

ジャガイモ黒あし病の発生を防ぐための 管理工程マニュアル

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
本部企画戦略本部

ふじもと たちと
藤本 岳人

はじめに

我が国の基幹作物の1つであるばれいしょの生産量と作付面積はそれぞれ約235万トン、約8万haである。特に、北海道は約173万トンの生産を行い、国内生産量の80%を占める一大産地である。ばれいしょは親と同じ形質の次世代を収穫するために、茎の一部である塊茎（種いも）を植え付け、次代塊茎を収穫する栄養繁殖性作物である。ウイルス病等の種苗伝染性病害のリスクが高くなるため、種いもとなる種ばれいしょは健全無病であることが不可欠である。わが国では、種ばれいしょ増殖段階として、原原種生産、原種生産、採種生

産があり、種ばれいしょの健全性担保のために、植物防疫法等に基づく厳格な管理と検査が行われている。また、原原種生産では隔離温室内で栽培されたミニチューバーと呼ばれる塊茎を1～2年ほど、ほ場で増殖（基本ほ生産）させた塊茎を種いもとして使用している。ミニチューバーは立ち入り制限等の病虫害感染防止策を講じた温室で栽培されるため、栽培中に病原菌に汚染される可能性は極めて低い（図1）。

しかしながら、近年、北海道の種ばれいしょ生産ほ場において、種いもを含む塊茎の腐敗、株のしおれ、株元の黒変腐敗等を起こすジャガイモ黒あし病（以下、黒あし

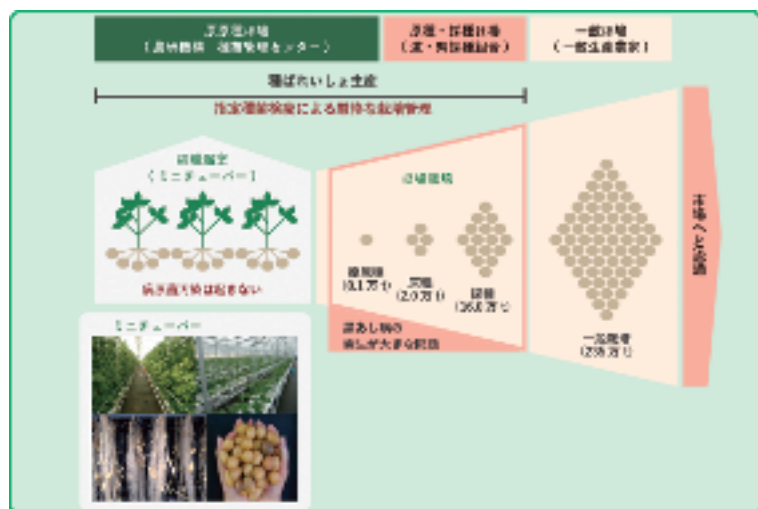


図1 我が国のばれいしょ生産体系とジャガイモ黒あし病の発生

病と略記)が頻発し、種ばれいしょの生産量を低下させている。黒あし病は、ばれいしょで発生する細菌病害の一つで、塊茎伝染することが知られている。保菌塊茎から種いもが増殖されることによって黒あし病の蔓延を引き起こす可能性があるため、現在、種ばれいしょ生産現場では定期的なほ場巡回を行い、黒あし病発病株の検出と抜き取ることで被害の拡大を防いでいる。ただし、塊茎伝染だけでは説明しきれない事例も発生しており、感染経路の解明が望まれていた。わが国で発生する黒あし病の発生菌種の全容が明らかでないこと、ばれいしょ生産ほ場及びその周辺環境から黒あし病菌を高感度に検出するための手法が整備されていなかったこと等が原因となり、詳細な感染源の特定に至っていなかったため、イノベーション創出強化研究推進事業「ほ場で突発するジャガイモ黒あし病の感染要因の検証」及び「健全種ばれいしょ生産を達成するジャガイモ黒あし病発病リスク回避技術の確立」に取り組んだ。本稿では研究成果より明らかとなった黒あし病対策に有効な工程管理技術の一部について紹介する。本稿で使用する図表はすべて農研機構より公表されている「ジャガイモ黒あし病の発生を防ぐ為の工程管理マニュアル」(https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/nipp/manual/152127.html)より引用する。詳細な内容は本マニュアルにまとめられている。

