

# 2022年北海道石狩管内江別市における無農薬実験圃場での ジャガイモ疫病感染時期および発病程度の評価

亀岡 笑<sup>1)\*</sup>・大谷 恭子<sup>1)</sup>・小西 ひな<sup>1)</sup>  
岡本 和也<sup>1)</sup>・薦田 優香<sup>2)\*\*</sup>

Evaluation of the timing and severity of *Phytophthora infestans* infection  
in experimental pesticide-free fields in Ebetsu City, Hokkaido in 2022.

Emi KAMEOKA<sup>1)\*</sup>, Kyoko OYA<sup>1)</sup>, Hina KONISHI<sup>1)</sup>,  
Kazuya OKAMOTO<sup>1)</sup> and Yuka KOMODA<sup>2)\*\*</sup>  
(Accepted 12 December 2022)

## 1. 背景と目的

「みどりの食料システム戦略」では、2030年に化学農薬使用量（リスク換算）を10%低減し、2050年に化学農薬使用量（リスク換算）を50%低減することを目標として掲げている（農林水産省2022a）。みどりの食料システム戦略を実現するための法制度である「みどりの食料システム法」が、令和4年7月1日に施行された。みどりの食料システム法は、みどりの食料システム戦略の実現に向けた基本理念を定めるとともに、環境負荷の低減に取り組む者の計画を認定し、税制・融資等の支援措置を講ずるものである（農林水産省2022b）。今後、バレイショの減農薬栽培に対するニーズはよりいっそう高まると考えられる。

ジャガイモ疫病は、バレイショの有機栽培における低収・低でん粉価の原因となりうる重要病害の一つであり、北海道の気象条件下ではその発生が多い。バレイショの減農薬栽培を実現するには、疫病抵抗性品種の活用が有効である。一般的に病害抵抗性には、主働遺伝子に支配される真性抵抗性と、複数の微働遺伝子が相加的に作用する圃場抵抗性の二つが存在する。ジャガイモ疫病菌に対する真性抵抗性遺伝子（*R* 遺伝子）はこれまでに11種類（*RI-R11*）見出されており（Malcolmson and Black 1966, 秋野ら2014, 池谷ら2017）、抵抗性品種の作出に利用されている。しかしながら、*R* 遺伝子を用いた抵抗性

は、病原菌の系統変化によって短期間で打破されやすい特徴があり、疫病抵抗性品種においても例外ではない。一方、複数の遺伝子が関与する圃場抵抗性は持続しやすい傾向があるものの、疫病抵抗性においてはその程度が低下した例も過去にあることから（農研機構2001）、長期的な持続性は不明である。すなわち、疫病抵抗性品種が有する抵抗性の程度は、疫病菌の系統の違いや系統変化によって変動することから、栽培地域ごとに継続的に抵抗性を評価する必要がある（Fukueら2018）。

亀岡・義平（2021）は、2019・20年度の本学での実習結果をもとに、北海道石狩管内江別市の灰色台地土における生食用バレイショ収量性を明らかにし、安定多収栽培のための栽培要点をまとめた。本研究では先行研究で報告した栽培要点を踏まえ、無農薬実験圃場でのジャガイモ疫病感染時期および発病程度を、疫病抵抗性の異なる品種ごとに評価しようとした。なお、本報告は2022年度健土健民入門実習（作物、バレイショ）ならびに2022年度作物栽培学実習（バレイショ、一部）の試験結果を取りまとめたものである。

## 2. 材料と方法

### 栽培試験地と供試品種

試験は2022年に、酪農学園フィールド教育研究センター（北海道江別市）の試験圃場FA05ならびにFD02（ともに灰色台地土）で実施した。疫病抵

<sup>1)</sup> 酪農学園大学 農食環境学群 循環農学類 栽培学研究室

Laboratory of Crop and Environmental Science. Department of Sustainable Agriculture. College of Agriculture, Food and Environment Sciences. Rakuno Gakuen University. 582, Bunkyo-dai-Midorimachi, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

<sup>2)</sup> 酪農学園大学 農食環境学群 循環農学類 植物病理学研究室

Laboratory of Plant Pathology. Department of Sustainable Agriculture. College of Agriculture, Food and Environment Sciences. Rakuno Gakuen University. 582, Bunkyo-dai-Midorimachi, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

（所属学会：日本作物学会\*、根研究学会\*、日本植物病理学会\*\*、日本植物生理学会\*\*）

表1 供試品種

品種名	早晩生	品種登録	用途	病害抵抗性	
				シストセンチュウ抵抗性	疫病抵抗性
インカのみぎめ	極早生	2001年	生食・加工原料用	弱 ( <i>h</i> )	弱 ( <i>r</i> )
キタアカリ	早生	1988年	生食用	強 ( <i>H<sub>i</sub></i> )	弱 ( <i>r</i> )
さやあかね	中生	2009年	生食・加工原料用	強 ( <i>H<sub>i</sub></i> )	強* <sup>1</sup>
コナヒメ	中晩生	2017年	でん粉原料用	強 ( <i>H<sub>i</sub></i> )	強 ( <i>R2</i> )* <sup>2</sup>

\*<sup>1</sup>は圃場抵抗性を示し(池谷ら2015), \*<sup>2</sup>は真性抵抗性を示す(道総研2016). *H<sub>i</sub>*はシストセンチュウ抵抗性遺伝子を, *R2*は疫病真性抵抗性遺伝子を示す.

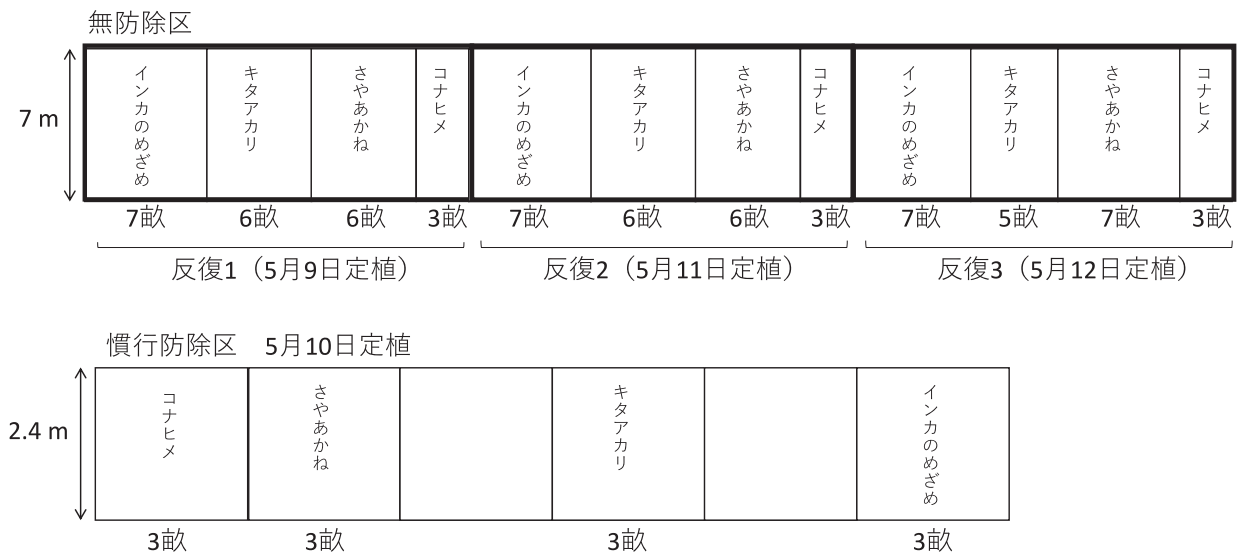


図1 各試験圃場の栽培地図

両圃場とも、栽植様式は畝幅80cm、株間は30cmとした(栽植密度:4166株/10a)。

抗性の異なる以下4品種、「インカのみぎめ(極早生)」、「キタアカリ(早生)」、「さやあかね(中生)」、「コナヒメ(中晩生)」を供試した(表1)。「インカのみぎめ」と「キタアカリ」はいずれも疫病抵抗性が「弱」である(森ら2009)。「さやあかね」と「コナヒメ」はいずれも疫病抵抗性が「強」であり、「さやあかね」は圃場抵抗性、「コナヒメ」は*R2*遺伝子をもつ真性抵抗性とされる(池谷ら2015, 守屋2015, 道総研2016)。

