

短 報

アキザキヤツシロランの菌根

寺下 隆喜代¹⁾Mycorrhiza of *Gastrodia confusa* Honda et TuyamaTERASHITA Takakiyo¹⁾¹⁾ 〒630-8424 奈良市古市町春日苑一丁目1846-251980年4月～1991年3月まで (旧) 鹿児島大学農学部林学科教授
1-1846-25, Kasuga-en, Furuichi-cho, Nara 630-8424, JAPAN

Former professor of Division of Forestry, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, from Apr. 1980 to Mar. 1991.

Received Sep 28, 2009 / Accepted Dec 17, 2009

Summary

Mycorrhiza and endophyte of *Gastrodia confusa* Honda et Tuyama were studied. The following results were obtained by investigation of the orchid in natural habitats, microscopic observation of the endophyte in the host and cultural studies of putative symbionts on agar medium.

1. Mycorrhiza is formed on the root which starts from the neck or tail of the tuber.
2. The form of mycorrhiza ranges from coral-shaped to necklace-shaped.
3. It seems that humidity conditions from spring to autumn prompted the good growth of the mycorrhiza.
4. Hyphae start from rhizomorph contact with young host roots then penetrate into the cortical cells through the epidermal cells.
5. After invading 1-2 layers of cortical cells, the hyphae try to penetrate into inner host-cells, but are killed and digested by the tytophagy process.
6. Putative symbiont cultures, obtained from coiled hyphae on the host root hold clamp-connections.
7. Almost all strains of the cultures show white to brown color and some of them form rhizomorph on the mycelial surface.

Key words : endophyte, *Gastrodia confusa*, mycorrhiza, Orchidaceae, tytophagy

キーワード : 内生菌, アキザキヤツシロラン, 菌根, ラン科, 吐出消化

は し が き

アキザキヤツシロラン (*Gastrodia confusa* Honda et Tuyama) は照葉樹林や竹藪内の一年生下草である (前川, 1971)。生態系におけるその存在や働きは林業的には大きな意義はないであろう。この植物はラン科に属するので内生菌根をつくる。しかし、これらの菌根についてはあまり研究されていない。

1968年頃まで、アキザキヤツシロランは割合珍しい野生

ランとして知られていた。しかし、同年、京都市近郊のマダケ林で大量に発見され (濱田, 1970)、続いて周りを調べたところ、かなりの数のモウソウチク林やその他の竹林に発見された。さらに同じ結果が他の府県からも得られた。やや珍しい種類として知られていたランが、秋に竹藪に行けば容易に見つけられるようになった訳である。

澤 (1980) はアキザキヤツシロランの近縁新種として、クロヤツシロラン (*G. pubilabiata* Sawa) を報告した。このランはそれまでのアキザキヤツシロランとほぼ同じ時期、

同じ場所に生え、形も似ている。筆者のこの論文の研究材料は、すべて澤 (1980) の発表以前に採集されたものである。それらにアキザキヤツシロラン (現名) とクロヤツシロランとが混ざりあっていた可能性が高い。本稿で述べるアキザキヤツシロランとは1980年までの知見によるアキザキヤツシロランである。もし、現在のアキザキヤツシロランとクロヤツシロランの性質、特にそれらの生理・生態が違っているのなら本稿の内容は全面的に改めなければならない。しかし、筆者は両種の生態については今までどころ大差はないと考える。従って、ここでは、アキザキヤツシロランとクロヤツシロランを同じ種とみなし取り扱うこととする。

方 法

A. ラン発生地の調査

この調査は1968年から始まり2002年ごろまで続けた。特に開花前 (具体的には毎年10月初め) から果柄が枯れる12月末までに重点を置いて、地下の塊茎及び根の発達状況、菌根の形成状況、その形、菌根のまわりの糸状菌の有無、状態等を調べた。

調査地は京都市、宇治市、高知県、熊本県、宮崎県及び鹿児島県内のマダケ林、モウソウチク林、これらの混ざった林が主なものであった。それぞれの調査地は1 ha以下の民有林が多かった。アキザキヤツシロランのよく見られたのは手入れ不良の林であった。このランは林内の腐った竹の幹上やその近くの腐植の上に生えていることが多かった。

B. 菌根及び菌根菌の顕微鏡による観察

菌根がどのように形成され、菌根菌がどのように広がってゆくかを顕微鏡用切片によって調べた。

C. 菌根菌の寒天培養による調査

菌根の皮層細胞内に見られるコイル状の菌糸から伸び始めクランプ結合 (clamp connection) をもつ菌糸を寒天培地 (PDA培地, Czapek氏液寒天培地等) に移し培養してその性質、たとえば伸び具合、菌糸層の色、根状菌糸束形成の有無などを調べた。菌根菌の分離、培養法はすべて Warcup and Talbot (1967) の方法によった。

