

令和 4 年 5 月 30 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K06030

研究課題名(和文)カンキツ果実におけるノビレチン生合成の調節機構の解明

研究課題名(英文)Elucidation of the regulatory mechanism of nobiletin biosynthesis in citrus fruit

研究代表者

馬 剛 (Ma, Gang)

静岡大学・農学部・助教

研究者番号：20767412

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：ノビレチンはポリメトキシフラボノイドの一種であり、カンキツ果実のごく一部の品種に多く含まれる。本研究では、ノビレチンを多く蓄積するカンキツ果実とほとんど蓄積しない果実を用いて、マイクロアレイ解析を行うことにより、ノビレチン生合成遺伝子および関連する転写因子を単離し、機能解析を行った。その結果、CitOMT1はタンゲレチンからノビレチンへの生合成に関与し、CitOMT2はシネンセチンからノビレチンへの生合成に関与することが明らかになった。さらに、7個の転写因子の発現パターンは、品種間におけるノビレチン含量の違いとよく一致しており、ノビレチン生合成の調節に関与する可能性があることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題では、ノビレチンに着目して研究を行った。ノビレチンは、アルツハイマー病の予防、発がん抑制などの効能が期待される機能性成分である。本研究では、カンキツ果実におけるノビレチン生合成経路および生合成の調節機構を分子レベルから解明することにより、機能性成分のノビレチンを豊富に含むカンキツ果実の栽培技術および新品種の育成に繋がる。

研究成果の概要(英文)：Nobiletin is a polymethoxylated flavonoid specifically accumulated in citrus fruit. In this study, to elucidate the accumulation of nobiletin in citrus fruit, the key genes involved in nobiletin biosynthesis were identified by microarray analysis, and their roles in the regulation of nobiletin accumulation were investigated in different citrus varieties. The results showed that CitOMT1 and CitOMT2, which were highly expressed in nobiletin abundant varieties of Ponkan mandarin and Nou 6, catalyzed the biosynthesis of nobiletin from tangeretin and sinensetin, respectively. In addition, we screened and isolated 7 transcriptional factors by microarray analysis, the changes in the expression of these transcriptional factors were well consistent with the accumulation of nobiletin in different citrus varieties during the ripening process. In this study, the novel nobiletin biosynthetic pathway was proposed, and its regulatory mechanisms were deeply discussed in citrus fruit.

研究分野：収穫後生理学

キーワード：ノビレチン フラボノイド フラボン PMF

様式 C - 19 , F - 19 - 1 , Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ノビレチンはポリメトキシフラボノイドの一種であり、静岡の特産である‘太田ポンカン’や沖縄のシークワサーのごく一部の品種に多く含まれる。これまでノビレチンの機能性について多くの研究が行われており、ノビレチンはアルツハイマー病の予防、発がん抑制等が期待される機能性成分である。しかし、ノビレチンは一部のカンキツ果実の果皮にしか蓄積しないため、その蓄積メカニズムや含量を調節するメカニズムを解明する研究は、ノビレチンを高含有するカンキツ品種の栽培技術や新しい品種の育成にとって非常に重要である。

ノビレチンはフラボンを基本骨格として、その化学構造の側鎖の6箇所にメトキシ基(-OCH<sub>3</sub>)を有する。カンキツのフラボノイド生合成では、複数のフラボノイドヒドロキシラーゼ(FH)およびフラボノイドO-メチルトランスフェラーゼ(OMT)が作用することにより、ノビレチンが生合成されると考えられる(図1)。これまで研究代表者のグループはカンキツから4種類のFH遺伝子(*CitF3H*, *CitF3'H*, *CitF6H* および *CitF8H*)および3種類のOMT遺伝子(*CitOMT1*, *CitOMT2* および *CitOMT3*)の単離および発現解析を行ってきた。遺伝子発現解析の結果から、ノビレチンを多く蓄積する‘太田ポンカン’のフラベドでは、ノビレチン生合成に関わる酵素遺伝子(*CitCHS2*, *CitCHI*, *CitFNS*, *CitF3'H*, *CitF6H*, *CitOMT1* および *CitOMT2*)の発現は非常に高かった。一方、ノビレチンをほとんど蓄積しないウンシュウミカンの‘宮川早生’ではこれらの遺伝子の発現は著しく低いレベルを示した。以上の結果から、カンキツ果実のノビレチンの蓄積は、これらの遺伝子が特異的に発現することにより起きると考えられる。