FA05は無防除で3反復とし(図1)、1反復目は5月9日に、2反復目は5月11日に、3反復目は5月12日に定植した(表2)。疫病による生育ステージ変化ならびに収量・でん粉価に与える影響を評価するため、慣行防除の参考区としてFD02に反復無しで同4品種を5月10日定植で栽培した(表2)。両圃場とも、栽植様式は畝幅80cm、株間は30cmとした(栽植密度:4166株/10a)。以降、FD02を慣行防除区、FA05を無防除区と表記する。2021年秋の収穫後、ロータリーで碎土・整地した土壌に対し

て実施した土壌分析結果では、無防除区は熱水抽出性窒素12.3mgN/100g、トリオーグリン酸46mgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g(やや高い)、カリ122mgK<sub>2</sub>O/100g(極高い)であり、慣行防除区は熱水抽出性窒素5.4mgN/100g、トリオーグリン酸21mgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g(基準値)、カリ75mgK<sub>2</sub>O/100g(極高い)であった。すなわち無防除区は慣行防除区に比べて施肥前の窒素、リン酸、カリがいずれも高い状態にあった。

#### 栽培概要

種イモは種バレイショ検査合格したものをJAから購入し、切断せずに全粒種イモとして用いた。4月下旬から植え付け日まで種イモを浅型コンテナに入れて、ガラス温室にて降雨時以外は側窓を開放して浴光育芽した(表2)。2021年秋の土壌分析結果ならびに北海道施肥ガイド2020(北海道農政部2020)(エリア:道央, 土壌区分:灰色台地土)に従って適宜減肥し、無防除区には窒素、リン酸、カリをそれぞれ5kg/10a(「コナヒメ」のみ6kg/10a)、12

表2 各圃場各品種の耕種概要、生育ステージ推移ならびに発病初発確認日

	インカのみぞめ (極早生)				キタアカリ (早生)			
	無防除区			慣行 防除区	無防除区			慣行 防除区
	反復1	反復2	反復3		反復1	反復2	反復3	
浴光育芽 植付け日	4月22日～5月12日 (全圃場, 区画共通)							
萌芽期	5月9日	5月11日	5月12日	5月10日	5月9日	5月11日	5月12日	5月10日
半培土	5月26日	5月27日	5月27日	5月30日	5月30日	5月30日	6月2日	5月31日
本培土	6月6日	6月8日	6月9日	6月14日	6月13日	6月8日	6月9日	6月14日
開花期	6月13日	6月8日	6月15日	6月21日	6月13日	6月8日	6月15日	6月21日
開花終期	6月27日	6月30日	6月27日	6月27日	7月4日 (反復共通)			7月4日
枯凋期	7月6日 (反復共通)			7月11日	7月19日 (反復共通)			7月14日
収穫日	-	-	-	8月17日	-	-	-	8月30日
疫病感染確認	7月13日	7月22日	7月25日	-	7月13日	7月25日	7月25日	8月23日

	さやあかね (中生)				コナヒメ (中晩生)			
	無防除区			慣行 防除区	無防除区			慣行 防除区
	反復1	反復2	反復3		反復1	反復2	反復3	
浴光育芽 植付け日	4月22日～5月12日 (全圃場, 区画共通)							
萌芽期	5月9日	5月11日	5月12日	5月10日	5月9日	5月11日	5月12日	5月10日
半培土	5月24日	5月26日	5月25日	6月2日	5月30日	5月30日	6月1日	6月6日
本培土	6月6日	6月8日	6月9日	6月14日	6月13日	6月9日	6月9日	6月14日
開花期	6月13日	6月8日	6月15日	6月21日	6月13日	6月15日	6月15日	6月21日
開花終期	6月30日	7月1日	6月30日	7月5日	7月4日	7月5日	7月5日	7月6日
枯凋期	8月1日 (反復共通)			8月3日	8月13日 (反復共通)			8月10日
収穫日	9月26日	9月26日	9月7日	9月15日	9月22日	9月22日	9月19日	9月26日
疫病感染確認	9月29日	9月29日	9月28日	9月29日	9月29日 (反復共通)			9月30日

無防除区は群落の中央畝の計23株を、慣行防除区は群落の中央畝8株を対象とし、試験調査株の50%が萌芽した時期を萌芽期、試験調査株の50%が開花した時期を開花期とした。枯凋期は群落全体を試験調査対象とし、80%の葉が枯れた時期を枯凋期とした(農研機構2021)。ただし、疫病感染の急速な拡大による茎葉の枯死については枯凋期とは区別し、疫病によって群落全体の葉が枯死し、自然枯凋を迎えなかった区は枯凋期を表記省略した。無防除区(反復1)の「インカのみぞめ」(極早生)は、実習の関係で試験調査株が枯凋期以前に収穫されたため、枯凋期判断は群落全体で行った。

kg/10 a, 0 kg/10 a 相当の硫酸アンモニウム, 過リン酸石灰, 硫酸カリウムを深さ10 cmの位置に作条施肥した。慣行防除区には窒素, リン酸, カリをそれぞれ7 kg/10 a (「コナヒメ」のみ10 kg/10 a), 17 kg/10 a, 0 kg/10 a 相当の硫酸アンモニウム, 過リン酸石灰, 硫酸カリウムを深さ10 cmの位置に作条施肥した。5月上旬に浴光育芽した全粒種イモを深度5 cm(地表面から種イモ塊茎表面までの距離)で手植えた(表2)。萌芽期から開花期までの間にホー, レーキ, 剣先スコップを用いて半培土ならびに本培土を実施した(表2)。

各品種について、以下の定義に基づき、萌芽期, 開花期, 開花終期を主要生育ステージとして記録した(表2)。すなわち無防除区は群落の中央畝の計23株を、慣行防除区は群落の中央畝8株を試験調査対象株とし、試験調査株の50%が萌芽した時期を萌芽期, 試験調査株の50%が開花した時期を開花期,

試験調査株の50%が花を80%落とした時期を開花終期とした(農研機構2021, 表2)。枯凋期は群落全体を試験調査対象とし、80%の株が枯れた時期を枯凋期とした。ただし、疫病感染の急速な拡大による茎葉の枯死については枯凋期とは区別した。無防除区では農薬散布を実施せず、慣行防除区では開花期初期から収穫前まで疫病防除を目的とした農薬のローテーション散布を実施した。また、慣行防除区では「コナヒメ」に対し、着蕾期に窒素3 kg/10 a 相当の硫酸アンモニウムを畝間に追肥した。

#### 疫病感染判定

疫病発病葉には暗褐色の水浸状の病斑が現れ、病斑部の葉裏には白いカビが認められる(図2)。このような葉が目視で確認された個体を疫病感染と判断した。疫病感染の判別が困難な個体については、顕微鏡観察によって遊走子嚢の有無を調べ、遊走子

