



Title	植物の窒素代謝と呼吸系との相互作用の解析
Author(s)	蜂谷, 卓士
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49712
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	はちやたくし 蜂 谷 卓 士
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 2 2 6 9 7 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 21 年 3 月 24 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科生物科学専攻
学 位 論 文 名	植物の窒素代謝と呼吸系との相互作用の解析
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 長谷 俊治 (副査) 教 授 柿本 辰男 准教授 高木 慎吾 東京大学准教授 野口 航

論 文 内 容 の 要 旨

植物は、自身で無機窒素 (N) を同化し、成長に利用することができる。N 同化は多くの還元力と ATP を消費するため、成長に対して抑制的な面ももつ。特に、硝酸からアンモニアへの還元は多くのエネルギーを消費する。この意味では、アンモニアはエネルギー的には優れた N 源である。一方、多くの植物では、アンモニアを N 源としたときに成長速度が減少する (アンモニア毒性)。これまでアンモニア毒性は、炭素源や ATP の欠乏によってもたらされると考えられてきた。また、硝酸は成長関連遺伝子に影響を与える重要なシグナル物質であるため、硝酸の欠乏もアンモニア毒性の原因であると考えられる。このように、硝酸やアンモニアは同化され植物体の構築に用いられるほか、エネルギー収支、さらに毒性やシグナル物質としての面からも、成長に重要な役割を果たしている。このため、N 同化過程のエネルギー消費や、硝酸およびアンモニアが代謝系や成長に及ぼす影響を定量的に把握することは重要である。本研究では、各 N 同化過程のエネルギーコストが植物のエネルギー収支に与える影響 (研究 1) と硝酸やアンモニアが成長や代謝系に及ぼす影響 (研究 2) を定量的に解析し、基礎となる知見を確立することを目的とした。

(研究 1) 研究材料として、3 段階の気温 (20℃, 25℃, 35℃) で栽培したペチュニアの花弁を用いた。花弁の一生にわたる、成長、有機 N 量、呼吸速度の定量をもとに、硝酸吸収・同化、アミノ酸合成、タンパク質合成、タンパク質代謝回転、タンパク質分解・転流のためのエネルギーコストの積算値を算出し、これらを呼吸速度と比較した。生育温度の上昇に伴って、花弁のバイオマスは減少した。15℃ と 25℃ では、硝酸吸収・同化に必要なエネルギーコストが N 同化過程全体の半分以上を占めた。35℃ ではタンパク質の代謝回転のコストも大きく、そのエネルギーコストに見合うように呼吸速度が増加した。このタンパク質の代謝回転のコストにより、25℃ と 35℃ での呼吸コストの違いの 45% が説明できた。35℃ では、タンパク質の代謝回転のコストの増加によって呼吸速度が増加し、成長に使われる炭素が減少することで花弁のバイオマスが減少したと考えられる。

(研究 2) シロイヌナズナの芽生えを、硝酸とアンモニアをさまざまな割合で含む培地へ移植し、移植後 3 日目のシュートについて、無機窒素含量、アミノ酸量、有機酸量、炭水化物量、アデニレート量などの化合物を定量し、成長との関連を解析した。アンモニアのみを N 源としたときには、シュートにアンモニアが蓄積し、成長が阻害された。このとき、シュート内の TCA 回路の有機酸量は減少した。アンモニアによる成長阻害は、培地に硝酸を共存させることで回復した。しかし、高濃度のアンモニア施肥条件では、硝酸の有無にかかわらずアンモニアが蓄積し、TCA 回路の有機酸量が減少した。さらに、解糖系、TCA 回路、そしてアミノ酸合成系

の間の代謝バランスの変化の多くは、硝酸とは独立に、アンモニアの蓄積量によって説明された。また、シュートの呼吸速度もアンモニア蓄積量にしたがって増加した。この呼吸速度の増加は、従来考えられていたシアン耐性呼吸の増加によるものではなく、ATP 合成と共役したシトクロム経路活性によって説明できた。ATP 含量や ATP/ADP 比は N 源にはほとんど影響を受けなかった。以上から、植物体成長にみられるアンモニア毒性には、代謝バランスの変化 (有機酸の欠乏など) や ATP の欠乏の影響は小さく、硝酸の供給量の低下そのものが強く影響すると結論した。

本研究から、硝酸同化やタンパク質の代謝回転などの N 同化過程のエネルギーコストは、植物の生産に大きな影響を与えること、アンモニアの供給はエネルギー的に有利である一方、代謝のバランスを大きく乱すとともに、成長シグナルである硝酸が欠乏することによって、成長阻害を引き起こされることが示唆された。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

植物の窒素同化過程のエネルギー消費を解析するとともに硝酸やアンモニアが代謝系の駆動や成長に及ぼす影響を解明することは、硝酸やアンモニアが単なる窒素の供給源であるとする従来の考え方とは異なる観点から植物の栄養生理を理解するために重要である。本申請者は、ペチュニア花弁を材料にして、20℃、25℃、35℃の異なる生育温度での成長、有機窒素量、呼吸速度を定量し、硝酸吸収・同化、アミノ酸合成、タンパク質合成、タンパク質代謝回転、タンパク質分解・転流のためのエネルギーコストと呼吸速度と比較して、エネルギーの分配とバイオマスの収支の詳細を明らかにした。

次に、シロイヌナズナの芽生えを硝酸とアンモニアをさまざまな割合で含む条件で生育させ、無機窒素含量、アミノ酸量、有機酸量、炭水化物量、アデニレート量などの化合物を定量し、成長との関連を解析した。その結果、1) 硝酸同化やタンパク質のターンオーバーなどの窒素同化過程のエネルギーコストは植物の生産に大きな影響を与えること、及び 2) アンモニアの供給はエネルギー的に有利であるが代謝のハランスを大きく乱すとともに、成長シグナルである硝酸が欠乏することによって成長阻害を引き起こされることを見出した。

これらの成果は、窒素同化過程のエネルギーコストが植物のエネルギー収支に与える影響と硝酸やアンモニアが成長や代謝系に及ぼす影響の定量的な解析をもとに植物の成長生理の基礎となる知見を確立したものである。よって、本論文は博士 (理学) の学位論文として十分価値あるものと認める。