうち、形態異常(変形が著しい)等を除いた個体数である。

表2 中期世代における疫病抵抗性検定

		令和元年			令和2年			令和3年		
		供試組み 合わせ数	供試 系統数	抵抗性 系統数	供試組み 合わせ数	供試 系統数	抵抗性 系統数	供試組み 合わせ数	供試 系統数	抵抗性 系統数
系統選抜	でん粉	11	82	30	14	77	50	12	64	—
	加工	8	40	13	8	75	30	5	41	—
生産力 予備検定	でん粉	11	23	7	8	11	7	8	8	—
	加工	2	4	2	0	0	0	8	8	—
前期生産力 検定	でん粉	2	2	2	2	4	1	4	4	—
	加工	1	1	0	1	1	1	0	0	—

表3 抵抗性系統の疫病無防除区における減収程度調査

系統名	交配親		用途	抵抗性由来	供試年	防除区対比 (%)			AUDPC	
	母	父				標準品種		標準品種	標準品種	
北系68号	K04113-1	K05112-8	でん粉	W553-4	元	80	67	0	1067	
北系69号	K04113-1	K05112-8	でん粉	W553-4	元	76	67	0	1067	
北系72号	北育23号	K97022-24	でん粉	W553-4,リシリ	元~2	91	54	41	1041	
北系74号	MSK061-4	K07059-5	油加工	W553-4	2	87	58	159	1458	

注) 標準品種はコナフブキ (北系68, 69, 72号)、トヨシロ (北系74号)

表4 疫病茎葉抵抗性検定結果

系統名 または 品種名	防除区 枯ちょう 期(月.日)	疫病 初発日 (月.日)	調査日別 罹病小葉面積率(%)	無防除区 枯ちょう 期(月.日)	防除区 との差 (日)	AUDPC	抵抗性 判定
トヨシロ	9月15日	—		9月8日	7	—	—
北海111号	9月5日	—		8月31日	5	—	—
北育29号	9月16日	—		9月2日	14	—	—
北育31号	9月13日	—		9月7日	6	—	—
スノーデン	9月17日	—	発生なし	9月15日	2	—	—
きたひめ	9月23日	—		9月6日	17	—	—
北系77号	9月17日	—		9月6日	11	—	—
北系79号	9月25日	—		9月5日	20	—	—
マチルダ	9月30日	—		9月19日	11	—	—
さやあかね	9月25日	—		9月4日	21	—	—
コナヒメ	未	—		9月19日	—	—	—
コナユタカ	未	—		9月28日	—	—	—
北育30号	9月29日	—		9月9日	20	—	—
北系75号	10月1日	—		9月14日	17	—	—
北系76号	未	—		9月18日	—	—	—

注1) 「マチルダ」は同一圃場防除区の別試験の枯凋期である。

注2) 防除区の枯凋期に基づいて3グループ(早生~やや早相当:~9/15、中生相当9/16~9/25、やや晩~かなり晩相当:9/25~)に分け、グループ毎に抵抗性の評価を行った。

表5 塊茎腐敗抵抗性検定結果

供試品種・系統	萌芽期	枯凋期	調査 ^{注1)} いも数	発病いも率 ^{注2)} (%)	反復毎の発病いも率(%)			判定 ^{注2)} 【既存の評価】
					反復Ⅰ	反復Ⅱ	反復Ⅲ	
基準品種								
ひかる	6月6日	9月8日	317	7.3	8.3	8.3	5.4	弱【極弱】
トヨシロ	6月7日	8月30日	318	5.3	3.1	9.2	3.7	弱【やや弱】
農林1号	6月5日	9月6日	367	2.2	3.5	1.5	1.5	中【中】
エニワ	6月5日	9月6日	382	0.7	1.1	0	0.9	強【強】
オホーツクチップ	6月3日	8月24日	325	0.6	0	0	1.7	強【強】
スノーデン	6月6日	9月7日	348	0.6	0.8	0.9	0	強【強】
アーリースターチ	6月4日	8月31日	298	0.7	1.1	1.0	0	強【中】
コナユタカ	6月6日	9月23日	300	5.7	5.0	6.5	5.6	弱【極弱】
北育29号	6月3日	8月24日	316	2.5	1.0	1.0	5.4	中
北育30号	6月6日	8月25日	355	0	0	0	0	強
北育31号	6月3日	8月21日	360	0	0	0	0	強
北系75号	6月3日	9月8日	383	1.3	0.8	2.3	0.8	強
北系76号	6月3日	9月8日	336	0.3	0.9	0	0	強
北系77号	6月3日	8月27日	338	0	0	0	0	強
北海111号	6月5日	8月11日	320	0	0	0	0	強
北海112号	6月5日	8月30日	340	0.9	1.0	0.9	0.8	強
農研								
勝系51号	6月3日	8月22日	358	1.1	0.8	2.5	0	強
勝系53号	6月3日	8月27日	325	0.6	0	1.9	0	強
勝系54号	6月4日	9月25日	395	6.0	8.4	6.4	3.1	弱

注1) 調査いも数は3反復の合計値、発病いも率は3反復の平均値

注2) 判定基準: 発病いも率0~1.4%: 「強」、1.5~3.9%: 「中」、4.0%~: 「弱」

でん粉原料用馬鈴しょにおける高品質でん粉系統の開発促進 (完了課題)

1. 研究機関 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 北見農業試験場

2. 研究期間 令和元～3年度

3. 研究目的

(1) 北海道の馬鈴しょ作付面積は平成30年で50,800haであり、約1/3はでん粉原料用である。馬鈴しょでん粉は、施策等の変化に伴い、糖化用から市場評価がより高い食品原料など高価格用途の需要が増加しており、これに対応した離水率およびリン含量が低いでん粉特性を持つ品種が求められている。また、近年の天候不順などにより馬鈴しょでん粉の生産量は不安定となっており、馬鈴しょでん粉の安定供給も強く求められている。

(2) 北見農試で平成22年に育成した「コナユキ」は、でん粉品質が優れるが、小粒で「コナフブキ」並の収量であったことから、農業特性の改良が求められている。また、平成26年に育成した多収の「コナユタカ」はでん粉品質が「コナフブキ」並であることから、品質および収量ともにレベルの高いジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種の早期育成が強く望まれている。

実需者の求める特性を備えたでん粉原料用馬鈴しょ品種の育成を促進するためには、初期・中期世代から効率的にでん粉品質に関する選抜を行うことが重要であり、でん粉原料用品種の育成を行っている道総研での選抜を強化する必要がある。

(3) このため本課題では、初期世代からでん粉品質に関する選抜を強化する。初期世代では離水率およびリン含量に注目しての検定を行い、中期世代以降において白度およびゲル物性についての検定を強化する。開発目標は「コナユキ」並か優れるでん粉品質とする。これらることによって、育成に対する要望が強い、多収ででん粉品質が優れるシストセンチュウ抵抗性の馬鈴しょ品種の開発を促進し、北海道のでん粉原料用馬鈴しょの生産振興・安定供給、並びに馬鈴しょでん粉の需要拡大に資する。

4. 研究内容

(1) 第二次個体選抜世代における高品質でん粉系統の開発促進

高品質に期待する交配組合せについて、第二次個体選抜世代(育成3年目)におけるでん粉特性を調査し、「コナユキ」並の離水率を示す個体の選抜を強化する。令和3年は、19組合せ232個体を供試。

(2) 系統選抜世代以降における高品質でん粉系統の開発促進

でん粉原料用を目的とする系統選抜～前期生産力検定世代(育成4～6年目)におけるでん粉特性を調査し、「コナユキ」並の離水率・リン含量で、白度や糊化特性を含めて総合的にでん粉特性が優れている系統の選抜を強化する。令和3年は、①系統選抜世代31組合せ91系統、②生産力検定予備世代10組合せ25系統、③前期生産力検定世代10組合せ12系統を供試。

5. 研究結果

(1) 第二次個体選抜世代における高品質でん粉系統の開発促進（表1および2）

令和3年においては、16組合せ122個体を選抜した。本課題を実施した3年間に於いて、離水率が「コナユキ」並か低く、最高粘度が「コナユキ」並～「コナフブキ」並の個体を中心に、69組合せ478個体を選抜した。

令和2年の検定では、離水率の供試材料平均は「コナヒメ」、「コナユキ」並であり、「コナユキ」並から優る個体を中心に219個体を選抜した。

(2) 系統選抜世代以降における高品質でん粉系統の開発促進（表1および2）

① 系統選抜世代については、令和3年における離水率の供試系統平均は、「コナヒメ」並からやや優った。糊化開始温度は「コナユキ」並、最高粘度は「コナヒメ」並であり、21組合せ38系統を選抜した。本課題を実施した3年間に於いて、離水率が「コナヒメ」並か低く、最高粘度が「コナユキ」並～「コナフブキ」並の系統を中心に54組合せ113系統を選抜した。

令和2年の検定では、離水率が「コナユキ」より低く、リン含量が「コナユキ」「コナヒメ」に比べ高かった。収量性も重視し、「コナヒメ」並か優れる品質の37系統を選抜した。

② 生産力検定予備試験では、令和3年における離水率は「コナユキ」より低く、リン含量は「コナヒメ」より高く、白度は「コナユキ」より高かった。「コナユキ」より低離水率で白度が高く、リン含量が低い系統も得られたが、収量性等を考慮してこれら以外の4組合せ11系統を選抜した。本課題を実施した3年間に於いて、離水率・リン含量が「コナユキ」並か優れる23組合せ35系統を選抜した。

③ 前期生産力検定試験では、令和3年において「K12117-32」が「コナユキ」よりリン含量が低く、離水率は「コナヒメ」と「コナユタカ」の間であった。「K16117-2」はリン含量、離水率ともに「コナユキ」より低かった。（表3）。これらの2系統は、収量性なども考慮してそれぞれ「北系80号」、「北系81号」を付与し、継続して試験を実施することとした。本課題を実施した3年間に於いて、9組合せ9系統を選抜し、再試験に供試する系統を除く5系統に新北系番号を付与した。

高品質でん粉の開発強化によって優れた母本（特に、花粉稔性のある父本）が増加している。両親とも高品質な組合せが可能となり、本試験開始前（H30年）の前期生産力検定試験の供試系統とR3年の供試系統を比較すると、離水率、リン含量ともに品質が向上している。（図1）。

6. 今後期待される成果

多収、ジャガイモシストセンチュウ抵抗性で高品質なでん粉特性を持つ馬鈴しょ系統の育成。実需者の要望に応える品種の育成・普及により、北海道産馬鈴しょの需要拡大、生産振興が図られる。

新規課題において、「北育32号」、「北系80号」、「北系81号」および選抜された有望系統は、品質評価および生産力等の各種データを採取し、優良品種認定を目指す。

< 具体的データ >

表 1. 試験期間の年度別供試・選抜実績

年次	第二次個体選抜試験				系統選抜試験				生産力検定予備試験				前期生産力検定試験			
	栽植		選抜		栽植		選抜		栽植		選抜		栽植		選抜	
(令和)	組合せ	個体	組合せ	個体	組合せ	系統	組合せ	系統	組合せ	系統	組合せ	系統	組合せ	系統	組合せ	系統
元	33(14)	5039(177)	14	137	53(30)	301(85)	19	38	18(12)	31(19)	9	12	7(7)	11(11)	3	3
2	47(39)	6502(239)	39	219	30(21)	322(76)	14	37	19(16)	38(25)	10	12	9(9)	12(12)	3	3
3	35(19)	6336(232)	16	122	42(31)	320(91)	21	38	14(10)	37(25)	4	11	10(10)	12(12)	3	3
計	115(72)	17877(648)	69	478	125(82)	943(252)	54	113	51(38)	106(69)	23	35	26(26)	35(35)	9	9

注) 括弧はでん粉品質検定数。選抜は品質検定を行った個体・系統における選抜数である。

表 2. 第二次個体選抜試験～生産力検定予備試験における選抜系統のでん粉特性

世代	年次	系統名 または 品種名	系統 数	平均 粒径 (μ m)	リン 含量 (ppm)	離水 率 (%)	糊化開始 温度 ($^{\circ}$ C)	最高 粘度 (BU)
個体 二次	R元	検定系統平均	177	47.3	—	28.3	64.1	876
		選抜系統平均	137	47.4	—	26.5	63.9	895
		コナヒメ		48.5	—	27.6	64.8	973
		コナユキ		51.2	—	25.9	63.7	849
	R2	検定系統平均	239	47.2	—	26.7	64.7	777
		選抜系統平均	219	47.3	—	26.7	64.6	767
		コナヒメ		—	—	—	—	—
		コナユキ		—	—	—	—	—
	R3	検定系統平均	232	—	—	32.1	65.8	737
		選抜系統平均	122	—	—	29.7	65.5	736
		コナヒメ		—	—	27.2	65.7	889
		コナユキ		—	—	33.3	66.5	844
系統 選抜	R元	検定系統平均	85	52.4	540	29.5	63.9	853
		選抜系統平均	38	51.8	553	29.3	63.7	867
		コナヒメ		54.8	537	34.4	65.0	791
		コナユキ		51.5	541	36.2	64.6	775
	R2	検定系統平均	76	47.1	—	28.2	64.4	829
		選抜系統平均	37	48.6	605	27.0	64.3	838
		コナヒメ		53.4	516	33.5	64.9	840
		コナユキ		50.5	528	27.3	64.2	816
	R3	検定系統平均	91	50.2	642	41.0	66.1	801
		選抜系統平均	38	48.3	585	37.5	65.8	737
		コナヒメ		56.4	539	41.4	66.5	784
		コナユキ		50.8	550	38.9	66.4	691
生産力 予備	R元	検定系統平均	19	51.0	468	39.9	62.7	1,126
		選抜系統平均	12	52.4	477	45.8	63.3	1,116
		コナヒメ		52.6	478	31.8	62.3	1,106
		コナユキ		53.0	328	26.7	61.3	1,033
	R2	検定系統平均	25	48.8	521	30.8	62.4	1,100
		選抜系統平均	12	48.0	509	29.8	62.6	1,111
		コナヒメ		47.5	688	39.8	63.8	1,414
		コナユキ		54.9	815	41.9	62.9	1,392
	R3	検定系統平均	25	53.1	637	29.6	62.3	1,237
		選抜系統平均	11	54.0	644	26.8	61.8	1,272
		コナヒメ		56.9	588	38.1	63.5	1,117
		コナユキ		51.6	514	33.7	63.5	1,100

注1) R元の系統選抜のリン含量は、71系統を調査(斜字。他の形質で明らかに特性が劣る系統は調査しなかった)。堀場製作所製蛍光X線元素分析装置MESA-500Wで測定。

2) R2の個体二次選抜の標準品種は欠測。系統選抜は選抜系統のみリン含量を調査。堀場製作所製蛍光X線元素分析装置MESA-50で測定。

3) R3の個体二次は、平均粒径は調査未了。

表 3. 試験期間中に育成した有望系統のでん粉特性

	白度	平均 粒径 (μm)	離水 率 (%)	リン 含量 (ppm)	糊化特性		ゲル物性		備考
					糊化開始 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	最高粘度 (BU)	破断応力 (g)	圧縮距離 (mm)	
コナヒメ	90.4	51.6	34.9	697	63.1	1337	1288	10.1	
コナフブキ	92.1	50.0	46.2	787	63.9	1357	1644	9.6	
コナユタカ	91.4	53.3	43.7	741	63.0	1347	1533	9.6	
コナユキ	93.4	53.3	32.8	687	62.2	1294	1597	11.6	
北系72号	88.4	44.0	46.6	812	64.0	1438	1244	8.7	
北系75号	91.4	55.2	38.7	640	63.2	1317	1361	10.1	
北系76号	91.2	49.6	46.2	754	64.0	1329	1565	10.0	
K12117-32	91.4	51.0	40.6	580	64.3	1094	1346	8.8	北系80号
K16117-2	90.2	44.8	28.1	415	63.0	955	1542	12.3	北系81号

注 1) 上段は品種、下段は育成系統。

2) 白度はケット科学研究所製 粉体白度計 C-130で測定した。

3) 平均粒径は、堀場製作所レーザー回折/散乱式粒度分布測定装置LA-300で測定。

4) 離水率は、0.1M食塩水中において4%で糊化したゲルを5 $^{\circ}\text{C}$ で1週間貯蔵後、離水を測定した。

5) リン含量は、堀場製作所製蛍光X線元素分析装置MESA-50で測定した。

6) 糊化特性は、4%でん粉懸濁液(蒸留水)をブラベンダー社ビスコグラフで測定。

7) ゲル物性は、25%でん粉懸濁液(蒸留水)を固化したゲルを、5 $^{\circ}\text{C}$ で1日貯蔵後、レオメーターで測定した。

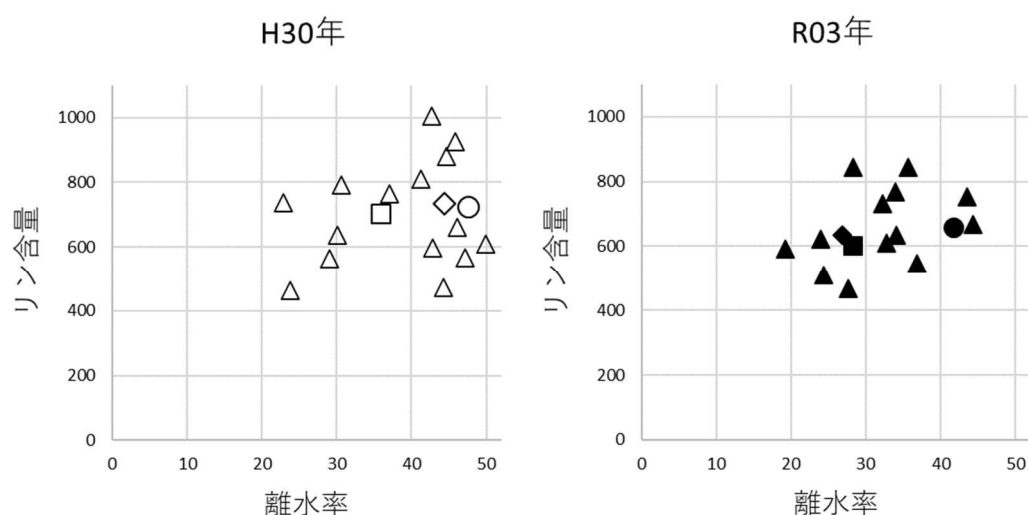


図 1. 前期生産力検定試験供試系統のリン含量と離水率

(左: H30年、右: R3年)

△: 供試系統、□: コナユキ、◇: コナヒメ、○: コナユタカ

馬鈴しょ Gr・PVY等の抵抗性品種開発強化および特性検定試験 (継続課題)

1. 研究機関 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 北見農業試験場
中央農業試験場

2. 研究期間 令和2～4年度

3. 研究目的

(1) ジャガイモシストセンチュウ (Gr) は馬鈴しょ栽培における重要害虫である。また、平成27年に確認されたジャガイモシロシストセンチュウ (Gp) は緊急防除対策が行われており、その終了後にはGp抵抗性品種の作付けが予定されている。そのため、収量性や品質に優れた線虫抵抗性品種の早期育成は、喫緊の課題となっている。

また、馬鈴しょ栽培には健全な種いも生産が重要であり、種いも栽培においてはウイルス株の抜き取りと、ウイルスを媒介するアブラムシの防除を徹底している。Yモザイク病 (PVY) 抵抗性品種は抜き取り作業を大幅に省力化することが可能で、種いも生産の効率化と負担軽減に繋がるため、抵抗性品種の育成が強く期待されている。一方、Yモザイク病抵抗性は他の不良形質とリンクしており、抵抗性を持たせながら農業形質を向上させるためには、より多様な育種材料の活用可能性を検討する必要がある。

(2) 育種の効率化・高精度化に、DNAマーカー選抜は欠かせない技術となっている。Gr抵抗性およびPVY抵抗性については、中央農試で開発したDNAマーカー選抜により、両病害虫抵抗性の「コナユタカ」が育成され、疫病抵抗性も含む3病害虫抵抗性の「北系72号」が選抜されている。

Gp抵抗性品種開発は、北見農試では平成28年から開始したところであるが、選抜においてDNAマーカーの活用が期待できることが報告されている。また、中央農試・北見農試で実施中の研究課題「馬鈴しょの農業形質に関連したDNAマーカーの探索と有効性検証」において、枯ちょう期マーカー (AGPsS-10a) の有効性が示唆されている。これらのDNAマーカーについても、積極的に活用することが必要である。

(3) このため本課題では、多数の個体をDNAマーカー選抜に供試して、ジャガイモシストセンチュウ・ジャガイモYウイルス抵抗性を持つ品種の育成を効率的に進める。また、Gp抵抗性を判別するDNAマーカーや熟期マーカーによる選抜を合わせて行い、耐病虫性を持つ適正な枯ちょう期の品種開発を促進する。

さらに、北農研育成系統も含めた有望系統のジャガイモシストセンチュウ抵抗性検定 (カップ検定)、Yモザイク病抵抗性検定 (接種検定) を行う。Yモザイク病の接種検定には、多様な遺伝的背景を持つ系統を比較することで抵抗性と農業形質の両立に資する情報を得られる可能性があることから、必要に応じて北海道外で育成された系統も供試する。

これらにより、北海道馬鈴しょおよび馬鈴しょでん粉の安定生産、安定供給に資することができる。

4. 研究内容

(1) DNAマーカーによる抵抗性検定

第二次個体選抜(育成3年目)において、収量やでん粉価等により選抜したでん粉原料用38組合せ688系統、加工用25組合せ342系統についてDNAマーカー検定に供試した。供試系統が持つ各抵抗性遺伝子(Gr抵抗性は*H1*、PVY抵抗性は*Rychc*、Gp抵抗性は*GpC237*、*Gpa5*および*Gpa6*)のマーカー遺伝子型で抵抗性系統を判定した。枯ちょう期は*AGPsS-10a*のマーカー遺伝子型で、早生型タイプの判定を行った。

(2) Gr抵抗性検定

北見農試育成系統の加工用「北系79号」およびでん粉原料用「北系78号」、北見農試・ホクレン農総研の共同育成系統の加工用「北育30号」、「北育31号」、北農研育成系統の生食用「勝系53号」およびでん粉原料用「勝系54号」を供試した。250mlのプラスチックカップに卵密度を70卵/乾土gに調整した汚染土50mlを入れて、その上に種イモを静置。さらにその上に、健全土25mlを重ねて密閉し、暗所で培養した。適宜給水を行い約2ヶ月後にカップの底面側面に確認される雌成虫数を計数した。

(3) PVY抵抗性検定

北見農試・ホクレン農総研の共同育成系統の加工用「北育29号」、「北育30号」、「北育31号」、北見農試育成のでん粉原料用「北系76号」、北農研育成の生食用「北海111号」、「北海112号」を供試した。植物体にPVYを接種し、エライザによる感染有無の確認と目視による病徴確認を実施した。2種類のPVY系統(PVY-N、PVY-NTN)を用いて各系統12個体を調査。

5. 研究結果

(1) DNAマーカーによる抵抗性検定

でん粉原料用では、検定した688系統のうち、586系統がGr抵抗性、411系統がPVY抵抗性、51系統がGp抵抗性を有することを明らかにした(表1)。このうち、Gr・PVY複合抵抗性は353系統、Gr・Gp複合抵抗性は43系統であった。また、枯ちょう期のマーカー選抜については、早生型の*AGPsS-10a*を保持する「北育26号」の後代を中心に78系統の検定を行い、49系統を早生型タイプと判定した。加工用では、検定した342系統のうち、274系統がGr抵抗性、121系統がPVY抵抗性を有し、GrとPVYの複合抵抗性は91系統であった。(表2)

