

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26292029

研究課題名(和文) 植物ダニの紫外線損傷と保護修復機構の解明

研究課題名(英文) Damage from ultraviolet radiation and its protection and repair mechanisms in plant-dwelling mites

研究代表者

刑部 正博 (Osakabe, Masahiro)

京都大学・農学研究科・准教授

研究者番号：50346037

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,400,000円

研究成果の概要(和文)：施設栽培におけるUVBを利用した新しいハダニ管理技術への反映を目的として、ダニ類のUV損傷の発症に関する分子メカニズムと抗酸化物質による生体保護機能について検証した。ではDNA損傷と死亡または光回復との相関を立証した。幼虫期にUVBに暴露された個体は静止期に特異的に死亡し、その原因として形態形成遺伝子の損傷が示唆された。また、気温の低下によるハダニ防除効果の増大が明らかになった。ではハダニが持つカロテノイド類の同定と共にUVBや高温による過酸化脂質生成の抑制などの保護効果が明らかになった。さらに、カブリダニが花粉食を通じて抗酸化物質による保護効果を獲得していることが分かった。

研究成果の概要(英文)：To contribute the development of a novel mite management technology using UVB radiation in greenhouse, we demonstrated 1) molecular mechanisms of UV damage and 2) protective function by antioxidants. With regard to 1), the interrelation between the accumulation of DNA lesion and mortality and photoreactivation were proven. Larvae exposed to UVB radiation died mostly at their protochrysalis stages. Structural protein genes were downregulated in damaged individuals at protochrysalis stage. We also found that low temperature enhanced control effects of UVB irradiation on spider mites. In 2), carotenoids contained in spider mite bodies were identified, and its protective function preventing from lipid peroxide accumulation was demonstrated. Moreover, it was demonstrated that a phytoseiid mite (natural enemy) received the protective effects by antioxidant compounds through pollen diet.

研究分野：応用昆虫学

キーワード：紫外線適応 物理的防除 光回復 Tetranychus urticae Neoseiulus californicus 生物的防除 ハダニ カブリダニ

## 1. 研究開始当初の背景

太陽光は生物の生存に不可欠な反面、紫外線(UV)が活性酸素の生成やピリミジンダイマーの形成を通じて DNA に損傷を及ぼす。近年のオゾン層衰退は、毒性が強い UVB (波長: 280-315 nm) の地上への照射量増加を招くことから、生態系への影響や生体防御機構の解明が重要である。しかし、多くの昆虫でそうであるように、ハダニの発生や分布、動態に影響を及ぼす環境要因とし気温変化や風雨などの気象条件が重視される一方で、太陽光 UV の影響は殆ど議論されて来なかった。申請者らは太陽光 UV に含まれる UVB がハダニ類に対して致死的效果を持つことを明らかにし (Ohtsuka and Osakabe 2009, Environ. Entomol. 38: 920-929) 植物上のダニの多くが葉裏に生息する (Sudo and Osakabe 2011, Exp. Appl. Acarol. 55: 25-38) 主要因は太陽光 UVB によるダメージの回避であるとの仮説を検証してきた (Sakai and Osakabe 2010, Photochem. Photobiol. 86: 925-932; Tachi and Osakabe 2012, Naturwissenschaften 99: 1031-1038)。

気温および太陽光 UVB 照射量は年間を通じて変化し、一方ハダニへの生物影響は相反則に従い、照射強度ではなく積算照射量に依存する (Murata and Osakabe 2013, J. Insect Physiol. 59: 241-247)。このため、太陽光 UVB によるハダニへの致死効果は、最も照射強度が高い夏ではなく、比較的照射強度が高く気温が低い春に最も大きく、気温が高く照射強度が低い秋には小さくなる (Sakai et al. 2012)。このことは、地球温暖化による気温上昇に伴って発育期間が短縮され、太陽光 UVB によるハダニ密度抑制効果が低下する可能性を示唆する。

