

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H02193

研究課題名(和文)ハダニにおけるenvironmental RNAiの学理構築と防除への応用

研究課題名(英文)Environmental RNAi in spider mites and its application to pest control

研究代表者

鈴木 丈詞 (Suzuki, Takeshi)

東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授

研究者番号：60708311

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：RNA農薬とは、二本鎖RNA(dsRNA)を有効成分とし、RNAiを作用機構とする次世代農薬である。本研究では、難防除害虫であるハダニを対象とし、RNA農薬開発に向けた基礎研究を進めた。まず、オクトパミン受容体遺伝子を標的としたdsRNAの経口投与により、生存率、産卵数および摂食行動が抑制されることが判明した。また、dsRNAの経口投与後の遺伝子発現解析やRNAi-of-RNAi試験により、ハダニの2つのDicer遺伝子を同定した(未発表)。他方、シリカナノ粒子を葉に経茎輸送できる手法を開発した。本手法により、シリカナノ粒子を担体とし、植物を介したハダニへのdsRNA輸送が期待できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本成果により、オクトパミンをはじめとする生体アミンはハダニの生理機能でも重要な役割を担い、同時にRNA農薬の標的としても有望であることが判明した。また、ハダニのRNAi効率はdsRNA鎖長依存的であり、それはハダニのゲノムにコードされている2つのDicerのうち、一方のdsRNA認識機構によって制御されている可能性も示された。これは、dsRNAデザインの最適化において、生物検定以外に、Dicerの活性やdsRNAとの相互作用を基盤としたin vitroスクリーニングの有効性も示唆する。他方、植物体内でのシリカナノ粒子の移動性解析より、dsRNA担体としての利用の可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：RNAi-based biopesticides are next-generation pesticides that use double-stranded RNA (dsRNA) as the active ingredient. In this study, we conducted basic research for the development of RNAi-based biopesticides targeting the spider mite, Tetranychus urticae, a hard-to-control pest of agricultural and horticultural crops. First, we found that oral administration of dsRNA targeting the octopamine receptor gene suppressed survival, fecundity, and feeding behavior in *T. urticae*. In addition, we identified two Dicer genes in *T. urticae* by gene expression analysis after oral administration of dsRNA and by RNAi-of-RNAi assays (unpublished). Furthermore, we have developed a method to deliver silica nanoparticles from stems to leaves. This method is expected to be able to deliver dsRNA to mites via plants using silica nanoparticles as carriers.

研究分野：植物ダニ学

キーワード：RNAi ハダニ 農薬 Dicer ナノ粒子

1. 研究開始当初の背景

2050年の人口(約100億人)を支えるためには、農作物を現在よりも50%以上増産する必要がある(Searchinger et al. 2018, *Creating a Sustainable Food Future*)。この目標達成において足かせとなっているものが、有害生物による農作物損失である。化学合成農薬を中心とする現在の防除対策を講じて、約30%の農作物は、有害生物によって消失している(Oerke 2006, *Journal of Agricultural Science*)。そのため、この農作物損失を低減し、かつ有害生物の持続可能な管理体系を構築するためには、従来の化学合成農薬とは根本的に異なる作用機構を持ち、かつ環境保全にも配慮した次世代農薬を開発する必要がある。

この次世代農薬の開発において、RNA干渉(RNAi)が近年注目されている。RNAiとは、細胞内に導入された二本鎖RNA(dsRNA)と相補的な塩基配列をもつ転写産物(mRNA)が分解される現象であり、最初に線虫(*Caenorhabditis elegans*)で発見された(Fire et al. 1998, *Nature*)。その後、RNAiは様々な生物種で報告され、進化的に保存された現象であることが判明した。また、もっとも簡便な逆遺伝学的アプローチとして、現在も遺伝子の機能解析で広く利用されている。脊椎動物や多くの無脊椎動物におけるRNAi実験では、標的細胞や組織への注射によりdsRNAを導入し、RNAiを誘導する。

他方、一部の無脊椎動物では、外部環境から経口で摂取したdsRNAによってRNAiが誘導される現象が知られている。これを、environmental RNAi (eRNAi)と呼ぶ(Timmons et al. 2001, *Gene*; Ivashuta et al. 2015, *RNA*)。eRNAiの発見以降、害虫防除におけるその応用が検討されてきた。まず、害虫の必須遺伝子と相補的な塩基配列のdsRNAを細胞内に発現する遺伝子組換え(GM)作物の研究開発が進められた(例えば、Baum et al. 2007, *Nature Biotechnology*)。2017年には、コウチュウ目害虫(*Diabrotica virgifera virgifera*)に対して致死性eRNAiを誘導するGMトウモロコシ(旧Monsanto社のSmartStax Pro)が、米国環境保護庁によって承認されている。他方、近年の技術革新により、dsRNAの合成コストは約2USD/g(10年前の約5万分の1)にまで低下した(Le Page 2017, *NewScientist*)。この合成コスト低下と、国によってはGM作物の推進が困難な社会情勢を背景に、dsRNAを殺虫成分とする葉面散布型の農薬(RNA農薬)の研究開発に近年注目が集まっている。

