ISSN 2435-2314

Journal of Mycorrhizal Fungi

菌根菌ジャーナル

2021
Vol. 3

一般財団法人 日本菌根菌財団

目次

頁

報告：弁財天の森づくり事業の実施報告(廣畑事務局長) 2

総説：菌根菌とそのパートナー細菌で，安心・安全で持続可能な有機緑化技術による
クロマツ枯れ防止およびクロマツ林の再生，並びにショウロの生産(石井理事長) 7

研究論文：農業高校における菌根菌を用いた教材開発：水稲および茶樹への菌根菌の活用
（静岡県立田方農業高校　渡邊先生） 11

資料：菌根菌とそのパートナー細菌などを活用した，世界初の有機水耕栽培技術(石井理事長) 15

資料：Hiro さんの家庭菜園(廣畑事務局長) 18

資料：バナナとコーヒーと菌根菌
-春化作用と菌根菌で，日本で育つコーヒーノキ品種を作る試み-(社納氏) 20

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
菌根菌とそのパートナー細菌の働きと効果的な使い方 21

投稿規定・執筆要領 26

財団役員等名簿 28

編集後記 29

コラム(1) 植物工場から“植蔵”へ (石井理事長) 17

コラム(2) 三保の松原におけるクロマツ根の菌根形成および土壌中の菌根菌 (石井理事長) 19

コラム(3) 植物オイル粉末 ― 植物保護材としての利用(石井理事長) 25

コラム(4) 菌根菌とコーヒーとリモートワークのおいしい話 (社納氏) 28

弁財天の森づくり事業の実施報告

一般財団法人 日本菌根菌財団事務局長　廣畑 雅己

本年度当財団の大きな事業として，中部電力株式会社様と連携し，掛川市沖之須地内の遠州灘における松林再生事業に取り組んでおります。昨年度からは，菌根菌（アーバスキュラー菌根菌（AMF）とショウロ菌）接種の松苗を育てておりましたが，本年度はいよいよ植栽です。

去る 10 月 28 日に静岡県，掛川市，中部電力株式会社，当財団の４者による「しずおか未来の森サポーター協定」を締結し，11 月 6 日の植樹祭へと準備を進めて参りました。植栽用の土地は，静岡県所有の海岸防災林を中遠農林事務所の協力で使用させていただくことになりました。

締結式　2021 年 10 月 28 日

協定書

本事業は，中部電力株式会社様の「昔から我々が親しんだ緑豊かな松を取り戻すため，松林再生には自然治癒力を引き出すことが出来る菌根菌を活用し，近年問題となっている薬剤を使用することなく，松が本来持っている自然の力を利用した松林の再生を目指す。」ことと「昔の遠州灘海岸の松林では，高級食材のショウロ（キノコ類・菌根菌の一種）が採れていたという。高度成長に伴う環境の変化と薬剤散布の繰返しなどによってショウロ菌が死滅し，現在の松林は昔のような環境にない。地球環境を考えれば，少しずつ薬剤への依存度を軽減し，ショウロが採れるような自然豊な海岸防災林を作ることが，自然保護には大変意味があると考えられる。」とのお考えのもと，我が財団との連携に至りました。

昨年 12 月来，掛川市内において市内土方地区の農家の方々のお力を借りながら，菌根菌（ＡＭＦとショウロ菌）を接種した松苗を育てて参りました。

この森づくりでは，財団のもつノウハウを生かし，マツクイムシに強いクロマツ林の育成を図ります。この森づくりの特長は以下の３点です。

特長①　AMF とショウロ菌の２種類の菌根菌をクロマツに共生させた苗を植え付け，マツノザイセンチュウの侵入をブロックします。

ショウロ菌はその菌糸でマツの根を包み，マツノザイセンチュウが根へ侵入するのを防ぐ（樹体内へのセンチュウ侵入防止効果）とともに，両方の菌根菌は菌糸でセンチュウを絡めて消化してしまう（殺センチュウ効果）ため，マツクイムシ防除が期待できます。

特長②　生物的防除により，マツノマダラカミキリを駆除します。

マツノザイセンチュウを媒介するマツノマダラカミキリを駆除するため，菌根菌胞子内やその周辺に生息しているパートナー細菌や, 菌根菌と相性の良いボーベリア(*Beauveria*)等の糸状菌で駆除します。

・パートナー細菌を散布（噴霧器使用）します。
・ボーベリア菌を染みこませた不織布テープを木に巻き付け，そこに触れたカミキリをボーベリア菌に感染させることで駆除できます。
・パートナー細菌，ボーベリア菌ともに自然界に普通に存在するもので，増殖すれば農薬散布が不要になります。

特長③　ショウロ菌の共生により，ショウロを生産し，地域活性化させます。

以前，掛川市の海岸部で採れていたショウロは今採れなくなっていますが，高級食材であるショウロが生産されれば，採取・販売により地域活性化にも繋がります。

ショウロ菌は，他地域からの８種類の菌と現地で採取した菌の合計９種類を感染させ，最も掛川に適した種類を選抜します。

いよいよ，植樹祭です。植樹会場は，海岸防災林の枯れた松を伐採した 1.7 ha のエリアです。整地にあたっても地元の業者様の多大なるご協力をいただき，想定以上にきれいに造成できました。

当日は，協定４者の関係者のみならず，地元の県立横須賀高等学校の約 40 人の生徒と教師の方々，まちづくり協議会の方々や市内有志の方々，市外からも松林再生に係わっていらっしゃる方々など総勢約 180 名の多くの方がご参加くださいました。

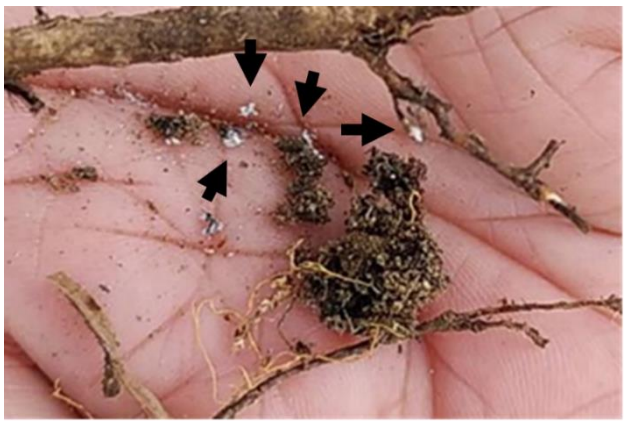
植栽地の航空写真

主催者の佐々木中部電力株式会社静岡支店長，石川当財団顧問，石井当財団理事長，清水中遠農林事務所技監の挨拶の後，植樹作業に入りました。

地元のショウロ菌を含め９種類のショウロ菌を接種した 429 本の松苗を植え付けました。植樹の最後には，森谷中遠農林事務所長，久保田掛川市長，増田中部電力株式会社副社長，佐々木同静岡支店長，石川顧問，石井理事長による記念植樹も行いました。

