

埼玉県におけるサトイモ疫病防除技術の開発

小巻康平*・高山智子*・西田聡恵**・小野敬弘***

The Control Methods against Phytophthora Blight of Taro in Saitama Prefecture

Kohei KOMAKI, Tomoko TAKAYAMA, Satoe NISHIDA and Takahiro ONO

Abstract We researched effective control methods against phytophthora blight of taro in Saitama prefecture. The optimal meteorological conditions for the occurrence of this disease were estimated to be an average daily temperature of 20 - 25°C and humidity of more than 90 %. In our prefecture, mid-August and early September are high risk periods for the spread of this disease. The yield loss was reduced by keeping the rate of diseased leaves below 25% from mid-August onward. We researched a control method that could control the rate below 25% from mid-August onward. The high controlling effect was obtained through the combination of soil application using azoxystrobin・metalaxyl granules in mid-July and spraying suspension of amisulbrom・cymoxanil wettable powder in mid-August and benchavaricarbu isopropyl・mancozeb wettable powder in early September.

要 約 埼玉県におけるサトイモ疫病の効果的な防除技術を検討した。本県の疫病の発生消長から、県内で本病が発生しやすい気象条件は日平均気温 20～25℃、湿度 90%以上で、8 月中旬と 9 月上旬の発病リスクが高いと考えられた。本病は 8 月中旬までを無発病、8 月中旬以降の発病葉率を 25%以下に抑えることで大きな減収を抑えることができると考えられた。そのため、8 月中旬以降の発病葉率を 25%以下にできる防除体系を検討したところ、7 月中旬のアゾキシストロビン・メタラキシル粒剤（2025 年 3 月時点サトイモ未登録）の土壌散布と 8 月中旬のアミスルブロム・シモキサニル水和剤、9 月上旬のベンチアバリカルブイソプロピル・マンゼブ水和剤の散布を組み合わせた体系で高い防除効果が得られた。

埼玉県のサトイモ (*Colocasia esculenta*) は 2021 年の出荷量 (18,700t) および産出額 (45 億円) は全国 1 位であり、本県の主要品目のひとつである(埼

玉県, 2023)。主な産地の所沢市、狭山市および川越市ではブランド品目として 10 段階のきめ細かな選別を行っており、上位規格に類別された生産物は高

*病害虫研究担当, **農業革新支援担当, ***農業革新支援担当（現農業大学校）

級料亭や大手量販店向けに取引されている。

サトイモ疫病の病原菌である *Phytophthora colocasiae* は、タロイモ類で *Phytophthora blight of taro* および *Taro leaf blight* として南太平洋諸島、東南アジア、西アフリカなどで大きな被害を発生させている (Misra *et al.*, 2008; Singh *et al.*, 2012)。日本国内では桂 (1971) が京都府、景山ら (2007) が千葉県でサトイモから本菌を分離した報告があるものの、被害を及ぼすほどの発生記録はなかった。

しかし、2014 年に宮崎県 (宮路, 2016)、2015 年に四国・九州の複数の県 (黒木・松田, 2020)、2017 年に千葉県 (鎌ヶ江ら, 2019) で多発し、大きな被害をもたらした。我が国で本病がサトイモに被害を及ぼすようになった原因は明らかになっていない。

本病はイノベーション創出強化研究推進事業：課題番号【29018C】(農研機構 生物系特定産業技術研究支援センター) においてその対策が検討され、2020 年 2 月に「サトイモ疫病対策マニュアル(2020 年版)」が作成された。マニュアルでは「やるべきこと 4 箇条」として 1. 発生源の対策, 2. 疫病を蔓延させない対策, 3. 薬剤防除, 4. 適正施肥による栄養改善が示されている。

本県では 2019 年に主要産地で被害が確認されたことから、2020 年には上記マニュアルに基づく防除対策が講じられた。しかし、その効果は限定的であった。筆者らが 2020 年に県内産地を巡回して防除実態を調査したところ、多発の原因は本マニュアルで推奨されている作期中 5~7 回の薬剤散布に対応できていないことや、気象条件や作付け品種の違いなどが推察された。

そのため、既出のマニュアルをベースとし、種芋調製技術や残渣処理法についてより詳細な試験を実施するとともに、県内の発生長や新規薬剤を用いて本県の栽培条件に適した防除技術体系を構築した。

材料および方法

試験は記載がない限り本県の主要品種である「土垂」を用いた。

1 サトイモ疫病の発生長と気象要因の関係解明

本県におけるサトイモ疫病の発生時期と気象の関係を明らかにするために、2021 と 2022 年の 2 か年にわたり県内生産者の協力を得て川越市、狭山市内の各 1 ほ場において、株あたりの葉枚数と疫病の発病葉率を経時的に調査した。調査株数は、各ほ場とも 3 地点 (対角 2 地点と中央 1 地点) のそれぞれ 10 株、合計 30 株とした。栽培期間中の気象データを取得するために、各ほ場に温湿度ロガー RTR-503L (株式会社 T&D) を設置した。

2 耕種的防除技術の開発

サトイモ疫病は種芋に感染し、ほ場に持ち込まれるため、種芋の消毒方法を検討した。

(1) 種芋消毒技術の検討

種芋はいずれの試験も園芸用培土ピートポット V (北海道ピートモス株式会社) を充填した育苗箱 (51×36×10cm) に植付け、埼玉県農業技術研究センター本所内ほ場の鉄骨造ビニルハウスで行った。

a 温湯処理の検討

温湯処理は湯芽工房 YS200L (株式会社タイガーカワシマ) を用いて 50℃で行い、処理直後に処理時間と同じ時間だけかけ流しにした 14~16℃の水道水に浸漬し冷却した。

(a) 温湯処理による障害の検証

サトイモの出芽に影響がない処理条件を明らかにする目的で実施した。試験には無発病ほ場由来の種芋を供試した。2022 年は 4 月 8 日、2023 年は 4 月 21 日に処理し、種芋を定植した。いずれも 1 区 20 株、3 反復とし、経時的に出芽率を調査した。

(b) 温湯処理による防除効果の検証

2022 年は無発病ほ場由来の健全な種芋に疫病菌を接種して保菌種芋を調製し、以下の試験に供試した。接種は疫病菌をコーンミール寒天培地 (CMA) で 20℃6 日間培養し、内径 4mm のコルクボーラーで打ち抜いた菌叢ディスクを種芋のかき口側に 20℃・24 時間静置して行った。4 月 8 日に温湯処理を行い、種芋を定植した。試験区は 1 区 12 株、3 反復とし、経時的に出芽率を調査した。5 月 26 日に種芋を掘り上げて腐敗芋率と以下の調査基準に基づいて発病度を算出した。

(調査基準)

0=健全, 1=腐敗面積が塊茎の 5%以下,

2=腐敗面積が塊茎の 6~25%,

3=腐敗面積が塊茎の 26~50%,

4=腐敗面積が塊茎の 51%以上

発病度= $\{(\Sigma(\text{階級値} \times \text{種芋数})) / (\text{調査種芋数} \times 4)\} \times 100$

2023 年は疫病多発ほ場由来の種芋を水選し、水に沈んだ芋の中から、見かけ健全な種芋と上記調査基準 1~2 に該当する種芋を供試した。5 月 1 日に温湯処理を行い、種芋を定植した。試験規模は見かけ健全な種芋については 1 区 16 株または 32 株、反復なし、発病程度 1~2 の種芋については 1 区 13 株、反復なしとし、経時的に出芽率を調査した。7 月 12 日に種芋を掘り上げ、腐敗芋率と上記の調査基準に基づいて発病度を算出した。

b 薬剤処理による防除効果の検証

供試薬剤はチウラム・ベノミル水和剤を用い、20 倍液 1 分間種芋浸漬の防除効果を検証した。試験は a (b) と同様の供試種芋、調査方法で行った。

(2) 残渣処理法の検討

残渣堆積場などにおける野良生えが伝染源になることから薬剤による枯殺処理方法を検討した。

2021 年 7 月 27 日にピートポット V を充填した育苗箱に種芋を植付け、所内の鉄骨造ビニルハウスで管理した。8 月 16 日と 9 月 16 日にグリホサートカリウム塩液剤 (GP) の 25 倍, 50 倍, 100 倍液をハイドスプレーで 100ml/m² を茎葉散布した。試験は各区 21 株, 2 反復とし、経時的に茎葉枯死株率を調査した。