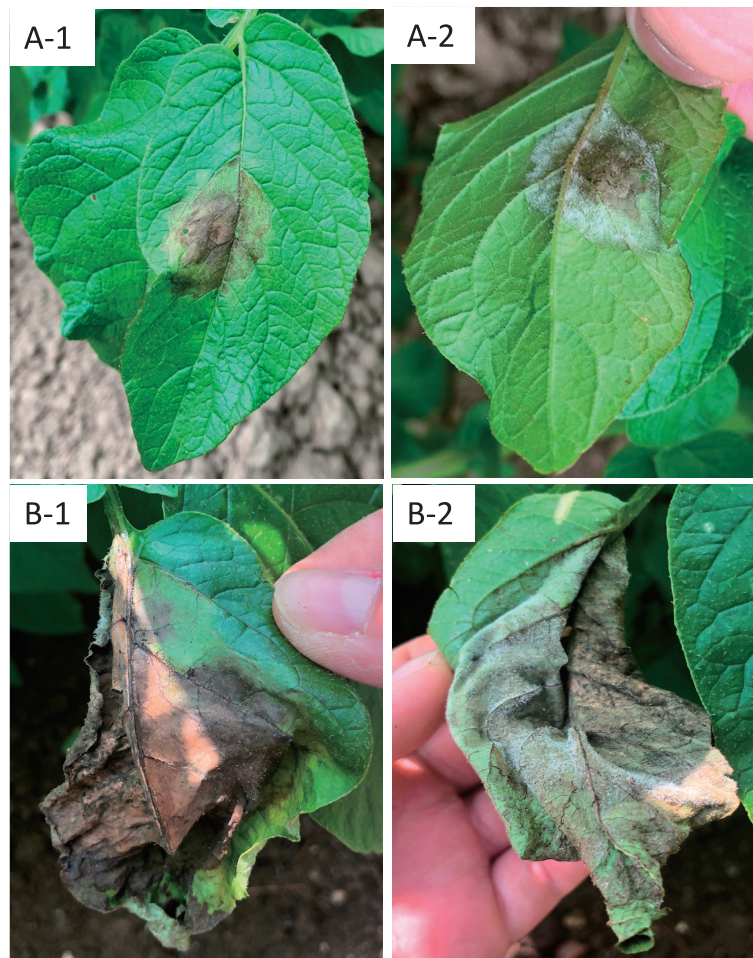


図2 疫病感染葉の病斑

「インカのめざめ」A, 「キタアカリ」B, 葉の表面1, 葉の裏面2. A-1ならびにA-2は同一葉であり, 無防除区(反復1)で2022年7月13日に撮影した. B-1ならびにB-2は同一葉であり, 無防除区(反復1)で2022年7月19日に撮影した.

葉が複数確認できたものについて疫病感染と判断した.

#### 疫病感染指数判定

日本植物防疫協会がHP上で公開する発生予察事業の調査実施基準(ジャガイモの病害虫)を参考にして疫病感染指数を決定し, 本試験では0.5と3.5を新たに追加した. ただし本試験では株毎でなく, 試験畝を含む群落全体の葉を対象として各区の疫病感染指数を決定した.

- 指数0 : 群落内に発病なし
- 指数0.5 : 群落内の1/4未満の株で発病(初発の確認)
- 指数1 : 群落内の1/4程度の葉で発病
- 指数2 : 群落内の1/2程度の葉で発病, 1/4程度の葉が枯死
- 指数3 : 群落内の3/4程度の葉で発病, 1/2程度

の葉が枯死

- 指数3.5 : 群落内の1/2以上の葉が枯死, ときには茎部も枯死する
- 指数4 : 群落内の3/4以上の葉が枯死, ときには茎部も枯死する

開花期から収穫日まで, 土日と悪天候で調査が困難な日を除き基本的に毎日, 開花の確認が容易な時間帯である13時に各区群落を上記の定義に基づき評価した. 慣行防除区から調査開始することを基本とし, 異なる圃場間を移動する際は高圧洗浄機を用いて長靴を丁寧に水洗いした.

上いも収量, 規格内収量, でん粉価の算出

各品種とも, 枯凋期に剣先スコップを使って試し掘りし, 皮むけ等がないことを確認した上で塊茎の本サンプリングを実施した(表2). 本研究では, 枯凋剤等による茎葉処理は実施しなかった. 無防除区

