

### [成果情報名] ソルガム根からの生物硝化抑制物質の分泌機構の解析

[要約] ソルガムの根からの硝化抑制物質の分泌には、根圏 pH、アンモニウムイオン ( $\text{NH}_4^+$ ) の取り込み、細胞膜  $\text{H}^+$ -ATP アーゼ (ATP の加水分解エネルギーを利用して  $\text{H}^+$  を細胞外へと輸送するタンパク質、プロトンポンプ) が大きく関わっている。低い根圏 pH と  $\text{NH}_4^+$  の取り込みが硝化抑制物質の分泌を促進する。 $\text{H}^+$ -ATP アーゼ活性促進により硝化抑制物質の分泌量は増加し、阻害により分泌量は減少する。

[キーワード] ソルガム、生物的硝化抑制物質、根圏 pH、細胞膜  $\text{H}^+$ -ATP アーゼ

[所属] 国際農林水産業研究センター 生産環境・畜産領域

[分類] 研究 B

### [背景・ねらい]

植物が自身の根から物質を分泌して、ある種の土壤微生物の働きによるアンモニアから硝酸が生成される過程、すなわち硝化(硝酸化成)を制御することを「生物的硝化抑制」とよぶ。これは、植物が低濃度窒素環境に適応するために進化の過程で獲得した形質である。つまり、植物が分泌する硝化抑制物質は硝化菌の  $\text{NH}_4^+$  の消費を抑え、結果的に植物側の窒素吸収量は増加する。ソルガムは生物的硝化抑制能をもっており、アンモニウムイオン ( $\text{NH}_4^+$ ) 存在下で硝化抑制物質の分泌量は増加し、逆に硝酸イオン ( $\text{NO}_3^-$ ) 存在下では分泌量は減少する。しかし、根での  $\text{NH}_4^+$  の取り込みから硝化抑制物質の分泌までの活性化機構の詳細は不明のままである。この機構を明らかにして、ソルガムでの生物的硝化抑制の実用化に際して考慮すべき情報とする。

### [成果の内容・特徴]

- 水耕栽培のソルガムでは、窒素源として  $\text{NH}_4^+$  を用いると  $\text{NO}_3^-$  の場合よりも根からの硝化抑制物質の分泌量が増える。根圏 pH を 3.0 にすると、どちらを窒素源としても 7.0 の場合よりも分泌量が多くなる (図 1a)。
- 根の細胞膜  $\text{H}^+$ -ATP アーゼ活性への窒素源の影響をみると、 $\text{NH}_4^+$  のほうが  $\text{NO}_3^-$  よりもどちらの根圏 pH (3.0 と 7.0) でも高くなる。また、根圏 pH の影響を比較すると、3.0 ほうが 7.0 の場合よりも  $\text{H}^+$ -ATP アーゼ活性はどちらの窒素源でも高くなる (図 1b)。
- 上記条件下では細胞膜  $\text{H}^+$ -ATP アーゼ活性と硝化抑制物質の分泌との間には高い正の相関があり、 $\text{NH}_4^+$  による分泌促進効果は  $\text{H}^+$ -ATP アーゼ活性の増大と強く関係している (図 2)。
- 水耕栽培での根分け法を用いてソルガムの根の半分それぞれに  $\text{H}^+$ -ATP アーゼの活性促進物質のフシコクシンと阻害物質のパナジン酸を作用させると、硝化抑制物質の分泌と  $\text{H}^+$ -ATP アーゼ活性は両者とも各物質の効果に対応して促進あるいは阻害される (図 3)。このことは、細胞膜  $\text{H}^+$ -ATP アーゼが硝化抑制物質の分泌に重要な役割をもっていることを示している。
- 以上より、ソルガムでの硝化抑制能物質の分泌機構は次のように推定される。 $\text{NH}_4^+$  が根細胞内へと取り込まれて同化された後に形成される  $\text{H}^+$  は、活性化された細胞膜  $\text{H}^+$ -ATP アーゼにより細胞外へと排出される。細胞質内の負のポテンシャルが増大して、細胞膜のアニオンチャネルを通して硝化抑制物質が細胞外へと分泌される (図 4)。

### [成果の活用面・留意点]

- ソルガムによる硝化抑制物質の分泌が低 pH の根圏条件で促進されることから、ソルガムがもつ生物的硝化抑制能を有効に活用するための情報として利用する。半乾燥熱帯地域の Alfisols (土壌 pH 6 以下)、南アメリカの Ultisols (土壌 pH 5 以下)、西アフリカの Sandy-loams (土壌 pH 6 以下) のような軽埴土でソルガムの生物的硝化抑制能が発揮されやすいと考えられる。
- 強い生物的硝化抑制能をもつソルガムの実用品種開発において有効な情報となる。