近年、R2R3-MYB型転写因子、bHLH型転写因子、およびWD40(WD40 repeat)タンパク質などによる転写制御は、フラボノイド生合成構成遺伝子の特異的な発現において重要な役割を担っていることが示唆された。しかし、これまでカンキツ果実に特異的に蓄積するノビレチンの生合成に関わる転写因子は未知であり、ノビレチン生合成に関する遺伝子の特異的な転写調節メカニズムは未解明である。

2. 研究の目的

これまで研究代表者のグループでは、カンキツ果実におけるノビレチン含量の品種間差が、ノビレチン生合成に関わる一部の酵素遺伝子の発現によることを明らかにした。本研究では、カンキツ果実におけるノビレチン生合成およびその制御機構を解明するため、ノビレチンを多く蓄積するカンキツ果実とほとんど蓄積しない果実の果皮を用いてマイクロアレイ解析を行うことにより、ノビレチン生合成遺伝子および生合成を調節する転写因子を単離する。単離した遺伝子の機能解析を行うことにより、カンキツ果実におけるノビレチン生合成に関わる遺伝子の発現調節機構の解明を目的とした。

3. 研究の方法

ノビレチンを多く蓄積する‘太田ポンカン’および‘カンキツ中間母本6号’とほとんど蓄積しないウンシュウミカン‘宮川早生’および‘スダチ’を用いて、カンキツ果実におけるノビレチン生合成およびその制御メカニズムを明らかにするために、次の実験を行った。

(1) カンキツ果実におけるフラボノイド含量・組成の季節変化の調査

‘宮川早生’および‘太田ポンカン’のフラベド(果皮)におけるフラボノイド含量および組成をHPLCによって測定した。本研究では、3種類のフラバノン(ナリルチン、ヘスペリジン、ボンシリン)、3種類のフラボン(ロイフォルン、イソロイフォルン、ジオスミン)、4種類のポリメトキシフラボン(シネンセチン、タンゲレチン、ノビレチン、ヘプタメトキシフラボン)の計10

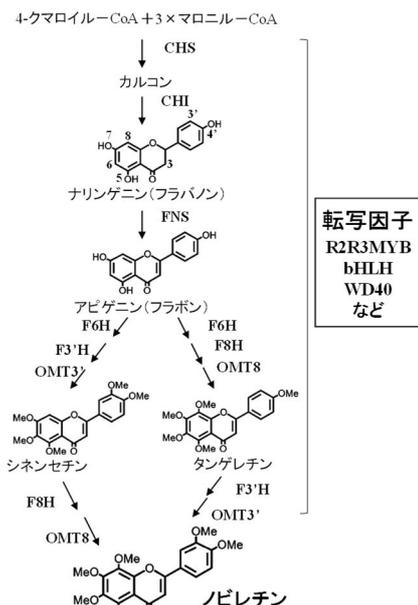


図1 ノビレチン生合成経路と想定される転写制御機構  
 CHS: カルコンシンターゼ, CHI: カルコンイソメラーゼ,  
 FNS: フラボンシンターゼ, FH: フラボノイドヒドロキシラーゼ,  
 OMT: フラボノイドO-メチルトランスフェラーゼ, OMe, OCH<sub>3</sub>

種類のフラボノイドが検出された。

#### (2) カンキツ果実におけるフラボノイド生合成遺伝子発現の季節変化の調査

‘宮川早生’および‘太田ポンカン’のフラベド（果皮）におけるフラボノイド生合成遺伝子の発現をリアルタイム PCR によって測定した。フラベドのサンプルから RNA を抽出し、カラムによる精製、DNase 処理後、一本鎖 cDNA を鋳型に、TaqMan プローブおよびプライマーを用いたリアルタイム PCR によりフラボノイド生合成遺伝子の発現を測定した。

#### (3) マイクロアレイによる網羅的な遺伝子発現解析

ノビレチンを多く蓄積するグリーンステージの果実の果皮から、RNA を抽出し、農研機構果樹茶業研が設計した 8×60K カスタムマイクロアレイ（Agilent Technologies 社製）を用いてマイクロアレイ解析を行った。このマイクロアレイには、‘クレメンティン’の全ゲノム配列から予想された 33,929 遺伝子のうち、プローブ設計が可能な 30,826 遺伝子に由来するプローブが搭載されている。遺伝子発現データの解析には Subio ソフトを用いた。

