

称号及び氏名	博士（応用生命科学）	永島 進
学位授与の日付	2025年2月28日	
論文名	近年のアジサイ栽培で経済被害をもたらしている病害の病原体同定と防除に関する研究	
論文審査委員	主査	東條 元昭
	副査	横井 修司
	副査	阪本 龍司

論文要旨

鉢物アジサイは、母の日用のギフトとして国内外での生産が増加している。2019年産の国内における鉢物アジサイの卸売金額は17億7,340万円、数量228万4,000鉢である。海外では、2019年の米国における鉢物アジサイの卸売金額が4,598万ドル(2009年比2.0倍)、数量が587万鉢(2009年比1.7倍)であり、日本以上の増加が見られる。島根県は日本国内のアジサイの主要産地の1つである。同県では、商品性の高い島根県オリジナル品種の栽培割合が高いことが特徴であり、2022年産の出荷額は2億1,700万円、出荷数量14万4,000鉢と生産が増加している。しかし、新品種の栽培増加はこれまで見られなかった病害の発生を顕在化させた。特に、最も生産割合が高い島根県オリジナル品種‘万華鏡’では、育苗期に発生した茎と根の腐敗、および加温栽培初期に発生した花芽腐敗の2つの病害が安定生産の大きな阻害要因となった。これらの病害は、国内での発生報告がないことや発生生態、防除対策の知見がない状態であり、診断法、発生生態および防除法の確立が急務となった。

そこで第1章では日本のアジサイ病害の特質のいくつかを紹介するとともに、これらの特質を背景とした本研究全体の目的を述べた。本研究では、アジサイ新病害の原因菌の究明と診断、防除技術の開発を目的とした。まず、育苗期に発生した茎と根の腐敗症状の原因菌の同定と病原体に対する品種感受性を評価した。次に、最適な防除時期の検討と薬剤による防除法の開発を行った。加温栽培初期に発生した花芽腐敗については、原因菌の同定を行った。アジ

サイの花芽基部の浸出液が花芽腐敗の発病助長要因の 1 つであること明らかにし、それに基づいた耕種的防除の開発を行った。さらに、浸出液中のどの成分が発病に関与しているかについて解析と、その結果に基づく花芽腐敗の発病メカニズムの解明を試みた。

第2章では、アジサイに近年発生した茎根腐敗性病害の病原体の同定と病害防除法を開発した結果についてとりまとめ、これまでの研究と比較し考察した。2014 年以降、育苗期のアジサイの茎や根が腐敗する症状が発生し大きな問題となった。そこで、島根県内 2 市町の生産者 4 名のハウスにおいて、茎や根の腐敗株から分離したところ、37 菌株の卵菌が分離され、分離菌株の形態から 4 種類に分けられた。これらは分子同定、形態および菌糸伸長反応温度の結果から、*Pythium myriotylum*、*Globisporangium splendens*、*G. spinosum*、未同定の *Globisporangium sp.* に同定された。分離菌 4 菌種をそれぞれアジサイに接種したところ、現地で発生した病徴と類似した病徴を示し、接種菌が発病株から再分離された。以上のとおりコッホの原則を満たしたことから、*P. myriotylum*、*G. splendens*、*G. spinosum*、未同定の *Globisporangium sp.* が、アジサイの茎、根の腐敗の原因菌であることが明らかとなった。これらの種は、国内外のアジサイでの病害報告がないため、「茎根腐病」と提案した。これにより、茎や根が腐敗する類似病害との識別が可能となり、診断法が確立された。次に、4 菌種の茎根腐病菌に対する品種の感受性を評価した。供試した 8 品種の中で、接種菌の菌種に関わらず‘万華鏡’が最も激しく発病した。また、‘万華鏡’の交配親との感受性を比較したところ、接種した 4 菌種中 3 菌種で交配親よりも感受性が高かった。このことから、本病に対して感受性の高い品種‘万華鏡’の栽培割合が急増したことが、本病が多発した一要因と考えられた。

