

令和4年度
生産流通振興事業報告書

令和5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選抜強化		○	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選抜強化		○	〃	7
	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	○		〃	11
	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	○		〃	17
	A-1-5	新規遺伝資源に由来するでん粉原料用馬鈴しょの育成およびデンプン含量に関わるマーカーの開発		○	帯広畜産大学	21
病害虫	A-2-1	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	○		北見農試	27
	A-2-2	ジャガイモシストセンチュウ類の生存個体検出技術の開発	○		北農研センター	33
	A-2-3	アブラムシのトラップ捕獲に基づくジャガイモYウイルス感染リスク評価	○		〃	39
栽培技術	A-3-1	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	○		〃	47
	A-3-2	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	57

馬鈴しょ疫病圃場抵抗性系統の選抜強化（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4年度～令和6年度

3. 研究目的

- (1) ジャガイモ疫病は、無防除ではほぼ確実に発病し、大幅な減収や塊茎腐敗を引き起こす重要病害である。発病を回避するためには予防が重要であるとともに防除回数が多く必要であることから、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うえ、生育期間が長い場合より多くの防除が必要であることから、生産コストの低減が強く求められている。
- (2) 疫病圃場抵抗性を持つ多収品種の育成は、特に防除回数の削減を通じて、生産コストの低下だけではなく、農作業煩雑化や圃場物理性悪化を回避することにも繋がる。また、収益性の改善効果や生産物の安心・安全といった付加価値の向上も期待できる。
有望系統の開発促進には初期世代からの効率的な選抜が必要である。一方で、圃場抵抗性と判定された系統でも、疫病無防除栽培条件下での収量性には差が見られることから、減収程度を把握することが重要である。さらに、品種化や普及のためには、発病特性や塊茎腐敗抵抗性の情報提示が求められる。
- (3) このため、でん粉原料用を主体とし、一部加工用も加え、初期世代から疫病菌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、疫病圃場抵抗性系統の選抜を行う。抵抗性の目標は“強”とし、慣行栽培においてでん粉原料用では「コナヒメ」以上の収量性、加工用では中生までの枯ちよう期で「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。
- (4) 以上により、疫病および塊茎腐敗に抵抗性を持つ馬鈴しょ系統の選抜を強化することで、北海道馬鈴しょ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) 疫病菌の接種による実生個体選抜
実生集団に疫病菌を接種し抵抗性個体を選抜する。令和4年は、でん粉原料用8組合せ、加工用1組合せ計5,184個体を供試。疫病菌を噴霧接種し、約1週後に病斑の有無で選抜した。
- (2) 疫病無防除栽培における疫病抵抗性選抜
各世代において選抜された個体・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4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10組

合せ 736 個体を供試。②系統選抜試験では、106 系統、③生産力検定予備試験では 10 系統、④前期生産力検定世代では 6 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 4 年の検定材料は 2 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) 有望系統の疫病抵抗性検定試験
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、疫病無防除圃で発病の推移を調査した。
- (5) 有望系統の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) 疫病菌の接種による実生個体選抜
1906 個体を選抜し、選抜率は 14~61%であった。最終的に 1181 個体を収穫した(表 1)。
- (2) 疫病無防除栽培における疫病抵抗性選抜
表 2 のとおり検定を行い、各世代で疫病抵抗性を確認し、選抜の資とした。
- (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
「北系 81 号」は、疫病の発生がほとんど認められず、疫病抵抗性の「コナヒメ」と比較して減収程度は同等からやや少なく(表 3)、疫病圃場抵抗性系統として有望であることを明らかにした。また、「北系 81 号」を用いた交配を実施した。片親または両親に疫病抵抗性品種・系統を用いた交配を行い、でん粉原料用 38 組合せ、加工用 25 組合せで交配種子を得た。
- (4) 有望系統の疫病抵抗性検定試験
本年の疫病検定圃場における初発は 7 月 27 日であった。初発は例年と比較してやや遅かったものの、多くの品種・系統で 8 月上旬までに初発となった。一方で、初発が遅かったことから「男爵薯」など一部の品種・系統では調査期間中に自然枯ちょうが認められた。8 月中旬以降には抵抗性“強”の「さやあかね」「コナヒメ」等でも疫病の発生が認められた。
疫病の伸展に熟期による差が認められた(晩生の方が疫病の伸展が緩やかだった)ことから、抵抗性の判定は、防除区の枯ちょう期が 9 月 20 日までの早生・中生相当と、9 月 22 日以降の 2 グループに分け、初発日の早晚や AUDPC の値から評価した(表 4)。抵抗性“強”と判定した育成系統は「北海 111 号」、「北系 81 号」である(表 4)。
累年の疫病抵抗性判定から、「北育 29 号」は“弱”、「北海 111 号」は“強”であ

る（表 5）。

(5) 有望系統の塊茎腐敗抵抗性検定試験

スプレッダー「コナユタカ」の初発は 7 月 29 日に確認し、1 週間後には試験区全体に疫病が蔓延した。マンゼブ水和剤による防除により、地上部の病斑を適度に維持することが可能であった。また、降水量も平年より多く（7 月:213 mm（平年:101 mm）、8 月:216 mm（平年:136 mm）、9 月:96.5 mm（平年:124.5 mm）、図 1）、塊茎腐敗の発生に好適であった。感染源「コナユタカ」の枯ちよう期は 9 月 17 日であった。表 6 の通り、基準品種「ひかる（既存評価:極弱）」、「トヨシロ（既存評価:やや弱）」、「農林 1 号（既存評価:中）」、「オホーツクチップ（既存評価:強）」、「エニワ（既存評価:強）」の発病いも率はそれぞれ 25.5%、18.6%、9.0%、4.8%、2.9%と多発生し、品種間差が認められた。判定は発病いも率 0~7.9%：“強”、8.0~15.9%：“中”、16.0~23.9%：“弱”、24.0%以上：“極弱”とした。

「北育 32 号」および「北海 114 号」は“極弱”、「北海 113 号」は“弱”、「北育 29 号」は“中”、「北系 79 号」、「北海 111 号」は“強”と判定した。なお、「北育 31 号」は、収穫時の調査において腐敗程度が激しく、他病害（軟腐病等）による腐敗との区別がつかなかったため、判定不能とした。

累年の評価を表 7 に示した。「北育 29 号」は“中”、「北海 111 号」は“強”、「北海 114 号」は“極弱”とした。「北育 32 号」「北海 113 号」については 2 カ年での反応が大きく異なり、さらなる調査が必要である。

6. 今後期待される成果

優良品種開発に資するため継続して検定を行うと共に、「北系 81 号」等有望系統の優良品種化に向けた試験を実施する。

< 具体的データ >

表1 疫病菌の接種による実生個体の選抜（令和4年）

用途	交配 番号	交配組合せ ¹⁾		接種検定数			収穫 個体数 ²⁾
		母親	父親	供試	選抜	選抜率(%)	
でん粉	K20109	北育23号	K14135-20	624	142	23	78
	K20111	北育26号	K97022-24	864	118	14	61
	K20118	北系72号	K12117-30	600	259	43	136
	K20148	97A-77	北系64号	1200	728	61	482
	K21105	K16128-3	K97022-24	192	105	55	59
	K21106	北系69号	K97022-24	768	265	35	213
	K21107	北育25号	K16116-3	48	18	38	8
	K20181	K16164-2	K97022-24	624	168	27	85
加工	K21030	北系71号	K97022-24	264	103	39	59
合計				5184	1906		1181

注1)ゴシック体は疫病抵抗性母本。

注2)選抜個体のうち、形態異常(著しい変形)等を除いた個体数。

表2 中期世代における疫病抵抗性検定（令和4年）

世代	用途	供試		抵抗性 系統数
		組合せ数	系統数	
第二次個体選抜	でん粉	10	736	583
	加工	0	0	0
系統選抜	でん粉	17	101	41
	加工	2	5	0
生産力予備検定	でん粉	4	7	4
	加工	2	3	1
前期生産力検定	でん粉	1	1	1
	加工	5	5	3

表3 有望系統の疫病無防除栽培における減収程度（令和4年）

用途	系統名 または 品種名	疫病 抵抗性	AUDPC ¹⁾	無防除区						防除区対比(%)		防除区	
				枯ちよう期 (月/日)	防除区 との差	平均重(g)	上いも (kg/10a)	上いも重 (kg/10a)	でん粉 価(%)	でん粉重 (kg/10a)	平均 重	上いも 重	でん 粉重
でん粉	北系80号	弱	249	9/2	35	95	3,192	20.3	616	63	63	56	10/7
	北系81号	強	0	未達	-	159	5,922	22.4	1,264	99	93	89	未達
	コナヒメ	強	20	9/7	17	111	5,246	19.8	984	93	89	82	9/24
	コナユタカ	弱	125	9/5	34	146	3,902	19.1	705	73	60	54	10/9

注1)AUDPC(罹病小葉面積率)は初発から8/20までの値で算定。

表4 疫病茎葉抵抗性検定結果（令和4年）

系統名 または 品種名	防除区 枯ちよう期 (月/日)	疫病 初発日 (月/日)	調査日別 罹病小葉面積率(%) ^{注1)}								無防除区枯ちよう期 防除区との 差(日)		AUDPC ^{注2)}	抵抗性 判定	既往の 評価
			8/1	8/3	8/8	8/12	8/17	8/20	8/24	(月/日)					
北海111号	8/27	8/9			3	13	<u>63</u>	<u>73</u>	<u>98</u>	8/21	6	25	強		
男爵薯	8/31	7/31	3	7	<u>28</u>	<u>85</u>	<u>97</u>	<u>99</u>	<u>100</u>	8/14	17	333	弱	弱	
北育29号	9/3	7/30	6	9	30	63	92	98	100	8/15	19	329	弱		
トヨシロ	9/4	7/30	7	13	23	50	63	<u>74</u>	<u>99</u>	8/19	16	262	弱	弱	
北育31号	9/5	7/28	11	20	38	83	90	97	99	8/15	21	454	弱		
きたひめ	9/8	8/1	1	3	7	20	50	<u>75</u>	<u>97</u>	8/22	17	79	弱		
北系77号	9/9	8/1	1	4	9	20	<u>58</u>	<u>73</u>	<u>97</u>	8/23	17	95	弱		
北系79号	9/9	7/29	6	10	23	60	73	85	98	8/21	19	275	弱		
さやあかね	9/19	8/20						2	<u>15</u>	9/1	18	0	強	強	
北海113号	9/20	7/30	2	5	13	25	43	68	80	8/27	24	122	弱		
スノーデン	9/23	8/1	1	1	3	8	<u>15</u>	<u>38</u>	<u>75</u>	8/28	26	170	弱		
コナヒメ	9/24	8/14				1	3	10	<u>18</u>	9/7	17	20	強	強	
北育32号	9/29	8/1	1	1	9	15	18	40	78	8/25	35	237	弱		
フリア	9/30	8/13			3	3	4	15	40	9/5	25	47	強		
マチルダ	10/2	8/28							<u>1</u>	9/17	15	0	強	強	
北系80号	10/7	7/28	2	4	10	15	18	30	55	9/3	34	249	弱		
北海114号	(10/9)	7/30	1	1	4	6	6	15	40	9/8	31	98	弱		
コナユタカ	(10/9)	7/31	2	2	5	6	9	20	40	9/6	33	125	弱	弱	
北系81号	未達	—							未達	—	0	0	強		

注1) 罹病小葉面積率の下線は、自然枯ちようを一部含んだ数値であることを示す。

注2) 防除区の枯ちよう期に基づいて2グループ(早生～中生相当:～9/20、やや晩生～かなり晩生相当:9/21～)に分け、AUDPCを算出した。

AUDPCは、早生～中生相当:8/12まで、やや晩生～かなり晩生:8/20までの罹病小葉面積率より算定。

表5 累年の抵抗性判定結果

系統名	抵抗性判定				
	令和元年	令和2年	令和3年	令和4年	累年
北育29号	弱	弱	判定不能	弱	弱
北海111号	強	強	判定不能	強	強

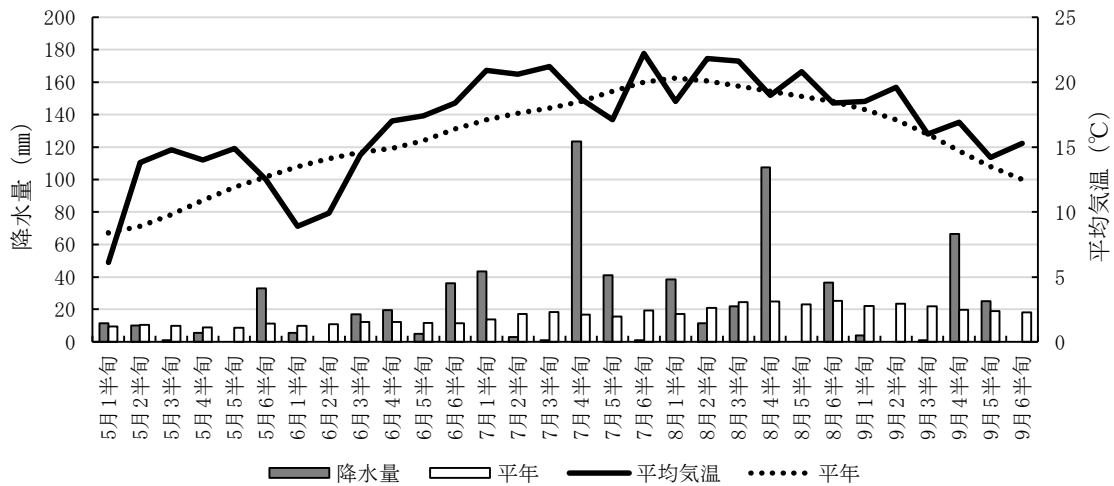


図1 2022年の降水量と平均気温（アメダス：境野）

表6 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1)}	発病いも率 (%) ^{注2)}			腐敗いも率 (%) ^{注2)}			判定 ^{注3)} 【既存の評 価】	
					反復Ⅰ	反復Ⅱ	反復Ⅲ	反復Ⅰ	反復Ⅱ	反復Ⅲ		
基準 品種	ひかる	6月3日	9月4日	260	25.5	17.8	32.9	25.9	0	0	0	極弱【極弱】
	トヨシロ	6月6日	8月23日	211	18.6	12.2	17.9	25.7	0	0	0	弱【やや弱】
	農林1号	6月1日	9月14日	278	9.0	8.3	7.8	10.8	0	0	0	中【中】
	エニワ	5月30日	8月15日	213	2.9	0	3.8	5.1	0	0	0	強【強】
	オホーツクチップ	6月8日	9月5日	255	4.8	4.0	5.3	4.9	0	0	0	強【強】
	スノーデン	6月2日	9月7日	252	13.0	9.0	11.6	17.7	0	0	0	中【強】
	アーリースターチ	6月1日	9月4日	160	18.2	14.5	18.9	21.2	0	0	0	弱【中】
	コナユタカ	6月5日	9月15日	189	34.3	48.4	26.8	27.5	0	0	0	極弱【極弱】
北 見 農 試	北育29号	6月1日	8月14日	237	10.0	15.7	6.3	8.0	0	0	0	中
	北育31号	5月31日	8月26日	145	5.5	5.4	6.0	4.9	37.5	37.5	85.4	判定不能
	北育32号	6月1日	9月2日	222	29.0	24.4	33.8	28.9	3.8	2.9	3.9	極弱
	北系79号	5月31日	8月23日	189	4.2	2.1	3.7	6.8	0	0	0	強
北 農 研	北海111号	6月2日	8月12日	275	4.1	2.3	7.0	2.9	0	0	0	強
	北海113号	5月30日	8月28日	209	20.4	19.0	6.6	35.7	0	0	0	弱
	北海114号	5月31日	9月15日	356	36.4	31.8	41.9	35.5	4.5	0.7	0	極弱

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) 収穫時の調査において腐敗程度が激しく、他病害による腐敗と区別ができない腐敗いもの割合

注3) 判定基準：発病いも率0～7.9%：「強」、8.0～15.9%：「中」、16.0～23.9%：「弱」、24.0%以上：「極弱」、
判定不能：収穫時の調査において腐敗程度が激しく、他病害等による腐敗との区別ができないため、判定不能

表7 塊茎腐敗抵抗性検定結果（累年）

系統	年次			累年 判定	
	2020年	2021年	2022年		
北育29号	判定不能	中 (2.5%)	中	中	
北育31号	—	強 (0%)	判定不能 ^{注1)}	? ^{注2)}	
北育32号	—	強 (0.3%)	極弱	? ^{注3)}	
北海111号	—	強 (0%)	強	強	
北海113号	—	強 (0.6%)	弱	? ^{注3)}	
北海114号	—	弱 (6.0%)	極弱	極弱	
CP15	—	強 (0.8%)	強	強	
基準 品種	ひかる	2.3%	7.3%	25.5%	【極弱】
	トヨシロ	1.9%	5.3%	18.6%	【やや弱】
	農林1号	0.6%	2.2%	9.0%	【中】
	エニワ	0.0%	0.7%	2.9%	【強】
	オホーツクチップ	0.3%	0.6%	4.8%	【強】

注1) 収穫時の調査において腐敗程度が激しく、他病害等による腐敗との区別ができないため、判定不能とした。

注2) 1カ年のデータのため、累年評価は行っていない。

注3) 2カ年で反応が大きく異なるため、さらなる調査が必要

でん粉原料用馬鈴しょにおける高品質 でん粉系統の選抜強化（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4年度～令和6年度

3. 研究目的

(1) 北海道の馬鈴しょ作付面積は令和2年で48,000ha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化工でん粉や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、近年馬鈴しょでん粉の生産量は天候不順の影響で不安定であり、安定供給も強く求められている。

(2) 北見農試で育成した、でん粉品質が優れる「コナユキ」、多収の「コナユタカ」は、それぞれ収量性、でん粉品質の改善が求められている。さらに、「コナユキ」は種苗管理センターにおける原原種配布が終了したため、多収・高品質を兼ね備えたジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種の開発が急務である。

実需者の求める特性を備えたでん粉原料用馬鈴しょ系統の開発を促進するためには、育成初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、初期世代から離水率およびリン含量に注目した検定を行うとともに、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し、「コナユキ」並か優れるでん粉品質を開発目標とする。

(4) 以上により、育成に対する要望が強い、多収・高でん粉品質でシストセンチュウ抵抗性系統の選抜を強化し、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選抜強化

高品質を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、離水率が「コナユキ」並の個体の選抜を強化する。令和4年は、24組合せ238個体を供試。離水率、糊化特性を調査。

