

ISSN 2435-2314



Journal of Mycorrhizal Fungi

菌根菌 ジャーナル

2023

Vol. 5



一般財団法人 日本菌根菌財団

菌 根 菌 農 法
世 界 を 変 える
菌 根 菌 ジャーナル

龍体文字で、「菌根菌農法 世界を変える」

目次

	頁
論説：日本における食育，食農教育，味覚教育の農業への関わり（土屋氏）	2
研究論文：造園緑化樹木(低木類)の菌根菌感染に関する研究（渡邊氏）	9
報告：ジャパロニア（早生日本桐）の試験ほ場2023年（廣畑事務局長	20
報告：豊かな暮らしを目指して ～頼もしい味方アーバスキュラー菌根菌～（中島氏）	27
資料：(一財)日本菌根菌財団に関する活動の振り返りと今後の取り組み（伊村副理事長）	31
資料：菌根菌農法を広げる	36
資料：安心・安全で持続可能な（3S）作物栽培および環境緑化を目指して 菌根菌農法とは？	37
資料：菌根菌農法 -菌根菌とそのパートナー細菌の働きと効果的な使い方-	38-
資料：危険な菌根菌接種源 <i>Rhizophagus irregularis</i> という菌根菌は危険な遺伝子組み換えアーバスキュラー菌根菌	43
資料：安心・安全な菌根菌接種源	44
投稿規定・執筆要領	51
財団役員など名簿	53
編集後記	54
コラム(1) ラン科植物，ムカゴサイシンおよびクマガイソウの菌根菌の分離と同定，並びに 菌根菌による絶滅危惧植物の保全技術（石井理事長）	19
コラム(2) 「アブラナ科植物，アカザ科植物，カヤツリグサ科植物にはアーバスキュラー 菌根菌（AMF）が共生しない。」という間違い（石井理事長）	30
コラム(3) 土と土壌（石井理事長）	35
コラム(4) マルチ資材としてのスギ樹皮の活用（石井理事長）	53

日本における食育，食農教育，味覚教育の農業への関わり

土屋英男

京都教育大学名誉教授

Influence of dietary education, food and agriculture education and taste education on
Japanese agriculture

Hideo Tsuchiya

Honorary Professor, Kyoto Univ. of Education, Otsu City in Shiga Pref.

摘要

食農教育は子ども達に食べることや生きることの本質を理解させる教育である。学校での米飯給食などを通じ，和食文化の伝承のための味覚教育を推進することで，国産食材の価値を評価できる将来の消費者を育成し，日本農業の担い手が安心・安全で美味しい食材を提供する意欲につながる。

1. 食育，食農教育と味覚教育の意味

私たちが生きていく上で食が基本となることは言うまでもない。それは単に生命を維持するだけでなく，幸せに楽しく生きることも含めての基本と言えよう。それゆえ，私たちはどのように食に向き合うのか，どのように食を実践するのが日々問われ，大人・子どもを問わずそのことを学習し，知識を実践に移すための学習が食育と言えよう。

私たちが食するためには，食材のつくり方（農業や食品加工法）を実践的に学んで，その難しさや大変さを体感する（食農教育）とともに，その食材が安全であるか（毒が混じっていないか，腐敗していないか），身体に有用であるか（栄養があるか，消化しやすいか），食べて美味しいか（幸せや満足感を得るか）など，食材を吟味する作業が重要である。これは味覚など五感を駆使して行われるが，研ぎ澄まされた食の五感を身に付けるには幼児期の訓練がとくに重要で，大人に至っては手遅れであると言われる。この訓練が味覚教育であり，教育すべき時期（旬）が数年の短期間に限って存在する。食農教育，味覚教育ともに生きていく上での基本的な能力を獲得する教育と言えよう。

2. 学校教育における食農教育，味覚教育のねらい

食農教育・味覚教育は学校においても給食の時間などで実施される。それは学校教育で最も重要な目的を満たすための一環として実施される。その目的は教育基本法第1条にあるように，子ども達の人格の陶冶（完成）にある。食農教育・味覚教育ともに人間性の向上を目指して学習されるべきものと言える。食農・味覚の教育を通じて子ども達は心身を健全に発育させるだけでなく，食の本質や食文化の理

解を通じて将来を幸せに生きるための基礎を習得すると言えよう。

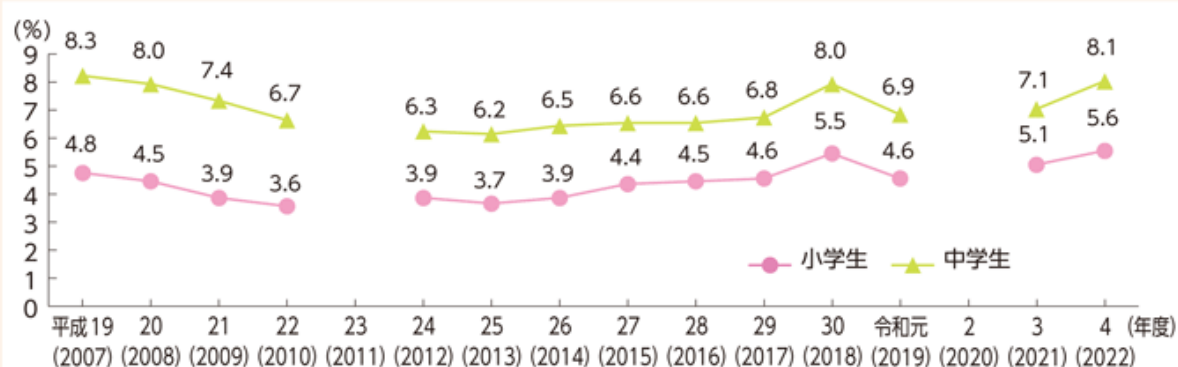
教育基本法のこの目的は大人においても適用され、私たちは食農教育、味覚教育を生涯自らに課し、豊かな人生を生き抜くための不断の努力が求められている。

以下では心身の発達が旺盛な子どもの食農教育、味覚教育について触れたい。

3. 食農教育の重要性

最近、朝食を抜いて登校するなど、食に関心が薄く、ぞんざいな食べ方をしている子ども達が一定数存在する（第1図）。このため、食や農の教育が給食の時間などで実践される学校が増えている。これには食育基本法が制定され、栄養教諭が2006年度から学校に配置されたことが背景としてある。栄養補給、食の安全など食の本質を突き詰め大元を辿っていくと、食材の生産現場である栽培・飼育（農業）に行き着く。健全な栽培・飼育のもとでこそ、作物や家畜は安全・安心で栄養豊富な食材となろう。すでに述べたように、食は人間の生命・生存を保証するが、その食を保証するものの一つが栽培・飼育と言える。子ども達が「生きること」を学習する上で、食と栽培・飼育（農）をセットで学習することは大いに意義深い。

図表 2-1-6 小・中学生の朝食欠食率の推移



資料：文部科学省「全国学力・学習状況調査」

注：1) 平成23(2011)年度は、東日本大震災の影響等により、調査の実施を見送り

2) 令和2(2020)年度は、新型コロナウイルス感染症の影響等により、調査の実施を見送り

3) 「朝食を毎日食べていますか」という質問に対して、「あまりしていない」、「全くしていない」と回答した割合の合計

4) 小学校6年生、中学校3年生が対象

第1図 小・中学生の朝食欠食率

(令和4年度食育白書より)

また、動物の食べる物はほぼ全て他の生き物（動植物）であり、自らの生命は他の生命の犠牲の上に保たれる動物の一員であることを子ども達が認識することは、自分自身や他人の生命も含めて動植物すべての生命がとても大切であることに気づききっかけとなろう。他人を傷つけたり、自ら生命を絶つ行為は、これまでに食した他の生き物の多くの生命を無駄死に追いやる行為となり、いかに罪深いことかを認識させるのに、食と農の体験的学習の教育効果は大きく、道徳科などでの命の学習に劣るものでは

ないであろう。

また、地球の構成員としてあらゆる生物が共存できてはじめて、人間もまた地球で健やかに生きていけることを食と農の学習から知ること、地球全体の環境保全の重要性を根本から理解することにつながる。

4. 栽培・飼育の学習と学校給食

小・中学校などの学校給食において、米飯の出る日が週5日のうち平均3.5日となっている（第1表）。このため副食も和風メニューの割合が高まることになった（第2図）。

給食に地元産の食材を使用する学校が、高知県、千葉県、長野県、滋賀県などで見られるようになり、文科省もこの拡大を推進している。これは子ども達に新鮮で安心な給食を安く提供したいとの思いに基づく。子ども達は給食の時間に、今食べている食材がどこでどのように作られたかを栄養教諭や地元の農家から説明を受け、教室での給食から畑などの生産現場を見つめる教育が展開される。高知県南国市の小学校のように学校園で栽培した野菜を給食に供することで、食と農を体験的に連携させている学校もある。

学校給食を通じ、食と農両方の体験教育の場が拡大することが望まれよう。

第1表 米飯給食の実施状況（国公立学校）
（令和4年度食育白書より）

図表2-2-6 米飯給食実施状況（国公立）

区 分	平成20年度 (2008)	平成25年度 (2013)	平成30年度 (2018)	令和3年度 (2021)
学校数	31,094校 (31,140)	30,198校 (30,203)	29,553校 (29,553)	29,214校 (29,214)
実施率	99.9%	100%	100%	100%
実施回数 (週当たり)	3.1回	3.3回	3.5回	3.5回

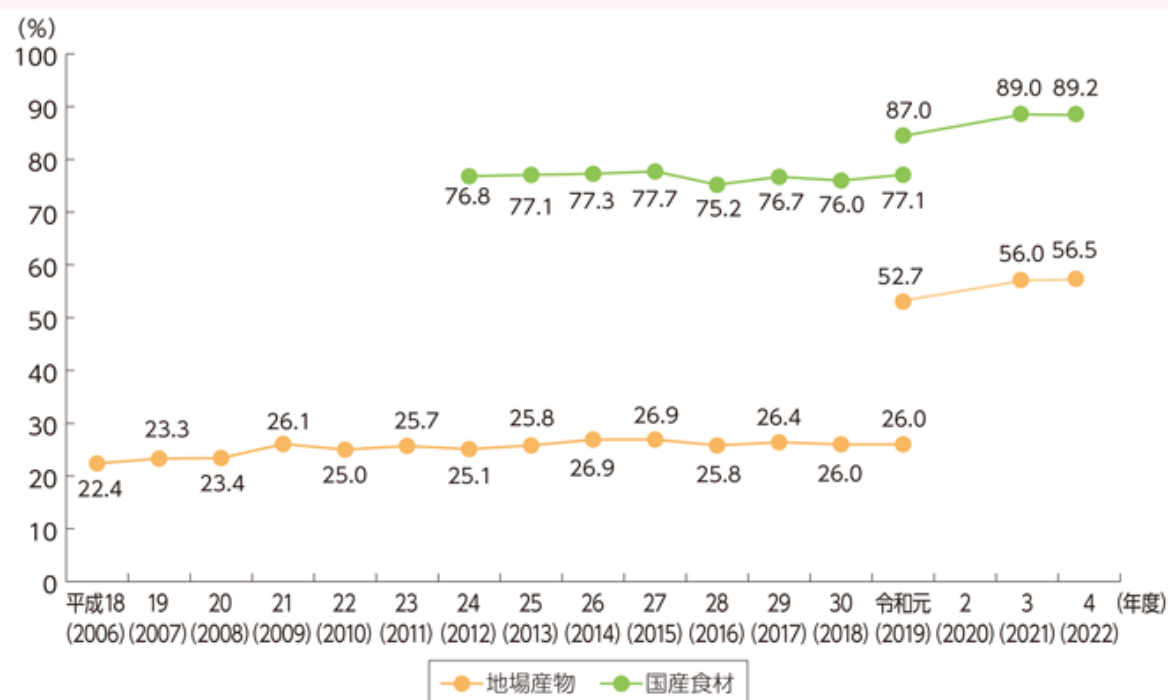
資料：文部科学省「米飯給食実施状況調査」

注：1）調査対象は、完全給食を実施している学校（国立・公立・私立）のうち、5月1日現在で米飯給食を実施している学校とする。

2）（ ）内は、5月1日現在の完全給食実施状況の数であり、実施率は、完全給食に対する比率である。

図表 2-2-4

学校給食における地場産物、国産食材使用割合の推移



資料：令和元(2019)年度までは文部科学省「学校給食栄養報告」(食材数ベース)、令和元(2019)年度以降は文部科学省「学校給食における地場産物・国産食材の使用状況調査」(金額ベース)

第2図 学校給食における地場産物、国産食材使用の割合

(令和4年度食育白書より)

5. 味覚教育と食文化と農業

フランスは食の国と呼ばれると同時に農業国でもある。フランスの高度な食文化そのものが、国の農業を大切にし、発展させてきた原動力となったのではないかと。自国で発展したフランス料理が世界に冠たる料理であることを国民が認識し、その食文化を次世代に引き継ぐべく、味覚教育を小・中学校で展開している国でもある。自国の味は、国全体の教育によって着実に子ども達に受け継がせなければならないことを、フランスは知っている。フランス味覚教育の指導者の一人であるジャック・ピュイゼの「子どもの味覚を育てる」の日本語版が2004年に出版され(第3図)、この教育方法の一端が日本でも知られるようになったが、日本で味覚教育は体系的に実施されていないのが現状である。

日本にも、日本料理(和食)というフランス料理に引けをとらないすばらしい食文化が存在する。これは基本ご飯を主食とする薄味で、合うおかずの種類は幅広い(第4図)。日本人の繊細な味覚と、食材そのものの淡い味わいを保つ新鮮な食材を国内で調達できる田畑や海、川、森をこの国が持っていることによって形成されたものと言える。しかしながら、今どきの子ども達は味の濃いファーストフードを好む傾向にあり、味に無頓着な食事を繰り返す子ども達が少なからず目立つように感じられる。洋食好みで出汁を取る時間も食習慣もない傾向にある若い親世代には、残念ながら家庭での和食文化を子ども達に継

カード1
1回目の授業

フルーツゼリー菓子の
反応

指導者名

カード2
1回目の授業

味覚と子ども

氏名

生年月日

生まれたところ

子どもの氏名	お菓子を選ぶ ときのしくさ		選んだ色			
	あつう	早い	緑	赤	黄色	オレンジ

生まれたときからこの地方に住んでいますか？

はい

いいえ

この地方に何年前から住んでいますか？

年前から

きょうだいはいいますか？(男のきょうだい)

人、女のきょうだい

(人)

あなはいちばん上ですか？

はい

いいえ

父親の職業

母親の職業

日曜日の食事について書く

お昼は給食ですか？

はい

いいえ

朝食は何を食べますか？(あてはまるものに印をつけます)

コーヒーマン

ホットチョコレート

牛乳

パン

バター

ジャム

紅茶

その他(オートミール、ヨーグルトなど)

これまで料理したことがありますか？

はい

いいえ

もし「はい」なら、どんな料理？

次のもので好きなものを選びましたら？

チョコレートパン、チョコレートのエクレー、イチゴのタルト、よく熟した桃、

ジュシーな西洋ナシ、緑のリンゴ、クーキ

好きな飲み物は？

好きな料理は？

何かスポーツをしていますか？

どんなスポーツ？

何か芸術的な活動をしていますか？

好きな遊びは？

夏休みに行くのは海、山、田舎？

田舎や海、山で生活したことがありますか？

第3図 フランスでの味覚教育の実践

(ジャック ピュイゼ 「子どもの味覚を育てる」より)



第4図 主食のご飯とおかずとの相性

(鈴木正成 「人生を豊にする 食べ方と生き方の本」より)

承させる役割を期待するのが困難な現状にあらう。とは言え、これまで連綿と引き継いできた日本食の文化を、現世代で衰退させてよいはずがない。今こその国でもフランス同様に、いやそれ以上に子ども達の味覚教育を必要とされていることを痛感する。日本の食文化、出汁（うま味）を中心とした味覚教育の充実で、味覚が繊細になった子ども達が長じて日々の食に求めるのは、薄味でもおいしく感じる和の食事と、そのもととなる新鮮で美味な良質の和の食材であらう。こうした食材は国内産で入手しやすい。結果、この国の食料自給率を高めてくれることが期待されよう。これは日本農地の利用率を高めるとともに、何よりも農業生産者が、より品質が良く味の良い作物を生産しようとするモチベーションとなり、日本農業を支える原動力となる可能性を秘めている。

味覚教育は幼児・年少期での実施が重要なことはすでに述べた。幼児・年少の子どもがいる家庭での食の教育が期待薄の現状からすると、学校給食での食の教育は上述の食文化継承の場として重要性は大きいであらう。

