

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K06031

研究課題名(和文) 栽培イチゴの栄養・生殖成長転換分子機構の解明と応用

研究課題名(英文) Elucidation and application of the molecular mechanism for vegetative to reproductive phase transition in cultivated strawberry

研究代表者

松本 省吾 (Matsumoto, Shogo)

名古屋大学・生命農学研究科・教授

研究者番号：90241489

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：イチゴ促成栽培では、早期の果実収穫のために花芽分化時期の特定が重要である。本研究では、栽培イチゴに普遍的な、花芽分化促進に関わるFaFT3、FaAP1、GID1など、抑制に関わるFaTFL1、PHYAなどを見出し、特に、中心的に働くFaFT3について詳細な構造・機能解析を行なった。花芽分化組織であるクラウン茎頂部と連動して葉にて発現変動する遺伝子群の中から、花芽分化時を特定できるバイオマーカーを選定した。また、低温プラズマ処理による花芽分化時期の促進ならびに収穫期の前倒しの可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

複数の食用栽培イチゴを用い、栄養成長から生殖成長への転換時に普遍的に働く遺伝子群を特定して構造、発現、機能解析を行い、転換機構の一端を明らかにした。クラウン茎頂部位の花芽分化時期を特定できるバイオマーカーを葉組織にて特定し、苗を損ねることなく花芽分化時期を特定できる道を開いた。低温プラズマ処理による花芽分化時期の促進ならびに収穫期の前倒しの可能性についても示された。

研究成果の概要(英文)： In strawberry forcing cultivation, it is important to identify the flower bud differentiation time for early fruit harvesting. In this study, we found FaFT3, FaAP1, GID1 and so on related to floral meristem induction, FaTFL1-1, PHYA and so on related to floral meristem suppression, which are universal to cultivated strawberries. We performed detailed structural and functional analysis of FaFT3, which works centrally. Biomarkers that can identify the time of flower bud differentiation were selected from a group of genes whose expression fluctuates in leaves in conjunction with the flower bud differentiation tissue; the crown shoot apex. In addition, it was shown that low-temperature plasma treatment may promote the flower bud differentiation time and advance the harvest time.

研究分野：園芸学、分子生物学

キーワード：園芸学 野菜 イチゴ 花芽分化 促成栽培 バイオマーカー

### 1. 研究開始当初の背景

国内で栽培されている一季なり栽培イチゴ (*Fragaria × ananassa*) は、短日低温・低窒素条件下で花芽分化する。従って慣行 (露地) 栽培では、秋に花芽分化し冬期休眠を経た翌年の春から果実収穫期を迎えることとなる。日本では、夏場に短日低温もしくは間欠冷蔵処理を施して人為的に花芽分化を誘導して果実収穫期を早める超促成栽培を行っており、これによりイチゴ需要期の高まる晩秋から冬場の収穫を可能にしている。超促成栽培では花芽分化誘導直後に定植し、果実形成を促すために長日・高温、高窒素条件下で育成する。そのため、花芽分化時期の正確な特定や花芽分化を自在に制御することは、イチゴ周年栽培に向けての最重要課題であった。

これまでに、モデル植物シロイヌナズナやイネを中心に花芽分化機構、すなわち、栄養成長から生殖成長への転換機構の解明が進んでいた。例えば、シロイヌナズナでは、phosphatidylethanolamine binding protein (PEBP) ファミリーに属する *TERMINAL FLOWER 1 (TFL1)* と *FLOWERING LOCUS (FT)* が、それぞれ、花芽分化抑制遺伝子、花芽分化誘導 (促進) 遺伝子として知られていた。一般的に葉で合成された FT タンパク質は、篩管を通り茎頂に輸送され、*AP1* の発現を促進することで花芽分化を誘導する。一方、栽培イチゴの花芽分化機構には不明な点が多く残されており、特に、イチゴはクラウン茎頂部位が環境要因を受け取るセンサーとして働き、複合的な環境制御下で栄養成長から生殖成長への転換が行われている点で、シロイヌナズナと大きく異なっている。