(2) 系統選抜世代以降における高品質でん粉系統の選抜強化

でん粉原料用を目的とする系統選抜～前期生産力検定試験（育成4～6年目）の世代のでん粉特性を調査し、「コナユキ」並の離水率・リン含量で、現状において使用可能なレベルの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4年は、①系統選抜世代では、圃場選抜後の27組合せ85系統（うち29系統はGp抵抗性ねらい）を供試し、離水率、リン含量、糊化特性、白度、ゲル物性、平均粒径を調査。②生産力検定予備試験世代では、圃場選抜後の16

組合せ 26 系統を供試。調査項目は①と同じ。③前期生産力検定試験世代では、7 組合せ 12 系統を供試。調査項目は①と同じ。

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選抜強化

令和 4 年の検定では、236 個体を供試し、離水率、糊化特性、粒径が調査未了である（表 1）。調査終了後、選抜をすすめ、離水率は「コナユキ」並か低い系統を選抜する予定である。

令和 3 年の検定では、離水率の供試材料平均は「コナユキ」並であり、「コナユキ」並から優る個体を中心に 122 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選抜強化

①令和 4 年度のサンプルは、「コナヒメ」と、でん粉品質の優れる「コナユキ」との差が小さかった。

系統選抜供試系統について、供試した 85 系統の平均で、離水率は「コナユキ」より高く「コナヒメ」並、リン含量は高かった（表 1）。収量性も重視しつつ、品質が「コナユキ」並か優れる 38 系統を選抜した。令和 3 年の検定では、離水率は「コナユキ」よりやや高く「コナヒメ」並、リン含量は「コナユキ」、「コナヒメ」より高かった。収量性も重視し、品質が「コナユキ」並か優れる 38 系統を選抜した。

②生産力検定予備試験供試系統について、「コナユキ」と比較して、白度は並、離水率は低く、リン含量は高かった（表 2）。「コナユキ」と比較して離水率が低い系統を複数選抜した。「K18174G-1」は、最高粘度は低いものの、白度が高く、離水率、リン含量が「コナユキ」並から低く、総じてでん粉品質が優れた。圃場での収量性や耐病性等を考慮して、最終的に 9 系統を選抜した。

③前期生産力検定試験において、「北系 81 号」および「K16115-4」は「コナユキ」と比較して、白度が高く、離水率が低かった（表 3）。「K16115-4」は次年度「北系 82 号」を付与して試験を継続する。「北育 32 号」は「コナユキ」と比較して、白度が高く、離水率はやや低く、リン含量は高かった。

(3) 系統選抜、生産力検定予備試験および前期生産力検定試験の結果から、糊化開始温度と離水率に相関が認められ、次年度以降のでん粉特性調査で活用できる可能性が見いだされた（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。

有望系統「北育 32 号」、「北系 81 号」、「北系 82 号」および各世代における選抜系統は試験を継続し、品質評価および生産力等の各種データを踏まえ、優良品種認

定を目指す。

< 具体的データ >

表1 個体二次選抜・系統選抜の試験経過（北見農試 R4年）

		系統数	平均 粒径 (μm)	離水 率 (%)	リン 含量 (ppm)	糊化特性		
						糊化開始 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	最高粘度 (BU)	
R03	個体二次	供試	232	47.5	32.1	—	65.8	737
		選抜	122	48.5	29.7	—	65.5	736
		コナヒメ		50.2	27.2	—	65.7	889
		コナユキ		47.4	33.3	—	66.5	844
	系統選抜	供試	91	50.2	41.0	642	66.1	801
		選抜	38	48.3	37.5	585	65.8	737
		コナヒメ		56.4	41.4	539	66.5	784
		コナユキ		50.8	38.9	550	66.4	691
R04	個体二次	供試	236	45.2	40.9	—	66.3	823
		選抜	205	45.5	40.7	—	66.3	834
		コナヒメ		51.7	43.9	—	66.6	682
		コナユキ		53.3	36.3	—	65.4	742
	系統選抜	供試	85	50.6	48.5	615	66.2	755
		選抜	38	49.2	45.8	630	65.8	795
		コナヒメ		58.2	48.7	490	66.8	698
		コナユキ		58.2	42.9	467	65.6	624

表2 生産力検定予備試験におけるでん粉品質成績（北見農試 R4年

上段：既存品種、下段：有望系統）

	白度	平均 粒径 (μm)	離水 率 (%)	リン 含量 (ppm)	糊化特性		ゲル物性		(参考) でん粉重 (kg/10a)
					糊化開始 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	最高粘度 (BU)	破断応力 (g)	圧縮距離 (mm)	
検定系統(26)	88.7 \pm 4.1	49.9 \pm 3.8	40.5 \pm 9.1	606 \pm 91	63.2 \pm 1.4	1,212 \pm 184	1,345 \pm 287	9.7 \pm 1.6	1,118 \pm 139
コナヒメ	87.2	52.6	50.6	515	64.1	1,133	1,475	9.0	1,190
コナフブキ	90.8	45.8	50.1	674	64.2	1,260	1,473	8.9	1,058
コナユキ	88.3	56.6	36.0	532	62.7	1,106	1,592	11.7	1,030
コナユタカ	90.6	53.9	47.8	618	64.2	1,247	1,506	9.6	1,364
K17102-106	89.1	51.4	30.8	556	61.4	1,175	1,112	11.0	1,147
K17102-123	89.4	47.3	24.2	537	60.8	1,180	911	9.5	1,261
K17102-125	88.4	54.5	33.7	580	61.8	1,240	978	11.1	1,153
K18174G-1	93.1	47.4	35.6	432	62.5	927	1,459	10.3	1,270

表3 生産力検定のでん粉品質成績（北見農試 R4年 上段：既存品種、下段：有望系統

	白度	平均 粒径 (μm)	離水 率 (%)	リン 含量 (ppm)	糊化特性		ゲル物性		(参考)	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)	でん粉重 (kg/10a)	
コナヒメ	87.8	56.3	49.5	584	63.8	1,221	1409	9.6	1,200	
コナユタカ	92.7	52.8	50.6	790	64.1	1,360	1819	9.9	1,312	
アーリースターチ	90.5	50.7	51.1	831	63.7	1,521	1730	9.8	1,158	
コナユキ	90.6	56.6	51.3	630	63.0	1,288	1709	11.2	1,235	
北育32号	91.9	52.1	49.9	845	64.6	1,472	1669	9.6	1,226	
北系80号	88.6	54.0	55.5	598	64.8	1,158	1609	9.2	1,093	
北系81号	91.6	53.0	36.8	647	63.1	1,201	1726	11.5	1,416	
K16115-4	93.1	57.2	37.5	660	62.2	1,307	1467	11.6	1,450	北系82号

注1) 白度はケット科学研究所製 粉体白度計 C-130 で測定した。

2) 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。

3) 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。

4) リン含量は、堀場製作所製蛍光 X 線元素分析装置 MESA-500W で測定した。

5) 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。

6) 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。

7) 供試塊茎は北見農試生産力検定試験圃産である。

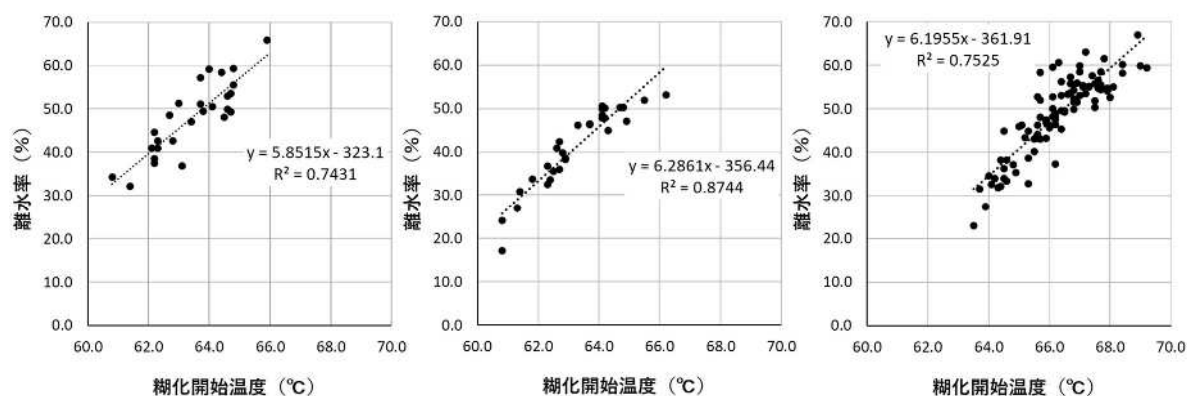


図1. 糊化開始温度と離水率の関係（北見農試 R4年 左：前期生産力検定、中：生産力検定予備試験、右：系統選抜）

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（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
中央農業試験場

2. 研究期間 令和2年度～令和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。さらに、種馬鈴しょ栽培ではウイルス病感染株の抜き取りに多大な労力がかかるが、Yモザイク病 (PVY) 抵抗性品種はこの作業の効率化・省力化につながり、健全な種いも供給に貢献できる。両病虫害に抵抗性をもち、収量性や品質に優れた品種の早期育成は、強く期待されている。
- (2) 平成27年に発生が確認されたジャガイモシロシストセンチュウ (Gp) の緊急防除対策の終了後には Gp 抵抗性品種の作付けが予定されている。収量性に優れた Gp 抵抗性品種の早期育成は、喫緊の課題となっている。
- (3) DNA マーカー検定は、抵抗性育種の効率化・高精度化に大きく貢献しており、Gr、PVY および Gp 抵抗性遺伝子の DNA マーカーが開発されている。また、でん粉合成関連遺伝子 *AGPsS-10a* は遺伝子のタイプ (遺伝子型) により、道内育成材料の熟期が変わることが判明している。さらに、カップ検定による Gr 抵抗性の有無は品種登録上の必須項目であり、PVY 抵抗性の有無や感染時の病徴は種馬鈴しょ栽培において重要な情報となる。
- (4) 以上のことから、本課題では、北見農試育成材料 (主にでん粉原料用狙いの材料) について、初期世代で DNA マーカー検定を実施し、効率的に Gr、Gp および PVY 抵抗性を付与するとともに、接種検定により育成後期世代の Gp 抵抗性ならびに PVY 抵抗性を確認する。さらに、早生型の *AGPsS-10a* 遺伝子を保持する系統の交配後代で DNA マーカー検定を実施し、枯ちょう期が遅い系統の効率的な排除を行う。

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、収量性やでん粉価等で選抜した個体を DNA マーカー検定に供試した (でん粉原料用6割、加工用4割)。Gr は抵抗性遺伝子 *HI*、PVY は抵抗性遺伝子 *Ryhc* の遺伝子型を判定した。また、Gp 抵抗性は、「Eden」、「Innovator」および「1260 1ab1」の交配後代について、抵抗性遺伝子 *GpaIV^{adg}*、*Gpa5*、および *Gpa6* の遺伝子型を判定した。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

北見農試および北農研育成の有望系統についてカップ検定による Gr 抵抗性判定を行った。250ml のプラスチックカップに卵密度を 70 卵/乾土 g の汚染土 25ml を入れて、その上に種イモを静置。さらにその上に、同一の土壌 50ml 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。1品種・系統当たり6カップを供試した。2カ年の累年判定でいずれも抵抗性と判定される系統をGr抵抗性と判定した。

(3) PVY抵抗性検定

北見農試、北農研および長崎県農林技術開発センター育成の有望系統について接種検定によるPVY抵抗性判定を行った。植物体にPVYを接種し、上葉について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(令和2年はPVY-0、PVY-N、令和3、4年はPVY-N、PVY-NTN)を用いて各系統10個体を調査。PVY2系統2カ年の試験で、いずれもウイルスの上葉移行が認められない系統をPVY抵抗性と判定した。

5. 研究結果(令和2~令和4年度のまとめ)

(1) DNAマーカーによる抵抗性検定

3カ年で184組合せ3065個体のDNAマーカー検定を実施した(表1)。Grについては全体の8割が抵抗性、Gr、PVYについては全体の約4割が複合抵抗性であった。Gr感受性と判定された個体は全て廃棄した。Gr・PVY複合抵抗性個体は概ね全て選抜を行った。今後、選抜個体の中から有望系統の育成を目指して作業を進める。

PVY抵抗性×PVY感受性の交配組合せのDNAマーカー検定結果を用いて、*Ryhc*を多重式に持つ系統の探索を行った。10系統についての解析の結果、「北育26号」については、交配後代において*Ryhc*を保持する個体の割合が100%に近く、*Ryhc*を3重式で保持することを明らかにした(表2)。今後、同系統の交配利用により、育種材料においてPVY抵抗性系統の割合を高めることが可能である。

Gpについては3カ年で30組合せ543個体のDNAマーカー検定を実施した。このうち194個体をGr抵抗性・Gp抵抗性遺伝子保持と判定した(表1)。今後、カップ検定によりGp抵抗性の強度を明らかにする。

枯ちょう期のマーカー検定については、13組合せ約300個体を供試した。*AGPsS-10a*遺伝子型毎の熟期の違いを確認したところ、花粉親が異なると遺伝子の効果が異なり、遺伝子型で熟期の違いがないことが判明した(表3)。枯ちょう期については、複数因子の関与が推定され、更なる検討が必要であることが明らかになった。

(2) Gr抵抗性検定

3カ年でのべ25系統(21系統。うち4系統は2カ年評価)の抵抗性を判定した(表4)。北見農試育成の「北系78号」は令和3年度の検定で感受性と判定されたため、廃棄した。その他、系統ではカップ当たりの雌成虫数の平均が1.0未満であり抵抗性であった。累年の試験結果から「北海111号」、「北海114号」、「北

育 31 号」および「北育 32 号」を Gr 抵抗性と判定した。

(3) PVY 抵抗性検定

3 カ年でのべ 18 系統(13 系統。うち 5 系統は 2 カ年評価)の抵抗性を判定した(表 5)。このうち、「きたすずか」(「北海 112 号」)については、北海道優良品種に認定された。2 カ年の検定いずれも、エライザ検定で PVY 感染は確認できるものの葉の色むらや凹凸が強くウイルス病徴が見分けづらい結果となった。普及にあたっては、種いも生産の PVY 感染株抜き取りにおいて、注意喚起を行う必要があることを明らかにした。「北育 29 号」および「西海 42 号」については、累年の評価から抵抗性と判定した。

6. 今後期待される成果

DNA マーカー検定で選抜された各種抵抗性系統は、他農業特性による更なる選抜を実施し、優良品種化を目指す。

特性検定の結果は、優良品種認定の判断ならびに品種化後の普及推進の資として活用する。

枯ちょう期の DNA マーカー選抜については、更なる検証のため令和 5 年度新規課題「ゲノム情報の活用による多収馬鈴しょ交配母本の選定と維持」にてゲノム解析による予測が可能か検討する。

< 具体的データ >

表 1. DNA マーカー検定結果

年次	用途	供試		MAS結果(抵抗性個体数)						全供試数に対する各抵抗性個体の割合				
		組合せ数	数	Gr	PVY	Gp	Gr・PVY	Gr・Gp	AGPsS-10a+	Gr	PVY	Gp	Gr・PVY	Gr・Gp
R02	でん原用	46	662	490	426	81	309	61	67	74	64	12	47	9
	加工用	24	461	375	175	-	150	-	-	81	38	-	33	-
R03	でん原用	38	688	586	411	51	353	43	49	85	60	7	51	6
	加工用	22	453	368	173	-	135	-	-	81	38	-	30	-
R04	でん原用	33	557	426	342	113	208	86	41	76	61	15	37	11
	加工用	22	244	203	106	9	96	4	-	83	43	4	39	2
合計	でん原用	117	1907	1502	1179	245	870	190	157	79	62	13	46	10
	加工用	68	1158	946	454	9	381	4	0	82	39	1	33	0
	Total	184*	3065	2448	1633	254	1251	194	157	80	53	8	41	6

*R2とR3年2ヵ年供試した組合せが1つあるため、各年次の合計数より1組合せ少ない。

表 2. PVY 抵抗性遺伝子 (*Rychc*) を多重式に持つ系統の探索結果

系統名	組合せ数 ¹⁾	分離モデル ²⁾	PVY			抵抗性割合(%)	χ^2 test ³⁾			
			抵抗性	感受性	合計		自由度	P		
北育26号	9	観測数		191	7	198	96.5			
		期待値	1重	1	99	99	198	50.0	1	<0.001
			2	92	106	198	46.4	1	<0.001	
		2重	1	165	33	198	83.3	1	<0.001	
			2	156	42	198	78.6	1	<0.001	
		3重	1	198	0	198	100.0	1	-	
			2	191	7	198	96.4	1	0.961	

1) 北育26号×感受性系統の交配組合せを供試。2) 1: 染色体分離モデル、2: 染色分体分離モデル

3) 期待値と観測数が異なるという帰無仮説。Pの値が1に近いほど期待値と観測値の適合度が高い。

表 3. 「北育 26 号」 後代における AGPsS-10a 遺伝子型と熟期の関係

交配組合せ	母	父	AGPsS-10a遺伝子型 ¹⁾			
			+		-	
			系統数	枯ちょう%	系統数	枯ちょう%
北系59号(北育26号)	(VTn)2 62-33-3		15	80.0	9	64.4
北育26号	K97022-24		12	50.8	11	54.5

1) "+"が早生タイプ。

表 4. カップ検定による Gr 抵抗性検定結果

品種・ 系統名	令和2年		令和3年		令和4年		累年 判定	備考
	雌成 虫数 ¹⁾	判定 ²⁾	雌成 虫数 ¹⁾	判定 ²⁾	雌成 虫数 ¹⁾	判定 ²⁾		
北海111号					0	R	R ³⁾	
北海114号(勝系54号)			0	R	0	R	R	
勝系49号	0.2	R						
勝系51号	0	R						
勝系52号	0	R						
勝系53号	0	R	0	R				
勝系56号					0	R		
勝系57号					0	R		
勝系58号					0	R		
勝系59号					0	R		
北育29号	0.5	R						
北育30号			0	R				
北育31号			0	R	0	R	R	
北系73号	0	R						
北系75号	0	R						
北育32号(北系76号)	0	R			0	R	R	
北系77号	0	R						
北系78号			105.3	S				
北系79号			0	R				
北系80号					0	R		
北系81号					0	R		
男爵薯	217.7	S	117.5	S	75.8	S	S	S:基準品種
とうや	0	R	0	R	0	R	R	R:基準品種
トヨシロ	260	S	174.7	S	76.8	S	S	S:基準品種
コナヒメ	0	R	0.3	R	0	R	R	R:基準品種