#### (4) フラボノイド O-メチルトランスフェラーゼ (OMT) 酵素遺伝子の単離および機能解析

*CitOMT* 遺伝子の翻訳領域を p-GEX-6P-1 発現ベクターにライゲートし、大腸菌に導入して GST 融合タンパク質として組換え体の *CitOMT* を発現させ、精製した。得られたリコンビナントタンパク質を用いて、フラボノイド O-メチルトランスフェラーゼの機能解析を行った。

### 4. 研究成果

#### (1) カンキツ 2 品種のフラボノイド含量の季節変動

ウンシュウミカンの‘宮川早生’および‘太田ポンカン’のフラベドにおけるフラボノイド含量の変動を調査した。

両品種のフラベドにおいて、総フラボノイド含量は果実が未成熟な 7 月に最も多く、12 月にかけて成熟に伴い減少した。総ポリメトキシフラボン (PMF)、タンゲレチン、シネンセチンおよびノビレチンの含量は、‘宮川早生’と比べ、‘太田ポンカン’の含量は非常に高い値を示した (図 2)。

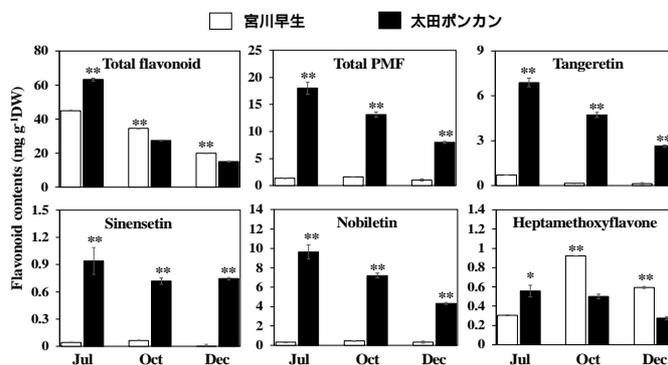


図2 ‘宮川早生’、‘太田ポンカン’のフラベドにおけるフラボノイド含量の季節変化

#### (2) カンキツ 2 品種のフラボノイド生合成遺伝子発現の季節変動

ウンシュウミカンの‘宮川早生’および‘太田ポンカン’のフラベドにおけるフラボノイド生合成遺伝子発現の季節変動を調査したところ、上流の *CitCHS1*、*CitCHS2* および *CitCHI* は果実成熟に伴い発現が増大する傾向を示した。両品種いずれもフラボン生成に関わる *CitFNS* は成熟に伴い遺伝子の発現が増大した。また、どの成熟ステージにおいても‘太田ポンカン’における *CitFNS* の遺伝子発現は‘宮川早生’より高いレベルを示した。さらに、*CitF3H* および *CitF6H* の遺伝子発現は成熟に伴い増大する傾向を示し、そのレベルは *CitFNS* と同様に‘太田ポンカン’で高く、明確な品種間差が認められた (図 3)。

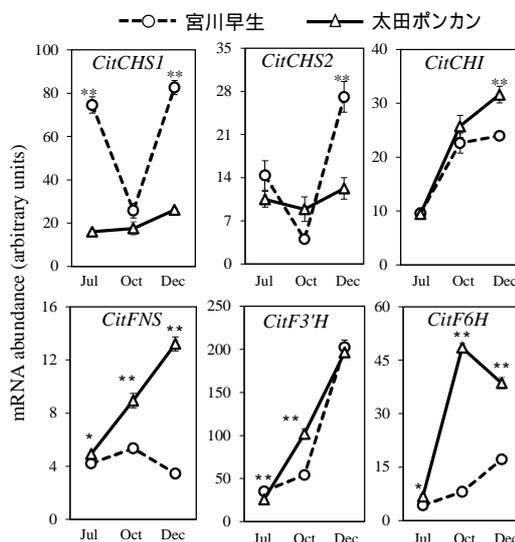


図3 ‘宮川早生’、‘太田ポンカン’のフラベドにおけるフラボノイド生合成遺伝子発現の季節変化

#### (3) フラボノイド O-メチルトランスフェラーゼ (OMT) 酵素遺伝子の単離および機能解析

本研究では、ノビレチンを多く蓄積する‘太田ポンカン’、‘カンキツ中間母本 6 号’およびほとんど蓄積しない‘宮川早生’の果皮を比較してマイクロアレイ解析を行った。その結果、グリーンステージのカンキツ 3 品種のフラベドには、106

