

学位論文審査の結果の要旨

氏名	Hossain Md Shahadat	
審査委員	主査	藤田 政之
	副査	市村 和也
	副査	秋田 充
	副査	鈴木 利貞
	副査	島崎 一彦

論文名

Study on physiological and biochemical mechanisms of acetate-induced abiotic stress tolerance in lentil (*Lens culinaris* Medik)

(レンズ豆 (*Lens culinaris* Medik) における酢酸塩誘導-非生物的ストレス耐性の生理・生化学的メカニズムに関する研究)

審査結果の要旨

食物への需要の増加に対応するためには、食糧の生産増大が急務である。しかしながら、世界的環境状態の悪化(土壌における塩類蓄積、重金属(Cu, As, Cd)汚染)は、農産物の生産に対してだけでなく、人体の健康にも悪影響をもたらしている。ストレス下の農業生産環境において、農産物の生産を持続していくためには、一つの方策として、ケミカルバイオロジーの手法を用い、植物において本来備わっている耐性機構を活性化し、種々のストレスに対する耐性を誘導・強化する必要がある。本研究において、Hossain Md Shahadat 君は、廉価で無毒な化学物質である酢酸塩が、レンズマメ幼苗において、塩ストレスの緩和、重金属毒性軽減にどの程度正の効果を持っているかを明らかにするため、四つの実験を行った。

第一の実験において、100mM の塩(NaCl)ストレスに 0、5、10mM の酢酸塩を併用処理した時のレンズマメ幼苗の応答を調べた。塩ストレスは再生率、新鮮重、クロロフィル含量を減少し、水分平衡を乱し、アスコルビン酸含量を減少することにより抗酸化防御系を減退した。また、Na⁺蓄積を増加し K⁺の欠損を助長することにより、イオン毒性を引き起こした。しかし、酢酸塩の併用投与は、水分平衡を維持し、クロロフィル含量を増加することにより、幼苗の成長を改善した。さらに、酢酸塩の併用投与は抗酸化防御系を正方向に調整し、イオン恒常性を維持することにより、酸化ダメージを軽減した。一方、温室において長期にわたり、塩ストレスとそれに対する酢酸塩の効果についても調べた。酢酸塩の投与は、新鮮重、乾燥重を増加し、生体膜の酸化的ダメージを減少し、シュートにおける Na⁺の蓄積を低下した。

第二の実験において、レンズマメ幼苗における酢酸塩による Cu 毒性耐性の軽減効果について調べた。Cu の高濃度投与(3.0mM CuSO₄)は、幼苗の成長、クロロフィル含量を減少し、ルートとシュートの両方で Cu の蓄積を増加し、抗酸化防御系を攪乱することにより、酸化的ダメージを助長した。しかし、酢

酸塩による前処理は、ルートとシュートにおける Cu の蓄積を減少し、プロリン含量を増大し、抗酸化防御系の応答(カタラーゼ、グルタチオン *S*-トランスフェラーゼ活性が増加し、グルタチオン-アスコルビン酸代謝系の活性が強化)を改善した。結果として、過剰の Cu で誘導される酸化的ダメージは軽減し、幼苗の成長は改善した。以上のことは、レンズマメ幼苗における Cu 毒性を、酢酸塩が緩和・軽減することを示している。併せて、酢酸塩の外部投与は、レンズマメのルートとシュートにおける Cu の蓄積を減少し、抗酸化防御系を活性化することにより酸化ダメージを軽減することが、レンズマメにおける Cu 毒性軽減の主要原理であることを示している。

第三の実験において、レンズマメ幼苗における酢酸塩による As 毒性耐性の軽減効果について調べた。As は強いクロロシス、成長抑制、水分の非平衡を引き起こした。As で誘導される酸化ダメージの程度は、高いマロンジアルデヒド含量、過酸化水素含量、抗酸化防御系の攪乱等によって押し量られた。しかし、酢酸塩の前処理は、成長とクロロフィル含量を改善し、抗酸化防御系のいくつかの成分を高めることにより、酸化的ダメージを軽減した。As ストレス下においては、As の蓄積はレンズマメのルートとシュートの両方で見られた。しかし、酢酸塩の前処理は、レンズマメ幼苗のルートにおける As の蓄積を減少し、As のルートからシュートへの移動を阻害した。

第四の実験において、レンズマメ幼苗における酢酸塩による Cd 毒性の軽減効果について調べた。高濃度の Cd 投与は、シュートの乾燥重、ルートの乾燥重、光合成にかかわる色素に負の効果を与えた。さらに、Cd ストレスは激しい酸化的ダメージを引き起こし、ルートとシュートの両方で Cd を蓄積した。一方、酢酸塩の前処理は、成長と光合成色素含量を増大し、形態的観察においても明らかに改善がみられた。このことは、酢酸塩処理が、レンズマメ幼苗における Cd 耐性を高めることを示している。また、酢酸塩の前処理は、カタラーゼ活性を高め、アスコルビン酸含量を増加し、Cd の転移を抑制した。このことは、酢酸塩が Cd ストレスを受けたレンズマメ幼苗において、酸化的ダメージを軽減することを示している。

一連の実験を通して、酢酸塩はレンズマメにおいて複数のストレス耐性を誘導・強化できる有力な候補として期待できることが分かった。酢酸塩で処理された、種々のストレス下のレンズマメ幼苗においては、共通の反応として、カタラーゼ活性が増大し、アスコルビン酸含量が増加し、毒性イオンの上部への移動阻害がおこった。これらのことは、酢酸塩が種々のストレスからレンズマメ幼苗を防御できる主要素になっている。

以上の研究成果は、植物ストレス生理学・生化学の領域における博士論文の内容として、一定の水準を満たした研究であると評価できる。また、これらの研究成果は、インパクトファクターが公示されている国際学術雑誌に、2 報の論文として報告されている。

本学位論文に関する公開審査会は、令和 3 年 2 月 2 日にリモートシステムを利用して開催され、申請者の論文発表と、これに関する質疑応答が行われた。引き続き開催された学位論文審査会において、学位論文の内容について審査した結果、審査員全員一致して、本論文は博士（農学）の学位を授与するに値すると判断した。