2022 年 4 月 27 日に所内露地ほ場にくず芋を 8kg/m² 放置し、芋が隠れる程度に覆土した。供試薬剤は GP に加えてカーバマナトリウム塩液剤 (CS), グリホサートイソプロピルアミン液剤 (GI) とした。GP および GI は 100 倍液をハイドスプレーにより 100ml/m² の割合で茎葉散布した。CS は 30 倍液をジョウロで 1200ml/m² 灌注処理し、0.02mm 厚の透明ポリエチレンフィルムで被覆した。試験区は 1 区 0.5 m², 3 反復とし、経時的に茎葉枯死株率を調査した。

3 効率的な薬剤散布体系の検討

(1) 有望薬剤の選定

サトイモ疫病に登録のある薬剤が少なく、ローテ

ーション散布に苦慮しているため、新たな薬剤について効果の検証を行った。

2021 年 4 月 28 日に容量 51L のポリプロピレン製収穫用コンテナ (90×30×25cm) に所内畑土壌 (未熟黒ボク土) を充填し、種芋を 4 株ずつ植付け、所内の鉄骨造ビニルハウスで管理した。1/5000a ワグネルポットに植付けたサトイモの初生葉から数えて 3~4 枚目の葉に疫病菌の菌叢ディスクを接種して病苗を作成し、茎葉が十分に繁茂した 8 月 21 日に感染源としてコンテナ周辺に設置した。9 月 9 日以降、朝夕それぞれ 15 分、1 日 2 回の散水を行って試験区の発病を促した。発病苗を設置した 16 日後の 9 月 25 日に初発を確認し、試験区内で病斑が散見されるようになった 10 月 7 日および 14 日の 2 回、サトイモ疫病に未登録のノニルフェノールスルホン酸銅水和剤、アメトクトラジン・ジメトモルフ水和剤およびマンジプロパミド水和剤を処理した。対照薬剤には産地で広く用いられているアミスルプロム・シモキサニル水和剤 (AC) を用い、散布液には展着剤としてソルビタン脂肪酸エステル・ポリオキシエチレン樹脂酸エステルを 1,000 倍で加用し、手動蓄圧式肩掛け噴霧器を用いて 300L/10a を処理した。

発病調査は 2 回目散布 7 日後の 10 月 21 日に 1 株当たり新しい葉から数えて最大 12 枚の着生葉を対象として以下の調査基準で行い、発病率と発病度および防除価を算出し、各薬剤の防除効果を検証した。

(調査基準)

0=健全, 1=径 3cm 以下の病斑が 1~2 個

2=病斑が葉面積の 1~5%

3=病斑が葉面積の 6~25%

4=病斑が葉面積の 26~50%

5=病斑が葉面積の 51%~枯死

発病度= $\{(\Sigma(\text{階級値} \times \text{階級別葉枚数})) / (\text{調査葉枚数} \times 5)\} \times 100$

(2) 要防除水準の推定

疫病の被害を模擬的に再現するため、2022 年 4 月 13 日に所内露地ほ場に種芋を植付けて慣行に準じて栽培し、県内主産地で疫病の発生が見られる時期に着生葉を地際部から葉柄ごと摘葉した。試験区は 7 月以降摘葉区 (7 月 25 日, 8 月 15 日, 9 月 14 日

摘葉実施) 8月以降摘葉区(8月15日, 9月14日摘葉実施), 9月以降摘葉区(9月14日摘葉実施)を設け, 摘葉率が無処理区と比較して50%または25%となるよう実施した。試験は1区8株, 3連制で行い, 収穫適期となった11月2日に収量調査を実施し, 葉枚数の減少による収量への影響を調べた。

(3) 効率的な防除体系の検討

3(1)および(2)の結果をもとに効率的と考えられる防除体系の効果を検証するため, 2022年, 2023年に試験を実施した。栽培は兩年とも3月15日に種芋を植え付け, 所内の鉄骨造ビニルハウスで管理した。供試薬剤は4(1)の結果, 最も防除効果が高かったACを基幹防除剤として用いた。また, 土壌散布により省力的な疫病防除が期待されるアゾキシストロビン・メタラキシル粒剤(AM)を予防剤として用いた。その他に発病の様子を観ながらアゾキシストロビン水和剤(AZ), 炭酸水素ナトリウム・銅水和剤(SC), ベンチアバリカルブイソプロピル・マンゼブ水和剤(BM)を散布した。薬剤散布は展着剤ポリオキシエチレン脂肪酸エステルを1,000倍で加用し, 背負い式バッテリー動力噴霧器を用いて植物体に十分量がかかるよう, 200~260L/10aを処理した。

発病を促すために試験区内に1/2000aワグネルボ

ットに作成した発病苗を2022年は8月12日, 2023年は8月29日に設置した。2022年はAMを種芋植付け前に18kg/10a相当を土壌混和し, 初発7日後の9月2日にAC, 9月7日にAZ, 9月20日にACとSCを散布した。2023年はAMを7月12日に9kg/10aを土壌散布, 8月25日にACを散布し, 初発から6日後の9月14日にBMを追加散布する試験区を設けた。試験規模は2022年は1区12株, 2023年は1区8株, いずれも3反復とし, 経時的に発病程度を調べるとともに, 2022年11月17日と2023年10月16日に掘り上げ, 収量調査を実施した。

4 対策技術の現地実証

2023年に狭山市2ほ場, 所沢市1ほ場でサトイモ疫病対策技術の現地実証を行った。防除は試験1~3の結果から本県において効果的と考えられた表1の防除モデルに基づき, 各生産者の判断で実施した。6~9月にかけて, 各ほ場3地点それぞれ10株の発病葉率を経時的に調査した。栽培期間中の気象データを取得するために, 各ほ場に温湿度ロガーRTR-503Lを設置した。なお, 供試した種芋は水洗し, 水に沈んだ芋のみを用い, ほ場周辺の野良生えはGPなどで適宜適切に処理した。

表1 既登録薬剤による疫病防除体系モデル

	定植時	5月上旬 ~6月下旬	7月上旬 ~7月下旬	8月中旬	9月上旬
発病 リスク	低	低	低~中	中~高	高
発病 様式	-	葉枚数が少ない内は 発病しにくい	葉枚数15~20枚/株 と繁茂した場合や 昨年度多発した場合 発病が始まる	台風等大雨の後に 発病が始まる	葉の倒伏とともに 急速に広がる
薬剤	TB (種芋浸)	-	適宜散布	発病前~直後にAC	適宜散布

注) TB: チウラム・ベノミル水和剤, AC: アミスルブロム・シモキサニル水和剤

結 果

1 発生消長と気象要因の関係解明

各ほ場に設置した温湿度ロガーにより取得したデータには、地域やほ場による差は小さかったため、所沢市ほ場のデータを示した（図 1, 3）。

2021 年は所沢市ほ場では 8 月 18 日、川越市と狭山市ほ場では 9 月 9 日に発病が確認された（図 2）。

2022 年は川越市ほ場では 7 月 24 日に調査地点外で発病が確認されたが、調査地点における初発は 8 月 17 日であった。狭山市ほ場では 9 月 9 日に発病が確認された。所沢市ほ場では定期的な薬剤散布により栽培期間を通して疫病の発生は見られなかった（図 4）。2 か年にわたる合計 6 ほ場における疫病的発病前の気象データを精査したところ、2021 年は 8 月 13 日～8 月 17 日および 9 月 1 日～9 月 5 日、2022 年は 7 月 15 日～20 日、8 月 13 日、9 月 1 日および 9 月 5 日に平均気温が 20～25℃、かつ、湿度 90%以上の条件が確認された（図 1～4）。

