

令和 3 年 6 月 4 日現在

機関番号：82111

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K14364

研究課題名（和文）栄養条件に応じた開花期の予測モデルの確立

研究課題名（英文）Prediction model of flowering-time based on nutrient conditions

研究代表者

田中 伸裕（Tanaka, Nobuhiro）

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・次世代作物開発研究センター・研究員

研究者番号：60646230

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：複数のイネの開花関連の変異体を低窒素条件で栽培した結果、栄養開花にはフロリゲンのさらに下流の遺伝子が関わっていることを明らかにした。また、低窒素条件下における発現解析において、フロリゲン遺伝子の誘導が顕著でなかったことは本件を支持している。新規栄養開花関連遺伝子の同定を目指して、GWASによる遺伝子探索を行った。その結果、窒素代謝に関わる転写因子が候補として見つかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

栄養開花の制御機構を明らかにすることで、土壌の栄養状態に開花期が影響を受けにくいrobustな作物の作出を目指している。加えて、野菜類などで多用されているハイブリッド育種とも呼ばれる、F1種子を用いた農業生産では、F1種子の採取のための交配が必須である。その際に用いる母本品種が栄養状態によって開花期が影響を受けにくいことは非常に有用である。本研究で栄養開花の制御機構を明らかにすることで、ハイブリッド育種の効率化も目指している。

研究成果の概要（英文）：Under low nitrogen condition, I cultivated several mutants of flowering genes and investigated their flowering time. Based on their flowering time, I concluded that downstream gene of florigen was related to [nutrient-flowering]. Expression analysis under different nutrient conditions also supported this result. Next, I tried to isolate novel genes related to nutrient-flowering using GWAS. I identified one gene, which regulates nitrogen metabolism.

研究分野：分子遺伝育種学

キーワード：栄養開花 遺伝子同定

1. 研究開始当初の背景

開花期は作物生産において、収穫期や収穫量を決める、最重要形質の一つである。そのためこれまでに開花期の制御機構は、様々な植物種で遺伝学的な解析が行われてきた。これまでの知見では開花期は、日長に代表される光条件で主に制御され、春化などの温度条件も重要な要素の一つである。また植物ホルモンによっても制御されており、これらの経路に関わる遺伝子は数多く報告されている。

一方で植物は低栄養土壤などのストレス環境への適応として、開花を促進し、素早く次世代へと移行する戦略をとることが知られている。この現象は、肥料過多の栽培では花が咲かないなど、農業現場では広く知られていたが、その遺伝的な制御機構はほとんど解明されていなかった。

農業現場において作物の栽培環境は、土壤の種類や施肥の違いによって一様な栄養状態ではなく、例え同一の圃場内でも栄養素が偏在している。そのため開花期が揃わずに収穫の手間が増えたり、交配のタイミングがズレるなどの問題がある。そこで本研究ではこれまでに開花期の制御要素として研究されてこなかった「栄養」に着目し、新たな開花制御機構である「栄養開花」の解明を行い、上記の問題点の解決を目指した。

2. 研究の目的

栄養開花の制御機構を明らかにすることで、土壤の栄養状態によって開花期が影響を受けにくい robust な作物の作出を目指している。このような robust な作物が作出されれば、栽培環境における土壤条件に多少の違いがあっても、開花期が揃いやすいため、収穫期のズレが生じにくく農業生産の効率化が見込まれる。

加えて、野菜類などで多用されているハイブリッド育種とも呼ばれる、F1 種子を用いた農業生産では、F1 種子の採取のための異なる品種の交配が必須である。その際に用いる母本品種が、土壤の栄養状態によって開花期が影響を受けにくい、すなわち開花期が揃うことは非常に有用である。本研究で栄養開花の制御機構を明らかにすることで、前述の robust な作物が育成され、ハイブリッド育種の効率化も見込まれる。

3. 研究の方法

作物のモデル植物であるイネは、開花期制御の研究が最も進んでいる植物種の一つである。同じくモデル植物であるシロイヌナズナで明らかにされてきた、フロリゲン (FT) を介した開花制御機構、GI-CO-FT 経路は、イネにおいても保存されており、OsGI-Hd1-Hd3a として知られている。一方でイネは短日植物であるため、CO のオースログである Hd1 の機能が、長日植物であるシロイヌナズナとは逆になるなど、異なる開花制御機構も備えている。

