

令和元年6月14日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K07568

研究課題名(和文) 作物の成長促進と耐病性増強をもたらす二次代謝産物の探索と作用メカニズムの解析

研究課題名(英文) Screening of plant-derived secondary metabolites to enhance plant growth and disease resistance: Investigation of their modes of action

研究代表者

春原 由香里 (SUNOHARA, Yukari)

筑波大学・生命環境系・准教授

研究者番号：00302539

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：環境低負荷型の新規の植物成長調節剤の開発につながる知見を得ることを目的として、作物に生育促進と耐病性の増強をもたらす植物由来の二次代謝産物の探索を行い、それらの作用性や作用機構を検討した。その中で、 $\alpha$ -カリオフィレンは、葉かび病菌等に対する抗菌活性を示し、数種の作物種に対して肥大成長や根部伸長を促進した。この成長促進作用には、エチレンやオーキシンが関与していることが示唆された。 $\alpha$ -テルピネンでは、植物病原菌に対して幅広い抗菌活性を示し、レタスの伸長促進や葉面積の増大も誘導した。この成長促進作用には、オーキシンや細胞壁関連のタンパク質の発現増大が関与している可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の実施により、植物の初期生育に対して生育促進活性を持つ植物起源物質をいくつか見出すことができた。これらの化合物は、特定の植物病原菌に対する抗菌活性を併せ持つことが示されたことから、これらの化合物を作物の幼苗に処理することで、生育が促進され、かつ、植物病害を低減させることで収量増加に役立てられる可能性がある。しかしながら、これらの化合物による植物生育促進作用は、特定の植物種に限定されることや化学修飾による揮発性の低減化の検討等、作物生産現場での利用に向けて、今後、さらに検討していく必要がある。

研究成果の概要(英文)：A screening of plant-derived volatile secondary metabolites that improve plant growth and convey disease resistance was performed, in order to identify useful compounds to develop novel plant growth regulators. Several promising compounds, including  $\alpha$ -caryophyllene and  $\alpha$ -terpinene, were characterized to understand their modes of action.  $\alpha$ -Caryophyllene exhibited antimicrobial activity against several plant disease-causing bacteria, such as *Passalora fulva*, *Botrytis cinerea*, and *Alternaria alternate*, and promoted growth in lettuce and maize seedlings. The  $\alpha$ -caryophyllene-induced plant growth might be mediated by ethylene and/or auxin.  $\alpha$ -Terpinene showed antimicrobial activity against a broad spectrum of plant disease-causing bacteria as well, and promoted growth in lettuce seedlings. Accumulation of several proteins, related to auxin and the cell wall, may play an important role in  $\alpha$ -terpinene-induced plant growth.

研究分野：植物成長制御学

キーワード：アレロケミカル 植物生長促進物質 作物生産 抗菌活性

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

## 1. 研究開始当初の背景

天然物は易分解性であることから、環境への負荷がかからない農薬開発に応用できる可能性がある。これまで、除草剤開発を目的とした生理活性物質の探索研究では、そのターゲットとして植物が生産する他感作用物質であるアレロケミカルが着目され、候補物質の探索や同定、そして、それらの植物生育抑制活性や作用性等が多く報告されてきた。しかしながら、アレロケミカルの持つ植物生育促進作用に着目した報告は少ない。報告者らは、これまでに植物生育抑制活性を有するアレロケミカルの探索研究を実施する中で、偶然、植物生育を促進する物質もいくつか見出していた。そこで、本研究課題では、低環境負荷型の新規の植物成長調節剤の開発につながる知見を得ることを目的として、さらに有望な植物成長促進活性のあるアレロケミカルを探索し、それらの作用性や作用メカニズムを調べることで、作物生産への利用の可能性を検討したいと着想するに至った。

## 2. 研究の目的

植物由来の揮発性のアレロケミカルの中から、作物に生育促進と耐病性の増強をもたらす生理活性物質を見出し、その作用機構を解明する。これらを通して、植物病害を低減させる新しいタイプの植物成長促進剤の開発につながる知見を得ることを目的とした。