横須賀高等学校の生徒と石川顧問によるクロマツの植樹

植樹祭の風景



ショウロによる菌根

矢印：ショウロの菌糸で軍手のように観察される根が菌根です。

この菌糸が旺盛に生長してくると，キノコが形成され始めます。

この森づくり事業は，SDGs のどの目標と係わるのでしょうか。

この事業は，SDGs の 17 の目標の内，以下の８つの目標が該当すると考えております。

目標３「すべての人に健康と福祉を」

殺虫剤の空中散布を廃止することによる健康被害の防止

目標４「質の高い教育をみんなに」

子ども達への森づくり，環境，防災等の教育

目標９「産業と技術革新の基盤を作ろう」

ショウロ生産による産業の基盤づくり。他地区の海岸林回復のための菌根菌接種クロマツの生産事業

目標 11「住み続けられるまちづくりを」

海岸防災林の回復による飛砂，潮害の被害軽減

目標 13「気候変動に具体的な対策を」

森林を再生することによる温室効果ガスの吸収・固定

目標 14「海の豊かさを守ろう」

海岸林の保全により海岸の保全，潮間帯の確保

目標 15「陸の豊かさを守ろう」

海岸林の保全による自然生態系の多様性の確保

目標 17「パートナーシップで目標を達成しよう」

将来を担う子どもも含めた地域住民の参加により，企業，行政，住民，子ども達，財団の複層的なパートナーシップ連携

原稿執筆の 12 月半ば現在，429 本のクロマツは無事活着し元気に育っております。強風により支えの竹が一部倒れてしまいますが，時々見回り修復しております。

今後，地元の子ども達へクロマツ植樹等を題材とした環境教育も行っていきたいと思っています。うまくいけば来年か再来年にはショウロが発生するかもしれません。それを楽しみに，ご協力くださった方々に感謝しつつ，来年も寒風の中見回り・管理に頑張って参ります。

ショウロというキノコ

ショウロの発生を促すためには樹園地の草や落葉を取り除く必要があります。クロマツの生息環境を維持するため，今後もご協力していただければ幸いです。

菌根菌とそのパートナー細菌で，安心・安全で持続可能な有機緑化技術によるクロマツ枯れ防止およびクロマツ林の再生，並びにショウロの生産

一般財団法人 日本菌根菌財団理事長　石井 孝昭

Prevention of black pine withering, regenerating of black pine forests, and production of *Rhizopogon roseolus* using safe, secure and sustainable organic greening technology with mycorrhizal fungi and their partner bacteria

T. Ishii
Japan Mycorrhizal Fungus Foundation

はじめに

松枯れの防除のため，現在，高濃度の化学合成農薬が空中散布されていますが，化学合成農薬の毒性とともに，車の塗装をも傷めるほどの高濃度で危険な乳化剤を使用しているため，人畜に及ぼす悪影響や，自然の生態を守ってくれている有益小動物や有益微生物などを皆殺しにする環境破壊は計り知れないものがあります。

そこで，弁財天の森のプロジェクトでは，財団の技術，菌根菌とそのパートナー細菌（PB）を積極的に活用して，化学合成農薬や化学肥料を不使用で，安心・安全で持続可能な有機緑化技術によって，クロマツ枯れ防止およびクロマツ林の再生，並びにショウロの生産を実現していきます。この「菌根菌とその PB を用いた技術」は，すでに筆者らの海外でのプロジェクトで成功していますので，この技術をわが国社会に広く還元していきたいと考えています。

ここでは，弁財天の森のプロジェクトでの取り組みについて紹介します。

菌根菌とその PB の活用

わが国のショウロ(*Rhizopogon roseolus*)の遺伝子解析結果では，各地域のショウロの相同性は極めて高い(9)が，島根県のショウロでは 2 グループに分けられるという報告があります(10)。弁財天の森では，第 1 表に示す 9 種類のショウロを供試しました。その中で，JM-102 株は弁財天の森の中でいくらか生き残っていたクロマツ幼樹の根から分離したものです。そこで，弁財天の森では当地で採取したショウロとともに，他県からのショウロも供試して，クロマツの再生とショウロの生産を行いたいと思いました。

第1表 ショウロの種類

32804
32812
32813
33151
Rr-9
Rr-160
Rr-189
JM-101
JM-102

一方，クロマツにはショウロのような外生菌根菌しか根に共生しないという論文や著書があまりにも多いですが，これらの執筆者はしっかりと調査せずに，先人の間違った研究成果に疑問も感じず，そのまま引用しています。外生菌根を形成する植物でもアーバスキュラー菌根菌（AMF）が同時感染することがかなり多くの論文で明らかとなっているのです(1,2,3,4,6,8,11)。それゆえ，マツ属でも外生菌根菌と AMF が同時感染することを学術的に示していくことが望まれます。特に，渡邊(11)はクロマツ根にはショウロと AMF が同時感染することを報告しています。また，Ishii et al. (6)は，クリの根においても両菌根菌の同時感染がみられることを明らかにしており，AMF がクリの開花前，根に感染した後，開花後に外生菌根菌が感染することを報告しています。

そこで，弁財天の森に植え付けたクロマツには外生菌根菌を接種する前に AMF を接種させた後，その接種約 3 か月後にショウロを接種することで，両菌根菌が同時感染した 2 年生苗木を定植しました。

さらに，本プロジェクトでは菌根菌でセンチュウの駆除や根への侵入防止を図るとともに，PB で発酵させた有機液肥で施肥および病害虫防除を行います。なお，PB は AMF 胞子内やその周辺に生息している細菌で，以下の有益な効果を持っています。

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。特に，フザリウム，リゾクトニア，ピシウム，モンパ病菌などの生長抑制に極めて有効であり，ガ類などの害虫の駆除にも効果がある，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，などの効果です。

ボーベリア菌の活用

PB 以外にも，カミキリムシの駆除に効果があるボーベリア菌（*Beauveria brongniartii*）を用います。なお，ボーベリア菌は，菌根菌とその PB との相性が良いので，共存させることができます。

植物オイル粉末の活用

以上の有益微生物とともに，高濃度の化学合成乳化剤を含むマシン油乳剤とは異なり，乳化剤を全く用いていない，安心・安全な植物オイル粉末を用います。この資材は，シクロデキストリンという環状の糖の構造内にオイル分子を取り込ませて，粉末化させたものであり，糖は水に溶けますので，乳化剤が不要で油を水に溶け込ますことができます。この技術も財団の特許技術(7)です。

この技術は，有機 JAS 認証の問題の一つである化学合成乳化剤を用いたマシン油乳剤の改善に役立つものです。わが国や世界の有機栽培を推進するためにも，化学合成乳化剤不使用のマシン油粉末が早く市販化されることが望まれます。マシン油そのものは安心・安全な資材ですので，財団としても，この市販化に大いに協力したいと思っているところです。

ショウロの培養と人工胞子（仮称）の作製

ショウロをクロマツ苗木に効率よく接種する方法として，ショウロの人工胞子を作製しました。

ところで，ショウロの子実体（キノコ）形成までの純粋培養は今のところ成功していませんが，菌糸培養は非常に簡単で，筆者は下記の培地と培養条件で大量のショウロ菌糸を生産しています。

培地：1 L の蒸留水中に，エビオス 5 g，グルコース 20 g，マンニトール 200 mg (pH 無調整)

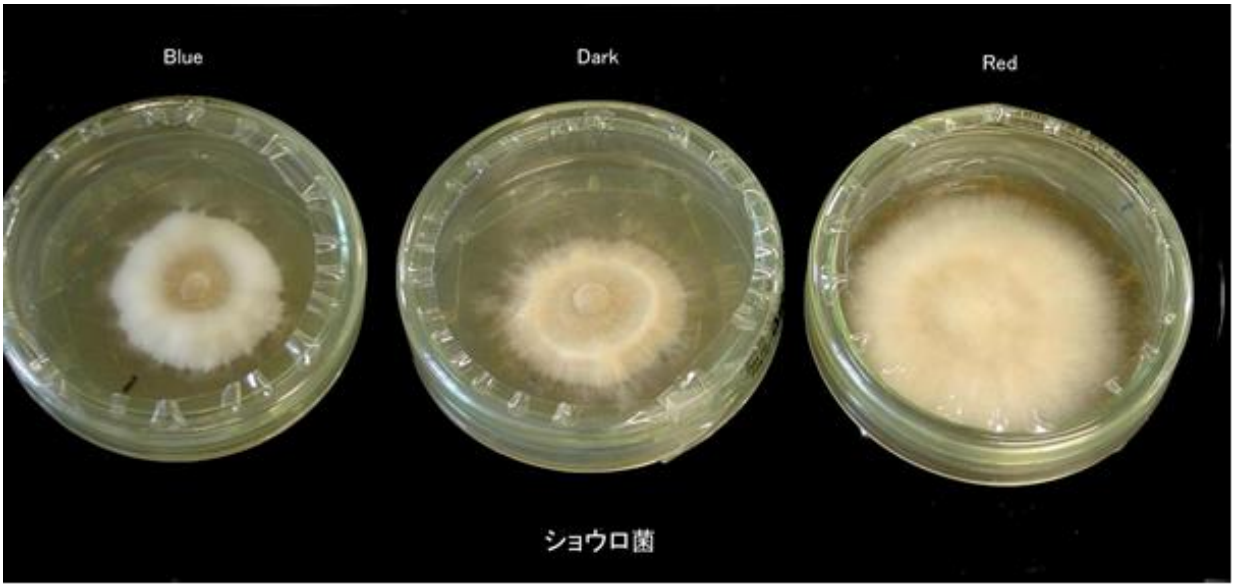
培養条件：27℃の赤色光下か，暗黒下（暗黒よりも赤色光の方が良い）（第 2 表および第 1 図）
振とう培養