研究代表者の鈴木は、農作物に対する有害生物の内、鋏角類に属するハダニ(*Tetranychus urticae*)を対象とし、RNA農薬の研究開発を進めている。本種は、1100種以上の植物に寄生する広食性かつ世界的に深刻な農業害虫である(Migeon and Dorkeld 2019, *Spider Mites Web*)。さらに、これまでに本種で抵抗性が報告された化学合成農薬の殺虫成分数は96であり、この数は昆虫も含めた節足動物の中で最多である(Mota-Sanchez and Wise 2019, *Arthropod Pesticide Resistance Database*)。そのため、RNA農薬の開発が最も求められている害虫種のひとつである。折よく、高品質なアノテーションが付与された本種のゲノム情報が公開され(Grbic et al. 2011, *Nature*)、任意の遺伝子の塩基配列を取得し、それと相補的なdsRNAを合成するためのプラットフォームが整備された。

これまで、RNA農薬の対象の多くは、咀嚼型の口器をもつ害虫であり(例えば、San Miguel and Scott 2015, *Pest Management Science*)、吸汁型の口器(口針)をもつ



図1. 人工薄膜シート(格子状の背景)を用いた給餌法(Ghazy et al. 2020, *Frontiers in Plant Science*)によって、トレーサ色素を経口投与されたハダニ(*Tetranychus urticae*)幼虫。

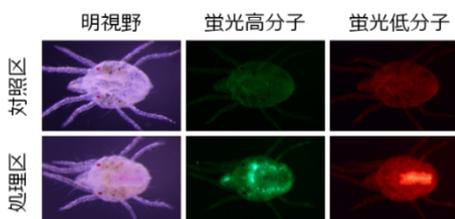


図2. 高分子(緑蛍光;中)および低分子(赤蛍光;右)の消化器系における分布。高分子は中腸前部の内腔で浮遊する消化細胞内に滞留する一方、低分子は中腸後部に移行し、速やかに体外に排出される(Bensoussan et al. 2018, *Frontiers in Plant Science*)。

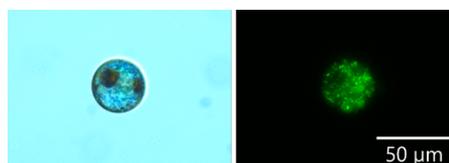


図3. 経口投与した蛍光ナノ粒子を取り込んだ消化細胞。消化細胞は直径20 μ m程度で、小胞輸送により物質を細胞内に取り込む。取り込まれた低分子は速やかに細胞外へ排出される一方、高分子は細胞内に滞留し、消化細胞ごと糞として排出される。左:明視野、右:蛍光視野(未発表)。

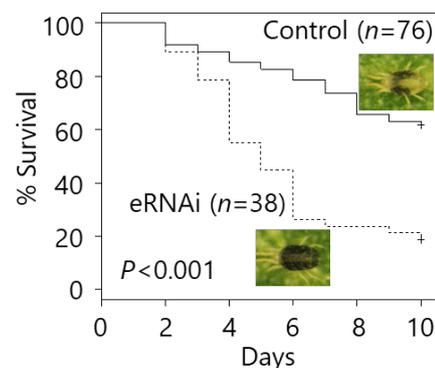


図4. ハダニ(*Tetranychus urticae*)のV-ATP遺伝子に対するeRNAi効果。黒色化した消化細胞が中腸内腔に蓄積した個体は死亡する(Suzuki et al. 2017, *PLoS ONE*)。

ハダニは、dsRNA の経口投与が困難であると考えられてきた。一方、鈴木らの研究グループは、dsRNA 溶液に虫体を浸漬する手法、dsRNA を表面塗布した葉を摂食させる手法および葉の構造を模倣した人工薄膜シート内に dsRNA 溶液を充填し、吸汁させる手法 (図 1) を開発し、ハダニの消化器系 (中腸) への dsRNA の効率的な輸送を実証した (Suzuki et al. 2017, *PLoS ONE*; Ghazy et al. 2020, *Frontiers in Plant Science*)。

