

植物の新たな干ばつストレス応答メカニズムの解明

葉の萎れが見られない程度の極めて初期の干ばつ時に、植物体内のリン酸含量が低下し、リン酸欠乏応答遺伝子の発現が誘導される。リン酸欠乏応答は、これまでにわかっていたアブシシン酸の応答が起こる前の乾燥ストレス初期に生じることから、干ばつ初期の植物の応答を捉える新たな指標として、植物の水分センサー開発などに応用できる。

キーワード：干ばつ、リン酸、アブシシン酸、ダイズ、シロイヌナズナ

背景・ねらい

水分欠乏は、作物の生育や生存を脅かす最も深刻な環境ストレスである。葉の萎れが見られない軽度の干ばつであっても、作物の生育は顕著に低下し、収量に甚大な影響をもたらす。そのため、このような“見えない干ばつ”を早期に捉え、灌水などの適切な対策をとることは作物の安定生産において重要である。しかし、圃場で生じる“見えない干ばつ”に対する作物の応答およびそのメカニズムの理解は進んでいない。本研究では、開発した畝を用いた干ばつストレス評価系を用いて、圃場における植物の干ばつ応答を捉えるとともに、実験室における詳細な解析やモデル植物を用いた解析を通して、圃場で生じる“見えない干ばつ”に対する植物の応答メカニズムおよびその生理学的意義を解明する。

成果の内容・特徴

1. 圃場において葉が萎れない程度の干ばつストレス（“見えない干ばつ”）を受けたダイズの葉では、リン酸が欠乏した際に機能する遺伝子群（リン酸欠乏応答遺伝子）の発現が誘導される（図1）。
2. “見えない干ばつ”を受けたダイズの葉において、植物の生育に必要な主要元素（窒素、リン酸、カリウム）の中でリン酸（P）含量が最も減少する。
3. 温室および人工気象器内でポット内の土の水分量をコントロールして栽培したダイズでは、乾燥ストレスの初期段階に、土壌水分依存的にリン酸欠乏応答遺伝子の発現が誘導される。さらに、乾燥ストレスが強くなると、乾燥ストレス応答などで重要な働きをすることが知られているアブシシン酸(ABA)に応答する遺伝子群の発現が誘導される（図2）。
4. モデル植物であるシロイヌナズナにおいても、ABA 応答遺伝子の発現が誘導される前の乾燥ストレス初期に、リン酸欠乏応答遺伝子の発現が誘導されることから、新たに見いだした現象は、植物に普遍的であることが示唆される。

5. リン酸欠乏応答が誘導されないシロイヌナズナ欠損変異体では、通常の野生株と比較して乾燥ストレスによって生育が顕著に抑制されることから、乾燥ストレス初期のリン酸欠乏応答遺伝子の発現誘導は、乾燥ストレス時の生育を維持するために重要な役割を担うことが示唆される（図3）。

成果の活用面・留意点

1. リン酸含量やリン酸欠乏応答遺伝子の発現は、“見えない干ばつ”を早期に捉える指標として、植物の水分センサー開発などに貢献することが期待される。
2. “見えない干ばつ”時におけるリン酸欠乏応答の誘導は植物に普遍的な現象であると考えられるが、土壌水分以外の環境条件もリン酸欠乏応答の誘導に影響を与える可能性を考慮する必要がある。

その他

予算区分：交付金プロ [B1 レジリエント作物（第5期）、B2 不良環境耐性作物開発（第4期）、B2 環境ストレス耐性（第3期）]、外部資金 [SATREPS、ムーンショット型農林水産研究開発事業、科研費 18K05379]
研究実施期間：2015～2023 年度
研究担当者：永利友佳理、小林安文、藤井健一郎、馬場隼也、藤田泰成（生物資源・利用領域）、伊ヶ崎健大、大矢徹治（生産環境・畜産領域）、水野信之、安井康夫（京大）、杉田亮平（名大）、竹林裕美子、小嶋美紀子（理研）、榊原均（理研、名大）、小林奈通子、田野井慶太郎（東大）、小木曾映里、石本政男（農研機構）
発表論文等：Nagatoshi et al. (2023) *Nature Communications* 14: 5047. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-40773-1>

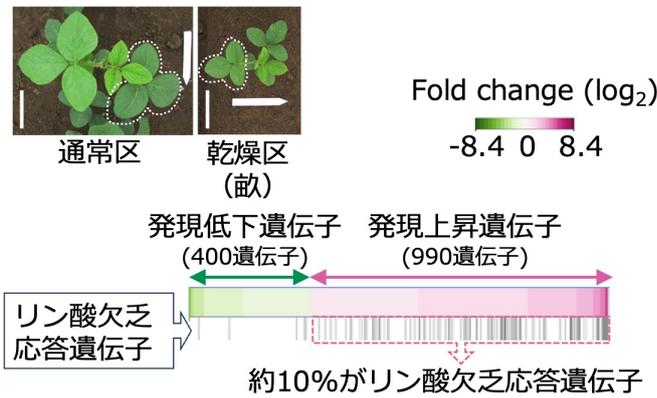


図1 圃場干ばつ条件下のダイズの葉におけるリン酸欠乏応答遺伝子の誘導

圃場の畝を用いた干ばつストレス評価系で栽培したダイズのトランスクリプトーム解析。播種後31日目のダイズの第2葉（写真点線）をRNA-seq解析に使用。写真中のバーは、10 cmを表す。

