

昆虫随伴菌の樹木病原性を強化する 昆虫共生菌の新たな役割を実証：

～共生菌と随伴菌の混合接種でイチジク苗木が早期萎凋・壊死材部拡大～

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学大学院生命農学研究科の姜 自如（ジャン ジル）研究員、梶村 恒 准教授らの研究グループは、広島県立総合技術研究所 農業技術センター、国立大学法人神戸大学大学院農学研究科、国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所との共同研究で、イチジク樹に穿孔するアイノキクイムシ（養菌性キクイムシ^{注1}）の共生菌が、キクイムシの随伴する樹木病原菌との相乗作用でイチジク苗木の衰弱・枯死を促進することを実証しました。

イチジク株枯病菌（セラトシステリス属の一種）は、土壌経由で感染しますが、アイノキクイムシがイチジクの幹や枝に穿孔する際にも侵入しています。その雌成虫が、株枯病菌を腹部上翅の表面に付着させ、随伴しているのです。これまでに、同研究グループは、野生と飼育したアイノキクイムシの雌成虫を調べ、大顎付近に菌嚢^{注2}が存在し、それを含む頭部から糸状菌のフザリウム・クロシウムとネオコスモスポラ・メタヴォランズがそれぞれ高頻度に検出されることを報告しました。本研究では、野外における共生菌（フザリウム・クロシウム）と株枯病菌の病原性を確認するために、イチジク苗木に接種試験を行いました。その結果、フザリウム・クロシウム自体の病原性は無かったものの、株枯病菌との組み合わせで、株枯病菌単独よりも苗木が早く萎凋（通水停止）し、壊死した材部の面積が広くなりました。したがって、フザリウム・クロシウムが株枯病菌に加担してイチジク樹を枯死させていることが示唆されます。これらの菌類とアイノキクイムシの関係の“歴史”も推察しました。

本研究成果は、2022年9月27日付の国際科学雑誌「Microorganisms」にオンライン掲載されました。

本研究は、日本学術振興会科学研究費助成事業の基盤研究(B) (17H03831, 19H02994, 20H03026)、国際共同研究加速基金(国際共同研究強化(B)) (18KK0180)の支援のもとで行われたものです。

【ポイント】

- ・イチジク株枯病菌(セラトシスティス属の一種)は、イチジクの樹を枯死させる。本菌の感染経路として、土壌経由およびアイノキクイムシによる媒介が知られている。
- ・アイノキクイムシ(ユーワラセア・インタージェクツス)は、元来は森林に生息していたが、果樹園のイチジク樹に穿孔して繁殖するようになった害虫である。
- ・本種は養菌性キクイムシで、雌成虫の頭部の大顎付近に菌嚢を備えている。イチジクの枯死枝から採集した野生個体と人工飼料で累代飼育した個体では、頭部から糸状菌のフザリウム・クロシウムとネオコスモスポラ・メタヴォランスがそれぞれ高頻度に検出された。
- ・菌嚢にある共生菌は、養菌性キクイムシの食物であるが、一部で宿主樹木に病原性を示すものがある。
- ・本研究では、野外における共生菌(フザリウム・クロシウム)と株枯病菌の病原性を確認するために、イチジクの苗木に接種試験を行った。
- ・その結果、フザリウム・クロシウム自体の病原性は無かったものの、株枯病菌との組み合わせで、株枯病菌単独よりも苗木が早く萎凋(通水停止)し、壊死した材部の面積が広がった(図1)。
- ・フザリウム・クロシウムと株枯病菌の相乗作用の発見に基づいて、株枯病菌とアイノキクイムシの出会いから、フザリウム・クロシウムを含めた3者系の共生システムへの変化を提案し、それがイチジク株枯病を蔓延させた可能性を示唆した。