ダニ類に致死的效果をもたらしているのは 300 nm 以下の波長の UV である (Sakai and Osakabe 2010)。施設栽培で被服資材として利用されるガラスやビニルは 300 nm の UV を半減させるものが殆どであり、UV カットフィルムでは完全に除去される。最近の研究では、ハダニは UV 損傷を受けた後でも、UVA や 500 nm 以下の可視光の照射を受けることにより回復する (光回復) ことが分かった (Murata and Osakabe 2014, Exp. Appl. Acarol. 63: 253-265)。ナミハダニのゲノム中に複数の光回復酵素が存在することから、この現象は UVB により DNA に生成された CPD (ピリミジンダイマー) が光修復されたものと予測される。したがって、施設栽培内ではハダニは生存に好適な光環境を感受しており、それが多発の一因になっている。

ハダニ類では古くから薬剤抵抗性の発達が問題となっており、近年では作用機作が異なる薬剤間でも交差抵抗性が見られるなど、問題が複雑化している (Osakabe et al. 2009, Psyche 2009, ID 947439; 刑部・上杉 2009, 日本農薬学会誌 34: 207-214)。特に施設栽培の野菜や花きでは多発するハダニに対して頻

繁に薬剤散布が行われ、市販の殺ダニ剤の全てに抵抗性を持つ個体群の出現など深刻さが増している。また、ナミハダニが農業および衛生害虫の中で最も多くの薬剤に対して抵抗性を獲得している (Whalon et al. 2008) など、ハダニの薬剤抵抗性は世界的に共通の問題でありメカニズムの解明が急がれている (Van Leeuwen et al. 2010, Sugimoto and Osakabe 2013, Pest Manag. Sci. 70: 1090-1096)。薬剤抵抗性の発達を抑制するためには殺ダニ剤以外を核とした総合的害虫管理技術が必須である。生物的防除法はその基幹防除技術として長年に渡り期待され、研究されて来た。しかし、天敵が他の害虫や病害の防除薬剤などの環境変化の影響を受け易いために防除効果を安定させるのが難しく、殺ダニ剤散布量の大幅な削減を実現して薬剤抵抗性の発達を抑制するなどの抜本的な解決には至っていない。

申請者らは、「UVB を用いたハダニの新奇基幹管理技術の確立」を目指して、ハダニおよびその天敵であるカブリダニ類への紫外線影響とそれらダニ類の UV 適応機構に関する一連の研究を進めている。その過程において、前述の UV 損傷の相反則や光回復など陸生節足動物における新奇知見を得てきた。さらに、UV 損傷に対して特異的な感受性を示す発育ステージの存在や UVB 照射から可視光照射までのタイムラグが光回復効果を消失させるなどの重要な知見を得てきた (Murata and Osakabe 2014)。相反則の成立が意味することは、UVB 積算照射量からシンプルに死亡率が予測可能なことにあり、UV 損傷の発症と光回復現象に関わる分子メカニズムとそれらの律速段階を精査することにより、光回復効果を考慮した UVB 高度利用技術の基盤が確立される。

## 2. 研究の目的

本研究では UV 損傷の発症と光回復による修復機構の分子メカニズムならびに関連する生体保護機構を精査し、植物ダニ類の太陽放射に対する環境適応戦略を解明する。これにより、陸生の節足動物で殆ど研究が進んでいない UV 損傷とそれに対する生体保護メカニズムに関する基礎的知見を得る。

始めに UVB によるハダニの致死効果が主に DNA 損傷に起因することを確認し、発育ステージ特異的な死亡が見られる要因を遺伝子発現の観点から分析する。その後、光回復酵素の発現と修復速度、可視光照射のタイムラグによる修復効果の比較から、DNA 損傷の影響が発現し、死亡に至るメカニズムを明らかにする。

気温の影響は現在のところ発育速度に伴う UVB 積算照射量の変化を通じてのみ考察が可能である。しかし、光回復が酵素反応であることから、反応速度に温度が影響することが予測される。さらに高温になると活性酸素が発生し、様々な生体膜や酵素反応に障害が生じると考えられる。ハダニは植物からカ

カロテノイドを取り込んで代謝している。カロテノイドは一般的に高い抗酸化作用を持つことから生体保護効果が予測されている。そこで、UV 影響を総合的に評価するために、カロテノイドの生体保護機能を検証する。

一方、UVB は様々な施設栽培作物で多発するうどんこ病に対して抑制効果を持つことが知られており、ハダニ防除への利用方法が確立されれば病害虫同時防除が可能な物理的防除資材になる。そこで、総合的病害虫管理での活用に向けて、新たなハダニ管理技術への研究成果の応用を目指す。