(2) Gr抵抗性検定

「北系79号」、「北育30号」、「北育31号」、「勝系53号」、「勝系54号」では、いずれも雌成虫の着生が認められなかった(表3)。「北系78号」、多数の雌成虫が着生したため、感受性と判定した。昨年度に実施した試験結果も勘案し、累年の結果から「勝系53号」についてはGr抵抗性であると判定した。

(3) PVY抵抗性検定

平年よりも晴天が続く気象経過となったため、日中のガラス室内が連日40℃を超

える条件となった。馬鈴しょの生育が著しく徒長し、高温により病徴がマスキングされたため、ガラス室内の温度が低下するまで調査を継続したが回復しなかった。一部の品種では枯死個体が多くエライザによる感染有無が検定できなかった。(表4)

今年度エライザに供試した抗体の非特異反応が強く、抵抗性である「コナユタカ」で偽陽性反応が認められた。

上記のような状況から、夏季に実施した試験では品種・系統の能力を評価できなかったため、冬季に再試験を実施中。

6. 今後期待される成果

北見農試育成のでん粉原料用「北育32号(北系76号)」(目標:コナヒメ置き換え)、「北系79号」(目標:「きたひめ」「スノーデン」置き換え)、ホクレンとの共同育成の加工用「北育31号」(目標:「トヨシロ」置き換え)、は、優良品種認定に向けて次年度も検定を継続する。過年度の検定結果では、「北育32号」、「北系79号」の2系統はGr・PVY複合抵抗性が期待できる系統である。

北農研育成の生食用「北海111号」(目標:「とうや」置き換え)、「北海113号(勝系53号)」(目標:「キタアカリ」置き換え)、でん粉原料用「北海114号(勝系54号)」(目標:コナヒメ置き換え)は、優良品種認定に向けて次年度生産力等の調査を継続する。生食用「北海112号」は、Gp抵抗性“中”で多収の生食・加工用新品種として品種登録出願予定である。

DNAマーカー検定による抵抗性系統の効率的な選抜により、各種病害抵抗性を保持し、収量・品質面にも優れた系統の開発が促進される。

< 具体的データ >

表 1 令和3年度 DNAマーカー検定結果（でん粉原料用）

試験 番号	目 組合せ 標 番号	交配組合せ		供試	マーカー検定(抵抗性型)					
		母	父		Gr	PV Y	Gp	Gr• PV Y	Gr• Gp 複合	AGP sS- 10a
51	K17102	北系59号	Eden	23	18	22	7	18	6	13
52	K18045	コナユタカ	Eden	17	15	8	7	5	7	
53	K18047	北系63号	Eden	11	7	5	1	3	1	
54	K19101	北育23号	Innovator	4	3	3	3	2	2	1
56	K19103	K16164-2	Innovator	4	3	3	0	2	0	
57	K19104	北育16号	Eden	21	15	6	9	6	7	
58	K19105	北育23号	Eden	17	13	15	4	12	3	
59	K19106	北系72号	Eden	37	33	20	20	17	17	
60	K19107	北育23号	P55/7	6	2	3		1		
61	K19108	北育26号	P55/7	12	9	12		9		6
62	K19109	北育16号	12601ab1	1	1	0		0		
63	K19110	北育23号	12601ab1	3	3	2		2		
64	K19111	北育26号	12061ab1	39	34	39		34		29
65	K19112	北系72号	12601ab1	10	10	6		6		
66	K19113	コナユタカ	北系72号	6	6	6		6		
67	K19115	コナユキ	北系72号	8	6	5		4		
68	K19117	コナフブキ	北系72号	1	0	1		0		
69	K19118	コナヒメ	K12113-10	35	30	30		25		
70	K19119	コナヒメ	K14135-20	38	38	27		27		
71	K19120	北育16号	K05112-8	10	9	4		3		
72	K19122	北育23号	北系58号	7	5	3		2		
73	K19129	北系54号	K13175-16	16	14	8		7		
74	K19130	北系54号	北系58号	31	28	14		13		
75	K19133	北系68号	K14135-20	6	5	3		3		
76	K19134	北系69号	K14125-12	10	9	9		8		
77	K19135	北系72号	K07119-5	4	4	3		3		
78	K19138	北系72号	K14125-12	1	1	1		1		
79	K19142	北系72号	コナフブキ	35	24	25		18		
80	K19144	北系72号	北系64号	30	28	16		15		
81	K19150	K14125-19	K09142-11	46	42	5		5		
82	K19153	K14134-1	北系58号	38	37	23		22		
83	K19157	スノーマーチ	北系72号	3	3	0		0		
84	K19160G	KG1465-2	サクラフブキ	37	27	23		17		
85	K19161G	KG1465-2	北系64号	21	17	8		8		
86	K19170G	北系68号	A14 (12H180-1)	19	12	6		4		
87	K19171G	北系68号	A21 (12H189-2)	23	18	9		8		
88	K19174G	北系72号	A14 (12H180-1)	25	25	13		13		
89	K19175G	北系72号	A21 (12H189-2)	33	32	25		24		
合計(38組合せ)				688	586	411	51	353	43	49

表2 令和3年度 DNAマーカー検定結果（加工用）

試験 目 組合せ 番号 標 番号	交配組合せ		マーカー検定(抵抗性型)							
	母	父	供試	Gr	PV Y	Gr・ Gp PV Y	Gr・ Gp 複合	AGP sS- 10a		
1	K19004H	北系73号	H95305-1	16	13	12	7			
2	K19005H	北系73号	HP05	3	3	2	2			
3	K19006H	北系73号	H02142-2	20	14	11	7			
4	H19003K	SH-572	K13034-23	13	13	3	3			
5	H19004K	H93086-31	北育24号	11	10	6	6			
6	H19005K	87062-212	K13034-23	18	16	8	7			
7	H19007K	H04158-3	K07033-1	27	23	1	1			
8	H19008K	H05006-11	K13034-23	7	7	4	4			
9	H19009K	H06012-40	K07059-5	4	4	3	3			
10	H19010K	H05047-14	北育24号	15	9	8	4			
11	H19011K	H03079-2	K13034-23	17	17	9	9			
12	H19012K	H10030-35	K13034-23	7	6	3	2			
13	H19013K	P981	北育10号	4	1					
29	K19078G	スノーマーチ	E02(16H51-2)	3	3	1	1			
30	K19082G	北系70号	C04(14H119-2)	9	5	8	4			
31	K19085G	北系70号	C14(14H190-1)	7	5	4	3			
32	K19088G	北系74号	C04(14H119-2)	3	3	0	0			
33	K19092G	K12020-2	A21	26	16	15	10			
34	K19093G	K14024-10	C04(14H119-2)	12	10	3	2			
35	K19097G	KG1418-6	K07059-5	21	18	6	6			
36	K19069	北系74号	Elles	12	9					
37	K19070	北系74号	Innovator	9	6					
38	K19071	北系74号	Eden	18	15					
39	K19072	北系73号	Eden	23	16	14	10			
40	K19073	K13046-22	Eden	37	32					
合計(25組合せ)				342	274	121	-	-	91	-

表3 接種によるGr 抵抗性検定試験成績

品種・系統名	シスト(メス成虫数)						6カップ の平均	レンジ	判定
	①	②	③	④	⑤	⑥			
勝系53号	0	0	0	0	0	0	0	0	R
勝系54号	0	0	0	0	0	0	0	0	R
北育30号	0	0	0	0	0	0	0	0	R
北育31号	0	0	0	0	0	0	0	0	R
北系78号	94	92	64	119	149	114	105.3	64 ~ 149	S
北系79号	0	0	0	0	0	0	0	0	R
男爵薯	93	95	117	169	107	124	117.5	93 ~ 169	S
とうや	0	0	0	0	0	0	0	0	R
トヨシロ	179	150	189	141	138	251	174.7	138 ~ 251	S
コナヒメ	0	0	1	1	0	0	0.3	0 ~ 1	R

注) R:抵抗性、S:感受性（平成31年3月設定基準（カップあたり平均着生数1個未満）による）

表4 PVYによる接種当代のばれいしょ品種および系統の反応（夏季試験の結果）

接種系統	育成品種 系統名	接種葉			上葉			
		感染率(%)	病徴 ¹⁾	ウイルス上葉移行率(%)	病徴 ¹⁾	ウイルスの回収		
N系統	北海111号	27	(3/11)	-	50	(3/6)	不明 ³⁾	+
	北海112号	83	(10/12)	M,Y	83	(10/12)	M	+
	北育29号	83	(10/12)	LL,VN,(M),Y	0	(0/3)	-	-
	北育30号	8	(1/12)	LL,(M)	0	(0/12)	-	-
	北育31号	42	(5/12)	LL	30	(3/10)	-	+
	北系76号	75	(9/12)	LL,M,Cr	58	(7/12)	(M)	+
	男爵薯	100	(12/12)	LL,M,Y	67	(4/6)	M,Y	+
	トヨシロ	100	(12/12)	LL,VN,N,Y	N.T.	N.T.	NS, VN, St, N, M, Cr	N.T.
	コナヒメ	83	(10/12)	LL,VN	75	(9/12)	M	+
	コナユタカ	67	(8/12)	-	67	(8/12)	-	+
	西海42号	50	(6/12)	LL	0	(0/1)	-	-
	ニシユタカ	100	(12/12)	LL,VN,Y	0	(0/12)	-	-
	NTN系統	北海111号	18	(2/11)	Cr	0	(0/5)	-
北海112号		58	(7/12)	不明 ⁴⁾	58	(7/12)	不明 ⁴⁾	+
北育29号		8	(1/12)	-	33	(1/3)	M	+
北育30号		N.T.	N.T.	-	N.T.	N.T.	-	N.T.
北育31号		42	(5/12)	-	42	(5/12)	-	+
北系76号		100	(12/12)	LL	92	(11/12)	-	+
男爵薯		42	(5/12)	LL,Y	30	(3/10)	M,NS,Y	+
トヨシロ		100	(8/8)	LL,Y,N	100	(6/6)	NS,VN,Y,N	+
コナヒメ		100	(11/11)	LL	100	(11/11)	NS,Y	+
コナユタカ		100	(12/12)	-	100	(12/12)	-	+
西海42号		50	(6/12)	LL,M	N.T.	N.T.	M	N.T.
ニシユタカ		92	(11/12)	LL,VN,Y	43	(3/7)	VN,M	+

1) 略号は以下の病徴を示し、括弧のついたものは病徴が不明瞭であったことを示す。

M:モザイク, N:枯死,LL:局部病斑,NS:壊死斑, VN:脈えそ,St:茎えそ, VC:葉脈透過, Cr:れん葉, Y:黄化

2) 接種葉の感染率は病徴の有無による。上葉へのウイルス移行率および回収の有無はエライザによる。

3) 無接種個体も含め、凹凸が強く、れん葉などの病徴を判断できなかった。

4) 無接種個体も含め、葉に色むらが出ていたため、モザイク等の病徴を十分に判断できなかった。

5) N.T.:枯死等により、エライザでの感染有無を確認できなかった。

でん粉原料用馬鈴しょにおける早掘り適性をもつ 多収品種の開発強化（継続課題）

1. 研究機関 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 北見農業試験場

2. 研究期間 令和2～4年度

3. 研究目的

- (1) 北海道の馬鈴しょでん粉用品種は、ジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種に100%切り替わる予定である。しかし、近年の天候不順等の影響で、需要に供給が追いつかない状態が続いており、安定多収品種の育成が、産地から最も大きな要望として上がっている。北見農試では、ジャガイモシストセンチュウ抵抗性のでん粉原料用品種として、平成26年に「コナユタカ」を育成し、「コナフブキ」より多収な特性から普及が見込まれているが、早期収穫における収量は「コナフブキ」並であり、着生いも数が少ないことが問題点として生産現場から指摘されている。
- (2) 気象条件の変動が大きい中、安定した収量をあげるでん粉原料用品種を開発するためには、塊茎の初期肥大性が優れる品種を選抜することが重要である。現状の品種開発事業では、枯ちょう期が調査すべき必須形質となっているため収穫調査時期は遅く、必ずしも早期肥大性の優れる系統を積極的に選抜できていない。このため、安定多収品種を開発するためには、早期肥大性の優れる系統の選抜のほか、有望育成系統について塊茎肥大性や栽培特性を把握することが重要である。
- (3) このため本課題では、中期世代から早期収穫適性を調査し、積極的に早期肥大性が優れる系統の選抜を行う。また、選抜された有望系統について、生育経過追跡調査により塊茎肥大の推移を詳細に調査することで、生育および塊茎肥大特性を把握する。有望な北育系統は施肥反応試験および主産地における適応性を調査し、優良品種認定時の資料にするとともに、多収栽培技術確立のための基礎データとして活用する。
これらの調査を行うことで、北海道馬鈴しょおよび馬鈴しょでん粉の生産振興、安定供給に資する。

4. 研究内容

(1) 早期収穫適性試験

選抜中期～後期世代の育成系統について早期収穫適性を調査し、選抜の資料とする。検定系統は、「北系75・76・78号」および前期生産力検定世代（13系統）、計16系統。調査項目は、生育期節、収量、でん粉価（以下同様）。5月12日に植え付け、9月2日に茎葉処理、9月8日に収穫を行った。

(2) 生育経過追跡試験

育成系統について、地上部生育および塊茎肥大の追跡調査を行う。検定系統は「北系75・76号」、3反復で実施。5月12日に植え付け、6月上旬から半月ごとに10月中旬まで調査を行った。

(3) 栽培特性検定試験

有望育成系統について、施肥量および栽植密度を変えたときの反応を「コナヒメ」「コナユタカ」と比較する。検定系統は「北系75・76号」、施肥量は標準肥、開花期追肥（窒素4kg/10a相当）の2水準、栽植密度は標準植(75×30cm)と疎植(75×36cm)の2水準とし、3反復で実施。5月12日に植え付け、10月14日に収穫前処理、10月15日に収穫を行った。

(4) 主産地適応性検定試験

有望育成系統について、主産地であるオホーツク斜網地域において栽培し、適応性を調査する。検定系統は「北系75・76号」、試験場所は網走市、2反復で実施。4月20日に植え付け、10月8日に収穫を行った。

5. 研究結果

(1) 早期収穫適性試験

「北系75・76号」の早掘り時におけるでん粉重は「コナヒメ」より多収であり、前期生産力検定13系統の平均は「コナヒメ」並であった(表1)。供試品種・系統のうち「コナフブキ」が最も多収であったが、「コナヒメ」「アーリースターチ」を上回る系統が多く、供試系統全般の早期肥大性向上が示された。なお、「北系78号」はジャガイモシストセンチュウ感受性であったことから試験を中止し、収量等の評価は行わなかった。

(2) 生育経過追跡試験

調査個体の生育差が大きかったと考えられ、一定の傾向が得られなかった。総合的に判断して、「北系75号」は、枯ちよう期のでん粉重が「コナヒメ」並であったが、8月上旬～9月上旬までは供試品種・系統において最も高く推移していた。「北系76号」は、総じて「コナヒメ」並からやや高く推移し、枯ちよう期のでん粉重が最も多かった(図1)。

(3) 栽培特性検定試験

疎植・追肥の効果は判然としなかった。特に「北系76号」は、上いも数が増加しなかったことから疎植において低収となった。(図2)。

(4) 主産地適応性検定試験

網走市では、高温の影響と考えられる萌芽型の二次成長により、「コナヒメ」「コナユタカ」のでん粉価が著しく低かった(表2)。一方で、上いも重はかなり重く、でん粉重の差はそれほど大きくはなかった。

「北系76号」は、配付先における成績も踏まえ、「北育32号」を付与して試験を継続する。「北系75号」は小粒の懸念があることや、網走市において萌芽性が劣ったことから試験中止とした。また、前期生産力検定試験供試系統のうち、ジャガイモシストセンチュウ・ジャガイモYウイルス抵抗性である「K12117-32」に「北系80号」を、ジャガイモシストセンチュウ・ジャガイモYウイルス・疫病圃場抵抗性である「K16117-2」に

「北系81号」を付与した（表1）。

6. 今後期待される成果

早掘り適性に優れる多収系統が選抜され、気象変動に対する生産安定性のある品種開発が促進される。有望育成系統の生育・栽培特性が明らかとなり、優良品種認定時の資料として利用するとともに、塊茎肥大経過や施肥量・栽植密度反応から多収栽培法開発の基礎データとして活用できる。

<具体的データ>

表1. 早期収穫適性調査成績（北見農試）

系統・ 品種名	早掘り試験(9/2茎葉処理、9/8収穫)						生産力検定試験結果(10/12収穫)				備考
	上いも 数 (/株)	上いも 平均重 (g)	上いも 重 (kg/10a)	でん粉 価 (%)	でん粉 重 (kg/10a)	同左 標準比 (%)	枯ちよ う期 (月/日)	上いも 重比 (%)	でん粉 価 (%)	でん粉 重比 (%)	
北系75号	14.8	77	5,040	24.1	1,164	116	10/01	78	26.4	101	中止
北系76号	12.1	101	5,453	22.7	1,183	118	10/11	94	23.3	106	北系32号
K12117-32	12.9	92	5,267	23.2	1,169	116	10/09	94	23.1	105	北系80号
K16117-2	13.7	90	5,482	20.6	1,074	107	47%	99	22.6	108	北系81号
(13系統平均)	16.3	76	5,490	19.4	1,030	103	—	96	20.9	97	
コナヒメ	12.9	94	5,406	19.6	1,005	100	70%	(7,140)	20.8	(1,414)	
アーリースターチ	11.2	112	5,587	19.4	1,026	102	10/08	90	20.0	86	
コナユタカ	11.0	108	5,300	19.5	978	97	23%	99	21.4	102	
コナフブキ	12.9	99	5,649	22.7	1,224	122	10/06	84	21.8	88	

注) 生産力検定試験の枯ちよう期において、下線は未枯ちようの反復を除いた平均値、パーセンテージは収穫前処理時点(10/11)での茎葉枯ちよう割合。上いも重比およびでん粉重比における括弧は実数。

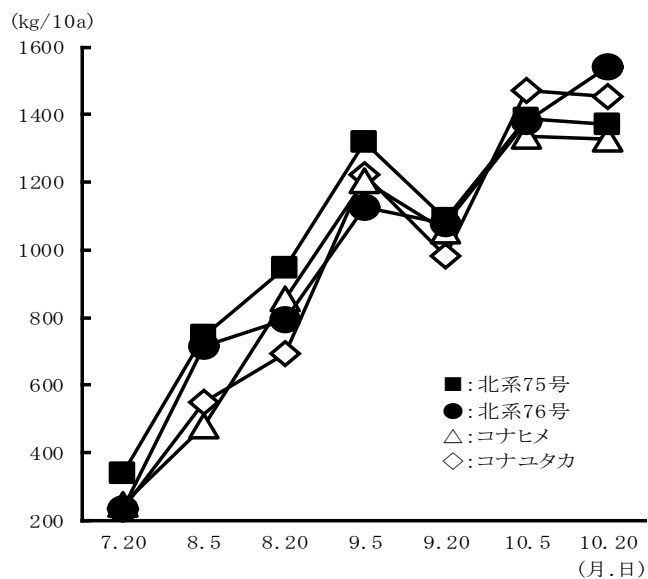
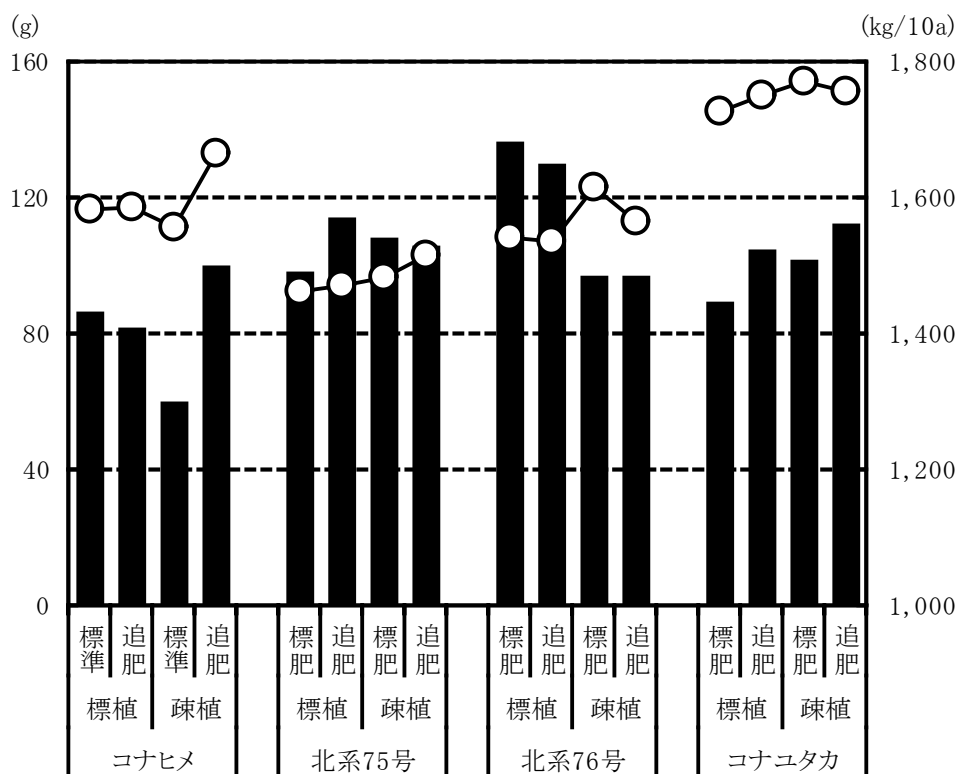


図1. 「北系75・76号」のでん粉重の推移（北見農試）



左軸: 上いも平均重(○)、右軸: でん粉重(■)
 図2. 施肥量および栽植密度反応試験 (北見農試)

表2. 主産地適応性検定試験 (網走市)

系統 または 品種名	萌芽 期 (月/日)	枯ちよ う期 (月/日)	茎 長 (cm)	上いも 数 (/株)	上いも 平均重 (g)	上いも 重 (kg/10a)	同左 標準比 (%)	でん粉 価 (%)	でん粉 重 (kg/10a)	同左 標準比 (%)	総合評価 単 年 度	有望 度	備考
北系75号	6/10	未達	48	10.5	105	5,038	69	20.0	955	103	△	×	萌芽率やや劣
北系76号	6/03	未達	61	7.3	168	5,618	77	17.4	914	99	△	□(再)	中心空洞
コナヒメ	6/06	未達	46	14.9	107	7,263	100	13.8	927	100			
コナユタカ	6/04	未達	58	7.9	197	7,078	97	13.1	853	92			

