

令和元年6月20日現在

機関番号：82111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K18640

研究課題名(和文)イネの根圧制御に関する研究

研究課題名(英文)Research on the regulation of root pressure in rice

研究代表者

小川 大輔(Ogawa, Daisuke)

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：10456626

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)：根は土壌から水や栄養分を吸収し導管を介してそれらを地上部に送っている。導管輸送には根圧が重要であるがその分子機構は不明瞭のままである。私は、地上部切断時に滲出する導管液の量が根圧を反映するという作業仮説を立て研究に臨んだ。本研究により、植物ホルモンのオーキシンは細胞膜プロトンポンプを介して導管輸送を正に制御し、環境ストレス条件下で誘導される植物ホルモンのジャスモン酸やアブシジン酸は導管輸送を負に制御する可能性が示唆された。また、酸素や窒素欠乏によって導管輸送が抑えられることが明らかとなった。今後、外的要因と植物ホルモンの関係を紐解くことによりさらに詳細な根圧の仕組みが明らかになると期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

根圧は植物の物質輸送の根幹であるがそのメカニズムは不明であった。本研究により、根圧に影響を与える内的因子として植物ホルモンを、また外的因子として一部の環境ストレスを示したことは植物生理学における一つの進展と考える。植物ホルモンに関する知見は充実していることから、合成やシグナリングに関する変異体を用いた研究を展開することによりさらに根圧の仕組みに関する理解が深まると考えられる。環境ストレスが導管液輸送に影響を与えることから、環境ストレスの農産物への影響の一端が露になったと推察される。本研究成果を基に、根圧を制御する遺伝子座や物質の解明を進めることで、安定した農作物生産への貢献が期待される。

研究成果の概要(英文)：Plants take in water and nutrients at root from soil and transport them to shoot by xylem. Root pressure is involved in the transport but its mechanism is not well understood. We hypothesize that root pressure is reflected on the xylem sap when shoot is cut. My physiological studies in terms of plant hormones suggest that auxin promotes the transport through activation of proton pump in cell membrane, and that jasmonic acid and abscisic acid negatively regulate the transport. Environmental stresses such as anoxia and nitrogen deficiency inhibit xylem sap exudation but not potassium and phosphate deficiency. These results imply that root pressure is influenced by specific stresses which is possibly through plant hormones signaling. Further studies for revealing the relationship between external stimuli and plant hormones will provide us the mechanism on the root pressure.

研究分野：植物生理学

キーワード：根圧 植物ホルモン イネ 導管

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

導管は根から地上部をつなぐ一方向性の主要経路である。導管中に含まれる水、有機物や無機物は、地上部の成長発達のための細胞分裂・伸長や光合成に必須である。また、環境変化により、シグナル物質であるアブシジン酸の濃度や pH 変化が導管液中で起こる。このように、導管輸送は根圏の物質や情報を地上部に送る重要な役割を担っている。

2. 研究の目的

導管を介した物質輸送は、気孔からの蒸散流と根からの能動輸送に依存する。蒸散流は気孔開閉により制御されることが知られるが、根圧に代表される能動的な導管輸送制御における知見は乏しい。私は、地上部切断時に滲出する導管液の量が能動的な導管輸送を反映するという作業仮説を立て研究に臨む。本研究では、導管液量を制御する遺伝因子や環境要因を同定し、導管輸送の制御機構を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

稲の導管輸送を制御する遺伝因子を明らかにするため、様々な組換え自殖系統 (RIL) 等を用いた QTL 解析を行い導管液量に関わる遺伝因子を同定する。また、導管輸送がどのような環境変化の影響を受けるかを明らかにするため、様々な環境ストレス条件で稲を栽培し導管液量を調べる。また導管液滲出量に対する植物ホルモンの影響を調べる。

4. 研究成果

(1) 導管液量に関する遺伝解析

RIL を用いた遺伝解析には遺伝子型データと表現型データが必要であるため、その二つのデータ取得を試みた。RIL の親品種の次世代シーケンサー解析により検出された 10bp 以上の挿入欠失領域や一塩基置換部位をターゲットとして DNA マーカーを作出し、遺伝子型解析を行った (主な発表論文等 1)。その結果、稲品種「ルリアオバ」と「タチアオバ」の RIL82 系統や「タカナリ」と「べこごのみ」の RIL138 系統に関して遺伝子型データを取得した。表現型データとして RIL の導管液滲出量の測定を試みた (図 1)。滲出量は室内温度や水温による影響が大きく、恒温槽などを用いた実験系を検討したが、多検体に関してデータを取得する際には安定したデータが得られなかった。



図 1 導管液採取の方法

インキュベーター (25℃、14 時間明期、10 時間暗期) で 4 週間程度土耕栽培した稲の系統の地上部の基部をカットし、基部から進出する導管液を 45 分間ピペットマンを用いて採取した。

(2) 導管液量に影響を及ぼす環境要因や内的要因

導管液量に影響を及ぼす環境要因を明らかにするため、水耕栽培した稲品種「日本晴」を用いて、滲出する導管液量の変化を調べた。その結果、高浸透圧ストレスとして 0-90mM のソルビトール処理をすると濃度依存的に滲出量が低下した (図 2)。水温 25℃に比較して 35℃では滲出量が増加し、45℃では減少した。また栄養欠乏処理を検討したところ、窒素がない条件でのみ液量が減少した。また、水耕液を無酸素状態にする O₂ase (50 倍希釈) を加えると滲出液量が減少した。この結果、根が水を吸えるかどうか、また水温や窒素条件、酸素の有無が導管輸送に重要であることが明らかとなった。