我々は、当初、栽培イチゴ苗 'とちおとめ' クラウン部位での *FaTFL2* の発現低下が花芽分化に先行して起こることを見出したが (Nakajima et al., 2014)、その後、花芽分化誘導のために短日低温処理を施したクラウン茎頂部位において、*FaTFL1-1* が花芽分化と連動して発現低下することを見出した。また、カリフラワーモザイクウイルス 35S RNA プロモーターに連結した 35S::*FaTFL1-1* をシロイヌナズナの *tfl1* 変異体に導入したところ個体の表現型に花成遅延が見られたことから、*FaTFL1-1* が栽培イチゴの花芽分化抑制因子であることを示唆するデータを得ていた。さらに、'とちおとめ' クラウン茎頂部より、花芽分化誘導 (促進) 機能に必須とされるアミノ酸 (87 番目のチロシン残基と 142 番目のグルタミン残基) を有する花芽分化誘導 (促進) 候補遺伝子 *FaFT3* を単離し、シロイヌナズナに 35S::*FaFT3* を導入した *FaFT3* 過剰発現体が早期開花性を示す知見も得ていた。ただ、前述の *FaTFL1-1,2* と *FaTFL3* が、栽培イチゴに普遍的な花芽分化抑制と誘導 (促進) 遺伝子であるのかは不明であった。また、葉での *FaFT3* 遺伝子を含む花芽分化関連遺伝子群の発現の有無やクラウン茎頂部位における花芽分化誘導機構の詳細についても不明であった。さらに、花芽分化の確認については、これまで実体顕微鏡を用いた花芽検鏡によるクラウン先端の茎頂部のわずかな膨らみの有無から判断しており、労力と熟練を要していた。我々は、*FaFT3* のクラウン茎頂部位での発現レベルを指標とする、より簡便な方法確立の可能性を示したが、検鏡による方法と同様、花芽分化時期特定のために用いた株を消失してしまう問題があった。

### 2. 研究の目的

栽培イチゴの苗増殖に関わる栄養成長期と果実生産に関わる生殖成長期の転換機構、すなわち花芽分化機構を分子レベルで解明し、超促成栽培に応用することを本研究の目的とした。目的達成のために、前述の栽培イチゴ 'とちおとめ' で得られた *FaTFL1,2* ならびに *FaFT3* の解析結果が他の栽培イチゴにも当てはまるのか、すなわち栽培イチゴに普遍的かを明らかにする。次に、RNA-seq による栽培イチゴクラウンと葉組織のトランスクリプトーム解析により、栄養・生殖成長転換期に発現変動する遺伝子群を同定して発現、機能解析を行い、と合わせて栄養・生殖成長転換の分子機構を解明する。プラズマ照射による栄養・生殖成長転換を試み、短日低温や間欠冷蔵に変わる新たな栽培イチゴの周年栽培系の可能性を探る。クラウン茎頂部位での栄養・生殖成長転換、すなわち花芽分化誘導と連動して発現変動する葉組織の遺伝子を特定し、これを指標とした超促成栽培技術を確立する。

### 3. 研究の方法

栽培イチゴ '章姫'、'紅ほっぺ'、'とちおとめ' を用い、上記 4 項目 ( から ) について後述の方法を用いて実施した。

栽培イチゴ 'とちおとめ' で得られた *FaTFL1,2* ならびに *FaFT3* の解析結果が他の栽培イチゴにも当てはまるのか; 栽培イチゴ '章姫'、'紅ほっぺ' 苗を 15 日間の間、3 日毎に大型冷蔵庫 (暗黒低温 15 条件) と野外 (長日高温条件) にポット苗を出し入れする間欠冷蔵処理 (3 回冷蔵庫に入れる) を行った。それぞれについて、処理前の 7 株、間欠冷蔵処理 (花芽分化誘導処理) 後の 7 株、対照として野外で 15 日間育成した 7 株を実験に供した。花芽分化状態について、クラウン茎頂部位の組織形態観察により調べるとともにレーザーキャプチャーマイクロダイセクション (LCM) 法を用いて茎頂部位を取り出し、花芽分化抑制および誘導 (促進) 遺伝子群の発現解析をリアルタイム PCR 法により行った。また *FaFT3* の機能解析については、比較対象としてこれまでの花芽分化に関与しない *FaFT1*

