

植物の根におけるアーバスキュラー菌根菌の分布

遠藤颯大

要旨

本研究では土壌中に広く存在し、植物根と共生関係を築いているアーバスキュラー菌根菌が植物の根においてどのように分布しているかを調べた。本研究では野外で採集した植物と共生していたアーバスキュラー菌根菌を染色し、光学顕微鏡を用いて植物とアーバスキュラー菌根菌の両者の共生の様子について観察した。そこでは、アーバスキュラー菌根菌は太さ $40\mu\text{m}$ 程の根に集中して分布し、地表面から 20mm 以下の地中に数多く存在していた。このことから、アーバスキュラー菌根菌はある特定の太さの根に集中して存在することが示唆された。また、アーバスキュラー菌根菌は本来共生相手でない種でも、周囲にアーバスキュラー菌根菌と共生している種があれば、その植物上にも共生期間をつくる可能性があると考えられた。

キーワード：アーバスキュラー菌根菌、菌根菌、植物

I. はじめに

アーバスキュラー菌根菌 (Arbuscular mycorrhizal fungi, 以下 AM 菌) は多くの植物と共生関係を築いている菌根菌の一種である (Brundrett & Tedersoo, 2018)。大場(2006)によるとその共生形態は大きく分けて 2 通りあり、Arum-type と Paris-type がある。Arum-type は内生菌糸が皮膚の細胞間隙を走り、皮膚細胞内に基部と fine branch からなる樹枝状体を形成するものであり、Paris-type は内生菌糸が皮膚の細胞間隙を伸長するのではなく、皮膚細胞を貫通し伸長するもので、その一部から fine branch からなる樹枝状体が生ずるという協生形態の差異が見られる。また AM 菌は陸上植物の多くと共生関係を築いていることから我々の身近に存在する。しかし植物と絶対相利共生関係を築いていることが原因で、単純培養が難しいのが現状である。このことから数々の実験操作が困難であり、あまり多くの研究がない。

そこで AM 菌の共生関係の理解を深めるために共生場所に注目し、植物と根のどこで接着しているのか、またその AM 菌が植物根上においての分布に関する知識を深め、今後の AM 菌にあるとされている(松崎 2009)他の植物との共生関係の理解を深めようと考え今回の研究を行った。

II. 手法

野外の日が当たる草地で比較的多く生えているイネ科のエノコログサ類、カヤツリグサ科のカヤツリグサ類や、アブラナ科のミチタネツケバナ (*Cardamine hirsuta*) を採取し、根に付着した土を十分に洗い流してから、観察したい部位を 10~20mm 程に区分し、地表面に近い部分から区分したものを 2 区ずつ上部、中部、下部と三分割し区分した。

根の各部位を 2% 塩酸で根を脱色し、メチレンブルーで染色する。その染色した根を光学顕微鏡の倍率を 150 倍で観察し、AM 菌が植物と共生する際に形成するのう状体、付着器と樹枝状体の個数を計測した。

III. 結果

野外で採取したエノコログサ類、カヤツリグサ類、ミチタネツケバナともに AM 菌の共生様式は表 1、表 2、表 3 のような分布をしていた。以下の表は各部位ごとに付着器と のう状体の個数の和を表したものである。

地表面に近い上部、すなわち上部 1 には、AM 菌が形成する構造体はほとんど見られなかったが、

それ以外の地表から 20mm より下にあったと思われる場所より下にはほぼ一様に分布していた。また, AM 菌が作るのう状体や付着器といった構造は直径 40 μ m 程の太さの根に集中しており, 1mm, 20 μ m などの太さの根にはほとんど付着していなかった。

表 1 エノコログサ類の付着器と のう状体の個数

項目	付着器	のう状体
上部 1	0	0
上部 2	1300	0
中部 1	1073	2
中部 2	1	4
下部 1	1016	7
下部 2	なし	なし

表 2 カヤツリグサ類の付着器と のう状体の個数

項目	付着器	のう状体
上部 1	28	0
上部 2	1640	0
中部 1	530	0
中部 2	398	7
下部 1	1016	7
下部 2	なし	なし

表 3 ミチタネツケバナの樹枝状体と のう状体の個数

項目	樹枝状体	のう状体
上部 1	35	36
上部 2	40	25
中部 1	16	13
中部 2	11	14
下部 1	4	5
下部 2	なし	なし

表 1,2 に示す値は上記の分類法で根を分けた場合の付着器, のう状体の合計個数である。また表 3 に示す値は樹枝状体, のう状体のそれぞれの合計個数である。これらの結果から, エノコログサ類, カヤツリグサ類の上部 2, 中部 1, 下部 1 における付着器の個数は他に比べて多い。しかし, このような偏