## 3. 研究の方法

探索対象植物: 薬用植物種やハーブ、スパイスに利用されている植物種を多数、購入し、実験に用いた。

### (1) 植物伸長促進活性を持つ揮発性アレロケミカルを産生する植物種のスクリーニング

ディッシュパック法 (Sekine *et al.*, *Journal of Chemical Ecology* 33:2123-2132, 2007) を用いて、レタス (*Lactuca sativa* L. cv. Legacy) に対して、植物伸長促進活性がある揮発性物質を産生する植物種のスクリーニングを行った。

### (2) 植物伸長促進活性を持つ揮発性物質の同定

(1) のスクリーニングにおいて、植物伸長促進活性を持つ揮発性物質を産生する植物種を選抜し、その植物体の各部位を磨砕し、バイアル瓶に入れ、吸着剤を吊るして密封した。そのバイアル瓶を一定時間、静置後、吸着剤に吸着した揮発性物質をジエチルエーテルにて抽出し、ガスクロマトグラフ質量分析計 (GC/MS) にて、揮発性物質を推定した。推定した化合物は、標品を用いて、植物伸長促進活性の有無や強さを調べ、植物伸長促進活性を持つ揮発性物質を決定した。

### (3) 候補化合物の抗菌活性の検討

ポテトデキストロス培地入りのシャーレの中央に植物病原菌の前培養液を添加したペーパーディスクを置き、候補の生理活性物質を染み込ませたペーパーディスクをシャーレの周囲にそって一定間隔で並べ、シャーレを密封した。暗条件下で一定期間、静置後、中央のペーパーディスクからの菌糸の長さを測定することで、抗菌活性を評価した。本研究に使用した植物病原菌はすべて、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構遺伝資源センター (農業生物資源ジーンバンク事業) から購入した。

### (4) 候補化合物の植物種間の作用性差異の検討

候補化合物について、さまざまな植物種を用いて植物伸長促進作用の有無や効果の差異を検討した。その中で、もっとも高い植物伸長促進効果が確認された植物種を用いて、作用メカニズムを検討した。

### (5) 候補化合物の作用メカニズムの検討

#### プロテオミクス解析によるタンパク質の発現変動の検討

選抜した候補化合物を幼植物体に処理し、一定時間経過後、根部や上胚軸から総タンパク質を抽出し、ゲルフリープロテオミクス手法にて、ナノ液体クロマトグラフィー質量分析 (LC-MS/MS) によって解析した。ナノ液体クロマトグラフィー質量分析では、藤田医科大学の山口央輝博士と常陸圭介博士に、そしてゲルフリープロテオミクス解析では、福井工業大学 小松節子博士にご協力いただいた。

#### 候補化合物による植物伸長促進作用におけるオーキシンの関与の検討

##### -1. オーキシンの量や局在の変化の検討

オーキシン誘導性レポーター遺伝子 (*DR5::GUS* 及び *BA3::GUS*) を導入したシロイヌナズナ形質転換体に候補化合物を処理した後に GUS 染色し、顕微鏡を用いて *DR5::GUS* 及び *BA3::GUS* の発現パターンを観察した。上記の形質転換体は岡山理科大学 林 謙一郎博士から提供して頂いた。

##### -2. オーキシンの極性輸送阻害剤や生合成阻害剤の処理効果

オーキシンの極性輸送阻害剤である 1-ナフチルフトラミン酸 (NPA) や生合成阻害剤であるキヌレニンを候補化合物と同時に幼植物体に処理し、一定期間生育させた後、根部や地上部の生育に与える影響を評価した。

候補化合物による植物伸長促進作用におけるエチレンの関与の検討

-1. エチレン発生量の測定

候補化合物を一定時間処理した幼植物体から根部または茎葉部を切断し、それぞれバイアル瓶に入れ、暗条件下で一定時間静置後、バイアル瓶中の気層中のエチレン量をガスクロマトグラフィー (GC/FID) で測定した。

