

# 害虫の王者が芋虫の足跡を嫌うことを発見

—はらぺこあおむしが自然界の秩序を保つ?—

## 概要

自然生態系で草食性の害虫の活動を抑えているのは、同業者の芋虫かもしれません。農学研究科の金藤葉大学院生と同矢野修一 助教、京都工芸繊維大学 秋野順治 教授の研究グループは、害虫の世界王者のナミハダニと近縁種のカンザワハダニが、チョウヤガの幼虫（カイコ、セスジスズメ、ナミアゲハ、ハスモンヨトウの幼虫、以下「芋虫」）の足跡を避けることを世界で初めて発見しました。ハダニが肉食性のアリの足跡を避ける（2022.10.31 プレスリリース）のは分かりますが、何故草食性の芋虫の足跡を避けるのでしょうか。その理由は、体長が 0.5mm 以下であるハダニは葉を食べる大食いの芋虫に出会うと自分の命だけでなく子孫と全財産を失うからです。芋虫の足跡を避けるハダニは、この巨大災害を避けるのと引き換えに、餌植物を自由に利用できないはずで、カンザワハダニがカイコの足跡から抽出した化学物質を避けることと、足跡の忌避効果が2日以上続くことも分かりました。この物質を特定できれば、天然物質由来で効果が長持ちする、夢のハダニ忌避剤が実現するかもしれません。

2023年2月1日に英国の国際学術誌「*Scientific Reports*」にオンライン掲載されました。



本研究の概要図

## 1. 背景

ハダニというシャープペンシルの芯の断面ほどの小さな (<0.5mm) 害虫に農家さんたちは手を焼いています。ハダニは世代時間が短く (約 10 日)、新しい農薬を開発してもすぐに効かなくなるからです。ナミハダニは効かない農薬の種類が最も多く、数百種もの作物を加害する害虫の世界王者です。しかし、そんな厄介なハダニが、自然生態系で植物を食い尽くす場面はありません。その理由は、自然界にいる多くの生き物たちが、ハダニを食べたりその活動を抑止したりすることで、生態系のバランスを保っているからだとも私たちは考えます。

小さなハダニから見ると、チョウやガの幼虫 (~10cm) は超大型巨人です。一日に数十枚の餌葉を食べる大食いの芋虫たちは、餌葉に小さなハダニが住み着いていてもお構いなしに葉ごと食べてしまいます (偶発的ギルド内捕食)。ハダニの捕食者のカブリダニは、ハダニの卵を一日に十数個食べる程度ですが、大食いの芋虫たちは数十個のハダニの卵がついた葉を 10 分で完食します。ハダニは卵がカブリダニに捕食されないように、見つかりにくい網の上に産卵することができますが、葉を完食する芋虫たちにこの手は通用しません。芋虫に出会ったハダニは自分の命だけでなく、葉に産んだ卵や子たち、半生をかけて築いた巣網を一瞬で失います。そんな大災害を避けるために、ハダニは芋虫と出会うのを避ける術を持っているはずだと予測しました。そこで、ハダニが定着場所を決めるとき、芋虫が歩いた植物を避けるかどうかを調べました。