6. 栽培・飼育の学習と味覚と旬

食べ物の多くには食べておいしく、栄養価も高い旬（しゅん）がある。子ども達の味覚を鍛え発達させるには、常日頃から旬の食べ物を食べての味の訓練が大切であるが、家庭や学校給食ではなかなかそうはいかない。旬の食べ時を迎えた野菜・果物の多くは柔らかくなったり日持ちがしなくなったりして、一般的な流通ルートに載らないことが多いからである。これらを旬に食べるには、自分で栽培するか消費者が生産地から直接入手するしか方法がない。しかし、栽培・飼育、とくに学校での栽培では学習の過程でそれが可能となる。教師は栽培学習において、可能な限り作物の旬のタイミングを見極めて子ども達に作物の旬の味、本物の味を味合わせてやって欲しい。本物の味を知ることによって、子ども達の味覚が大きく発達することが期待できる。そしてそのときの味の感動は、当時の畑の様子とともにおそらく一生忘れられない、子どもの心に刻まれた思い出、心の宝物となるかも知れない。

7. 栽培・飼育の学習と食料の安全・安心

幼稚園・小・中学校における学校園での栽培活動では農薬の使用は限定的で、通常は使用しない。これはむろん、子ども達の安全を考えての学校側の判断である。一方、家庭で購入する食材の多くは農薬や添加物などの人工物が含まれるのが一般的であり、この意味で、学校園で栽培される作物は特殊な存在と言える。当然、学校園では作物に様々な病気や虫がはびこることも多く、雑草も夏休み前後にはよく繁茂している。しかし、学校園での栽培活動は、農家のように農産物を売っての生活の手段ではなく、教育の手段としての栽培活動であり、農家と同じ栽培方法をとる必要はない。病気や虫の発生自体も学習の場として捉え、活用することも可能である。堆肥などを十分に施用し、土作りを丹念にした学校園では作物が丈夫に育ち、病気や虫の発生が致命的にまで至らないことも多く、このような畑では病気や虫を教材化する余裕すら出てくる。実際農家においても、自家消費用の作物を無農薬または省農薬で丁寧に栽培することはよく行われる。このような栽培実践から子ども達は、丈夫で元気な作物を作るには、その土台となる土作りの大切さと作物を見守る繊細な観察眼を学ぶことで、自分自身も大人になるまでの基礎作りときめ細かな自己観察が大切であること、今の時間を大切に生きることの思いをはせて欲しい。そして、無農薬で作物を作ることがいかに大変なことであるのか、そうしてできた作物はもちろん

安全で、有機物をたっぷりと吸収しているためにおいしいものとなることも学習できる。食料の安全・安心はそれ自体が付加価値であり、そのような食料は値段が高くても当前との認識を、学校園の栽培活動を通じて子ども達に、さらにはその保護者にも持って欲しいものである。

8. まとめ

日本の農業は先が見えにくい状況にあると言われる。その最大の原因の一つには、輸入農産物が食料消費の半分以上を占めるいびつな構造にあらう。日本農業再生の鍵は、いかに食料自給率を高めるかにかかっていると言って良いであろう。その実現のためには、国産の農産物に国民が付加価値を見出し評価して、たとえ輸入農産物の方が安くても国産を優先して購入しようとする意識を普段から持つことが重要である。国産の食料の付加価値を学習し理解するのに、栽培・飼育の体験（食農教育）や味覚教育が有力な手段の一つとなろう。

教育は未来への投資である。教育を実践したからといって、その効果が明確に現れるのは10年20年先となろう。食教育・食農教育・味覚教育は、日本の子ども達がこの国を背負って立つに必要な人格を備えた大人になるための投資であるとともに、日本農業の未来への投資でもあらう。

引用文献

1. 農林水産省. 2023. 令和4年度食育白書. 日経印刷. 東京.
2. ジャック ピュイゼ. 2004. 三国清三監修 鳥取絹子訳 子どもの味覚を育てる ―ピュイゼ・メソッドのすべて―. 紀伊國屋書店. 東京.
3. 鈴木正成. 1996. 人生を豊かにする 食べ方と生き方の本. 健学社. 東京.

ツツジ科およびジンチョウゲ科の低木樹の菌根に関する研究

渡邊幸伸

静岡県立田方農業高等学校園芸デザイン科 419-0124 静岡県田方郡函南町塚本 961

Study on mycorrhizae of shrubs of the Rododendraceae and Thymelaeaceae families

Y. Watanabe

*Horticultural Design Department, Shizuoka Prefectural Tagata Agricultural High School
961 Tsukamoto, Kannami-cho, Tagata-gun Shizuoka 419-0124, Japan*

Abstract

Shrubs belonging to the Rododendraceae and Thymelaeaceae families are widely used as landscaping trees, such as street trees and residential gardens. Many landscape gardening books contain detailed descriptions of the planting base and planting methods for these trees, but they lack descriptions of rhizosphere microorganisms, especially mycorrhizal fungi. In this study, we clarified that these trees are infected not only with ericoid mycorrhizal fungi (ERMF), which are known as symbiotic mycorrhizal fungi, but also with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). We also found that dual mycorrhizal symbiosis allows these trees to grow more vigorously as compared with that of single mycorrhizal symbiosis.

摘要

ツツジ科およびジンチョウゲ科の低木樹（灌木）は、造園用植栽樹として、街路樹や住宅庭園などで広く利用されている。造園書の多くは、これらの樹木に関しての植栽基盤と植栽方法についての詳しい記述はあるが、根圏微生物、特に菌根菌に関する記述が乏しい。本研究では、これらの樹木に共生する菌根菌として知られているエリコイド菌根菌（ERMF）だけでなく、アーバスキュラー菌根菌（AMF）も同時感染することを明らかにするとともに、両菌根共生によって、これら樹木の生長が単独共生よりも旺盛になることを見出した。

緒言

造園用低木樹(灌木)として、ツツジ科とジンチョウゲ科の樹木は住宅庭園などで広く使用される。特に、ツツジ類は、公道の法面緑化部、道路植栽帯などで、ジンチョウゲは三大芳香花として、公園や庭木に活用されている(7)。このように重要視される灌木類であるが、高等学校教科書「造園技術」や造園施工書関連書籍には、植栽基盤や植栽方法、花芽分化期の記述はあるが、根圏微生物の種類と樹木の生長については触れていない(7, 8)。また、造成地や新天地でのこれら低木樹の定植が難しいことが古くから知られているが、その原因が不明瞭である。そのため、樹木医の育成において、根圏微生物、特に菌根菌に関する知識力や実践力の向上が必要となっている。そこで本研究では、これらの樹木に共生する菌根菌を本高生と一緒に観察するとともに、菌根共生がこれらの樹木の生長に及ぼす効果についても検討した。

材料および方法

実験1：ツツジ科とジンチョウゲ科樹木の育成と菌根観察

本研究に供試した樹木は、オオムラサキツツジ(*Rhododendron pulchrum* cv. Oomurasaki), サツキツツジ(*Rhododendron indicum*), アマギコメツツジ(ウンゼンツツジ) (*Rhododendron serpyllifolium* var. *albiflorum*), カルミヤ(*Kalmia latifolia*), ドウダンツツジ(*Enkianthus perulatus*)およびジンチョウゲ(*Daphne odora*)の6種類とした。

これらの供試樹木の育成方法は、以下に示す通りである。

(a) オオムラサキツツジ(ツツジ科ツツジ属)

セルトレイに挿木をして発根させた(第1図)。用土は赤玉土、鹿沼土(ともに茨城産)を使用した。1年後に3号ビニールポット鉢に移植した(第2図)。用土は土壤蒸気消毒(丸文製作所 SB-300, 80℃, 2時間)消毒済み, 培養土(赤土, 腐葉土, 籾殻くん炭, 完熟牛糞堆肥, パーライト, ピートモス)を用いた。温室(無加温)で3年間, 育成管理した。



第1図 挿木作業 (2021年6月撮影)



第2図 移植後の風景 (2024年1月撮影)

(b) サツキツツジ(ツツジ科ツツジ属)

造園施工管理圃場において, 土壌 pH 5.4 区(第3図)および pH 5.8 区(第4図)に分けて定植を行い, 5年間調査した。なお, 本樹種は国家検定3級造園技能検定練習で使用した植物材料である(三重県産)。



第3図 圃場 pH5.4 区



第4図 圃場 pH5.8 区

(c) アマギコメツツジ(ツツジ科ツツジ属)

ウンゼンツツジとも呼ばれ, 紀伊半島, 山陽地方, 四国東部, 九州の大隅半島に隔離分布する。静岡県においては, 伊豆半島のみに生息し, 北は伊豆市修善寺から南は賀茂郡松崎町あたりまで自生する。駿河遠江地域ではみられない(15)。

本樹木は, 伊豆市修善寺の園芸店にて購入し, 3号ビニールポットに移植した。用土は赤玉土, 鹿沼土をマヨネーズ瓶に入れて, オートクレイブ(121℃, 15分間)処理をした(第5図)。この滅菌用土に無

滅菌のピートモス(エストニア産)を混ぜた。比率は赤玉土 1 : 鹿沼土 1 : ピートモス 1 とした。土壌 pH は 4.5 であった。移植後 2 年間、温室（無加温）内で育成した(第 6 図)。



第 5 図 オートクレイブ処理



第 6 図 温室で 2 年間管理

(d) カルミヤ(ツツジ科カルミヤ属)

別名はアメリカシャクナゲ。北米東部原産。日本には大正 4 年に渡来した。中庸樹で、やや日陰を好む。乾燥に弱く、浅根性粗生根により、移植に難点がある(7, 8, 16, 17)。腐植質に富む、弱酸性の土質を好む。園芸店から購入後、2 年間、温室（無加温）管理した。

(e) ドウダンツツジ(ツツジ科ドウダンツツジ亜科ドウダンツツジ属)

学校自然観察園(ビオトープ)汀線付近に植栽されている樹木である。科目「造園技術」実習(8)で根巻きを行った際、根鉢を化粧したときに切り取った根を使用した(第 7 図)。



第 7 図 根鉢の細根をはさみ、根巻きする

(f) ジンチョウゲ(ジンチョウゲ科ジンチョウゲ属)

中庸樹。中国大陸原産。日本には雄株が多い。短命で 10 年ほどで枯死する。適度な湿り気のある肥沃土を好む。萌芽力がないので、剪定は行わない。大気汚染には強いが、乾燥に弱く、根系の形状(浅根性粗生根)により、移植に難点がある(8, 16, 17)。移植は「追い堀り」の手法を用いる(7, 8, 16, 17)。土壌病菌としては、白紋羽病に罹患しやすい。園芸店から 3 号ポット苗 4 鉢購入した。購入後、2 年間、無加温の温室で育成した。

(g) 菌根の観察

Phillips and Hyman(1970)の方法で、根をトリパンブルー溶液で染色後、光学顕微鏡を用いて菌根形成状態を観察した(11, 12)。すなわち、ツツジ科およびジンチョウゲ科樹木の根の先端部約 2 cm を採取した後、根を水洗し、ビーカーに入れた後、10%水酸化カリウム溶液を加えて、90℃、約 2 時間加熱した。樹木根であるため、ポリフェノールなどの色素が多く滲出した。よって、色素が多く滲出する場合は、溶液の交換が望ましい。その後、根を水洗し、10%過酸化水素水で約 2 時間漂白した。水洗後、0.05%トリパンブルー溶液で染色した。染色後、押しつぶし法によるプレパラートを作り、光学顕微鏡で 400

倍から 1000 倍で観察を行った。画像撮影には WRAYMER(NO A630B)を使用した。他の染色法としては、高校学校教科「理科」教員向けに出版されている岩手県立総合教育センター編が参考となる(6)。

(h) 土壌酸度の測定

土壌 pH(水)は、根圏微生物の共生に必要な指標である(1, 10)。AMF や ERMF は pH4 前後の高 Al 土壌でも耐えて、植物の耐酸性の付与に大きく貢献する。酸性土壌を改善すれば、この効用はさらに高まる(5)。ゆえに、菌根植物は生育土壌 pH 範囲が広いことを示唆している。一般的に、ERMF の生育土壌 pH 値は酸性とされる(1, 5, 12, 14)。よって、土壌 pH の測定は菌根菌の効果的な活用を判断する上で有意義である。なお、pH 計はアタゴ DPH-2 を用いた。

実験 2：AMF 接種がアマギコメツツジの樹体生長に及ぼす影響

実験 1 の結果から、ツツジ科およびジンチョウゲ科の樹木には、ERMF だけでなく、AMF や DSE も同時に感染していることが明らかとなった。そこで、本実験に供試したアマギコメツツジの幼苗にはすでに ERMF が共生していたので、この苗を用いて、強制的に AMF を接種した区、つまり AMF 接種 (AMF+ERMF) 区と対照 (無接種：ERMF のみ) 区を設けた。AMF 接種区では 1 鉢あたり AMF 接種源 10 g を施用した。接種 2 年後、樹体生長に及ぼす効果を比較調査した。

なお、供試した AMF を以下に示す。

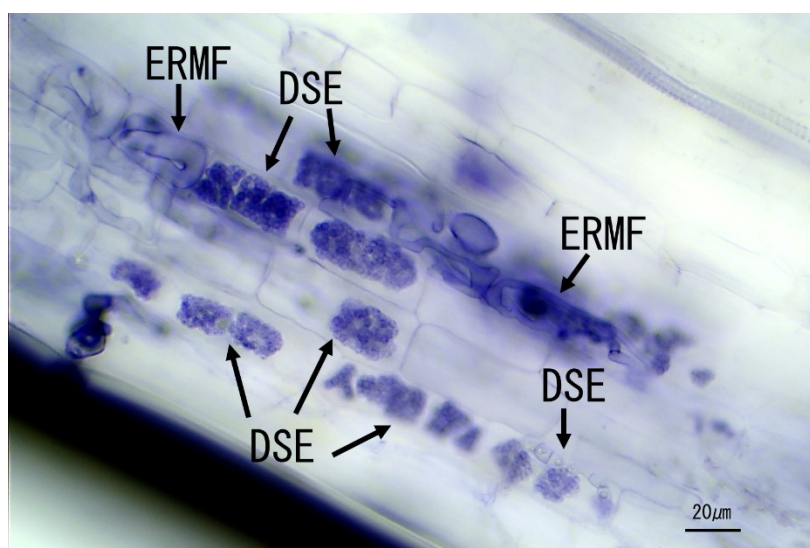
AMF 接種源には *Glomus clarum* を主とした AMF を用い、バビアグラス (*Paspalum notatum*) で増殖させた。増殖させた AMF 胞子は、用土 (ゼオライト) を水道水で洗浄した後、この洗浄水を 500 μm および 45 μm の試験用フルイ (野中理化器製作所) にかけた。その後、45 μm のフルイに残った用土に存在する AMF 胞子を採取した(4)。この採取胞子を含む液を、オートクレイブ処理 (121°C, 15 分間) したコーヒー粕に入れた後、この AMF 接種源を使用まで冷暗所で保管した。

結果

(実験 1)

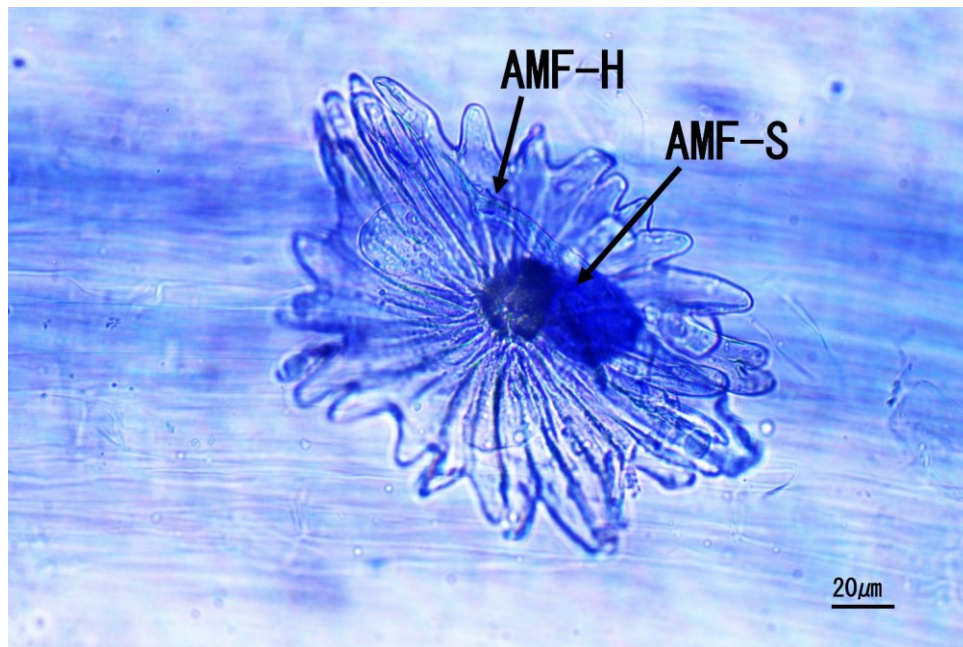
(1) オオムラサキツツジ

第 8 図に示すように、ERMF の感染とともに、Dark septate endophytes (DSE)(10, 14)の感染も観察された。また、AMF の一つである *Sclerocystis* 属の珍しい集合胞子を発見することができた(第 9 図)。



第 8 図 オオムラサキツツジにおける ERMF および DSE の同時感染 (×400)

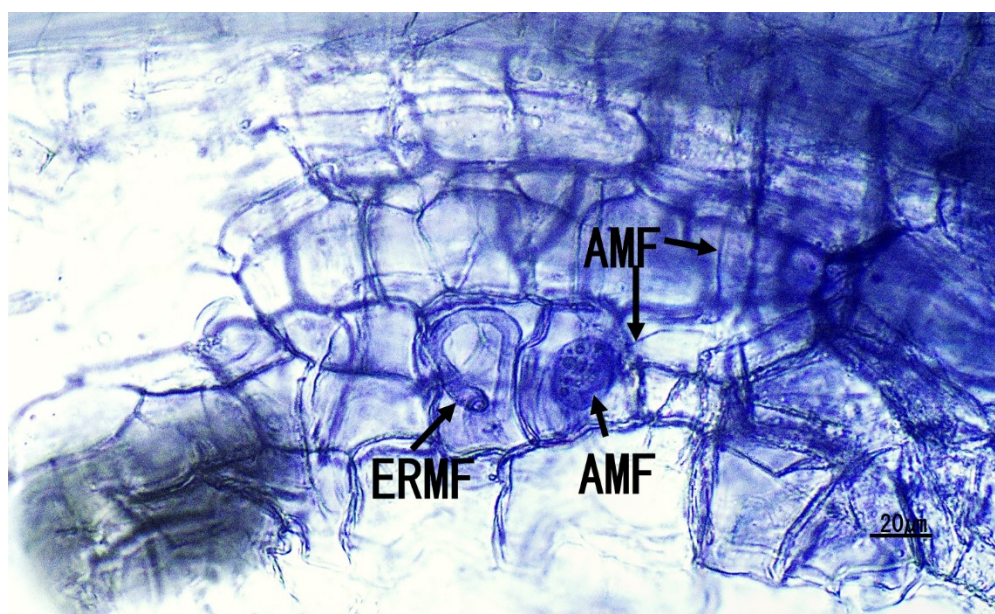
ERMF 菌糸の太さは 5-8 μm .



