

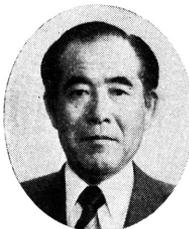
# 農業と科学

1987  
1

CHISSO-ASAHI FERTILIZER CO LTD

あらゆる技術のシステム化による  
21世紀への農業技術の革新を！

チッソ旭肥料株式会社 常務取締役 桜井 久也



明けましておめでとうございます。新年に当り皆様様の御多幸と、ますますの御発展をお祈り申し上げます。

昨年は我が国の産業界、経済界をとりまく内外環境は、一転して誠に厳しい状況となり、オイルショックに匹敵する大きな変動に見舞われました。円レートの急激大幅な上昇、構造不況を追打ちする円高不況、幾つかの製造業の縮小・大幅減益、産業空洞化、失業率の増加等々、しかも円高に拘らず一方的で大幅な対米対欧出超が続き貿易摩擦がより激化して遂に米国より聖域の一線を越えて米の自由化要求にまで波及して来しました。国鉄、税制、教育など幾つかの政策改革を含め、62年度以降は更に厳しい激動の内外状況が続いてゆくものと思われまます。

農業分野におきましても、米価問題、水田減反転作、等々一層厳しさが増えています。

農業は、国民の食糧、生活、環境、民俗文化、安全保障の絶対基盤であり、単に一時的な経済合理性、効率性の点からのみで可否を判断できないのは当然であります。

むしろ内外激動の時代故に、食糧の安定自給と云う農業本来の使命が、より高くなったと考えられます。

しかし一方、激しい国際経済戦争とも云える環境下では、輸入圧力抵抗性のない商品や産業は、たとえ農産品と云えども自立存続が危ぶまれる事があり得る状況です。

このような厳酷な状況を踏まえ我が国の農業構造改革について、昨年11月、農政審議会は「21世紀へ向けての農政基本方向」と云う報告を提出しました。産業として自立し得る農業の育成確立を目指して、社会政策、国土政策、消費者政策、国際協調政策の各視点よりバランスよく調和のとれた総合政策を実施すべき事を協調しています。農業は総合サイエンス・システム産業として発展していかなければならないと考えます。我が国は、バイオ・生物科学・農水産技術、またエレクトロニクス・情報通

信、及び化学・機械・土木など各種の工学・工業技術・生産技術、更に産業経営ノウハウなど世界一流のハードやソフトを充分に持ってあり、これら技術の集約総合化、システム化が、新しい21世紀の農業の為に最大の貢献をすることができる筈です。官学民、農業・工業・学術のあらゆる学際業際的な連

携活動、開発協力が必須です。また改革政策の具体的推進の為に国力・経済力も、現在の我が国には十分ありません。短兵急、小手先の改善ではなく、21世紀を見通した着実な革新を、国民全員が自らの課題として取り組み進めてゆく事により、21世紀農業の明るい未来を築きあげねばならないと考えます。

弊社は、永年に亘り肥料技術の開発を進め、高度化成肥料を中心として、今迄に、CDU・被覆磷硝安加里(ロング)・被覆尿素(LP)・樹木打込用肥料(グリーンパイル)・床土用資材(与作)等のユニークな製品を上市して参り、皆様に御愛用して戴いて来ましたが、今後は更に、21世紀へ向けての農業革新、技術システム化の一端を担うべく、より情報性機能性をもった肥料及び肥料技術の開発、栽培技術の研究に努力して参りたいと、心構えを新たにしております。そして又御愛読戴いておりますこの小冊子も、皆様の貴重な御意見、御支援をより一層多く頂戴して、編集や内容を脱皮革新させていきたいと念願しております。今後ともどうかよろしく御指導、御鞭撻を賜ります様、お願い申し上げます。

## 本号の内容

- あらゆる技術のシステム化による
- § 21世紀への農業技術の革新を！……………(1)  
チッソ旭肥料株式会社 常務取締役 桜井 久也
- § V A 菌根菌とその農業利用の可能性(1)……………(2)  
農林水産省草地試験場 西尾 道徳  
土壌微生物研究室長
- § 施設野菜の施肥(1)……………(7)  
—高知県における歴史と今後の動向—  
高知県園芸試験場 柳井 利夫

# V A 菌 根 菌 と その 農 業 利 用 の 可 能 性 (1)

農林水産省草地試験場 西尾道徳  
土壌微生物研究室長

### はじめに

V A菌根菌が我が国でもようやく関心を持たれるようになった。1981年に土壌微生物研究会編「土の微生物」(博友社)が出版された。私事だが、私もこの本の編集に関与させて頂いた。そして、出版後に石沢修一氏(元神戸大学教授)が日本土壌肥科学会誌に書評を書かれ、そのなかで、「高等植物との関係では、前回の書になかった菌根にもふれてあるが、菌根でも内生菌根については、畑作物には普遍的にみられるとされているにもかかわらず、わが国の現状はさびしい限りである」と述べられた。V A菌根菌は内生菌根菌に入る。石沢氏は1977年に書かれた「微生物と植物生育」(博友社)でV A菌根菌を詳しく書かれている。私は、石沢氏の指摘を強烈的な印象として覚えている。当時、我が国では指摘のようにV A菌根菌はほとんど研究されていなかったのである。しかし、Mosse (1981) がまとめたように、当時世界的にV A菌根菌に関する報文数は急激に増加していたのである(表1)。