-2. エチレン作用阻害剤の処理効果

エチレン作用阻害剤である AgNO<sub>3</sub> を候補化合物と同時に幼植物体に処理し、一定期間生育させた後、根部や地上部の生育に与える影響を評価した。

候補化合物による植物伸長促進作用との関与が推定された遺伝子の発現解析

候補化合物を一定時間、処理した幼植物体の根部や茎葉部を採取し、RNA を抽出して逆転写後、qRT-PCR を行うことによって、関与が推定された遺伝子の発現変化を調べた。

#### 4. 研究成果

##### (1) 植物伸長促進活性を持つ揮発性のアレロケミカルを産生する植物種のスクリーニング

ディッシュパック法によるスクリーニングを実施した結果、以下の植物種の各部位で産生される揮発性物質の中に、レタス根部に対する伸長促進活性を持つ物質が含まれていることが明らかとなった。

ハナハッカ (*Origanum vulgare* L.) の葉部および花穂、 チョウジ (*Syzygium aromaticum* Merr. et Perry.) の花蕾、 ニワトコ (*Sambucus sieboldiana* L. var. *pinnatisecta*) の葉部、 オオバナサルスベリ (*Lagerstroemia speciosa* Pers.) の葉部、 ヤクチ (*Alpinia oxyphylla* Miq.) の果実、 タラゴン (*Artemisia dracunculoides* L.) の葉部、 ヒヤクミコショウ (*Pimenta dioica* (L.) Merr.) の果実、 キダチハッカ (*Satureja hortensis* L.) の葉部、 レモンガヤ (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf) の葉部、 カラシナ (*Brassica juncea* (L.) Czern.) の種子、 イノンド (*Anethum graveolens* L.) の種子、 トウキシミ (*Illicium verum* Hook.f.) の果実、 ウイキョウ (*Foeniculum vulgare* Mill.) の種子、 ウイキョウゼリ (*Anthriscus cerefolium* Hoffm.) の葉部、 セイヨウウイキョウ (*Pimpinella anisum* L.) の種子、 ヒメウイキョウ (*Carum carvi* L.) の種子、 クコ (*Lycium chinense* Mill.) の実、 マヨラナ (*Origanum majorana* L.) の葉部、 ウマゼリ (*Cuminum cyminum* L.) の種子、 サフラン (*Crocus sativus* L.) の雌しべ、 21 サンショウ (*Zanthoxylum piperitum* (L.) DC.) の種子、 22 ミドリハッカ (*Mentha spicata* L.) の葉部、 23 ウコン (*Curcuma longa* Linne) の根茎。

一方、以下の植物種の各部位で産生される揮発性物質の中には、レタス根部に対する比較的高い伸長抑制活性物質が含まれていることが示された。モクレン (*Magnolia quinquepetala* (Buc'hoz) Dandy) の花蕾、 ケイヒ (*Cinnamomum cassia* Blume) の樹皮、 ラフマ (*Apocynum venetum* L.) の葉部、 アカザ (*Chenopodium album* var. *centrorubrum*) の葉部、 ツルナ (*Tetragonia tetragonioides* (Pall.) Kuntze) の全草、 ノイバラ (*Rosa multiflora* Thunb.) の果実、 ビウ (*Eriobotrya japonica* Lindl.) の葉部、 オケラ (*Atractylodes japonica* Koidz. ex Kitamura.) の根茎、 ヨロイグサ (*Angelica dahurica* (Hoffm.) Benth. et Hook.f. ex Franch. et Sav.) の根部、 ニンニク (*Allium sativum* L.) の鱗茎、 エシャロット (*Allium cepa* L.) の鱗茎、 セイヨウネズ (*Juniperus communis* L.) の果実、 セイヨウアサツキ (*Allium schoenoprasum* L.) の葉部。

