

紫外光(UV-B)照射による病虫害防除技術の開発 ～理論・実証・応用～

兵庫県立農林水産技術総合センター 病虫害部 田中雅也

1. はじめに

持続可能な食料システムの構築に向けて農水省が策定した「みどりの食料システム戦略」や改正された植物防疫法において、総合防除(IPM)が推進されている。中でも、今回紹介するUV-B照射による病虫害防除技術は注目され、本技術を組み入れた体系が全国で実証されている。あまり知られていないが、本技術は兵庫県とパナソニック電工(現パナソニック)株式会社が共同開発した。本発表では、演者が取り組んできたUV-B照射と光反射シートの組み合わせ(以下、UV法)による施設イチゴの病虫害同時防除技術について紹介する。本研究の一部は、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「次世代農林水産業創造技術」(管理法人: 生研支援センター)によって実施された。

2. 理論編

(1) イチゴうどんこ病

UV-B照射により病害抵抗性関連の遺伝子が発現し、イチゴの病害抵抗性が誘導され、うどんこ病を抑制することが知られている¹⁾(間接効果)。また、UV-B照射で、うどんこ病菌の分生子の発芽が抑制されるとの報告もある²⁾(直接効果)。

(2) ナミハダニ

(ア) UV法によるナミハダニ抑制メカニズム

UV-Bは生物に対してDNA損傷や活性酸素の生成等を介して悪影響を及ぼす³⁾。UV-Bが照射されたナミハダニの生育や孵化が抑制される⁴⁾等、UV-B照射による直接的な致死効果の報告がある。さらに、300nmの波長では全ての卵は孵化できないが320nmでは全て孵化することから、致死効果は波長依存的である⁵⁾。

UV-B照射量(下式)によりナミハダニ各発育ステージの死亡率が決まる⁶⁾。つまり、弱い光でも長時間照射することで、強い光を短時間照射した場合と同様の効果が得られる。

$$\text{UV-B照射量 (J/m}^2\text{)} = \text{UV-B照射強度 (W/m}^2\text{)} \times \text{照射時間 (秒)}$$

室内試験で得られている致死が期待できるUV-B照射量に、圃場で実測した葉裏UV-B照度を当てはめると、UV-Bに最も弱い卵でも、致死に数日間の照射が必要となる。また、ナミハダニには光回復という修復機構があり、日が変わり太陽光が当たるとUV-Bによるダメージがリセットされる⁷⁾。幸いなことに、卵のみ、3-4時間の暗期を挟むと光回復しないことが明らかにされている⁷⁾。UV-Bは真夜中の3時間程度照射し、夜明けまでに3～4時間の暗期を確保することが必須である。以上から、圃場におけるUV法の主な作用機構は「孵化抑制」と考えられる。

ナミハダニは葉裏にいるので、光反射シートを設置する等して、虫体へ直接UV-Bを照射する工夫が必須となる。圃場試験において、葉裏UV-B照度とナミハダニ密度との間で負の相関を確認している⁹⁾(図1)。ナミハダニが生息している葉裏へ、いかに多くのUV-Bを届けることができるか、がUV法によるハダニ抑制効果を左右する。

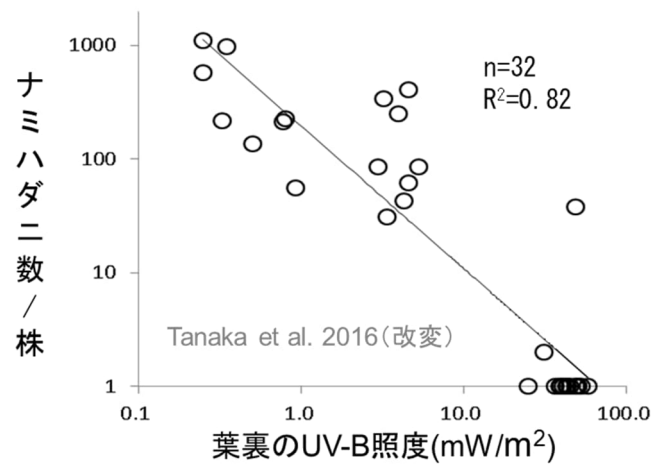


図1 葉裏 UV-B 照射強度とナミハダニ密度との関係

(イ) UV法の技術的な限界

UV法の技術的限界(弱点)は、以下の通りである。

- ・春になると株が繁茂し、光反射シートがあっても、葉裏に UV-B が届かなくなる
- ・春に気温が高くなると、ナミハダニの卵期間は短くなり、致死量を当てきる前に孵化する
- ・高設栽培では、①UV-B ランプとイチゴ株との距離がとれないことから株上の照度にムラができる、②光反射シートの設置面積が確保できない、③条間・株間が土耕栽培より狭いため葉裏へ UV-B が届きにくい、ことから、UV 法の効果が不安定である

