

令和5年度  
生産流通振興事業報告書

令和6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	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		○	中央農試	1
	A-1-2	馬鈴しょ疫病圃場抵抗性系統の選抜強化		○	北見農試	5
	A-1-3	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		○	〃	11
	A-1-4	センチュウ類およびY ウイルス抵抗性馬鈴しょ品種の開発強化と特性検定試験		○	〃	15
	A-1-5	早期収穫適性が優れるでん粉原料用馬鈴しょ多収品種の開発促進		○	〃	21
	A-1-6	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	27
	A-1-7	でん粉特性の優れたジャガイモシロシストセンチュウ抵抗性でん粉原料用品種の開発	○		北農研センター	35
病害虫	A-2-1	日本未発生の馬鈴しょ寄生性線虫のでん粉原料用馬鈴しょ道内主要栽培品種に対する加害性の解明		○	農研機構植物防疫研究部門	41
	A-2-2	アブラムシの捕獲個体数とウイルス保毒虫の有無に基づいたジャガイモYウイルスの感染リスク評価	○		北農研センター	45
	A-2-3	馬鈴しょのエンドファイトによるジャガイモ黒あし病発病抑制効果の評価	○		北農研センター	53
	A-2-4	馬鈴しょ疫病の効率的な防除を目的とした疫病菌の動態調査と防除技術開発に関する試験研究		○	北海道大学大学院農学研究院	57
栽培技術	A-3-1	でん粉原料用ばれいしょ新品種「コナヒメ」の安定生産のための栽培法の開発	○		十勝農試	63



# 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（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 中央農業試験場

2. 研究期間 令和5年度～令和7年度

## 3. 研究目的

- (1) でん粉用馬鈴しょは安定多収が求められており、品種開発には様々な育成系統や遺伝資源の収量性を評価し、有用な交配母本を選定することが重要である。しかし、圃場での生産力試験は評価できる点数に限度があり、気候変動の影響により収量ポテンシャルを十分に評価できない年もあり、多収系統選抜の障害となっている。
- (2) 近年、ゲノム情報から収量などの特性を予測する「ゲノミック予測」が注目されており、本手法によりでん粉価やでん粉収量の予測ができれば、多くの育成系統や遺伝資源の収量性評価が可能となる。また、様々な年次の収量データを用いることにより、異なる気象条件下での収量ポテンシャル評価が可能となる。本課題では、ゲノミック予測により馬鈴しょ育成系統や遺伝資源の評価を実施し、多収系統の選抜強化や有用な交配母本の選定を行う。
- (3) 馬鈴しょの交配母本の継続的な利用にはウイルス感染の防止、除去など健全な維持管理が重要である。中央農試では馬鈴しょ遺伝資源を培養法で維持しており、必要に応じて交配に用いることが可能である。本課題では、ゲノミック予測で選定した交配母本を継続的に活用するため、培養による維持管理を行う。
- (4) 以上により、馬鈴しょ育成系統や遺伝資源の評価を実施し、多収系統の選抜強化や有用な交配母本の選定・維持を行うことで、でん粉原料用多収馬鈴しょ品種の早期開発に資する。

## 4. 研究内容

### (1) ゲノム情報の活用による有用な交配母本の選定

北見農試の育成系統（育成5年目、生産力予備試験世代）や保有する遺伝資源あわせて96点について、RAD-seq法でゲノム全体の遺伝子型（一塩基多型、SNP）を取得する。また、北見農試圃場で実施した生産力予備試験等からでん粉価やでん粉収量などの農業形質データを得て、ゲノミック予測モデルを作成する。

### (2) 交配母本の維持

これまでに培養法で維持してきた遺伝資源約300点について、継続して維持管理を行う。また、(1)で供試した育成系統や遺伝資源96点について、無菌的に茎頂を切り出し培養する。

## 5. 研究結果

### (1) ゲノム情報の活用による有用な交配母本の選定

供試した交配母本のゲノムは、ヘテロの4倍体であることから、一つのSNP

に5種類の遺伝子型が想定される。よって、同様なヘテロ倍数体作物のゲノミック予測の過去の報告例にならって、いくつかの遺伝子型モデルを想定し(表1)、予測精度の比較を行った。得られた遺伝子型データと農業形質データを用いて、GBLUPによるゲノミック予測モデルを作成した(表2)。上いも収量の予測精度は低かったが、でん粉価、でん粉収量は予測に十分な  $r=0.7\sim 0.9$  の予測精度であった。相加効果モデル(additive)と優性効果モデル(1-dom, 2-dom)を比較したところ、大きな差はなかったことから、相加効果モデルを採用することとした。予測精度が高かったでん粉収量、でん粉価、枯ちよう期の3形質について、これまでSNP解析してきた全334材料を用いてゲノミック予測を行い、有用な交配母本を10点選定した(表3)。選定した系統のでん粉収量はコナヒメ比115~123%であった。予測値が高い一方で実測値が低かった系統(K19142-5, K19144-4)については、ポテンシャル収量としては高いと考えられるため、有用な母本になり得る。

## (2) 交配母本の維持

(1)で供試した育成系統や遺伝資源96点について、無菌的に茎頂を切り出し培養した(写真1)。後者の96点についてエライザ検定を行った結果、いずれもYウイルスの感染は認められなかった。

## 6. 今後期待される成果

本課題により、馬鈴しょのゲノミック予測モデルが作成され、でん粉収量が優れた系統および交配母本を効率的に選定することが可能となるとともに、培養法を利用することで選定した系統や交配母本を健全かつ省力的に維持管理することが可能となり、でん粉原料用多収品種の早期開発が推進される。

< 具体的データ >

表 1. 想定した遺伝子型モデル

	相加効果 Additive (従来)	優性効果 1-dom -alt	優性効果 1-dom -ref	優性効果 2-dom -alt	優性効果 2-dom -ref
AAAA	0	0	0	0	0
AAAB	1	4	0	0	0
AABB	2	4	0	4	0
ABBB	3	4	0	4	4
BBBB	4	4	4	4	4

注 1) additive は、それぞれの遺伝子型が異なる効果を持ち、相加的な効果と仮定したモデル

注 2) 1-dom-alt, 1-dom-ref は 1 つ以上の変異型 (B) もしくは参照型 (A) の遺伝子型を持つと効果がでると仮定したモデル

注 3) 2-dom-alt, 2-dom-ref は 2 つ以上の変異型 (B) もしくは参照型 (A) の遺伝子型を持つと効果がでると仮定したモデル

表 2. ゲノミック予測の結果 (生予材料 n=78, 96805 SNP)

モデル	茎長	枯ちょう期	上いも数	上いも 平均重	上いも収量	でん粉価	でん粉収量
additive	0.655	0.614	0.497	0.398	<b>0.126</b>	<b>0.895</b>	<b>0.768</b>
1-dom-alt	0.668	0.622	0.471	0.383	<b>0.110</b>	<b>0.900</b>	<b>0.773</b>
1-dom-ref	0.645	0.572	0.476	0.418	<b>0.138</b>	<b>0.894</b>	<b>0.767</b>
2-dom-alt	0.623	0.604	0.478	0.376	<b>0.156</b>	<b>0.896</b>	<b>0.760</b>
2-dom-ref	0.618	0.609	0.480	0.384	<b>0.125</b>	<b>0.885</b>	<b>0.764</b>
n	78	46	78	78	78	78	78

表 3. ゲノミック予測で選定したでん粉収量上位 10 系統 (n=334, 149K SNP)

品種系統名	でん粉収量(kg/10a)		でん粉価(%)		枯ちよう期(日)	
	23実測値	23予測値	23実測値	23予測値	23実測値	23予測値
K14135-20	-	<b>997.3</b>	-	<b>20.3</b>	-	<b>122</b>
K19150-1	884.2	<b>965.6</b>	18.4	<b>20.3</b>	120	<b>121</b>
K14135-19	-	<b>959.2</b>	-	<b>20.4</b>	-	<b>121</b>
K19142-5	712.9	<b>951.7</b>	19.5	<b>21.0</b>	117	<b>124</b>
K19144-4	649.5	<b>951.5</b>	-	<b>20.5</b>	-	<b>120</b>
K19119-12	<b>1130.3</b>	<b>945.2</b>	19.9	<b>19.7</b>	124	<b>120</b>
北系81号 (北育35号)	-	<b>939.9</b>	-	<b>20.0</b>	-	<b>122</b>
K17102-209	801.4	<b>938.5</b>	19.4	<b>20.4</b>	-	<b>122</b>
K19115-3	971.3	<b>938.0</b>	20.6	<b>21.1</b>	125	<b>120</b>
K14135-12	-	<b>925.6</b>	-	<b>19.1</b>	-	<b>120</b>
コナヒメ	916.8	<b>809.6</b>	19.5	<b>18.6</b>	125	<b>117</b>

注1) 全てGBLUP additiveモデルによる予測値



写真 1. 培養した育成系統・遺伝資源の例



# 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、生育期間が長いため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5年は、でん粉原料用7組合せ、加工用3組合せ、計4,491個体を供試。疫病菌を噴霧接種し、約1週間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5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 798 個体を供試。②系統選抜試験では、61 系統、③生産力検定予備試験では 17 系統、④前期生産力検定世代では 3 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 5 年の検定材料は有望系統 1 系統。2 反復。防除区は生産力検定試験成績を使用。有望系統を交配に利用した。

(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

実生個体選抜では、4,491 個体を供試し、病斑の有無から疫病抵抗性と考えられる 2,533 個体を選抜し（選抜率は 27~88%）、最終的に 1,641 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

各世代で疫病抵抗性系統を確認し、選抜の資とした（表 2）。高温の影響により、検定圃場における疫病の蔓延が緩慢であったことから、感受性系統が抵抗性と判定されている可能性がある。選抜系統については、次年度以降も抵抗性を継続的に調査する。前期生産力検定供試材料は判定不能であった。

(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

検定圃場に疫病が蔓延しなかったことから、疫病による収量減収程度の調査を行うことができなかった（表 3）。防除区に比べて枯ちよう期は早まり、低収となったが、夏疫病が蔓延したことが要因と推測される。また、疫病抵抗性“強”の「北系 81 号」等を用いた交配を実施し、加工用で 36 組合せ、でん粉原料用で 31 組合せの交配種子を得ることができた（データ略）。

(4) 有望系統の疫病抵抗性検定試験

疫病検定圃場における初発は 8 月 13 日であった。高温の影響により、初発は例年よりもかなり遅く、早生・やや早生の品種・系統「男爵薯」「トヨシロ」は、疫病の蔓延前に枯ちようした。初発からおよそ 1 週間で疫病が検定圃場に蔓延し、ほとんどの品種・系統で初発が認められた。また、抵抗性“強”の「コナヒメ」「フリア」でも初発が認められた。

初発後も高温は続き、疫病の進展は停滞し、8 月下旬には疫病の病斑が認められなくなった。一方、夏疫病が多発したことで枯ちようが早まった。よって、疫病の罹病小葉面積率の調査および AUDPC の算出が不可能であったことから、本年の疫病

抵抗性の評価は、“判定不能”とした（表4）。

累年の疫病抵抗性は、加工用「北育29号」「北育33号」、でん粉原料用「北育32号」はいずれも“弱”である（表5）。

#### (5) 有望系統の塊茎腐敗抵抗性検定試験

8月7日にスプレッダー「コナユタカ」に疫病罹病茎葉を設置し、初発は8月13日に確認した。1週間後には試験区全体に疫病が蔓延した。しかし、その後の高温により疫病の進展は停滞し、地上部は夏疫病の発生にともない枯凋期が早まった。また、7月:101mm（平年:101mm）、8月:132mm（平年:136mm）の降水量は平年並みに経過し、9月:195mm（平年:124.5mm）は平年より多かった（図1）。スプレッダー「コナユタカ」の枯凋期は9月15日であった。

基準品種「ひかる（既存評価:極弱）」の発病いも率は3.5%と低く、他の4品種でも0~1.4%と極めて低く差が認められなかったため、本年の評価は判定不能とした（表6）。

累年の評価については表7に示した。

## 6. 今後期待される成果

継続して試験を行い、優良品種化に向けた検定を実施する。

### < 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5年）

用途	交配 番号	交配組合せ <sup>1)</sup>		接種検定数			収穫 個体数 <sup>2)</sup>
		母親	父親	供試	選抜	選抜率(%)	
でん粉	K22102	北系68号	K97022-24	690	385	56	303
	K22104	北系69号	K07119-5	388	256	66	193
	K22111	北系81号	北系72号	576	211	37	113
	K22112	北系81号	K07119-5	784	455	58	330
	K22128	K15142-5	北系72号	291	80	27	25
	K22166G	97A-77	サクラフブキ	571	504	88	264
	K22168G	北系81号	97A-77	498	312	63	207
加工	K22057	リラチップ	K17009H-K24	231	90	39	49
	K22068	北系74号	K17009H-K24	204	128	63	89
	K22070	K16045-6	K97022-24	258	112	43	68
合計				4,491	2,533	56	1,641

注1) ゴシック体は疫病抵抗性母本。

2) 塊茎が形成された個体のうち、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5年）

世代	用途	供試		抵抗性
		組合せ数	系統数	系統数
第二次個体選抜	でん粉	8	744	741
	加工	1	54	53
系統選抜	でん粉	11	61	44
	加工	0	-	-
生産力予備検定	でん粉	7	10	10
	加工	6	7	3
前期生産力検定	でん粉	1	1	-
	加工	2	2	-

注)前期生産力検定供試材料は抵抗性の判定が不能であった。

表3 有望系統の疫病無防除栽培における減収程度（令和5年）

系統名 または 品種名	疫病 抵抗性 <sup>1)</sup>	疫病 初発日 <sup>2)</sup> (月/日) <sup>3)</sup>	無防除区						防除区対比(%)			防除区
			枯ちよう期 (月/日) <sup>3)</sup>	防除区 との差	上いも 平均重(g)	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	枯ちよう期 (月/日) <sup>3)</sup>
北系81号	強	-	45	-	122	5,997	18.3	1,040	92	88	83	40
コナヒメ	強	-	9/15	13	97	5,503	17.6	911	86	89	85	9/28
コナユタカ	弱	8/18	9/26	15	148	5,828	17.6	964	95	88	81	10/11

注1)既往の評価。

2)「コナユタカ」は1反復のみ初発。

3)枯ちよう期の下線は、無防除区が10月12日、防除区が10月13日時点の枯ちよう割合(%)を示す。

表4 疫病茎葉抵抗性検定結果（令和5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 <sup>注)</sup> (月/日)	調査日別 調査日別罹病小葉面積率(%)	無防除区枯ちよう期		AUDPC	抵抗性 判定	既往の 評価
				(月/日)	防除区 との差(日)			
トヨシロ	8/29	-	病斑の進展が認められ ず、判定不能	8/17	12	-	判定不能	弱
男爵薯	8/31	-		8/14	17	-	判定不能	弱
北育29号	9/3	8/14		8/17	17	-	判定不能	
きたひめ	9/9	8/18		8/23	17	-	判定不能	弱
北育33号	9/9	8/16		8/20	20	-	判定不能	
北系83号	9/12	8/16		8/26	17	-	判定不能	
北海113号	9/16	8/14		8/28	19	-	判定不能	
北系84号	9/20	8/17		8/28	23	-	判定不能	
北育34号	9/20	8/13		8/22	29	-	判定不能	
さやあかね	-	未発病		8/28	-	-	判定不能	強
マチルダ	9/23	未発病		9/4	19	-	判定不能	強
スノーデン	9/25	8/17		8/31	25	-	判定不能	弱
コナヒメ	9/28	8/21		9/6	22	-	判定不能	強
北育32号	9/29	8/16		8/30	30	-	判定不能	
北系82号	9/29	8/18	9/7	22	-	判定不能		
フリア	10/4	8/21	9/7	27	-	判定不能	強	
北海114号	10/11	8/18	10/7	4	-	判定不能		
コナユタカ	10/11	8/14	9/26	15	-	判定不能	弱	
北系81号	未達	8/21	未達	-	-	判定不能		

表5 累年の抵抗性判定結果

用途	系統名	抵抗性判定					累年
		令和元年	令和2年	令和3年	令和4年	令和5年	
加工	北育29号	弱	弱	判定不能	弱	判定不能	弱
	北育33号	—	弱	判定不能	弱	判定不能	弱
でん粉	北育32号	弱	弱	判定不能	弱	判定不能	弱

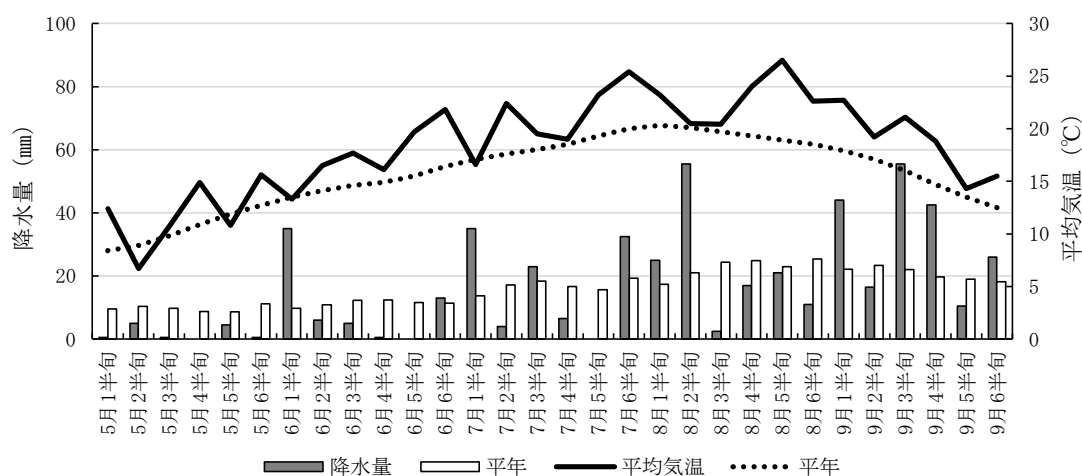


図1 2023年の降水量と平均気温（アメダス：境野）

表6 塊茎腐敗抵抗性検定結果（令和5年）

	供試品種・系統	萌芽期	枯凋期	調査 <sup>注1)</sup> いも数	発病いも 率 (%) <sup>注1)</sup>	発病いも率 (%)			判定 【既存の評価】
						反復Ⅰ	反復Ⅱ	反復Ⅲ	
基準 品種	ひかる	5月27日	9月1日	232	3.5	2.2	5.1	3.1	判定不能【極弱】
	トヨシロ	5月28日	8月22日	269	1.4	3.1	1.1	0	判定不能【やや弱】
	農林1号	5月27日	9月7日	273	0.4	0	0	1.1	判定不能【中】
	エニワ	5月30日	8月31日	198	0	0	0	0	判定不能【強】
	オホーツクチップ	5月26日	8月22日	273	0	0	0	0	判定不能【強】
	スノーデン	5月28日	9月3日	249	0.4	0	1.1	0	判定不能【強】
	アーリースターチ	5月27日	9月2日	214	0.4	0	1.3	0	判定不能【中】
	コナユタカ	5月29日	9月13日	175	2.9	1.7	1.7	5.3	判定不能【極弱】
北見 農試	北育29号	5月26日	8月17日	239	0	0	0	0	判定不能
	北育32号	5月27日	8月24日	220	0	0	0	0	判定不能
	北育33号	5月27日	8月24日	246	0	0	0	0	判定不能
	北育34号	5月26日	8月27日	242	0	0	0	0	判定不能
	北系81号	5月30日	9月15日	250	1.3	4.0	0	0	判定不能
北農 研	北海113号	5月26日	8月17日	283	0.3	0	0	1.0	判定不能
	北海114号	5月26日	9月15日	461	0.2	0	0.6	0	判定不能

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

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	2023年	
北育29号	判定不能	中 (2.5%)	中 (10.0%)	判定不能	中
北育32号	NT <sup>注1)</sup>	強 (0.3%)	極弱 (29.0%)	判定不能	? <sup>注2)</sup>
北育33号	NT	強 (0%)	NT	判定不能	? <sup>注3)</sup>
北育34号	NT	NT	強 (4.2%)	判定不能	? <sup>注3)</sup>
北海113号	NT	強 (0.6%)	弱 (20.4%)	判定不能	? <sup>注2)</sup>
北海114号	NT	弱 (6.0%)	極弱 (36.4%)	判定不能	極弱
基準品種					
ひかる	2.3%	7.3%	25.5%	3.5%	【極弱】
トヨシロ	1.9%	5.3%	18.6%	1.4%	【やや弱】
農林1号	0.6%	2.2%	9.0%	0.4%	【中】
エニワ	0.0%	0.7%	2.9%	0.0%	【強】
オホーツクチップ	0.3%	0.6%	4.8%	0.0%	【強】