2 耕種的防除技術の開発

(1) 種芋消毒技術の検討

a 温湯処理の検討

(a) 温湯処理による障害の検証

温湯処理後の出芽率の推移を表 2 に示した。出芽率は 50℃30 分以上の処理で低下し、50℃5～15 分の処理では無処理と同程度であった。

(b) 温湯処理による防除効果の検証

各処理後の出芽率と被害度を表 3 に示した。疫病菌を人為接種した種芋を供試した場合、出芽率はいずれの処理区においても無処理区と比較して有意差は認められないものの 14 ポイント高かった。5 月 26 日の掘上げ調査時の発病度は、無処理区が 76 であったのに対し、5 分処理では 35、10 分処理では 26 と非常に高い防除効果が認められた。

多発ほ場由来の発病程度 0 の種芋を植付けた場合、出芽率はいずれの試験区においても無処理区と比べてやや低く、処理時間 30 分で大幅に低下した。腐敗芋率および発病度も無処理区と比較してやや高く、特に処理時間 25 分と 30 分で高かった。多発ほ場由来の発病程度 1～2 の種芋を植付けた場合の出芽率も無処理区と比較して低く、腐敗芋率および発病度は高くなった。多発ほ場由来の種芋を供試し

た場合はいずれの試験区においても防除効果は見られなかった。

b 薬剤処理による防除効果の検証

処理後の出芽率と被害度を表 4 に示した。疫病菌を人為接種した種芋を供試してチウラム・ベノミル水和剤で処理した場合、出芽率は無処理区と比較して有意差は認められないものの 25 ポイント高く、一定の防除効果がみられた。発病度は無処理と比較して僅かに低かった。

多発ほ場由来の発病程度 0 の種芋を植付けた場合、出芽率は無処理区と同程度で 100%であった。7 月 12 日の掘上げ調査時の腐敗芋率は無処理区では 25%であったのに対し、チウラム・ベノミル水和剤処理区では 6%であった。発病度は無処理区では 22 であったのに対し、6 と低く、一定の防除効果がみられた。

多発ほ場由来の発病程度 1～2 の種芋を植付けた場合、出芽率と発病度は無処理区とほぼ同等で防除効果はみられなかった。

(2) 残渣処理法の検討

ガラス温室において育苗箱内の苗に GP を処理した場合の茎葉枯死株率は、いずれの処理濃度においても 100%となり、再出芽も認められなかった（表 5）。生産現場における処理を想定して屋外で実施した試験を表 6 に示した。GP 処理は地上部が枯死した後に土中の芋から再出芽が認められ、最終的な枯死株率は 90%程度であった。また、GI も同様の再出芽により、枯死株率は 100%とならなかった。一方、CS の 30 倍液灌注処理は茎葉枯死株率 100%になり、再出芽もみられなかった。

3 効率的な薬剤散布体系の検討

(1) 有望薬剤の選定

結果を表 7 に示した。無処理区で発病率 88.6%・発病度 66.0 と甚発生した条件での検討となった。AC で防除価 83.5 と最も高い防除効果が得られ、次いでアメトクトラジン・ジメトモルフ水和剤で防除価 70.7 であった。ノニルフェノールスルホン酸銅水和剤およびマンジプロパミド水和剤はそれぞれ防除価 59.7、53.7 と高い防除効果は得られなかった。

(2) 要防除水準の推定

結果を表 8 に示した。可販収量については、7 月

50%摘葉区のみ無処理と比較して有意に低下した。

その他の試験区は有意差が見られなかったが、いずれも減収する傾向を示した。一方、上物収量は7月50%摘葉区、7月25%摘葉区および8月50%摘葉区で有意に低下した。その他の試験区は有意差がみられなかったが、可販収量と同様に減収となった。

(3) 効率的な防除体系の検討

結果を表9に示した。2022年の栽培期間中に最も多発生となったのは9月2日であり、この時の体系防除①区の発病葉率は29.8%であった。同時期の無処理区では45%であり、定植時のAM施用に一定の効果が認められたが、有意差はなかった。このため、体系防除①区は同日にACを散布したが、新たな病斑が形成されたため9月7日にAZ、9月20日にACとSCを追加散布した。収量は無処理区と比較して有意に高かった。

2023年は9月14日に無処理区の発病葉率が最大

に達し、22.0%となった。この時の体系防除②の発病葉率は0.4%、体系防除③で2.8%と両防除区とも高い防除効果が認められた。いずれの体系でも可販収量に差はみられなかったものの上物収量が増加する傾向であり、9月14日にBMを追加散布した体系防除②で296g/m²と最も高い値となった。

4 対策技術の現地実証

各ほ場に設置した温湿度ロガーにより取得したデータには、地域やほ場による差は小さかったため、狭山市Aほ場のデータを示した(図5)。9月上旬に日平均気温20~25℃、湿度90%以上となる日が観測された。各ほ場の葉枚数と発病葉率の推移を図6に示した。所沢市ほ場では9月下旬に発病葉率7.5%、発病度1.9と僅かに発生がみられたが、狭山市の2ほ場では発病を全く認めなかった。