実験科学は観念的な意義や必要性に、具体的な現象の把握や手法の開発が伴ったときに発展する。我が国でV A菌根菌が今日関心を集めるようになった直接の契機は、林業試験場の小川 真氏の次の観察である。すなわち、木炭を海岸の松の保全のために土壌改良材として施用したところ、思いがけずショウロ(外生菌根菌)が沢山生えてきた。キノコの外生菌根菌によいのならと、ダ

イズに木炭を与えたら、内生菌根菌のV A菌根菌も著しく増殖して、施肥レベルが低くても、ダイズが立派に生育した。この小川氏の観察が1983年に新聞に掲載されたから、木炭という材料としての意外性もあって、我が国でもその顕著な生育促進効果ゆえに関心を集め始めたのである。私も、農水省のグリーン・エネルギー計画のなかで、小川氏のテーマの一部を引き継いで木炭の問題を牧草で研究するはめとなり、石沢氏の書評を思い出している次第である。

こうした経過ゆえに、V A菌根菌については石沢氏の著書とごく最近の岸 国平・大畑貫一編「微生物と農業」(全国農村教育協会、1986年)を除くと、これまでのわが国の教科書にはあまり記述されていない。そこで、V A菌根菌の特性と今後の農業利用の可能性について簡単に紹介することにする。

### V A菌根菌の形態的特徴

例えば、マツの細根は菌根菌の共生を受けなければ、細くて長い。これが菌の共生を受けると、親指のように太くて短く変形する。太くて短い根の養分や水の吸収機能は著しく低下すると思われるかもしれない。しかし、根から多数の菌糸が土壌に伸びて、根から遠く離れた部位の養分や水を吸収して、マツに供給する。それゆえ、やせ地に生えるマツは、菌根菌(マツタケ菌)の共生を受けるがゆえに立派に生育できるようになる。このように菌根菌の共生を受けた根を菌根(ミコリザ)、「その菌を菌根菌(mycorrhizal fungi)」とよぶ。

マツでは菌根菌は根を変形させると同時に、根の外側に菌糸がとぐろを巻いて菌鞘を形成し、根に侵入した菌糸は皮層の細胞間隙に充満する。しかし、皮層細胞のなかには決して突入しない。こうした菌根菌を外生菌根菌とよぶ。これに対して、植物の皮層細胞のなかに菌糸を突入させる菌根菌があり、これを内生菌根菌とよぶ。ランやツツジの菌根菌に加えて、V A菌根菌もこの仲間である。

V A菌根菌の場合は、マツのように菌根が変形することもなく、菌糸が根の外側にとぐろをまくこともない。従って、V A菌根菌が感染した根であるか否かは肉眼的には分らない。ただし、ある種のV A菌根菌の感染した

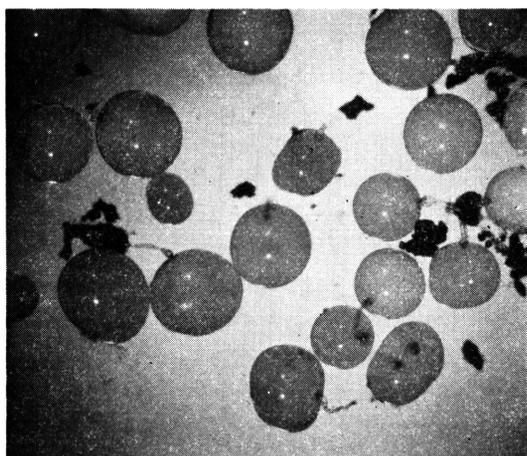
表1 V A菌根菌に関する研究論文数  
(Mosse, 1981)

| 期 間           | 論 文 数 |
|---------------|-------|
| 1 9 3 0 — 3 4 | 1 4   |
| 1 9 3 5 — 3 9 | 2 2   |
| 1 9 4 8 — 5 2 | 1 7   |
| 1 9 5 3 — 5 7 | 4 3   |
| 1 9 5 8 — 6 2 | 5 6   |
| 1 9 6 3 — 6 7 | 4 0   |
| 1 9 6 8 — 7 2 | 1 0 0 |
| 1 9 7 3 — 7 8 | 2 0 0 |