I ジャガイモ黒あし病の症状

黒あし病は、北海道の作付体系では主に5月上旬から7月上旬に発病が認められる

病気である。低温・多雨の気象条件が続くと発病株が増えることが知られている。その症状は、まず、種いもの腐敗が起きる。保菌した種いもの発病が著しい場合、萌芽前に腐敗するため、欠株となる場合もある。萌芽後に発病すると、茎葉のしおれや茎基部の黒変腐敗(黒あし症状)が起きる。土壌中の種いもが腐敗し、そこから伸びる茎内部の維管束が褐変する。茎葉の症状は、萌芽後1～2週間頃から現れ、初期症状として、好天の日中に1～2本の茎葉がしお



(1) 種いも腐敗



(2) 茎葉のしおれ

図2-1 ジャガイモ黒あし病の病徴①



(3) 茎基部の黒変褐変（黒あし症状）



(4) 維管束褐変

図2-2 ジャガイモ黒あし病の病徴②



(5) 次世代塊茎の腐敗

図2-3 ジャガイモ黒あし病の病徴③

れて下垂する。その後、茎基部から黒変するとともに、下葉からやや退緑してしおれる。発病株はやがて黄化し、地際部から倒伏する。発病が著しい場合、株全体が腐敗する。発病株に着生した次世代塊茎は腐敗し、収量の低下を引き起こす（図2-1～2-3）。

Ⅱ ジャガイモ黒あし病の病原

黒あし病の病原として、国内では *Dickeya* 属 2 種、*Pectobacterium* 属 3 種の計 5 種、海外ではさらに *Dickeya* 属 1 種を加えた 6 種の細菌が報告されている。黒あし病を観察できる植物の症状から病原種の違いを見分けることはできず、*Dickeya* 属と *Pectobacterium* 属を電子顕微鏡等による観察により判断することも困難である（図3）。ただし、国内外ともに *Dickeya* 属のほうが *Pectobacterium* 属に比べ、種いも腐敗を含む病原性が高いとされている。黒あし病の病原は以下の通りである。

(1) *Dickeya* 属細菌

- ・ *Dickeya dianthicola* (Ddi)
- ・ *Dickeya chrysanthemi* (Dch)

(2) *Pectobacterium* 属細菌

- ・ *Pectobacterium atrosepticum* (Pa)
- ・ *Pectobacterium wasabiae*
(≒ *Pectobacterium parmentieri*) (Pw) ※
- ・ *Pectobacterium carotovorum* subsp.
brasiliense (Pcb)

(3) 海外でのみ報告されているジャガイモ黒あし病の病原

- ・ *Dickeya solani*

※海外では黒あし病を引き起こす *Pectobacterium wasabiae* について *Pectobacterium parmentieri* と種名変更

する報告があるが、国内では種名の統一が図られていないため、同種異名として併記する。

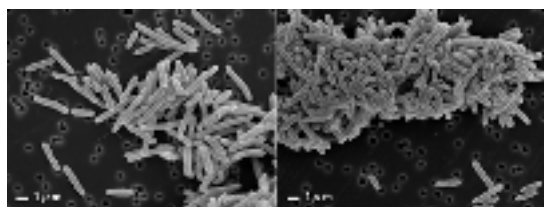


図3 ジャガイモ黒あし病菌の電子顕微鏡写真（左： *Pectobacterium wasabiae*、右： *Dickeya dianthicola*）

2000年以降に国内で確認された黒あし病発病株から検出された病原菌219菌株を調べた結果、Pcbが44.7%、Pwが42.9%、Ddiが12.4%であることが明らかとなった（図4）。国内では2000年以降Paによる黒あし病の発生は確認されておらず、Dchは2021年時点で2017年に局所限定的に発生が確認された以外に検出例がない。