1)6カップの平均

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

3)本課題実施前の検定(平成29年)で抵抗性と判定されていることから、累年判定をRとした。

表5. 接種検定によるPVY抵抗性検定結果

品種 系統	令和2年				令和3年				令和4年				果年 評価	
	0系統		N系統		N系統		NTN系統		N系統		NTN系統			
	ウイルス 上葉移行 ¹⁾	上葉の 病徴 ²⁾	ウイルス 上葉移行 ¹⁾	上葉の 病徴 ²⁾	ウイルス 上葉移行 ¹⁾	上葉の 病徴 ²⁾	ウイルス 上葉移行 ¹⁾	上葉の 病徴 ²⁾	ウイルス 上葉移行 ¹⁾	上葉の 病徴 ²⁾	ウイルス 上葉移行 ¹⁾	上葉の 病徴 ²⁾		
きたすずか(北海112号)	+	不明 ³⁾	+	不明 ³⁾	+	M,Cr	+	M,Cr	-	-	-	-	感受性	
北海111号	+	不明 ⁴⁾	+	Cr,M	+	(M),(Cr),Cr	+	M,Cr	-	-	-	-	感受性	
北海113号														
北海114号														
勝系43号	+	NS,VN,Y	+	VN,Y	-		-		+	Cr,M	+	(6)	NS,VN,Y,N	抵抗性
北青29号	-		-		-	Cr,M	+	Cr,M	-		-			抵抗性
北青30号					+	Cr,M	+	Cr,M	-		-			感受性
北青31号					+	不明 ⁵⁾	+	不明 ⁵⁾	-		-			感受性
北系72号	-		-		-		-		-		-			感受性
北系76号					-		-		-		-			感受性
北系77号					-		-		-		-			感受性
北系79号					-		-		-		-			感受性
西海42号					-		-		-		-			感受性
男爵薯	+	M,Cr,NS	+	M,Cr	+	M,Cr	+	M,Cr	-		+		M,Cr	感受性基準
トヨシロ	+	M,Cr,NS,VN,SI	+	NS,VN,SI,Y,N	+	NS,VN,M,Y	+	NS,VN,Y,M,Cr	+	(6)	NS,VN,Y,S,N	+	NS,VN,S,Y,N	感受性基準
コナヒメ	+	M,Cr,NS,VN,SI	+	不明 ⁵⁾	+	(Cr),(M)	+	M,Cr,NS	+	(M)	+		M,VN	感受性基準
コナユタカ	-		-		-		-		-		-			抵抗性基準
ニシユタカ					+	NS,VN,Y,SI	+	NS,VN,S,Y,N	-		M	+	MS,VN,S,Y,N,M	感受性基準

1) エロイザ判定で、ウイルス上葉移行が認められた場合は+。認められない場合は-。PVY抵抗性品種・系統はウイルス上葉移行が認められない。
 2) Cr: れん葉、LL: 局部病斑、M: モザイク、N: 枯死、NS: 壊死病斑、VC: 葉脈透過、VN: 脈えそ、Y: 黄化、Oは不明瞭な病徴。
 3) 無接種個体も含め、葉の色ムラ・凹凸が強く、病徴判定ができなかった。
 4) 無接種個体も含め、葉の色ムラやえそ症状が出ていたため、病徴判定ができなかった。
 5) エロイザ判定でウイルスの上葉移行が認められるものの病徴が出現しなかった。
 6) 接種当代ではウイルスを回収できなかったが、収穫塊茎を用いた次世代検定により、ウイルスの移行を確認した。

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（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2年度～令和4年度

3. 研究目的

- (1) 北海道の馬鈴しょでん粉は、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、枯ちよ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（令和2～4年）
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（9月上旬）し、選抜の資料とする。調査項目は、生育期節、収量、でん粉価（以下同様）。令和4年度は、有望「北育32号」「北系80・81号」および前期生産力検定世代12系統を供試。
- (2) 生育経過追跡試験（令和2～4年）
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。6月上旬から半月ごとに10月中旬まで調査を行い、3反復で実施。令和4年度は、有望系統「北育32号」を供試。
- (3) 栽培特性検定試験（令和2～4年）
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。北系2年目以降の系統を供試し、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。令和4年度は、有望系統「北育32号」を供試。
- (4) 主産地適応性検定試験（令和2～4年）、
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。試験場所は網走市、2反復で実施。令和4年度は、有望系統「北育32号」を供試。

5. 研究結果

- (1) 早期収穫適性試験
令和4年度の早掘りにおいて、前期生産力検定12系統のでん粉重の平均は「コナヒメ」並であった。有望系統では「北育32号」「北系81号」が多収であり（表1）、次年度以降試験を継続する。

試験を実施した3か年において、延べ34系統の早掘り適性を評価し、新北系として「北系80～82号」を選抜することができた。

(2) 生育経過追跡試験

令和3年も供試した「北育32号」の累年結果を図1に示した。令和3～4年度は極端に異なる気象であったが、累年で見ると、「北育32号」のでん粉重は8月下旬まで「コナヒメ」と同等か下回っていたものの、9月下旬以降は上回り、枯ちよう期においても多収であった。

(3) 栽培特性検定試験

生育経過追跡試験と同様に「北育32号」の累年結果を図1に示した。試験全体を通して疎植・追肥で上いもの平均重が増加する傾向が見られたが、「北育32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。

(4) 主産地適応性検定試験

生育経過追跡試験および栽培特性検定試験と同様に、「北育32号」の累年結果を表2に示した。網走市においては、でん粉価が「コナヒメ」より高かったが、上いも数が確保できなかったことから「コナヒメ」より同等から低収であった。この傾向は令和4年度の早掘りにおいても同様であり、有望度は「△：やや劣る」であったが、近年の気象条件を踏まえ、あらためて次年度以降試験を実施して有用性を判断する。

なお、試験全体を通して期間中に供試した有望系統について、「北系72号」は収量性、「北系75号」は平均重や萌芽性に懸念があることから試験中止としたが、有用な特性を生かして交配母本として活用している。

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 (令和 4 年、北見農試)

系統・品種名	早掘り試験 (9/5 茎葉処理、9/9 収穫)						生産力検定試験結果 (10/14 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 (%)	
北育32号	9.4	121	5,069	21.5	1,041	107	9/29	95	22.9	102	継続
北系80号	8.2	116	4,241	21.3	860	88	10/07	85	22.7	91	中止
北系81号	9.0	127	5,077	21.1	1,023	105	80%	108	23.2	118	継続
K16115-4	12.8	100	5,711	19.7	1,068	109	10/05	120	21.4	121	北系82号
(12系統平均)	12.0	104	5,466	18.5	955	98	—	107	19.9	99	
コナヒメ	10.3	113	5,192	19.8	976	100	9.24	(5,902)	21.3	(1,200)	
アーリースターチ	7.6	153	5,179	19.6	967	99	9/26	100	20.6	97	
コナユタカ	7.1	172	5,431	19.2	989	101	10.09	111	21.0	109	
コナフブキ	9.2	117	4,802	22.3	1,021	105	10.01	91	23.3	99	

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(10.13)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。

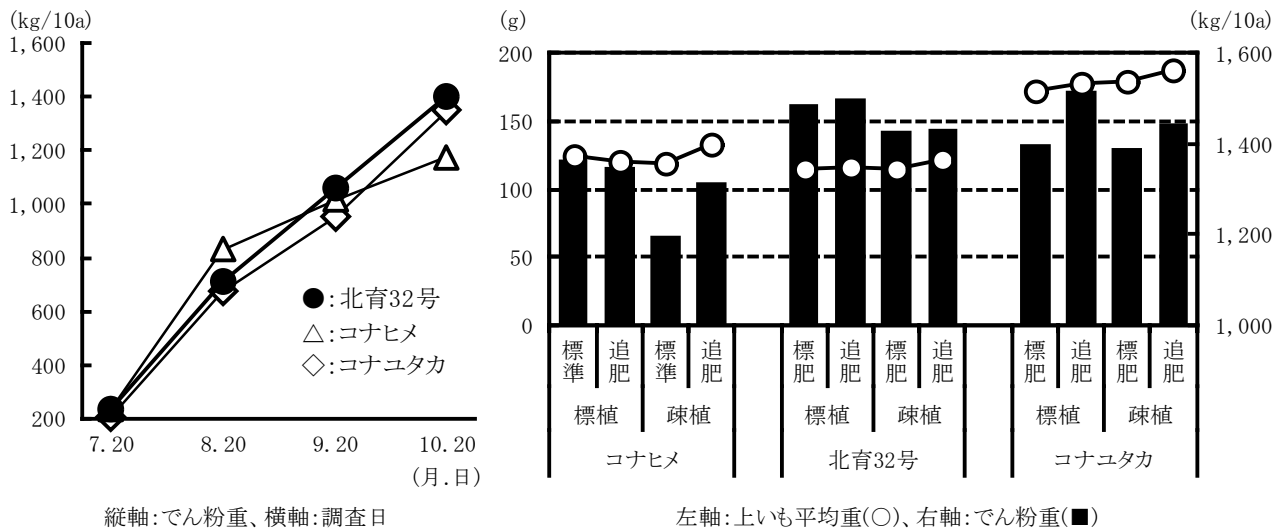


図 1. 「北育32号」 のでん粉重の推移および施肥量・栽植密度反応試験結果

(令和 3 ~ 4 年、北見農試)

表 2. 主産地適応性試験成績 (令和 3 ~ 4 年、網走市)

試験内容	系統または品種名	試験年次 (令和)	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		備考
													単年	有望度	
普通掘り	北育32号	3	6.03	未達	61	7.3	168	5,618	77	17.4	914	99	△	△	中心空洞
		4	6.04	9.06	117	6.0	132	3,576	69	20.2	685	76			
		平均	6.04		89	6.7	150	4,597	74	18.8	799	88			
コナヒメ	コナヒメ	3	6.06	未達	46	14.9	107	7,263	100	13.8	927	100			
		4	6.06	9.21	88	8.6	133	5,203	100	18.3	898	100			
		平均	6.06		67	11.7	120	6,233	100	16.0	912	100			
コナユタカ	コナユタカ	3	6.04	未達	58	7.9	197	7,078	97	13.1	853	92			
		4	6.05	9.25	103	4.8	204	4,438	85	19.6	826	92			
		平均	6.05		80	6.3	201	5,758	92	16.3	839	92			
早掘り	北育32号	4				6.2	138	3,864	76	20.4	748	85			
		コナヒメ	4				8.8	126	5,054	100	18.5	882	100		

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) 令和3年は収穫日までに枯ちよう期に達しなかった。

新規遺伝資源に由来するでん粉原料用馬鈴しょの 育成およびデンプン含量に関わるマーカーの開発 (継続課題)

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4年度～令和6年度

3. 研究目的

- (1) 近年の温暖化の影響によりウイルス病などの問題はますます深刻になり、病害虫抵抗性を新品種に付与することはほぼ必須となっている。我々はこれまで、疫病抵抗性遺伝子 (*R2*)、シストセンチュウ抵抗性遺伝子 (*H1*)、Y ウイルス抵抗性遺伝子 (*Ryhc*)、及び X ウイルス抵抗性遺伝子 (*Rx1*) に加え、メキシコ野生種に由来する高度疫病抵抗性遺伝子 *Rpi-blb3* を多重式で有する系統を DNA マーカーにより選抜し、育成してきた。一方で、野生種を用いた抵抗性遺伝子の導入やヨーロッパででん粉原料用として栽培されている品種、及び黒あし病抵抗性やシロシストセンチュウ抵抗性品種を国内に導入した。今後これらを交配し、病害虫抵抗性に加え高でん粉含量、高収量性の系統を育成することによって、新規遺伝資源に由来するでん粉用品種の育成および試験場への配布を行う。
- (2) これまで我々はアンデス在来系統由来の PGEL 優良系統 (12H189-2) と「さやか」の後代系統 160 系統を用いて、12H189-2 に由来する高でん粉含量に関わる QTL 解析を行ってきた。この研究によってでん粉含量に関わる QTL が染色体 5 番と染色体 6 番上に特定された。この QTL 領域に存在する遺伝情報を用いて DNA マーカーを開発すれば、高でん粉含量を有する系統を DNA 情報に基づいて推定することができる。また、これまで海外で馬鈴しょの農業形質に関わることが報告されている 15 の遺伝子を標的にして、我が国の馬鈴しょ品種や育成系統においてもでん粉含量や収量性に関わるのかどうかを調べてきた。その結果、*Citrate synthase (CIS)* と *glucose-6-phosphate isomerase (PGII-4)* という 2 つの遺伝子内の変異がでん粉含量や収量に強く関わっていることが分かってきた。そこで、上記の QTL 解析の結果と候補遺伝子の結果を合わせて高でん粉含量の系統を選抜できるマーカーとして成立させることができれば、効率的なでん粉用馬鈴しょ品種の育成が可能になる。
- (3) 従って本課題では、(1) 複合病害虫抵抗性をもつ新規遺伝資源を用いたでん粉原料用品種の育成のために、(2) 農業形質に関わる DNA マーカーを用いた選抜を適応させ、一連のシステムとして構築し実証することで、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) 国外遺伝資源の導入と評価

ヨーロッパででん粉原料用として栽培されている品種や黒あし病やシロシストセンチュウ

ユウ抵抗性を有する 13 系統を国内に導入した (2021 年)。これらの導入系統を国内で評価すると共に、我々が育成してきた複合抵抗性遺伝子を有する優良系統へ交配することで、新規遺伝資源に由来するでん粉含量用系統の育成および育種場へ母本系統の配布を行う。

(2) メキシコ産野生種 *S. stoloniferum* を用いた Y ウイルス抵抗性、疫病抵抗性及び高でん粉含量を有する系統の育成

現在、日本の馬鈴しょ育種ではコナフブキ由来の Y ウイルス抵抗性遺伝子 *Ryhc* のみが利用されているが、諸外国ではメキシコ産野生種 *S. stoloniferum* に由来する *Rysto* を持った品種が育成されている。さらにこの野生種由来の品種は高でん粉含量を有し、かつ疫病抵抗性を示すことが報告されている。これらを遺伝資源として優良系統に戻し交雑し選抜することで、高でん粉含量と抵抗性を有する系統を育成する。

(3) でん粉含量・収量にかかわる遺伝子マーカーを用いた選抜実証試験

2021 年度までの本助成課題において発見したアンデス在来種に由来する高でん粉含量に関わる QTL 領域と、でん粉含量や収量に強く関わっていることが分かってきた *Citrate synthase (CIS)* と *glucose-6-phosphate isomerase (PGI1-4)* 遺伝子内の変異を検出するためのマーカーを開発し、研究内容 (1) と (2) で育成する集団の DNA を用いて DNA 多型の調査を行い、でん粉含量や収量と高い相関があるのかを評価する。そして農業形質に関わる DNA マーカー選抜を育種の一連のシステムとして構築する。

5. 研究結果 (令和 4 年度)

(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

ヨーロッパにおいてでん粉原料用として栽培されている品種や黒あし病やシロシストセンチュウ抵抗性を有する 13 系統を当研究室へ導入し、各育成場へ配布した。またこれらの導入系統を我々が育成してきた複合抵抗性遺伝子を有する優良系統へ交配した (現在進行中)。次年度はその評価を行う。そして、これまで最も高いでん粉含量を示したことが記録されている品種を新に遺伝資源として追加したのでそれらとの比較を行っていく。

(2) Y ウイルス抵抗性と疫病抵抗性および高でん粉含量を有する系統の育成

優良系統の選抜および、でん粉含量に関わる遺伝領域の探索を目指し、アンデス在来種由来の高でん粉含量系統である 12H189-2 と野生種由来の Y ウイルス抵抗性と疫病抵抗性を有する 20H204-1 を交配して得られた 100 系統の集団 (21H111 系統群) を帯広畜産大学学内圃場にて 2 株ずつ植え付け、栽培試験ならびに収量調査を行った。その結果を写真 1 および第 1-1 図に示す。集団の比重の平均は 1.088 で、最も高比重であった系統は「21H111-64」の 1.118 となり、これは標準品種として栽培した「コナフブキ」の 1.112、「コナヒメ」の 1.105、「パールスターチ」の 1.102 を上回った。最も 1 株当たりの塊茎収量が多収であった系統は 21H111-87 の 1658.3 g であったが、最大であったコナヒメの

2,372 gよりは下回った（第 1-2 図）。各系統の生育期間（熟期）と比重および生育期間と 1 株当たり塊茎収量の間には相関は見られなかった（それぞれ $r=0.105$ と $r=-0.166$ 、第 2 図）。従って、比較的早生であっても高でん粉収量の系統が選抜可能であると考えられた。

（3）でん粉含量に関わる遺伝子の探索

アンデス在来種由来の高でん粉含量をもたらす遺伝子領域を同定するために、昨年度に検出された比重に関わる QTL 領域が（2）の 21H111 系統群でも効果を示すのかを検証した。QTL 領域内において最も効果が高かった SNP である第 6 染色体上の *solcap_snp_c2_9038* と 3 年間の調査で複数の農業形質に強く関与していた第 5 染色体上の *solcap_snp_c2_5137* および *solcap_snp_c2_50176* に対するプライマーを作成し、リアルタイム PCR により各系統の SNP dosage を推定した。それらの結果と比重および収量構成要素に対する効果を調べた結果、*solcap_snp_c2_50176* では株あたり塊茎収量、株あたり塊茎数、および比重の間に相関関係がみられた（第 1 表）。従ってこの SNP は異なる集団においても農業形質と関連があることが判明した。

（4）候補遺伝子の評価

比重やその他農業形質に関わることが知られている *Phosphoglucosomerase 1 (PGI1-4)* および *Citrate synthase (CIS)* 内の候補 SNP がアンデス在来種由来の系統群の農業形質へも効果があるのかを調査した。サンガーシーケンス法を用いて SNP 位置の特定し dosage の推定を行った結果、*PGI1-4* 領域では 7 SNP 座、*CIS* 領域では 9 SNP 座が同定された。各 SNP 座が 3 年間（2019 年～2021 年）の形質に与えた影響を評価した結果、*PGI1-4* の 1 SNP (*PGI1-4_snp441*) が単年の比重に影響を与えていた

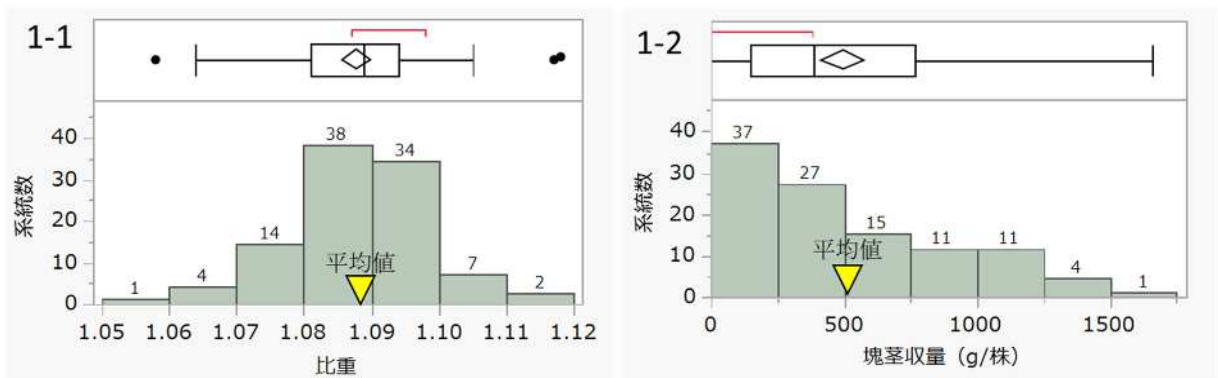
（ $p=0.0125$ ）（第 3 図）。その効果は dosage が「12H189-2」型である「AAAA」になると比重が上がる効果を示した。