根は黄色化するとの記事もあるが、マツほどの明確な変化はない。

V A 菌根菌は下等なそう菌類のカビであり、マツタケ菌のような外生菌根の高等な担子菌類とは全く異なる種類である。現在9つの属に分類されている。土壌中にカビとしては驚くほど巨大な直径0.1~0.6mmの胞子を形成する。一般のカビの分生胞子が数ミクロンであるから、直径でその100倍前後は大きい。それゆえ、土壌からとり出せば、その存在は肉眼でも点として分る。写真1に胞子の例を示す。水分と温度があれば発芽して、太い菌糸を出してくる。通常の土壌中の糸状菌の菌糸の直径は

写真1 V A 菌根菌 (*Gigarospora* sp.) の胞子



3ミクロン程度だが、V A 菌根菌の菌糸は一般に8ミクロン前後はある。しかも、1つの胞子から1~2本の菌糸を出すのではなく、沢山の菌糸を伸ばしてくる。

菌糸は根の表面に到達すると、侵入する。図1に示すように表皮組織は通過するだけで、その内側の皮層組織の細胞間隙に菌糸を伸長させる。そして、菌糸の一端を皮層細胞の中に突入させて、細胞のなかで菌糸の先端を樹の枝のように細かく分岐させる。これを樹枝状体 (Arbuscule) とよぶ。このとき、菌糸は皮層細胞の細胞壁にある穴をあけて突入しているのではなく、細胞壁を内側に押し込んでいるのであって、厳密には細胞内に侵入はしていない。この点ではランヤツツジの菌根菌のように細胞内部に入ってしまふものとは異なる。菌糸の別の一端は皮層組織の細胞間隙を押し広げる形で、先端をふくらませて、のう状体 (Vesicle) を形成する。このように、特徴的な構造体である「Vesicle」と Arbuscule を形成する菌根菌なので、その頭文字をとってV A 菌根菌とよばれる。V A 菌根菌は中心柱には侵入しない。

樹枝状体は菌糸を細かく分岐させることによって、根細胞との接触面積を拡大している。この樹枝状体で、根と菌は物質の交換を行ない、根からは光合成産物である糖やアミノ酸等の供給を受け、菌からは後述するようにリンを供給している。それゆえ、両者が共に利益を受ける共生関係が成立する。のう状体は脂質の形の貯蔵物質を貯える。播種後1ヵ月程度の植物では無数の樹枝状体が認められても、まだ貯蔵するほど養分も豊富ではない

図1 V A 菌根菌の模式図

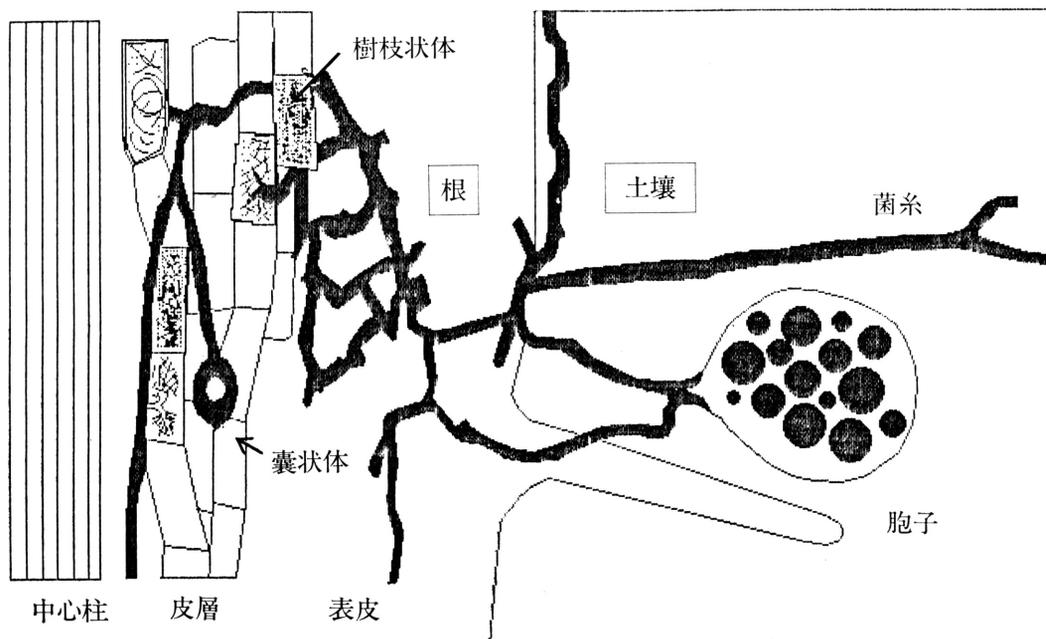
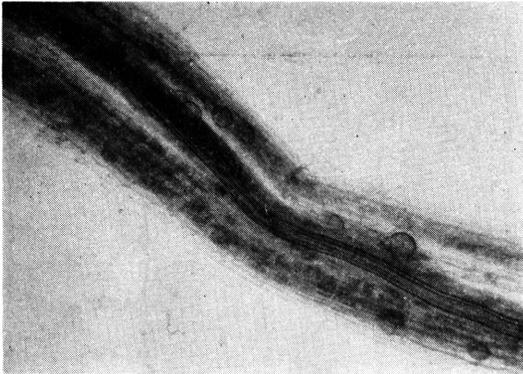