(ウ) UV 法と天敵カブリダニの併用でナミハダニ抑制効果が安定する理由

連続照射では、ミヤコカブリダニ卵はナミハダニ卵より UV-B による致死的影響は大きい⁹⁾、UV 法の環境(夜間 3 時間、毎日照射)では逆転し、小さくなる¹⁰⁾。これは、ナミハダニよりカブリダニの卵期間が短いことに起因している。さらに、ミヤコカブリダニは、ナミハダニより周囲の UV 光や可視光を避ける¹¹⁾ことから、UV-B を避けたカブリダニが UV-B が届かないところで増殖したハダニを捕食することで、併用により抑制効果が安定すると考えられる。圃場試験では、UV 法の環境下では、ナミハダニは分散しにくくなり、UV 法によりナミハダニとカブリダニが同じ葉にいる(分布が重なっている)傾向が確認できた¹²⁾(図 2)。以上から、UV-B 照射が、カブリダニによるナミハダニの捕食を促進している可能性が示唆され、両者の併用によりナミハダニ抑制効果が安定する(相乗効果が得られている)と考えられる。

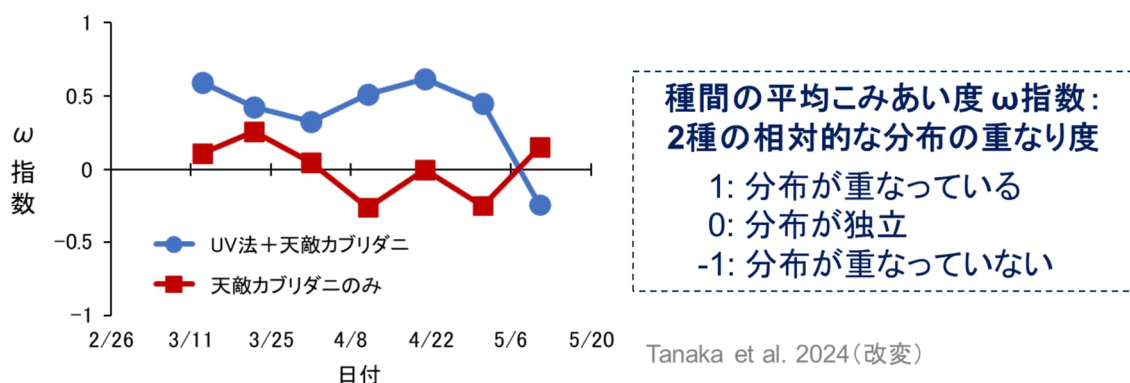


図2 ナミハダニとミヤコカブリダニの葉上分布の重なり

3. 実証編

(1) イチゴうどんこ病

場内や生産者圃場において、光反射シートがあることで、うどんこ病の抑制効果が高くなる傾向が確認された(データ略)。反射光により株に当たるUV-B量が増えることに加え、葉裏にUV-Bが当たることで、直接的な抑制効果も働いていると考えられる。

(2) ナミハダニ

(ア) UV法によるナミハダニ抑制効果

場内の土耕栽培において、株上のUV-B照度が 0.12 W/m^2 になるようランプを設置し、夜間3時間点灯する (UV-B照射量: 1.30 kJ/m^2) ことで、長期にわたりナミハダニを抑制できた (図3)。

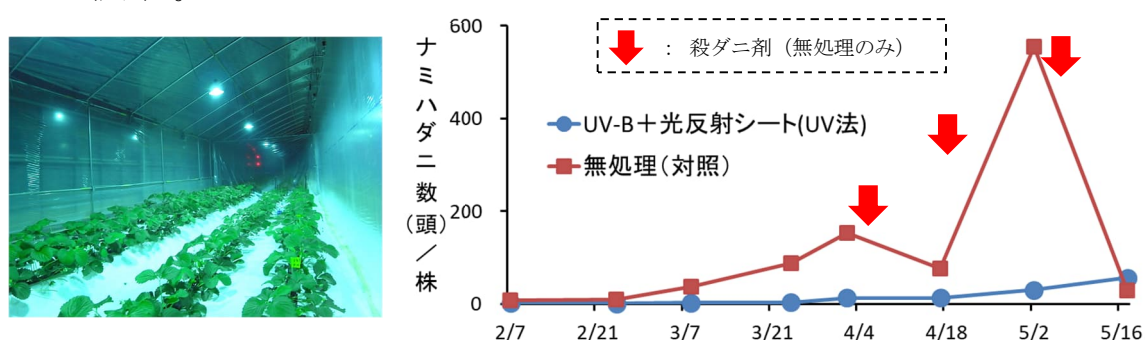


図3 UV-B照射と光反射シートの組合せ(UV法)によるナミハダニ抑制効果(土耕栽培)

(イ) UV法と天敵カブリダニの併用によるナミハダニ抑制効果

場内の高設施設において、カブリダニのみ区とUV法とカブリダニの併用区とのナミハダニ抑制効果の比較試験をした。1日当たりUV-B照射量は $0.65-1.30 \text{ kJ/m}^2$ であった。結果、カブリダニ放飼後、カブリダニのみ区ではナミハダニが増加し、カブリダニの増加とともに減少に転じたが、UV法とカブリダニの併用区では、栽培期間を通してナミハダニが抑制された¹²⁾(図4)。