第9図 オオムラサキツツジにおける *Sclerocystis* 属の AMF (×400)
胞子(S), 菌糸(H).

(2) サツキツツジ

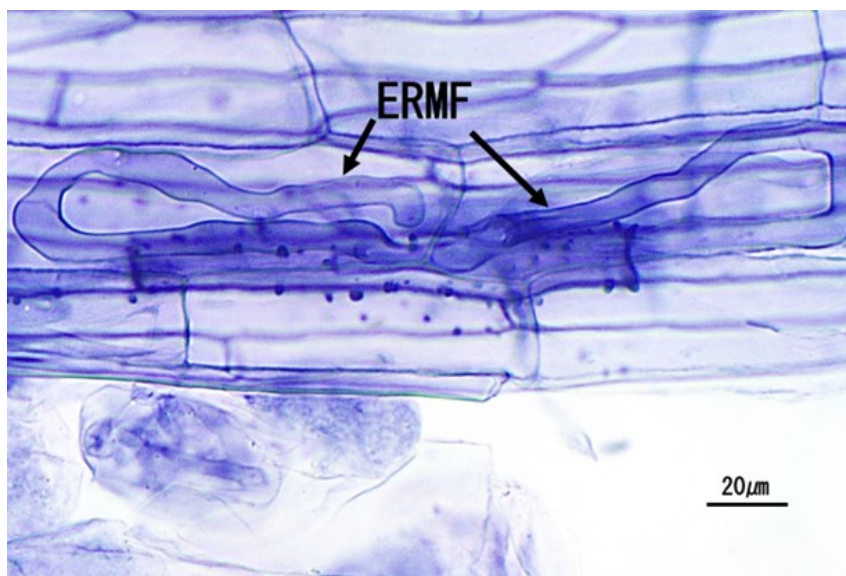
ERMF と AMF の同時感染を確認できた(第10図)。しかし、DSE は観察できなかった。



第10図 サツキツツジにおける ERMF および AMF の同時感染(×400)
ERMF 菌糸の太さは約 8 μm、AMF 菌糸の太さは 2-4 μm.

(3) アマギコメツツジ

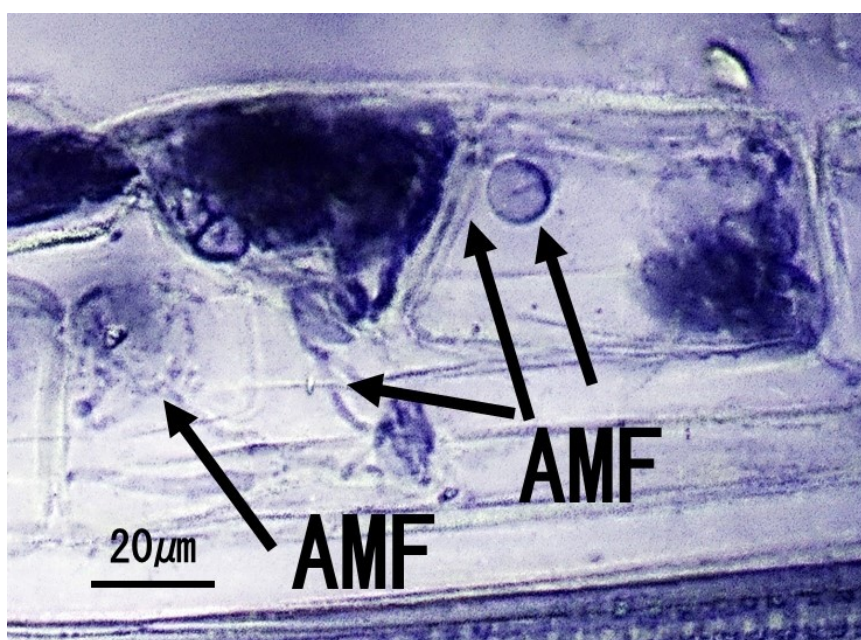
AMF 無接種（対照）区では、AMF の感染がほとんどみられなかったが、ERMF の感染が良く観察された（第 11 図）。



第 11 図 アマギコメツツジにおける ERMF (×400)

ERMF 菌糸の太さは約 8 μm .

一方、AMF 接種区ではアマギコメツツジの根に AMF が感染し、多くの胞子が形成されていた（第 12 図）。なお、AMF 菌糸の太さは、のう状体を形成する AMF 菌糸の太さは 2-4 μm であるが、のう状体を形成しない AMF 菌糸の太さは約 6 μm くらいである。そして、AMF 菌糸は一般に隔壁（セプタ）を形成しないことが特徴である。

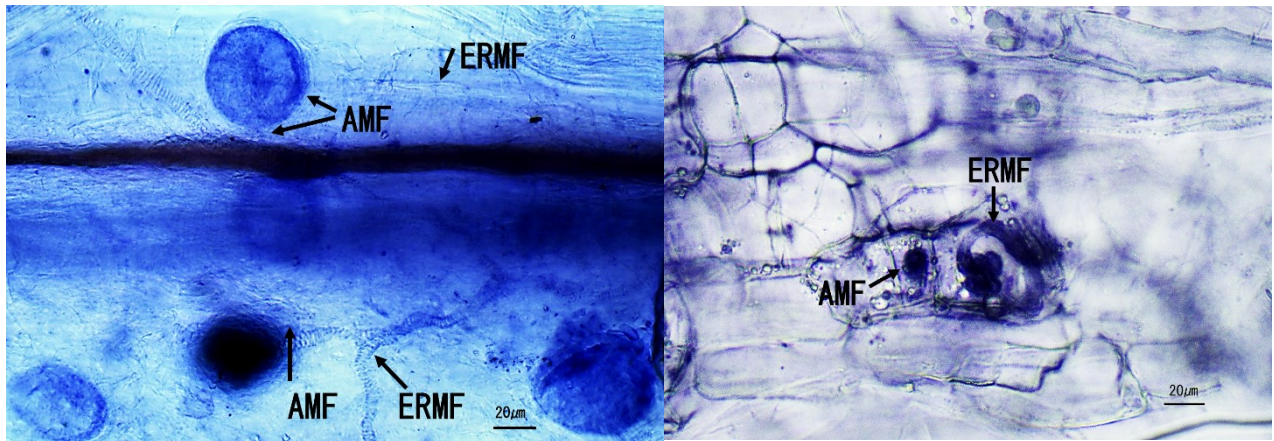


第 12 図 アマギコメツツジにおける AMF (×400).

AMF 菌糸の太さは 2-4 μm .

(4) カルミヤ

ERMF および AMF の同時感染が多数観察された (第 13 図)。

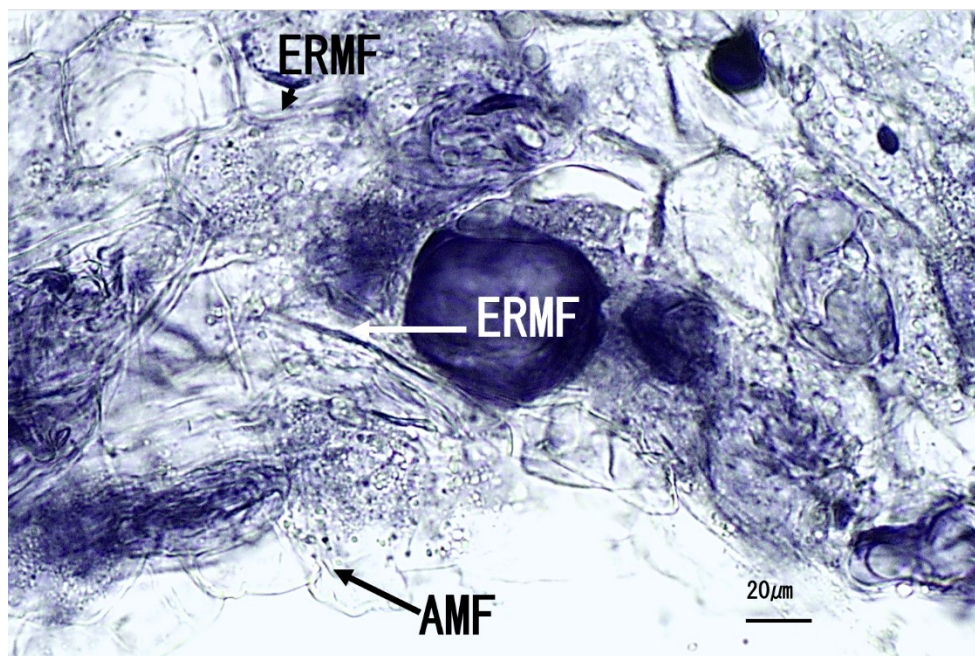


第 13 図 カルミヤにおける ERMF および AMF の同時感染 (×400)

ERMF 菌糸の太さは約 8 μm 、AMF では 2-4 μm 。

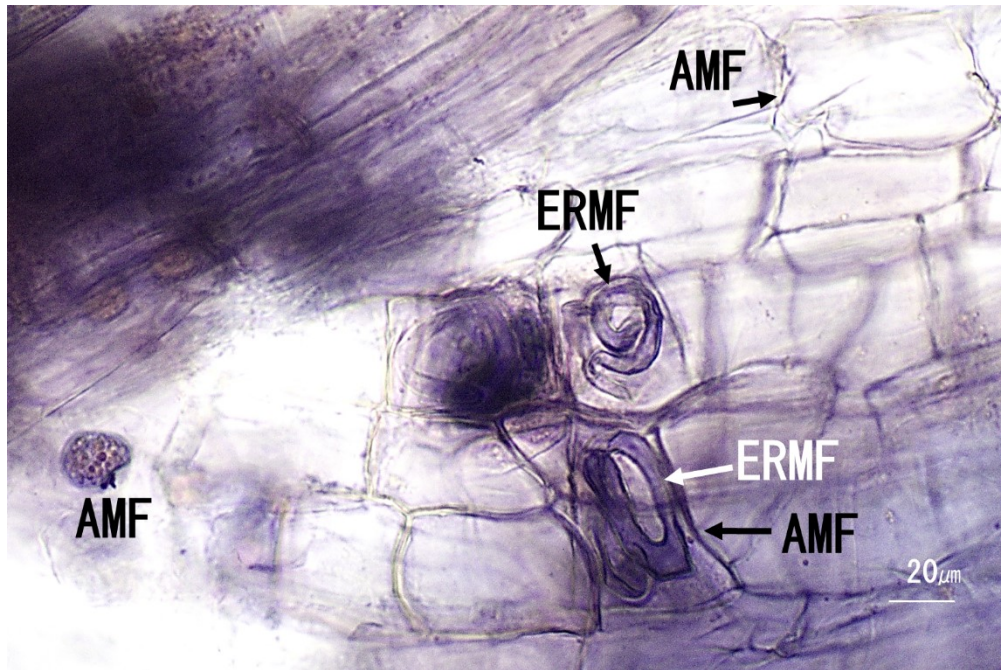
(5) ドウダンツツジ

AMF と ERMF の同時感染が確認できた (第 14 図)。また、AMF 胞子内にリン脂質が貯蔵されている (橙色部) ことを確認できた (第 15 図)。DSE は確認できなかった (第 14 図および第 15 図)。



第 14 図 ドウダンツツジにおける ERMF および AMF の同時感染 (×400)

ERMF 菌糸の太さは約 8 μm で、AMF よりも太い。AMF は無傷の菌糸では隔壁 (セプタ) がみられない。

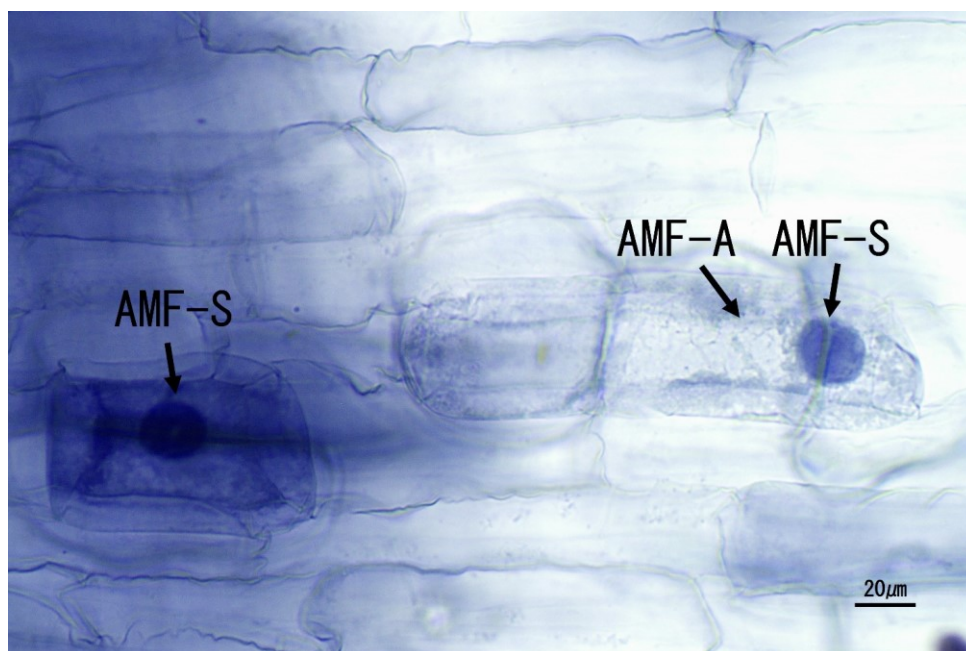


第 15 図 ドウダンツツジにおける ERMF および AMF の同時感染 (×400)

リン脂質を含む孢子およびのう状体がスダンIV溶液により、橙色に染色される。ERMF 菌糸の太さは約 8 μm.