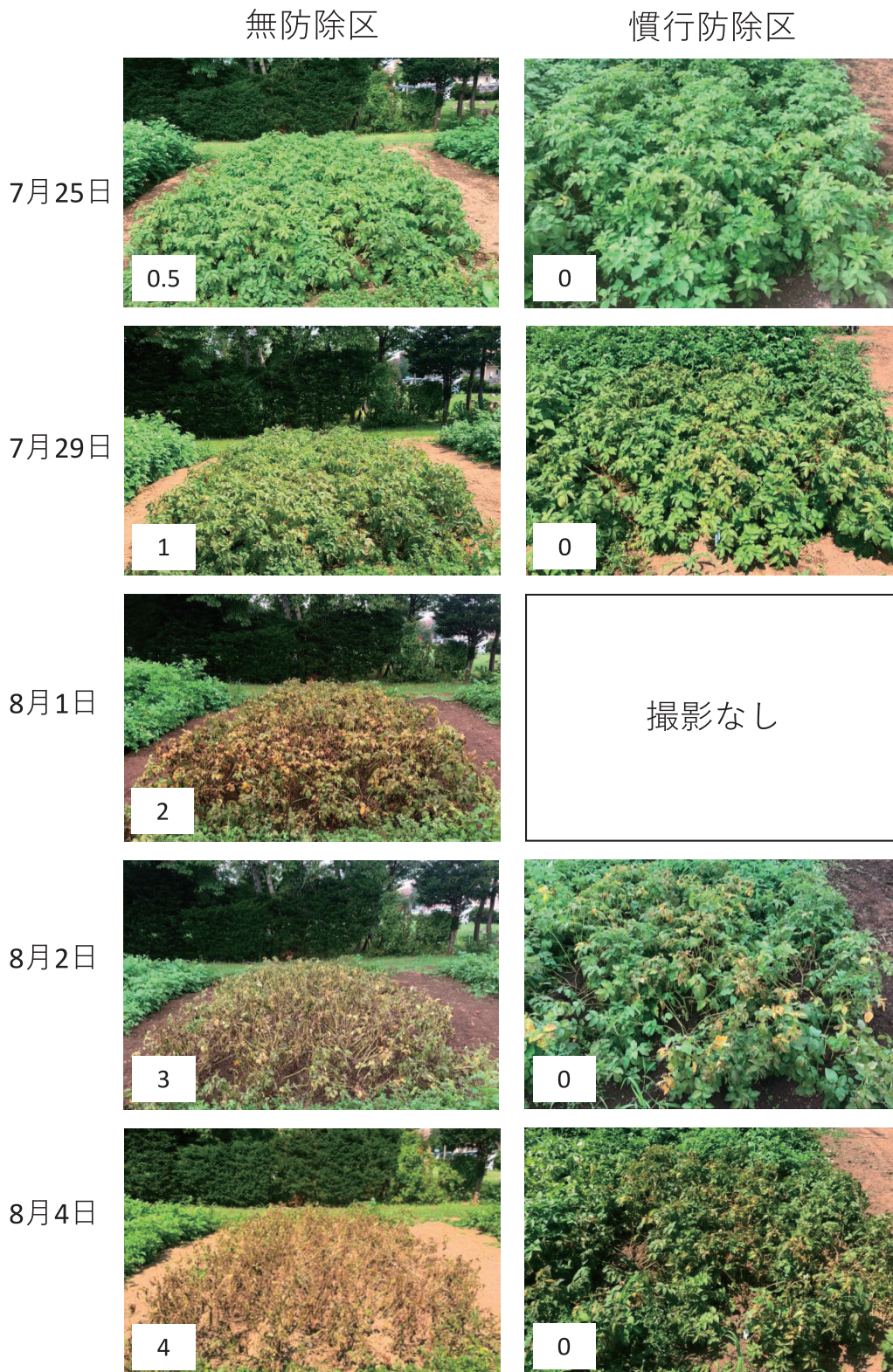


図3 疫病感受性品種「インカのめざめ」（極早生）の感染の進行（2022年）

各画像左の日付は同行2枚の撮影日（2022年）を示し、各画像左下の数字は疫病感染指数を表す。2022年8月1日については、降雨の影響でFD02での撮影ができなかった。疫病感染指数は以下の通りとした。指数0：群落内に発病なし、指数0.5：群落内の1/4未満の株で発病（初発の確認）、指数1：群落内の1/4程度の葉で発病、指数2：群落内の1/2程度の葉で発病、1/4程度の葉が枯死、指数3：群落内の3/4程度の葉で発病、1/2程度の葉が枯死、指数3.5：群落内の1/2以上の葉が枯死、ときには茎部も枯死する、指数4：群落内の3/4以上の葉が枯死、ときには茎部も枯死する。指数の決定には発生予察事業の調査実施基準（日本植物防疫協会）を参考にし、本試験では0.5と3.5を新たに追加した。ただし株毎でなく、試験調査株を含む群落全体の葉を対象として各区の疫病感染指数を決定した。

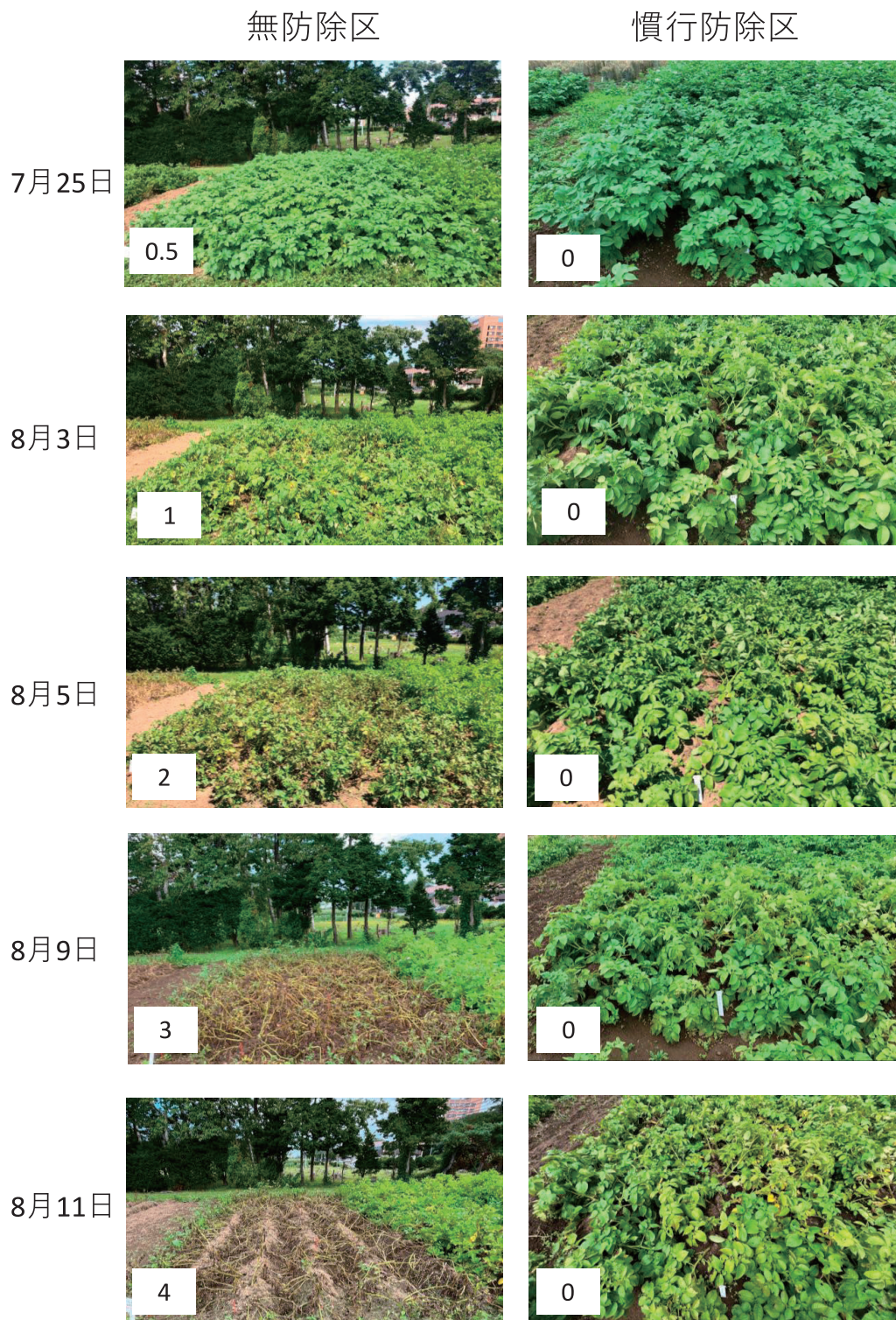


図4 疫病感受性品種「キタアカリ」(早生)の感染の進行(2022年)