写真2 アルファルファ根に感染したVA菌根菌



せいか、この状態はあまり認められない。これよりも後になると、この状態が沢山認められてくる。

根に感染したVA菌根菌の観察は、まず根を通常水酸化カルシウム溶液で煮て、根を透明化した後、トリパンプルーという青い色素で染色する。写真2はモノクロで黒色であるが、樹枝状体は青い四角の塊、この状態は黄緑の丸い脂質の塊を内蔵する青い袋としてみえる。施肥レベルの低い土壌の作物や野生の植物の根を観察すると、ギンソリ菌根菌が感染していて、その量の大きさに驚かされる。

**VA菌根菌の機能**

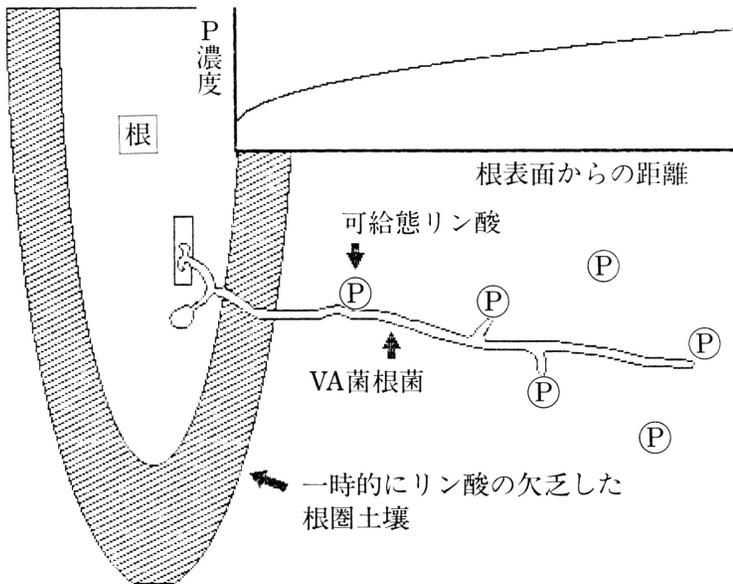
リン酸イオンは土壌に吸着や固定されやすく、土壌中での移動速度が遅い。このため、植物の旺盛な生育に伴って、根から数ミリメートルの範囲内の根圏土壌のリン酸イオンが活発に吸収されても、その外側の土壌のリン

酸イオンが直ぐには拡散してこない。従って、一時的に根圏土壌はリン酸欠乏となり、植物の生育が制限されやすい。

根に感染したVA菌根菌は菌糸を土壌に伸長させる。その長さは根から数センチメートルに達し、菌糸の総延長は1cmの根当り1mにも達するという。図2のようにVA菌根菌の菌糸はリン酸欠乏となった根圏土壌を突破して、その先の根単独では吸収できない部位のリン酸イオンを吸収する。VA菌根菌は根単独の場合に比べると、土壌との接触面積、つまり、リン酸イオンの吸収可能面積を著しく拡大すると同時に、菌糸は根よりもリン酸イオンへの親和性が高いといわれている。これらの理由から、可給態リンレベルの低い土壌ではVA菌根菌の感染していない根に比べて感染している根では、リンの吸収能力が著しく高まる。菌糸に吸収されたリン酸イオンはポリリン酸の顆粒となって液胞に包まれて、細胞質流動によって樹枝状体に運ばれる。そこでポリリン酸は酵素的に解離されて根細胞に移される。

VA菌根菌の感染によって顕著なリン酸の吸収促進が生ずるのは、リン酸イオンの土壌中での移動速度が遅くて、根の表面ではリン酸イオン濃度が低く、非根土壌では高いという極端な濃度勾配が生ずるからである。これに対して、硝酸イオンのように移動速度が高くて、直ぐに根圏土壌に補給されてくるものでは、根が直接吸収できるので、VA菌根菌自体によってその吸収能力が高まることはない。リン酸と同様に移動速度が遅いために、VA菌根菌自体が吸収能力を著しく高めるイオンとして、亜鉛と銅が確認されている。イオウやアンモニウムについてもVA菌根菌の直接的な吸収促進が多少はあろうといわれているが、明確ではない。

図2 根の周辺における可給態リン酸の分布とVA菌根菌による可給態リンの吸収の模式図



ここで注意すべきことは、リン酸が植物生育を制限している土壌では、VA菌根菌のいない場合に比べている場合には、リン酸の吸収促進に伴って植物生育が著しく促進される。そして、根の生育も旺盛となるので、根がより深くかつ広く伸長してくるので、根独自の養分吸収能力が著しく高まってくることである。それゆえ、硝酸イオンでもカリウムイオンでも、あらゆる養分の吸収量が増加してくる。つまり、VA菌根菌の感染によって吸収量が直接増加してくるのは、リン酸、亜鉛、銅であ

