

V A 菌根における共生とは？

三重大学生物資源学部附属農場 河合義隆

1.はじめに

V A (Vesicular-Arbuscular)菌根 (VAM) は赤道辺りの熱帯から極地方の寒帯にいたるまで世界中に存在している。その共生関係は顯花植物のみならずシダ類からコケ類に及び、マメ科植物に広く見られる根粒共生よりも幅広く見られる。これまでに見つかっている126種類のVAM菌 (Schenck & Pérez, 1988) が約231,000種類の被子植物の85-90%に侵入しVAMを形成するとみられている (Koide & Schreiner, 1992)。

共生関係は共生者の生活上の利益関係から相利共生、片利共生そして寄生の三つに分けられるが、菌根の場合は相利共生と見られている。菌根が最初に報告された頃には、共生説と寄生説の両方が入り乱れていたが、根に障害を起こしていない外観的な観察から共生説の方へ進んだ。今日、この両者の共生関係について生理生化学的な面からの研究が行われている。ここでは、宿主の植物とVAM菌の共生関係の周辺について、これまでにわかっていることを踏まえて述べてみることにする。

2.宿主とVAM菌の侵入

宿主とVAM菌の関係で注目すべきことは、根粒菌や病原菌と異なり宿主特異性がないことである。VAM菌は菌根を形成する植物全てに侵入することができ、同時に二種類以上の植物に侵入することがある。菌根を形成しないものとしては、アブラナ科、タデ科、アカザ科などの植物があげられるが、これらの植物にも実験的に接種すると侵入の段階までは起こることが確認されている (Ocampo et al., 1980)。ここまでくるとVAM菌は植物の根ならどれでも侵入できると言いたくなる。誘因実験ではVAM菌に対して根からの水抽出物や揮発性の物質が効果的に作用していることが認められている (Koske, 1982; Azcon & Ocampo, 1986)。胞子から発芽した菌糸はそれらの物質により根のある場所を認識してそれに向かって伸びていく。また、菌糸の伸長量もそれにより増す。しかし、これらの水抽出物や揮発性の物質が菌根を形成する全ての植物に存在するのかは確認されていないし、宿主の根が多量にある場合にVAM菌の菌糸は伸びる方向を失なってしまう。自然の大地には菌根を形成する植物が至る所に繁殖している点からすれば、胞子から発芽した菌糸が根に到達する確率は高いはずである。よって、VAM菌が根に到着するためのシグナル的な物質は多くの宿主植物に共通しており、菌根に対して特有な物質を根外に放出しているのではなく、根から漏出した養分等の可能性が考えられる。寒天培地に養分を加えると胞子から発芽した菌糸の伸長は増加することが観察されている (Hepper, 1979)。一方、根圏には他の微生物も非常に多く共存しており、植物の根はVAM菌ばかりに対応しているのではないし、VAM菌と他の根圏微生物の相互関係も自然の中では考えて行かなければならぬ複雑である。

VAM菌は宿主の根に付着し、侵入を開始する。侵入の際付着器を形成するがこの時点での認識のためのシグナルはほとんどわかっていない。根粒菌におけるレクチンのような付着物質があるかもしれないし、フェノール物質がシグナル物質として働いているかもしれない。根に侵入すると、根内に菌糸を伸ばすと同時に皮層細胞内に樹枝状体(Arbuscule)を形成する。この段階になってVAM菌と宿主植物との相利共生が成立するわけである。

VAM菌の侵入パターンについて、Friese & Allen (1991) は次のように報告している。胞子から発芽した菌糸は根の一箇所に侵入すると、その菌糸から枝分かれが起こり多重の侵入が発生し、ネットワーク状になる(図1)。根の断片から伸びた菌糸は数本が巻きあって弦の様になり、根に近づくとほどけてネットワーク状になってそれぞれの菌糸が根に侵入する(図1)。侵入した根からは”ランナー”菌糸が出てきて、根の表面に沿って伸びて通常枝分かれせずに一箇所に侵入する(図1)。前の二つの侵入は多重型であり、後の一つは単一型といえる。

3. VAM菌の宿主依存性

宿主植物はVAM菌がいなくても成長し、開花し、次の子孫を残すことができる。ではVAM菌の方はどうかというと宿主植物の存在なしには生育できない。現在までのところ純粋培養は成功しておらず、栄養要求性など菌側の成長因子についてはほとんど解明されていない。寒天上で胞子から発芽した菌糸は途中で成長が止まってしまう。寒天に養分を与えて成長を促しても限界がある。宿主の根との共生が成立して初めて生育が可能のようで、菌の増殖の多くは宿主植物を利用したポットカルチャーにより計っている。無菌培養としては、二者培養やAgrobacteriumで形質転換した根による培養等(Hepper, 1981; Mugnier & Mosse, 1987)の方法がある。マメ科植物と共生関係を持つ根粒菌は、土壤中で単独で生存できるが、VAM菌の場合単独で繁殖することは確認されていないので宿主植物なしには生きられないようである。このことは、VAM菌と宿主植物との間には炭水化物とリン酸などの養分関係以外の要因の関与が

