

アーバスキュラー菌根菌接種技術の可能性

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者名	齋藤, 雅典
発行元	日本草地学会
巻/号	59巻4号
掲載ページ	p. 274-276
発行年月	2014年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



アーバスキュラー菌根菌接種技術の可能性

齋藤 雅典*

東北大学大学院農学研究所複合生態フィールド教育研究センター (989-6711 宮城県大崎市鳴子温泉字蓬田 232-3)

受付日: 2013年8月15日/受理日: 2013年8月28日

キーワード: アーバスキュラー菌根菌, 接種, VA菌根菌.

Inoculation Technology of Arbuscular Mycorrhizal Fungi: The Status Quo in Japan and Future Prospects

Masanori Saito*

Field Science Center, Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University, Naruko-Onsen, Osaki, Miyagi 989-6711, Japan

Key words: Arbuscular mycorrhizal fungi, Inoculation, VA mycorrhizal fungi.

はじめに

アーバスキュラー菌根菌 (VA菌根菌とも呼ぶ。以下, AM菌) は, Glomeromycota 門に分類される植物共生菌類である。植物根内における本菌の存在は 100 年以上前から知られていたが, 1970 年代から欧米を中心に, この菌に関する本格的な研究が開始され, 植物の根のリン吸収を促進することが見出された。このことから, この菌を作物へ接種し, リン吸収の促進などの有用な機能を作物生産へ活用しようという試みが, 進められてきた。わが国においても, 1980 年代後半から実用化研究がすすめられ, 民間企業による「VA菌根菌資材」の市販が開始された。「VA菌根菌資材」はリン肥料等の節減につながることから, 農林水産省の進める環境保全型農業に活用できるため, 1996 年に地力増進法に定める政令指定土壌改良資材の一つとしても認められた。本稿では, AM菌の接種資材として利用可能性について最近の研究動向を紹介する。

1. 接種資材利用の動向

リン肥沃度の低い土壌においては, AM菌が植物生育に顕著な効果を示すことから, 多くの国々で AM菌接種資材が生産・市販されている。しかしながら, AM菌は絶対共生微生物であり, 宿主である植物との共生条件なしに増殖することはできない。すなわち, 接種資材として大量調製するためには, 宿主となる植物へ AM菌を共生させ, その植物を栽培しなければならぬ。さらに, 栽培土から AM菌を回収し資材として調製しなければならず, その調製には, きわめて労力と時間がかかるため, どうしても高価な資材となって

しまう。そのため, 先進国より, 製造に関わる人件費等のコストがリン肥料に比べて相対的に低い開発途上国において, 資材開発のインセンティブが働くようである (Forum for Nuclear Cooperation in Asia 2006)。

一方で, リン資源の枯渇が危惧され, リン肥料の価格が高騰する中, 欧米諸国などにおいても化学合成資材の使用を節減し土壌生物機能を活用した土壌肥沃度維持に関心が高まっており, 既往の資材メーカーのみならず新興のメーカーが開発を開始しているらしい (Vosátka 2012)。

わが国においては, すでに述べたように AM菌資材が政令指定土壌改良資材として認定され, 接種資材の販売が進められたが, 2001 年頃をピークに供給量は減少の一途をたどっており (総務省 2013), 農業用資材として普及しているとは言い難い。これは, AM菌資材のターゲットとなる高収益性の野菜等の栽培圃場においては, 連年のリン肥料施用により土壌のリン肥沃度が高くなっており, 資材の効果が現れにくいことがもっとも大きな要因であろう。作物にとって AM菌の助けを借りる必要が無く, また, このような高リン条件では AM菌の共生が阻害されることがあるからである。

AM菌資材の製造のためには, 宿主植物へ菌を接種し, 宿主植物を栽培することが必要なことはすでに述べた。接種資材調製のための栽培方法として, 病原菌等の汚染を防ぐために殺菌した培地に菌を接種して栽培する, いわゆるポット培養法と, それを改変したいくつかの方法が考案されている。それは, ①無機質資材を植物の支持体として用いる方法, ②ミストの栽培溶液を噴霧するエアロポニック栽培などである。前者の無機質資材としては, 砂, 無機質フィルム, 多孔質資材, 炭等が用いられている。ある種の多孔質資材の場合

* msaito@bios.tohoku.ac.jp

本稿で紹介した研究の一部は, 農林水産省委託プロジェクト研究「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のためのプロジェクト」の中で実施したものである。

には、その中に AM 菌の菌糸や胞子が多孔質資材の中に入り込んで生育するため、宿主植物栽培の培地として用いた後、乾燥させ、そのまま接種資材として利用できる利点がある。いずれの方法にしても、長期間の栽培期間にいかにして植物病原菌のコンタミを防止するかが、接種資材の品質管理上、もっとも重要な問題の一つである（齋藤 2000）。

筆者らは、AM 菌として *Claroideoglossum etunicatum* を用い、園芸用に用いられている種々の多孔質資材について孢子形成数の面からその適否を調べている。リン酸吸収係数の高い火山灰下層土由来の多孔質資材を培地に用いた場合に多数の孢子が形成されるようであるが、さらなる検討を進めている（未発表）。