個の OMT 遺伝子が検出された (図 4)。そのうち、'宮川早生'と比較して、'太田ポンカン'では 5 個の OMT 遺伝子の発現が 2 倍以上上昇し、'カンキツ中間母本 6 号'では 6 個の OMT 遺伝子の発現レベルが 2 倍以上に上昇していた。'太田ポンカン'と'カンキツ中間母本 6 号'2 品種で共通して 2 倍以上に上昇した遺伝子が 4 個あった。さらに、リアルタイム PCR により調査したところ、*CitOMT1* および *CitOMT2* の遺伝子発現は、果実成熟後期において、'太田ポンカン'で高いレベルを示した (図 5)。これらの遺伝子の発現パターンは品種間におけるノビレチン含量の違いとよく一致しており、ノビレチンの生合成に關与する可能性があることが示唆された。

*CitOMT1* および *CitOMT2* の機能を調査するため、遺伝子の全長を単離し、大腸菌を用いてリコンビナントタンパク質を発現させ、*in vitro* の機能解析を行った。本研究は、4 種類のフラバノン、5 種類のフラボンおよび 1 種類のイソフラボンを基質として酵素の反応を調査した。

*CitOMT1* と 3',4'-ジヒドロキシフラボンを反応させたところ、新規生成物が検出された。一方、*CitOMT1* と 4-ヒドロキシフラボンを反応させたところ、新規生成物は検出されなかった。また、高解像度質量分析の結果から、新規生成物はモノメトキシ化合物であることが示唆された。以上のことから、*CitOMT1* はカンキツにおいてフラボンの 3'位の水酸基をメチル化する酵素であることが示唆された (図 6)。

*CitOMT2* と 7,8-ジヒドロキシフラボンを反応させたところ、新規生成物が検出された。一方、*CitOMT2* と 7-ヒドロキシフラボンを反応させたところ、新規生成物は検出されなかった。また、MS の結果から、新規生成物はモノメトキシ化合物であることが示唆された。以上のことから、*CitOMT2* はカンキツにおいてフラボンの 8 位の水酸基をメチル化する酵素であることが示唆された (図 7)。

