

## File No. 28

## 微生物資材は肥料になるか

土壌に多数の微生物が生息している。これらの微生物の中には植物に養分を提供するものや土壌中の有機物質の分解を促進するもの、有害な病原菌を退治して微生物相を改善するものが多数ある。マメ科作物の根粒菌がその代表的な例である。また、AM 菌根菌 (Arbuscular Mycorrhiza) と呼ばれる微生物は植物根の細胞内に侵入した菌糸が樹枝状体と嚢状体を形成して、土壌中の養分（特にりん酸）や水分を効率良く吸収し、根の中まで直接運んで植物に与える効果があるものもある。

微生物資材とは、植物の生育に有益な働きをする有用微生物群を各種の培養基質で繁殖させ、増量材や吸着材を添加したもので、種に塗して播種するか肥料のように土壌に施用するように利用される農業資材の一つである。

微生物資材はその働きと効能から① 窒素固定効果のある微生物資材、② 土壌中の養分を効率よく吸収して、植物に与える効果のある微生物、③ 土壌有機物の分解を促進して、植物に養分を供給する効果のある微生物、④ 土壌微生物相を改善して、土壌環境を良くする効果のある微生物の4つに大別される。

現在、多数の微生物資材が販売されている。一部は微生物肥料という紛らわしい名称を付けて喧伝されるため、困惑している農家もある。微生物資材は肥料の代替になる効果があるか否かは検証する必要がある。

### 一、 窒素固定効果のある微生物資材

窒素固定効果のある微生物の代表は根粒菌である。根粒菌は大豆・落花生などマメ科植物の根に寄生し、根粒をつくる土壌細菌で、植物が光合成で合成した炭水化物を得て繁殖する傍ら空気中の窒素を固定し、植物に供給するいわゆる共生関係を具現する微生物である。根粒菌は単一の菌ではなく、その種類が多く、*Rhizobium* 属、*Bradyrhizobium* 属、*Sinorhizobium* 属、*Mesorhizobium* 属等に分類される。根粒菌が寄生した大豆の根にできた根粒とその根粒内部の顕微鏡写真は図1、図2に示す。



図1.大豆の根に形成した根粒

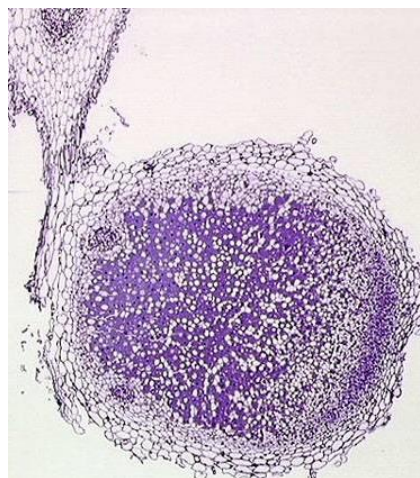


図2. 大豆根粒の内部構造 (光学顕微鏡写真)

通常、土壌中にいくつかの根粒菌種が自然に生息して、マメ科植物に寄生するが、植物種により寄生できる菌種が異なる。このマメ科植物と根粒菌の共生関係は厳密に制御された複雑な生物現象であり、特定の根粒菌パートナーを数多い微生物の中から選択する機構がすでに詳しく解明された。根粒菌が産生するノッドファクターと呼ばれる短いオリゴ糖（リボキトオリゴ糖）が植物に受け入れてもらうための「手形」のような働きをしており、植物は自分に合った「手形」を持った根粒菌だけを受け入れる。

数 10 年前は、大豆や落花生を播種する前に予め窒素固定能力の高い根粒菌を接種することが流行っていたが、現在はほとんど行っていない。その理由は、外来の接種菌が土着菌との競合で勝つことが難しく、コストパフォーマンスが劣るためである。根粒形成をめぐる根粒菌間の競合は根圏での増殖での競合、根粒形成の速さでの競合（一度できた根粒は近傍での根粒の形成を抑える傾向があるので、速くできるほうが有利）、根粒の近傍根粒の抑止能力などいろいろな条件で支配され、土着菌がその土壌環境に適合していて、競合に有利である。また、複数年間同じマメ科植物を栽培した畑では、その植物に適合する根粒菌がすでに土着菌として土壌に多数存在して、わざわざ播種する前に根粒菌を接種する必要がない。