6. 今後期待される成果

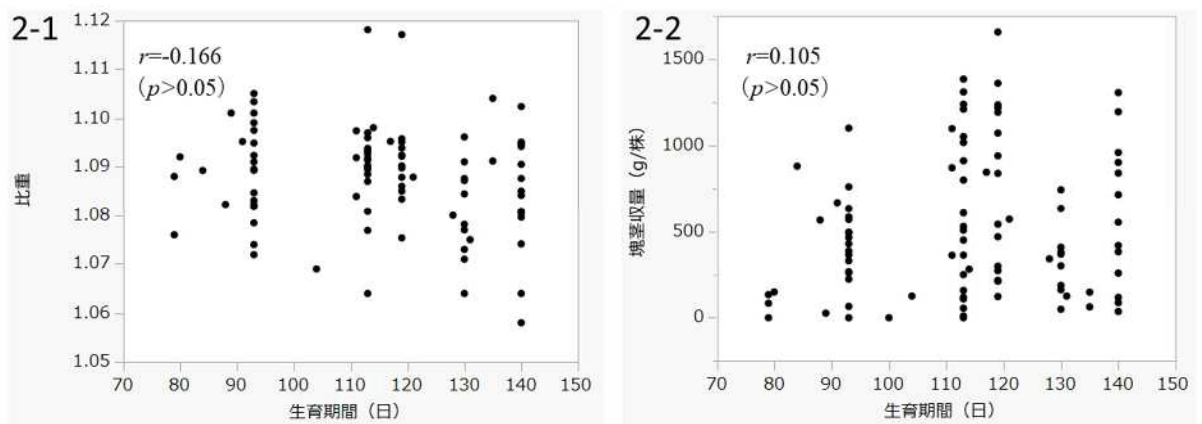
本研究の DNA マーカーによる検定手法により、高収量性と高でん粉性を兼ね揃えた系統に、病虫害抵抗性遺伝子を集積させ、多重式化を図ることにより、効率的にでん粉原料用馬鈴しょ品種のためのより優れた親系統を作り出すことができると期待される。また、本研究で新たに発見したでん粉収量に影響する QTL 領域に存在する SNP および候補遺伝子の SNP をマーカーに利用することで、アンデス在来種由来の高でん粉性を効率的に育成系統へ導入できるだけでなく、でん粉原料用馬鈴しょ育種における早期的な優良品種の育成に貢献できると期待される。



写真 1. 21H111 系統群の栽培試験の様子



第 1 図. 21H111 系統群における比重 (1-1) と塊茎収量 (1-2) の分布

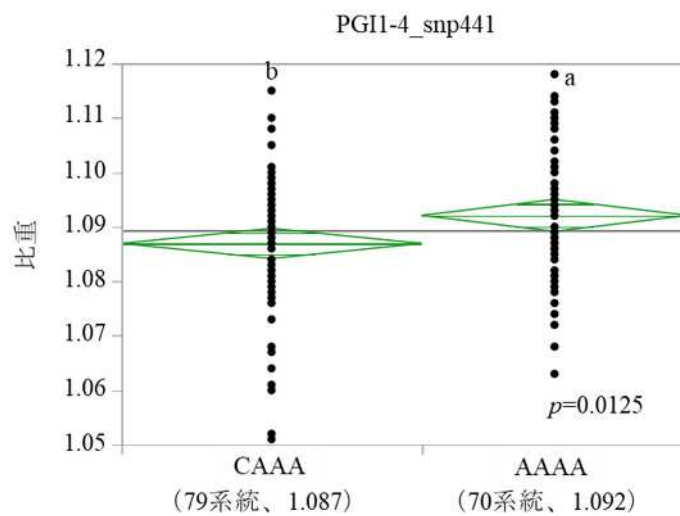


第 2 図. 21H111 系統群における生育期間と比重 (2-1) および生育期間と塊茎収量(2-2)の分布

第 1 表. 50176_CF プライマーを用いた時の相対比と農業形質との相関関係

プライマー名	塊茎収量 (g/株)	塊茎数 (個/株)	塊茎 1 個重 (g)	熟期 (日)	比重
50176_CF	-0.211*	-0.135	-0.242*	0.043	-0.297**

5%水準で有意な場合は*, 1%水準で有意な場合は**で示す。



第 3 図. PGI1-4_snp441 が比重に与えた影響

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（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、
十勝農業試験場

2. 研究期間 令和2年度～令和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生食および加工用途の新しいもの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の原因となる。
- (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、ナストビハムシの基幹薬剤であった粒剤は登録失効しており、また成虫の発生の早期化によって適期に防除が実施出来ていない。
- (4) 近年、馬鈴しょの農薬処理法として植溝内土壌散布、通称「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ため、粒剤のような予防的な効果が見込め、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、普及が進んでいない。
- (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、十勝農業試験場
 - 3) 調査品種：「さやか」
 - 4) 供試薬剤：インファロー散布(チアメトキサム水溶剤 SG、100 倍、20L/10a)
粒剤(チアメトキサム粒剤、播溝施用 6kg/10a)
粒剤(アセフェート粒剤、播溝施用 6kg/10a)
 - 5) 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①)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

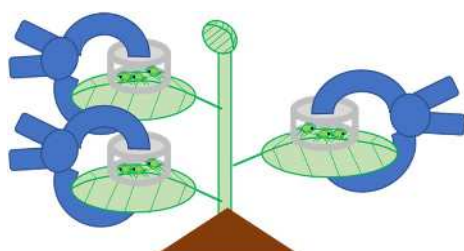
- 1) 目的：ナストビハムシの発生生態と「インファロー散布」の被害抑制効果を明らかにする。
- 2) 調査場所：北見農業試験場、十勝農業試験場
- 3) 供試品種：「さやか」
- 4) 供試薬剤：インファロー散布(チアメトキサム水溶剤 SG、100 倍、20L/10a)
茎葉散布(チアメトキサム水溶剤 SG、2000 倍、100L~120L/10a、
2020 年十勝のみシペルメトリン水和剤 WDG3000 倍 100L/10a)
- 5) 調査項目：発育零点および有効積算温度(補足説明②)の解明と圃場での発生消長、インファロー散布、茎葉散布および両者の組み合わせによる塊茎の被害程度の比較

(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) 調査品種：斜里町「コナヒメ」、大樹町「男爵薯」
- 4) 供試機器：斜里町「TJS300/DP-SG (株式会社やまびこ製)」、大樹町「SK300i-2H (株式会社サンエー製)」
- 5) 供試薬剤：インファロー散布(チアメトキサム水溶剤 SG、100 倍、20L/10a)
- 6) 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に対する被害低減効果

【補足説明】

- ①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 2 水準)



リーフゲージ試験



リーフゲージの設置風景

- ②発育零点と有効積算温度…昆虫の発育速度は温度に比例するため、これらの値を用いることで、発生時期の予測が可能

- ・発育零点：発育がほぼ停止する最低温度
- ・有効積算温度：発育零点を上回る温度の累積値

5. 研究結果

(1) アブラムシに対する「インファロー散布」の防除効果と残効期間の検証

ジャガイモヒゲナガアブラムシに対するチアメトキサム水溶剤 SG(100 倍 20L/10a)のインファロー散布の残効期間(密度指数^{*1}15 以下を維持した期間)は、十勝農試で 45～50 日(平均：48 日)、北見農試では 30～46 日(平均：40 日)となった。この期間はアセフェート粒剤(6kg/10a)の播溝施用と比較して長く、チアメトキサム粒剤(6kg/10a)の播溝施用と比較してほぼ同等であった(図 1)。また、北見農試における残効期間は、十勝農試と比較して年次間差が大きく、積算降水量が多い事例では残効期間が短くなる傾向であった(データ省略)。

(2) ナストビハムシの発生生態の解明と「インファロー散布」の防除効果の検証

ナストビハムシの発生生態については、産卵から羽化までの発育零点は 8.2℃、有効積算温度は 663.7 日度となった。また、成虫の産卵は萌芽直後に開始されると推測され、過去の報告よりも早かった(データ省略)。幼虫の塊茎への食害は 6 月下旬から 7 月上旬に始まり、7 月中旬頃から 8 月中旬にピークを迎えた(図 2)。また、発育零点と有効積算温度による羽化日の予測は新成虫の初発時期とおおむね一致した。

また、ナストビハムシに対して、チアメトキサム水溶剤 SG (100 倍 20L/10a)のインファロー散布は、全試験において防除価が 80 以上を示しており、同剤 2000 倍の茎葉散布と比較して安定した防除効果を示した。なお、茎葉散布については、上記の発生生態から、ナストビハムシの産卵時期が萌芽直後と推測され、6 月中下旬の散布では適期を逸したために効果が低かった可能性がある。また、インファロー散布と茎葉散布の組み合わせとインファロー散布のみの防除効果を比較すると、ほぼ同等の効果を示し、インファロー散布のみでも十分な防除効果が得られた(表 1)。

(3) インファロー散布機を用いた防除効果試験

インファロー散布機による防除効果を試験した結果、チアメトキサム水溶剤 SG (100 倍、20L/10a) は、ナストビハムシに対して発生量によらず、高い防除効果を示した(表 2)。

[用語説明]

*1：処理区の虫数÷無処理区の虫数×100 で示される対無処理比の生存率

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および発生生態が明らかとなった。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が示され、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と考えられた。

なお、本事業での結果を取り纏め、2023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「インファロー散布を活用したばれいしょ害虫の防除法」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 >

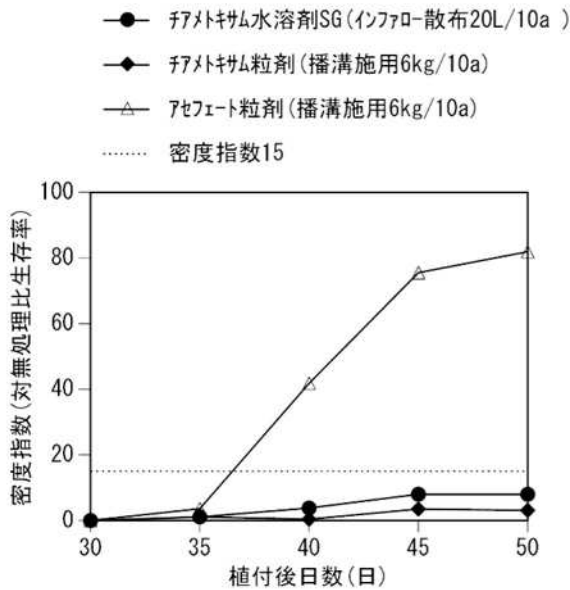


図 1 リーフケージにおける各植付後日数(放飼約7日後)のジャガイモヒゲナガアブラムシの密度指数(2020年、十勝農試)

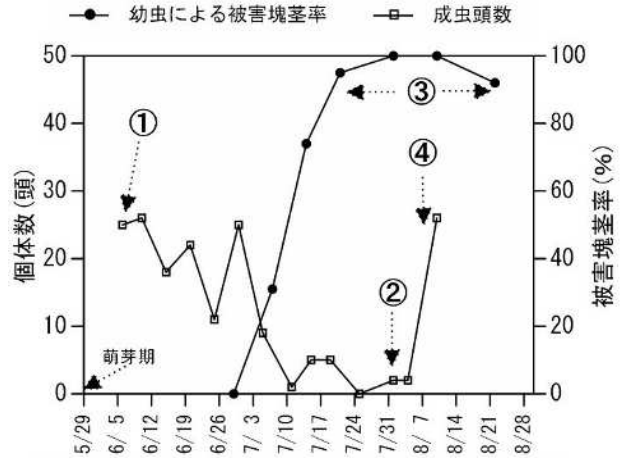


図 2 ナストビハムシの発生消長と発育零点と有効積算温度による成虫の発生(羽化日)予測(2022年、北見農試)

注1) ①: 越冬成虫初発 ②: 新成虫初発 ③: 塊茎被害ピーク ④: 予測羽化日

注2) 個体数: 20株の合計成虫頭数、被害塊茎率: 3株全塊茎の平均値

表 1 各処理方法のナストビハムシに対する防除効果(2020年~2021年、北見農試、十勝農試、オホーツク管内A町)

処理区名*1	北見		十勝		オホーツク管内A町
	2020年	2021年	2020年	2021年	2020年
	食害程度(防除価)	食害程度(防除価)	食害程度(防除価)	食害程度(防除価)	食害程度(防除価)
インファロー	0.7 (87.1)	1.3 (81.4)	0.5 (83.3)	2.2 (92.4)	2.7 (94.9)
インファロー+茎葉散布×2	0.8 (83.9)	0.5 (93.0)	-	-	-
茎葉散布×2	1.7 (67.7)	2.8 (60.5)	0.2 (94.4)	14.8 (48.0)	15.7 (70.4)
無処理	5.2	7.2	3.0	28.5	53.0
(ナストビハムシ発生量)	(少発生)	(少発生)	(少発生)	(中発生)	(甚発生)

*1インファロー: 77メトキサム水溶剤SG 100倍20L/10aを植付時に処理

*2茎葉散布×2: 77メトキサム水溶剤SG 2000倍100~120L/10a、(2020年十勝のみ)シベルマトリ水和剤WDG 3000倍 100L/10aをそれぞれ2回散布。散布日は6月10日前後(萌芽後約10日後)とその約7~10日後程度に散布を実施

表 2 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防除効果(2021年、現地2箇所)

		収穫時調査*2	
		塊茎被害率(%)	食害程度(防除価)
オホーツク管内 斜里町 「コナヒメ」	インファロー*1	1.3	0.3 (84.6)
	無処理	8.7	2.2
十勝管内 大樹町 「男爵薯」	インファロー*1	41.7	10.9 (72.7)
	無処理	93.0	39.9

*1 用いた薬剤は両地域共通、チアマトキサム水溶剤SG 100倍20L/10a

*2 調査は9月に実施、オホーツク管内は50塊茎疑似3反復、十勝管内は150塊茎2反復調査の平均値:



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

ジャガイモシストセンチュウ類の生存個体検出技術の開発 (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4年度

3. 研究目的

- (1) 馬鈴しょの重要病害虫であるジャガイモシストセンチュウ（以下、Gr）は1972年に国内で初めて発生が確認され、その後道内で分布が拡大し続けている。さらに2015年には近縁種のジャガイモシロシストセンチュウ（以下、Gp）が初確認され、「緊急防除」などの対策事業が行われている。Gp, Grの発生地域では、馬鈴しょの減収被害のみならず、まん延防止対策のため多くの労力・出費を強いられている。
- (2) Gp, Grの防除にはD-D剤をはじめとした農薬や抵抗性品種、捕獲作物等が利用されており、圃場のGp, Grの密度低減効果が認められている。これらの防除対策を一層推進させるためには、防除の要否を的確に判断できるとともに、防除効果を可視化できることが重要であり、そのための効率的な密度調査法が必要とされている。しかし、現状の密度調査法は顕微鏡観察による識別とカウントが不可欠なため、高度な専門性と労力を要することが問題になっている。近年、その代替法としてリアルタイムPCR法により、Gp, GrのDNA量を調査し、そこから密度を推定する効率的な手法が開発された。しかし、DNAは死亡した卵でもある程度残存し、特に農薬を用いた防除ではシスト内に多数の死亡卵を含むため、密度を過大評価（防除効果は過小評価）する問題がある。一方、生存線虫個体のみを評価する手法として、「カップ検診法」（プラスチックカップ内で線虫をジャガイモに寄生させ、新シストの着生を調査する方法）があるが、結果を得るのに70日程度の長期間を要することが大きな問題となっている。
- (3) 本研究ではGp, Grに特異的なRNAを検出することで、生存個体を迅速かつ効率的に検出できる手法を開発する。生物体内では生命活動に伴って絶えず遺伝子が発現、すなわちDNAを転写してメッセンジャーRNA（以下、RNA）を合成しているが、死後は一般にRNAの合成が停止する。また、RNAは体内に存在する分解酵素によって容易に分解されるので、長期間残存しない。したがって、RNAを鋳型とした逆転写PCRによって増幅産物を検出することで、生存個体のみを検出が可能となる。

4. 研究内容

- (1) Gp, Gr検出用プライマー・プローブセットの選定
Gp, GrのRNA配列上に設計された複数の既報プライマーとプローブについて、国内での使用条件に合わせて種特異性や検出感度を再評価しつつ最適なものを選抜する。

- (2) 検出手法の最適化
迅速かつ高感度な検出に適した RNA 抽出方法および逆転写リアルタイム PCR (以下、RT-qPCR) の反応条件を調査・選定する。
- (3) 生存個体検出精度の評価
殺線虫剤等処理して死亡させた Gp または Gr 卵を作出、供試することによって、本法では生存個体だけを検出することを検証する。
- (4) カップ検診との感度比較および定量性の評価
Gp または Gr の密度を複数段階に調製した汚染土壌を用意し、RT-qPCR とカップ検診で生存線虫の検出感度を比較し、RT-qPCR の優位性を実証する。また、RT-qPCR による生存線虫密度の定量可否を評価する。

5. 研究結果 (令和4年度のまとめ)