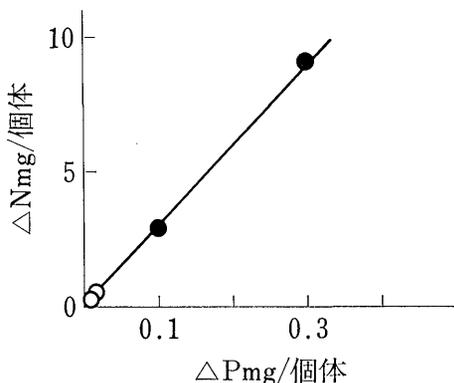
り、これが引きがねになって根の吸収能を増加させて、間接的に吸収量が増加してくるのが、チッソ、カリウム等の他の養分である。

V A菌根菌が感染すると、菌糸が同時に水も吸収して植物に供給するので、植物の耐乾性が増すとの見解もあるが、定かではないようである。

V A菌根菌の吸収するリンの形態に注意を払う必要がある。V A菌根菌は植物根単独でも吸収できるリン、つまり、いわゆる可給態リンを吸収する。しばしばV A菌根菌が難溶性のリンを溶解して吸収するとの記述があるが、基本的には誤りである。難溶性のリンを溶解する微生物はリン溶解菌と総称される全く別の菌群である。難溶性リンといってもその内容は様々であるが、わが国の黒ボク土に多量に蓄積している難溶性リンをV A菌根菌が活発に吸収することはできない。もしもそれができるなら、溶リンの多量施用による土壤改良技術が普及する以前においては、現在よりもわが国の畑には可給態リンが乏しくて、逆にV A菌根菌が多かったはずだから、V A菌根菌の活躍によって畑作物や牧草は豊かな蓄積リンを利用して立派に生育したはずである。ところが、ご承知のように事態は全く逆で、リン資材の多量施用によって土壤生産力が飛躍的に高まったことから分るように、黒ボク土の難溶性リンにはV A菌根菌は無効といわざるをえない。もっとも可給態リンといってもその溶解度には差があり、どの形態のリンまでをV A菌根菌が吸収できるかは厳密には分らず、なお論議の多いところである。

しかし、通常の肥料で与えるリンや、通常の抽出法で定義される可給態リンが多少はないと、V A菌根菌による生育促進効果は生じない。つまり、V A菌根菌は可給態リンを作り出すのではなく、低濃度で土壌中に分散している可給態リンを効率的に収集して運ぶ役割を行なっ

図3 粉炭施用で土着V A菌根菌の感染率を異ならせたアルファルファにおける根粒菌接種に伴う莖葉中のN吸収量の増加とP吸収量の増加の関係 (西尾・岡野：未発表)



ているのである。低品位リン鉱石をV A菌根菌と施用すると、作物のリン吸収量が増加する。この理由として、低品位リン鉱石中にわずかながら存在する溶けやすいリンやリン溶解菌の溶解したリンを、菌糸が鉱石に密着して集めてくるからとされており、フッソと結合して極端に溶解度の低下したリンをV A菌根菌が溶解することは全く証明されていない。

さて、V A菌根菌の感染によってリンの吸収量が増加すると、別の微生物作用、すなわち空中窒素固定も高まる。というのは、根粒バクテリアがマメ科作物の根に共生して根粒を形成し、空中窒素を固定する。この反応にもリンが不可欠なので、リンが不足していると低く抑制されてしまう。多少の可給態リンは存在するが、なお作物生育を制限している条件では、V A菌根菌が感染してリンの吸収量が増加すると、その増加量に比例して空中窒素固定量も増加する(図3)。

#### V A菌根菌の活動条件

V A菌根菌は水生植物、アブラナ科、タデ科、アカザ科、カヤツリグサ科等の植物を除く陸生の草本植物や樹木に共生し、全陸生植物の4/5に共生するといわれている。宿主特異性は低く、同一の菌が多数の植物に共生できる。野生の植物にはこの菌が沢山感染しており、この菌の感染していない植物はむしろ例外ともいえる。一般には、根の分岐や根量の少ないマメ科作物の方が、根の多いイネ科作物よりもV A菌根菌への依存度が高いといわれている。とはいえ、イネ科作物でもV A菌根菌に依存している。

V A菌根菌は好気性菌なので酸素を必要とする。そして、胞子の発芽段階で最も重要なのは温度と水である。適度の水分と温度があれば胞子は発芽してくる。蒸溜水に寒天だけを溶かした寒天平板に胞子をのせて、25~30°Cで培養すれば、数日で発芽してくる(写真3)。胞子中の貯蔵養分が多いので、かなり菌糸を伸ばして、次の胞子のごく初期段階までは形成する。しかし、そこで生育が停止してしまう。人工培地の上でV A菌根菌を人工培養することは、世界中で多数の人に試みられているが、まだ成功していない。この点が不思議といえば不思議である。植物病原菌の絶対寄生菌といわれるものには胞子の発芽に、根からの分泌物を必要とするものがある。しかし、V A菌根菌は根なしで、寒天の上で発芽だけは簡単にできる。それなのに人工培養できない。これに成功すれば、V A菌根菌を根粒菌と同様に寒天の上で大量に培養して普及に移すことが可能となる。