植物の生育初期に根に共生している根粒菌が少なく、窒素供給量が不足がちで、窒素肥料系基肥の施用が必要である。また、現行高収量の大豆品種などは根粒菌で固定した窒素だけでは生長に必要な窒素分を満足に供給できないため、窒素肥料の施用がなければ高収量が望めない。根粒菌がりん酸や加里を供給できず、りん酸肥料と加里肥料も欠かせない。従って、根粒菌のような窒素固定効果のある微生物資材は植物に窒素養分を供給できるとしてもその量が全然足りず、肥料の役割を代替できない。

## 二、土壌中の難溶性養分を溶解吸収して、植物に与える効果のある微生物資材

植物と微生物の土壌生態系に上述の根粒共生より一般的な「菌根共生」現象が多くみられる。この場合は、根の細胞内に侵入した菌糸が樹枝状体と、ものによっては嚢状体とを形成して、根の外部には根外菌糸がまとわりつき、周囲に胞子を形成することが多い。その構造的な特徴から VA 菌根 (Vesicular Arbuscular Mycorrhiza) と呼ばれていたが、現在ではアーバスキュラー菌根 (Arbuscular Mycorrhiza、AM) と呼ばれる場合が多い。図 3 と図 4 は AM 菌根の模式図と顕微鏡写真を示す。

菌根共生現象を引き起こす菌は藻菌類の糸状菌で、グロムス門 *Glomeromycota* に属する 150 種程度の特殊な菌類である。これらの内生菌根菌は 8 割以上の陸上植物種と共生することができる。根粒菌と異なり、内生菌根菌はホスト植物をあまり選ばず、また単独では培養できない。内生菌根菌の他にマツタケのような外生菌根菌もある。

植物と共生している内生菌根菌は植物が光合成で合成した炭水化物を得て繁殖する一方、根外菌糸が酸性物質を分泌して放出し、土壌中の難溶性りん酸や微量元素を溶解吸収して植物に与える効果がある。アーバスキュラー菌根が形成されると植物は乾燥に強くなり、

養分の乏しい土地でも効率よく養分を吸収して育つようになるといわれる。AM 菌根菌に限り政令で土壤改良資材の指定を受けている。

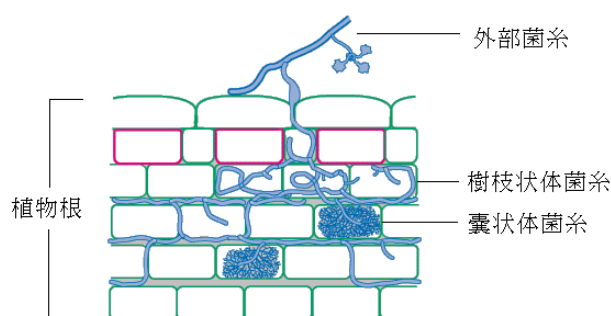


図3. AM (アーバスキュラー) 菌根の模式図

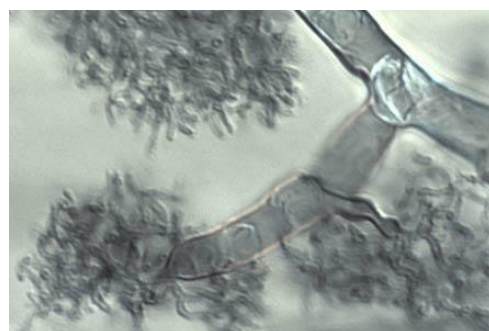


図4. AM 菌根の光学顕微鏡写真

現在、国内 10 数社は AM 菌根菌の胞子を商品化して販売している。その使い方は大体 AM 菌根菌胞子の入った製品を培土に混ぜたり、苗穴に少量を撒いたりして使用する。土壤に撒いた AM 菌根菌の胞子は約 2 週間で発芽し始めて、3~4 週間後には十分な共生状態を作り出す。しかし、菌根菌は植物生長に必要な養分を含まず、土壤中の難溶性りん酸や微量元素を溶解して吸収することに過ぎない。従って、AM 菌根菌のような微生物資材は植物の養分吸収に補助的な働きしかなく、肥料の代替にはできない。

### 三、土壤有機物の分解を促進して、植物に養分を供給する効果のある微生物資材

動植物の遺体や排泄物に含まれている窒素、りん酸、加里などの養分は有機態のものが多く、そのままでは植物が吸収利用できない。微生物の分解を受け、無機態の窒素、りん酸、加里に分解されてから初めて植物に吸収利用される。