注1) NT：未供試、注2) 判定のできた2カ年で反応が大きく異なるため、さらなる調査が必要

注3) 1カ年のデータのため、累年判定は行っていない

# 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5年は、31組合せ236個体を供試。平均粒径、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5年は、①系統選抜世代では、圃場選抜後の29組合せ83系統を供試し、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20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、8 組合せ 11 系統を供試。調査項目は①と同じ。

でん粉特性の調査は、北見農試生産力検定試験圃産の塊茎を使用し、以下の方法で行った。

- ・白度：ケット科学研究所製 粉体白度計 C-130 で測定。
- ・平均粒径：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。
- ・離水率：0.1M 食塩水中において 4% で糊化したゲルを 5℃ で 1 週間貯蔵後、離水した重量を測定し、貯蔵前のゲル重量との割合で離水率を算出。
- ・リン含量：堀場製作所製蛍光 X 線元素分析装置 MESA-500W で測定。
- ・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。
- ・ゲル物性は、25% でん粉懸濁液（蒸留水）を固化したゲルを、5℃ で 1 日貯蔵後、レオメーターで測定。

## 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 5 年の検定では、236 個体を供試し、離水率、糊化特性、粒径を調査し、離水率が「コナヒメ」並か低い 192 個体を選抜した。

令和 4 年の検定では、主に離水率についての選抜を行った結果、選抜個体の離水率平均は「コナヒメ」より低かった（表 1）。

### (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

令和 4 および令和 5 年度のサンプルは、いずれの世代も「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。

- ① 系統選抜供試系統について、R4 年は品質が極端に悪いものを廃棄し、その他収量性などを加味して 38 系統を選抜した（表 1）。R5 年の離水率およびリン含量を調査し、収量性も重視しつつ、「コナユキ」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供試系統は、「コナユキ」と比較して、白度はやや低く、離水率は並、リン含量は高かった（表 2）。「K17102-203」など「コナユキ」と比較して離水率が低い系統を複数選抜した。
- ③ 前期生産力検定試験において、「北系 81 号」、「北系 82 号」、「K17102-128」は「コナユキ」と比較して、離水率が低く、総じて「コナユキ」並かやや優れる品質であった（表 3）。また、R4 年度に認められた糊化開始温度と離水率の相関関係は、R5 年度の生産力検定予備試験、前期生産力検定試験の結果でも概ね同様であった。

## 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。



「北育 32 号」は、北見農試以外の試験場ならびに優良品種決定現地試験で低収が確認されたことから試験を中止する。有望系統「北系 81 号」については収量性も優れることから「北育 35 号」の番号を、「K17102-128」は次年度「北系 85 号」を付与して、試験継続する。その他「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 第 2 次個体選抜・系統選抜の試験経過（北見農試 令和 4 年）

年次 世代	系統数	平均 粒径 ( $\mu\text{m}$ )	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)		
R04 個体二次 選抜	205	コナヒメ	45.5	40.7	(618)	66.3	834	
		コナユキ	51.7	43.9	(559)	66.6	682	
		コナユタカ	53.3	36.3	(602)	65.4	742	
	系統選抜 選抜	38	コナヒメ	49.2	45.8	630	65.8	795
			コナユキ	58.2	48.7	490	66.8	698
			コナユタカ	58.2	42.9	467	65.6	624

注) リン含量の括弧書きは最高粘度からの推定値。

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 令和 5 年）

	白度	平均 粒径 ( $\mu\text{m}$ )	離水 率 (%)	リン 含量 (ppm)	(参考) でん粉重 (kg/10a)	
					検定系統 (26)	コナヒメ
コナユキ	88.5 $\pm$ 2.5	48.4 $\pm$ 4.9	55.8 $\pm$ 6.1	671 $\pm$ 130	944 $\pm$ 96	
コナユタカ	84.5	56.0	62.9	650	917	
コナユキ	90.3	51.4	55.0	570	921	
コナユタカ	89.7	51.2	59.5	585	890	
K17102-203	86.7	44.5	40.8	466	904	
K19108-1	90.9	55.8	52.3	635	1,150	
K19150-18	85.1	49.3	51.8	463	1,047	

	糊化特性		ゲル物性	
	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)	64.8 $\pm$ 1.3	1,253 $\pm$ 207	1,617 $\pm$ 264	9.5 $\pm$ 1.4
コナヒメ	65.7	1,168	1,643	8.4
コナユキ	64.5	1,116	1,982	11.2
コナユタカ	65.8	1,127	1,921	9.0
K17102-203	62.2	952	1,381	10.9
K19108-1	63.1	1,344	1,343	9.6
K19150-18	63.4	966	1,867	11.8

表3 前期生産力検定のでん粉品質成績（北見農試 令和5年）

品種 系統名	白度	平均 粒径 ( $\mu\text{m}$ )	離水 率 (%)	リン 含量 (ppm)	(参考) でん粉重 (kg/10a)
コナヒメ	89.7	55.8	56.2	655	1,066
コナユキ	93.1	51.0	54.5	604	888
コナユタカ	91.6	56.4	57.0	747	1,183
北育32号	92.0	51.2	56.3	752	1,146
北系81号	91.5	49.1	50.1	554	1,246
北系82号	91.0	55.3	44.5	673	1,185
K17102-128	93.5	47.3	35.9	739	1,170

品種 系統名	糊化特性				ゲル物性		次年度
	糊化開始 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	最高粘度 (BU)	最高粘度時 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	ブレーク ダウン (BU)	破断応力 (g)	圧縮距離 (mm)	
コナヒメ	64.8	1,328	85.4	826	1,607	9.5	
コナユキ	64.2	1,330	81.1	927	1,605	11.0	
コナユタカ	64.8	1,498	79.1	1022	1,826	9.9	
北育32号	65.6	1,409	73.5	966	1,635	10.1	中止
北系81号	64.4	1,193	78.8	836	1,868	11.0	北育35号
北系82号	63.0	1,314	76.6	964	1,535	11.7	継続
K17102-128	62.8	1,435	71.0	1,114	1,074	10.7	北系85号

# センチュウ類および Y ウイルス抵抗性馬鈴しょ品種の 開発強化と特性検定試験（新規課題）

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5年度～令和7年度

## 3. 研究目的

(1) 北海道の馬鈴しょ安定生産を脅かす最重要害虫であるジャガイモシストセンチュウ(以下 Gr)について、道内で普及を目指す馬鈴しょ新品種には、抵抗性を有することが必須である。また、平成27年にジャガイモシロシストセンチュウ(以下 Gp)の発生が道内で初めて確認された。Gp 発生圃場では、緊急防除終了後も Gp の再増殖を防ぐため、Gp 抵抗性品種の作付けが必要である。

一方、種馬鈴しょ生産農家の減少に伴い、1戸あたりの種馬鈴しょ栽培面積が増加しており、作業の効率化・省力化が必須である。ジャガイモ Y ウイルス(以下 PVY) 抵抗性品種は、種馬鈴しょ栽培におけるウイルス病感染株の抜き取り作業の効率化・省力化のみならず、健全な種いも供給にも貢献できる。しかしながら、現在、でん粉原料用主力品種の「コナヒメ」は、PVY 抵抗性を保持していない。

(2) Gr、Gp および PVY については、いずれも抵抗性遺伝子の有無を判別できる DNA マーカーが開発され、DNA マーカー選抜(以下 MAS)を活用した抵抗性系統の効率的な選抜が可能である。北見農試では、Gr・PVY 抵抗性のでん粉原料用品種「コナユタカ」を育成したほか、最近では Gr・PVY 抵抗性の「北育32号」を選抜している。Gp 抵抗性は、北見農試では平成28年から品種開発を開始し、育種初期世代の MAS により、Gp 抵抗性系統の選抜を進めている。

最終的な抵抗性判定には MAS だけではなく実際の栽培で確認する必要がある。また、特性検定による Gr 抵抗性の有無は品種登録上の必須項目であり、PVY 抵抗性の有無および感染時の品種毎の病徴は種馬鈴しょ栽培に重要な情報となる。

(3) このため、本課題では多数の育種選抜個体・系統を MAS に供試し、Gr・PVY 抵抗性品種の育成ならびに Gp 抵抗性有望系統の開発を促進する。さらに、北農研育成系統も含めた有望系統の Gr 抵抗性検定(カップ検定)、PVY 抵抗性検定(接種検定)を行う。PVY 接種検定には、多様な遺伝的背景を持つ系統を比較することで抵抗性と農業形質の両立に資する情報を得られる可能性があることから、必要に応じて道外で育成された系統も供試する。これらにより、北海道馬鈴しょおよび馬鈴しょでん粉の安定生産、安定供給に資することができる。

## 4. 研究内容

(1) DNA マーカーによる抵抗性検定

第二次個体選抜(育成3年目)において、収量やでん粉価等により選抜したでん粉原料用31組合せ477系統、加工用20組合せ175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を検定した。

## (2) Gr 抵抗性検定

北見農試育成材料では、加工用「北育 34 号」、「北系 83 号」、ホクレンとの共同育成の加工用「北育 33 号」、「北系 84 号」、でん粉原料用「北系 82 号」の 5 系統を供試した。北農研育成材料では、フライ加工・生食用「勝系 60 号」、加工用「勝系 59 号」の 2 系統を供試した。250ml のプラスチックカップに卵密度を 1 回目の検定は約 100 卵/乾土 g に調整した汚染土 25ml、2 回目の検定は約 150 卵/乾土 g に調整した汚染土 25ml を入れて、その上に種イモを静置。さらにその上に、それぞれ同じ汚染土 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。

## (3) PVY 抵抗性検定

北見農試育成材料では、加工用「北育 34 号」、ホクレンとの共同育成の加工用「北育 33 号」、でん粉原料用「北育 32 号」、「北系 81 号」の 4 系統を、北農研育成材料では、生食用「北海 113 号」とでん粉原料用「北海 114 号」の 2 系統を、長崎県農林技術開発センター育成材料では、生食用「長系 168 号」を供試した。植物体に PVY を接種し、エライザによる感染有無の確認と目視による病徴確認を実施した。2 種類の PVY 系統(PVY-N、PVY-NTN)を接種し、各系統 12 個体を調査した。

## 5. 研究結果

### (1) DNA マーカーによる抵抗性検定

第二次個体選抜において、でん粉原料用では、検定した 477 系統のうち、396 系統が Gr 抵抗性、325 系統が PVY 抵抗性であった。また、155 系統が Gp 抵抗性遺伝子 GpaIVsadg もしくは Gpa5・Gpa6 のマーカー遺伝子型が抵抗性型であることを明らかにした(表 1)。このうち、Gr・PVY 複合抵抗性は 289 系統、Gr・Gp 抵抗性遺伝子が抵抗性型の系統は 135 系統であった。また、加工用では検定した 175 系統のうち、140 系統が Gr 抵抗性、60 系統が PVY 抵抗性であることを明らかにした(表 2)。このうち、Gr・PVY 複合抵抗性は 52 系統であった。検定の結果 Gr 感受性と判定された系統は廃棄し、Gr・PVY 複合抵抗性系統は概ね選抜した。

生産力検定予備世代における DNA マーカー検定で、第二次個体選抜時の検定結果と異なった系統は 4 系統であった(表 3)。それぞれ抵抗性の判定を修正し、複合抵抗性系統の選抜の資とした。

生産力検定世代では、でん粉原料用の次年度新配布予定系統「K17102-128」(北系 85 号)が Gr・PVY 抵抗性であることを確認した(表 3)。加工用の次年度新配布予定系統「K17007H-K7」(北系 86 号)は Gr 抵抗性で、PVY 抵抗性は感受性、同「K18063-4」(北系 87 号)は Gr・PVY 抵抗性であることを確認した(表 3)。

### (2) Gr 抵抗性検定

1 回目の検定では、すべての供試系統および感受性品種の「男爵薯」、「トヨシロ」のいずれも雌成虫の着生が認められなかったため、8 月に 2 回目の検定を実施した。その結果、1 回目の検討と同様にすべての供試系統および感受性品種のいずれも雌成虫の着生が認められず抵抗性の評価はできなかった(表 4)。

2回目の検定終了後に検定に用いた土壌からシストを分離したところ卵が死滅していたことから、卵の死滅が検定できなかつた要因と考えられた。新たに汚染土を入手し再度検定中である。

### (3) PVY 抵抗性検定

各系統の検定結果は以下のとおりである。

- ・「北海 113 号」：PVY- N、NTN とともに上葉からウイルスは回収されなかつた（表 5）。累年の結果から抵抗性は“強”と判定した（表 6）。
- ・「北海 114 号」：PVY-N を接種した上葉からウイルスが回収された。病徴は脈えそや壊死斑が認められた。PVY-NTN を接種した上葉からウイルスが回収された。病徴は壊死斑、脈えそ、モザイク及びれん葉が認められた（表 5）。累年の結果から抵抗性は“弱”と判定した。
- ・「北育 32 号」：PVY- N、NTN とともに上葉からウイルスは回収されなかつた（表 5）。累年の結果から抵抗性は“強”と判定した（表 6）。
- ・「北育 33 号」：PVY- N、NTN とともに上葉からウイルスは回収されなかつた（表 5）。累年の結果から抵抗性は“強”と判定した（表 6）。
- ・「北育 34 号」：PVY- N、NTN とともに上葉からウイルスは回収されなかつた（表 5）。2022 年に 10 個体中 1 個体で PVY-N の移行が確認されたため、累年の結果による判定については検討を要する（表 6）。
- ・「長系 168 号」：PVY- N、NTN とともに上葉からウイルスは回収されなかつた（表 5）。

## 6. 今後期待される成果

DNA マーカー検定による抵抗性系統の効率的な選抜を実施したことにより、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 および PVY 抵抗性検定ならびに他農業形質を勘案し、次年度継続検討する系統は以下のとおり。

北見農試育成の Gr・PVY 抵抗性・疫病圃場抵抗性“強”のでん粉原料用「北系 81 号」は、「北育 35 号」を付与し、優良品種認定に向けて次年度優良品種決定基本調査に供試する。Gr・Gp・PVY 抵抗性のでん粉原料用「K17102-128」は、「北系 85 号」を付与し、優良品種認定に向けて次年度生産力検定試験等に供試する。

北見農試育成の Gr・PVY 抵抗性の「北育 33 号」および「北育 34 号」は、優良品種認定に向けて、次年度優良品種決定基本調査および現地試験に供試する。Gr 抵抗性の加工用「K17007H-K7」および Gr・PVY 抵抗性の加工用「K18063-4」は、それぞれ「北系 86 号」「北系 87 号」を付与し、優良品種認定に向けて次年度生産力検定試験等に供試する。

北農研育成の Gr・Gp 抵抗性のでん粉原料用「北海 114 号」は、優良品種認定に向けて次年度優良品種決定基本調査および現地調査を継続する。

< 具体的データ >

表 1. 第二次個体選抜 DNA マーカー検定結果 (令和 5 年: でん粉原料用)

試験 番号 <sup>1)</sup>	組合せ 番号	交配組合せ <sup>2)</sup>		供試数	抵抗性型の個体数 (各マーカーの供試数に対する抵抗性型の割合(%))					全供試数に対する 各抵抗性型個体の割合(%)				
		母	父		Gr	PVY	Gp	Gr・ PVY	Gr・ Gp	Gr	PVY	Gp	Gr・ PVY	Gr・ Gp
51	K19151	K14125-19	K12113-10	13	7	9	-	6	-	54	69	-	46	-
52	K20129	北系76号	K12117-30	11	10	8	-	7	-	91	73	-	64	-
53	K21101	北育25号	サクラフブキ	37	31	20	-	16	-	84	54	-	43	-
54	K21104	K16171-3	サクラフブキ	15	11	15	-	11	-	73	100	-	73	-
55	K20109	北育23号	K14135-20	9	8	6	-	6	-	89	67	-	67	-
55B				7	5	3	-	2	-	71	43	-	29	-
56B	K20111	北育26号	K97022-24	5	3	5	-	3	-	60	100	-	60	-
57	K20118	北系72号	K12117-30	9	9	5	-	5	-	100	56	-	56	-
57B				10	8	7	-	5	-	80	70	-	50	-
58B	K20148	97A-77	北系64号	20	6	-	-	-	-	30	-	-	-	-
59B	K21105	K16128-3	K97022-24	8	6	6	-	6	-	75	75	-	75	-
60B	K21106	北系69号	K97022-24	12	11	6	-	5	-	92	50	-	42	-
61B	K21107	北育25号	K16116-3	2	2	0	-	0	-	100	0	-	0	-
62	K20177	K14134-1	Innovator	9	8	5	3	5	2	89	56	33	56	22
63	K20164	K14134-1	Eden	12	10	9	2	9	2	83	75	17	75	17
64	K20165	K14135-19	Eden	19	13	7	10	5	9	68	37	53	26	47
65	K20170	K14125-19	1260 1ab1	21	13	-	19	-	13	62	-	90	-	62
66	K20171	K14134-1	1260 1ab1	10	10	7	7	7	7	100	70	70	70	70
67	K20181	K16164-2	K97022-24	22	21	16	10	17	9	95	73	45	77	41
67B				7	7	4	6	4	6	100	57	86	57	86
68	K20183	K16164-5	サクラフブキ	49	46	46	32	44	30	94	94	65	90	61
69	K20184	K16164-5	北系64号	30	29	27	14	26	13	97	90	47	87	43
70	K20185	K16164-5	K97022-24	26	25	24	14	23	13	96	92	54	88	50
71	K20187	K16175-1	サクラフブキ	56	47	52	34	43	29	84	93	61	77	52
72	K20189	K16175-1	K97022-24	6	4	6	4	4	2	67	100	67	67	33
73	K20152G	北系72号	C01	15	15	13	-	13	-	100	87	-	87	-
74	K20153G	北系72号	C11	7	7	5	-	5	-	100	71	-	71	-
75	K19172G	北系69号	A14	11	10	6	-	6	-	91	55	-	55	-
76	K19173G	北系69号	A21	9	9	3	-	3	-	100	33	-	33	-
77	K19183G	スノーマーチ	D06	5	2	-	-	-	-	40	-	-	-	-
78	K21111	17H82-1	サクラフブキ	5	3	5	-	3	-	60	100	-	60	-
合計	(31組合せ)			477	396(83)	325(75)	155(63)	289(66)	135(51)	83	68	32	61	28

- 1) B: 馬鈴しょ疫病抵抗性系統の開発促進課題で疫病抵抗性個体の選抜を実施している組合せ。  
 2) グレー塗りつぶしは PVY 抵抗性遺伝子 *Ryhc* 保持系統・品種。ゴシックは Gp 抵抗性系統・品種。

表2. 第二次個体選抜 DNA マーカー検定結果 (令和5年:加工用)

試験 番号	組合せ 番号	交配組合せ <sup>1)</sup>		供試数	抵抗性型の個体数 (各マーカーの供試数に対する抵抗性型の割合(%))					全供試数に対する 各抵抗性型個体の割合(%)					
		母	父		Gr	PVY	Gp	Gr・ PVY	Gr・Gp	Gr	PVY	Gp	Gr・ PVY	Gr・ Gp	
1	K21001H	北系73号	H02097-7	6	3	3	-	1	-	50	50	-	17	-	
2	K21002H	北系79号	H02097-7	9	8	4	-	3	-	89	44	-	33	-	
3	K21003H	北系77号	H02097-7	11	9	4	-	3	-	82	36	-	27	-	
4	K21004H	北系73号	H03023-5	4	4	2	-	2	-	100	50	-	50	-	
5	K21005H	北系79号	H03023-5	6	5	4	-	3	-	83	67	-	50	-	
6	K21006H	北系77号	H03023-5	9	9	6	-	6	-	100	67	-	67	-	
7	H21001K	HP02	K13034-23	3	2	1	-	1	-	67	33	-	33	-	
8	H21003K	H04158-3	K13034-23	3	3	2	-	2	-	100	67	-	67	-	
9	H21004K	H06012-40	K13034-23	12	11	6	-	6	-	92	50	-	50	-	
10	H21005K	北育31号	K13034-23	8	8	4	-	4	-	100	50	-	50	-	
11	H21006K	北育31号	K07059-5	4	4	3	-	3	-	100	75	-	75	-	
12	H21009K	88211-9	北系57号	2	1	0	-	0	-	50	0	-	0	-	
13	K21007	オホーツクチップ	K13034-23	1	0	0	-	0	-	0	0	-	0	-	
14	K21011	K14050-5	K13034-23	9	9	7	-	7	-	100	78	-	78	-	
15	K21012	K09031-7	K13034-23	6	6	4	-	4	-	100	67	-	67	-	
16	K21021	北育29号	K15029-5	3	3	3	-	3	-	100	100	-	100	-	
40	K21070	リラチップ	Eden	29	22	-	18	-	14	76	-	62	-	48	
41	K21071	ハロームーン	Eden	16	11	-	10	-	6	69	-	63	-	38	
42	K21072	北系79号	Eden	17	9	7	-	4	-	53	41	-	24	-	
43	K21073	K12020-2	Eden	17	13	-	7	-	5	76	-	41	-	29	
合計				20組合せ	175	140(80)	60(53)	35(56)	52(46)	25(40)	80	34	20	30	14