さらに同研究グループは、経口投与した物質の消化器系における局在を解析した。その結果、dsRNA のような高分子 (>4 kDa) は、消化器系の大部分を占める中腸前部 (盲嚢) の内腔で浮遊する細胞 (消化細胞) 内に滞留する一方、化学合成農薬のような低分子 (<1 kDa) は、消化細胞内に取り込まれた後、細胞外へ速やかに移行し、微絨毛をもつ上皮組織で囲われた中腸後部を経由して、体外に排出されることが判明した (図 2)。また、消化細胞 (図 3) は、小胞を形成しながら細胞外の食物を取り込み、小胞内で消化していることも判明した [主要業績 2]。消化細胞の小胞内部は酸性であり、小胞体膜上の液胞型 H⁺-ATP 分解酵素 (V-ATPase) が、その酸性維持機能を担っている可能性がある。そこで、ハダニの V-ATPase 遺伝子を標的とした dsRNA を経口投与し、eRNAi を誘導した結果、消化不良様 (濃緑色) の消化細胞が盲嚢に充満し、その個体は死に至ることが判明した (図 4) (Suzuki et al. 2017, *PLoS ONE*; Ghazy et al. 2020, *Frontiers in Plant Science*; Bensoussan et al. 2020, *Scientific Reports*)。以上の研究代表者らによる成果が契機となり、近年、RNA 農薬の対象害虫としてハダニへの注目が集まっている。

2. 研究の目的

RNA 農薬の対象害虫としてのハダニへの注目が集まる一方、その標的として有望な消化細胞について、細胞内外の物質のやり取りや、導入された dsRNA がトリガーとなり生じている eRNAi の分子機構、さらには致死性の eRNAi の誘導因子やその強化手法については不明な点が多い。以上の背景を踏まえ、本研究課題の核心をなす学術的「問い」を以下に列記する。

- 消化細胞は、どのように dsRNA を取り込むのか？
- 取り込まれた dsRNA は、RNAi 関連タンパク質とどのような相互作用をするのか？
- 消化細胞ではどのような遺伝子が発現し、重要な生理機能を担っているのか？
- dsRNA をどのように外部環境から保護すれば、eRNAi を強化できるのか？

本研究の目的は、上記の「問い」に対する科学的エビデンスの提供により、ハダニにおける eRNAi の学理構築と、RNA 農薬の開発を推進することである。特に、これまで応募者らが解析を進め、RNA 農薬の標的として最有望であることが判明した消化細胞 (図 3) に焦点を当て、eRNAi の分子機構の解析に加え、オミックス解析と独自の dsRNA 経口投与方法 (図 1) を組み合わせた高効率なスクリーニング系を構築し、標的候補遺伝子を同定していく。

3. 研究の方法

A) 消化細胞の dsRNA 取込機構

消化細胞における dsRNA の取込経路として、1) 食作用、2) 飲作用および 3) 受容体媒介型エンドサイトーシスがある。なお、これらの取込経路ではいずれも小胞が形成されるが、それぞれの内部の pH は異なる。そこで、蛍光 pH 指示薬を用いたイメージング解析により、小胞内の液性を評価し、dsRNA の取込経路を絞り込む。なお、蛍光 pH 指示薬自体は低分子であるため、消化細胞に取り込まれにくい (図 2)。これを防ぐために、高分子デキストランを担体として用い、消化細胞への取込を促す。さらに、各取込経路の阻害剤や、そこでの機能が推定される遺伝子の RNAi を事前処理したハダニに、蛍光標識した dsRNA を経口投与し、その取込作用の変化から、取込経路を特定していく。

B) 消化細胞内における dsRNA のプロセッシング機構

RNAi 関連タンパク質 (RNAi マシナリー) の内、dsRNA を認識し、短鎖干渉 RNA (siRNA) を生成する Dicer (RNase III) に関しては、すでに研究代表者の鈴木、分担者の福原・田原および協力者の V. Grbic 博士 (西オンタリオ大学) らが、その機能解析を先行して進めた (Bensoussan et al. 2020, *Scientific Reports*)。その結果、ハダニ由来の粗酵素抽出液は、長鎖 (>400 bp) の dsRNA (基質) に対する Dicer 活性が高いことが判明した (図 5)。この粗酵素抽出液には、RNase III 以外の RNase 阻害剤を添加してあるが、構造から予測されるハダニゲノム中の 2 種類の Dicer (Dcr1 および Dcr2) 遺伝子のい