- (1) Gp, Gr 検出用プライマー・プローブセットの選定
生存 Gp、Gr を RT-qPCR で検出する報告は 3 報存在する。これらの中から、種特異性が優れていた Benier et al. 2014 (*Nematology* 16. pp 1219-1232) のものを選定した (表 1)。
- (2) 検出手法の最適化
迅速かつ高感度な検出に適した RNA 抽出方法および逆転写リアルタイム PCR (以下、RT-qPCR) の反応条件を調査し、図 1 のように RNA 抽出手法・および RT-qPCR 手法を整備した。この手法によって様々なシストセンチュウ種から RNA を抽出し、RT-qPCR を行ったところ、選定したプライマー・プローブセットは Gp と Gr をそれぞれ特異的に検出した (表 2)。また、この手法での検出限界は Gp、Gr ともに卵 3 個だった (データ略)。
- (3) 生存個体検出精度の評価
Gp 汚染土 50 ml をガラスバイアルに入れ、D-D 剤の原体である 1, 3-ジクロロプロペン (以下、1, 3-D) を 0、15、50 μ l 注入し、2 週間室温で放置した。その後、バイアル内の土壌からシストを分離し、半数は RT-qPCR に供試して Ct 値 (増幅産物がある一定量に達するまでのサイクル数) を算出し、もう半数はメッシュバッグに入れてバレイショに接種し、新シストが得られるか調査した。
その結果、50 μ l 処理では新シストが得られず、RT-qPCR でも増幅しなかった (表 3)。一方で、0、15 μ l 処理では新シストが得られ、RT-qPCR で増幅産物が得られた。よって、RT-qPCR によって生存個体のみを検出できると考えられた。
- (4) 定量性の評価およびカップ検診との感度比較
Gp・Gr の卵 10 個、100 個、1000 個からそれぞれ RNA を抽出し、RT-qPCR を実施した。その結果、卵数と Ct 値の間に有意な負の相関が見られた (図 2)。よっ

て、RT-qPCRによってGp・Grの密度を推定できることが示された。

Gpの汚染土を6サンプル、Grの汚染土を5サンプル用意し、カップ検診とRT-qPCRにそれぞれ供試した。カップ検診は横浜植物防疫所が実施している方法に基づき、プラスチック製カップ（高さ6cm、直径13cm）に土壌サンプルを約200ml入れ、そこに「男爵薯」（対Grの場合）もしくは「キタアカリ」（対Gpの場合）を植え付けて暗所で2か月間培養し、カップの側面および底面から新シストの着生を調査した（各サンプル5反復実施）。RT-qPCRでは、各土壌サンプル200mlから分離されたシストからRNAを抽出し、RT-qPCRに供試した（各サンプル5反復実施）。

その結果、Gpのカップ検診では、6サンプル中4サンプルで新シストが検出され、当該4サンプルはRT-qPCRでも増幅産物が得られた（表4）。Grのカップ検診では、供試した全てのサンプルにおいて新シストが検出されたが、最もシスト着生数が少なかったサンプル（サンプル5）のみRT-qPCRで増幅産物が得られなかった（表5）。したがって、GpについてはRT-qPCRでの検出感度はカップ検診と同等であるが、Grについてはカップ検診の方が検出感度が高いと判明した。

以上をまとめると、RT-qPCRによってGp・Grを特異的に検出すること、死亡個体は検出しないこと、生存Gp・Grの密度推定が可能であることを示した。なお、RT-qPCRでの生存Gpの検出感度はカップ検診と同等であった一方、生存Grの検出感度はカップ検診の方が高いと判明した。RT-qPCRによる生存Grの検出については、さらなるブラッシュアップが必要であると考えられる。

6. 今後期待される成果

本研究より、生存Gpの検出を目的とする場合、RT-qPCRは従来のカップ検診と置き換え可能であることが示された。今後、RT-qPCRによって生存Gpの密度を迅速にモニタリングすることで、効率的なGp防除管理に資することが期待される。

< 具体的データ >

表 1. 使用したプライマー・プローブ (Benier et al. 2014)

プライマー・プローブ	配列 (5'→3')
Gp・Gr 共通フォワードプライマー	ACAAGATCGGAGGTATCG
Gp・Gr 共通リバースプライマー	GTGGTTCATGATGATGACCTG
Gp 用プローブ	HEX-CGAAGAATGACCCGGC-BHQ2
Gr 用プローブ	FAM-CTCGAAGAGCGACCCTG-BHQ1

<ul style="list-style-type: none">350 μlのRA1 Buffer (Takara) 中でサンプルを破碎破碎液に同量の70%エタノールを添加し、NucleoSpin RNA Column (Takara) もしくはエコノスピンのfor RNA (Epoch life science)に通すカラムをRA2 Buffer (Takara) およびRA3 Buffer (Takara) でカラムを洗浄する60 μlの蒸留水で溶出し、溶出液を4倍希釈して鋳型とする	<p>反応液組成 (1反応当たり、μl)</p> <ul style="list-style-type: none">DW 2.9One Step PrimeScript™ III RT-qPCR Mix (Takara) 5.0フォワードプライマー (10 μM) 0.3リバースプライマー (10 μM) 0.3Gp用プローブ (10 μM) 0.4Gr用プローブ (10 μM) 0.1Template RNA 1.0 <p>温度条件</p> <p>52°C 5 min → 95°C 10 s → (95°C 10 s → 60°C 60s) x40</p>
---	--

図 1. RNA 抽出手法 (左) および RT-qPCR の反応条件 (右)

表2 プライマー・プローブの種特異性

線虫種	和名	産地	Gp のシグナル	Gr のシグナル
<i>Globodera pallida</i>	ジャガイモシロシストセンチュウ	網走市	○	×
〃	〃	斜里町	○	×
〃	〃	スイス	○	×
〃	〃	イギリス	○	×
<i>G. rostochiensis</i>	ジャガイモシストセンチュウ	倶知安町	×	○
〃	〃	斜里町	×	○
〃	〃	長崎県	×	○
〃	〃	青森県	×	○
〃	〃	イギリス	×	○
〃	〃	〃	×	○
<i>G. ellingtonae</i>	和名なし	アメリカ	×	×
〃	〃	〃	×	×
<i>G. tabacum</i>	タバコシストセンチュウ	高知県	×	×
〃	〃	フランス	×	×
〃	〃	メキシコ	×	×
<i>G. artemisiae</i>	ヨモギシストセンチュウ	長崎県	×	×
<i>Heterodera glycines</i>	ダイズシストセンチュウ	京極町	×	×
<i>H. trifolii</i>	クローバーシストセンチュウ	七飯町	×	×
<i>H. schachtii</i>	テンサイシストセンチュウ	長野県	×	×
(蒸留水)	-	-	×	×

全てシスト 5 個から RNA を抽出した。○は増幅産物が得られたことを、×は増幅産物が得られなかったことを示す。ジャガイモシストセンチュウはイギリス由来個体群を、*G. ellingtonae* はアメリカ由来個体群を 2 種類ずつ供試した。

表3 1,3-D 処理土壌における Gp 生残状況と RT-qPCR による Ct 値の関係

1,3-D 処理量	RT-qPCR での Ct 値 (平均 ± SE)	接種試験をしたときの 新シスト数 (平均 ± SE)
0 μl	24.24 ± 0.28	167.3 ± 27.7
15 μl	32.59 ± 0.57	1.7 ± 0.9
50 μl	増幅なし	0 ± 0

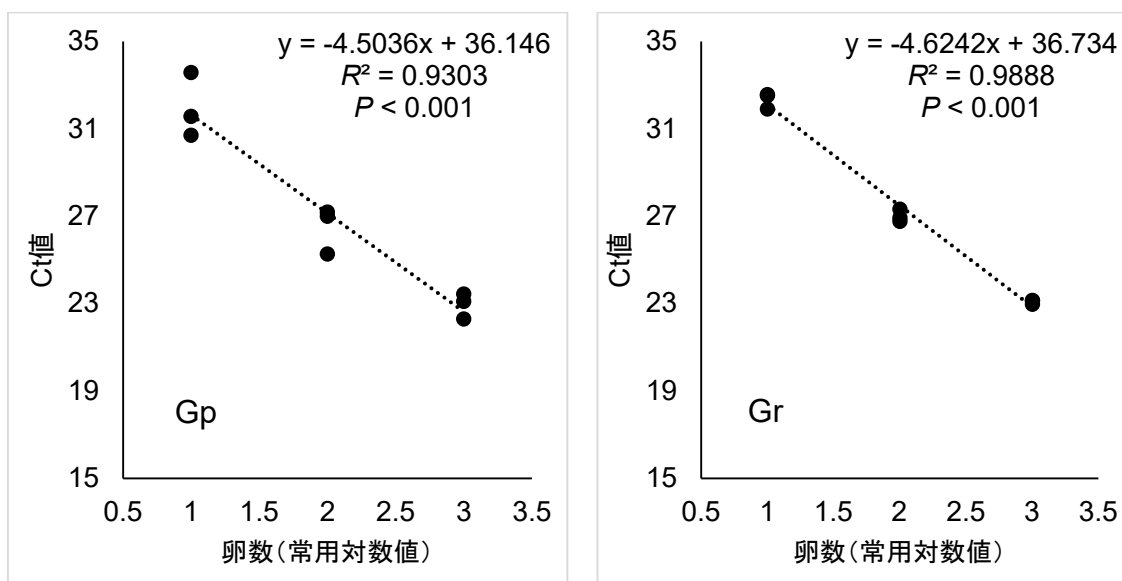


図2 卵数と Ct 値の関係

各種卵 10 個、100 個、1000 個から RNA を抽出し、それらを用いて RT-qPCR を実施した。

表4 Gp 汚染土のカップ検診と RT-qPCR の結果

土壌サンプル	カップ検診で検出された新シスト数 (平均±SE)	RT-qPCR での Ct 値 (平均±SE)
Gp サンプル 1	0	増幅なし
Gp サンプル 2	9.6 ± 2.5	29.5 ± 0.9
Gp サンプル 3	0	増幅なし
Gp サンプル 4	0.8 ± 0.5	32.0 ± 0.5
Gp サンプル 5	4.4 ± 1.6	32.6 ± 0.5
Gp サンプル 6	50.2 ± 7.5	27.3 ± 0.4

表5 Gr 汚染土のカップ検診と RT-qPCR の結果

土壌サンプル	カップ検診で検出された新シスト数 (平均±SE)	RT-qPCR での Ct 値 (平均±SE)
Gr サンプル 1	267.4 ± 26.5	23.3 ± 0.6
Gr サンプル 2	15.6 ± 2.7	28.8 ± 0.8
Gr サンプル 3	77.6 ± 21.8	26.2 ± 0.4
Gr サンプル 4	33.8 ± 7.5	29.4 ± 0.2
Gr サンプル 5	0.4 ± 0.4	増幅なし

アブラムシのトラップ捕獲に基づくジャガイモ

Y ウイルス感染リスク評価 (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4年度

3. 研究目的

- (1) ジャガイモ Y ウイルス (PVY) は、アブラムシによって媒介される馬鈴しょの重要病原ウイルスである。国内ではモモアカアブラムシ、ワタアブラムシ、ジャガイモヒゲナガアブラムシ、チューリップヒゲナガアブラムシの4種が PVY の重要な媒介虫とされ、これら4種のトラップ捕獲個体数に基づいて PVY 感染リスクを評価している。しかし、これら4種が実際に重要な媒介虫であるかは、詳細に検討されていなかった。平成28-30年度の本事業において、応募者は北海道の馬鈴しょ圃場における PVY 媒介アブラムシの種構成を調査し、少なくとも14種以上のアブラムシが PVY を媒介していることが示唆された。
- (2) 得られた成果からは、様々な種のアブラムシを対象として PVY 感染リスクを評価することが望ましいと考えられるが、実際にはトラップ捕獲したアブラムシを多数の種に識別することは非常に困難である。そこで、アブラムシの種を識別する代わりに、アブラムシ全体の個体数に基づいて PVY 感染リスクを評価できれば実用的である。また、トラップ捕獲したサンプル中に PVY が含まれているかも評価できれば、より高度に PVY 感染リスクを評価できる。
- (3) このため、本事業ではトラップ捕獲したアブラムシ全個体数と PVY 発生との関係を解析するとともに、トラップ捕獲した複数個体のアブラムシから PVY を検出できる手法を確立し、新たな PVY 感染リスク評価手法を検討することで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) アブラムシ全体の個体数と PVY 感染馬鈴しょ株数との関係の解析
北海道農業研究センター（北海道札幌市）において、PVY の病徴が目視で確認しやすいトヨシロを植え付けた調査圃場を設置した（調査圃場の風上側には、PVY 感染馬鈴しょを植え付けた圃場が設置されている）。トヨシロ調査圃場に2基の箱型黄色水盤トラップ（図1、用語解説を参照）を設置し、3-5日間隔で回収して捕獲したアブラムシの全個体数を計数した。トラップ回収と同日には、PVY の病徴が疑われた株から葉片をサンプリングし、ELISA 法（用語集を参照）により実際に PVY に感染しているかを検定した。調査は2022年6月22日から8月5日まで計12回行った。
また、種苗管理センター北海道中央農場（北海道北広島市）から、2012~2021年の計10年分のアブラムシの黄色水盤捕獲データと PVY 感染馬鈴しょ株抜き

取りデータを取得し、統計解析をした。

(2) 複数個体アブラムシからの PVY 検出

(2) -1 RNA 抽出法の検討

飼育条件下で PVY 感染タバコ葉から吸汁させたモモアカアブラムシ有翅虫 (以下、PVY 吸汁モモアカと略記) から、QuickExtract DNA Extraction Solution 試薬 (用語集を参照) により省力的に RNA を抽出し、リアルタイム PCR (用語集を参照) で PVY の検出を試みた。PVY の検出感度を、従来の TRIzol 試薬 (用語集を参照) により RNA を抽出してリアルタイム PCR で検出した場合と比較した。また、健全タバコ葉から吸汁させたモモアカアブラムシ有翅虫 (以下、健全吸汁モモアカと略記) を混合して複数個体をまとめて抽出した場合についても検討した。

(2) -2 PVY 吸汁モモアカ混合サンプルからの PVY の検出

PVY 吸汁モモアカ 5 個体を、健全吸汁モモアカ 15 個体または 45 個体と混合し、PVY 吸汁モモアカが 20 個体中 5 個体 (25%) または 50 個体中 5 個体 (10%) となるサンプルを調製した (表 1)。また、PVY 吸汁モモアカ 1 個体を、健全吸汁モモアカ 99 個体と混合し、PVY 吸汁モモアカが 100 個体中 1 個体 (1%) となるサンプルも調製した。PVY 吸汁モモアカ 5 個体のサンプル (100%) を対照として用いた。これらのアブラムシ混合サンプルを 3~6 セット用意し、TRIzol 試薬により RNA 抽出し、リアルタイム PCR により PVY の検出をした。

(2) -3 PVY 吸汁モモアカの検出可能時間の検討

PVY 吸汁モモアカが 10 個体中 1 個体 (10%) となるサンプルを調製し、プロピレングリコール溶液を満たした黄色水盤トラップ内に投入し、20°C に設定した自然光型人工気象室に 24 時間、3 日、1 週間静置した (図 2 左)。これらのアブラムシ混合サンプルを 11 セットずつ計 33 セット用意し、TRIzol 試薬により RNA を抽出してリアルタイム PCR により PVY の検出をした。

(2) -4 圃場で捕獲したアブラムシサンプルからの PVY の検出

2022 年 7 月から 8 月にかけて、PVY 感染馬鈴しょを植え付けた圃場にプロピレングリコール溶液を満たした 8 基のボール型黄色水盤トラップを 4 回設置し、24 時間後に回収した (図 2 右)。捕獲したアブラムシサンプル 6 セットから 1~9 個体からまとめて TRIzol 試薬により RNA を抽出し、リアルタイム PCR により PVY を検出できるかを検討した。

5. 研究結果

(1) アブラムシ全個体数と PVY 発生との関係の解析

北海道農業研究センターにおける 2022 年の調査結果および種苗管理センター北海道中央農場の 10 年分の取得データでは、トラップ捕獲したアブラムシ全

個体数が 6 月下旬以降に急増した後に PVY 感染馬鈴しょ確認株数も急増する傾向が見られた (図 3, 4)。

種苗管理センターの 10 年分の取得データについて二項分布を用いたロジスティック回帰モデルによって解析した結果、各年のアブラムシ類トラップ捕獲個体数 (全年でトラップ設置期間が共通の 6/24 から 8/8 までの合計個体数) と各年の PVY 感染馬鈴しょ株抜き取り数との間には正の関係があった (図 5、尤度比検定、 $P < 0.001$)。

(2) 複数個体アブラムシからの PVY 検出

(2) -1 RNA 抽出法の検討

1 個体から QuickExtract DNA Extraction Solution 試薬で抽出してリアルタイム PCR で検出すると、従来の TRIzol 試薬により RNA を抽出してリアルタイム PCR で検出した場合と同等の検出感度であった。しかし、健全吸汁モモアカを混合して複数個体をまとめて抽出すると、QuickExtract DNA Extraction Solution 試薬では著しく検出感度が低かった。そのため、以降の実験では、省力的ではないものの従来の TRIzol 試薬により RNA を抽出することとした。

(2) -2 PVY 吸汁モモアカ混合サンプルからの PVY の検出

PVY 吸汁モモアカが 25%含まれるサンプル (20 個体中 5 個体) および 10%含まれるサンプル (50 個体中 5 個体) では、それぞれ 6 サンプル中 2 サンプル (検出率 33%) から検出できた (図 6)。一方、PVY 吸汁モモアカが 1%含まれるサンプル (100 個体中 1 個体) では 3 サンプルとも検出することができなかった (検出率 0%)。PVY 吸汁モモアカのみが 5 個体のサンプルでは 6 サンプル中いずれからも検出できた (検出率 100%)。PVY 吸汁モモアカが 25%または 10%含まれるサンプルでは、検出率が低下するものの検出できることが確認できた。

(2) -3 PVY 吸汁モモアカの検出可能時間の検討

PVY 吸汁アブラムシが 10%含まれるサンプル (10 個体中 1 個体) を自然光型人工気象室に 24 時間、3 日、1 週間静置した結果、24 時間静置サンプルでは 11 サンプル中 4 サンプルから (検出率 36%)、3 日間静置サンプルおよび 1 週間静置サンプルでは同 3 サンプルから (同 27%) 検出することができた (図 7)。1 週間静置してもほとんど検出率が低下しないことが確認できた。

(2) -4 圃場で捕獲したアブラムシサンプルからの PVY の検出

プロピレングリコール溶液を満たしたボール型黄色水盤トラップを PVY 感染馬鈴しょ圃場に設置して捕獲した複数個体のアブラムシからまとめて RNA を抽出し、リアルタイム PCR により PVY を検出できた (表 2)。

6. 今後期待される成果

トラップ捕獲したアブラムシ全体の個体数が PVY 感染株数に影響を与えていることが示された (図 3-5)。また、圃場で捕獲した 10 個体程度のアブラムシからま

とめて RNA を抽出し、リアルタイム PCR により PVY を検出できることも確認できた（表 2）。本成果は、1 地点から得られたデータのみに基づく解析結果であり、他の複数地点のデータも取得して解析する必要がある。また、TRIzol 試薬による RNA の抽出は手間と時間が掛かるため、省力的な RNA 抽出も今後の課題である。本年の成果を活かし、今後はトラップ捕獲したアブラムシ全個体数を計数し、これらのアブラムシからまとめて PVY を検出することで、PVY 発生リスク評価が可能であるかの検討を進めていきたい。

