

論文審査の結果の要旨

氏名 宮城 敦子

本論文は4章からなる。第1章の前にイントロダクションが述べられている。シュウ酸を高蓄積するタデ科ギシギシ属の植物群についての知見と、植物におけるシュウ酸の生理的な役割についての知見が述べられている。また先行研究では不明であった植物におけるシュウ酸の蓄積機構についての仮説と解明すべき理由が解説されている。第1章では、ギシギシ属植物8種とソバカズラ属のイタドリの葉を用いたメタボローム解析による代謝物データの種間の比較解析を行った研究が記述されている。ギシギシ属の中でもエゾノギシギシがシュウ酸をより高蓄積すること、シュウ酸蓄積量とシュウ酸前駆物質量やアミノ酸量との関連性が明らかにされた。第2章では、植物のシュウ酸合成経路として、これまでに挙げられている3つの経路（グリコール酸経路、イソクエン酸経路、アスコルビン酸経路）のいずれの経路が可溶性シュウ酸の高蓄積に重要であるかを検証した研究が記述されている。ギシギシ属の中でも特にシュウ酸を高蓄積するエゾノギシギシを用いて研究を進めた。新生葉を用いることにより単位時間あたりの代謝物の変化を明確にし、グリコール酸経路とアスコルビン酸経路を阻害した暗条件下での代謝物変化を解析した。その結果、葉のシュウ酸の高蓄積にイソクエン酸経路が寄与する可能性と、茎に蓄積するクエン酸が葉のシュウ酸蓄積に貢献する可能性を指摘した。葉でのイソクエン酸経路を介した合成がシュウ酸の高蓄積に寄与する可能性を直接的に検証するため、イソクエン酸リアーゼの拮抗阻害剤として知られるイタコン酸の処理実験を行った。その結果、イタコン酸処理により葉のシュウ酸の蓄積量が大きく低下し、茎においてクエン酸が高蓄積した。また、イタコン酸処理個体におけるシュウ酸蓄積量とイタコン酸量との間に高い負の相関が観察された。さらに茎のクエン酸が葉に移動してシュウ酸合成に寄与することを直接的に証明するため、あらかじめ ^{13}C を暴露した個体における ^{13}C で標識された代謝物の動態解析を行った。その結果、イタコン酸処理個体では無処理個体に比べて、葉の ^{13}C -シュウ酸量が著しく減少した。それに対し、 ^{13}C -クエン酸がイタコン酸処理個体の葉ではより多く蓄積しており、また対照個体と異なりイタコン酸処理個体では ^{13}C -クエン酸が2週間経過しても減少しなかった。一方、茎では、 ^{13}C -クエン酸の減少量がイタコン酸処理個体では対照個体よりも小さかった。これらの結果は、イタコン酸処理により葉におけるシュウ酸合成が阻害されてクエン酸が蓄積したこと、そのため茎から葉へのクエン酸の移動量が減少したことを示している。以上から、葉のシュウ酸の高蓄積には、イソクエン酸経路が重要であること、茎のクエン酸が葉のシュウ酸蓄積に貢献することが明らかになった。第3章では、栄養塩濃度や高 CO_2 処理がエゾノギシギシの代謝物に及ぼす影響について解析した結果が記述されている。高栄養塩濃度と高 CO_2 の同時処理を行うと、地上部バイオマスとシュウ酸含有量の顕著な増加が認められた。エゾノギシギシは外来植物種であり、管理されない耕

地に侵入する強害雑草として知られている。今後、大気CO₂濃度が増加すれば、その影響がより顕著になる可能性がある。第4章では、エゾノギシギシの高い環境適応性と代謝物群との関係性を調べるために、酸性土壌で多いAl³⁺ストレスに着目した解析について記述されている。Al³⁺耐性の異なるギシギシ属3種で解析を行った結果、いずれの種もAl³⁺処理によるシュウ酸の増加が認められた。Al³⁺耐性の高いエゾノギシギシでは他の2種とは異なる代謝物動態が観察された。さらに代謝活性が低下する低温処理によっても、エゾノギシギシの葉のシュウ酸の高蓄積が維持された。以上から、エゾノギシギシの葉のシュウ酸蓄積は環境要因によらず維持され、Al³⁺ストレスにより促進されることを示すことが明らかになった。

本研究は、シュウ酸を高蓄積するエゾノギシギシに注目し、野生植物でも解析が行いやすいメタボローム解析を進めることにより、植物のシュウ酸蓄積について特定の代謝経路の重要性を初めて明確に示した例である。本研究は、さまざまな代謝物を蓄積する野生植物の有用代謝物の合成経路を推定するための基礎となることが期待される。

本論文の第1章、第2章、第3章、第4章は、他の研究者との共同研究であるが、論文提出者が主体となって研究計画を行い、実施したものであり、そのほとんどが論文提出者の寄与である。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。