に、新たに、野生種イチゴの花芽分化誘導（促進）遺伝子 *FvFT1* を加え、それぞれについてシロイヌナズナの過剰発現体を作成して行った。

RNA-seq による栽培イチゴクラウン茎頂部位と葉組織のトランスクリプトーム解析；栽培イチゴ‘章姫’、‘紅ほっぺ’、‘とちおとめ’の花芽未分化状態と花芽分化初期もしくは後期状態の葉組織もしくはクラウン茎頂部位（LCM 法にて取り出した）について、RNA-seq によるトランスクリプトーム解析を行った。RNA-seq により得られた配列を前処理後にアセンブルし、unigene をクエリーに米国国立生物工学情報センター（NCBI）の非冗長タンパク質データベース（nr）ならびにシロイヌナズナのタンパク質データベース（TAIR10）に対して BLASTX 検索を行った。その後、デジタル発現解析によりクラウン茎頂部位で花芽分化初期特異的に発現変動する遺伝子群を見出した。また、葉組織で発現変動する遺伝子群に花芽分化関連遺伝子群が存在するかについても確認した。

プラズマ照射による栄養・生殖成長転換の試み；栽培イチゴ‘紅ほっぺ’クラウン部位に低温プラズマを直接照射した。具体的には、ペン型の低温プラズマ照射装置を用いて、長日高温（自然日長外気温）条件下で栽培されている‘紅ほっぺ’クラウン部位に対して 2.5cm の距離から 120 秒間の低温プラズマ照射を約 30 分間の間隔を開けて 2 回実施した。この操作をプラズマ直接照射 A 試験区では 5 - 6 日毎に 3 回、プラズマ直接照射 B 試験区では 2 日連続照射を 4 - 5 日毎に 3 回行った。対照区となる無処理区は 13 株、A、B 処理区と前述の間欠冷蔵処理区は、それぞれ、10 株ずつを実験に供し、試験終了後に各処理区の苗のうち 5 株を採取し、残りは高設棚に定植した。

クラウン茎頂部位での栄養・生殖成長転換、すなわち花芽分化誘導と連動して発現変動する葉組織の遺伝子の特定；栽培イチゴ‘紅ほっぺ’と‘章姫’のクラウン茎頂部位における花芽分化誘導（促進）遺伝子 *FaFT3*、抑制遺伝子 *FaTFL1* の発現レベルや茎頂部位の形態を指標として、苗毎の花芽分化状態を特定し、花芽分化前、分化初期、分化後期に該当する株のそれぞれにおける新たに展開した葉で発現する遺伝子群を RNA-seq により網羅的に解析した。解析に用いたサンプルは、間欠冷蔵処理（促成栽培）前の組織切片観察においてクラウン茎頂部が Flat 型（花芽未分化状態）であり、かつ、花芽分化抑制因子 *FaTFL1-1* の発現が認められた花芽未分化（ステージ 0）株 3 株由来の葉組織、間欠冷蔵処理後にクラウン茎頂部が dome 型（花芽分化初期もしくは後期）であり、かつ、花芽分化誘導（促進）因子 *FaTFL3* の発現が認められた花芽分化初期（ステージ A）株 3 株、後期（ステージ B）株 1 株由来の葉組織、間欠冷蔵未処理（コントロール）下で花芽分化後期（ステージ B）まで栽培した 2 株由来の葉組織、計 9 サンプルである。RNA seq 解析については、葉組織から抽出した全 RNA から Truseq Stranded mRNA Library Prep Kit (illumina) を用いて Sequence libraries を作製し、NextSeq 500 (illumina) により実施した。得られた read は low-quality read を除去後、HISAT2 を用いてイチゴゲノム HANhybrid\_r1.2 上にマップした。R の TCC パッケージにてクラスタリング解析を行い、その後 GO エンリッチメント解析を実施した。