Bécard ら（1988）により開発されたニンジン毛状根を宿主として用いた *in vitro* 培養系は広く研究用に用いられている。さらに、培養方法の改良も進められ、大量の培養も可能になっている（IJdo ら 2011）。研究用に市販するサービスも進められているが（Symbiosis and Plant-Microbe Association Research Laboratory 2012）、農業現場で利用する資材を *in vitro* で大量培養する段階には至っていない。また、毛状根 *in vitro* 培養系で維持培養されている菌株も、国際標準株として広く用いられている *Rhizophagus irregularis* など Glomus 目の限られた菌株しかないのが現状のようである（Agriculture and Agri-Food Canada 2012）。

2. 農作物栽培における接種技術の可能性

AM 菌資材を接種して作物を栽培する場合、資材の効果は、土壌のリン肥沃度と土着の AM 菌との関係で理解できる。このことを模式的に図 1 に示した。土壌中の可給態リン水準がそれほど高くない一般畑地・飼料畑などにおいては、もし土着 AM 菌の密度が低い場合は接種効果が期待できる。しかし、大面積の畑作・飼料作に高価な接種資材を利用するのは現実的ではない。非菌根性作物と菌根性作物が後作に及ぼす効果に関する唐澤（2002）の研究から、土壌に元来生息する土着 AM 菌を、作付け体系を工夫することによって活用する方法が有効である。この点については、本特集において別の著者により論じられる。

菌根菌資材の価格の面から考えると、接種資材として利用が期待できるのは収益性が高く、かつ集約的な栽培の野菜・

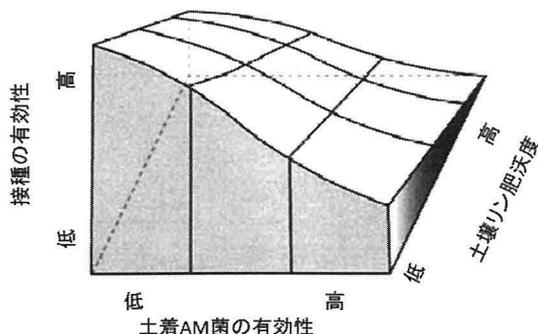


図 1. 土壌リン肥沃度と土壌 AM 菌の有効性からみた AM 菌接種の有効性。

園芸作物である。Tawaraya ら（2012）は、多量のリン施肥を要求する長ネギに着目し、育苗段階で接種を行い十分に AM 菌の共生した苗を圃場へ定植することによって可給態リン水準の高い圃場においても接種効果を得ることに成功し、高騰するリン肥料の節減につながることを示した。

筆者らも、同様の方法で長ネギに対する接種資材の効果を 2 年間にわたり東北大学複合生態フィールド教育研究センターの畑圃場で検討した。試験に用いた圃場のリン肥沃度は高かったが、AM 菌の育苗時接種により、長ネギの定植直後の初期生育を促進できることを示すことができた。しかし、その後の生育で接種効果は明確ではなくなり、収量面から接種効果を見出すことはできなかった（鈴木ら 2011）。一方、AM 菌非接種区においても AM 菌の感染が観察され、高リン条件においても作物へ共生できる種の存在が示唆され、興味深い。

接種菌として、作物生産に有効な菌株を選抜するかは、資材の有効性を高めるためにきわめて重要である。菌の種類や菌株によって、作物に対する生育効果は異なっている。また、資材を使用する土壌条件（たとえば、酸性土壌）、環境要因（たとえば、乾燥地帯）を考慮し、それに応じた菌株を選抜する必要がある。わが国の農耕地土壌のように、可給態リンの集積している環境では、可給態リン濃度がある程度高くても、作物根へ感染し、作物の生育を促進できるような菌株が選抜されれば、AM 菌資材利用の幅もより広がるものと考えられる。

AM 菌はリン吸収だけでなく、作物の病害抵抗性を誘導することが指摘されている。このメカニズムについては十分に明らかにされているとは言いが、AM 菌の共生により宿主の病害抵抗性遺伝子群の発現が促進される例が報告されている（Liu ら 2007）。また、土壌病原菌に対しての拮抗作用、育成促進作用を持つ植物成長促進菌（PGPR, Plant Growth Promoting Rhizobacteria, PGPF, Plant Growth Promoting Fungi）と AM 菌を共接種することによってキュウリ等の苗の耐病性を高めることが報告されている（Chandanie ら 2006, 2009）。トマトの根腐萎凋病についても拮抗菌と AM 菌の共接種による耐病性向上が見いだされている（吉田重信ら未発表）。しかしながら、耐病性向上に関する PGPR 等と AM 菌の相互作用のメカニズムはまだ明らかになっていない。