なお，ショウロ菌以外でも，微生物の培養では暗黒よりも赤色 LED 光で微生物の生長が旺盛になりますが，青色 LED 光では生長が阻害されることを筆者らは明らかにしています(5)。

第 2 表　青色光および赤色光照射がショウロ菌の生長に及ぼす影響

	コロニーの直径(cm)		
	Blue	Dark	Red
1か月後	4.34 ± 0.31	5.97 ± 0.42	8.20 ± 0.49

数値は平均値±標準誤差(n=3)



第 1 図　青色光および赤色光照射がショウロ菌の生長に及ぼす影響

ショウロの人工胞子接種によるクロマツの生育

第 2 図に示すように，ゲル状の球体内にショウロ培養菌糸とショウロ菌の菌糸生長を促進する物質を封じ込めた人工胞子を作製しました。

第 2 図　8 種類のショウロ培養菌糸による人工胞子

このショウロ人工胞子の 5 種類を接種したクロマツの生育を第 3 図に示します。すなわち，いずれのショウロ接種区でもクロマツの樹体生長は，対照（無接種）区と比べて，非常に旺盛でした。

おわりに

以上のように，化学合成農薬の空中散布を行わず，菌根菌とそのパートナー細菌などを活用して，安心・安全で持続可能な有機栽培技術でクロマツ枯れを防止し，クロマツ林の再生を図り，ショウロの生産を目指したいと思います。特に，ショウロの生産で地域産業の発展に貢献したいと考えています。

謝辞

本プロジェクトで用いたショウロ菌は，島根県中山間地域研究センターおよび独立行政法人製品評価技術基盤機構（NITE）から分譲していただきました。ここにお礼申し上げます。

ショウロ接種クロマツ　　無接種クロマツ

Rr-189　Rr-160　Rr-9　NBRC32813　NBRC32812　（対照）

第 3 図 ショウロ接種がクロマツの樹体生長に及ぼす影響

いずれのショウロ菌種でも、無接種（対照）区と比べて、クロマツの樹体生長が良好となった。

(2020年5月17日植え付け・接種、10月4日撮影)

引用文献

1. Cázares, E. and Trappe, J. M. 1993. Vesicular endophytes in roots of the Pinaceae. Mycorrhiza 2: 153-156.
2. Dowgiallo, M. G. and Rambelli, A. 1972. Ricerche sullo stato micorrizico de alcune popolazioni a pino d'Aleppo dell'Italia centrale. Ann. Bot. (Rome) 31: 19-31.
3. Golubinskaya, N. S. 1967. Endotrophic mycorrhizae of trees and shrubs in western Siberia (in Russian). Microorg. Rast. 1967: 13-22.
4. Horton, T. R., Cázares, E. and Bruns, T. D. 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.
5. 石井孝昭，谷内善信，堀井幸江，岡本研正. 2003. 微生物の生長制御方法. 特許第 4691307 号. 日本国特許庁.
6. Ishii, T., Aketa, T., Motosugi, H. and Cruz, A.F. 2008. Mycorrhizal development in a chestnut orchard introduced by a sod culture system with *Vulpia myuros* (L.) C. C. Gmel. Acta Hortic. 767: 429-434.
7. 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.
8. Malloch, D. and Malloch, B. 1981. The mycorrhizal status of boreal plants: species from northeastern Ontario. Can. J. Bot. 59: 2167-2172.
9. 折原貴道，岡田豊太郎，大宮司俊彦，高木 望. 2014. 神奈川県におけるショウロの発生状況. 神奈川県立博物館研究報告(自然科学) 43: 63-66.
10. 冨川康之，松本晃幸. 2009. クロマツ苗移植によるショウロ発生地の拡大と子実体の遺伝的類縁関係. 島根中山間セ研報 5: 107-113.
11. 渡邊幸伸. 2020. 農業高校におけるクロマツを用いた菌根菌の観察と利用に関する学習の一事例. 菌根菌ジャーナル 2: 20-28.

農業高校における菌根菌を用いた教材開発：水稲および茶樹への菌根菌の活用

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

Development of teaching materials using mycorrhizal fungi in agricultural high schools: Utilization of mycorrhizal fungi in paddy rice and tea plants

Y. Watanabe
Horticulture Design Department, Shizuoka Prefectural Tagata Agricultural High School 961 Tsukamoto, Kannami-cho, Tagata-gun Shizuoka 419-0124 japan

緒言

アーバスキュラー菌根菌（AMF）は，ほぼ全ての植物と共生し，水稲や茶においても生長を促進することが広く知られている(1, 3, 5)。一方，タデ科，カヤツリグサ科，ヒユ科アカザ属（旧アカザ科），アブラナ科の植物では共生関係が構築しにくいことが知られているが，環境ストレス，傷害ストレスなどを受けたときは，これら植物の根においても菌根が形成される(1)。

本研究では，次世代を担う本校生徒たちに水稲および茶樹における AMF の有効性を指導して，AMF を活用した教材開発について検討した。

材料および方法

1) 水稲

品種「あいちかおり SBL」を供試し，ワグネルポット 1 /2000 a において，AMF 接種区および対照（無接種）区を各 10 鉢用意した。

土壌消毒済み本校培養土に，化成肥料 100 g/鉢，ゼオライト 100 g/鉢，牛ふん完熟堆肥 200 g/鉢，AMF 接種源 100 g/鉢を混ぜて用土とした。水道水で湛水状態にさせた後，1 鉢当たり 1 本植えとして，分げつ数や草丈の調査を行った。

2) 茶樹

品種「やぶきた」を供試し，ワグネルポット 1 /2000 a において，AMF 接種区，対照（無接種）区ともに，各 12 鉢，計 24 鉢で調査を行った。培土は水稲と同様のものを用いた。

3）植物保護材による病害虫防除

水稲にメイガが大発生した。そこで，財団の植物保護材を定期的に散布した。

結果および考察

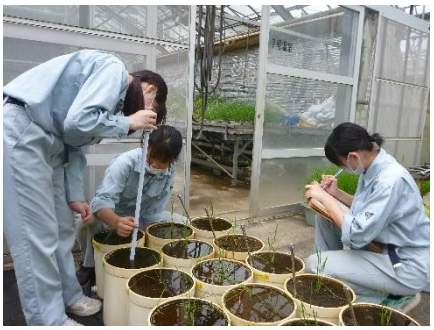
令和２年度，コロナ禍により，学校開始が遅れ，研究開始が６月 12 日となった。４月下旬に購入した水稲および茶樹の生育不良が心配される中で実験を行った。

