

京都大学教育研究振興財団助成事業
成果報告書

2024年4月9日

公益財団法人京都大学教育研究振興財団

会長 藤 洋作 様

所属部局 農学研究科

職名 准教授

氏名 小林 優

助成の種類	令和5年度 ・ 研究活動推進助成			
申請時の科研費 研究課題名	植物細胞壁におけるホウ素の存在形態の再検討			
上記以外で助成金を 充当した 研究内容	(該当なし)			
助成金充当に関 わる共同研究者	(所属・職名・氏名) (該当なし)			
発表学会文献等	(この研究成果を発表した学会・文献等) ①International Conference on 100 Years of Results on Boron Research in Plants (2023/9/22-23 Stuttgart, Germany) ②ホウ素栄養研究会2023(2023/12/22-23 大阪公立大学)			
成果の概要	研究内容・研究成果・今後の見通しなどについて、簡略に、A4版・和文で作成し、 添付して下さい。(タイトルは「成果の概要／報告者名」)			
会計報告	交付を受けた助成金額	1,000,000	円	
	使用した助成金額	1,000,000	円	
	返納すべき助成金額	0	円	
	助成金の使途内訳	費目	金額	
		研究用消耗品	442,744	
		旅費(学会参加)	309,120	
その他(依頼分析)		248,136		
当財団の助成に ついて	(今回の助成に対する感想、今後の助成に望むこと等お書き下さい。助成事業の参考にさせていただきます。) この度はご支援真にありがとうございました。科研費が獲得できず研究の継続が危ぶまれる状況でしたが、ご支援により研究を進めることができ、令和6年度の科研費採択につなげることができました。貴財団による助成は基礎研究に対する支援として大変貴重な事業であり、今後も同様に継続いただけましたら幸いです。			

成果の概要／小林優

<研究内容>

植物の微量必須元素であるホウ素（B）は、降雨等による溶脱で土壌から失われやすく、作物における欠乏症の発生事例が多い元素である。B 欠乏は新葉の展開阻害、塊茎や塊根内部の壊死、不稔などの障害を引き起こす。一方乾燥・半乾燥地域では土壌に B が蓄積し、B の過剰吸収による生育阻害が頻発する。これら B 栄養ストレスに起因する作物の損失を防ぐ方策を講じる上で、植物体内で B が果たす機能、また欠乏・過剰による障害の発生機構を理解することは極めて重要である。そしてそのためには、植物体内における B の存在形態解明が不可欠である。例えば、我々は以前の研究で B が細胞壁多糖ペクチンの部分領域であるラムノガラクトツロナン II（RG-II）との複合体として存在することを見出し、そこから B がペクチンを架橋し細胞壁構造を安定化する因子であることが明らかとなった。しかし RG-II との複合体（B-RG-II）が植物における B の唯一の存在形態であるかどうかは、これまで十分に検討されていない。植物体内に RG-II 以外の B 結合物質も存在するならば、B はペクチン架橋以外の生理機能にも関与している可能性がある。そこで本研究では、B 供給量の変化に伴う組織の B 含量および RG-II 量の変動を解析することで、植物体内、特に細胞壁に未同定の B 結合物質が存在するか検討した。

<研究成果>

B 供給量を変えてハツカダイコンおよびダイズを水耕栽培し、細胞壁試料を調製して B および RG-II 含量を定量した。B 通常条件（0.5ppm B）で栽培した植物から調製した細胞壁試料では、RG-II と B の物質比（RG-II/B 比）は B-RG-II の値 2 に近い値を示し、B は全て RG-II に結合していると推定された。一方 B 過剰区（2.5、5.0ppm B）の植物由来の細胞壁試料では、RG-II/B 比は 2 を大幅に下回り（0.3~0.7）、RG-II に対し過剰量の B が細胞壁に結合していること、すなわち RG-II 以外の物質に結合した B（非 RG-II 態 B）が存在することが明らかとなった。

ダイズにおける非 RG-II 態 B の分子の実体について洞察を得るため、非 RG-II 態 B が存在する B 過剰区細胞壁の糖組成を、非 RG-II 態 B が検出されない B 通常区細胞壁（対照）のそれと比較した。植物による B の吸収形態であるホウ酸 $[B(OH)_3]$ は、アピオース、ガラクトースおよびマンノースなど *cis*-ジオール構造をもつ糖とエステルを形成しやすい。そこでこれらの糖含量に着目したところ、B 過剰区細胞壁は、対照に比べ多量のガラクトースを含有することが明らかとなった。ストレス条件下で細胞壁のガラクトース残基が増加することは既に報告例がある^{1,2)}。このことから、B 過剰条件で栽培されたダイズでは、ストレス応答としてガラクトースを含む物質が細胞壁に蓄積し、そのガラクトース残基にホウ酸が結合する結果、非 RG-II 態 B が生成することが示唆された。

<今後の展望>

従来、植物体に含まれる B は細胞壁 RG-II に結合した結合画分、あるいは細胞壁に結合していない無機ホウ酸に相当する可溶性画分のいずれかと考えられてきた。しかしカンキツなどの植物種では、それらの中間的な存在として、組織に緩く結合しており高塩濃度処理で徐々に可溶化される「半結合画分」が存在するとの報告がある³⁾（Wang et al. 2014）。この画分の化学的実体は未だ不

明であるが、本研究で検出された非 RG-II 態 B はそれに対応するものかもしれない。非 RG-II 態 B は何らかのガラクトース含有物質に結合している可能性が示唆された。今後、このガラクトース含有物質の分子的事実の解明を進めることで、植物の B 栄養生理の理解が更に進展するものと考えられる。

<引用文献>

¹⁾ Lima, R.B. et al. (2013) *Carbohydr. Polym.* 93: 135–143, ²⁾ Liu et al. (2022) *Plants* 11: 3130, ³⁾ Wang, R et al. (2014) *Soil Sci. Plant Nutr.* 60: 325–332