

令和元年6月14日現在

機関番号：24403

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K15014

研究課題名(和文)ハダニの行動特性を利用した植物診断に関する基礎的研究

研究課題名(英文)A fundamental study on plant diagnosis based on behavior of spider mites

研究代表者

渋谷 俊夫 (Shibuya, Toshio)

大阪府立大学・生命環境科学研究科・准教授

研究者番号：50316014

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：異なる光強度に順化させたキュウリ葉におけるナミハダニの摂食および産卵行動を調べた。強光に順化した植物葉において、ナミハダニの産卵速度は大きくなり、逆に摂食面積は小さくなった。単位葉面積あたり乾物重(LMA)、それともなう光合成能力と産卵速度との間には正の相関がみられ、逆にLMAと摂食面積との間には負の相関がみられた。高いLMAの葉において、ナミハダニの産卵速度が大きくなった要因のひとつとして、より狭い面積から食物を効率よく摂食することができたことが考えられた。高いLMAの葉において産卵数に対する摂食面積が小さくなったことは、この仮説を支持する結果である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光強度は寄主植物の形態的特性を介して、ナミハダニの産卵に間接的に影響することが示された。植物の光合成能力と産卵速度との間に正の相関がみられたことは、潜在能力の高い植物ではナミハダニの増殖速度が大きくなることを意味しており、このことは、ナミハダニと植物との複雑な相互関係の一端を示すものである。その一方で、LMAが増大し、単位面積当たりのナミハダニの食物量が多くなることで、産卵数に対する摂食面積は小さくなること示された。このことは、葉の特性が異なる場合は、食害面積からのみでは、ナミハダニの被害リスクを正確に評価することができないことを意味し、防除戦略を構築する上で重要な知見である。

研究成果の概要(英文)：We investigated the feeding and fecundity of the two-spotted spider mite on cucumber leaves that had been acclimatized under different light intensities. The mite's fecundity and the leaf damage it caused increased and decreased, respectively, as the acclimatization PPFD increased, indicating indirect effects of light intensity on the feeding and fecundity through changes in the host leaf properties. Leaf mass per unit area (LMA) was significantly positively related to the mite's fecundity, but LMA was significantly negatively related to the damaged leaf area. High-LMA leaves represent an increased amount of food per unit leaf area. This would let the mite feed efficiently from a smaller area, which may explain the increased fecundity on these leaves. The wider area of leaf damage caused by feeding on the low-LMA leaves suggests more time required for foraging compared with the high-LMA leaves. This suggests that low-LMA leaves are unfavorable for the two-spotted spider mite.

研究分野：生物環境調節学

キーワード：植物 害虫相互作用 植物形態 光環境応答

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

物理環境制御によって植物の生理的・形態的特性を変化させることで、環境ストレス耐性などの植物の潜在能力を高めることができるが、そのような植物応答は、ナミハダニ(*Tetranychus urticae* Koch) に関してはポジティブに働くことが示唆されている。本研究ではナミハダニは植物の防御応答にともなう形態的特性を好むと仮説を立て、ナミハダニの行動特性を把握することで植物の潜在的な成長能力を診断できる可能性を検討した。本研究は、本来害虫であるナミハダニを用いることで植物の特性を診断しようとするものであり、この独創的な方法論から「plant-herbivore interactions」の解明に新しい展開をもたらすことが、本研究の目的である。