土壤中の微生物は有機物を餌として生活して、有機物から必要なエネルギーと自身の構成成分を獲得している。従って、有機物を施用すれば土壤中の微生物が増殖し、その過程で有機物を分解するとともに増殖した微生物は可給態養分のプールとなる。その後、死んだ微生物は土壤有機物を上回る速度で分解され養分が供給されることになる。

土壤有機物は物理的な崩壊過程と複雑な有機分子からより単純な有機および無機分子への生物学的な分解過程を経て無機化される。土壤有機物の分解は自然に起こる現象であるが、その分解速度は有機物の組成、土壤構造と通気性、土壤温度、土壤水分、土壤生物の種類と生物活性などに影響される。すなわち、有機物の質、土壤環境、土壤生物により支配される。有機物を分解する土壤生物が細菌、真菌、藻類および原生動物のような微生物のほか、土壤中に生息している昆虫、ミミズ、さらにモグラ、ネズミなども含まれる。昆虫や小動物をさておき、土壤に投入された有機物の組成によりその分解に適する微生物が急速に繁殖し、分解にかかる。外部からわざわざ投入する必要がない。

一方、土壤有機物の無機化をよい状態に維持するためには、作物残渣、堆厩肥、その他の源からの有機物供給速度が分解速度と等しくなることが望ましい。外部から強力な有機

物分解能力を有する土壤微生物だけを土壤に添加する行為は、土壤有機物の分解速度を必要以上に加速させ、土壤有機物は減少して、逆に土壤が貧弱になる恐れがある。

一方、食品残渣や剪定した木の枝葉などをコンポスト化して有機肥料を作る場合は、分解過程を加速するには土壤放線菌や藻類、細菌、酵母など分解に適する微生物を添加することが有用である。但し、微生物が有機物の分解に非常に重要な役割を果たすが、自身では肥料成分ではなく、ただの分解者であり、肥料の代替にできないことを覚えてほしい。また、この種の微生物資材は政令で土壤改良資材の指定を受けられない。

#### 四、土壤微生物相を改善して、土壤環境を良くする効果のある微生物資材

この種の微生物資材は、特定の土壤微生物の活性化をはかり、土壤微生物相の構成を改善することにより、土壤の理化学性質を改善することを目的とする資材である。主に連作障害回避を目的として、特定の拮抗作用のある微生物を増やすことにより有害な微生物の増殖を抑制することを通じて、より良い土壤微生物相の形成を促進し、土壤改良効果や作物生育促進効果などを総合的に含めた地力維持に効果があると宣伝するものが多い。

しかし、この種の微生物資材は大部分が酵母や乳酸菌、放線菌のような食用または殺菌殺虫効果のある有用微生物を培養して添加したものである。中には、有用微生物の増殖環境をつくる資材だけが入っているものもある。添加されている微生物についての記載は抽象的なものが多く、大部分の資材では、微生物の種類すら明らかにされていない。また、確実な科学実験を経てその有効性を証明されたものがほとんどない。従って、政令で土壤改良資材の指定を受けられない。

土壤微生物相は、その土壤の理化学性質、特に土壤 pH、土壤構造、土壤含水量、土壤有機物量などの影響を受け、土壤中の各種微生物が増殖または死滅して、最終的にその土壤に適合するように相対的に安定な状態を保つ。土壤理化学性質を変えない限り、土壤微生物相を変化させることが難しい。外部から投入した微生物が土着微生物との競争で勝つことが非常に困難である。この種の微生物資材は植物生育に必要な養分を作り出すことができないため、肥料の代替にもならないことが明白である。

土壤環境を改善する、いわゆる「土づくり」には微生物資材ではなく、有機物の施用が一番有効である。豊富な土壤有機物がそれを餌とする微生物を増殖させ、微生物相を多様化させる。微生物相の多様化は、微生物間の相互作用（静菌作用や拮抗作用等）の強化により根圏での微生物的緩衝能を高め、植物根の発達に好ましい土壤環境をもたらしていると考えられる。また、有機物に含まれている養分が微生物の分解によりゆっくり放出され、植物に吸収利用される。

他に農薬の目的で利用される微生物、いわゆる微生物農薬であるものがある。主に害虫を発病させる病原菌とその病原菌を媒介する微生物、抗菌物質や毒性物質を産出する微生物などである。これは生物的防除資材と定められるもので、農薬分野に属するものである。当然、肥料ではない。