### 3. 研究の方法

顕著な光回復の存在は UV のハダニに対する致死効果が DNA 損傷に由来することを強く示唆する。そこで、1). UV 損傷の発症と光回復に関する分子メカニズムとして、先ず(1). DNA の UVB ダメージ量に基づいて光回復効果を調べ、続いて(2). RNA-seq により発育ステージ特異的 UV 感受性に関わる網羅的遺伝子発現分析を行った。

また、UV 損傷の原因の一つは生成された活性酸素の影響によるものである。そこで、2). 抗酸化物質による生体保護機能として、(1). ハダニ類が生合成するカロテノイド類の酸化ストレス耐性への効果を調べた。さらに、(2). ハダニ及び植物由来の抗酸化物質の取り込みがハダニの捕食者であるカブリダニの UV 耐性および光回復に及ぼす影響を調べた。なお、多くのカブリダニ類はハダニ以外に花粉を摂食することが知られている。花粉は太陽光に暴露される機会も多いことから、酸化ストレスに対する保護物質を含む可能性が高い。

### 4. 研究成果

#### 1) UV 損傷の発症と光回復に関する分子メカニズム

##### (1) DNA の UVB ダメージ量に基づいた光回復効果の検証

従来の研究により、ハダニにおける UV 損傷の主要な原因として DNA 損傷が考えられてきた。しかし、DNA における損傷とその回復に関する証明ができていなかった。そこで、ELIZA 法を用いて調べた結果、ナミハダニ幼虫における CPD 量は UVB 照射量と相関して上昇し、死亡率も上昇した(図 1; 論文 5)。一方、UVB 照射後の可視光照射(30 分間)によってほとんどの CPD が修復され(光回復) ほぼ全ての個体が成虫まで発育した。

このように、CPD の修復と生存率の上昇との関係は明快であった。しかしながら、CPD フォトリアーゼの発現量は UVB 照射によって増加することはなく、一方でヌクレオチド除去修復に関与すると考えられる xeroderma pigmentosum group A (XPA) が UVB 照射により僅かに上昇した。このため、UVB 照射に対する遺伝子レベルでの応答についてはさらに検討が必要である。

なお、ナミハダニゲノムでは(6-4)フォトリアーゼ遺伝子は確認されていないが、CPD と

同様に UVB 照射によって蓄積された 6-4PP (6-4 光産物)が暗黒化で 24 時間後にはほぼ消滅したことから、光回復とは異なる機構により修復されたものと考えられた。

#### (2) 発育ステージ特異的 UV 感受性に関わる網羅的遺伝子発現分析

幼虫期に UVB 照射を受けた場合の死亡ステージを確認すると共に、RNA-seq により死亡ステージにおける遺伝子発現の変化を調べた(論文 2)。

ふ化後 3 時間以内のナミハダニ幼虫に UVB (2.09 kJ/m<sup>2</sup>) 照射したところ、翌日には全ての個体が幼虫のままであった。これに対して、UVB を照射されていない個体では翌日には 94.5%が第一静止期に発育していたことから、UVB 照射による発育の遅延が認められた。照射後 9 日目までに 86.9%の個体が第一静止期に発育したが、成虫まで発育する個体は見られず、すべてが発育途中で死亡した。死亡ステージは第一静止期が 82.4%と最も多く(図 1)。一方でほとんどの個体が幼虫期を生存したことから、第一静止期後の脱皮に関連した形態形成の機能の損傷が疑われた。



図1 幼虫期のUVB照射によりダメージを受けた静止期(A)と正常な静止期(B) (Murata and Osakabe 2017 [業績2]より改変)

そこで、幼虫期の UVB 照射された第一静止期について RNA-seq を実施し、17,140 の転写物を解析した。その結果、UVB 照射により 653 遺伝子が発現上昇し、一方で 682 遺伝子の発現が有意に減少していた。それらの内、上昇の大きい 229 遺伝子の fold-change (FC) は 10~104 倍、減少の大きい 40 遺伝子の FC は -7~-20 倍であった。発現上昇した遺伝子には、プロテアーゼや結合タンパクなど、多くの機能的タンパクが含まれていた。これに対して、発現減少した遺伝子には、ミオシン重鎖やクチクラタンパクなど、形態形成に係る遺伝子が多く含まれていることが分かった。これらの遺伝子の発現と機能に対する UVB 照射の影響と損傷の回復については今後さらに検討する必要がある。

#### (3) UVB の生物影響に対する気温の影響

施設栽培イチゴのハダニ防除においては、夜間に UVB を 2~3 時間毎日照射することにより、ハダニの光回復を抑制している(論文 7)。しかし、イチゴの栽培期間である冬から春にかけて施設内で気温が大きく変化する。過去の研究において、ナミハダニ卵への太陽光 UVB の生物影響は、UVB 照射量が比較的類似している春と秋で大きく異なることが分かっている(Sakai et al. 2012. Appl. Entomol.