各画像左の日付は同行2枚の撮影日(2022年)を示し、各画像左下の数字は疫病感染指数を表す。疫病感染指数の定義は図3注釈と同様である。

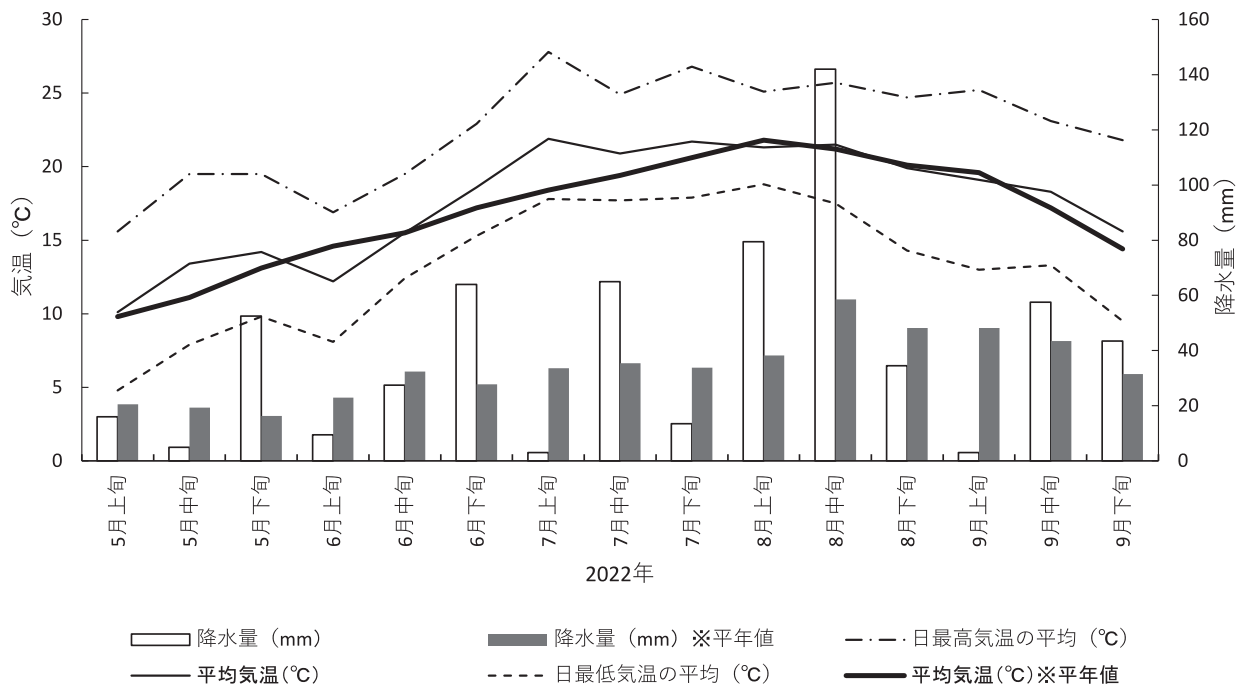


図5 2022年ならびに平年の気温・降水量推移（5月～9月毎）

データ出典：気象庁（石狩地方江別市）

では試験調査株のうち中央10株を、慣行防除区では試験調査株のうち中央6株を収量調査対象株としてそれぞれサンプリングした。泥をぬぐい落した上で、すべての塊茎の一個重を測定し、以下の規格に従って分類した。塊茎規格は、 $k < 20 \text{ g} \leq S < 70 \text{ g} \leq M < 120 \text{ g} \leq L < 190 \text{ g} \leq 2L < 260 \text{ g} \leq 3L < 340 \text{ g} \leq 4L$ とした。上いもは塊茎重量20g以上とし、M～3Lまでを規格内として規格内収量を算出した。各区画のMならびにL規格イモを約1kgを対象とし、丁寧に水洗いした後に、澱粉価測定装置（旭川計量機株式会社製、DPG-5000C）を用いて、塊茎生重の空気重と水中重の比重からでん粉価を算出した。

### 3. 結果

#### 気象条件

図5に2022年バレイショ試験栽培期間（5月9日～9月30日）の最高気温、平均気温、最低気温、日降水量の推移をまとめた。2022年のバレイショ生育期間中は、6月下旬から7月中旬を除いて日平均気温はほぼ平年並みに推移した（気象庁2022）。同期間中は断続的な降雨がみられ、6月下旬、7月中旬、8月上旬、8月中旬にはそれぞれ64mm、65mm、79.5mm、142mmのまとまった降雨がみられた（気象庁2022）。

#### 疫病感染と栽培ステージ推移

図6に生育に伴う各品種の疫病感染指数の推移をまとめた。慣行防除区では、「キタアカリ」のみ8月23日に疫病の初発が確認され、他3品種は疫病感染は確認されなかった（表2）。無防除区では抵抗性の有無を問わず、全品種で生育期間中に疫病感染が確認された（表2、図6）。疫病の初発日は、「インカのめざめ」と「キタアカリ」はともに7月13日、「さやあかね」は8月3日、「コナヒメ」については枯凋期以降の9月21日であった（表2、図6）。

感染確認から指数4に達するまでの期間は「インカのめざめ」と「キタアカリ」とで、それぞれ $11.7 \pm 1.7$ 日間ならびに $18 \pm 2.2$ 日間であった（数値は3反復の平均±標本標準偏差）（図6）。「さやあかね」は8月に入ってから無防除区で疫病感染が確認されたが、「インカのめざめ」、「キタアカリ」と異なり疫病感染指数の増加はみられなかった（図6）。「コナヒメ」は無防除区で枯凋期の約1週間後に顕微鏡観察によって枯凋葉に複数の遊走子嚢が認められた（図7）が、まもなく自然枯凋を迎え、感染の広がりはみられなかった（図6）。

#### 塊茎収量ならびにでん粉価

表3に各品種の収量、でん粉価の結果をまとめた。「インカのめざめ」ならびに「キタアカリ」は、すべての評価項目において、慣行防除区に比べて無防除

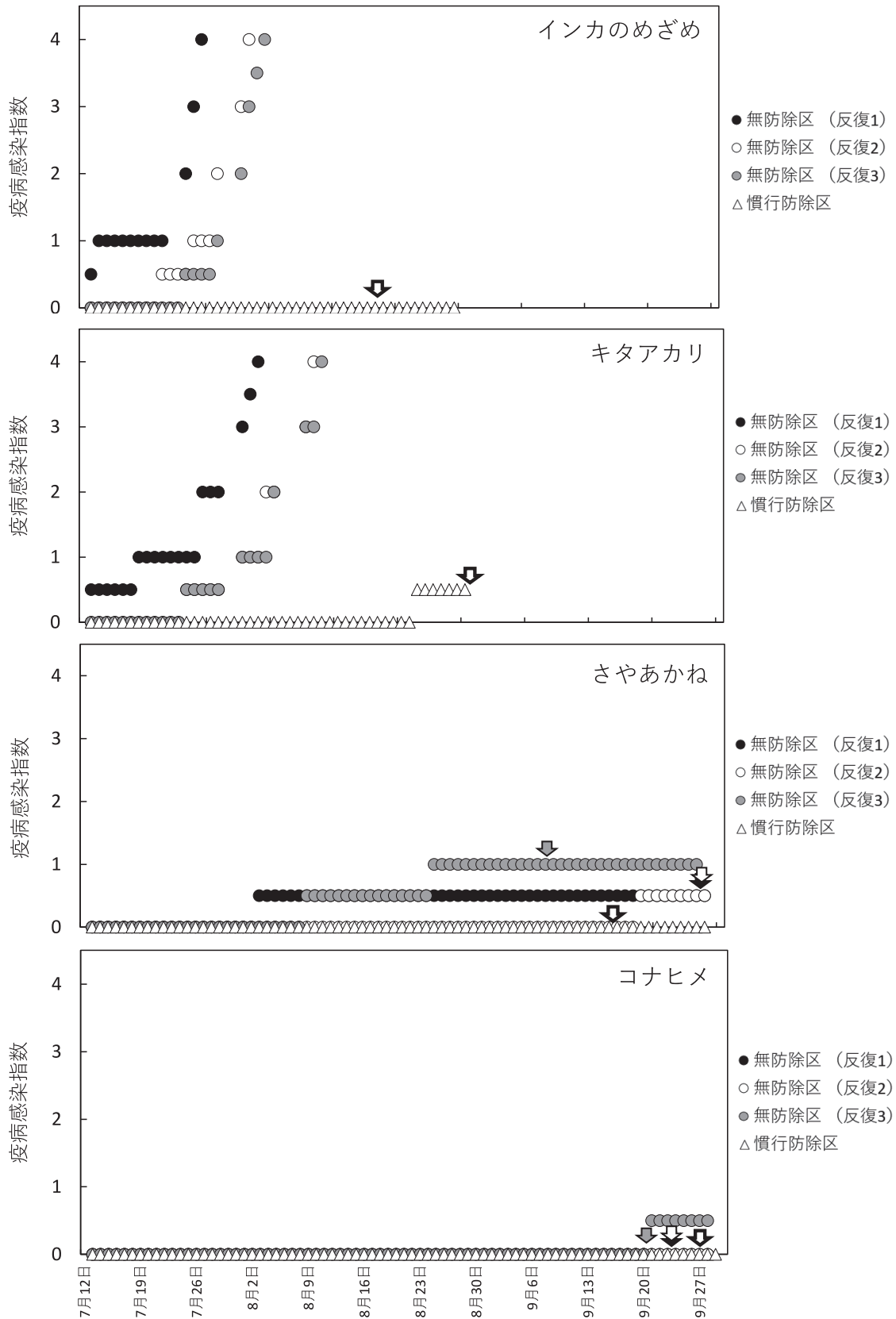


図6 各圃場各品種の疫病感染指数推移 (2022年)

疫病感染指数の定義は図3注釈と同様である。疫病感染指数4に達した場合はそれ以降のプロット表記を省略した。自然枯凋期に達した時期を矢印で示した：黒 無防除区 (反復1), 白 無防除区 (反復2), 灰色 無防除区 (反復3), 白で太枠線 慣行防除区。



