

# 農業と科学

1987  
3

CHISSO-SASAHIFERTILIZERCO.LTD

## VA菌根菌と その農業利用の可能性(2)

農林水産省草地試験場 西尾道徳  
土壌微生物研究室長

前回(1987年1月号)でVA菌根菌の特徴と基本的性質を述べた。VA菌根菌は可給態リンが多少存在する畑状態土壌で、温度が少なくとも10℃以上のときに、多様な植物の可給態リンの吸収を助けて、植物生育を著しく促進する。根粒菌のようにVA菌根を試験管で大量培養できれば、人工接種を普及に移すことができる。しかし、人工大量培養ができないために、VA菌根菌の農業利用はまだ極限されている。そうした研究の現状と将来の可能性を紹介することにする。

### クローバの定着促進にみる菌根菌接種効果の実例

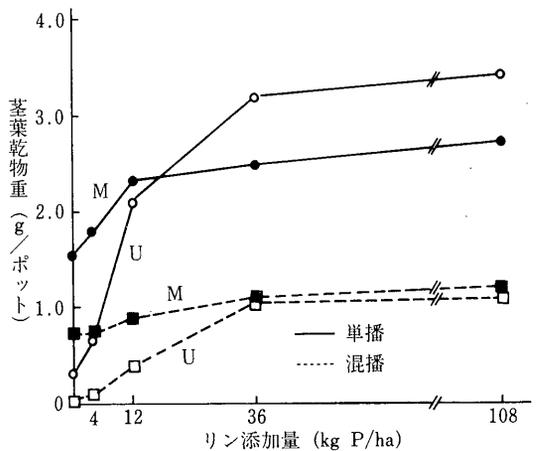
まず一つの例として、シロクロバでの例を紹介する。イネ科牧草とマメ科牧草の混播草地では、往々にしてイネ科牧草が優占してマメ科牧草が衰退しやすい。これを回避してマメ科牧草の定着促進を図るには、Nの施用を控え目にして、PやCaを充分施用することの必要性が古くから知られている。Nの施用を控えるのは、マメ科牧草の根粒による空中窒素固定が可給態Nの多い土壌条件では抑制されるからである。Pはイネ科にもマメ科牧草にも必要だが、マメ科牧草では空中窒素固定を増進するうえでもPは不可欠である。しかし、イネ科牧草の根の張り方がマメ科牧草に比べて密で量的に多いために、可給態Pの少ない土壌条件ではイネ科牧草がより活発にPを吸収してしまう。このことが、マメ科牧草の定着促進を図るために、Pを充分施用しなければならない理由の一つと考えられている。

こうしたことから、可給態Pの少ない土壌条件では、もしもマメ科牧草の根に多量のVA菌根菌を感染させられれば、マメ科牧草根のP吸収能力が著しく向上して、マメ科牧草の定着促進を図るのではないかと予想される。こうした予想は次の実験例からもうかがえる。

図4は、土着のVA菌根菌の存在する土壌と、それを

殺した消毒土壌とをポットに詰め、Pの施肥レベルを変えて、シロクロバ単播およびシロクロバとイネ科の

図4 単播および混播におけるVA菌根菌の感染(M)および無感染(U)のシロクロバの生育とリン添加量の関係 (Hall, 1978から作図)



単播：2個体/ポット、  
混播：クローバ2個体+ベレニアルライグラス2個体/ポット

### 本号の内容

- § VA菌根菌とその農業利用の可能性(2)……………(1)  
農林水産省草地試験場 西尾道徳  
土壌微生物研究室長
- § 鳥取県ナシ園土壌の物理性実態と  
土壌管理の問題点……………(6)  
鳥取県果樹試験場 浦木松寿

ペレニアルライグラスとの混播で、牧草を栽培したときの結果である。縦軸はシロクロバのみの茎葉乾物重を示している。混播では同時にペレニアルライグラスも生育しているので、単播のときに比べてシロクロバの茎葉重が低くなっている。この図で注目されるのは、P施用量と茎葉重の関係である。すなわち、①P施用量が低いときに、土着VA菌根菌の感染した個体に比べて、消毒土壌の無感染の個体の茎葉重が著しく低かった。この結果は、シロクロバ根のP吸収能があまり高くないために、可給態Pレベルの低い条件ではVA菌根菌の助けを必要とすることを示している。②単播に比べて混播では、無感染個体の茎葉重が感染個体のものに追いつくのに、より多量のP施用を必要とした。この結果は、可吸態Pの低い条件で混播するときに、VA菌根菌が充分感染していれば、シロクロバもイネ科牧草との競争に対抗できるが、無感染だと競争に負けやすいことを示している。そして、③P施用量を多くすると、感染個体と無感染個体の茎葉重の差はなくなるか、単播ではむしろ感染個体の茎葉重の方が低くなった。この結果は、可給態Pレベルの高い土壌ではシロクロバ根はVA菌根菌の助けを借りずに、自ら直接Pを充分吸収できるし、そうした状況下ではVA菌根菌が根から糖やアミノ酸等の光合成産物を収奪する一方なために、茎葉重がむしろ感染個体では低くなることを意味している。