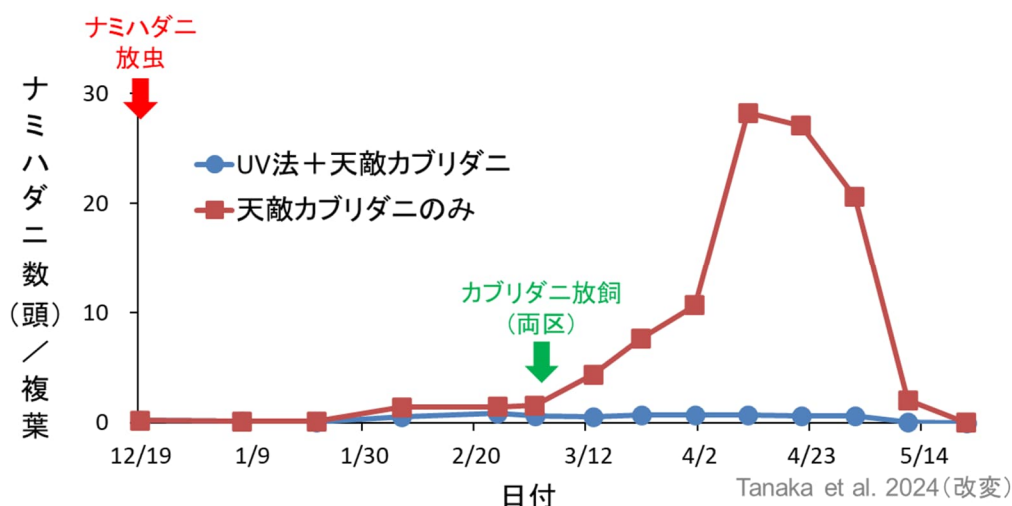


図4 UV法と天敵カブリダニの併用によるナミハダニ抑制効果(高設栽培)

4. 応用編

(1) UV 法の抑制効果を高める工夫

ナミハダニが生息している葉裏へ、いかに多くの UV-B を届けるか、が UV 法成功の鍵となる。光反射シートの設置方法を工夫し、施設内の光環境を最適化することで、抑制効果の安定化が期待できる。なお、光反射シートの設置によるアザミウマの被害軽減も確認されている。

(2) UV 法がイチゴの生育や品質に及ぼす影響

場内や生産者の圃場にて、UV 法のイチゴ株への影響を調べた。品種による差はあるが、UV-B 照射量が多いと、冬季に葉焼けの傷害がみられたが、冬季は UV 法の効果が期待できるので、照射時間を短くする等で対応できる。また、土耕栽培では、光反射シートの設置により地温が低下し、冬季の生育に影響することが確認されたが、光反射シートの設置範囲を少なくし、黒マルチを露出させ、地温を確保することで対応できる。品質面では、UV 法により、果実の色が濃く、糖度が高く、果皮が固くなる傾向がみられている。

(3) IPM 技術としての UV 法

UV法により、ハダニが急増しない圃場環境が構築できる。要防除密度を高く設定できることになり、①農薬使用回数の低減、②天敵カブリダニの放飼適期が拡大する、③天敵カブリダニの放飼数が少なくても抑制効果が得られる、等のメリットが期待できる。

5. さいごに

UV法によるハダニ抑制効果が実感できるYouTube動画を作成し、兵庫県立農林水産技術総合センター チャンネルにて公開している。ご視聴いただけると励みになります。

「紫外線照射によりハダニは増えない」

<https://youtu.be/Bik0WJGk8HA> (0 は英大文字)



引用文献

- 1) Kanto T et al., Acta Hort (ISHS) 1049: 655-660 (2014)
- 2) Suthaparan A et al., Plant disease 96: 1653-1660 (2012)
- 3) Sinha RP and Häder DP, Photochem Photobiol Sci 1: 225-236 (2002)
- 4) Ohtsuka K and Osakabe M, Environ Entomol 38: 920-929 (2009)
- 5) Sakai Y and Osakabe M, Photochem Photobiol 86: 925-932 (2010)
- 6) Murata Y and Osakabe M, J Insect Physiol 59: 241-247 (2013)
- 7) Murata Y and Osakabe M, Exp Appl Acarol 63: 253-265 (2014)
- 8) Tanaka M et al., J Econ Entomol 109: 1758-1765 (2016)
- 9) Tachi F and Osakabe M, Naturwissenschaften 99: 1031-1038 (2012)
- 10) Yuan L and Osakabe M, Pest Manag Sci 78: 4314-4323 (2022)
- 11) Tachi F and Osakabe M, Environ Entomol 43: 787-794 (2014)
- 12) Tanaka M et al., Pest Manage Sci 80: 698-707 (2024)