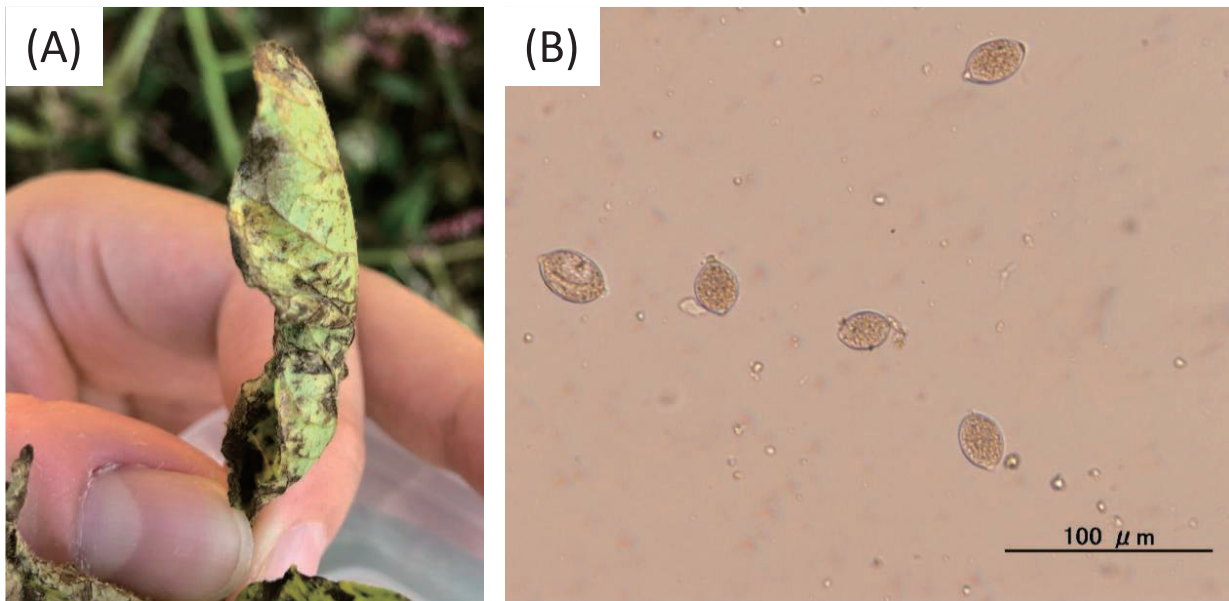


図7 枯凋期直後の「コナヒメ」罹病葉および確認された遊走子嚢

無防除区反復1で2022年9月26日に、病徴を示す葉(A)を採取した。罹病部の一部をピンセットでつまみ取り、蒸留水中に懸濁して検鏡したところ、複数の遊走子嚢(B)が確認された。

区平均で低い値を示した。「インカのめざめ」と「キタアカリ」の無防除区平均での規格内いも重は、慣行防除区比でそれぞれ0.56倍ならびに0.38倍であった。「さやあかね」は、M・L規格のでん粉価を除くすべての項目において、慣行防除区に比べて無防除区平均で高い値を示し、無防除区平均の「さやあかね」の規格内いも重は、慣行防除区比1.21倍であった。「コナヒメ」は、上いも数を除くすべての評価項目において、慣行防除区に比べて無防除区平均で低い値を示し、無防除区平均の「コナヒメ」の規格内いも重は、慣行防除区比0.84倍であった。

#### 4. 考 察

##### 1. 2022年の石狩地域の気候条件が疫病感染に与えた影響

ジャガイモ疫病菌 (*Phytophthora infestans*) の遊走子嚢は水中で、遊走子が分化して遊出する間接発芽か、発芽管伸長による直接発芽をするが、20℃以下の気温条件、特に10~15℃は遊走子嚢が間接発芽する適温条件とされている (Melhus 1915)。圃場条件において、遊走子嚢の間接発芽は朝露のある早朝か降雨条件下で発生する (Melhus 1915)。桂 (1971) は、「遊走子は水中で自由運動を行い、植物体に向けて走性 (taxis) を示し、伝染まん延の主体になる。」と解説し、Sato (1979) は17℃以下の水中において遊走子嚢の発芽ならびに遊走子の水中移動が長期化すると報告している。植物組織上に到達した遊走子

は被囊化し、被囊化した遊走子による発芽管は20℃以上の環境で23~24℃を適温として急速に伸長する (Melhus 1915)。すなわちジャガイモ疫病の発生・蔓延には気温と水の存在の影響が大きく関わり、低温と降雨の条件が揃うことによって感染が急速に蔓延する。北海道の平年の気候条件に断続的な降雨が揃った場合、無防除の場合は感受性品種は罹病のリスクが高い。

2022年度の本試験では、6月下旬から7月中旬まで平年値を1℃以上上回ったものの、最低気温は20℃を下回り (図5)、毎旬断続的な降雨があり (図5)、疫病が発生・蔓延する気温、湿度の条件を満たしたと考えられる。2022年度は慣行防除区においても「キタアカリ」で疫病が発生したが、8月の平均気温が平年並みに推移し、最低気温が20℃を下回った上で降水量が79.5 mm (上旬, 平年比208%)、142 mm (中旬, 平年比242%) と著しく多くなり、疫病発生・蔓延の条件を満たしたことが感染の発生要因として考えられる (図5)。すなわち、本年は疫病が発生・蔓延しやすい年だったと考えられる。なお、2021年は7月の降水量が極めて少なく気温も例年に比べて高温で推移し、本学内での無防除実験圃場では感受性品種にさえ疫病感染がみられなかった (データ省略)。2か年の比較から、道内において断続的な降雨は疫病感染のリスクを高めることを再確認できた。

表3 各圃場各品種での収量ならびにでん粉価の測定結果

品種名	圃場名	反復	植付日	防除	上いも数 (個/株)	上いも 平均重 (g)	上いも重 (kg/10 a)	M規格 でん粉価 (%)	L規格 でん粉価 (%)	規格内 いも重 (kg/10 a)
インカのめざめ	FA05	反復1	5月9日	なし	8.6	49.8	1785	16.0	-	723
		反復2	5月11日	なし	11.7	45.2	2202	17.2	-	460
		反復3	5月12日	なし	12.4	51.6	2668	17.8	-	982
		平均		なし	10.9(71)	48.9(88)	2218(63)	17.0(87)	-	722(56)
	FD02	-	5月10日	あり	15.2(100)	55.5(100)	3504(100)	19.4(100)	-	1282(100)
キタアカリ	FA05	反復1	5月9日	なし	7.6	62.1	1968	13.4	12.7	1060
		反復2	5月11日	なし	9.0	66.9	2507	14.2	13.8	1455
		反復3	5月12日	なし	7.7	75.4	2419	15.7	15.6	1712
		平均		なし	8.1(70)	68.1(74)	2298(52)	14.4(82)	14.0(79)	1409(38)
	FD02		5月10日	あり	11.5(100)	91.5(100)	4386(100)	17.4(100)	17.7(100)	3664(100)
さやあかね	FA05	反復1	5月9日	なし	12.6	89.0	4674	12.5	14.2	3677
		反復2	5月11日	なし	13.1	87.4	4773	11.5	13.7	3873
		反復3	5月12日	なし	16.4	88.0	6012	16.0	16.3	4901
		平均		なし	14.0(112)	88.2(99)	5153(111)	13.3(79)	14.7(92)	4150(121)
	FD02		5月10日	あり	12.5(100)	88.7(100)	4617(100)	16.7(100)	15.9(100)	3418(100)
コナヒメ	FA05	反復1	5月9日	なし	15.6	79.8	5188	18.8	19.2	3916
		反復2	5月11日	なし	14.2	86.2	5101	19.0	19.7	4209
		反復3	5月12日	なし	12.0	87.2	4360	22.4	21.7	3638
		平均		なし	13.9(103)	84.4(86)	4883(89)	20.1(81)	20.2(85)	3921(84)
	FD02	-	5月10日	あり	13.5(100)	97.5(100)	5482(100)	24.5(100)	23.5(100)	4660(100)