用語解説

※1：黄色水盤トラップ

アブラムシの有翅虫は一般的に黄色に誘引される性質があり、黄色の容器に液体を入れることでアブラムシ有翅虫を捕獲できるトラップ。大型の箱型や小型のボール型など様々な形状がある。中に入れる液体には、水道水のほか、DNA や RNA の保存性に優れたプロピレングリコールを用いることもある。

※2：ELISA 法

ウイルスを特異抗体で補足し、酵素反応を利用して検出および定量化ができる手法。PCR 法と比べると検出感度は高くはないが、安価で簡便であるため、多量のサンプルの感染検定に適している。

※3：QuickExtract DNA Extraction Solution 試薬

数分間の熱処理を加えることで DNA や RNA を抽出できる試薬。遠心などの手間がないため省力的であり、また有機溶剤を使わないため安全である。

※4：リアルタイム PCR

PCR 増幅量を蛍光シグナル測定によりリアルタイムに検出および定量化できる手法。コンベンショナル PCR と比べると、検出感度が高く、また電気泳動が不要なため省力的である。

※5：TRIzol 試薬

フェノールおよびチオシアン酸グアニジンを含む RNA 抽出用の試薬。イソプロパノール沈殿を行うなどの手間が掛かるが、高収量に RNA を抽出できる。

< 具体的データ >



図1 アブラムシ個体数と PVY 感染馬鈴しょの調査（左：調査圃場；右：アブラムシを捕獲するための箱型黄色水盤トラップ）

表1 PVY 吸汁モモアカ混合サンプルの組成

PVY 吸汁モモアカ	健全吸汁モモアカ	合計個体数	PVY 吸汁モモアカの割合
5	15	20	25%
5	45	50	10%
1	99	100	1%
5	0	5	100%



図2 ボール型黄色水盤トラップを用いた調査（左：PVY 吸汁モモアカ 1 個体と健全モモアカ 9 個体の混合サンプルをボール型黄色水盤トラップに投入して自然光型人工気象室に静置した；右：PVY 感染馬鈴しょ圃場にボール型黄色水盤トラップを設置してアブラムシを捕獲した）



図3 アブラムシ有翅虫トラップ捕獲個体数と PVY 感染株数の推移（北海道農業研究センターにおける調査）

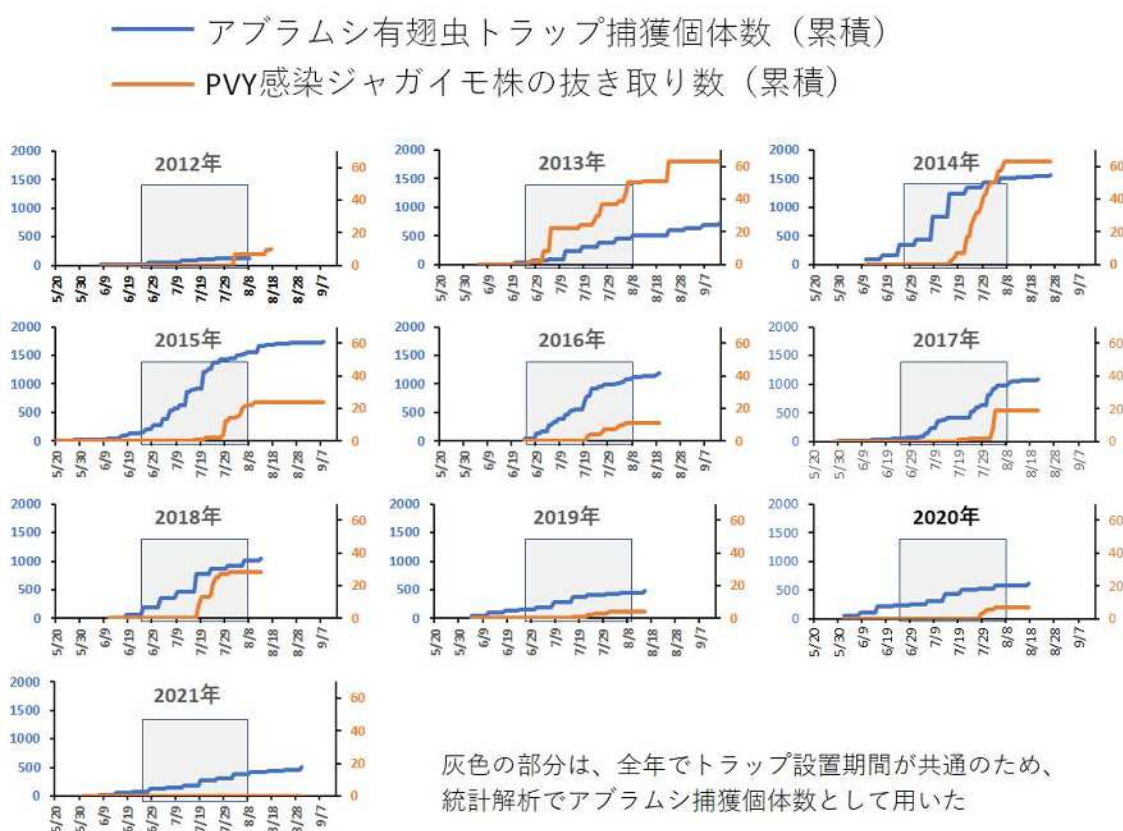


図4 アブラムシ有翅虫トラップ捕獲個体数と PVY 感染馬鈴しょ株抜き取り数の推移（種苗管理センター北海道中央農場における 10 年分のデータ）

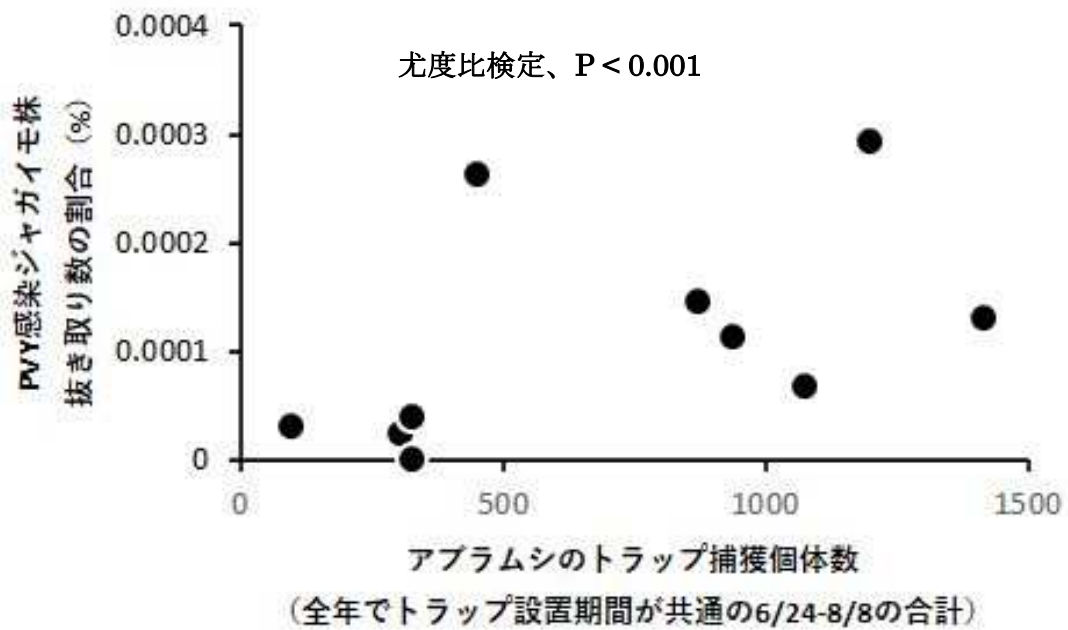


図5 アブラムシ有翅虫トラップ捕獲個体数と PVY 感染馬鈴しょ株抜き取り数との関係（種苗管理センター北海道中央農場における 10 年分のデータ）

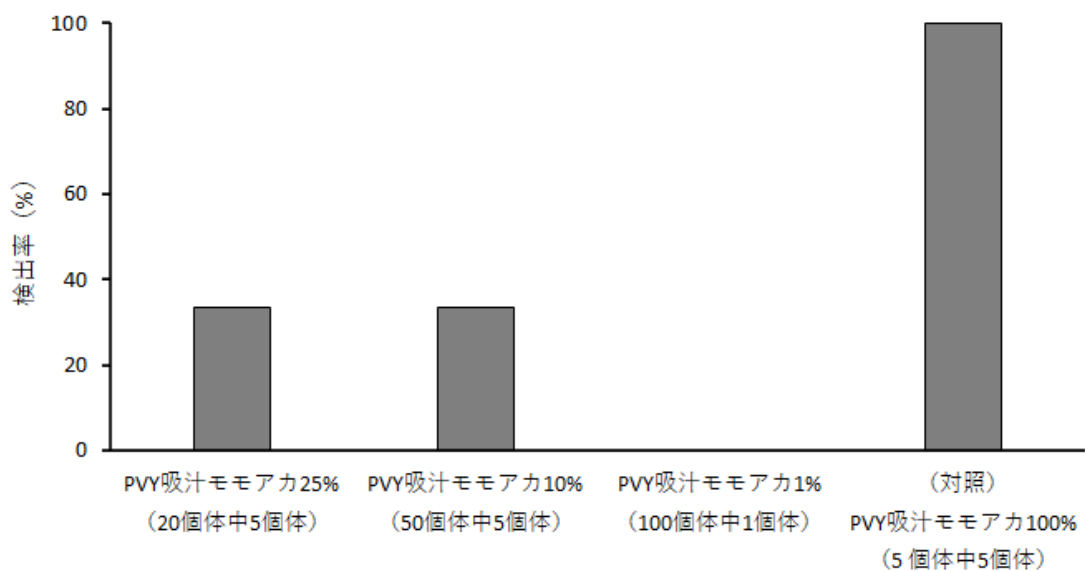


図6 PVY 吸汁モモアカの割合の異なる混合サンプルからの PVY の検出結果

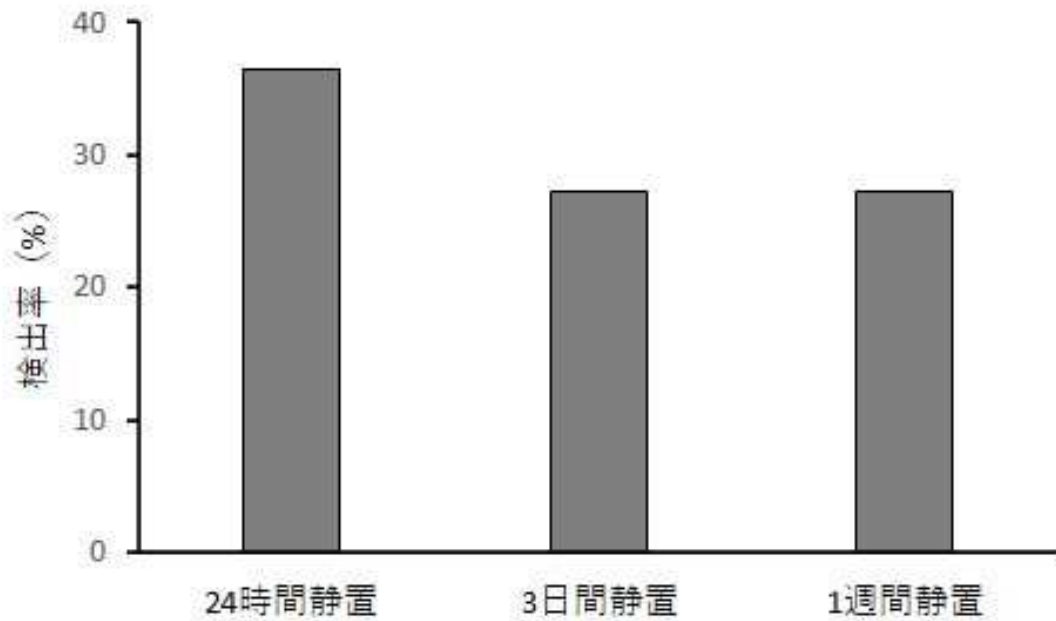


図7 自然光型人工気象室に24時間～1週間静置したPVY吸汁モモアカ10%混合サンプル（PVY吸汁モモアカ1個体+健全吸汁モモアカ9個体）からのPVYの検出結果

表2 PVY感染馬鈴しょ圃場で捕獲したアブラムシサンプルからのPVYの検出結果

トラップ捕獲アブラムシ個体数	トラップ設置期間	検出結果
4	2022年7月14～15日	非検出
9	2022年7月28～29日	非検出
9	2022年7月28～29日	検出
9	2022年7月28～29日	検出
10	2022年8月2～3日	非検出
1	2022年8月3～4日	非検出

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（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～令和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、でん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2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、収穫期のでん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、本研究では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) 多収を目的とした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（令和3～4年度）。植付はいずれの年次も4月下旬に、施肥量を $N:6.4\text{kg}/10\text{a}$ として行い、追肥区では6月下旬に $N:3.2\text{kg}/10\text{a}$ を施用した。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30秒間行った。ジャスモン酸（ジャスモメート液剤）は100ppm濃度で葉面散布し、令和3年度は1回目を開花期にあたる6月28日に、2回目を開花2週間後にあたる7月12日に行った。令和4年度のジャスモン酸処理は1回目を開花3日前の6月25日、2回目を開花3週間後の7月18日に行った。以上より試験区は、令和3年度は無処理区、ジベレリン処理区、ジャスモン酸開花期1回処理区、ジベレリン+ジャスモン酸開花期1回処理区、ジベレリン+ジャスモン酸開花期1回および開花2週間後1回処理区、追肥区の計6試験区を設けた。令和4年度は前年度と同様の、無処理区、ジベレリン処理区、ジャスモン酸開花3日前1回処理区、ジベレリン+ジャスモン酸開花3日前1回処理区、ジベレリン+ジャスモン酸開花3日前1回および開花3週間後1回処理区、追肥区の計6試験区その他、新た

にジャスモン酸開花3週間後1回処理区、ジベレリン+ジャスモン酸開花3週間後1回処理区を追加した計8試験区を設けた。生育調査は、NDVI および SPDA 値を6月上旬から1週間おきに調査した。収量調査はいずれの年次も7月下旬および9月下旬に行った。また、9月下旬に収穫した塊茎について、11月以降に打撲処理を行い、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。

(2) ジャスモン酸処理して得られた塊茎の翌年度への影響

ジャスモン酸の残効性を確認するために、前年度にジベレリンやジャスモン酸処理を行って得られた塊茎を、令和4年度に種いもとして用いて栽培試験を行った。植付は5月16日に、施肥量をN:6.4kg/10aとし行い、その後、地上部生育および収量の調査を行った。

5. 研究結果（令和3年・4年度のまとめ）

(1) 多収を目的としたジャスモン酸の処理時期の検討

ジベレリンおよびジャスモン酸処理が馬鈴しょの地上部生育に及ぼす影響については、ジベレリン処理により茎数が増加する傾向が認められたが（表1・2）、それ以外の影響は少ないと考えられた。植付前にジベレリン処理を行った試験区の茎数は他の試験区と比べて多くなる傾向が認められ、これまでの知見と一致した。その他の形質については、令和3年度においてはジベレリン+ジャスモン酸2回処理区の黄変期や枯凋期がやや早い傾向が認められたものの、令和4年度においてはジベレリン+ジャスモン酸2回処理区の黄変期や枯凋期は他の試験区と違いが認められなかった。また、追肥区を除いた各試験区のNDVI および SPAD 値の推移や最終茎長にも無処理区との違いは認められなかったことから（表1・2、図1・2）、ジベレリンおよびジャスモン酸が地上部生育に及ぼす影響は少ないと考えられる。

7月下旬の掘取調査では、ジベレリン処理による反応はいずれの年次も共通していたが、ジャスモン酸処理による反応は一部、異なった。ジベレリンは植付前の処理であるため、調査を行った7月下旬時点ですでに安定した効果が認められ、無処理区に比べて小粒規格のいもが多く（表4・6）、いもの平均重が軽かった（表3・5）。一方、ジャスモン酸処理については令和3年度は1回目の開花期処理によってもいもが肥大しいも重が増加する傾向が認められたが（表3・4）、令和4年度の1回目の開花3日前処理では、いもの肥大効果は認められなかった（表5・6）。令和4年度のジャスモン酸処理時期は令和3年度に比べて3日早く、また、1回目処理を行った試験区ではむしろ2Sサイズのいも重が増加する傾向が認められたことから（表6）、開花期前のジャスモン酸処理は通常であれば淘汰されるような小粒塊茎の肥大を助長させる効果があるのかもしれない。一方、ジャスモン酸の開花後処理はいずれの年次も7月下旬の時点では明確な効果は認められず、葉面散布によるジャスモン酸処理の効果は少なくとも2週間以上経過しないと認められないと考えられる。

収穫期の掘取調査では、ジャスモン酸処理については処理方法によって効果が異なった。ジャスモン酸の単独処理においては、令和3年度のジャスモン酸開花期処理区および、令和4年度のジャスモン酸開花3日前処理区では無処理区と比べて違いは認められなかった(表7・9)。一方、令和4年度のジャスモン酸開花3週間後処理区では無処理区に比べてL規格サイズのいも重が増加し、上いも重が増加した(表9・10)。また、ジベレリン処理とジャスモン酸処理の組み合わせにおいては、ジベレリン+ジャスモン酸開花期1回処理区および、令和4年度のジベレリン+ジャスモン酸2回処理区では、ジベレリン処理区との違いが認められなかった。すなわち、それらの試験区では、無処理区に比べていも数が増加し、いもの平均重が軽かった(表7・9)。一方、令和3年度のジベレリン+ジャスモン酸2回処理区および、令和4年度のジベレリン+ジャスモン酸開花3週間後1回処理区では、無処理区に比べてM規格のいも重が増加し、上いも重が追肥区と同程度、増加した(表7・8・9・10)。以上より、ジャスモン酸の効果は処理時期によって異なり、開花後2~3週間経過した後の処理では塊茎を肥大させ、増収となることが示された。なお、いずれの試験区においても処理によるでん粉価の違いは認められなかったため、上いも重が増加した試験区ではでん粉重も増加した。一方、ジャスモン酸の開花期前後の処理では塊茎の肥大効果は認められず、ジベレリンとの組み合わせ処理では、むしろ2SやS規格のいも重が増加する傾向が認められた。コナヒメのような中晩生品種では塊茎数の決定時期が比較的小さいと考えられる。そのため、塊茎肥大による増収効果を目的としたジャスモン酸処理では、塊茎数が決定した時期以降の処理が望まれると結論づけられる。