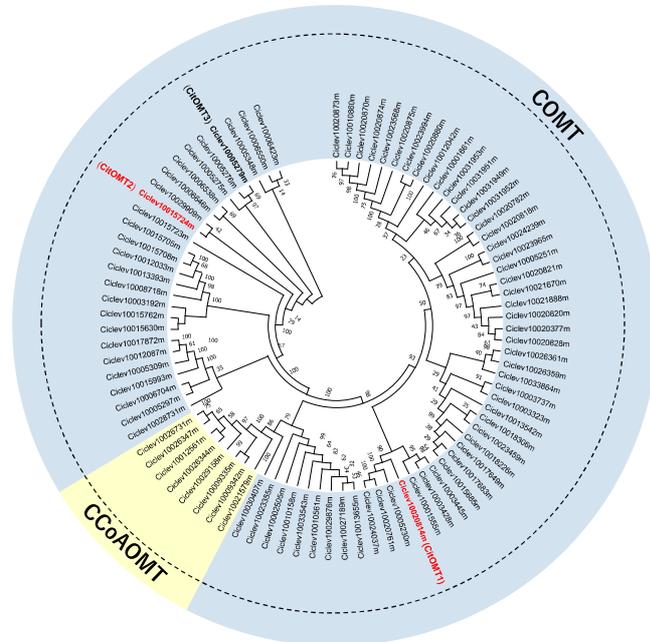


図4 '宮川早生'、'太田ポンカン'のフラベドにおけるノビレチン生合成に關するOMT遺伝子の系統樹分析

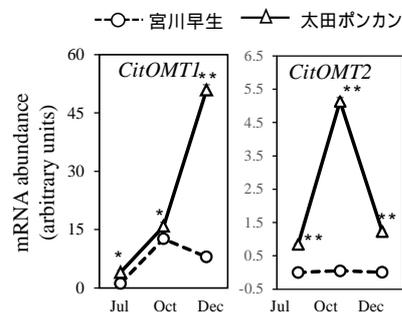


図5 '宮川早生'、'太田ポンカン'のフラベドにおけるノビレチン生合成に關するOMT遺伝子発現の季節変化

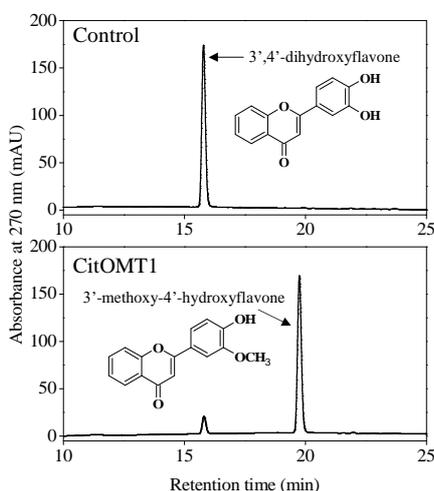


図6 *CitOMT1*の*in vitro*における機能解析

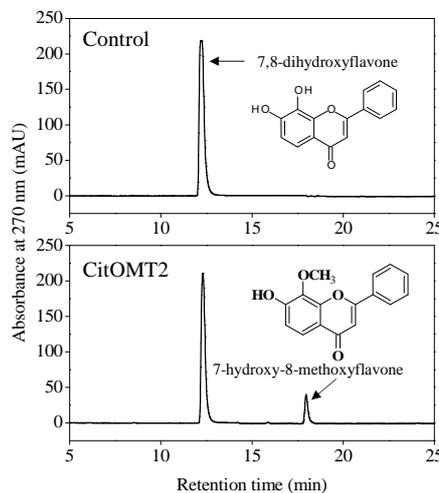


図7 *CitOMT2*の*in vitro*における機能解析

このことから、カンキツ果実においてノビレチンは *CitOMT1* (3'OMT) によりタンゲレチンから生成される経路と、*CitOMT2* (8OMT) によりシネンセチンから生合成される経路が考え

られた(図8)。

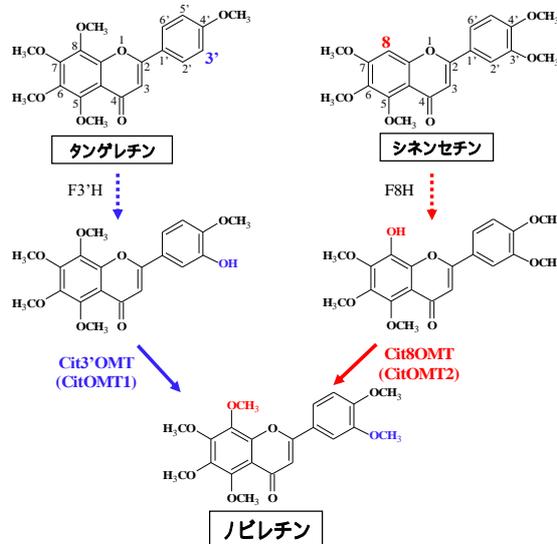


図8 本研究から考えられるノビレチンの生合成経路

#### (4) マイクロアレイ解析によるカンキツ果実のノビレチン生合成を制御する転写因子の単離

本研究では、グリーンステージのカンキツ4品種を用いてノビレチンの含量を比較した。その結果、ノビレチンの含量は品種によって大きな差を示した。‘太田ポンカン’および‘カンキツ中間母本農6号’におけるノビレチン含量は高い値を示し、その含量は  $47.8 \text{ mg gDW}^{-1}$  と  $38.2 \text{ mg gDW}^{-1}$  だった。一方、ウンシュウミカン‘宮川早生’および‘スダチ’におけるノビレチン含量は極めて低い値を示した(図9A)。

マイクロアレイ解析によって、ノビレチンを多く蓄積する品種とほとんど蓄積しない品種のフラベド間で、2倍以上アップレギュレートされた転写因子は46個であった(図9B)。この46個の転写因子のうち、7個の遺伝子(C21952, C24246, C08963, C23996, C13742, C25190 および C21300)はノビレチンがほとんど蓄積しない品種(ウンシュウミカン‘宮川早生’と‘スダチ’)と比較して、ノビレチンを多く蓄積する品種(‘太田ポンカン’と‘カンキツ中間母本農6号’)では、5倍以上上昇した(図9C; 第1表)。

