

植物の硫酸イオン吸収・同化が 植物の生長と発達および環境ストレス耐性に果たす役割の解明

丸山明子(九州大学大学院農学研究院)

硫黄は、生物の必須元素であるとともに、その反応性の高さから生体内の酸化還元反応に関わり、土壌生態系に大きな影響を及ぼす。近年、化石燃料からの脱硫が義務化したのに伴い、世界各地の作物における硫黄欠乏症が顕在化しつつある。日本も例外ではなく、水稻の硫黄欠乏症が各地方で観察されており、土壌や植物体内における硫黄の挙動や役割を知ることが重要な課題となっている。

私は、植物における硫黄の獲得機構や含硫代謝物の代謝調節機構、およびこれらが植物の生長・発達やストレス耐性に果たす役割について研究を進めてきた。火山を多く有する九州地方では硫黄の産出量も多く、これらの知見を農業現場に利活用できると考えている。

1. 硫黄環境に応じた硫酸イオン輸送の調節機構

植物は土壌中の硫酸イオンを吸収し、数段階の還元反応を経て硫化物イオンを生成し、システインへと同化する。植物は、種を問わず複数の硫酸イオン輸送体(SULTR)を保持しており、それぞれに根からの硫酸イオンの吸収や植物体内の硫酸イオン分配を担う。

私はSULTRの発現が硫黄不足(-S)により上昇する事を指標とし、-Sに応じたSULTRの発現上昇機構を解析してきた。近年には、根におけるSULTR2;1の発現上昇が遺伝子下流域によること、この配列が遺伝子上流域の配列によらず遺伝子発現を高める事を明らかにした。更にSULTR2;1下流域へのT-DNA挿入株を解析し、この応答が-S下での硫酸イオン吸収や地上部への輸送の促進に寄与することを見出した。

加えて、-Sに応じたSULTR1;2転写産物量の増加が部分的に5'非翻訳領域に担われること、-S時の硫酸イオン吸収の増加に主に主根が働くことを見出した。

2. 硫酸イオン輸送や硫黄同化の金属蓄積への寄与

植物が生合成する含硫化合物であるグルタチオン(GSH)やファイトケラチン(PC)は、重金属の解毒に働く。このため、植物体内の硫黄量や硫黄同化効率は植物の重金属耐性に影響する。しかし、GSHやPC合成に必要となる硫酸イオンの吸収が重金属耐性にどの程度貢献するかは不明であった。そこで、根からの硫酸イオン

吸収に主要な役割を果たすSULTR1;2の欠損株(12KO)を用いて、カドミウム(Cd)処理による生育阻害や硫黄代謝への影響を解析した。12KOではCd処理時の生育が抑制され、Cd蓄積量が減少した。また、野生型株、12KOでともにCd処理により地上部への硫酸イオン移行が顕著に促進された。植物はCd処理に応じて硫酸イオンの吸収量や地上部への分配を増やす事で、地上部におけるPC合成の基質を供給していると考えられる。植物体内の硫黄成分中に占めるPCの割合から、植物がCd処理に応じてPC合成を優先させることを示した。

-Sに応じた代謝変換を担う転写因子SLIM1の変異株でもCd耐性やPCの蓄積が減じることを見出した。-SとCd処理は相加的にSULTR1;2の発現を上昇させ、この両方にSLIM1が関わることを見出した。CdはGSHやPCと結合し、液胞内に隔離されることで無毒化される。Cd処理により細胞質内のGSH量が減少する結果、SLIM1をより活性化すると考えられた。

3. 植物の生長・発達への硫黄同化の寄与

含硫代謝物や硫黄同化が生長や発達に果たす役割、他の必須栄養元素との相互作用についても未解明な点は多い。これらの解明は、作物や有用含硫化合物の生産に貢献する可能性がある。これまでに、アミノレブリン酸による硫黄同化の促進、-Sによるリン酸イオン動態の変化、低濃度の塩による生長促進への硫黄同化の寄与を見出した。加えて、病害虫の忌避や発ガン予防効果を持つ含硫代謝物グルコシノレート(グルコシノレート)の硫黄栄養に応じた生合成や分解の調節機構について複数の新知見を見出した。

植物の栄養としての硫黄について研究してきた。この間、国内外の様々な研究から硫黄の同化効率や硫黄同化産物の各種生理現象への寄与が見出されてきた。一方で、硫黄はその化学形態によって引き起こす反応が変化する。今後も質と量の両面から植物の硫黄同化・代謝の分子機構、およびそれらが植物の生理や生産性に果たす役割を明らかにしていきたい。