##### (2) 植物伸長促進活性を持つ揮発性物質の同定

上記(1)において、植物伸長促進活性を有する物質が含まれていることが明らかとなった植物体の各部位を用いて、その活性化化合物を GC/MS によって推定した。また、推定した各化合物の標品を用いて、レタス幼植物体に対する伸長成長への影響を調べた。その結果、ハナハッカの葉部と花穂、モクレンの花蕾、キダチハッカの葉部、およびヒヤクミコショウの種子で産生される -カリオフィレン ((1*R*,4*E*,9*S*)-4,11,11-trimethyl-8-methylidenebicyclo [7.2.0] undec-4-ene)、サフランの雌しべで産生されるサフランアル (2,6,6-trimethyl-1,3-cyclohexadiene-1-carboxaldehyde)、サンショウの種子、モクレンの花蕾、およびヤクチの果実で産生される -ミルセン (7-methyl-3-methyleneocta-1,6-diene)、ウイキョウやセイヨウウイキョウの種子で産生されるアネトール (trans-1-methoxy-4-(prop-1-en-1-yl) benzene)、ミドリハッカの葉部、イノンドの種子、セイヨウヨモギの葉部、およびカラシナの種子で産生されるリモネン (1-methyl-4-(1-methylethenyl)-cyclohexene)、マヨラナの葉、ハナハッカの葉部と花穂、モクレンの花蕾、ヤクチの果実、キダチハッカの葉部、およびウイキョウの種子で産生される -テルピネン (4-methylene-1-(1-methylethyl) cyclohexene)、そしてウイキョウゼリの葉部で産生されるメチルオイゲノール (4-allyl-1,2-dimethoxybenzene)、ヒヤクミコショウの種子で産生されるオイゲノール (4-allyl-2-methoxyphenol)、ハナハッカの葉部と花穂、およびヤクチの果実で産生される *p*-シメン (1-methyl-4-(1-methylethyl)benzene)等にレタス幼根に対する伸長促進作用があることが明らかとなった。

次にこれらの化合物の中から、レタスの根部に対する伸長促進作用の安定性や効果の高さ、また、茎葉部に対する生育への影響等を考慮し、候補となる化合物を数種に絞りこみ、植物病菌に対する抗菌活性の有無や、植物に対する作用特性、植物種による反応性の差異、そして植物伸長促進作用を引き起こすメカニズムについて検討を行なった。

### (3) -カリオフィレンの作用特性

#### (3) -1. -カリオフィレンの植物病菌に対する抗菌活性

-カリオフィレン ( $\leq 3$  mmol/L) は、ペスタロチア病菌 (*Pestalotiopsis* sp.)、シトリナム黄変米菌 (*Penicillium citrinum*)、キャベツ黒すす病菌 (*Alternaria brassicicola* (Schweinitz) Wiltshire)、コムギ斑点病菌 (*Bipolaris sorokiniana* (Saccardo) Shoemaker)、キウイフルーツ炭疽病菌 (*Colletotrichum fioriniae* (Marcelino et Gouli) R.G. Shivas et Y.P. Tan (CASC))、キュウリ褐斑病菌 (*Corynespora cassiicola* (Berkeley et M.A. Curtis) C.T. Wei) に対しては、顕著な生育抑制活性は認められなかった。一方で、黒斑病菌 (*Alternaria alternata* (Fries:Fries) Keissler (Japanese pear pathotype))、ランシキユラス灰色かび病菌 (*Botrytis cinerea* Persoon)、トマト葉かび病菌 (*Passalora fulva* (Cooke) U. Braun et Crous) に対しては、-カリオフィレンは、濃度依存的に菌糸の生育を抑制した。また、その抗菌活性は、トマト葉かび病菌に対して最も効果が高く、次にランシキユラス灰色かび病菌、黒斑病菌の順に高い活性があることが示された。

