



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Studies on improvement of tolerance to boron deficiency and toxicity in plants [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	船川, 寛矢
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第13742号
Issue Date	2019-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/76064
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Hiroya_FUNAKAWA_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士 (環境科学)

氏 名 船川 寛矢

審査委員	主査	准教授	三輪 京子
	副査	教 授	森川 正章
	副査	教 授	山口 良文
	副査	准教授	山崎 健一
	副査	教 授	藤田 知道 (大学院理学研究院)

学 位 論 文 題 名

Studies on improvement of tolerance to boron deficiency and toxicity in plants
(植物におけるホウ素欠乏・過剰耐性付与の研究)

本論文は、植物のホウ素栄養に焦点をあて、ホウ素欠乏および過剰耐性植物の作出を目指した研究である。欠乏耐性付与では、これまで行われてきた輸送強化とは異なる新たなホウ素欠乏耐性付与の方法として、植物のホウ素要求量を低下させる遺伝子変異を同定し、要求量低下の分子機構の解明を行った。過剰耐性付与では、ホウ素排出によるホウ素過剰耐性付与の有用性を実用植物のトマトにおいて明らかにした。

土壌中の無機栄養の欠乏や過剰は、植物の成長や生殖の制限要因の一つである。ホウ素は植物の微量必須元素のひとつであり、一次細胞壁のペクチン性多糖のラムノガラクトuronan II (RG-II) を架橋する。ホウ酸によるRG-II架橋は、ペクチンネットワーク形成に必須であり、細胞の接着や物理的な強度維持に寄与する。一方、過剰のホウ素は生物に毒性を示す。

ホウ素欠乏・過剰による植物の成長の抑制は自然および農業生産において世界中で報告されている。日本を含む東アジアなど多雨地域を中心にホウ素欠乏が報告され、オーストラリアなど半乾燥地にはホウ素過剰土壌が存在する。これらの地域では、持続的な植物生産のためホウ素欠乏・過剰耐性作物品種の開発がひとつの課題である。

これまで、ホウ素の吸収や移行の強化が、植物へホウ素欠乏を付与することが報告された。しかし、輸送を強化した植物の長期間の使用は、ホウ素欠乏土壌におけるホウ素の枯渇を引き起こすと考えられる。持続的な植物生産には、成長に必要な植物体内のホウ素量 (ホウ素要求量) が低下した植物の作出が必要である。

また、植物体外へのホウ素排出の強化はホウ素過剰耐性を向上させることが、シロイヌナズナやイネで報告された。しかし、果実を食用とする植物での効果は明らかではなかった。

1. ガラクツロン酸転移酵素遺伝子変異によるホウ素要求量低下の分子機構の解明

先行研究で、体内のホウ素要求量を低下させる遺伝子変異を同定するため、シロイヌナズ

ナホウ酸輸送体機能欠損株*bor1-1*抑圧変異株スクリーニングが行われた。本抑圧変異株は地上部のホウ素濃度が低下したにもかかわらず、ホウ素欠乏条件における葉の展開抑制の回復を示し、ホウ素要求量が低下したと考察された。ひとつの抑圧変異株の原因変異はペクチン合成への関与が推測されるガラクトシロン酸転移酵素 (GAUT) 10 の機能低下・欠損であった。

本論文では、*bor1-1* 変異を除いたGAUT10単独の変異株の解析により、GAUT10のみの変異でホウ素欠乏条件下での主根伸長や稔実性の改善を引き起こすことを明らかにした。また、ペクチン合成が盛んな根の伸長領域での発現、ゴルジ体への局在、共同研究者による*in vitro*でのホモガラクトシロナンへのガラクトシロン酸転移活性の検出から、GAUT10 がホモガラクトシロナンの合成に機能することが示された。さらに、変異株の細胞壁ではホウ素濃度とRG-IIの減少が認められた一方、ホウ酸によるRG-IIの架橋の割合 (相対的な架橋率) に有意な差はなかった。これより、GAUT10の変異はホモガラクトシロナンやRG-IIの減少を引き起こし、少ないホウ素量でRG-II架橋率の維持がなされ、結果としてホウ素要求量の低下につながったと考察された。

本成果は、ホウ素要求量低下を通じた、ホウ素欠乏耐性を付与する新たな遺伝子資源を同定したものであり、植物の必須ミネラルの要求量を低下させた初めての例である。

2. トマトにおけるホウ素排出輸送体BOR4 によるホウ素過剰耐性付与

シロイヌナズナホウ酸輸送体BOR4 はホウ素過剰条件下において、ホウ素の細胞外への排出を担う。先行研究で、シロイヌナズナBOR4 を高発現するコンストラクトが導入されたトマト (モデル品種Micro-tom) が作出された。本論文では、長期の水耕栽培での野生型トマトのホウ素過剰症状を明らかにし、BOR4-GFP 高発現トマト1系統において、葉縁部の枯死や結実の遅延を含むホウ素過剰症状が緩和されることを見出した。本形質転換体では、地上部および根のホウ素濃度の減少が認められた。果実においてもホウ素濃度の減少が観察された一方、測定した多くの他元素に有意差はなく、ミネラル栄養という観点から品質に影響はないことが示唆された。本研究は、ホウ素過剰耐性を示すトマトの作出の成功例となった。

本成果は、持続的な農業生産の基盤となる有用な遺伝子を同定する成果であると共に、植物の環境適応機構について新たな知見を与える研究であり、植物栄養学および植物生理学、環境科学として高い価値を有する。

審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士 (環境科学) の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。