

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450069

研究課題名(和文) 気候変動シミュレータを用いた植物-害虫-天敵系動態の生理生態的解析

研究課題名(英文) Physiological and ecological analysis of the plant-pest-natural enemy dynamics by using a climate change simulator

研究代表者

天野 洋 (AMANO, Hiroshi)

京都大学・(連合) 農学研究科(研究院)・教授

研究者番号：00143264

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：野外または農業施設内の気象条件を、時系列でシミュレートできる小型インキュベータを完成させた。この設備を使うことにより、器内の温湿度や日長を自由に変動させる事が可能になった。過去20年間の気象実測値(平均時別データ)をシミュレートしたところ、誤差の小さい環境が実現した。本設備を利用して、害虫ハダニ種と天敵カブリダニ種の適合性を青森・鳥取・那覇の気候条件下で検証し、天敵有効期間と害虫脅威期間を割り出した。また、地球温暖化等を推定しシミュレートした条件下での害虫類の動態予測や、環境条件を変動させた下での天敵類(天敵資材)の生存実態を観察し、資材の長期保存の可能性を検証した。

研究成果の概要(英文)：A simple and small incubator system, inside of which can be precisely regulated (simulated) the outside climate conditions (real-time measurements or collected data), was established. With this instrument, the pest and natural enemy dynamics were simulated under the climatic conditions of Aomori, Tottori and Okinawa prefectures. Results suggested us the seasonal periods in which natural enemy can or cannot control pest population in each region. Furthermore, regional climate change (global warming) was simulated and behavioral responses of pest and natural enemy were estimated. With these results, we may develop a better measure for current pest problems. Precise creation of aimed temperature, humidity and photoperiod conditions inside of the incubator also make us possible to evaluate bioagent (natural enemy product) survival period under different stored conditions.

研究分野：農学

 キーワード：環境シミュレータ 気候変動 IPM 植物応答 ハダニ カブリダニ ハスモンヨトウ クロマダラソテ
ツシジミ

1. 研究開始当初の背景

国際的な輸送手段の発達だけでなく地球規模の気候変動により、わが国だけではなく、アジア各国、北アメリカやヨーロッパ諸国において、外来性害虫が頻繁に侵入している。また、以前であれば冬季の低温により死滅していた害虫が、平均または最低気温の上昇により越冬可能となる例や、園芸施設が冬場のレフュージとなる例が指摘されてきた。

わが国の例をあげると、ミカンコミバエやウリミバエのようなミバエ類、アリモドキゾウムシやイモゾウムシのようなゾウムシ類、ミカンキジラミなどが該当する。他方、減農薬、無農薬に対する消費者の要求の高まりから、これまで以上に農薬使用に厳しい目が向けられている。さらに、生産現場からの農薬の流出による周辺生態系かく乱も懸念される。これら重圧の中で、わが国の農業生産者は安全・安心な作物生産に日夜苦心している。

気候変動にともなう新たな侵入害虫の脅威に加えて、農薬使用にかかわる社会的状況を考慮すると、適切な害虫防除法を確立し実施することは喫緊の課題であり、学術的支援が必要とされる。しかし、従来のインキュベータなどを用いて得られた害虫や天敵の学術的評価は、実際の生産現場におけるそれとは異なる場合がある。本課題では、生物間相互作用への影響に焦点をあててこの課題を解明するものである。

2. 研究の目的

本研究では、気候変動下における害虫、天敵および植物の挙動を生理・生態的に評価することで、実際に気候変動が起こった際の害虫防除法の確立を学術的側面から支援することを目的とする。そのために、生産現場の気温、相対湿度、明暗周期（光強度）などの気候を実験室レベルで忠実に再現するとともに、気候変動シナリオ（たとえば、生産現場や野外の気温 + 2 とする）を実現するための『気候変動シミュレータ』を開発する。開発した『気候変動シミュレータ』を利用して、気候変動が(1) 害虫であるハダニ類の休眠、(2) 生物農薬として知られているカブリダニ類のハダニ類捕食行動、(3) ハダニ類、アブラムシ類、コナジラミ類等の植物加害性、(4) その他の野外昆虫種の生息性に与える影響を評価する。