#### (3) -2. -カリオフィレンによる植物伸長促進活性の植物種による差異

レタス幼植物体に -カリオフィレン ( $\leq 272$   $\mu\text{mol/L}$ ) を処理すると、根部では根長も新鮮重も濃度依存的に増加した。一方で胚軸長は、濃度依存的に減少した。トウモロコシ (*Zea mays* L. cv. Honey Bantam) では、-カリオフィレン ( $\leq 327$   $\mu\text{mol/L}$ ) 処理により、根部では、根長が増加する傾向がみられ、新鮮重は濃度依存的に増加した。一方、上胚軸の長さは、濃度依存的に減少した。しかし、上胚軸の断面積や胚軸長あたりの新鮮重は濃度依存的に増加したことから、-カリオフィレンは上胚軸での肥大成長を促進することが示された。また、シロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.) では、側根数が増加する傾向が見られた。さらに、イネ (*Oryza sativa* L. cv. Nipponbare) では、本実験条件下では、-カリオフィレンによる植物生育促進効果は確認できなかった。このことから、-カリオフィレンによる植物生育促進活性は、植物種や部位によって異なるものと考えられた。

#### (3) -3. -カリオフィレンが植物伸長促進作用を引き起こすメカニズムの検討

-カリオフィレン (327  $\mu\text{mol/L}$ ) 処理後 3 日目のトウモロコシ幼植物体から上胚軸を採取し、上胚軸でのタンパク質の発現変動をプロテオミクス解析により網羅的に解析した。その結果、5127 個のタンパク質が同定され、そのうち、-カリオフィレンを処理したトウモロコシ群では、74 個のタンパク質の発現量が増加し、97 個のタンパク質の発現量が減少していた。生物学的プロセスの分類においては、主に代謝過程や刺激応答関連のタンパク質の発現が大きく変動していた。また、細胞構成要素の分類では、細胞膜関連のタンパク質の発現量が減少しており、リボソーム関連のタンパク質の発現量が増加していた。さらに、分子機能の分類では、触媒活性を持つタンパク質の発現量が大きく変動していた。同定されたタンパク質の機能を比較すると、RNA 関連のタンパク質や光化学系のタンパク質、細胞壁やシグナル伝達関連のタンパク質、脂質やホルモン代謝、輸送に関連したタンパク質の発現量が変動していた。また、-カリオフィレン処理によって著しく増加したタンパク質には、薬物の解毒代謝関連のタンパク質や輸送タンパク質、病原体応答関連タンパク質などがあった。-カリオフィレンは、植物病原菌に対して抗菌活性を持つことが本研究により示されたが ((3)-1.)、その他に植物病原菌に対する防御応答反応により耐病性の増強をもたらす可能性があることも示唆された。また、植物ホルモン関連タンパク質では、エチレン合成に関与する 1-aminocyclopropane-1-carboxylate oxidase 1 (ACO1) の発現量が増加する傾向があった。そのため、次に -カリオフィレン処理後のエチレン量の変動を調べた。その結果、-カリオフィレン (327  $\mu\text{mol/L}$ ) をトウモロコシに処理すると、3 日後には、根部と上胚軸の両方においてエチレン発生量が増加していた。また、レタスにおいても同様に -カリオフィレンの処理により、根部と胚軸部においてエチレン発生量が増加していた。さらにエチレン作用阻害剤である  $\text{AgNO}_3$  をトウモロコシに前処理すると、-カリオフィレン処理による肥大成長が抑えられたことから、-カリオフィレンによるトウモロコシの上胚軸の肥大成長は、増大したエチレンによって引き起こされている可能性が示唆された。

次に、-カリオフィレンによるオーキシンの量や局在への影響を調べるために、オーキシン誘導性レポーター遺伝子 (*BA3::GUS*) を導入したシロイヌナズナ形質転換体に -カリオフィレン (96  $\mu\text{mol/L}$ ) 及び  $\text{AgNO}_3$  を処理し、10 日間生育させた。その結果、-カリオフィレンの処理により、特に葉部において *BA3::GUS* の発現範囲が拡大する傾向が認められた。また、その *BA3::GUS* の発現範囲の拡大傾向は、エチレンの作用阻害剤 ( $\text{AgNO}_3$ ) により抑えられた。このことから、-カリオフィレンにより増加したエチレンは、オーキシンの局在にも影響を及ぼしている可能性が示唆された。しかしながら、-カリオフィレンの植物成長促進作用におけるエチレンやオーキシンの役割については、今後、さらに詳細に検討していく必要がある。