#### 4. 研究成果

栽培イチゴ‘とちおとめ’で得られた *FaTFL1*, 2 ならびに *FaFT3* の解析結果が他の栽培イチゴにも当てはまるのか；間欠冷蔵処理前の各 7 株では‘章姫’、‘紅ほっぺ’ともに、特定できた全ての株が花芽未分化状態すなわち栄養成長期にあることが確認された。また、比較対象とした未処理 15 日目 7 株では花芽分化状態、すなわち、生殖成長期にある株が、‘章姫’、‘紅ほっぺ’でそれぞれ 3 株ずつであったのに対し、間欠冷蔵処理 15 日目（15d-F）の 7 株ではそれぞれ 6 株ずつと倍増していたことから、間欠冷蔵法による花芽分化促進効果が示された。次に、レーザーキャプチャーマイクロダイセクション法を用いて茎頂部位を取り出し、‘とちおとめ’で特定された花芽分化誘導（促進）遺伝子 *FaFT3* と花芽分化抑制遺伝子 *FaTFL1-1* の発現解析をリアルタイム PCR 法により行なった。その結果、生殖成長期の株の 67% で *FaFT3* の高発現が確認され、これらの株では *FaTFL1-1* の発現は確認されなかった。一方、栄養成長期の株の 89% では *FaTFL1-1* の発現が確認された。これらの結果より、*FaFT3* と *FaTFL1-1* が、栽培イチゴに普遍的な花芽分化誘導（促進）と花芽分化抑制遺伝子であることが強く示唆された。また、‘とちおとめ’から単離した *FaFT3*、*FaFT1* と野生種イチゴの花芽分化誘導遺伝子 *FvFT1* をカリフラワーモザイクウイルス 35S プロモーター制御下でシロイヌナズナに導入し、過剰発現体を作成して *FaFT3* の機能解析を行った。35S::*FvFT1* が短日条件下でのみ早期開花したのに対し、35S::*FaFT3* は短日・長日両条件下で早期開花した。一方、*FvFT1* と 1 アミノ酸のみ異なる *FaFT1* (*FaFT3* ホモログ) を導入した 35S::*FaFT1* では短日条件下で開花遅延が認められたことから、このアミノ酸置換部位が *FaFT1* と *FvFT1* との機能分化に重要であると考えられた。

RNA-seq による栽培イチゴクラウン茎頂部位と葉組織のトランスクリプトーム解析；クラウン茎頂部位；レーザーマイクロダイセクション法により得られた‘とちおとめ’ク

ラウン茎頂部位 6 サンプル (花芽分化非誘導条件である長日高温下で 25 日もしくは 41 日育成した花芽未分化状態のサンプル A と B、花芽分化誘導条件である短日低温下で 25 日育成した花芽未分化状態のサンプル C と D、同じ短日低温下で 41 日育成し、花芽分化状態となったサンプル E と F) から全 RNA を抽出し RNA seq 解析に供した。十分な解析結果の得られなかったサンプル B を除く 5 サンプルの解析結果として、栄養成長から生殖成長への転換期に有意に発現上昇する 702 遺伝子が得られた。得られた遺伝子についてアノテーション付けを行った後に GO 解析を行ったところ、生物学的プロセスの“非生物的、刺激、内生刺激への応答”、“花器官分化”、“生殖器官発生”に関わる遺伝子が優先的に含まれており、具体的には、*FaFT3* に加えて花器官分化に関わる *FaAP1*、*LEAFY*、*GID1* などが見出された。*GID1* は、ジベレリン受容体としてジベレリン (GA) -*GID1*-*DELLA* 複合体形成を通して花芽分化制御に関わっており、シロイヌナズナでは、外生ジベレリン処理により花芽分化が促進される。なお、Kurokura ら(2006)により報告された花芽分化条件で育成した茎頂部位特異的な Histone H4 遺伝子の発現については、本解析では、3 つの Histone H4 遺伝子いずれも発現が認められなかった。

一方、花芽分化時に発現低下する 449 遺伝子からは、核酸塩基化合物代謝プロセス、窒素化合物代謝プロセスに加え、生殖器官発達プロセス関連遺伝子群がエンリッチメントされており、具体的には、*FaTFL1*、*FaFD*、*AP2*、*PhyA* が含まれていた。シロイヌナズナでは、*AP2* は、花芽分化抑制因子である *AGAMOUS-LIKE15* の転写を誘導し、花芽分化誘導 (促進) を抑える。*PhyA* は赤色・遠赤色光に応答するフィトクロムであり、Pr(赤色光吸収型)は、赤色光により活性型の Pfr(遠赤色光吸収型)へ変換される。栽培イチゴ Strawberry Festival' ではクラウンへの赤色光照射により花芽数が減少する。一方、'Carmine' では、栄養成長期に高密度栽培すると長日高温(花芽分化非誘導条件)下であるにも関わらず花芽分化する。植物のクロロフィルは赤色光 (R) を吸収し、遠赤色光 (FR) を吸収しないので、栽培イチゴでは R:FR 比、すなわち Pr:Pfr 比の変動が花芽分化に有効かもしれない。なお、*FaTFL2* が検出されなかったことから、の結果と合わせて栽培イチゴに普遍的な花芽分化抑制因子は *FaTFL1-1* であることが強く示唆された。

