

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	植物のリン酸欠乏応答機構と窒素栄養応答の相互作用に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	吉竹悠宇志
Author(English)	Yushi Yoshitake
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11071号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:下嶋 美恵,太田 啓之,久堀 徹,加藤 明,中戸川 仁,増田 真二
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11071号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	吉竹 悠宇志	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	下嶋 美恵	准教授	中戸川 仁	准教授
	審査員	太田 啓之	教授	増田 真二	准教授
		久堀 徹	教授		
		加藤 明	准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「植物のリン酸欠乏応答機構と窒素栄養応答の相互作用に関する研究」と題し、植物が生育環境中のリン酸欠乏に応答して活性化するリン酸のリサイクル機構が窒素栄養応答に与える影響について解析を行い、リン酸欠乏応答機構と窒素栄養応答の相互作用を明らかにした論文であり、つぎの4つの章から構成されている。

第一章「序論」では、植物のリン酸欠乏応答機構と窒素欠乏応答機構についてこれまでの知見が詳しく紹介されている。特に、近年明らかになったリン酸欠乏応答機構が窒素欠乏応答に影響を与えること、また窒素欠乏応答機構がリン酸欠乏応答を制御することなどの知見が紹介されている。また、これまでに得られている知見はリン酸や窒素の植物体への取り込みに関する知見であるが、植物の栄養生育においては細胞内のリン酸や窒素の利用効率を活性化させるようなリサイクル機構の制御も重要であることを述べた上で、それに関する知見は少ないことを指摘している。以上を踏まえたうえで、本研究では特にリン酸のリサイクル機構が生育環境中の窒素が欠乏もしくは過剰の際に植物の生育にどのような影響を与えるのかを明らかにし、リン酸欠乏応答機構と窒素栄養応答機構との相互作用の一端を解明することを研究の目的として掲げている。また、農耕地におけるリン酸肥料および窒素肥料の問題点を述べた上で、本研究により得られる知見が問題解決の糸口となる可能性があることを述べている。

第二章「リン欠乏時の膜脂質転換が担う窒素欠乏耐性機構」では、リン酸欠乏応答機構のうち、リン酸のリサイクル機構である「リン欠乏時の膜脂質転換」が窒素欠乏時の植物の生育にどのような影響を与えるのか、「リン欠乏時の膜脂質転換」において重要な役割を担うリン脂質分解酵素であるホスファチジン酸ホスホヒドロラーゼ (PAH; phosphatidic acid phosphohydrolase) に着目して解析した結果を述べている。「リン欠乏時の膜脂質転換」とは植物がリン酸欠乏に晒された際に生体膜中のリン脂質を分解することで、そこに含まれるリン酸を他の代謝系に供給し、物理的に消失したリン脂質をリン酸を含まない糖脂質が補う機構である。先行研究により、PAHはリン酸欠乏時にホスファチジン酸を分解してリン酸を細胞内に供給する一方で、葉緑体における糖脂質合成の基質を供給する役割があること、また PAH の欠損変異体はリン酸欠乏時の生育が著しく阻害されることなどが分かっていたが、本章ではこの PAH の欠損変異体はリン酸欠乏だけでなく、窒素欠乏時の生育も野生株と比較して著しく抑制されていることを示した上で、それが細胞内の窒素含量の差によるものではないこと、すなわち、窒素の取り込み活性の差に起因するものではないことを示している。また、透過型電子顕微鏡による葉緑体膜構造の観察結果から、野生株や欠損変異体に PAH を発現させた相補体では窒素欠乏時でも光合成能に重要な葉緑体チラコイド膜のグラナ構造を維持できているにも関わらず、変異体ではそのグラナ構造が著しく崩壊していることを示している。さらに、窒素欠乏時に欠損変異体では、チラコイド膜の主要構成膜脂質であるモノガラクトシルジアシルグリセロール (MGDG; monogalactosyldiacylglycerol) とジガラクトシルジアシルグリセロールの相対含量が野生株および相補体よりも低いこと、また、相補体では窒素欠乏時に MGDG 合成を転写レベルで促進させると同時に MGDG 分解も促進していることを示した上で、窒素欠乏時には葉緑体およびチラコイド膜の分解が進み MGDG 含量が減少するが、PAHは葉緑体に MGDG 合成の基質を供給することで MGDG 合成を活性化して MGDG の含量を維持し、その結果、チラコイド膜グラナ構造の崩壊を抑制することで窒素欠乏下の生育や光合成能の維持を可能にしていることを論じている。

第三章「オートファジー制御によるリン酸欠乏耐性機構」では、細胞内のタンパク質やオルガネラの分解機構であるオートファジーがリン酸欠乏時に活性化することを示したうえで、リン酸欠乏時に窒素を過剰に与えると、オートファジーのさらなる活性化が起こることを示している。また、そのオートファジーの活性化により細胞内の無機リン酸含量が増加し、その結果、植物のリン酸欠乏による

生育抑制が緩和されることも示している。また、リン酸欠乏時に窒素を過剰に与えた場合には、植物は窒素に対する炭素の割合が低下したと感知して炭素欠乏応答を誘導し、その結果、葉緑体の一部分を分解するオートファジーを活性化させることを述べている。このことから、リン酸欠乏時に窒素を過剰施肥した際にはリン酸欠乏時の生育抑制が緩和されるが、それは葉緑体の一部を分解するオートファジーの活性化により無機リン酸が細胞内に放出されたことに起因することを述べている。

第四章「総括」では、第二章から第四章で得られた結果を踏まえて、植物の細胞内リン酸リサイクル機構が生育環境中の窒素欠乏もしくは窒素過剰の際に植物の生育を正に制御していること、また、植物の栄養応答では生育環境におけるリン酸と窒素の存在比だけでなく、リン酸、窒素、炭素の3つの栄養素の存在比が重要である可能性を論じている。

以上を要するに、本論文は植物のリン酸欠乏応答機構の1つであるリン酸のリサイクル機構が、窒素栄養応答と相互作用しながら植物の生育を制御していることを明らかにしたものであり、理学上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。