(1) 水稲

平均水温は，７月が 28.2℃，８月が 29.5℃，９月が 29.1℃であった。気象庁アメダスにおいても７月から８月にかけて，本校所在地である函南町の平均気温が３℃上昇したが，AMF の根への共生(感染)温度としては適温範囲であるので，根との共生状態の心配はなかった。

本研究は，（一財）日本菌根菌財団研究助成金で行われた。

第１図 水稲の生育調査

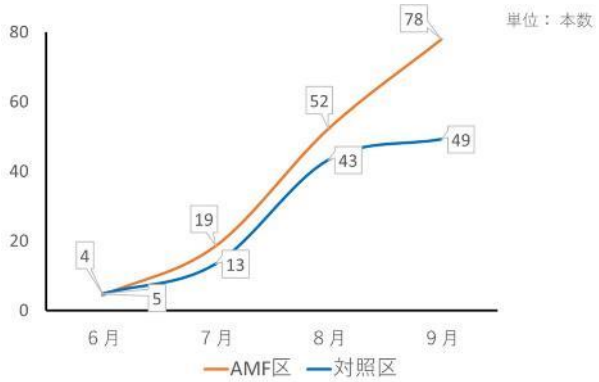


第２図　水稲の分げつ，草丈調査

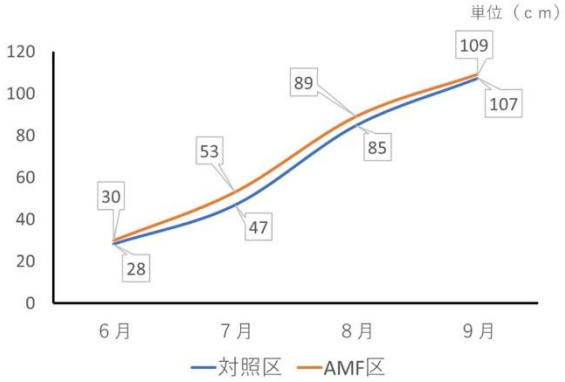
第１図および第２図は，水稲の生育調査および分げつ，草丈調査の風景を示す。

ア）分げつと草丈について

９月 30 日に解体調査を行った。その結果，AMF 区および対照区の分げつ数は，それぞれ 78 本，49 本（第 3 図），また草丈はそれぞれ 109 ㎝，107 cm であった（第 4 図）。特に，分げつ数では t 検定において 5%水準での有意差が認められた。このように，AMF 区では対照区と比較して，分げつ数が顕著に増加した。



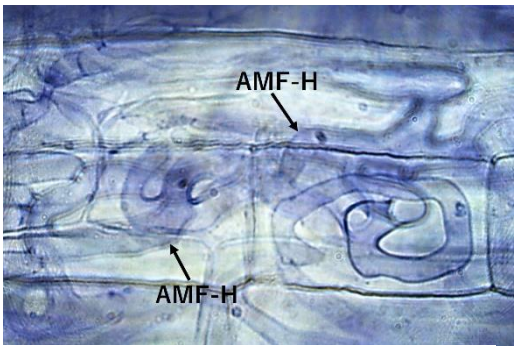
第３図　AMF が水稲の分げつ数に及ぼす影響



第４図　AMF が水稲の草丈に及ぼす影響

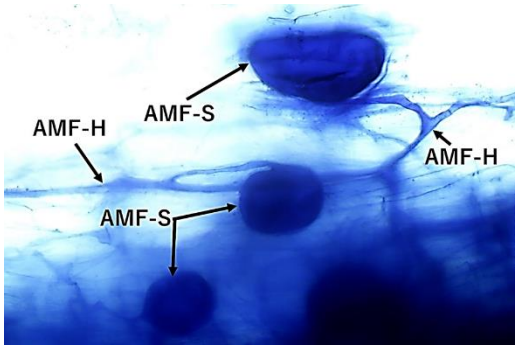
イ）AMF 区における菌根共生(感染)

0.03%トリパンブルー溶液で根を染色し(4), 光学顕微鏡で調査した。その結果, 湛水状態下でも, 水稲の根に AMF が非常に良く感染していた（第 5 図，第 6 図）。



第５図　水稲の AMF 共生 (×1000)

H:菌糸



第６図　水稲の AMF 共生（×400）

H: 菌糸, S: 胞子

(2) 茶樹

第７図　茶樹の定植

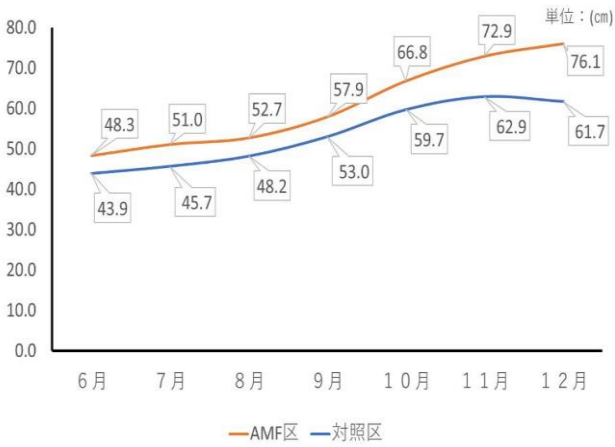
第８図　茶樹の葉数・樹高調査

第 7 図および第 8 図は，茶樹の定植および葉数・樹高調査の風景を示す。

ア）茶樹の葉数・樹高について

令和 2 年から 4 月から 12 月までの生育期間中の葉数および樹高を調査したところ，AMF 区の方が対照（無接種）区よりも良好になった（第 9 図，第 10 図）。特に，AMF によって葉数が著しく増加した。

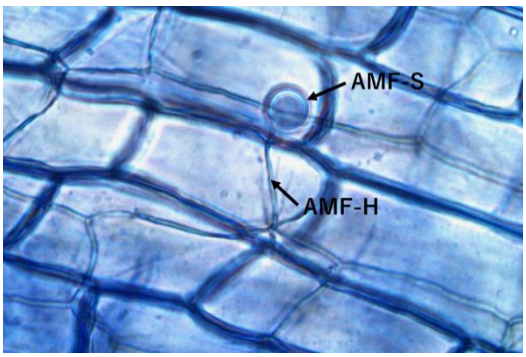
第９図 AMF が茶樹の葉数に及ぼす影響



第 10 図 AMF が茶樹の樹高に及ぼす影響

イ）AMF 区における菌根共生(感染)

0.03%トリパンブルー溶液で根を染色し(4)，光学顕微鏡で菌根形成を観察したところ，AMF が良く感染していた（第 11 図）。



第 11 図　やぶきた茶樹の AMF 共生(×1000)

H: 菌糸, S: 胞子

第 12 図　生徒たちによる AMF 観察風景

第 12 図は，生徒たちが AMF 観察を行っている風景である。この菌根菌研究を通して，生徒たちは自らの力で AMF の有無を観察できるようになった。

また，令和２年は天候の乱高下があり，特に静岡県伊豆地域においては，水稲，茶において病害虫が多発した。多くの水稲農家ではウンカが大発生し，収穫を断念した地域もあったが，菌根菌研究の協力農家の水稲には被害がなかった。画期的なことである。AMF とパートナー細菌の働きでウンカによる被害がなかったと考えられ，化学合成農薬不使用での栽培ができることを生徒たちは体験できた。

さらに，本校は植物保護材を週 1 回散布しているので，病害虫の発生がみられなかった。これから茶葉の収穫時期になる。今後，AMF 区と対照区での茶葉の糖度や茶葉内の硝酸態窒素を測定し，比較検討したいと思っている。

以上，菌根菌研究を通して，化学合成農薬の不使用，化学肥料の削減あるいは不使用を指導することができ，菌根菌を活用した栽培学習は生徒たちに安心・安全な作物生産の在り方を考えさせる非常に有益な教材になると考えられた。