昨年来日したオーストラリアのBowen氏によると、一般に発芽に要する温度はGlomus属とAcaulospora属では適温が20~25°C、最低必要温度が10~18°Cの

間、上限が約30°C。そして、Gigaspora属はこれよりも全体に高い温度を必要とする。【いずれにせよ、10°C以下では発芽しない。湛水状態が長く続くとVA菌根菌は死滅する。しかし、水田は常時湛水されているわけではないので、VA菌根菌もいることはいる。とはいえ、水田の跡にダイズを栽培するときには、VA菌根菌が少ないので、接種効果が高いことが台湾の人達によって認められている (Kuo and Huang, 1982)。

さて、VA菌根菌の活動は根に共生するゆえ、植物生育と密接に関係している。温度や水分以外にも光条件が重要である。すなわち、日照量の不足する条件や短日条件では、植物の光合成が低下して、根への有機物の転流が少なくなるゆえ、根からの有機物の供給量も低下し、VA菌根菌の感染率も低下する。このように、秋播きの冬作物では一般に温度と光条件がVA菌根菌に適していない。事実、東京農工大学の平田教授らは、コムギで冬期間はVA菌根菌の感染が全く認められず、感染は4月末から急上昇することを観察している。

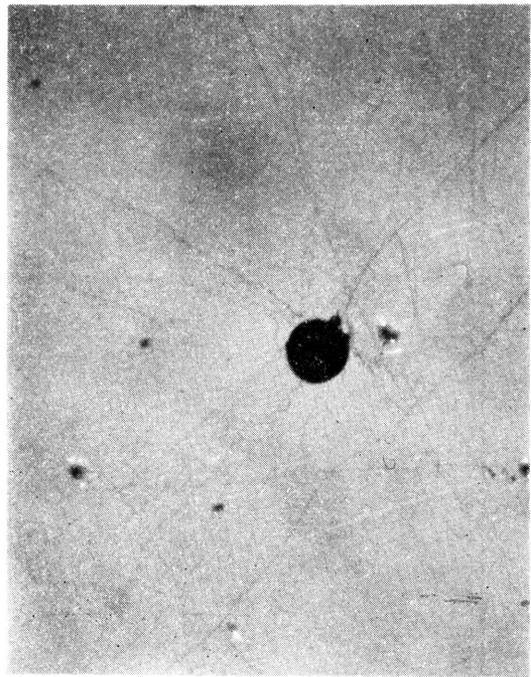
VA菌根菌の活動条件として重要な別の要因は土壤の可給態リン酸のレベルである。結論的にいえば、多少なればいけないが、過剰に可給態リン酸が存在すると、VA菌根菌の存在によって返って減収になってしまう。アメリカのGrahamらの研究(1981)によると、リン酸欠乏の根では遊離の糖やアミノ酸の量が増加し、かつ根の透過性が増す結果、これらの根からの分泌量が増加する。このため、VA菌根菌の土壤中での発芽や増殖が促進されて、根への感染率が高まるという。そして、土壤中にある程度の可給態リン酸が存在すれば、VA菌根菌がそれを効率的に収集して供給するので、根のリン酸欠乏もなくなって、根からの分泌物も減少するという。一方、可給態リン酸が著しく高い土壤では、根圏土壤で一時的にリン酸欠乏が生ずることもなく、根が直接リン酸を吸収して活発な生育を持続する。このような条件下では、VA菌根菌の感染率が低下するが、感染していれば根から有機物を収奪する一方となって、収量は返って低下する。つまり、根圏土壤が一時的にリン酸欠乏になって、可給態リン酸が生育の制限要因になっているときのみ、VA菌根菌の感染するプラス効果があるのである。ただし、菌の集められるリン酸がある程度なければ、菌の貢献もまたないわけである。それゆえ、可給態リン酸レベルの極端に低い土壤では、多少の化学肥料のリンを施用してVA菌根菌を接種すると、その効果が明瞭になる。

では、可給態リン酸の適正範囲はどの位であろうか。これに対する明確な数値はないが、参考になるものとしてアメリカのYostとFoxの研究(1979)がある。彼らは、ダイズで菌根菌の感染していない個体と土着のVA菌

根菌の感染した個体の生育をいろいろなリンレベルと比較した。その結果、オルセン法とブレイ工法による $P_2O_5/100g$  乾土がそれぞれ21.3と16.5mg以上になると、VA菌根菌感染による生育促進が消失することを認めた。そして、生育促進効果の明確な濃度範囲は、オルセン法で3.4~10mg、ブレイ工法で0.7~6.4mg/100g 乾土であったという。こうした数値は作物の種類や土壌のタイプで異なるであろう。