注1) 畦幅×株間=73×30cm(4,566株/10a)、施肥量(kg/10a)はN:P₂O₅:K₂O=14(基肥10+追肥4):18.6:0。

2) すべての供試品種・系統において、収穫日である10/8までに枯ちよう期に達しなかった。

DNA マーカーを用いたでん粉原料用馬鈴しょの 効率的育種法の開発（完了課題）

1. 研究機関 国立大学法人 北海道国立大学機構 帯広畜産大学

2. 研究期間 令和元～3年度

3. 研究目的

- (1) 北海道のでん粉原料用馬鈴しょ産地において、安定的かつ省力的に、でん粉原料用品種を普及、生産させるためには、高収量・高でん粉性に加え、病害虫抵抗性遺伝子の付与が必須であり、そのためには有用な抵抗性遺伝子の集積と DNA マーカーを利用した効率的選抜技術を育種に導入する必要がある。
- (2) 現在、我が国の馬鈴しょ育種においては、「さやあかね」に由来する疫病抵抗性遺伝子 (*R2*)、シストセンチュウ抵抗性遺伝子 (*HI*)、Y ウイルス抵抗性遺伝子 (*Ryhc*)、および X ウイルス抵抗性遺伝子 (*Rx1*) に対して実用的に DNA マーカーが用いられている。これらの抵抗性遺伝子は、1 コピーを持つだけで抵抗性を示す。しかし、これと感受性品種を交配すると、その子供集団では抵抗性個体の出現頻度は 50% であるため、たとえ農業形質に優れていても半数は捨てられることとなる。馬鈴しょは同じ染色体が 4 本あるため、同じ遺伝子を最大 4 コピー持つことができる。2 コピー以上を持つと（多重式化）、その子供集団では抵抗性個体の出現頻度が飛躍的に高まるため選抜効率は向上する。また我々は、これまで利用することができなかったメキシコ野生種に由来する高度疫病抵抗性遺伝子 *Rpi-blb3* を栽培種へ導入することに成功した。この抵抗性遺伝子に対しても DNA マーカーが開発されており、*R2* と *Rpi-blb3* の 2 つの疫病抵抗性遺伝子を併せ持つ系統の作出も DNA マーカーを用いることにより容易に行えるようになった。我々がこれまで育成したアンデス在来品種由来の優良系統の中には高でん粉性系統が含まれており、既に育種現場ではその利用が図られている。高でん粉性を支配する遺伝子を突き止めればより効率の良い選抜が可能となる。
- (3) このため、既存の高収量・高でん粉性系統を土台にしてより高でん粉性を目指しつつ病害虫抵抗性遺伝子を多重式 (=2 コピー以上) に集積できるよう、マーカーの新規開発から育種的利用までのマーカー選抜技術を一連のシステムとして構築し、北海道馬鈴しょ及び馬鈴しょでん粉用品種の振興に資する。

4. 研究内容

(1) 多重式系統の作出および新規疫病抵抗性遺伝子の導入

高収量、高でん粉性を有するアンデス在来品種由来の優良系統 (PGEL 系統) へ「さやあかね」に由来する疫病抵抗性 (圃場抵抗性) 遺伝子 *R2* と、馬鈴しょ野生種由来の高度疫病抵抗性遺伝子 *Rpi-blb3* の導入を試み交配を行った。さらに、抵抗性

遺伝子の集積および多重式化を目指すため、PGEL 系統間でも交配を行い、集団を育成し、Real-time PCR により優秀な多重式系統の選抜を行った。

(2) 野生種由来の抵抗性遺伝子を導入した新規でん粉用母本の作出

高でん粉性に関係していると報告されている野生種 *S. stoloniferum* 由来の細胞質型を有し、疫病抵抗性遺伝子 (*R2*) および PVY 抵抗性遺伝子 (*Rysto*) を持つでん粉原料用優良系統を育成することを目的として野生種由来の 5 系統へ高でん粉性 PGEL 系統を交配し収量が高く、*R2* および *Rysto* を含む抵抗性遺伝子を複数有する系統を優良交配母本として選抜した。

(3) でん粉性に関する候補遺伝子内の一塩基多型 (SNP) の同定と DNA マーカー化

高でん粉性の品種を効率的に選抜するための手段として、将来的に遺伝子診断による選抜が可能になることを目指し、でん粉含量および収量に影響を及ぼしていると報告のある 15 の遺伝子内における DNA 多型を調査し、154 および 108 の育種系統用いてその効果を明らかにした。

(4) アンデス在来種由来の高でん粉性に関わる遺伝子の探索

アンデス在来品種に由来する高でん粉性に関わる遺伝子領域を同定するために、3 年間に渡りアンデス在来種由来の高でん粉性系統 (12H189-2) と既存品種 (さやか) との交配で得られた 160 系統を栽培し、でん粉含量 (比重) のデータと DNA 多型に基づいて QTL 解析を行ない、第 5 染色体と第 7 染色体上にでん粉性に関連する QTL を検出した。

5. 研究結果 (令和元年～令和 3 年度のまとめ)

(1) 多重式系統の作出および新規疫病抵抗性遺伝子の導入

1 年目は PGEL 系統どうしを交配して育成した集団を圃場で栽培し、78 系統を選抜した。これらの DNA を抽出し、抵抗性遺伝子のコピー数を Real-time PCR により調べた結果、すべての系統がシストセンチュウ抵抗性遺伝子 (*H1*) を持っており、そのうち、25 系統が 2 コピー、5 系統が 3 コピー以上保持していた (第 1 表)。Y ウイルス抵抗性遺伝子 (*Ryche*) を持っている系統は 77 系統で、そのうち、18 系統が 2 コピー以上、4 系統が 3 コピー以上保持していた。疫病抵抗性遺伝子 (*R1*) については 69 系統が保持しており、そのうち 19 系統が複数コピー持っていた。また、*R2* を保持していた系統は 9 系統、*Rpi-blb3* を保持していた系統は 34 系統であった。

2 年目には抵抗性遺伝子の多重式化ならびに収量性などの農業形質が向上した系統を選抜するために、優良系統どうしを交配して得られた 5 系統群 179 系統を用いて、*R2*, *H1*, *Rx1*, および *Ryche* を 2 コピー以上持つと期待される系統を Real-time PCR より多重式検定を行い選抜した。その結果全ての系統が 1 つ以上の抵抗性遺伝

子を保有しており、抵抗性遺伝子保有率の平均は *H1* では 82.6%、*Rx1* では 80.3%、*Ryche* では 60%、*Rpi-blb3* では 38%、*R2* では 48.6%で、*H1*、*Rx1*、*Ryche*、*Rpi-blb3* および *R2* を全て併せ持ちかつ多重式であった 11 系統を選抜することができた（第 2 表）。

3 年目の圃場試験により、高収量、高でん粉性系統を父親に持ちかつ、*H1* を 3 コピー、*Rx1* を 2 コピー、*Ryche* を 1 コピー有する 20H55-6 が優良系統として選抜され（第 1 図）、今後のでん粉原料用品種の母本としての活躍が期待される。

また、高収量、高でん粉性を有する高でん粉性 PGEL 系統（12H189-2）へ、馬鈴しょ野生種由来の高度疫病抵抗性遺伝子 *Rpi-blb3* を含む複合抵抗性遺伝子を導入するために *Rpi-blb3* を有する優良 PGEL 系統（18H204-1）を交配した。得られた集団（21H111）の種子を播種し、120 系統を黒ポリポットで育成した。マーカー検定により抵抗性遺伝子の有無を調べた結果、57 系統が *R1*、104 系統が *Rx1*、90 系統が *Ryche*、90 系統が *H1*、51 系統が *Rpi-blb3* を有しており、それらのうち 12 系統は上記 5 遺伝子をすべて有していた（第 3 表）。各系統の塊茎収量を測定し、収量が高く、*Rpi-blb3* を含む抵抗性遺伝子を複数有する 2 系統（21H111-102 と 21H111-117）を優良交配母本として選抜した。

以上の研究成果より、PGEL 系統に新規疫病抵抗性を導入することができた。また、Real-time PCR 法を用いることにより遺伝子のコピー数を識別することが可能になり、2 コピー以上の多重式で抵抗性遺伝子を有する優良系統を作出することができた。

（2）野生種由来の抵抗性遺伝子を導入した新規でん粉用母本の作出

高でん粉性に関係していると報告されている野生種 *S. stoloniferum* 由来の細胞質型を有し、疫病抵抗性遺伝子（*R2*）および PVY 抵抗性遺伝子（*Rysto*）を持つでん粉原料用優良系統を育成することを目的として野生種由来の 5 系統へ高でん粉性 PGEL 系統を交配した。それらから得た種子より 5 系統群 233 系統の集団を育成し、マーカー検定により抵抗性遺伝子の有無を調べた。その結果、第 4 表に示す通り非常に高い確率で複数の抵抗性遺伝子を有する系統を得ることができた。それらの塊茎収量を調査した結果、系統群の平均値は 11.6 g~22.0 g となり、各系統群の中で収量が高く、*R2* および *Rysto* を含む抵抗性遺伝子を複数有する 45 系統を選抜した。今後、これらのでん粉性を評価し、高でん粉性系統を優良交配母本として利用する。

（3）でん粉性に関する候補遺伝子内の SNP の同定と DNA マーカー化

平成 30 年度までの本事業の研究課題により我々は我が国の馬鈴しょ品種・系統において、でん粉性や収量などの農業形質に関する候補遺伝子を明らかにした。そこでさらに多くの 154 育成系統の DNA を用いてパイロシーケンサーにより遺伝子配列を確定させ、普遍的に農業形質に効果を及ぼす SNP の確定を目指した。その結果、

16の候補遺伝子中5遺伝子内の9 SNPが収量、比重、一個重、イモ数の形質と高い相関があることが分かった(第5表)。続いてこれらのSNPが普遍的に農業形質に効果を及ぼすSNPであるのかを確定させるために、前回とは異なる108の育成系統を用いてパイロシーケンサーにより遺伝子配列を確定し、各SNPが及ぼす農業形質への効果を調べた。その結果、前年度の結果では比重(でん粉含量)と高い関連のあった*Citrate synthase (CIS)* 遺伝子に存在する2つのSNPが収量および一個重と関連していることが分かった。従ってこのSNPは解析集団に関わらず普遍的に農業形質を選抜するためのマーカーとして利用できる可能性が見出された。しかし、PGEL優良系統に由来する高でん粉性を有する集団ではこのSNPと農業形質との関連は見られなかったことから、アンデス在来種由来のでん粉性に関わる遺伝領域は既存の品種や系統とは異なる領域に存在することが示唆された。

(4) アンデス在来種由来の高でん粉性に関わる遺伝子の探索

アンデス在来種由来の高でん粉性に関わるQTL領域を同定するために、高でん粉性PGEL系統(12H189-2)と既存品種(さやか)との正逆交配で得られた160系統を3年間に渡って栽培した。2019年においては北海道農業研究センター(北農研圃場)と帯広畜産大学(畜大圃場)の二地点で各系統1株ずつ、2020年は畜大圃場で1株、2021年は北農研圃場で2反復3株のデータを取得した。それぞれの区の比重の平均値、最小および最大値は第6表の通りであり、北農研圃場で栽培した時の比重が畜大圃場で栽培した時の比重よりやや低い傾向にあった。

それぞれの環境要因による比重への影響と遺伝率を遺伝分散と全分散の比により算出したところ(第7表)、2021年の反復による要因が最も小さく(0.14)、2019年2圃場による要因は0.30、3年間の年次による影響は0.49と高くなった。5区分の全分散に対する遺伝率は0.43で環境による影響は0.57であった。比重に対する共分散行列による主成分分析を行った結果、第2図のようにベクトルが2方向に分かれた。これらは、北農研圃場(2019年と2021年)と畜大圃場(2019年と2020年)による違いであった。2年間の畜大圃場と北農研圃場の圃場の違いによる影響を調べたところ0.42となり、この違いが比重に大きく影響している環境要因であることが分かった。これが、収穫期による違いなのか、土壌による生育の違いなのかは不明であるが、以降の解析ではこれら2圃場のデータを個別に扱った。

次に、これらの160系統のDNAから得られた全ゲノムに存在する21,027箇所のSNP情報から2,946 SNPを用いて高でん粉性PGEL系統(12H189-2)と「さやか」の連鎖地図を作成し、でん粉含量(比重)とのQTL解析を行なった。その結果、2019年の畜大圃場の比重に対して、95%水準の閾値以上で第5番染色体と第7染色体上にQTLが検出された(第3,4図)。特に第5染色体に関しては広範囲にQTL領域が存在し、寄与率も高かった(10.0%)。2020年の畜大圃場の比重、および2021年の北農研圃場の株当たりでん粉収量{株あたり収量×(でん粉価-1.0)/100}に対し

でも第 5 染色体の末端の広い範囲に QTL 領域が存在した（寄与率はそれぞれ 9.59% と 8.48%）。このことから、第 5 染色体の末端領域が比重に大きな影響を与えていることが分かった。

QTL のピーク近傍に位置した SNP を調べると、第 7 染色体上の QTL (77.0 cM) で最も効果の高かった SNP は、両親の遺伝子型構成が Double-simplex (TCCC × TCCC) の SNP (solcap_snp_c2_15929) であり、両親に由来する対立遺伝子 (T) を併せ持つことで比重が高くなり、逆に CCCC 型で比重を低くする効果が 2 年間 (2019 年と 2020 年の畜大圃場) に渡ってみられた (第 5 図)。第 5 染色体上の QTL (8~10 cM) で比重と強い関連を示した solcap_snp_c2_5137 は両親の遺伝子型構成が Duplex-nulliplex (AAGG × GGGG) で、高でん粉性 PGEL 系統に由来する対立遺伝子を 2 重式 (AAGG) に持つことで比重 (2019 年畜大圃場) が高くなった。またこの SNP は 2021 年の熟期とも関係があり ($P=0.005$)、GGGG 型で晩生傾向になった。同じ第 5 染色体上の少し離れた 3.0 cM の位置に solcap_snp_c2_23017 が座上しており、この SNP が高でん粉性 PGEL 系統と同じ TTCC 型でさやか型の CCCC 型をもつ系統よりもでん粉収量が高くなった。しかし、この TTCC 型は同時に熟期と関係しており晩生傾向になった。

以上の結果より、アンデス在来種由来の高でん粉性に関わる QTL 領域およびそれらの領域に存在する SNP の効果を明らかにすることができた。今後これら SNP および近傍の遺伝子領域をマーカー化することで効率的に高でん粉性の系統を選抜することが可能になると期待される。

6. 今後期待される効果

本研究の DNA マーカーおよび Real-time PCR 法による多重式検定により、高収量性と高でん粉性を兼ね揃えた系統に、病虫害抵抗性遺伝子を集積させ、多重式化を図ることができた。本研究により作出された優良母本系統を育種に利用することで、効率的にでん粉原料用馬鈴しょ品種を作り出すことができると期待される。

また、本研究で新たに発見したでん粉含量に強く影響する QTL 領域をさらに明確にし、そこに存在する SNP を今後マーカーに利用することで、アンデス在来種由来の高でん粉性を効率的に育成系統へ導入できるだけでなく、でん粉原料用馬鈴しょ育種における早期的な優良品種の育成に貢献できると期待される。

< 具体的データ >

第 1 表 2019 年に選抜した 78 系統が保有する抵抗性遺伝子の種類とコピー数

抵抗性遺伝子	1 コピー	2 コピー	3 コピー	4 コピー	合計数
<i>H1</i>	48	25	5	0	78
<i>Ry_{chc}</i>	55	18	1	3	77
<i>Rx1</i>	50	17	2	0	69
<i>R2</i>	9	0	0	0	9
<i>Rpi-blb3</i>	33	1	0	0	34

第 2 表 2020 年に選抜した 11 系統が保有する抵抗性遺伝子の種類とコピー数

系統名	保有抵抗性遺伝子とコピー数
20H120-2	<i>H1</i> (1), <i>Rx1</i> (1), <i>Ry_{chc}</i> (1), <i>Rpi-blb3</i> (1), <i>R2</i> (1)
20H120-12	<i>H1</i> (1), <i>Rx1</i> (2), <i>Ry_{chc}</i> (1), <i>Rpi-blb3</i> (1), <i>R2</i> (1)
20H120-26	<i>H1</i> (1), <i>Rx1</i> (3), <i>Ry_{chc}</i> (2), <i>Rpi-blb3</i> (1), <i>R2</i> (1)
20H120-27	<i>H1</i> (1), <i>Rx1</i> (2), <i>Ry_{chc}</i> (1), <i>Rpi-blb3</i> (1), <i>R2</i> (1)
20H121-18	<i>H1</i> (2), <i>Rx1</i> (1), <i>Ry_{chc}</i> (1), <i>Rpi-blb3</i> (1), <i>R2</i> (1)
20H122-7	<i>H1</i> (1), <i>Rx1</i> (1), <i>Ry_{chc}</i> (1), <i>Rpi-blb3</i> (1), <i>R2</i> (1)
20H123-13	<i>H1</i> (1), <i>Rx1</i> (1), <i>Ry_{chc}</i> (1), <i>Rpi-blb3</i> (1), <i>R2</i> (1)
20H123-18	<i>H1</i> (2), <i>Rx1</i> (1), <i>Ry_{chc}</i> (2), <i>Rpi-blb3</i> (1), <i>R2</i> (1)
20H124-2	<i>H1</i> (1), <i>Rx1</i> (1), <i>Ry_{chc}</i> (1), <i>Rpi-blb3</i> (1), <i>R2</i> (1)
20H124-26	<i>H1</i> (1), <i>Rx1</i> (1), <i>Ry_{chc}</i> (1), <i>Rpi-blb3</i> (2), <i>R2</i> (1)
20H124-28	<i>H1</i> (1), <i>Rx1</i> (1), <i>Ry_{chc}</i> (1), <i>Rpi-blb3</i> (1), <i>R2</i> (1)

括弧内はコピー数を示す。

第 3 表 高度疫病抵抗性 PGEL 系統 (18H204-1) と高でん粉性 PGEL 系統 (12H189-2) に由来する 120 系統が保有する抵抗性遺伝子と収量結果

抵抗性遺伝子	<i>R1</i>	<i>Rx1</i>	<i>Ry_{chc}</i>	<i>H1</i>	<i>Rpi-blb3</i>	平均収量 (g/株)
系統数	57	104	90	90	51	26.1 g
出現率 (%)	47.5	86.7	75.0	75.0	42.5	

第4表 野生種 *S. stoloniferum* 由来の5系統へ高でん粉性 PGEL 系統 (12H189-2) を交配して得られた集団の保有する抵抗性遺伝子と収量結果

集団	抵抗性 遺伝子	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>Rx1</i>	<i>Ry_{chc}</i>	<i>Ry_{sto}</i>	<i>H1</i>	平均収量 (g/株)	選 抜 数
A	系統数	27	50	48	25	-	32	11.6 g	8
50 系統	出現率 (%)	54.0	100.0	96.0	50.0		64.0		
B	系統数	14	49	44	35	-	44	14.6 g	11
50 系統	出現率 (%)	28.0	98.0	88.0	70.0		88.0		
C	系統数	17	49	45	12	49	37	18.2 g	10
50 系統	出現率 (%)	34.0	98.0	90.0	24.0	98.0	74.0		
D	系統数	19	23	44	20	19	26	17.1 g	7
50 系統	出現率 (%)	38.0	46.0	88.0	40.0	38.0	52.0		
E	系統数	23	15	32	12	5	31	22.0 g	9
33 系統	出現率 (%)	69.7	45.5	97.0	36.4	15.2	93.9		

第5表 比重、収量、一個重およびイモ数に関わる SNP の効果

遺伝子名	SNP 名	2019 年 <i>p</i> 値 (形質)	2020 年 <i>p</i> 値 (形質)
<i>Citrate synthase</i>	CIS_57		0.0051 (収量)
	CIS_63		0.0092(一個重)
	CIS_74	0.0047 (比重)	
<i>Apoplastic invertase</i>	Inv141_333	0.0049(一個重)	
	Inv141_333	0.0267 (比重)	
<i>Phosphoglucosomerase I</i>	PGI1-4_65	0.0023(一個重)	
	PGI1-4_65	0.0002 (比重)	
	PGI1-4_70	<.0001 (収量)	
	PGI1-4_70	0.0138(イモ数)	
	PGI1-4_70	0.0049(一個重)	
	PGI1-4_83	0.0009 (収量)	
	PGI1-4_83	0.0097(一個重)	
	PGI1-4_84	0.0263 (収量)	
	PGI1-4_93	0.0009 (収量)	
	PGI1-4_93	<.0001(一個重)	
	<i>Soluble starch synthase IV</i>	SSIV_194	<.0001 (収量)
SSIV_194		0.0013(イモ数)	
SSIV_194		0.0028(一個重)	
SSIV_194		0.0408 (比重)	
<i>Flowering Locus T (SP6A)</i>	stSP6A-Seq181	0.0005 (収量)	
	stSP6A-Seq181	0.0237(イモ数)	

括弧内は相関のあった形質を示す。

第6表 高でん粉性 PGEL 系統と「さやか」の後代系統の3か年の比重の結果

	2019年_ 畜大圃場	2019年_ 北農研圃場	2020年_ 畜大圃場	2021年_ 北農研圃場1	2021年_ 北農研圃場2
最大値	1.118	1.118	1.119	1.101	1.105
最小値	1.051	1.050	1.062	1.058	1.057
平均値	1.089	1.087	1.093	1.082	1.081
標準偏差	0.0126	0.0110	0.0101	0.0078	0.0083
系統数	151	147	160	161	161

第7表 比重に及ぼす環境要因と遺伝率

環境要因	環境要因による影響	遺伝率
反復による影響 (2021年)	0.14	0.86
単年度の2圃場による影響 (2019年)	0.30	0.70
3年間の年次による影響	0.49	0.51
2年間の畜大と北農研圃場の影響	0.42	0.58
2年間の畜大圃場における年次の影響	0.27	0.73
2年間の北農研圃場における年次の影響	0.31	0.69
3年間5区画のすべての影響	0.57	0.43

遺伝率は遺伝分散と全分散の比により算出 (数値が大きくなるほど各要因による影響が強い)

系統	母親	抵抗性遺伝子	父親	抵抗性遺伝子	2019年 個体数	2020年 選抜
19H23	14H138-2	H1, R1	12H189-2	H1, R1, Rx, Ry _{chc}	— (15	→ 3
19H27	15H66-4H	H1, R1, Rx	12H189-2	H1, R1, Rx, Ry _{chc}	— (15	→ 4)
19H39	16H107-3	H1, R1, Rx	12H189-2	H1, R1, Rx, Ry _{chc}	— (15	→ 3)
18H69	16H115-1	H1, R1, Rx	12H189-2	H1, R1, Rx, Ry _{chc}	— (15	→ 2)