本病の対策は耕種的防除法のみでは不十分であるため、薬剤による防除法の開発を行った。まず、薬剤防除の適期を明らかにするために、アジサイの生育ステージと発病との関係を調査した結果、幼植物ほど茎根腐病菌 4 菌種に対して被害を受けやすいことが明らかとなった。特にポット移植～1 ヶ月後までの期間は、4 菌種全てにおいて被害が大きく、ポット移植時の防除が重要と考えられた。

病害防除法の開発として薬剤を検討した。防除薬剤は、*Pythium* 属菌と *Globisporangium* 属菌による病害防除で実績のあるメタラキシル M とアゾキシストロビンを選択した。両剤に対する茎根腐病菌 16 菌株の感受性を薬剤添加培地での菌糸生育で評価した結果、メタラキシル M の EC₅₀ は、*P. myriotylum*、*G. splendens*、未同定の *Globisporangium sp.*、*G. spinosum* でそれぞれ 0.12、0.02、0.04、0.07 ppm であった。アゾキシストロビンの EC₅₀ は、*P. myriotylum*、*G. splendens*、未同定の *Globisporangium sp.*、*G. spinosum* でそれぞれ 0.14、0.54、1.07、9.42 ppm であり菌種によって感受性が異なった。ポット移植時に土壌 1L あたりアゾキシストロビン・メタラキシル M 粒剤 0.25g を土壌混和処理した結果、4 菌種全てに対して高い防除効果を示し

た。これらの結果に基づいて、アゾキシストロビン・メタラキシル M 粒剤は 2018 年 8 月にアジサイ茎根腐病に対して農薬登録が適用拡大され、生産安定に寄与している。

第3章では、アジサイに近年発生した花芽腐敗性病害の病原体の同定と病害防除法を開発した結果についてとりまとめ、これまでの研究と比較し考察した。2017 年以降、アジサイの加温栽培初期において花芽が腐敗する症状が発生した。花芽腐敗は、花数の減少や樹形が悪くなるため商品価値が著しく低下する。花芽腐敗から菌の分離を試みたところ、8 名の生産者の施設全てで、*Botrytis* sp. が分離された。分離菌株は、形態、分子系統樹およびナス、ピーマン果実、インゲンマメのさやに対して病原性を有していたことから *Botrytis cinerea* と同定された。さらに、分離菌株をアジサイの花芽基部に接種した結果、花芽腐敗症状を引き起こし、発病した花芽から接種菌が再分離されたため、*B. cinerea* が花芽腐敗の病原であることが確認された。この結果から、花芽腐敗を *B. cinerea* によるアジサイ灰色かび病の新病徴として提案した。これにより、花芽腐敗を引き起こす病害や低温障害との違いが明らかになり、診断法が確立された。アジサイの加温栽培初期の特徴として、花芽基部の摘葉痕から浸出液が流出する。この浸出液が花芽腐敗の発病を促進するという仮説を基に、加温開始 7 日間に 2 回の拭き取り処理を行ったところ、発病が抑制された。また、浸出液が *B. cinerea* の菌糸生育や感染を促進したことから、浸出液の拭き取り処理は、花芽基部の分生子発芽、菌糸伸長および感染を妨げることによって、発病を抑制したと考えられる。

第3章で実施した実験の過程で、実験に使用する前のアジサイ浸出液の有機成分を分析した結果、主な成分としてグルコース(1.94 mM)、フルクトース(1.63 mM)、スクロース(0.42 mM)、リンゴ酸(5.71 mM)、グルタミン(1.77 mM)が検出された。そこで、浸出液と同濃度のこれらの有機成分が *B. cinerea* のアジサイ葉への感染に与える影響を調査した結果、リンゴ酸のみが感染を促進させ、5~100 mM においても同様に感染を促進した。ただし、5.71 mM のリンゴ酸単独溶液の pH は 2.8 であるのに対し、浸出液の pH は 6.2 でありその差は大きい。pH の影響の可能性があるため、浸出液中のリンゴ酸が感染に影響するかについては明らかにできなかった。