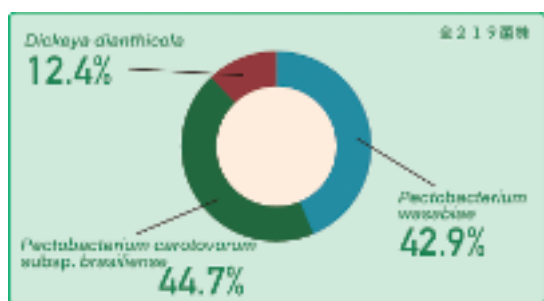


図4 国内で検出されたジャガイモ黒あし病菌の菌種割合

Ⅲ ジャガイモ黒あし病菌の感染・保菌のリスク

黒あし病の主な感染契機は病原菌を保有した種いもを栽培ほ場に植え付けることと考えられている。そこで、いかに保菌した種いもを生み出さないかが最も重要な対策

である。ただし、種いも伝染だけでは説明しきれない発生事例も見つかり、その感染経路は多岐にわたる。栽培ほ場やその周辺環境に自生する雑草や野良いもが黒あし病菌に感染していること、明渠排水の中からも黒あし病菌が検出されること、栽培ほ場の土壌や前年度の植付植物の残さに黒あし病菌が残存していることがこれまでの研究から示唆されている。加えて、これらのほ場環境周辺に存在する黒あし病菌が降雨等によっては場内に入り込み、健全なばれいしょ株が黒あし病菌に感染することも感染経路の一つであることが最近の研究から明らかになっている。

また、黒あし病菌に感染したとしても、必ずしも全てのばれいしょ株が発病するわけではなく、見た目は健全な株（無病徴感染株）も存在する。無病徴感染株から収穫された塊茎が黒あし病菌を保菌していた例もあり、さらには、ばれいしょの生育後期に観察される軟腐病は黒あし病菌でもあるPcbやPwによっても引き起こされる病害である。軟腐病発病株から収穫された塊茎からも黒あし病菌が見つかり、保菌した塊茎を植え付けると黒あし病を発病させることが試験研究レベルでは明らかになっている。

黒あし病菌を保菌した塊茎は貯蔵中に腐敗すると接触している周辺の塊茎を汚染する。特に、塊茎表面が濡れていたり、土壌が付着していたりすると、保菌塊茎は腐敗しやすくなる。

このように、ほ場での栽培中に感染するリスクと収穫後の貯蔵工程中に感染するリスクがあるため、それぞれの感染リスクに対して、適切な対策を行うことが感染拡大

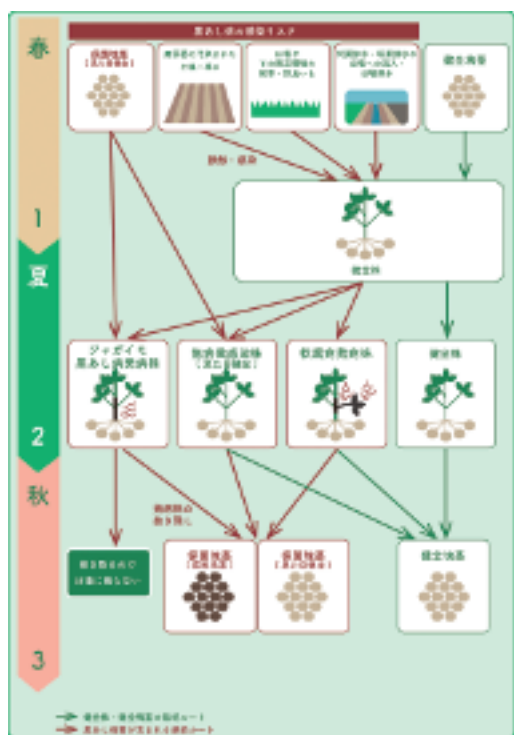


図5 栽培工程における黒あし病菌の感染経路

を回避するために重要である（図5）。以下に、これまでの研究より明らかとなった感染及び保菌リスクの詳細をまとめる。

(1) ほ場及びその周辺環境におけるジャガイモ黒あし病菌の感染リスク

北海道の複数の種ばれいしょ生産ほ場において、ほ場土壌やほ場及びほ場周辺の植物（輪作作物や雑草）、ほ場の表面水や明渠排水、雑草が自生する畔の滞留水、井戸水に黒あし病菌が存在した。このように、黒あし病菌はほ場やその周辺環境に存在し、降雨等によるほ場内への水の流入を通じて、ばれいしょに感染することが明らかとなった。黒あし病菌が存在している可能性のある環境要因とばれいしょ株が接触しないように適切な対策を講じ、感染経路を遮断することが黒あし病対策に重要であ