2コピー ($H_1H_1h_1h_1$) や3コピー ($H_1H_1H_1h_1$) の系統を選抜

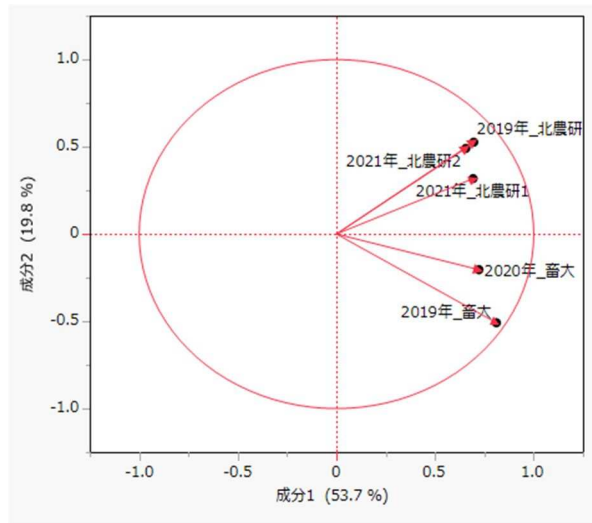
個体数

20H55 (18H69-1 x 18H20-2) — (30 → 6) 2021年選抜

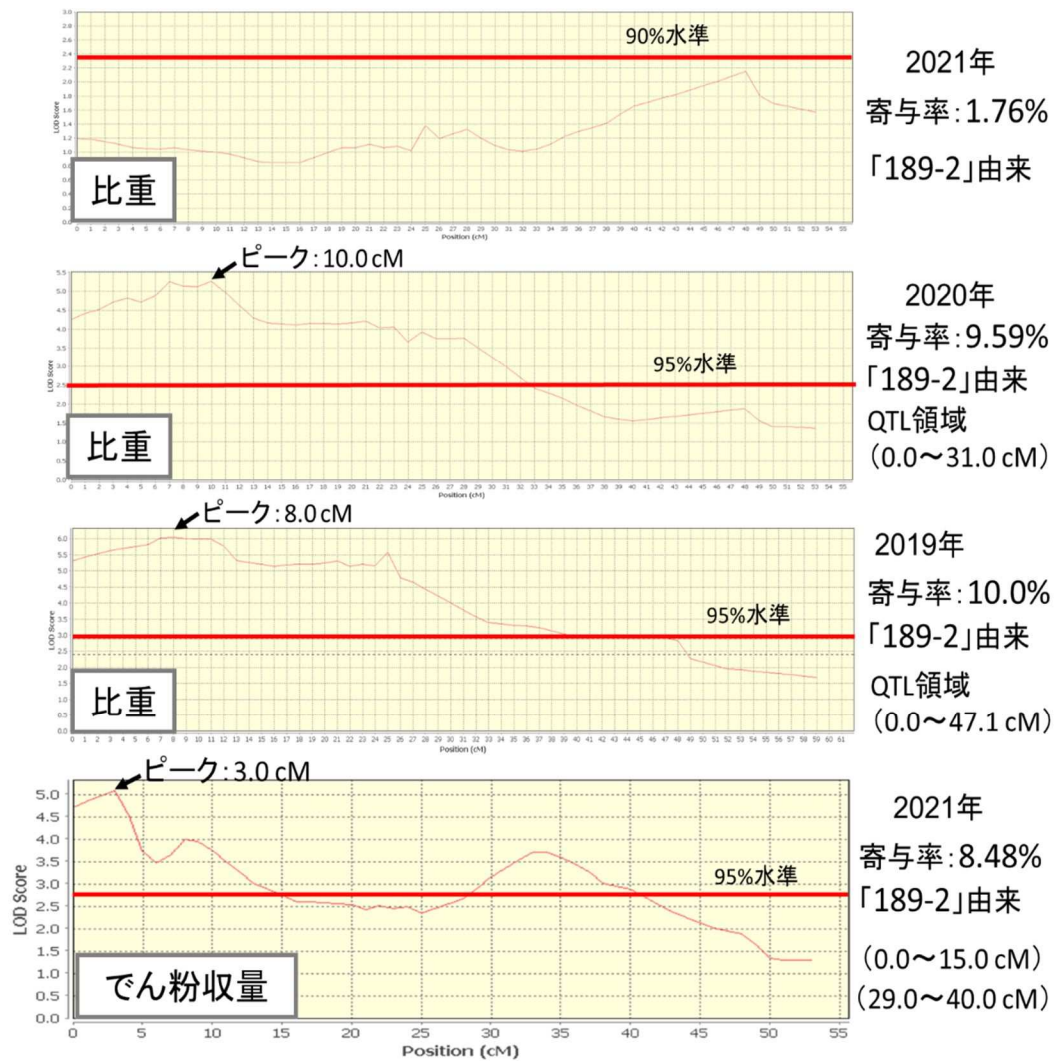
系統名	H1	Rx1	Rychc	系譜
20H55-1	2	2	2	18H20-2 x 18H69-1
20H55-2	1	4	2	18H20-2 x 18H69-1
20H55-3	2	2	2	18H20-2 x 18H69-1
20H55-4	3	2	1	18H20-2 x 18H69-1
20H55-5	3	2	2	18H20-2 x 18H69-1
20H55-6	3	2	1	18H20-2 x 18H69-1

→ 優良母本として選抜

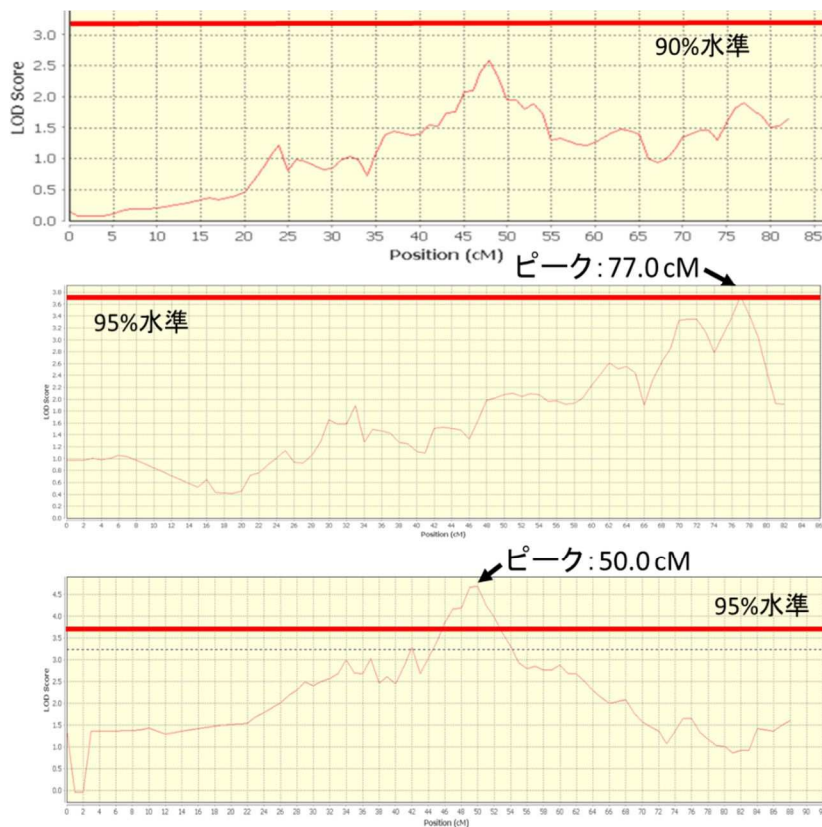
第1図 PGEL 系統どうしの交配による多重式化と3年間の選抜結果



第 2 図 5 区分の比重に対する主成分分析の結果



第 3 図 2019～2021 年に検出された第 5 染色体上に検出された比重およびでん粉収量に関連する QTL

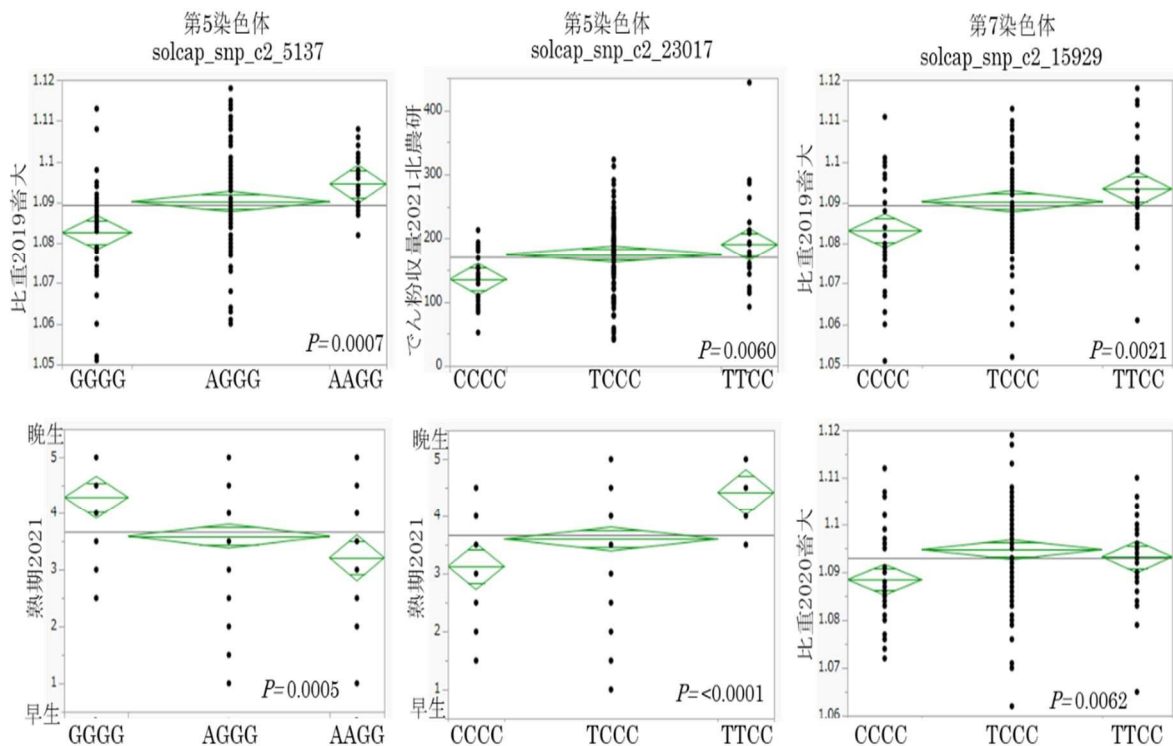


2021年
寄与率:3.92%
「両親」由来

2020年
寄与率:6.92%
「さやか」由来
QTL領域
(77.0 cM)

2019年
寄与率:9.94%
「両親」由来
QTL領域
(45.7~52.7 cM)

第 4 図 2019~2021 年に検出された第 7 染色体上に検出された比重に関連する QTL



第 5 図 比重およびでん粉収量に強く関連した 5 番および 7 番染色体上に同定された QTL 内の SNP とその効果

オホーツク地方におけるでん粉原料用馬鈴しょの 早期枯凋症状の原因解明と被害軽減対策の検討（完了課題）

1. 研究機関 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 北見農業試験場

2. 研究期間 令和元～3年度

3. 研究目的

- (1) オホーツク地方では、平成 11 年頃から、でん粉原料用馬鈴しょの茎葉が、本来の熟期よりも 3 週間程度早く黄化し、枯凋に至る現象が顕著となっている。このような圃場は、平成 30 年現在、当該地域の馬鈴しょ栽培面積のおよそ 3 割に達しており、黄化症状が激しい圃場では明らかな減収も認められる。そのため、生産現場では、これらの原因解明および被害軽減対策を求める要望が強い。
- (2) 黄化症状を示した株の多くは、茎の維管束に褐変症状が認められ、この部位よりバーティシリウム菌が分離されることから、早期枯凋に至る主な原因として、ジャガイモ半身萎凋病の関与が疑われる。さらに、当該地域はジャガイモシストセンチュウ（以下、Gr と省略）の発生地域であり、黄化症状は線虫が検出される圃場に多いこと、および殺線虫剤の処理を実施することにより症状が軽減される事例が認められていることから、本症状は両者が複合的に関係している可能性がある。
- (3) でん粉原料用として栽培される馬鈴しょ品種は、令和 4 年度以降、すべて Gr 抵抗性品種に置き換えられる見込みである。しかし、上記の症状は感受性品種だけでなく、抵抗性品種においても発生していることから、被害は、栽培品種が抵抗性品種に置き換わった後も継続する可能性が高い。また、抵抗性品種に発生する症状も、感受性品種と同様に殺線虫剤の処理により軽減する事例が認められている。抵抗性品種では、Gr は発育できないものの、根に侵入することが知られており、それにともなって病原菌の感染が助長され、複合被害が生じている可能性がある。
- (4) 一方で、本課題において初年度（令和元年）に発生実態調査を実施したところ、Gr よりもネグサレセンチュウの関与が示唆される結果が得られてきた。
- (5) このため本課題では、当該地域で顕著となっているこの症状と、ジャガイモ半身萎凋病、Gr およびネグサレセンチュウとの関わりを明らかにする。次に、Gr 抵抗性品種における本症状の発生を軽減するため、線虫の寄生防止による複合被害の対策を検討する。

4. 研究内容

(1) 茎葉の早期枯凋症状に関与する生物的要因の検討

調査は、オホーツク管内のでん粉原料用ばれいしょ栽培圃場を対象とした。2019 年は 20 圃場、2020 年は 23 圃場、2021 年は 20 圃場を 7 月初旬から 7～10 日間隔で定期的実施した。植え付け前の Gr およびネグサレセンチュウ密度、*Verticillium dahliae* の微小菌核密度、土壌病害の発生程度、枯凋率（枯凋している株の割合を達観で調査）を調査した。

なお、土壌病害について黒あざ病は、地際の茎の腐敗や気中塊茎のある株を発病株とした。半身萎凋病については、1圃場あたり、10株×5～10カ所を調査し、発病度を算出した。また、適宜発病株から *Verticillium* 菌を分離し、菌種構成を調査した。

(2) ジャガイモシストセンチュウおよびバーティシリウム菌が早期枯凋症状の発現に及ぼす影響の解析

試験①（現地に設置）

試験年次：2019年

供試品種：「コナユタカ」

処理：混合接種（Gr＋半身萎凋病菌（以下、V菌と省略）、V菌単独接種、Gr単独、無接種

試験規模：1/2000a ワグネルポット×4反復、4株/ポット

接種方法：土壌ふすま培地で培養した半身萎凋病菌（*Verticillium dahliae*、菌株名：VD1-1）をポットあたり20gになるように土壌混和接種した。Grについてはポットあたり101,600卵を接種した。

植え付け：6月28日

発病調査：10月3日に全茎の中位以上の葉を対象に黄化・萎凋葉および枯死葉および維管束褐変の有無を調査

試験②（場内試験）

試験年次：2020年、2021年

供試品種：「コナヒメ」、「コナユタカ」、「アーリースターチ」、「サクラフブキ」、「パールスターチ」（以上Gr抵抗性品種）、「コナフブキ」（同感受性品種）

処理：混合接種（ネグサレセンチュウ（約100頭前後/土壌25g）＋V菌）、V菌単独接種、ネグサレセンチュウ単独

V菌接種方法：土壌ふすま培地で培養した半身萎凋病菌（*Verticillium dahliae*、菌株名：VD1-1）をポットあたり40gになるように土壌混和接種した。

試験規模：1/2000a ワグネルポット×3反復、2株/ポット

植え付け：6月17日（2020年）、6月18日（2021年）

発病調査：2020年は9月2日、2021年は9月10日に全茎の中位以上の葉を対象に黄化・萎凋葉を調査

その他調査：初発時期および枯凋期

(3) 半身萎凋病の被害軽減に効果的な殺線虫剤の探索

Grおよびネグサレセンチュウを介した半身萎凋病菌の感染抑制に効果的な殺線虫剤およびその半身萎凋病に対する発病軽減効果を明らかにする。

2019年（1事例）、2020年（2事例）、2021年（2事例）

植え付け前のGr密度およびネグサレセンチュウ、微小菌核密度、収穫後のGr密度およびネグサレセンチュウ、半身萎凋病の発生程度を調査した。収量調査は2019年9月17日、2020年9月16日～17日、2021年9月15日～16日に実施した。

5. 研究結果

（1）茎葉の早期枯凋症状に関与する生物的要因の検討

3カ年の実態調査により、土壌病害である半身萎凋病、腰折症状（*Rhizoctonia solani*）および黒あざ病の発生が認められた（写真1、2）。ほとんどの圃場で半身萎凋病発病株が大多数を占めることから、半身萎凋病が早期枯凋症状の要因として影響が大きかった。また、2020年の2圃場では黒あざ病の多発生による早期枯凋症状も確認された（図1）。9月下旬まで枯凋期に達しない圃場があるなか、8月下旬～9月初旬に60%以上の枯凋率となり、枯凋期が早まっていることが確認された。特に「コナヒメ」および「コナフブキ」作付圃場で他品種作付圃場と比較して半身萎凋病の発生程度が高く、枯凋期が早まった（図1）。

半身萎凋症状を呈する個体からは *Verticillium* 属菌が分離され、分離された菌株すべてが *V. dahliae* であり、*V. albo-atrum* および *V. nigrescens* は分離されなかったことから、半身萎凋病の優占菌種は *V. dahliae* であると考えられた（表1）。2019年は22圃場中21圃場（95.5%）で、2020年は23圃場中23圃場（100%）で、2021年は20圃場中20圃場（100%）で *V. dahliae* の微小菌核が検出された。調査した65圃場のうち26圃場（40.0%）は高密度圃場であった（表2）。

（2）ジャガイモシストセンチュウおよびバーティシリウム菌が早期枯凋症状の発現に及ぼす影響の解析

Grと半身萎凋病菌の混合接種区の発病葉率（%）と維管束褐変茎率（%）は、半身萎凋病菌単独接種区よりも高く、Grは半身萎凋病の発病を助長すると考えられた（表3）。ネグサレセンチュウは半身萎凋病の発病を助長する場合があったが、助長の有無は年次間や品種間で異なった（表4）。

半身萎凋病菌単独接種区の供試した6品種において品種間差が認められたことから、各品種の黄化・萎凋葉率（%）をもとに半身萎凋病に対する抵抗性を評価した。2020年は「パールスターチ」を“強”、「コナフブキ」、「コナユタカ」および「サクラフブキ」を“中”、「コナヒメ」を“弱”と判定した。「アーリースターチ」については自然黄化も含むことから判定しなかった。2021年は2020年と比較すると黄化・萎凋葉率（%）は低いが、「サクラフブキ」、「パールスターチ」を“強”、「コナフブキ」、「アーリースターチ」および「コナユタカ」を“中”、「コナヒメ」を“弱”と判定した。半身萎凋病に対する累年評価では、「パールスターチ」を“強”、「コナフブキ」、「コナユタカ」、「サクラフブキ」を“中”、「コナヒメ」を“弱”と判定した（表4）。

(3) 半身萎凋病の被害軽減に効果的な殺線虫剤の探索

植え付け前に Gr が優占した 2019 年「コナユタカ」では、殺線虫剤により維管束褐変茎率 (%) の防除価で 38~63 と半身萎凋病の発病は軽減された (表 5)。

一方で、ネグサレセンチュウが優占した他 4 事例では殺線虫剤はネグサレセンチュウに対して効果が認められたが、半身萎凋病に対する発病軽減効果は認められなかった (表 6)。

2019 年「コナユタカ」で殺線虫剤による半身萎凋病の発病軽減効果が認められた理由として考えられることは、他 4 事例よりも Gr 密度が高いことがあげられる。

すなわち、効果の認められた 1 事例では植え付け前の Gr 密度が中密度 (70.1~96.6 卵/乾土 g)、他 4 事例では低密度 (0~3.8 卵/乾土 g) であり、Gr 密度が関係している可能性があった。

以上のことから、半身萎凋病による早期枯凋症状に対する殺線虫剤は有効な防除手段とはならないと判断した。

6. 今後期待される成果

オホーツク地方で栽培されるでん粉原料用馬鈴しょに発生している早期枯凋症状および減収被害の原因を明らかにした。

なお、本事業での結果を取り纏め、2022 年 1 月の北海道農業試験会議 (成績会議) において研究成果名「でん粉原料用ばれいしょにおける早期枯凋症状の要因と半身萎凋病に対する品種間差」として指導参考事項と判定されたことから、現場での普及が期待される。

< 具体的データ >



写真1 黒あざ病の多発生による早期枯凋症状

左：黒あざ病の多発生による早期枯凋、右：地下部の発病が激しい場合、空中塊茎が生じる。



写真2

左：腰折症状 (*Rhizoctonia solani*)、右：半身萎凋病

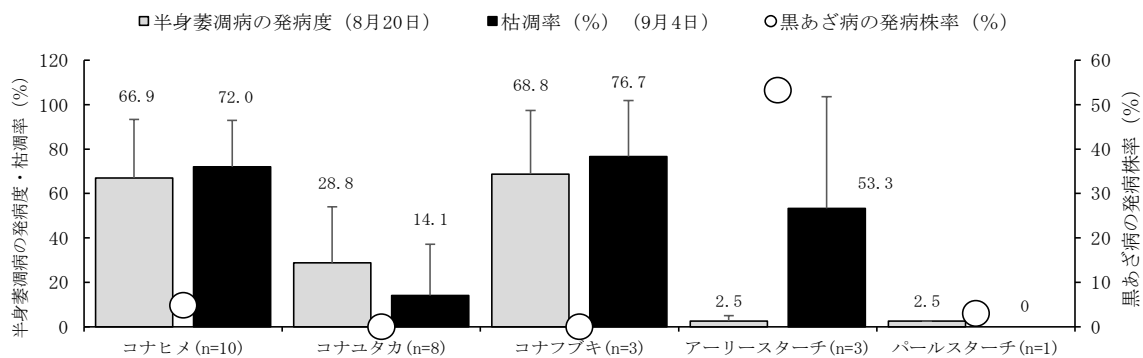


図1 実態調査における土壌病害の発生程度と枯凋率 (%) (2020年)

注) 「アーリースターチ」が作付けされた2圃場では黒あざ病が多発し、早期に枯凋

表1 半身萎凋病菌の菌種構成 (2019~2021年)

2019年			2020年			2021年			
調査圃場	分離株数	<i>V. dahliae</i>	調査圃場	分離株数	<i>V. dahliae</i>	調査圃場	分離数	<i>V. dahliae</i>	
A町	No.1	6	6	No.1	6	6	No.1	3	3
	No.2	2	2	No.2	5	5	No.2	2	2
	No.3	5	5	No.3	4	4	No.3	4	4
	No.4	1	1	No.4	3	3	No.4	3	3
	No.5	—	—	No.5	4	4	No.5	4	4
	No.6	4	4	A町 No.6	6	6	A町 No.6	3	3
	No.7	—	—	No.7	4	4	No.7	2	2
	No.8	1	1	No.8	3	3	No.8	2	2
	No.9	1	1	No.9	8	8	No.9	2	2
No.10	—	—	No.10	8	8	No.10	3	3	
No.11	2	2	No.11	5	5	No.11	2	2	
No.12	1	1	No.12	2	2	No.12	2	2	
No.13	3	3	No.13	4	4	No.13	3	3	
No.14	—	—	No.14	4	4	No.14	2	2	
No.15	1	1	No.15	—	—	No.15	2	2	
B町	No.16	1	1	No.16	3	3	B町 No.16	3	3
	No.17	2	2	B町 No.17	4	4	No.17	3	3
	No.18	5	5	No.18	2	2	No.18	3	3
	No.19	—	—	No.19	4	4	No.19	3	3
	No.20	1	1	No.20	3	3	No.20	3	3
	No.21	2	2	No.21	3	3	合計	108	54 (100%)
	No.22	2	2	No.22	2	2			
	合計	40	40 (100%)	No.23	5	5			
			合計	92	92 (100%)				

注) — : *Verticillium*属菌は分離されなかった。

表2 *V. dahliae* の検出圃場数 (2019~2021年)

年次・場所	調査圃場数	検出ほ場数		検出圃場割合	
		茎維管束 褐変部	微小菌核 (うち高密度)	茎維管束 褐変部	微小菌核 (うち高密度)
2019年	A町	9	7	77.8%	100% (33.3%)
	B町	13	10	76.9%	92.3% (25.0%)
2020年	A町	11	11	100%	100% (45.5%)
	B町	12	11	91.7%	100% (25.0%)
2021年	A町	11	11	100%	100% (81.8%)
	B町	9	9	100%	100% (33.3%)
計	65	59	64 (26)	90.8%	98.5% (40.0%)