以上の結果より、これらの転写因子の発現パターンは、品種間におけるノビレチン含量の違いとよく一致しており、ノビレチン生合成の調節に關与する可能性があることが示唆された。

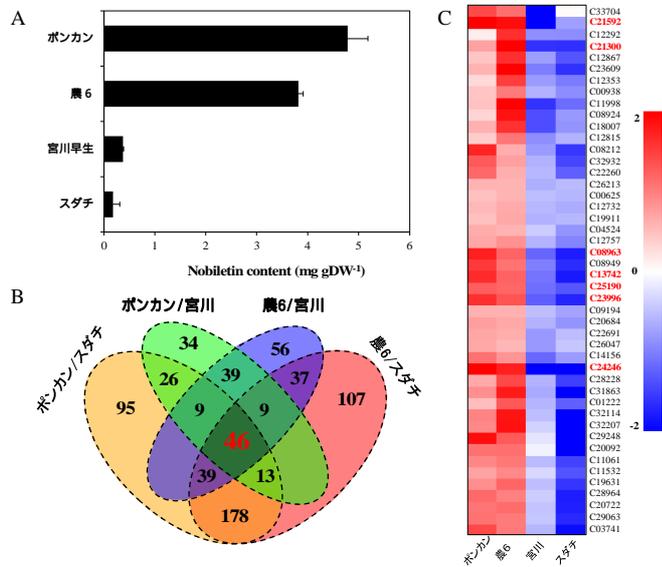


図9 マイクロアレイ解析によるカンキツ果実のノビレチン生合成に關する転写因子の探索

- A: 4品種のカンキツ果実果皮のノビレチン含量の比較  
 B: 2倍以上アップレギュレートされた遺伝子  
 C: 遺伝子発現のヒートマップ

第1表 5倍以上アップレギュレートされた転写遺伝子の情報

ID	JGI_Symbol	JGI_Name	ポンカン/ スダチ	ポンカン/ 宮川	農6/ 宮川	農6/ スダチ
C13742	CBF4	C-repeat-binding factor 4	11.0	6.7	5.0	8.2
C21952	ATERF13	ethylene-responsive element binding factor 13	8.7	59.9	43.3	6.3
C24246	ATERF13	ethylene-responsive element binding factor 13	21.0	22.9	14.8	13.6
C25190	ATHAM4	GRAS family transcription factor	6.0	5.3	5.0	5.8
C21300	DF1	Duplicated homeodomain-like superfamily protein	5.2	5.1	17.2	17.5
C23996		C2H2-type zinc finger family protein	10.2	7.4	6	8.3
C08963	CGA1	cytokinin-responsive gata factor1	11.6	7.8	5.3	8.0