Zool.47: 67-73)。ハダニに対する生物影響の大きさは UVB の積算照射量によって決定される(相反則; Murata and Osakabe 2013)ことから、季節的な影響の相違は、気温の相違による发育速度の違いによる積算照射量の違いが原因と考えられた。

そこで、夜間の UVB 照射と日中の光回復とう条件下で、イチゴの葉裏における UVB 照射量を恒温器内で再現して、ナミハダニ卵のふ化および发育に対する気温の影響を調べた(論文1)。照射量が  $0.13 \text{ kJ/m}^2/\text{d}$  では、 $25^\circ\text{C}$ での卵のふ化率は70.8%であったのに対して、 $20^\circ\text{C}$ ではふ化する卵は認められなかった。幼虫の发育に対しても、同様に低温でより強い悪影響が認められた。これに対して、天敵であるミヤコカブリダニの卵では低温による悪影響は認められなかった。さらに、1回のみ照射して感受性を調べた場合には、カブリダニ卵はハダニ卵に比べて UVB の影響を強く受けることが分かっている(Tachi and Osakabe 2012)。しかし、施設イチゴでの照射条件下では、ハダニ卵が  $25^\circ\text{C}$ で100%死亡する  $0.27 \text{ kJ/m}^2/\text{d}$ で  $20^\circ\text{C}$ の条件下においてもカブリダニ卵のふ化率にはほとんど影響が認められず、94%がふ化した。

このように、実用化技術における条件下においては生物防除資材であるカブリダニに対して UVB の影響が小さいことが明らかになった。しかし、卵期における UVB がふ化後の发育(無照射)に悪影響を及ぼし、发育率の低下をもたらすことが明らかになった。

## 2) 抗酸化物質による生体保護機能

### (1) カロテノイド類の酸化ストレス耐性への効果

植物ダニの多くは葉の下面に生息し、それによって太陽光の生物影響を避けている(Ohtsuka and Osakabe 2009; Sakai and Osakabe 2010; Sudo and Osakabe 2011)。これに対して、ミカンハダニの雌成虫や卵は葉表にも多く分布し、UVB 耐性がナミハダニに比べて高いことが知られている(Fukaya et al. 2013. Photochem. Photobiol. 89: 424-431)。ハダニ類の色素は主にカロテノイドであることが知られている。本研究では、ミカンハダニの野生型とアルビノ(論文3)およびナミハダニの非休眠および休眠個体(論文6)のカロテノイド組成を詳細に分析した。

ミカンハダニの野生型では、ネオキササンチン、ピオラキササンチン、アスタキササンチン、ルテイン、 $\alpha$ -カロテン、 $\beta$ -カロテンならびにピオラキササンチンエステル、アスタキササンチンエステル、ピオラキササンチンジエステル、アスタキササンチンジエステルが同定された。これらの内、ネオキササンチンとピオラキササンチンの存在はこの分析により初めて明らかになった。また、アスタキササンチンは80%以上がエステル体として存在し、ルテインもエステル体として保存している可能性が示唆された。アルビノにおいてもルテインやカロテン、ネオキササンチンおよびピオラキササンチ

ンが検出されたが、アスタキササンチンは検出されなかった。したがって、野生型とアルビノのカロテノイド組成は寄主植物由来のものを除けば、野生型においてアスタキササンチンとそのエステルが存在する点においてのみ系統間の差異があることが判明した。

これら野生型とアルビノの抗酸化活性をORACおよびSOACにより調べた結果、主にカロテノイドの働きによると考えられる一重項酸素除去能力が野生型で高いのに対して、ラジカル吸収能では系統間で差異が無いことが分かった。また、UVB および高温に暴露された際に、野生型に比べてアルビノで顕著に高い過酸化脂質の蓄積が起こることが明らかになった。雌成虫の生存期間に関しては UVB 照射条件下で両系統に差異はなかったが、高温条件下での生存では野生型が有利であることが分かった。