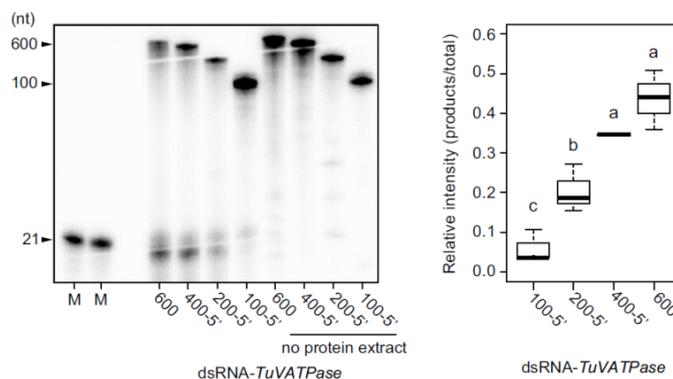


図 5. 異なる鎖長の dsRNA に対するハダニ (*Tetranychus urticae*) 由来の粗酵素抽出液の切断活性。(左) 放射性同位元素でラベルした dsRNA と粗酵素抽出液とのインキュベーション後、ポリアクリルアミドゲルで分離し、siRNA の生成を可視化したオートラジオグラフ。M: サイゾマー (21 nt)。(右) 生成された siRNA のバンド濃淡の数値化 (Bensoussan et al. 2020, *Scientific Reports*)。

ずれが dsRNA の切断を担っているのかは不明である。そこで、RNAi-of-RNAi、つまり RNAi マシナリーである Dicer 遺伝子の RNAi によって、その機能解析を進め、ハダニにおける eRNAi の分子機構の解明に迫る。

C) 消化細胞のオミックス解析と eRNAi スクリーニング

消化細胞を採取し、RNA-Seq およびプロテオーム解析によって、それぞれ RNA およびタンパク質レベルでの発現プロファイルを取得する。これらプロファイルをもとに、RNA 農薬の標的候補遺伝子を選定する（一次スクリーニング）。選定された標的候補遺伝子に対する dsRNA を合成し、経口投与したハダニにおける直接的な殺虫活性に加え、間接的殺虫活性（従来の化学合成農薬や植物防御物質との併用）の評価から RNA 農薬の標的候補遺伝子を選抜する（二次スクリーニング）。

D) dsRNA の担体開発

dsRNA の負電荷特性を利用し、正電荷かつ、ハダニが摂食可能なナノオーダーのサイズで環境低負荷物質を材料とし、dsRNA-ナノ物質の複合体を作製する。作製後、dsRNA の分解因子（紫外線および dsRNase）に暴露し、ナノ物質による dsRNA の保護効果を検証する。さらに、eRNAi（消化細胞への輸送とロックダウン）効果も検証する。

4. 研究成果

A) 消化細胞の dsRNA 取込機構

酸性域で蛍光を発する pH 指示薬付きのデキストラン（以下、蛍光デキストラン）を用い、ハダニの消化器系の液性評価を試みた。その結果、蛍光デキストランは消化細胞の小胞内に局在し、また蛍光シグナルも確認された（未発表）。これより、ハダニの消化細胞の小胞内は酸性であることが判明した。他方、クラスリン依存性エンドサイトーシス関連遺伝子の eRNAi を実施した結果、ハダニが吸汁した葉肉細胞の内容物に含まれるクロロフィルが、消化細胞外（中腸の内腔）に局在した（未発表）。これにより、ハダニの消化細胞はクラスリン依存性エンドサイトーシスによって細胞外から細胞内に食物を取り込んでいる可能性が示された。今後は、クラスリン依存性エンドサイトーシスの関連因子と dsRNA の相互作用を解析し、dsRNA の取り込み効率の向上を目指す。

B) 消化細胞内における dsRNA のプロセッシング機構

ハダニの *Dcr1* および *Dcr2* 遺伝子の eRNAi を実施した結果、dsRNA の切断活性は主に *Dcr2* が担うことが判明した（未発表）。今後は、*Dcr2* 遺伝子と防除標的遺伝子の双方の eRNAi を実施することにより、後者による致死効果が軽減されるかを検証する。また、修飾塩基を導入した dsRNA の切断活性も評価し、*Dcr2* の認識機構について、鎖長以外の要因解明にも迫る。

C) 消化細胞のオミックス解析と eRNAi スクリーニング

分画フィルタを用いてハダニの消化細胞を採取できる手法を開発した（未発表）。採取した消化細胞と残りの体全体からタンパク質を抽出し、LC-MS/MS を用いた比較プロテオーム解析を実施した。その結果、消化細胞を除いた体全体と比較して、消化細胞でタンパク質レベルの高発現が確認された遺伝子のうち、植物防御応答や薬物代謝への関与が示唆される解毒関連遺伝子が複数同定された（未発表）。これら遺伝子群は eRNAi スクリーニングにおける標的候補リストに追加し、今後の研究を進めていく。先行して、さまざまな生理機能を司る生体アミンに着目し、その受容体や輸送体の遺伝子を標的とした eRNAi を実施した。その結果、オクトパミン受容体 (*Octβ2R*) 遺伝子の eRNAi により、生存率の低下、産卵数の減少、摂食量の減少および移動運動の活性化が観察された（Hamdi et al. 2023, *Entomologia Generalis*）。