葉組織;シロイヌナズナでは葉で転写翻訳された FT タンパク質が茎頂分裂組織に輸送され花芽誘導因子として働くことが明らかにされている。方法 に示した解析により、'紅ほっぺ'と'章姫'のいずれにおいても、イチゴの葉組織からは FT ホモログを含め花芽分化誘導に関わる遺伝子は検出されなかった。

栽培イチゴ'紅ほっぺ'の花芽分化誘導処理(間欠冷蔵処理)前のクラウン部位に低温プラズマを 3 回もしくは 6 回経時的に照射したところ、3 回処理で、6 回処理や無処理に比べ、花芽分化誘導 (促進) 遺伝子 *FaFT3* の発現上昇が認められた。3 回処理では、花器官形成遺伝子である *FaAP1* の発現上昇も、個体間にばらつきは見られたが確認された。ただし、間欠冷蔵処理個体よりは低いレベルであった。また、3 回処理では間欠冷蔵処理と同じ時期に果実収穫のピークが見られ、無処理や 6 回処理より収穫時期が早まることが示唆された。

クラウン茎頂部位での栄養・生殖成長転換、すなわち花芽分化誘導と連動して発現変動する葉組織遺伝子の特定;RNA-seq 後のクラスタリング解析から、ステージ 0 サンプルはステージ A、B と異なるクラスターを形成しており、ステージ 0 と A 間、ステージ 0 と B 間で発現レベルが有意に異なる遺伝子は、それぞれ、4,337、3,015 個検出された。一方、ステージ A と B で異なる遺伝子は 37 個であった。生物学プロセスの GO 解析結果から、キチン応答、有機窒素化合物応答、窒素化合物応答、傷害応答がエンリッチメントされていることが明らかにされた。ステージ 0 に比べステージ A および B で発現レベルの有意に上昇している遺伝子、すなわち葉組織で栄養成長から生殖成長への転換時に発現上昇する遺伝子群をバイオマーカー候補とした。アスパラギン生合成、受容体キナーゼ、ペルオキシダーゼ 44 などアノテーションされた 9 遺伝子が得られ、最終的に、4 遺伝子について、花芽分化時期を特定できる候補遺伝子(バイオマーカー 1,2,3,4)として選定した。特にバイオマーカー 2 はすべてのサンプルで安定的に高発現していた。また、次年度に間欠冷蔵処理を施した栽培イチゴについてこれらバイオマーカーの発現解析を行なったところ、1 から 4 のいずれも、間欠冷蔵処理苗特異的に高発現しておりバイオマーカーの有用性が示された。なお、それぞれ、バイオマーカー 1 は、鉄欠乏にตอบสนองして発現上昇するシロイヌナズナのグルタチオン還元酵素遺伝子 *ROXY10* ホモログ、バイオマーカー 2 は、葉緑体のストロマに局在するシロイヌナズナのシャペロン *DJC23*(At J11)ホモログ、バイオマーカー 3 は、シロイヌナズナのアスパラギン合成遺伝子 *ANS1* ホモログ、バイオマーカー 4 は不明であった。いずれも花芽分化との関連性については今のところ不明であるが、前述のように、全てイチゴ花芽分化の指標となる可能性があることから、今後、促成栽培時の苗の定植時期を特定する上で有用であると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Otagaki S., Koembuoy K., Takahashi H., Isobe S., Matsumoto S.	4. 巻 1309
2. 論文標題 Gene expression profiling of leaves in conjunction with a floral bud differentiation process in cultivated strawberry 'Akihime'	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Acta Horticulturae	6. 最初と最後の頁 19 ~ 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17660/ActaHortic.2021.1309.4	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 Kawaguchi Kohei, Takei-Hoshi Rie, Yoshikawa Ikuo, Nishida Keiji, Kobayashi Makoto, Kusano Miyako, Lu Yu, Ariizumi Tohru, Ezura Hiroshi, Otagaki Shungo, Matsumoto Shogo, Shiratake Katsuhiko	4. 巻 11
2. 論文標題 Functional disruption of cell wall invertase inhibitor by genome editing increases sugar content of tomato fruit without decrease fruit weight	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 21534
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-00966-4	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 Zubaidah L., Setiawati Y., Nopitasari S., Lawrie M.D., Sasongko A.B., Purwantoro A., Widada J., Ninomiya K., Asano Y., Matsumoto S., Yoshioka Y., Semiarti E.	4. 巻 1334
2. 論文標題 Establishment of CRISPR/Cas9 genome editing system in Indonesian orchid <i>Dendrobium lineale</i> Rolfe	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Acta Horticulturae	6. 最初と最後の頁 205 ~ 214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17660/ActaHortic.2022.1334.25	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 該当する
1. 著者名 Subchan A.N., Nopitasari S., Setiawati Y., Zubaidah L., Nikmah N., Lawrie M.D., Sasongko A.B., Matsumoto S., Yoshioka Y., Semiarti E.	4. 巻 1334
2. 論文標題 Agrobacterium-mediated transformation by using immerse and agroinfiltration method for genome editing of orchids with CRISPR/Cas9	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Acta Horticulturae	6. 最初と最後の頁 263 ~ 272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17660/ActaHortic.2022.1334.32	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 該当する

