

微生物やその細胞壁成分の葉面散布による酒米の増収に成功

—メタノールを原料に生産した微生物製剤を出穂後1度の散布で—

概要

京都大学大学院農学研究科 由里本博也准教授、阪井康能 同教授らのグループは、白鶴酒造株式会社、岡山大学と共同で、食糧と競合しない炭素資源で安価なメタノールを原料として生産した微生物(メタノール細菌)の死菌体または細胞壁成分を、出穂後のイネ地上部にスプレー散布することで、酒造好適米(酒米)の収量を増加させることに成功しました。近年、生きたメタノール細菌の種子への接種や葉面散布による蔬菜の生産性向上は知られていましたが、イネなどの穀類の増収については、特に大規模商業圃場での成功は初めてです。

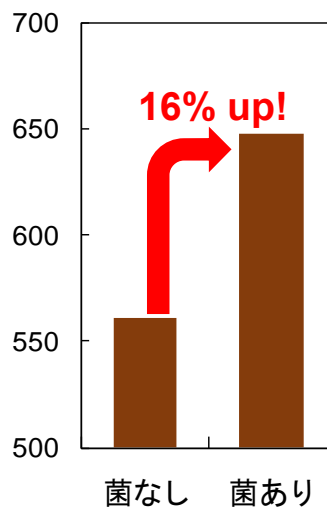
本研究グループは、まず実験室レベルで、様々なメタノール細菌とイネ品種の組合せ、使用菌株や散布時期の最適化などの栽培試験を行った後、商業圃場において、5年間、安定的に増収効果があることを示しました。さらに、死菌体や細胞壁多糖成分についても、出穂後1回の葉面散布のみで、登熟歩合向上と単位収量増加がありました。微生物生産の原料であるメタノールは、食糧資源とは競合しない天然ガスから生産され、資源循環型社会の基幹物質として注目されています。安価なメタノールを原料として微生物製剤を安価に生産可能で、1回の散布でよいことから、今後は、他のイネの品種や他の穀類の増産に向けて大規模利用が期待できます。

本成果は、2020年12月10日に国際学術誌「Microbial Biotechnology」にオンライン掲載されました。

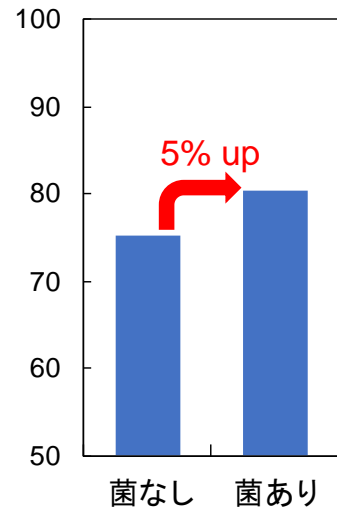
酒米(白鶴錦)出穂後に メタノール細菌を葉面散布



単位収量 (g/m²)



登熟歩合 (%)



1. 背景

植物からは年間 1 億トンにもおよぶ膨大な量のメタノールが放出されており、地球の表面積の 2 倍に匹敵する表面積をもつ葉面には、メタノールを単一の炭素源・エネルギー源として利用して増殖するメタノール資化性細菌（メタノール細菌）が優占種として棲息しています。*Methylobacterium* 属に代表されるメタノール細菌は、植物ホルモン等を生産することによって植物に対する生長促進効果をもたらすことが知られていました（図 1）。これまでにメタノール細菌の種子への接種や葉面散布により、モデル植物や蔬菜類への生長促進効果が報告されてきましたが、イネなどの穀類については、ポット栽培や試験圃場栽培では、生長促進とは異なり、顕著な増収効果は認められておらず、特に大規模商業圃場での成功例はありませんでした。