小巻ら：埼玉県におけるサトイモ疫病防除技術の開発

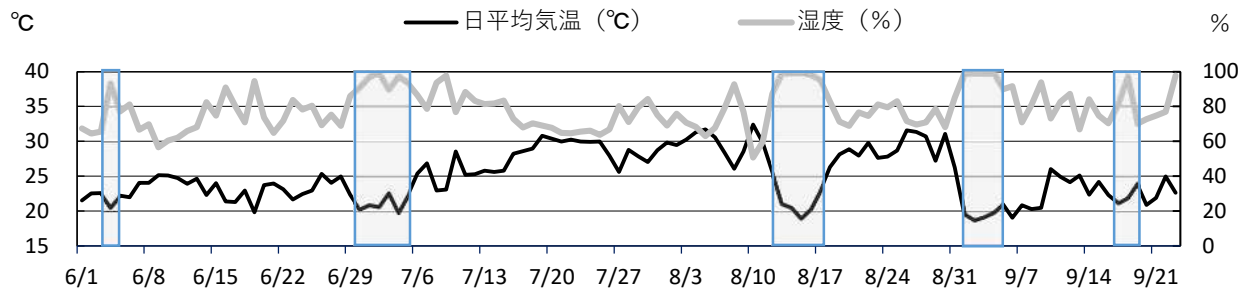


図1 2021年所沢市調査ほ場における日平均気温・湿度の推移

図中の網掛け部分は日平均気温 20～25℃、湿度 90%以上が観測された期間を示す(図2～6に共通)。

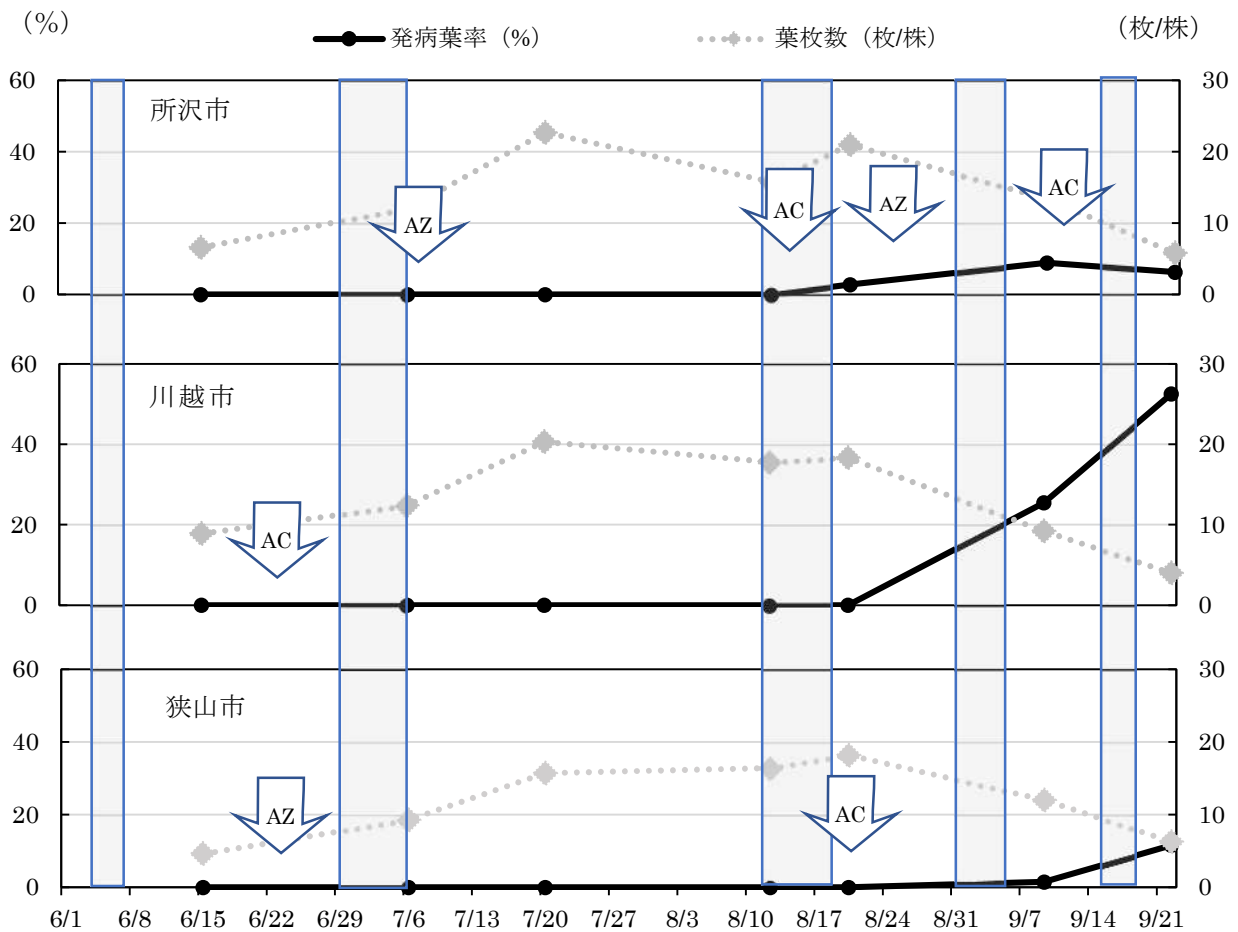


図2 2021年調査ほ場における疫病の発生と葉枚数の推移

AZ:アゾキシストロビン水和剤, AC:アミスルブロム・シモキサニル水和剤

図中の矢印は薬剤の散布を示す(図4, 7, 8に共通)。

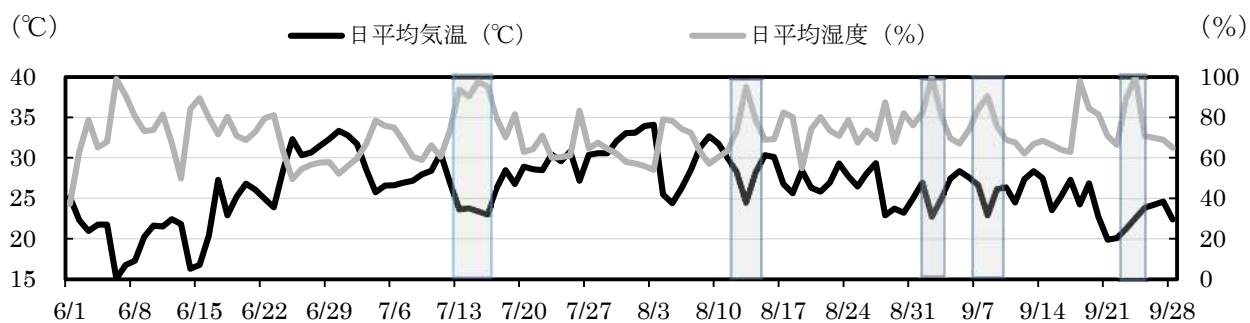


図3 2022年所沢市調査ほ場における日平均気温・湿度の推移

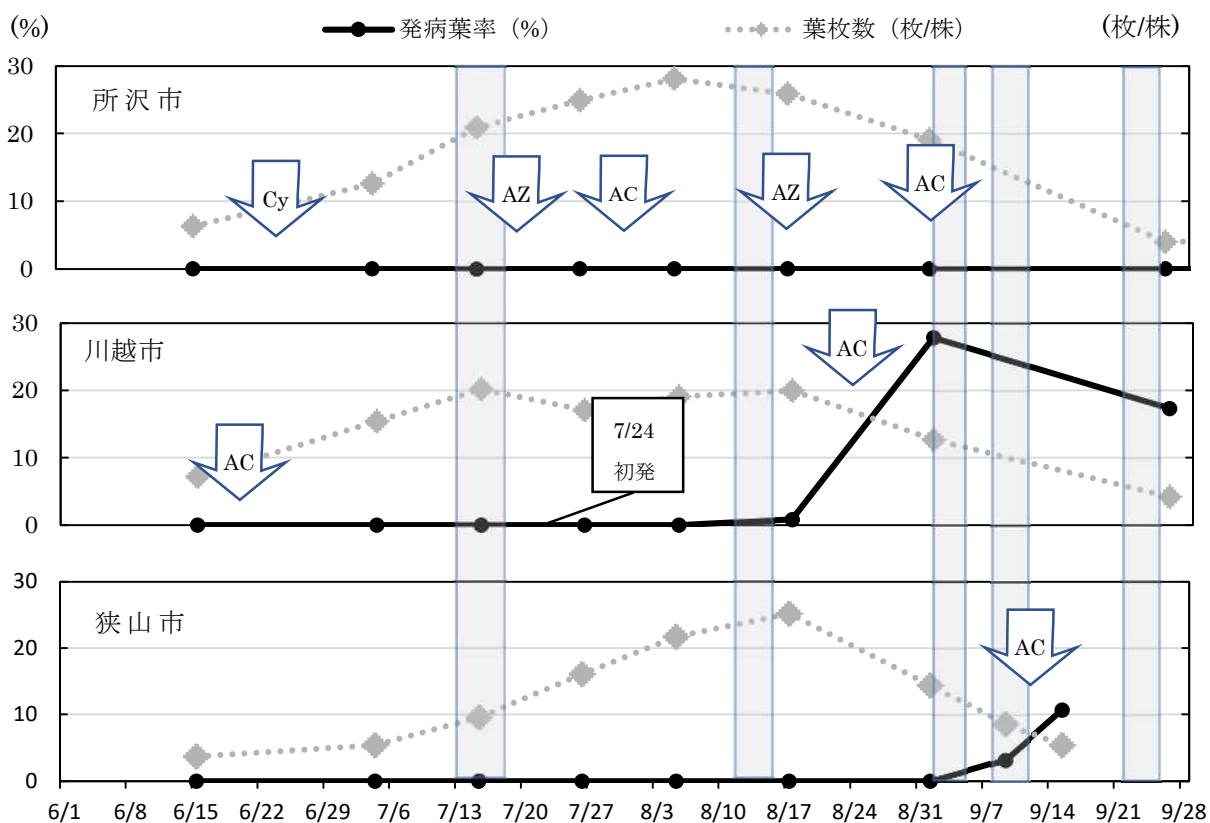


図4 2022年調査ほ場における疫病の発生と葉枚数の推移

Cy: シアゾファミド水和剤, AZ: アゾキシストロビン水和剤, AC: アミスルブロム・シモキサニル水和剤

表2 温湯処理した種芋の出芽率の推移

年次	処理 時間	出芽率 (%)				
		4/27	5/7	5/16	5/27	6/2
2022年	60分	0	13	73	83	83
	30分	0	30	52	62	65
	10分	15	60	95	98	100
	5分	3	50	90	95	98
	0分	0	18	70	92	97
	処理 時間	出芽率 (%)				
		5/1	5/8	5/16	5/22	5/31
2023年	15分	17	47	73	85	100
	10分	17	55	83	93	100
	0分	8	40	77	92	100

注) 処理日は2022年4月8日および2023年4月21日.
処理温度は50℃. 1区20株・3連制.