1. 著者名 Dosho Akira, Ando Sayuri, Tsutsumiuchi Kaname, Kojima Shoko, Miwa Johji, Machida Chiyoko, Matsumoto Shogo	4. 巻 1
2. 論文標題 Production of Virus-free Vitis Vinifera 'koshu' Plantlets From Shoot Tips or Axillary Buds&nbsp;	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Research Square	6. 最初と最後の頁 1~10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21203/rs.3.rs-104746/v1	査読の有無 無
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 E. Semiarti S. Nopitasari, Y. Setiawati, M.D. Lawrie, A. Purwanto, J. Widada, K Ninomiya, Y. Asano, S. Matsumoto, Y. Yoshioka	4. 巻 25
2. 論文標題 Application of CRISPR/Cas9 genome editing system for molecular breeding of orchids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Indonesian Journal of Biotechnology	6. 最初と最後の頁 61-68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 該当する

1. 著者名 H. Hashizume, H. Kitano, H. Mizuno, A. Abe, G. Yuasa, S. Tohno, H. Tanaka, K. Ishikawa, S. Matsumoto, H. Sakakibara, S. Nikawa, M. Maeshima, M. Mizuno, M. Hori	4. 巻 18
2. 論文標題 Improvement of yield and quality of rice grain by periodic cold-plasma treatment with rice plants in paddy field	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plasma Process and Polymers	6. 最初と最後の頁 e200018
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ppap.202000181	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 該当する

