

令和2年度
生産流通振興事業報告書

令和3年6月

公益社団法人

北海道農産基金協会

目 次

【 完了課題 】

- <中央農試> (A-1-1) 道央地域における馬鈴しょ育成系統の早期肥大性評価 - 1 -
- <北農研> (A-2-1) ジャガイモシストセンチュウ類を対象とした
LAMP法による簡便な診断技術の開発 - 9 -
- <北農研> (A-2-2) ジャガイモYウイルスの塊茎伝搬率の解析 - 15 -
- <北農研> (B-1-1) レジスタントスターチ高含有馬鈴しょ食品の開発 - 19 -

【 継続課題 】

- <帯広畜産大> (A-1-2) 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 - 25 -
- <北見農試> (A-1-3) 馬鈴しょ疫病圃場抵抗性系統の開発促進 - 31 -
- <北見農試> (A-1-4) 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 - 35 -
- <北見農試> (A-1-5) 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 - 41 -
- <北見農試> (A-1-6) 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 - 47 -
- <北見農試> (A-2-3) 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 - 51 -
- <北見農試> (A-2-4) 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 - 57 -

道央地域における馬鈴しょ育成系統の早期肥大性評価 (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
中央農業試験場 作物グループ

2. 研究期間 平成30年度～令和2年度

3. 研究目的

- (1) 輪作体系上、馬鈴しょは秋まき小麦の前作として極めて重要な作物である。道央（石狩、空知、後志、胆振）の馬鈴しょ生産地帯において、後志管内を中心に早生の生食用品種の作付けが約8割（平成27年）を占める。しかしながら、馬鈴しょ栽培上問題となっているジャガイモシストセンチュウについて、抵抗性を持たない早生生食用品種が多く作付けされている状況である。
- (2) 早生生食用栽培地帯において、ジャガイモシストセンチュウ抵抗性を有する優れた早生品種の開発、普及が待たれる一方、生食用以外の用途の品種の早期収穫により、同地帯における馬鈴しょの生産振興に寄与できる可能性がある。道総研北見農試では、ジャガイモシストセンチュウ抵抗性を付与したでん粉原料用、加工用の多収有望系統を育成している。前課題「馬鈴しょ育成系統の早期肥大性検定試験」において、各用途の早期収穫試験を行い、早期収穫適性*1が高い数系統を見出したが、安定して高い早期収穫適性を示す系統を選定するためには同適性を継続して評価する必要がある
- (3) このため、北見農試が育成したでん粉原料用を中心としたジャガイモシストセンチュウ抵抗性を有する多収の有望系統について、中央農試において早期収穫適性の調査を行い、北海道産馬鈴しょ及び馬鈴しょでん粉の安定供給および生産振興に資する。

4. 研究内容

(1) 早期収穫適性調査の実施

道総研北見農試育成の有望系統について、早期収穫適性を調査する。供試系統は、多収有望系統のうち枯凋期が遅い（中生～中晩生）ことが想定される数系統とし、1区10.8m²、3反復で試験を行う。供試系統・品種の収穫は、早生品種（「男爵薯」）の枯凋期および供試系統の枯凋期に行う。株当たり上いも数、平均一個重、上いも収量、でん粉価、外観・内部品質等について調査し、早期収穫適性について検討する。

5. 研究結果

(1) 平成30年度調査結果

平成30年度の供試系統を表1に示した。収穫は、早期（8月23日）と普通堀（枯凋期後 9月11日）の2時期に行った。供試系統の評価は以下の通りである。

「北育 26 号」は、早期収穫では「コナフブキ」と比較して、上いも収量は対比 91%、でん粉価も 2.6 ポイント低かったため、でん粉重は対比 80%であった。枯凋期は「コナフブキ」より 1 日早く、上いも収量は同品種並の対比 99%、でん粉価が 2.6 ポイント低かったため、でん粉重は対比 86%であった（表 2、3）。

「北系 68 号」は、早期収穫では上いも収量は対比 98%、でん粉価が 0.4 ポイント高く、でん粉重は同品種比 100%であった。枯凋期は「コナフブキ」より 5 日早く、上いも収量は対比 97%、でん粉価が 0.4 ポイント低く、でん粉重は対比 95%であった（表 2、3）。

「北系 69 号」は、早期収穫では上いも収量が「コナフブキ」対比 103%であったが、でん粉価が 1.9 ポイント低かったため、でん粉重は対比 94%であった。枯凋期は「コナフブキ」より 3 日早く、上いも収量は対比 99%、でん粉価が 2.4 ポイント低く、でん粉重は対比 87%であった（表 2、3）。

本年度の供試系統の早期収穫のでん粉重について概観すると、「北育 26 号」が「コナフブキ」より有意に低かった。「北系 68 号」は「コナフブキ」並、「北系 69 号」はやや低く、「コナフブキ」に優る系統は見出せなかった。

(2) 令和元年度調査結果

令和元年度の供試系統を表 4 に示した。収穫は、早期（8 月 19 日）と普通堀（枯凋期 9 月 20 日）の 2 時期に行った。供試系統の評価は以下の通りである。

「北系 68 号」は早期収穫では「コナヒメ」と比較して、上いも収量は対比 92%、でん粉価は 1.1 ポイント高かったため、でん粉重は対比 97%であった。枯凋期は「コナヒメ」より 5 日早く、上いも収量は対比 93%、でん粉価は 1.7 ポイント高かったため、でん粉重は対比 102%であった（表 5、6）。

「北系 72 号」は、早期収穫では上いも収量は対比 85%であったが、でん粉価が 2.0 ポイント高く、でん粉重は同品種比 95%であった。枯凋期は「コナヒメ」より 5 日遅く、上いも収量は対比 87%であったが、でん粉価が 2.6 ポイント高く、でん粉重は同品種と同等の 100%であった（表 5、6）。

でん粉重について概観すると、早期収穫では「北系 68 号」「北系 72 号」は「コナヒメ」に比べてやや低かったが、その差は有意では無かった。枯凋期収穫では、両系統ともに「コナヒメ」並であった。

(3) 令和 2 年度調査結果

令和 2 年度の供試系統を表 7 に示した。収穫は、早期堀（8 月 27 日）と普通堀（枯凋期 10 月 1 日）の 2 時期に行った。供試系統の評価は以下の通りである。

「北系 72 号」は、早期収穫では「コナヒメ」と比較して、上いも収量は対比 101%、でん粉価は 1.1 ポイント高く、でん粉重は対比 106%であった。枯凋期は「コナヒメ」より 4 日遅く、上いも収量は同品種並の対比 98%、でん粉価は 2.2 ポイント高かったため、でん粉重は対比 110%であった（表 8、9）。

「北系 75 号」は、早期収穫では上いも収量は「コナヒメ」対比 93%であったが、

でん粉価が 3.8 ポイント高かったため、でん粉重は対比 110%であった。枯凋期は「コナヒメ」より 4 日早く、上いも収量は対比 93%であったが、でん粉価が 4.6 ポイント高く、でん粉重は 117%であった（表 8、9、写真 1）。

「北系 76 号」は、上いも収量は「コナヒメ」対比 104%、でん粉価は 0.7 ポイント高く、でん粉重は対比 108%であった。枯凋期は「コナヒメ」より 2 日早く、上いも収量は対比 105%、でん粉価は 1.6 ポイント高く、でん粉重は対比 115%であった（表 8、9、写真 2）。

でん粉重について概観すると、早期収穫ではいずれもの系統も「コナヒメ」に比べて高く、有意差が認められた。枯凋期収穫においても、有意差は認められなかったが、いずれの系統も「コナヒメ」より 10%以上高かった。

(4) 3 カ年で、でん粉原料用のべ 8 系統を供試し、早期肥大性を調査した。

その結果、有望系統として「北系 75 号」および「北系 76 号」を見出した。

6. 今後期待される成果

本事業において、早期収穫適性が高い数系統を見出したが、安定して高い早期収穫適性を示す系統を選定するためには、同適性を継続して評価する必要がある。道央地域における早期肥大性評価試験は終了となるが、北海道立総合研究機構での馬鈴しょ品種開発は継続され、本事業で得られた成果についてはジャガイモシストセンチュウ抵抗性を有し早期収穫適性に優れた多収品種開発のための一助となる。

用語解説

※ 1：早期収穫適性

本来の収穫期より早期に収穫し、塊茎の肥大性、でん粉価や収量性などから評価する。本課題では、秋まき小麦の前作に適している早生品種の収穫時期に収穫し、でん粉原料用主要品種（「コナフブキ」「コナヒメ」）よりでん粉重が高い系統を早期収穫適性が優れると評価した。

< 具体的データ >

表 1 平成 30 年度の供試系統および比較品種の特性

品種 または 系統名	組合せ		供試 年数	特性	耐病性					
	母	父			ジャガイモ シスト センチュウ	疫病	塊茎 腐敗	Yモザイク		そうか 病
								PVY-O	PVY-N	
北育26号	K01034-4	K03103-2	3	中晩・PVY・低離水	強	弱	極弱	強		弱
北系68号	K04113-1	K05112-8	2	やや晩・疫病	強	強		弱	弱	
北系69号	K04113-1	K05112-8	2	晩・疫病	強	強		弱	弱	
コナブキ	トヨシロ	WB66201-10	標準	中晩生・PVY	弱	弱	中	強	強	

表 2 平成 30 年度の生育調査

品種 または 系統名	萌	開	枯	終花	終花
	芽	花	凋	期	期
	期	期	期	茎長	茎数
	月日	月日	月日	cm	本/株
北育26号	5.25	6.24	9.5	81.5	4.7
北系68号	5.26	6.29	9.1	76.0	3.6
北系69号	5.24	6.26	9.3	69.4	4.5
コナブキ	5.23	6.21	9.6	66.9	4.8

表 3 平成 30 年度の収量調査および内部品質調査（上段：早期収穫 8 月 23 日、下段：普通掘り 枯凋期 9 月 11 日）

品種 または 系統名	上 いも 数 個/株	上いも 平均 一個重 g	上 いも 収量 kg/10a	同 左 比 %	でん 粉価 %	でん 粉重 kg/10a	同 左 比 %	腐敗 イモ %	内部障害		
									中心 空洞 %	褐色 心腐 %	維管束 褐変 %
									北育26号	11.0	78
北系68号	13.5	67	4039	98	21.9	845	100	0.0	0.0	0.0	15.0
北系69号	11.7	82	4265	103	19.6	793	94	0.0	0.0	0.0	0.0
コナブキ	9.0	103	4129	100	21.5	847	100	0.0	0.0	0.0	1.7
LSD(5%)	-	-	n. s	-	-	95	-	-	-	-	-
LSD(1%)	-	-	n. s	-	-	144	-	-	-	-	-

品種 または 系統名	上 いも 数 個/株	上いも 平均 一個重 g	上 いも 収量 kg/10a	同 左 比 %	でん 粉価 %	でん 粉重 kg/10a	同 左 比 %	腐敗 イモ %	内部障害		
									中心 空洞 %	褐色 心腐 %	維管束 褐変 %
									北育26号	11.1	86
北系68号	13.3	71	4211	97	20.3	811	95	2.0	0.0	0.0	11.7
北系69号	11.5	84	4295	99	18.3	743	87	1.8	0.0	0.0	3.3
コナブキ	9.6	102	4326	100	20.7	852	100	6.1	0.0	0.0	5.0
LSD(5%)	-	-	n. s	-	-	31	-	-	-	-	-
LSD(1%)	-	-	n. s	-	-	46	-	-	-	-	-

表4 令和元年度の供試系統および比較品種の特性

品種 または 系統名	組合せ		供試 年数	特性	耐病性					
	母	父			ジャガイモ シスト センチュウ	疫病	塊茎 腐敗	Yモザイク		そうか 病
								PVY-O	PVY-N	
北系68号	K04113-1	K05112-8	3	やや晩、疫病	強	強	弱	弱		
北系72号	北系50号	K97022-24	1	晩、疫病、PVY	強	強	強	強	弱	
コナヒメ	DP01	コナフブキ	標準	中晩生、疫病	強	強	やや強	弱	弱	
コナフブキ	トヨシロ	WB66201-10	比較	中晩生、PVY	弱	弱	中	強	強	

表5 令和元年度の生育調査

品種 または 系統名	萌芽	開	枯	終花	終花
	期	花期	凋	期	期
	月日	月日	期	cm	本/株
北系68号	5.25	6.25	9.17	62.9	2.5
北系72号	5.25	6.22	9.27	47.9	3.4
コナヒメ	5.25	6.27	9.22	53.8	3.6
コナフブキ	5.23	6.21	9.24	62.3	2.8

表6 令和元年度の収量調査および内部品質調査（上段：早期収穫8月19日、下段：普通掘り 枯凋期9月20日）

品種 または 系統名	上 いも 数 個/株	上いも 平均 一個重 g	上 いも 収量 kg/10a	同 左 比 %	でん 粉価 %	でん 粉重 kg/10a	同 左 比 %	腐敗 イモ %	内部障害		
									中心 空洞 %	褐色 心腐 %	維管束 褐変 %
									北系68号	12.8	87
北系72号	11.0	94	4552	85	21.6	938	95	0.0	0.0	0.0	1.7
コナヒメ	11.6	104	5341	100	19.6	992	100	0.0	1.7	3.3	0.0
コナフブキ	10.6	111	5232	98	20.9	1040	105	0.0	0.0	0.0	0.0
LSD(5%)	-	-	556	-	-	n. s	-	-	-	-	-
LSD(1%)	-	-	n. s	-	-	n. s	-	-	-	-	-

品種 または 系統名	上 いも 数 個/株	上いも 平均 一個重 g	上 いも 収量 kg/10a	同 左 比 %	でん 粉価 %	でん 粉重 kg/10a	同 左 比 %	腐敗 イモ %	内部障害		
									中心 空洞 %	褐色 心腐 %	維管束 褐変 %
									北系68号	14.7	100
北系72号	12.3	111	6065	87	22.1	1277	100	0.0	0.0	0.0	1.7
コナヒメ	12.2	128	6933	100	19.5	1280	100	0.0	1.7	3.3	8.3
コナフブキ	10.5	131	6086	88	20.6	1194	93	0.0	0.0	10.0	5.0
LSD(5%)	-	-	n. s	-	-	n. s	-	-	-	-	-
LSD(1%)	-	-	n. s	-	-	n. s	-	-	-	-	-

表7 令和2年度の供試系統および比較品種の特性

品種 または 系統名	組合せ		供試 年数	特性	耐病性					
	母	父			ジャガイモ シスト センチュウ	疫病	塊茎 腐敗	Yモザイク		そうか 病
								PVY-O	PVY-N	
北系72号	北系50号	K97022-24	2	晩、疫病、PVY	強	強	-	強	強	中
北系75号	北系42号	KS0503M-46	1	やや晩、PVY	強	弱	-	強		-
北系76号	コナユタカ	ナツフブキ	1	晩、PVY	強	弱	-	強		-
コナヒメ	DP01	コナフブキ	標準	中晩生、疫病	強	強	やや強	弱	弱	弱
コナフブキ	トヨシロ	WB66201-10	比較	中晩生、PVY	弱	弱	中	強	強	

表8 令和2年度の生育調査

品種 または 系統名	萌	開	枯	終花	終花
	芽	花	凋	期	期
	期	期	期	茎長	茎数
	月日	月日	月日	cm	本/株
北系72号	5.28	6.26	10.1	68.6	3.6
北系75号	5.22	6.24	9.23	88.0	6.7
北系76号	5.27	7.1	9.25	96.2	3.4
コナヒメ (標準)	5.28	6.30	9.27	78.9	4.1
コナフブキ (比較)	5.25	6.23	9.28	81.2	2.8

表9 令和2年度の収量調査および内部品質調査 (上段：早期収穫8月27日、下段：普通掘り 枯凋期10月1日)