こうした数値をみると、現在の我国の可給態リン酸の富化した耕地でVA菌根菌を活用することは、かなり難しいと予想される。むしろ可給態リン酸の乏しい林地や草地では活用しうる場であろう。いずれにせよ、VA菌根菌の活用にはリン酸濃度の問題を念頭に入れておく必要がある。

写真3 寒天上で発芽したVA菌根菌の胞子



謹 賀 新 年

1987

今年もどうぞ宜敷く  
 お願い申し上げます  
 チッソ旭肥料株式会社

# 施設野菜の施肥(1)

—高知県における歴史と今後の動向—

高知県園芸試験場

場長 柳井利夫

## はじめに

文化にせよ、スポーツにせよ現在高い評価を受けているものは過去からの積み上がり、それぞれに伝統を有しているものである。秋から翌年の初夏にかけて野菜供給基地としての高知県は全国的に高い評価を受けている。本県園芸に見る今回の隆盛は、多くの先輩の熱心な篤農家が苦心して確立した技術を次の世代が受け継ぎ、同時に順次新技術を開発し、その栽培管理を合理化しつつ現在に至ったものである。既成技術の上に“胡座をかいている”ようでは今日に見る本県の園芸は存在しなかったかも知れない。そこで本県における野菜栽培の歴史をふり返り、肥培管理の変遷を検討するのも将来へ向って発展するエネルギーになると思われる。ただ施肥については、他の要素よりも重要であるためN成分に力点を置いて論じた。

### 1. 野菜の温床による早熟栽培から半促成栽培へ

本県にキュウリ・ナスが導入されたのは、それぞれ憲政11年(1799)・享和3年(1803)であった。高知県促成野菜技術史(橋田・1969)によると、野菜の温床による栽培は文政4年(1821)に杉本畑庵が種崎(現高知市種崎)で開始している。温床は有機物の醗酵熱を利用して野菜の早熟栽培を行った。じょう熱材料としては、落葉・糞類・馬糞・その他があって、これらを厚く踏みこみ、その上に適当な厚さの土層を作り、まわりを囲み野菜を栽培した。

その後大正2年(1913)、高知県立農事試験場から発行された野菜栽培の指導書の中で、温床は在来・折衷・泰西の3種類があり、各々の特性を述べている。在来法は周囲を稲藁で囲み、泰西法は周囲を板で囲った上でガラス障子で覆ったもの、折衷法は泰西法のガラスの代りに油紙障子が使用された。当時は折衷法が最も普及されていたようであった。

温床に踏みこまれるじょう熱材料の量は、栽培される野菜の種類によって温度が異なるのでじょう熱材料の量も異なり、ナス・トマト・キュウリはそれぞれ24~26・24~26・20~22°Cであり、じょう熱材料の踏みこみの厚さもそれぞれ11~15・11~15・8~12寸(35~45・33~45・24~36cm)を目安にすることを指示していた。またその指導書の中で施肥基準も示されており、第1表に示した通りであったが、残念ながら収量の記載がなく、施肥量の多少は論じ得なかった。肥料の種類は油粕類・人糞尿、化学肥料として硫酸が使用されていた。そしてじょう熱材料とは別に多量の有機物が堆肥として利用されていたことは興味深いものであった。

その後昭和6年に至り、田内銀喜氏は“田内式蔬菜栽培法”を刊行した。田内式は、油紙障子を使用することは前述の折衷法温床と同じであるが、障子2枚をつき合わせて両屋根式とし、中央の棟の高さは地表から2.7~3.8尺(80~90cm)であった。これは現在の屋根式ビニールハウスの原型であった。ただじょう熱材料はそれま

第1表 油紙温床によるナス・キュウリの施肥基準(明治41年)

| 作物   | 肥料          | 施肥量    |         | N成分量  |      | 備考  |
|------|-------------|--------|---------|-------|------|---|
|      |             | 1.33坪  | 10a     | 1.33坪 | 10a  |   |
| ナス   | 堆肥          | 6,000匁 | 5,076kg | — 匁   | — kg | 全部元肥<br>20~30回に分施<br>3~6回に分施<br>全部元肥          |
|      | 人糞尿         | 1,400  | 1,184   | 5.9   | 4.99 |   |
|      | 油粕          | 200    | 169.2   | 9.3   | 7.87 |   |
|      | 硫酸アンモニア(N計) | 60     | 50.8    | 10.6  | 8.97 |   |
| キュウリ | 堆肥          | 7,000  | 5,922   | —     | —    | 全部元肥<br>10~20回に分施<br>2~3回に分施<br>2回に分施<br>全部元肥 |
|      | 人糞尿         | 1,000  | 846     | 4.2   | 3.55 |   |
|      | 油粕          | 40     | 33.8    | 1.9   | 1.44 |   |
|      | 硫酸アンモニア     | 20     | 16.9    | 3.6   | 3.05 |   |
|      | 過燐酸石灰(N計)   | 30     | 25.4    | —     | —    |   |
|      |             |        |         | 9.7   | 8.04 |   |