1. 著者名 K. Koembooy, S. Hasegawa, S. Otagaki, H. Takahashi, S. Nagano, S. Isobe, K. Shiratake, S. Matsumoto	4. 巻 89
2. 論文標題 RNA-seq Analysis of Meristem Cells Identifies the FaFT3 Gene as a Commn Floral Inducer in Japanese Cultivated Strawberry	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Horticultural Journal	6. 最初と最後の頁 138-146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2503/hortj.UTD-126	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 H. Sato, S. Otagaki, Y. Ono, K. Shiratake, S. Matsumoto	4. 巻 94
2. 論文標題 Up-regulation of MdMYB110a is responsible for ABA-mediated coloration of type 2 red-fleshed apples.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Hort. Science Biotechnol.	6. 最初と最後の頁 33-40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/14620316.2018.1452638	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 N. Nakamura, H. Hirakawa, S. Sato, S. Otagaki, S. Matsumoto, S. Tabata, Y. Tanaka	4. 巻 1232
2. 論文標題 Identification of the genes that regulate ornamental characters using the Rosa multiflora genome database ( <a href="https://rosa.kazusa.or.jp/">https://rosa.kazusa.or.jp/</a> ).	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Acta Hort.	6. 最初と最後の頁 111-118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Watanabe Megumi, Otagaki Shungo, Matsumoto Shogo, Shiratake Katsuhiko	4. 巻 13
2. 論文標題 Genome-Wide Analysis of Multidrug and Toxic Compound Extrusion Transporters in Grape	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 892638
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2022.892638	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 Zheng Qingyou, Takei-Hoshi Rie, Okumura Hitomi, Ito Masaki, Kawaguchi Kohei, Otagaki Shungo, Matsumoto Shogo, Luo Zhengrong, Zhang Qinglin, Shiratake Katsuhiko	4. 巻 73
2. 論文標題 Genome editing of <i>SlMYB3R3</i> , a cell cycle transcription factor gene of tomato, induces elongated fruit shape	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Botany	6. 最初と最後の頁 7312 ~ 7325
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jxb/erac352	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 Kawaguchi Kohei, Nakaune Makoto, Ma Jian Feng, Kojima Mikiko, Takebayashi Yumiko, Sakakibara Hitoshi, Otagaki Shungo, Matsumoto Shogo, Shiratake Katsuhiko	4. 巻 11
2. 論文標題 Plant Hormone and Inorganic Ion Concentrations in the Xylem Exudate of Grafted Plants Depend on the Scion-Rootstock Combination	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plants	6. 最初と最後の頁 2594 ~ 2594
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/plants11192594	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 Komatsuzaki Ayane, Hoshino Atsushi, Otagaki Shungo, Matsumoto Shogo, Shiratake Katsuhiko	4. 巻 17
2. 論文標題 Genome-wide analysis of R2R3-MYB transcription factors in Japanese morning glory	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0271012
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0271012	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 Kawamura Koji, Ueda Yoshihiro, Matsumoto Shogo, Horibe Takanori, Otagaki Shungo, Wang Li, Wang Guoliang, Hibrand-Saint Oyant Laurence, Foucher Fabrice, Linde Marcus, Debener Thomas	4. 巻 9
2. 論文標題 The identification of the <i>Rosa S</i>-locus provides new insights into the breeding and wild origins of continuous-flowering roses	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Horticulture Research	6. 最初と最後の頁 uhac155
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/hr/uhac155	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 Taticharoen Thanachok, Matsumoto Shogo, Chutteang Cattleya, Srion Karncharoen, Malumpong Chanate, Abdullakasim Supatida	4. 巻 309
2. 論文標題 Response and acclimatization of a CAM orchid, Dendrobium Sonia 'Earsakul' to drought, heat, and combined drought and heat stress	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientia Horticulturae	6. 最初と最後の頁 111661 ~ 111661
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scienta.2022.111661	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 Inden Tamami, Hoshino Atsushi, Otagaki Shungo, Matsumoto Shogo, Shiratake Katsuhiko	4. 巻 12
2. 論文標題 Genome-Wide Analysis of Aquaporins in Japanese Morning Glory ( <i>Ipomoea nil</i> )	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Plants	6. 最初と最後の頁 1511 ~ 1511
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/plants12071511	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 -