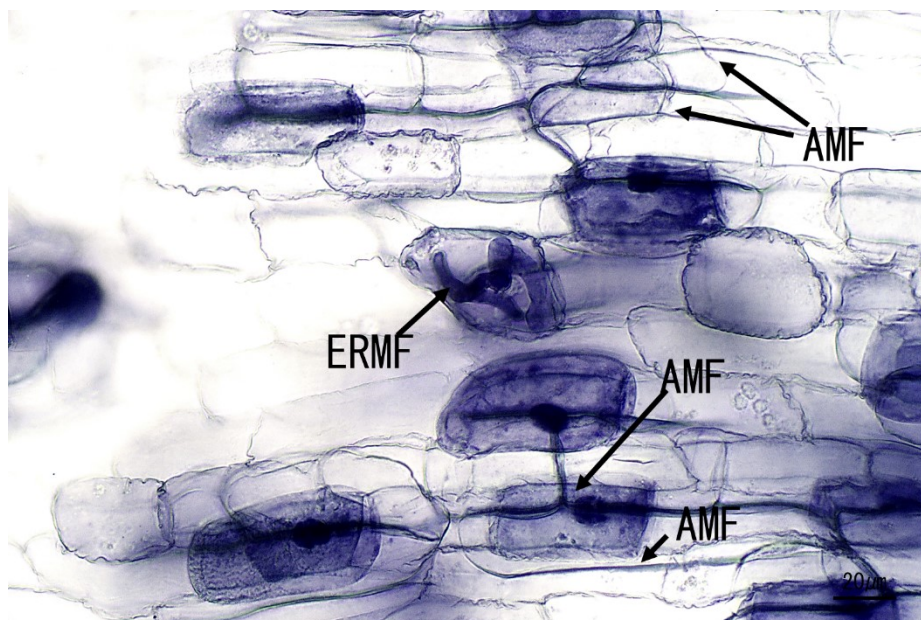
(6) ジンチョウゲ

前述のツツジ科の樹木と同様に、ジンチョウゲでも ERMF と AMF の同時感染が観察された(第 16 図および第 17 図)。



第 16 図 ジンチョウゲにおける AMF による菌根 (×400)

AMF 孢子(S), 樹枝状体(A).

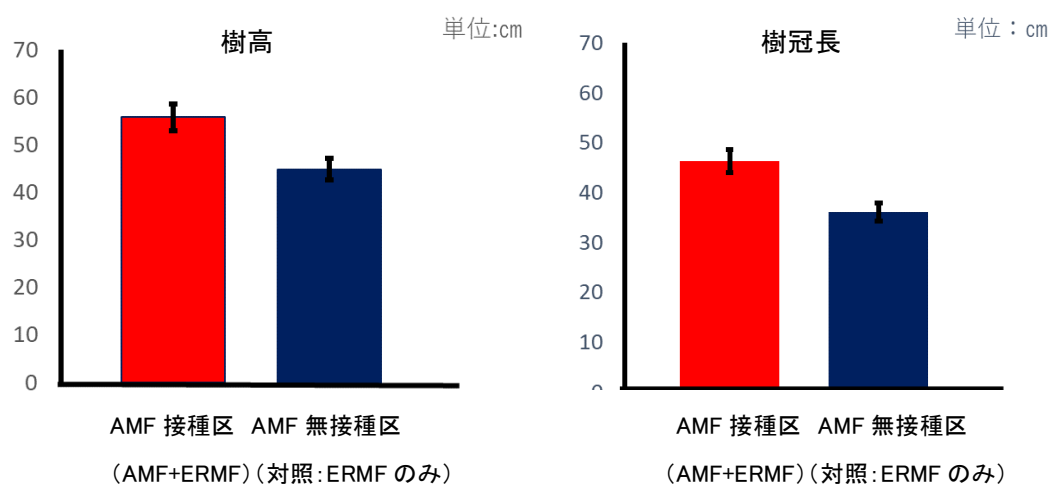


第 17 図 ジンチョウゲにおける ERMF および AMF の同時感染(×400)

ERMF 菌糸の太さは約 8 μm で、AMF よりも太い。AMF は無傷の菌糸では隔壁（セプタ）がみられない。

（実験2）

ERMF が共生しているアマギコメツツジに AMF を強制的に接種したところ、AMF 接種（AMF+ERMF）区の樹体生長は、AMF 無接種（対照：ERMF のみ）区と比べて、5%水準で有意に旺盛であった(第 11 図および第 12 図)。



第 18 図 AMF 接種がアマギコメツツジの樹体生長に及ぼす影響

図中の垂線は標準誤差を示す (n=15)。

考察

本研究は街路樹や住宅庭園に植栽される造園緑化樹木(灌木類)を選定した。本研究供試材料は、酸性土を好む性質の樹木である。また、移植が困難な樹種もある。代表といえるオオムラサキツツジとサツキツツジは、移植の際に「はたき」という作業をする(8, 16, 17)。活着をよくするため、根鉢を掘り取り後、外側の土を払い、細根を出す作業をする。古くから伝わる移植手法である。ジンチョウゲは「追い掘り」の移植手法を行う(8, 16, 17)。

根系の第3圏以降は、細根が伸長するところでもあり(8)、菌根菌と感染する範囲と、養水分を吸収するところである。先人の知恵は素晴らしい。新規開通道路の法面(切土)にツツジ類が植栽される。山(切土)にはナラタケ菌(*Armillaria mellea*)もしくは、ナラタケモドキ(*Armillaria tabescens*)が存在し、傷ついた根に感染し、罹患後、数か月から数年で枯死させる(3)。根を守る根圏微生物がわずかである。ゆえに、スギ、ヒノキを幼苗期(ポット苗)で根を傷ませずに山に植栽する。植物は生長、外敵からの防御のため、根細胞の一部を提供し、共生する。すなわち、犠牲を伴う双利関係である(5)。各実験区の土壌酸度は pH(水)4.5 から 5.8 の酸性から弱酸性土であった。ツツジ類は ERMF のみと感染する(9, 11, 18)という報告が多いが、スノキ(ツツジ科)では、AMF と ERMF との同時感染の記述がある(5)。本研究でもツツジ類の根に AMF と ERMF とが同時感染することが観察された。ジンチョウゲでも、AMF と ERMF が同時感染をしていた

マツ属では外生菌根菌と AMF との同時感染がみられる(2)。一般社団法人日本菌根菌財団理事長石井孝昭氏によれば、AMF と他の菌根菌が同時感染をしていると教授を受けた。つまり、マツ類は外生菌根菌だけでなく、AMF も感染し、両菌根菌によって菌根を形成する(5)。

さらに、本実験では AMF と DSE が同時感染していることも明らかにした。オオムラサキツツジ(第8図)では、AMF, ERMF, DSE というそれぞれ異なる根圏有益微生物が1本の細根に感染していた。この原因は、供試用土、特にピートモスがかかわっているのではないかと推察される。学校などに使用されているピートモスはカナダ産のものが多い。用土を蒸気消毒(80°C)しているが、用土中心部の温度は42°C程度である。アマギコメツツジに用いたピートモスは「エストニア産」である。

DSE はカナダで観察される(10,14)。アマギコメツツジの実験では、ピートモスをマヨネーズ瓶に入れ忘れ、滅菌を逃れた。よって、DSE の感染は本実験においては、ピートモスの滅菌ミスによると思われる。現在、DSE が日本各地で発見されている(10, 14)が、ピートモスの流通や廃棄処分によって、全国に拡大されていると考えられる。

謝辞

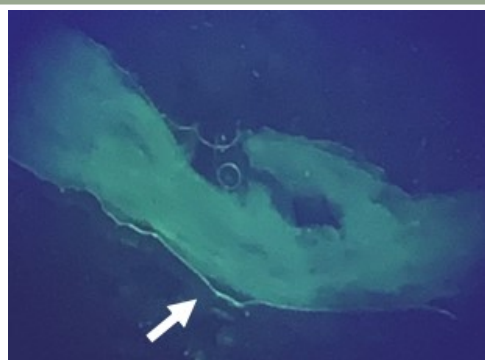
本研究の全般にわたっての御指導や論文校閲とともに、画像判定も御指導いただいた一般社団法人日本菌根菌財団の石井孝昭理事長に心からお礼申し上げる。本研究は、令和4年度一般社団法人日本菌根菌財団からの助成で実施されたものである。ここに感謝の意を表する。

引用文献

1. 青山正和ら. 2023. エッセンシャル土壌微生物学. 講談社. 東京.
2. Horton, T. R., E. Cázares and T. D. Bruns. 1998. Ectomycorrhizal, vesicular-arbuscular and dark septate fungal colonization of bishop pine (*Pinus muricata*) seedlings in the first 5 months of growth after wildfire. *Mycorrhiza* 8: 11-18.
3. 堀 大才ら. 2018. 樹木医学事典. 講談社. 東京.
4. Ishii, T., T. Aketa, H. Motosugi and A. F. Cruz. 2008. Mycorrhizal development in a chestnut orchard introduced by a sod culture system with *Vulpia myuros* (L.) C. C. Gmel. *Acta Hort.* 767: 429-434.

5. 石井孝昭. 2014. 菌根菌の働きと使い方. 農文協. 東京.
6. 岩手県立総合教育センター. 2012. 高等学校「生物基礎」における観察, 実験サポート資料. 岩手県立総合教育センター.
7. 厚生労働省職業能力開発局評価課. 2010. 造園施工必携. 日本造園組合連合会. 東京.
8. 文部科学省. 2005. 高等学校用造園技術. 東京電機大学.
9. 升屋勇人. 2018. 森林と菌類. 共立出版. 東京.
10. 成澤才彦. 2012. エンドファイトの働きと使い方. 農文協. 東京.
11. 二井一禎・堀越孝雄. 2007. 土壤微生物生態学. 朝倉書店. 東京.
12. 日本土壤微生物学会編. 2013. 土壤微生物実験法. 養賢堂. 東京.
13. Phillips, J. M. and D. S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Bri. Mycol. Soc. 55: 158–161.
14. 齋藤雅典ら. 2023. もっと菌根の世界. 築地書館. 東京.
15. 杉本順一. 1976. 東海自然誌 静岡県産のツツジ属の種類とその分布. 静岡県自然保護協会.
16. 上原敬二. 1993. 樹木の移植と根廻. 加島書店. 東京.
17. 内田 均. 2023. 植栽技術論. 建築資料研究社. 東京.
18. 豊田剛己. 2018. 土壤微生物学. 朝倉書店. 東京.

コラム (1) ラン科植物, ムカゴサイシンおよびクマガイソウの菌根菌の分離と同定, 並びに菌根菌による絶滅危惧植物の保全技術



ムカゴサイシン菌根における *A. nipponicum* と AMF の同時感染 (蛍光部の多くは *A. nipponicum* であり、矢印は AMF を示す。)

静岡県掛川市に自生するムカゴサイシンおよびクマガイソウの保全のため、掛川市、清水建設の依頼でこれらのラン菌根菌の分離・同定を行うとともに、菌根菌を活用した新しい保全技術を開発しました。

分離したラン菌根菌の遺伝子解析を行ったところ、ムカゴサイシンでは *Arthrinium* 属の新種であったので、*Arthrinium nipponicum* と命名しました。クマガイソウでは *Trichoderma asperellum* と同定しました。また、これらの菌根菌以外にもアーバスキュラー菌根菌(AMF)も同時感染していました(図参照)。また、ムカゴサイシン移植個体をスギ林内に植え付けた

後、*A. nipponicum* 菌糸をアルギン酸ナトリウムによる菌糸コーティング技術で包み込んだものをムカゴサイシンの根周辺に置き、覆土した約 1 年後、ムカゴサイシンの活着率を調査したところ、移植個体はほぼ全て活着し、中には移植個体のムカゴが発芽し、移植個体数よりも増加していました。このように、両ラン科植物はスギ林でよく見かけられることが知られており、スギは AMF が共生する樹木であるので、ムカゴサイシンやクマガイソウはそれぞれのラン菌根菌と共生するとともに、AMF の力を借りて、スギとも共生していることが明らかとなりました。この成果は、2024 年 3 月 23 日、24 日、東京農大で開催される園芸学会で報告されます。

ジャパロニア（早生日本桐）の試験ほ場 2023 年

一般財団法人 日本菌根菌財団事務局長 廣畑雅己

菌根菌ジャーナル 2022 Vol. 4 に掲載したジャパロニア試験ほ場での報告に続いての 2023 年版報告です。

1 月に、頂部が二股に育ったジャパロニアを根元から伐採（台切り）しました。これは、枝打ちがうまくいかなくて二股になってしまい、このままでは真っすぐな部材が確保できなくなり、商品価値が下がるからです。



台切り後の様子。緑の芽はナギナタガヤ、白い帯は
カミキリムシ駆除のためのボーベリアテープ

←二股に育ったジャパロニア



4 月 4 日の生育状況

一面にナギナタガヤが育っています。平均樹高は 2.5 m です。

5月になり、ほ場の周囲の水路法面の除草をお願いしたところ、間違ってほ場全面を草刈りしてしまいました。せっかく伸びたナギナタガヤが結実を待たずに全滅です。夏場の雑草抑制効果は確認できません。

しかし、春から初夏の抑制効果は明らかにみられました。今年の晩秋の播種により、来年の雑草抑制に期待しましょう。



ナギナタガヤを草刈りしてしまったほ場



5月15日の生育状況（ドローンによる撮影）

6月に、頂部の芽の片方を切除しました。春になると、前年に生長が止まった頂部からではなく、その両脇から2本の芽が出てきます。両方残しておくとYの字に生長してしまい、真っすぐな部材が確保できなくなってしまいます。そのため片方を切除します。

また、根本付近からひこばえが出てくるものもあるため、これも切除します。

この時期には、他の試験ほ場で虫が幹を食害する被害が出てきました。そのため、早速カミキリムシ駆除のボーベリア菌入りの不織布テープを巻き付け、傷口には植物オイル粉末をペースト状に溶き、穴に塗りつけました。コウモリガの食害の可能性もあることからパートナー細菌入り有機液肥や植物オイルを撒布しました。8月には、財団で独自に分離増殖したボーベリア菌も散布しました。



頂部切除前



切除後



ひこばえ



食害痕



植物オイル粉末



PB 有機液肥

夏には猛暑となりましたが、旺盛な生長を見せサンプルの平均樹高は 5 m になりました。



8 月の生育状況

9月8日に、台風13号から熱帯低気圧に変わった強風が試験ほ場を襲いました。被害にあったのは全部で4本で、いずれも上部が折れました。



上部が折れたジャパロニア



折れた部分の拡大

9月26日、被害木と電線にかかりそうに伸びてきたジャパロニアを台切りすることになりました。台切りしたのは、全部で8本です。



電線にかかりそうなジャパロニア

切株 直径 23cm (2年生) ➡



台切りから1か月足らずの10月19日には、もうひこばえがこんなに伸びてきました。元気な1本を残し、他は切除します。



11月26日のドローン撮影写真



11月26日の北側斜めからのドローン撮影写真（ナギナタガヤの芽が出ています）

12月になり、葉を落としてきましたので、届く範囲の枝打ちを行いました。4 m に伸びる高枝切りチェーンソーを使いましたが、長くて重いので二人掛かりでした。



枝打ち前



枝打ち後



枝打ちが完了し葉も落ちた試験ほ場（12月25日撮影）

ジャパロニア苗を植え付け後、1年7か月が経過しました。

菌根菌ジャーナル 2022 Vol.4 にも書きましたが、先進事例を見て生長の速さは現地や写真で知っていたうえで、実際に日々接してみると全く驚きの連続でした。直径 60cm にもなる葉の大きさ、ひと月で 1.5m も伸びる生長の速さは目を見張りました。一方、強風では幹や枝が折れるなどの被害もありました。

生長経過を把握するために、樹高と直径・周囲長を測定するサンプルを全 78 本中に 9 本とっていましたが、電線に接触する恐れがあったり、強風で折れたため一部を伐採し、現在 7 本を継続的に計測しています。

また、もっとも樹高が高いジャパロニアも途中から計測してきました。その結果が下表です。最初はいずれも高さ 25 cm 程度だったものが、今では平均約 7 m、最も高いジャパロニアは 8.5m にもなりました。この 1 年間では平均で約 4.5m も生長しましたが、実際に生長するのは春から秋までの 8～9 か月ですので、月平均で 50cm も生長したことになります。

サンプル桐の樹高測定結果 (単位: cm)					
測定日		2022年		2023年	
		7月27日	12月25日	7月26日	12月25日
サ ン プ ル 番 号	8	60	210	510	710
	16	110	370	615	800
	31	140	350	540	800
	32	10	170	490	670
	57	81	220	500	610
	62	78	220	440	620
	67	74	210	500	650
平均値		79	250	514	694
最高樹		—	440	680	850

晩秋から春までの間は生長が止まり、雑草もあまり伸びませんので、管理作業は一段落です。また春になって新たな芽吹きが始まり、樹間ではナギナタガヤが雑草を抑制し、夏の暑い日差しを浴びてジャパロニアがグングン、グングン伸びていくことが楽しみです。

豊かな暮らしを目指して ～頼もしい味方アーバスキュラー菌根菌～

中島多美

(一財) 日本菌根菌財団会員

日本菌根菌財団会員 2 年目、掛川市に居住し小規模ですが菌根菌栽培を実践しています。

近年、いろいろな地球環境問題がテレビ等で取り上げられ、食糧難の時代、日本の食料自給率の低さ等も耳にすることが増えてきました。人間にとって食べるということはとても大切なことです。地球に暮らすということがどういうことか改めて見直し、大切にすべきことが何なのかを考え直す時代がきていると感じています。