表3 汚染種芋の温湯処理による出芽率の推移と発病度

年次	発病 程度	温湯処理	供試 芋数	連制	出芽率 (%)			腐敗芋率 (%)		発病度	
					4/26	5/7	5/13	植付前	5/26	植付前	5/26
2022年	1 (接種)	50℃10分	12	3	0	53	78	100	100	25	26
		50℃5分	12	3	3	70	78	100	100	25	35
		無処理区	12	3	17	45	64	100	100	25	76
	発病 程度	温湯処理	供試 芋数	連制	出芽率 (%)			腐敗芋率 (%)		発病度	
					5/17	5/26	6/19	植付前	7/12	植付前	7/12
2023年	0	50℃30分	16	1	0	6	44	0	63	0	61
		50℃25分	16	1	6	56	94	0	56	0	56
		50℃20分	16	1	0	75	88	0	31	0	28
		50℃15分	16	1	0	50	81	0	38	0	34
		50℃10分	16	1	0	81	88	0	31	0	27
		無処理	32	1	24	91	100	0	25	0	22
	1~2	50℃30分	13	1	0	54	62	100	100	37	83
		50℃25分	13	1	0	69	77	100	100	37	72
		50℃20分	13	1	0	23	62	100	100	37	74
		50℃15分	13	1	15	69	85	100	100	37	74
		50℃10分	13	1	8	8	77	100	100	37	69
		無処理	13	1	31	77	85	100	100	37	69

注) 2022年4月8日に疫病菌を人為接種した種芋に処理し定植.
2023年5月1日に多発ほ場由来の種芋を処理し定植.

表4 汚染種芋のチウラム・ベノミル水和剤処理による出芽率の推移と発病度

年次	発病 程度	チウラム・ベノミル 水和剤処理	供試 芋数	連制	出芽率 (%)			腐敗芋率 (%)		発病度	
					4/26	5/7	5/13	植付前	5/26	植付前	5/26
2022年	1 (接種)	20倍液1分間浸漬	12	3	17	78	89	100	100	25	65
		無処理	12	3	17	45	64	100	100	25	76
2023年	発病 程度	チウラム・ベノミル 水和剤処理	供試 芋数	連制	出芽率 (%)			腐敗芋率 (%)		発病度	
					5/17	5/26	6/19	植付前	7/12	植付前	7/12
	0	20倍液1分間浸漬	16	1	31	100	100	0	6	0	6
		無処理	32	1	24	91	100	0	25	0	22
	1~2	20倍液1分間浸漬	13	1	46	85	92	100	100	37	74
		無処理	13	1	31	77	85	100	100	37	69

注) 2022年4月8日に疫病菌を人為接種した種芋に処理し定植。2023年5月1日に多発ほ場由来の種芋を処理し定植。

表5 萌芽したサトイモへのグリホサートカリウム塩液剤処理による枯死株率の推移 (2021 年)

希釈 倍率	茎葉枯死株率 (%)		
	9/6	9/16	10/5
25倍	91	88	100
50倍	88	91	100
100倍	93	83	100

注) 1区21株・2連制。育苗箱に種芋を植え付け、ガラス温室内で管理した。

草丈15cm・葉枚数1枚となった8/18と再出芽が認められた9/16に100ml/m²を茎葉散布した。

表6 萌芽したサトイモへの薬剤処理による枯死株率の推移 (2022 年)

供試薬剤	希釈 倍率	処理量	処理日	茎葉枯死株率 (%)		
				7/20	8/26	10/4
CS	30倍	1.2L/m ²	6/21	100	100	100
GP	100倍	100ml/m ²	6/21,8/3	76	95	90
GI	100倍	100ml/m ²	6/21,8/3	58	89	83

注) 1区0.5m²・3連制。ろ地ほ場に4kg/区の種芋を放置し覆土した。

CS: カーバマナトリウム塩液剤, CSは6/21に灌注処理後、0.02mm透明マルチで5日間被覆した。

GP: グリホサートカリウム塩液剤, GI: グリホサートイソプロピルアミン液剤

GPおよびGIは6/21と再出芽が認められた8/3に茎葉散布した。

サトイモの生育は6/21時点で草丈25cm・葉枚数2枚程度であった。

表7 各薬剤処理による疫病の発病程度と防除効果

供試薬剤	希釈倍率	発病率 (%)	発病度	防除価
ノニルフェノールスルホン酸銅水和剤	500	40.9 a	26.6	59.7
アメトクトラジン・ジメトモルフ水和剤	1,000	33.2 a	19.4	70.7
マンジプロパミド水和剤	2,000	52.4 ab	30.6	53.7
AC	2,000	25.5 a	10.9	83.5
無処理区	-	88.6 b	66.0	-

注) 10月7日, 14日に300L/10aを散布し,21日に調査した。

AC:アミスルブロム・シモキサニル水和剤

異なる英小文字間に有意差あり (角変換後に検定,Tukey-kramer, $p<0.05$)

防除価は発病度より算出した。

表8 摘葉による収量への影響

試験区	摘葉時期			着葉数（枚/株）						可販収量 （g/株）	上物収量 （g/株）
				親芋由来			子芋由来				
	7/25	8/15	9/14	7/25	8/15	9/14	7/25	8/15	9/14		
7月50%摘葉	○	○	○	2.0	2.0	2.0	6.3	10.8	8.0	1,209 a	430 a
7月25%摘葉	△	△	△	3.0	2.9	3.0	9.2	14.9	11.7	1,276 ab	473 a
8月50%摘葉	-	○	○	4.3	1.9	2.0	11.8	10.7	8.1	1,369 ab	494 ab
8月25%摘葉	-	△	△	4.1	2.9	3.0	14.4	15.2	11.7	1,598 b	611 abc
9月50%摘葉	-	-	○	4.0	3.7	2.0	12.0	20.6	8.0	1,498 ab	633 abc
9月25%摘葉	-	-	△	4.0	3.7	3.0	12.5	20.5	11.7	1,544 ab	687 bc
無処理	-	-	-	4.3	3.9	4.2	12.3	21.6	16.0	1,626 b	750 c

注) 4月13日植付け。表中の網掛け部分は摘葉後の着葉数。1区8株・3連制。

○: 各株着生葉が50%となるように摘葉 △: 各株着生葉が25%となるように摘葉

3L~Lに相当する規格を上物収量とした。異なる英小文字間に有意差あり (Tukey-Kramer, $p<0.05$)。

表9 防除体系による疫病の発生程度と収量性

年度	試験区	接種日	防除体系	発病葉率 (%)	発病度	可販収量 (g/m ²)	上物収量 (g/m ²)
2022年	体系防除①	8/12	3/15AM, 9/2AC, 9/7AZ, 9/20AC+SC	29.8	15.8	1,729 **	697 **
	無処理	8/12	-	45.0	31.5	1,245	255
2023年	体系防除②	8/29	7/12AM, 8/25AC, 9/14BM	0.4 a	0.1	861 n.s	296 n.s.
	体系防除③	8/29	7/12AM, 8/25AC	2.8 a	1.3	717	230
	無処理	8/29	-	22.0 b	10.3	833	146