品種 または 系統名	上 いも 数 個/株	上いも 平均 一個重 g	上 いも 収量 kg/10a	同 左 比 %	でん 粉価 %	でん 粉重 kg/10a	同 左 比 %	腐敗 イモ %	内部障害		
									中心 空洞 %	褐色 心腐 %	維管束 褐変 %
									北系72号	10.6	104
北系75号	11.5	89	4532	93	25.3	1099	110	0.0	0.0	0.0	1.7
北系76号	10.7	107	5096	104	22.2	1079	108	0.0	0.0	1.7	0.0
コナヒメ	14.1	78	4877	100	21.5	999	100	0.0	0.0	15.0	0.0
コナフブキ	9.8	107	4606	94	22.5	991	99	0.0	3.3	15.0	0.0
LSD(5%)	-	-	n. s	-	-	70	-	-	-	-	-
LSD(1%)	-	-	n. s	-	-	102	-	-	-	-	-

品種 または 系統名	上 いも 数 個/株	上いも 平均 一個重 g	上 いも 収量 kg/10a	同 左 比 %	でん 粉価 %	でん 粉重 kg/10a	同 左 比 %	腐敗 イモ %	内部障害		
									中心 空洞 %	褐色 心腐 %	維管束 褐変 %
									北系72号	10.6	122
北系75号	11.8	103	5412	93	23.8	1232	117	0.0	0.0	0.0	1.7
北系76号	10.7	129	6099	105	20.8	1210	115	0.6	0.0	6.7	0.0
コナヒメ	13.3	98	5793	100	19.2	1054	100	0.0	0.0	5.0	0.0
コナフブキ	11.3	111	5576	96	21.0	1117	106	0.0	0.0	15.0	0.0
LSD(5%)	-	-	n. s	-	-	n. s	-	-	-	-	-
LSD(1%)	-	-	n. s	-	-	n. s	-	-	-	-	-



写真1 「北系 75 号」 早期収穫時（令和 2 年 8 月 27 日）



写真2 「北系 76 号」 早期収穫時（令和 2 年 8 月 27 日）



写真3 「コナヒメ」早期収穫時（令和2年8月27日）



写真4 「コナフブキ」早期収穫時（令和2年8月27日）

ジャガイモシストセンチュウ類を対象とした LAMP 法による簡便な診断技術の開発 (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 平成31（令和元）年度～令和2年度

3. 研究目的

- (1) 平成27年8月に北海道網走市の一部圃場において、馬鈴しょ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、「緊急防除」などの対策事業が行われている。また、近縁種であるジャガイモシストセンチュウ（以下、Gr）は道内で分布が拡大し続けており、種馬鈴しょ生産に大きな脅威を与えている。
- (2) これまで、分子生物学的手法を応用した Gp と Gr の迅速・高感度検出技術を開発してきたが、生産現場レベルでの実用を見込むにはさらなる簡便化および低コスト化が不可欠であった。分子生物学的手法による最も簡便な診断技術の一つである LAMP 法は、DNA 増幅反応を一定温度で行うため高価な PCR 装置を要さず、増幅結果を確認するための電気泳動も必要ないことから診断の大幅な簡便化が期待でき、現場レベルで実用可能な診断技術の開発に適した技術である。
- (3) このため、本研究では LAMP 法による Gp、Gr の特異的検出技術を開発し、その普及を図ることによって Gp、Gr 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 および Gr に特異的な LAMP プライマーの作製
LAMP 法において Gp、Gr を高精度検出できる特異的プライマーセットを開発する。なお、H30 年度生産流通振興事業の研究結果により、ミトコンドリア DNA の非コード領域が診断に有用であると判明したことから、当該領域を標的として開発を進める。
- (2) シストからの簡便かつ効果的な DNA 調製法の開発
土壌検診や植物検診において発見されるシスト（または雌成虫）1 個体から LAMP 法に供試可能な DNA を簡便かつ効果的に調製するための方法を開発する。
- (3) Gp および Gr の LAMP 診断法の普及に向けた現場実証と技術の確立
開発した LAMP 法および DNA 調製法について、植物防疫所ならびに土壌検診を実施している生産者団体等の協力を得て現場実証を行い、技術体系を確立する。また、LAMP プライマーについて特許申請を行うとともに、診断試薬メーカーからのキット販売を念頭に普及方法を検討する。

5. 研究結果（平成 31～令和 2 年度のまとめ）

（1）Gp および Gr に特異的な LAMP プライマーの作製

ミトコンドリア DNA を標的として Gp および Gr にそれぞれ特異的な LAMP プライマーを 5 セットずつ設計し、実際の DNA 増幅を検証した結果、Gp 用プライマーとして 2 セット (GPmt4_65 および GPmt4_56)、Gr 用プライマーとして 1 セット (GRmt1_74) を選抜・開発した (表 1)。

（2）シストからの簡便かつ効果的な DNA 調製法の開発

上記で開発したプライマーセットを用いて試行した結果、破砕効率の高い手動ホモジナイザーであるバイオマッシャーII (ニッピ) を用いて、シスト 1 個を破砕棒で破砕した後に水を加え、つまようじを浸して LAMP 反応液に破砕液を移すことで簡便に特異的検出することが可能であった。なお、注水はマイクロピペットで正確に測り取らずに、安価な点眼容器を用いて注水する方法で簡便化を図った。

（3）Gp および Gr の LAMP 診断法の普及に向けた現場実証と技術の確立

開発した LAMP 法および DNA 調製法について現場実証を行う予定であったが、新型コロナウイルスの発生状況に鑑みて実施を控えた。このため、技術確立に向けた知財対応および実験室内での検証を行った。

開発した Gp 特異的 LAMP プライマーセット GPmt4_56、GPmt4_65 および Gr 特異的 LAMP プライマーセット GRmt1_74 について、特許出願および審査請求を行った。このうち、GPmt4_65 および GRmt1_74 を供して、各種の市販 LAMP 試薬への適用可能性を検証した。なお、プライマーセットは 4 種のプライマー (FIP、BIP、F3、B3) から構成されており、これらを事前に混合して使用した。この混合比率について、GPmt4_65 では標準に従い FIP および BIP を 40 μ M、F3 および B3 を 5 μ M となるように混合したが、GRmt1_74 では増幅効率がやや低いため FIP および BIP を 45 μ M (F3 および B3 は 5 μ M) に変えて混合した。混合液は LAMP 反応液 25 μ l あたり 1 μ l 用いた。

Gp 5 個体群、Gr 10 個体群、その他のシストセンチュウ類 10 種のサンプル (表 2) を供試して、栄研化学の基礎試薬および蛍光・目視検出試薬 (マニュアル準拠: 反応液 25 μ l) を用いて特異性を検証したところ、GPmt4_65 は Gp のみ、GRmt1_74 は Gr のみの DNA を増幅した (図 1 および 2)。植物検診 (抜き取り目視) やカップ検診等で検出されたシストセンチュウの確認を想定し、白いメス成虫の水破砕液を DNA 粗抽出液として、つまようじを浸して DNA を移し入れる方法で簡易に LAMP 増幅可能か検証したところ (図 3)、GPmt4_65 による Gp の DNA 増幅には成功したが、GRmt1_74 による Gr の DNA 増幅は失敗した (図 4)。栄研化学の乾燥試薬を用いて同じ方法を試したところ、Gr でも DNA 増幅が見られた (図 5)。ニッポンジーンの試薬キット (LAMP MASTER for Turbidity (Visible Dye)) を用いて、上記の水破砕液 5 μ l を供して検証したところ、Gp の DNA 増幅には成功したが、Gr の DNA 増幅は失敗した。これらの検証結果より、GPmt4_65 では試薬

キットの種類にかかわらず安定した Gp の DNA 増幅結果が得られるのに対して、GRmt1_74 では DNA の抽出方法や試薬キットにより Gr の DNA 増幅結果が異なること、乾燥試薬を用いることで良好な結果が得られることが判明した。

なお、試薬メーカーとの間で製品化に向けた情報交換を実施し、ニーズや権利関係など製品化に向けた課題を確認した。

6. 今後期待される成果

今後、本成果に係る特許取得や論文公表を予定しており、本成果で示した簡便な Gp および Gr の検出・診断技術が公開され、あるいは製品として提供されることにより、植物防疫所、自治体、生産者団体等におけるより簡便かつ効率的な検診の実現を通じて、ジャガイモシストセンチュウ類の防疫対策に寄与すると期待される。

< 具体的データ >

表 1 本研究で開発した Gp 特異的および Gr 特異的 LAMP プライマーセット

セット名	プライマー名	塩基配列 (5' => 3')	使用濃度
Gp 特異的)	F3	GGTTAATTCTTCTGGTTTATCTCA	–
	B3	AACTCTCCGAAGTTGTCTT	–
	FIP	ATTCACGTCGTCTCCCCAGTAAATGGTAAGTTAAAAGGAGG	–
	BIP	ATACAAACCGATGGTTTAAAATGGCGAGTCTACCTGGGGATCA	–
Gp 特異的)	F3	TGGTTTATCTCAGAAATGGTAAG	5 μM
	B3	(GPmt4_56 B3 と同じ)	5 μM
	FIP	ATTCACGTCGTCTCCCCAGTGTAAAAGGAGGAAAGAAGAAGG	40 μM
	BIP	(GPmt4_56 BIP と同じ)	40 μM
Gr 特異的)	F3	TGGTTATGGGGCTAAGGT	5 μM
	B3	CTACTCCCCCTTCAACC	5 μM
	FIP	TGTCCTAGTTGTCTCTACTTACTCGCTAACAGAGTGAATAGGCA	45 μM
	BIP	CAGCATAATAGCGCTAGCGTACAACAAAATAAGCCAAAACCAA	45 μM

表2 供試線虫 (*Globodera* 属・*Heterodera* 属)

No.	線虫種	和名	パソタイプ	産地	状態
1	<i>G. pallida</i>	ジャガイモシロシストセンチュウ	Pa3	網走市、北海道、日本	生試料
2	"			斜里町、北海道、日本	"
3	"		Pa1	英国	ITナール浸漬
4	"		Pa2	オランダ	"
5	"		Pa3	スイス	"
6	<i>G. rostochiensis</i>	ジャガイモシストセンチュウ	Ro1	倶知安町、北海道、日本	生試料
7	"		Ro1	網走市、北海道、日本	"
8	"		Ro1	青森県、日本	ITナール浸漬
9	"		Ro1	三重県、日本	"
10	"		Ro1	長崎県、日本	"
11	"		Ro1	熊本県、日本	"
12	"		Ro1	スコットランド、英国	"
13	"		Ro2/3	オランダ	"
14	"		Ro4	"	"
15	"		Ro5	"	"
16	<i>G. ellingtonae</i>	(和名なし)		米国	生試料
17	<i>G. tabacum</i>	タバコシストセンチュウ		高知県、日本	"
18	<i>G. artemisiae</i>	ヨモギシストセンチュウ		長崎県、日本	"
19	<i>H. glycines</i>	ダイズシストセンチュウ		北海道、日本	"
20	<i>H. trifolii</i>	クローバーシストセンチュウ		北海道、日本	"
21	<i>H. schachtii</i>	デンサイシストセンチュウ		長野県、日本	"
22	<i>H. betae</i>	(和名なし)		オランダ	ITナール浸漬
23	<i>H. sojae</i>	マメシストセンチュウ		日本	死亡虫のみ
24	<i>H. elachista</i>	オカボシストセンチュウ		茨城県、日本	DNAのみ
25	<i>H. koreana</i>	タケシストセンチュウ		岩手県、日本	DNAのみ

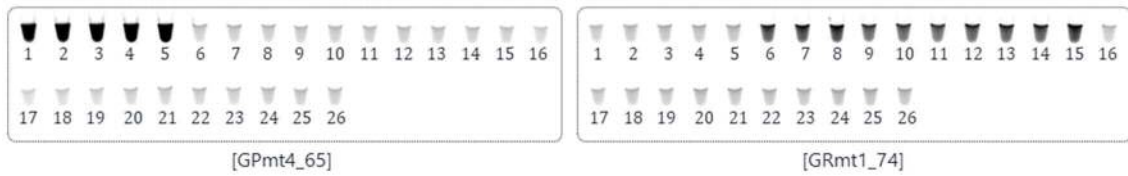


図1 幼虫1頭から抽出したDNAを用いたLAMP法の結果

番号は表2のとおり、ただし、26は鋳型DNAの代わりに水を加えた陰性対照。

Sakai et al. (2019)* に従って幼虫1頭から粗抽出DNA溶液100 μ lを作製し、LAMP反応液25 μ lあたり2 μ lのDNAを供試。63 $^{\circ}$ C・60分間+95 $^{\circ}$ C・2分間の熱処理後、UV照射。

*Nematological Research 49, 19-27.

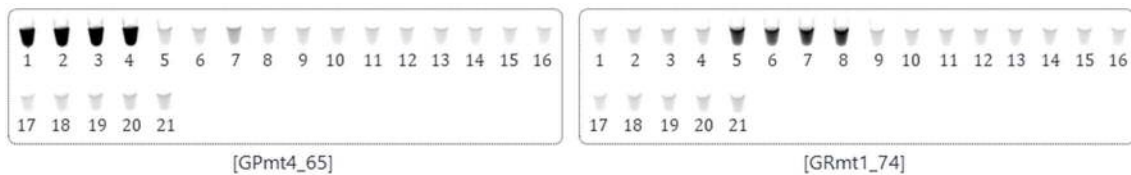


図2 シスト1個から抽出したDNAを用いたLAMP法の結果

1-4: Gp (表2のNo.1) 5-8: Gr (表2のNo.6)

9-12: *G. ellingtonae* (表2のNo.16) 13-16: タバコシストセンチュウ (表2のNo.17)

17-20: ダイズシストセンチュウ (表2のNo.16) 21: 水 (陰性対照)

図1同様、Sakai et al. (2019) に従ってシスト1個から粗抽出DNA溶液100 μ lを作製し、LAMP反応液25 μ lあたり2 μ lのDNAを供試。63 $^{\circ}$ C・60分間+95 $^{\circ}$ C・2分間の熱処理後、UV照射。

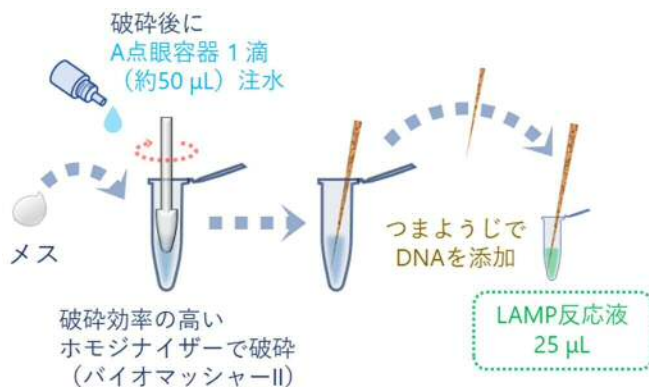


図3 メス1頭からの水破碎液作製および「つまようじ」を用いた簡易DNA添加方法



図4 メス1頭の水破碎液を鋳型DNAとして用いたLAMP法の結果

1-4 : Gp (表2のNo.1) 5-8 : Gr (表2のNo.6)

栄研化学の基礎試薬および蛍光・目視検出試薬を使用 (マニュアル準拠: 反応液 25 µl)。
63°C・60分間+95°C・2分間の熱処理後、UV照射。



図5 メス1頭の水破碎液を鋳型DNAとして用いたLAMP法の結果 (乾燥試薬使用)

1-4 : Gp (表2のNo.1) 5-8 : Gr (表2のNo.6)