そんな中、4 億 6 千万年前から地球に存在するアーバスキュラー菌根菌に出会ったことで、本来あるべき形の農業ができる！ 元気で生命力あふれる野菜や果物が育てられる！ 農業は土（地球）に触れる、まさに地球との共同作業！ 楽しみながら実り多く心も豊かになれるような農園を作っていきたいと思っています。

エゴマ油用のエゴマを育てて 6 年目、最初から無農薬・無化学肥料で、エゴマを栽培しています。エゴマが健康に良いものであるということもありますが、野菜や果物でも食べる物は安全・安心なものを口にしたいものです。

暖冬の影響か、年々春の虫の害が増えているように感じます。4 年目の定植時（5 月下旬～6 月）週末に約 350 本定植して翌週畑に行くと 100 本ほど食べられている…。そんな状況が 3 週間ほど続き予備の苗も底をついてきたのでやむなく 1 度だけ農薬を使いました。

なんとか害虫の被害は食い止められたものの、農薬を使ったことがとても心に重く残りました。無農薬での栽培は無理なのか…悩んでいた時にアーバスキュラー菌根菌に出会い、5 年目から菌根菌栽培にチャレンジしています。

菌根菌栽培は主に、菌根菌とその仲間たち（菌根菌資材）と PB 有機液肥の 2 つを使って栽培します。

『菌根菌とその仲間たち』は種まき時や定植時に土に菌根菌を入れる資材です。これを土に入れておくことで根に菌根菌がついて菌糸を伸ばし、根が届かない範囲の栄養分を吸収して植物に送って植物が育つのを助けてくれます。その見返りとして、植物は菌根菌に光合成産物を賦与するという「共生」関係を築きます。

PB 有機液肥は発芽後から刈り取りや栽培完了まで植物たちを守り育てるものです。PB はアーバスキュラー菌根菌と一緒にいるパートナー細菌のことで、いろいろな種類があり、耐病性アップや耐虫性アップが期待できる有益微生物であるとのことです。この資材は液肥なので肥料分の補給もしつつ、耐病性や耐虫性アップも期待できるならこんな嬉しいことはないと思います。

エゴマ栽培 5 年目の定植直後に PB 有機液肥を 100 倍で散布し、その後週 2 回のペースで散布を続けました。その結果、虫の害は農薬を使った時と同じぐらいに抑えられました。PB 有機液肥は散布の際にマスク等で防御する必要はなく、またかけすぎても植物に害が出ないため心配な時は何度でも安心して使えます。それで耐病性・耐虫性アップが期待できるならまさに強い味方です。

耐虫性以外にそれまでの栽培経験と比べて感じたこととして、以下のことがあげられます。

- ① 種から苗を育てていますが、とても太くたくましい苗が育ってくれます。
- ② 以前は畑へ定植すると2～3日苗が止まっているように感じていましたが、アーバスキュラー菌根菌がついていると翌日には苗がシャキッとして活動を始めていると感じます。
- ③ しばらくすると畝のエゴマと一緒に揃って大きくなっていくので、地下で菌根菌菌糸によるネットワークが出来上がり、エゴマ同士がつながっていると感じられます。
- ④ 太くどっしりと育つので安心して見ていられます。

以上のように、アーバスキュラー菌根菌は目に見えませんが、エゴマが育つのを助けて守ってくれているのを感じることができます。

そして、さらに6年目は定植後の虫の害をゼロに食い止めることができました。心配なのでPB有機液肥を定植直後から週2回100倍で散布しておりましたが、ゼロに抑えることができたことは嬉しく驚きました。この理由は5年目から菌根菌栽培を行ったことで、土中の菌根菌が増え、一緒にいるパートナー細菌も増えた効果と考えられるそうです。

実際に、畑の土10g中のアーバスキュラー菌根菌の孢子数を見ていただいたところ、5年目の春エゴマの栽培を始める前は約550個でしたが、エゴマの刈り取り後の秋には約2600個に増えていました。土中のアーバスキュラー菌根菌が多い状態をキープできれば、きっと病虫害の被害から守られた畑ができるということを強く感じました。

目に見えないアーバスキュラー菌根菌ですが、その効果を見える形で見てみたいと思い、白菜の育苗でアーバスキュラー菌根菌有りと無しの比較を試してみましたのでご報告します。

白菜を対象にした理由は、一般的に菌根菌がアブラナ科の植物には効果がないという説があるようなので、アーバスキュラー菌根菌ではどうなのかを確認したくて選びました。

「白菜の生育に及ぼすアーバスキュラー菌根菌の効果」について調査した方法は、以下の示す通りです。

- ① 8月30日に種まきしました。
同じ土を入れ半分には
アーバスキュラー菌根菌を
入れました。



- ② その後、不織布で覆いました。
水やり等の管理は同じです。



② 9月6日、芽が出揃いました。



菌根菌なし

菌根菌あり

④ 9月9日、虫の気配が見えたので、
菌根菌入りの方だけ PB 有機液肥を
100 倍希釈液で葉面散布しました。



菌根菌なし

菌根菌あり

⑤ 9月15日、菌根菌が入っていない
方に虫の害が出ていたので、
菌根菌入りの方だけ PB 有機液肥
100 倍希釈液で葉面散布しました（2回目）。



菌根菌なし

菌根菌あり

⑥ 9月19日、大きさに差が出てきました。
菌根菌入りの方は虫の害が出ていません。



菌根菌なし

菌根菌あり

- ⑦ 9月23日、大きさにかなりの差が出てきました。
右側が「菌根菌あり」です。



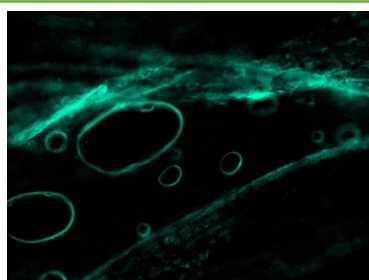
- ⑧ 苗を抜いて、根の様子を比べてみると根の量が全く違いました
右側が「菌根菌あり」です。



本実験の結果から、アーバスキュラー菌根菌の効果は白菜でもみられました。

このように、「アブラナ科植物には菌根菌の効果が出ない。」という考えは間違っているように思います。今後、菌根菌栽培によって、植物本来の力を発揮させて、私たち人間や地球にも優しいSDGsな農業が広がっていくことを心より願っております。

コラム（２） 「アブラナ科植物、アカザ科植物、カヤツリグサ科植物にはアーバスキュラー菌根菌（AMF）が共生しない。」という間違い



ピノグリーン(アブラナ科)の AMF 形成（蛍光を示すところが AMF 共生部位）

「もっと菌根の世界」という書や、いくつかの SNS において、相変わらず「アブラナ科、アカザ科、カヤツリグサ科のような植物には AMF が共生しない。」と述べています。しかし、これらの植物でも環境条件や植物の生理代謝の変化によって菌根共生が起こることがあります。石井(2000)は半乾燥地に生育するカヤツリグサでは菌根共生が確認されると述べています。また、コマツナの生育が劣るにつれて、菌根感染率が高まったり、水ストレス処理でハウレンソウ(アカザ科)に AMF 菌根共生がみられます(堀井ら、2002)。これ以外の論文(Regvar et al., 2003; Nelson and Achar, 2001)でもアブラナ科作物に AMF 共生がみられるのです。

このように、自らでいろいろな場に出てしっかりと調査をせずして間違っただけのことを言い続けている大学教授・研究者は菌根研究を行う資格がないです。アブラナ科、アカザ科、カヤツリグサ科のような非菌根植物と言われている植物でさえも、環境ストレスや傷害ストレスを受けたときは菌根が形成されることが明らかとなっています。菌根共生はエチレンの生合成と密接な関係があるのです。つまり、0.05 ppm 前後のエチレンは AMF 菌糸の生長を促進し、植物の菌根形成を促しますが、その濃度以上になると阻害することが知られています(Ishii et al., 1996; Geil, 2000; Geil et al., 2001)。

(一財)日本菌根菌財団に関する活動の振り返りと今後の取り組み

一般財団法人 日本菌根菌財団副理事長 伊村義孝

1 はじめに

- (1) 2019年8月23日に設立総会を行い、活動をスタートさせた(一財)日本菌根菌財団は、今5年目の活動を展開している。この約5年間の間には、設立当初誰も予想できない世界規模の大きな2つの事象が発生した。一つ目は新型コロナウイルスの蔓延であり、二つ目はウクライナ及びイスラエル・パレスチナにて起こっている戦争である。戦争が起こり、環境の悪化、食糧やエネルギー問題等が表面化することで世界秩序(平和)や国連をはじめ各種社会制度・枠組みの脆弱性、不確実性が露呈されている。また、それまで地球温暖化対策を含め世界規模において取り組んできたSDGsもすっかり影を潜めてしまっている。そのような意味では、世界は今、将来を左右する大きな岐路に差し掛かっていると言えるであろう。
- (2) この5年という節目の年に日本菌根菌財団として環境、食料、エネルギー等に関する問題に対し、今までの活動の振り返りを行いながら、新たな活路を開くことが出来れば良いと考えている。

2 財団設立の趣旨

そもそも菌根菌とは有益な糸状菌(カビ)の1つであり、マツタケ、ショウロ、トリュフ等のキノコ類も菌根菌であり、約4億6千万年前から植物との間において「持ちつ持たれつ」の関係、つまり「共生」を築き上げてきた。そして私たち人類は、長い年月この恩恵を受けて生活をしてきた。ただ、菌根菌の存在が大きくクローズアップされる機会は少なく、人々に周知されることもあまり無かった。

本財団の理事長である石井孝昭は、大学教授として菌根菌の研究を長年続け、非常に大きな成果をあげてきた。特に菌根菌と菌根菌胞子内や周辺に生息するパートナー細菌(菌根菌の生長促進、窒素固定能、リン溶解能、病虫害抵抗性等を有する細菌)が協働して植物の生長を助けていることに着目し、研究を続けてきた。

私たち財団の役員は、①理事長の有する技術・研究の成果を普及させるため、②菌根菌とそのパートナー細菌(以下「PB」という。)等を活用した、安心・安全で持続可能な作物生産および緑化(Safe, secure and sustainable crop production and greening)を定着させるために財団の設立を行った。

3 菌根菌とそのパートナー細菌(PB)の恵み

上記の通り、菌根菌と植物との関係は非常に長く、約4億6千万年前から現在に至るまで続いており、中でもアーバスキュラー菌根菌(以下「AMF」という。)は、ほぼ全ての植物と共生している。

共生とは、菌糸が土中に強大な菌糸ネットワークを形成することで効率的に土中の養水分を植物に運んだり、植物同士の養水分の分配等に貢献することである。またセンチュウ(植物にとっての害虫)を駆除する働きも有するので、AMFは農業生産、環境保全等において特に重要な菌根菌といえる。

このAMFの存在は全ての植物において効果が確認されている。そのため、化学合成農薬や化学肥料の不使用あるいは大幅削減が図れ、安心・安全で持続可能な作物生産や環境緑化を実現することが可能となる。

AMFやPBの増殖を助ける植物の存在を判明することも出来た。特にナギナタガヤ、バヒアグ

ラスのような増殖を手助けするパートナー植物を活用することで、有機物の補給、土壌流亡防止効果、除草剤の不使用、病虫害防除効果、不耕起栽培の実現（草の根やミミズで耕起）等が期待される。

4 財団の技術

財団の特許技術等で代表的なものとして、世界初の菌根菌の純粋培養技術、②菌根菌の見える化技術（世界初の菌根菌検査薬と携帯式蛍光顕微鏡の開発）、③微生物や細胞小器官を分離できる世界初のクロマトグラフの開発、④植蔵（AMF と PB を活用した世界初の有機養液水耕栽培技術および有機養液土耕栽培技術）等が挙げられる。

これらの新技術を活用して、土壌の生物環境を簡便に調査できる手法を確立するとともに、今後先駆的で独創的な研究や技術開発を行っていく。

5 AMF と PB を活用した事業化の例

財団は有する技術を最大限に生かし、様々な場所や植物(作物)において「菌根菌とその PB を活用した安心・安全で持続可能な作物生産技術および緑化技術」を事業化している。

(1) マカダミア等の有機果樹栽培

海外での実践例の一つ（JICA プロジェクト：ルワンダにおける AMF と PB を活用した有機マカダミアナッツ生産を約 40 ha の農園で実証中）

(2) 「植蔵」技術によるイチゴ等の有機水耕栽培

AMF を接種したイチゴ苗を定植し、定期的に PB 入り有機養液を散布することで、病虫害の発生がほとんどみられず、かつ施肥量も慣行栽培の 3 分の 1 から 4 分の 1 に大幅に減らすことに成功している。

(3) 有機栽培日本桐「ジャパロニア」の生産

C4 植物としての旺盛な生育や CO2 固定量の多さを見出し、「ジャパロニア」として品種登録出願をし、中部電力(株)様からの委託事業として、3 か所の荒廃農地において桐 225 本を植栽し、生育観察をしている。

(4) 有機栽培サツマイモの生産

当該技術にて 2023 年前後において深刻な問題となっているサツマイモ基腐病菌を完全に駆除することができることを証明した。

(5) 松枯れの防止と再生

海岸林の松枯対策を目的として、中部電力(株)様からの委託を受け、黒松 429 本を植栽し、生育観察をしている。併せて、黒松にショウロを接種して、ショウロ生産による地域の活性化も目指している。

(6) 有機栽培茶の生産

- ① 静岡県掛川市及び周辺の地域において、有機栽培茶を目指す農家を対象に、「菌根菌農法」の指導を継続しており、高品質の茶葉ができ、高値で販売されている。
- ② これまで、有機栽培茶を継続してきた農家を対象に、菌根菌の見える化技術を提供して、畑のコンディションを把握して頂く事も実施している。

(7) 有機栽培米・エゴマ・オリーブ栽培の生産

- ① 農家と委託契約をして、「菌根菌農法」によって収穫された米を「金根米」として販売をしている。

- ② 財団の会員様の中には、エゴマやオリーブ栽培に取り組んでいる方もおり、菌根菌や PB 入り液肥を財団から購入し、栽培時に利用して頂いている。

(8) 屋内外・壁面緑化等

観葉植物や芝の利用にも対象を広げている。

6 財団活動5年目の総括

(1) 財団活動について

- ① 財団役員大半が兼業で、しかも活動拠点である掛川市から遠方にいる役員も多いことから、活動が制約される面がある。
- ② 諸々の制約により、財団活動の中心となる事務局体制が整備できていない点も課題である。

(2) 菌根菌農法の普及

- ① 菌根菌農法は、徐々に広まっていると判断できる。「AMF と PB を活用した事業化の例」でもわかるとおり、財団としての成果は確認できている。
- ② しかし、日本のみならず世界に菌根菌農法を普及して、人々に安全で安心できる農産物を提供することを目標としているので、まだ1歩を踏み出したに過ぎない状況との評価もあり得る。
- ③ 財団の会員様自体も菌根菌等には興味があるが、菌根菌農法の実践者となる例が少ないことから、実践者の増加対策に改善の余地がある。

(3) 農業に関係する公的機関や団体との連携

- ① 有機栽培茶の生産において、掛川市農協様との連携がなされて実績は出てきているが、この取り組みは緒に就いたばかりである。
- ② 掛川市役所との関係において、有機栽培茶専用の荒茶製造工場の確保に財団が関わったことは有意義であった。

7 今後の取り組み

- (1) 財団は、これまで菌根菌農法を広く普及する活動をしてきたが、今後は、「菌根菌活用社会」の実現を目指すべきだと考えている。AMF と PB を活用する場面は、農業に限らず、人々と植物が繋がる場所は菌根菌活用の機会があるはずである。具体的には、公園の植物、街路樹、ゴルフ場をはじめとする芝、屋上・壁面緑化等々にも展開できる。
- (2) また、PB を活用する場面は、更に広いと感じている。PB 有機液肥は、肥料としての効能だけではなく生物農薬としての機能も有しているので、研究の余地は大きい。
- (3) これからの財団活動は、菌根菌農法の活用データを集積することが重要である。そのためには、会員の皆様から事業、場所、気候、土壌、栽培管理等のデータを提供して頂く必要があり、データを提供しやすい仕組みを構築することが急がれる。蓄積されたデータは、全会員や公共機関等に提供して、手軽に菌根菌農法に取り組める環境整備を図りたい。

(4) 国のオーガニックビレッジ

- ① 農林水産省では、みどりの食料システム戦略を踏まえ、有機農業に地域ぐるみで取り組む産地（オーガニックビレッジ）の創出に取り組む市町村の支援に取り組んでいる。オーガニックビレッジとは、有機農業の生産から消費まで一貫し、農業者のみならず事業者や地域内外の住民を巻き込んだ地域ぐるみの取組を進める市町村のことをいい、先進的なモデル地区を順次創出し、横展開を図っていく考えをしている。オーガニックビレッジを 2025 年までに 100 市町村、2030 年までに 200 市町村創出することを目標としている。