上いもは塊茎重量 20 g 以上とした。塊茎の規格は 20 g ≤ S < 70 g ≤ M < 120 g ≤ L < 190 g ≤ 2 L < 260 g ≤ 3 L < 340 g ≤ 4 L とし、規格内いも重は規格 M, L, 2L, 3L を合わせた重量とした。

## 2. 疫病の発生時期ならびに感染進行速度における品種間差

本年の無防除圃場における調査では、疫病抵抗性「弱」で極早生品種の「インカのめざめ」、および疫病抵抗性「弱」で早生品種の「キタアカリ」において、疫病初発時期がいずれも7月13日であり(表2)、枯凋期の早い早生品種ほど罹病しやすいという過去の報告(高桑1969)と一部異なる結果となった。ただし、「インカのめざめ」においては、初発確認日の翌日には疫病感染指数が1段階上がっていたことから(図6)、7月13日より前に発病していた可能性がある。無防除区の「インカのめざめ」と「キタアカリ」では、その後の疫病感染拡大は急速かつ甚大となり(図3, 4)、感染確認からそれぞれ約2週間ならびに3週間弱で茎葉部が自然枯凋と同程度の枯死状態となった(図6)。参考区とした慣行防除区では、「インカのめざめ」と「キタアカリ」はそれぞれ8月17日と8月30日に枯凋期を迎えており、これと比較すると、無防除区では疫病感染によって、塊茎肥大期がそれぞれ16.3 ± 3.4日間ならびに22.0 ± 3.6日間短縮されたと解釈できた(表2, 図6)。また抵抗性「強」の2品種については、圃場抵抗性をもつ「さやあかね」の疫病初発時期が、真性抵抗性遺伝子 R2 をもつ「コナヒメ」よりも1カ月

以上早い8月上旬であったが、「さやあかね」群落においてその後の感染拡大は目立たず、最大でも群落1/4程度の感染にとどまり、慣行防除区と比べた塊茎肥大期の短縮もみられなかった(表2, 図6)。「コナヒメ」に関してはすでに枯凋期判定された時期に感染が確認され、感染の拡大を待たずして群落全体が自然枯凋したため、こちらも無防除に伴う枯凋時期の早期化はみられなかった(表2, 図6)。

このように本試験では、枯凋期の「コナヒメ」老化葉において疫病感染がみられた(表2, 図6, 図7)。池谷ら(2017)が真性抵抗性遺伝子 R1 および R2 をもつ品種「シレットコ」について同様の例を報告しており、枯凋期が近づいたことによる老化と罹病に関係がある可能性が示唆される(高桑1969, 池谷ら2017)。今回観察された「コナヒメ」老化葉での発病はごく一部かつ収穫期直前で感染の広がりもなかったが(図6)、「コナヒメ」における疫病感染調査は今後も継続すべきであろう。

真性抵抗性については、新たな菌系統の出現によって抵抗性が破られることが珍しくない。圃場抵抗性をもつ品種「マチルダ」においても抵抗性が低下した例もあることから(農研機構2001)、栽培地域ごとに経時的に疫病抵抗性の評価をすることが重要である。本試験結果では、少なくとも2022年の

時点では、石狩地域の江別市において、「さやあかね」がもつ圃場抵抗性ならびに「コナヒメ」がもつ真性抵抗性遺伝子 *R2* が疫病抵抗性として有効であることを示している。

3. 疫病感染が塊茎収量・でん粉価に与えた影響  
亀岡・義平 (2021) では、主要な栽培管理を適切かつ適期に実施し、疫病防除を徹底することによって、本学の灰色台地土バレイショ圃場において江別市平均に匹敵するバレイショ反収達成が可能であることが示され、塊茎のでん粉含有率も一般的な男爵薯の平均でん粉含有率とされる14% (小宮山ら2002) に両年度とも全品種が到達していた。2022年実施の本試験でも、参考区である慣行防除区においては4品種とも上いも重3.5 t/10aならびにでん粉価16%以上を達成した (表3)。

疫病感染に伴う肥大期の短縮は、塊茎収量の低下を招く恐れがある。無防除区において、疫病の発生タイミングが早く、感染拡大が著しかったのは疫病抵抗性「弱」の「インカのめざめ」と「キタアカリ」であった。慣行防除区と比較した規格内いも重は、「インカのめざめ」と「キタアカリ」とでそれぞれ38%、56%と、その低下程度は甚大であった (表3)。無防除区では、「インカのめざめ」と「キタアカリ」の上いも数ならびに上いも平均重が慣行防除区に比べて2~3割低下しており、この結果慣行防除区に比べて収量が低下したと考えられる (表3)。上いも平均重の低下については、早期の疫病感染開始とその後の感染拡大によって大部分の葉が肥大途中で枯死し、無防除区に比べて光合成期間が短縮したことによって塊茎への光合成産物転流量が低下し、その結果個々の塊茎重が低下したと考えられる。一方で、上いも数の低下については、疫病感染との関連性について議論を続ける必要がある。

疫病感染に伴う肥大期の短縮は、塊茎収量だけでなく、でん粉価の低下も招く恐れがある。無防除区の「インカのめざめ」のM規格のでん粉価は、慣行防除区と比較して $2.4 \pm 0.7\%$ 低く、無防除区の「キタアカリ」のM規格のでん粉価は、慣行防除区と比較して $3.0 \pm 0.9\%$ 低かった (数値は3反復の平均±標準標準偏差) (表3)。バレイショデンプンの上昇率は平均的にいって10日に約1%の割合で (吉田1972)、肥大期間が長いものほど高いでん粉価に達するとされている (吉田・中世古1971)。疫病が激発した無防除区では、疫病感染によって塊茎肥大期が最大で21日間短縮されたと推察されることから、これによってでん粉価が低下したと考えられる。

以上の結果から、疫病感受性品種が肥大期の早期に疫病に感染し、感染拡大も著しい場合のバレイショ収量ならびにでん粉価の低下程度を定量的に評価できた。

本研究では、無農薬実験圃場でのジャガイモ疫病感染時期および発病程度を疫病抵抗性の異なる品種ごとに評価し、2022年北海道石狩管内江別市においてジャガイモ疫病に有効な抵抗性を明らかにすることができた。ただし、本研究で用いた無防除区においては、土壤栄養条件が慣行防除区に比べて多肥気味だったためか、茎長が目立って長いなど全品種に共通して過繁茂の傾向がみられた点について注意すべきである。バレイショ栽培において、土壤が多肥条件の場合、茎葉部が過繁茂になって風通しが悪くなることで疫病感染ならびに感染拡大はしばしば助長される。したがって、標準の土壤栄養条件であった場合、無防除区の疫病初発時期がやや遅れた可能性も考えられる。これと同様に、天候条件や土壤での湿害発生状況等によっても疫病の感染時期は変動し、土壤の湿害発生には土壤物理性だけでなく春先の耕起時期、耕起方法も関わる。今後も、各圃場の土壤の栄養条件や土壤物理性、栽培管理方法も踏まえて、疫病の感染時期、感染拡大速度ならびに収量・でん粉価に与える影響の品種間差を継続して評価することで、バレイショの減農薬栽培に寄与する情報の蓄積を目指したい。