結 果

A-1. 菌根の出来はじめる時期

このランが地上に現れる時期は初秋であった。しかし、それ迄に根が10cm以上伸び、すでに菌根が出来ているこ

ともあった。このランの地上に現れる時期や場所を予測することは難しかった。果柄が地上に現われ、初めてその存在がわかるという例が多かった。

A-2. 菌根の生存期間

普通、このランの地上部は秋の終わりまでに枯れ、果柄だけは初冬まで残る。地下部の塊茎は小動物に食われたり、腐ったりするが無傷で越冬するものもある。

霧島神宮の後背林である照葉樹林における調査によれば、条件の良い場所 (南向きの全長10m程度の緩斜面) においては、ある年の12月から翌年3月までの間、いずれの月においても、伸びる能力をもったコイル状の菌糸を持つ菌根を確認することができた。したがって条件さえよければ、菌根は冬を越しその中の菌根菌も生存し続けると言える。

A-3. 菌根形成と気象との関係

経験的にアキザキヤツシロランには豊作の年と不作の年があることがわかってきた。2003年以降数年間、京都府城陽市「中の芝」にあるモウソウチク林内のアキザキヤツシロラン生育地において定期的 (月1回) に、このランの発生および生育状態、地下部の形などを調べ、その年の気象特に降水量との関係を求めた。

その結果、春から秋までの間、比較的雨が多かった年にはアキザキヤツシロランの発生が多く、菌根の形成も活発であった。このランに根の発育がなく菌根が形成されない場合でも開花、結実は見られた。しかし、そのような条件では一般に生育は不良であった。春から秋までのどの時期のどの程度の雨がアキザキヤツシロラン自体及びその菌根菌の発生に関係するかは分からなかった。

B-1. 菌根菌の侵入や広がり

アキザキヤツシロランの菌根菌は普通、野外の土壌や落葉層中で腐生菌として生活し、主に菌糸および根状菌糸束としてひろがると考えられる。しかし、アキザキヤツシロランに侵入する場合は、根状菌糸束として根の表面にとりついてきた (例: 図 B-a)。とりつかれた根は最初、変色し少し膨れていた (例: 図 B-b,c)。

アキザキヤツシロランと菌根菌との共生上、菌が侵入する上で根状菌糸束は重要な働きをされると考えられる。根状菌糸束からのびた菌糸は表皮細胞、ついでその下の皮層の細胞に侵入していた (例: 図 C-a, D-a,b)。この場合、侵入するのは表面から数えて2~3層の皮層細胞に限られていた (例: 図 C-b)。それ以上内部に侵入しようとする、いわゆる吐出消化 (Ptyophagy) によって菌は根の細胞に吸収され死んでしまう。