2. 研究手法・成果

本研究では、メタノール細菌を利用したイネなどの穀物増収のための新技術開発を行いました。イネなど様々な植物試料からメタノール細菌を単離し、イネ（コシヒカリ）の種子に接種して苗への効果や植物ホルモンの生産性などを評価し、有効な菌株の選抜を行いました。次に、様々なイネ品種に対する苗の効果を比較し、顕著な効果が認められた 2 品種（酒造好適米の雄町と神力）について圃場での栽培試験を行ったところ、京都大学と岡山大学の両圃場において、神力ではメタノール細菌接種による穂数、籾数、籾重量の増加が認められました。このように酒造好適米への増収効果が認められたことから、白鶴酒造株式会社で育種された酒造好適米「白鶴錦」へのメタノール細菌接種の効果を、5 年間に渡り兵庫県多可町の商業圃場において検証し、接種方法や接種時期を最適化しました。その結果、メタノール細菌の生きた菌体だけでなく、死菌体や細胞壁多糖成分の散布によっても増収効果があることを明らかにし、出穂後 1 回のみ散布で登熟歩合の向上と単位収量増加に成功しました（図 2）。

微生物製剤による作物増収効果についてはこれまでも実施例がありますが、生きた菌を使用しなければならないため、製剤化や品質管理が難しく、使用した際に環境安全面でのリスクが残ります。死菌体や菌体成分でも効果が認められたことから、製剤化や品質管理が容易であり、使用した際の環境安全面でのリスクもありません。また、出穂後 1 回だけの散布だけで効果を発揮することから、簡易的かつ安全にイネなどの穀物の収量を増加させることができる新技術として期待できます。また、農薬等と混合してドローンで広範囲に散布することも可能で、酒造好適米以外のイネ品種や他の穀類への大規模利用も期待できます。

3. 波及効果、今後の予定

メタノールは、天然ガスの主成分であるメタンや未利用バイオマスといった食糧と競合しない炭素資源から生産され、資源循環型社会の基幹物質として注目されています。またメタノールは、微生物培養原料としても優れた特性を持っており、メタノール細菌を安価に大量に培養することが可能です。これは、天然ガスやバイオマスからの循環的生産が可能なメタノールから、有用物質（本研究ではメタノール細菌の菌体や細胞壁成分）を生産する「メタノールバイオエコノミー」という概念を具体化したものです。

光合成では、光エネルギーを利用して我々が食糧としているバイオマスに CO₂ を固定していますが、本技術は、メタンに由来する炭素をもつメタノールを利用してメタノール細菌を生産し、これを散布することでさらに植物の CO₂ 固定も増強していることとなります。従って、C1 炭素固定 + CO₂ 固定による新しい炭素循環系の構築によって、天然ガスや未利用バイオマスの生物資源化、食糧増産や温室効果ガス排出削減にも繋がる、メタノールバイオエコノミーの技術基盤となることが期待されます（図 3）。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は、科研費（16H02997, 19H04326, 19K22307）、JST・ALCA、JST・CREST の支援により行われました。

<用語解説>

細胞壁多糖成分：細菌の細胞表面は、多糖を主成分とする細胞壁で覆われている。細胞壁多糖成分は、細菌の細胞をアルカリなどで処理し、多糖を含む水溶液として抽出したもの。

登熟歩合：全籾数に対する成熟した籾の割合。

単位収量：単位面積当たりの精玄米収量。

C1 炭素固定：メタンやメタノールなど炭素原子 1 個を含む C1 化合物に由来する炭素を微生物や植物の細胞構成成分として固定する。

<研究者のコメント>

研究開始当初は、種子や苗への接種はむしろ収量低下を招き、期待に反する結果でしたが、5 年間に渡る白鶴酒造さんと白鶴錦栽培農家さんのご協力により、最適な接種条件を見出すことができました。今後は、増収効果のメカニズムや植物とメタノール細菌の共生原理の解明とともに、メタノール細菌の農業での利用拡大を図っていきたいと思います。

<論文タイトルと著者>

タイトル：Methanol bioeconomy: Promotion of rice crop yield in paddy fields with microbial cells prepared from natural gas-derived C₁ compound（メタノールバイオエコノミー：天然ガス由来 C₁ 化合物で培養した微生物菌体による水田でのイネ増収技術の開発）

著者：Hiroya Yurimoto, Hiroyuki Iguchi, Do Thi Di Thien, Akio Tani, Yutaka Okumoto, Atsushi Ota, Takahiro Yamauchi, Takahiro Akashi, and Yasuyoshi Sakai