1) グレー塗りつぶしはPVY抵抗性遺伝子 *Rychc* 保持系統。

表3. 生産力予備・生産力検定 DNA マーカー検定結果 (令和5年)

試験世代	用途	供試数 または 系統番号	マーカー検定結果 <sup>注)</sup>		備考
			Gr	PVY	
生産力検定予備	でん粉	38	37(1)	37(2)	
	加工	37	37(0)	18(1)	
前期生産力検定	でん粉	K17102-128	R	R	次年度「北系85号」
	加工	K17007H-K7	R	S	次年度「北系86号」
	加工	K18063-4	R	R	次年度「北系87号」

注) 数値は抵抗性系統数、括弧内の数値は第二次個体選抜時の検定結果と異なった系統数、“R”は抵抗性、“S”は感受性をそれぞれ示す。

表4. カップ検定による Gr 抵抗性検定試験成績 (令和5年)

品種・系統名	シスト(メス成虫数)						6カップ の平均	レンジ	判定
	①	②	③	④	⑤	⑥			
勝系59号	0	-	0	0	0	0	0	0	0 判定不能
勝系60号	0	0	0	0	0	0	-	0	0 判定不能
北育33号	0	0	0	0	0	0	0	0	0 判定不能
北育34号	0	0	0	0	0	0	0	0	0 判定不能
北系82号	0	0	0	0	0	0	0	0	0 判定不能
北系83号	0	0	0	0	0	0	0	0	0 判定不能
北系84号	0	0	0	0	0	0	0	0	0 判定不能
男爵薯	0	0	0	0	0	0	0	0	0 判定不能
とうや	0	0	0	0	0	0	0	0	0 判定不能
トヨシロ	0	0	0	0	0	0	0	0	0 判定不能
コナヒメ	0	0	0	0	0	0	0	0	0 判定不能

注) - は種いもの腐敗による欠測。

表5. PVY による接種当代のばれいしょ品種および系統の反応 (令和5年)

接種系統	育成品種 系統名	接種葉		上葉				
		感染率(%)	病徴 <sup>1)</sup>	ウイルス上葉移行率(%)	病徴 <sup>1)</sup>	ウイルスの回収		
N系統	北海113号	0	(0/12)	-	0	(0/12)	-	-
	北海114号	75	(8/12)	LI, VN, Y	25	(3/12)	VN, NS	+
	北育32号	17	(2/12)	-	0	(0/12)	-	-
	北育33号	0	(0/12)	-	0	(0/12)	-	-
	北育34号	17	(2/12)	LL	0	(0/12)	-	-
	北系81号	0	(0/12)	-	0	(0/12)	-	-
	男爵薯	100	(12/12)	-	12	(12/12)	M, Cr	+
	トヨシロ	53	(7/12)	LL, VN, Y	50	(6/12)	NS, VN, St, Cr, M, Y	+
	コナヒメ	100	(12/12)	(Cr)	100	(12/12)	M, (M)	+
	コナユタカ	0	(0/12)	-	0	(0/12)	-	-
	長系168号	0	(0/12)	-	0	(0/12)	-	-
	ニシユタカ	100	(12/12)	LL, VN, Y	100	(12/12)	NS, M, VN, Cr	+
	NTN系統	北海113号	0	(0/12)	-	0	(0/12)	-
北海114号		100	(12/12)	LL, VN, Y, N	100	(12/12)	NS, VN, M, Cr	+
北育32号		0	(0/12)	-	0	(0/11)	-	-
北育33号		0	(0/12)	-	0	(0/12)	-	-
北育34号		0	(0/12)	-	0	(0/12)	-	-
北系81号		0	(0/12)	-	0	(0/12)	-	-
男爵薯		92	(11/12)	LL, M, (M), VN	92	(11/12)	M, Cr, NS, VN	+
トヨシロ		100	(12/12)	LL, VN, N, Y, M	100	(12/12)	NS, VN, St, Y, M, Cr, N	+
コナヒメ		100	(12/12)	LL	100	(12/12)	M, Cr	+
コナユタカ		17	(2/12)	LL	0	(0/12)	-	-
長系168号		0	(0/12)	-	0	(0/12)	-	-
ニシユタカ		75	(8/12)	LL, VN, Y	75	(8/12)	NS, Cr, M, VN	+

- 1) 略号は以下の病徴を示し、括弧のついたものは病徴が不明瞭であったことを示す。  
M:モザイク, N:枯死, LL:局部病斑, NS:壊死斑, VN:脈えそ, St:茎えそ, VC:葉脈透過, Cr:れん葉, Y:黄化
- 2) 接種葉の感染率は病徴の有無による。上葉へのウイルス移行率および回収の有無はエライザによる。

表6. PVY 検定の累年評価

品種・系統名	PVY-N上葉病徴 <sup>1)</sup>			累年評価
	2021年	2022年	2023年	
北海113号		移行せず	移行せず	強
北海114号		Cr, M	VN, NS	弱
北育32号(北系76号)	移行せず		移行せず	強
北育33号(北系77号)		移行せず	移行せず	強
北育34号(北系79号)		-	移行せず	要検討
男爵薯	(Cr), M, (M), Cr	移行せず	M, Cr	弱
トヨシロ	NS, VN, M, Y	NS, VN, Y, St, N <sup>2)</sup>	NS, VN, St, Cr, M, Y	弱
コナヒメ	(Cr), (M)	(M)	M, (M)	弱
コナユタカ	移行せず	移行せず	移行せず	強
品種・系統名	PVY-NTN上葉病徴 <sup>1)</sup>			累年評価
2021年	2022年	2023年		
北海113号		移行せず	移行せず	強
北海114号		NS, VN, Y, N <sup>2)</sup>	NS, VN, M, Cr	弱
北育32号(北系76号)	移行せず		移行せず	強
北育33号(北系77号)		移行せず	移行せず	強
北育34号(北系79号)		移行せず	移行せず	強
男爵薯	M, Cr, NS, VN	M, Cr	M, Cr, NS, VN	弱
トヨシロ	NS, VN, St, Y, M, Cr, N	NS, VN, St, Y, N	NS, VN, St, Y, M, Cr, N	弱
コナヒメ	M, Cr	M, VN	M, Cr	弱
コナユタカ	-	移行せず	移行せず	強

- 2) 病徴の略称については表6と同様とし、上葉へのウイルス移行が認められなかったものは「移行せず」とした。
- 3) 明瞭な病徴が認められていたが、全個体早期に枯死した。枯死葉からウイルスは回収されなかったが、次世代塊茎は保毒しており、ウイルスは上葉へ移行したと考えられる。



# 早期収穫適性が優れるでん粉原料用馬鈴しょ 多収品種の開発促進（新規課題）

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5年度～令和7年度

## 3. 研究目的

- (1) 北海道の馬鈴しょでん粉は、原原種生産実績から令和4年にジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種にほぼ切り替わったと思われる。しかし、近年の天候不順等の影響で供給量が不足していることから、産地からは安定多収品種の育成が強く要望されている。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、多収という特性から令和2年において2,216haの作付けに至っているが、早期収穫における収量は「コナヒメ」並であり、着生いも数が少ないことが特に種子生産における問題点として指摘されている。
- (2) 気象条件の変動が大きい中、安定した収量を確保でき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。有望な生育系統は施肥反応試験および主産地における適応性を調査し、優良品種認定時の資料にするとともに、多収栽培技術確立のための基礎データとして活用する。

これらの調査を行うことで、北海道馬鈴しょおよび馬鈴しょでん粉の生産振興、安定供給に資する。

## 4. 研究内容

### (1) 早期収穫適性試験

選抜中期～後期世代の育成系統について早期収穫適性を調査し、選抜の資料とする。検定系統は、「北育32号」「北系81号」「北系82号」および前期生産力検定世代の8系統、計11系統。調査項目は、生育、収量、でん粉価（以下同様）。5月11日に植え付けを行った。9月6日に茎葉刈り払い処理を行い、9月12日に収穫・調査した。

### (2) 生育経過追跡試験

育成系統について、地上部生育および塊茎肥大の追跡調査を行う。

検定系統は「北育32号」「北系81号」、3反復で実施。5月11日に植え付け、6月上

旬から半月ごとに調査した。

(3) 栽培特性検定試験

有望育成系統について、施肥量および栽植密度を変えたときの反応を「コナヒメ」と比較する。

検定系統は「北育32号」「北系81号」、施肥量は標準肥、開花期追肥（窒素4kg/10a相当）の2水準、栽植密度は標準植(75×30cm)と疎植(75×36cm)の2水準とし、3反復で実施。5月11日に植え付け、10月4日に収穫前処理、10月10日に収穫を行った。

(4) 主産地適応性検定試験

有望育成系統について、主産地であるオホーツク斜網地域において栽培し、適応性を調査する。

検定系統は「北育32号」「北系81号」、試験場所は網走市、2反復で実施。「北育32号」は、早掘りを実施した。4月25日に植え付け、早掘りは9月6日、普通掘りを10月4日に行った。

## 5. 研究結果

(1) 早期収穫適性試験

「北育32号」の早掘りにおけるでん粉重は、5カ年平均で、「コナヒメ」比117%の多収であった(表1)。「北系81号」の早掘りにおけるでん粉重は、3カ年平均で、「コナヒメ」並となった。前期生産力検定に供試した「K17102-128」は、「コナヒメ」よりやや多収であった。

(2) 生育経過追跡試験

「北育32号」の上いも(20g以上のいも)平均重は、3カ年平均で、塊茎調査開始(7月上旬)から「コナヒメ」並、でん粉価は「コナヒメ」より高く推移した(図1)。「北系81号」の上いも平均重は、7月中旬以降、「コナヒメ」よりやや重く推移した(図2)。

(3) 栽培特性検定試験

「北育32号」の上いも重およびでん粉重は、3カ年平均で、標準区(標準植・標準肥)で最も多収となり、追肥による増収効果は得られなかった(図3)。「北育32号」は標準肥と追肥のどちらも疎植では標準植と比較して、上いも重が低下し、でん粉重も低下した。「北系81号」は疎植・標準肥区で、最もでん粉重が多収となった。開花期追肥のでん粉収量への効果は標準植と疎植で異なった(図4)。

(4) 主産地適応性検定試験

網走市において、「北育32号」は、普通掘り(3カ年平均)および早掘り(2カ年平均)で、でん粉価は高いが、上いも数が増加せず「コナヒメ」より低収であった(表2)。

「北系81号」は熟期が遅いものの、「コナヒメ」より多収の結果となった(表2)。

## 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。

有望系統「北育32号」は、網走市を含む他試験地において収量が劣るため試験を中止する。多収でGr・PVY抵抗性・疫病圃場抵抗性“強”の「北系81号」に「北育35号」を付与し、試験継続する。また、前期生産力検定試験供試系統の「K17102-128」は、早期収穫試験で多収が確認されGr・Gp・PVY抵抗性も保持することから「北系85号」を付与し、試験を継続する。「北系82号」についても試験継続する。

早期収穫適性試験に「北育35号」、「北系82号」および「北系85号」、生育経過追跡試験、施肥量・栽植密度反応試験に、「北育35号」および「北系82号」、主産地適応性試験に「北育35号」を供試予定。

< 具体的データ >

表 1. 早期収穫適性調査 (北見農試)

系統・品種名	試験年次 (令和)	早掘り試験						生産力検定試験				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 標準比 (%)	
北育32号	5	11.2	124	6,147	20.8	1,219	115	9/29	95	20.5	108	次年度中止 R元~5年平均
	平均	10.6	116	5,440	22.3	1,155	117	10/2	100	22.7	113	
コナヒメ (標準)	5	13.3	101	5,981	18.7	1,059	100	9/28	(6,199)	18.2	(1,066)	R元~5年平均 R3~5年平均
	平均	11.7	102	5,302	19.6	986	100	9/28	(6,166)	20.1	(1,178)	
北系81号	5	11.2	112	5,562	18.5	973	92	40%	110	19.2	117	次年度「北育35号」 R3~5年平均
	平均	11.3	110	5,374	20.1	1,023	101	未達	105	21.7	114	
北系82号	5	15.7	90	6,258	18.4	1,092	103	9/29	103	19.6	111	継続
K17102-128 (8系統平均)	5	15.9	97	6,798	17.3	1,107	105	9/23	121	16.5	110	次年度「北系85号」
ア-リスーチ	5	9.0	144	5,774	18.2	993	94	9/17	98	18.0	97	
コナユタカ	5	9.8	136	5,894	18.0	1,000	94	10/11	107	18.8	111	

注) 令和5年は早掘り試験の収穫を9月12日、生産力検定試験の収穫を10月13日に実施。枯ちよう期の平均は“未達”であった年を除く。パーセンテージは収穫前処理時点の茎葉枯ちよう割合を示す。上いも重比およびでん粉重比における括弧内は実数。

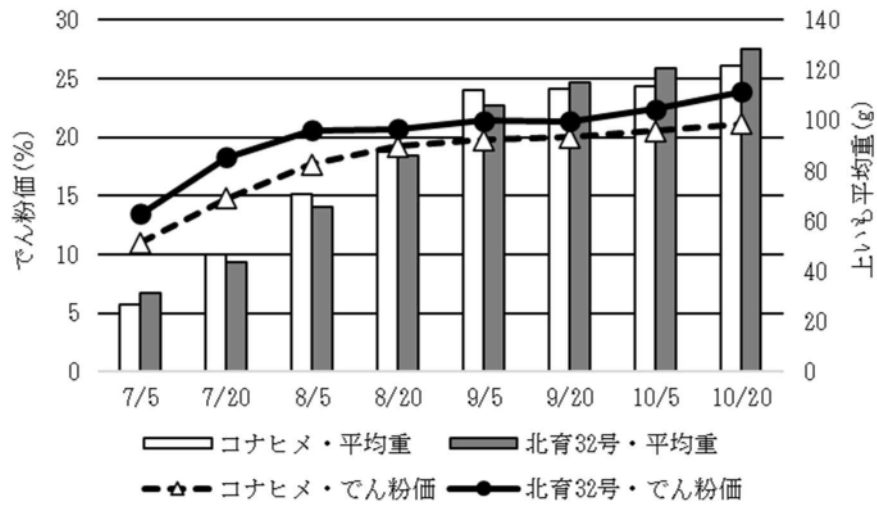


図1. 「北育32号」のでん粉価および上いも平均重の推移（北見農試、令和3年～5年）

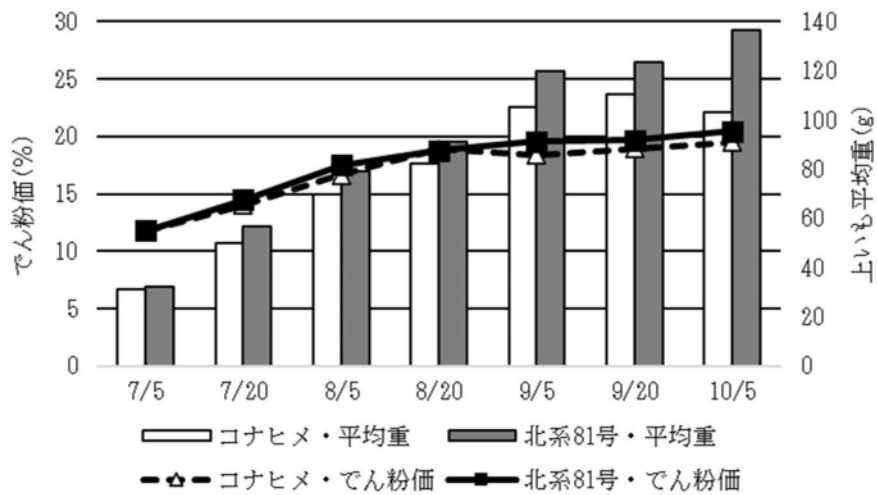


図2. 「北系81号」のでん粉価および上いも平均重の推移（北見農試、令和5年）

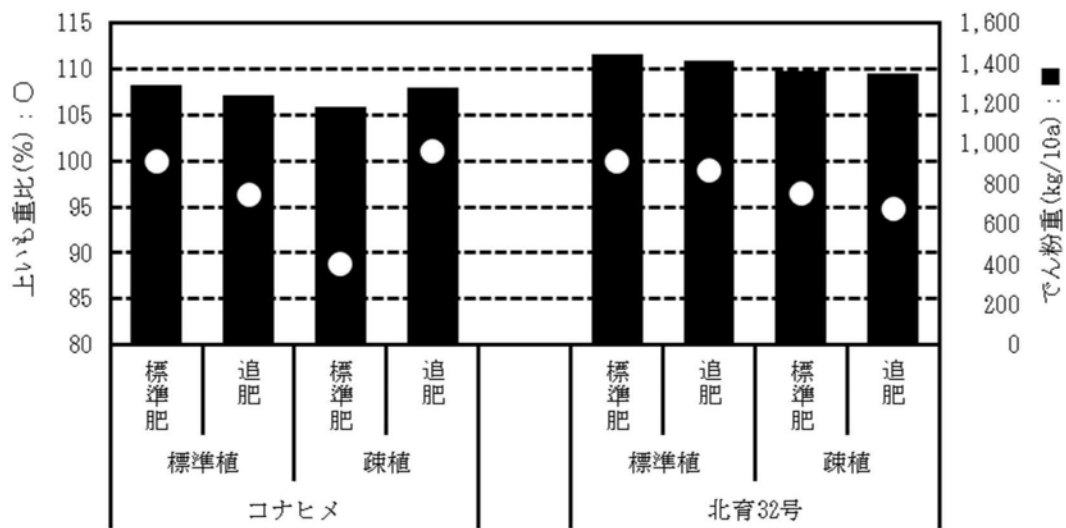


図3. 「北育32号」の施肥量および栽植密度反応試験（北見農試、令和3～5年）  
 \*上いも重比は各品種・系統の標準植・標準肥を100としたときの割合。

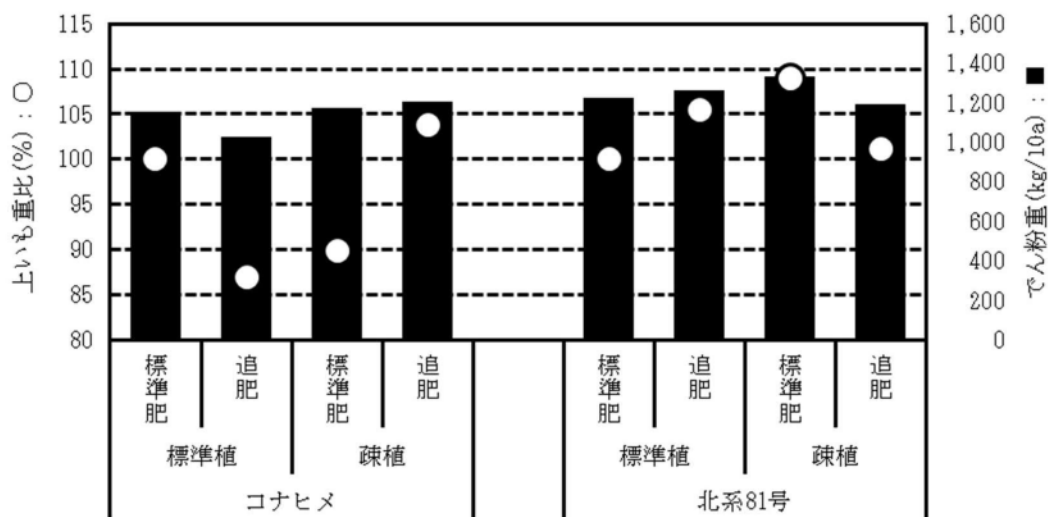


図4. 「北系81号」の施肥量および栽植密度反応試験（北見農試、令和5年）  
 \*上いも重比は各品種・系統の標準植・標準肥を100としたときの割合。

表 2. 主産地適応性検定試験（網走市、普通掘り令和3～5年、早掘り令和4～5年）

収穫 (年次)	系統 または 品種名	枯ちよ う期 (月/日)	茎 長 (cm)	上いも 数 (/株)	上いも 平均重 (g)	上いも 重 (kg/10a)	同左 標準比 (%)	でん粉 価 (%)	でん粉 重 (kg/10a)	同左 標準比 (%)	総合評価	
											単 年	有 望 度
普通掘り (R3～5年)	北育32号	9/14	100	6.9	145	4,571	77	18.9	808	90	△	△
	コナヒメ	9/24	80	11.1	120	5,950	100	16.4	900	100		
	コナユタカ	9/25	95	6.2	200	5,626	95	16.4	838	93		
普通掘り (R5年)	北系81号	未達	127	9.6	138	6,006	112	16.9	955	109	○	□再
	コナヒメ	9/26	105	9.8	121	5,385	100	17.3	877	100		
	コナユタカ	未達	125	5.9	200	5,361	100	16.6	834	95		
早掘り (R4～5年)	北育32号	-	120	7.2	132	4,232	86	19.5	775	96		
	コナヒメ	-	97	9.8	112	4,900	100	17.5	806	100		

