

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05861

研究課題名（和文）微気象変化による遺伝子発現量の変化を用いた温度応答モデルの開発

研究課題名（英文）Development of a temperature response model using gene expression caused by microclimate change.

研究代表者

望月 遼太（Mochizuiki, Ryota）

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・九州沖縄農業研究センター・研究員

研究者番号：90846065

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000円

研究成果の概要（和文）：作物の熱ストレスを早期に予測するモデルを構築するために、群落内気温の観測と温度応答遺伝子の探索を行った。群落内気温の観測結果から、普通ソバの群落内気温と標準高度の日平均気温の差は約1度であった。この気温差は大豆など他の畑作物と比較しても小さいため、栽培管理によって群落内気温を低下させ、熱ストレスを緩和することが出来るかもしれない。温度応答遺伝子の探索については、30度条件下で温度応答に差のある自殖系統を対象に行った。RNA-seqを用いた遺伝子解析により、熱ストレスに共通して応答する遺伝子群が明らかとなった。これらの結果をもとに、作物体の熱ストレスを早期に検知するモデルを現在構築している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年の温暖化に適応した作物栽培を考える上で、作物の器官別熱ストレスを定量化する手法は新たな栽培技術や栽培適地を検討する上で重要な指標となる。本研究において熱ストレスを定量化するための候補遺伝子群を選抜することに成功したため、今後はその中からより指標として適切な遺伝子を選抜することが実用化に向けた一歩となるであろう。また普通ソバの遺伝子発現に関する網羅的な解析例は少なく、熱ストレスに関連する遺伝子群の情報は作物の品種改良においても重要な情報となる。

研究成果の概要（英文）：To construct a model for early prediction of heat stress, we observed the air temperatures inside the common buckwheat canopy and explored temperature-responsive genes. Based on the observation results of the temperature inside the canopy, it was found that the temperature inside the common buckwheat canopy is approximately 1 degree lower than the temperature at reference height. This temperature difference is relatively small compared to other field crops such as soybeans, so cultivation management may reduce air temperature inside the canopy and alleviate heat stress. Regarding exploring temperature-responsive genes, we focused on selfed strains with differential temperature responses under 30-degree conditions. Gene analysis using RNA-seq has revealed a group of genes that commonly respond to heat stress. Based on these results, we are currently constructing a model for early detection of heat stress in crop plants.

研究分野：農業気象

キーワード：次世代シーケンサー 微気象 生育モデル 遺伝子発現

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

気候変動下における安定的な作物生産を目指して、これまで環境要因から作物の生理・生態を定量化・予測する様々なモデルが開発されてきた。例えば光合成効率については酵素反応を用いたモデルにより高い精度で予測することが可能となっている。この光合成量予測に基づいた生育予測のモデルは、草丈や乾物など栄養成長に関する値を高精度に予測する。一方で、子実重など生殖成長の量的な予測については研究蓄積が少なく精度面にも課題が残っている。これは環境要因(日長や気温)が与える生殖器官への影響を十分に考慮できていないことが原因と考えられる。つまり、光合成量など作物のエネルギー生産については環境要因を考慮した予測ができていたが、師部転流や開花などエネルギーの輸送・消費に関する予測についてはこれまで以上に環境要因による影響を考慮する必要があるということである。生殖器官は特に温度に敏感に反応し、生殖成長期の高温が作物収量を低下させることは水稻をはじめ麦や普通ソバなど様々な作物種で報告されている。そこで申請者らは生育モデルの精度向上のために生殖器官の温度応答に着目し、生殖成長期に起こる生理応答を定量化し生育モデルに組み込むことを目指す。この問題を解決するためには作物の温度応答を観測する手法が重要となってくる。従来の温度応答を観測する手法である葉温・気孔コンダクタンスの測定を生殖器官に転用することは難しい。そこで申請者らは温度応答を定量する手法として遺伝子の発現量に注目した。次世代シーケンサーは観測部位ごとの遺伝子発現量を網羅的に定量することができるため、観測部位に依らない定量・比較が可能である。さらにこの観測方法は生理応答の種類に依存しないため手法が確立すれば、湿度や日長など異なる環境要因への水平展開が容易であるという利点がある。本研究では次世代シーケンサーを用いて、生理応答の中でも特に過敏に反応する高温が生殖器官へ与える影響を遺伝子の発現量から定量することで、生育モデルの改善を試みる。

2. 研究の目的

本研究では作物の生殖器官(花芽および子実)に注目し、遺伝子発現量に基づいた温度応答の定量化およびモデルの作成を試みる。温度応答の定量化にあたっては下記の課題を明らかとしていき、得られた結果と観測した環境情報をもとに温度応答モデルを構築する。

温度変化と高い相関関係を示す温度応答遺伝子は何か。

生育段階は温度応答遺伝子の発現量に作用するか。

栽培温度は各部位での温度応答遺伝子の発現量にどの程度作用するか。

3. 研究の方法

気象観測：作物群落内の気温を高度別に観測し、標準高度(1.5m)の気温と比較する。各器官が存在する高度で観測された気温をもとにモデル構築を行う。高度別の気温については、群落内気温推定モデルを構築して標準高度の気温から補正して求めた値をもとに検証する。

