

氏名（本籍）	Mohammad Sayyar KHAN （ パキスタン ）		
学位の種類	博 士（ 生物工学 ）		
学位記番号	博 乙 第 2689 号		
学位授与年月日	平成26年 4月30日		
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	Present Status and Challenge for Applications on Abiotic Stress Tolerance Research on Plants (植物における非生物的ストレス耐性研究の現状と応用への試み)		
主査	筑波大学教授	Ph.D.	渡邊和男
副査	筑波大学教授	理学博士	繁森英幸
副査	筑波大学准教授	博士(理学)	菊池 彰
副査	筑波大学准教授	博士(理学)	山田小須弥

論 文 の 要 旨

塩害、干ばつ、極端な温度などの非生物的ストレスは、農業への重大な脅威であり、世界中の主要な作物の損失の大部分を占める。非生物的ストレスは形態学的、生理的、生化学的そして、分子学的レベルで植物の成長と生産性に悪影響を与える変化を引き起こす。これらのストレスが植物に与える生理的影響の過程は、多くの場合重複している。非生物的ストレスは、植物の成長過程において主に浸透性、酸化、およびイオンストレスとして影響する。これらのストレスは、細胞の恒常性、細胞内のイオン分配の阻害、機能的および構造的なタンパク質の変性を引き起こし、その結果として植物細胞への傷害を引き起こす。植物の非生物的ストレスへの対応は、ストレスの認知、情報伝達、損傷を受けた膜やたんぱく質を修復するストレス関連タンパク質および代謝産物の合成にかかわる分子ネットワークに依存している。非生物的ストレスに対する耐性は、複数の遺伝子の関わる形質であり多くの遺伝子によって制御されている。そのため、従来の育種手法による非生物的ストレス耐性植物の開発は限られたものとなっていた。

しかしながら、新しい分子学的、機能的なゲノムツールが非生物的ストレス耐性植物の開発における変革をもたらした。比較ゲノミクスは、非生物的ストレスに対する耐性を付与する候補遺伝子の特定に広く使用された。近年において、分子マーカーと関連地図の開発、非生物的ストレス発現配列標識 (ESTs) ライブラリの作製やシロイヌナズナや、イネやトウモロコシなどのモデル植物の全ゲノム配列決定のなどの分野で飛躍的な進歩が見られた。これらのリソース開発は、非生物的ストレス耐性機構の分子レベルでの解析や、ストレス関連遺伝子の同定に向けての道を開いたといえる。本論文では、非生物的ストレス（環境ストレス）に対する耐性を付与する候補遺伝子の実用性の検討について世界事情を文献調査及び総括した。遺伝子組換え作物での耐乾性や耐塩性の誘導と検証の研究事例が際立って世界的に増えてきていることが明確になった。

本論文の主題では、これら非生物的ストレスに対する耐性を付与する3種の候補遺伝子の機能を考察し、遺伝子組換え植物として利用する際の生物多様性影響評価、国際的には環境リスク影響評価の要件を検討することを目的とした。特定としては、耐塩性を誘導する遺伝子組換え植物のリスク評価の世界の事例を調査し、耐塩性を誘導する遺伝子組換え植物についてリスク評価の考え方を提言した。以下に代表的な耐塩性を誘導する遺伝子について論じる。

非生物的ストレス耐性を植物に付与するための、遺伝子組換えのアプローチは構造的、機能的な代謝物質、ストレス関連タンパク質および遺伝子の情報伝達経路に関わる遺伝子によっている。これらの様々な遺伝子の

転写産物は浸透圧保護物質 (osmoprotectants)、フリーラジカル捕捉剤、熱ショックタンパク、Late Embryogenesis Abundant タンパク、イオントランスポーター、および転写調節因子の生合成経路で働くものである。これらのいくつかの遺伝子 (浸透圧保護物質やフリーラジカル捕捉剤) の導入によって、非常に高い効率で遺伝子組換え植物の非生物的ストレス耐性が高まることが実証された。最近では、グリシンベタインなどの浸透圧保護物質は、多くの植物種において形質転換のための主なターゲットとなっている。これらのうち、3つの遺伝子とその効果について論考した。

codA 遺伝子によるグリシンベタインの生合成による蓄積は、遺伝子組換え植物において、複数の非生物的ストレス耐性を付与することが示されている。一方で、既存の遺伝子組換え作物に導入されている遺伝子及び形質と生物多様性影響評価の観点から比較した場合、*codA* 及びその耐塩性は、雑草性や侵略性を付加するものではない事が、多数の文献の隔離ほ場調査による比較と当該論考により見いだされた。

ストレス応答遺伝子の発現を調節する *DREB* などの転写調節因子が様々なグループにより研究、同定されている。また、多くの植物種において、転写調節因子の導入により複数の非生物的ストレス耐性が高められた。*codA* 遺伝子と同様に、生物多様性影響評価の観点から、*DREB* 遺伝子の生物多様性影響評価を論考した。複雑な代謝系の変動は報告されているものの耐塩性付加植物が、農地や利用される環境において、通常の植物を超絶して繁茂するような隔離ほ場試験例は報告されていないことが文献調査によりわかった。

3つ目の対象遺伝子として、 Na^+/H^+ antiporters の遺伝子について同様な文献調査及び生物多様性影響評価の諸要素を検討し、隔離ほ場等評価例を精査した。全2者同様に顕著に生物多様性に影響をおよぼす事例はないことが認められた。

上記三遺伝子群を総じて、耐塩性や耐乾性などの環境ストレス耐性についての生物多様性影響評価の要素や手法は、これまで国際的に提唱されている常法であるカルタヘナバイオセーフティー議定書の付則IIIにて対応できる事が結論づけられた。また、環境ストレス耐性を誘導する遺伝子が、組換え植物にて利用された場合、環境を超絶して繁茂し生態系や人間の経済活動に大きく負荷をあたえるような事は試験評価としては実態として起こりえない事が整理された。また、段階的かつ予防措置的な評価体系のあり方、リスク管理やリスク利益バランスの観点からは、遺伝子組換え体を適正に利用管理する事で、環境への負荷は大きく制御できることが提言された。

審 査 の 要 旨

環境ストレス耐性の生物多様性影響評価法や事例の整理は、160ヶ国以上の国家が加盟する生物多様性条約カルタヘナバイオセーフティー議定書で長年懸案とされてきている。一方で、関連情報を整理し、論考した事例は体系的でない。地球環境変動や環境負荷の増大にかかわる作物栽培の担保や自然植生の維持回復には、モダンバイオテクノロジーの利用による環境ストレス耐性の効果的導入と利用が必要となる。一方、遺伝子組換え体については、科学的事実に基づく予防措置的、評価及び利用を行う事となっている。この観点から、当該論文は、環境ストレス耐性遺伝子組換え体の利用を支援する情報を提供しており、環境変動に対応できる事項について、国際社会へ資する内容を持っている。

平成26年3月6日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び学力の確認を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士 (生物工学) の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。