りは のう状体では確認されなかった。また表 3 のミチタネツケバナにおいてはエノコログサ, カヤツリグサ類程の顕著な偏りは見られなかった。表 1, 2, 3 で数える対象の組織が変化しているのは, 付着器は植物根上にある組織であり, そのような表面に付着しているだけの組織では実験操作中に破損する恐れが大きいのではないかと, という指摘があったからである。双方の間で値を比較できる組織が のう状体のみにってしまったことは予め断っておく。

IV. 考察

本研究の結果の上部, 中部に多くの組織があったという結果から, AM 菌は地表面近くと 40 μ m 以下, もしくは 1mm 以上の根にはほとんど見られず, 40 μ m 程の根に集中して付着器があることが分かった(表 1, 2)。また, 付着器の個数がエノコログサ, カヤツリグサ類(表 1,2)の上部 2, 中部 1, 下部 1 において多い。これは AM 菌は他の植物との関係の構築。または地中から効率よく栄養分を集めるために存在していると考えられている。このことからこれらの場所での偏りの原因としては, その深さの土壤に養分が多くあった, もしくはこの深さに他の植物の根があったため, その影響を受け, 集中して生育するようになった。この二つのいずれかであると考えられる。また, 表 3 のミチタネツケバナにおいてはエノコログサ, カヤツリグサ類に比べ部分による偏りが少ない。このことはミチタネツケバナが本来 AM 菌と共生しないはずのアブラナ科の種であるから, 周囲の植物の影響を強く受け, かつ加えてその周囲には様々な深さに根があったことが原因でミチタネツケバナではエノコログサ, カヤツリグサ類に比べ偏りが少なくなったと考えられる。

またエノコログサ(イネ科)には Arum 型と Paris 型の両方が観察されているが, Arum 型は皮層の細胞間に菌糸を伸ばすが, Paris 型は細胞を貫いてコイル状の菌糸をつくるため, Arum 型の方が比較的短期間で広い範囲に広がることができる(喜多&松田, 2016)。また Arum 型は日当たりが良い場所に生育する傾向が見られ, Paris 型は林床植物に多く

見られる傾向がある（齋藤，2020）。このことからイネ科は生育が比較的速いため Arum 型の方がその性質には適しており，またイネ科には Arum 型，Paris 型の双方が共生しやすいことから，本研究で観察された AM 菌の型は Arum 型である可能性は高い。またカヤツリグサ科に関しては，共生しやすい AM 菌に関する研究が見当たらなかったため断定はできないが，生息地が林床であったため Paris 型であった可能性が高い。

ミチタネツケバナのようなアブラナ科の植物は基本的に AM 菌とは共生しない。本研究でこの種を観察した意図としては，AM 菌の生育は周囲の植物の影響を受けないことを確認するためであった。しかし，本研究ではこの状態のみを比較するとその個数こそ少ないものの，AM 菌が形成したと思われる構造がいくつか観察された（表 3）。この時，採集した植物の周囲には AM 菌と共生している植物が多く生育していた。このことから AM 菌は本来共生相手ではない植物種であっても，近隣に共生対象種がいるのであれば，共生相手ではない種にも構造体をつくる可能性があると考えられた。

しかし，いずれの型の AM 菌も 40 μm 程の根であれば共生しやすいのではないかとと思われる。

V. 結論

本研究では，アーバスキュラー菌根菌が植物根の地上に近い部分以外にはおよそ一様に分布していた。また，アーバスキュラー菌根菌は地上付近では生育しづらいことが示唆された。

AM 菌がつくる構造はある特定の太さの植物根に多く存在し，アブラナ科のような AM 菌とは共生関係を本来築かない種でも周囲に AM 菌と共生する種がいるのであれば，AM 菌は共生構造をつくる可能性があることも示唆された。

謝辞

本研究において指導していただいた牧田裕道先生に謝辞を申し上げる。

文 献

松崎克彦，アーバスキュラー菌根菌とその利用（2009）（2025，1，9 閲覧）

Mark C. Brundrett., Leho Tedersoo.,
Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. *New Phytologist* (2018), 220: 1108–1115.

Smith S. E., Read D. J., *Mycorrhizal Symbiosis*.
Third edition, Academic Press, London,
(2008), p 1 -787

喜多晃平，松田陽介，三重県の人工林に生育するヒノキ細根におけるアーバスキュラー菌根菌の感染. 三重大大学生物資源学部（2016）.（2025.1.7 閲覧）

齋藤雅典，土の中の小さな宝石-アーバスキュラー菌根菌 p25～62