

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K14748

研究課題名(和文)環境情報は植物個体内をどこまで伝わるのか

研究課題名(英文)Transport of environmental signals between shoots

研究代表者

経塚 淳子 (Kyojuka, Junko)

東北大学・生命科学研究科・教授

研究者番号：90273838

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：植物は、成長のそれぞれの局面において、植物ホルモン、タンパク質、ペプチド、などさまざまな物質をシグナル物質として利用し、環境情報を個体内に伝達する。この情報にもとづいて成長パターンを調節し、個体内のリソースの分配を最適化し、個体の成長を最適化する。モデル植物を使った研究により、シグナル物質の受容や信号伝達メカニズムの解明は急速に進んだ。その一方で、実際に生育する植物においてどのようにシグナルが伝えられるのかについては不明な点が多い。そこで本研究では、花成ホルモンとストリゴラクトンに着目し、シグナルがイネの分げつ間(シュート間)を超えて伝えられるのかを明らかにすることを目標として研究を行った。

研究成果の概要(英文)：Plants use variable molecules, such as phyto-hormone, proteins, peptides, as signaling molecules to transmit environmental information. It is crucial for plants to optimize their growth. The basic mechanisms underlying signaling pathways of plant hormones progressed rapidly in the last a few decades, however, their actual modes in plants grown under natural conditions are poorly understood. In this study, as a first step, we asked whether the signals are transmitted between shoots.

研究分野：植物分子遺伝学

キーワード：シュート間信号伝達 イネ 花成ホルモン情報 ストリゴラクトン情報

1. 研究開始当初の背景

植物は基本的に芽生えた場所で成長する。また、胚発生中に基本的な発生過程が完了する動物とは根本的に異なり、生涯にわたり形態形成を続ける。このため、植物の成長においては、さまざまな環境情報に適切に応答し成長パターンを調節することが、成長戦略として重要である。

植物は、成長のそれぞれの局面において、植物ホルモン、タンパク質、ペプチド、miRNA、などさまざまな物質をシグナル物質として利用し、環境情報を個体内に伝達する。この情報にもとづいて成長パターンを調節し、個体内のリソースの分配を最適化し、個体の成長を最適化する。これまでに個別に明らかにされてきた現象が植物の成長の最適化という観点から総合的に説明されるようになってきており、今後、新たなシグナル物質の同定、シグナル間のクロストークや調節機構の数理生物学的解析の進展などにより、環境に適応した成長の調節の包括的理解がさらに進むと期待される。しかし、現状では、モデル植物の解析から得られた主に質的な情報が得られているにとどまっており、シグナル物質がどこからどこへどれだけ運ばれ、どのようにアウトプットにつながるのかという量的かつ総合的な知見は乏しい。

シグナル物質により環境情報を共有しリソースを分配する場合、個体や枝などのある限定的な部位(領域)が情報を共有する範囲として設定され、その領域で情報が処理されるのか、あるいは、シグナル情報は個々の点(細胞)においてローカルに処理され、シグナルごとに個々の点における情報が適宜総合されているだけなのだろうか。この疑問に答えるためには、まず、植物でのシグナルやシグナル物質の伝達の実態を明らかにする必要がある。

そもそも、多くの植物では「個体」を一

義的に規定することが難しい。地下茎やストロンで多数のシュートが連結している植物や、匍匐性の植物、葉の周縁に芽を成長させるカラコエなどはこの例である。また、イネ科植物の「株」は分げつ(イネ科植物の枝分かれ)の集合体ととらえることができ、1本の分げつを切り出すと1個体として成長を始める。したがって、イネにおいても個体の定義はあいまいである。分げつ間の情報交換に関する知見も乏しい。

2. 研究の目的

本申請では、シグナル物質が植物体内をどのように伝達されるのかを明らかにし、シグナル物質の伝達・情報の共有という観点から個体とは何かを考える。具体的には、イネ科植物で情報が分げつを超えて伝えられるのかを明らかにする。本研究から得られる成果は、今後、情報伝達という限られた枠の中で理解されてきた環境情報シグナルを、環境に適応した植物の成長戦略の基盤として捉え、考え方を発展させるために不可欠な基礎的知見を提供する。

3. 研究の方法

葉が日長を感受するとフロリゲン遺伝子の発現が誘導され、合成されたフロリゲンタンパク質がメリステムに輸送され、穂形成が開始する。また、根がリン欠乏を感受するとストリゴラクトン合成遺伝子の発現が誘導され、分げつの伸長が抑制される。そこで、フロリゲンを介した日長情報の伝達をモデルケースとして、局所的な環境変化がイネ分げつ間を伝達されるかを、表現型、マーカー遺伝子の局在、下流遺伝子の制御の3点を指標として解析する。

また、ストリゴラクトン受容体 D14 タンパク質が篩管液中から検出されていることから、受容体自身が細胞間を移動して信号を伝えることが予想される。そこで、D14 の細胞間移動がストリゴラクトン信号伝達に

及ぼす影響を調べる。

フロリゲンを介した日長情報の伝達

イネのフロリゲン遺伝子である *Hd3a* は短日条件下で遺伝子の転写が誘導され、その結果合成されたタンパク質が茎頂メリステムに輸送され、メリステムで下流遺伝子の発現が誘導されて穂分化が開始する。*PANICLE PHYTOMER2 (PAP2)*は、*Hd3a* が茎頂に到達し受容複合体に受容された後、最初に発現誘導される下流遺伝子のひとつであり、栄養成長期には発現せず、転換後のメリステム全域で発現がみられる。また、GFP と結合させた *Hd3a*-GFP を *Hd3a* 遺伝子の制御領域を使って発現させると、内在性の *Hd3a* と同様に花成を誘導する。