3. 研究の方法

(1) 気候変動シミュレータの開発

害虫である昆虫類およびダニ類の発育は、温度環境や光環境による影響を受ける。さらに、水蒸気圧飽差の直接的、間接的な影響も大きい。ただし、これらの知見はインキュベータなどで得られた結果であり、生産現場のそれを忠実に再現した場合の結果とは異なる可能性がある。そこで、本課題では、野外または園芸施設における計測結果にもとづいて、気温、相対湿度、明暗周期（光強度）

などの気候を高精度に再現する小型かつ簡便な『気候変動シミュレータ』完成版の開発をする。本課題で必要な『気候変動シミュレータ』のプロトタイプは、千葉大学で課題開始前に製作済みであり、稼動チェックをしている状況であった。

(2) シミュレートした気候条件下での各種ダニ類や昆虫類の挙動

以下に例示した課題などを、完成した『気候変動シミュレータ』を利用して観察した。

気候変動下（もしくは、精密に制御された環境条件下）におけるハダニ類やカブリダニ類の挙動：カブリダニ類は、ハダニ類に対する有効な生物農薬として知られるとともに、現在、複数の民間企業より販売されている。例えば、カブリダニ類のハダニ類に対する捕食行動は、気温などの気候による影響をうけるため、気候変動が生じた場合、カブリダニ類の生物農薬としての効能は生物相互作用のミスマッチによる影響をうける可能性が高い。そこで本項目では、気温および相対湿度（または水蒸気圧飽差）を変動させるシナリオを気候変動シミュレータで作成し、気候変動がミヤコカブリダニのハダニ類捕食行動（カブリダニ自身の生存も含めて）に及ぼす影響を把握する。

CO₂ 濃度上昇がハダニ類やアブラムシ等の昆虫類の植物加害に及ぼす影響：一般に、CO₂ 濃度が高まった場合、植物の葉の表皮組織は厚くなることが知られている。葉の表皮組織が厚くなることにより、ハダニ類・アブラムシ類のような葉に口針を挿入する害虫は、吸汁が阻害される可能性がある。その結果、植物の加害が軽減される可能性がある。本課題では、供試害虫としてハダニ類や昆虫類を用いて、CO₂ 濃度が上昇することを想定した気候変動シナリオを気候変動シミュレータで作成することにより、CO₂ 濃度上昇がこれらの害虫の植物加害に及ぼす影響を調べる。

また、自然保護の観点から貴重種として考えられている生物の保全予測を、本シミュレータで創出された環境条件下で実験する。

4. 研究成果

(1) 気候変動シミュレータの開発

本課題以前に試作したプロトタイプでは、冷却器の駆動に伴うシミュレータ内の結露ならびに除湿の影響が大きく、高湿度域の環境が再現されない問題があった。そこで、熱伝導率が高いアルミ製チャンバ（上部のみ透明アクリル）をシミュレータ内に設置し、湿度制御をチャンバ内の空気のみで制限する改良を試みた。過去 20 年（1981-2000）の平均時別データをシミュレートしたところ、ほとんどの温度域・湿度域・日長で誤差の少ない環境が再現できた。本シミュレータによって、ほぼ任意の野外の変動環境を再現することができた。

(2) シミュレートした気候条件下での各種ダニ類や昆虫類の挙動(時系列的に以下に成果を示す)

制作された簡易な環境シミュレータを活用して、天敵と対象害虫の異なる気候条件下での適合性を、大害虫であるナミハダニと実用天敵資材であるミヤコカブリダニを使って観察した。青森・鳥取・那覇の6月から10月の気温と日長をシミュレートした環境下で、それぞれの種の発育速度と産卵数を調査する事で、天敵としての有用性を判定した。その結果、天敵ミヤコカブリダニは青森では8月、鳥取では7-9月、那覇では6-10月に有効な実績を得られた。一方、ナミハダニはそれぞれの地で、8月、7-9月、9月に脅威となる事が示された。実際の気温・日長を再現した条件下での結果は今までになく、今後の一層の実用的な利用開発が期待された。