# 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 (*Ryche*)、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) 我々はこれまで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 領域に存在するでん粉含量に関わる遺伝子を特定し、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効率的なでん粉用馬鈴しょ品種の育成が可能になる。
- (3) このため、(1) 複合病害虫抵抗性を持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

我々は、これまで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を有する 13 系統を国内に導入し、令和 4 年度にこれらの導入系統を国内のでん粉原料用品種と交配した。令和 5 年度はその後代集団を評価すると共に、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。最終的に新規遺伝資源に由来するでん粉原料用系統の育成および育種場へ母本系統の配布を行うことを目標とする。

### (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。令和 4 年度にこれらの導入系統を国内のでん粉原料用品種と交配した。令和 5 年度はこれらを育成し、優良系統に戻し交雑し、収量調査の結果から優良個体を選抜し、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・収量に関わる遺伝子マーカーを用いた選抜実証試験

アンデス在来種に由来する高でん粉含量に関わる QTL 領域の遺伝子を調べ、でん粉合成経路に携わる遺伝子の変異を検出する。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相関がある遺伝変異を探す。そして農業形質に関わる DNA マーカー化を図り、高でん粉系統を選抜するための一連のシステムとして構築する。

## 5. 研究結果 (令和 5 年度)

### (1) 導入品種とこれまでの高でん粉含量系統の評価

ヨーロッパにおいて高でん粉含有量を示し、でん粉原料用として栽培されている品種で黒あし病やシロシストセンチュウ抵抗性を有する 6 系統に加え、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ビホロと **Hochprozentige** および昨年度に本事業にて育成した複合抵抗性遺伝子を有しかつ高でん粉含有量を示す 15 系統と標準品種 (コナフブキと男爵薯) を圃場にて栽培し、収量調査を行った(写真 1)。その結果、最も収量が高かったのはアンデス在来種に由来する高でん粉系統の 21H111-102 と 18H213-12 であった。最も比重が高かったのは、ビホロとシロシストセンチュウ抵抗性を有する海外品種の **Ambassador** となった (写真 2、第 1 表)。高温の影響もあり、それ以外の品種・系統はコナフブキよりも低い比重となった。またビホロは高比重であったが、二次成長が顕著に出現した。

### (2) 高収量、高でん粉含量かつ複合抵抗性遺伝子を有する優良系統の育成

高収量、高でん粉含量かつ複合抵抗性遺伝子を有する系統を作出するために、上記の 26 系統を用いて交配試験を行った (第 2 表)。そのうちアンデス在来種に由来する高でん粉性を示す 21H111-102 と 16H183-19 を交配した集団 (23H85 系統群) および、ビホロと育成系統の 21H114-19 を交配した集団 (23H86 系統群) を育成した。その後マーカー選抜により 23H85 系統群では Y ウイルス抵抗性遺伝子 (*Ryhc*)、シストセンチュウ抵抗性遺伝子 (*H1*)、およびメキシコ野生種 *Solanum pinnatisectum* に由来する強度疫病抵抗性遺伝子 (*Rpi-blb3*) を 3 つ共に有する 4 系統を選抜した。23H85 系統群ではメキシコ野生種 *Solanum stoloniferum* に由来する新規の Y ウイルス抵抗性遺伝子 (*Rysto*) を有する 4



系統を選抜した（第 3 表）。現在、それら選抜系統にシロシストセンチュウ抵抗性を有する Ambassador の交配を試みている。

### （3）でん粉含有量、熟期および高温耐性に関わる遺伝子 *CDF1* の遺伝子型解析

*Cycling Dof transcription factors1* (*CDF1*) 遺伝子は最近の研究により、でん粉含有量、収量、熟期および高温耐性に関わる遺伝子であることが明らかになった。そこで *CDF1* の遺伝子型を本研究材料で調べた。その結果、導入品種および優良系統のほとんどがでん粉含有量と収量を高くする遺伝子型の *CDF1.2* 型と *CDF1.3* 型を持っていた（第 1 表右）。さらに *CDF1.2* 型と *CDF1.3* 型を両方同時にもつことで草丈が高く、比重が高くなる傾向があることが分かった（第 1 図）。このことから、今後これらの遺伝子型を選抜し、優良系統を作出する必要がある。

## 6. 今後期待される成果

本研究で新たに発見した *CDF1* 遺伝子型マーカーを利用すれば収量およびでん粉含有量が高く、高温耐性に優れた系統を育成でき、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、本研究で選抜、育成された高収量性と高でん粉性および病虫害抵抗性遺伝子を兼ね揃えた系統を親系統として利用すれば、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 栽培試験の様子 (7月21日)



写真2 Ambassador と 16H183-19 の収穫された塊茎



第1表. 令和5年度に評価した品種・系統の収量、比重、抵抗性遺伝子、および *CDF1* 遺伝子型の結果

系統名	品種名と系譜	抵抗性遺伝子 <sup>1)</sup>	株数	総重量 (kg)	比重	1株/kg	<i>CDF1</i> 遺伝子型
23H24	ビホロ		3	2.33	1.122	0.78	CDF1.1
23H25	Hochprozentige		3	4.00	1.098	1.33	CDF1.1
22H131	Flora		2	1.48	1.069	0.74	CDF1.1, 1.2
22H132	Intenso	<i>H1(2), Rx</i>	1	1.85	1.078	1.85	CDF1.1
22H133	Oleva	<i>H1</i>	3	3.43	1.082	1.14	CDF1.1, 1.2
22H134	Wotan	<i>H1, Rx</i>	2	1.59	1.082	0.80	CDF1.1, 1.3
22H142	Ambassador	<i>G. pallida</i>	2	3.04	1.101	1.52	CDF1.1, 1.2
13H215	DG-D4-21	Late blight, <i>Rx(2)</i>	3	0.93	1.086	0.31	CDF1.1
16H182-37	Sayaka × 12H189-2	<i>H1(2), Rx1(2), Rychc, R1</i>	3	2.52	1.069	0.84	CDF1.1, 1.3
16H182-44	Sayaka × 12H189-2	<i>H1, Rx1, Rychc</i>	3	4.45	1.085	1.48	CDF1.1
16H182-49	Sayaka × 12H189-2	<i>H1(2), Rx1(2)</i>	0	0.003	1.053		
16H183-34	Sayaka × 12H189-2	<i>Rx1, Rychc, R1</i>	0	無	無		CDF1.1, 1.3
16H183-51	Sayaka × 12H189-2	<i>H1, Rx1, Rychc, R1</i>	1	0.63	1.069	0.63	CDF1.1, 1.3
16H183-19	Sayaka × 12H189-2	<i>H1, Rx1(2), Rychc</i>	3	3.07	1.096	1.02	CDF1.1, 1.3
14H213-9	Schwalbe × H98A11	<i>Ryadg</i>	1	0.71	1.067	0.71	CDF1.1
14H213-38	Schwalbe × H98A11	<i>Ryadg</i>	2	2.61	1.064	1.31	CDF1.1
14H214-11	H98A11 × Schwalbe	<i>Ryadg</i>	3	2.75	1.058	0.92	CDF1.1
21H111-87	18H204-1 × 12H189-2	<i>H1(2), Rychc, R1, Rpi-blb3</i>	5	6.76	1.083	1.35	CDF1.1, 1.3
21H111-102	18H204-1 × 12H189-2	<i>H1, R1, Rpi-blb3</i>	5	8.19	1.095	1.64	CDF1.1, 1.2, 1.3
21H111-106	18H204-1 × 12H189-2	<i>H1, Rychc, R1</i>	5	3.60	1.094	0.72	CDF1.1, 1.2, 1.3
21H111-117	18H204-1 × 12H189-2	<i>H1, Rx1, Rychc, R1</i>	5	4.82	1.092	0.96	CDF1.1, 1.2, 1.3
21H114-14	19H131 × 12H189-2	<i>H1, Rx(2), R2, Rysto</i>	0	無	無		CDF1.1, 1.3
21H114-19	19H131 × 12H189-2	<i>Rx1(2), R2, Rysto</i>	3	1.97	1.085	0.66	CDF1.1, 1.3
12H189-2	Andigena PI 473261 × 10H17	<i>H1(2), Rx1(2)</i>	3	3.56	1.087	1.19	CDF1.1, 1.3
18H204-1	Early Rose × 17H149-13	<i>H1, Rychc, Rpi-blb3</i>	3	3.77	1.065	1.26	CDF1.1, 1.2
18H213-12		<i>Rysto</i>	5	8.21	1.060	1.64	CDF1.1, 1.3
コナフブキ			3	2.63	1.106	0.88	CDF1.1
男爵薯			3	3.16	1.077	1.06	CDF1.1

<sup>1)</sup>括弧内の数値はコピー数を示す。

第2表 交配に成功した組み合わせと果実数

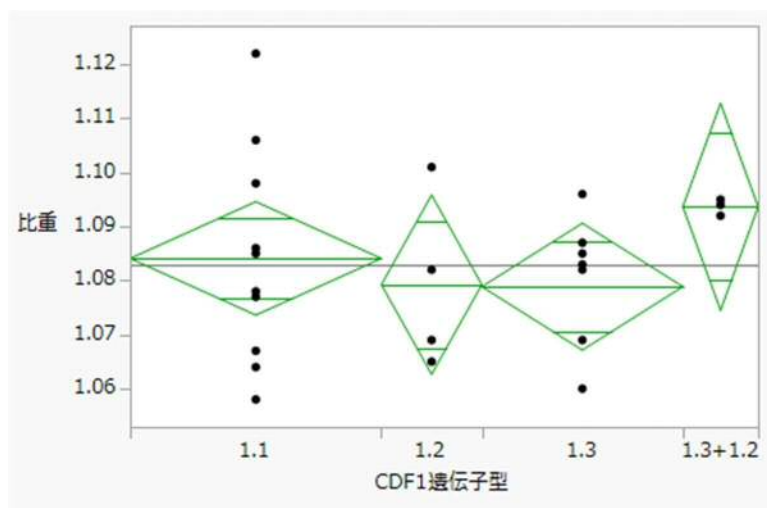
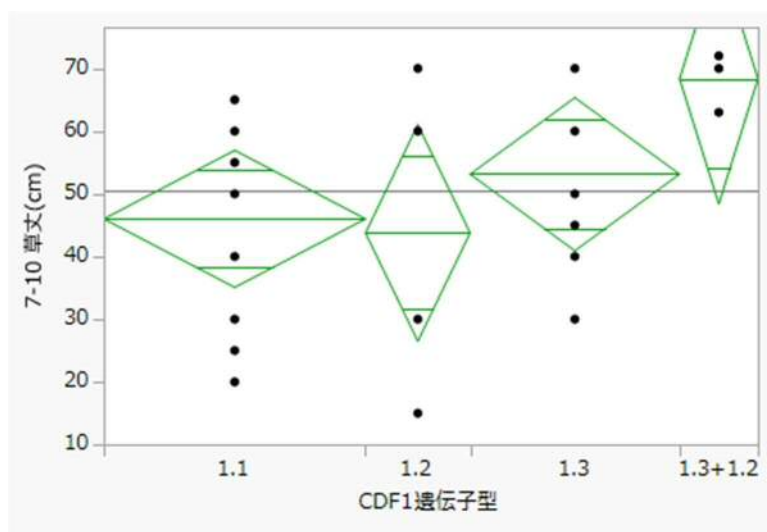
母親	花粉親	交配花数	果実数
22H133	14H213-38	9	2
22H133	21H114-19	8	1
22H134	14H213-38	7	1
22H142	14H213-38	3	1
23H24	21H114-19	6	1
23H25	14H213-38	7	1
21H111-87	16H183-19	3	2
21H111-102	16H183-19	5	2
21H111-106	16H183-19	6	1
21H111-117	16H183-19	4	1
16H183-19	14H213-38	6	2
16H183-19	コナフブキ	5	2

第3表 23H85 と 23H86 系統群のマーカー選抜結果

系統番号	保有抵抗性遺伝子			系統番号	保有抵抗性遺伝子		
23H85-1	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>		23H85-35			<i>Rpi-blb3</i>
23H85-2				23H85-36			
23H85-3	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>		23H85-37	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>	
23H85-4	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>		23H85-38	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>	
23H85-5			<i>Rpi-blb3</i>	23H85-39	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>	
23H85-6			<i>Rpi-blb3</i>	23H85-40			
23H85-7			<i>Rpi-blb3</i>	23H85-41			<i>Rpi-blb3</i>
23H85-8			<i>Rpi-blb3</i>	23H85-42			
23H85-9				23H85-43			<i>Rpi-blb3</i>
23H85-10			<i>Rpi-blb3</i>	23H85-44	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>	<i>Rpi-blb3</i>
23H85-11	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>	<i>Rpi-blb3</i>	23H85-45			<i>Rpi-blb3</i>
23H85-12				23H85-46			
23H85-13	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>		23H85-47			<i>Rpi-blb3</i>
23H85-14	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>		23H85-48	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>	
23H85-15				23H85-49			
23H85-16				23H85-50	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>	
23H85-17	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>		23H85-51			
23H85-18	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>		23H85-52			<i>Rpi-blb3</i>
23H85-19	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>		23H85-53			<i>Rpi-blb3</i>
23H85-20	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>		23H85-54			
23H85-21				23H85-55			
23H85-22			<i>Rpi-blb3</i>	23H85-56			
23H85-23				23H85-57			
23H85-24	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>	<i>Rpi-blb3</i>	23H85-58	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>	<i>Rpi-blb3</i>
23H85-25	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>		23H85-59	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>	
23H85-26			<i>Rpi-blb3</i>	23H85-60			
23H85-27							
23H85-28			<i>Rpi-blb3</i>	23H86-61			
23H85-29				23H86-62			<i>Rysto</i>
23H85-30				23H86-63	<i>R2</i>	<i>H1</i>	<i>Rysto</i>
23H85-31			<i>Rpi-blb3</i>	23H86-64	<i>R2</i>	<i>H1</i>	
23H85-32	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>	<i>Rpi-blb3</i>	23H86-65			<i>Rysto</i>
23H85-33	<i>Ryhc</i>	<i>H1</i>		23H86-66	<i>R2</i>	<i>H1</i>	<i>Rysto</i>
23H85-34				23H86-67			

\* 黄色マーカーで記した系統は選抜系統

第 1 図 CDF1 遺伝子型が草丈と比重に及ぼす効果





# でん粉特性の優れたジャガイモシロシストセンチュウ抵抗性 でん粉原料用品種の開発 (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5年度

## 3. 研究目的

- (1) ジャガイモシロシストセンチュウ (Gp) は、世界的にも馬鈴しょ生産における被害が深刻な害虫で、日本では2015年にでん粉原料用馬鈴しょの主産地において初めて発生が確認された。そこで、Gpの被害軽減や拡大防止のために、Gp抵抗性品種の開発が進められている。
- (2) 海外で育成されたGp抵抗性でん粉原料用品種「フリア」は、現在、でん粉原料用馬鈴しょの主産地において普及が進みつつある。一方、「フリア」のでん粉は、代表的でん粉原料用品種「コナヒメ」のものとは比べて、離水率が高めであるため、水産練り製品への利用には不向きと考えられる。
- (3) このため、でん粉特性の優れたGp抵抗性でん粉原料用品種の開発に取り組む必要がある。

## 4. 研究内容

### (1) Gp抵抗性でん粉原料用品種の開発

代表的でん粉原料用品種（「コナフブキ」、「パールスターチ」、「コナヒメ」）、Gp抵抗性でん粉原料用品種「フリア」、交配によって得られたGp抵抗性でん粉原料用系統（「北海114号」、「勝系58号」、「16057-17」、「16107-70」、「16134-5」）を用い、2022年度に栽培試験を実施した。「コナフブキ」、「パールスターチ」、「コナヒメ」、「フリア」、「北海114号」、「勝系58号」は3反復、「16057-17」、「16107-70」、「16134-5」は2反復で行った。植付は5月6日で、施肥量をN: 6.4 kg/10aとして行い、10月7日に収穫した塊茎について、収量調査を行った。

### (2) でん粉品質の評価

でん粉品質の優れたGp抵抗性品種の開発を目指すことを目的として、上記(1)で得られた馬鈴しょ塊茎からでん粉を調製し、各種でん粉品質を評価した。でん粉品質の測定項目は、リン含量、アミロース含量、メジアン径、離水率、ラピッドビスコアライザー (RVA) による粘度特性、示差走査熱量計 (DSC) による糊化特性、色彩値とした。リン含量は、乾式灰化した試料を塩酸抽出し、次いでろ過を行った後に、ICP発光分析法により測定した。アミロース含量は、ヨウ素染色したでん粉の680nmの吸光度（青価）により計算する簡易法により測定した。青価測定時には、でん粉0.2 mg、ヨウ素0.4 mg、ヨウ化カリウム4 mgを含有する溶液5mlを用いた。アミロース含量 (%) = (試料の青価 - アミロペクチンの青価) × 100 / (アミロースの青価 - アミロペクチンの青価) の計算式からアミロース含量を求

めた。ここで馬鈴しょのアミロース、アミロペクチンの青価は、既知の値（アミロース：1.40、アミロペクチン：0.243）を用いた。メジアン径は、レーザー回折式の粒度分布測定装置 HELOS を使用して求めた。離水率は、0.1M NaCl を含んだ4%でん粉懸濁液から調製したでん粉ゲルを4℃で1週間保存し、ゲルから吐き出された水を拭き取った後にゲルの重量を測定することで求めた。でん粉の粘度特性については、RVA-4（Newport Scientific 社）により分析した。まず、4%でん粉懸濁液を50℃で1分間保持した後、50℃から95℃まで12.2℃/分で昇温し、95℃で2.5分保った。次いで、95℃から50℃まで11.8℃/分で降温し、50℃で2分間保持した。この間におけるでん粉溶液の粘度曲線から、ピーク粘度、ブレイクダウン（加熱時の粘度低下）、セットバック（冷却時の粘度上昇）について読み取った。でん粉の糊化特性については、DSC 6100（セイコーインスツルメンツ(株)）を用い、でん粉濃度30%で25℃から130℃まで2℃/分で昇温して測定した。得られたDSC曲線から、糊化開始温度、糊化ピーク温度、糊化熱について読み取った。でん粉の色彩値については、色彩色差計 NE 400（日本電色工業(株)）を用いて、L\*値、a\*値、b\*値を読み取ることによって測定した。

## 5. 研究結果

### (1) Gp 抵抗性でん粉原料用品種の開発

供試したでん粉原料用品種系統の農業特性値について表1に示す。「北海114号」は、でん粉価が18.3%と若干高く、面積当たりの上いも重が最も重いため、面積当たりのでん粉収量が1099kg/10aと供試した品種系統の中では断然高い。他のGp抵抗性でん粉原料用系統「勝系58号」、「16057-17」、「16107-70」、「16134-5」の面積当たりのでん粉収量は、いずれも750kg/10a前後で、既存のでん粉原料用品種とほぼ同等である。