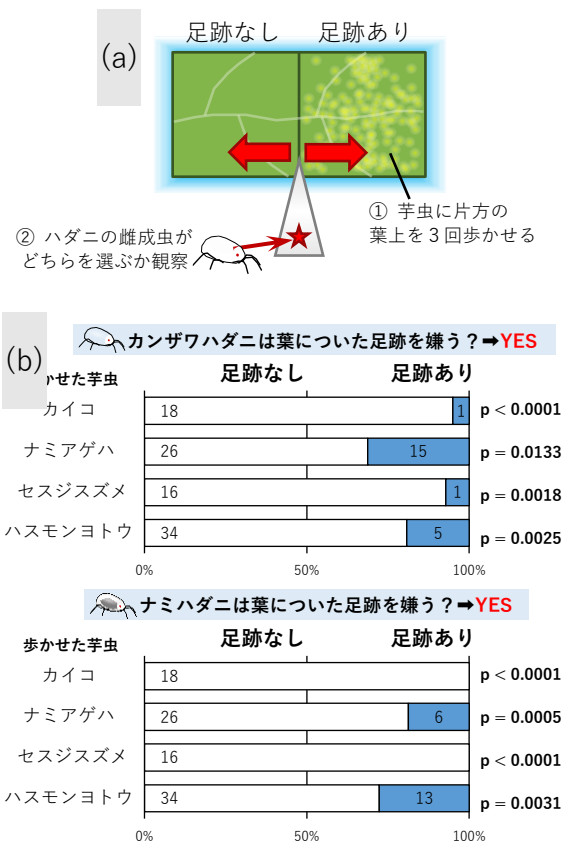
## 2. 研究手法・成果

ハダニの雌成虫は、脚にある匂いセンサーで植物を吟味して住処にする餌葉を決めます (定着)。ハダニの子は雌成虫が餌葉上に張った網の中で育ちます。つまりハダニの居場所を決めるのは雌成虫です。この雌成虫が、芋虫が歩いた葉を避けるか調べました。分類上の科が違う 4 種の芋虫 (カイコ、セスジスズメ、ナミアゲハ、ハスモンヨトウのいずれか) にインゲンマメの葉面を歩かせ、芋虫が歩いた/歩いていない葉を並べて、その境界にナミハダニまたはカンザワハダニの雌成虫を入れて、どちらの葉に定着するかを調べました (図 1a)。

その結果、両種のハダニは全ての芋虫の足跡を避けました (図 1b)。この中には、ナミハダニとナミアゲハのように同じ餌植物で出会わない組み合わせもありました。つまり、ハダニはチョウやガの幼虫全般の足跡を避ける可能性が示唆されました。ハダニは、捕食者のアリやカブリダニの足跡を避けますが、ハダニを食べる心配のない草食性のアブラムシの足跡は避けないことが知られます。このことから、ハダニは命を脅かす捕食者と同様に、芋虫と出会うことを避けていると考えられます。

図 1 (a) 芋虫の足跡に対するハダニの忌避性を調べる装置

(b) ハダニ 2 種 (カンザワ・ナミ) は、芋虫 4 種 (カイコ・ナミアゲハ・セスジスズメ・ハスモンヨトウ) 全ての足跡を避けた (二項検定)



カンザワハダニはいつまで足跡を嫌う？→YES

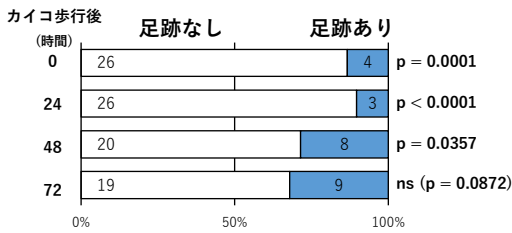


図2 カンザワハダニはカイコが歩いてから 48 h 経過した葉を避けた (二項検定)。72 h 経った葉も避ける傾向があった

カンザワハダニがカイコの足跡を避ける効果は、2日以上続くこともわかりました (図2)。また、ハダニは葉だけではなく枝についた芋虫足跡も嫌いました (図3a,b)。多くの植物は枝分かれ構造をしています。その枝にある芋虫の足跡を避けると、ハダニはその先にある全ての餌葉を利用できなくなるでしょう。

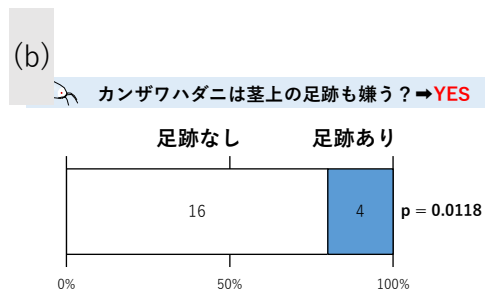
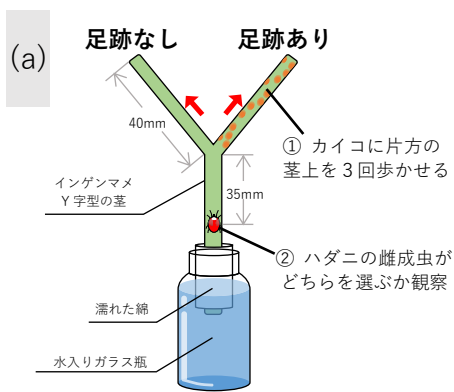


図3 (a) 茎上に付けたカイコの足跡に対するカンザワハダニの忌避性を調べる装置

(b) カンザワハダニは、カイコの足跡がある枝を避けた (二項検定)