また、Ehd1 や Ghd7 などのイネ独自の開花制御遺伝子も報告されており、開花期の研究に最適な素材である。そこで本研究ではイネで既報の開花関連遺伝子の変異体を作成し、異なる栄養条件で栽培し、その開花期の変化から栄養開花との関わりを調査した。加えて異なる栄養条件下で栽培した日本晴を材料に、既報の開花関連遺伝子の発現解析を行うことで、栄養開花に関わる遺伝子を調査した。

4. 研究成果

複数のイネの開花関連の変異体を低窒素条件で栽培した結果、フロリゲンの変異体では通常条件と比較して、低窒素条件での開花促進度合いが、野生型と同程度であった。そのためイネでは栄養開花にはフロリゲンのさらに下流の遺伝子がかかわっていることを明らかにした。また、低窒素条件下における日本晴の葉の発現解析において、フロリゲン遺伝子の誘導が顕著でなかったことは本件を支持している。

低栄養条件で栽培したイネは、通常条件と比べて開花期が促進されたが、その促進度合いには品種間差があった。そこで多品種の品種間差を用いた遺伝子同定手法であるゲノムワイド関連解析 (GWAS) を利用して、新規の栄養開花遺伝子の同定を行った。通常条件で栽培した際の開花期と、低栄養条件で栽培した際の開花期の差を形質値として GWAS を行なった結果、窒素代謝に関わる転写因子が栄養開花制御因子の候補として見つかった。候補遺伝子についてゲノム編集個体を作成し、通常条件、低栄養条件で栽培

した結果、低栄養条件下で、野生型と比べてさらに顕著な開花促進が観察されたため、本候補遺伝子は栄養開花制御に関わることを強く示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Tanaka Nobuhiro, Yoshida Saki, Takagi Hiroki, Terauchi Ryohei, Shimizu Akifumi, Fujiwara Toru	4. 巻 65
2. 論文標題 Evidence for rice Heading date 16 contribution to yield increase under low-nutrient conditions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Soil Science and Plant Nutrition	6. 最初と最後の頁 589 ~ 597
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00380768.2019.1647081	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 Tanaka N, Shenton M, Kawahara Y, Kumagai M, Sakai H, Kanamori H, Yonemaru J, Fukuoka S, Sugimoto K, Ishimoto M, Wu J, Eban K	4. 巻 61
2. 論文標題 Whole-Genome Sequencing of the NARO World Rice Core Collection (WRC) as the Basis for Diversity and Association Studies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 922 ~ 932
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcaa019	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 該当する
1. 著者名 Macho-Rivero MA, Herrera-Rodriguez MB, Brejcha R, Schffner AR, Tanaka N, Fujiwara T, Gonz;lez-Fontes A, Camacho-Cristbal JJ	4. 巻 59
2. 論文標題 Boron Toxicity Reduces Water Transport from Root to Shoot in Arabidopsis Plants. Evidence for a Reduced Transpiration Rate and Expression of Major PIP Aquaporin Genes.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Plant & cell Physiology	6. 最初と最後の頁 841-849
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcy026	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 Nobuhiro Tanaka, Shimpei Uruguchi, Masataka Kajikawa, Akihiro Saito, Yoshihiro Ohmori, Toru Fujiwara	4. 巻 96
2. 論文標題 A rice PHD-finger protein OsTITANIA, is a growth regulator that functions through elevating expression of transporter genes for multiple metals.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Plant Journal	6. 最初と最後の頁 997-1006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/tbj.14085	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3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 田中伸裕、Matthew Shenton, 川原善浩、杉本和彦、石本政男、江花薫子
2. 発表標題 新たなイネコアコレクションを用いた ゲノムワイド関連解析
3. 学会等名 日本育種学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中伸裕、Matthew Shenton, 川原善浩、杉本和彦、石本政男、江花薫子
2. 発表標題 イネコアコレクションにおけるイオノーム形質の多様性解析
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中伸裕 藤原徹
2. 発表標題 窒素欠乏条件はイネの開花期を促進する
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2018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

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