湿度条件(水蒸気飽差)を3段階に調整して生育したキュウリ苗の実験では、低湿度環境で育つと葉面の毛じが発達し、その後のナミハダニの産卵が促進された。湿度条件の影響が害虫種や天敵種に直接影響する事に加えて、その条件下で生育した寄主植物の形態に影響して、間接的に害虫の増殖を左右するという貴重な証拠が得られた。

大阪府堺市の10年間の8月平均気温をシミュレートした区に加えて、その気温に+2した区、並びに+4した区を設定し、大害虫であるハスモンヨトウ幼虫を飼育し蛹化率を観察した。+2区の幼虫は速い発育速度を示し、蛹体重はやや軽めではあるが蛹化率も非温暖区と変わりなかった。+4区では、ほぼ全ての幼虫が蛹まで至らず死亡した。脱皮行動の阻害が原因と思われる死亡であった。関西地区の野外条件下で観察されてきた、ハスモンヨトウ成虫の秋季に偏った発消長は、夏期の高温の影響による可能性が示唆された。

研究及び実用に耐える気候変動シミュレータの完成型を活用して、天敵資材であるミヤコカブリダニの長期保存・輸送法を改善する目的で、本研究成果の汎用で開発された精密人工気象器を活用して、天敵種の飢餓耐性制御システムを開発し公表した。カブリダニ雌成虫は保存(飢餓状態)前に、休眠に入った餌ハダニを給餌すると飢餓耐性が増し生存率が上がる。これは休眠期の雌ハダニを食したカブリダニ体内に蓄積したグリコゲンやトリアシルグリセリドによると推察された。これらの要因を加えて高湿度で保存・輸送する事がカブリダニ利用の重要な要因と判明した。

開発された気象器を活用して、もともと夕

イワンからフィリピンに生息し、ソテツの害虫に分類されるクロマダラソテツシジミの日本列島定着(越冬)の可能性を気候シミュレートし成果を公表した。このシジミチョウは南方より本邦へ侵入し、北進し分布を拡大していると危惧される種であるが、ソテツの移動と共に北上するので、定着の実態にはまだ不明な点もある。本研究で開発された気候変動シミュレータを活用した推定の結果、本種は南西諸島では越冬可能ではあるが、本土の冬期気象条件下では越冬は困難と思われた。

野菜や果樹の重要害虫であるナミハダニを材料として、CO₂濃度の低下が植物応答(キュウリ)を介して産卵行動に与える負の影響を利用して個体群管理を出来ないか実験した。調査では葉の構造や葉内の炭素および窒素含量の比(以下、C/N比)との関係を調べたが、ナミハダニの産卵速度は高CO₂濃度で減少した。植物体の毛じ密度も高CO₂濃度で減少する傾向を示し、C/N比は逆に上昇した。これらから、植物にとってCO₂濃度は、光合成に影響を及ぼすだけでなく、間接的にナミハダニの繁殖にも影響する可能性が示された。

5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計17件)

Ghazy N. A. and H. Amano, The use of the cannibalistic habit and elevated relative humidity to improve the storage and shipment of the predatory mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae), *Experimental and Applied Acarology*, 査読有, 印刷中, 2016

DOI: 10.1007/s10493-016-0041-6

Ghazy N. A., Mh. Osakabe, M. W. Negm P. Schausberger, T. Gotoh and H. Amano, Phytoseiid mites under environmental stress, *Biological Control*, 査読有, 96, 2016, 120-134

DOI:10.1016/j.biocontrol.2016.02.017

Hirai N., Y. Hirai and M. Ishii, Differences in pupal cold hardiness and larval food consumption between overwintering and non-overwintering generations of the common yellow swallowtail, *Papilio machaon* (Lepidoptera: Papilionidae), from the Osaka population, *Entomological Science*, 査読有, 印刷中, 2016

Shibuya T., K. Itagaki, S. Ueyama, N. Hirai and R. Endo, Atmospheric humidity influences oviposition rate of *Tetranychus urticae* (Acari:

Tetranychidae) through morphological responses of host *Cucumis sativus* Leaves, *Journal of Economic Entomology*, 査読有, 109, 2015, 255-258
DOI:10.1093/jee/tov312

