

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	源 麗楓
論文題目	Temperature and Dietary Effects on UV Damage to Spider Mites and Phytoseiid Mites (温度と食餌がハダニとカブリダニの紫外線損傷に及ぼす影響)		
(論文内容の要旨)			
<p>ナミハダニは、著しい薬剤抵抗性の発達により世界的に重要な農業害虫となっている。近年、イチゴなどの施設栽培作物に対して夜間に中波長の紫外線 (UV-B) を照射することによって、その生物影響を利用してハダニ類を防除する新たな技術が開発されている。その防除メカニズムは、直接照射によるシクロブタン型ピリミジンダイマー (CPD) の生成などのDNA損傷が主な要因と考えられている。ナミハダニでは、CPD光修復酵素による顕著な光回復も確認されているが、ハダニ卵ではUV-B照射後に4時間程度の暗黒状態を維持することによって、光回復が抑制される。このため、深夜のUV-B照射により効率的に防除効果を得ることができる。UV-Bによるハダニ防除技術は施設栽培のイチゴにおいて開発が進められており、殺ダニ剤散布の必要性を激減させる顕著な防除効果が得られている。また、本技術により、イチゴ栽培における代表的な病害であるうどん粉病との同時防除が可能であり、総合的病害虫管理 (IPM) への貢献が期待されている。</p> <p>しかし、作物の発育によって葉が茂るのにしたがって、UV-Bが届かない部位が拡大し、ハダニに対する防除効果が低下する。また、冬季には植物体へのUV-B照射による葉やけが生じやすい傾向が認められるため、低温期におけるUV-B照射量の削減が求められている。したがって、IPM体系の構築のためには、UV-Bによる物理的防除を補完する生物的防除法の併用が期待されている。従来の研究では、一定量のUV-Bを一回照射した場合、ハダニ卵に比べてカブリダニ卵のUV-B感受性が高い (生存率が低い) ことが知られている。さらに、カブリダニ卵に対するUV-B照射は、ふ化後の生存率の低下を招くことが知られている。一方で、ミヤコカブリダニでは、チャやモモの花粉を摂食することにより、恐らく抗酸化物質の機能を通じて、UV-Bの影響が緩和される。</p> <p>申請者による本研究は、UV-Bの生物影響と気温の相関 (第3章)、UV-B損傷からの光回復効果と気温の相関 (第4章)、ナミハダニ卵の胚の発育段階によるUV-B感受性の変化 (第5章)、イチゴの花粉によるミヤコカブリダニの発育とUV-B照射下での生存率、花粉の抗酸化物質組成 (第6章) の分析を通じて、ハダニ防除効果に及ぼす気温の影響、UV-Bと生物的防除の併用の可能性、花粉によるカブリダニの生体保護効果を検証したものであり、その成果は以下のようにまとめられる。</p> <p>第1章と第2章には、それぞれ研究の背景と研究材料、実験機器とそれらの特性が記されている。</p> <p>第3章では、施設栽培イチゴで実用化されているUV-Bの夜間照射条件下におけるナミハダニとミヤコカブリダニに対する生物影響と一日当たりの積算照射量との関係を分析し、さらに一日当たり積算照射量を一定にした上で気温による生物影響の変化を検証している。これらの評価には最も感受性が高いと考えられる卵を用いている。この結果、従来、UV-Bの一回照射による評価ではハダニ卵の方がミヤコカブリダニ卵よりUV-Bに対して抵抗性が高いとされていたが、毎晩照射条件下ではこれらの関係が逆転し、ハダニ卵よりもカブリダニ卵の方が高い抵抗性を持つことを明らかにした。この結果から、25℃においてカブリダニ卵に悪影響無しにハダニ卵を防除可能な照射量の範囲 (0.135~0.216 kJ/m²/day) を実用的照射量として提案した。また、ハダニとカブリダニのいずれにおいても、毎晩照射によるUV-Bの生物影響は低温 (18℃) で大きく、高温 (30℃) では小さいことを明らかにした。これにより、UV-Bに</p>			

よる植物への影響が大きくなる冬季におけるUV-B照射量の低減が、ハダニへの防除効果を低下させることなく可能であり、同時にカブリダニの保護にも有効なことが示された。

