

植物細胞における活性酸素消去系の柔軟性

近畿大学農学部食品栄養学科 武田 徹

ヒトを含めた好気性生物にとって、酸素は必要不可欠のものであると同時に、物質を無秩序に酸化することで種々の障害をもたらす有害なものにもなる。酸素の毒性は活性酸素種（スーパーオキシドラジカル、 O_2^- ；過酸化水素、 H_2O_2 ；ヒドロキシラジカル、 $OH^\bullet$ ）の非特異的酸化作用による。なかでも H_2O_2 は、それ自身の毒性はそれほど強くはないが高濃度に存在するとタンパク質などの標的分子を容易に酸化し障害をもたらす。また、 O_2^- や金属イオンとのフェントン反応により、活性酸素の中でもっとも酸化力の強い $OH^\bullet$ を生成する。したがって、ほとんどの生物は H_2O_2 消去系を必然的に兼ね備えている。

H_2O_2 消去酵素としてペルオキシダーゼに局在するカタラーゼ以外に動物のグルタチオンペルオキシダーゼ (GSHP) と植物のアスコルビン酸ペルオキシダーゼ (AsAP) がよく知られている。興味深いのは、これら両特異的ペルオキシダーゼの動植物間での分布が明確に分かれていることである。ところが最近、この明確な境界線を揺るがす報告、すなわち、光合成生物に GSHP が見いだされた。

緑藻 *Chlamydomonas reinhardtii* で培養時にセレンを添加することにより、既存の AsAP が消失し、それに代わり GSHP が高活性で発現することが明らかになった。¹⁾ このセレン依存性 GSHP の酵素学的および免疫学的性質は動物由来の酵素と類似していた。¹⁾ 元来 *Chlamydomonas* に存在する AsAP 活性がきわめて低く、細胞内で生成される H_2O_2 の消去を補償できなかった。しかし、このセレン依存性 GSHP の発現は、細胞内の H_2O_2 消去に充分機能しうると考えられた。¹⁾ 次いで、植物細胞において GSHP の存在の可能性を強く示唆する報告が相次いでなされた。

Criqui *et al.*²⁾ はタバコのプロトプラストから動物由来 GSHP 遺伝子相同性の高いクローン (6P229) を単離した。6P229 と動物由来 GSHP 遺伝子の相同性はアミノ酸レベルで47%であったが、動物 GSHP に保存されている4つの領域は平均70%以上の高い相同性を示した。しかし、6P229 の活性中心は、動物 GSHP に特徴的なセレンシステインではなくシステインであった。さらに、Holland *et al.*³⁾ によっても *Citrus sinensis* の塩ストレス耐性細胞から動物 GSHP 様クローン (Cit-SAP) が単離された。これは6P229 と86%の相同性を示し、動物 GSHP 遺伝子との相同性や、活性中心がシステインであることも6P229 と同様であった。これら両植物細胞における GSHP 活性の発現は認められなかった。これらの事実は、6P229 および Cit-SAP とともに GSHP タンパクをコードする遺伝子であると結論づけるには至らなかった。

ところが最近、これら GSHP 様クローンの生理的意義を示唆する報告がなされた。6P229 は発芽過程の種子、幼若プロトプラストおよび $HgCl_2$ 処理した葉に多く発現していた。²⁾ 前述のように Cit-SAP も塩ストレスで発現するクローンであった。したがって、これら GSHP 様クローンは塩ストレスなどによって二次的に生じるであろうストレス（浸透圧ショックによる膜の損傷など）に対して防御的に機能する遺伝子として発現している可能性も考えられる。Cit-SAP を導入した大腸菌においてパラコート耐性が顕著に認められた事実もこのことを支持するものである。⁴⁾ また、Willekens *et al.*⁵⁾ は、紫外線、 SO_2 およびオゾン処理によるストレスをタバコに与えることにより6P229 クローンが発現することを報告している。さらに、細胞質型 AsAP、カタラーゼおよびスーパーオキシドディスムターゼ遺伝子もストレスにより影響を受けた。また、6P229 はブタから単離されたリン脂質ヒドロペルオキシド特異性 GSHP ときわめて相同性が高いことも明らかになった。これらの結果は、6P229 が細胞内での過酸化物質消去に有効に機能していることを強く示唆している。

近年、地球の温暖化や砂漠化などの環境問題が大きくクローズアップされ、植物の環境ストレスに対する応答機構の分子レベルでの発現調節機構の解明、ストレス耐性遺伝子の導入による形質転換植物の作出が急務となってきた。¹⁾ したがって、植物細胞における GSHP 様クローンのより詳細な発現調節機構の解析は、外部環境変化に伴う植物の酸素ストレス応答および耐性機構の解明に貢献するものと思われる。

- 1) 重岡：植物細胞工学，5，446 (1993).
- 2) Criqui, M. C. *et al.*: *Plant Mol. Biol.*, **18**, 623 (1992).
- 3) Holland, D. *et al.*: *Plant Mol. Biol.*, **21**, 923 (1993).
- 4) Holland, D. *et al.*: *FEBS Lett.*, **337**, 52 (1994).
- 5) Willekens, H. *et al.*: *Plant Physiol.*, **106**, 1007 (1994).