### [具体的データ]

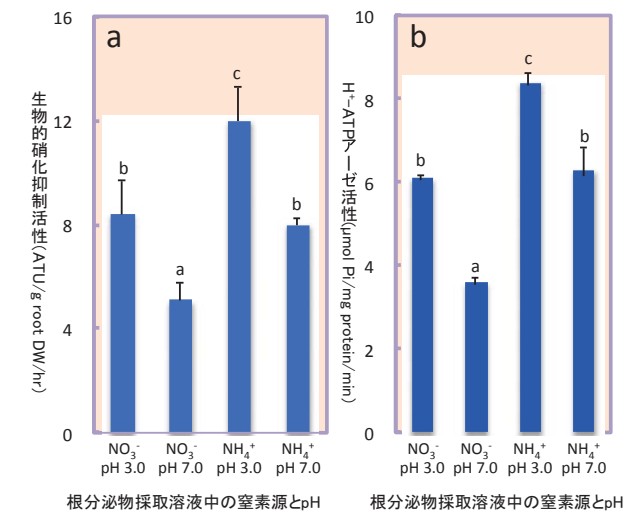


図1 ソルガムの生物的硝化抑制活性 (a) および細胞膜  $\text{H}^+$ -ATP アーゼ活性 (b) に及ぼす根分泌物採取溶液の窒素源と pH の影響 (水耕栽培)

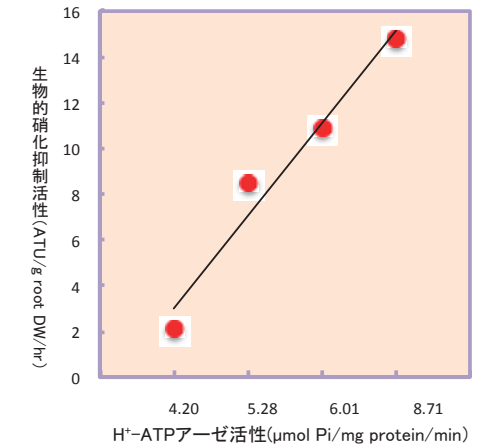


図2 水耕栽培におけるソルガムの根からの生物的硝化抑制物質の分泌量と細胞膜  $\text{H}^+$ -ATP アーゼ活性との関係性

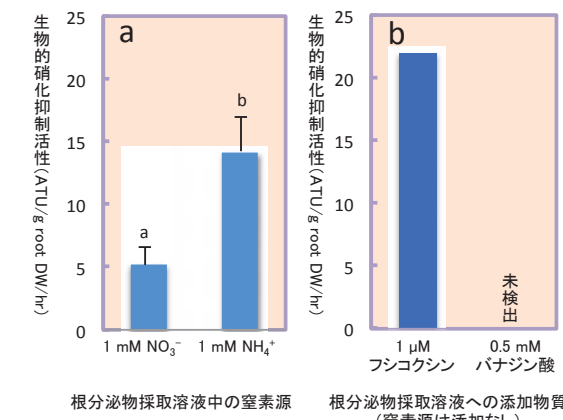


図3 ソルガムの生物的硝化抑制活性に及ぼす窒素源 (a) と  $\text{H}^+$ -ATP アーゼの活性促進物質フシコクシンおよび活性阻害物質パナジン酸 (b) の添加の影響 (水耕栽培、根分け法)

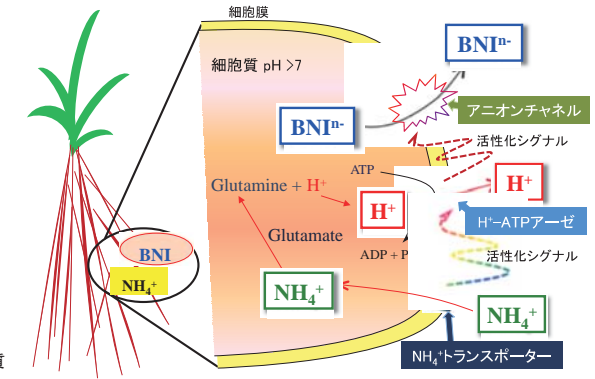


図4 ソルガムにおけるアンモニウムイオン ( $\text{NH}_4^+$ ) の取り込みによる硝化抑制物質 (BNI<sup>-</sup>) の分泌機構の推定図

### [その他]

研究課題：生物的硝化抑制作用の解明とその利用

プログラム名：開発途上地域の土壌、水、生物資源等の持続的な管理技術の開発

予算区分：交付金 [硝化抑制]

研究期間：2009～2010 年度 (2006～2010 年度)

研究担当者：Zhu, Y.・Zeng, H. (南京農業大学)・Shen, Q. (南京農業大学)・石川隆之・Subbarao, G.V.

発表論文等：Zhu, Y. et al. (2012) Plant and Soil, 358: 131-141