注1) 菌種調査はPCR検定による、注2) 高密度は微小菌核数10個/g以上

注3) 土壌からの検出は、篩い分け-選択培地による検出

表3 Gr が半身萎凋病の発病に及ぼす影響 (2019年)

処理	調査 茎数	発病葉率 (%)			維管束 褐変茎率 (%)
		黄化・萎凋	枯死	合計	
混合 (V+Gr)	16	0	62.5	62.5	42.5
半身萎凋病菌 (V菌) 単独	17	1.5	46.0	47.5	17.5
ジャガイモシストセンチュウ (Gr) 単独	15	0	5.8	5.8	0
無接種	19	2.5	9.3	11.8	0

注1) 供試品種 : 「コナユタカ」、注2) 1/2000aワグネルポット、4株/処理、4反復

注3) V菌接種 : 土壌ふすま培地20g/ポット、Gr接種 : 101,600卵/ポット

注4) 全茎の中位以上の葉を対象に調査、注5) 自然枯凋に伴うものを含む

表4 半身萎凋病に対する品種間差とネグサレセンチュウが発病に及ぼす影響(2020~2021年)

処理	供試品種	年次				累年
		2020年		2021年		
		黄化・萎凋葉率 (%)	判定	黄化・萎凋葉率 (%)	判定	
ネグサレセンチュウ 接種なし	コナヒメ	90.0 a	弱	65.1 a	弱	弱
	コナユタカ	39.8 c	中	38.2 b	中	中
	コナフブキ	35.4 cd	中	43.4 b	中	中
	アーリースターチ	61.5 b	—	39.4 b	中	(中)
	サクラフブキ	36.0 cd	中	28.0 c	強	中
	パールスターチ	18.3 d	強	29.6 c	強	強
ネグサレセンチュウ 接種あり	コナヒメ	95.0 a		70.7 a *		
	コナユタカ	50.6 c **		38.4 c		
	コナフブキ	77.3 b **		54.0 b *		
	アーリースターチ	63.6 bc		41.6 c		
	サクラフブキ	48.3 c *		30.0 d		
	パールスターチ	24.4 d *		29.5 d		

注1) 1/2000aワグネルポット試験、各処理3反復、半身萎凋病菌接種：土壌ふすま培地40g/ポット、ネグサレセンチュウ接種：約100頭前後/土壌25g
 注2) 同一英文字を付した数値間にはTukey-Kramer法(有意水準5%)で有意差がないことを示す
 注3) *, **: 各品種のネグサレセンチュウ有無のペア間でそれぞれ5%、1%水準で有意
 注4) —: 2020年の「アーリースターチ」は自然枯凋による黄化を含むため判定していない、注5) 「アーリースターチ」は単年度の評価

表5 殺線虫剤処理による半身萎凋病の防除効果(2019年、A町、品種「コナユタカ」)

殺線虫剤	ネグサレセンチュウ密度 ^{注1)} (頭数/土壌25g)		ジャガイモシストセンチュウ 密度(卵数/乾土g)		半身萎凋病 ^{注2)} (9/4)		上いも収量 ^{注3)} (kg/10a)
	植え付け前	収穫時	植え付け前	収穫時	調査 茎数	維管束褐変 茎率 (%)	
	イミシアホス粒剤 20kg/10a、全面土壌混和	22.8	7.5 (14)	96.6	2.3	140	
フルオピラム粒剤 20kg/10a、全面土壌混和	23.5	6.7 (12)	75.1	12.5	140	45.3 (42)	3243±533
ホスチアゼート粒剤 20kg/10a、全面土壌混和	29.8	24.3 (35)	70.1	2.4	151	29.0 (63)	3286±132
無処理	20.8	48.8	79.8	8.6	113	78.6	2920±421

注1) () は補正密度指数、注2) 植え付け前のV菌の微小菌核密度：2.5個/乾土g(低密度)、() は防除値
 注3) 3反復の平均上いも収量±標準偏差、注4) 5/19~21の強風により土壌表層の一部が飛散した

表6 殺線虫剤処理による半身萎凋病の防除効果(2021年、A町、品種「コナユタカ」)

殺線虫剤	ネグサレセンチュウ密度 ^{注1)} (頭数/土壌25g)		ジャガイモシストセンチュウ 密度(卵数/乾土g)		半身萎凋病 (8/26)	上いも収量 ^{注3)} (kg/10a)
	植え付け前	収穫時	植え付け前	収穫時	発病度 ^{注2)}	
	イミシアホス粒剤 20kg/10a、全面土壌混和	90.5	3.0 (2)	3.8	0.02	
フルオピラム粒剤 20kg/10a、全面土壌混和	15.3	0.3 (1)	0	0.05	70.0 (0)	5579±768
無処理	13.7	21.3	0	0	69.2	4281±429

注1) () は補正密度指数、注2) 植え付け前のV菌の微小菌核密度：26.8個/乾土g(高密度)、() は防除値
 注3) 3反復の平均上いも収量±標準偏差

インファロー散布を活用した馬鈴しょ害虫の防除法の確立 (継続課題)

1. 研究機関 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 北見農業試験場
十勝農業試験場

2. 研究期間 令和2～4年度

3. 研究目的

- (1) 馬鈴しょに寄生するアブラムシ類(写真1)はウイルス病害を媒介し、これらに感染すると収量が著しく低下する。特に種いも生産現場ではウイルス保毒いもを混入させないために徹底防除が実施されており、あわせて防疫検査が義務づけられている。
- (2) 一方でナストビハムシは、幼虫が土壌中で新しいものに穿孔して食害痕を形成する(写真2,3,4)。食害痕が形成された加工原料はクレームの対象となり、被害が著しい場合にはロット単位での返品となる。
- (3) 従来の防除対策は植付け時の粒剤施用と栽培期間中の茎葉散布が指導されてきた。しかし、基幹薬剤であった粒剤は登録失効しており、また茎葉散布の開始適期は早期培土や浴光催芽等の栽培技術の普及により以前と変化している。
- (4) 近年、ばれいしょの農薬処理法として「インファロー散布」が注目されている。この技術は、植付けと同時に薬剤の希釈液を散布するので、防除にかかる作業労働時間の削減が期待出来る。また、土壌中で薬剤が植物体内に浸透移行して効果を発揮するので、茎葉散布のように付着ムラを心配せず安定した効果が見込める。また、粒剤のような予防的な効果も見込め、アブラムシやナストビハムシなどの萌芽直後に侵入する害虫に対する効果も期待できる。しかし、道内では効果の実証がされておらず、普及は進んでいない。
- (5) このため、本試験ではインファロー散布の効果を示すために、アブラムシをはじめとした害虫に対する防除効果を検証する。また、馬鈴しょ生産現場において防除効果を実証する。

4. 研究内容

- (1) アブラムシ類に対する「インファロー散布」による殺虫剤の防除効果と残効期間の検証
 - 1) 目的：アブラムシに対する「インファロー散布」による防除効果を調査し、同技術を実施した場合の残効期間を明らかにする。
 - 2) 調査場所：北見農業試験場
 - 3) 調査品種：「さやか」
 - 4) 調査項目：供試アブラムシはジャガイモヒゲナガアブラムシ、植付け後日数(植付け後30,35,40,45,50日後)毎の生存虫数調査、リーフゲージ(補足説明)を用いた防除効果の検証

(2) ナストビハムシに対する「インファロー散布」の防除効果の検証

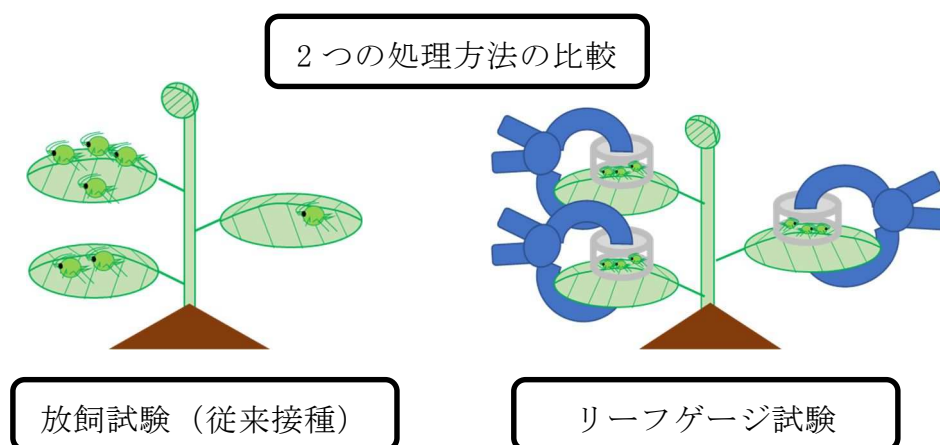
- 1) 目的：ナストビハムシに対する「インファロー散布」の被害抑制効果を明らかにする。
- 2) 調査場所：北見農業試験場
- 3) 供試品種：「さやか」
- 4) 調査項目：インファロー単独処理区(茎葉散布未処理区)の被害いも率調査、インファロー散布+茎葉散布各時期処理区の被害いも率調査、ナストビハムシの発生生態調査

(3) インファロー散布機を用いた防除効果試験

- 1) 目的：オホーツクおよび十勝管内にて、インファロー散布機を用いた防除効果を検討する。
- 2) 調査場所：斜里町生産者圃場、大樹町生産者圃場
- 3) 供試品種：斜里町「コナヒメ」、大樹町「男爵薯」
- 4) 調査項目：各管内の現地圃場それぞれ1カ所におけるインファロー散布機によるナストビハムシおよび黒あざ病に対する被害低減効果

【補足説明】

- ・リーフゲージ試験・・・接種箇所数と接種部位の検討(時期別、葉位別に3水準程度)



5. 研究結果

(1) アブラムシ類に対する「インファロー散布」による殺虫剤の防除効果と残効期間の検証

十勝農試において、ジャガイモヒゲナガアブラムシに対して、放虫試験とリーフゲージ試験でインファロー散布の防除効果を調査・比較した結果、植付35日後放飼でほぼ同様の結果が得られた(図1)。また、リーフゲージを用いて放飼7日後の各薬剤および処理方法の効果を調査した結果、十勝農試においてチアメトキサム水溶剤の

インファロー散布(20L/10a)とチアメトキサム粒剤の植溝土壌混和处理(6kg/10a)の植付45日後までの無処理比の生存率(以下、密度指数)は15以下であった。一方で、チアメトキサム水溶剤のインファロー散布(10L/10a)およびアセフェート粒剤(6kg/10a)の植溝内土壌混和处理は全調査期間を通して密度指数が高い傾向であった(図2)。北見農試において、チアメトキサム水溶剤のインファロー散布(20L/10a)の植付35日後における密度指数が約30と高くなったが、それ以外は十勝農試とほぼ同様の結果を示した(データ省略)。

(2) ナストビハムシに対する「インファロー散布」の防除効果の検証

北見農試および十勝農試において、ナストビハムシに対するチアメトキサム水溶剤の各処理方法の効果を調査した結果、茎葉散布2回と比較してインファロー散布の効果が高かった(北見：図3、十勝：データ省略)。また、北見農試において、インファロー散布とインファロー散布+茎葉散布2回の効果を比較したところ、同程度の効果となった(図3)。

(3) インファロー散布機を用いた防除効果試験

斜里町および大樹町の現地圃場におけるインファロー散布機を用いた際のナストビハムシに対するチアメトキサム水溶剤の効果を調査した結果、両地域ともに無処理と比較して効果が高かった(表1)。また、同様に黒あざ病に対するアゾキシストロビン水和剤Fの効果を調査した結果、両地域ともに無処理と比較して効果が高かった(表1)。

6. 今後期待される成果

インファロー散布によるアブラムシ類に対する防除効果の持続期間および、ナストビハムシに対する防除効果の程度が明らかになる。

本試験でインファロー散布が省力的かつ安定栽培が可能な防除法であることを示すことで、オホーツク地域および十勝地域をはじめとした馬鈴しょ栽培地域の生産性向上に貢献できる。

< 具体的データ >

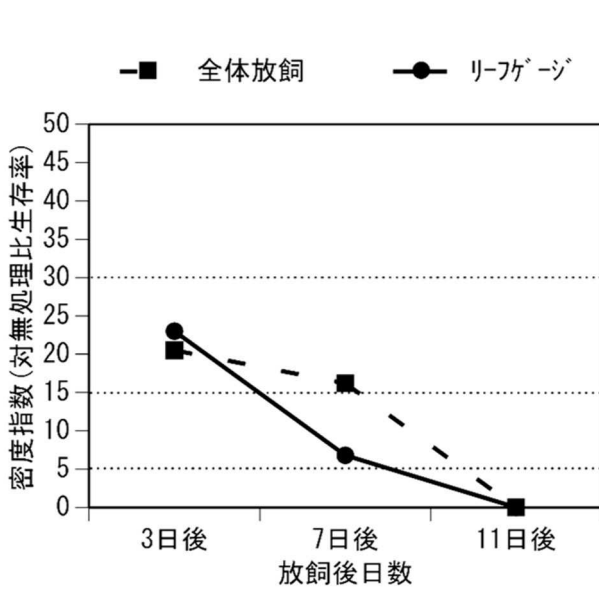


図1 チアトキサム SG のインファロー散布(植付 35 日後放飼)における各調査法の効果の比較 (2021 年、十勝農試)

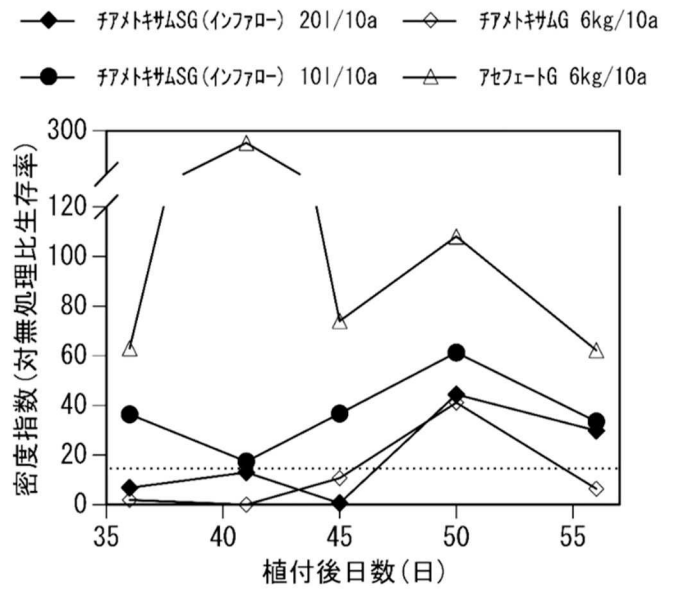


図2 リーフケージにおける各植付日数のジャガイモヒゲナガアブラムシの密度指数(放飼 7 日後) (2021 年、十勝農試)

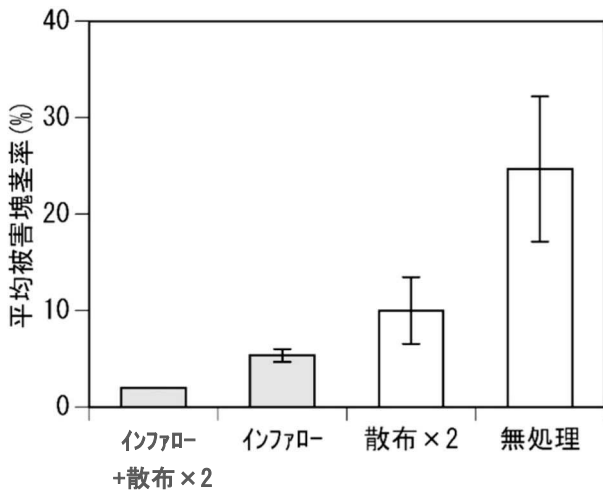


図3 各処理におけるナストビハムシの被害塊莖率 (2021 年、北見農試)
(エラーバーは標準誤差を示す)

表1 現地圃場におけるインファロー散布機を用いた際の各病害虫に対する防除効果 (2021 年、斜里町、大樹町)

地域	処理名	黒あざ病				ナストビハムシ	
		幼茎調査 (6月中旬)*3		ストロン調査 (7月上中旬)*3		収穫時調査 (9月)*4	
		発病株率	発病度 (防除値)	発病株率	発病度 (防除値)	被害塊莖率	被害程度 (防除値)
斜里町	インファロー*1	0	0 (100)	13.3	3.3 (87)	1.3	0.3 (85)
	無処理	36.7	10.8	90.0	25.8	8.7	2.2
大樹町*2	インファロー*1	20.0	5.0 (88)	55.0	13.8 (78)	41.7	10.9 (72)
	無処理	60.0	40.0	100.0	62.5	93.0	39.3

*1インファロー：黒あざ病に対してアゾキシストロビン水和剤F、ナストビハムシに対してチアトキサムSGをそれぞれ100倍、20L/10aの条件で散布

*2大樹町においては黒あざ病菌核付着塊莖を種いもとして用いた

*3斜里町の調査は10株3反復、大樹町の調査は10株2反復の平均値を示す

*4斜里町の調査は50塊莖疑似3反復、大樹町の調査は150塊莖2反復の平均値を示す



写真1 ジャガイモヒゲナガアブラムシ



写真2 ナストビハムシ成虫



写真3 ナストビハムシ幼虫



写真4 ナストビハムシ幼虫の食害痕

ジャガイモシロシストセンチュウ地域個体群の抵抗性品種等 に対する寄生特性および遺伝的多様度の解明（完了課題）

1. 研究機関 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
北海道農業研究センター

2. 研究期間 令和3年度

3. 研究目的

- (1) 平成27年に北海道網走市の一部圃場において、バレイショの重要害虫であるジャガイモシロシストセンチュウ（以下、Gp）が初めて確認され、植物防疫法に基づく緊急防除が実施されている。緊急防除後もGpを効果的、持続的に抑え込んでいくにはGp抵抗性バレイショ品種の活用が不可欠である。わが国でも品種開発が進められた結果、海外から導入されたでん粉原料用品種「フリア」が選抜され、令和3年度から一般栽培が開始されることとなった。
- (2) しかし、Gpはジャガイモシロシストセンチュウと異なり、抵抗性に対する寄生性は複雑である。一般的にGpは、指標となる抵抗性バレイショ品種に対する寄生性によって分けられる3つの寄生型（パソタイプ；Pa1~3）が存在するが、各パソタイプ内でも個体群によって寄生性は一律ではなく変動が認められる。したがって、抵抗性品種を持続的かつ効果的に活用するには、発生するGp個体群の寄生特性を明らかにする必要がある。網走市に発生するGpについては、応募者らがすでに該当するパソタイプおよび「フリア」の有効性を調査・確認しているが、ごく少数のGp個体群のみを用いたこの調査結果が発生地域内で共通しているのかどうか不明である。さらに令和元年に発生が確認された斜里町および清里町のGp個体群についてはその特性が明らかとなっておらず、早急な解明が望まれる。
- (3) そこで、網走市、斜里町、清里町の複数圃場由来のGp個体群を供試し、Gp抵抗性品種「フリア」や後続の有望系統を含む抵抗性の背景が異なる品種に対する寄生特性や遺伝的多様度を明らかにして、抵抗性品種の活用および今後の品種開発にかかる指針を得る。これにより、抵抗性品種活用によるGp対策を確実なものとし、北海道馬鈴しょ及び馬鈴しょでん粉の生産振興に資する。

4. 研究内容

(1) Gp地域個体群の抵抗性バレイショ品種・系統に対する寄生特性解明

網走市および斜里町の複数圃場由来のGp個体群について、抵抗性レベルや遺伝的背景が異なる複数のGp抵抗性バレイショ品種・系統に接種し、増殖程度を調査することにより、寄生特性に差異がないかを明らかにする。また、パソタイプ判別用系統の「Vt 62.33.3」「P55/7」も併せて用いることで、Gp供試個体群のパソタイプ判定も同時に行う。

(2) Gp地域個体群の遺伝子プロファイル解析による多様度評価

(1) で供試する個体群および清里町で発見された個体群を含む様々な地域個体

群を供して、特定の遺伝子領域における対立遺伝子構成を比較することで、同地域に発生する Gp の遺伝的多様度を評価し、(1) で明らかとなる寄生特性との関連を解析する。

5. 研究結果（令和 3 年度のまとめ）

(1) Gp 地域個体群の抵抗性バレイショ品種・系統に対する寄生特性解明

網走市由来、斜里町由来の Gp 個体群を 2 個体群ずつ（網走 A, B、斜里 A, B）を供試して調査した。なお、清里町由来の個体群は実験に必要な個体数が得られなかった。パソタイプ判定用品種（「Vt 62.33.3」、「P55/7」、「パールスターチ」）に各 Gp 個体群を接種し、栽培終了後に Gp の増殖程度を調査し、表 1 に従ってパソタイプを判定したところ、供試した 4 個体群のパソタイプは全て Pa3 であった（表 2）。また、主な Gp 抵抗性品種である「フリーア」、「イリダ」、「イノベーター」についても同様に増殖程度を調査したところ、「フリーア」と「イノベーター」については増殖程度に個体群間で差はなく、Gp 各個体群に対して「フリーア」は「やや強」、「イノベーター」は「強」の抵抗性程度を示した（表 3）。一方、「イリダ」に対する寄生程度は個体群間で差が認められ、抵抗性程度は「中」から「強」まで変動した（表 3）。各供試品種が有する抵抗性遺伝子の全容は未解明であるが、これまでに明らかになっている主な Gp 抵抗性遺伝子 *GpaIV^s_{adg}*、*Gpa5*、*Gpa6* のうち、「フリーア」と「イノベーター」は *Gpa5* と *Gpa6* を有することが分かっている。一方、「イリダ」はこれらの遺伝子以外の抵抗性遺伝子（未解明）を有する。このことから、国内の Gp に対しては *Gpa5* と *Gpa6* の組み合わせが有効であると推察される。一方、「イリダ」に対する寄生程度の調査結果から、国内の Gp 個体群には抵抗性に対する寄生程度がやや異なる Gp が存在していることが示唆される。これらの Gp 個体群について、*GpaIV^s_{adg}* を有する品種など、異なる抵抗性遺伝子構成の品種に対する寄生性をさらに調査し、その寄生特性を解明することが今後の抵抗性品種育成やリスク把握にとって重要と考えられる。

(2) Gp 地域個体群の遺伝子プロファイル解析による多様度評価

(1) の接種試験に用いた個体群を含めた道内 11 個体群（網走市由来 7 個体群：網走 A~G、斜里町由来 4 個体群：斜里 A~D）とスイス産の Gp1 個体群、斜里町のジャガイモシストセンチュウ(Gr)1 個体群の DNA 配列を比較することにより、国内発生個体群の遺伝的多様性を調査した。各個体群の卵から DNA を抽出し、2 遺伝子 (rRNA、*hsp90*) の部分配列を次世代シーケンサーによって網羅的に調査し、配列の種類および頻度を変数としたクラスター解析を行った。その結果、供試した国内 Gp 個体群はひとつのグループを形成し(図 1)、互いに類縁性が高いと推察された。また国内 Gp 個体群はさらに 2 つのグループ(斜里 B、C とその他)に細分化されたが、それらの間に特定の地理的關係や寄生特性との明確な関連はみられなかった(図 1)。

以上の結果、国内に発生する Gp は互いに類縁性が高いと判断されることから、「フリア」と「イノベーター」の抵抗性は広く有効であると考えられる。したがって、国内の Gp 防除には抵抗性遺伝子 *Gpa5* および *Gpa6* の組み合わせが有効であると推察され、今後の抵抗性品種育成への活用が推奨される。