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Gang Ma, Lancui Zhang, Mao Seoka, Akari Nakata, Masaki Yahata, Takehiko Shimada, Hiroshi Fujii, Tomoko Endo, Terutaka Yoshioka, Toshiyuki Kan, and Masaya Kato	4. 巻 70
2. 論文標題 Characterization of a caffeic acid 8 O methyltransferase from citrus and its function in nobiletin biosynthesis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Agricultural and Food Chemistry	6. 最初と最後の頁 543-553
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jafc.1c06513	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Gang Ma, Lancui Zhang, Rin Kudaka, Hayato Inaba, Murakami Kan, Yamamoto Masashi, Kojima Nami, Masaki Yahata, Hikaru Matsumoto, Masaya Kato	4. 巻 181
2. 論文標題 Auxin induced carotenoid accumulation in GA and PDJ-treated citrus fruit after harvest	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Postharvest Biology and Technology	6. 最初と最後の頁 111676
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.postharvbio.2021.111676	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Akari Nakata, Mao Seoka, Gang Ma, Lancui Zhang, Masaki Yahata, Masaya Kato	4. 巻 1336
2. 論文標題 Effect of blue LED light irradiation on flavonoid accumulation in the flavedo of Valencia orange in vitro	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Acta Horticulturae	6. 最初と最後の頁 125-132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17660/ActaHortic.2022.1336.17	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Gang Ma, Lancui Zhang, Masaki Yahata, Kazuki Yamawaki, Takehiko Shimada, Hiroshi Fujii, Tomoko Endo, Masaya Kato	4. 巻 1337
2. 論文標題 Microarray analysis of carotenoid and chlorophyll biosynthetic gene expression in the citrus juice sacs irradiated with blue light	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Acta Horticulturae	6. 最初と最後の頁 195-202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17660/ActaHortic.2022.1337.26	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mao Seoka*, Gang Ma*, Lancui Zhang, Masaki Yahata, Kazuki Yamawaki, Toshiyuki Kan, Masaya Kato (*These authors contributed equally)	4. 巻 10
2. 論文標題 Expression and functional analysis of the nobiletin biosynthesis-related gene CitOMT in citrus fruit	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 15288(1-11)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-72277-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Risa Yamamoto*, Gang Ma*, Lancui Zhang, Miki Hirai, Masaki Yahata, Kazuki Yamawaki, Takehiko Shimada, Hiroshi Fujii, Tomoko Endo, Masaya Kato (*These authors contributed equally)	4. 巻 10
2. 論文標題 Effects of salicylic acid and methyl jasmonate treatments on flavonoid and carotenoid accumulation in the juice sacs of Satsuma Mandarin in vitro	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Science	6. 最初と最後の頁 8916(1-13)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app10248916	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計21件(うち招待講演 0件/うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Akari Nakata, Gang Ma, Lancui Zhang, Masaki Yahata, Masaya Kato
2. 発表標題 Effect of blue LED light irradiation on flavonoid accumulation in the flavedo of Valencia orange in vitro
3. 学会等名 V Asia Symposium on Quality Management in Postharvest Systems (ISHS) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nami Kojima, Gang Ma, Lancui Zhang, Masaki Yahata, Terutaka Yoshioka, Masaya Kato
2. 発表標題 Effect of low temperature and ABA on anthocyanin accumulation in the juice sacs of blood orange in vitro
3. 学会等名 V Asia Symposium on Quality Management in Postharvest Systems (ISHS) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 馬 剛, 張嵐翠, 八幡昌紀, 島田武彦, 藤井浩, 遠藤朋子, 加藤雅也
2. 発表標題 マイクロアレイ解析によるウンシュウミカン果実のカルコン合成酵素遺伝子の探索
3. 学会等名 園芸学会令和4年度春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中田明里, 馬 剛, 張嵐翠, 八幡昌紀, 加藤雅也
