

氏名	SHAHIN IMRAN		
授与した学位	博士		
専攻分野の名称	農学		
学位授与番号	博甲第	7509	号
学位授与の日付	2026年 3月 25日		
学位授与の要件	環境生命自然科学研究科 環境生命自然科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	Molecular and Functional Characterization of Ion Transporters in Rice and Barley: Roles in Salinity Stress Tolerance (イネとオオムギにおけるイオントランスポーターの分子のおよび機能的特性: 塩分ストレス耐性における役割)		
論文審査委員	教授 鈴木 信弘	准教授 佐々木 孝行	教授 且原 真木
学位論文内容の要旨			
This thesis addresses how cereal crops regulate ion transport at the molecular and electrophysiological levels to cope with salinity stress, with a particular focus on rice and barley. Soil salinity imposes severe ionic challenges, and plant survival depends on precise control of Na^+, K^+, and associated ion fluxes across cellular membranes. Building on this context, the present work investigates key ion transporters and channels to clarify their functional diversity, regulatory mechanisms, and contributions to salt-related ion management in monocot crops. The thesis integrates molecular biology, electrophysiology, and expression analysis to develop a mechanistic framework for understanding transporter behavior under saline conditions. After the general introduction in Chapter 1, Chapter 2 focuses on the rice High-Affinity Potassium Transporter <i>OsHKT1;1</i>, a gene historically associated with Na^+ exclusion and salt tolerance. This chapter reveals unexpected functional diversity arising from alternative splicing, particularly the <i>OsHKT1;1-V2</i> isoform, a truncated 172-amino-acid protein that localizes to the plasma membrane despite lacking canonical HKT structural features. Electrophysiological analyses in <i>Xenopus laevis</i> oocytes demonstrate that while the full-length <i>OsHKT1;1</i> functions as a typical Na^+-selective transporter, <i>OsHKT1;1-V2</i> conducts large bidirectional currents primarily carried by Cl^-. Differential expression of this variant in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars suggests that the balance between cation- and anion-permeable HKT isoforms may influence cultivar-specific salinity responses. Chapter 3 extends this investigation to barley by examining <i>HvHKT1;1</i>, a homologous Na^+ transporter implicated in salt tolerance. Multiple <i>HvHKT1;1</i> splice variants are identified, and their expression patterns reveal rapid, coordinated induction during early salt stress. Functional characterization shows that, unlike rice, barley splice variants retain Na^+ selectivity but exhibit progressively reduced transport capacity, indicating that alternative splicing in barley fine-tunes Na^+ flux rather than altering ion preference. Chapter 4 shifts focus to cyclic nucleotide-gated channels, presenting the first detailed electrophysiological characterization of rice <i>OsCNGC2</i>. The channel displays an unusual dual-gating mechanism, requiring both cyclic nucleotide activation and the coexistence of Na^+ and K^+ for conductance, suggesting a tightly regulated pathway for Na^+ entry under balanced ionic conditions. Collectively, the findings demonstrate how transporter diversification, species-specific splicing outcomes, and conditional channel activation cooperate to regulate ion movement in cereals, providing new insights into plant strategies for managing salinity stress and offering conceptual foundations for improving crop resilience.			

論文審査結果の要旨

塩害（塩分ストレス）は作物生産を低下させる大きな環境ストレスの一つである。塩害ではイオン（主として Na^+ と Cl^- ）と浸透圧によるストレスによって植物の生存や生育に影響が出る。耐性機構や耐塩性育種についてはさまざまな研究がなされてきた。ストレス初期にイオンが植物細胞に取り込まれるメカニズムについては、近年イオン輸送性アクアポリン、HKT(High-affinity potassium transporter)輸送体、CNGC(cyclic-nucleotide-gated channel)輸送体の関与が指摘されているが、未解明の部分が多い。本研究ではイネのOsHKT1;1、オオムギのHKT1;1、イネのOsCNGC2について輸送特性とその多様性、および発現調節を調べた。イネOsHKT1;1についてはオルタナティブスプライシングに起因するOsHKT1;1-V2に注目した。アフリカツメガエル卵母細胞における電気生理学的解析により、全長OsHKT1;1は典型的な Na^+ 選択性輸送体として機能する一方、OsHKT1;1-V2は Cl^- を輸送する機能を持つことが実証された。スプライシングによって輸送基質が変わることは新しい発見であり、植物の耐塩性機構に関する新たな知見を提供するものである。この成果はInternational Journal of Molecular Sciences誌に発表された。オオムギのHvHKT1;1のスプライスバリエントは Na^+ 選択性を保持しつつ Na^+ 流入を微調整していることが示唆された。その成果はPhyton-International Journal of Experimental Botany誌に掲載された。OsCNGC2の研究では、CNGCの特異的な電気生理学的特性をイネで初めて明らかにした。

本研究でイムラン氏は、これまで知られていなかったイオン輸送体の多様性を明らかにして、耐塩性機構を理解するための基盤的知見を拡大した。研究成果の発表も複数なされていて、学位に値すると判断される。