での温床ほど多くが使用されなかったものの有機物の施用は依然として多かった。これが半促成栽培の始まりであった。しかし一般の農家において早熟栽培と半促成栽培の両者間では一線を画すことができなかつたものの昭和初期(10年頃)には徐々に半促成栽培へ変換していった。

## 2. ビニールハウスによる野菜栽培

ビニールフィルムが開発され、それが農業の分野で新しい被覆資材として導入されるとともに、昭和27年からビニールハウス(以下ハウスと略称)の建設が盛んとなり、それまでの油紙障子に代り、野菜の栽培はまた新たな方向に進むこととなった。しかし野菜の栽培技術の大部分は油紙障子の半促成栽培のそれを継続していた。昭和35年に“高知県の促成園芸”が新たなハウス野菜の指導書として農業振興課によって刊行された。その中からキュウリの栽培について概要を例示すると以下の通りであった。ハウスキュウリは同一ハウスで2回栽培され、第1回目は抑制型、第2回目は半促成型または後(あと)作型とされ、前者は11月定植から翌年2月上旬打切りであり、後者は2月下旬定植から5月まで栽培され、目標収量はそれぞれ10a当り2.5トン、5.7トンであった。そして同書の中に示されている施肥基準は第2表の通りであった。

上表の肥料三要素の成分計算に際し、1・2回作とも堆肥Nを加算しており、全施用N量は3.3㎡当りそれぞれ191・330g(57.3・99.0kgN/10a)であったが、堆肥

Nは一般に加算しないのでこれを除くと10a当りそれぞれ34.8・66.0kgNであった。ハウスキュウリの果実1トンを収穫するのに必要なN量は、筆者等の抑制型・後作型の試験結果の平均値を求めるとそれぞれ3.2・2.8kgであり、これらの値を果実の全収量に乗ずればキュウリ吸収量の目安になる。そこで抑制・後作の両型の目標収量値から計算すると10a当り吸収N量はそれぞれ約8・16kgであり、両作型における施用N量はキュウリ吸収N量のそれぞれ4.4・4.1倍であった。

また、当時用いられていたN質肥料は、指導書の中に示されているように、主役はナタネ油粕であり、硫酸・過石・硫加などの単肥は三要素のバランスを調整するためと追肥の一部に使用されていた。昭和35年頃には、現在のような複合(化成)肥料はあまり使用されていなかったようである。

以上はハウスキュウリについて例示したが、当時のハウストマトやナスなどの果菜類はいづれもキュウリと同じ傾向であり、吸収N量に比べ施用N量が著しく多かった。三要素以上に土壌改良材として苦土石灰を10a当り150~200kgが例外なく各ハウスに毎年機械的に施用されていた。施設が油紙障子ハウスからビニールハウスへ変換され、降雨に対して完全にその影響を遮断し、さらに気密性に対しても著しく高くなった条件で毎年多量の施肥や石灰質資材の施用は大きな問題を孕みつつ経過していった。

第2表 ハウスキュウリの施肥量  
(昭和35年・高知県農業振興課)

| 栽培型 | 肥料名 | 3.3㎡当g |        |       | 10a当kg  |                               |                  | 堆肥を除いた<br>三要素<br>(10a)  |
|-----|-----|--------|--------|-------|---------|-------------------------------|------------------|---|
|     |     | 施 用 量  |        |       | 三 要 素 量 |                               |                  |   |
|     |     | 全 量    | 元 肥    | 追 肥   | N       | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |   |
| 抑 制 | 堆 肥 | 15,000 | 15,000 |       | 22.5    | 9.0                           | 27.0             | N : 34.8kg<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 36.9<br>K <sub>2</sub> O : 33.9 |
|     | 油 粕 | 800    | 400    | 400   | 12.0    | 5.4                           | 2.4              |   |
|     | 硫 安 | 380    |        | 380   | 22.8    |                               |                  |   |
|     | 過 石 | 700    | 400    | 300   |         | 31.5                          |                  |   |
|     | 硫 加 | 220    | 100    | 120   |         |                               | 31.5             |   |
|     | 成分計 |        |        |       | 57.3    | 45.9                          | 60.9             |   |
| 後 作 | 堆 肥 | 22,000 | 22,000 |       | 33.0    | 13.2                          | 39.6             | N : 66.0<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 42.0<br>K <sub>2</sub> O : 41.4   |
|     | 油 粕 | 2,800  | 1,000  | 1,800 | 42.0    | 16.8                          | 8.4              |   |
|     | 過 石 | 580    | 300    | 280   |         | 25.2                          |                  |   |
|     | 硫 加 | 230    | 130    | 100   |         |                               | 33.0             |   |
|     | 硫 安 | 400    | 50     | 350   | 24.0    |                               |                  |   |
|     | 成分計 |        |        |       | 99.0    | 55.2                          | 81.0             |   |