2. 発表標題 カンキツ果実のノピレチン生合成の調節におけるフラボノイドO-メチルトランスフェラーゼの役割
3. 学会等名 園芸学会令和4年度春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古島奈実, 馬 剛, 張嵐翠, 八幡昌紀, 加藤雅也
2. 発表標題 ブラッドオレンジ培養砂じょうにおけるアントシアニン代謝に及ぼすDNAメチル化阻害剤および温度の影響
3. 学会等名 園芸学会令和4年度春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 光川早紀, Keawmanee Nichapat, 馬 剛, 張嵐翠, 八幡昌紀, 加藤雅也
2. 発表標題 バレンシアオレンジのフラベドにおけるフラボノイド蓄積に及ぼすジベレリン散布処理の影響
3. 学会等名 園芸学会令和4年度春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 馬剛, 張嵐翠, 八幡昌紀, 島田武彦, 藤井浩, 遠藤朋子, 加藤雅也
2. 発表標題 青色光を照射したカンキツ培養砂じょうのマイクロアレイ解析 アスコルビン酸代謝関連遺伝子の変動について
3. 学会等名 園芸学会令和3年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 馬 剛, 張嵐翠, 八幡昌紀, 山脇和樹, 島田武彦, 藤井浩, 遠藤朋子, 吉岡照高, 太田智, 加藤雅也
2. 発表標題 マイクロアレイ解析によるカンキツ果実のノビレチン生合成を制御する転写因子の探索
3. 学会等名 園芸学会令和3年度春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本梨沙, 馬 剛, 張嵐翠, 八幡昌紀, 山脇和樹, 加藤雅也
2. 発表標題 カンキツ果実のフラボノイド生合成の調節におけるフラボノイドヒドロキシラーゼの役割
3. 学会等名 園芸学会令和3年度春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古島奈実, 馬 剛, 張嵐翠, 八幡昌紀, 山脇和樹, 加藤雅也
2. 発表標題 低温下で培養したブラッドオレンジの砂じょうにおけるフラボノイドおよびアントシアニン代謝に及ぼす光照射の影響
3. 学会等名 園芸学会令和3年度春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中田明里, 北谷友梨佳, 望月春奈, 馬 剛, 張嵐翠, 八幡昌紀, 山脇和樹, 加藤雅也
2. 発表標題 パレンシアオレンジのフラベドにおけるフラボノイド代謝に及ぼすジベレリンの影響
3. 学会等名 園芸学会令和3年度春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mao Seoka, Gang Ma, Lancui Zhang, Masaki Yahata, Kazuki Yamawaki, Terutaka Yoshioka, Satoshi Ohta, and Masaya Kato
2. 発表標題 Seasonal changes in gene expression of flavonoid metabolism in nobiletin-rich citrus fruits
3. 学会等名 The 17th National Postharvest Technology Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Risa Yamamoto, Minori Futamura, Gang Ma, Lancui Zhang, Masaki Yahata, Kazuki Yamawaki, Takehiko Shimada, Hiroshi Fujii, Tomoko Endo, and Masaya Kato
2. 発表標題 Microarray analysis of flavonoids gene expression in citrus juice sacs treated with plant hormones in vitro
3. 学会等名 The 17th National Postharvest Technology Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 馬 剛, 張嵐翠, 瀬岡真緒, 八幡昌紀, 山脇和樹, 島田武彦, 藤井浩, 遠藤朋子, 吉岡照高, 太田智, 加藤雅也
2. 発表標題 マイクロアレイ解析によるカンキツ果実のノビレチン生合成に関与する重要な候補遺伝子の探索
3. 学会等名 園芸学会令和2年度春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 瀬岡真緒, 馬 剛, 張嵐翠, 八幡昌紀, 山脇和樹, 加藤雅也.
2. 発表標題 太田ボンカン' のフラベドにおけるフラボノイド代謝に及ぼすLED光照射の影響
3. 学会等名 園芸学会令和2年度春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古島奈実, 長澤瑠花, 馬 剛, 張嵐翠, 八幡昌紀, 山脇和樹, 加藤雅也
2. 発表標題 ブラッドオレンジ培養砂じょうにおけるフラボノイド及びアントシアニン代謝に及ぼす温度と植物ホルモンの影響
3. 学会等名 園芸学会令和2年度春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 馬 剛, 張嵐翠, 長澤瑠花, 八幡昌紀, 山脇和樹, 加藤雅也
2. 発表標題 ブラッドオレンジ培養砂じょうにおけるアントシアニン蓄積調節機構の解明
3. 学会等名 第3回ノビレチン研究会学術研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 馬 剛, 長澤瑠花, 張 嵐翠, 八幡昌紀, 山脇和樹, 加藤雅也
2. 発表標題 ブラッドオレンジ培養砂じょうにおけるフラボノイド及びアントシアニン代謝に及ぼす温度の影響
3. 学会等名 園芸学会令和元年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 瀬岡真緒, 馬 剛, 張嵐翠, 加藤雅也
2. 発表標題 ボンカン果皮におけるノピレチンを含むフラボノイド代謝に及ぼすLED光照射の影響
3. 学会等名 第3回ノピレチン研究会学術研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 瀬岡真緒, 馬 剛, 張 嵐翠, 八幡昌紀, 菅 敏幸, 加藤雅也
2. 発表標題 カンキツ果実におけるノピレチン生合成遺伝子関連遺伝子の機能解析
3. 学会等名 園芸学会令和元年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本梨沙, 馬 剛, 張 嵐翠, 八幡昌紀, 山脇和樹, 加藤雅也
2. 発表標題 '太田ボンカン'のフラベドにおけるフラボノイド代謝に及ぼす植物ホルモンの影響.
3. 学会等名 園芸学会令和元年度秋季大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 加藤 雅也, 馬剛, 張嵐翠 (編集: 山内 直樹, 今堀 義洋)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 文永堂出版	5. 総ページ数 312
3. 書名 園芸利用学 (第3章、第12章 分担)	

1. 著者名 Gang Ma , Lancui Zhang , Minoru Sugiura , Masaya Kato	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 538頁
3. 書名 The Genus Citrus (Co-editors Manuel Talon, Marco Caruso, Fred Gmitter). Chapter 24 : Citrus and Health, 495-511頁	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	加藤 雅也  (Kato Masaya)		
研究協力者	島田 武彦  (Shimada Takehiko)		
研究協力者	遠藤 朋子  (Endo Tomoko)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------