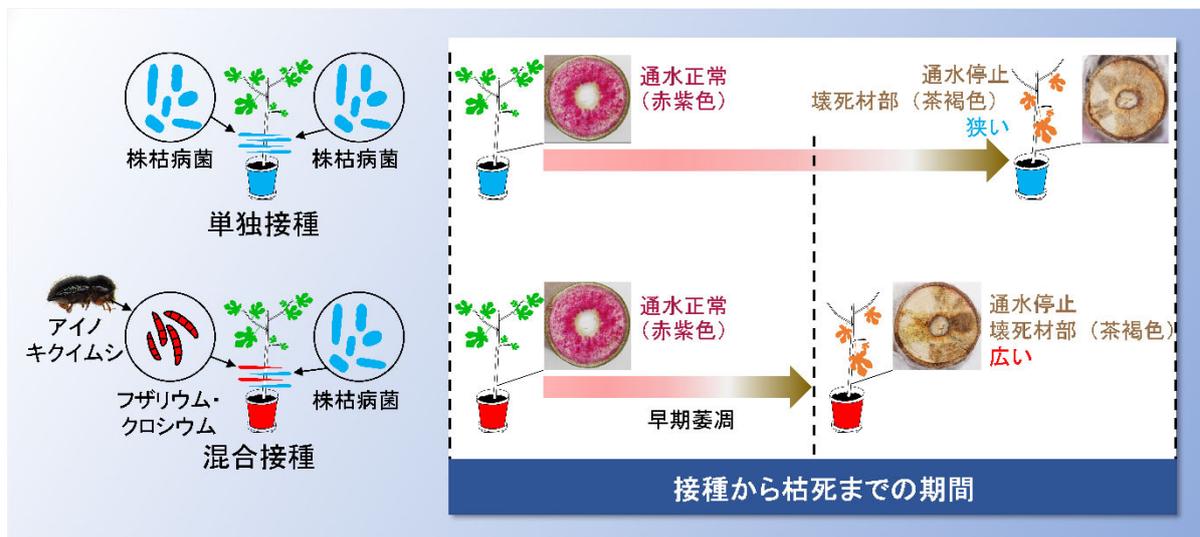


図1 本研究のイメージ図

【研究背景と内容】

イチジク株枯病菌(セラトシスティス属の一種)は、イチジクの樹を枯死させます。これはイチジク栽培上最も警戒すべき病害の一つです。本菌の感染経路として、土壌経由およびアイノキクイムシによる媒介が知られています。

アイノキクイムシ（ユーワラセア・インタージェクツス）は、元来は森林に生息していましたが、果樹園のイチジク樹に穿孔して繁殖するようになった害虫です。体表面に随伴する株枯病菌を樹体内に持ち込み、衰弱・枯死させています。一方で、養菌性ククイムシとして、雌成虫の頭部の大顎付近に菌嚢を備えています。野生と累代飼育した雌成虫の頭部（菌嚢を含む）から、フザリウム・クロシウムとネオコスモスポラ・メタヴォランズがそれぞれ最も頻繁に分離され、共生菌と判定されています。

共生菌は、養菌性ククイムシの食物ですが、一部で宿主樹木に病原性を示すものがあります。そこで、本研究では、野外における共生菌（フザリウム・クロシウム）と株枯病菌の病原性を確認するために、イチジク苗木に接種試験を行いました。処理区は、T1：フザリウム・クロシウム（単独）、T2：ネオコスモスポラ・メタヴォランズ（単独）、T3：株枯病菌（単独）、T4：フザリウム・クロシウム + 株枯病菌（混合）で、対照区は菌無しとしました。T2も飼育下の共生菌なので参考です。

その結果、T3とT4の苗木は接種後約12日で枯れ始め、最終的に枯死しました。接種から枯死までの期間の中央値は、T4がT3より有意に約4日早くなりました（図2）。材内を観察すると、接種部では、T3とT4ともに通水部（酸性フクシン^{注3}水溶液の染色部：赤紫色）がなくなり、壊死した材部（茶褐色）が出現しました（図3）。また、壊死部は、T3に比べて、T4の方が横断面で広く、縦方向で長くなっていました（図3）。一方、T1とT2は、対照区と同様で、症状が見られませんでした。

したがって、フザリウム・クロシウムとネオコスモスポラ・メタヴォランズはイチジクに対して病原性はなく、やはり株枯病菌がイチジク樹を枯死させるようです。しかし、フザリウム・クロシウムは、株枯病菌との相乗作用で、通水機能に大きなダメージを与えて萎凋を促進させていることが明らかになりました。

このようなククイムシ共生菌の役割は、過去に例がありません。この発見をもとに、株枯病菌とアイノキクイムシの出会いから、フザリウム・クロシウムを含めた3者系の共生システムへの変化を提案し、それがイチジク株枯病を蔓延させた可能性を示唆しました。