2. 研究の目的

ナミハダニの行動は、物理環境の変化による直接的な影響と、環境変化による寄主植物の変化を介した間接的な影響を受けることが知られている。既往研究 (Shibuya et al., 2016) において、物理環境制御によって植物の生理的・形態的特性を変化させることで、環境ストレス耐性などの植物の潜在能力を高めることができるが、そのような植物応答は、ナミハダニに関してはポジティブに働くことが示唆されている。したがって、ナミハダニの行動特性から、植物の潜在的な成長能力を診断できる可能性がある。本研究では、光強度への順化が寄主植物の光合成能力を高め、そのことが、ナミハダニの摂食および産卵行動に影響すると仮説を立てた。一般に、強光に順化した植物は、強光下での光合成能力を高めるために、葉を厚くし、葉面積当たりの乾物重 (LMA) を大きくすることが知られている。高い LMA の葉では、単位面積当たりのナミハダニの食物量が多くなる。この場合、ナミハダニが、葉上の狭い範囲から食物を効率的に獲得することができることから、その結果として産卵速度が大きくなる可能性がある。ナミハダニの産卵速度については、摂食した葉の栄養状態の影響を受けることから、光強度が葉の栄養状態の変化を介して産卵速度に間接的に影響を及ぼす可能性も考えられる。これらのことを明らかにするため、異なる光強度に順化させて葉の特性を変化させたキュウリ葉におけるナミハダニの摂食および産卵行動を調べた。

3. 研究方法

供試植物にはキュウリ (*Cucumis sativus* L., ‘北進’) を用いた。人工気象器内で、光合成有効光量子束密度 (以下 PPF) を 50, 100, 150, 300, 450 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の 5 段階にして、第 1 本葉が展葉するまで育成を行った。共通の育成条件は、明期 16 h d⁻¹、気温 27 ~ 28 °C、相対湿度 60 %、CO₂ 濃度 400 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ とした。キュウリ実生の第 1 本葉から直径 15 mm の葉片を 2 枚切除し、1 枚はナミハダニの放飼試験に、もう 1 枚は葉の特性の計測に用いた。

放飼試験は、葉片上に日齢を 12 ~ 14 日に揃えたナミハダニの雌成虫を葉片 1 枚につき 1 個体放飼することで行った。葉片は、水分を含む脱脂綿上に設置した。ナミハダニ放飼後の環境条件は、気温 28 °C、PPFD 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、明期 16 h d⁻¹ とした。24 時間ごとに葉片上の産卵数を数え、4 日間の日平均産卵速度 (eggs day⁻¹) を求めた。放飼試験終了時に、スキャナを用いて葉片の画像を取得した。ナミハダニに摂食され白色化した部分の面積を計測し、摂食面積 (mm² d⁻¹) を求めた。葉片上のナミハダニによる食害痕が見られた範囲の面積を計測し、ナミハダニによる 4 日間の摂食範囲 (mm²) を求めた。

放飼試験を行う直前に、葉緑素計 (SPAD-502, コニカミノルタ) を用いて、第 1 本葉の相対クロロフィル含量を計測した。放飼試験に用いなかった葉片の乾物重を計測し、面積で除することで単位葉面積当たりの乾物重 (LMA) を算出した。さらに葉片の乾物に含まれる炭素と窒素の重量比 (C/N 比) を、元素分析計 (Valio MAX CN, Elementar) を用いて計測した。放飼試験を行う 1 日前には、光合成測定装置 (LI-6400, LI-COR) を用いて、葉内 CO₂ 濃度と順光合成速度の関係性を求め、その関係から、最大カルボキシル化速度 (V_{cmax}) を求めた。

4. 研究成果

高 PPF に順化した植物葉において、ナミハダニの産卵速度は大きくなり、逆に摂食面積および接触範囲は小さくなった。ナミハダニ放飼後における光強度はすべての試験区で同じであったため、本実験における、光強度の変化にともなうナミハダニの産卵および摂食行動の変化は、寄主植物の葉の特性変化を介した光強度の間接的な影響である。