謝辞

令和４年度から，高校においても新学習指導要領が改定される。菌根菌については，教科「理科」で，一部の出版社が菌根菌（AMF や外生菌根菌）の掲載を始めた(2)。本年度は日本菌根菌財団の研究助成金をいただき，水稲および茶樹における菌根研究を通して，生徒が初めて共生微生物を知り，顕微鏡で胞子などを見ることができ，実習体験ができた。次世代に繋がる研究を支えていただいた日本菌根菌財団に感謝申し上げる。

引用文献

1. 石井孝昭. 2014. 菌根菌の働きと使い方. 農山漁村文化協会. 東京.
2. 高等学校改訂生物. 2019. 第一学習社. 東京.
3. 松原陽一. 2019. 野菜における菌根菌共生機能利用と環境ストレス耐性. 菌根菌ジャーナル 1: 16-24.
4. Phillips, J.M. and Hayman, D.S. 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.
5. Solaiman, M. Z. and Hirata, H. 1996. Effectiveness of arbuscular mycorrhizal colonization at nursery-stage on growth and nutrition in wetland rice (*Oryza sativa* L.) after transplanting under different soil fertility and water regimes. Soil Sci Plant Nutr. 42: 561-571,

菌根菌とそのパートナー細菌などを活用した，世界初の有機水耕栽培技術

一般財団法人 日本菌根菌財団理事長　石井 孝昭

はじめに

欧米では有機農産物の生産を急速に増加させている。わが国でも「みどりの食料システム戦略」が立ち上げられ，有機農業を推進することが決定した。しかし，安定した有機栽培を実現させるためには，菌根菌とそのパートナー細菌（PB）なくしては成り立たないことを筆者らのこれまでの研究成果で明らかになっており，さまざまな作物で菌根菌とその PB を活用した安心・安全で持続可能な作物栽培技術や環境緑化技術を確立していかなければならない。その中で，筆者らは，世界初のアーバスキュラー菌根菌（AMF）とその PB を活用した有機水耕栽培技術を開発し，その有用性や実用性の高さを明らかにしている（1, 2, 3）。

ここでは，これまでの研究成果とともに，いくらかの新しい知見についても報告する。

AMF とその PB を活用した有機水耕栽培試験

供試野菜への AMF の接種は，苗床で行い，菌根幼苗を循環式水耕栽培装置（颯爽工業（株）製 AQUAVITTON）にセットした。有機液肥（緑肥）は，100 L タンクにカラスノエンドウ約 7 kg と入れた後，PB を含む培養液約 1 L を入れ，発酵させて作製した。この有機液肥を用いて，溶液の EC を 0.6 mS/cm とした有機液肥区を設けて，AMF 接種（感染）苗を移植した。一方，対照区は化学液肥（EC：1.2 mS/cm）のみの水耕栽培（慣行）区とした。その結果を第 1 表および第 1 図に示す。すなわち，いずれの野菜でも有機液肥区の生育が極めて旺盛であった。

第 1 表　有機水耕栽培技術が水耕栽培下における作物 2 種類の生長に及ぼす影響

処理区	作物	菌根感染率（%）	全生体重(g)	根生体重(g)
対照（化学液肥）	シュンギク	0	25.8 ± 2.4	7.3 ± 0.6
	ネギ	0	1.4 ± 0.1	0.3 ± 0.1
AMF+PB+PP+有機液肥 Z	シュンギク	5.6 ± 0.1 Y	143.1 ± 12.7** X	34.6 ± 4.0**
	ネギ	3.6 ± 0.2	11.4 ± 0.4**	2.5 ± 0.1**

Z：AMF=アーバスキュラー菌根菌, PB=パートナー細菌, PP=パートナー植物（バヒアグラス）.

Y：平均値±標準誤差（n=5）

X：ANOVA（*：5%水準, **：1%水準, ns：有意差無し）

対照(慣行)区　AMF+PB+PP+有機液肥区
ネギ‘小春’(移植1か月後)

対照(慣行)区　AMF+PB+PP+有機液肥区
シュンギク‘中葉しゅんぎく’(移植1か月後)

第 1 図　有機水耕栽培技術が水耕栽培下における作物 2 種類の生長に及ぼす影響

また，ミニトマトでも有機液肥(AMF+PB+PP)区の生育が旺盛であるとともに，果実収量も化学液肥(対照)区のおよそ 3 倍増加した（第 2 表）。また，裂果率も少なくなり（第 2 表），糖酸比が極めて高くなり，果実品質が向上した（第 3 表）。

第 2 表　アーバスキュラー菌根菌，パートナー細菌およびパートナー植物が水耕栽培下におけるミニトマト‘ステラ’の収量に及ぼす影響

処理区	合計収量 (g)	合計収量 (個)	裂果数 (個)	裂果率	平均果実重 (g)
対照	941.7	136	15	0.11	6.9
AMF+PB+PP[Z]	2454.2	315	20	0.06	7.8

Z：AMF=ｱｰﾊﾞｽｷｭﾗｰ菌根菌，PB=ﾊﾟｰﾄﾅｰ細菌，PP=ﾊﾟｰﾄﾅｰ植物.
Y：パネルの大きさは89.5 cm ×54.8 cm ×4.3 cm.

第 3 表　アーバスキュラー菌根菌，パートナー細菌およびパートナー植物が水耕栽培下におけるミニトマト‘ステラ’の果実品質に及ぼす影響

処理区	菌根感染率(%)	糖度(Brix %)	酸度(%)	糖酸比
対照	0	7.9 ± 0.3	0.9 ± 0.0	8.8 ± 0.3
AMF+PB+PP[Z]	7.1 ± 0.3[Y]	9.4 ± 0.1**[X]	0.5 ± 0.0**	18.8 ± 1.3**

Z：AMF=ｱｰﾊﾞｽｷｭﾗｰ菌根菌，PB=ﾊﾟｰﾄﾅｰ細菌，PP=ﾊﾟｰﾄﾅｰ植物.
Y：平均値±標準誤差（菌根感染率：n=6. 糖・酸度：n=8）
X：ANOVA（**：1%水準）

AMF とその PB を活用したイチゴの有機水耕栽培

第 2 図　AMF とその PB を活用したイチゴの有機水耕栽培

有機水耕栽培であるので，ミツバチによる受粉も全く問題がない（第 2 図）。また，PB 入りの有機液肥を葉面散布しているので，病害虫の発生もみられない。

興味深いこととして，AMF と PB 入りの有機液肥を活用することによって，夏場の栽培が難しいイチゴの耐暑性を高めたことである（第 3 図）。

有機液肥区（EC 0.6 mS/cm）

化学液肥区（EC 1.2 mS/cm）

第 3 図　AMF とその PB を活用したイチゴの有機水耕栽培（品種：とよのか，6 月下旬）

また，夏場の栽培が可能なイチゴ品種”夏の輝”において，有機液肥区では化学液肥区と比べて，果実品質が良好となった（第 4 表）。

第4表　有機液肥区および化学液肥区におけるイチゴ（品種:夏の輝）の果実品質

収穫日	処理区	果実重 (g)	糖度 (Brix, %)	酸度 (%)	糖酸比
2017年6月下旬	化学液肥区 (EC 1.2 mS/cm)	8.2 ± 0.5 [Z]	7.2 ± 0.2	0.83 ± 0.02	8.7 ± 0.2
	有機液肥区 (EC 0.6 mS/cm)	14.8 ± 2.0	8.2 ± 0.2	0.84 ± 0.03	9.8 ± 0.3
2017年8月上旬	化学液肥区 (EC 1.1 mS/cm)	8.3 ± 1.1	5.4 ± 0.0	0.94 ± 0.02	5.7 ± 0.2
	有機液肥区 (EC 0.4 mS/cm)	10.4 ± 1.6	6.0 ± 0.1	0.89 ± 0.03	6.7 ± 0.1

Z) 平均値±標準誤差(n=3).