栄研化学の乾燥試薬および蛍光・目視検出試薬を使用 (マニュアル準拠: 反応液 25 µl)。
63°C・60分間+95°C・2分間の熱処理後、UV照射。

ジャガイモYウイルスの塊茎伝搬率の解析

(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2年度

3. 研究目的

- (1) ジャガイモYウイルス (PVY) は、アブラムシ伝搬と塊茎伝搬の両者によって感染が拡大し、馬鈴しょの収量と品質を低下させる。馬鈴しょでん粉原料用の品種の多くは PVY 抵抗性を有するが、今後の作付面積の増加が見込まれるコナヒメやフリアは PVY 抵抗性を有していない。コナヒメは、原原種馬鈴しょの配布袋数が増加傾向にあり、平成 30 年度原原種配布実績ではでん粉原料用品種のなかで最も多い。フリアは、平成 27 年に道内で発生が確認されたジャガイモシロシストセンチュウに対する抵抗性を有していることから、重要性が高く、緊急に増殖されている。以上のことから、これまで PVY 対策に注力されていなかったでん粉原料用馬鈴しょ生産においても、今後は PVY に対する警戒の必要性が高まるものと思われる。
- (2) PVY は病原性の異なる多数の系統が存在することが知られている。2016 年から 2018 年に国内馬鈴しょほ場から収集した 107 分離株を解析した結果、塊茎えそ (NTN) 系統が優占しており、えそ (NA-N) 系統と普通(O) 系統の発生は極めて少ないことが明らかとなった。各系統の伝搬効率については、アブラムシ伝搬は NTN 系統が最も高いことが報告されているが、塊茎伝搬については NTN 系統を用いた解析がなされていない。平成 31 年度の本事業で各系統の病徴の整理を行って効果的な抜取りに資する情報を得たが、一方で生育後期における感染では茎葉部の病徴がないまま塊茎伝搬することも知られている。従って、NTN 系統も含めた塊茎伝搬率を明らかにすることは、各系統の二次感染株の発生リスクを評価するために重要である。
- (3) このため、本課題では PVY の各系統の塊茎伝搬率を明らかにし、各系統の二次感染株の発生に影響する重要な知見を得ることで、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) PVY の塊茎伝搬率の解析

熟期の異なる馬鈴しょ品種 (男爵薯、トヨシロ及びコナヒメ) と国内で分離された PVY の系統 (NTN 系統、NA-N 系統及び O 系統) を供試し、萌芽 4 週後の植物体に各ウイルスを汁液接種して、感染株を得る。萌芽 1 2 週後に感染株から塊茎を収穫し、ジベレリン処理により休眠打破を行い、植物体を栽培する。植物体の葉を試料としてリアルタイム RT-PCR 法を用いてウイルスの検出を行う。検出結果

から各系統の塊茎伝搬率を算出する。

5. 研究結果

(1) PVY の塊茎伝搬率の解析

汁液接種後、経時的に接種株の病徴を観察したところ、O 系統では 3 品種ともにえそ斑が観察され、NTN 系統と NA-N 系統では、トヨシロにおいて主として葉脈えそが観察され、男爵薯およびコナヒメにおいてはほとんど病徴を示さなかった（表 1）。男爵薯を含む一部の品種では PVY に感染しても病徴がほとんど観察されないことが知られているため、遺伝子診断法により PVY 感染を確認した。その結果、男爵薯およびコナヒメでは、NTN 系統および NA-N 系統に対して、無病徴感染していることが明らかとなった（表 2）。播種 1 2 週後に PVY の感染が確認できた株から塊茎を収穫して塊茎伝搬率を解析したところ、NTN 系統は、NA-N 系統よりわずかに高く、O 系統よりも顕著に高かった（表 3）。

しかし、コナヒメでは、PVY の系統に関わらず高い塊茎伝搬率を示した。

以上より、NTN 系統は、男爵薯とコナヒメにおける病徴は弱く、かつ、3 品種のいずれでも高い塊茎伝搬率を示すことが明らかとなった。

6. 今後期待される成果

今回実施した早期感染を想定した試験では、NTN 系統と NA-N 系統では塊茎伝搬率にほとんど差がなかった。後期感染を想定した試験における塊茎伝搬率も比較・検証することで、より栽培現場に近い条件で各系統の二次感染株の発生リスクの評価を期待できる。

今後、栽培面積が増加傾向にあるコナヒメについて、PVY の馬鈴しよの茎葉への移行速度とアブラムシ媒介率との関係を明らかにし、効果的な PVY の管理方法について検討を行う予定である。

用語解説

塊茎伝搬率：PVY 感染株から収穫した塊茎のうち、PVY の感染が確認できた塊茎の割合

< 具体的データ >

表 1 汁液接種した株で観察された病徴

試験区	品種	病徴 (接種葉 / 上位葉)		
NTN	男爵薯	-	/	-
	トヨシロ	葉脈えそ	/	モザイク, 葉脈えそ
	コナヒメ	(えそ斑)	/	-
NA-N	男爵薯	-	/	-
	トヨシロ	-	/	葉脈えそ
	コナヒメ	-	/	-
O	男爵薯	えそ斑	/	(えそ斑)
	トヨシロ	えそ斑	/	(えそ斑)
	コナヒメ	えそ斑	/	えそ斑
コントロール	男爵薯	-	/	-
	トヨシロ	-	/	-
	コナヒメ	-	/	-

※1 : () は、供試した 11 株のうち数株で見られた病徴を示した。

※2 : コントロール区は、接種源の調製に使用した緩衝液を用いて接種の操作を行った。

表 2 遺伝子診断法による無病徴感染株の確認

試験区	品種	供試株数	PVY感染株数		
			病徴観察	遺伝子診断	計
NTN	男爵薯	11	0	+8	8
	トヨシロ	11	11	+0	11
	コナヒメ	11	2	+7	9
NA-N	男爵薯	11	0	+10	10
	トヨシロ	11	9	+0	9
	コナヒメ	11	0	+8	8
O	男爵薯	11	7	+0	7
	トヨシロ	11	11	+0	11
	コナヒメ	11	11	+0	11
コントロール	男爵薯	11	0	+0	0
	トヨシロ	11	0	+0	0
	コナヒメ	11	0	+0	0

※1 : 灰色で示した試験区は無病徴感染株を含むことを示した。

※2 : コントロール区は、接種源の調製に使用した緩衝液を用いて接種の操作を行った。

表3 塊茎伝搬率の比較

試験区	品種	塊茎伝搬率
NTN	男爵薯	100.0% a
	トヨシロ	100.0% a
	コナヒメ	100.0% a
NA-N	男爵薯	88.3% a
	トヨシロ	63.2% b
	コナヒメ	97.9% a
O	男爵薯	14.3% c
	トヨシロ	0.0% d
	コナヒメ	100.0% a
コントロール	男爵薯	0.0% d
	トヨシロ	0.0% d
	コナヒメ	0.0% d

※1：統計解析は、Tukey-Kramer法（有意水準5%）で行い、異符号間には有意差があることを示した。

※2：コントロール区は、接種源の調製に使用した緩衝液を用いて接種の操作を行った。

レジスタントスターチ高含有馬鈴しょ食品の開発 (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2年度

3. 研究目的

- (1) 馬鈴しょ生でん粉は、ヒトが摂取しても消化されないレジスタントスターチ(RS、難消化性でん粉)の割合が、他の作物のでん粉に比べて格段に高い。例えば、コーンスターチのRS含量が約1%であるのに対し、馬鈴しょでん粉は約80%である。RSは食物繊維と同様に腸内細菌により利用されるため、腸内環境改善効果や生活習慣病予防などのヒトの健康に有効な成分である。
- (2) これまでの研究で、代表的なでん粉原料用馬鈴しょ品種や馬鈴しょでん粉含有食品のRS含量を評価し、品種や食品によって含量に差異が認められることを示した。また、加熱調理によりRS含量は顕著に減少するが、加熱温度やでん粉濃度を制御することによりRS含量をある程度増加できること、湿熱処理や老化処理によってRS含量をさらに高めることが可能であることを明らかにした。さらに、多数の馬鈴しょ遺伝資源の中から、RS高含有品種を選定し、糊化後でも比較的高いRS含量を示す品種を選抜した。アミロース含量等のでん粉構造とRS含量との関連性についても研究を進めてきた。
- (3) 本研究では、これまでの研究において選抜あるいは構築した、RS高含有品種およびRS含量を高める加工方法により、RS含量を高めた馬鈴しょでん粉含有食品の開発を行う。このことにより、馬鈴しょでん粉の新たな需要を喚起し、馬鈴しょでん粉の生産振興に資する。

4. 研究内容

(1) RS高含有馬鈴しょでん粉を利用した高RS食品の開発

これまでに選抜したRS高含有品種のでん粉を利用した高RS食品を開発する。この際、RS含量が高くなる条件(糊化時のでん粉濃度が高く水分含量が少ない、貯蔵中の老化がおきる等)で製造する食品を主なターゲットとする。具体的には、卵ボーロ、麺類、タピオカ等を製造する。

(2) 高RSでん粉含有食品中のRS含量評価

(1)で開発した食品のRS含量を評価する。これらの食品は、貯蔵中にRS含量が変動する(でん粉老化によりRSが高くなる)可能性もあるため、貯蔵中のRS含量の変動についても調査する。

5. 研究結果

(1) RS 高含有馬鈴しょでん粉を利用した高 RS 食品の開発

まず、今年度栽培した RS 高含有選抜品種（遺伝資源 No. 586, 532, 357, 569）および対照のでん粉原料用品種「コナフブキ」から採取したでん粉の RS 含量を測定した。生でん粉中の RS 含量は、No. 532 を除く全ての選抜品種が「コナフブキ」より僅かに高かった（表 1）。糊化でん粉中の RS 含量は No. 357 を除く全品種で「コナフブキ」より高い傾向を示した。特に、No. 569 の RS 含量は「コナフブキ」より有意に高かった（表 1）。

次に、これらのでん粉を用いて高 RS 食品の作製を試みた。市販馬鈴しょでん粉を用いた予備試験を行い、食品中の RS 含量が高くなる食品を選定し、各食品中の馬鈴しょでん粉や他の材料の配合量、加熱条件等を決定した（表 2）。作製した食品は、材料中の水分が少ないためでん粉の糊化程度が低い「たまごボーロ」、春雨を想定したでん粉高配合の「麺（でん粉 5 割および 9 割）」、近年人気のでん粉含有食品「タピオカ」、蒸した馬鈴しょにでん粉を配合する「いも餅」、および、でん粉を配合することでもちもちした食感となる「ドーナツ」とした（表 2、写真 1）。

(2) 高 RS でん粉含有食品中の RS 含量評価

(1) で作製した食品の食品中 RS 含量、食品中非 RS 含量、食品中でん粉含量およびでん粉中 RS 含量を表 3 に示した。食品中のでん粉含量の供試 5 品種の平均は、たまごボーロは 65.9%、タピオカは 84.5%、でん粉 5 割麺は 83.6%、でん粉 9 割麺は 89.3%、いも餅は 79.4%、ドーナツは 58.4% であり、いずれの食品もでん粉を多く含んだ。食品中 RS 含量の平均は、たまごボーロは 51.6%、タピオカは 7.1%、5 割麺は 2.9%、9 割麺は 6.2%、いも餅は 7.1%、ドーナツは 2.1% であった。いずれの食品も比較的高い RS 含量を示したが、特にたまごボーロは、RS 含量が高く保持された高 RS 食品といえる。高 RS 選抜品種を用いた各食品中の RS 含量は、たまごボーロでは No. 357 が「コナフブキ」より有意に高い値を示した。タピオカでは、No. 586、No. 357、No. 569 が「コナフブキ」より有意に高かった。でん粉 5 割麺では、すべての選抜品種が「コナフブキ」より有意に高かった。でん粉 9 割麺では、No. 586 および No. 569 が「コナフブキ」より高い値を示した。以上より、高 RS 選抜品種を用いた食品は、比較的高い食品中 RS 含量を示し、特に No. 569 は加熱調理中に糊化を伴うタピオカや麺などにおいて、「コナフブキ」を用いたものよりも有意に高い RS 含量であった。

でん粉 5 割麺と 9 割麺について、冷蔵保存中の RS 含量の変動を図 1 に示した。両麺とも、冷蔵保存中に RS 含量が増加し、No. 569、No. 586 および No. 357 では保存中も「コナフブキ」よりも高い食品中 RS 含量を維持した。特に、No. 569 の 2 日保存後の RS 含量は 5 割麺で 4.2%、9 割麺で 8.8% であり、「コナフブキ」のそれぞれ 3.0% と 6.7% より有意に高かった。

以上より、RS 高含有馬鈴しょでん粉を用いることで、たまごボーロに加えて、で

ん粉を多く含むタピオカや麺などの食品中においても、RS を高含有化することができた。また、冷麺など冷蔵貯蔵して流通する食品では、でん粉の老化現象を利用することで、RS 含量をさらに高めることが可能であった。

6. 今後期待される成果

本研究において、高 RS 馬鈴しょでん粉を用いることで、馬鈴しょ食品中の RS 含量を高めることができた。しかし、高 RS 選抜品種のでん粉収量は低く、RS 含量の年次間差が認められているため、今後高 RS 馬鈴しょでん粉を利用していくためには、でん粉収量を高めた実用品種の開発や RS 含量の安定化のための栽培技術を確立する必要がある。本研究が、馬鈴しょでん粉の新たな需要創出に繋がっていけば幸いである。

< 具体的データ >

表1 高RS 選抜馬鈴しょ (R2 年度産) の生および糊化でん粉のRS 含量

遺伝資源No.	生でん粉中RS含量(%)	糊化でん粉中RS含量 (%)
586	85.2	5.4
532	83.3	5.4
357	85.4	4.7
569	85.3	7.7**
コナフブキ	84.6	5.1

糊化条件: でん粉濃度20%、糊化温度70°C、糊化時間20分

Dunnetの多重比較検定により「コナフブキ」との有意差を判定 (: $P < 0.01$, $n=3$)

表2 RS 高含有馬鈴しょでん粉を利用した食品の作製

食品	でん粉 (g)	その他材料 (g)	加熱温度、時間	備考
たまごボーロ	31	卵黄7.5g、砂糖15g	160°C、13分	
5割麺	25	中力粉25g、塩2g、水32g	茹で1.5分	
9割麺	90	強力粉12g、塩0.8g、冷水44ml	茹で10分	
タピオカ	33	砂糖12g、水30g	茹で60分	1粒0.2-0.3g
いも餅	20	茹でた馬鈴しょ123g	200°C、13分	
ドーナツ	60	薄力粉25g、砂糖10g、ベーキングパウダー2g、スキムミルク1g、サラダ油10g、卵25g、水60g、塩1.5g	170°C、2分	



写真1 RS 高含有馬鈴しょでん粉を利用した食品

たまごボーロ (左上)、いも餅 (右上)

タピオカ (左下)、でん粉麺 (中下)、ドーナツ (右下)

表3 RS高含有馬鈴しょでん粉を利用した食品のRS含量

食品	遺伝資源No.	食品中RS含量 (g/100g dw)	食品中非RS含量 (g/100g dw)	食品中でん粉含量 (g/100g dw)	でん粉中RS含量 (g/100g dw)
たまごボーロ	586	50.5	14.2	64.7	78.0
たまごボーロ	532	49.0 **	17.4	66.4	73.7
たまごボーロ	357	54.1 **	12.9	67.1	80.7
たまごボーロ	569	52.7	12.5	65.1	80.9
たまごボーロ	コナフブキ	51.6	14.7	66.3	77.8
タピオカ	586	7.3 **	76.2	83.5	8.7
タピオカ	532	6.1	78.5	84.6	7.3
タピオカ	357	7.2 **	78.4	85.5	8.4
タピオカ	569	8.5 **	78.0	86.5	9.8
タピオカ	コナフブキ	6.3	76.1	82.4	7.6
5割麺	586	3.2 **	80.2	83.4	3.8
5割麺	532	2.6 **	80.4	83.1	3.2
5割麺	357	2.9 **	81.5	84.5	3.5
5割麺	569	3.5 **	80.3	83.9	4.2
5割麺	コナフブキ	2.4	80.9	83.3	2.9
9割麺	586	6.5 **	84.2	90.7	7.2
9割麺	532	5.5	84.3	89.8	6.1
9割麺	357	6.0	82.5	88.4	6.8
9割麺	569	7.3 **	82.0	89.4	8.2
9割麺	コナフブキ	5.7	82.7	88.4	6.4
いも餅	586	7.4	71.6	79.0	9.4
いも餅	532	6.9	72.0	78.9	8.8
いも餅	357	7.2	73.1	80.3	8.9
いも餅	569	-	-	-	-
いも餅	コナフブキ	6.9	72.5	79.5	8.7
ドーナツ	586	2.1	57.5	59.6	3.5
ドーナツ	532	2.0 **	55.6	57.6	3.4
ドーナツ	357	2.2	54.9	57.1	3.9
ドーナツ	569	-	-	-	-
ドーナツ	コナフブキ	2.2	56.9	59.1	3.7