注) 可販品の内3L~Lに相当するものを上物とした。2022年は1区12株・3反復, 2023年は1区8株・3反復。

AM:アゾキシストロビン・メタラキシル粒剤9kg/10a, AC:アミスルプロム・シモキサニル水和剤2,000倍液
SC炭酸ナトリウム銅水和剤1,000倍液, BM:ベンチアバリカルブイソプロピル・マンゼブ水和剤2,000倍液
発病葉率は調査期間中最も高い値を示した日付の値を示した (2022年は9/2, 2023年は9/14の値)。

2022年: **は1%水準で有意差ありを示す (スチューデントのT検定)。

2023年: 異なる英小文字間に有意差あり (Tukey-kramer, $p<0.05$)。

角変換後に統計処理をした。

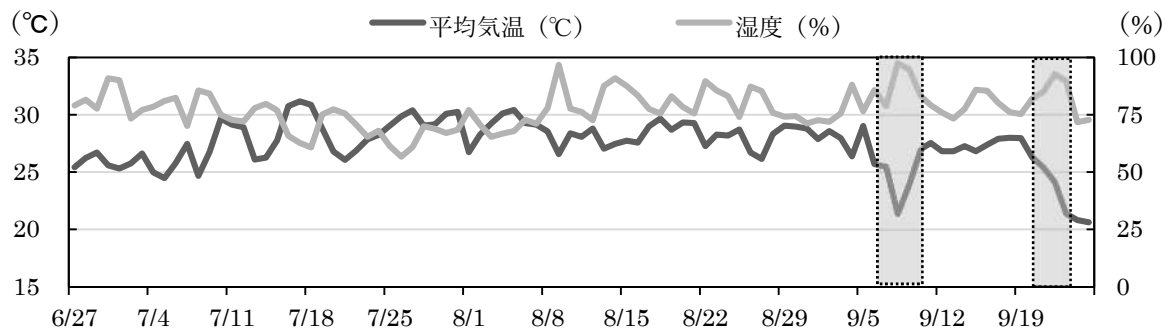


図5 2023年狭山市Aほ場における日平均気温・湿度の推移

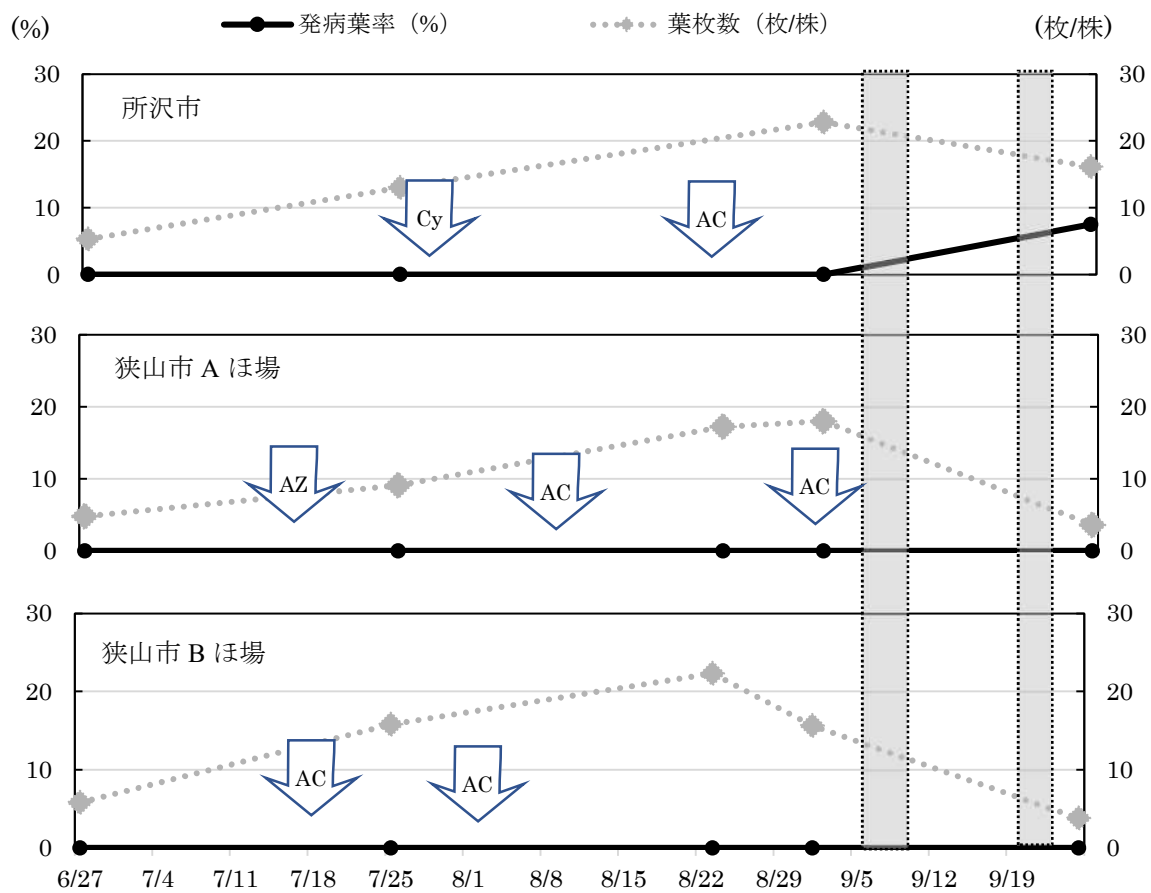


図6 2023年実証ほ場における疫病の発生と葉枚数の推移

Cy: シアゾファミド水和剤, AZ: アゾキシストロビン水和剤, AC: アミスルブロム・シモキサニル水和剤

考 察

1 発生病と気象要因の関係解明

サトイモ疫病菌 *P. colocasiae* は 20~22℃で遊走子を大量に形成し、水を媒介として急速に広がる (Fullerton and Tyson, 2003) . 今回の調査では、定期的な薬剤散布が行われていた所沢市ほ場を除いて発病が確認される前 8 日以内に日平均気温 20~25℃, 湿度 90%以上が観測された. これは宮崎県や愛媛県で発病のタイミングとされている「気温が 25℃よりやや低く、降雨を伴う日の後に初発を確認することが多くある」という報告 (黒木・松田, 2020) とも概ね一致する結果となった. このような気象条件は、調査を実施した両年とも 6 月上下旬、7 月中旬、8 月中旬、9 月上旬にみられた. いずれの地域においても、6 月中の発病はなく、初発時期は葉枚数が 15~20 枚/株程度となる 7 月中旬以降であった. これらの結果から、上記の気象条件に加えて葉枚数が多くなり群落内湿度が高くなることも発病の要因と考えられた. 本県におけるサトイモの一般的な栽培では、8 月上~中旬に株当たり葉枚数が最大に達するが、近年は 8 月中旬に雷雨や台風などの不安定な天候の影響を受け疫病の好適発病条件となることが多いため、発病リスクが高まる時期であると考えられた.

一方、葉枚数が急速に減少に転じる 9 月上旬以降にも発病に好適な気象条件が見られ、疫病の急速な蔓延が各地で確認された. サトイモは芋肥大期に地上部の養水分が塊茎へ転流し地上部が枯れ込む (松本, 2012) ことに加え、老化が進んだ下位葉では表面のワックス結晶や微細構造の変化に伴ってロータス効果が低下するため、発病しやすくなると考えられている (芝田ら, 2021). また、老化葉は葉柄が倒れ、葉身が水溜りなどに接する機会が増えることも発病を助長する原因と考えられた. したがって、地上部の葉枚数が減少する時期においても発病しやすい気象条件が重なることで発病リスクが高まると考えられた.