る。

(2) ジャガイモ黒あし病やジャガイモ軟腐病の無病徴感染株から収穫される塊茎の保菌リスク

黒あし病菌に感染した株は必ずしも発病するとは限らない。無病徴感染株の存在は黒あし病だけでなく、軟腐病でも確認されている。軟腐病菌のうち、PcbやPwは黒あし病菌でもあり、黒あし病や軟腐病の無病徴感染株が黒あし病の発病にも影響を与えるリスクとなる。

(3) ジャガイモ黒あし病株やジャガイモ軟腐病株から収穫された保菌塊茎による発病リスク

黒あし病菌を保菌した塊茎や黒あし病菌と同種であるPcbやPwによる軟腐病発病株から収穫された塊茎をほ場に植付けると、黒あし病を発病することが明らかとなった。このように、黒あし病や軟腐病の発病株から収穫された塊茎を翌作に植え付けることは黒あし病の発病リスクにつながるため、発病株を見つけた場合は速やかに抜き取ることが重要な対策である。ただし、黒あし病と軟腐病の無病徴感染株を外観から判別することは不可能であるため、収穫塊茎の中に保菌塊茎が混ざり込むことは避けられない。また、収穫時や選別時に腐敗塊茎や異常塊茎を速やかに取り除くことは可能であるが、腐敗していない保菌塊茎（無病徴感染塊茎）を取り除くことは困難である。そこで、無病徴感染塊茎が混入している可能性を想定して、貯蔵管理や植付準備を行うことが重要である。

(4) ジャガイモ黒あし病菌の越冬による感染リスク

黒あし病菌に感染した株や塊茎が土壌中

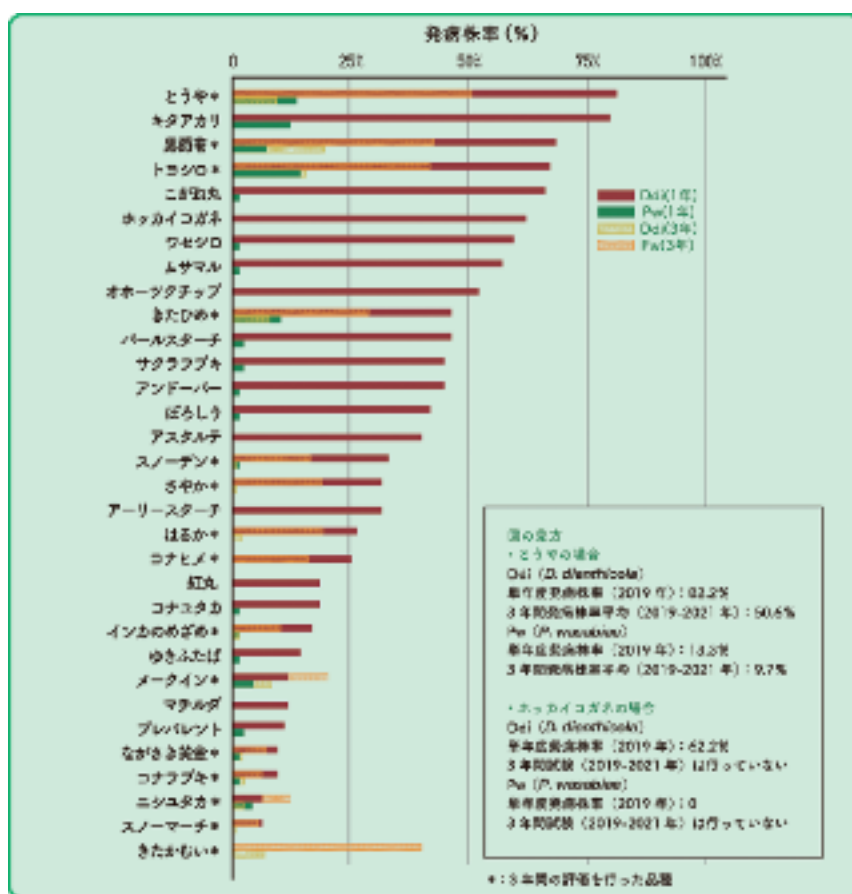


図6 ばれいしょ品種のジャガイモ黒あし病感受性
(2019-2021年試験結果平均)