- ② 本事業ではまず、各地域で有機農業の拡大に向けた「有機農業実施計画」の検討を行うとともに、試行的に有機農業の生産、流通、加工、消費の取組を行い、「有機農業実施計画」がまとまったら、「オーガニックビレッジ宣言」をすることとしている。実施計画策定後は、計画の実現に向け、計画に基づいた取組を進めていくことになる。
- ③ 2023年度の静岡県内指定は、掛川市、藤枝市、川根本町の3自治体であるが、藤枝市においては、石井理事長の講演会が1度会開催することができたが、掛川市とは連携が取れないまま推移しているため、茶を中心とした連携を早めに築くようにする。
- 掛川市：主要作物である茶を中心に、有機農業を拡大し、地域の景観・環境保全を推進する。
(その後宣言も行っている。)
- 藤枝市：学校給食への有機茶の提供を通じ、子供達に地域農業や環境の大切さを伝える有機農業を展開する。
- ④ 有機無農薬農業に関しては、腰が重い農水省も世界に潮流には乗らざるを得なくなり、やっと動き始めた「オーガニックビレッジの創出」に、財団としても積極的に参加する必要があると考えている。「オーガニックビレッジの創出」に参加する対象農家数は少なく、更に地方自治体や農協等の意識も高くなく、早急な意識改革が求められている。
- ⑤ 事務所のある静岡県と石井理事長の拠点である広島県を中心として、手の届く範囲からオーガニックビレッジ指定を受けた自治体との連携に取り組むことが重要である。



(5) 菌根菌農法を普及するためのターゲット明確化

- ① 大規模農業者又は農業専業者との連携活動を強化する。
- ② 現在、慣行栽培を実施している大規模農業者であっても、本気で菌根菌農法を取り入れようとする大規模農業者とは連携活動を強化する。
- ③ 小規模農業や趣味の農業者に対する啓発活動及び支援は、事務局のマンパワーが限られているので、効率のよい方法を構築する。

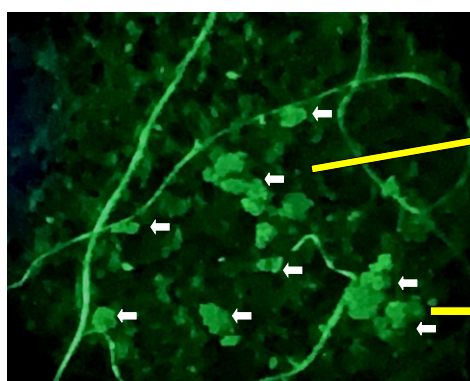
(6) 企業・団体等との連携強化

- ① 中部電力(株)様をはじめ菌根菌と菌根菌農法を理解されている企業様・団体様とは更なる関係強化を図り、社会課題を解決する先進的な取り組みを展開する。
- ② 農業に関係する企業様・団体様に対して、菌根菌農法を積極的に提案していくこととする。
- (7) サツマイモ基腐病菌を完全に駆除する成果を出していること等を含め、農水省をはじめ地方自治体や農協にもその有効性を伝え、化学合成農薬に代わる対策があることを訴えていく必要がある。
- (8) 環境省のレッドデータブックに位置づけられている希少植物の保護については、ムカゴサイシンやクマガイソウでラン型菌根菌の培養に成功し、その有効性を確認できた。新しい形の「開発と保全」の両立が見込めることから、この分野も力を入れたい。

8 終わりに

- (1) 世界では、急激な人口増加に対応するため、化学合成農薬や化学肥料の大量使用によって環境汚染や人畜への悪影響が深刻な問題が発生し続けている。
- (2) SDGs の観点からも、世界全体での食糧生産において、消費者が求める安心・安全で持続可能な食糧の生産技術を早急に構築していくことが望まれている。
- (3) 菌根菌財団は、人類のこの願望に答える菌根菌技術を持っているので、行政機関をはじめ関係する部門と積極的に連携し、生かし切らなければならない。
- (4) サステナブル(持続可能性)という言葉は、財団活動にも当てはまるが、先ずは来る6期(2024年度)において菌根菌農法をより普及する為、財団内部での体勢強化を図り、「菌根菌活用社会」の実現に最大限の力を注ぐこととしたい。

コラム(3) 土と土壤



菌根菌タンパク質による土壤の団粒化形成(矢印)

「土」という文字を辞書で調べてみると、その語源について以下の説が挙げられます。

- (1) 土を盛った姿を描いた象形文字。古代人は土に万物を生み出す充実した力があると認めて土を祭った。
- (2) “=”と“|”の合字。“=”の上の“一”書は地の表面を、下の“一”書は地中を象る。“|”は

生物の発生する形を象る。(3) “+”と“-”の合字。“-”は土地，“+”は草木の芽が出た形を象る。一方、「壤」における“襄”というツクリは，“ふんわりする”，“かもす”などを意味します(小学館国語大辞典「言泉」より)。このふんわりとした土(団粒構造が発達した土)は、微生物、特に菌根菌が生産するタンパク質などの物質で発達することが明らかとなりました(図参照)。このように、「土壤」とは“生物を作り出す肥沃な土”なのです。つまり、土壤を作るためには菌根菌を「土」に宿すことです。手始めとして、まず菌根菌の有無を調査しましょう。

菌根菌農法を広げる

一般財団法人日本菌根菌財団理事 小崎隆志

道徳と経済の調和を実践している掛川の地に、2019年8月に日本菌根菌財団は誕生しました。以来4年間活動してまいりましたが、2023年度から、菌根菌農法(菌根菌とそのパートナー細菌の農業への適正な利活用)を広く知ってもらいたいという想いから、SNS(主に Instagram)の開設、菌根菌資材お試しセット、その菌根菌資材の使い方の YouTube 動画を作りました。また、城下ベジマルシェ〜掛川市にオーガニック給食を実現する会への参加と、広報や取り組みのきっかけをつくる活動をしてきました。実際、お試しセットは半年で37セット販売しました。みなさんの無農薬への関心の高さが窺えます。このお試しセットは、菌根菌とその仲間たち 50g+パートナー細菌入り有機液肥(PB 有機液肥)500ml をセットにしました。使い方マニュアルとともに、菌根菌農法の効果がわかりやすいように、アブラナ科である白菜の生育状況を、「菌根菌有り」と「菌根菌無し」で違いを写真で載せています(本誌 27-30 頁を参照)。

これらは、手広く農業をやっている方々だけではなく、家庭菜園、植物栽培、幼稚園の畑、これから無農薬で農業を始めたい！方たちへ、菌根菌農法の良さを知ってもらう、きっかけとなっています。家庭菜園や植物栽培は比較的効果がわかりやすく、少しずつですが口コミで広がっています。常に農薬や化学肥料をやり続ける不自然さを感じている方たちからも問い合わせをいただいております。地道な活動からの広がりを感じております。



たくさん花のついたプルメリア



菌根菌とコーヒー粕



PB有機液肥を 200 倍に希釈

現在、掛川市周辺において菌根菌農法で農業成果をあげているものは、お米、お茶、エゴマ、イチゴがあります。お米は金根米、お茶は菌根菌茶として、会員の方が販売しています。どの作物も、作物本来の味がします。ぜひ皆さまにも味わっていただきたいです。

私事ですが、私は農薬に対してアレルギー反応があります。そのため、イチゴはひと口でも食べたら全身に反応します。その私が、菌根菌農法で作られたイチゴを食べたところ、まったく反応しませんでした。無農薬を信じられるイチゴを食べられることは大きな喜びです。

それゆえ、この菌根菌農法が広がり、私のような方が安心してイチゴを食べられる喜びを感じていただきたく、また子供たちにも本当に安心・安全な野菜を食べていただくことを目指し、一層の活動を進めてまいります。

安心・安全で持続可能な（3S）作物栽培および環境緑化を目指して 菌根菌農法とは？

一般財団法人 日本菌根菌財団

はじめに

菌根菌農法とは、菌根菌と菌根菌の内部で生息するパートナー細菌(PB)を活用して、有機栽培技術、または化学合成農薬不使用および化学肥料の大幅削減を図った栽培技術を用いて、安心・安全で持続可能な(Safe, secure and sustainable, 3S)作物栽培および環境緑化を目指す農法です。この農法では、化学肥料を用いる方法も導入していますが、その理由は、現在の家畜糞尿では家畜に抗生物質やホルモン剤などが大量に使用されているので、家畜糞尿入りの堆肥にこれらの化学物質が残留し、安全性が危惧されるからです。しかし、牛ではこれらの化学物質の使用量が少ないので、牛糞、特に牧草だけで飼育されている牛の糞は菌根菌農法を実現させる上で非常に有益な資材となります。

菌根菌農法の有益性は、安心・安全で持続可能な（3S）作物栽培および環境緑化を実現化できるとともに、菌根菌とPBで植物の病害虫抵抗性や環境ストレス耐性を高められ、施肥量も大幅に削減できるので、生産コストや労働時間の削減も図れることが期待されます。

このように、菌根菌とそのPBという自然の力で植物が健全に育っていることで、化学合成農薬や化学肥料を使っていないのに病害虫を寄せ付けず、それ相応の生育を示しているのです。しかし、化学合成農薬や化学肥料を使用する慣行栽培は、菌根菌やPBを死滅させて、私たちの健康をむしろ、自然の環境破壊までも引き起こしているのです。以下に菌根菌とPBの働きを紹介します。

菌根菌とPBの働き

菌根菌の主要な働きは、1) 植物の養水分吸収を促進する、2) 植物の生長を旺盛にする、3) 植物に病害虫抵抗性を付与する、4) 植物に環境ストレス耐性を付与する、5) 作物の収量や品質が向上する、などです。

一方、PBの主要な働きは、1) 菌根菌の生長を促進する、2) 植物の病害虫防除に効果がある、3) リン溶解能や窒素固定能を持つ、4) 有機物の腐熟促進効果を持つ、5) 公衆衛生にも効果がある、などです。

これらの微生物を活用することによって、化学合成農薬や化学肥料を不使用でも、作物は病害虫抵抗性や環境ストレス耐性を発揮して、わずかな施肥量で収量を低下させることもなく、私たちの健康を増進する物質や作物本来の美味しさに関与する物質が増加します。

おわりに

慣行栽培から菌根菌農法（栽培）に転換するにあたって、まずは菌根菌の有無を調査することです。慣行栽培を行った農地では菌根菌やPBが生息していません。このような農地では有機栽培は難しいです。しかし、菌根菌農法を定着させると病害虫や環境ストレスによる被害を著しく減少させて、作物の品質向上も図れることにも気づかれるでしょう。菌根菌農法で大事なことは、作物の生育、特に葉の様相を良く観察し、その対応法を学ぶことです。菌根菌農法は、慣行栽培のような危険で不安な農法ではなく、自然の営みに触れたり、感じたりできる楽しみを湧かしてくれるでしょう。

菌根菌農法 -菌根菌とそのパートナー細菌の働きと効果的な使い方-

(一財) 日本菌根菌財団

菌根菌とそのパートナー細菌とは

野山の草木が、人間が手を加えなくても自然に育っているのは地球上のほぼ全ての植物と共生関係にある菌根菌とこの菌と共存し互いに助け合っているパートナー細菌 (PB) が生息しているからです。しかし、農地ではこれらの有益微生物が全く、あるいはほとんど生息していないのが現状です。この原因は、化学合成農薬の大量使用と化学肥料の大量施肥によって引き起こされたのです。

このような農地での有機・自然栽培は極めて難しく、作物の生育が不良で、病害虫の発生も多いです。それゆえ、農学者や農学研究者の中には「わが国のような温暖多雨な環境では無機養分の流亡が多くて、病害虫による被害が起こりやすいので、有機・自然栽培では十分な収量が得られない。化学合成農薬や化学肥料がなくては安定した収量が得られない。」と言う方が多いです。

確かに、わが国では無機養分の中で窒素、特に硝酸態窒素成分が流亡しやすく、土壌が酸性化しやすいので、定期的な窒素の補給や、元肥としての Ca や Mg の施用が必要となってきます。しかし、リンについてはわが国の農地では大量のリンを施しても作物にリンの過剰障害が出ないことから、これまで過剰にリンを施してきたので、利用できていないリンが有り余る量が残っており、今後、四半世紀はリンの施肥が不要な状態にあります。またカリは風化した花崗岩土壌などでは長石からカリが溶出されているので、土質によって、施肥量を考える必要があります。特に、カリの過剰摂取は腎臓病を誘発しやすく、透析をされている方にとっては野菜などの農産物中のカリの多さが深刻な問題となっています。同時に、地方自治体でも透析患者の医療費の半分近くを賄わなければならないことから、透析患者が多い地域では地方自治体経費の大きな負担となっています。硫黄（わが国は火山国で豊富）や微量元素については、有機物を施していれば、普通、有機物中に含まれる量で十分です。

一方、病害虫の被害において、菌根菌は植物の養水分吸収を促進し、活発な光合成を行い、丈夫な植物体が作られますので、菌根共生植物は病害虫に対する抵抗性を獲得します。また菌根菌は連作障害の一要因であるセンチュウをその菌糸で絡めて消化することが明らかになっています。

PB は、現在、深刻な問題となっているフザリウム、リゾクトニア、ピシウム、モンパ病菌などの土壌病原菌の生長を顕著に、かつ持続的に阻害するので、現在、土壌消毒剤として広く使用されている、第1次世界大戦の毒ガス、つまりクロルピクリンを不使用にできます。このクロルピクリンで毎年、数人が亡くなっていますので、早急にこの薬剤の使用禁止が望まれます。

また、PB はガ類を駆除し、アブラムシ、オンシツコナジラミ、スリップス、ハダニなどの害虫を忌避する傾向がみられます。

さらには、PB は有機物の分解を促進する能力を持っていますので、堆肥作製に有効ですし、トイレなどの悪臭軽減や、ハエ、カなどを削減する能力を持っていますので、公衆衛生に活用できます。また、人畜の健康改善や維持にとっても非常に有益な微生物ですので、安心・安全に使用できます。

このように、現状のわが国の農地ではこれまでの化学合成農薬や化学肥料の大量使用によって、養水分吸収に関与する微生物、特に菌根菌や、窒素固定能やリン溶解能を持つ PB がほとんど、あるいは生息していないので、これらの有益微生物を強制的に施していかなければ、現状の農地では有機・自然栽培は成り立たない状況にあるのです。つまり、「有機・自然栽培の成否は菌根菌とその PB の有

無にかかっている」のです。

写真1は、菌根菌の中で、最も古い菌根菌で、約4億6千万年前から地球上に存在し、ほぼ全ての植物の根と共生関係を築くアーバスキュラー菌根菌（AMF）を示しています。写真2は、AMFの胞子内や胞子周辺に生息し、AMFの生長を助けて、協働して植物の生長を促進させたり、植物への病害虫抵抗性や環境ストレス耐性などを付与して、植物の生長や収穫物の品質などの向上に多大に貢献しています。なお、菌根菌とそのPBの詳細については、小著（石井孝昭「菌根菌の働きと使い方」農文協）http://shop.ruralnet.or.jp/b_no=01_54013164/を一読ください。

財団の「菌根菌とその仲間たち」の使い方

財団の菌根菌資材（政令指定 活性 VA 菌根菌土壌改良資材）には、菌根菌の胞子とその胞子周辺や胞子内に生息する有益なPBが数多く含まれています。これらの微生物を用いることによって、植物の養水分吸収が良好となり、植物の生長が旺盛になるとともに、病害虫抵抗性や環境ストレス耐性の付与などの効果が期待されます。それゆえ、菌根菌は「生物肥料」、PBは「生物肥料・生物農薬」と言えます。そして、これらの微生物を積極的に活用することによって、化学肥料や化学合成農薬を削減あるいは不要にすること（安心・安全で持続可能な作物栽培）が可能となります。

しかし、本資材は生きた微生物を含む資材ですので、使い方や保管法に注意を払わなければ、折角の効能を得られなくなります。特に、以下の点について注意してください。

1. 有効態リン酸の含有率の高い土壌での使用や、リン酸含量の多い化学肥料や有機肥料の大量施用は、効果の発現が期待できないことがあります。そこで、財団の菌根菌資材を使うのであれば、むしろリンの施肥は控えたほうが良いです。

リンを多量に含む鶏糞などを用いた有機肥料や化学肥料は不使用が望ましいです。特に、鶏糞には抗生物質、ホルモン剤、塩分などが大量に含まれていますので、注意が必要です。ただ、リンを施したいのであれば、わが国の農地では大量のリンが残存していますので、ほんのわずか（例えば、1-2 kg/10 a・年）の肥料で十分です。このように、本菌根菌資材を使用すれば、驚くほど、大幅にリンの施肥量を削減できるのです。