食品中RS含量について、Dunnetの多重比較検定により「コナフブキ」との有意差を判定 (**: $P < 0.01$, $n=3$)
No.569は、サンプル不足のため、いも餅とドーナツは作製なし

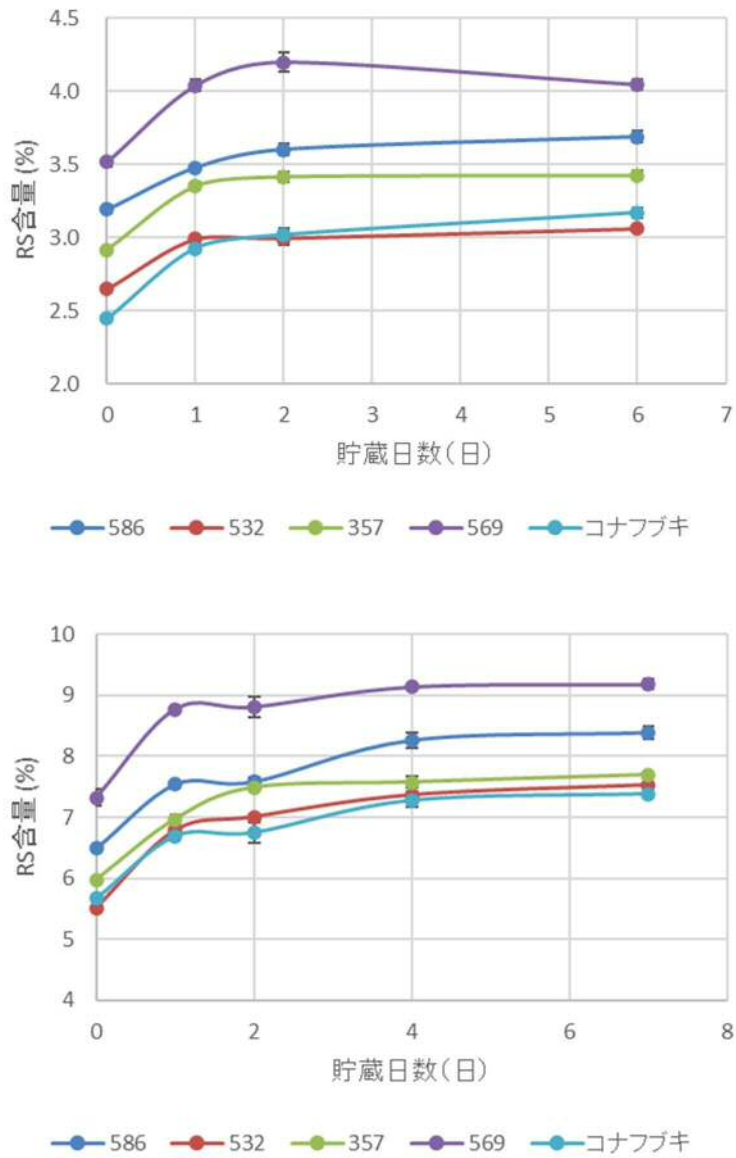


図1 でん粉5割麺（上）と9割麺（下）の貯蔵中のRS含量の変動
 麺を水中に入れ、4℃で保存

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

(継続課題)

1. 研究機関 国立大学法人 帯広畜産大学
2. 研究期間 平成31(令和元)年度～令和3年度

3. 研究目的

(1) 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(*Ryche*)、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。

(2) 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) 今後の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。

(4) 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 DNA 抽出法を含め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) 多重式系統の作出と検出方法の確立

アンデス在来品種由来の優良系統間、およびこれと優良品種とを交配し、後代で

抵抗性遺伝子を 2 コピー以上持つ個体を選抜する。そのためには、これまでのように DNA マーカーの有無を識別するのではなく、リアルタイム PCR などを用いて量的に遺伝子のコピー数を識別する必要があり、その検出システムを構築していく。

(2) 新規の高度疫病抵抗性遺伝子 *Rpi-blb3* の利用

疫病菌の多様なレースに対して強い抵抗性を持つでん粉原料用系統の作出を目指し、高でん粉含量を示すアンデス在来種由来の優良系統や既存のでん粉原料用品種（「コナフブキ」など）に新規の高度疫病抵抗性遺伝子 *Rpi-blb3* 保有系統を交配し、後代集団でマーカー選抜を行い、収量およびでん粉含量に優れ、かつ *Rpi-blb3* を持った優良系統を選抜する。

(3) 3 つの Y ウイルス抵抗性遺伝子の効率的利用と DNA マーカーの開発

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 *Ryche* のみが利用されているが、諸外国ではアンデス在来種由来の *Ryadg* やメキシコ野生種由来の *Rysto* 遺伝子を持った品種・系統が育成されている。そこで本研究では、*Rysto* については既報の DNA マーカーを用い、*Ryadg* についてはより精度の高い DNA マーカーの開発を行うことにより積極的な利用を図る。

(4) でん粉含量にかかわる遺伝子の探索

これまででん粉含量に関する遺伝子領域が候補遺伝子として報告されている。我が国の品種・系統においてもこれらの遺伝子がでん粉含量に関与することが確認されたので（未発表）、DNA マーカーの開発を行う。

また、アンデス在来種由来の高でん粉系統と既存品種（さやか）との交配で得られた 160 系統を用いてでん粉含量と DNA 多型に基づいて QTL 解析を行なう。具体的には、ゲノムに存在する 22,000 箇所の一塩基多型（SNP）の情報を用いて網羅的にでん粉含量および収量に強く関わっている主働遺伝子あるいはその領域の同定を試みる。

5. 研究結果（令和 2 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

昨年度までに高収量、高でん粉含量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、バレイショ野生種由来の高度疫病抵抗性遺伝子 *Rpi-blb3* を導入した系統を育成してきた。本年度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 1 表)。次年度はこれらを圃場に植え付け収量性、でん粉含量を調べ、優良系統を選抜する。

(2) でん粉含量に関する候補遺伝子内の SNP の同定と DNA マーカー化

これまでの 154 の品種・系統を用いた研究により、5 遺伝子内の 9 SNP が収量、比重、一個重、イモ数の形質と高く相関があることが分かった。そこで、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、SNP が及ぼす農業形質への効果を調べた。その結果 (第 2 表)、昨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 (第 1 図)。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。今後これらの DNA マーカー化を行う。

(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 QTL 領域を同定するために、本年度は PGEL 系統と既存品種 (さやか) との正逆交配で得られた 160 系統を各系統 3 株 2 反復圃場に植えて調査する予定であったが、圃場 (北海道農業研究センター) が新型コロナウイルス感染防止対策のため使用できなくなった為、急遽、帯広畜産大学温室前の圃場にて 1 系統 1 株ずつ植え付け栽培し収穫後に収量ならびに比重を測定した。その結果、158 系統の塊茎が収穫され、比重は 1.119~1.062 で推移し、平均値は 1.092 となり昨年度より若干高くなった。1 株重は 2934.0 g~11.4 g で平均値は 1082.3 g で、イモ数は 69~3 個で平均は 19.2 個であった (第 2 図 A)。また、イモ重は、さやかを母親に持つ 90 系統の方が、PGEL 系統を母親にもつ 68 系統よりも 5%水準 ($p=0.034$) で有意に高くなった。一方、イモ数で見ると有意な差は見られなかったが、PGEL 系統を母親にした系統の方が多い傾向を示した。従って、細胞質型による違いがあることが分かった (第 2 図 B)。次に、これらの 158 系統の DNA から得られた全ゲノムに存在する一塩基多型 (SNP) の情報から作られた連鎖地図 (2019 年度に作成済) とでん粉含量 (比重) との QTL 解析を行なった。その結果、2019 年同様に、5 番染色体の末端の広い範囲に QTL 領域が存在し有意な SNP が検出された (第 3 図)。それ以外の染色体上にはピークは見られなかった。来年度は系統当たりの株数と反復を増やし調査し、この QTL の効果について検証する。

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 >

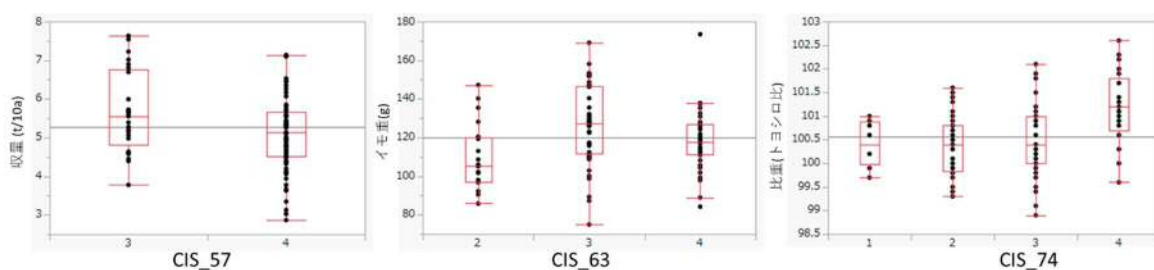
第 1 表 2020 年に選抜した 11 系統が保有する抵抗性遺伝子の種類とコピー数

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>Ryche</i> (1), <i>Rpi-blb3</i> (1), <i>R2</i> (1)
20H120-12	<i>H1</i> (1), <i>Rx1</i> (2), <i>Ryche</i> (1), <i>Rpi-blb3</i> (1), <i>R2</i> (1)
20H120-26	<i>H1</i> (1), <i>Rx1</i> (3), <i>Ryche</i> (2), <i>Rpi-blb3</i> (1), <i>R2</i> (1)
20H120-27	<i>H1</i> (1), <i>Rx1</i> (2), <i>Ryche</i> (1), <i>Rpi-blb3</i> (1), <i>R2</i> (1)
20H121-18	<i>H1</i> (2), <i>Rx1</i> (1), <i>Ryche</i> (1), <i>Rpi-blb3</i> (1), <i>R2</i> (1)
20H122-7	<i>H1</i> (1), <i>Rx1</i> (1), <i>Ryche</i> (1), <i>Rpi-blb3</i> (1), <i>R2</i> (1)
20H123-13	<i>H1</i> (1), <i>Rx1</i> (1), <i>Ryche</i> (1), <i>Rpi-blb3</i> (1), <i>R2</i> (1)
20H123-18	<i>H1</i> (2), <i>Rx1</i> (1), <i>Ryche</i> (2), <i>Rpi-blb3</i> (1), <i>R2</i> (1)
20H124-2	<i>H1</i> (1), <i>Rx1</i> (1), <i>Ryche</i> (1), <i>Rpi-blb3</i> (1), <i>R2</i> (1)
20H124-26	<i>H1</i> (1), <i>Rx1</i> (1), <i>Ryche</i> (1), <i>Rpi-blb3</i> (2), <i>R2</i> (1)
20H124-28	<i>H1</i> (1), <i>Rx1</i> (1), <i>Ryche</i> (1), <i>Rpi-blb3</i> (1), <i>R2</i> (1)

括弧内はコピー数を示す。

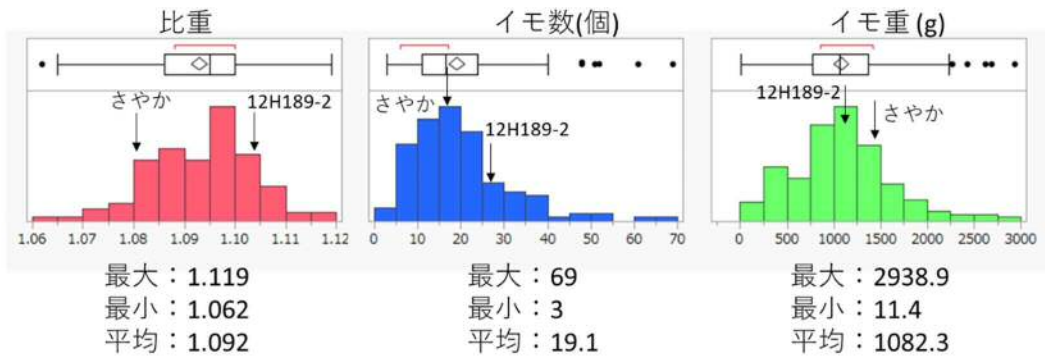
第 2 表 比重、収量および一個重に関わる SNP

	遺伝子	SNP 名	相関のある形質	p 値(Prob>F)
2020 年度	<i>Citrate synthase</i>	CIS_57	収量	0.0051
		CIS_63	一個重	0.0092
2019 年度		CIS_74	比重	0.0047

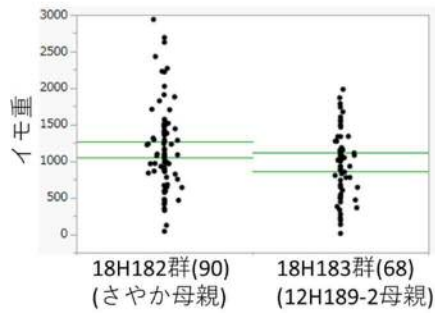


第 1 図 CIS 遺伝子が収量、イモ重、比重に及ぼす効果

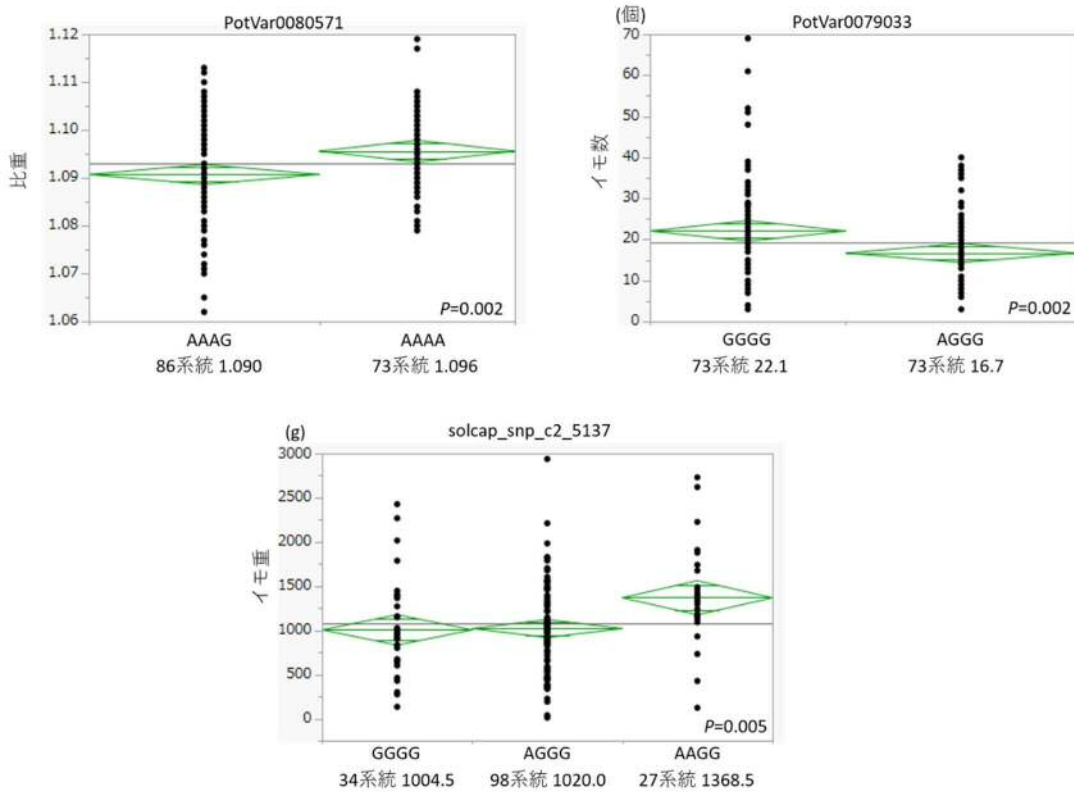
A



B



第2図 2020年度の収量調査の結果



第3図 5番染色体上に検出された収量および比重に関連するSNPとその効果
各遺伝子型を持つ系統数、およびその平均値を図下に示す。

馬鈴しょ疫病圃場抵抗性系統の開発促進 (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 馬鈴しょ牧草グループ、生産技術グループ