掲載誌：Microbial Biotechnology DOI：10.1111/1751-7915.13725

< 参考図表 >

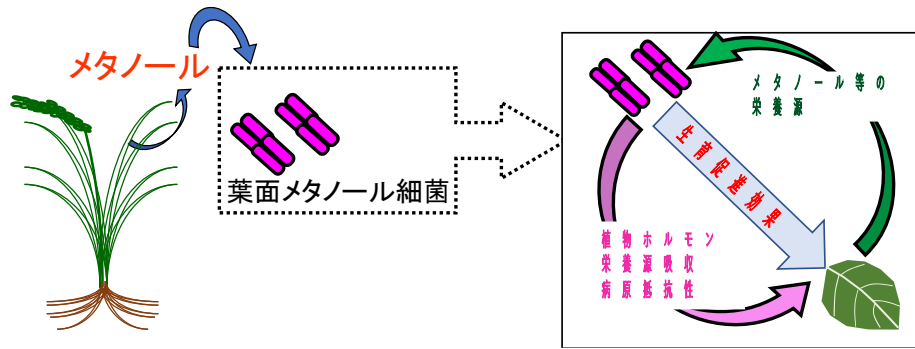


図1. 葉面メタノール細菌による植物生長促進

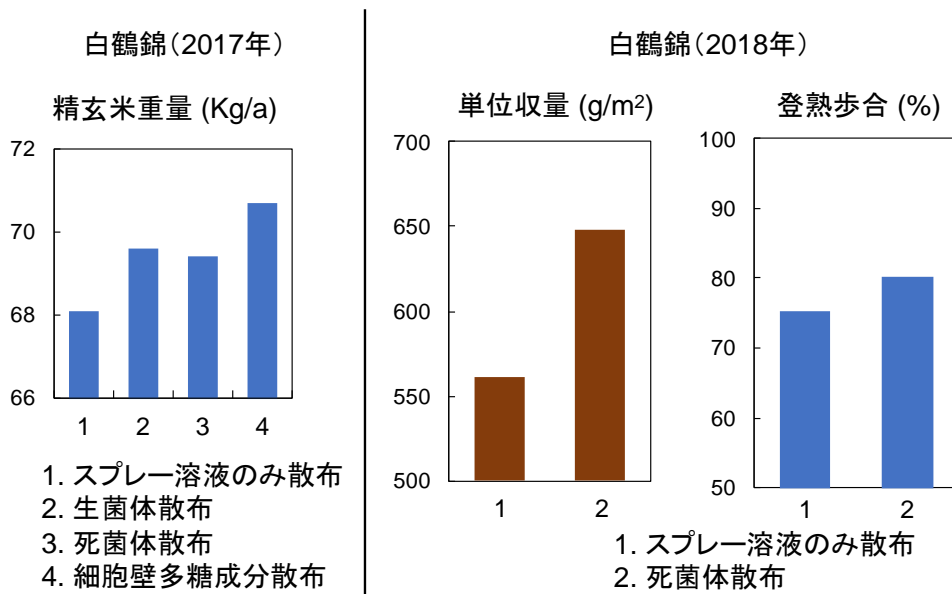


図2. メタノール細菌散布による白鶴錦への増収効果

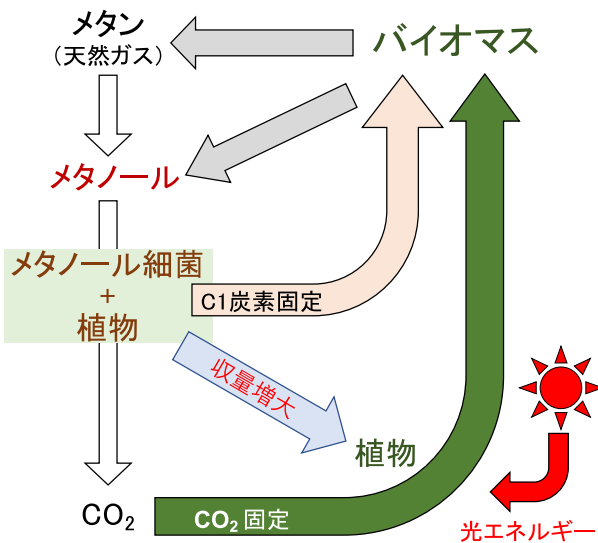


図3. メタノール細菌と植物による C1 炭素固定と新しい炭素循環