## 5. 要 約

酪農学園大学 (北海道石狩管内江別市) の無防除試験圃場において、異なるバレイショ4品種 (「インカのめざめ」、「キタアカリ」、「さやあかね」、「コナヒメ」) を供試し、2022年5~9月にかけてジャガイモ疫病 (*Phytophthora infestans*) の感染時期ならびに発病程度の推移を経時的に評価した。萌芽後からの栽培期間中、6月下旬から7月中旬を除いて日平均気温はほぼ平年並みに推移し、断続的な降雨があった。ジャガイモ疫病に抵抗性をもたない「インカのめざめ」と「キタアカリ」では、7月13日に初発が確認され、群落内で感染が急速に蔓延し、初発から3週間以内に群落の茎葉部が枯死した。圃場抵抗性を有する「さやあかね」では8月3日に初発が確認されたが、その後の病勢進展は起こらなかった。真性抵抗性 *R2* を有する「コナヒメ」は枯凋期以降の9月12日に老化葉に初発が確認されたが、その後の病勢進展は起こらず、まもなく自然枯凋を迎えた。本試験結果より、2022年江別市におけるジャガイモ疫病の感染時期ならびに感染拡大の様相について

て、感受性品種と抵抗性品種を交えて品種間差を明らかにすることができた。すなわち、2022年の時点では、北海道石狩管内江別市において、「さやあかね」がもつ圃場抵抗性ならびに「コナヒメ」がもつ真性抵抗性遺伝子 *R2* が疫病抵抗性として有効であることが示された。

謝辞：本研究を行うにあたり、ホクレン農業協同組合連合会の守屋明博氏より「コナヒメ」の品種特性・栽培方法に関わる貴重な情報を提供いただきました。北海道大学の秋野聖之博士にバレイシヨ品種の疫病感染に関わる貴重な情報を提供いただきました。JA こしみずの河合史法氏より、小清水町現地にて「コナヒメ」の栽培・利用に関する有益な情報を提供いただきました。JA きたみらいの西川晋平氏より、「コナヒメ」をはじめとした各品種の選果・流通に関する有益な情報を提供いただきました。本学フィールド教育研究センターの作物生産ステーション職員の皆様に多くの栽培管理をサポートしていただき、実習活動の中で担当教員の皆様にも栽培協力をいただきました。ここに記してお礼申し上げます。

## 引用文献

- 秋野聖之・竹本大吾・保坂和良 2014. *Phytophthora infestans* : ジャガイモ疫病研究—過去と現在の概観. 日植病報 80 特集号 : 8-15.
- 道総研 2016. ばれいしょ新品種候補「HP07」の概要 (722431).  
<http://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosho/28/f0/03.pdf> (2022年11月4日閲覧).
- Fukue, Y., Akino, S., Osawa, H. and Kondo, N. 2018. Races of *Phytophthora infestans* isolated from potato in Hokkaido, Japan. *Journal of General Plant Pathology* volume 84: 276-278.
- 北海道農政部 2020. 北海道施肥ガイド 2020. 北海道農政部, 札幌. 56-58.  
[https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/5/4/4/7/0/6/7/\\_/III%E7%95%91%E4%BD%9C%E7%89%A9.pdf](https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/5/4/4/7/0/6/7/_/III%E7%95%91%E4%BD%9C%E7%89%A9.pdf) (2022年11月4日閲覧).
- 池谷 聡・千田圭一・入谷正樹・伊藤 武・関口建二・大波正寿・藤田涼平 2015. ジャガイモ疫病抵抗性が“強”の高品質生食用バレイシヨ新品種「さやあかね」の育成. 育種学研究. 17 : 25-34.
- 池谷 聡・千田圭一・松永 浩・関口建二 2017. 北海道のバレイシヨ品種の1983年から2011年におけるジャガイモ疫病抵抗性の変動. 育種学研究. 19 : 85-90.
- 亀岡 笑・義平大樹 2021. 北海道中央部の灰色台地土における生食用バレイシヨの安定多収栽培—酪農学園大学実習圃場の収量調査結果に基づく考察—. 酪農学園大学紀要. 自然科学編. 46(1) : 41-51.
- 桂 琦一 1971. 植物疫病菌に関する研究. 日植病報 37 : 151-153.
- 気象庁 過去の気象データ・ダウンロード (地点 : 江別).  
<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php> (2022年11月4日閲覧).
- 小宮山誠一・目黒孝司・加藤 淳・山本愛子・山口敦子・吉田真弓 2002. ジャガイモのデンプン含量が調理特性に及ぼす影響. 日本調理学会誌. 35 : 336-342.
- Malcolmson, J.F. and Black, W. 1966. New R genes in *Solanum demissum* Lindl. And their complementary races of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Euphytica* 15: 199-203.
- Melhus, I.E. 1915. Germination and infection with the fungus of the late blight of potato (*Phytophthora infestans*). Madison, WI: University of Wisconsin, Agr. Exp. Sta.
- 森 元幸・高田明子・梅村芳樹・米田 勉・木村鉄也・高田憲和・小林 晃・津田昌吾・中尾 敬・吉田 勉・遠藤千絵・林 一也 2009. 橙黄肉色を有する二倍体のバレイシヨ品種「インカのめざめ」の育成. 育種学研究. 11 : 53-58.
- 守屋明博 2015. コナヒメ (でん粉原料用)—多収で早掘も可能なジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種—. ホクレン農業総合研究所作物生産研究室 畑作物開発課. いも類振興情報 122 : 13-15.
- 農研機構 2001. ジャガイモ疫病菌の系統変動による圃場抵抗性品種「マチルダ」の早期発病.  
<https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/harc/2001/cryo01-10.html> (2022年11月4日閲覧).
- 農研機構 2021. バレイシヨ種特性調査マニュアル (第3版). 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構種苗管理センター. [https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/publication/files/solanum\\_tuberosum\\_ver3.pdf](https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/solanum_tuberosum_ver3.pdf) (2022年11月4日閲覧).

農林水産省 2022a. みどりの食料システム戦略の実現に向けて, 「みどりの食料システム戦略」KPI2030年目標の設定.

<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/attach/pdf/houritsu-7.pdf> (2022年11月4日閲覧).

農林水産省 2022b. みどりの食料システム法の本格運用がスタートします!.

[https://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/b\\_kankyo/220915.html](https://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/b_kankyo/220915.html) (2022年11月4日閲覧).

Sato, N. 1979. Effect of soil temperature on the field

infection of potato tubers by *Phytophthora infestans*. *Phytopathology* 69: 989-993.

高桑 亮 1969. ばれいしょ品種の疫病抵抗性に関する研究. 北海道農業試験場報告. 75: 1-87.

吉田 稔・中世古公男 1971. ばれいしょの生理生態学的研究: 第7報 塊茎数・塊茎重および塊茎比重の推移について. 北海道大学農学部邦文紀要. 8(1): 49-58.

吉田 稔 1972. ばれいしょの生理生態学的研究: 第8報 塊茎内のでんぷんの分布について. 北海道大学農学部附属農場報告 18: 7-20.

### Summary

Potato late blight is an important potato disease caused by *Phytophthora infestans*. We cultivated four potato varieties with or without resistance to late blight in a pesticide-free potato field at Rakuno Gakuen University (Ebetsu-city, Hokkaido), and the appearance and severity of the disease were evaluated over time from May through September 2022. After sprouting, there was intermittent rainfall, and the disease symptom was first observed in Inkanomezame and Kitaakari on July 13, followed by rapid spread of the disease of both varieties. In Sayaakane with quantitative (field) resistance, the disease symptom was first observed on August 3, but there was no subsequent increase of the disease severity. In Konahime with qualitative resistance mediated by a resistance gene, the old leaf with the typical symptom was found on September 12 after the wilting stage and the disease severity did not increase. In this study, we revealed that the quantitative and qualitative resistance harbored by "Sayaakane" and "Konahime", respectively, are functional to races of *P. infestans* present in Ebetsu City in 2022.