

学位論文審査の結果の要旨

氏名	JANNATUL FARDUS
審査委員	主査 藤田 政之 副査 鈴木 利貞 副査 秋田 充 副査 島崎 一彦 副査 奥田 延幸

論文名

Effect of L-glutamic acid on enhancing abiotic stress tolerance through modulation of antioxidant defense system in lentil (*Lens culinaris* Medik.)

(レンズマメにおける抗酸化防御系の調整を介した非生物ストレス耐性強化に及ぼす L-グルタミン酸の効果)

審査結果の要旨

近年の気候変化は植物生産に大きな影響をもたらすと考えられている。人工要因及び自然要因によってもたらされる塩害や重金属毒性などの非生物学的ストレスは、作物の生産性を著しく減退させる。一方、食糧需要は人口増加とともに年々増大している。人口増加による食糧需要に相対するため、我々はより多くの食糧を生産する必要がある。環境ストレスの多い状況下において安定した作物の生産を維持するためには、ケミカルバイオロジーによるアプローチが一つの方策として期待できる。本アプローチでは、植物体内に内在しているストレス耐性メカニズムを誘発し、複数の環境ストレスに対する耐性を強化する化学物質を取り扱うことになる。そこで、Fardus氏は、環境にやさしい化学物質と考えられるL-グルタミン酸の、レンズマメ実生における塩ストレス耐性と重金属毒性緩和にかかわる潜在能力を明らかにするために、三つの実験を実施した。

第一の実験において、Fardus氏は10mM L-グルタミン酸で前処理したのとしていないレンズマメ実生を、110mM NaClで処理した。塩ストレスからの回復の過程で新鮮重、乾燥重、光合成色素含量は減少し、水分平衡は乱れが生じた。塩ストレスは、酸化ストレス指標を増大させ、アスコルビン酸含量を減少し、カタラーゼ及びアスコルビン酸ペルオキシダーゼ活性を低下することにより、抗酸化防御系を攪乱した。また、Na⁺蓄積を増大し、根においてK⁺の深刻な欠乏を助長することが明らかとなった。しかし、L-グルタミン酸による前処理は、植物体の成長、光合成色素含量を増大し、水分平衡を維持することによって、表現型において改善をもたらした。さらに、L-グルタミン酸による前処理は、抗酸化防御系を調整・制御することにより酸化ダメージを軽減し、Na⁺の取り込みを減少し、K⁺の欠乏を抑え、イオン恒常性を維持した。

第二の実験において、Fardus氏はレンズマメにおいて、Cdが誘導する毒性をL-グルタミ

ン酸前処理がどの程度に緩和するかについての潜在能力を調べた。10mM L-グルタミン酸による前処理したのとしていないレンズマメ実生を、1mM または 2mM の CdCl_2 で処理した。その結果、高い濃度の Cd はシュートの乾燥重、根の乾燥重、光合成色素含量をより強く減少した。さらに、Cd ストレスは著しい酸化ダメージを誘導し、カタラーゼ活性、アスコルビン酸含量を減少した。また、根とシュートで Cd の蓄積が見られた。L-グルタミン酸による前処理は、レンズマメ実生の光合成色素を保護し、その結果として実生の成長低下を改善した。さらに、L-グルタミン酸による前処理は、アスコルビン酸含量を増加し、カタラーゼ、アスコルビン酸ペルオキシダーゼ、モノデヒドロアスコルビン酸レダクターゼ、グルタチオンペルオキシダーゼ活性を増大し、Cd の取り込みと体内転移を抑制した。これらにより、Cd ストレスを受けた実生における酸化的ダメージは軽減した。L-グルタミン酸による Cd の取り込みの抑制と、Cd 毒性により引き起こされる酸化的ストレスの軽減は、本分子の持っている正の潜在的役割を強く示唆している。これらの結果は、L-グルタミン酸による前処理が、Cd の蓄積を阻害することと、酸化的ダメージを軽減することによって、レンズマメ実生における Cd 毒性を軽減することを示唆している。

第三の実験において、Fardus 氏は生理的に過剰な濃度の Cu が誘発する酸化的ダメージから、レンズマメ実生をいかに L-グルタミン酸前処理が防御するかについて調べた。実験で用いた濃度の Cu は、レンズマメ実生の成長を阻害し、生重量を減少した。これらの負の影響は高い濃度の Cu の蓄積、根からシュートや葉への転移と関連性があった。また、Cu 毒性は光合成色素含量を著しく減少し、水分および他の必須栄養素の恒常性を乱し、酵素的及び非酵素的抗酸化物質の活性、含量を減少し、酸化的ストレスを増大した。L-グルタミン酸による前処理は、レンズマメ実生が毒性レベルの Cu にさらされたとき、高い生重量をもたらし、水平衡を維持し、光合成色素を増加することにより、表現型における改善をもたらした。L-グルタミン酸による前処理はまた、酸化ストレス指標を低下し、特に、酵素的および非酵素的抗酸化物質、すなわちアスコルビン酸含量、カタラーゼ、モノデヒドロアスコルビン酸レダクターゼ、グルタチオンペルオキシダーゼ活性を増大し、酸化還元平衡を維持することにより、Cu で誘導される酸化ストレスから、レンズマメ実生を防御していると判断した。さらに、L-グルタミン酸による前処理は、レンズマメ実生の根、シュート、葉における Cu と他の栄養素の濃度の恒常性を維持に役立っていることが分かった。Fardus 氏のこれらの実験から得られた成果は、L-グルタミン酸が過剰濃度の Cu に対する防御的な機能を有していることを明らかにしており、本物質が、レンズマメに限らずその他の植物においても、有効なファイトプロテクタントとして機能する可能性を示唆している。

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、以上の研究成果は、インパクトファクターが公示されている国際的学術雑誌に、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 4 年 7 月 30 日に愛媛大学農学部で開催され、論文発表と質疑応答が行われた。引き続いて行われた学位論文審査委員会で、本論文の内容を慎重に審議した結果、審査委員全員一致して博士（農学）の学位を授与するものと判定した。