2. ダイコンなどのアブラナ科、ホウレンソウなどのアカザ科の作物の根には菌根菌が共生せず、効果が発現しないと言われています。しかし、財団の菌根菌資材ではPBが入っていますので、これらの植物でも菌根形成がみられます。さらに、財団指定のPB入りの有機液肥を積極的に活用するとさらに生育が良好になります。

これらの植物は、「共生」という、いくらかの負担を嫌い、生育に問題がないときは菌根菌を感染させたりしません。しかし、自然環境下ではこれらの植物もさまざまなストレスを受けますので、ストレス下ではちゃんと菌根共生を築き、菌根菌に助けられています。私たちの社会でもこのような人がいますよね。

3. 化学合成農薬は使用しない。また、財団の菌根菌資材を使うのであれば、化学肥料を不使用にするか、大幅に削減してください。

特に、化学合成農薬は人畜や環境に悪影響を及ぼすので、使用しないようにしましょう。

4. 財団の菌根菌資材の使用にあたっては、1苗あるいは1種子に対して、胞子2-3個あれば十分ですが、接種胞子数が多くても植物の生育には問題がありませんので、胞子数に余裕があるときは多めに接種するとより安定した効果が得られます。

本資材 100 g (コーヒーかす) には約 1 万個という多数の胞子 (約 100 個/g) が含まれていますので、油かす、くん炭、コーヒーかすなどで適切に希釈して用いてください。

5. 財団の菌根菌資材は、水がかからない冷暗所 (20℃以下) で保管しますが、4℃の冷蔵庫でも可能であり、長期間の保管ができます。しかし、冷凍庫には保管しないでください。

冷蔵庫内で菌根菌胞子を保管した場合には、胞子が休眠していますので、使用にあたっては、休眠打破のため、室温下で数日間おいてから使用してください。

6. 財団の菌根菌資材が乾いていた場合、わずかに湿りを感じる程度に水(水道水も使えますが、塩素によって菌根菌や PB がダメージを受けますので、滅菌水や蒸留水の方が良いです)を加えてください。

そして、開封後は早めに全量を使用してください。

財団の「菌根菌とその仲間たち」(写真 3) の使用例

(種物の場合)

Horii et al. (2009)は、植物が根や種皮からトリプトファンダイマーという菌根菌生長促進物質を溶出して、菌根菌を引き寄せる働きがあることを明らかにしています。そこで、播種時に菌根菌資材を種床に接種することが好ましいです。播種床の培土の容量を把握して、AMF 胞子約 1000 個 (接種源 10 g) /L 播種用培土になるように、本資材を加えて混合してください。

(挿し木の場合)

挿し木用培土に、AMF 胞子約 1000 個 (接種源 10 g) /L 挿し木用培土になるように、本資材を加えて混合してください。

(鉢物の場合)

鉢物用培土に、AMF 胞子約 100-200 個 (接種源 10-20 g) /L 鉢物用培土になるように、本資材を加えて混合して、個々の鉢、プランターなどに入れて使用してください。

(圃場の場合)

10 a 当たり本菌根菌資材 2-3 袋 (AMF 胞子約 20000-30000 個)を油かす、くん炭、コーヒーかすなどで適度に希釈して、作物周辺に撒いてください。なお、撒いた AMF 胞子は降雨や灌水で土中内に入っていく、根に感染します。

財団の PB 入りの有機液肥 (写真 4) の使用例

① EC 計を用いて、塩素を含まない水で、0.4-0.6 mS/cm までに希釈

③ EC 計がない場合は、塩素を含まない水で、250-300 倍に希釈

この希釈液を葉面散布することが望ましいです。その理由は、肥料成分を葉から効果的に植物に供給できること、PB による病害虫の生長阻害効果や忌避効果が期待されることなどが挙げられるからです。それゆえ、PB 入りの有機液肥の散布回数は生育期間中 2-3 回/月の頻度で葉面散布することが好ましいです。散布作業を軽減するためには自動化も考えてみてください。また、PB 入り有機液肥を継続して散布すると、1, 2 年性作物では 3, 4 作後、果樹などの永年性作物では 3-4 年経過後、PB が園地あるいは施設内に定着して増殖してきますので、病害虫の発生が少なくなつて、散布回数を減らすことができます。

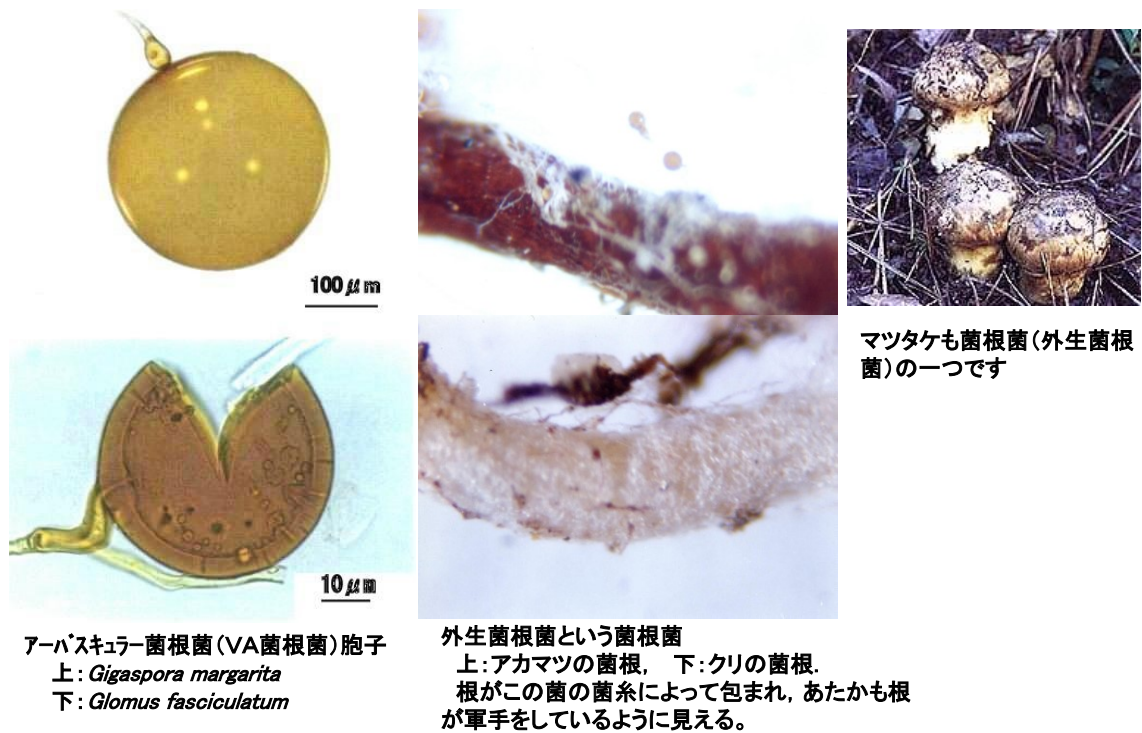


写真1 AMFと外生菌根菌

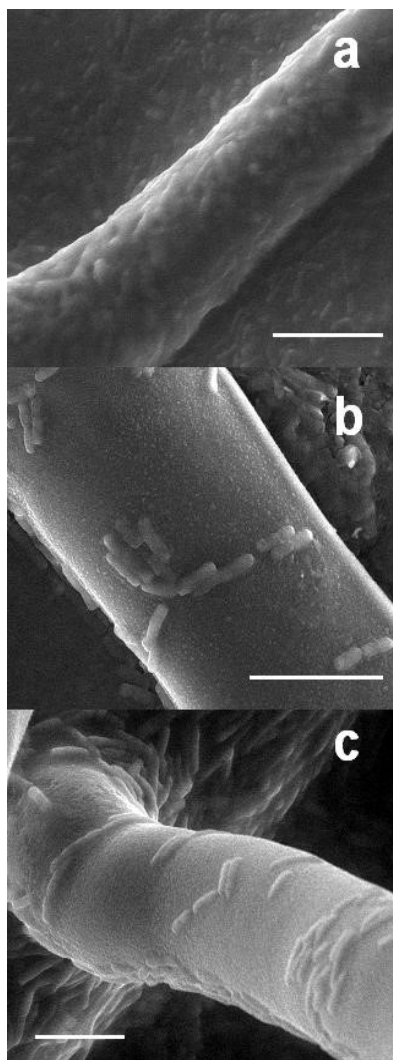


写真2 AMFの内生菌(パートナー細菌)によってコロニー化された*Gi. margarita*孢子および菌糸の新型走査型電子顕微鏡画像.

a) *Bacillus* sp. (KTCIGME01)

(菌糸表面にバイオフィルムが観察される)

b) *Bacillus thuringiensis* (KTCIGME02),

c) *Paenibacillus rhizosphaerae* (KTCIGME03).

横棒は10 μm.



写真3 菌根菌とその仲間たち

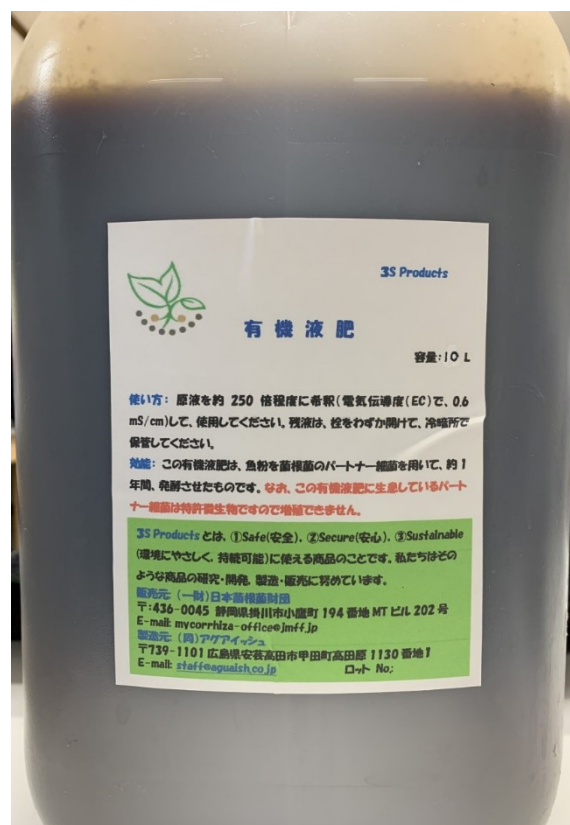
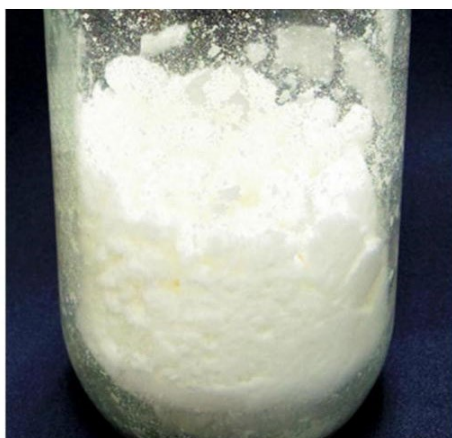


写真4 パートナー細菌入り有機液肥

財団の製品：植物オイル粉末—植物保護材としての利用



植物油を用いた植物保護剤の開発
筆者は植物油、例えばカンキツオイルなどを用いた安心・安全な植物保護剤を開発した。
この保護剤はシクロデキストリンという糖に包接したオイルであり、粉末状である。またこの剤は水に溶けやすく、ほとんど全ての植物葉に葉害が発生しないという特徴がある。

石井孝昭(2012): 植物保護材の製造方法。
特許第5513563号 日本国特許庁

菌根菌とパートナー細菌などが生息している植物は、病害虫に対して強くなります。ただ、これらの有益微生物で対処できない場合があるときは、この植物オイル粉末を併用すると良いです。この植物オイル粉末は、シクロデキストリンという環状オリゴ糖に、人畜に無害な植物オイルを包接させて、粉末化していますので、運搬や保管が容易であるとともに、油を水に可溶化させるための化学合成乳化剤を一切用いていないので、非常に安心・安全な資材です。

本資材は簡単に水に溶かすことができます。また、すてきな芳香をもつ無害な素材で作られていますので、ハウス内では心地良く散布作業ができます。また、害虫を忌避したり病気を抑制する力を利用して、植物の生長を保護する働きがあります。さらには、トイレ、畜舎などの消臭剤としても有効です。

現在、私たちはこの技術を活用した、人畜に安心・安全な抗ウィルス剤を開発しています。

危険な菌根菌接種源

Rhizophagus irregularis という菌根菌は危険な遺伝子組み換えアーバスキュラー菌根菌

一般財団法人 日本菌根菌財団

ハイポネックス・ジャパンという企業は、わが国の「地力増進法」を順守せずに、スペインの企業から輸入して販売しています。また、松本微生物研究所は、信州大学から分譲された *Rhizophagus irregularis* を *Rhizophagus* sp. M1 と偽装して販売しようと準備しています(日本農業新聞 2023 年 9 月 12 日)。

この *Rhizophagus irregularis* は自然界には存在せず、人間が作り出したものです。右図の「毛状根」に *Glomus intraradices* と呼ばれるアーバスキュラー菌根菌(AMF)を感染させると、*Rhizophagus irregularis* という異常な AMF に変異していきました。詳細については、本誌ジャーナル 2: 29-31. 2020. をご覧ください。



毛状根 (Sudha, C. G et al. 2013 より)

Rhizophagus irregularis は、菌糸を異常に増殖させて胞子を多数作るの
で、これを自然界で使用すると土着の AMF の減少および多様性の破壊を引き起こすとともに、毛状根からの変異遺伝子が様々な作物に取り込まれ、それらの作物が異常な変異を引き起こすとともに、それらを食した人畜に奇形などの様々な遺伝子障害が出てくることが予想されるのです。

以下に、*Rhizophagus irregularis* という危険な遺伝子組み換え菌根菌を販売している、あるいは販売計画中の会社と製品を示します。



マイコジェル
(株)ハイポネックス・ジャパン、アマゾン)
(*Rhizophagus irregularis* 販売)



菌根菌((株)松本微生物研究所)
(*Rhizophagus irregularis* 販売計画中)



MIKOS(アマゾン、(株)CSプラネットなど)
(*Rhizophagus irregularis* か、海外の土壌がコンタミしている)



キンコンバッキー
(株)セイコーステラ=>セイコー(株)とは全く関係がない)
(*Rhizophagus irregularis* のジェルを用いたと思われる製品)

安心・安全な菌根菌接種源

安心・安全な AMF を販売している法人は、本財団(商品名: 菌根菌とその仲間たち)と SDS バイオテック(商品名: Dr キンコン)です。



菌根菌とその仲間たち

(一財)日本菌根菌財団



Dr キンコン

(株)SDS バイオテック



菌根くん

(AMF とパートナー細菌入りの牛糞堆肥)

(一財)日本菌根菌財団

菌根菌農法(菌根菌とそのパートナー細菌等を活用)によるサツマイモの有機栽培暦												
月別	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
サツマイモの生育				ハウスの育成	ハウス内での挿し穂	の挿し穂の根木苗から				収穫期		
主要作業				ノ育k粉牛糞、糞イ所、油、菜園10すへ、散、P、B、入。有機液肥とOYK混合液を2-3回	ノ育k粉牛糞、糞イ所、油、菜園10すへ、散、P、B、入。有機液肥とOYK混合液を2-3回	ハウス内で育成した挿し穂の圃場への定植	圃場での栽培	・有機液肥中にはパートナー細菌が生息しており、OYK細菌は抗菌作用が大きなので、基腐病、紫モンパ細菌などによる被害を著しく軽減あるいは無にすることが期待される(1か月で3、4回程度散布)。 また、本栽培法では、肥料の節約や土壌からの肥料成分の流出を防止し、環境にやさしい栽培法を構築できる。そのため、有機液肥による葉面散布を主とする。 ・生育初期中、菌根菌共生の調査を行う。				

月別	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
イネの生育						布マルチの設置 発芽 発芽の分け 出穂 収穫期						
主要作業	 稲作の主要作業は、田植え、除草、収穫などである。また、病害虫の発生に注意し、適切な防除を行う必要がある。											

[illegible]

[illegible]

菌根菌農法(菌根菌とそのパートナー細菌等を活用)による落葉果樹、特にバラ科果樹の有機栽培暦												
月別	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
樹の生育	根の活動開始		開花(ウメ)	シ、モリ、モ、ゴナ	果梗(ウメ)生理落	生理落果 ウメの収穫期		モモの収穫期	ナシおよびリンゴの収穫期			
主要作業	高濃度希釈液を散布 油散布後、2週間後、 1月1日の夕方、 油散布後、1月1日の夕方、 油											