以上のことから、8 月中旬と 9 月上旬が県内で発病リスクが高くなる薬剤散布の適期と考えられた. しかし、本県でサトイモ疫病が多発した 2020 年は関東甲信地方の梅雨明けが 8 月 1 日と平年の 7 月 19 日と比較して 13 日遅く、梅雨の間の降水量も平

年の 1.7 倍となり (気象庁, 2025), サトイモ疫病は 7 月上旬に初発が確認された. そのため、例年にならぬ気象条件の年は発病時期が前後する可能性があるため、適宜生産者のもとで気象条件やサトイモの生育ステージを考慮した追加の薬剤散布を行う必要があると考えられた.

2 耕種的防除技術の開発

(1) 種芋消毒技術の検討

サトイモ疫病菌は塊茎にも感染し、罹病した塊茎は掘り取り前の土壌中や収穫後に腐敗する (Jackson and Gollifer, 1975). 疫病の発生を予防するには健全な種芋の植付けが重要となることから、健全芋の選別方法について検討した. 「サトイモ疫病対策マニュアル (2020 年版)」では対策技術として種芋を水に浸漬し、浮いた芋を除去することで健全種芋を選別できるとしている. しかし、完全には汚染種芋を除去できないため、選別した種芋はチウラム・ベノミル水和剤で処理することが推奨されているが、本剤のサトイモ疫病への防除効果は培地上で菌糸伸長抑制効果が認められただけであり、保菌した種芋への防除効果については明らかになっていない.

西岡ら (2017) は *P. colocasiae* を接種したエゴマ種子において 46℃5 分以上の処理で菌の死滅を確認している. しかし、サトイモの種芋において疫病菌がどの部分にどのような形態で局在するかは明らかになっていない. 一方、*P. colocasiae* は A1 および A2 の交配型が接合すると卵胞子を形成するとされ (Tyson and Fullerton, 2007), 卵胞子は外的要因に対して耐性を有し、数年間生存するといわれている (桂, 1971) が、環境中では頻繁に検出されることは無いとされている (Nelson *et al.*, 2011). 県内では A1 型と A2 型の両方が確認されているものの、種芋の顕微鏡観察では卵胞子は認められなかったことから、遊走子のうや菌糸の形態で種芋に感染していると仮定して試験を実施した.

温湯処理は出芽等に影響を及ぼす可能性が考えられたため、適用可能な条件を検討したところ、50℃15 分以下であれば影響はみられなかった. また、今回供試した多発ほ場由来の種芋は病徴が表層 1cm までに集中していた. 筆者らは、50℃5 分程度

の処理で芋の表層 1cm までは 46℃に達することを確認しており(データ省略), 菌の死滅に必要な 46℃ 5 分の処理は 50℃10 分以上で達成可能と考えられたことから, 温湯処理による防除効果を期待した. 人為接種した種芋の場合は効果が認められたものの, 多発ほ場由来の種芋では, 水選により選抜したにもかかわらず, 見かけ健全な種芋においても効果がなかった. この要因としては, 人為接種した種芋は表層に僅かに褐変が認められる程度であるのに対し, 多発ほ場由来の種芋ではより深い部位への感染や顕微鏡では観察できなかった耐久性の高い卵孢子などの形態での感染が考えられた.

一方, チウラム・ベノミル水和剤は, 疫病菌を人為接種した種芋と多発ほ場由来の見かけ上健全な種芋な種芋に処理した場合に一定の防除効果が認められた. しかし, 多発ほ場由来の病斑が認められる種芋では防除効果は認められなかったことから, 生産現場での種芋調整は可能な限り疫病の発生が少ないほ場由来の種芋を水選した上で本剤を処理することが望ましいと考えられた.

(2) 残渣処理法の検討

県内ではほ場周辺の残渣堆積場などに放置された残渣が発芽し, 野良生えとなっていた. 野良生えは本ほよりも先に発病する事例があり, 伝染源となる可能性が高い(千葉県, 2022). これらの野良生えはロータリー耕起できない場所にあることが多く, 除草剤を用いた処理が推奨されている(黒木・松田, 2020)が, 土中に残った芋から再出芽し, 徹底した処理は難しい.

本試験でもグリホサート系除草剤を供試し, 枯死株率を調査した. グリホサートは植物体内に吸収後, 地下部まで移行して植物組織を破壊する(農薬ハンドブック 2016). ガラス温室で育苗箱に植付けた苗に処理した場合は茎葉枯死株率が 100%に達したが, くず芋をほ場に 8kg/10a 放置し出芽した株に処理した場合の茎葉枯死株率は 80~90%程度であった. サトイモの種芋表面には多数の伏芽が存在し, 頂芽が障害を受けると伏芽から出芽することが知られている(松本, 2012). 今回の試験でも土中に残った芋の伏芽から再出芽し, 完全な枯死には至らなかったと考えられた.

一方, 果菜類やネギで古株枯死や前作の病害虫蔓

延防止を目的とした使用方法の適用がある CS をくず芋から出芽した株に灌注処理したところ, 茎葉枯死株率は 100%に達し, 再出芽もみられなかったこと. 以上のことから, 効率的な残渣処理は CS の灌注処理で可能と考えられた. 本剤の水溶液は土壌に処理すると有効成分が拡散・浸透する(農薬ハンドブック 2016)ため, 灌注処理により効率的に土中の芋を枯死させることができたと考えられた.

3 効率的な薬剤散布体系の検討

(1) 有望薬剤の選定

疫病菌は感染から発病までの潜伏期間が短く, 発病後は降雨によって急速に蔓延し防除が手遅れになりやすい. そのため, 初発時期を把握し, 発病直前や直後に治療効果が高い薬剤を散布することが重要であると考えられることから, 数種薬剤を供試した結果, AC で高い防除効果が得られた. 本剤は, 残効が長いアミスルプロムと感染後の病勢進展を止める効果が高いシモキサニルの混合剤であり, 浸透移行性が高い. 本剤が処理された疫病の病斑は健全部との境界が明確に区別され, 遊走子のうの形成がみられなくなることから, 高い治療効果を有することが他県の試験でも明らかになっている(千葉県, 2022; 芝田ら, 2023). これらのことから, AC は発病リスクが高くなる 8 月中旬以降の基幹防除薬剤として有効と考えられた.

AC 以外ではアメトクトラジン・ジメトモルフ水和剤でやや高い防除効果が認められたが, ベンチアバリカルブイソプロピル・マンゼブ水和剤など, 他に本病に卓効を示す薬剤の適用拡大が進んでいたため, 後述する防除体系には加えなかった.

(2) 要防除水準の推定

サトイモ疫病に罹病した株は葉枚数が減少し, 光合成量が低下することから, 葉や塊茎が小さくなる(Singh *et al.*, 2012). 発病程度と減収の関係性を調べるために, 県内で発病がみられる 7 月~9 月に摘葉を行うことで疫病の被害を再現し, 収量への影響を調査した. 同様の試験は愛媛県, 千葉県でも行われており, 供試品種や摘葉する量は異なるものの生育後半になる程, 減収は少なくなることが知られている(サトイモ産地を救う研究開発コンソーシアム, 2020; 千葉県令和 4 年度試験結果成果普及情報, 2022).