### (2) でん粉品質の評価

供試したでん粉原料用品種系統から調製したでん粉のリン含量、アミロース含量、メジアン径、離水率について表2に示す。リン含量は61.4~99.1 mg/100gと明らかな差がみられ、育成系統では「勝系58号」、「16134-5」が高い値を示す。アミロース含量は18.9~25.1%に分布し、育成系統では「北海114号」が高く、「16107-70」低い。メジアン径は38.4~48.3 μmで、「北海114号」が最も大きく、「勝系58号」が最も小さい。離水率は30.2~43.9%に分布し、「16107-70」の離水率は、これまでに離水率の低いことで知られている「パールスターチ」とほぼ同等で、離水しにくい有望系統であるということが示唆される。供試した品種系統からのでん粉のRVAによる粘度特性の結果について表3に示す。ピーク粘度は286.3~370.2 RVU、ブレイクダウンは157.6~251.3 RVUといずれも明確な差異が認められる。品種系統別では、いずれの値も「勝系58号」が最も高く、「コナヒメ」が最も低い。「勝系58号」はリン含量が高めで、ピーク粘度、ブレイクダウンがいずれも高いことが判明したことにより、リン含量がこれらの値に影響を及ぼすというこれまで



の知見を裏付ける結果が得られる。セットバックはいずれの品種系統も 20RVU 以下と極めて低く、短時間に老化しにくいことが示唆される。DSC によりでん粉の糊化特性を解析した結果を表 4 に示す。糊化開始温度は 63.7~65.5 °C、糊化ピーク温度は 66.2~68.5 °C といずれも差異が小さい。糊化開始温度、糊化ピーク温度ともに、育成系統の中では「北海 114 号」、「勝系 58 号」が高く、「16107-70」、「16134-5」が低い。糊化熱も 18.3~19.9 J/g といった狭い分布を示す。色彩色差計によるでん粉の色彩値 (L\*値、a\*値、b\*値) の結果を表 5 に示す。いずれの品種系統も L\*値が 95 以上、a\*値、b\*値がともに 0 に近く、白度については満足のいく結果である。

現在、Gp 抵抗性でん粉原料用系統として最も有望な「北海 114 号」のでん粉については、以下に示す特徴がある。まず、大粒のでん粉を含有しているため、でん粉製造時において粒子が沈殿しやすいという利点があることが示唆される。また、リン含量はこれまでの主要品種である「コナフブキ」とほぼ同等で、リン含量の影響を受けるとされる離水率や RVA によるピーク粘度、ブレイクダウンも「コナフブキ」とほぼ同等の値を示す。次いで有望とされている「勝系 58 号」のでん粉は、リン含量が高いため、ピーク粘度、ブレイクダウンがともに高く、粘りを活かすような食品開発に適性があると考えられる。

## 6. 今後期待される成果

Gp 抵抗性でん粉原料用品種の開発を推進することにより、Gp の発生地域拡大を防止することが期待される。でん粉特性の優れた品種開発を通じて、馬鈴しょでん粉を利用する食品産業の振興にも貢献する。

< 具体的データ >

表 1 Gp 抵抗性でん粉原料用品種系統の農業特性 (2022 年度栽培)

	上いも数 (個/株)	上いも平均重 (g)	上いも重 (kg/10a)	でん粉価 (%)	でん粉収量 (kg/10a)
コナフブキ	12.5	64.5	3586.0	19.0	684.4
パールスターチ	9.8	114.1	4974.6	17.9	887.5
コナヒメ	12.4	68.5	3755.3	19.0	712.3
フリア	17.2	68.6	5216.7	15.5	805.8
北海114号 (勝系54号)	18.2	73.4	6004.8	18.3	1099.0
勝系58号 (17156-69)	13.5	72.5	4330.4	18.5	800.7
16057-17	13.7	81.2	4988.9	16.0	801.5
16107-70	13.2	85.6	4996.0	14.8	737.4
16134-5	14.3	68.8	4359.9	16.2	707.0

表2 Gp 抵抗性でん粉原料用品種系統のでん粉のリン含量、アミロース含量、メジアン径、離水率 (2022 年度栽培)

	リン含量 (mg/100g)	アミロース 含量(%)	メジアン径 ( $\mu\text{m}$ )	離水率 (%)
コナフブキ	76.9	23.2	42.3	40.9
パールスターチ	99.1	20.1	40.0	31.2
コナヒメ	61.4	23.5	43.5	36.3
フリア	67.2	25.1	46.5	40.9
北海114号 (勝系54号)	69.3	25.1	48.3	41.1
勝系58号 (17156-69)	92.7	21.9	38.4	43.9
16057-17	70.4	22.0	45.3	35.4
16107-70	81.6	18.9	40.2	30.2
16134-5	92.6	21.7	45.4	34.4

表3 Gp 抵抗性でん粉原料用品種系統のでん粉の RVA による粘度特性値 (2022 年度栽培)

	ピーク粘度 (RVU)	ブレイクダウン (RVU)	セットバック (RVU)
コナフブキ	333.7	193.4	18.6
パールスターチ	360.8	249.2	15.8
コナヒメ	286.3	157.6	18.2
フリア	317.2	197.8	10.4
北海114号 (勝系54号)	320.0	191.4	17.2
勝系58号 (17156-69)	370.2	251.3	10.1
16057-17	334.6	222.6	14.5
16107-70	313.5	213.3	12.5
16134-5	350.7	242.1	12.6

表4 Gp 抵抗性でん粉原料用品種系統のでん粉の DSC による糊化特性値 (2022 年度栽培)

	糊化開始温度 (°C)	糊化ピーク温度 (°C)	糊化熱 (J/g)
コナフブキ	65.4	67.7	19.9
パールスターチ	63.9	66.7	19.2
コナヒメ	64.0	66.2	19.5
フリア	65.1	67.6	19.4
北海114号 (勝系54号)	65.5	68.5	19.6
勝系58号 (17156-69)	65.5	68.5	19.8
16057-17	64.6	67.4	19.0
16107-70	63.7	66.7	19.2
16134-5	63.7	67.2	18.3

表5 Gp 抵抗性でん粉原料用品種系統のでん粉の色彩値 (2022 年度栽培)

	L*	a*	b*
コナフブキ	96.5	-0.03	1.05
パールスターチ	96.0	0.02	1.31
コナヒメ	95.5	-0.02	1.13
フリア	96.3	-0.03	1.21
北海114号 (勝系54号)	95.9	-0.14	1.27
勝系58号 (17156-69)	96.2	0.03	1.12
16057-17	96.3	-0.15	1.21
16107-70	96.4	-0.19	1.67
16134-5	95.9	-0.01	1.53



# 日本未発生の馬鈴しょ寄生性線虫のでん粉原料用馬鈴しょ道内主要栽培品種に対する加害性の解明（継続課題）

1. 研究機関 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
植物防疫研究部門

2. 研究期間 令和5年度～令和6年度

## 3. 研究目的

- (1) 馬鈴しょの有害線虫であるコロンビアネコブセンチュウ (*Meloidogyne chitwoodi*, 以下 Mc)、ニセコロンビアネコブセンチュウ (*M. fallax*, 以下 Mf)、ニセネコブセンチュウ (*Nacobbus aberrans*, 以下 Na) の3種は、日本未発生であり、輸入植物検疫上も寄主植物地下部の栽培地検査を要求するなど、重要度の高い有害線虫として侵入を警戒している。
- (2) 植物防疫法の一部改正により重要病害虫に係る侵入警戒態勢が強化される中、上記3種の線虫が日本産馬鈴しょ品種に発生した場合、どのような病徴（寄生程度や根のコブのつき方など）を示すか明らかではなく、早期発見に向けた情報が不足している。特に、栽培面積の多い北海道内の主要栽培品種における加害程度の情報が重要となる。
- (3) このため、これら3種の線虫のでん粉原料用馬鈴しょ道内主要栽培品種に対する接種試験を行い、各品種における寄生程度や病徴を明らかにすることで、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) 線虫3種の接種原調製のための増殖条件等の検討  
植物防疫法に基づき農林水産大臣の許可を得て輸入し、管理・保有している Mc（米国産）、Mf（英国産）、Na（ペルー産）のそれぞれについて十分量の接種幼虫頭数を効率的に確保するために、増殖に用いる植物や温度・栽培期間などの条件を検討する。なお、これら3種の線虫はいずれも許可条件に基づき、施設内の人工気象器やインキュベータ内での増殖を前提とする。
- (2) でん粉原料用馬鈴しょ品種への線虫接種試験  
上記3種の線虫について、でん粉原料用馬鈴しょ主要品種に幼虫接種し、一定期間栽培後の寄生程度や病徴（根のコブ・ゴールの形成の様子）を調査する。なお、1年目はコナフブキ、パールスターチ、フリアへの接種試験を実施し、2年目は1年目の追試に加えてコナヒメ、コナユタカへの接種試験を実施する。

## 5. 研究結果（令和5年度のまとめ）

- (1) 線虫3種の接種原調製のための増殖条件等の検討  
輸入許可のもとすでに保有している Mc（米国産）、Mf（英国産）、Na（ペルー

産)のそれぞれについて十分量の接種幼虫頭数を効率的に確保するために、増殖に用いる植物や温度・栽培期間などの条件を検討した。これら3種の線虫はいずれも輸入許可品のため人工気象器・インキュベーター内で接種試験を行う必要があったため、植物培養試験管を用いた小規模での増殖が可能か検討した。

IWAKIの植物培養試験管(φ25 mm×H 100 mm、リム無)を用いて、ポテトバッグ(プロトリーフ)の土を利用したトマト「強力米寿」およびつるなしインゲン「さつきみどり2号」の植物栽培を試行してキタネコブセンチュウ *M. hapla* の単卵のうを接種し、キャップをして25℃のインキュベーターで16H照明下に置いて40日後に観察したが、コブは確認できなかった(図1)。φ30 mm×H 120 mm試験管を用いてつるなしインゲン「さつきみどり2号」を播種し、Mcを接種して同様に栽培したが、コブや卵のうは確認できなかった。ポテトバッグの土は、そのまま廃棄できることが利点であったが、線虫接種には適していないと考えられた。

なお、Naに係る研究成果については、次年度にまとめて報告する。

## (2) でん粉原料用馬鈴しょ品種への線虫接種試験

上記3種の線虫について、コナフブキ、パールスターチ、フリアの3品種に幼虫接種し、一定期間栽培後の寄生程度や病徴(根のコブ・ゴールの形成の様子)を調査した。接種方法としては、3種の線虫ともに大量の卵のうを採集することが困難であったことから、トマトのポット栽培により増殖させた汚染土を接種する方法をとり、10.5 cmポットを用いて浴光催芽した小玉(50 g未満)の塊茎および対照となるトマト「強力米寿」苗に接種し、LED照明(16H照明)を備えたインキュベーター内で一定期間栽培後に地下部の状態を確認した。なお、汚染土に粒状培土(JAニッピ園芸培養土1号)を加えて植え付けた。

Mc:汚染土50 gを馬鈴しょ3品種およびトマト(各2ポット)に接種し、25℃で栽培後45日目にトマト、52日目にコナフブキおよびフリア、56日目にパールスターチのポットをそれぞれ解体したところ、いずれも多数の卵のうが生じていたが、明瞭なコブは形成せず、わずかに根が肥大する程度であった(図2)。このため、当該馬鈴しょ3品種はいずれもMcの寄主であることがわかった。

Mf:汚染土50 gを馬鈴しょ2品種(コナフブキは供試できなかった)およびトマト(各2ポット)に接種し、25℃で栽培後46日目にすべてのポットをそれぞれ解体したところ、パールスターチとトマトでは複数の卵のうが生じていたが、明瞭なコブは形成せず、わずかに根が肥大する程度であった(図3)。一方、フリアは1ポットが途中で枯死しており、もう1ポットも根張りが悪く、卵のうも確認できなかった。このため、パールスターチがMfの寄主であることはわかったが、フリアについては再試験が必要であった。

Na:次年度にまとめて報告する。

## 6. 今後期待される成果

今後、3種の線虫の馬鈴しょ品種に対する寄生可否、寄生時の根の様子などの情報や簡易な検診技術などの成果が得られ、これらの線虫種が万一侵入した際の早期発見や防除対策に寄与することが期待される。

<具体的データ>



図1 植物培養試験管（φ25 mm×H 100 mm）による寄主植物の栽培  
左2本がトマト「強力米寿」、右2本がつるなしインゲン「さつきみどり2号」。キタネコブセンチュウの卵のうを接種し25℃で40日間栽培したが、コブは確認できなかった。



図2 コロンビアネコブセンチュウ (Mc) の寄生状況

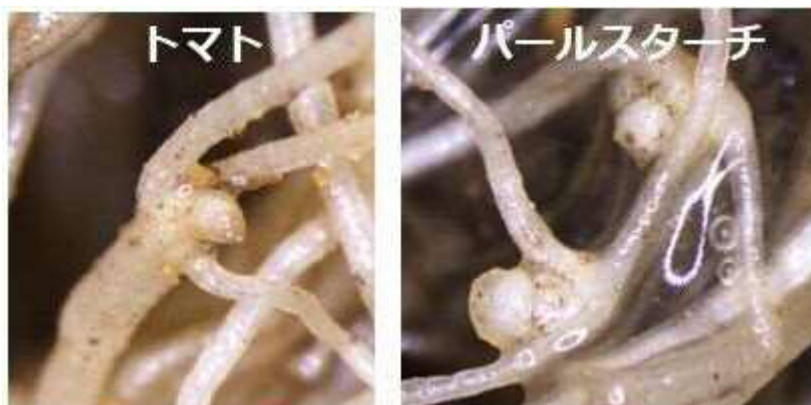


図3 ニセコロンビアネコブセンチュウ (Mf) の寄生状況





# アブラムシの捕獲個体数とウイルス保毒虫の有無に基づいた ジャガイモ Y ウイルスの感染リスク評価(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5年度

## 3. 研究目的

- (1) ジャガイモ Y ウイルス (PVY) は、アブラムシが媒介する馬鈴しょの重要病原ウイルスである。馬鈴しょ生産現場では、トラップでアブラムシを捕獲し、重要媒介虫とされる4種(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)の捕獲個体数に基づいて馬鈴しょのPVY感染リスクを評価している。応募者らによる平成28-30年度の本事業において、重要媒介虫4種以外にも様々な種のアブラムシがPVYを媒介していることが示唆された。さらに、令和4年度の本事業においては、2地点の解析結果ではあるものの、トラップで捕獲したアブラムシ全種の個体数がPVY感染馬鈴しょ株数に影響を与えていることが示唆された。また、省力的にアブラムシのPVY保毒を検定できる手法も確立できた。
- (2) 捕獲したアブラムシ全種の個体数に基づいてPVY感染リスクを評価するためには、調査地点や調査年次を増やしてデータ解析をする必要がある。また、省力的なアブラムシのPVY保毒検定手法により、馬鈴しょのPVY感染リスクを評価できるのかも検討する必要がある。
- (3) このため、本事業では種苗管理センターの各農場に蓄積された過去のアブラムシ捕獲データとPVY感染株抜き取りデータを収集して解析するとともに、トラップ捕獲したアブラムシのPVY保毒を検定することで、馬鈴しょのPVY感染リスクを評価し、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) トラップ捕獲アブラムシ全種の個体数に基づいた馬鈴しょのPVY感染リスク評価  
令和4年度の本事業では、北海道農業研究センター(札幌市)での圃場調査に加え、種苗管理センターA農場の過去10年分のアブラムシのトラップ捕獲データとPVY感染株の抜き取りデータを収集して解析した。本年度は種苗管理センターのB農場およびC農場からも新たにデータを収集して解析した。なお、D農場からもデータを収集したが、PVY感染株抜き取り数が極端に少なかったため解析には用いなかった。アブラムシ捕獲データは、トラップ回収間隔が農場によって異なることから、1日当たりの捕獲個体数を算出して調整した。感染株抜き取りデータは、PVY抵抗性馬鈴しょ品種は除外し、また年次によって植え付け株数が異なることから、100万株あたりの抜き取り株数に調整した。

新たに収集した B 農場および C 農場のデータは、各年のアブラムシ全種のトラップ捕獲個体数（各農場においてトラップ設置期間が全年で共通期間の合計個体数：B 農場では 6/12 から 8/14 まで、C 農場では 6/12 から 8/15 までの合計個体数）を説明変数、各年の 100 万株当たりの PVY 感染馬鈴しょ株抜き取り数を目的変数とした回帰分析を行った。

また、A 農場のデータでは、令和 4 年度の本事業により、各年のアブラムシ全種のトラップ捕獲個体数（トラップ設置期間が全年で共通の 6/24 から 8/8 までの合計個体数）と各年の 100 万株当たりの PVY 感染馬鈴しょ株抜き取り数との間には有意な正の関係があった（図 1）。A 農場では過去 10 年中 9 年で 7 月以降に PVY 感染馬鈴しょ株が抜き取られ始めていたことから（図 2）、6 月までのアブラムシのトラップ捕獲個体数に基づいて 7 月以降の PVY 発生量を予察することを想定し、6 月までのアブラムシ全種の捕獲個体数を説明変数、7 月以降の PVY 感染株の抜き取り数を目的変数とした回帰分析を行った。

## (2) トラップ捕獲アブラムシからの PVY 検出に基づく馬鈴しょの PVY 感染リスク評価

PVY 感染馬鈴しょを植えた実験圃場の風下側に、PVY の病徴が目視で確認しやすいトヨシロを植えた調査圃場を北海道農業研究センター内に設計した（図 5）。アブラムシ捕獲のための黄色水盤トラップを設置し、6 月 24 日から 8 月 1 日まで 3-4 日おきに回収した。黄色水盤トラップは、圃場中央部に大型タイプを 2 基、圃場両端に小型タイプを 20 基設置した（図 6）。捕獲したアブラムシは全種の個体数を計数し、6 月に捕獲したアブラムシについては 1 個体ずつ簡易的手法により PVY 保毒を検定した。また、トラップ捕獲アブラムシ回収日には、PVY の病徴と思われる部位をサンプリングし、ELISA 法により PVY 感染を検定した。

## 5. 研究結果

### (1) トラップ捕獲アブラムシ全種の個体数に基づいた馬鈴しょの PVY 感染リスク評価

B 農場では、各年のアブラムシ全種のトラップ捕獲個体数と各年の 100 万株当たりの PVY 感染馬鈴しょ株抜き取り数との間には正の関係があるように見られたものの、有意ではなかった（図 3 上、尤度比検定、 $P > 0.05$ ）。一方、C 農場では、正の関係は認められなかった（図 3 下、尤度比検定、 $P > 0.05$ ）。

A 農場では 6 月までのアブラムシ全種の捕獲個体数と 7 月以降の PVY 感染株の抜き取り数との間には正の関係があった（図 4、尤度比検定、 $P < 0.05$ ）。

## (2) トラップ捕獲アブラムシからの PVY 検出に基づく馬鈴しょの PVY 感染リスク評価

アブラムシ捕獲個体数は7月4日回収分から急増した。PVY 感染ジャガイモ株は7月7日に初めて確認され、アブラムシが急増した約2週間後の7月17日に急増した(図7)。これらの傾向は、昨年調査結果と同様であった。PVY 保毒アブラムシは最初のトラップ回収日である6月24日から確認され、その後の増減には明瞭な傾向はなかった(表1)。

## 6. 今後期待される成果

A農場では、6月までのアブラムシ全種の捕獲個体数が、7月以降のPVY感染馬鈴しょ株の抜き取り数に有意な影響を与えていたことから(図4)、今後はアブラムシのトラップ捕獲個体数に基づいてPVY感染リスクを評価でき、しかも重要媒介虫4種のように種別の計数も不要となることが期待できる。しかし、B農場およびC農場では有意な影響が認められず、またPVY保毒アブラムシの増減も明瞭な傾向はなかった。そのため、PVY感染馬鈴しょ株に有意な影響を与えている他の要因を探索し、リスク評価手法を改良する必要がある。

また、PVY感染リスク評価に加えて、アブラムシを効率的に防除できるように、アブラムシ発生リスクを評価することも重要である。今後、アブラムシ捕獲データと気象データとの関係を解析していく計画である。

### 用語解説

#### ※1：回帰分析、説明変数、目的変数

回帰分析とは、要因と結果との関係を数式で表現し、要因が結果に対する影響がどの程度かを分析する統計的手法である。要因となっている変数を説明変数、結果となっている変数を目的変数と呼ぶ。本事業では説明変数は「アブラムシのトラップ捕獲個体数」、目的変数は「PVY感染馬鈴しょ株の抜き取り数」である。

#### ※2：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装置が黄色水盤トラップである。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。