以上のように、本研究において、近年新たに鉢物アジサイの育苗期に発生した茎と根の腐敗症状が *Pythium myriotylum*、*Globisporangium splendens*、*G. spinosum*、未同定の *Globisporangium* sp. の 4 種の卵菌による病害であることを国内外で初めて明らかにし、病名を茎根腐病と命名し、診断法を確立した。さらに、本病が多発する要因の1つとして、主要品種‘万華鏡’が本病に対して特に感受性が高いことを証明した。最適な防除時期がポット鉢上げ時であることを明らかにし、鉢上げ時にアゾキシストロビン・メタラキシル M 粒剤をポット土壤に混和するという防除法を確立するとともに、防除薬剤を検討して本病に対しする農薬登録の適

用を拡大させて栽培現場に普及させた。また、加温栽培初期に発生した花芽腐敗が *B. cinerea* による病害であることを国内で初めて明らかにし、アジサイ灰色かび病の新病徴として報告し、診断法を確立した。さらに、加温栽培初期の特徴である花芽基部からの浸出液が、*B. cinerea* の分生子発芽、菌糸伸長および感染を促進することを明らかにし、その浸出液を拭き取り処理することによる耕種的防除法を開発した。

審査結果の要旨

鉢物アジサイは、母の日用のギフトとして国内外での生産が増加している。2019年産の国内における鉢物アジサイの卸売金額は17億7,340万円、数量228万4,000鉢である。海外では、2019年の米国における鉢物アジサイの卸売金額が4,598万ドル(2009年比2.0倍)、数量が587万鉢(2009年比1.7倍)であり、日本以上の増加が見られる。島根県は日本国内のアジサイの主要産地の1つである。同県では、商品性の高い島根県オリジナル品種の栽培割合が高いことが特徴であり、2022年産の出荷額は2億1,700万円、出荷数量14万4,000鉢と生産が増加している。しかし、新品种の栽培増加はこれまで見られなかった病害の発生を顕在化させた。特に、最も生産割合が高い島根県オリジナル品種‘万華鏡’では、育苗期に発生した茎と根の腐敗、および加温栽培初期に発生した花芽腐敗の2つの病害が安定生産の大きな阻害要因となった。これらの病害は、国内での発生報告がないことや発生生態、防除対策の知見がない状態であり、診断法、発生生態および防除法の確立が急務となった。

第1章では、日本のアジサイ病害の特質のいくつかを紹介するとともに、これらの特質を背景とした本研究全体の目的を述べた。本研究は、アジサイ新病害の原因菌の究明と診断、防除技術の開発を目的とし、まず、育苗期に発生した茎と根の腐敗症状の原因菌の同定と病原体に対する品種感受性を評価した。次に、最適な防除時期の検討と薬剤による防除法の開発を行った。加温栽培初期に発生した花芽腐敗については、原因菌の同定を行った。アジサイの花芽基部の浸出液が花芽腐敗の発病助長要因の1つであること明らかにし、それに基づいた耕種的防除の開発を行った。さらに、浸出液中のどの成分が発病に関与しているかについて解析と、その結果に基づく花芽腐敗の発病メカニズムの解明を試みた。

第2章では茎根腐敗性病害の病原体の同定と病害防除法を開発した結果についてとりまとめ、これまでの研究と比較し考察した。2014年以降、育苗期のアジサイの茎や根が腐敗する症状が発生し大きな問題となった。そこで、これら新規の植物病原体について、分子系統解析、形態および菌糸伸長反応温度を調べ、*Pythium myriotylum*、*Globisporangium splendens*、*G.*