6. 今後期待される成果

本研究で、抵抗性バレイショ品種・系統に対する国内 Gp 個体群の寄生特性の一端が明らかとなった。今後、国内の Gp 個体群の特性に合わせた品種開発が重点化され、効率的な品種開発に資することが期待される。

<具体的データ>

表 1 パソタイプ判別基準

品種・系統	パソタイプの種類		
	Pa1	Pa2	Pa3
パールスターチ	+	+	+
Vt 62.33.3	-	-	+
P55/7	-	+	+

+ : 栽培後の Gp 頭数が接種頭数を上回る - : 栽培後の Gp 頭数が接種頭数を下回る

表 2 国内 Gp 4 個体群のパソタイプ判別結果

	網走 A	網走 B	斜里 A	斜里 B
パールスターチ	+(61.89)	+(43.85)	+(40.33)	+(44.78)
VT 62.33.3	+(8.24)	+(2.72)	+(1.17)	+(1.70)
P55/7	+(2.15)	+(12.59)	+(23.34)	+(33.96)
パソタイプ	Pa3	Pa3	Pa3	Pa3

直径 13.5 cm、高さ 11.4 cm のポリポットに各品種を植え付け、Gp を 5000 卵接種して 3 か月栽培し、栽培後の Gp の頭数を調査した。各個体群と品種の組み合わせにつき 4 反復実施した。「+」は栽培後の Gp 頭数が接種頭数を上回ったことを示す。括弧内の数字は栽培前後の Gp 個体数の増減（栽培後頭数 / 接種頭数）を示す。

表3 国内 Gp 4 個体群に対する主な抵抗性品種の抵抗性評価

個体群	品種	シスト数 (平均±標準誤差)	基準比	抵抗性程度
網走 A	パールスターチ	491.5 ± 44.4	-	-
	フリア	32.3 ± 7.8	6.6	やや強
	イリダ	71.3 ± 3.2	14.5	中
	イノベーター	0.3 ± 0.3	0.1	強
網走 B	パールスターチ	348.0 ± 28.5	-	-
	フリア	26.3 ± 5.2	7.5	やや強
	イリダ	11.0 ± 2.3	3.2	やや強
	イノベーター	2.0 ± 1.1	0.6	強
斜里 A	パールスターチ	375.0 ± 33.8	-	-
	フリア	31.8 ± 3.9	8.5	やや強
	イリダ	3.5 ± 1.0	0.9	強
	イノベーター	1.8 ± 0.9	0.9	強
斜里 B	パールスターチ	470.0 ± 87.1	-	-
	フリア	28.8 ± 8.9	6.1	やや強
	イリダ	11.3 ± 3.7	2.4	強
	イノベーター	3.3 ± 1.0	0.7	強

直径 9 cm、高さ 10.5 cm のポリポットに各品種を植え付け、Gp を 2500 卵接種して 3 か月栽培し、栽培後の Gp の頭数を調査した。基準比は $\{(\text{各調査系統のシスト数の平均}) / (\text{パールスターチのシスト数の平均})\} \times 100$ によって算出し、抵抗性程度は、基準比が 3 以下であれば「強」、3.1～10 であれば「やや強」、10.1～25 であれば「中」、25.1～50 であれば「やや弱」、50.1 以上で「弱」とした。各個体群と品種の組み合わせにつき 4 反復実施した。

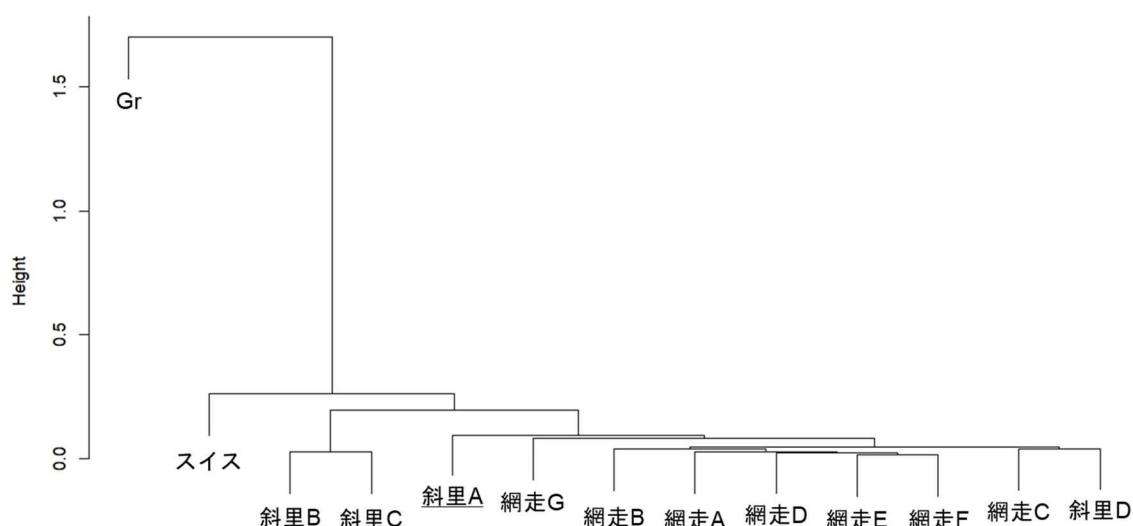


図1 2 遺伝子領域の配列の種類および頻度を変数として行ったクラスター解析結果

配列の種類と頻度のパターンが似ているもの（すなわち近縁であると考えられるもの）同士から順番にまとめている。下線を付した個体群はパソタイプ判別および抵抗性評価に用いたものと同じである。

ジャガイモ Y ウイルスの茎葉への移行速度と アブラムシ媒介率との関係 (完了課題)

1. 研究機関 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
北海道農業研究センター

2. 研究期間 令和 3 年度

3. 研究目的

- (1) ジャガイモ Y ウイルス (PVY) は、馬鈴しょに感染するウイルスの中で最も多発し、感染により塊茎の収量や品質が低下する。国内で発生が確認されている PVY には、病原性が異なる普通系統、えそ系統および塊茎えそ系統があり、近年では塊茎えそ系統が優占している。PVY の伝搬様式には、感染した馬鈴しょ植物体内での PVY の全身移行にともなう次代塊茎への伝搬 (垂直伝搬) と、PVY に感染した馬鈴しょの茎葉から吸汁して PVY を獲得したアブラムシによる健全馬鈴しょへの伝搬 (水平伝搬) がある。PVY の感染拡大を防ぐためには、これらの PVY 伝搬の両方を防ぐことが必要であり、そのためには PVY が塊茎や茎葉へ移行する前に感染株を抜き取ることが望まれる。そこで、PVY の塊茎や茎葉への移行速度に関する基礎的知見が重要となるが、馬鈴しょ品種や PVY 系統によって大きく異なる。
- (2) 前年度の本事業では、PVY に当代感染した馬鈴しょにおける塊茎への移行率を解析した。その結果、近年優占している塊茎えそ系統では高い移行率を示し、また作付面積増加が見込まれているでん粉原料用品種のコナヒメでは系統に関わらず高い移行率を示すことを明らかにした。コナヒメは茎葉へも PVY が移行しやすいことが予想されるが、その知見は非常に乏しい。PVY 感染後の茎葉への移行にともないアブラムシ媒介率がどのように変化するのかを解析し、馬鈴しょ品種間や PVY 系統間で比較することが必要である。
- (3) このため、本事業では PVY に感染させた馬鈴しょの上位葉への移行速度とアブラムシによる媒介率との関係を複数の馬鈴しょ品種と PVY 系統を用いて解析し、PVY 感染株の抜き取りや媒介アブラムシの防除に適切なタイミングを把握するための基礎的な知見を得て、北海道馬鈴しょ及び馬鈴しょでん粉の安定生産に資する。

4. 研究内容

- (1) 上位葉への PVY 移行速度とアブラムシ媒介率との関係の解析

コナヒメとトヨシロの 2 品種の馬鈴しょを 1 塊茎ずつポットに植え付け、温室内で栽培した。植え付けから 30 日後に、各株 2 本の茎を残し、それ以外の茎は切除した。茎の切除から 3 日後、各株 1 本の茎の 3 枚の葉に、塊茎えそ系統または普通系統の 2 系統の PVY を汁液接種した。試験は 2 品種の馬鈴しょと 2 系統の PVY の 4 処理区から構成され、各処理区で馬鈴しょ 11 株、4 処理区では計 44 株を供試した。接種に用いた汁液が PVY の感染能力を有することを確認するため、同じ汁液を用いてタバコにも接種した。また、PVY 感染が汁液接種によることを確認するため、汁液を

含まない緩衝液のみを馬鈴しょとタバコに接種した。汁液接種後には温室で栽培し、経時的に病徴を観察し、サンプリングした葉から ELISA 法で PVY を検出することで茎葉への移行速度を調査した (図 1)。

接種から 32-33 日後の上位葉は、ELISA 検定の前にモモアカアブラムシに吸汁させ、そのモモアカアブラムシを健全タバコ株へと接種した。3 週間後に接種したタバコ株の PVY 感染を調査することで、病徴や PVY 移行とアブラムシ媒介率との関係を検討した。

5. 研究結果

(1) 上位葉への PVY 移行速度とアブラムシ媒介率との関係の解析

塊茎えそ系統を接種したコナヒメでは、汁液接種から 8 日後では病徴は確認されなかったが、1 株のみ接種葉の上位葉へ PVY が移行していた (図 2)。接種から 15 日後、22 日後も無病徴ではあったが接種葉の上位葉へ PVY が移行し、さらに一部の株では隣接茎の上位葉にまで移行していた (図 2, 3, 4)。塊茎えそ系統を接種したトヨシロでは、接種から 8 日後では病徴は確認されず、上位葉へ移行していなかった (図 2)。15 日後に接種葉の上位葉でえそ斑が確認され、さらに 22 日後には一部の株では茎全体が枯凋し、ほとんどの株で上位葉へ PVY が移行していた (図 2, 4)。しかし隣接茎では 1 株を除き無病徴で、その 1 株でのみ 22 日後に上位葉へ PVY が移行していた (図 3)。一方、普通系統を接種したコナヒメおよびトヨシロでは、15 日後も 22 日後も無病徴で、接種葉の上位葉へ PVY は移行していなかった (図 2, 3, 5)。32-33 日後にコナヒメでは一部の株で上位葉へ移行していたが、トヨシロでは移行していなかった (図 2, 3)。

アブラムシ媒介試験の結果、無病徴であっても PVY が移行している上位葉ならばアブラムシにより媒介可能であることが確認された。

6. 今後期待される成果

塊茎えそ系統は普通系統よりも移行が速いこと、コナヒメはトヨシロと比較して上位葉や隣接茎への PVY の移行が速いこと、また無病徴であっても PVY が移行した上位葉はアブラムシの PVY 獲得源になることが確認できた。前年度の本事業において、コナヒメでは PVY の系統に関わらず高い塊茎移行率を示し、塊茎えそ系統では普通系統よりも高い塊茎移行率であることを報告した。2 年間の結果から、作付面積増加が見込まれているコナヒメに塊茎えそ系統が感染すると、垂直伝搬や水平伝搬のリスクが高いことが明らかとなった。今後は、アブラムシ捕獲に基づくなどの病徴によらないリスク評価手法を開発し、リスクを回避する必要がある。

用語解説

※1：汁液接種

ウイルスに感染した植物を磨り潰した汁液を用いて、他の植物に人工的にウイルスを接種すること。本事業では、ウイルス感染タバコ葉片に10倍量の緩衝液を加えて乳鉢で磨り潰し、馬鈴しょの葉にカーボランダム（炭化珪素の粉末）をふりかけ、磨り潰した汁液を綿棒で擦りつけた。カーボランダムを擦りつけることで馬鈴しょの葉の表面に微細な傷が発生し、そこからウイルスが侵入する。

※2：病徴

病原体に感染することで見られる病気の症状のこと。PVYに感染した馬鈴しょの茎葉では、部分的に壊死した「えそ斑」、濃淡のマダラ模様の「モザイク」などが見られる。ウイルスに感染しても病徴が認められないこともある。

<具体的データ>



図1 温室での試験（接種から15日後）

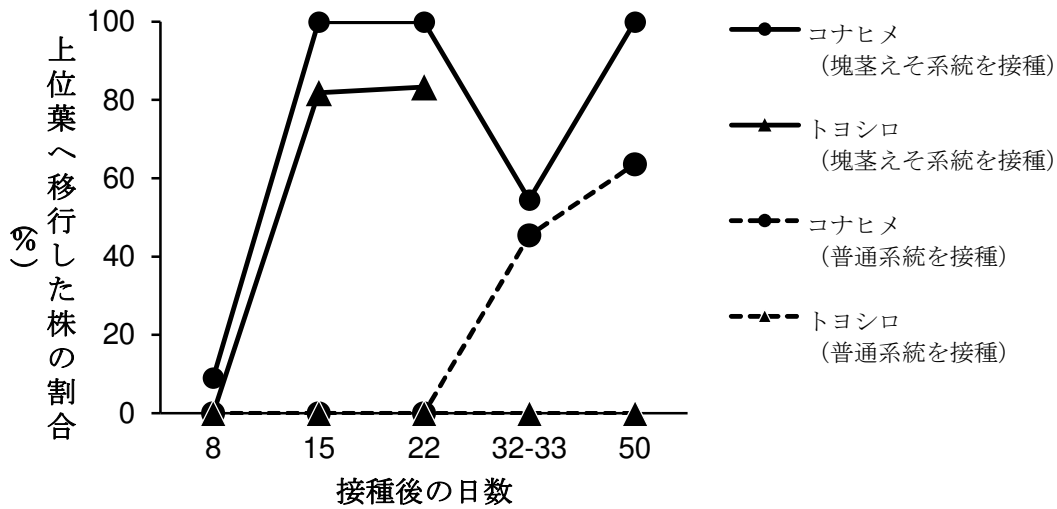


図2 接種した葉から上位葉へPVYが移行した株の割合の推移（接種から50日後のデータも参考までに示した）

実線は塊茎えそ系統を接種、点線は普通系統を接種したことを示す。また、丸印を含む線はコナヒメに接種、三角印を含む線はトヨシロに接種したことを示す。なお、塊茎えそ系統を接種したトヨシロでは、接種から32-33日後までに全株が枯凋したため調査できなかった。

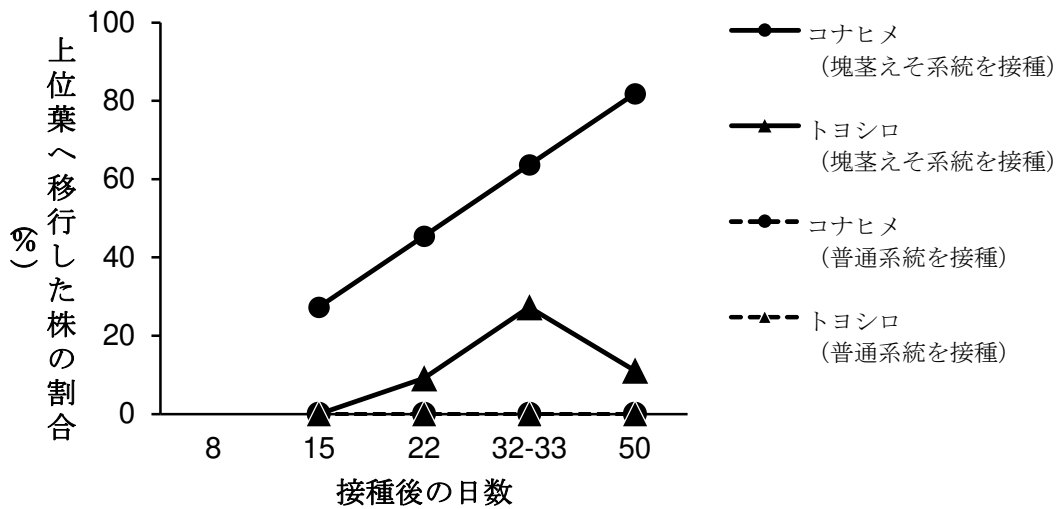


図3 接種した葉から隣接茎へPVYが移行した株の割合の推移（接種から50日後のデータも参考までに示した）

実線は塊茎えそ系統を接種、点線は普通系統を接種したことを示す。また、丸印を含む線はコナヒメに接種、三角印を含む線はトヨシロに接種したことを示す。なお、試験は接種15日後から開始している。



図4 塊茎えそ系統を接種してから22日後のコナヒメ（左）とトヨシロ（右）
 コナヒメ、トヨシロのどちらもPVYは上位葉へ移行したが、コナヒメでは無病徴であるのに対し、トヨシロでは枯凋していた。



図5 普通系統を接種してから22日後のコナヒメ（左）とトヨシロ（右）
 コナヒメ、トヨシロのどちらもPVYは上位葉へは移行せず無病徴であった。

馬鈴しょ実生の雑草化リスクと病害虫への影響の検証 (完了課題)

1. 研究機関 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
北海道農業研究センター

2. 研究期間 令和3年度

3. 研究目的

(1) 近年圃場に落下した馬鈴しょ果実に由来する実生が雑草化し問題となっている。雑草化した実生は作物の養水分の競合相手となるだけでなく、疫病やジャガイモシストセンチュウ類(PCN)の増殖源となる可能性も指摘されている。このため、特にジャガイモシロシストセンチュウ(Gp)の緊急防除現場では徹底した防除が求められ、実生除去に多大な負担を強いられている。品種毎に着果数の多少があることはよく知られており、「コナフブキ」のように果実が多い品種の雑草化は特に問題となっているが、果実の多い「とうや」や「キタアカリ」栽培後の圃場では実生が多く発生するわけではなく、果実数と実生の発生が必ずしも一致しない。

着果数は品種間で大きく異なるが、そこに含まれる種子数や発生する実生の発生量に違いがあるかどうかは不明である。また、雑草化した実生において、PCNが実際に増殖するかも検証されていない。

(2) 本研究を通じて、雑草化リスクの品種間差の有無や実生由来の雑草がPCNの増殖に与える影響が明らかになれば、雑草化リスクの少ない品種開発や雑草化防止技術の開発の必要性を明らかにすることができる。

(3) このため、自然結果果実に由来する雑草化リスクの品種間差異を検証し、実生がPCNの増殖に与える影響を解析することにより北海道馬鈴しょ及び馬鈴しょでん粉の生産振興に資する。

4. 研究内容

(1) 自然結果果実に由来する種子数の品種間差異評価

過去の観察結果から自然結果が多く見られた5品種(「とうや」、「ホッカイコガネ」、「キタアカリ」、「コナフブキ」、「パールスターチ」と自然結果があまり見られなかった10品種(「さやか」、「トヨシロ」、「男爵薯」、「コナユタカ」、「コナヒメ」、「コナユキ」、「紅丸」、「ピルカ」、「メイクイン」、「はるか」)の計15品種を圃場に植え付け、各品種10株について株あたりの花房数、着果が見られた花房数、果実数、種子数および1果実あたりの種子数を評価した。自然結果が多い品種のうち「コナフブキ」と「パールスターチ」は、圃場で雑草化し易いとされている品種である。

(2) 自然結果果実に由来する実生が雑草化するリスクの品種間差異評価

圃場から採種した自然結果種子を用いて発芽率の品種間差を比較した。圃場で果実が落下した状態を想定し、果実ごと播種し発芽率を評価した。

(3) 実生におけるジャガイモシストセンチュウ類増殖リスクの評価

卵密度を3段階に調整したジャガイモシストセンチュウ (Gr) および Gp 汚染土壌を 1/10,000a ワグネルポットに詰め、Gr 土壌には「コナフブキ」の種子を、Gp 土壌には「パールスターチ」の種子を播種した。初期密度は Gr が乾土 1g あたり約 2, 30, 55 卵で、Gp が同約 2, 45, 90 卵だった。出芽後、1ポットあたり4株に調整し、約90日間栽培したあと土壌中の線虫密度を調査した (5連制)。

(4) ジャガイモシストセンチュウ類増殖の品種間差異の評価

「パールスターチ」「とうや」「ホッカイコガネ」「コナフブキ」の種子を供試し、Gp および Gr の増殖に対する品種間差の有無を調査した。1/10,000a ワグネルポットを用い、4連で調査した。初期密度はそれぞれ乾土 1g あたり約 10 卵であり、1ポットあたり4株ずつ栽培した。

(5) 花房への薬剤処理による種子数への影響評価

本試験は当初計画していなかったが、圃場での自然結果がほとんど見られず予定していた試験が行えなかったことから追加したものである。冬期に温室で栽培した植物の花房に対し、薬剤処理により種子数を減少させられるか検証した。供試材料として稔性が高く自然結果の多い実験系統「97H32-6」および自然結果の多い品種「ながさき黄金」を用いた。3種類の薬剤 (A 剤、B 剤、C 剤) を使用しそれぞれの薬剤の単独処理に加え、A 剤と B 剤を組み合わせる着蕾期から満開時期に処理をした。なお、各薬剤とも通常の作物栽培に使用される農薬類である。

5. 研究結果 (令和3年度のまとめ)

(1) 自然結果果実由来する種子数の品種間差異評価

本年は夏季が高温乾燥条件で、圃場全体で自然結果が極めて少なく、例年では自然結果が見られる品種でも自然結果が見られず、結果数も例年より少なかった。本年の結果では「コナフブキ」、「メイクイン」、「とうや」、「ホッカイコガネ」、「パールスターチ」、「コナユキ」、「はるか」の7品種で自然結果が見られ、それ以外の品種では自然結果しなかった (図1)。例年であれば「コナフブキ」や「コナユタカ」などの晩生品種は第二花房以降まで開花が見られ花房数が多くなるが、今年は第一花房のみの開花に留まり花房数が少なかった。

「メイクイン」と「コナユキ」では果実に種子が含まれていなかったものの、それ以外の品種では1つの果実に含まれる種子数には大きな差は無く、1株あたりの種子数、すなわち圃場への種子の放出量は果実数の多少によって概ね決定されることが示唆された。また、「コナフブキ」では株あたりの種子数が多かったが、その他の品種では大きな差は無く、雑草化し易いとされる「パールスターチ」でも「とうや」や「ホッカイコガネ」等の雑草化が問題となっていない品種と同程度の種子数であったことから、雑草化のし易さと種子数の間に相関は無いと思われた (図2)。

(2) 自然結果果実由来する実生が雑草化するリスクの品種間差異評価

「とうや」「ホッカイコガネ」「パールスターチ」「コナフブキ」の果実を2つ切り

にし、半分の果実を播種し、残りの半分の果実重量とそこに含まれる種子数から播種数を推定した。播種は半切り果実をそのまま培土上に置き覆土するものと、つぶしてから培土上に置き覆土するものの2通りの方法を試した。その結果、つぶしてから培土上に置いたもののみ実生の発芽が見られた。また、「パールスターチ」と「コナフブキ」のみ実生の発芽が見られた。半切り果実からの推定種子数と発芽数の間には相関は無く、種子の発芽能力に何らかの差があり、雑草化し易い品種では発芽能力が高い可能性が示唆された(図3)。