葉の LMA、相対クロロフィル含量、 V_{cmax} および C/N 比は、PPFD が大きいほど大きかった。LMA と産卵速度の間には強い正の相関、LMA と摂食面積、接触範囲の間には強い負の相関がみられた。これらの相関関係は、光強度が LMA の変化を介してナミハダニの行動に影響を及ぼしたことを示唆する。強光条件において LMA が大きくなったのは、植物が強光で有利に生育できるように葉を厚くしたことを意味する。これは、植物の強光順化における典型的な応答である。高い LMA を持つ葉で、 V_{cmax} とクロロフィル濃度が高くなったのは、単位面積あたりの光合成に関するバイオマスが強光下において葉を厚くすることで増加したことを意味する。このことは、葉肉細胞の内容物を吸汁摂食するナミハダニの単位葉面積当たりから獲得できる食物量を多くする。高い LMA の葉において、ナミハダニの産卵速度が大きくなった要因のひとつとして、より狭い面積から食物を効率よく摂食することができたことが考えられる。高い LMA の葉において産卵速度に対する摂食面積が小さくなったこと、および摂食範囲が狭くなったことは、この仮説を支持する結果である。

寄主植物の栄養状態は繁殖行動に影響することから、光強度が寄主植物の栄養的な変化を介して間接的にナミハダニの摂食および産卵行動に影響した可能性もある。食餌品質の代表的な指標であるC/N比は、LMAが増大するほど大きくなる傾向が見られ、産卵速度と正の相関がみられた。強光下においてC/N比が多くなったのは、高い光強度によって光合成産物の生成が促進されたためと考えられる。既往研究の多くは、葉内の窒素含量が増大し、C/N比が小さくなるほど、産卵速度が大きくなることが報告している。しかし、本実験では、C/N比と産卵速度との間にはそのような関係は見られず、高いLMAの葉においてナミハダニの産卵速度が大きくなった要因をC/N比から説明することはできなかった。

以上より、強い光強度はキュウリ葉のLMAを増大させることで、ナミハダニの産卵速度を間接的に増大させることが示された。植物の光合成能力と産卵速度との間に正の相関がみられたことは、強光下において潜在能力が高くなった植物ではナミハダニの増殖速度が大きくなることを意味している。その一方で、LMAが増大し、単位面積当たりのナミハダニの食物量が多くなることで、産卵量に対する摂食面積は小さくなることが示された。このことは、葉の特性が異なる場合は、食害面積からのみでは、ナミハダニの被害リスクを正確に評価することができないことを意味する。

<引用文献>

Shibuya, T., Itagaki, K., Ueyama, S., Hirai, N., Endo, R., 2016. Atmospheric humidity influences on oviposition rate of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) through morphological responses of host *Cucumis sativus* leaves. *Journal of Economic Entomology* 109:255-258.

5. 主な発表論文等

[学会発表](計3件)

岩橋裕太, 渋谷俊夫, 遠藤良輔, 平井規央, 北宅善昭, 鈴木丈詞. 異なる光強度に順化したキュウリ葉におけるナミハダニの摂食および産卵行動. 2018年度日本農業気象学会中国四国支部・近畿支部合同大会. 2018年.

Iwahashi, Y., Shibuya, T., Kitaya, Y., Endo, R., Hirai, N., Suzuki, T. Environmental conditions influence the oviposition rate of two-spotted spider mite through host-plant responses. XXX. International Horticultural Congress. 2018年.

渋谷俊夫・岩橋裕太・遠藤良輔・北宅善昭・平井規央. 異なる光強度とCO₂濃度に順化したキュウリ葉におけるナミハダニの産卵行動. 日本農業気象学会2017年全国大会. 2017年.

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：鈴木 丈詞

ローマ字氏名：(SUZUKI, Takeshi)

所属研究機関名：東京農工大学

部局名：農学研究科

職名：特任准教授

研究者番号(8桁)：60708311

研究分担者氏名：平井 規央

ローマ字氏名：(NORIO, Hirai)

所属研究機関名：大阪府立大学

部局名：生命環境科学研究科

職名：准教授

研究者番号(8桁)：70305655

(2)研究協力者

研究協力者氏名：遠藤 良輔

ローマ字氏名：(ENDO, Ryosuke)

研究協力者氏名：岩橋 裕太

ローマ字氏名：(IWAHASHI, Yuta)