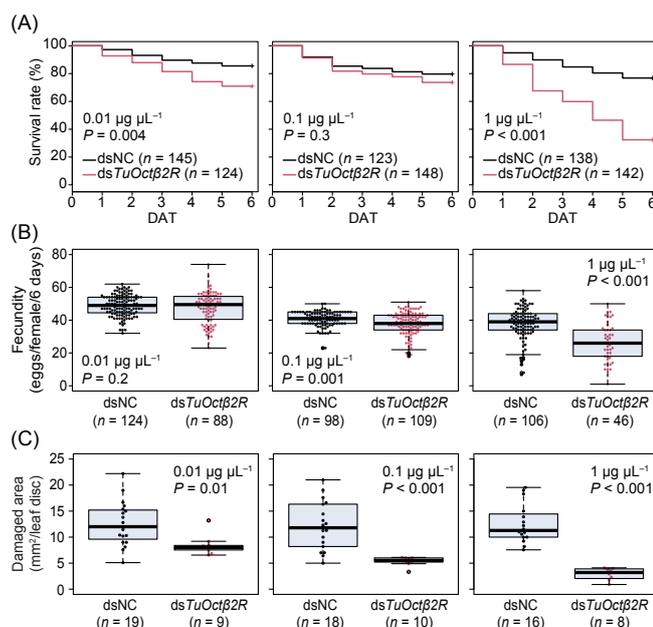


図 6. ハダニ (*Tetranychus urticae*) のオクトパミン受容体 (*TuOctβ2R*) 遺伝子の eRNAi が (A) 生存率、(B) 産卵数および (摂食量) に及ぼす影響。遺伝子間領域（陰性対照; NC）および *TuOctβ2R* 遺伝子を標的とした異なる濃度の dsRNA（それぞれ dsNC および ds*TuOctβ2R*）を経口投与した。（Hamdi et al. 2023, *Entomologia Generalis*）。