2. 研究期間 平成31(令和元)年度～令和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2年は、でん粉原料用9組合せ、加工用2組合せ計5,280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2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1,005個体を供試。②系統選抜試験では、未検定の材料を含む152系統、③生産力検定予備試験では11系統、④前期生産力検定世代では5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2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) 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軽々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

1,816個体を選抜し、組合せごとの選抜率は9～52%であった。最終的に1,758個体を収穫した(表1)。

(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

疫病は7月下旬に初発したが、まん延が遅かった。

①第二次個体選抜では、一般農業形質も重視した検討を行うとともに、収穫後のDNAマーカー選抜結果も踏まえ、33個体を選抜した。

②系統選抜では80系統を抵抗性と判定し、13系統を選抜した。

③生産力検定予備世代では、7系統を抵抗性と判定し、2系統を選抜した。

④前期生産力検定世代では、2系統を抵抗性と判定したが、一般農業形質や品質調査の結果から廃棄とした(表2)。

(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

疫病防除区に対する上いも重の減収程度(防除区対比)は、加工用ではスノーデンの48%に対して「北系74号」は87%、でん粉原料用ではコナフブキの51%に対して、「北系72号」が103%であり、低下程度が小さいことが示された(表3)。

交配については、でん粉原料用33組み合わせ、加工用19組み合わせで交配種子を得た。

(4) 疫病抵抗性検定試験抵抗性系統

抵抗性“強”と判定されたのは「北系72号」、「北系74号」、「北海111号」の3系統であった(表4)。

(5) 塊茎腐敗抵抗性検定試験

疫病の発生が少なかったため、極弱の基準品種「ひかる」の発病いも率が2.3%と低く、供試系統については判定不能と判断した。

6. 今後予想される成果

「北系72号」はでん粉重、「北系74号」は長期貯蔵後のチップカラーが劣ったことから試験中止としたが、疫病抵抗性母本として積極的に活用しており、収量・品質が優れる疫病圃場抵抗性系統の開発が期待される。

各世代における選抜系統を次年度試験に供試する。令和2年度試験における生産力検定予備世代では抵抗性“強”系統が得られており、次年度前期生産力検定試験に供試する。疫病抵抗性および塊茎腐敗抵抗性検定試験供試系統について、北見農試育成の「北育29号」、「北系75・76・77号」、北農研育成の「北海111・112号」は、優良品種認定に向けて次年度も試験を継続する。

<具体的データ>

表1. 実生個体選抜試験における疫病抵抗性選抜（接種検定）

試験番号	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(%)	
67	でん原	K19115	コナユキ	<u>北系72号</u>	144	55	38	55
68		K19117	コナフブキ	<u>北系72号</u>	216	32	15	27
72		K19122	<u>北育23号</u>	北系58号	336	153	46	146
77		K19135	<u>北系72号</u>	K07119-5	360	123	34	118
78		K19138	<u>北系72号</u>	K14125-12	384	49	13	41
79		K19142	<u>北系72号</u>	コナフブキ	1296	536	41	536
80		K19144	<u>北系72号</u>	北系64号	624	57	9	57
82		K19153	<u>K14134-1</u>	北系58号	1056	554	52	523
83		K19157	スノーマーチ	<u>北系72号</u>	240	54	23	54
32	加工	K19088G	<u>北系74号</u>	C04(14H119-2)	288	105	36	103
35		K19097G	KG1418-6	<u>K07059-5</u>	336	98	29	98
合計(平均)					5280	1816	(31)	1758

表2. 中期世代における疫病抵抗性検定

		供試	供試	抵抗性	選抜
		組合せ数	系統数	系統数	系統数
系統選抜	でん原	14	77	50	9
	加工	8	75	30	4
生産力予備検定	でん原	8	11	7	2
	加工	0	0	0	0
前期生産力検定	でん原	2	4	1	0
	加工	1	1	1	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 または 品種名	用途	系統	抵抗	防除区 枯凋期の (月日)	枯凋期の 差	無防除区				防除区対比(%)					
						AUDPC	枯凋 期	上いもの 平均重(g)	上いも重 (kg/10a)	でん粉 価(%)	でん粉重 (kg/10a)	1個 重	上い も重	でん 粉価	でん 粉重
北系74号	チップ	系統	強	9/19	19	159	8.31	119	5,492	14.2	-	80	87	90	-
トヨシロ	チップ		弱	9/6	33	1,458	8.04	82	3,478	13.4	-	50	58	88	-
スノーデン	チップ		弱	9/30	48	1,112	8.13	58	2,778	13.1	-	53	48	82	-
さやあかね	業務		強	9/23	22	31	9.01	94	5,016	16.4	-	84	80	98	-
北系72号	でん原	系統	強	10/6	14	82	9.22	124	5,337	21.3	1,083	119	103	99	102
コナヒメ	でん原		強	9/15	10	14	9.05	98	5,514	18.8	980	97	103	99	102
コナユタカ	でん原		弱	10/5	45	1,017	8.21	85	2,762	16.0	415	45	43	78	33
コナフブキ	でん原		弱	9/29	45	1,015	8.15	91	3,042	18.0	518	65	51	81	41

注) AUDPCは7/16~8/7における罹病小葉面積率(%)の積算値。

表4. 疫病茎葉抵抗性検定試験

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
			7.17	7.21	7.25	7.30	8.3	8.7				
男爵薯	9月5日	7月15日	3	15	35	80	98	100	8月4日	32	640	弱
トヨシロ	9月6日	7月14日	3	18	40	73	90	100	8月6日	31	664	弱
北育28号	8月28日	7月10日	15	50	75	95	100	100	7月31日	28	1293	弱
北育29号	9月8日	7月10日	8	35	50	88	100	100	8月2日	37	942	弱
北海111号	9月6日	7月25日	0	1	1	6	8	20	8月15日	22	35	強
ゆきつぶら	9月6日	7月30日	0	0	0	1	5	6	8月23日	14	4	強
さやか	9月14日	7月8日	3	8	20	60	80	95	8月9日	36	459	弱
スノーデン	9月30日	7月13日	3	6	13	35	65	80	8月19日	42	279	弱
北系73号	9月20日	7月11日	23	40	50	80	95	100	8月5日	46	1083	弱
北系74号	9月19日	7月25日	0	0	1	1	3	3	9月2日	17	11	強
北系77号	9月12日	7月9日	6	23	30	60	80	80	8月8日	35	626	弱
北海112号	9月12日	7月9日	5	35	70	88	95	100	8月5日	38	1052	弱
コナヒメ	9月15日	—	0	0	0	0	0	0	8月25日	21	0	強
花標津	9月18日	8月7日	0	0	0	0	0	1	9月7日	11	0	強
マチルダ	9月21日	7月30日	0	0	0	1	1	5	9月11日	10	16	強
さやあかね	9月23日	7月30日	0	0	0	1	1	3	8月30日	24	12	強
コナフブキ	9月29日	7月13日	3	20	40	70	85	90	8月13日	47	1014	弱
北系72号	10月6日	7月19日	1	3	3	5	5	5	9月19日	17	72	強
北系75号	9月21日	7月11日	18	45	65	73	90	98	8月9日	43	1501	弱
北系76号	9月28日	7月10日	20	35	55	88	93	98	8月8日	51	1509	弱
ホッカイコガネ	9月27日	7月12日	3	5	15	30	75	88	8月21日	37	600	弱
コナユタカ	10月5日	7月13日	8	15	30	60	73	85	9月3日	32	890	弱
北育23号	10月7日	7月30日	0	0	0	3	3	3	9月21日	16	24	強

注1) 「ゆきつぶら」「花標津」「マチルダ」「北育23号」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:~9/10、中生相当9/11~9/20、やや晩~かなり晩相当:9/21~)に分け、グループ毎に抵抗性の評価を行った。

注3) AUDPCは、早生、中生:8/3まで、晩生:8/7までの罹病面積率より算定

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

(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 馬鈴しょ牧草グループ

2. 研究期間 平成31（令和元）年度～令和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

高品質でん粉を期待する10組合せ200個体程度について、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」と同等か優れるでん粉品質の個体を選抜する。

調査項目は、離水率、平均粒径および糊化特性（糊化開始温度、最高粘度、最高粘度時温度、ブレイクダウン）。リン含量は糊化特性（最高粘度）から推定する。

(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（育成4～6年目）の世代の50組合せ150系統程度について、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を選抜する。

調査項目は、離水率、リン含量、平均粒径および糊化特性（糊化開始温度、最高粘度、最高粘度時温度、ブレイクダウン）。なお、白度とゲル物性は、育成5年目以降の40系統について調査を実施する。

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

令和2年の検定では、39組合せ239個体を供試し、同一圃場における系統選抜試験の標準・比較として供試した品種との比較を行った。離水率の供試材料平均は、「コナヒメ」、「コナユキ」より低かった（表1）。また、最高粘度は「コナユキ」より低かった。選抜した36組合せ215個体について次年度以降も調査を行い、離水率は「コナユキ」並か低く、最高粘度は「コナユキ」並～「コナフブキ」並の系統を選抜する予定である。

令和元年の検定では、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137個体を選抜した。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）が増加しており、両親とも高品質な組合せでは、片親のみ高品質な組合せと比べて、低離水率系統の出現頻度が高く、親より離水率のかなり低い系統が出現することが示された（図1）。

令和2年度の供試材料は、これまでの品質強化課題で選抜した低離水率系統である「北育26号（旧・北系59号）」を片親とした組合せが多い（表2）。分析サンプル量の制限により供試個体数が少ない組合せもあるが、離水率が低い傾向があり、あらためて品質向上に大きく貢献しうる母本であることが示された。この中にはGp抵抗性遺伝資源を用いた組合せも多く、高品質とGp抵抗性の両立にも期待したい。

（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

① 系統選抜世代について、令和2年の検定における離水率の供試系統平均は、28.2%と「コナヒメ」より低かった（表1）。糊化開始温度は「コナユキ」並、最高粘度は「コナヒメ」並である。選抜した15組合せ44系統について次年度以降も調査を行い、離水率は「コナヒメ」並か低く、最高粘度は「コナユキ」並～「コナフブキ」並の系統を選抜する予定である。令和元年の検定では、離水率は「コナユキ」より低く、リン含量は「コナユキ」並であり、品質レベルが向上していることが確認できた。これらの系統について収量性を重視し、「コナヒメ」並か優れる品質の38系統を選抜した。

② 生産力検定予備試験では、離水率は「コナユキ」並、リン含量は「コナヒメ」と「コナユキ」の中間、白度は「コナヒメ」並であった（表3）。「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は5系統であった。このうち、圃場での収量性や耐病性を考慮して4系統を選抜し、前期生産力検定試験に供試する。

③ 前期生産力検定試験では、多収の「K15117-3（北系78号）」は「コナフブキ」並のでん粉品質であった（表4）。

6. 今後予想される成果

育成初期～中期世代においてでん粉品質が優れる系統を選抜することにより、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が育成される。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。

各世代における選抜系統を次年度試験に供試する。「北系75号」、「北系76号」、「北系78号」は、優良品種認定に向けて次年度も試験を継続し、引き続き品質評価および生産力等の各種調査を行う。

< 具体的データ >

表 1. 第二次個対選抜・系統選抜試験経過

年度	試験世代	系統数	平均 粒径 (μ m)	離水 率 (%)	リン 含量 (ppm)	糊化特性		
						糊化開始 温度 (°C)	最高粘度 (BU)	
R01	個体二次	供試	177	47.3	28.3	—	64.1	876
		選抜	137	47.4	26.5	—	63.9	895
		コナヒメ		48.5	27.6	—	64.8	973
		コナフブキ		48.6	38.5	—	65.4	1,041
		コナユキ		51.2	25.9	—	63.7	849
	系統選抜	供試	85	52.4	29.5	540	63.9	851
		選抜	38	51.8	29.3	552	63.7	867
		コナヒメ		54.8	34.4	537	65.0	791
		コナフブキ		49.9	42.2	793	65.1	869
		コナユキ		51.5	36.2	541	64.6	775
R02	個体二次	供試	239	47.2	26.7	—	67.7	777
		選抜	215	47.3	26.4	—	64.6	766
	系統選抜	供試	76	47.1	28.2		64.4	829
		選抜	44	48.5	26.3		64.2	832
		コナヒメ		53.4	33.5		64.9	840
		コナフブキ		46.0	42.6		65.8	983
		コナユキ		50.5	27.3		64.2	816

注) R1の系統選抜のリン含量は、71系統を調査 (他の形質で明らかに特性が劣る系統は調査しなかった)。R2の個体二次における標準品種は欠測。R2の系統選抜におけるリン含量は調査未了。

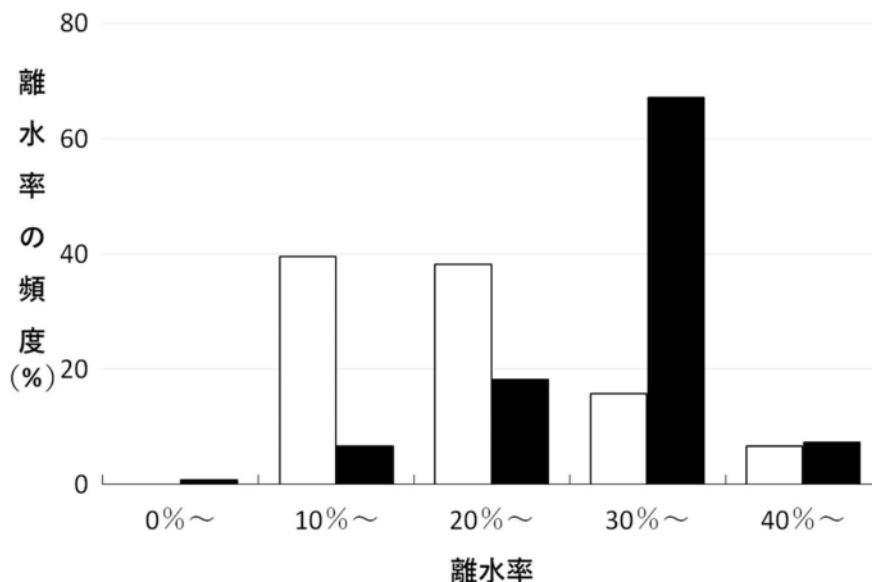


図 1. 第二次個体選抜における離水率の頻度分布 (令和元年)

□ : 「コナユキ」タイプ (低離水) 同士の組合せ (76系統)

■ : 「コナユキ」タイプと「コナフブキ」タイプ (高離水) との組合せ (137系統)

表2. 第二次個体選抜における主な交配組合せのでん粉品質特性 (令和2年度)

交配 番号	交配組合せ		供試 数	粒径 (μm)	離水率 (%)	糊化開始 温度($^{\circ}\text{C}$)	最高粘度 (BU)	同左時 温度($^{\circ}\text{C}$)	備考
	♀	♂							
K18001	北育26号	K97022-24	12	47.1	24.9	61.8	785	69.8	高品質
K18002	北育26号	K07119-5	2	39.3	22.5	64.7	803	69.4	ねらい
K18053	北育26号	Innovator	5	42.2	11.0	64.6	707	71.1	Gp抵抗性
K18059	北育26号	12601ab1	3	49.3	33.3	64.8	893	69.7	ねらい
K18066	北育26号	P55/7	6	44.1	24.3	63.9	686	70.8	
K17102	北系59号	Eden	17	45.6	8.6	63.4	809	68.9	
K17103	北系59号	(VTn)2 62-33-3	15	50.8	31.1	64.5	802	69.5	
全体平均			239	47.2	26.7	64.7	777	70.7	