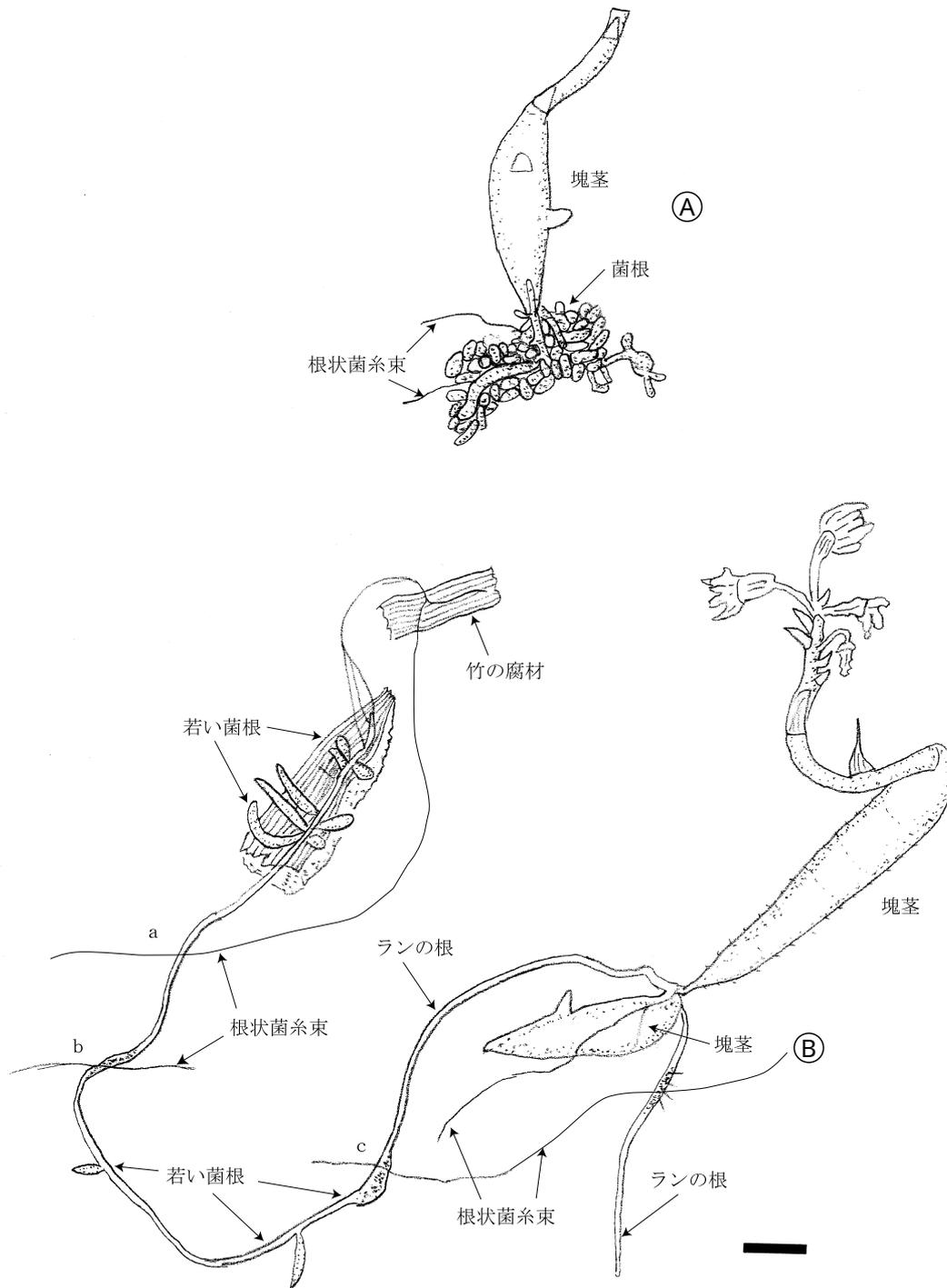


図 A : 珊瑚状の菌根, 図 B : ネックレス状の菌根
 図の縮尺 A ~ B : 1 cm

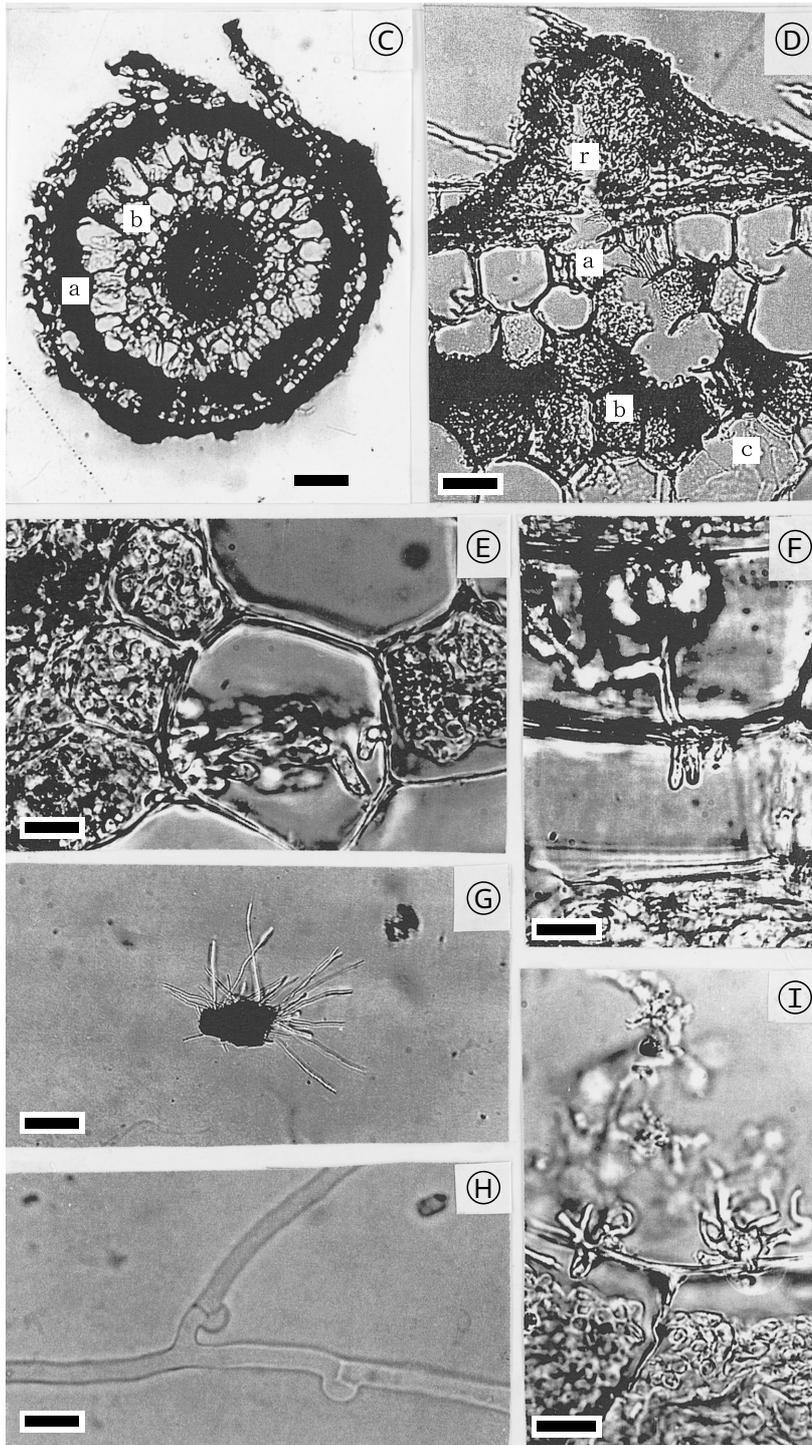
本研究では吐出消化の現場（侵入した菌糸が膨れて破裂する）を観察することは出来なかったが、Kusano(1911), Burgeff(1932), Campbell(1963)等が図示した消化後のらせん状の菌糸を確認することができた（例：I）。