D) dsRNA の担体開発

従来の研究より、葉面や根からナノ粒子を植物体内に輸送できることは報告されている。しかし、細胞壁などの障壁により輸送できるサイズは約 40 nm 以下という制限がある。本研究では、トマト苗の茎の切断部をナノ粒子懸濁液 (10 mg/L) に浸漬するという極めてシンプルな経茎輸送技術を提案し、最大で 110 nm のナノ粒子を植物体内に輸送できることを示した (Sembada et al. 2024, *Plant Physiology and Biochemistry*)。また、平均粒径が 10 および 110 nm のシリカナノ粒子はいずれも、経茎輸送後に節や葉に蓄積されることも判明した。さらに、ナノ粒子導入後の茎からは根が形成され、その後は生理障害なく生育することも判明した。今後は、トマト以外の植物苗における経茎輸送の効果の検証を進める。また、計画していた dsRNA の保護効果の検証も進める。さらに、致死的な eRNAi 効果を示す標的遺伝子を対象に、dsRNA とナノ粒子の複合体を作成し、この経茎輸送技術を用いて植物に寄生したハダニに対する防除効果の検証も進める。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Sembada Anca Awal, Harada Ryuta, Maki Shinya, Fukuhara Toshiyuki, Suzuki Takeshi, Lenggoro I. Wuled	4. 巻 2
2. 論文標題 Candle soot colloids enhance tomato (<i>Solanum lycopersicum</i>) seed germination and seedling quality	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Discover Agriculture	6. 最初と最後の頁 1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s44279-024-00011-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Sembada Anca Awal, Fukuhara Toshiyuki, Suzuki Takeshi, Lenggoro I. Wuled	4. 巻 206
2. 論文標題 Stem cutting: A novel introduction site for transporting water-insoluble particles into tomato (<i>Solanum lycopersicum</i>) seedlings	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Plant Physiology and Biochemistry	6. 最初と最後の頁 108297 ~ 108297
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.plaphy.2023.108297	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Sembada Anca Awal, Maki Shinya, Faizal Ahmad, Fukuhara Toshiyuki, Suzuki Takeshi, Lenggoro I. Wuled	4. 巻 13
2. 論文標題 The Role of Silica Nanoparticles in Promoting the Germination of Tomato (<i>Solanum lycopersicum</i>) Seeds	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nanomaterials	6. 最初と最後の頁 2110 ~ 2110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano13142110	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Hamdi Faten Abdelsalam, Kataoka Kosuke, Arai Yuka, Takeda Naoki, Yamamoto Masanobu, Mohammad Yasser F. O., Ghazy Nouredin Abuelfadl, Suzuki Takeshi	4. 巻 43
2. 論文標題 An octopamine receptor involved in feeding behavior of the two-spotted spider mite, <i>Tetranychus urticae</i> Koch: a possible candidate for RNAi-based pest control	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Entomologia Generalis	6. 最初と最後の頁 89 ~ 97
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1127/entomologia/2023/1808	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Takeda Makio, Suzuki Takeshi	4. 巻 13
2. 論文標題 Circadian and Neuroendocrine Basis of Photoperiodism Controlling Diapause in Insects and Mites: A Review	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	6. 最初と最後の頁 867621
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphys.2022.867621	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Arakawa Kazuharu, Mori Masaru, Kono Nobuaki, Suzuki Takeshi, Gotoh Tetsuo, Shimano Satoshi	4. 巻 239
2. 論文標題 Proteomic evidence for the silk fibroin genes of spider mites (Order Trombidiformes: Family Tetranychidae)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Proteomics	6. 最初と最後の頁 104195 ~ 104195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jprot.2021.104195	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ghazy Noureldin Abuelfadl, Suzuki Takeshi	4. 巻 180
2. 論文標題 Environmental RNAi-based reverse genetics in the predatory mite Neoseiulus californicus: Towards improved methods of biological control	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Pesticide Biochemistry and Physiology	6. 最初と最後の頁 104993 ~ 104993
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pestbp.2021.104993	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Suzuki Takeshi	4. 巻 46
2. 論文標題 Environmental RNAi-mediated gene silencing in spider mites and its application to pest control	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Pesticide Science	6. 最初と最後の頁 92 ~ 99
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1584/jpestics.W21-42	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Suzuki Takeshi, Broufas George, Smagghe Guy, Ortego Felix, Broekgaarden Colette, Diaz Isabel	4. 巻 12
2. 論文標題 Editorial: Plant-Pest Interactions Volume III: Coleoptera and Lepidoptera	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 730290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2021.730290	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ortego Felix, Broekgaarden Colette, Suzuki Takeshi, Broufas George, Smagghe Guy, Diaz Isabel	4. 巻 12
2. 論文標題 Editorial: Plant-Pest Interactions Volume II: Hemiptera	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 748999