AM 菌による病害抵抗性向上の可能性は、AM 菌の新たな利用の可能性を示すものとして期待される。しかし、野菜の場合、リン肥沃度が高い培土で育苗されるため、AM 菌の共生は阻害され、AM 菌によるこれらの効果が期待出来なくなる。そこで、筆者らはトマト苗を対象に可給態リンに富む条件下でも共生能を示す AM 菌の選抜を試みている（清水ら 2012）。

3. 将来のために

「植物は根を有するのではなく、菌根を有するのである」とも言われている。AM 菌をはじめとする菌根共生系は陸上植物に必須のものであり、自然生態系では物質循環の要と

なっていることが明らかになっている。リン資源の枯渇が危惧される中、わが国のような集約的な農業体系の下でも、AM菌資材を活用した農作物栽培技術の可能性は残されていると思う。PGPRやPGPFなどの微生物資材に比べ、AM菌の場合、有効菌株の選抜、接種方法などの基本的知見の整理がまだ不十分であるように思える。遺伝子情報に基づく菌株レベルでの接種菌の圃場レベルでの追跡が可能となり、接種技術についての新たな研究が展開しつつある (Pellegrinoら 2012; Verbruggenら 2013)。

引用文献

- Agriculture and Agri-Food Canada (2012) The Glomeromycetes *in vitro* Collection, AAFC, Ottawa, <http://www.agr.gc.ca/eng/science-and-innovation/research-centres/ontario/eastern-cereal-and-oilseed-research-centre/the-glomeromycetes-in-vitro-collection/?id=1236786816381> [2013年8月10日参照]
- Bécard G, Fortin, G (1988) Early events of vesicular-arbuscular mycorrhiza formation on Ri T-DNA transformed roots. *New Phytol.* 108 : 211-218.
- Chandanie W, Kubota M, Hyakumachi M (2006) Interactions between plant growth promoting fungi and arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* and induction of systemic resistance to anthracnose disease in cucumber. *Plant Soil* 286 : 209-217
- Chandanie WA, Kubota M, Hyakumachi M (2009) Interactions between the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* and plant growth-promoting fungi and their significance for enhancing plant growth and suppressing damping-off of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Appl Soil Ecol* 41 : 336-341
- Forum for nuclear cooperation in Asia (2006) Manual for biofertilizer, FNCA, Tokyo, <http://www.fnca.mext.go.jp/bf/bfm/bfm.html> [2013年8月10日参照]
- IJdo M, Cranenbrouck S, Declerck S (2011) Methods for large-scale production of AM fungi : past, present, and future. *Mycorrhiza* 21 : 1-16
- 唐澤敏彦 (2002) アーバスキュラー菌根菌からみた輪作. *化学と生物* 40 : 640-642
- Liu J, Maldonado-Mendoza I, Lopez-Meyer M, Cheung F, Town CD, Harrison MJ (2007) Arbuscular mycorrhizal symbiosis is accompanied by local and systemic alterations in gene expression and an increase in disease resistance in the shoot. *Plant J* 50 : 529-544
- Pellegrino E, Turrini A, Gamper HA, Cafà G, Bonari E, Young JPW, Giovannetti M (2012) Establishment, persistence and effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungal inoculants in the field revealed using molecular genetic tracing and measurement of yield components. *New Phytol* 194 : 810-822
- 齋藤雅典 (2000) VA菌根菌の利用と資材化, 微生物の資材化: 研究の最前線 (鈴木孝仁・国見裕久・齋藤雅典・岡田斉夫・牧野孝宏・宮下清編), ソフトサイエンス社, 東京, p57-70
- 清水利規・宇野亨・田島亮介・伊藤豊彰・齋藤雅典 (2012) トマト苗に高い共生能を示すアーバスキュラー菌根菌の選抜. *土と微生物* 66 : 85
- 鈴木貴恵・宇野亨・田島亮介・伊藤豊彰・齋藤雅典 (2011) リン酸肥沃度の高い圃場におけるアーバスキュラー菌根菌の接種がネギの生育・収量へ及ぼす効果. *土と微生物* 65 : 163
- 総務省・統計局 (2013) 土壌改良資材の生産量及び輸入量調査, 総務省, 東京, <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001035606> [2013年8月10日参照]
- Symbiosis and Plant-Microbe Association Research Laboratory (2012) Why include arbuscular mycorrhizal (AM) fungi and AM related services in your research and application? SYMPLANTA, Munich, <http://www.symplanta.com/index.html> [2013年8月10日参照]
- Tawarayama K, Hirose R, Wagatsuma T (2012) Inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi can substantially reduce phosphate fertilizer application to *Allium fistulosum* L. and achieve marketable yield under field condition. *Biol Fertil Soils* 48 : 839-843
- Verbruggen E, van der Heijden MGA, Rillig MC, Kiers ET (2013) Mycorrhizal fungal establishment in agricultural soils : factors determining inoculation success. *New Phytol* 197 : 1104-1109
- Vosátka M, Látr A, Gianinazzi S, Albrechtová J. (2012) Development of arbuscular mycorrhizal biotechnology and industry : current achievements and bottlenecks. *Symbiosis* 58 : 29-37