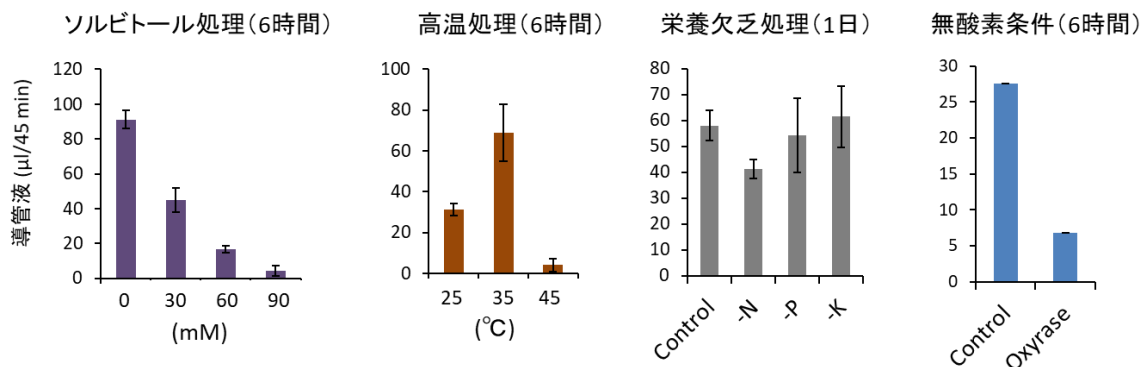


図2 環境による導管液量の影響

3-4 週間程度栽培した「日本晴」を水耕栽培し、様々な条件で地上部の基部を切断し、滲出する液を 45 分間採取した。

また、内的要因として植物ホルモンの影響を調査した。0、30、100、300 μ M の濃度を検討したところ、導管液滲出量に対し、ジャスモン酸 (JA) 処理で顕著な減少、アブシジン酸 (ABA) 処理で若干の減少、人工オーキシシン (IAA) 30 μ M と 100 μ M で若干の増加が見られた (図 3)。

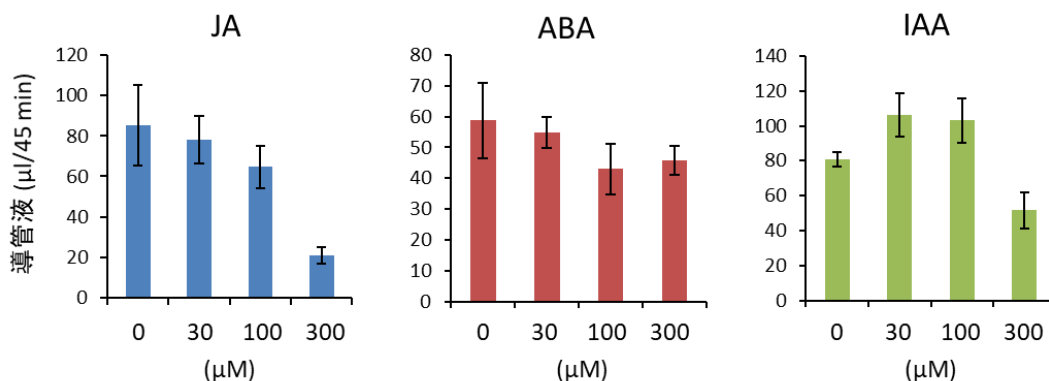


図3 植物ホルモンによる導管液量の影響

3-4 週間程度栽培した「日本晴」を水耕栽培し、水耕液に各ホルモンを 0-300 μ M の濃度で投与して 6 時間処理し、地上部の基部を切断して滲出する液を 45 分間採取した。

IAA による導管液滲出の弱い誘導効果の分子メカニズムを明らかにするため、オーキシシンにより活性化する細胞膜プロトンポンプの関与の可能性を検討した。細胞膜プロトンポンプ活性を高めるフシコクシンを 1 μ M の濃度で処理すると、導管液滲出量が若干増加した。イネの細胞膜プロトンポンプ遺伝子 (Os04g0656100) に *Tos17* レトロトランスポゾンの挿入された変異体を単離し (図 4)、導管液量の調査を試みたが、残念ながらこの変異体は野生型に比べて極めて生育が悪く、そもそもの地上部の成長量によって滲出する導管液量が変わってしまうため、実験が成り立たなかった。

本研究で得られた結果をまとめると、植物ホルモンのオーキシシンは細胞膜プロトンポンプを介して導管輸送を正に制御し、その一方で環境ストレス条件下で誘導される植物ホルモンのジャスモン酸やアブシジン酸は導管輸送を負に制御する可能性が示唆され、植物ホルモンのクロストークにより導管輸送が調節されていることが推察された。



図4 細胞膜プロトンポンプ遺伝子の変異体

Tos17 レトロトランスポゾンが挿入された細胞膜プロトンポンプ遺伝子 (Os04g0656100)。黒の直線がコーディング配列を示し、青い部分がエキソン位置を示す。*Tos17* のタグライン NE1507 が相当する。

〔雑誌論文〕（計 1 件）

1) Ogawa D, Yamamoto E, Ohtani T, Kanno N, Tsunematsu H, Nonoue Y, Yano M, Yamamoto T, Yonemaru JI. Haplotype-based allele mining in the Japan-MAGIC rice population. Scientific Reports. 査読有 Vol.8 No.1, 2018 年, 4379

〔学会発表〕（計 0 件）

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8 桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。