Ghazy N. A., M. Osakabe, T. Aboshi, N. Mori and H. Amano, The effects of prestarvation diet on starvation tolerance of the predatory mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae), *Physiological Entomology*, 査読有, 40, 2015, 296-303
DOI:10.1111/phen.12114

Suzuki, T., C-H. Wang, T. Gotoh, H. Amano and K. Ohyama, Deoxidant-induced anoxia as a physical measure for controlling spider mites (Acari: Tetranychidae), *Experimental and Applied Acarology*, 査読有, 65, 2015, 293-305
DOI: 10.1007/s10493-015-9881-8

Sakamoto Y., N. Hirai and M. Ishii, Effects of photoperiod and temperature on the development and diapause of the endangered butterfly *Zizina emelina* (Lepidoptera: Lycaenidae), *Journal of Insect Conservation*, 査読有, 19, 2015, 639-645
DOI: 10.1007/s10841-015-9786-1

Ghazy N. A., K. Ohyama, H. Amano and T. Suzuki, Cold storage of the predatory mite *Neoseiulus californicus* is improved by pre-storage feeding on the diapausing spider mite *Tetranychus urticae*, *BioControl*, 査読有, 59, 2014, 185-194
DOI: 10.1007/s10526-013-9555-6

Ghazy, N. A. and H. Amano, Rapid cold hardening response in the predatory mite *Neoseiulus californicus*, *Experimental and Applied Acarology*, 査読有, 63, 2014, 535-544
DOI: 10.1007/s10493-014-9803-1

Ghazy, N. A. and T. Suzuki, Desiccation tolerance in diapausing spider mite *Tetranychus urticae* and *T. Kanzawai* (Acari: Tetranychidae), *Experimental and Applied Acarology*, 査読有, 63, 2014, 49-55
DOI: 10.1007/s10493-013-9760-0

Suzuki, T., Y. Yoshioka, O. Tsarsitalidou, V. Ntalia, S. Ohno, K. Ohyama, Y. Kitashima, T. Gotoh, M. Takeda and D.S. Koveos, An LED-based UV-B irradiation system for tiny organisms:

System description and demonstration experiment to determine the hatchability of eggs from four *Tetranychus* spider mite species from Okinawa, *Journal of Insect Physiology*, 査読有, 62, 2014, 1-10
DOI:10.1016/j.jinsphys.2014.01.005

Ghazy N. A., T. Suzuki, H. Amano and K. Ohyama, Humidity-controlled cold storage of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae): effects on male survival and reproductive ability, *Journal of Applied Entomology*, 査読有, 137, 2013, 376-382
DOI: 10.1111/j.1439-0418.2012.01752.x

Ghazy N. A., T. Suzuki, H. Amano and K. Ohyama, Air temperature optimization for humidity-controlled cold storage of the predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae), *Pest Management Science*, 査読有, 70, 2013, 483-487
DOI:10.1002/ps.3599

〔学会発表〕(計 17 件)

大津建大・他, 温度条件から見たクロマダラ, ノテツシジミの日本列島定着の可能性, 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 日-29 日, 大阪府立大学(大阪府・堺市)

長谷川湧人・他, ウラナミジャノメの保全遺伝学的研究, 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 日-29 日, 大阪府立大学(大阪府・堺市)

岡野凌一・他, アサギマダラ幼虫の腸内細菌叢の解析, 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 日-29 日, 大阪府立大学(大阪府・堺市)

大津建大・他, 日本列島におけるクロマダラソテツシジミの越冬可能性, 日本鱗翅学会第 62 回大会, 2015 年 10 月 31 日-11 月 1 日, とりぎん文化会館(鳥取県・鳥取市)

岡田康宏・他, 変動環境シミュレータを用いたカンザワハダニおよびナミハダニの休眠誘起率に及ぼす一定環境と変動環境の比較, 第 59 回日本応用動物昆虫学会大会, 2015 年 3 月 27-29 日, 山形大学(山形県・山形市)