おわりに

このように，AMF と PB 入りの有機液肥を活用することで，養液濃度は化学液肥区と比べて半分の濃度でさえも化学液肥区よりも旺盛に生長するとともに，果実収量や果実品質が向上した。それゆえ，現在，財団ではこの有機水耕栽培技術を普及しているところである。

謝辞

イチゴ品種”とよのか”は山口農総試，”夏の輝”は農研機構九沖農研セから分譲していただいた。ここにお礼申し上げる。

引用文献

1. 石井孝昭，社納葵，堀井幸江. 2014. アーバスキュラー菌根菌とそのパートナー細菌，並びにパートナー植物を用いた化学液肥および有機液肥の水耕栽培が数種類の園芸作物の生育に及ぼす影響. 園芸学研究 13(別 1): 169.
2. Ishii, T., Shano, A. and Hori, S. 2015. New organic hydroponic culture using arbuscular mycorrhizal fungi and their partner bacteria, and newly developed safe plant protectants. Horticulturae 1 (Proc. QMOH 2015 - First Int. Symp. Qual. Mngmt. Organic Hortic. Prod.): 680-689.
3. 石井孝昭，天内和人. 2021.　菌根菌とそのパートナー細菌を活用したイチゴの有機水耕栽培.　園芸学研究 20(別 2): 154.

コラム（１）：植物工場から“植蔵”へ

酒造資料館　東光の酒蔵

現在，様々な形式の植物工場が稼働していますが，それらは無菌あるいはほぼ無菌下で作物が栽培されています。そのため，これらの施設費や維持管理費が膨大であるため，国からの補助金がなければ，経営が成り立たないという植物工場運営の大きな問題となっています。

そこで，**石井は，植物工場内を無菌にするのではなくて，酒蔵のように，施設内を有益微生物で蔓延させて，病害虫の侵入や発生を防ぎ，作物栽培を行う施設“植蔵”という新しい施設栽培技術を提案します。**

財団は，現在，この**“植蔵”**技術を実用化しており，この技術で，化学合成農薬と化学肥料を用いない，安心・安全で持続可能な施設栽培植物の生産が稼働中です。

今後，財団が提供する**“植蔵”**技術で，わが国や世界の施設栽培を変革させたいと考えています。

Hiro さんの家庭菜園

一般財団法人 日本菌根菌財団事務局長　廣畑 雅己

我が家の家庭菜園は，７年ほど私が無農薬栽培をしてきました。ここ数年は菌根菌にも取り組み，今年はパートナー細菌入りの有機液肥を施用することにより，無農薬・無化学肥料での栽培をしてきました。

今回はダイコン栽培の報告をいたします。家庭菜園が小さいので，密植で栽培しようとして雑誌に載っていた「トイレットペーパー栽培」に取り組みました。これは，トイレットペーパーの芯に培養土を詰め，種を蒔き，菌根菌を施用し，双葉の向きをそろえて 15～20 cm の密植で畝に定植したものです。

元肥には，知り合いの作った牛糞堆肥に苦土石灰を播きました。追肥には，パートナー細菌入り有機液肥の 200 倍液を 10 日～２週間に一度程度葉面散布しました。肥料はそれだけです。その成果かアオムシやヨトウ，ダイコンサルハムシも少なく，その上密植にもかかわらず大きく育ちました。例年夜には畑に行き，ピンセットでヨトウムシを駆除するのですが，今年は一度も行きませんでした。育ち具合も，昨年は大きく育ったものや小さいのもあり，バラついていましたが，今年はどれも同じような大きさに育ちました。

ダイコンなどのアブラナ科では菌根菌の効果が認められないという説もありますが，我が家では菌根菌やパートナー細菌との相性も大変良く，大きく育ってくれました。ちなみに，差し上げた方々からも「おいしい」と評価を頂きました。

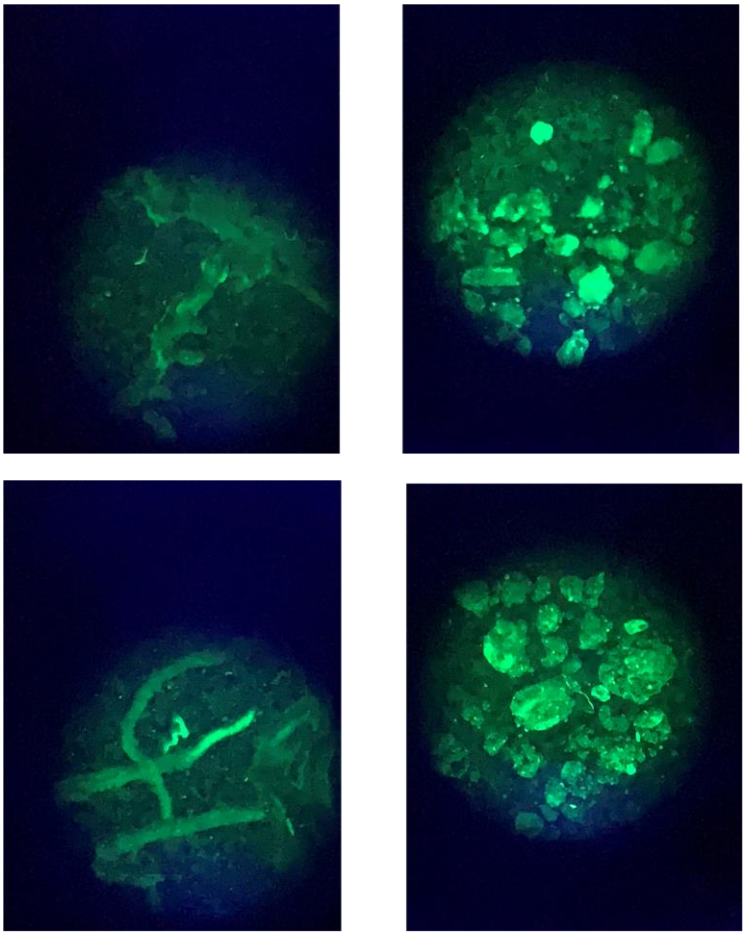
菌根菌を播いたトイレットペーパーの芯の中で
双葉の向きをそろえた苗

密植の植え付け時

密植なのによく育ったダイコン

約 40 cm，約 3 kg と大きく育ちました

コラム（２）：三保の松原におけるクロマツ根の菌根形成および土壌中の菌根菌



クロマツ根　　クロマツ植栽土壌

三保の松原におけるクロマツ根の菌根形成および土壌中の菌根菌

私たち財団は，簡便に菌根菌の有無を調査できる，「菌根菌の見える化技術」を作り上げています。

そこで，2019 年 10 月中旬，三保の松原のクロマツの健康状態を調査してみました。その結果，クロマツ植栽土壌では菌根菌の菌糸とその残骸および胞子（蛍光部）が多数観察され，菌根形成した根（左下）もみられました。しかし，クロマツ根の菌根形成が劣る（左上）樹がみられ，樹の健康状態があまり芳しくないものがあることが分かりました。

菌根菌は，私たちの腸内の善玉菌と同様に，植物根と共生しているか否か（菌根菌の有無）が植物の健康の良し悪し（植物の健全性の良不良）と密接に関連していますので，この菌根菌見える化技術を利用して，安心・安全で持続可能な栽培管理や自然の保全に役立てて欲しいと願っています。

バナナとコーヒーと菌根菌

-春化作用と菌根菌で，日本で育つコーヒーノキ品種を作る試み-

社納 葵

日本のコーヒー消費量は世界第４位だが(1)，コーヒー豆は殆ど輸入で賄われている(2)。コーヒーノキ自体は何処でも育つが，良質なコーヒー豆は通年 15-25℃，降霜なし，降雨 1800mm/年，1 日数時間程度の日光，寒暖差など厳しい条件下でなければ生産出来ない(3)。ゆえに，生産地はコーヒーベルト内に偏り，日本では沖縄県や小笠原諸島(東京都)，徳之島(鹿児島県)などに限られている(4,5,6)。