注1) 供試個体全てにおいて粒径は調査。その他の項目はサンプル量の関係から未調査の個体がある。

2) 「北育26号 (旧・北系59号)」は、過年度の高品質でん粉選抜強化課題において、「コナユキ」より低離水率・低リン含量であることから選抜した系統 (母本) である。リン含量が低いことから、最高粘度も「コナヒメ」より低い特性がある。

表3. 生産力検定予備試験における選抜系統のでん粉品質特性

	白度	平均 粒径 (μm)	離水 率 (%)	リン 含量 (ppm)	糊化特性		ゲル物性		(参考)
					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)
検定系統 (25)	91.0 \pm 2.0	48.8 \pm 4.3	30.8 \pm 11.5	521 \pm 119	62.4 \pm 1.1	1,100 \pm 145	1,406 \pm 195	10.7 \pm 1.5	1,074 \pm 124
コナヒメ	91.1	51.8	41.3	555	63.5	1,040	1,066	9.4	943
コナフブキ	91.1	50.8	48.5	606	63.9	1,186	1,385	9.1	793
コナユキ	89.0	49.6	32.3	498	62.2	967	1,454	11.5	799
K16117-2	91.9	46.7	25.8	378	62.4	865	1,554	11.2	1,135
K16115-4	93.4	52.4	9.5	359	60.8	958	1,704	12.9	1,045
K16170-21	89.8	40.2	21.2	445	61.4	1,054	1,292	11.6	1,000
K16170-3	89.5	41.4	19.2	466	62.9	903	1,603	12.8	1,026

表4. 生産力検定試験における選抜系統のでん粉品質特性

品種 または 系統名	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	89.2	47.5	39.8	688	63.8	1,414	1,317	8.6	964	
コナフブキ	90.3	50.4	50.0	898	64.1	1,442	1,645	9.2	1,257	
コナユタカ	91.7	53.2	46.5	785	63.5	1,448	1,506	9.1	1,253	
アーリースターチ	90.8	51.7	44.6	796	63.4	1,785	1,414	8.1	1,214	
コナユキ	92.7	54.9	41.9	815	62.9	1,392	1,782	9.7	1,184	
北系72号	87.7	43.1	54.7	732	64.7	1,389	1,098	7.2	1,067	試験中止
北系75号	90.3	57.2	45.5	607	63.7	1,412	1,398	9.0	1,273	継続
北系76号	91.1	48.0	51.2	875	64.8	1,424	1,578	9.4	1,356	継続
K12117-32	91.1	50.0	42.3	662	65.3	1,287	1,179	7.2	1,220	次年度再供試
K15117-3	91.1	51.4	53.6	1,103	64.7	1,741	1,245	7.2	1,382	北系78号
KG1478-2	94.6	55.5	55.9	797	66.3	1,614	1,479	6.5	1,259	交配母本へ編入

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 馬鈴しょ牧草グループ、生産技術グループ

中央農業試験場 予察診断グループ

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。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。

(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。

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46組合せ662系統、加工用14組合せ241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GpaIVSadg、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

北見農試育成材料では、加工用の「北育29号」、「北系73号」、「北系77号」およびでん粉原料用の「北系75号」、「北系76号」の全5系統を供試した。北農研育成材料では、生食用の「勝系53号」、加工用の「勝系49号」、「勝系51号」および「勝系52号」を供試した。250mlのプラスチックカップに種イモを静置し、その上に卵密度を100卵/乾土gに調整した汚染土75mlを入れて密閉し、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

北見農試育成材料では、加工用の「北育29号」とでん粉原料用の「北系72号」の2系統を、北農研育成材料では、生食用の「北海111号」、「北海112号」および「勝系43号」の3系統を供試した。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-0、PVY-N）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662系統のうち、490系統がGr抵抗性、426系統がPVY抵抗性、81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309系統、Gr・Gp複合抵抗性は64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156系統の検定を行い、67系統を早生型タイプと判定した。加工用では、検定した241系統のうち、217系統がGr抵抗性、102系統がPVY抵抗性を有し、GrとPVYの複合抵抗性は94系統であった。

(2) Gr抵抗性検定

「北系73号」、「北系75号」、「北系76号」、「北系77号」、「勝系51号」、「勝系52号」および「勝系53号」については、いずれも雌成虫の着生が認められなかった（表3）。

「北育29号」および「勝系49号」では、雌成虫の着生が認められたものの、平均着生数は0.5および0.2個体で、ごくわずかであった。

一昨年度および昨年度に別課題で実施した試験結果も勘案し、累年の結果から「勝系49号」、「勝系51号」および「北育29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

「北海111号」では、PVY-0、PVY-Nのいずれも接種個体の上葉からウイルスが回収された。上葉の病徴については、無接種個体も含め葉に色ムラやえそ症状が出ていたためPVY-0を接種した場合は、病徴を十分に判断できなかった。PVY-Nを接種した場合は、れん葉、モザイクが認められた(表4)。

昨年度別課題で実施した試験結果も勘案し、累年の結果から「北海111号」のPVY抵抗性は“弱”(感受性)と判定した。

「北海112号」では、PVY-0、PVY-Nのいずれも上葉からウイルスが回収された。しかしながら、上葉の病徴については、無接種個体も含め、葉の色むらや凹凸が強く判定ができなかった(表4)。

昨年度別課題で実施した試験結果も勘案し、累年の結果から「北海112号」のPVY抵抗性は“弱”(感受性)と判定した。

「勝系43号」では、PVY-0、PVY-Nのいずれも上葉からウイルスが回収された。上葉の病徴については、PVY-0ではえそ斑、脈えそ、黄化が認められ、PVY-Nでは脈えそと黄化が認められた。

「北育29号」、「北系72号」では、PVY-0、PVY-Nのいずれも接種個体の上葉へのウイルス移行が認められなかった。

6. 今後予想される成果

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。

Gr・PVY抵抗性検定試験供試系統について、北見農試育成の「北育29号」、「北系75・76・77号」、北農研育成の「北海111・112号」、「勝系51・53号」は、優良品種認定に向けて次年度も試験を継続する。北見農試の4系統については、いずれもGr・PVY複合抵抗性が期待できる系統である。

< 具体的データ >

表 1. 令和 2 年度 DNA マーカー検定結果 (でん粉原料用)

組合せ 番号	交配組合せ		供試 数	マーカー検定(抵抗性型)					
	母	父		Gr	PVY	Gp	Gr・PVY 複合	Gr・Gp 複合	AGPsS- 10a+ (早生型)
K18101	北育26号	K97022-24	43	28	38		27		19
K18102	北育26号	K07119-5	4	2	4		2		4
K18106	北系68号	コナフブキ	8	6					
K18108	北育23号	K13175-16	8	5	1				
K18109	北育23号	K11113-1	2	2					
K18110	北育23号	K07122-7	19	14	4		2		2
K18113	北育16号	K13175-16	11	8	5		4		
K18116	北系69号	コナフブキ	15	12	4		3		
K18117	北系69号	根育38号	5	3	3		2		
K18121	K09116-9	K08112-24	6	5	5		4		
K18124	K12113-10	北系64号	5	5	3		3		
K18127	K13133-1	K07122-7	14	12	11		9		
K18129	K13134-28	コナフブキ	28	15	12		6		
K18133	K13149-14	北系64号	14	14	8		8		
K18134	K13149-14	K00051-2	2	2	1		1		
K18135	K13175-19	コナユタカ	1	1					
K18136	K13175-19	コナフブキ	23	19	13		10		
K18137	K13175-19	KS0403M-12	5	5	1		1		
K18139	北系63号	K13175-16	17	15	10		10		
K18140	北系63号	K03104-10	9	8	7		6		
K18142	KB12183-1	根育38号	5	4	1		1		
K18143	KB12183-1	KS0905-7	4	2	3		2		
K18145	コナユタカ	Eden	39	36	15	25	13	23	
K18147	北系63号	Eden	36	30	18	25	15	21	
K18152	K09116-9	Eden	6	5	6		5		
K17102	北系59号	Eden	45	34	44	27	33	17	
K17103	北系59号	(VTn)2 62-33-3	62	47	57		42		21
K18153	北育26号	Innovator	6	5	6	3	5	3	
K18156	K09119-9	Innovator	26	9	11	1	3		
K18157	コナユタカ	1260lab1	44	36	22		19		
K18159	北育26号	1260lab1	4	3	4		3		
K18161	北系63号	1260lab1	20	15	13		9		
K18162	北系45号	1260lab1	23	14	18		10		19
K18165	K09132-22	1260lab1	3	3	3		3		
K18166	北育26号	P55/7	7	6	7		6		2
K18170	W553-4	KS0403M-12	3	0	2				
K18172G	K13133-1	14H161-3S(C12)	8	7	6		5		
K18173G	K09119-9	KG1468-5	5	3	4		2		
K18174G	K09119-9	KG1467-1	13	6	11		5		
K18175G	K09119-9	KG1465-2	9	4	7		4		
K18176G	コナユタカ	12H201-2(A28)	16	15	10		9		
K18177G	コナユタカ	14H143-2(C11)	3	2					
K18179G	コナユタカ	15H67-2(D08)	11	10	8		7		
K18180G	コナユタカ	15H71-1S(D10)	4	4	3		3		
K18195G	K09119-9	12H187-2(A19)	10	5	8		3		
K18196G	K09119-9	12H201-2(A28)	11	4	9		4		
合計(46組合せ)			662	490	426	81	309	64	67

表2. 令和2年度DNAマーカー検定結果(加工用)

組合せ 番号	交配組合せ		供試 数	マーカー検定(抵抗性型)		
	母	父		Gr	PVY	Gr・ PVY
K18001H	北系57号	H02142-2	40	37	24	22
K18002H	北系57号	H02097-7	61	57	42	39
K18003H	北系57号	89233-17	38	35		
K18004H	北系71号	H02142-2	6	5		
K18005H	北系71号	H02097-7	21	16		
K18006H	北系71号	89233-17	9	8		
K18007H	K12029-2	H02142-2	10	10	5	5
K18008H	K12029-2	89233-17	9	9	5	5
K18079G	北系70号	14H141-1S(C10)	3	2	0	0
K18083G	北系70号	16H53-2(E04)	8	7	7	6
K18092G	北系70号	16H115-1(E37)	11	11	8	8
K18093G	北系70号	16H115-2(E38)	5	4	0	0
K18066	北育23号	北系67号	7	4	4	2
K18067	北育23号	K13034-23	13	12	7	7
加工用合計(34組合せ)			241	217	102	94

表3. 接種によるGr抵抗性検定試験成績

品種・ 系統名	雌成虫(シスト)着生数						平均	判定	
	①	②	③	④	⑤	⑥		単年	累年
勝系49号	0	0	0	1	0	0	0.2	抵抗性	抵抗性
勝系51号	0	0	0	0	0	0	0	抵抗性	抵抗性
勝系52号	0	0	0	0	0	0	0	抵抗性	
勝系53号	0	0	0	0	0	0	0	抵抗性	
北育29号	0	0	1	1	0	1	0.5	抵抗性	抵抗性
北系73号	0	0	0	0	0	0	0	抵抗性	
北系75号	0	0	0	0	0	0	0	抵抗性	
北系76号	0	0	0	0	0	0	0	抵抗性	
北系77号	0	0	0	0	0	0	0	抵抗性	
男爵薯	167	203	264	258	250	164	218	感受性	
とうや	0	0	0	0	0	0	0	抵抗性	
トヨシロ	217	344	287	248	270	194	260	感受性	
ムサマル	0	0	0	0	0	0	0	抵抗性	
コナヒメ	0	0	0	0	0	0	0	抵抗性	
コナフブキ	114	186	145	124	146	185	150	感受性	

注1) 平均雌成虫着生数が1個未満の場合を抵抗性と判定した。

表4 PVY抵抗性検定試験成績

PVY		接種葉		上葉			判定	
接種系統	品種系統名	感染率(%)	病徴 ¹⁾	ウイルス上葉移行率(%)	病徴	ウイルス回収	単年	累年
PVY-O	北海111号	33 (4/12)	Y	80 (4/5)	不明 ²⁾	+	感受性	感受性
	北海112号	100 (12/12)	LL,VN,Y	58 (7/12)	不明 ³⁾	+	感受性	感受性
	勝系43号	100 (12/12)	LL,VN,Y	59 (8/9)	NS,VN,Y	+	感受性	
	北育29号	100 (12/12)	LL,VN,Cr,Y	0 (0/12)	-	-	抵抗性	
	北系72号	25 (3/12)	LL,(M),Y	0 (0/12)	-	-	抵抗性	
	男爵薯	100 (12/12)	LL,Y,M,VN	92 (11/12)	M,Cr,NS	+	感受性	
	農林1号	100 (12/12)	LL,VN,Y,N	58 (7/12)	M,NS,VN,St,Y	+	感受性	
	トヨシロ	92 (11/12)	LL,Y	45 (5/11)	M,Cr,NS,VN,St	+	感受性	
	コナフブキ	33 (4/12)	LL,Y,Cr,M	0 (0/12)	-	-	抵抗性	
	コナヒメ	100 (12/12)	LL,Y,Cr,M	100 (12/12)	M,Cr,NS,VN,St	+	感受性	
	コナユタカ	100 (12/12)	LL,Y	0 (0/12)	-	-	抵抗性	
PVY-N	北海111号	42 (5/12)	-	50 (4/8)	Cr,M	+	感受性	感受性
	北海112号	25 (3/12)	-	8 (1/12)	不明 ³⁾	+	感受性	感受性
	勝系43号	25 (3/12)	LL,Y	33 (3/9)	VN,Y	+	感受性	
	北育29号	0 (0/12)	-	0 (0/12)	-	-	抵抗性	
	北系72号	0 (0/12)	-	0 (0/12)	-	-	抵抗性	
	男爵薯	25 (3/12)	-	33 (3/9)	M,Cr	+	感受性	
	農林1号	42 (5/12)	-	42 (5/12)	M,NS,VN	+	感受性	
	トヨシロ	36 (4/11)	LL,VN,Y	36 (4/11)	NS,VN,St,Y,N	+	感受性	
	コナフブキ	0 (0/12)	-	0 (0/12)	-	-	抵抗性	
	コナヒメ	33 (4/12)	-	33 (4/12)	-	+	感受性	
	コナユタカ	0 (0/12)	-	0 (0/12)	-	-	抵抗性	

注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：局部病徴，NS：壊死斑，VN：脈えそ，VC：葉脈透過，Cr：れん葉，Y：黄化。

2) 無接種個体も含め、葉に色ムラやえそ症状が出ていたため、上葉の病徴判断ができなかった。

3) 無接種個体も含め、葉の色ムラや凹凸が強く上葉の病徴判断ができなかった。

4) 感染個体は病徴の有無またはエライザにより判定した。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。

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 馬鈴しょ牧草グループ

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) 早期収穫適性調査

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する。前期生産力検定世代（育成6年目。10系統程度）、北系番号および北育番号（育成7年目以降。令和2年は、「北系72号」、「北系75号」、「北系76号」の3系統）を供試する。前期生産力は2反復、北系・北育は3反復、1区11m²で実施する。収穫調査は、でん粉工場の操業開始時期である9月上旬に行う。

(2) 生育経過追跡試験

育成系統（北系番号2年目以降。令和2年は「北系72号」を供試）について、地上部生育および塊茎肥大の追跡調査を行う。調査項目は、生育期節、地上部生育（茎長、茎数）および塊茎肥大（上いも数、1個重、上いも重、でん粉価、でん粉重）。