ナミハダニの休眠個体からはアスタキササンチン、ルテイン、3-ヒドロキシエキネノンおよび $\beta$ -カロテンが検出された。非休眠個体ではルテイン、cis-ルテイン、 $\beta$ -カロテンと2種類の未同定のカロテノイドが検出されたが、3-ヒドロキシエキネノンおよびアスタキササンチンは検出されなかった。ナミハダニでは低温短日条件下で、雌成虫が生殖休眠し、体色が赤くなる。この体色変化はケトカロテノイドの合成と蓄積によると考えられる。

ミカンハダニおよびナミハダニは水平伝播したと考えられるカロテノイド合成酵素遺伝子(フィトエン不飽和化酵素)をゲノム内に保有する。ゲノム編集により、これらの遺伝子を不活化することにより体色の発現が起こらなくなった(論文4)ことから、この遺伝子がミカンハダニにおけるアスタキササンチン合成に重要な役割を果たし、それによって UVB および高温耐性委関与していることが示唆された。ナミハダニでは、成虫休眠時に $\beta$ -カロテンからケトカロテノイドを合成して蓄積することにより赤色の体色を呈する。休眠誘起には $\beta$ -カロテンの代謝によって生成したビタミンAが不可欠であるが、カロテノイド合成酵素の働きにより、植物から $\beta$ -カロテンを取り込まなくても自身で合成可能なことが示唆された。

しかしその一方で、休眠を誘導したナミハダニに成虫への脱皮後に絶食を経験させたところ休眠色への体色変化率が顕著に低下し、絶食させなかった場合に比べて産卵を始める個体が顕著に増加した(論文6)。休眠誘起されたナミハダニの雌成虫は成虫化直後には非休眠雌と同様の体色を呈しており、その後摂食しながら体色が変化し、体色が完全な休眠色に近づくにつれて摂食活動が低下し、体色変化が完了すると摂食活動も停止した(図2)。絶食個体ではIIIおよびIVの段階に入ったものはなく、IIまでの段階で止まり、摂食を始めるとIに戻り、産卵を開始した。また、アスタキササンチンの蓄積量も絶食によって顕著に低下した。このことは休眠状態に



図2 休眠誘起されたナミハダニ雌成虫の体色変化。ローマ数字は脱皮後の摂食に伴う体色の時間的变化を示す。(Kawaguchi et al. 2016より改変)

完全に入るために、成虫化後の摂食が不可欠であることを示唆している。したがって、カロテノイド合成酵素と成虫化後の摂食が休眠にどのように働いているのかについては、さらに検討が必要である。

## (2) 抗酸化物質の取り込みがカブリダニのUV耐性と光回復に及ぼす影響

アスタキサンチンが豊富なミカンハダニを捕食したミヤコカブリダニ卵のUVB照射環境下でのふ化率とふ化幼虫の生存率はナミハダニを捕食した個体の卵とふ化幼虫に比べて高かった(論文1)。このことから、外来の抗酸化物質によるカブリダニの保護の可能性が示唆された。

カブリダニ類の多くはハダニなどの動物性の餌のみでなく、花粉を摂食することが知られている。花粉は太陽光に晒されることが多いため、内部の生殖細胞を守るために保護物質を含んでいると予測される。そこで、花粉の摂食がカブリダニのUV耐性への影響を調べた(未発表)。

ナミハダニ、チャ花粉およびモモ花粉を餌として飼育したミヤコカブリダニ雌成虫にUVB照射し、生存率を比較した。その結果、花粉を食べた雌成虫の生存率はハダニで飼育したものに比べて高いことが明らかになった。さらに卵においても親の餌種の影響が認められ、花粉食の個体の卵はハダニ食に比べてUV耐性が高かった。

花粉とハダニのメタノール抽出物のUVB吸収能を比較したところ、モモ花粉が最も高く、次いでチャ花粉、ナミハダニの順であった。一方、抗酸化活性はチャ花粉で最も高く、次いでモモ花粉、ナミハダニの順であった。