〔学会発表〕 計20件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Shungo Otagaki
2. 発表標題 Gene expression profiling of leaves in conjunction with a floral bud differentiation process in cultivated strawberry 'Akihime'
3. 学会等名 9th International strawberry symposium (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩川秀和, 李天忠, 李洋, 大川敏生, 白武勝裕, 太田垣駿吾, 松本省吾
2. 発表標題 リンゴ交配品種組み合わせ検索システムのバージョンアップ: S遺伝子型の追加・修正と多言語対応
3. 学会等名 令和3年度園芸学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋爪博司, 松本省吾, 坪田憲紀, 三田 薫, 水野寛子, 阿部明子, 湯浅元気, 東野里江, 田中宏昌, 石川健治, 伊藤昌文, 北野英己, 榊原均, 仁川 進, 大熊隆之, 前島正義, 水野正明, 堀 勝
2. 発表標題 Stable production of high-quality strawberry fruits with cold plasma treatment during cultivation
3. 学会等名 The 39th Symposium on Plasma Processing/The 34th Symposium on Plasma Science for Materials
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉山華奈子, 金丸京平, 山口維尚, 白澤健太, 磯部祥子, 小嶋美紀子, 竹林裕美子, 榊原均, 白武勝裕, 松本省吾, 太田垣駿吾
2. 発表標題 II型赤果肉リンゴ形質を司るMdMYB110a遺伝子の果肉特異的発現制御機構に関する解析
3. 学会等名 令和3年度園芸学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林宏輔, 平石昌太郎, 落合正樹, 白澤健太, 磯部祥子, 白武勝裕, 松本省吾, 太田垣駿吾
2. 発表標題 四倍体バラ交雑集団へのゲノムワイド関連解析の適用
3. 学会等名 令和3年度園芸学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柘植美希奈, 中村優介, 兒島孝明, 金丸京平, 山口維尚, 白武勝裕, 松本省吾, 太田垣駿吾
2. 発表標題 ナノアシーケンサーを用いたII型赤果肉リンゴ系統のゲノム解析
3. 学会等名 令和3年度園芸学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Yamada, A. Ito, K. Kanamaru, Y. Yamaguchi, M. Kojima, Y. Takebayashi, H. Sakakibara, K. Shiratake, S. Matsumoto and S. Otagaki
2. 発表標題 Analysis of the mechanism of lateral fruit-specific abscission zone formation in apple lineage FYPr606
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 K. Kobayashi, M. Ochiai, K. Shiratake, S. Matsumoto and S. Otagaki
2. 発表標題 Quantitative evaluation of the shape of petals in cultivated roses by image analysis
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 K.Koembuoy, S. Hasegawa, S. Otagaki, S. Nagano, S. Isobe, K. Shiratake, S. Matsumoto
2. 発表標題 FaFT3 : a universal floral inducer in June bearing type cultivated strawberry (Fragaria x ananassa)
3. 学会等名 令和元年度園芸学会東海支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K.Koembuoy, S. Otagaki, S. Isobe, K. Shiratake, S. Matsumoto
2. 発表標題 Investigation of a biomarker for floral bud initiation in cultivated strawberry
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 石橋美咲, 吉川郁恵, 財津桂, 及川彰, 太田垣駿吾, 松本省吾, 白武勝裕
2. 発表標題 探針エレクトロスプレーイオン化タンデム質量分析(PESI/MS/MS)による園芸作物におけるアントシアニンのハイスループット分析
3. 学会等名 第70回日本質量分析総合討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 位田瑞実, 星野敦, 太田垣駿吾, 松本省吾, 白武勝裕
2. 発表標題 アサガオにおけるアクアポリンのゲノムワイド解析
3. 学会等名 第11回アサガオ研究集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石垣晋一郎, 井藤大也, 白武勝裕, 吉岡泰, 松本省吾
2. 発表標題 栽培条件及びゲノム編集技術を基盤としたコチヨウランの早期開花系の確立
3. 学会等名 令和4年度園芸学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中村優介, 兒島孝明, 金丸京平, 山口維尚, 白武勝裕, 太田垣駿吾, 松本省吾
2. 発表標題 ナノボアシーケンス技術を活用したII型赤果肉リンゴ系統のゲノム解析
3. 学会等名 令和4年度園芸学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石橋美咲, 中道範人, 速水駿, 太田垣駿吾, 松本省吾, 及川彰, 白武勝裕
2. 発表標題 栽培イチゴにおける時計遺伝子の発現解析
3. 学会等名 令和4年度園芸学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 濱元聡奈, 服部幹也, 白武勝裕, 松本省吾, 太田垣駿吾
2. 発表標題 トマトの成熟を制御する新奇低分子RNAの探索
3. 学会等名 18th Japan Solanaceae Consortium Symposium (JSOL2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川口航平, 馬建鋒, 太田垣駿吾, 松本省吾, 白武勝裕
2. 発表標題 トマトの接ぎ木成立に関与する無機イオンの探索とMnの機能解析
3. 学会等名 植物の栄養研究会 第7回交流会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 濱元聡奈, 服部幹也, 白武勝裕, 松本省吾, 太田垣駿吾
2. 発表標題 低分子RNAの機能障害がトマトの果実成熟過程に及ぼす影響
3. 学会等名 植物の栄養研究会 第7回交流会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柘植美希奈, 金丸京平, 山口維尚, 白澤健太, 磯部祥子, 白武勝裕, 松本省吾, 太田垣駿吾
2. 発表標題 リンゴFYP606 系統が示す自家摘果性の作動機構の解析
3. 学会等名 令和5年度園芸学会春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kohei Kawaguchi, Rie Takei-Hoshi, Ikue Yoshikawa, Keiji Nishida, Makoto Kobayashi, Miyako Kusano, Yu Lu, Tohru Ariizumi, Hiroshi Ezura, Shungo Otagaki, Shogo Matsumoto, Katsuhiko Shiratake
2. 発表標題 Production of high Brix tomato by genome editing of invertase inhibitor gene.
3. 学会等名 The 31st International Horticultural Congress (IHC2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔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
研究分担者	太田垣 駿吾  (Otagaki Shungo)  (50597789)	名城大学・農学部・准教授    (33919)	

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
---------	---------