

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)	要約
Type(English)	Outline

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、植物生育環境中の窒素栄養応答機構に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どのような影響を与え、植物の生育をどのように制御するのか明らかにした論文である。本論文は四章で構成されている。

第一章「序論」では、植物のリン酸欠乏応答機構や窒素欠乏応答機構についてこれまでの知見を紹介するとともに、近年の研究により明らかになった、リン酸欠乏応答機構が窒素欠乏応答機構に関与すること、逆に窒素欠乏応答機構がリン酸欠乏応答機構を制御することを報告している。しかし、これまでの報告ではリン酸や窒素の取り込みについて着目した研究が多く、細胞内の利用効率を上昇させるようなリサイクル機構についての解析は少ない。そこで、本論文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明らかにすることで、リン酸欠乏応答機構と窒素栄養応答機構との関係性の一端を明らかにしたということ述べている。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挙げてみている。

第二章「リン酸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「リン酸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、「リン酸欠乏時の膜脂質転換」において主要な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。「リン酸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。そこで PAH はリン脂質の一つであるホスファチジン酸を分解する酵素であり、糖脂質合成の場である葉緑体に糖脂質生合成基質を供給する働きもあることが分かっている。また、過去の先行研究により、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が分かっている。本論文ではこの 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阻害されていることを発見し、それが細胞内の窒素含量の差によるものではないことを示している。また、透過型電子顕微鏡の結果から、野生株や変異体に PAH を発現させた相補体では窒素欠乏時でも光合成系タンパク質が局在する葉緑体チラコイド膜のグラナ構造を多数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崩壊していることが分かったと述べている。窒素欠乏時に変異体では、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を示しており、さらなる解析の結果、PAH は窒素欠乏時に MGDG 合成を促進させていることが分かったと述べている。窒素欠乏時は葉緑体およびチラコイド膜の分解が進み、MGDG 含量は減少するが、PAH は葉緑体に MGDG 生合成基質を供給し、MGDG 合成を活性化させることで、MGDG の含量を維持し、グラナ構造を維持することで、窒素欠乏時でも光合成能を維持させていることを述べている。

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確認し、さらに窒素を過剰に与えると、よりオートファジーが活性化することを発見し、細胞内の無機リン酸含量が増加することを示している。そのことにより植物のリン酸欠乏による生育抑制が緩和されることを明らかにしたと述べている。また、過剰な窒素施肥は炭素欠乏を引き起こし、窒素過剰施肥により誘導された炭素欠乏は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も示している。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葉緑体の一部を分解するオートファジーが活性化し、細胞内に無機リン酸を放出することで、リン酸欠乏時の生育抑制が緩和されることが分かったと述べている。

第四章「総括」では、本研究結果をまとめ、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過剰の際に植物の生育を正に制御していることを論じている。また、今回の結果から、単純にリン酸と窒素の存在比だけでなく、植物の生育環境にはリン酸と窒素と炭素との割合が重要である可能性を示している。