そこで、抗酸化活性を指標としてモモ花粉とチャ花粉の保護物質を同定した。その結果、モモ花粉の主要な抗酸化物質はtri-*p*-coumaroylspermidineであり、チャ花粉ではcatechinとepicatechin 3-gallateであった。Tri-*p*-coumaroylspermidineの抗酸化活性は比較的低いものに対して、カテキン類は高い抗酸化活性を示したことから、モモ花粉の主な保護効果はUV遮蔽効果であり、一方チャ花粉では抗酸化活性による効果と考えられる。

以上により、カロテノイド類がハダニ自身

の太陽光適応に役立っているのみではなく、エサのハダニおよび花粉を通じて取り込まれた抗酸化物質がハダニの天敵であるカブリダニにとっても保護物質として機能していることが明らかになった。

太陽光のもとでの植物ダニ類の群集形成に、このような抗酸化物質のネットワークが関与しているものと考えられる。UVBによる生物影響とその修復に加え、抗酸化物質による保護機構に関する知見は、UVBを利用したハダニ防除と生物防除の併用に役立つものである。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

1. Nakai, K., Y. Murata, M. Osakabe (2018) Effects of low temperature on spider mite control by intermittent ultraviolet-B irradiation for practical use in greenhouse strawberries. *Environ. Entomol.* 47, 140–147.
2. Murata, Y., M. Osakabe (2017) Developmental phase-specific mortality after ultraviolet-B radiation exposure in the two-spotted spider mite. *Environ. Entomol.* 46, 1448–1455.
3. Atarashi, M., Y. Manabe, H. Kishimoto, T. Sugawara, M. Osakabe (2017) Antioxidant protection by astaxanthin in the citrus red mite (Acari: Tetranychidae). *Environ. Entomol.* 46, 1143–1150.
4. Bryon, A., A. H. Kurlovs, W. Dermauw, R. Greenhalgh, M. Riga, M. Grbić, L. Tirry, M. Osakabe, J. Vontas, R. M. Clark, T. Van Leeuwen (2017) Disruption of a horizontally transferred phytoene desaturase abolishes carotenoid accumulation and diapause in *Tetranychus urticae*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 114, E5871–E5880.
5. Murata, Y., M. Osakabe (2017) Photoenzymatic repair of UVB-induced DNA damage in the two-spotted spider mite. *Exp. Appl. Acarol.* 71, 15–34.
6. Kawaguchi, S., Y. Manabe, T. Sugawara, M. Osakabe (2016) Imaginal feeding for progression of diapause phenotype in the two-spotted spider mite. *Environ. Entomol.* 45, 1568–1573.
7. Tanaka, M., J. Yase, S. Aoki, T. Sakurai, T. Kanto, M. Osakabe (2016) Physical control of spider mites using ultraviolet-B with light reflection sheets in greenhouse strawberries. *J. Econ. Entomol.* 109, 1758–1765.

〔学会発表〕(計23件)

1. 刑部正博, 村田康允, 杉岡稔朗, 中井一宏, 川上真理, 平井伸博. UVB照射によるハダニ抑制メカニズムとカブリダニ保護の可能性. 第62回日本応用動物昆虫学会大会, 2018年3月25–27日, 鹿児島市
2. Murata, Y., M. Osakabe. Gene expression analysis of developmental phase-specific mortality at protochrysalis stage after UVB

