

令和 2 年 6 月 29 日現在

機関番号：82401

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2019

課題番号：18K19144

研究課題名(和文)人工分子による花成の制御

研究課題名(英文)Regulation of plant flowering by synthetic molecules

研究代表者

萩原 伸也(Hagihara, Shinya)

国立研究開発法人理化学研究所・環境資源科学研究センター・チームリーダー

研究者番号：80373348

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：シロイヌナズナの早期開花を促す化合物、キウイの花芽形成を2ヶ月で誘導する化合物など、いくつかの化合物を得た。木本植物には、発芽してから数ヶ月～数年は花を咲かせない「幼若期」が存在する。例えば、キウイは、発芽後およそ5年を経て樹高が2 m程度になるまで花芽をつけない。こうした植物において、わずか2ヶ月で花芽形成を誘導する化合物は、極めて興味深い。この化合物は、他の果樹においても同様に2ヶ月で花芽形成を誘導する活性を示しており、幅広い植物に応用可能と考えられる。本成果は、これまで数十年から百年単位でなされてきた樹木の品種改良が、わずか数年程度で実現できる可能性を示している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

世界人口の爆発的な増加や地球規模での環境変動により、食糧の需給バランスは大きく崩れつつある。こうした状況に対応するため、環境に合わせた農作物・品種の迅速な作出法の開発が急務である。育種による新品種の開発はその基盤的技術であるが、花芽の形成(花成)に至るまでの年月が律速となっている。植物種によって花成の時期は大きく異なり、桃栗3年柿8年と言われるように発芽してから数年間花の咲かない幼若期をもつ植物も知られている。これは農業目的の育種に限らず、植物研究全般にわたる課題である。この問題が解決されれば、あらゆる植物研究が加速し、農学や植物科学が大きく変容することが期待される。

研究成果の概要(英文)：Although increasing global food supply is the critical issue for sustainable society, crop yields are growing too slowly to meet the expected food demand. We are rather facing many problems such as climate change, which will make it challenging to produce enough food. To solve this issue, we searched molecules that regulate plant flowering through forward and reverse chemical genetics. We discovered compounds that induce early flowering in Kiwi. This molecule will enable very efficient breeding in various plants including woody plants.

研究分野：ケミカルバイオロジー

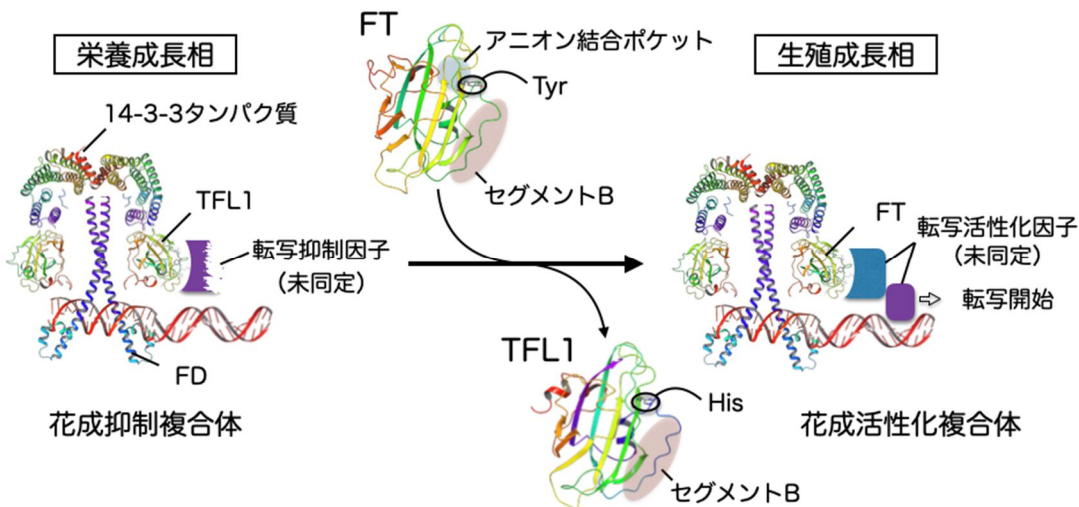
キーワード：植物 ケミカルバイオロジー 花成

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

花成の開始は、植物の生活環において極めて重要なイベントであるため、温度や日長、齢、栄養条件、ストレスなど様々な要因が関係する。こうした種々の内的・外的要因が揃うと、花成ホルモン「フロリゲン」が葉で合成され、花芽の形成を促す指令として茎頂へ送られて花芽の形成が開始される。一方、適切でない時期に花が咲くのを抑える「アンチフロリゲン」も存在しており、生殖に適した時期にだけ開花するように花成のタイミングは二重に調節されている。このような花成の機構解明は、近年大幅に進んだ。特に、80年前から存在が予想されていたフロリゲンの正体(FLOWERING LOCUS T, FT)や、その反対の働きをするアンチフロリゲン(TERMINAL FLOWER1, TFL1)の発見により、花成の仕組みが分子レベルで明らかになってきている。