最後に、ハダニが避ける芋虫の足跡の正体を明らかにするため、カイコの足跡をアセトンで抽出した成分をT字型濾紙の片方の枝に塗り、反対側には溶媒だけを塗りました (図4a)。カンザワハダニをT字の下端から登らせて分かれ道でどちらを選ぶかを調べると、カイコの足跡抽出物を避けました (図4b)。この結果から、芋虫の足跡の正体が化学物質だとわかりました。これは、ハダニが同じ草食性動物の足跡物質を避けることを発見した、世界初の事例です。

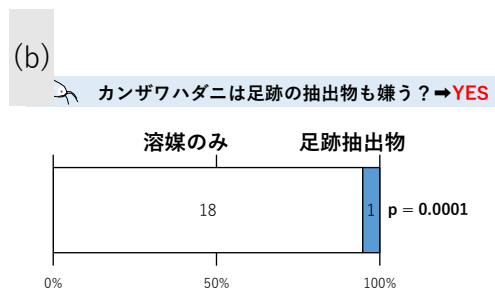
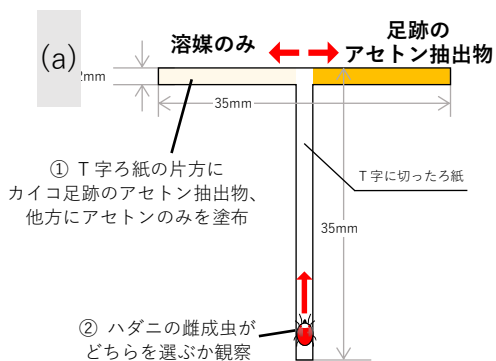


図4 (a) カイコの足跡の抽出物に対するカンザワハダニの忌避性を調べる装置

(b) 葉や茎に付いた足跡と同様、カンザワハダニはカイコの足跡抽出物を避けた

### 3. 波及効果、今後の予定

本研究は、2つの「常識」をアップデートできると考えています。1つは、草食性動物は肉食性動物から身を守るという常識です。これは間違いではありませんが不十分です。ハダニのような小さな草食性の生き物は、より大きな草食者にも食べられる恐れがあり（偶発的ギルド内捕食）、それを防ぐ術を備えていることがわかりました。緑の地球は、草食動物の餌で溢れているように見えますが、実は草食者どうしの相互作用によって、餌の利用が大きく制限されているのかもしれません。

2つ目は、薬剤耐性が強いハダニを農作物から追い払うのは困難だという常識です。新しい合成農薬にハダニが耐性を進化させる軍拡競争に人類は悪戦苦闘していますが、本研究で発見した芋虫の足跡物質を利用できれば、この戦いを止められるかもしれません。芋虫の足跡を避けないハダニが現れても、芋虫に食べられて淘汰されるので、耐性が進化しにくいと思われるからです。芋虫の足跡物質は、自然界にありふれた天然物質で、ハダニが避けるアリの足跡物質とは別の物質のようです。これを利用すれば、人体や環境に優しく少量で効果が長持ちする、夢のハダニ忌避剤が実現するかもしれません。持続可能な農業とは、自然界の秩序を保つ仕組みに基づくはずだと私たちは考えます。

### 4. 研究プロジェクトについて

本研究は、本学運営交付金と日本学術振興会科学研究費助成金（課題番号 20K06051）の援助を受けて実施されました。

#### <研究者のコメント>

私は研究を始めて2年目の若造です。この世界の片隅の風景しか知らない井の中の蛙ですが、だからこそ研究を通して大海、つまり世界の仕組みを覗き見られる毎日に胸が高鳴っています。草食性の芋虫が、意図せずにより小さな害虫たちを脅かして自然界の秩序を保っていた、という事実ワクワクしませんか？そんなワクワクを皆さんにも届けられるよう、邁進してまいります。（金藤）

#### <論文タイトルと著者>

タイトル：Spider mites avoid caterpillar traces to prevent intraguild predation（ハダニは同じ草食性動物である芋虫の足跡を避けて偶発的ギルド内捕食を防ぐ）

著者：金藤 栞（京都大学大学院農学研究科修士1回生）・秋野 順治（京都工芸繊維大学教授）・矢野修一（京都大学大学院農学研究科助教）

掲載誌：Scientific Reports DOI：10.1038/s41598-023-28861-0