< 具体的データ >

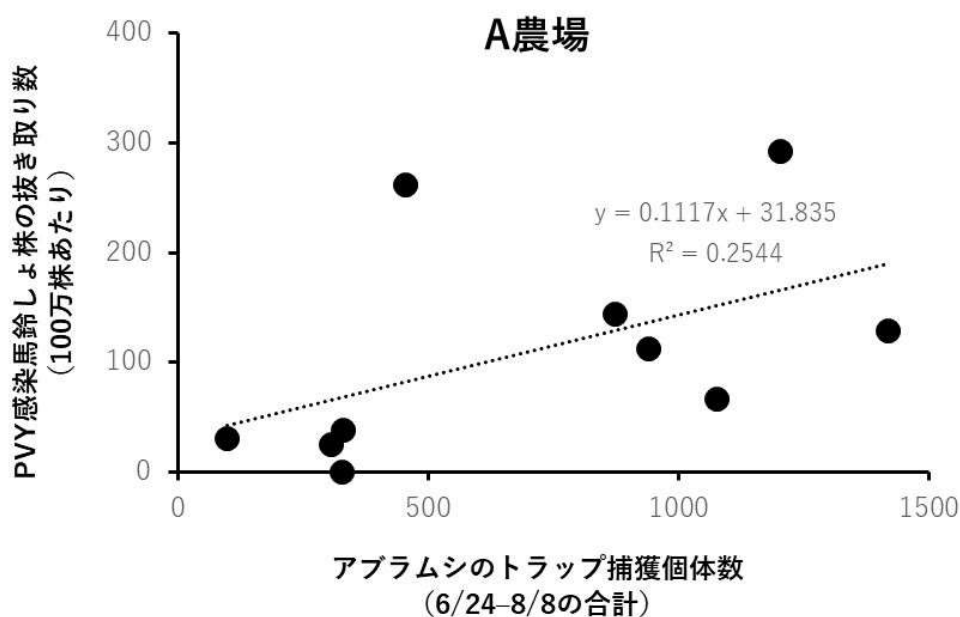


図1 アブラムシトラップ捕獲個体数と PVY 感染馬鈴しょ株抜き取り数との関係 (種苗管理センターA農場における10年分のデータ、令和4年度本事業の成果)

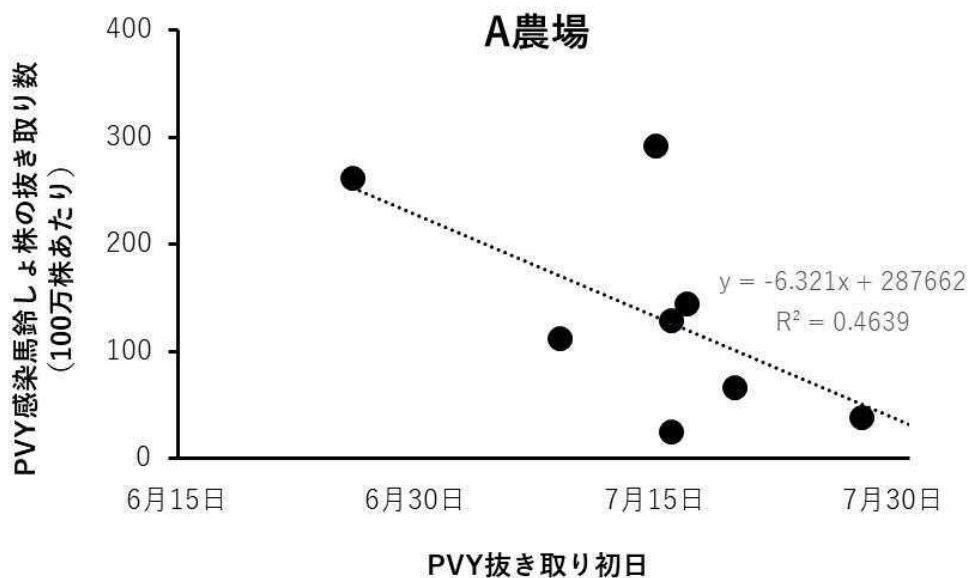


図2 PVY 抜き取り初日とその年の PVY 感染馬鈴しょ株抜き取り数との関係 (種苗管理センターA農場における8年分のデータ)

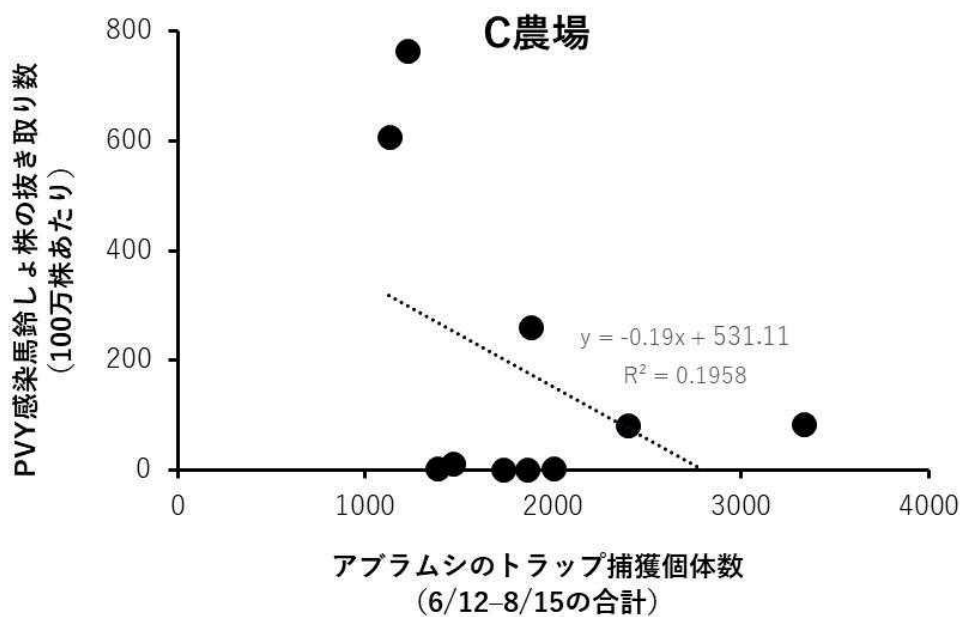
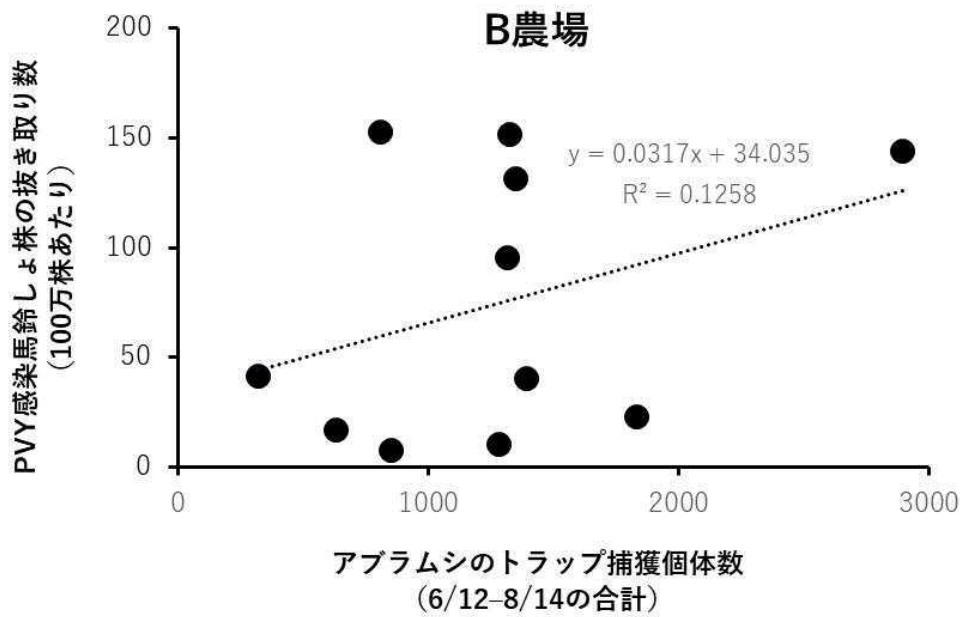


図3 アブラムシトラップ捕獲個体数と PVY 感染馬鈴しょ株抜き取り数との関係  
 (上：種苗管理センターB農場における 11 年分のデータ、下：種苗管理センターC農場における 10 年分のデータ)

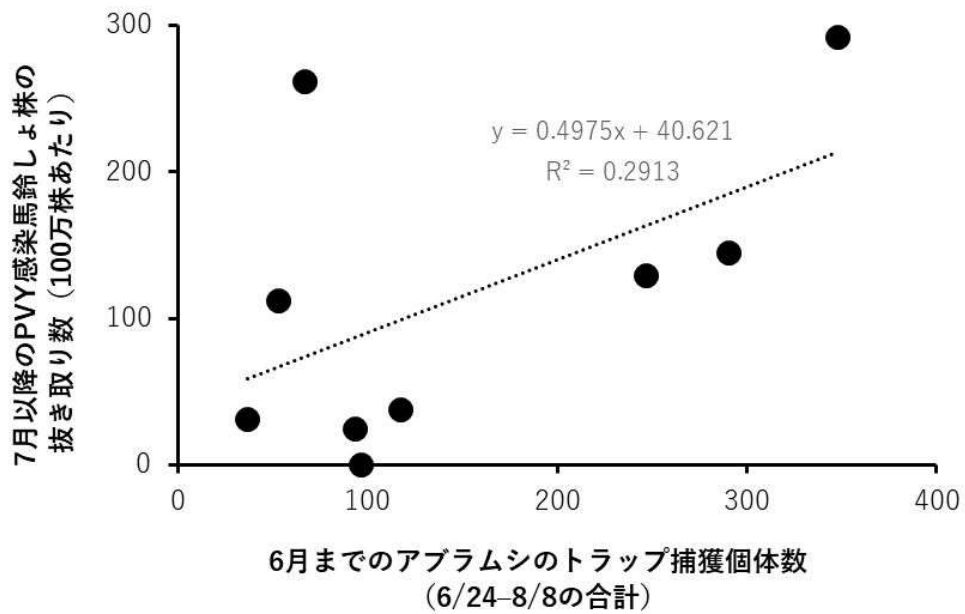


図4 6月までのアブラムシトラップ捕獲個体数と7月以降のPVY感染馬鈴しょ株抜き取り数との関係 (種苗管理センターA農場における9年分のデータ)



図5 アブラムシトラップ捕獲とPVY感染馬鈴しょの調査圃場





図6 調査圃場に設置した黄色水盤トラップ（左：大型タイプ、右：小型タイプ）

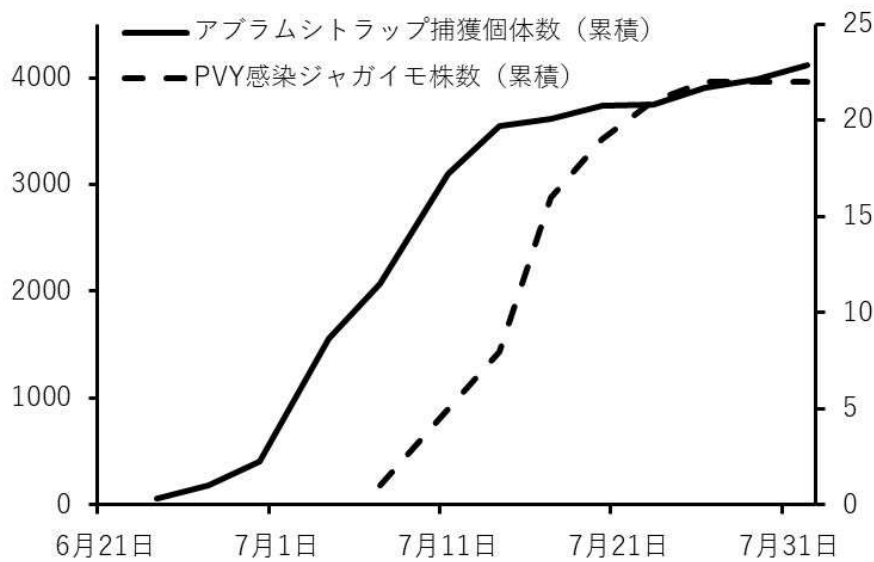


図7 アブラムシトラップ捕獲個体数とPVY感染株数の推移（北海道農業研究センターにおける調査）

表1 6月のアブラムシトラップ捕獲数とPVY保毒アブラムシ数

	6月24日	6月27日	6月30日
アブラムシトラップ捕獲個体数	63	126	214
PVY保毒アブラムシ個体数 (%)	8 (12.7%)	12 (6.3%)	24 (6.0%)





# 馬鈴しょのエンドファイトによるジャガイモ 黒あし病発病抑制効果の評価 (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～令和5年度

## 3. 研究目的

- (1) ジャガイモ黒あし病（以下黒あし病）は種いも伝染性の細菌病害であり、種いも生産現場における最重要病害のひとつである。平成26年には種苗管理センターの原原種生産ほ場で黒あし病が発生し、種いもの安定生産の根幹を揺るがす事態となった。
- (2) 黒あし病の防除のためには、無病種いもの使用、種いも消毒、切断刀の消毒、病株の早期発見と抜き取り、収穫後の種いも表面の乾燥等が行われている。しかし、黒あし病菌は種いも表面のほか、内部にも保菌されることが明らかになっており、この場合は種いも消毒の効果が期待できず、防除が難しい。一方で、馬鈴しょの植物体内から分離された内生細菌（エンドファイト）を利用した黒あし病の防除技術はこれまでに開発されておらず、内部保菌した種いもにも有効な新たな防除手段として期待される。
- (3) このため、本研究では馬鈴しょの植物体内から分離された内生細菌（エンドファイト）の中から、黒あし病の発病抑制効果を有するものを探索、評価する。本研究で有望菌株を見出すことができれば、ジャガイモ黒あし病に対する新たな防除手段の開発につながり、ひいては北海道馬鈴しょ及び馬鈴しょでん粉の安定的な生産振興に資することができる。

## 4. 研究内容

### (1) 馬鈴しょ内生細菌（エンドファイト）供試菌株

2003年に道内4カ所の馬鈴しょほ場で採取した土壌で栽培した馬鈴しょ苗の根内部から分離後、凍結保存していた馬鈴しょの細菌エンドファイトコレクション2,016株のうち、増殖が認められた872株を供試した。

### (2) 黒あし病菌による塊茎腐敗抑制効果の評価

馬鈴しょ塊茎スライスをコルクボーラーで打ち抜いて作成したディスク（直径9mm×厚さ約5mm）を、24マルチウェルプレートの各ウェルに挿入後、供試菌株の液体培養菌液を100μL注加し（ディスクあたり約 $10^7$  cfu）、前接種した。4～5時間静置後、ジャガイモ黒あし病菌（*Pectobacterium brasiliense* kbs-1株）の菌液10μL（同約 $10^5$  cfu）をディスクに接種した。25℃で48時間培養後、塊茎ディスクの腐敗状況を調査し、黒あし病菌による塊茎腐敗に対する、供試菌株の抑制

効果の評価した（図 1）。1 菌株につき、ディスク 3 枚を供試し、3 枚とも軟化腐敗が認められなかったものを有効と判定した。供試菌株および黒あし病菌とも接種しない区（無接種区）、ならびに黒あし病菌のみ接種した区（無処理区）を設けた。

(3) 有効エンドファイト菌株による黒あし病発病抑制効果の評価（ポット試験）

黒あし病菌接種種いもに対して、塊茎ディスク腐敗抑制効果を示したエンドファイト 27 菌株を浸漬接種してポットに植え付けてガラス温室内で栽培し、黒あし病の発病経過を調査した。

(4) 有効エンドファイト菌株による黒あし病発病抑制効果の評価（ほ場試験）

黒あし病菌（Pcb）を予め減圧接種した種いも（トヨシロ）に、(3) で選抜したエンドファイトのうち、5 菌株を種いも浸漬接種した後、北農研ほ場に植え付け、黒あし病の発病経過を観察した。

(5) 有効エンドファイト菌株の同定

(4) で有効と判断された菌株（3A1、6F10、13C4）、ならびに(3) で有効性が認められた 13A3 株を加えた 4 菌株について、16S リボソーム DNA の塩基配列を解読し、BLAST を利用して相同性検索を行った。また、4 菌株の細菌学的性状について、API20NE キットを用いて同定を行った。

## 5. 研究結果

(1) 黒あし病菌による塊茎腐敗抑制効果の評価

供試した 872 菌株のうち、効果が確認された 28 菌株を以降の黒あし病発病抑制能力評価にむけ選抜した。

(2) 有効エンドファイト菌株による黒あし病発病抑制効果の評価（ポット試験）

種いも処理により黒あし病の発病抑制効果が認められたものが 13 菌株見出された（表 1）。これらの菌株では、収穫した次代塊茎の保菌も抑制されていたことから、有効菌株として選抜し、ほ場における発病抑制効果の評価に供することとした。

(3) 有効エンドファイト菌株による黒あし病発病抑制効果の評価（ほ場試験）

供試した 5 菌株中、3 菌株（3A1、6F10、13C4）で防除効果が認められた（表 2）。

(4) 有効エンドファイト菌株の同定

BLAST による相同性検索の結果、3A1 株は *Pseudomonas* sp. と推定されたが、同定には至らなかった。一方、6F10、13A3、13C4 株はいずれも *Agrobacterium fabrum* の配列とほぼ一致した。また、4 菌株の細菌学的性状について、API20NE キットを用いて同定を行った結果、3A1 株は *Pseudomonas fluorescence*、6F10、13A3、13C4 株はいずれも *Rhizobium radiobacter* と同定された。後者について、*R. radiobacter* は、もとは *A. tumefaciens* とされていたものであり、*A. fabrum* は *A. tumefaciens* genomovar G8 が種に格上げされて設定されたものから、16S rDNA 塩基配列による相同性検索結果と合わせ、供試菌株 6F10、13A3 および 13C4

を *A. fabrum* と同定した。

これら 4 菌株のうち、*A. fabrum* はこれまでにジャガイモ黒あし病に対する発病抑制効果の報告例がなく、新規性が認められたことから、*A. fabrum* 3 菌株を用いたジャガイモ黒あし病防除に関して、「ジャガイモ黒あし病防除剤」として、2024 年 2 月 16 日付で特許出願を行った（特願 2024-021864）。

#### 4. 今後期待される成果

本課題において選抜された 4 菌株は、ほ場試験において有効性が確認されているが、小規模の試験レベルでの確認に留まっており、さらに規模を拡大した評価試験を行う必要がある。また、製剤化に向けた施用濃度や処理方法など、最適な処理条件の設定が必要である。これらを明らかにし、ジャガイモ黒あし病に対する新たな防除メニューに加えることができれば、ジャガイモ栽培工程における化学農薬使用量の削減に繋がり、国が定めたみどりの食料戦略に合致した営農体系の確立に貢献することが期待される。

< 具体的データ >



図 1 黒あし病菌による塊茎腐敗能抑制試験  
右 3 列 3 段目が黒あし病菌のみ接種区、4 段目が無処理

表1 エンドファイト種いも接種によるジャガイモ黒あし病発病抑制試験結果（ポット試験）

処理	供試株数	出芽数	黒あし病	次代保菌	総合判定
無接種	5	5	0	0	
無処理 (kbs-1)	5	5	<b>1</b>	<b>3</b>	
アグレプト	5	4	0	<b>4</b>	
2B7	5	5	1	5	×
2G6	5	5	2	3	×
2G8	5	3	1	1	×
<b>3A1</b>	5	3	<b>0</b>	<b>0</b>	△
<b>5F10</b>	5	4	<b>0</b>	<b>1</b>	○
<b>6F10</b>	5	4	<b>0</b>	<b>1</b>	○
<b>13A3</b>	5	4	<b>0</b>	<b>1</b>	○
<b>13C4</b>	5	4	<b>0</b>	<b>1</b>	○
13G3	5	4	1	0	×
13G8	5	2	0	2	×
<b>15F12</b>	5	5	<b>0</b>	<b>2</b>	△
<b>15G8</b>	5	4	<b>0</b>	<b>1</b>	○
15G12	5	5	1	3	×
<b>17A12</b>	5	3	<b>0</b>	<b>1</b>	△
17B12	5	1	0	0	×
17D5	5	3	1	1	×
19A9	5	2	1	1	×
<b>19B12</b>	5	3	<b>0</b>	<b>1</b>	△
<b>19C10</b>	5	3	<b>0</b>	<b>1</b>	△
19E2	5	5	0	3	×
<b>19E8</b>	5	5	<b>0</b>	<b>1</b>	○
19F3	5	4	0	4	×
19F4	5	2	0	0	×
19F11	5	5	0	3	×
20E4	5	2	0	1	×
<b>20F6</b>	5	5	<b>0</b>	<b>2</b>	△
<b>21F3</b>	5	3	<b>0</b>	<b>1</b>	△