菌根菌の侵入した細胞より内側の細胞から中心柱までの

何層かの皮層細胞（アキザキヤツシロランの場合は普通1～2層）は肥大していた（例：図C-b, D-c）。

C-1. 菌根菌の培養したものの性質

分離・培養した菌の寒天培地上での生育は一般的に良く、



図の縮尺
 C : 100 μ m
 D : 75 μ m
 E : 25 μ m
 F : 25 μ m
 G : 100 μ m
 H : 15 μ m
 I : 25 μ m

図 C : アキザキヤツシロランの根の断面

aは菌根菌の侵入した皮層細胞, bは肥大した皮層細胞

図 D : 菌根菌が根状菌糸束から侵入する経過

rは根状菌糸束, a (矢印)は表皮細胞から皮層細胞に侵入しようとする菌根菌の菌糸(厚膜になる), bは菌根菌の侵入した皮層細胞, cは肥大した皮層細胞

図 E : 皮層細胞から別の皮層細胞に延びる菌根菌の菌糸(厚膜になる)

図 F : 菌根菌の根状菌糸束から表皮細胞に侵入する菌根菌の菌糸

図 G : 皮層細胞から取り出した菌根菌の菌糸の伸び方

図 H : 寒天培養基に延びた菌根菌菌糸中にみられるクランプ結合

図 I : 吐出消化によって死んでゆく菌根菌の菌糸(写真の上半分)



図 J ~ L : PDA培地に広がった菌根菌と考えられる 3 系統の菌叢
図の縮尺 J ~ L : 2 cm



図 M : 菌根菌と認められる 1 種の担子菌の根状菌糸束 (人工培養し、木片上に形成させたもの)
図の縮尺 : 3 cm

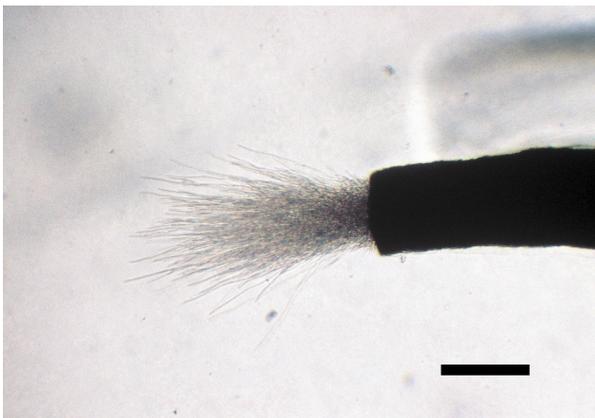


図 N : M の場合と別の菌根菌の根状菌糸束からのびてきた新しい菌糸 (表面殺菌した短い根状菌糸束を寒天培地上で育てた結果)
図の縮尺 : 0.2mm

たとえば25 前後ではPDA培地上、2 ~ 3 週間で内径 9 cm のペトリ皿に一杯に広がった。菌叢の表面は絨毯状ないし皮状であった。燃糸状で淡黄色の気中菌糸や褐色で細い針金状の根状菌糸束がみられる場合もあった。菌叢全体の色

