

不良土壌における作物生産：環境から分子へ、そして環境へ

農学国際専攻新機能植物開発学研究室

西澤 直子

生存に不可欠な食糧を確保するためには、21世紀末に想定される世界の人口増加にみあうだけの食糧増産を達成することが必須である。しかし現況では、多くの優良農耕地が都市化によって消滅し、加えて環境破壊に伴う土壌の荒廃、砂漠化などにより世界の農耕地は減少の一途をたどり続け、この50年間で一人当たりの耕地面積は半減しており、今後もさらに減少を続けることが見込まれる。

その一方で、地球上には不良土壌とよばれる農耕地としては生産性の極めて低い土壌が全陸地の67%も存在している。これらの不良土壌（石灰質アルカリ土壌、高塩類集積土壌、酸性土壌、重金属集積土壌等）においても高い作物生産性を上げることができれば、食糧の増産と、二酸化炭素の減少による地球温暖化防止や、砂漠化の防止などの環境問題への貢献、バイオマスエネルギー増産などによるエネルギー問題の解決にも貢献できると考えられる。現今の栽培品種の多収性を保持しつつ、遺伝子導入によって「不良環境耐性」を賦与した、不良土壌でも生育する作物を遺伝子工学的手法によって積極的に創製することが急務であろう。

不良土壌において農業生産性が低い原因は、植物の生育に必要な栄養元素の欠乏、あるいは有害元素の過剰による生育障害である。全陸地の約25%を占める石灰質アルカリ土壌では、鉄が水酸化第二鉄の結晶として不溶態化しているため、植物はこれを利用できない。

オオムギは体内で鉄欠乏を感知すると、根で「ムギネ酸類」を合成して根圏に概日リズムを持って分泌し、土壌中の不溶態の3価の鉄をキレート化して、根の細胞膜に存在する「鉄・ムギネ酸類」トランスポーターを介してこれを吸収する。イネ科の栽培作物のうちオオムギはムギネ酸類分泌能が最も高く、トウモロコシ、イネは最も低い。したがってイネやトウモロコシは石灰質アルカリ土壌ではほとんど生育できない。

我々は1985年以来ムギネ酸研究を始め、今日までにオオムギ根のムギネ酸類合成経路を解明し、メチオニン以降のステップを触媒するすべての酵素の遺伝子を単離し、基質であるメチオニンの供給源であるメチオニンサイクルとその周辺の遺伝子も単離した（図1）。そしてその中の一つの遺伝子である、ニコチアナミンアミノ基転移酵素のオオムギゲノム遺伝子を導入したアルカリ土壌における鉄欠乏に耐性のイネ

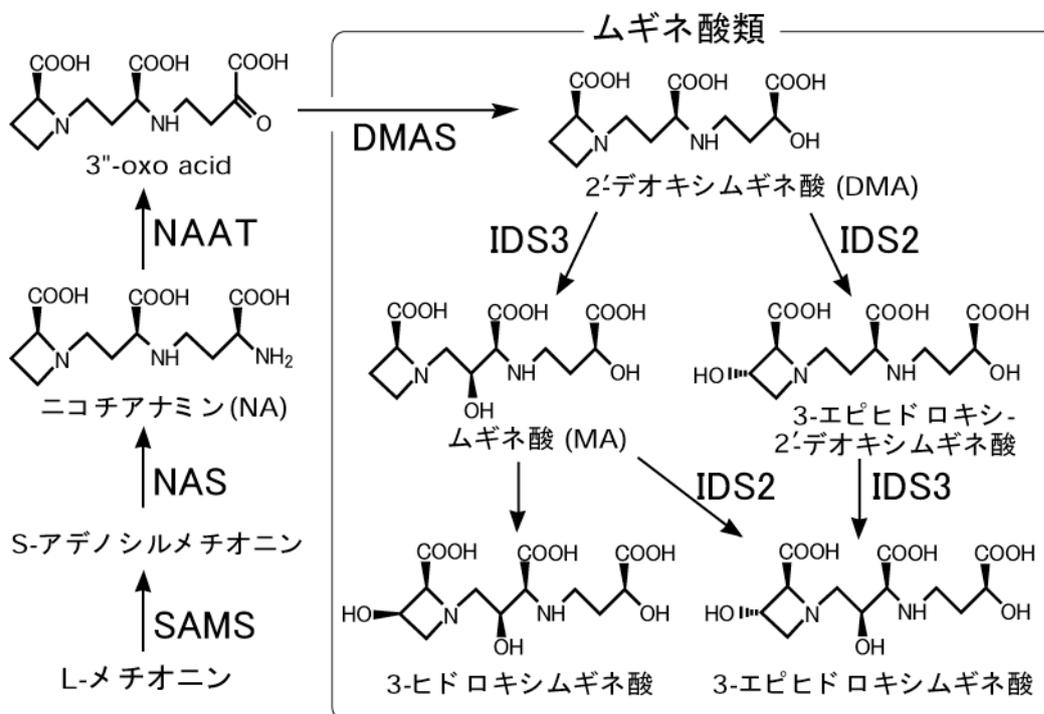
を作出した。

この形質転換イネは、隔離温室における石灰質アルカリ土壌でのポット試験の結果、ベクターのみを導入したイネの4倍以上の籾収量を示した。ムギネ酸分泌能力の一層の強化によって、さらに鉄欠乏耐性の高いイネの作出が可能であることが証明された。

そこでオオムギのムギネ酸類生合成経路の酵素遺伝子を複数組み合わせることでイネに導入し、様々な形質転換イネを作出した。隔離温室における石灰質アルカリ土壌でのポット試験の結果、これらの形質転換イネはいずれも鉄欠乏耐性を示した。

これらのうちから6種類を選び、2005年、東北大学大学院農学研究科附属複合生態フィールド教育研究センター内の隔離圃場において圃場生育検定を開始した。

隔離圃場内に石灰質アルカリ土壌を約100トン搬入して水田を造成し、5月21日に形質転換イネの田植えを行った。田植え約1ヶ月後には、野生型イネと形質転換イネの生育には顕著な差が観察された。生育調査を続けながら、2005年10月19日に無事に収穫作業を完了することができた。今年はこの3種類に絞って生育検定を行っているが、2005年同様、非形質転換イネと形質転換イネの石灰質アルカリ土壌における生育には顕著な差が観察されている。収量等の、圃場検定の詳細については現在解析中である。



ムギネ酸類生合成経路

図1