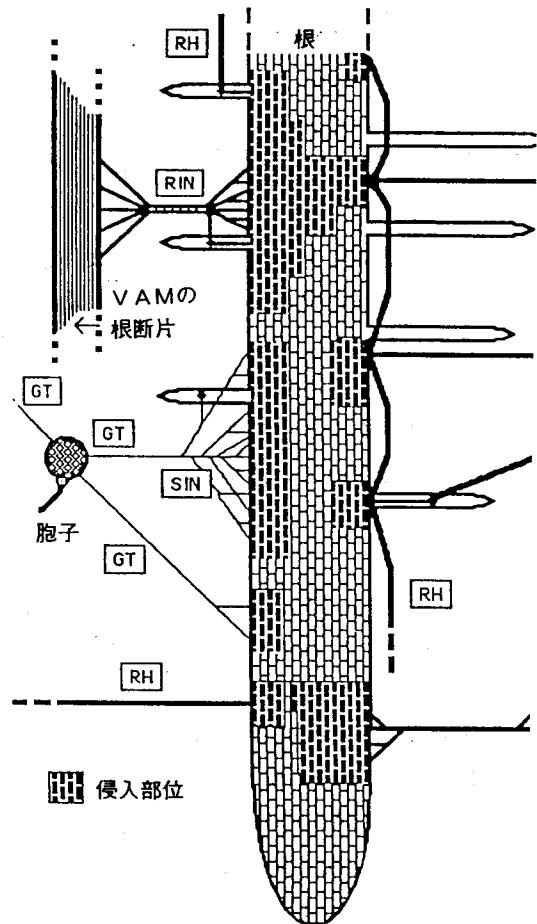


図1. VAM菌の侵入パターン

GT: 胞子から発芽した菌糸

RH: ”ランナー”菌糸

RIN: 根断片から発生した菌糸

による侵入のネットワーク

SIN: 胞子から発芽した菌糸に

による侵入のネットワーク

(Friese & Allen, 1991より)

考えられる。筆者も観察しているが、菌根菌の侵入により皮層細胞の核の肥大が認められている(Carling & Brown, 1982)。菌の侵入による皮層細胞内の酵素活性の増加との関連が考えられ、宿主のDNAの転写をある程度コントロール(利用)しているのかもしれない。

土壤中にリン酸が十分ある場合は菌の侵入は抑えられるし、宿主植物の光合成が低下すれば根内での成長は抑えられ、VAM菌の侵入と成長は宿主植物の生育状態に依存している面があるが、自然の中では植物が生育するのに好適な環境はあまりなくお互いの利益のための共生関係が成り立っていると思われる。

4. 最後に

VAM共生を解明するためには、認識とシグナルが重要となる。共生を営む上でVAM菌と宿主植物の根がお互いに相手を認識しなければならない。そして、認識のために互いにシグナルを送っているはずでそれは化学物質であるかもしれないし、物理的な刺激かもしれない。シグナルを追う場合に、①根圏 ②接触地点(根の表面) ③根内の三つに分けて調べる必要がある。とにかく、3億7千年間続いているVAM共生(Hetrick, 1984)を探ることは大変興味深いことである。

引用文献

- Azcon, R. and J.A. Ocampo, 1984. *Plant Soil*, 82: 133-138.
Carling, D.A. and M.F. Brown, 1982. *Phytopathology*, 72: 1108-1114.
Friese, C. F. and M. F. Allen, 1991. *Mycologia*, 83: 409-418.
Hepper, C.M., 1979. *Soil Biol. Biochemistry*, 11: 269-277.
Hepper, C.M., 1981. *New Phytol.*, 88: 641-647.
Hetrick, B. A. D., 1984. *Ecology of VA mycorrhizal fungi*. pp.35-55. In C. Ll. Powell and D. J. Bagyaraj(ed.). *VA mycorrhiza*: CRC Press.
Koide, R.T. and R.P. Schreiner, 1992. *Ann. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol.*, 43: 557-581.
Koske, R.E., 1982. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 79: 305-310.
Mugnier, J. and B. Mosse, 1987. *Phytopathology*, 77: 1045-1050.
Ocampo, J.A., J. Martin, and D.S. Hayman, 1980. *New Phytol.*, 84: 27-35.
Schenck, N.C. and Y. Pérez, 1988. *Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi*. Gainesville, FL: INVAM.