### (4) -テルピネンの作用特性

#### (4) -1. -テルピネンの植物病菌に対する抗菌活性

-テルピネン ( $\leq 180$   $\mu\text{L}$ ) は、キウイフルーツ炭疽病菌とシトリナム黄変米菌に対しては顕著な生育抑制作用は認められなかったが、ナシ黒斑病菌、キャベツ黒すす病菌、コムギ斑点病菌、キュウリ褐斑病菌、トマト葉かび病菌、ペスタロチア病菌に対しては、濃度依存的に有意に生育を抑制した。このことから、-テルピネンは植物病原菌に対して幅広い抗菌活性を示すことが示された。この -テルピネンの抗菌活性は、特にペスタロチア病菌、コムギ斑点病菌、トマト葉かび病菌に対して高い効果を示した。

(4) -2. -テルピネンの植物伸長促進作用の植物種による差異

レタスの幼植物体に、-テルピネン(357  $\mu\text{mol/L}$ )を処理すると、根長が約 120%、茎葉長が約 120%、根部新鮮重が約 110%、茎葉部新鮮重が約 140%、第 3 葉面積が約 140%に増加し、根部だけでなく茎葉部においても生育促進効果が認められた。また、側根数が濃度依存的に増加する傾向も認められた。トウモロコシでは、-テルピネン(138  $\mu\text{mol/L}$ )の処理により、幼根新鮮重が増加する傾向が認められたが、茎葉部では顕著な生育促進作用は認められなかった。シロイヌナズナ、カラシナ (*Brassica juncea* (L.) Czern.)、ブロッコリー (*Brassica oleracea* var. *italica*)、コショウソウ (*Lepidium sativum* L.)、ムラサキウマゴヤシ (*Medicago sativa* L.)、ゴマ (*Sesamum indicum* L.) に対する -テルピネンの効果も調べたが、これらの植物種に対しては、本実験条件下では、根部、茎葉部ともに顕著な生育促進作用を示さなかった。今後、さらに、処理条件を検討していく必要があるが、-テルピネンの植物伸長促進効果は、レタスやトウモロコシのような特定の作物種に限定される可能性があるものと考えられた。

(4) -3. -テルピネンが植物伸長促進作用を引き起こすメカニズムの検討

-テルピネン(357  $\mu\text{mol/L}$ )処理後、14 日目のレタス幼植物体から根部を採取し、根部でのタンパク質の発現変動をプロテオミクス解析により網羅的に解析した。その結果、1255 個のタンパク質が同定され、そのうち、-テルピネンを処理したレタス群では、70 個のタンパク質の発現量が増加し、24 個のタンパク質の発現量が減少していた。生物学的プロセスの分類においては、主に代謝過程や刺激応答関連のタンパク質が大きく変動しており、細胞構成要素の分類では、膜関連のタンパク質が大きく変動していた。さらに、分子機能の分類では、触媒活性を持つタンパク質の発現量が大きく変動していた。同定されたタンパク質の機能を比較すると、光化学系やタンパク質代謝関連のタンパク質が主に変動していた。既知の代謝経路に同定されたタンパク質をマッピングしたところ、光合成や明反応、光呼吸、アスコルビン酸/グルタチオン、アミノ酸合成などが -テルピネン処理により活性化していることが示された。また、-テルピネンを処理したレタスの根部では、IAA(オーキシン)のアミノ酸抱合体を加水分解して活性型の IAA を遊離させる IAA-amino acid hydrolase や、細胞壁の弛緩や細胞の伸長に関与している xyloglucan endotransglucosylase/hydrolase の発現量が増加することが明らかとなった。qRT-PCR で IAA-amino acid hydrolase や xyloglucan endotransglucosylase/hydrolase 遺伝子の発現を調べた結果、レタスの 6 種類の IAA-amino acid hydrolase 遺伝子のうち、XM\_023878827 の発現量が無処理区の 1.7 倍に増加していた。さらに、IAA により生合成が促進されることが知られているエチレン発生量を調べた結果、-テルピネン処理により根部で発生量が 1.6 倍に増加していた。これらの結果より、-テルピネンを処理したレタスの根部では、IAA-amino acid hydrolase の発現増大により活性型の IAA 量が増加し、-テルピネンによる根部の生育促進作用に関与している可能性があることが示唆された。