spinosum、未同定の *Globisporangium* sp.と同定するとともに、接種試験でコッホの原則を満たすことを確認し、「茎根腐病」と命名した。これにより、茎や根が腐敗する類似病害との識別が可能となり、診断法を確立した。次に、これら4菌種に対するアジサイ品種の感受性を8つの品種を使って比較したところ、内1つの品種の‘万華鏡’で、4菌種の全てに対して最も激しい発病が見られた。また、‘万華鏡’はその交配親よりも4菌種中3菌種で病害感受性が高いことも分かった。これらの結果から、茎根腐病に対して感受性の高い品種‘万華鏡’の栽培割合が近年急増したことが、本病が多発した一要因と考えられた。一方、本病の対策は耕種的防除法のみでは不十分であるため、薬剤による防除法の開発を行った。まず、薬剤防除の適期を明らかにするために、アジサイの生育ステージと発病との関係を調査した結果、幼植物ほど茎根腐病菌4菌種に対して被害を受けやすいことが明らかとなった。特にポット移植～1ヶ月後までの期間は、4菌種全てにおいて被害が大きく、ポット移植時の防除が重要と考えられた。そこでポット移植時の薬剤施用について、*Pythium*属菌や*Globisporangium*属菌への効果が既に知られているアゾキシストロビンとメタラキシルMに対する各菌種の感受性を予め確認した上で、両薬剤の混合剤を検討したところ、4菌種全てに対して高い防除効果が見られた。本研究の予備実験の結果に基づいて、本剤は2018年8月にアジサイ茎根腐病に対して農薬登録が適用拡大され、生産安定に寄与している。

第3章では花芽腐敗性病害の病原体を同定して病害防除法を開発し、これまでの研究例と比較し考察した。2017年以降、アジサイの加温栽培初期において花芽が腐敗する症状が発生した。花芽腐敗は、花数の減少や樹形が悪くなるため商品価値が著しく低下させる。そこで病原体を形態、分子系統樹および病原性に基づいて灰色かび病菌 (*Botrytis cinerea*)と同定した。灰色かび病によるアジサイの花芽腐敗は国内においてこれまで知られておらず新病徴として本研究で報告した。病原が明らかになったことで本病と低温障害との違いを明確にする診断が可能になった。本病の発病の特徴として、加温栽培下で花芽基部の摘葉痕から浸出液が流出し、この浸出液が発病を促進している可能性が示唆された。そこで加温開始7日間に2回の浸出液拭き取り処理を行ったところ発病が抑制された。浸出液は本病原菌の菌糸生育や感染を促すこともわかり、浸出液を拭き取ることで病原体の活性を低下させ感染を妨げることに繋がったと考えられた。さらにアジサイ浸出液の有機成分を分析した結果、主な成分としてグルコース、フルクトース、スクロース、リンゴ酸、グルタミンが検出された。これらの有機成分が本病原菌のアジサイ葉への感染に与える影響を調査した結果、リンゴ酸のみが感染を促進させることがわかった。ただし、浸出液中の濃度である5.71 mMのリンゴ酸単独溶液のpHは2.8であるのに対し、浸出液のpHは6.2でありその差は大きい。本研究では、pHの影響を排除した実験に至らず、リンゴ酸と本病原菌の感染との関係については今後の課題とした。以上のように、本研究

において、近年新たに鉢物アジサイの育苗期に発生した茎と根の腐敗症状が4種の卵菌による病害であることを国内外で初めて明らかにして診断法を確立した。さらに、本病が多発する要因の1つとして、1つの主要品種が特に感受性が高いことを証明した。さらに最適な防除時期がポット鉢上げ時であることを明らかにし、適切な薬剤を選択してポット鉢上げ時の時期に施用すれば高い防除効果が得られることを明らかにし、農薬登録の適用を拡大させて栽培現場に普及させた。また、加温栽培初期に発生した花芽腐敗が*B. cinerea*による病害であることを国内で初めて明らかにし、アジサイ灰色かび病の新病徴として報告し、診断法を確立した。さらに、加温栽培初期の特徴である花芽基部からの浸出液が、*B. cinerea*の分生子発芽、菌糸伸長および感染を促進することを明らかにし、その浸出液を拭き取り処理することによる新たな防除法を開発した。これらの新知見は応用生命科学分野とくに、農学、植物病理学および園芸科学の発展に大きく寄与する。よって、本論文の審査ならびに最終試験の結果と併せて、博士(応用生命科学)の学位を授与することを適当と認める。