一方，岡山県で純国産・無農薬バナナの栽培に成功した会社があった。株式会社 D&T ファーム(7)の「岡山もんげーバナナ」である(8)。(株)D&T ファームの取締役・技術責任者の田中節三氏は，本来熱帯でしか育たないバナナの苗を『凍結解凍覚醒法』により耐寒性を付与し，更に日本の気候に適応し，かつ甘みの強い苗を選別して「岡山もんげーバナナ」を生み出した。

偶然だろうか，コーヒーノキもまた熱帯で育つ植物である。もしかすると，美味しいと言われるコーヒーの生豆を菌根菌と共に播種し，一定時間低温を与えると，春化作用で日本本土の気候下でも生育するコーヒーノキを育種・生産出来るかもしれない。

今年のコーヒー生産地は，タンザニアは大雨によるさび病増加で，ブラジルは干魃で不作と伺った。コーヒーベルトを外れた日本の気候環境下でのコーヒーの健全な生育には，植物の病害虫抵抗性や環境ストレス耐性を強めて，果実品質などを向上させる(9)菌根菌が尚のこと必要だろう。

引用文献

1. https://www.agf.co.jp/enjoy/cyclopedia/zatugaku/circumstances.html
2. 全日本コーヒー協会の統計資料「日本のコーヒーの輸入量の推移」より
   http://coffee.ajca.or.jp/data
3. 板寺規四. 1951. 珈琲全書. 茶と珈琲事業者.
4. https://beans-exp. ress.com/article/detail.php?article_id=10029
5. https://www.inic-market.com/note/coffee_in_japan/
6. https://mi-journey.jp/foodie/59573/
7. https://www.dt-farm.com/
8. https://www.onestory-media.jp/post/?id=1289
9. 石井孝昭. 2014. 菌根菌の働きと使い方. 農山漁村文化協会. 東京.

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を築いてい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）や微量要素については，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，数人が亡くなられていますので，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てたり，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がりません。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っかりと菌根共生を築き，菌根菌に助けてもらっています。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）

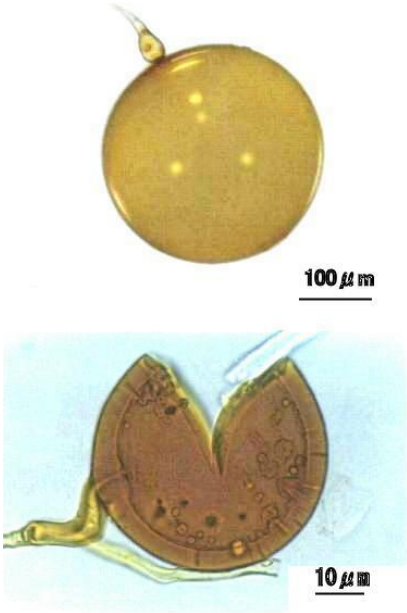
10 a 当たり本菌根菌資材 2-3 袋（AMF 胞子約 20000-30000 個）を油かす，くん炭，コーヒーかすなどで適度に希釈して，作物周辺に撒いてください。なお，撒いた AMF 胞子は降雨や潅水で土中内に入っていき，根に感染します。

財団の PB 入りの有機液肥（写真 4）の使用例

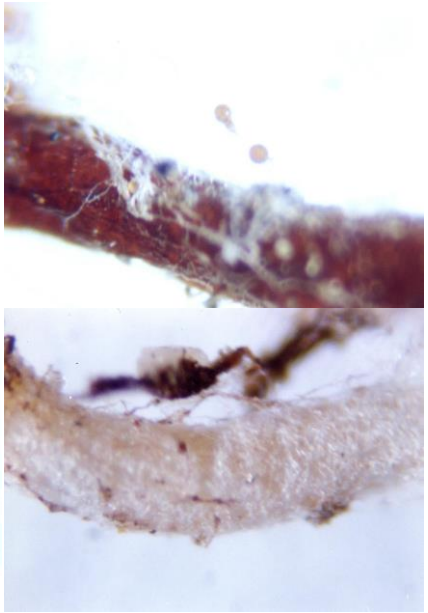
①EC 計を用いて，塩素を含まない水で，0.4-0.6 mS/cm までに希釈

②EC 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って，散布回数を減らすことができます。



ｱｰﾊﾞｽｷｭﾗｰ菌根菌（VA菌根菌）胞子
上：*Gigaspora margarita*
下：*Glomus fasciculatum*



外生菌根菌という菌根菌
上：アカマツの菌根，　下：クリの菌根.
根がこの菌の菌糸によって包まれ，あたかも根が軍手をしているように見える。

マツタケも菌根菌（外生菌根菌）の一つです

写真１　ＡＭＦと外生菌根菌

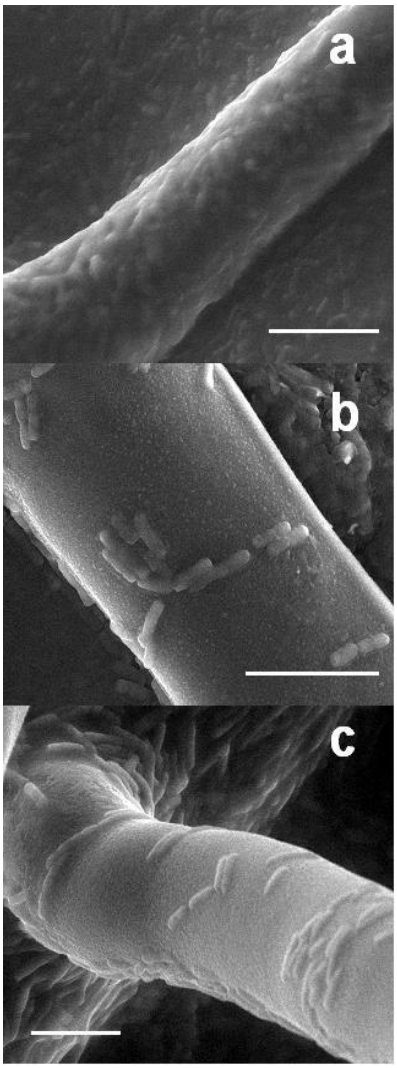


写真２　AMFの内生菌（パートナー細菌）によってコロニー化された*Gi. margarita*胞子および菌糸の新型走査型電子顕微鏡画像.