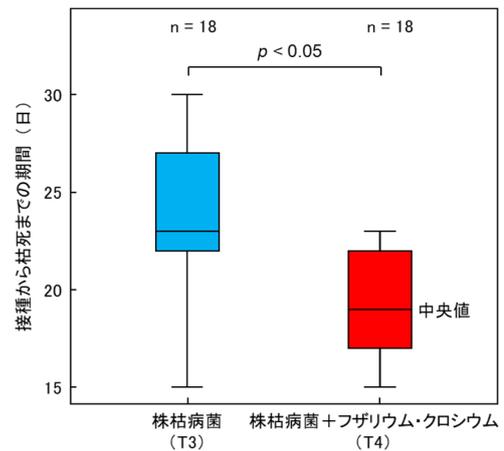


図2 イチジク苗木の供試菌接種から枯死までの期間を示す箱ひげ図

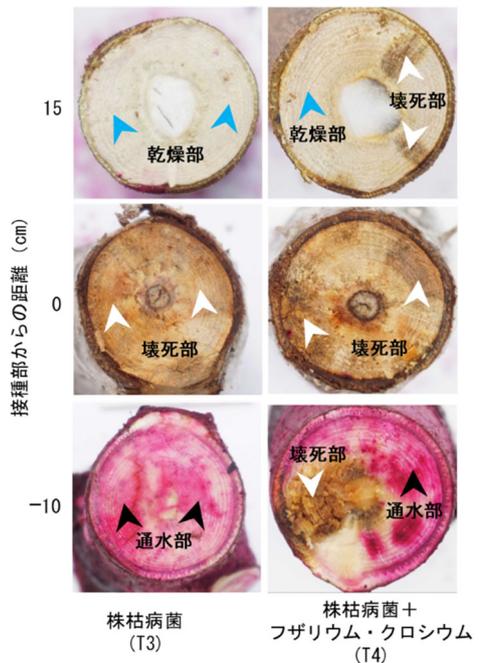


図3 酸性フクシンを注入したイチジク苗木の横断面

【成果の意義】

イチジク株枯病が蔓延した栽培地は、2017年までに日本の33府県で報告されています。病原菌(セラトシスティス属の一種)の感染は、土壌経由だけでなく、アイノキクイムシに随伴して媒介されるルートもあることが知られていました。しかし、アイノキクイムシの共生菌(フザリウム・クロシウム)の存在は全く考慮されていませんでした。つまり、共生菌もイチジクの材内に持ち込まれるので、何らかの影響を与えている可能性があります。誰も検証しませんでした。本研究は、共生菌が単独ではイチジク樹を枯らせないものの、随伴菌(病原菌)との共存で相乗作用が駆動し、その生理状態に随伴菌単独以上の悪影響を及ぼすことを示唆しました。栽培地で起こっているイチジク株枯病の真相(共生菌の新たな役割)を解明したことは、これまでの防除法を見直し、改善・新開発する上で革新的であると思います。

【用語説明】

注1) 養菌性キクイムシ：

ゾウムシ科のキクイムシ亜科とナガキクイムシ亜科に属する甲虫のうち、菌類を栽培して食物とする習性を持つグループを指す。樹体内に坑道(トンネル)を掘り、その内壁に下記の菌嚢から共生菌を接種する。一部の種は、共生菌あるいは随伴菌に植物病原菌が含まれ、生立木を衰弱・枯死させる害虫となっている。

注2) 菌嚢：

昆虫が体内に菌類を貯蔵し、運搬する特別の器官を指す。嚢とは、袋^{のう}という意味である。キクイムシの場合は、口の中、胸部の背面や側面、上翅の基部、脚の付け根など、その位置や形状が著しく多様化している。

注3) 酸性フクシン

古くから知られる染料。固体では暗緑色の結晶だが、水に溶けると赤紫色を呈する。分析試薬として生物組織の染色に用いられる。実生活では繊維や織物等をも染めるのにも使われる。

【論文情報】

雑誌名：Microorganisms

論文タイトル：The Role of Mycangial Fungi Associated with Ambrosia Beetles (*Euwallacea interjectus*) in Fig Wilt Disease: Dual Inoculation of *Fusarium kuroshium* and *Ceratocystis ficicola* Can Bring Fig Saplings to Early Symptom Development

著者：Zi-Ru Jiang（姜自如：名古屋大学大学院生命農学研究科 研究員）、
Takeshige Morita（森田剛成：広島県立総合技術研究所 農業技術センター 果樹
研究部 主任研究員）、Shota Jikumar（軸丸祥大：広島県立総合技術研究所 農
業技術センター 果樹研究部 総括研究員）、Keiko Kuroda（黒田慶子：神戸大
学大学院農学研究科 名誉教授）、HayatoMasuya（升屋勇人：森林総合研究所き
のこ・森林微生物研究領域 室長）、Hisashi Kajimura（梶村恒：名古屋大学大学
院生命農学研究科 准教授） ※本学関係教員は下線

DOI：10.3390/microorganisms10101912

URL：<https://www.mdpi.com/2076-2607/10/10/1912>