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2021.748999	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Broufas George, Ortego Felix, Suzuki Takeshi, Smagghe Guy, Broekgaarden Colette, Diaz Isabel	4. 巻 12
2. 論文標題 Editorial: Plant-Pest Interactions Volume I: Acari and Thrips	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 773439
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2021.773439	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計43件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Suzuki, T.
2. 発表標題 RNAi-based biopesticides against spider mites and behavioral control agents for predatory mites
3. 学会等名 International Symposium on Spider Mite Control (オンライン) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takeda N., Y. Arai, K. Suzuki, K. Kataoka, N. A. Ghazy and T. Suzuki
2. 発表標題 Genome sequencing of the phytoseiid mite Neoseiulus californicus insights into the mechanisms of a generalist predator
3. 学会等名 12th Spider Mite Genome Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takeda N., R. Murakami, M. Yamamoto and T. Suzuki
2. 発表標題 Adaptation mechanism of a spider mite population to tea plant
3. 学会等名 12th Spider Mite Genome Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Suzuki, T., Y. Arai, N. Takeda and F.A. Hamdi
2. 発表標題 Towards RNAi-mediated pest mite management: Ingestion, cellular uptake, and intracellular processing of long dsRNAs
3. 学会等名 XVI International Congress of Acarology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takeda, N., R. Murakami M. Yamamoto and T. Suzuki
2. 発表標題 Adaptation mechanism of a spider mite population to tea plants
3. 学会等名 XVI International Congress of Acarology (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuka, A., and T. Suzuki
2. 発表標題 RNA interference machinery in the two-spotted spider mite, <i>Tetranychus urticae</i> Koch
3. 学会等名 XVI International Congress of Acarology (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武田 直樹, 新井 優香, 鈴木 伽奈, 片岡 孝介, 由良 敬, 白藤 (梅宮) 梨可, N.A. Ghazy, 森 光太郎, 刑部 正博, 鈴木 丈詞
2. 発表標題 ミヤコカブリダニのゲノム全塩基配列解読と飢餓応答因子のマルチオミクス解析
3. 学会等名 第31回日本ダニ学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山川 颯太, 鈴木 丈詞
2. 発表標題 ナミハダニの低酸素応答
3. 学会等名 第31回日本ダニ学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Handi, F.A., N. A. Ghazy and T. Suzuki
2. 発表標題 Vesicular monoamine transporters as a promising target for RNAi-based control of the two-spotted spider mite, <i>Tetranychus urticae</i> Koch
3. 学会等名 第31回日本ダニ学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ghazy, N.A., K. Mori and T. Suzuki
2. 発表標題 Factors affecting <i>Neoseiulus californicus</i> releases from a sachet-like container
3. 学会等名 第31回日本ダニ学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤田 比呂, 山本 雅信, 鈴木 丈詞
2. 発表標題 植物, 植食者および捕食者間の相互作用に着目した害虫忌避物質の探索
3. 学会等名 第67回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宮園 治, 鈴木 丈詞
2. 発表標題 ナンゴクナミハダニのUV-B感受性と光回復
3. 学会等名 第67回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 武田 直樹, 山本 雅信, 鈴木 丈詞
2. 発表標題 チャの防御機構をカンザワハダニが打ち破る仕組み
3. 学会等名 第67回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山川 颯太, 鈴木 丈詞
2. 発表標題 酸素および二酸化炭素の分圧がナミハダニの生存と産卵に及ぼす影響
3. 学会等名 第67回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Handi, F.A., N. A. Ghazy and T. Suzuki
2. 発表標題 An octopamine/tyramine receptor as a possible target for RNAi-based control of the twospotted spider mite, <i>Tetranychus urticae</i> Koch
3. 学会等名 第67回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ghazy, N.A., N. Takeda, M. Yamamoto, Y. Mohammad K. Mori and T. Suzuki
2. 発表標題 Host plants and locomotion speed in phytoseiid mites
3. 学会等名 第67回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鈴木丈詞
2. 発表標題 ハダニにおけるenvironmental RNAiの学理構築と防除への応用
3. 学会等名 日本農業学会第46回大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Handi, F.A, Y. Arai, N. Takeda, N.A. Ghazy and T. Suzuki
2. 発表標題 RNAi against the octopamine receptor in <i>Tetranychus urticae</i>
3. 学会等名 第30回日本ダニ学会大会（オンライン）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新井優香, 武田直樹, 鈴木丈詞
2. 発表標題 ナミハダニにおけるFibroin遺伝子の機能解析
3. 学会等名 第30回日本ダニ学会大会（オンライン）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ghazy, N.A., N. Takeda, K. Mori and T. Suzuki
2. 発表標題 Walking speed of <i>Phytoseiulus persimilis</i> and <i>Neoseiulus californicus</i> on different host plants
3. 学会等名 第30回日本ダニ学会大会（オンライン）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡村麻代, 笹屋一大, 新井優香, 山本雅信, N.A. Ghazy, 鈴木丈詞
2. 発表標題 ナミハダニにおける忌避物質の受容機構
3. 学会等名 第30回日本ダニ学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤田比呂, 山本雅信, N.A. Ghazy, 鈴木丈詞
2. 発表標題 ナミハダニに対するミヤコカブリダニ由来忌避物質の探索
3. 学会等名 第30回日本ダニ学会大会 (オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武田直樹, 山本雅信, 鈴木丈詞
2. 発表標題 チャの防御機構を回避・解毒するカンザワハダニの分子機構の解明