3反復で試験を実施し、6月上旬から半月ごとに調査する。

(3) 施肥反応試験

有望育成系統（北系番号2年目以降。令和2年は「北系72号」を供試）について、開花期追肥の効果を標準品種「コナフブキ」と比較する。施肥量は、標準肥および開花期追肥（窒素4kg/10a相当を追肥）の2水準。栽植密度は、標準植と疎植の2水準。3反復、1区11m²で実施する。

(4) 主産地適応性検定試験

中期世代（北系番号2年目～北育1年目）の育成系統について、主産地であるオホーツク総合振興局管内の現地圃場（1場所＝網走市）において栽培し、生育・収量・でん粉価等を調査し、選抜の資料とする。令和2年は「北系72・75号」および比較品種（「コナヒメ」、「コナユタカ」）を供試。2反復、1区14m²程度で実施する。

5. 研究結果

(1) 早期収穫適性調査

令和2年における「北系75・76号」の早掘り時におけるでん粉重は「コナヒメ」よりかなり多収であり、前期生産力検定世代10系統の平均も「コナヒメ」比118%であった（表1）。本年は「コナヒメ」が早期枯ちょうによる低収年であったが、「コナフブキ」や「アーリースターチ」も上回っており、供試系統全般の早期肥大性向上が示された。前期生産力検定試験供試系統のうち、GrおよびPVY抵抗性である「K15117-3」に「北系78号」を付与した。

(2) 生育経過追跡試験

「北系72号」は、上いも平均重が「コナヒメ」とほぼ同等であるが、9月下旬以降に上いも重およびでん粉価が「コナヒメ」を上回り、「コナヒメ」より多収となった（図1）。また、早期肥大性は「コナヒメ」並であった。

(3) 施肥反応試験

「北系72号」は、「コナヒメ」「コナフブキ」と同様に、疎植・追肥において上いも平均重が最も重くなった。一方で追肥による増収効果は見られず、標準植の方が多収であった（図2）。

上記（1）～（3）の試験において、「北系72号」は「コナヒメ」並の早期収穫適性を有することを明らかにした。しかし、配付先の成績を含めて収量性がやや劣ることから試験中止とした。

(4) 主産地適応性検定試験

網走市では、試験全体を通じて萌芽率が低く、特に「北系72・75号」が低かった

(表2)。「北系72号」は1反復のみの参考成績としたが、「北系75号」は2反復とも収量調査は厳しいと判断し、7月中旬に今年度の試験を中止した。なお「コナヒメ」「コナフブキ」も茎数が2本前後と少なかった。

6. 今後予想される成果

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。

次年度試験について、(1)では令和2年度生産力検定予備試験における選抜系統を供試するとともに、有望系統「北系75・76・78号」を継続する。(2)～(4)の試験は、「北系75・76号」を供試する。

<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	早掘り調査(9/4収穫)						生産力検定試験結果(10/9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72号	9.7	109	4,704	20.7	927	104	10/06	97	21.5	111	中止
北系75号	11.2	105	5,233	24.0	1,204	135	9/27	98	25.2	132	継続
北系76号	10.4	122	5,633	22.4	1,205	135	9/28	118	22.4	141	継続
K15117-3	9.0	135	5,404	22.7	1,173	132	9/29	119	22.6	143	北系78号
(9系統平均)	9.6	124	5,124	22.0	1,052	118	9/26	110	22.1	129	
コナヒメ	10.0	111	4,952	19.0	891	100	9/15	(5,372)	18.9	(964)	
アーリースターチ	7.5	172	5,724	19.7	1,070	120	9/23	117	20.2	126	
コナユタカ	7.5	156	5,206	19.4	958	108	(10/05)	119	20.6	130	
コナフブキ	7.9	142	4,992	21.8	1,038	116	9/29	110	22.2	131	

注)生産力検定試験における括弧は実数。「コナユタカ」の枯ちよう期は未達の1反復を除く。

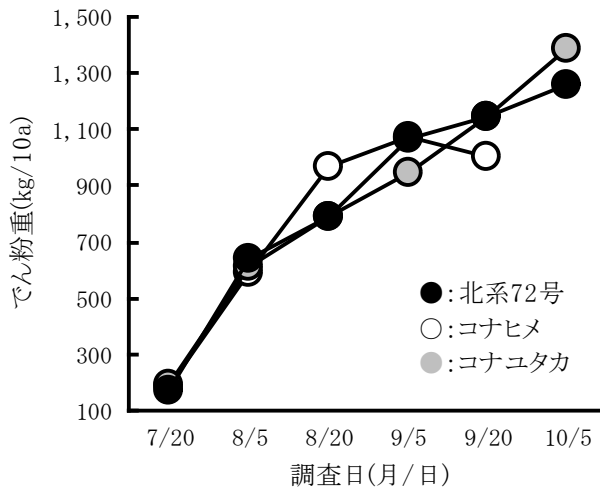


図1. 「北系72号」 のでん粉重の推移 (北見農試)

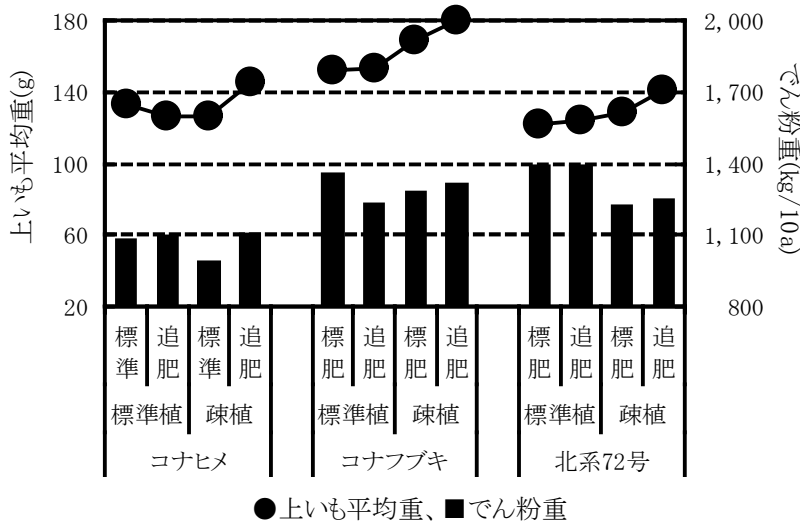


図2. 施肥量および栽植密度反応試験結果 (北見農試)

表2. 主産地適応性試験 (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 (%)	備考
北系72号	6/11	10/05	83	9.0	106	4,374	72	19.7	818	75	参考成績
コナヒメ	6/09	9/22	80	9.2	146	6,099	100	18.9	1,087	100	
コナフブキ	6/07	9/22	88	6.8	158	4,890	80	21.1	982	91	
コナユタカ	6/05	10/06	109	6.1	200	5,445	89	19.2	989	90	

注1) 畦幅×株間=73×30cm(4,566株/10a)、施肥量(kg/10a)はN:P₂O₅:K₂O=14(基肥12+追肥2):18.2:0。

2) 「北系75号」は、萌芽不良のため今年度試験を中止した。

3) 「北系72号」は、萌芽不良のため1反復のみの参考成績とした。

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 (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 生産技術グループ

2. 研究期間 平成31(令和元)年度～令和3年度

3. 研究の実施経過

- (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、この部位よりパ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、以上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) 前年度の結果からGrよりもネグサレセンチュウの関与が示唆されたことから、本年度はネグサレセンチュウが半身萎凋病の発生に及ぼす影響および品種間差について検討した。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した。

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
 - 1) 目的：茎葉の黄化症状および早期枯凋の発生実態を把握し、その原因を明らかにする。
 - 2) 調査場所：オホーツク地方の生産者圃場(23圃場)

- 3) 調査品種：Gr 抵抗性品種（一部、Gr 感受性品種含む）
 - 4) 調査項目：作付け前土壌の Gr 卵密度、ネグサレセンチュウ密度およびバーティシリウム菌の微小菌核密度（4 月）、黄化程度、枯凋程度および土壌病害の発生状況、バーティシリウム菌（V 菌）の菌種構成（8 月）。
- (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
- 1) 目的：ポット試験により半身萎凋病およびネグサレセンチュウに対する品種間差を明らかにする。
 - 2) 調査場所：北見農試場内 ポット試験（1/2000a ワグネルポット）
 - 3) 供試品種：Gr 抵抗性品種「コナヒメ」「コナユタカ」「サクラフブキ」「パールスターチ」「アーリースターチ」、感受性品種「コナフブキ」
 - 4) 処理：V 菌単独接種、ネグサレセンチュウと V 菌の混合接種
 - 5) 調査項目：初発時期、発病程度、枯凋期等
- (3) 半身萎凋病の被害軽減に効果的な殺線虫剤の探索
- 1) 目的：病原菌の感染抑制に効果的な殺線虫剤を明らかにする。
 - 2) 試験場所：生産者圃場（斜里町）
 - 3) 供試品種：Gr 抵抗性品種「コナヒメ」、感受性品種「コナフブキ」
 - 4) 供試薬剤：4 剤、3 反復（「コナフブキ」は反復なし）
 - 5) 調査項目：Gr 卵密度およびネグサレセンチュウ密度（4 月、9 月）、V 菌密度（微小菌核、4 月）、発病程度（7～9 月）および収量

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
- 1) 23 圃場のうち、12 圃場で9月初旬に60%以上の枯凋率となり、早期枯凋症状が確認された。それらの圃場では半身萎凋病の発生程度が高く、高頻度で *Verticillium* 属菌が分離され、早期枯凋症状の主な要因であった（図1）。
また、早期枯凋症状が確認された圃場のうち2圃場では黒あざ病が多発していた（写真1）。
 - 2) 半身萎凋病の発病度や枯凋率には品種間差があり、「コナヒメ」作付け圃場で他品種作付け圃場と比較して発病度が高く、枯凋期が早まる傾向があった（図1）。
 - 3) ほとんどの圃場から微小菌核が分離され、高密度圃場も3割程度（23圃場中8圃場）認められた。半身萎凋症状を呈する馬鈴しょ個体からはV菌が高率に分離され、その優占菌種は *V. dahliae* であった（データ省略）。
 - 4) 植え付け前のセンチュウ類密度、微小菌核密度、品種（「コナヒメ」、 「コナユタカ」）および半身萎凋病の発病度が枯凋率に及ぼす影響を重回帰分析により解析した結果、品種および半身萎凋病による影響が大きかった（自由度修正済み

R2 乗=寄与率 77%)。すなわち、「コナヒメ」で半身萎凋病の発病度が高いほど枯凋期が早まることが明らかになった(表 1)。また、半身萎凋病の発病度に及ぼす影響を同様に解析した結果、品種および植え付け前の微小菌核密度による影響が大きかった(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

1) ネグサレセンチュウが半身萎凋病に及ぼす影響をポット試験により検討した結果、「コナヒメ」の発病程度はネグサレセンチュウの有無に関わらず高かった。一方、「コナユタカ」、「アーリースターチ」、「コナフブキ」、「サクラフブキ」および「パールスターチ」は「コナヒメ」と比較して発病程度が明らかに低かった(図 2)。

2) いずれの品種もネグサレセンチュウが発病を助長している傾向があり、特に「コナフブキ」、「コナユタカ」、「サクラフブキ」および「パールスターチ」では明らかに発病を助長していた(図 2)。

3) 半身萎凋病菌単独接種の初発時期は、「コナヒメ」「コナユタカ」で 8 月 11 日、「コナフブキ」「サクラフブキ」「パールスターチ」「アーリースターチ」で 8 月 15 日であった。一方、混合接種(ネグサレ+V 菌)では「コナヒメ」「コナユタカ」で 7 月 29 日、「コナフブキ」で 7 月 31 日、「パールスターチ」「アーリースターチ」で 8 月 3 日、「サクラフブキ」で 8 月 11 日とネグサレセンチュウにより、明らかに初発時期が早まった(表 3)。

(3) 半身萎凋病の被害軽減に効果的な殺線虫剤の探索

1) 殺線虫剤処理はネグサレセンチュウに対して効果が認められたが、半身萎凋病に対して防除効果は認められなかった(表 4、表 5)。

6. 今後予想される成果

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が明らかになる。また、Gr 抵抗性品種において、これらの被害を効果的に軽減する対策が明らかとなり、でん粉原料用馬鈴しょの安定生産に資することができる。

< 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、気中塊茎が生じる。

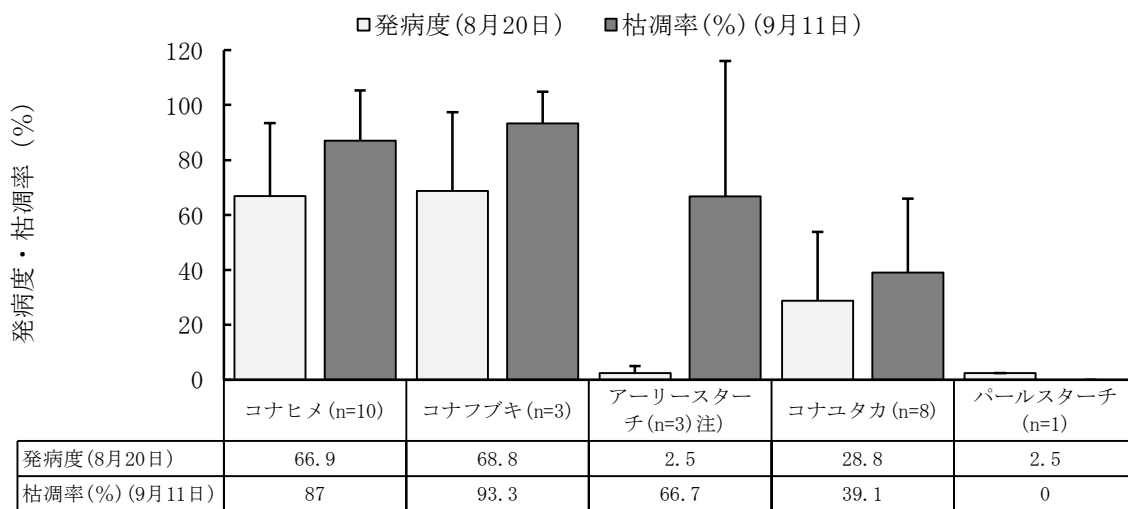


図1 実態調査における半身萎凋病の発生程度と枯凋程度

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 枯凋率(%)に及ぼす品種と半身萎凋病の発病度の影響

項	回帰係数	標準回帰係数	偏相関係数	t 値	p 値	自由度修正 済みR2乗	F 値	p 値
切片	12.012	12.012		1.903	0.076			
品種	26.923	0.422	0.612	2.994	p<0.01	0.77	29.34	p<0.01
発病度	0.697	0.584	0.731	4.147	p<0.01			

注) n=18 (「コナヒメ」:10圃場、「コナユタカ」:8圃場)

表2 半身萎凋病の発病度に及ぼす品種と微小菌核密度の影響

項	回帰係数	標準回帰係数	偏相関係数	t 値	p 値	自由度修正 済みR2乗	F 値	p 値
切片	4.897	4.897		0.755	0.462			
品種	24.873	0.465	0.637	3.200	p<0.01	0.65	16.81	p<0.01
微小菌核密度	1.839	0.620	0.741	4.272	p<0.01			

注) n=18 (「コナヒメ」:10圃場、「コナユタカ」:8圃場)