Ghazy N. A.・他, Biology of *Neoseiulus californicus* and *Tetranychus urticae* at simulated natural temperature, 第 59 回日本応用動物昆虫学会大会, 2015 年 3 月 27-29

日, 山形大学 (山形県・山形市)

渋谷俊夫・他, 水蒸気飽差が寄主植物の環境応答を介してナミハダニの産卵に及ぼす影響, 日本気象学会 2015 年度全国大会, 2015 年 3 月 16-20 日, 文部科学省研究交流センター (茨城県・つくば市)

渋谷俊夫・他, 異なる相対湿度に順化したキュウリ葉におけるナミハダニの産卵数, 日本気象学会近畿支部 2014 年度大会, 2014 年 11 月 29 日, 大阪府立大学 I-site なんば (大阪府・大阪市)

石井 実・他, 大阪におけるテングチョウの大発生と幼虫の体色の変異, 日本鱗翅学会第 61 回大会, 2014 年 10 月 25-26 日, 鹿児島大学 (鹿児島県・鹿児島市)

Ghazy N. A. ・他, Cold storage potential of predacious phytoseiid mites: Review, International Congress on Biopesticide 7, 2014 年 10 月 19-25 日, Antalya (Turkey)

鈴木丈詞・他, 屋外の環境を室内に再現する変動環境シミュレータの開発: 第 2 号試作機, 第 58 回日本応用動物昆虫学会大会, 2014 年 3 月 27-28 日, 高知大学 (高知県・高知市)

Ghazy N. A. ・他, Rapid cold hardening response in the predatory mite *Neoseiulus californicus*, 第 58 回日本応用動物昆虫学会大会, 2014 年 3 月 27-28 日, 高知大学 (高知県・高知市)

Ghazy N. A. ・他, Cold storage of predatory mite *Neoseiulus californicus* is improved by pre-storage feeding on diapausing spider mite *Tetranychus urticae*, 2nd Global Conference on Entomology, 2013 年 11 月 8-12 日, Kuching (Malaysia)

Ghazy N. A. ・他, Air temperature optimization for humidity-controlled cold storage of the predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae), 第 22 回日本ダニ学会大会, 2013 年 9 月 28-29 日, 静岡県総合研修所もくせい会館 (静岡県静岡市)

平井俊夫・他, 日本産と韓国産シルビアシジミの *Wolbachia* 感染と遺伝的多様性の比較, 第 73 回日本昆虫学会大会, 2013 年 9 月 14-16 日, 北海道大学 (北海道・札幌市)

〔図書〕(計 1 件)

豊島真吾・天野 洋, 朝倉書店, ダニのはなし - 人間との関わり - (島野智之・高久

元編)「農業のダニ (防除に役立つダニ)」
分担執筆, 2016, 148-156

〔産業財産権〕
出願状況 (計 1 件)

名称: 微小生物用環境応答調査装置及び微小生物用環境応答調査方法

発明者: 鈴木丈詞、天野 洋、大山克己

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特願 2012-289242

出願年月日: 平成 24 年 12 月 29 日

国内外の別: 国内

取得状況 (計 1 件)

名称: 微小生物用環境応答調査装置及び微小生物用環境応答調査方法

発明者: 鈴木丈詞、天野 洋、大山克己

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特開 2014-128253

取得年月日: 平成 26 年 7 月 10 日 (公開)

国内外の別: 国内

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

天野 洋 (AMANO, Hiroshi)

京都大学・大学院農学研究科・教授

研究者番号: 00143264

(2) 研究分担者

大山 克己 (OHYAMA, Katsumi)

千葉大学・学内共同利用施設等・准教授

研究者番号: 20456081

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

平井 規央 (HIRAI, Norio)

大阪府立大学・生命環境科学研究科・

准教授

研究者番号: 70305655

鈴木 丈詞 (SUZUKI, Takeshi)

茨城大学・農学部・研究員

研究者番号: 60708311

[平成 25 年度] 下記参照

(3) 連携研究者

鈴木 丈詞 (SUZUKI, Takeshi)

茨城大学・農学部・研究員

研究者番号：60708311
[平成26-27年度] 上記参照