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も検討した。いずれの年次においても塊茎の褐色心腐および中心空洞において試験区間の違いは認められなかった(表11)。同様に、塊茎の打撲黒変数および休眠期間においても試験区間の違いは認められなかった(表11)。以上より、ジベレリンおよびジャスモン酸処理による品質面への影響はないと考えられる。

まとめると、ジャスモン酸は開花後2~3週間目の処理で塊茎を肥大させる効果が認められた。単独処理では無処理区に比べて比較的大粒規格のいも重が増加することによって、植付前のジベレリン処理との組み合わせでは、塊茎数が増加するものの、比較的小さいMサイズのいも重が増加することによって、それぞれ増収することが明らかになった。

(2) ジャスモン酸処理して得られた塊茎の翌年度への影響

ジベレリンおよびジャスモン酸処理して得られた塊茎の生育調整剤の残効性を確認するために、令和3年度にジベレリンやジャスモン酸処理して得られた塊茎を種いもとする栽培試験を令和4年度に行った。前年度のジベレリン処理区およびジベレリン+ジャスモン酸1回処理区では、萌芽がややおそく(表12)、いも数がやや

少ない分、平均重がやや重い傾向が認められたものの（表 13）、いずれの形質においても前年度処理間において有意差は認められなかった。また、前年度、増収効果が認められたジベレリン+ジャスモン酸開花期 1 回および開花後 1 回処理区で得られた塊茎を種いもとする試験区においても、すべての形質で前年度に無処理区で得られた塊茎を種いもとする試験区との違いが認められなかった。以上より、ジベレリンおよびジャスモン酸を使用した場合にも、その栽培で得られた塊茎への両剤の残効性の影響はないと考えられる。

6. 今後期待される成果

今後、馬鈴しょ栽培においてジャスモン酸剤の農薬登録が認可されれば、でん粉原料用馬鈴しょを含む馬鈴しょ栽培において、開花後にジャスモン酸剤を利用する化学肥料にたよらない新たな多収栽培技術が普及することが期待できる。

また、一部のいも数の多い品種では追肥や疎植栽培によって大粒化が図られているが、ジャスモン酸剤を利用する本技術では、より安定的に大粒化の効果が発揮される可能性も考えられる。

< 具体的データ >

表 1 地上部生育特性 (令和 3 年度)

試験区 ¹⁾	萌芽期 (月/日)	開花期 (月/日)	黄変期 (月/日)	枯凋期 (月/日)	茎数 (本/株)	最終茎長 (cm)
無処理	5/25	6/29	9/3 ab ²⁾	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1) 無処理：無処理区、GA：ジベレリン処理区、JA：ジャスモン酸開花期 1 回処理区、GA+JA1 回：ジベレリン+ジャスモン酸開花期 1 回処理区、GA+JA2 回：ジベレリン+ジャスモン酸開花期 1 回および開花後 1 回処理区、追肥：追肥区 (以下の表 3・4・7・8 で同様)。

注2) 異なるアルファベット間には 5%水準で有意差あり (Tukey-Welsch 法) (以下の表同様)。

表 2 地上部生育特性 (令和 4 年度)

試験区 ¹⁾	萌芽期 (月/日)	開花期 (月/日)	黄変期 (月/日)	枯凋期 (月/日)	茎数 (本/株)	最終茎長 (cm)
無処理	5/23	6/29	9/1	9/8	2.1	72 ab
GA	5/21	6/28	9/2	9/10	3.1	74 ab
JA前	5/22	6/27	9/1	9/8	2.6	72 ab
JA後	5/23	6/29	8/31	9/7	2.8	70 ab
GA+JA前	5/22	6/28	9/2	9/10	2.6	67 ab
GA+JA後	5/21	6/29	9/1	9/9	2.9	61 b
GA+JA前後	5/22	6/29	9/1	9/9	2.5	67 ab
追肥	5/22	6/28	9/2	9/9	2.6	80 a

注1) 無処理：無処理区、GA：ジベレリン処理区、JA 前：ジャスモン酸開花前 1 回処理区、JA 後：ジャスモン酸開花後 1 回処理区、GA+JA 前：ジベレリン+ジャスモン酸開花前 1 回処理区、GA+JA 後：ジベレリン+ジャスモン酸開花後 1 回処理区、GA+JA 前後：ジベレリン+ジャスモン酸開花前 1 回および開花後 1 回処理区、追肥：追肥区 (以下の表 3・4・7・8 を除く図表で同様)。

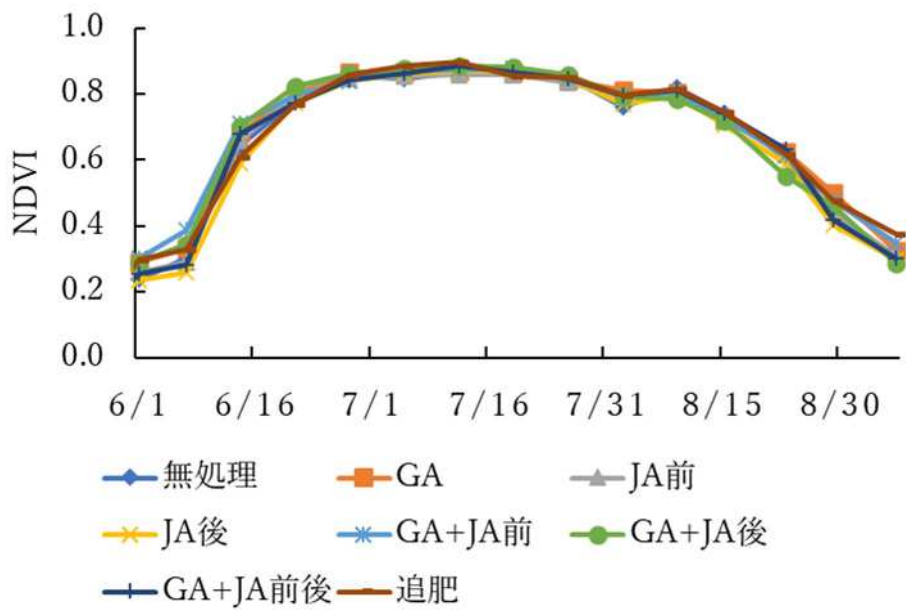


図1 NDVIの推移（令和4年度）

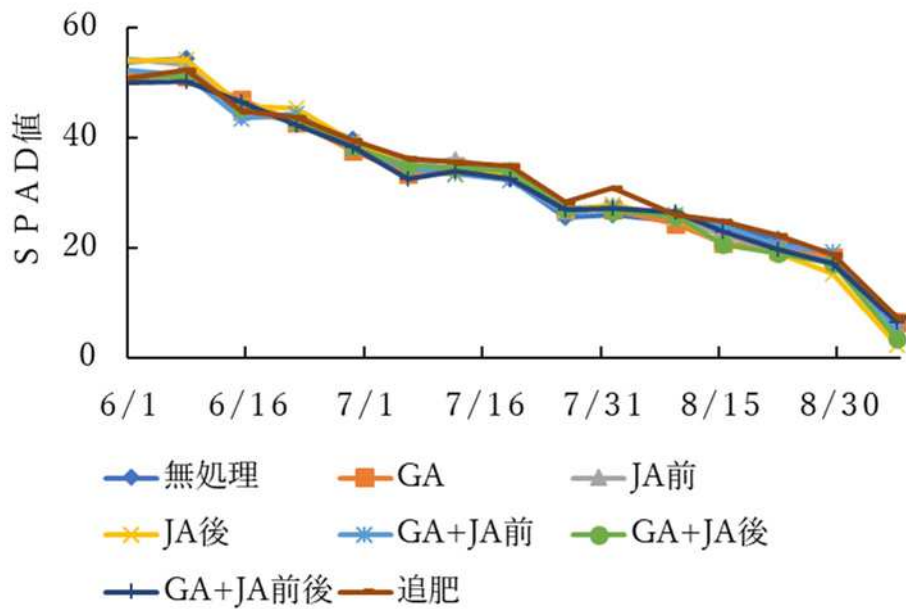


図2 SPAD値の推移（令和4年度）

表3 7月下旬における茎葉重および収量特性（令和3年度）

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4 7月下旬における規格別いも重（令和3年度）

試験区	規格別いも重 ¹⁾ (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1) 2S: 20g未満、S: 20-60g、M: 60-120g、L: 120-190g、2L: 190-260g、3L: 260-340g、4L: 340g以上（以下の図表、同様）。

表5 7月下旬における茎葉重および収量特性（令和4年度）

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	2465	11.0	57	2701	21.9
GA	2139	14.3	42	2659	23.1
JA前	2197	14.8	47	3077	22.3
JA後	2230	11.3	55	2684	22.8
GA+JA前	2073	13.0	42	2334	22.8
GA+JA後	2241	10.2	59	2532	22.6
GA+JA前後	2008	13.3	44	2633	21.8
追肥	2491	12.0	48	2510	21.9

表6 7月下旬における規格別いも重（令和4年度）

試験区	規格別いも重 (kg/10a)						
	2S	S	M	L	2L	3L	4L
無処理	99	688	1079	835	0	0	0
GA	100	1612	947	0	0	0	0
JA前	176	812	1947	142	0	0	0
JA後	83	675	1682	245	0	0	0
GA+JA前	144	1202	988	0	0	0	0
GA+JA後	39	870	1443	180	0	0	0
GA+JA前後	118	756	1305	454	0	0	0
追肥	127	816	1376	191	0	0	0

表7 収穫期における収量特性（令和3年度）

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

表8 収穫期における規格別いも重（令和3年度）

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 9 収穫期における収量特性（令和 4 年度）

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	11.8	82	4262 b	19.6	794 b	1.34
GA	13.1	79	4517 ab	21.5	925 ab	1.36
JA前	11.6	85	4377 ab	19.7	822 ab	1.39
JA後	13.3	84	4923 ab	20.0	934 ab	1.32
GA+JA前	14.1	72	4518 ab	19.8	851 ab	1.49
GA+JA後	14.4	82	5227 a	20.8	1037 a	1.42
GA+JA前後	13.6	75	4480 ab	20.4	867 ab	1.47
追肥	11.2	95	4712 ab	20.1	900 ab	1.40

表 10 収穫期における規格別いも重（令和 4 年度）

試験区	規格別いも重 (kg/10a)						
	2S	S	M	L	2L	3L	4L
無処理	65	683	2262	1210	107	0	0
GA	76	948	2422	819	328	0	0
JA前	119	700	2030	1468	180	0	0
JA後	67	866	2208	1771	78	0	0
GA+JA前	95	1133	2293	1035	57	0	0
GA+JA後	76	840	2832	1320	235	0	0
GA+JA前後	83	969	2235	1218	58	0	0
追肥	60	370	2354	1842	146	0	0

表 11 収穫したいもの品質特性（令和4年度）

試験区	褐色心腐 (%)		中心空洞 (%)		打撲黒変数 (個/kg)	休眠期間 (日)
	M	L	M	L		
無処理	15	15	0	0	51	126
GA	10	21	0	0	48	128
JA前	15	20	0	0	37	128
JA後	25	10	0	0	35	132
GA+JA前	10	55	0	0	44	129
GA+JA後	15	26	0	0	54	126
GA+JA前後	20	32	0	0	46	127
追肥	15	26	0	5	49	120

表 12 処理後に得られた塊茎を種いもとする栽培の地上部生育形質（令和4年度）

試験区		萌芽期	開花期	黄変期	枯凋期	茎数	茎長
前年度	本年度	(月/日)	(月/日)	(月/日)	(月/日)	(本/株)	(cm)
無処理	無処理	6/1	7/4	9/1	9/9	2.3	89
GA	無処理	6/3	7/6	9/3	9/10	2.2	91
JA前	無処理	6/1	7/5	8/31	9/8	2.2	90
GA+JA前	無処理	6/4	7/6	9/2	9/10	2.3	89
GA+JA前後	無処理	6/2	7/6	8/31	9/9	2.8	90
追肥	無処理	6/2	7/5	9/2	9/10	2.3	86

表 13 処理後に得られた塊茎を種いもとする栽培の収量形質（令和4年度）

試験区		上いも数	平均重	上いも重	でん粉価	でん粉重	いもの 長幅比
前年度	本年度	(個/株)	(g)	(kg/10a)	(%)	(kg/10a)	
無処理	無処理	15.5	75	5076	22.6	1093	1.15
GA	無処理	10.3	103	4681	21.5	955	1.27
JA前	無処理	13.0	77	4422	21.1	887	1.14
GA+JA前	無処理	11.8	89	4656	21.7	963	1.18
GA+JA前後	無処理	14.5	73	4679	22.8	1013	1.18
追肥	無処理	14.5	77	4720	21.7	977	1.17

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年度～令和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る。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おり、でん粉原料用ばれいしょについては令和4年度に抵抗性品種へ完全に置き換わったところである。
- (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。このようなことから、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 2.8 mg/100g）
窒素施肥：
 1. 基肥＋開花期4（対照区）：北海道施肥ガイド2020に記載されている「コナフブキ」の窒素施肥対応に準じて基肥を設定し、開花期に窒素4kg/10aの追肥を行う。
 2. 基肥（+4）：対照区の全窒素施肥量を基肥で一括施用する。
 3. 基肥：対照区の開花期追肥を省略する（全窒素施肥量は対照区よりも4kg/10a減）。
 4. 基肥（-4）：3. 基肥より窒素4kg/10a減じる（全窒素施肥量は対照区よりも8kg/10a減）。栽植密度：
 1. 標準（対照区）：3,885～4,444 株/10a
 2. 疎植：対照区より株間を1～2割程度広げる（3,608～3,704 株/10a）。※窒素施肥4処理と栽植密度2処理の組み合わせ（計8処理）
- (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 5.0 mg/100g）

窒素施肥：(1) に準じる。

(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 5.0 mg/100g）

栽植密度：(1) に準じる。

※窒素施肥 4 処理と栽植密度 2 処理の組み合わせ（計 8 処理）

5. 研究結果

気象概況：2022 年の農耕期間（5 月上旬～9 月下旬）における気象経過として、平均気温は、平年に比べて 5 月中旬、6 月中旬～7 月上旬、7 月下旬、8 月中旬が高く経過した。また、6 月上旬、8 月上旬が低く経過し、6 月上旬はかなり低かった。この期間の平均気温の積算値は平年より 56℃高い 2,607℃となり、平年比 102%であった（図 1）。降水量は、平年に比べて、5 月下旬、6 月下旬、7 月中旬～8 月中旬、9 月下旬は多く、特に 5 月下旬、7 月中旬、8 月中旬はかなり多かった。一方、5 月上旬～中旬、6 月上旬、9 月上旬～中旬は少なく経過した。この期間の降水量の積算値は平年より 175mm 多い 712mm となり、平年比 133%であった。日照時間は、平年に比べて、7 月下旬、8 月中旬、9 月上旬はかなり多かった。一方、6 月上旬、7 月上旬～中旬、8 月上旬はかなり少なかった。この期間の日照時間の積算値は平年より 45 時間少ない 700 時間となり、平年比 94%であった（図 2）。

(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

①「コナヒメ」は、「コナフブキ」に比べて茎長がやや短いものの、葉面積指数 (LAI)

が大きく地上部の生育が旺盛であったことから、でん粉収量の確保には地上部生育を制御する必要性が示唆された（図 3～5）。窒素吸収量や塊茎への窒素転流率については両品種間で大差はなかったことから、「コナヒメ」の窒素施肥法は現行の「コナフブキ」の基準から大幅な変更は不要であると推察された（図 6, 7）。

②2022 年での茎長および LAI は窒素施肥量が増えると大きくなり、疎植により小さくなる傾向であった（表 1, 2）。でん粉収量は、窒素施肥量の影響は判然としなかったものの、開花期追肥の効果が示唆された。栽植密度については疎植よりも標準で多収傾向であった（表 3）。2021 年を含めた 2 カ年平均では、「コナフブキ」の窒素施肥対応に準じて基肥を設定し、開花期に窒素 4kg/10a の追肥を行う「基肥+開花期 4」の疎植、開花期追肥を含めた全窒素施肥量を基肥で一括施用する「基肥 (+4)」の標準においてでん粉収量が多い傾向であった（図 8）。なお、種いも代や施肥コストを加味すると、「基肥+開花期 4」の疎植が最も収益性があると見込まれた（表 4）。

(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

①現地における茎長および LAI の絶対値は十勝農試より大きかった。茎長および LAI に及ぼす窒素施肥量の影響は十勝農試よりも緩慢であった（表 1, 2）。2022

年におけるでん粉収量は、窒素施肥量 8~12kg/10a で多収傾向であった(表 4)。

(3) 「コナヒメ」に対する疎植と基肥重点施肥の効果検証

①茎長および LAI に及ぼす栽植密度の影響は十勝農試よりも緩慢であった(表 1, 2)。でん粉収量としては、疎植により多収となる傾向であった(表 5)。2021 年を含めた 2 カ年平均では、開花期追肥の効果は判然としなかった。また、開花期追肥をしない基肥のみの試験区では標準よりも疎植で多収であった(図 9)。種いも代や施肥コストを加味すると「基肥」の疎植が最も収益性があると見込まれた(表 6)。

以上から、栽植密度は疎植を前提(3600~3700 株/10a)とし、窒素施肥については「コナフブキ」の窒素施肥法(低肥沃度は開花期追肥、高肥沃度は基肥のみ)を準用できると推察された。

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 >

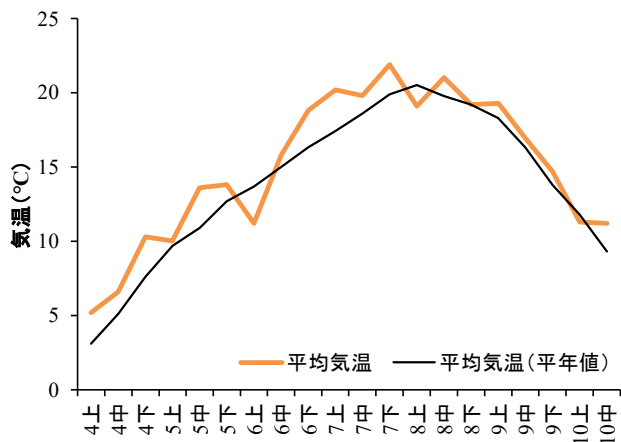


図1 気温の推移 (2022年、十勝農試)