第4章では、気温が光回復効果に及ぼす影響が調べられた。しかし、ハダニとカブリダニのいずれにおいても気温の上昇に伴って光回復効率が低下する傾向が認められ、またカブリダニに比べてハダニの光回復効率が高いことが示唆された。第5章では、UV-B照射のタイミングとナミハダニの胚発生の関係を詳細に観察し、卵割前（産卵後0-1時間）および卵割中（6-7時間）のUV-B照射により胚の分化が抑制され、その後の照射では胚形成は完了し、ふ化直前で死亡することを明らかにした。これらの結果は、UV-B耐性と温度の関係が単に修復酵素や抗酸化酵素などの保護機構の温度反応によるものではなく、発育速度や発育段階による感受性の変化などの要因が関与していることを示すものである。また、このことは第3章で見られた照射方法による種間のUV-B感受性の逆転に関するメカニズムの解明に有用な知見であり、生物の紫外線適応および防除技術の理論的基盤の形成に役立つ。

第6章では、ミヤコカブリダニがイチゴ花粉によって発育・産卵が可能であり、またイチゴ花粉が高い抗酸化活性（ORAC値）を持ち、それを食べたカブリダニのUV-B耐性を向上させることを明らかにした。UV-B耐性は、成虫の生存率と産卵数の変化によって計測され、いずれも有意な保護効果が得られている。さらに、イチゴ花粉の成分分析を実施し、抗酸化活性を示す主要成分がカフェ酸及びフェルラ酸を含むスペルミジン誘導体によって構成されていることを明らかにした。この結果は、植物が自らの配偶子を太陽光UV-Bから保護するために生成した抗酸化物質が、植食者の天敵であるカブリダニの環境耐性向上にも役立っていることを解明したものである。

第7章（総合考察）では、UV-B感受性に対する温度の影響について、生物学的知見を中心に議論されている。一方で、防除技術としてのUV-B照射とカブリダニを用いた生物的防除との組合せについて、実学としての立場からの議論を行っている。多くの生物がDNAの光修復機構を備えていることから、太陽光UV-Bの生物影響に対する適応の重要性が示される。その一方で、生物影響の大きさに対する温度の影響については様々に異なる研究結果が示されており、議論があるところである。従来の研究が微生物や水生生物で主に行われているのに対して、本研究では陸生のハダニ及びカブリダニにおける生物影響と光回復を材料とし、照射条件による種間での相対的耐性の変化と温度反応の変化を明らかにした。UV-Bを用いた防除技術は近年になって実用化されたものであり、本研究はこの新たな技術をもとにした総合的害虫管理の確立に貢献するものである。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

太陽光紫外線への適応は環境適応の重要な要素であり、ハダニでは光修復酵素による光回復が重要な役割を担っている。特に陸生の生物ではこの適応機構に関する知見は不十分であり、研究が進んでいる微生物や水生生物においても紫外線による生物影響に対する温度の影響では相反する研究結果も得られており、議論の余地がある。一方、応用場面では、近年、中波長の紫外線UV-Bを用いたハダニ防除技術が日本で実用化された。ハダニ類では薬剤抵抗性の発達が著しいことから、この新たな防除技術に期待が寄せられているが、冬季の作物への影響や防除効果の低下などの問題があり、生物的防除法などとの組合せによる総合的害虫管理技術体系の構築が求められている。

本研究は、新たに開発されたUV-Bによるハダニ防除技術とカブリダニによる生物的防除の併用を念頭に、夜間照射環境下での害虫と天敵のUV-B感受性と光回復効果、気温の影響を比較検討し、さらにイチゴの花粉によるカブリダニ保護効果と成分同定を行ったものである。本論文の評価すべき点は以下の通りに要約できる。

1. 従来、カブリダニはハダニに比べてUV-B感受性が高いとされていた。しかし、実用化された毎晩照射条件下では、これらの関係が逆転し、カブリダニの方が高いUV-B耐性を示すことを明らかにした。
2. UV-Bはハダニおよびカブリダニに対して、毎晩照射条件下では低温ほど高い殺卵効果を持つことを実証した。一方で光回復効率は高温でやや低下することを明らかにし、気温による影響に发育速度などの要因が関与することを示した。
3. イチゴ花粉が高い抗酸化活性を持ち、それを食べることによりカブリダニのUV-B耐性が向上することを明らかにした。また、抗酸化活性の主体がカフェ酸とフェルラ酸を含むスペルミジン誘導体であることを明らかにした。

以上のように、本論文は、UV-Bによるハダニ防除技術の問題点に即しながら、UV-B損傷への温度の影響評価に新たな視点を加えると同時に、実用場面におけるUV-Bとカブリダニの併用の合理性を理論付けるものとなっており、生態情報開発学、動物生態生理学、応用ダニ学、害虫防除学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、令和3年1月20日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）