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者に下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 7 件)

蝦名渉平・春原由香里・小松節子・山口央輝・常陸圭介・山口拓也・土田邦博・松本 宏、-テルピネン処理によりレタス根部で変動するタンパク質の解析、日本雑草学会第 58 回大会、平成 31 年(2019 年)4 月 20-21 日、サンポート高松シンボルタワー (香川県高松市)

Ebina, S., Y. Sunohara, S. Komatsu, H. Yamaguchi, K. Hitachi, K. Tsuchida, T. Yamaguchi, and H. Matsumoto, Characterization of plant growth-promoting effect of  $\gamma$ -terpinene and  $\beta$ -caryophyllene in lettuce and maize seedlings, The 4th International Conference of Asian Allelopathy Society, September 8-10, 2018, Tokyo, Japan

Fujimaru, Y., Y. Sunohara, T. Yamaguchi, and H. Matsumoto, Characterization of growth-promoting activity of volatile substances released from *Crocus sativus*, The 4th International Conference of Asian Allelopathy Society, September 8-10, 2018, Tokyo, Japan

藤丸佑紀・春原由香里・山口拓也・松本 宏、サフランから放出される揮発性物質の同定と植物生育促進活性の検討、日本雑草学会第 57 回大会、平成 30 年(2018 年)4 月 14-15 日、東京農工大学(東京都府中市)

春原由香里、竹内優奈、蝦名渉平、小松節子、山口央輝、常陸圭介、土田邦博、林 謙一郎、山口拓也、松本 宏、-カリオフィレン処理後のタンパク質の変動と植物生育促進作用におけるエチレンとオーキシンの関与の検討、日本雑草学会第 57 回大会、平成 30 年(2018 年)4 月 14-15 日、東京農工大学(東京都府中市)

Ebina, S., Y. Sunohara, Y. Takeuchi, S. Iwakami and H. Matsumoto, Characterization of plant

growth-promoting effect of  $\gamma$ -terpinene and  $\beta$ -caryophyllene in lettuce and maize, The 26th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, September 19-22, 2017, Kyoto, Japan

蝦名渉平・春原由香里・竹内優奈・岩上哲史・松本 宏、 $\gamma$ -テルピネンと  $\beta$ -カリオフィレンのレタスやトウモロコシ幼植物体での生育促進効果の比較、日本雑草学会第 56 回大会、平成 29 年 (2017 年)4 月 15-16 日、シーガイアコンベンションセンター (宮崎県宮崎市)

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名: 松本 宏

ローマ字氏名: MATSUMOTO, Hiroshi

所属研究機関名: 筑波大学

部局名: 生命環境系

職名: 教授

研究者番号: 10199888

研究分担者氏名: 岩上 哲史

ローマ字氏名: IWAKAMI, Satoshi

所属研究機関名: 京都大学

職名: 農学研究科

職名: 助教

研究者番号: 00761107

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名: 大西 薫

ローマ字氏名: OHNISHI, Kaoru

研究協力者氏名: 竹内 優奈

ローマ字氏名: TAKEUCHI, Yuina

研究協力者氏名: 蝦名 渉平

ローマ字氏名: EBINA, Shohei

研究協力者氏名: 藤丸 佑紀

ローマ字氏名: FUJIMARU, Yuki

研究協力者氏名: 北村 峻

ローマ字氏名: KITAMURA, Ryo

研究協力者氏名: 武仲 智也

ローマ字氏名: TAKENAKA, Tomoya

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。