に残存した場合、翌年まで残さや土壌中に黒あし病菌が残存することがある。黒あし病菌に感染した株は必ずしも発病するわけではないため、無病徴感染株の存在を考慮し、収穫後は最大限にばれいしょ株や塊茎をほ場外に運び出すことが重要である。残さには黒あし病菌が残存している可能性を念頭におき、鋤き込む場合は可能な限り細断し、腐熟が完全に達成されるような期間を確保することで、黒あし病菌の残存リスクを低下させるようにする。

また、ほ場やその周辺環境に自生する多年生雑草の根に黒あし病菌が感染し、越冬する可能性がある。キク科やタデ科等の多

年生雑草の根から黒あし病菌が分離されていて、その多くは黒あし病菌に感染していても病徴を示さない。黒あし病菌の感染有無について、見た目から判断することはできないため、ばれいしょの植付年だけでなく、輪作体系の中でばれいしょを植え付けない期間も雑草の防除に取り組む必要がある。

(5) ばれいしょ品種による発病リスクの差異

ばれいしょ品種間で黒あし病に対する感受性に差があり、黒あし病の発生リスクの高いほ場での感受性の高い品種の栽培を避けることは、ほ場管理の一つとして有効な手段の一つである。国内で栽培される品種

の一部に黒あし病菌を接種した試験から、品種ごとの感受性に差があることが明らかとなった（図6）。黒あし病に対する感受性の高い（発病しやすい）品種は、栽培中に滞水や雑草等から黒あし病菌と接触・感染したときに発病するリスクが更に高まる品種である。黒あし病感染リスクが高いと考えられるほ場に植え付ける場合は、抜き取り調査頻度を上げる等、十分な対応をとる必要がある。また、感受性の低い品種でも、ほ場環境や気象条件によっては黒あし病の発病が多発する可能性があるため、種いも消毒やほ場の排水対策、雑草防除等の基本的な対策は実施する必要がある。

Ⅳ ジャガイモ黒あし病を発生させないための管理手法

これまでの研究成果より黒あし病の感染経路となる要因が解明されつつあるが、その全容が解明されたとは言いきれないため、完全な防除手段は確立されていない。そのため、黒あし病対策は可能な限り感染リスクを減らすことで発病を減らす方針のもと、栽培工程や貯蔵工程で発生しうる感染リスクを適切に管理・コントロールすることが重要である。栽培工程や貯蔵工程の各段階において、想定されるリスクの抽出とその対策の検討・決定を行い、工程を徹底的に管理することで、病原菌とばれいしょが接触する機会を極力減らすことが重要である。これら、感染リスクを低下させる一連の対策を種ばれいしょ生産団体とともにとりまとめ、実証しているところである。これらの対策は随時チェック・見直しを行うことで適切な改善を図ることとなっている。

おわりに

黒あし病の感染拡大阻止に取り組むにあたって、黒あし病菌の特性を正しく理解するだけでなく、取り組みの限界を認識することが重要である。黒あし病の病原菌をばれいしょ生産ほ場やその周辺環境から完全に除去することは不可能である。発病株の抜き取りや保菌塊茎の選別は目視での判別となるため、発病株や腐敗塊茎は除去できても、無病徴感染株や無病徴感染塊茎を除去することはできない。農薬による種いもの消毒も、表面の菌は除去できても内部に存在する菌を除去することはできないため、感染・発病のリスクを完全に排除することは難しい。これらのリスクが残っていることを正しく理解し、可能な限りリスクを排除し、保菌塊茎の出荷を抑えること、そして生産現場（原原種・原種・採種・一般）での発生を抑えることが目標となる。生産に携わる全員が黒あし病に対する理解を深める必要がある。また、抜き取りや選別工程は調査を行う人間の目視に頼ることが多いため、技能を継承していくことも必要である。その他にも、定めた栽培技術や機械作業、さらには検査等を的確に行えるよう教育訓練を行い、高品質なばれいしょ生産を確立することが求められるため、研究機関と生産現場が協力し合って今後も研究と対策をアップデートさせていくことが重要と考える。

引用文献

- 1) 農研機構（2022）：ジャガイモ黒あし病の発生を防ぐための工程管理マニュアル：1～72