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

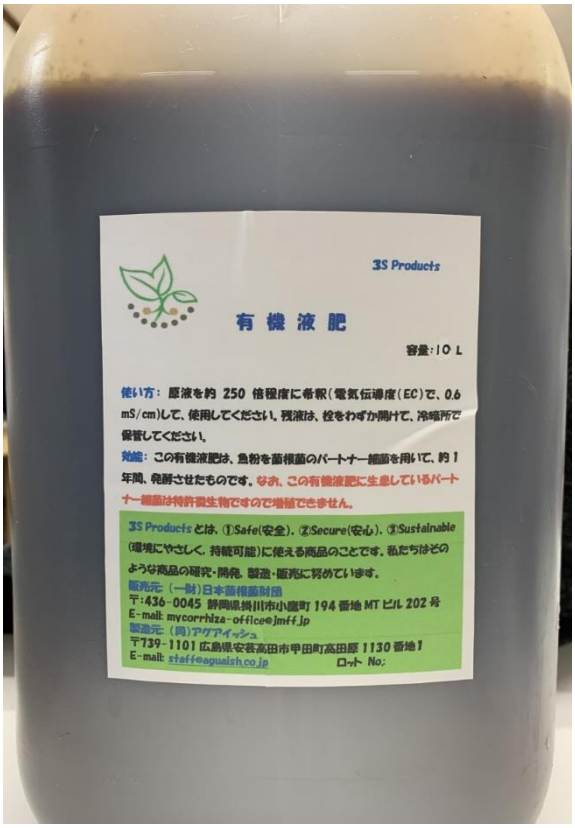
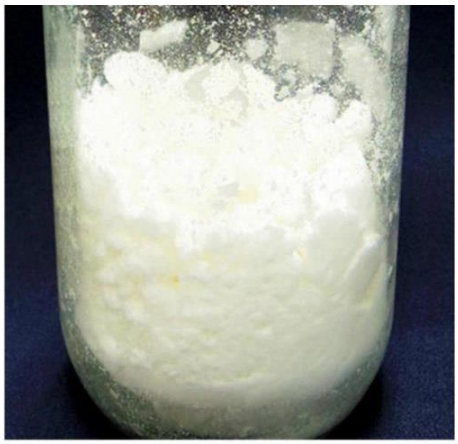


写真４　パートナー細菌入り有機液肥

コラム（３）：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薬害が発生しないと言う特徴がある。

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等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にく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，安心・安全な抗ウィルス剤の開発にも挑戦しています。

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に書く。

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.

財団役員等名簿

区　分	役　職	氏　名	所　属　等
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，前掛川市副市長
		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	一般社団法人代表理事
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准教授
		野澤 汎雄	会社代表
		家政 覚	会社重役
		米田 基人	自営，京都大学協力研究員
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）：菌根菌とコーヒーとリモートワークのおいしい話

新型コロナウイルス感染症への対策として，外出自粛とリモートワークが推奨されている。そのため自宅でコーヒーを飲む人が増加し，コーヒー関係業者の売上が上がっている。一方，コーヒー豆を焙煎するとチャフと呼ばれる薄皮が，コーヒーを抽出するとコーヒーかすが発生する。こうした有機性廃棄物を凍結防止剤，プラスチック，土壌改良材として用いる試みもあり，土壌改良材は既に市販されている。

土壌改良資材の炭やゼオライトは，土壌の理化学性を改善するだけでなく，AMF などの有益微生物の活動や増殖を助けることが知られている。ここで取り上げられている炭とはモミガラ炭，柑橘ジュースかす炭，ヤシガラ炭，カンキツ剪定枝炭，マキ炭，ベイツガ炭，ヒノキ樹皮炭だが，炭化チャフおよびコーヒーかすもまた，AMF などの有益微生物の活動や増殖を助けることが確認されている。ただし，炭やコーヒーかすの過剰な施用は作物の生育を阻害するので，重量（乾物）比で 0.2-0.5%で施すことが望まれる（10 a 当たりではおよそ 0.2-0.5 トン）。

コーヒーかすはほぼ 99%が有機物で，粒子は炭のような多孔質の形態をしている。窒素を 2%程度含むが微生物によって分解されにくいので，施用前に充分な堆肥化を行うことによって，発芽抑制・窒素飢餓の問題は解消される。上手く使えば持続型農業実現の一助となるだろう。

編集後記

2021 年の「菌根菌ジャーナル」の発行を迎えましたこと大変うれしく，執筆や編集作業に加わってくださった方々に感謝申し上げます。

本年も，昨年に引き続き新型コロナが蔓延し，啓発活動はほぼ出来ない状況でした。

しかし，その中で財団の大きな追い風となる計画が農林水産省から発表されました。それは，「みどりの食料システム戦略」です。

農林水産省の「みどりの食料システム戦略トップページ」
https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/index.html

この戦略は，2050 年までに目指す姿として

① 化学農薬の使用量を 50%低減
② 輸入原料や化石燃料を原料とした化学肥料の使用量を 30%低減
③ 有機農業の取組面積の割合を 25%(100 万 ha)に拡大

などを提示しています。

また，財団が進めている生長の早い桐「早生日本桐」の植栽についても，「エリートツリー等を林業用苗木の 9 割以上に拡大」と提示されています。

本戦略に対しては，野心的な目標過ぎるとか，具体的な戦略がないなどと批判的な声もありますが，持続可能な食料システムの構築に向け目指す姿が示されたことは大変大きなことだと思います。

我が財団にとっては，国の戦略が明確な後押しになりますし，財団のノウハウを本気で使っていけば，実現は不可能ではありませんので，活動にも一層の弾みが付きます。

菌根菌とパートナー細菌を使用した農業生産技術はまだまだ世間一般に認知されているとは言いがたいですが，様々なプロジェクトを進め啓発活動を行ってまいります。

事務局長　廣畑 雅己

ISSN 2435-2314　菌根菌ジャーナル
第 3 巻
2021 年 12 月 22 日印刷　2021 年 12 月 28 日発行

一般財団法人
日本菌根菌財団

〒436-0045　静岡県掛川市小鷹町 194 番地　MT ビル 202 号
E-mail: mycorrhiza-office@jmff.jp　HP: https://www.jmff.jp

S-3380　ハンディ蛍光顕微鏡　/ MILZIT

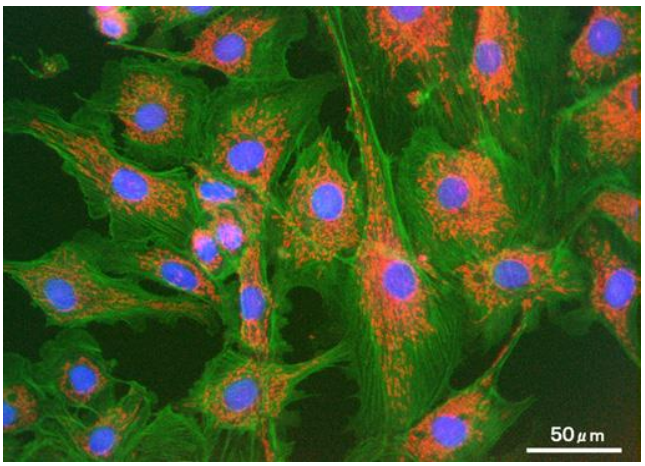
標準構成

■ 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

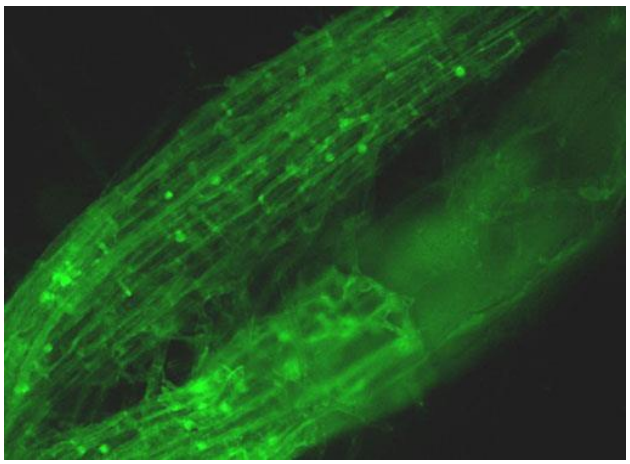
主な仕様

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］

Cat No,19-05-3380-003

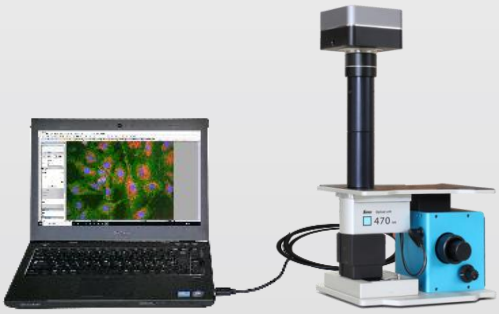
ハンディ蛍光顕微鏡

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。