萌芽数3以上、黒あし病無発病で、次代塊茎の保菌陽性株数2以下のものを選抜した

表2 エンドファイト種いも接種によるジャガイモ黒あし病発病抑制試験結果（ほ場試験）

処理	不萌芽率	出芽率	発病株率	防除価	総合判定 (日植防基準)
無接種	13.9	91.7	0.0		
無処理 (kbs-1)	8.3	91.7	32.3		
アグレプト	22.2	75.0	3.2	90.0	A
3A1	22.2	75.0	12.9	<b>60.0</b>	<b>B</b>
5F10	22.2	83.3	25.8	20.0	D
6F10	25.0	75.0	16.1	<b>50.0</b>	<b>B</b>
13C4	27.8	58.3	6.5	<b>80.0</b>	<b>A</b>
19E8	30.6	75.0	19.4	40.0	C

注1) いずれも1区12株、3反復の平均値

注2) 黒あし病発病株率算出にあたっては、供試株数から無処理区の不萌芽数平均を差し引いて補正

注3) 日植防判定基準 A: 61以上、B: 41~60、C: 21~40、D: 20以下

# 馬鈴しょ疫病の効率的な防除を目的として疫病菌の 動態調査と防除技術開発に関する試験研究（継続課題）

1. 研究機関 北海道大学大学院農学研究院 植物病理学研究室

2. 研究機関 令和5年度～令和7年度

## 3. 研究目的

(1) 研究実施の背景：馬鈴しょ疫病は100年以上前から北海道に存在している病害であるが、現在でも条件によって大発生する場合があります、これによる損失は未だに大きなものになっている。

(2) 研究の必要性：

- ・近年病原菌の系統の変化が起こっている可能性が示されているため、各地の疫病菌の馬鈴しょ品種に対する病原性や薬剤耐性の多様性を把握する必要がある。

- ・効果的な防除技術開発のためには、疫病菌が土壌中の塊茎に与える影響および疫病その他の要因による塊茎腐敗についての多くの不明点を解明する必要がある。

- ・新しい方法による収穫前および収穫後の塊茎の保全に関する技術を開発する必要がある。

(3) このため、馬鈴しょ疫病の防除に関する基礎的知見の集積および防除技術開発を目的とする各種試験を行い、北海道馬鈴しょ及び馬鈴しょでん粉の安定的な生産に資する。

## 4. 研究内容と成果

(1) 北海道における馬鈴しょ疫病菌の新系統に関する調査

2023年に採取した馬鈴しょ疫病菌の遺伝子型および二種類の殺菌剤に対する感受性を調査した。今回の調査では24菌株分離され、マイクロサテライトマーカーを用いた遺伝子型解析の結果、JP-4が22菌株、JP-3が1菌株、JP-1が1菌株であった。メタラキシル剤（図1）に対してはJP-4に中間耐性を示す菌株が見られたが、JP-3のEC50よりはるかに小さいことからJP-3は中間耐性から耐性、JP-4は感受性を持つという従来の傾向におおむね一致していると考えられた。マンジプロパミド感受性試験では感受性および中間耐性が確認されたが、遺伝子型、地理、メタラキシル-M感受性との間に明確な関係は見られなかった。本試験を来年以降も継続して行なうことでさらに正確な馬鈴しょ疫病菌の集団構造の把握や今後の動向を推測することが可能になると考えられた（図2）。

## (2) 塊茎腐敗症状の原因に関する調査

2023年5月から10月の期間に、北海道（十勝，網走，日高地方）で収穫され、貯蔵されていた馬鈴しょ塊茎に軟腐症状が発生した。原因を特定するために腐敗塊茎から病原細菌の分離を試みた（図3）。分離した細菌株を塊茎スライスに接種したところ、軟腐症状が再現された。16SrRNA 遺伝子に基づく系統解析から、分離細菌株群は *Pectobacterium* 属、*Bacillus* 属及び *Paenibacillus* 属細菌で構成されることがわかった。ハウスキーピング遺伝子に基づく系統解析により、分離 *Pectobacterium* 属細菌株群は最低でも3グループによって構成されていること（図4）、分離 *Bacillus* 属細菌株群は *B. altitudinis* や *B. safensis* と近縁であること（図5）、分離 *Paenibacillus* 属細菌は *Paenibacillus xylanexedens* と近縁であること（図6）が推定された。1つの貯蔵場所から上記3属が分離された場合があり、複数の病原性細菌が馬鈴しょ塊茎に同時に軟腐症状を引き起こす可能性があることが示唆された。

## 5. 今後予想される成果

北海道における馬鈴しょ疫病菌の新系統に関する調査については、本試験を来年以降も継続して行うことでさらに正確な馬鈴しょ疫病菌の集団構造の把握や今後の動向を推測し、その防除法の改良に反映させることが可能である。塊茎腐敗症状の原因に関する調査については、今回検出された各種細菌類がどのように塊茎の病害に関わっているかを詳細に検討することで、塊茎腐敗の被害を防ぐ方法の開発につながることを期待される。

< 具体的データ >

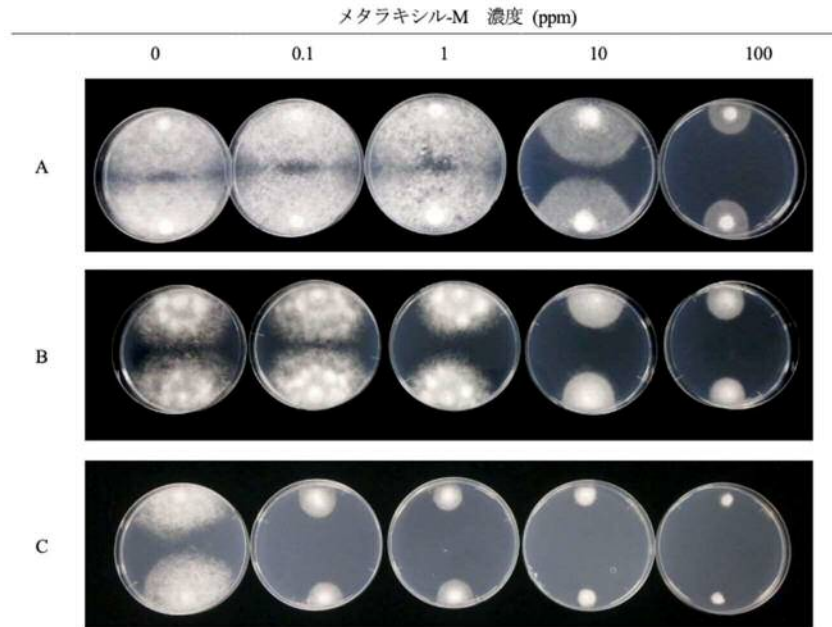


図1 馬鈴しよ疫病菌の薬剤感受性検定（メタラキシルの例）  
 A：耐性（比較用標準菌株） B：中間耐性 C：感受性

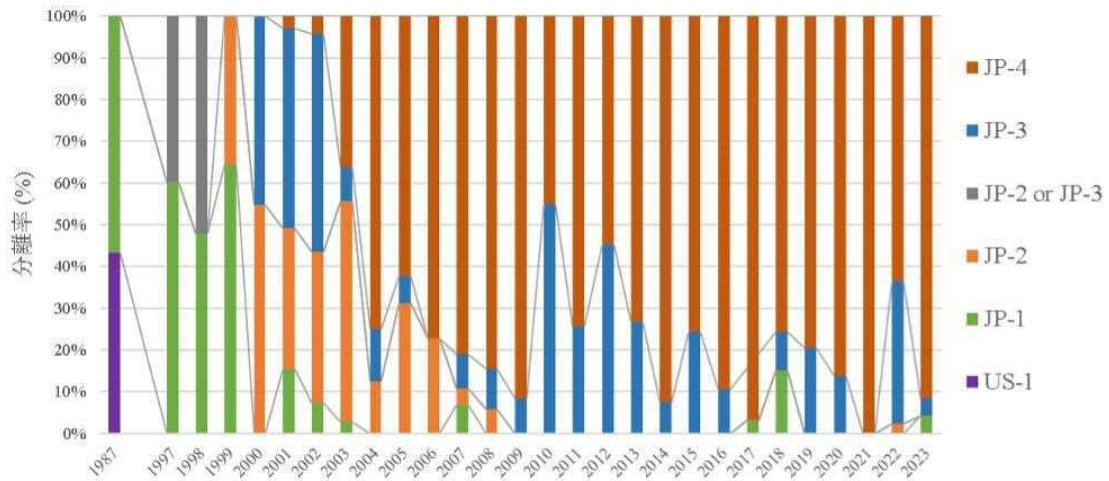


図2 日本における馬鈴しよ疫病菌の系統の推移  
 （本研究の結果を2023年分として表示）



図3 腐敗塊茎の例と分離された病原性細菌 (*Paenibacillus* 属菌)

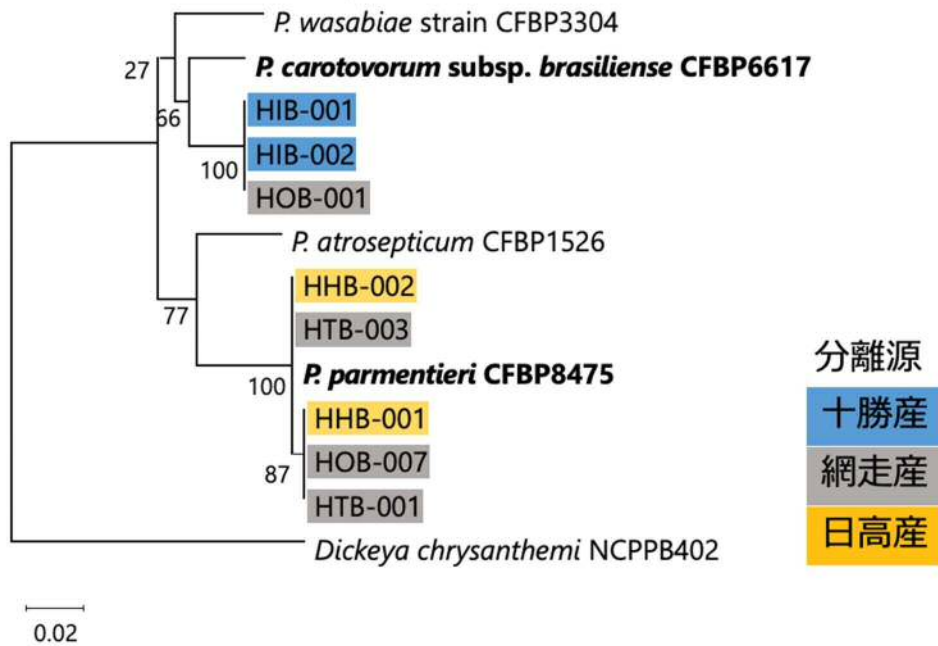


図4 分離細菌の分類的位置の推定1 (*dnaX* 遺伝子、*Pectobacterium* 属菌)  
本研究で分離した細菌株を網目付で表示 (図5・図6も同じ)



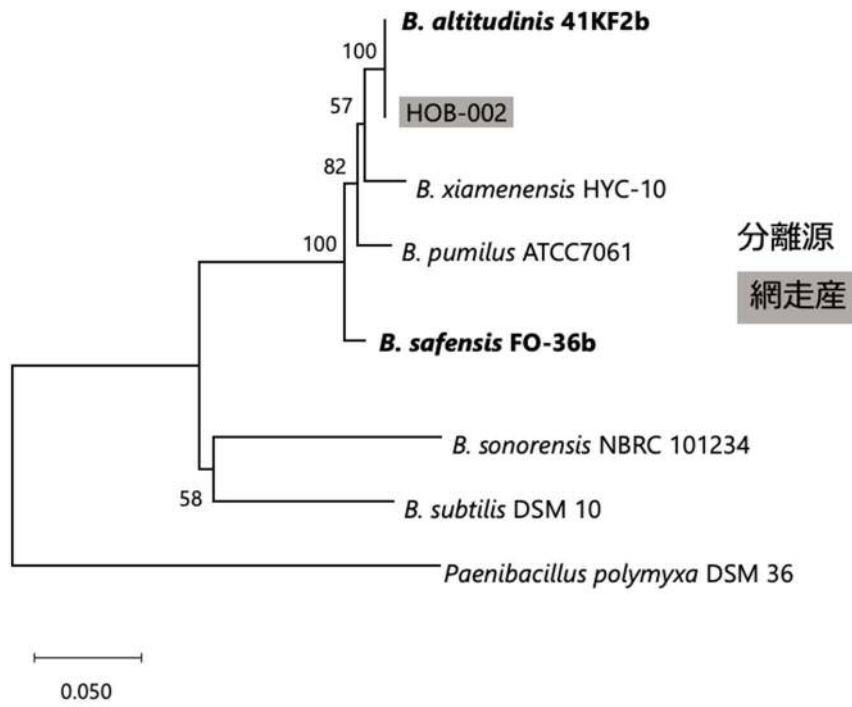


図5 分離細菌の分類的位置の推定2 (*rpoB*遺伝子、*Bacillus*属菌)

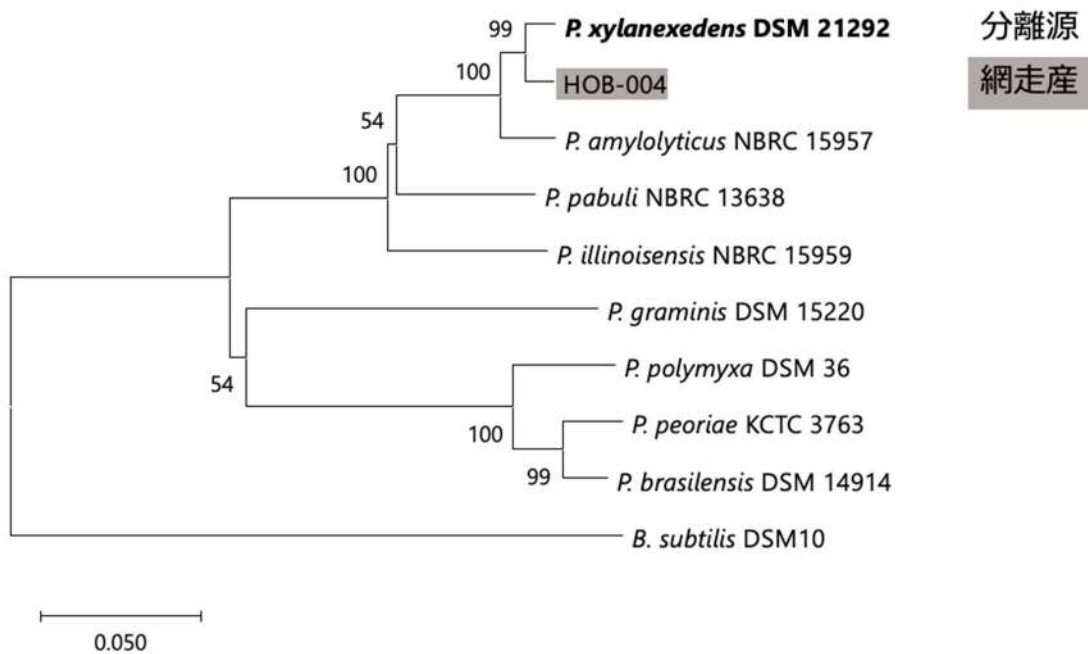


図6 分離細菌の分類的位置の推定3 (*rpoB*遺伝子、*Paenibacillus*属菌)



# 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（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 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。
- (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。これらのことから、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 1.5～3.1 mg/100g、前作；えん麦緑肥）  
供試品種：「コナヒメ」（R3～R5年度）、「コナフブキ」（R4年度）  
窒素施肥：
  1. 基肥＋開花期（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 4 kg/10a の追肥を行う。
  2. 基肥増肥：対照区の全窒素施肥量を基肥で一括施用する。
  3. 基肥のみ：基肥のみとする（全窒素施肥量は対照区から 4 kg/10a 減）。
  4. 基肥減肥：3. 基肥のみより窒素 4 kg/10a 減じる（全窒素施肥量は対照区から 8 kg/10a 減）。栽植密度：
  1. 標植（対照区）：3,885～4,444 株/10a
  2. 疎植：標植区より株間を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 4.8～7.8 mg/100g、  
前作；てんさい）

窒素施肥：(1) に準じる。

対照区は「基肥のみ」。

(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：(2) と同様。

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：

2021 年の農耕期間（5 月上旬～9 月下旬）における平均気温の積算値は平年より 26℃高い 2,570℃となり、平年比 101%であった（図 1）。降水量は、平年に比べて少なく経過した時期が多く、中でも 7 月中旬は降水が記録されず、8 月中旬および 9 月上旬の降水量もかなり少なかった。降水量の積算値は平年より 140 mm 少ない 421 mm となり、平年比 75%であった。日照時間の積算値は平年より 78 時間多い 807 時間となり、平年比 110%であった（図 2）。

2022 年の農耕期間（5 月上旬～9 月下旬）における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 3）。降水量の積算値は平年より 175 mm 多い 712 mm となり、平年比 133%であった。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 4）。

2023 年の農耕期間（5 月上旬～9 月下旬）における平均気温の積算値は平年より 347℃高い 2,898℃となり、平年比 114%であった（図 5）。降水量の積算値は平年より 103 mm 少ない 454 mm となり、平年比 82%であった。日照時間の積算値は平年より 17 時間多い 761 時間となり、平年比 102%であった（図 6）。

今回試験成果をまとめるに当たり、次の三項目で結果を整理した。①「コナフブキ」に対する「コナヒメ」の生育特性。②窒素肥沃度ではなく前作を考慮した窒素供給力別での栽植密度の影響。③疎植条件での窒素供給力に応じた窒素施肥法。

### (1) コナヒメの生育特性

「コナヒメ」の生育特性を明らかにするため、「コナフブキ」を比較対照とした栽培試験を行った。茎長は生育初期において「コナフブキ」で有意に長く推移したが、開花期以降差は無くなった（図 7）。一方、葉の重なり具合の程度を表す葉面積指数

(LAI) は生育初期から「コナヒメ」で高く推移し、開花期以降も「コナヒメ」が有意に高かった (図 8)。このことから「コナヒメ」は「コナフブキ」と比較して上部茎葉の生育が旺盛で、より過繁茂になりやすい生育特性であるといえる。開花期頃の畝間の写真からも「コナヒメ」の畝間は「コナフブキ」と比べて暗く、全体の葉数は多いことが確認される (写真 1)。「コナヒメ」の開花期 LAI とでん粉収量の間には開花期 LAI  $3.9 \text{ m}^2/\text{m}^2$  を頂点とする二次式が得られ、LAI が過大になることにより、でん粉収量は低下する傾向が見られた (図 9)。このことから、「コナヒメ」の上部茎葉の生育を抑制する栽培法が有効であると考えられた。また窒素吸収量、窒素転流率の推移は両品種間で差は無かったことから、窒素施肥法は「コナフブキ」の施肥法を適用することができると期待された (図 10, 11)。

## (2) 栽植密度の影響

「コナヒメ」の上部茎葉の生育を抑制するため、疎植での栽培が有効と考え、異なる栽植密度での栽培試験を行った。

熱水抽出性窒素 (ACN)  $1.5 \sim 3.1 \text{ mg}/100\text{g}$  と窒素肥沃度が低く、前作がえん麦野生種緑肥である窒素供給力低圃場 (圃場 L) と、ACN  $4.8 \sim 7.8 \text{ mg}/100\text{g}$  と中庸な窒素肥沃度であるが、前作がてんさいである事から窒素供給力は高いと判断される圃場 (圃場 H) の 2 圃場を供試した。

今回、栽植密度を標植 (栽植本数:  $4444 \sim 4456$  株/10a) と株間を 2 割広げた疎植 (栽植本数:  $3695 \sim 3704$  株/10a) として試験を実施した。施肥については、「北海道施肥ガイド 2020」記載の「コナフブキ」に準じた施肥法で行った (圃場 L: 基肥 + 開花期追肥、圃場 H: 基肥のみ)。