3. 学会等名 第30回日本ダニ学会大会 (オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武田直樹, 山本雅信, 鈴木丈詞
2. 発表標題 チャの防御戦略に対するハダニの適応機構
3. 学会等名 第66回日本応用動物昆虫学会大会 (オンライン)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 新井優香, 武田直樹, 田原緑, 福原敏行, 鈴木丈詞
2. 発表標題 ナミハダニのRNAi機構: Dicerの正体を探る
3. 学会等名 第66回日本応用動物昆虫学会大会 (オンライン)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ghazy, N.A., N. Takeda and T. Suzuki
2. 発表標題 Ecological and transcriptomic insight into adaptation to novel host plants in <i>Tetranychus evansi</i>
3. 学会等名 第66回日本応用動物昆虫学会大会（オンライン）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Handi, F.A., Y. Arai, N. Takeda, N.A. Ghazy and T. Suzuki
2. 発表標題 RNA interference against serotonin receptors in <i>Tetranychus urticae</i>
3. 学会等名 第66回日本応用動物昆虫学会大会（オンライン）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武田直樹, N.A. Ghazy, 鈴木伽奈, 片岡孝介, 由良敬, 白藤（梅宮）梨可, 森光太郎, 刑部正博, 鈴木丈詞
2. 発表標題 ミヤコカブリダニのゲノム全塩基配列解読：ゲノム情報を利用した天敵育種への展望
3. 学会等名 第66回日本応用動物昆虫学会大会（オンライン）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木丈詞
2. 発表標題 ハダニ防除とカブリダニ強化に向けた生理学的研
3. 学会等名 第66回日本応用動物昆虫学会大会・小集会（オンライン）
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 Takeda, N., K. Kataoka, Y. Arai, K. Suzuki, K. Yura, and T. Suzuki
2 . 発表標題 The draft genome of the predatory mite, Neoseiulus californicus: Pesticide resistance and feeding behavior
3 . 学会等名 13th Spider Mite Genome Meeting (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 Takeda, N., B. Abiskaroon, R.H. Arriaza, R. Murakami, M. Yamamoto, M. Chruszcz, and T. Suzuki
2 . 発表標題 Dioxygenase-mediated detoxification of catechins in Kanzawa spider mites for adaptation to tea plants
3 . 学会等名 13th Spider Mite Genome Meeting (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 Abiskaroon, B., R.H. Arriaza, N. Takeda, K. Hemstreet, V. Chouhan, V. Grbic, T. Suzuki, M. Chruszcz
2 . 発表標題 Intradiol ring-cleavage dioxygenases and their role in the xenobiotic detoxification and host adaptation in Tetranychidae mites
3 . 学会等名 13th Spider Mite Genome Meeting (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 Ghazy, N.A., T. Nishimura, T. Fujieda, T. Amano, Y. Arai, S. Yamakawa, K. Mori, M. Sano, T. Suzuki
2 . 発表標題 Screening for RNAi target genes in Tetranychus urticae
3 . 学会等名 13th Spider Mite Genome Meeting (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1. 発表者名 Arai, Y., N. Takeda, and T. Suzuki
2. 発表標題 RNAi-mediated functional analysis of silk protein genes in Tetranychus urticae
3. 学会等名 13th Spider Mite Genome Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 武田直樹, 佐々木捷悟, 山本雅信, 鈴木丈詞
2. 発表標題 ハダニ類とチャ間の相互作用: 4種類のカテキンがカンザワハダニとナミハダニに及ぼす影響
3. 学会等名 第32回日本ダニ学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 新井優香, 武田直樹, 鈴木丈詞
2. 発表標題 ナミハダニFibroin遺伝子の発現、局在および機能
3. 学会等名 第32回日本ダニ学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Handi, F.A., Y. Arai, and T. Suzuki
2. 発表標題 Local or systemic effect of environmental RNAi targeting on an octopamine receptor in Tetranychus urticae
3. 学会等名 第32回日本ダニ学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 喜多羅大暉, 山本雅信, 鈴木丈詞
2. 発表標題 揮発性および不揮発性物質に対するナミハダニの忌避応答
3. 学会等名 第32回日本ダニ学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大迫朋寛, 武田直樹, 鈴木丈詞
2. 発表標題 ナミハダニの休眠を誘導する光周性の分子機構
3. 学会等名 第32回日本ダニ学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大迫朋寛, 武田直樹, 鈴木丈詞
2. 発表標題 ナミハダニの休眠を誘導する光周性の分子機構
3. 学会等名 日本昆虫学会第84回大会・第68回日本応用動物昆虫学会合同大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 新井優香, 武田直樹, 鈴木丈詞
2. 発表標題 ナミハダニの糸には唾液タンパク質も含まれている
3. 学会等名 日本昆虫学会第84回大会・第68回日本応用動物昆虫学会合同大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 武田直樹, 新井優香, 片岡孝介, 由良敬, 白藤 (梅宮) 梨可, N.A. Ghazy, 森光太郎, 刑部正博, 日本典秀, 鈴木丈詞
2. 発表標題 ミヤコカブリダニのゲノム全塩基配列解読とピリダベン抵抗性因子の推定
3. 学会等名 日本昆虫学会第84回大会・第68回日本応用動物昆虫学会合同大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 鈴木丈詞
2. 発表標題 RNAi利用型ハダニ管理に向けた統合的アプローチ
3. 学会等名 日本農薬学会第49回大会 (招待講演)
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 梅津憲治	4. 発行年 2023年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 550
3. 書名 化学農薬・生物農薬およびバイオスティミュラントの創製研究動向	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	福原 敏行 (Fukuhara Toshiyuki) (90228924)	東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授 (12605)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	レンゴロ ウレット (Wuled Lenggoro) (10304403)	東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・教授 (12605)	
研究分担者	田原 緑 (Tabara Midori) (20849525)	立命館大学・立命館グローバル・イノベーション研究機構・助教 (34315)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	グルピッチ ヴォジスラバ (Grbic Vojislava)	西オンタリオ大学・Department of Biology・教授	
研究協力者	クラスズクス マクシミリアン (Chruszcz Maksymilian)	ミシガン州立大学・Department of Biochemistry & Molecular Biology・教授	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
カナダ	西オンタリオ大学			
米国	ミシガン州立大学			