月別	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
茶芽の生育		根の活動開始	芽の生育	開葉期 		開葉期	開葉期					
主要作業	油病k粉1、2回散布し、石灰燐黄合剤散布2週間後、高度播種マシンを稼働させる。牛糞堆肥、ばかし肥料、魚粉など良質な有機物を使用（目安：約10kg/ha）。		茶葉の生育を確認し、必要に応じて摘芽を行う。根の活動を促進するため、根際周辺に腐葉土や堆肥を施す。茶樹の生育状況を観察し、必要に応じて水やりを行う。	可能であれば、採葉2週間前までにパートナー細菌を散布する。								病害虫防除、石灰燐黄合剤散布、油病k粉1、2回散布し、石灰燐黄合剤散布2週間後、高度播種マシンを稼働させる。牛糞堆肥、ばかし肥料、魚粉など良質な有機物を使用（目安：約10kg/ha）。

投稿規定

(2019 年 11 月制定)

1. 筆頭著者および責任著者(重複可)は、日本菌根菌財団会員に限る。ただし、本誌編集委員会(以下、委員会)において必要と認めたときは、会員外から寄稿を受けることができる。
2. 投稿原稿の内容は菌根菌に関連ある未発表のものとする。原稿の区分は、①論文(論説および総説を含む)、②研究ノート・短報、③資料の3種類とする。なお、投稿原稿は和文か英文に限る。
 - (1) 論文の内容は、新しい結果と結論あるいは事実を含むと認められるものとする。
 - (2) 研究ノート・短報とは、論文として十分な結論を得るに至らないが、限定された部分の知見や速報的なものである。その区分は委員会が決定する。
 - (3) 資料とは、文献抄録、実用記事などを指し、委員会が寄稿を依頼することがある。
3. 投稿の手続きは、次のようにする。

投稿原稿(図・表のファイルを含む)は Word 形式の電子ファイルとして編集事務局(mycorrhiza-office@jmff.jp)までメール添付で送信する。なお、送信時の件名は「JMF 投稿(著者名)」とする。

編集事務局は、投稿メールの受信後、原則として3日以内に受信確認メールを返信する。この受信確認メールの送信をもって、投稿受付完了とみなす。投稿原稿が編集事務局に到着した日を受付日、審査が終了して掲載が決定した日を受理日とする。
4. 投稿原稿は、次の手続きを経て、採否、区分を決定する。
 - (1) 論文、研究ノート・短報は、審査(査読者2名制により査読付論文としての採否の判定を行う)に回し、その意見を基にして採否、区分を決める。
 - (2) 委員会は、原稿の内容などについて投稿者に訂正を求めることがある。
 - (3) 受理された原稿は、委員会が訂正を求めた箇所以外に、委員会の承諾なしに変更を加えてはならない。やむを得ず変更する必要がある場合は委員会の承諾の下、修正原稿においてその変更箇所がわかるように明示する。
5. 論文の掲載は、審査終了の順によることを原則とする。
6. 校正は、原則として初校だけ著者が行う。校正中の原稿改変は原則として認めない。委員会の了解による改変であっても、要する経費は著者の負担とする。校正ゲラは指定の期日以内に、手許に保管の原稿によって校正して返送する。期日に遅れた場合は、委員会の校正をもって校了とすることがある。
7. 掲載論文、研究ノート・短報については、著者の希望があれば PDF ファイルを進呈する。
8. 本誌に掲載された記事の著作権は一般財団法人日本菌根菌財団に帰属する。
9. その他必要な事項は、委員会が決める。

執筆要領

(2019 年 11 月制定)

1. 投稿原稿は、Word 形式の電子ファイルにより作成する。その際、A4 用紙(縦長)印刷とし、上 2.4 cm、下 2 cm、左 2 cm、右 2 cm のマージンを空けて、1 行 40 字で 35 行とする。その際、頁ごとに

下部中央の余白部分に頁番号を記しておく。

2. 原稿の第1頁には表題, 著者名, 所属・所在地, 第2頁に要約を記す。

(1) 第1頁上部に以下を書く。

論文種別: 論文, 研究ノート・短報, 資料のうち希望する区分刷り上がり時の奇数頁ヘッダー: 著者姓(共著者は・でつなぐ): 略表題(25字以内)

(2) 和文の表題, 著者名, 所属・所在地の次に, 英文でそれぞれ記す。英単語の頭文字は大文字にするが, 文頭以外の冠詞や前置詞, 接続詞は小文字とする。

(3) 表題は, 簡潔で内容を具体的にあらわすものとする。

(4) 共著の場合, 著者名を・(中ポツ)でつなぎ並べる。責任著者には, 氏名の右肩に*(アスタリスク)を付ける。また, 脚注に責任著者名とメールアドレスを記載する。共著者間で所属が異なる場合, 所属ごとで氏名の右肩に1から順に数字を付ける。所属と所在地は左肩に該当する数字をつけて改行して並べる。なお, 研究実施時からあと移動があった場合は右肩に**を付し, 現所属を脚注に記す。

(5) 論文, 研究ノート・短報では, 150語以内で要約を入れる。

3. 論文, 研究ノート・短報の本文は, 原則として, 要約, 緒言, 材料および方法, 結果, 考察(結果および考察としてもよい), 謝辞(記載する場合), 引用文献の順に記載する。英文原稿も和文原稿と同様に記載すること。

4. 文中の単位, 数字, 式などは次のようにする。

(1) 単位は原則として国際単位系(SI)とする。

(2) 数字は, 原則としてアラビア数字を用い, 千単位のコンマは付けない。

(3) 文章中の式は, $(a+b)/(c+d)$ のようにする。

5. 図表は次のようにする。

(1) 分かりやすい図表にすること。画像は高解像度の鮮明なものを用いること。

(2) 図表は, 第1図, 第1表のように通し番号を付す。

(3) 図の説明文は図の下に, 表の説明文は表の上を書く。

6. 注および文献は次のようにする。

(1) 注は出現順に, 文献は著者名のABC順に並べ, 番号を付けて記載する。

(2) 文献は, 以下のとおりとする。

(和文のとき)

1. 松原陽一, 原田 隆, 八鍬利郎. 1994. 各種野菜実生の生長に及ぼす VA 菌根菌接種の影響. 園学雑 63: 619-628.

2. 小川 眞. 1986. 共生微生物の機能と作物の生育. 微生物と農業. 全国農村教育協会. 東京.

(英文のとき)

3. Matsubara, Y. and Harada, T. 1998. Relation between pectic substances and arbuscular mycorrhizal fungus infection in three vegetable crops. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 67: 180-184.

財団役員など名簿

区 分	役 職	氏 名	所 属 など
顧 問		石川 嘉延	前静岡県知事
理 事 (設立者)	理事長	石井 孝昭	会社代表, 元愛媛大学教授, 元京都府立大学教授
	副理事長	伊村 義孝	会社代表, 元掛川市副市長
		松浦 孝裕	会社代表
		小崎 隆志	会社代表
		大林 修一	会社代表
		橋本 健二	一般社団法人最高顧問
評議員 (他1名)		天内 和人	徳山高等工業専門学校副校長, 教授
		松原 陽一	岐阜大学応用生物科学部教授
		野澤 汎雄	会社代表
		家政 覚	会社嘱託
		米田 基人	会社代表
監 事		森川 肇	元会社員
事務局長		廣畑 雅己	元地方公務員

コラム(4) マルチ資材としてのスギ樹皮の活用

スギ樹皮およびヒノキ樹皮の植え付け時のマルチが宮内イヨカン(カラタチ台) 樹の生育に及ぼす影響 (平地園)^Y

処理区	1年後	2年後		
	樹高 (cm)	樹高 (m)	樹冠面積 (㎡)	幹の太さ (cm)
対照	0.87 ± 0.04 ^Z	1.10 ± 0.05	0.89 ± 0.07	3.74 ± 0.22
スギ樹皮マルチ (4 tonDW/10a)	0.89 ± 0.03	1.26 ± 0.04	1.10 ± 0.12	3.96 ± 0.20
ヒノキ樹皮マルチ (4 tonDW/10a)	0.70 ± 0.03	0.93 ± 0.06	0.49 ± 0.06	3.14 ± 0.14

Z) 平均値 ± 標準誤差

Y) 対照区はくわや除草剤で裸地状態とした。1986年4月3日に苗木を植え付けマルチ処理をし、1987年3月26日と1988年4月12日に調査した。

※樹冠面積…樹冠投影面積。横方向の広がりを表す指標。

石井ら(1986)は、ヒノキ樹皮には縮合性タンニンなどの阻害物質が含まれていますので、消石灰などのアルカリ資材で除去しなければならないが、スギ樹皮には抑制物質がほとんど含まれないので、生のままでも園地の有益なマルチ資材となることを見出しました(表参照)。その後、峯岸・久地井(1989)は洋ランの培土にスギ樹皮が有効であることを報告しています。そこで、稲わらなどの有益なマルチ資材の入手が難しくなった現在、スギ樹皮の活用が望まれます。ただ、ヒノキ樹皮のコンタミには注意が必要です。

編集後記

2023 年の「菌根菌ジャーナル Vol. 5」を発行することができました。執筆や編集作業にご協力くださった方々に感謝申し上げます。

財団では、昨年(2023 年) 7 月と 11 月に、「掛川市にオーガニック給食を実現する会」主催による「城下ベジマルシェ」に参加しました。出展者はみなさんオーガニックで野菜などを作られている方々でしたが、財団では菌根菌胞子の顕微鏡観察やパネル展示を行い、立ち寄ってくださった方々に PR を行うとともに会員の方の作った「金根米」やエゴマオイルも販売しました。また、家庭菜園の方など非会員用に菌根菌と PB 液肥少量を合わせた「お試しセット」を用意したところ、こちらもたくさんお買い求めくださいました。

「オーガニック」は、多くの消費者の方々、生産者の方々が求める方向性に合致しているもので、今回主催されたオーガニック給食を実現する会では、あちこちの街で活動を活発化させています。子供たちの成長期の給食に化学合成農薬を使用した野菜でなく、農薬不使用な安全安心な野菜を提供することは、子供たちの健全な成長にとって非常に重要なことです。学校給食に始まり各家庭でもオーガニック野菜に目を向ける機会が増えていければと思います。

我が財団でも、オーガニック農業を行うためには菌根菌農法への取組が最適ということ、菌根菌という微生物のことをしっかりと意識して農業に取り組むべきということを今後もしっかり PR し、オーガニック給食の実現とオーガニック農業の拡大を進めていきます。

事務局長 廣畑 雅己

ISSN 2435-2314

菌根菌ジャーナル

第 5 巻

2024 年 1 月 16 日印刷 2024 年 1 月 16 日発行



一般財団法人

日本菌根菌財団



〒437-1503 静岡県菊川市川上 1293-1

E-mail: mycorrhiza-office@jmff.jp HP: <https://www.jmff.jp>

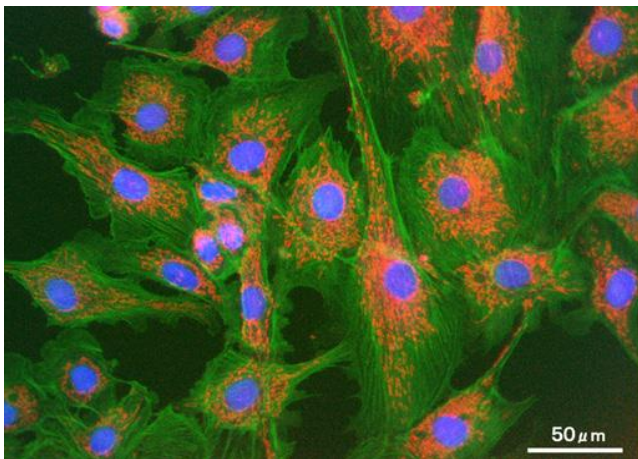
標準構成

■ ハンディ蛍光顕微鏡本光学ユニット ■ 対物レンズ:10 倍 ■ 光学ユニット:Type 470

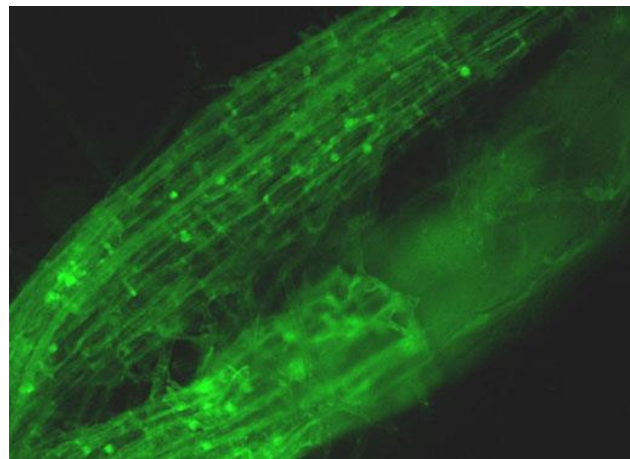
主な仕様

形 式 / 名 称	S-3380B (ブルー),S-3380P (ピンク)/ ハンディ蛍光顕微鏡
装 置 本 体	ハンディ蛍光顕微鏡本体(ブルー又はピンクを選択)
光学ユニット (高輝度 LED 搭載) 3 種の光学ユニットから選択 (複数選択可)	・Type 390: 3W 紫色 LED, 励起波長 390nm, 蛍光波長 443 ~ 489nm ・Type 470: 3W 青色 LED, 励起波長 470nm, 蛍光波長 500 ~ 550nm ・Type 560: 3W 黄緑色 LED, 励起波長 560nm, 蛍光波長 600 ~ 681nm * 各ユニットには、LED、ダイクロイックミラー、バンドパスフィルタ、吸収フィルタが組み込まれております。 * ユニットの分解はできません。 * 光学ユニットの励起波長、蛍光波長はご要望に応じて製作します。詳しくはお問い合わせ下さい。
対物レンズ (複数選択可)	アクロマート対物レンズ ※1 4倍, 10倍, 20倍, 40倍 ※1 RMS 規格、口径 20.32mm (0.8 インチ)、ネジピッチ 0.706mm (36 山/1 インチ)
本体電源	電池駆動: 単三電池 × 3 本 (4.5V) 励起照射光量5段階調整 * テスト用電池付属 * ニッケル水素電池対応
本体形状 / 重量	162(W)×123(D)×91~123(H) mm / 約 1.5 kg (電池含まず)
オプション	・ 蛍光画像観察用 CCD カメラ (パソコン用) (専用 CCD カメラ、専用ソフトウェア、結像レンズ、カメラ取付用アダプタ) * その他: 光学ユニットの励起波長、蛍光波長はご要望に応じて製作します。詳しくはお問い合わせ下さい。

参考画像



ウシ肺動脈・内皮細胞(BPAEcells)
(撮影:オプション CCD カメラ/40 倍対物レンズ)



菌根菌 (撮影:光学ユニット Type470,10 倍対物レンズ,スマホ)
キク根におけるAMF 共生
画像提供:(一財)日本菌根菌財団 石井孝昭様

● 本仕様、外観は改良のため予告なく変更することがあります。 ● カタログと実際の商品の色は、撮影・印刷の関係で多少異なる場合があります。

● お問い合わせは下記まで



株式会社 相馬光学

〒190-0182
東京都西多摩郡日の出町平井 23-6
TEL : 042(597)3256 FAX : 042(597)3208
E-mail : sales@somaopt.co.jp
URL : http://www.somaopt.co.jp

[販売代理店]

Soma

ハンディ蛍光顕微鏡

Portable fluorescence microscope

スマートフォン対応の蛍光顕微鏡

製品番号

S-3380

- 片手で持てるコンパクト設計
- 何処でも使用可能なバッテリー駆動（単三電池×3本）
- 励起波長・蛍光波長・対物レンズ、選択交換可能



[写真]

上右側 / S-3380B

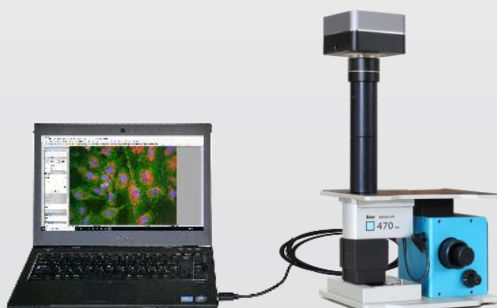
光学 LED ユニット : Type 470、対物レンズ : 10 倍 装着
※スマートフォンは付属しません

上左側 / S-3380P

光学 LED ユニット : Type 390、対物レンズ : 10 倍 装着

左側

オプションの CCD カメラによるパソコンでの観察



- お手持ちのスマートフォンを用いて、フィールドでの簡単な蛍光画像の取得を目的に設計されたハンディ蛍光顕微鏡です。活性染色された菌根菌の簡易蛍光観察が可能です。
- バッテリー駆動の高輝度 LED を用いており、AC 電源を必要としません。
- 電源事情の不安定な場所においても確実に画像取得が可能です。
取得画像は、専用のソフトウェア（オプション、パソコン用）をご利用いただけます。