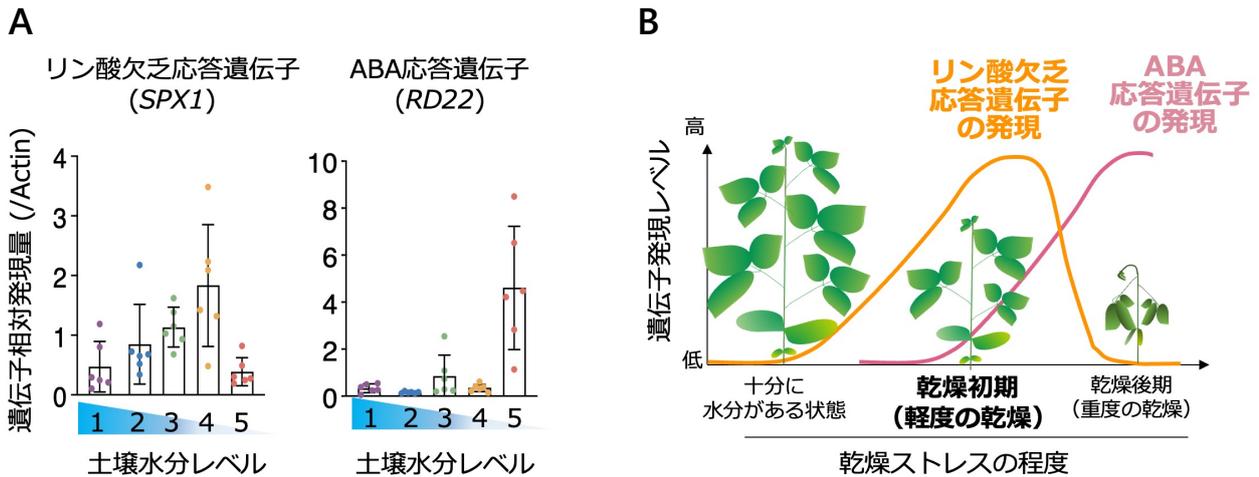


図2 軽度の乾燥時に土壤水分依存的に誘導されるリン酸欠乏応答遺伝子とABA応答遺伝子の発現

(A) 温室においてポット内の土壤水分レベル（レベル 1-5; 数値が大きいほど水が少なく、乾燥の程度が強い）を制御して栽培したダイズの遺伝子発現解析。n数は6、エラーバーはSD。(B) 新規に提示する植物の乾燥ストレス応答のモデル図。

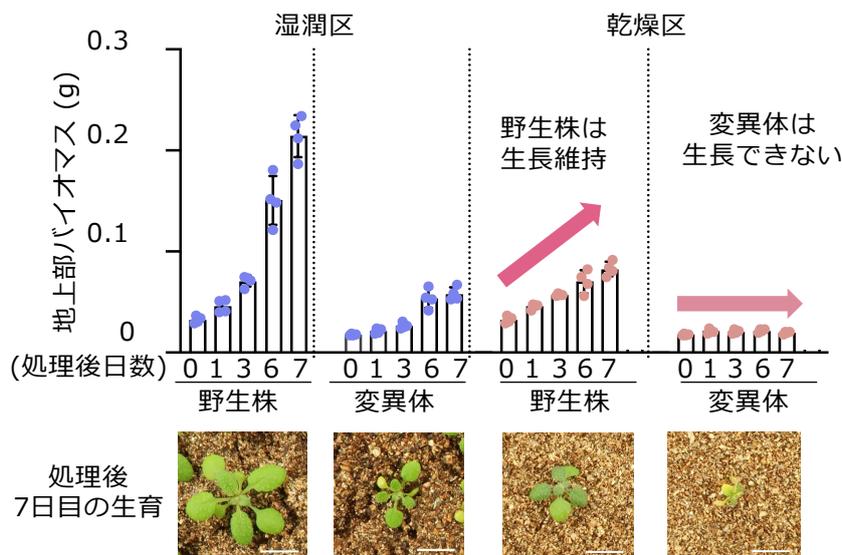


図3 リン酸欠乏応答が誘導されないシロイヌナズナ変異体の乾燥ストレス応答

乾燥ストレスを処理したシロイヌナズナ野生株およびリン酸欠乏応答が誘導されないシロイヌナズナ変異体の生育変化。乾燥ストレス処理後（栽培ポットへの給水を停止後）1、3、6、7日目の地上部のバイオマス量を示す。写真中のバーは、1 cmを表す。n数は4、エラーバーはSDを示す。

図は Nagatoshi et al. (2023) © The Author(s) 2023 より転載/改変して作成