(3) 実生におけるジャガイモシストセンチュウ類増殖リスクの評価

実生の初期生育は、線虫密度が高いほど抑制されたが、日数経過とともに高密度の生育は回復し、生育差は縮小した(図4、草丈データは省略)。栽培後の線虫密度はいずれも大きく増加し、初期密度が乾土1gあたり2卵の低密度条件でも栽培後には100卵以上の高密度となった(図5)。中密度として設定した乾土1gあたり40~50卵の時が最も高密度になり、Grは約1,100卵、Gpは約800卵(いずれも乾土1gあたり平均値)の甚密度となった。以上の結果、実生でもPCNは大きく増加し、その放置は線虫増加リスクが高いと判断された。密度が低いほど増加率は高い傾向が認められたことから(データ省略)、緊急防除により密度が極めて低くなったほ場では、特に注意が必要と考えられる。

(4) ジャガイモシストセンチュウ類増殖の品種間差異の評価

Gpは各品種とも大幅に増加し、平均1,500~2,300個のシストが形成された(図6)。一方、Grの増加は品種によって大きく異なり、Gr抵抗性品種の実生ではほとんどシストが形成されなかった。「とうや」は4組のゲノムセットのうち、2組にHI抵抗性遺伝子を持つので、理論上その種子はほとんど(約97.2%)が抵抗性になるはずである。実際、「とうや」ではポットあたり平均142個のシストが確認されたが、内部に正常卵はほとんどなかったことから、使用した種子はHI抵抗性遺伝子を持っていたと判断される。一方、「パールスターチ」はHI抵抗性遺伝子を4組のうち1組に持つだけなので、種子のうち約25%は感受性になるはずだが、形成シスト数は非常に少なかった。本実験では1ポットあたり4株栽培したが、正確に解析するには1個体ごとに抵抗性を調査する必要がある。これらの結果、Grについては品種によって増殖リスクが大きく異なり、HI抵抗性品種の実生における増加リスクは小さいと考えられ、「とうや」のように2重式で抵抗性遺伝子を持つ品種ではそのリスクはほとんどないと判断された。

(5) 花房への薬剤処理による種子数への影響評価

「97H32-6」、「ながさき黄金」の両品種・系統でのC剤処理で着果率の低下が見られた(表1)。一方A剤、B剤および両者の組合せでは着果率への影響は見られなかった。果実内に含まれる種子数への影響は今後調査を進める予定である。

6. 今後期待される成果

雑草化し易さの異なる品種でも、圃場に放出しうる種子数には大きな差が無いことが明らかとなり、種子の発芽力など別の要因により雑草化程度が異なる可能性が示唆された。詳細な原因は特定できなかったものの、雑草化リスクの低い品種が選抜できることが示された。また、バレイショの実生における PCN 増加リスクが科学的に明らかになったことによって、実生由来の雑草対策の徹底が推進され、線虫密度抑制、封じ込めが一層図られると期待される。薬剤処理により、種子数に差が見られた場合には、圃場での自然結果由来の雑草化抑制技術の開発に繋がる可能性がある。

< 具体的データ >

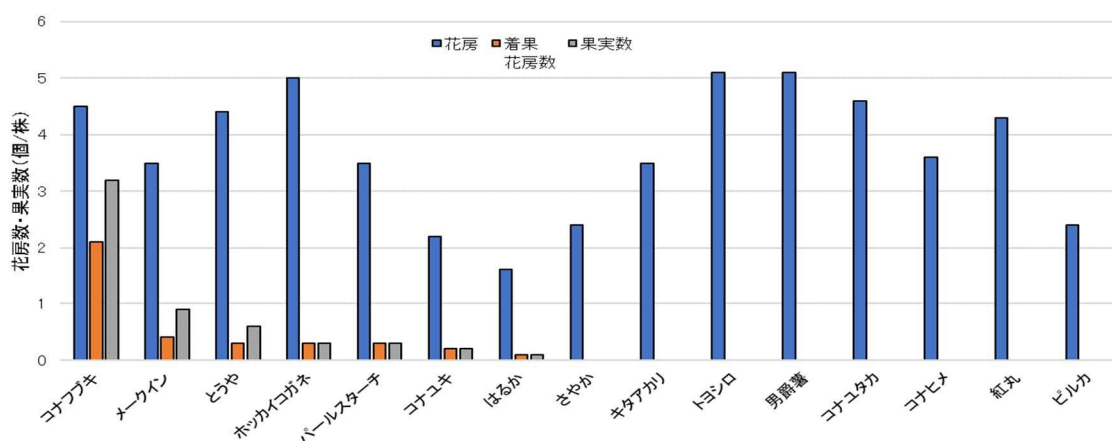


図1 各品種の花房数、着果花房数、果実数

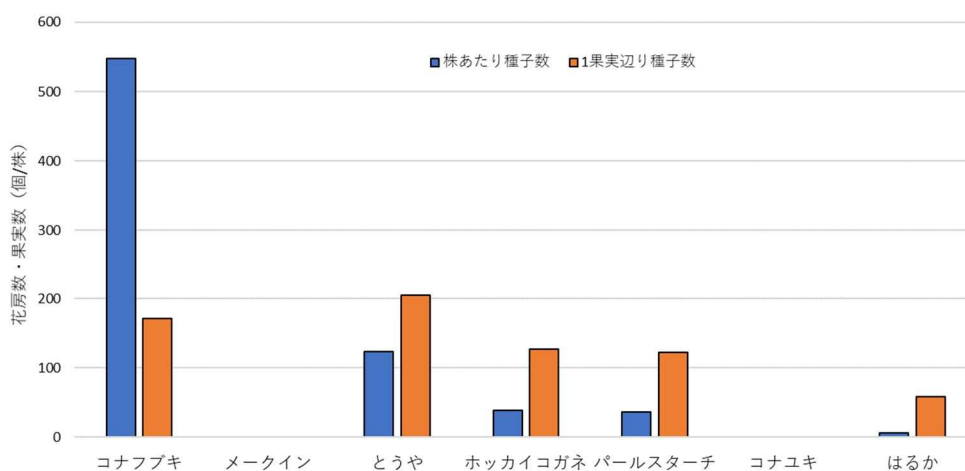


図2 着果が見られた品種の株あたり種子数、果実あたり種子数



図3 播種法の比較と品種間差

上段左から「とうや-そのまま播種（推定播種量 48 粒）」、「とうや-つぶして播種（74 粒）」、「パールスターチ-そのまま播種（52 粒）」、「パールスターチ-つぶして播種（43 粒）」

下段左から「ホッカイコガネ-そのまま播種（45 粒）」、「ホッカイコガネ-つぶして播種（101 粒）」、「コナフブキ-そのまま播種（52 粒）」、「パールスターチ-つぶして播種（43 粒）」



図4 各 Gp 密度条件での「パールスターチ」実生の生育（出芽 47 日目）
低、中、高は 3 段階の密度を便宜的に示した。

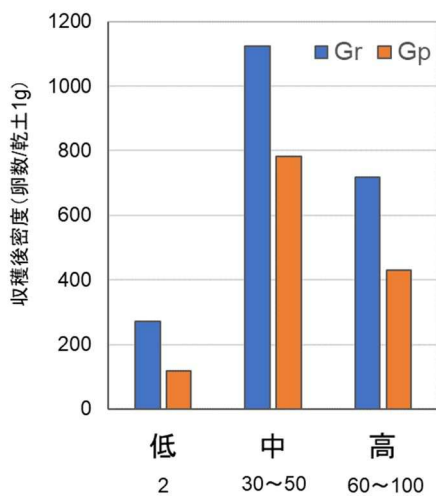


図5 実生栽培後の線虫密度
低、中、高は設定した3段階の密度レベルを便宜的に示している。

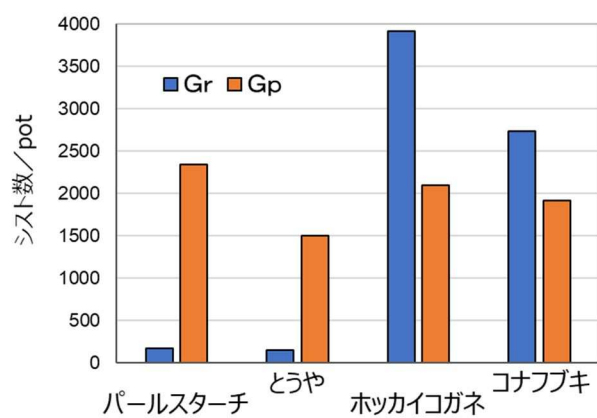


図6 各品種の実生におけるGr、Gp増殖
初期密度は1ポットあたりGr:48シスト、Gp:40シスト

表1 花房への薬剤処理による着果率

品種系統名	処理資材	着果率(%)
97H32-6	A剤	74.1
97H32-6	B剤	59.8
97H32-6	B剤+A剤	81.6
97H32-6	C剤*	36.9
97H32-6	無処理	77.7
ながさき黄金	A剤	38.8
ながさき黄金	B剤	34.6
ながさき黄金	B剤+A剤	31.3
ながさき黄金	C剤*	17.9
ながさき黄金	無処理	40.5

* 同一品種の無処理と比較して有意差があったことを示す(Dunnett検定、 $P < 0.05$)。

でん粉原料用ばれいしょ新品種「コナヒメ」の 安定生産のための栽培法の開発（継続課題）

1. 研究機関 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 十勝農業試験場

2. 研究期間 令和 3～5 年度

3. 研究目的

- (1) ばれいしょは本道で約 5 万 7 千 ha 作付されており、全国の約 7 割を占めている。このうち、でん粉原料用ばれいしょの作付面積は約 35%を占める。
- (2) 一方、ジャガイモシストセンチュウは本道におけるばれいしょの最重要土壌害虫であり、その対策としてジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種の普及拡大が急務となっている。北海道農政部では、令和 4 年度にでん粉原料用ばれいしょのジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種の普及目標を 100%としている。
- (3) 平成 28 年に優良品種として普及奨励事項となったでん粉原料用ばれいしょ新品種「コナヒメ」は、ジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種として普及拡大が期待される。
- (4) しかし、現地の試験栽培の結果において、「コナヒメ」は対照品種「コナフブキ」よりも収量性が劣る場合があり、その要因として初期生育や受光体勢の不良（葉面積が過大）が想定されている。したがって、生育・収量を改善するための栽培法を検討する必要がある。

4. 研究内容

- (1) 低肥沃度土壌における「コナヒメ」の生育・収量を向上させる栽培法の検討
 - ・ 供試圃場：十勝農試（淡色黒ボク土；熱水抽出性窒素 1.5 mg/100g）
 - ・ 窒素施肥：基肥 11+開花期追肥 4（対照区）、基肥 7、基肥 11、基肥 15 kg/10a
 - ・ 栽植密度：標準 30×75cm（4,444 本/10a）、疎植 36×75cm（3,704 本/10a）
※窒素施肥と栽植密度を適宜組み合わせ。
- (2) 高肥沃度土壌における「コナヒメ」の生育・収量を向上させる窒素施肥法の検討
 - ・ 供試圃場：現地圃場（表層腐植質黒ボク土；熱水抽出性窒素 7.8 mg/100g）
 - ・ 窒素施肥：基肥 6+開花期追肥 4（対照区）、基肥 2、基肥 6、基肥 10 kg/10a
- (3) 「コナヒメ」に対する疎植と基肥重点施肥の効果検証
 - ・ 供試圃場：現地圃場（表層腐植質黒ボク土；熱水抽出性窒素 N 7.8 mg/100g）
 - ・ 栽植密度：標準 39×66cm（3,885 本/10a）、疎植 42×66cm（3,608 本/10a）
※窒素施肥は 2）に準じ、栽植密度を適宜組み合わせ。（1）のデータも活用。

5. 研究結果

- (1) 低肥沃度土壌における「コナヒメ」の生育・収量を向上させる栽培法の検討

本年は、6～7 月の平均気温が高く（平年比 1.5℃高、図 1）、降水量が少ない（平年比 33%、図 2）ことが特徴的であった。特に、降水量の影響が大きく、7 月中下

旬から干ばつに由来する倒伏が発生し、生育が著しく停滞（一部枯死）した。その後、降水により生育が回復したものの2次生長が生じた。

低肥沃度土壌（十勝農試）では、窒素施肥量の増加に伴って茎長や窒素吸収量が大きくなる傾向であった（表1. 4）。葉面積指数（LAI）は、窒素施肥量の増加に伴って大きくなる傾向が認められたが、指数が7を超過する試験区も存在し過繁茂がうかがわれた（表3）。収穫期におけるでん粉価は例年に比べて低く、高温の影響が示唆された。窒素施肥量およびその配分によるでん粉収量への影響は、早掘り（1回目、表6）、通常掘り（2回目、表7）を問わず明瞭な傾向が認められなかったことから、窒素減肥の可能性が示唆された。

（2）高肥沃度土壌における「コナヒメ」の生育・収量を向上させる窒素施肥法の検討

高肥沃度土壌（現地）では、窒素施肥量による茎長やLAI、窒素吸収量への反応は低肥沃度土壌（十勝農試）に比べて小さかった（表2. 3. 5）。高肥沃度土壌は、熱水抽出性窒素が8 mg/100g程度と高く、土壌由来の窒素供給量が多いため、低肥沃度土壌よりも窒素施肥反応が緩慢になったと考えられた。なお、両土壌についてLAIと茎長との間に正の相関関係が認められたことから、茎長は葉の繁茂状態を示す指標として活用できる可能性があると考えられた（図3）。高肥沃度土壌も収穫期におけるでん粉価は例年に比べて低く、窒素施肥量およびその配分によるでん粉収量への影響は判然としなかった（表8）。

両土壌について収穫期の窒素吸収量とでん粉収量との間には2次回帰の関係が認められた（図4）ことから、でん粉収量を確保する上で適当な窒素吸収量レベルが存在すること、過大な窒素施肥は必ずしもでん粉収量の確保に結びつかないことが推察された。

（3）「コナヒメ」に対する疎植と基肥重点施肥の効果検証

疎植植えは、茎長やLAI、窒素吸収量が標準植えよりも小さくなる傾向であった（表1～5）が、でん粉収量に差はなかった（表6～8）ことから疎植植えの有効性が示唆された。全窒素施肥量同量下での比較において、基肥のみは開花期追肥ありよりも茎長やLAI、窒素吸収量が大きくなる場合が低肥沃度土壌で認められ（表1. 3. 4）、でん粉収量が増加する場合があった（表7）。

以上から、でん粉収量の確保に向けて生産コスト等を加味すると、窒素減肥や疎植植えが有効な手段であると推察され、次年度についても引き続き検討する。

6. 今後期待される成果

「コナヒメ」生産安定化のための栽培法を開発することにより、ジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種の普及拡大に寄与する。これらの成果は、農業改良普及センターや農業協同組合を通じて生産現場に普及される。

< 具体的データ >

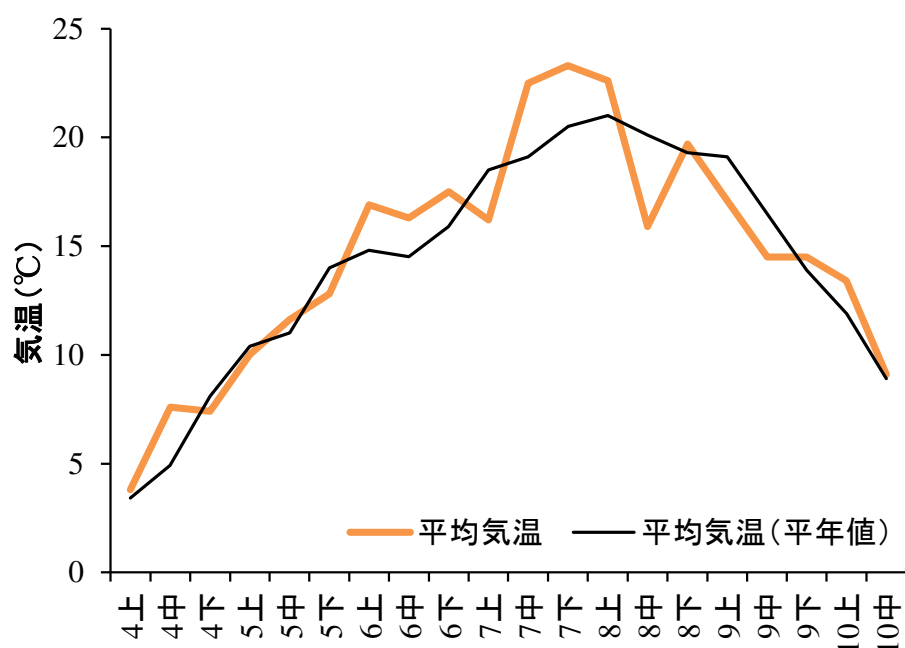


図1 気温の推移 (2021年、十勝農試)

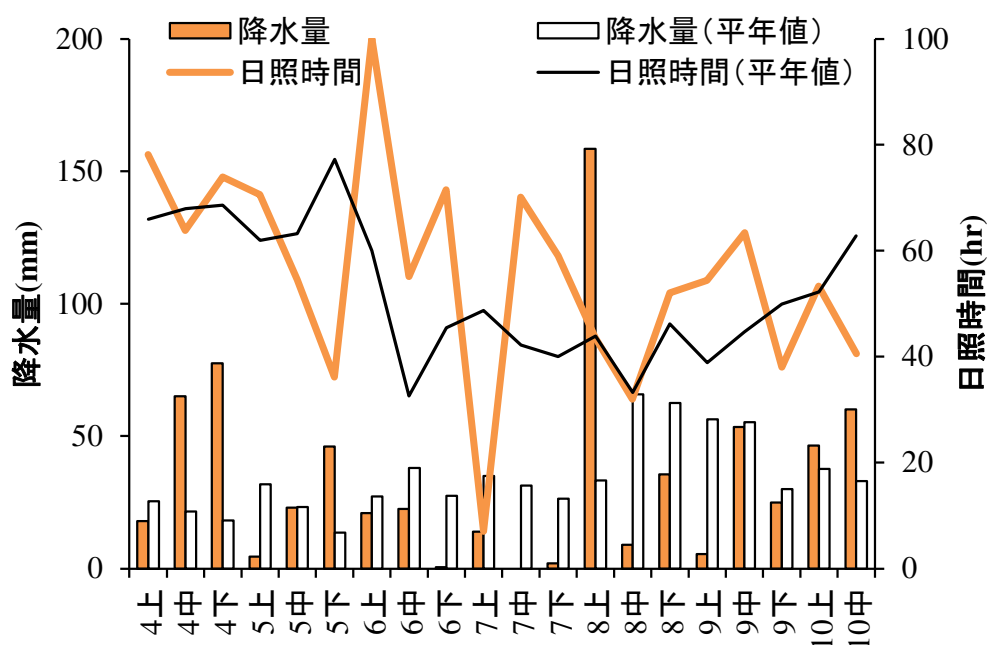


図2 降水量および日照時間の推移 (2021年、十勝農試)

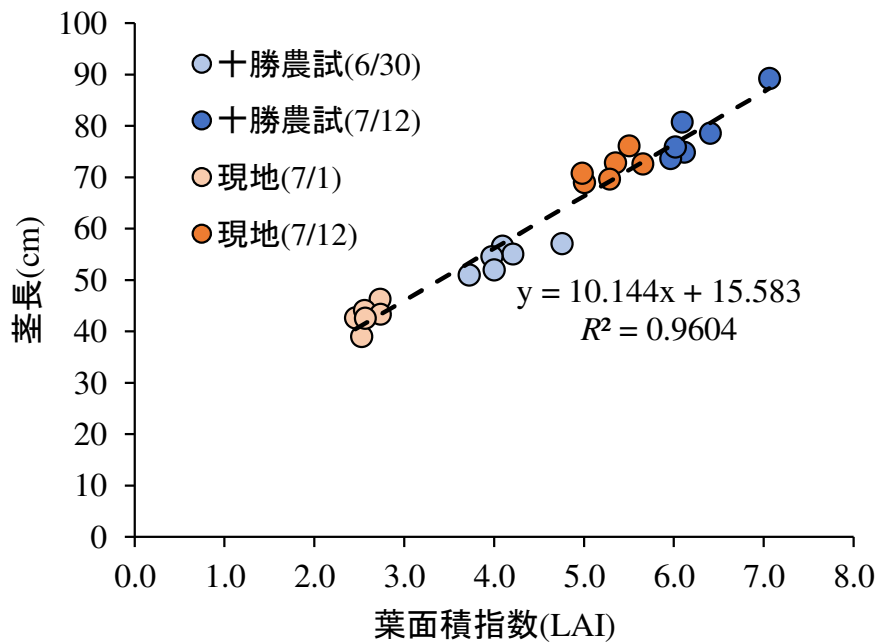


図3 茎長と LAI の関係 (十勝農試および現地)

※表 1～3 により作図。

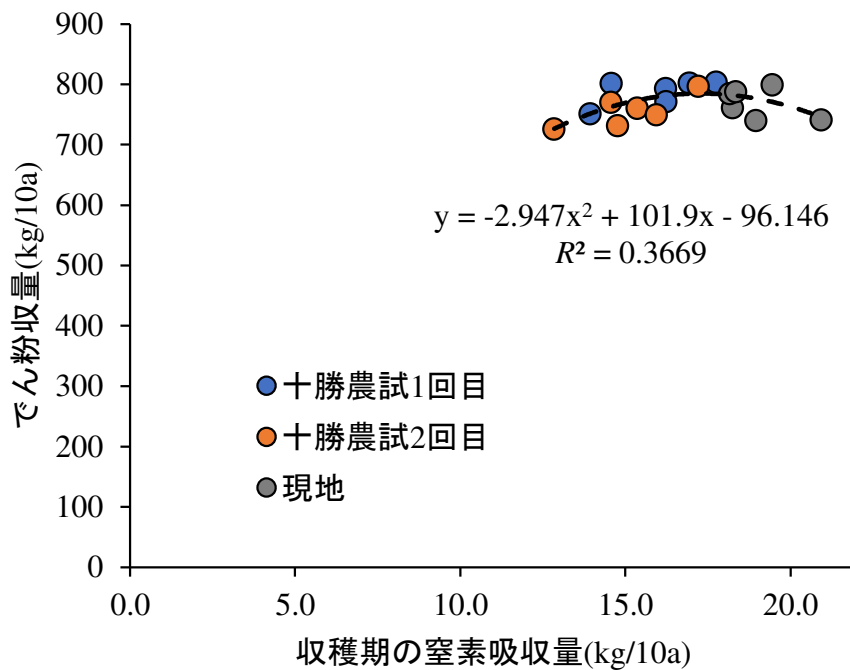


図4 収穫期の窒素吸収量とでん粉収量の関係 (十勝農試および現地)

※表 4～8 により作図

表1 茎長の推移（十勝農試）

栽植密度	窒素施肥量(kg/10a)			茎長(cm)				
	基肥	開花期追肥	合計	6月16日	6月24日	7月1日	7月12日	7月29日
標準	11	4	15	20.8	42.2	56.6	74.8	82.6
	7	0	7	19.9	40.6	51.0	73.6	74.3
	11	0	11	22.2	42.1	55.0	78.5	81.2
	15	0	15	20.6	41.4	57.1	89.2	95.9
疎植	11	4	15	20.1	39.5	54.5	75.8	83.9
	15	0	15	19.3	38.2	51.9	80.7	85.9
平均	標準			20.7	41.8	56.8	82.0	89.3
	疎植			19.7	38.9	53.2	78.3	84.9
	基肥のみ			20.0	39.8	54.5	85.0	90.9
	開花期追肥あり			20.5	40.9	55.6	75.3	83.3