圃場 L では疎植の効果を確認するため、群落外の明るさに対する群落内の明るさの割合である相対照度の測定を行った (図 12)。標植で栽培した「コナヒメ」の高さ  $30 \sim 60 \text{ cm}$  における相対照度は「コナフブキ」より低く推移し、群落内部まで光が通りづらいことが確認された。栽植密度を疎植とすることで「コナヒメ」の  $50 \sim 70 \text{ cm}$  の相対照度は大きく改善し、「コナフブキ」を上回った。それ以下の高さにおいても「コナフブキ」と同等に推移し、疎植とすることで「コナヒメ」の受光態勢が改善されたことを確認できた。また「コナヒメ」の開花期 LAI は疎植とすることで「コナフブキ」と同等まで低下し、疎植が LAI の抑制に有効である事も確認された (表 1)。

両圃場において、栽植密度を疎植とすることで開花期 LAI は低下した (図 13)。でん粉収量は圃場 L では標植との差は無く同等であったが、圃場 H では疎植とすることで増収した。圃場 L では標植の場合でも開花期 LAI は低いため疎植としても LAI 抑制による十分な増収効果が得られず、苗立本数の減少による減収効果に相殺され、でん粉収量は増収しなかったと考えられる。一方、圃場 H では疎植としてもそれを補う上部茎葉の生育があるため LAI の低下は小さかった。しかし、受光態勢は改善したため、疎植による収量減を上回るでん粉収量の増収が得られたと考えられる。

### (3) 疎植栽培における適切な窒素施肥量の確認

(2) において「コナヒメ」の栽培には疎植が有効であると判断された。また(1)における「コナヒメ」の窒素吸収量の推移は「コナフブキ」と同等であったことから概ね「コナフブキ」に準じた窒素施肥法が有効であると考えられたが、栽植密度を疎植とした際に従来と同様の窒素施肥法が適用可能であるかどうかは明らかではない。そこで疎植とした場合の最適な窒素施肥量・配分を検討した。

供試圃場は(2)と同様、圃場 L と圃場 H とした。対照区は栽植密度を標植とし、施肥法は「コナフブキ」の窒素施肥対応に準じ、圃場 L では「基肥＋開花期追肥」、圃場 H では「基肥のみ」とした。試験区は全て疎植とし、施肥処理は「基肥のみ」、「基肥増肥」(「基肥のみ」より基肥窒素 4 kg/10a 増肥)、「基肥減肥」(「基肥のみ」より基肥窒素 4 kg/10a 減肥)、「基肥＋開花期」(開花期に窒素 4 kg/10a 追肥)の 4 処理とした。

圃場 L で疎植とし基肥の窒素施肥量を増減した場合、窒素施肥量に応じてでん粉収量は増収した(図 14)。しかし対照区と比較すると、基肥増肥区であってもでん粉収量は減収した。開花期追肥を行った場合、総窒素施肥量は基肥増肥区と同等であるが、でん粉収量は基肥増肥区より増収し、対照区と同等であった。このことから「コナヒメ」においても「コナフブキ」と同様に、開花期窒素追肥が有効であると確認された。

圃場 H では疎植とすることで、窒素施肥処理に依らず全ての区ででん粉収量は対照区から増収した(図 15)。一方窒素施肥の効果は判然とせず、窒素施肥量に高めてもでん粉収量は増収しなかった。また圃場 L において効果が確認された開花期追肥の効果も、圃場 H では確認できなかった。そのため、もっともでん粉収量が多収となった施肥法は基肥のみであった。そのため、でん粉収量を基にした疎植における最適な窒素施肥法は、圃場 L では「基肥＋開花期追肥」。圃場 H では、「基肥のみ」と「コナフブキ」に準じた施肥法と同じ施肥法であった。

基肥のみから窒素施肥量を上積みした場合の見かけの窒素利用率は、「コナフブキ」における開花期追肥では 52%であった(「でん原用ばれいしょ「コナフブキ」に対する窒素追肥」平成 10 年指導参考)(表 2)。「コナヒメ」で開花期追肥が必要な圃場 L における開花期追肥の見かけの窒素利用率は 56%であり、これは「コナフブキ」と同等であった。一方、圃場 H における開花期追肥の窒素利用効率は 14%と低く、効果が低い事が確認された。このことから窒素施肥法とでん粉収量の関係のみならず、見かけの窒素利用率からみても、「コナヒメ」の疎植栽培に対する窒素施肥法は「コナフブキ」と同じ施肥法を適用できると判断された。

以上の結果からコナヒメには、疎植での栽培が適していると考えられる。窒素供給力の低い圃場では、でん粉収量の面では標植と同等であるが、必要となる種いも数が削減されることから種いも代の削減や、植え付け時の効率化などの面からメリットがある。そのためコナヒメの最適な栽培法として、栽植密度は圃場に依らず 2 割程度疎

植とし、施肥法は「コナフブキ」に準じた施肥法を採用することが最適である。つまり、窒素供給力の低い圃場では「基肥＋開花期追肥」、窒素供給力の高い圃場においては「基肥のみ」とすることで、安定的に「コナヒメ」を栽培することが可能である。

## 6. 今後期待される成果

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

＜具体的データ＞

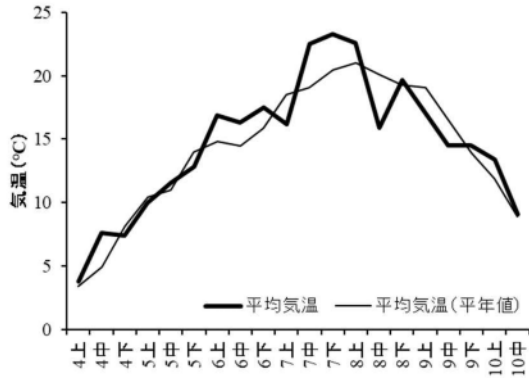


図1 気温の推移(2021年、十勝農試)

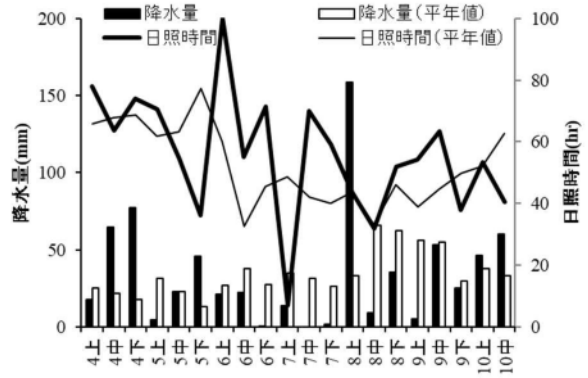


図2 降水量および日照時間の推移(2021年、十勝農試)

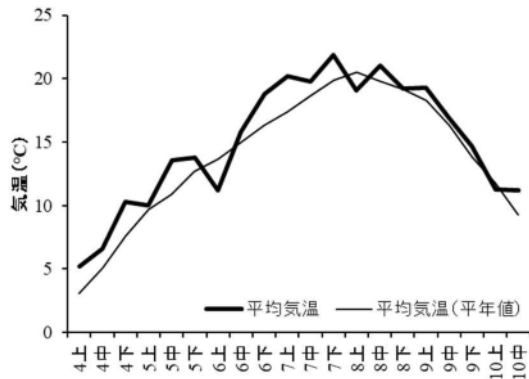


図3 気温の推移(2022年、十勝農試)

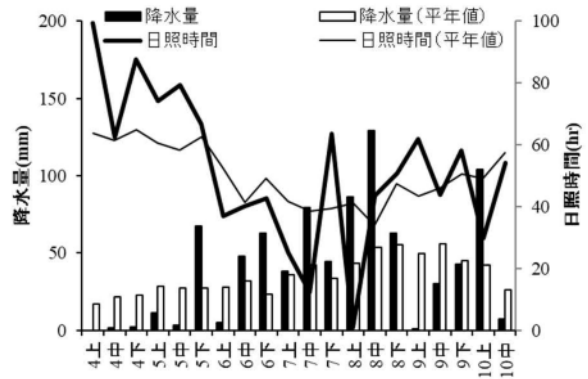


図4 降水量および日照時間の推移(2022年、十勝農試)

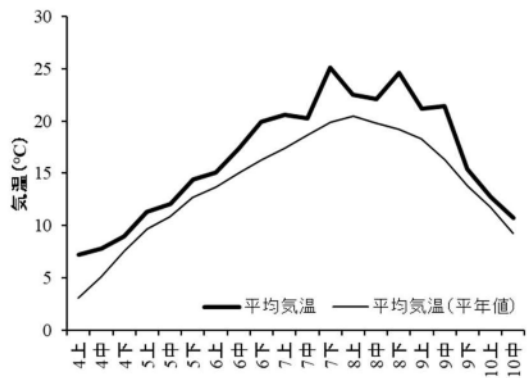


図5 気温の推移(2023年、十勝農試)

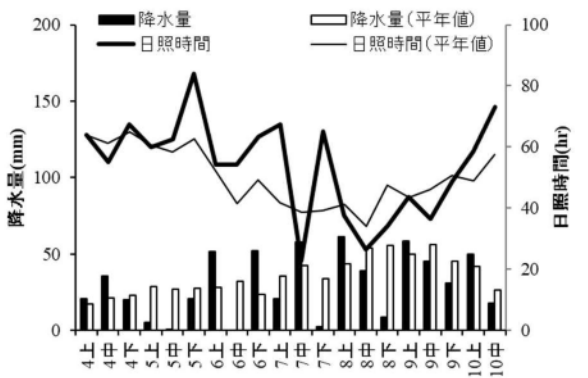


図6 降水量および日照時間の推移(2023年、十勝農試)



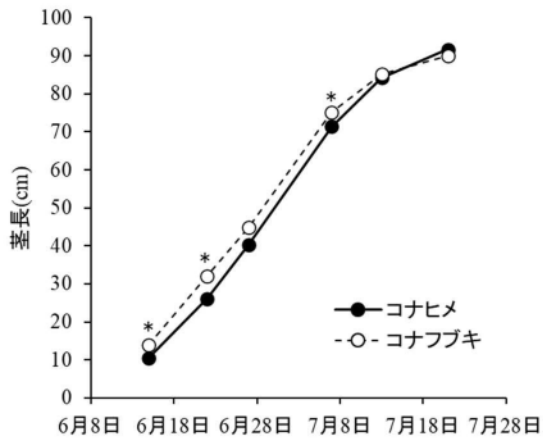


図7 茎長の推移(2022年、十勝農試)  
注)\*は5%水準で有意差あり(t検定)

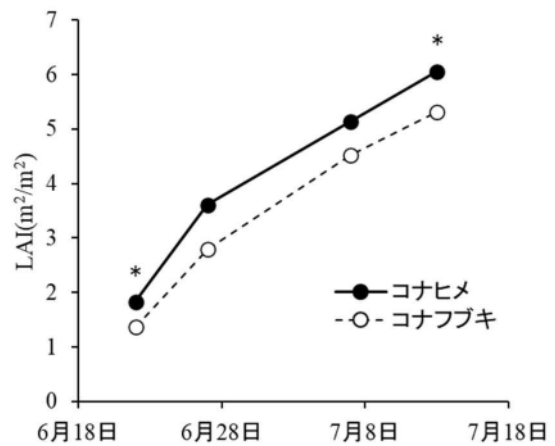


図8 葉面積指数(LAI)の推移  
(2022年、十勝農試)  
注)\*は5%水準で有意差あり(t検定)



写真1 「コナヒメ」、「コナフブキ」の生育(2022年、十勝農試)

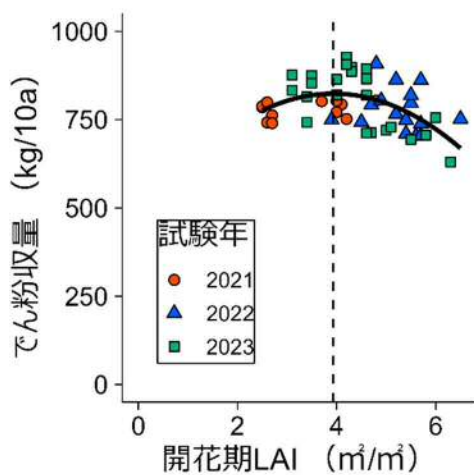


図9 葉面積指数(LAI)とでん粉収量の関係  
(2021~2023年、十勝農試・十勝管内A町)

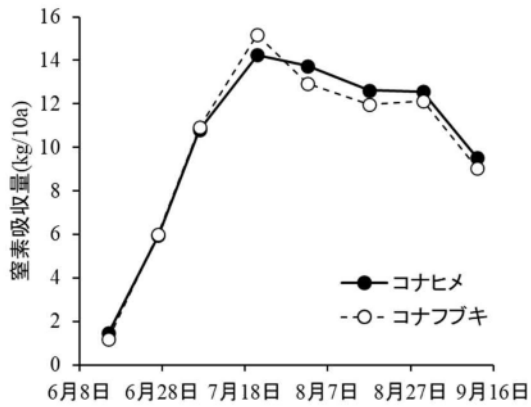


図10 窒素吸収量の推移  
(2022年、十勝農試)

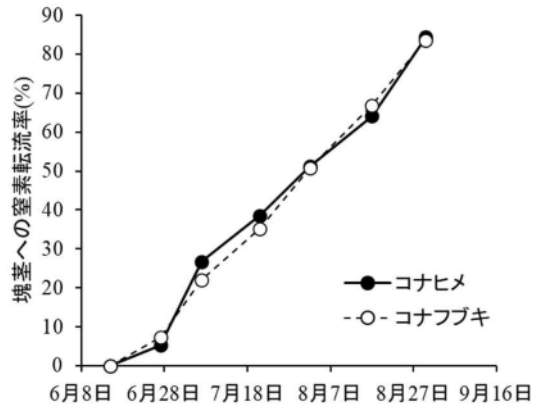


図11 塊茎への窒素転流率の推移  
(2022年、十勝農試)

窒素転流率 = 塊茎のN量 / (塊茎のN量 + 茎葉のN量) × 100

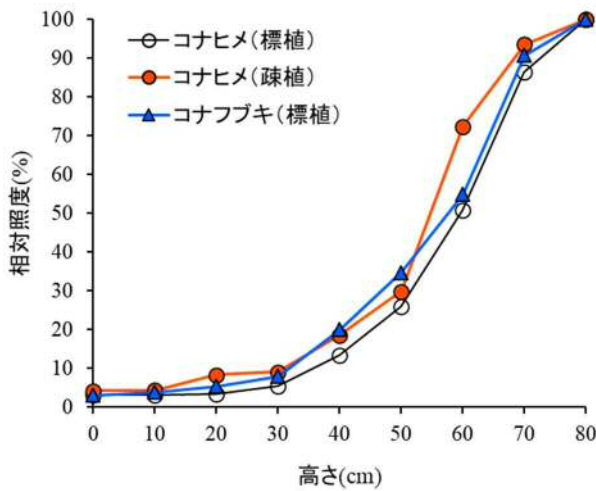


図12 相対照度の比較  
(2022年、十勝農試)

表1 開花期 LAI の比較  
(2022年、十勝農試)

	コナフブキ	コナヒメ	
		標植	疎植
開花期LAI	4.52	5.14	4.46

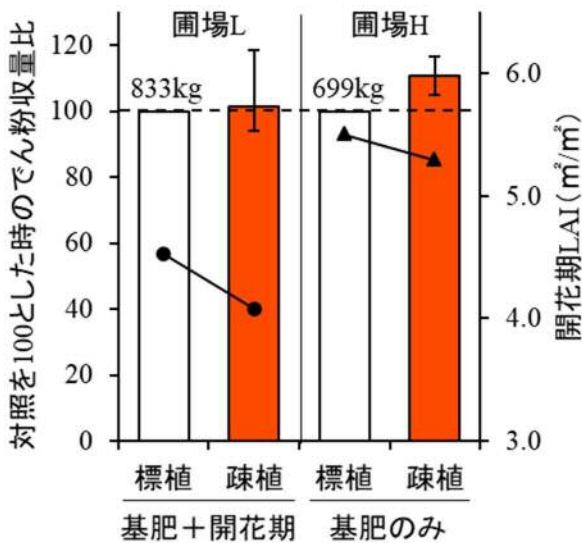
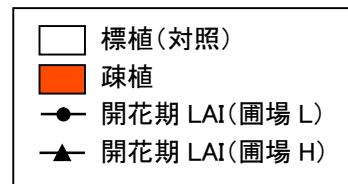


図13 標植・疎植栽培におけるでん粉収量比  
(2021~2023年、十勝農試・十勝管内A町)

注) 圃場Hは2022~2023年の2ヶ年平均。



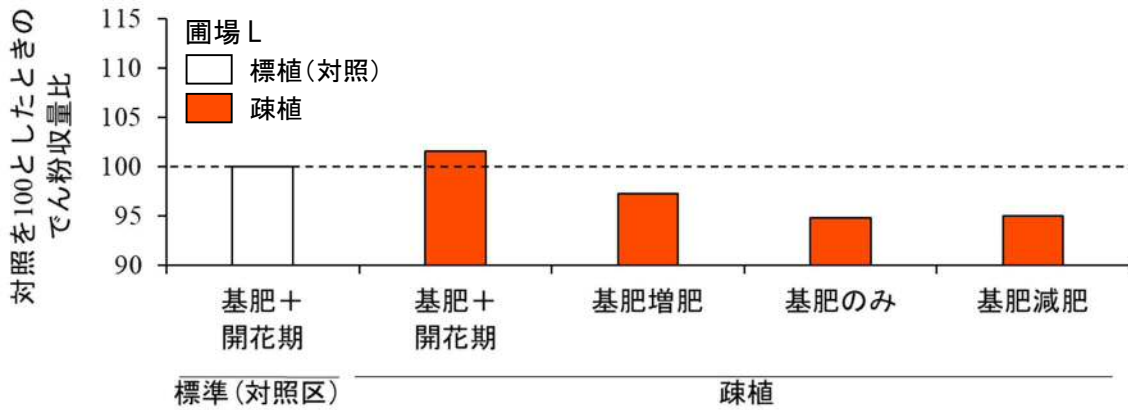


図 14 疎植栽培における窒素施肥とでん粉収量比の関係 (2022~2023 年、十勝農試)

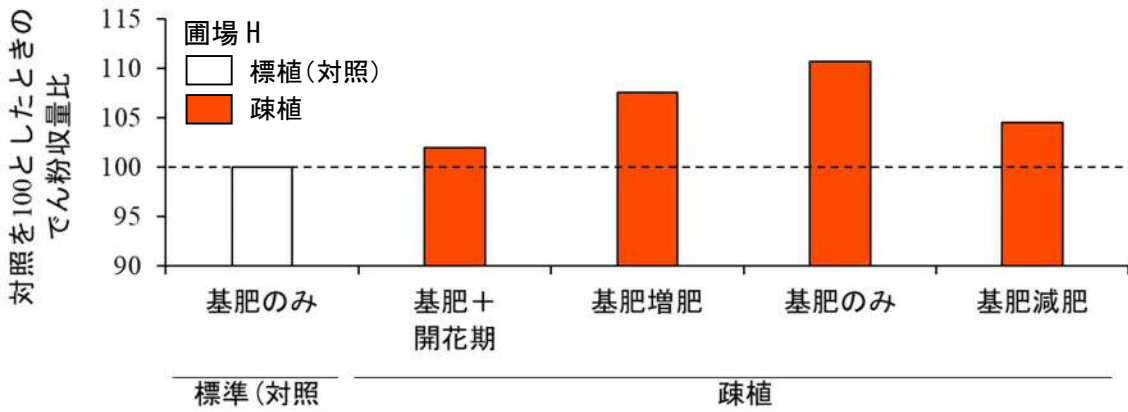


図 15 疎植栽培における窒素施肥とでん粉収量比の関係 (2022~2023 年、十勝管内 A 町)

表 2 疎植栽培における開花期追肥、基肥増肥の見かけの窒素利用効率 (2022~2023 年、十勝農試・十勝管内 A 町)

圃場	試験年次	窒素吸収量			基肥区との差		窒素利用率	
		基肥 (kg/10a)	開花期追肥 (kg/10a)	基肥増肥 (kg/10a)	開花期追肥 (kg/10a)	基肥増肥 (kg/10a)	開花期追肥 (%)	基肥増肥 (%)
圃場L	2022	11.1	14.0	13.3	2.9	2.2	73	55
	2023	13.0	14.6	14.7	1.6	1.7	40	43
圃場H	2022	14.9	14.7	15.8	-0.2	0.9	-5	23
	2023	12.2	13.5	15.1	1.3	2.9	33	73
圃場L	平均	12.1	14.3	14.0	2.3	2.0	56	49
圃場H	平均	13.6	14.1	15.5	0.6	1.9	14	48



## 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