FTはphosphatidyl ethanolamine-binding protein (PEBP)ファミリーに属するタンパク質である。茎頂に運ばれてきたFTは、DNA結合ドメインをもつタンパク質FLOWERING LOCUS D (FD)と14-3-3タンパク質を介して複合体形成することで花成に関わる遺伝子群の発現を誘導すると考えられている。ただし、この複合体がどのようにして下流の遺伝子の転写を活性化するのは未だ明らかにされていない。これまでにFTのセグメントBと呼ばれるループ領域とアニオン結合ポケットの周辺が花成の促進に重要であることが示されており、これらの領域に未同定の転写活性化因子がリクルートされる機構が予想されている。一方、FTと構造のよく似たTFL1は、花成の前から恒常的に発現しており、花芽形成に関与する遺伝子の発現を抑制する事が知られている。TFL1の14-3-3との結合面はFTと相同性が高く、反対にセグメントBやアニオン結合ポケットには構造の違いが見られる。これらのことから、栄養成長の段階ではTFL1がFDと転写抑制複合体を形成しており、花成の時期になってFTが茎頂に運ばれるとTFL1と入れ替わり転写をONにするというモデルが提唱されている。



2. 研究の目的

世界人口の爆発的な増加や地球規模での環境変動により、食糧の需給バランスは大きく崩れつつある。こうした状況に対応するため、環境に合わせた農作物・品種の迅速な作出法の開発が急務である。育種による新品種の開発はその基盤的技術であるが、花芽の形成(花成)に至るまでの年月が律速となっている。植物種によって花成の時期は大きく異なり、桃栗3年柿8年と言われるように発芽してから数年間花の咲かない幼若期をもつ植物も知られている。これは農業目的の育種に限らず、植物研究全般にわたる課題である。この問題が解決されれば、あらゆる植物研究が加速し、農学や植物科学が大きく変容することが期待される。

本申請課題では、この植物科学が抱える根本的問題に化学的視点から挑戦する。花成の仕組みを分子レベルで調節し、その時期を大幅に早める化合物は、交配にかかる時間の短縮を可能にし、育種スピードの飛躍的向上につながる。また、花のつく時期や数は実のつき具合に直接影響を及ぼすため、これを制御することは農業の効率化につながる。さらに、交配や継代は、植物科学においても必須の操作であり、花成を早める手法は農業のみならず植物科学の幅広い分野に波及効果をもたらす。これらの目的の達成に向け、本研究では近年明らかになってきた花成ホルモン「フロリゲン」の作用機構にもとづき、花成の時期を調節する新規機能性分子を創成する。



3. 研究の方法

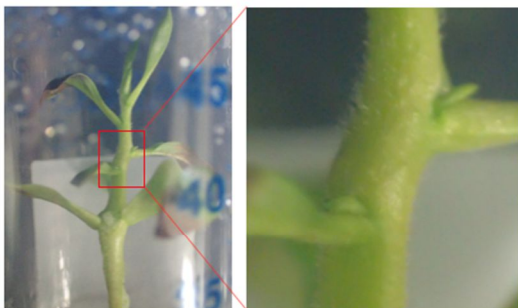
栄養成長段階の茎頂ではTFL1が発現しており、花成を誘導する遺伝子群の発現を抑制している。一方、ウイルス由来の転写活性化因子VP16を融合させたTFL1を発現する形質転換植物は、早咲きになることが知られている。本研究では、この効果を人工分子により誘起する。具体的な分子の設計指針は、「TFL1に結合するリガンドと、転写を活性化する化合物との連結」である。この

連結分子を用いることで、TFL1 の転写抑制機能を FT のような転写活性化能へ変換することができ、これにより、植物の成長段階のいかなる場面においても花成の誘導が可能になる。

TFL1 結合性リガンドには、FT を含む様々な PEBP ファミリータンパク質に結合することが知られている化合物 locostat in を用いる。転写活性化因子に結合する化合物としては、VP16 の転写活性化ドメイン (7 アミノ酸のペプチド) を第一候補とする。これらの分子を連結したものをプロトタイプとして合成し、シロイヌナズナやイネを用いて活性評価を行う。さらに、独自の化合物ライブラリーを用いたスクリーニングから、新規人工転写因子や TFL1 結合性リガンドを取得する。こうして得られた新規分子群を取り入れることで、分子構造をブラッシュアップする。上述の組換え体では、通常 1 ヶ月かかるシロイヌナズナの開花が 1 週間程度にまで短縮される。これと同等の効果を人工分子で達成することを研究目標とする。

4 . 研究成果

これまでに、シロイヌナズナの早期開花を促す化合物、キウイの花芽形成を 2 ヶ月で誘導する化合物など、すでにいくつかのヒット化合物を得ている。木本植物には、発芽してから数ヶ月～数年は花を咲かせない「幼若期」が存在する。例えば、キウイは、発芽後およそ 5 年を経て樹高が 2 m 程度になるまで花芽をつけない。こうした植物において、わずか 2 ヶ月で花芽形成を誘導する化合物は、極めて興味深い。この化合物は、他の果樹においても同様に 2 ヶ月で花芽形成を誘導する活性を示しており、幅広い植物に応用可能と考えられる。本成果は、これまで数十年から百年単位でなされてきた樹木の品種改良が、わずか数年程度で実現できる可能性を示している。



DMSO

2 ヶ月間生育したキウイ
普通の展葉。腋芽には葉芽が見えている。



化合物 RY1243

分枝が激しく、生殖状態に近い。腋芽には
葉芽ではない花芽様の構造が見えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----