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
Citation	北海道大学. 博士(環境科学) 甲第13742号
Issue Date	2019-09-25
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/76064
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Hiroya_FUNAKAWA_abstract.pdf (論文内容の要旨)

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士 (環境科学)　　氏　名　船川　寛矢

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)

土壌環境中の無機栄養の欠乏または過剰は植物の成長を制限する主要な要因の一つである。ホウ素は植物の微量必須元素であり、一次細胞壁に含まれるペクチン性多糖のラムノガラクツロナン II (RG-II) を架橋する。RG-II はホモガラクツロナン(HG)を主鎖として 6 つの側鎖が連結した構造を持つ。RG-II 二分子はホウ酸によって架橋され、ペクチンのネットワークが形成される。一方、過剰のホウ素は植物に毒性を示す。ホウ素欠乏・過剰土壌による植物成長の抑制は自然界や農業生産において世界中で報告されている。

これまでに植物のホウ素欠乏耐性を付与する方法として、ホウ素の吸収や植物体内での移行の強化が、ホウ素欠乏条件における植物の栄養成長・生殖成長の向上に有効であることが報告された。しかし、これら輸送を強化した植物の長期利用はホウ素欠乏土壌におけるホウ素の枯渇が懸念される。欠乏土壌における持続的な作物栽培のため、成長に必要なホウ素量(ホウ素要求量)が低下した植物の作出が必要である。

また、ホウ素過剰耐性付与の方法として、細胞内または体内からのホウ素排出の強化が、シロイヌナズナやイネの過剰条件下での成長改善に効果的であることが報告された。しかし、果実を食用とする植物において、ホウ素排出の強化がホウ素過剰耐性を付与するかは明らかではない。

本研究では、ホウ素欠乏・過剰耐性植物の作出を目指し、1) 輸送強化ではない、シロイヌナズナのホウ素要求量低下による新たな欠乏耐性機構の解明、2) トマトのホウ素排出強化による過剰耐性付与の実証を目的とした。

【第 1 章】シロイヌナズナにおけるガラクツロン酸転移酵素(*GAUT10*) 変異によるホウ要求量低下の分子機構の解明

シロイヌナズナホウ酸輸送体 BOR1 は根から地上部へのホウ素の移行を担う。先行研究で、シロイヌナズナホウ酸輸送体機能欠損株 *bor1-1* に新規変異を導入し、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成長抑制が回復した、すなわち、ホウ素要求量が低下した *bor1-1* 抑圧変異株が単離された。この抑圧変異株の原因はペクチ

ン合成への関与が推測されるガラクツロン酸転移酵素(GAUT)10 の機能低下・欠損であることが、これまでに明らかにされていた。

gaut10 変異のみで植物のホウ素要求量が低下できるかを検証するため、*bor1-1* 変異を除いた *gaut10* 単独変異株をホウ素欠乏条件において栽培したところ、主根伸長及び稔実の改善が観察された。一方、ホウ素通常条件において、変異株の成長に顕著な差は観察されなかった。

GAUT10 はゴルジ体に局在し、*in vitro* においてペクチンの主成分である HG へのガラクツロン酸転移活性が検出されたことから、GAUT10 が HG の合成に機能することが示唆された。*gaut10* 変異株において、RG-II 特異的な単糖や RG-II の免疫染色の強度が減少したことから、RG-II の減少が示唆された。ホウ素欠乏条件において、*gaut10* 変異株の細胞壁中のホウ素濃度は、野生型株と比較して減少したにも関わらず、RG-II 全体量に対するホウ酸架橋された RG-II の割合(架橋率)に有意な差は無かった。これらから、GAUT10 の機能低下・欠損は HG 及び RG-II の合成を低下させ、その結果、RG-II 全体量が減少したため、より少ないホウ素量で成長に必要な RG-II 架橋率の維持が可能になったと考察された。これは、遺伝子改変により、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。

【第 2 章】トマトにおけるシロイヌナズナ *BOR4* 過剰発現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。先行研究により、シロイヌナズナ *BOR4* を高発現するコンストラクトがトマト(Micro-tom) に導入され、複数の形質転換体の内、独立な 2 つの形質転換体(Ai1-3, Ai3-3)が、過剰のホウ酸を含む固形培地において主根伸長の改善を示した。

本章では、*BOR4-GFP* の高発現によるトマトの過剰ホウ素耐性への影響を明らかにするため、形質転換体 Ai1-3 を高濃度のホウ酸条件下で水耕栽培し、その成長を観察した。ホウ素過剰条件下において、野生型株は葉縁部の壊死や結実の遅延が観察されたが、形質転換体 Ai1-3 ではそれらのホウ素過剰症は観察されなかった。形質転換体 Ai1-3 の地上部および根のホウ素濃度は、ホウ素過剰条件下において、野生型株と比較して有意に減少した。これらの結果より、BOR4-GFP によるホウ素の排出により、形質転換体 Ai1-3 のホウ素過剰症が緩和されたことが示唆された。さらに、ホウ素過剰条件で栽培した植物の果実に含まれる元素濃度を測定したところ、形質転換体 Ai1-3 の果実のホウ素濃度は野生型株と比較して減少した。一方、測定した多くの他元素に有意な差は無かったことから、無機栄養の組成という点で、果実の質に顕著な影響は無いことが示唆された。本研究から、*BOR4* 過剰発現はナス科植物のトマトにホウ素過剰耐性を付与することが実証された。

本学位論文で、ホウ素要求量の低下によるホウ素欠乏耐性シロイヌナズナ、また、*BOR4* 過剰発現によるホウ素過剰耐性トマトの作出に成功した。本研究は、ホウ素欠乏・過剰土壌における持続的な農業生産のための基盤となる知見を提供するものである。