分げつ間(シュート間)移動のモデルケースとして、地下茎を作る *Oryza longistaminata* において、地上系で合成された *Hd3a* タンパク質が地下茎へ移動するかを調べることにした。また、運ばれることが分かった場合、それがフロリゲンとして機能するかを調べる。

ストリゴラクトン受容体の細胞間移動

本実験では、イネ D14 と GFP の融合タンパク質をイネ D14 遺伝子の制御配列により発現させ、その移動の可能性を検証する。また、移動の意義を調べる。

4 . 研究成果

フロリゲンを介した日長情報の伝達

Oryza longistaminata では、地上茎が花芽を形成し開花しても地下茎は栄養成長期に留まることを見出した。地上茎で合成されたフロリゲンタンパク質が地下茎に移動するのかを調べるために、*Hd3a* に GFP をつないだタンパク質を *Hd3a* プロモーターで発現させることを試みた。しかしながら、*Oryza longistaminata* は稔性が低く、また、得られた種子をもとにした形質転換に

より形質転換体を得ることは非常に困難であった。このため、*Oryza longistaminata* と日本イネを交配した F2 植物で地下茎を作る系統を実験に用いた。形質転換体では導入した *Hd3a*-*Hd3a*::GFP の発現量に依存して地上茎の花成が促進されることが分かった。材料育成に時間を要したため、地上茎で誘導された GFP 蛍光が地下茎の茎頂に運ばれるかに関して最終的な結果を得るには至らなかった。現在解析を継続している。

ストリゴラクトン受容体の細胞間移動

ストリゴラクトン受容体 D14 がイネの細胞間を移動することが明らかになった。また、移動能は、D14 の機能を完全に発揮するために必要であることを示した。また、D14 は、シュートの篩管から腋芽の茎頂部分へと移動することが明らかになった。これは、D14 の移動を介してシュート間をストリゴラクトン情報が伝達されることを示唆している。

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3件)

Kameoka H, Kyojuka J. Spatial regulation of strigolactone function. *J. Exp. Bot.* 69:2255-2264 (2018) (総説) DOI: 10.1093/jxb/erx434.

Kameoka H, Dun AE, Lopez-Obando M, Brewer P, de Saint Germain A, Rameau C, Beveridge CA, Kyojuka J. Phloem transport of the receptor, DWARF14 protein, is required for full function of strigolactones. *Plant Physiol.* 172:1844-1852 (2016) DOI: 10.1093/jxb/erx434.

Yoshida A, Terada Y, Toriba T, Kose K, Ashikari M, Kyozyuka J. Analysis of Rhizome Development in *Oryza longistaminata*, a Wild Rice Species. Plant Cell Physiol. 57: 2213-2220 (2016)

〔学会発表〕(計 11件)

鳥羽大陽、徳永浩樹、志賀敏秀、経塚淳子. Shoot branching and development under the ground - Studies on rhizome formation in a wild rice species, *Oryza longistaminata*. 第59回日本植物生理学会年会、札幌コンベンションセンター、札幌 2018年3月28-30日

Kyozyuka J. Molecular basis to look like their age: in case of rice leaves、The 1st IROAST Molecular basis to look like their age: in case of rice leaves. Symposium 'Plant Cell and Developmental Biology : Approaches to Multiscale Biosystems' 熊本大学、2017年11月14日

志賀敏秀、鳥羽大陽、徳永浩樹、榎本悟史、経塚淳子. イネの葉鞘/葉身比を決定するメカニズムの解析、日本育種学会 第52回大会、岩手大学、盛岡 2017年10月7-8日

鳥羽大陽、徳永浩樹、志賀敏秀、経塚淳子. 野生イネの地下茎形成における miR156 の働き、植物学会第81回大会、東京理科大、野田 2017年9月8-10日

Junko Kyozyuka, Regulation of rice inflorescence architecture, XIX International Botanical Congress 中国、深圳、2017年7月23~29日、

Kyozyuka J, Mizuno Y, Naramoto S, Kameoka H, Ishizaki K. ' Analysis of ancestral role of D14/KAI2 signaling pathway '. 2nd International

Strigolactone Meeting, Torino, Italia, 2017年3月27 - 30日

志賀敏秀、徳永浩樹、鳥羽大陽、榎本悟史、経塚淳子. BLADE- ON- PETIOLE に介される発達段階依存的な葉の形態の分子的基盤、第58回日本植物生理学会年会、鹿児島大学、鹿児島 2017年3月16日

Taiyo Toriba, Akiko Yoshida, Hiroki Tokunaga, Junko Kyozyuka. Analysis of Maintaining the Juvenile Phase of Rhizomes in *Oriza Longistaminata*, a Wild Rice Species、第58回日本植物生理学会年会鹿児島大学、鹿児島 2017年3月16日

Kyozyuka J. Control of leaf, shoot branch and inflorescence development by a common genetic module in rice. Jonn Innes Centre Friday seminar、2016年12月2日

経塚淳子、徳永浩樹、榎本悟史、鳥羽大陽、吉田明希子. 最適な繁殖のためのメリステム無限成長性の制御、日本植物学会第80回大会、沖縄コンベンションセンター、沖縄、2016/9/16-18日

Kyozyuka J. ' Control of leaf and inflorescence morphology by temporal regulation of same genes ' Developing Crops of the Future ' Kiama, Australia、2016年4月20日

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

経塚淳子 (KYOZUKA, Junko)

東北大学・大学院生命科学研究科・教授

研究者番号：90273838

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし

(4) 研究協力者

榎本悟史 (NARAMOTO Satosi)

東北大学・大学院生命科学研究科・助教

志賀秀敏 (SHIGA Hidetosi)

東北大学・大学院生命科学研究科・修士課程学生