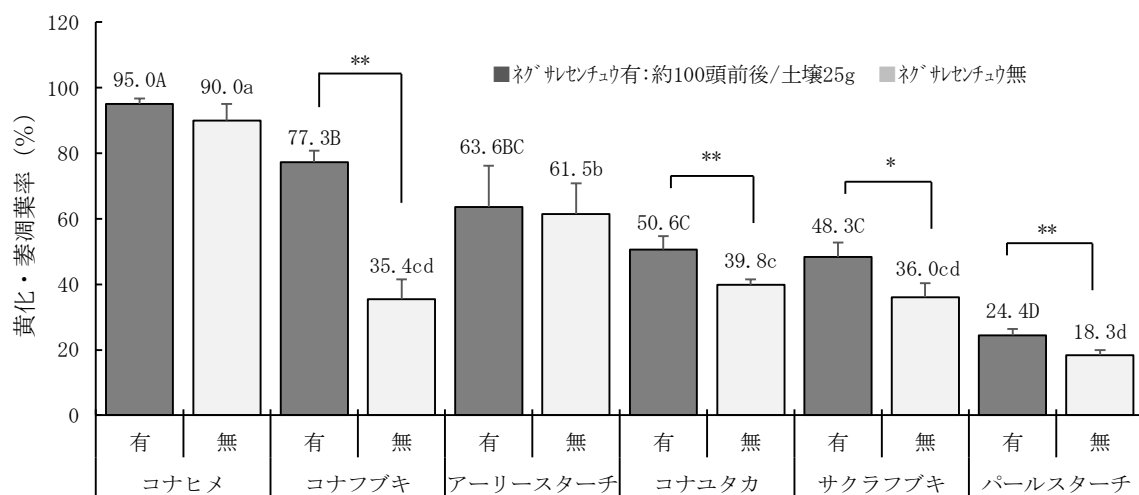


図2 半身萎凋病に対する品種間差とネグサレセンチュウが発病に及ぼす影響

注1) 1/2000a ワグネルポット試験、各処理3反復、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2) *, **: 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%水準で有意差あり

表3 ネグサレセンチュウが半身萎凋病の初発時期に及ぼす影響（2020年、ポット試験）

品種	処理	初発時期	枯凋期
コナヒメ	混合接種（ネグサレ+V菌）	7月29日	9月18日
	半身萎凋病菌（V菌）単独	8月11日	9月18日
	ネグサレ単独	—	9月29日
コナフブキ	混合接種（ネグサレ+V菌）	7月31日	9月24日
	半身萎凋病菌（V菌）単独	8月15日	9月29日
	ネグサレ単独	—	10月3日
アーリースターチ	混合接種（ネグサレ+V菌）	8月3日	9月21日
	半身萎凋病菌（V菌）単独	8月15日	9月21日
	ネグサレ単独	—	9月23日
コナユタカ	混合接種（ネグサレ+V菌）	7月29日	10月2日
	半身萎凋病菌（V菌）単独	8月11日	10月2日
	ネグサレ単独	—	10月10日
サクラフブキ	混合接種（ネグサレ+V菌）	8月11日	9月24日
	半身萎凋病菌（V菌）単独	8月15日	9月28日
	ネグサレ単独	—	9月28日
パールスターチ	混合接種（ネグサレ+V菌）	8月3日	10月1日
	半身萎凋病菌（V菌）単独	8月15日	10月4日
	ネグサレ単独	—	10月8日

注) 各品種は1/2000ワグネルポット×3反復供試、植え付け：6月17日

表4 殺線虫剤処理による半身萎凋病の防除効果（2020年、斜里町、品種「コナヒメ」）

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 (8/14) 発病度 ^{注2)}	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		
イミシアホス粒剤	28.0	29.8 (9)	0.1	0	45.8±6.3	3559.7±520.1
フルオピラム粒剤	40.0	7.5 (2)	0.2	0	45.8±16.1	3495.7±115.7
ホスチアゼート粒剤	44.7	103.5 (20)	0.1	0	45.0±6.6	3470.4±462.6
オキサミル粒剤	42.2	40.5 (8)	0	0	40.0±6.6	3171.0±272.3
無処理	40.2	456.5	0.1	0	51.7±1.4	3802.3±1263.9

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：1.23個/g乾土（低密度）、3反復の平均発病度±標準偏差

注3) 3反復の平均上いも収量±標準偏差、注4) オキサミル粒剤は30kg/10a全面土壌混和、他剤は20kg/10a全面土壌混和

表5 殺線虫剤処理による半身萎凋病の防除効果（2020年、斜里町、品種「コナフブキ」）

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 (8/20) 発病度 ^{注2)}	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		
イミシアホス粒剤	54.5	0 (0)	0.2	0	42.5	4897.2
フルオピラム粒剤	68.0	51.0 (21)	0	0.4	40.0	3998.9
ホスチアゼート粒剤	47.5	16.5 (10)	0.3	0	37.5	4729.4
オキサミル粒剤	68.5	35.5 (15)	0	0	42.5	4388.5
無処理	103.0	360.0	0	10.2	40.0	3998.9

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：1.23個/g乾土（低密度）、反復無し、注3) 反復無し

注4) オキサミル粒剤は30kg/10a全面土壌混和、他剤は20kg/10a全面土壌混和

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 生産技術グループ
十勝農業試験場 生産技術グループ

2. 研究期間 令和2年度～令和4年度

3. 研究の実施経過

- (1) 馬鈴しょに寄生するアブラムシ類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1)。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) 従来は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崔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、ばれいしょの防除法の一つとして「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、土壌中で薬剤が浸透移行して効果を発揮するので、茎葉散布のような付着ムラが小さく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。このようなことが期待できる技術ではあるが、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、このような害虫に対して馬鈴しょ生産現場でのインファロー散布の防除効果試験を実施する。

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、植付後日数毎の生存虫数調査、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

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

- 1) 十勝農試において、馬鈴薯のアブラムシ類に対する薬効評価手法を検討した結果、放虫調査(従来接種)とリーフゲージ調査ではほぼ同様の結果が得られた(図1)。またリーフゲージ調査を行う場合、調査規模は区当たり4カ所調査×3反復、調査日は放虫4~7日後が適切であると考えられた。
- 2) 十勝農試において、ジャガイモヒゲナガアブラムシに対する各薬剤の処理方法を放虫6,7日後のリーフゲージ調査(区当たり4カ所調査×3反復)で評価した結果、無処理比の生存率(密度指数)が15以下となった処理区はチアメトキサム水溶剤のインファロー処理(処理50日後以上)、チアメトキサム粒剤の植溝土壌混和处理(処理50日後以上)、ダイシストン粒剤の植溝土壌混和处理(処理50日後以上)、アセフェート粒剤の植溝土壌混和处理(処理35日後まで)だった(図2)。
- 3) 一方で、北見農試においては、十勝農試と比較して全ての薬剤において、密度指数が高くなる傾向を示した。原因を解析した結果、降水量と密度指数に高い相関があり、北見農試における降水量が多かったため、薬剤の効果が低かった可能性が考えられた(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

- 1) 北見農試において、チアメトキサム水溶剤を供試して、ナストビハムシに対する各処理方法の効果を調査した結果、茎葉散布と比較して、インファロー処理の効果が高かった。また、インファロー処理とインファロー処理+茎葉散布(1,2回)は同程度の被害抑制効果となった(表1)。
- 2) ナストビハムシが多発する現地圃場でチアメトキサム水溶剤のインファロー処理の効果を調査した結果、同剤の茎葉散布2回処理より被害抑制効果が高かった(図3)。

6. 今後予想される成果

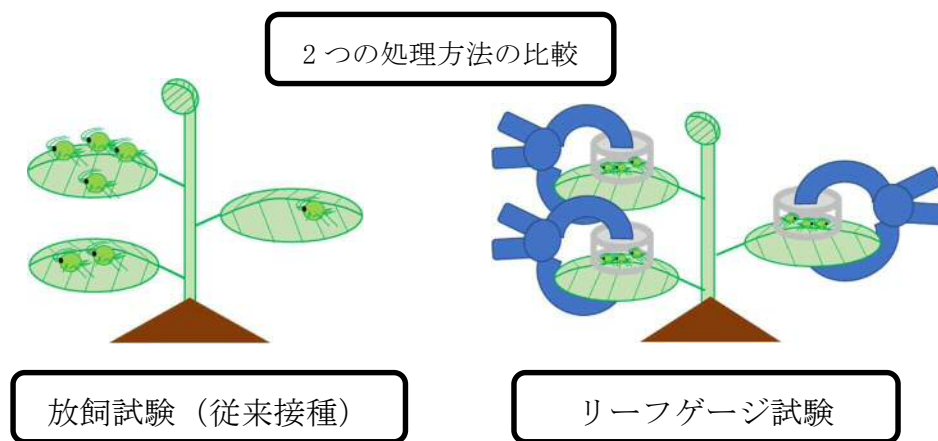
インファロー散布によるアブラムシ類に対する防除効果の持続期間および、ナス

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。

【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)



< 具体的データ >

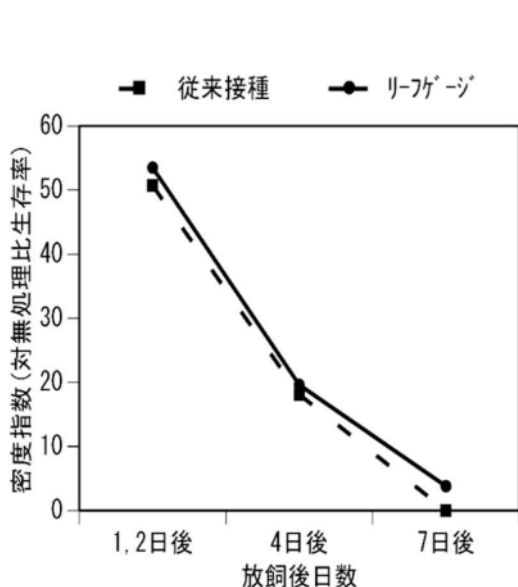


図1 チアメトキサムSGのインファロー処理(処理40日後接種)における各調査法における効果の比較 (2020年、十勝農試)

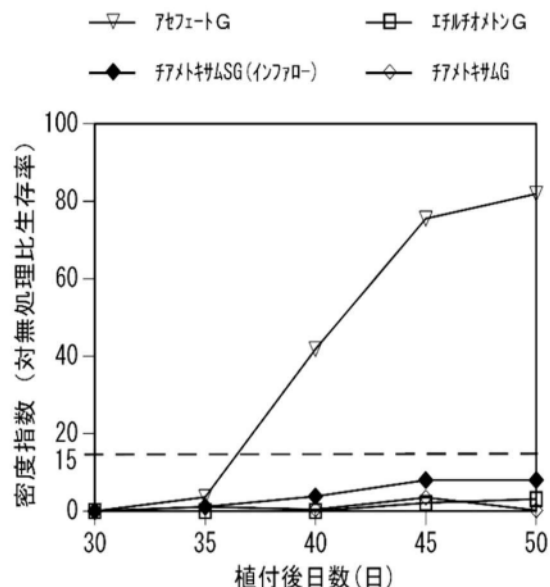


図2 リーフゲージにおける各植付後日数におけるジャガイモヒゲナガアブラムシの密度指数(放飼6, 7日後) (2020年、十勝農試)

※点線以下はアブラムシの薬剤効力判定基準のB判定以上(密度指数15以下)を示す

表1 各処理におけるナストビハムシによる被害塊茎率と防除価(2020年、北見農試)

処理方法	薬剤名	希釈倍率	処理量	処理日	被害塊茎率	被害程度	Dunnetの検定 (対照群:無処理)	防除価
インファロー	フアトキサムSG	100	20L/10a	5/13	2.7	(0.7)	$p < 0.05$	85.0
インファロー + 散布1回	フアトキサムSG	100 2000	20L/10a 120L/10a	5/13 6/19	0.7	(0.2)	$p < 0.05$	96.1
インファロー + 散布2回	フアトキサムSG	100 2000	20L/10a 120L/10a	5/13 6/11, 6/19	3.3	(0.8)	$p < 0.05$	81.7
散布2回	フアトキサムSG	2000	120L/10a	6/11, 6/19	6.7	(1.7)	$p = 0.12$	62.8
粒剤	エチルオクトンG		4kg/10a	5/13	9.3	(2.5)	$p = 0.29$	48.3
無処理					18	(5.2)	-	-

※少発生条件下での試験結果を示す

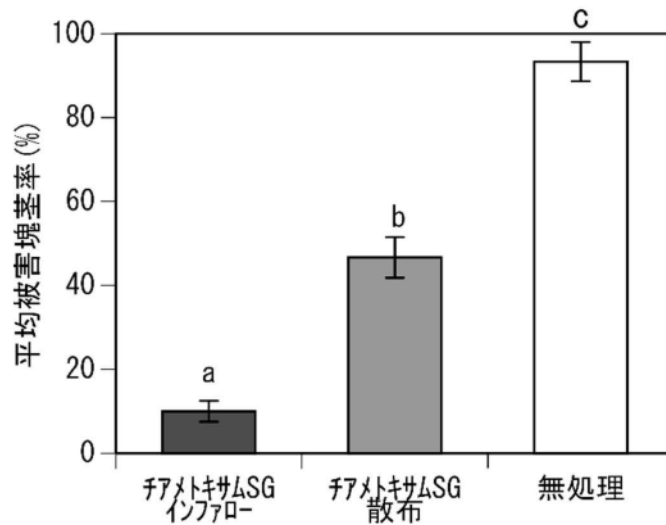


図3 各処理におけるナストビハムシによる被害塊茎率(2020年、清里現地ほ場)
(異なる文字は有意差を示す、Turkey's HSD検定, $p < 0.05$)

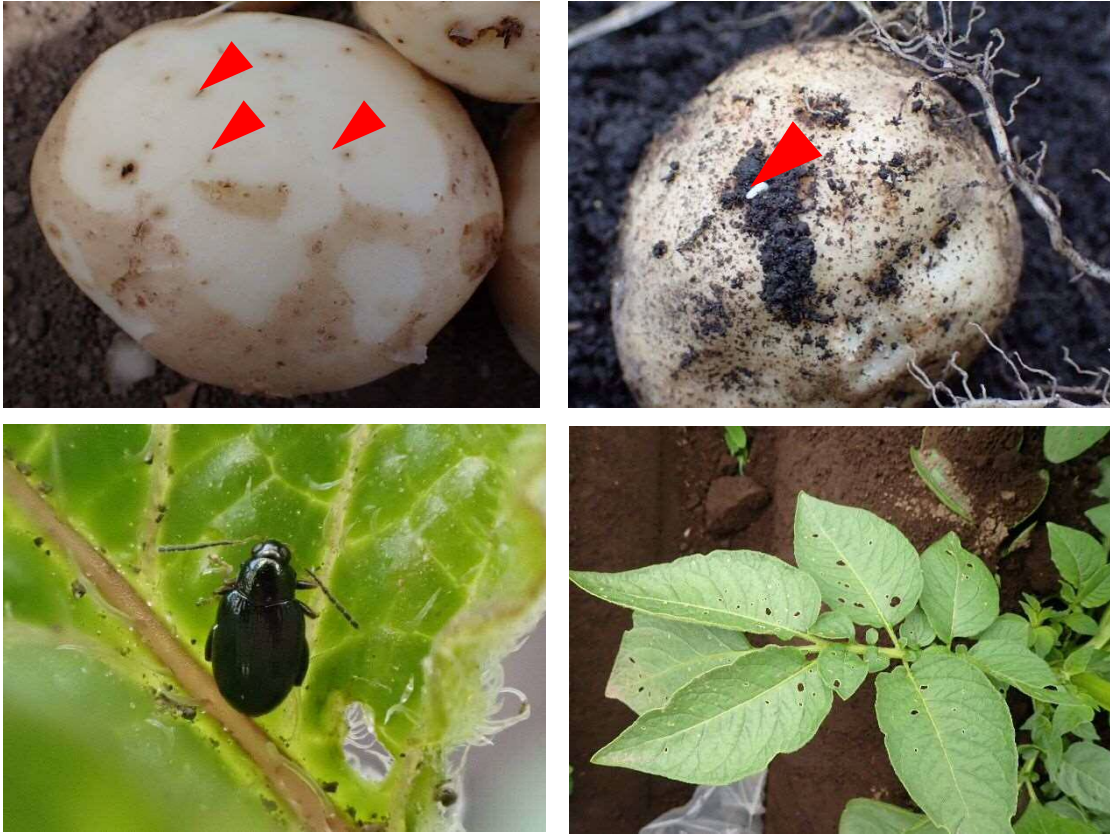


写真1 上段：ナストビハムシの幼虫と食害痕、下段：ナストビハムシの成虫と成虫による地上部の食害