- irradiation in *Tetranychus urticae*. 9th Spider Mite Genome Meeting, 2017年10月23~25日, Logrono, La Rioja, Spain
3. Tanaka, M., M. Osakabe. Development of a physical technology using ultraviolet-B light to control spider mites on greenhouse strawberries. 9th Spider Mite Genome Meeting, 2017年10月23~25日, Logrono, La Rioja, Spain
  4. 杉岡稔朗, 川上真理, 東 桜子, 平井伸博, 刑部正博. 花粉食によるカブリダニの紫外線耐性向上. 第26回日本ダニ学会鹿児島大会, 2017年9月29日~10月1日, 鹿児島市
  5. Sugioka, N., M. Kawakami, N. Hirai, M. Osakabe. Improved UV-resistance by pollen feeding in phytoseiid mite. IOBC Chania 2017, Working Group "Integrated Control of Plant-Feeding Mites," 2017年9月4~7日, Chania, Greece
  6. 刑部正博. 紫外線によるハダニ防除の基盤. 第61回日本応用動物昆虫学会大会, 2017年3月27~29日, 小金井市
  7. 田中雅也, 刑部正博, 八瀬順也, 神頭武嗣, 佐藤 衛. UVB照射による施設イチゴ(土耕栽培)のハダニ防除. 第61回日本応用動物昆虫学会大会, 2017年3月27~29日, 小金井市
  8. 新 真理, 真鍋祐樹, 岸本英成, 菅原達也, 刑部正博. カロテノイドによるミカンハダニの酸化ストレス耐性. 第25回日本ダニ学会札幌大会, 2016年10月14~16日, 札幌市
  9. 中井一宏, 刑部正博. UVB法によるナミハダニの防除メカニズム. 第25回日本ダニ学会札幌大会, 2016年10月14~16日, 札幌市
  10. Murata, Y., M. Osakabe. Photo-enzymatic repair of CPD and potential effect of nucleotide excision repair for 6-4PP decreasing in the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*. The XXV International Congress of Entomology, 2016年9月25~30日, Orlando, Florida, USA
  11. Tanaka, M., J. Yase, T. Kanto, M. Yamanaka, M. Osakabe. A new physical control of spider mite featuring UVB — Strawberry and carnation. 8th Symposium of the European Association of Acarologists, 2016年7月10~15日, Valencia, Spain
  12. Atarashi, M., Y. Manabe, H. Kishimoto, T. Sugawara, M. Osakabe. Protective function of body pigments from oxidative stress in *Panonychus citri*. 8th Symposium of the European Association of Acarologists, 2016年7月10~15日, Valencia, Spain
  13. 刑部正博. 植物ダニと紫外線. 日本昆虫学会第76回大会・第60回日本応用動物昆虫学会大会・合同大会, 2016年3月26~29日, 堺市
  14. 村田康允, 刑部正博. ナミハダニにおける UVB 誘発 DNA 損傷と光回復によるその修復メカニズム. 日本昆虫学会第76回大会・第60回日本応用動物昆虫学会大会・合同大会, 2016年3月26~29日, 堺市
  15. Murata, Y., M. Osakabe. Photo-enzymatic repair of CPD and potential effect of nucleotide excision repair for 6-4PP decreasing in the two-spotted mite, *Tetranychus urticae*. 7th Spider Mite Genome Meeting. 2015年9月28日~10月2日, La Escala, Catalonia, Spain
  16. Osakabe, M. Spider mite management using UVB in greenhouse. Fifth Meeting of the IOBC Working Group "Integrated Control of Mite Pests," 2015年9月8~10日, Castellón, Spain
  17. Murata, Y., M. Osakabe. UVB-induced DNA damage and photoenzymatic repair in two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. Fifth Meeting of the IOBC Working Group "Integrated Control of Mite Pests," 2015年9月8~10日, Castellón, Spain
  18. 村田康允, 刑部正博. ナミハダニの光回復におけるCPDの修復とフォトリアーゼ遺伝子発現. 第59回日本応用動物昆虫学会大会, 2015年3月26~28日, 山形市
  19. Osakabe, M. Adaptation to acaricide and UV radiation in spider mites. 6th Spider Mite Genome Meeting, 2014年10月6~10日, Ibiza, Spain
  20. Tanaka, M., J. Yase, T. Kanto, M. Osakabe, S. Aoki, T. Sakurai. Physical control of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* on strawberry vinyl house by the combination of ultraviolet-B irradiation and the reflective sheet. XIV International Congress of Acarology, 2014年7月14~18日, Kyoto
  21. Sudo, M., M. Osakabe. Solar radiation as a determinant of acarine community assembly and seasonal dynamics. XIV International Congress of Acarology, 2014年7月14~18日, Kyoto
  22. Murata, Y., M. Osakabe. Reciprocity in UV damage and photoreactivation of spider mites. XIV International Congress of Acarology, 2014年7月14~18日, Kyoto
  23. Osakabe, M. The sun and plant-dwelling mites: an overview. XIV International Congress of Acarology, 2014年7月14~18日, Kyoto
6. 研究組織
- (1) **研究代表者**  
刑部 正博 (OSAKABE MASAHIRO)  
京都大学・大学院農学研究科・准教授  
研究者番号: 50346037
  - (2) **研究分担者**  
菅原 達也 (SUGAWARA TATSUYA)  
京都大学・大学院農学研究科・教授  
研究者番号: 70378818