は白ないし淡黄色から淡褐色ないし濃褐色までであることが多かった (例 : 図 J ~ L M, C)。

考 察

マツ類の菌根は新しい根のまわりに珊瑚状にできている場合や、小さいこぶになって根の所々にできている場合が観察される。このような違いは次のような経過によっておこると推察された。すなわち、根が伸び始めたとき、周りに活発な菌根菌があるとその菌はただちに根に侵入する。根は反応して細胞の増殖や肥大をおこす。すると菌根菌はその新しい根の細胞に侵入、増殖する。根の細胞がまた反応して増殖や肥大をおこす。根が伸び始めたとき、以上のような現象が次々に起これば、珊瑚状の菌根ができる。

ある程度根が伸び菌根菌に遭遇し、小さい菌根ができた後、菌根菌の活動が弱まれば根はまた伸び始める。しばらくしてまた菌根菌が侵入すれば菌根ができる。このような場合は所々に小さい菌根が形成される (ネックレス状菌根)。根の細胞と菌根菌のこのような関係の連続や繰り返しによっていくつかの形の菌根ができるのであろう。

マツ類の菌根は外生菌根でありアキザキヤツシロランのそれは内生菌根であるが、ともに新しい根に形成される。この共通点によって、アキザキヤツシロランとマツ類で外見上似た菌根ができるのであろう (例 : 図 A ~ B)。本稿の最初の大きな目的の一つはアキザキヤツシロランの菌根菌の菌類分類学上の所属を明らかにすることであった。そのため、異なる季節にアキザキヤツシロランと同時に周辺の地上に現れたキノコ (特に茶色の笠や柄を持つ種類) から菌糸の分離・培養をおこなった。しかし、それらの分離菌の中には、筆者が分離・培養した菌根菌と同じと認められるものはなかった。

ま と め

1. アキザキヤツシロラン (1980年以前の分類体系による) の菌根は根に作られる (図A ~ B)。
2. 菌根を含む根全体は珊瑚状ないしネックレス状になる (同上)。
3. 菌根は春から秋までに雨が多いとよく形成されと考えられる。
4. 菌根菌 (菌根形成にかかわる糸状菌 = かび) はこのランの表面に自身の根状菌糸束 (リゾモルフア) を接触させ、そこから菌糸を伸ばし表皮細胞、ついで皮層細胞に侵入する (図C ~ D)。
5. 菌は皮層細胞の根の表面から数えて1 ~ 2列目に広がった後、より内部に侵入しようとしてもランによって消化され死んでしまう (吐出消化, 図I)。
6. 寒天培地上に分離・培養した菌糸にはすべてクランブ結合が認められる (図H)。
7. 分離・培養された菌の菌叢の色は白色から褐色のものが多く、それらの菌の中には培地上で根状菌糸束をつくるものもある (図J ~ L)。

おわりに

筆者の鹿児島大学農学部林学科在職中、演習林の教職員の皆様から多くの御支援、ご協力をいただいた。ここに厚くお礼申し上げる。特に、本稿の作成、発表については(前)演習林長 馬田英隆教授から御親切な教示、示唆等を賜った。同教授に対しても深く感謝する。また、植物と糸状菌との共生について長年、教養を賜った京都大学農学部、(故)濱田 稔博士、同じく鹿児島大学農学部、(故)田島 良男博士に対して心からのお礼を捧げる。

引用文献

- Burgeff H (1932) Saprophytismus und Symbiose. Gustav Fischer in Jena. 166-176.
- Campbell EO (1963) *Gastrodia minor* Petrie, an epiparasite of Manuka. Trans. of the Royal Soc. of N.Z. (Botany) 2: 74-81.
- 濱田 稔 (1970) アキザキヤツシロラン竹やぶに群生す. 植物研究雑誌 44: 346.
- Kusano S (1911) *Gastrodia elata* and its symbiotic association with *Armillaria mellea*. Japanese J. of Agric. Tokyo Imp. Univ. 4: 1-66.
- 前川文夫 (1971) 原色日本のラン - 日本ラン科植物図譜 - . 誠文堂新光社 (東京)

澤 完 (1980) 高知県中部のラン科植物. 高知大学学術研究報告29 自然科学 64-65.

Warcup JH, Talbot PHB (1967) Perfect stages of Rhizoctonias associated with orchid. New Phytol. 66: 631-641.