今回の試験では 50%摘葉区と 25%摘葉区を設けたが、前者は疫病が多発した場合、後者は少発生の場合を想定している。7 月下旬から摘葉を実施した試験区と 8 月中旬以降 50%の葉を摘葉した試験区では上物収量が有意に低下したことから、7 月中の発病や 8 月の多発は減収を引き起こすと考えられた。一方、8 月中旬以降に 25%を摘葉した試験区や 9 月以降に摘葉した試験区では大きな収量の低下はみられなかった。そのため、8 月中旬までは発病を抑え、8 月中旬以降は疫病による葉の損失を 25%以下にすることで、大きな減収を抑えることができると考えられた。

(3) 効率的な防除体系の検討

これまでに述べた疫病の発生リスクが高い気象条件や減収を抑制する発病時期とその程度および効果的な薬剤選抜の結果に加え、労力や薬剤耐性菌の発生防止を考慮し、いくつかの防除体系を検討した。2022 年の試験では種芋植付時の AM の土壌混和と疫病発病後に AC の散布を行う防除体系①を検討したところ、収量は無防除区と比較して増収したが、目標とした 8 月中旬以降の発病葉率 25%以下という水準が達成されず、AC 散布後も新たな病斑がみられた。

そのため、2023 年の試験では AM の残効を考慮し、生育期処理に変更するとともに疫病菌の接種前（生産現場では発病前を想定）に AC の散布、接種後（同発病後を想定）に BM を散布する防除体系②を検討した結果、発病葉率 0.4%と極めて高い防除効果が認められ、上物率が大きく向上した。このように、7 月中旬の AM の土壌散布と 8 月中旬の AC、9 月上旬の BM の散布を組み合わせた体系は極めて高い防除効果があると考えられた。しかし、7 月初めから 8 月上旬の長期の降雨や台風などの特異な気象条件が発生した年は追加で薬剤散布を適宜行う必要があると考えられる。

4 対策技術の現地実証

鹿児島県では初発確認直後に AC を散布し、その 7 日後に BM を散布する「セット散布」を累積降水量が 100mm に達するごとに繰り返す体系で高い防除効果が認められている（本田・兒玉，2023）。この防除体系により発病度 1.7～8.2 まで抑えることが

できると実証されているが、作期中 6 回程度の薬剤散布が必要であり、非常に労力がかかる。

本県では発病リスクが高い時期は葉枚数が最大に達し、台風など発病に好適な気象が現れやすい 8 月中旬と葉が倒伏し始める 9 月上旬であると考えられた。要防除水準は 8 月中旬までは無発病、8 月中旬以降は発病葉率 25%以下と考えられ、この水準は疫病が発病する前の 7 月に AM 土壌散布と 8 月中旬の AC 散布を行い、9 月上旬以降に発病が見られた後に BM などの処理する体系で達成可能と考えられた。

この体系であれば作期中の薬剤散布は 2 回と省力的に疫病防除が可能であるため、県内産地で実証試験を実施した。AM の土壌散布は試験実施年の 2023 年時点ではサトイモ疫病に未登録であったため、AZ などの薬剤で代替し、表 1 に示した防除体系モデルを基に県内 3 ほ場で実証試験を実施したところ、2 ほ場では発病がみられず、1 ほ場では発病葉率 7.5%、発病度 1.9 と極めて軽微に抑えることができた。

2023 年は例年と比較して高温少雨であったため、発病しやすい気象条件は 8 月中に出現せず、9 月以降になってからみられたため、発病程度は地域全般に低く、防除効果は非常に高かった。しかし、多発ほ場が認められた 2021 年および 2022 年の調査においても、発病リスクの高い時期に AC を 1～2 回散布することで発病葉率を 25%以下に抑えられたほ場があることから、現地適用性が高く省力的な防除体系が構築できたと考えられた。

なお、2025 年 2 月時点で AM は本病に対する適用が無いが、新農薬実用化試験における種芋植付時土壌混和および生育期土壌散布の結果と、作物残留試験の結果から登録拡大の準備が進められている。

謝 辞

本論文の作成では、統計解析および試験方法に関するご指導を賜った現病害虫防除所の酒井和彦氏に深く感謝の意を表する。

引用文献

- 千葉県(2022):サトイモ疫病の発生生態と防除対策.
<https://www.pref.chiba.lg.jp/ninaite/shikenkenkyuu/r4.html>. (2024年11月15日閲覧)
- Fullerton R. A. and Tyson J. L. (2003): The biology of *Phytophthora colocasiae* and implications for its management and control. In “Secretariat of the Pacific Community (Ed.). Third Taro Symposium 2003”. Auckland, New Zealand. 107 - 111.
- 本田傑・兒玉真一朗(2023):降雨量に着目したサトイモ疫病の効率的な防除体系. 地域が誇る農の逸品 2023, 9-10.
- Jackson, G.V.H. and Golliher, D.E. (1975): Storage rots of taro, *Colocasia esculenta*, in the British Solomon Island. *Ann. Appl. Biol.* 80: 217-230.
- 景山幸二・Rhaman M.Z.・植松清次(2007):DNA塩基配列に基づく日本産 *Phytophthora* 属菌の多様性評価. 植物防疫特別増刊号 17, 6-12.
- 鎌ヶ江良彦・金子暁夫・福田寛(2019):千葉県におけるサトイモ疫病の発生状況. 日植病報 85, 234.
- 桂琦一(1971):植物の疫病. pp.128, 誠文堂新光社, 東京.
- 黒木修一・松田透(2020):サトイモ疫病の総合防除対策技術の確立. 植物防疫 74(11), 616 - 621.
- 松本美枝子(2012):新特産シリーズサトイモ栽培から貯蔵, 種芋生産まで. pp.112, 149, 農文協, 東京.
- Misra, R.S., Sharma K. and Mishra, A.K.(2008): *Phytophthora* Leaf Blight of Taro (*Colocasia esculenta*) -A Review. *Asian Austral. J. Plant Sci. Biotech.* 2: 55-63.
- 宮路寛輝・北代浩晃・菅野善明・川信修治・寺原亮治(2016):宮崎県で発生したサトイモ疫病の2, 3の性状. 日植病報 82 (1) :78.
- Nelson S., Brooks F. and Glenn T. (2011): Taro leaf blight in Hawaii. *Plant Dis* 71: 1-14.
- 気象庁(2025):昭和26年(1951年)以降の梅雨入りと梅雨明け(確定値):関東甲信.
https://www.data.jma.go.jp/cpd/baiu/kako_baiu09.html (2025年3月27日閲覧)
- 西岡一也・湯田達也・西八束・景山幸二(2017):サトイモ疫病の効果的な種イモ消毒技術の確立ー *Phytophthora colocasiae* の死滅温度ー. 九州病害虫研究会報 64: 106-107.
- 農薬ハンドブック 2016年版. pp.230, 757, 一般社団法人日本植物防疫協会, 東京.
- 埼玉県(2023):2023年埼玉の食料・農林水産業・農山村. pp2,7.<http://www.pref.saitama.lg.jp/a0901/saitama2023.html>(2025年3月27日閲覧)
- サトイモ産地を救う研究開発コンソーシアム
(2020):サトイモ疫病対策マニュアル(2020年版)(技術員向けマニュアル), 41.
- 芝田英明・松田透・毛利幸喜・中川健也・萬周平・山本智樹・篠崎毅(2021):サトイモの葉位および損傷が疫病の発生に及ぼす影響. 四国植防 54,1-7.
- 芝田英明・毛利幸喜・中川健也・篠崎毅・井上智絵・奈良雅浩(2023):サトイモ疫病の効果的な薬剤防除法. 愛媛県農林水産所研究報告 15,6-12.
- Singh D., Jackson G., Hunter D., Fullerton R., Lebot V., Taylor M., Iosefa T., Okpul T. and Tyson J. (2012): Taro leaf blight - a threat to food security. *Agriculture* 2012 (2), 182 - 203.
- Tyson J. L. and Fullerton R. A. (2007): Mating types of *Phytophthora colocasiae* from the Pacific region, India and South-east Asia. *Australas. Plant Dis* 2: 111-112.