※「標準」、「疎植」はそれぞれ共通の窒素施肥量での平均値。

※「基肥のみ」、「開花期追肥あり」は全窒素施肥量15kg/10aでの平均値。

表2 茎長の推移（現地）

栽植密度	窒素施肥量(kg/10a)			茎長(cm)				
	基肥	開花期追肥	合計	6月15日	6月25日	7月1日	7月12日	7月30日
標準	6	4	10	16.1	37.5	46.2	76.1	85.4
	2	0	2	13.8	33.2	39.0	68.9	82.7
	6	0	6	14.6	35.2	42.6	70.8	81.6
	10	0	10	14.2	36.0	44.1	72.6	86.5
疎植	6	4	10	16.7	34.5	43.3	72.8	86.7
	10	0	10	15.1	35.2	42.6	69.6	87.9
平均	標準			15.2	36.8	45.2	74.3	86.0
	疎植			15.9	34.9	43.0	71.2	87.3
	基肥のみ			14.7	35.6	43.3	71.1	87.2
	開花期追肥あり			16.4	36.0	44.8	74.4	86.1

※「標準」、「疎植」はそれぞれ共通の窒素施肥量での平均値。

※「基肥のみ」、「開花期追肥あり」は全窒素施肥量10kg/10a(現地)での平均値。

表3 葉面積指数(LAI)の推移

栽植密度	十勝農試						現地			
	窒素施肥量(kg/10a)			LAI		窒素施肥量(kg/10a)			LAI	
	基肥	開花期追肥	合計	6月30日	7月12日	基肥	開花期追肥	合計	7月1日	7月12日
標準	11	4	15	4.1	6.1	6	4	10	2.7	5.5
	7	0	7	3.7	6.0	2	0	2	2.5	5.0
	11	0	11	4.2	6.4	6	0	6	2.5	5.0
	15	0	15	4.8	7.1	10	0	10	2.6	5.7
疎植	11	4	15	4.0	6.0	6	4	10	2.7	5.4
	15	0	15	4.0	6.1	10	0	10	2.6	5.3
平均	標準			4.4	6.6				2.6	5.6
	疎植			4.0	6.1				2.7	5.3
	基肥のみ			4.4	6.6				2.6	5.5
	開花期追肥あり			4.0	6.1				2.7	5.4

※「標準」、「疎植」はそれぞれ共通の窒素施肥量での平均値。 ※測定は、LAI-2000による。

※「基肥のみ」、「開花期追肥あり」は全窒素施肥量15kg/10a(十勝農試)、10kg/10a(現地)での平均値。

表 4 窒素吸収量の推移（十勝農試）

栽植 密度	窒素施肥量(kg/10a)			窒素吸収量(kg/10a)			
	基肥	開花期 追肥	合計	開花期	生育 最盛期	収穫期1	収穫期2
標準	11	4	15	10.3	14.3	16.2	14.8
	7	0	7	8.0	14.7	14.6	12.8
	11	0	11	9.6	13.3	13.9	14.6
	15	0	15	11.1	15.6	17.7	17.2
疎植	11	4	15	8.9	14.6	16.2	15.4
	15	0	15	10.4	13.1	16.9	15.9
平均	標準			10.7	14.9	17.0	16.0
	疎植			9.6	13.9	16.6	15.6
	基肥のみ			10.8	14.4	17.3	16.6
	開花期追肥あり			9.6	14.4	16.2	15.1

※「標準」、「疎植」はそれぞれ共通の窒素施肥量での平均値。

※「基肥のみ」、「開花期追肥あり」は全窒素施肥量15kg/10aでの平均値。

※「収穫期1」は9月10日、「収穫期2」は10月5日。

表 5 窒素吸収量の推移（現地）

栽植 密度	窒素施肥量(kg/10a)			窒素吸収量(kg/10a)		
	基肥	開花期 追肥	合計	開花期	生育 最盛期	収穫期
標準	6	4	10	7.3	14.9	18.2
	2	0	2	7.1	13.4	18.2
	6	0	6	8.4	13.5	18.3
	10	0	10	9.1	13.4	20.9
疎植	6	4	10	8.0	14.1	18.9
	10	0	10	7.0	13.3	19.5
平均	標準			8.2	14.1	19.6
	疎植			7.5	13.7	19.2
	基肥のみ			8.0	13.3	20.2
	開花期追肥あり			7.6	14.5	18.6

※「標準」、「疎植」はそれぞれ共通の窒素施肥量での平均値。

※「基肥のみ」、「開花期追肥あり」は全窒素施肥量10kg/10a(現地)での平均値。

表 6 収量調査（十勝農試 1 回目 9 月 10 日収穫）

栽植 密度	窒素施肥量(kg/10a)			でん粉価	総収量	上いも	平均	でん粉収量	
	基肥	開花期 追肥	合計	(%)	(kg/10a)	(kg/10a)	1個重	(kg/10a)	比
標準	11	4	15	17.5	4847	4817	88	793	100
	7	0	7	17.8	4816	4784	96	802	101
	11	0	11	17.2	4652	4632	100	752	95
	15	0	15	17.3	4956	4921	87	804	101
疎植	11	4	15	17.1	4808	4784	105	771	97
	15	0	15	17.6	4867	4845	101	803	101
平均	標準			17.4	4901	4869	88	799	101
	疎植			17.4	4837	4815	103	787	99
	基肥のみ			17.5	4911	4883	94	803	101
	開花期追肥あり			17.3	4827	4800	97	782	99

※「標準」、「疎植」はそれぞれ共通の窒素施肥量での平均値。

※「基肥のみ」、「開花期追肥あり」は全窒素施肥量15kg/10aでの平均値。

※でん粉収量＝上いも重×(でん粉価-1)÷100。

表7 収量調査（十勝農試2回目 10月5日収穫）

栽植 密度	窒素施肥量(kg/10a)			でん粉価 (%)	総収量 (kg/10a)	上いも (kg/10a)	平均 1個重	でん粉収量	
	基肥	開花期 追肥	合計					(kg/10a)	比
標準	11	4	15	17.9	4391	4363	88	732	100
	7	0	7	17.3	4479	4448	99	726	99
	11	0	11	17.6	4685	4638	92	771	105
	15	0	15	17.2	4944	4920	90	797	109
疎植	11	4	15	17.5	4641	4621	95	761	104
	15	0	15	17.5	4590	4555	96	750	103
平均	標準			17.5	4668	4641	89	764	104
	疎植			17.5	4616	4588	96	755	103
	基肥のみ			17.3	4767	4738	93	774	106
	開花期追肥あり			17.7	4516	4492	92	746	102

※「標準」、「疎植」はそれぞれ共通の窒素施肥量での平均値。

※「基肥のみ」、「開花期追肥あり」は全窒素施肥量15kg/10aでの平均値。

※でん粉収量＝上いも重×(でん粉価-1)÷100。

表8 収量調査（現地 9月8日収穫）

栽植 密度	窒素施肥量(kg/10a)			でん粉価 (%)	総収量 (kg/10a)	上いも (kg/10a)	平均 1個重	でん粉収量	
	基肥	開花期 追肥	合計					(kg/10a)	比
標準	6	4	10	17.8	4579	4541	93	762	100
	2	0	2	18.0	4669	4633	90	785	103
	6	0	6	18.4	4570	4544	103	788	103
	10	0	10	17.5	4535	4499	96	742	97
疎植	6	4	10	17.5	4526	4489	95	740	97
	10	0	10	17.7	4804	4774	102	799	105
平均	標準			17.6	4557	4520	95	752	99
	疎植			17.6	4665	4631	99	770	101
	基肥のみ			17.6	4669	4637	99	770	101
	開花期追肥あり			17.6	4552	4515	94	751	99

※「標準」、「疎植」はそれぞれ共通の窒素施肥量での平均値。

※「基肥のみ」、「開花期追肥あり」は全窒素施肥量10kg/10aでの平均値。

※でん粉収量＝上いも重×(でん粉価-1)÷100。

ジベレリンおよびジャスモン酸処理を組み合わせた でん粉原料用馬鈴しょの多収栽培技術の開発（継続課題）

1. 研究機関 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
北海道農業研究センター

2. 研究期間 令和 3～4 年度

3. 研究目的

- (1) 国際的に持続可能な開発目標（SDGs）に対する重要性が増すなか、澱粉原料用馬鈴しょでは収量を高めるため、追肥等による化成肥料の多用が行われている。しかし、化成肥料の多用は周辺環境への影響が大きく、塊茎のでん粉価が低下しやすいといった問題がある。
- (2) これまでの研究において、熟期が比較的早い「男爵薯」および「トヨシロ」の二品種に対して、植物成長調節剤であるジベレリンおよびジャスモン酸を組み合わせた処理を行い、塊茎数を増加させ、その後の平均一個重の低下を抑制し、収穫期の澱粉価を低下させることなく、塊茎重を高められたという結果が得られている。しかし、でん粉原料用馬鈴しょ品種の多くは晩生品種であり、早生品種等に比べて、塊茎数の決定時期がおそくなるため、早生品種と同様の処理方法では増収効果が得られない可能性がある。
- (3) そのため、既存のでん粉原料用馬鈴しょに対して増収効果のある植物成長調節剤の処理方法を明らかにし、北海道馬鈴しょ及び馬鈴しょでん粉の持続的な生産振興に資するものとする。

4. 研究内容

(1) ジャスモン酸の処理時期の検討

でん粉原料用主要品種の「コナヒメ」を用いて、ジベレリンおよびジャスモン酸処理を組み合わせた栽培方法の検討を行った。ジベレリン（粉末剤）は植付前に種いもへの浸漬処理を 10ppm 濃度で行った。ジャスモン酸（ジャスモメート液剤）は開花期に 1 回処理した区と、開花期 2 週間後に 2 回目の処理を行った区を設け、それぞれ 100ppm 濃度で葉面散布した。また、比較のために開花期前に基肥の半量の追肥（N:3.2kg/10a）を行った区も設けた。生育調査は、NDVI および SPDA 値を 6 月 1 日から 1 週間おきに調査した。収量調査は 7 月 28 日および 9 月 29 日に行い、9 月 29 日に調査した塊茎について、11 月 8 日に打撲処理を行い、18℃で 1 か月貯蔵した後、塊茎の打撲黒変数の調査を行った。

5. 研究結果（令和 3 年度）

(1) ジャスモン酸の処理時期の検討

1) 地上部生育

地上部生育は生育後半の 8 月下旬までは、試験区間で大きな違いは認められな

かった。植生指標の一つである NDVI は、ジベレリン+ジャスモン酸 2 回処理区で 8 月下旬以降の低下がやや早く、追肥区では低下がややおくれた (図 1)。同様に、葉の緑色程度を示す SPAD 値もジベレリン+ジャスモン酸 2 回処理区で 8 月下旬以降の低下がやや早く、追肥区では低下がややおくれた (図 2)。その結果、黄変期や枯凋期はジベレリン+ジャスモン酸 2 回処理区で他の試験区に比べて数日早く、追肥区では逆に 1 週間程度、おくれた (表 1)。茎数はこれまでの知見同様に、ジベレリン処理を行った区で増加する傾向が認められた。茎長はジベレリンやジャスモン酸処理による違いは認められなかったが、追肥区でやや長かった (表 1)。

以上より、ジベレリン+ジャスモン酸処理 2 回処理区では老化がやや早まる傾向が認められた。老化が早まった原因は不明だが、ジャスモン酸処理が開花始期の 1 回処理区では無処理区と違いが認められなかったことから、処理回数や処理時期の違いが地上部生育に影響を及ぼす可能性が考えられる。

2) 7 月中旬の収量

ジベレリン処理による小粒化効果や、ジャスモン酸処理による肥大効果が認められた。ジベレリン処理区は無処理区に比べていもの平均重がやや少なく、M 規格や L 規格のいも重が少なかった (表 2・表 3)。一方、ジャスモン酸 1 回処理区は無処理区に比べて M 規格のいも重がやや多く、全いも重がやや多かった。この反応は追肥区と同程度であった。同様に、ジベレリン+ジャスモン酸 1 回処理区では、ジベレリン処理区に比べていもの平均重や M 規格のいも重がやや多かった。

しかしながら、ジベレリン+ジャスモン酸 2 回処理区では、ジベレリン処理区と比べて同程度の平均重にとどまり、S 規格のいも重がやや多かった。以上のことから、ジャスモン酸処理はいもを肥大させる効果があるものの、その効果は少なくとも施用 2 週間後には認められず、むしろそれまでの間は、小粒いもの養分競合による淘汰が抑制される効果の方が大きく、特にジベレリン+ジャスモン酸 2 回処理区では 2S や S 規格のいもが増加したと考えられる。

3) 収穫期の収量

上いも重およびでん粉重には有意差は認められなかったものの、他の試験区に比べてジベレリン+ジャスモン酸 2 回処理区および追肥区で 1 割程度、多かった (表 4)。無処理区に比べてジベレリン処理区では L 規格のいも重がやや少なく、反対に S 規格のいも重がやや多かった (表 5)。ジベレリン+ジャスモン酸 1 回処理区では、M 規格のいも重がやや多く、ジベレリン+ジャスモン酸 2 回処理区では、M 規格のいも重がさらに多かった。一方、ジャスモン酸 1 回処理区は M 規格のいも重がやや多かったものの、無処理区との全いも重の差は 7 月下旬時と比べると少なかった。追肥区は無処理区に比べて L 規格および 2L 規格のいも重が多くなったことにより、上いも重が多かった。また、でん粉価にはジベレリンやジャスモン酸によるマイナスの効果は認められなかった。以上より、ジャスモン酸に

よるいもの肥大効果は追肥に比べて一時的なものであると考えられるが、今回のジベレリン+ジャスモン酸 2 回処理区における 2 回目の施用時期のように、いも数が決定した後に処理を行えば、効果的に増収できる可能性が示された。なお、ジベレリン+ジャスモン酸 2 回処理区では上いも重は増加したものの、2S 規格のいもも多かった。この点は次作の野良生えを増加させる可能性も考えられる。しかし、すでにいも数が決定し、小粒いもが少ない時期のジャスモン酸処理であれば、2S 規格のいもが増加しない可能性も考えられる。また、ジャスモン酸の単独施用においても、開花後に施用することにより増収効果が高まる可能性も考えられるので、処理時期や処理回数、ジベレリンとの組合せの有無については次年度に検討する予定である。

4) 収穫したいもの品質

でん粉原料用品種では、いもの内部異常や打撲黒変は大きな問題とはならないが、生育調整剤の品質面への影響を確認するために調査を行った。本年度はいもの内部障害である褐色心腐と、打撲試験によるいもの打撲黒変の発生が多かった(表 6)。褐色心腐および打撲黒変ともに、ジベレリン処理区で発生がやや多かったが、その他のジベレリンやジャスモン酸を用いた試験区は無処理区との違いや特定の傾向は認められなかった。ジベレリン処理区で内部異常の発生が多かった理由としては、7 月下旬時点の茎葉重が他の試験区と比べてやや少なかった(表 2)、生育調整剤の影響よりも、生育量の違いによる影響が大きかったと考えられる。なお、いもの中心空洞には有意差は認められなかったものの、ジベレリンやジャスモン酸を処理した試験区ではほとんど発生が認められなかった。以上より、ジベレリンやジャスモン酸によるいもの内部異常等の品質面への影響はないと考えられる。

6. 今後期待される成果

ジベレリンやジャスモン酸を活用することにより、化学肥料の追肥によらずにバレイショを増収できる可能性が示された。

次年度も引き続き、ジャスモン酸の処理時期や処理回数、ジベレリンとの組合せの有無の効果を検討することによって、2S 規格のいも数を増やすことなく、処理回数も最も少なくすむ、効果的なバレイショの多収栽培技術の開発を目指す。

< 具体的データ >

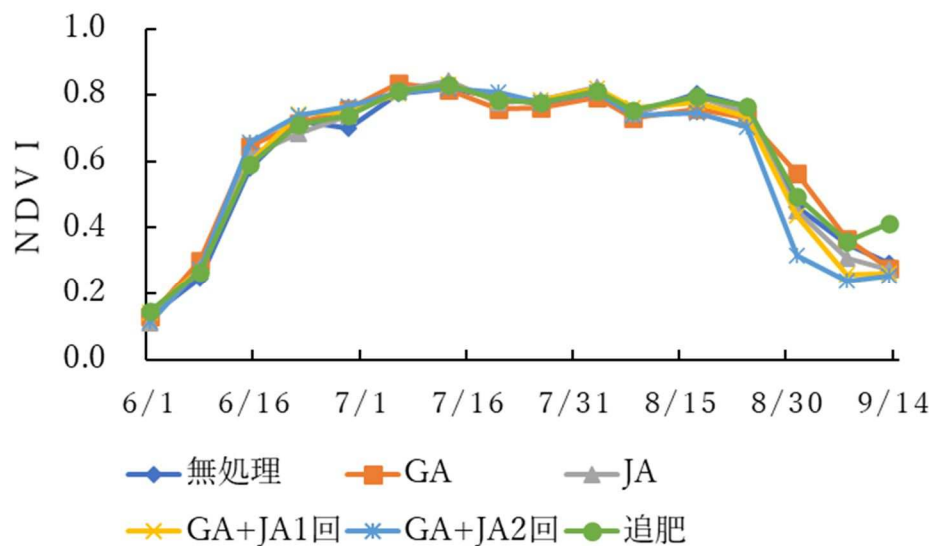


図1 NDVIの推移

注) 無処理: 無処理区、GA: ジベレリン処理区、JA: ジャスモン酸1回処理区、GA+JA1回: ジベレリン+ジャスモン酸1回処理区、GA+JA2回: ジベレリン+ジャスモン酸2回処理区、追肥: 追肥区 (以下の図表、同様)

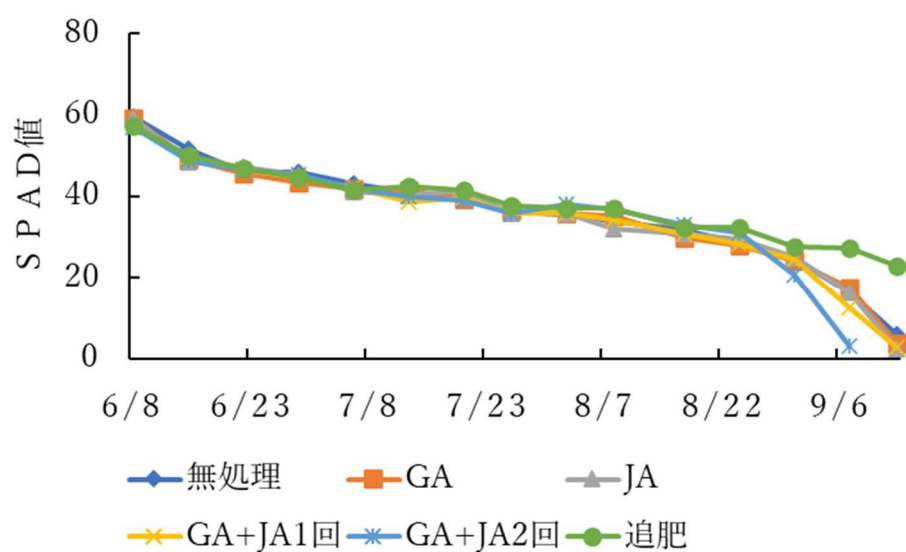


図2 SPAD値の推移

表 1 地上部生育特性

試験区	萌芽期 (月/日)	開花期 (月/日)	黄変期 (月/日)	枯凋期 (月/日)	茎数 (本/株)	茎長 (cm)
無処理	5/25	6/29	9/3 ab	9/14 ab	2.8 b	55
GA	5/26	6/29	9/5 ab	9/18 ab	4.3 a	55
JA	5/25	6/29	9/2 b	9/14 ab	3.4 ab	57
GA+JA1回	5/26	6/29	9/2 ab	9/15 ab	3.2 ab	56
GA+JA2回	5/24	6/29	8/30 b	9/9 b	3.8 ab	56
追肥	5/25	6/29	9/13 a	9/23 a	2.8 b	60

注) 異なるアルファベット間には 5%水準で有意差あり (Tukey-Kramer 法)

(以下の図表同様)

表 2 いもの肥大中期 (7月 28 日) における地上部生育および収量特性

試験区	茎葉重 (kg/10a)	いも数 (個/株)	平均重 (g)	いも重 (kg/10a)	でん粉価 (%)
無処理	1748	12.7	52 ab	2909 ab	23.3
GA	1429	13.5	37 b	2212 b	24.1
JA	2045	14.3	52 ab	3266 a	23.4
GA+JA1回	1888	12.3	56 ab	3042 a	23.8
GA+JA2回	1733	16.0	39 b	2731 ab	23.9
追肥	2140	13.0	59 a	3339 a	23.6

表 3 いもの肥大中期 (7月 28 日) における規格別いも重

試験区	規格別いも重 (kg/10a)						
	2S	S	M	L	2L	3L	4L
無処理	73	1284	1326 ab	225	0	0	0
GA	126	1289	796 b	0	0	0	0
JA	112	1015	2037 a	102	0	0	0
GA+JA1回	83	1110	1755 ab	94	0	0	0
GA+JA2回	188	1656	787 b	100	0	0	0
追肥	69	942	2017 a	311	0	0	0

注) 2S : 20g 未満、S : 20-60g、M : 60-120g、L : 120-190g、2L : 190-260g、3L : 260-340g、4L:340g 以上 (以下の表 5・表 6 も同様)

表 4 収穫期における収量特性

試験区	上いも数 (個/株)	平均重 (g)	上いも重 (kg/10a)	でん粉価 (%)	でん粉重 (kg/10a)	いもの 長幅比
無処理	10.9	94 ab	4534	19.3 c	831	1.17
GA	12.1	83 ab	4344	20.8 a	859	1.20
JA	11.6	89 ab	4552	21.0 a	911	1.21
GA+JA1回	12.7	84 ab	4689	20.5 ab	914	1.22
GA+JA2回	14.3	80 b	5104	19.5 bc	946	1.22
追肥	10.5	110 a	5021	19.5 bc	929	1.16

注) 上いも : 20g 以上のいも、いもの長幅比 : いもの縦長 / いもの横幅長

表 5 収穫期における規格別いも重

試験区	規格別いも重 (kg/10a)						
	2S	S	M	L	2L	3L	4L
無処理	38	587	1730	1631 ab	409	177	0
GA	32	957	1768	1142 b	358	119	0
JA	48	583	2147	1490 ab	332	0	0
GA+JA1回	69	830	2153	1505 ab	202	0	0
GA+JA2回	102	799	2844	1315 b	146	0	0
追肥	45	346	1821	2021 a	748	84	0

表 6 いもの品質特性

試験区	褐色心腐 (%)		中心空洞 (%)		打撲黒変数 (個/kg)	休眠期間 (日)
	L	2L	L	2L		
無処理	60 b	100	10	63	52 ab	97 abc
GA	100 a	67	0	0	79 a	93 bc
JA	84 ab	50	0	0	48 b	99 ab
GA+JA1回	66 b	100	0	0	62 ab	98 ab
GA+JA2回	60 b	100	5	0	49 b	106 a
追肥	80 b	100	0	17	55 ab	86 c

注) 打撲黒変数 : 直径 8mm 円の黒変を 1 個所として測定、休眠期間 : 茎葉黄変期からいもの休眠明けまでの日数 (11 月から 18°C で貯蔵)

取扱注意

- 本資料は内部資料であるので取扱いに注意すること
- 複写、転載はしないこと
- 講演、講義の資料集として使用しないこと