器官別温度応答の定量化：高温条件下での栽培により種子形成率に差のある普通ソバ自殖系統を選抜してきた。これらの系統を30及び20条件で栽培し、部位ごとの遺伝子発現量を次世代シーケンサーにより解析した。得られた熱応答遺伝子の候補群から、生育段階、器官別の遺伝子発現量の変化をリアルタイムPCRにより解析することで器官別の温度応答を定量化する。これらの遺伝子群の温度閾値をもとに作物体が受ける熱ストレスを器官別に予測するモデル構築につなげていく。



4. 研究成果

群落内気温観測の結果、春・秋蕎麦のいずれにおいても開花時期のソバ群落内の気温は標準高度の気温と比較して約1度低かった。これは主に夜温の低下に起因しており、日中の気温は群落が繁茂する播種1カ月後までは地際部が5以上高い状態であり、それ以降の時期は地際部が約1度低く、群落上層部(0.75m)は標準高度の気温と同程度であった(図1)。同じ畑作物である大豆でも同様の傾向が観察されたが、日中の気温はソバと比較しても約1度低くなっていた。草型や栽植密度の差によりこの差が生まれていることを考慮すると、密植などにより群落の繁茂状態を制御することで、ある程度熱ストレスを緩和することが出来る可能性が考えられる。

人工気象器および圃場での栽培試験、次世代シーケンサーを用いた遺伝子発現量の解析の結果、両系統に共通する気温に応答して発現量の変化する遺伝子群を選抜することに成功した(図2)。これら遺伝子群の解析を進めることで、各器官別の熱ストレスを定量化していく予定であったが、電力価格高騰の影響を受け実験機器の利用に制約が生まれたため当初想定より進捗が遅れが生じた。これら遺伝子群の機能解析や時系列に応じた発現量の変化については現在も進行中である。また両系統間で発現量に差のある遺伝子群を解析することで、高温耐性に関係する遺伝

子情報の拡充も図っていく予定である。

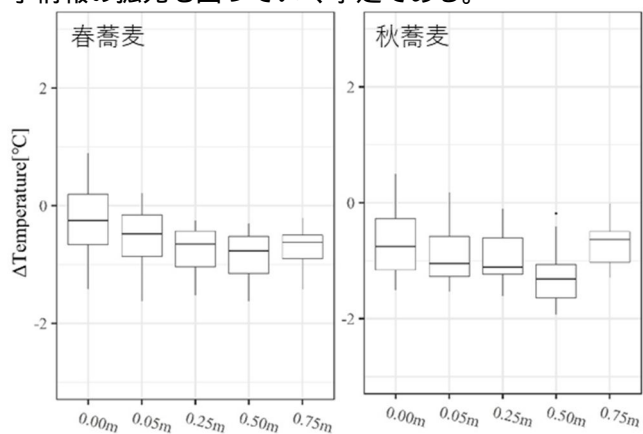


図 1. 標準高度の気温と群落内気温の温度差

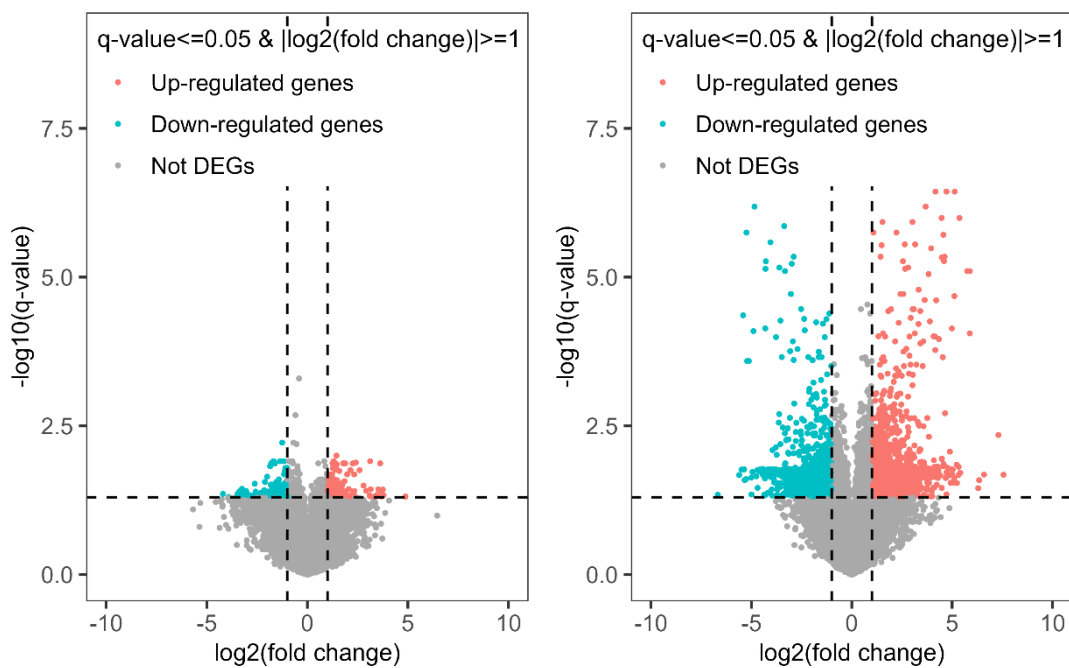


図 2. 高温耐性系統（左）と高温感受性系統（右）における温度条件で発現量に差のある遺伝子

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
研究分担者	鈴木 達郎 (Suzuki Tatsuro) (00469842)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・九州沖縄農業研究センター・グループ長補佐 (82111)	

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