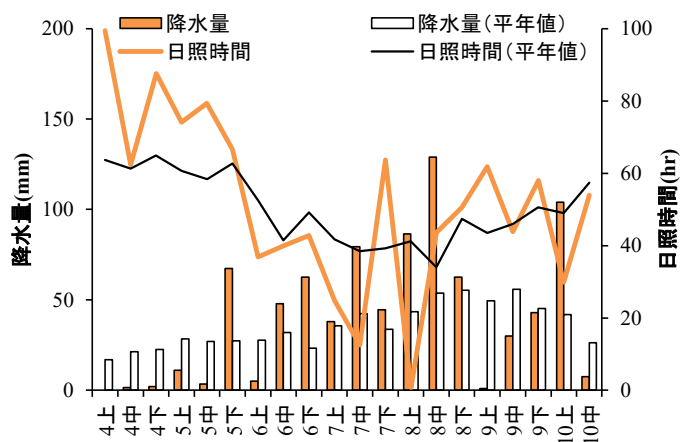


図2 降水量および日照時間の推移 (2022年、十勝農試)

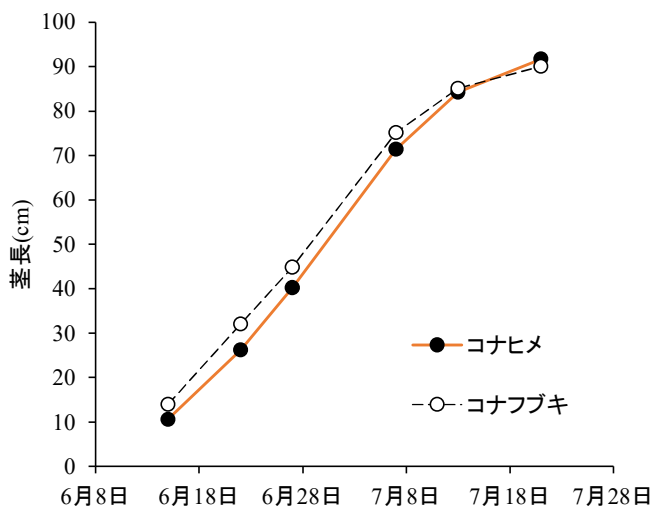


図3 茎長の推移 (2022年、十勝農試)

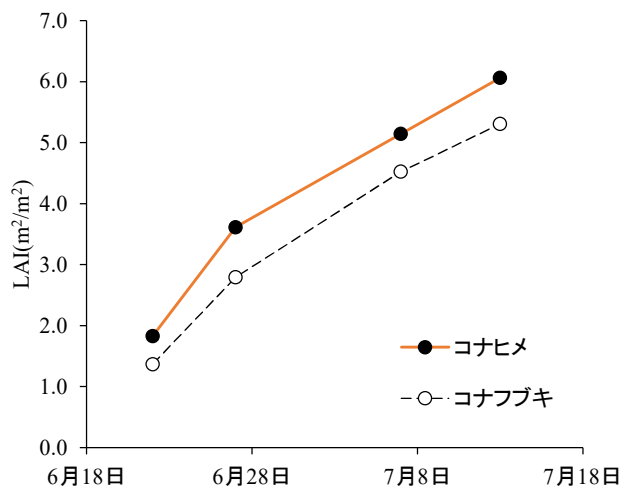


図4 葉面積指数(LAI)の推移 (2022年、十勝農試)



図5 「コナヒメ」、「コナフブキ」の生育 (2022年、十勝農試)

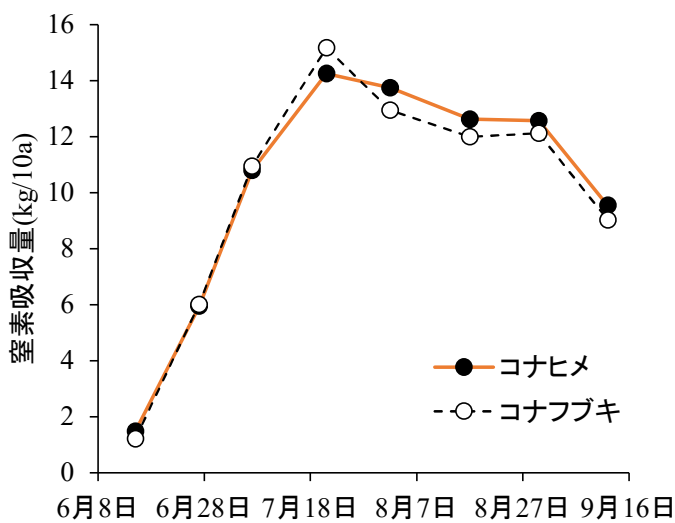


図6 窒素吸収量の推移
(2022年、十勝農試)

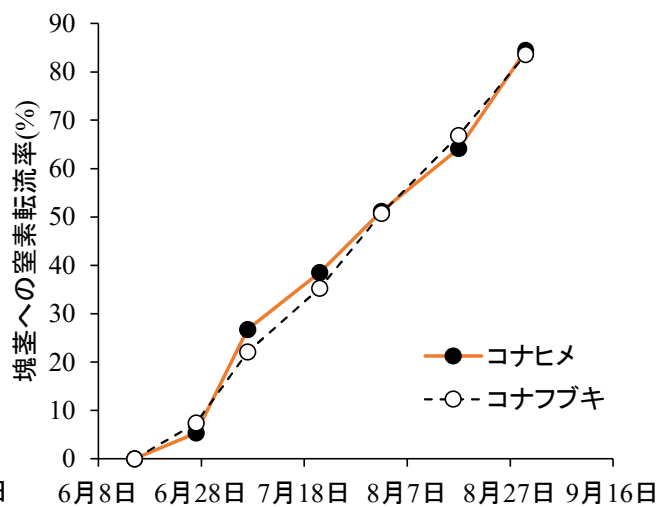


図7 塊茎への窒素転流率の推移
(2022年、十勝農試)

窒素転流率 = 塊茎のN量 / (塊茎のN量 + 茎葉のN量) × 100

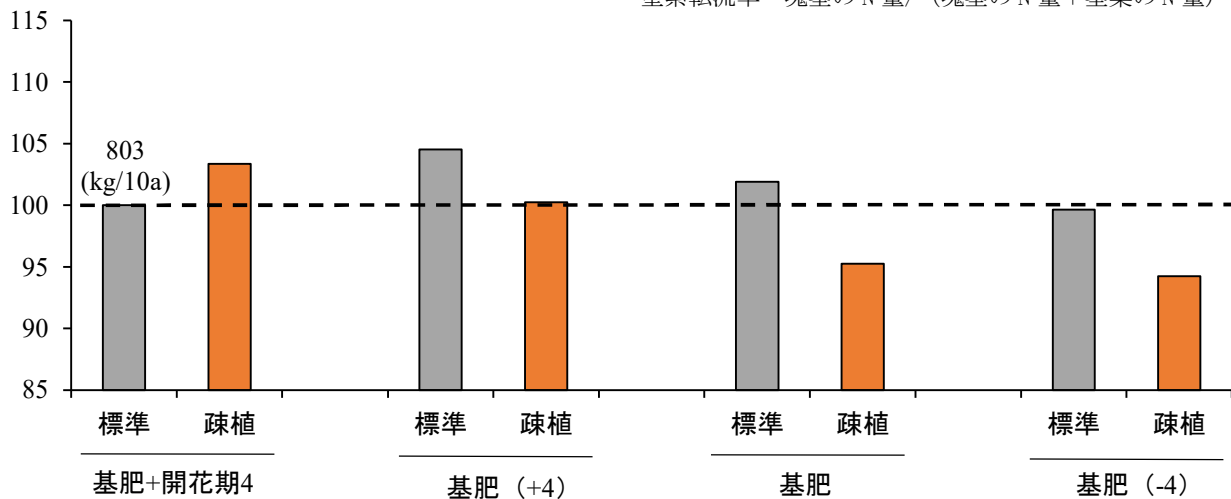


図8 窒素施肥量および栽植密度によるでん粉収量への影響
(2021~2022年の平均 (十勝農試))

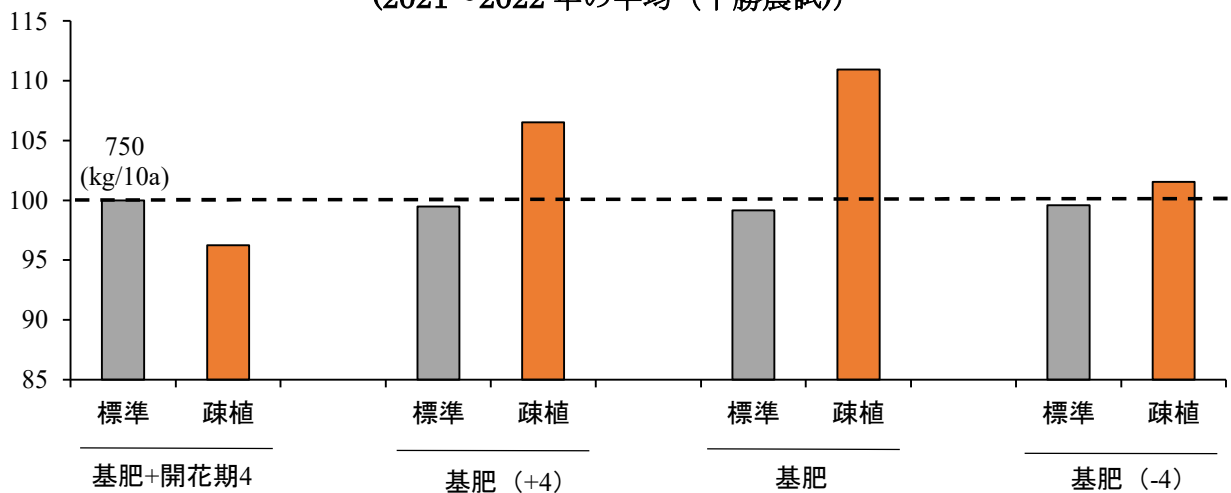


図9 窒素施肥量および栽植密度によるでん粉収量への影響
(2021~2022年の平均 (現地))

表1 茎長の推移 (cm)

栽植密度	十勝農試								現地							
	窒素施肥量(kg/10a)			6月22日	7月7日	7月13日	7月27日	窒素施肥量(kg/10a)			6月22日	7月1日	7月12日	8月3日		
	基肥	開花期追肥	合計					基肥	開花期追肥	合計						
標準	10	4	14	27.1	70.8	85.9	103.3	8	4	12	40.4	64.1	96.5	132.9		
	14	0	14	28.0	71.4	88.2	104.9	12	0	12	39.9	63.1	96.5	128.1		
	10	0	10	27.6	71.6	82.7	91.6	8	0	8	38.8	63.2	95.7	121.3		
	6	0	6	28.3	68.3	80.1	92.8	4	0	4	39.5	62.1	93.2	119.3		
疎植	10	4	14	23.9	67.7	82.4	97.8	8	4	12	41.8	66.6	100.7	126.0		
	14	0	14	23.1	64.7	82.1	98.3	12	0	12	44.5	68.1	97.8	118.5		
	10	0	10	22.4	65.0	80.7	92.3	8	0	8	41.1	64.5	94.8	119.7		
	6	0	6	21.8	60.3	72.9	77.3	4	0	4	41.4	64.9	93.1	119.0		
平均 (栽植密度)	標準			27.7	70.6	84.2	98.2	標準			39.6	63.1	95.5	125.4		
	疎植			22.8	64.4	79.5	91.4	疎植			42.2	66.0	96.6	120.8		
平均 (窒素施肥量)	10	4	14	25.5	69.3	84.1	100.6	8	4	12	41.1	65.3	98.6	129.4		
	14	0	14	25.5	68.1	85.2	101.6	12	0	12	42.2	65.6	97.2	123.3		
	10	0	10	25.0	68.3	81.7	91.9	8	0	8	39.9	63.9	95.2	120.5		
	6	0	6	25.1	64.3	76.5	85.1	4	0	4	40.4	63.5	93.2	119.1		

表2 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)			6月22日	7月7日	7月13日	窒素施肥量(kg/10a)			6月22日	7月1日
	基肥	開花期追肥	合計				基肥	開花期追肥	合計		
標準	10	4	14	2.1	5.2	6.4	8	4	12	3.4	5.7
	14	0	14	2.1	5.7	6.4	12	0	12	3.5	6.5
	10	0	10	2.1	5.2	5.9	8	0	8	3.4	5.6
	6	0	6	1.9	4.7	5.6	4	0	4	3.3	5.4
疎植	10	4	14	1.5	4.8	5.8	8	4	12	3.4	5.7
	14	0	14	1.5	4.9	6.0	12	0	12	2.9	5.5
	10	0	10	1.6	4.5	5.6	8	0	8	2.7	5.5
	6	0	6	1.5	3.9	4.5	4	0	4	2.8	5.4
平均 (栽植密度)	標準			2.0	5.2	6.1	標準			3.4	5.8
	疎植			1.5	4.5	5.4	疎植			3.0	5.5
平均 (窒素施肥量)	10	4	14	1.8	5.0	6.1	8	4	12	3.4	5.7
	14	0	14	1.8	5.3	6.2	12	0	12	3.2	6.0
	10	0	10	1.8	4.8	5.7	8	0	8	3.1	5.5
	6	0	6	1.7	4.3	5.0	4	0	4	3.1	5.4

※測定は、LAI-2000による。

表3 収量調査 (十勝農試 9月26日収穫)

栽植密度	窒素施肥量(kg/10a)			でん粉価 (%)	総収量 (kg/10a)	上いも収量 (kg/10a)	平均 1個重	でん粉収量		窒素吸収量(kg/10a)		
	基肥	開花期追肥	合計					(kg/10a)	比	茎葉	塊茎	合計
	標準	10	4	14	20.2	4830	4814	95	922	100	-	11.9
14		0	14	19.7	4732	4706	106	881	96	-	11.9	11.9
10		0	10	20.3	4550	4521	91	875	95	-	10.7	10.7
6		0	6	20.5	4543	4499	85	878	95	-	10.3	10.3
疎植	10	4	14	19.9	4597	4582	104	865	94	-	12.0	12.0
	14	0	14	19.6	4574	4565	122	848	92	-	11.9	11.9
	10	0	10	20.2	4518	4493	99	862	94	-	10.6	10.6
	6	0	6	21.1	4172	4147	87	835	91	-	8.2	8.2
平均 (栽植密度)	標準			20.2	4664	4635	94	889	96	-	11.2	11.2
	疎植			20.2	4465	4447	103	852	92	-	10.7	10.7
平均 (窒素施肥量)	10	4	14	20.0	4714	4698	100	893	97	-	11.9	11.9
	14	0	14	19.6	4653	4635	114	864	94	-	11.9	11.9
	10	0	10	20.3	4534	4507	95	868	94	-	10.7	10.7
	6	0	6	20.8	4357	4323	86	856	93	-	9.3	9.3

表4 収益性の試算（十勝農試）

栽植密度	窒素施肥	上いも収量 (kg/10a)	でん粉価 (%)	でん粉収量 (kg/10a)	粗収入 (a)	種いも代 (b)	肥料代 (c)	a-b-c	対照区との差
標準	基肥+開花期4(対照区)	4507	18.9	803	121109	15554	21644	83911	0
	基肥(+4)	4796	18.5	840	127638	15554	21644	90441	6530
	基肥	4566	18.9	818	123077	15554	20244	87279	3368
	基肥(-4)	4411	19.2	800	119696	15554	18844	85299	1388
疎植	基肥+開花期4	4689	18.7	830	125551	12964	21644	90943	7032
	基肥(+4)	4556	18.7	805	121853	12964	21644	87245	3334
	基肥	4228	19.1	765	114560	12964	20244	81352	-2559
	基肥(-4)	4043	19.8	757	111610	12964	18844	79802	-4109

※販売価格：75円/kg(でん粉)、数量払：13,560円(でん粉価19.7%±0.1%ごとに±64円)/t(上いも)。

※種いも代は、種いも単価：70円/kg、種いも重50g/株により算出。標準：4,444株/10a、疎植：3,704株/10a。

※肥料代は、基肥(N10kgと仮定)：馬鈴薯BBS883-1(8-18-13) 3239円/20kg、開花期4：硫安1400円/20kgにより算出。

なお、基肥の窒素増減分は硫安相当とした。

表5 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 (kg/10a)	窒素吸収量(kg/10a)			
	基肥	開花期 追肥	合計						比	茎葉	塊茎	合計
標準	8	4	12	19.2	4072	4042	81	738	100	1.3	12.3	13.5
	12	0	12	19.7	4068	4016	76	752	102	1.0	12.2	13.3
	8	0	8	19.6	3808	3775	75	703	95	1.6	11.0	12.6
	4	0	4	19.8	3811	3770	84	710	96	1.2	11.1	12.3
疎植	8	4	12	19.1	3921	3882	89	705	96	2.4	12.0	14.4
	12	0	12	19.7	4298	4269	88	797	108	2.1	13.4	15.5
	8	0	8	19.7	4413	4376	100	819	111	1.7	13.0	14.7
	4	0	4	19.5	4087	4053	88	749	102	1.5	12.1	13.6
平均 (栽植密度)	標準			19.6	3940	3901	79	726	98	1.3	11.7	12.9
	疎植			19.5	4180	4145	91	767	104	1.9	12.6	14.6
平均 (窒素施肥量)	8	4	12	19.2	3997	3962	85	721	98	1.9	12.1	14.0
	12	0	12	19.7	4183	4143	82	775	105	1.6	12.8	14.4
	8	0	8	19.6	4111	4076	88	761	103	1.6	12.0	13.6
	4	0	4	19.7	3949	3912	86	729	99	1.4	11.6	13.0

表6 収益性の試算（現地）

栽植密度	窒素施肥	上いも収量 (kg/10a)	でん粉価 (%)	でん粉収量 (kg/10a)	粗収入 (a)	種いも代 (b)	肥料代 (c)	a-b-c	対照区との差
標準	基肥+開花期4(対照区)	4292	18.5	750	114101	15554	17595	80952	0
	基肥(+4)	4258	18.6	746	113384	15554	17595	80235	-718
	基肥	4151	19.0	743	111853	15554	16195	80104	-849
	基肥(-4)	4191	18.9	747	112600	15554	14795	82251	1299
疎植	基肥+開花期4	4182	18.3	722	110455	12964	17595	79896	-1057
	基肥(+4)	4522	18.7	799	120927	12964	17595	90368	9415
	基肥	4647	18.9	832	125165	12964	16195	96006	15054
	基肥(-4)	4303	18.7	761	115190	12964	14795	87431	6478

※販売価格：75円/kg(でん粉)、数量払：13,560円(でん粉価19.7%±0.1%ごとに±64円)/t(上いも)。

※種いも代は、種いも単価：70円/kg、種いも重50g/株により算出。標準：4,444株/10a、疎植：3,704株/10a。

※肥料代は、基肥(N8kgと仮定)：馬鈴薯BBS883-1(8-18-13) 3239円/20kg、開花期4：硫安1400円/20kgにより算出。

なお、基肥の窒素増減分は硫安相当とした。

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