こうした図4の結果から予想されるように、可給態Pレベルが低く、かつシロクロバに適したVA菌根菌のあまり多くない土壌では、優良なVA菌根菌株を人工接種すれば、シロクロバの生育と定着が促進される。

図5はウェルズの丘陵帯地にある泥炭土の自然原野でシロクロバを栽培したときのものである。土着のV

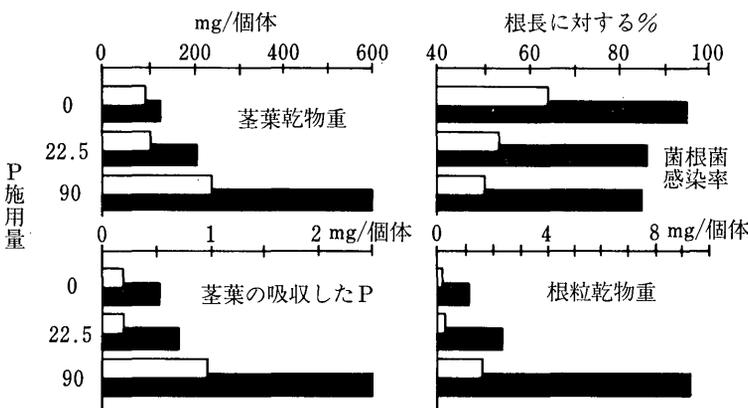
率が高まると同時に、シロクロバの茎葉重、P吸収量、根粒重も増加したことを示している。この場合、P無施用では土壌中の可給態Pが少なすぎて、VA菌根菌の感染率が高まっても、菌が集めてくるべき可給態Pがわずかしかないので、接種効果は小さい。従って、Pを施用した方が接種効果が大きい。なお、P施用によってVA菌根菌の感染率は低下しているが、同時に根の総延長が著しく増加しているため、個体当たりの感染総量はむしろ施肥の方が高まっていることに気をつけてもらいたい。ただし、P施用量を図5よりもさらに高めると、感染率が著しく低下して、個体当たりの感染総量も著しく低下するはずである。

**接種源の調整**

では人工培養のできないVA菌根菌の接種源をどうやって作るのだろうか。図5の実験では、事前にガラス室でVA菌根菌の胞子を種子の下に接種しない無接種して、シロクロバの苗を7週間栽培し、苗を移植したものである。このように宿主になる植物を栽培しつつ、菌を増殖させなければならない。一般にVA菌根菌の胞子形成は6週間後から始まると言われるので、少なくとも6週間以上の事前栽培が必要である。

移植ではなく直播の場合には、ガラス室でVA菌根菌を接種して事前に栽培した宿主植物の根及び周辺の土壌を切断やくだいたものを接種源にして、種子の3~8cm下に並べる。菌根菌の胞子だけを集めるのは大変なので、根や土壌ごと接種するわけである。こうした接種源を苗床では通常種子当たり1~10g、圃場での直播では多い場合に20~30t/ha (Powell, 1984)、少ない場合でも2~3t/ha (Hayman, Morris and Page, 1981) を接種する。この少ない場合であっても、仮りに1/5,000 a

図5 VA菌根菌接種に伴うシロクロバの茎葉乾物重、P吸収量、根粒重及び菌根菌感染率の増加 (Hayman and Mosse, 1979 より作図)



A菌根菌は存在するが、優良株] (*Glomus mosseae* と *Glomus fasciculatus*) を接種すると、VA菌根菌の感染

率が高まると同時に、シロクロバの茎葉重、P吸収量、根粒重も増加したことを示している。この場合、P無施用では土壌中の可給態Pが少なすぎて、VA菌根菌の感染率が高まっても、菌が集めてくるべき可給態Pがわずかしかないので、接種効果は小さい。従って、Pを施用した方が接種効果が大きい。なお、P施用によってVA菌根菌の感染率は低下しているが、同時に根の総延長が著しく増加しているため、個体当たりの感染総量はむしろ施肥の方が高まっていることに気をつけてもらいたい。ただし、P施用量を図5よりもさらに高めると、感染率が著しく低下して、個体当たりの感染総量も著しく低下するはずである。

1,000tの接種源が確保できるので、500~2,000haの土地に接種可能になるという意見もある (Powell, 1984)。

しかし、日本でこうしたやり方が可能とは思えない。

圃場規模の人工接種は無理だとしても、苗作りに人工接種することは、規模が小さいので可能であろう。その場合には、特に病原菌の持ち込みが危険である。というのは、巨大なVA菌根菌の胞子の表面には色々なカビや細菌が附着しており、時には内部にも感染している。そのなかに病原菌がいる可能性もある。このため、アメリカの Menge (1984) は苗木用の接種源の製造行程として、①土壌からの胞子の収集、②スーダングラスに接種して胞子を増殖、③胞子を集めて表面殺菌、④消毒土壌のスーダングラスに表面殺菌胞子を接種、⑤3と4をくり返し、病気の有無を確認、⑥病原菌のいない胞子をスーダングラスに接種して、接種源を製造する、という考えを提案している。苗とともに病原菌も広めては大変である。

胞子の表面殺菌は無菌設備さえあれば、薬品で比較的簡単に行なえる。表面殺菌した胞子は抗生物質の溶液に漬けて冷蔵庫に入れておけば、1年間ほもつという。

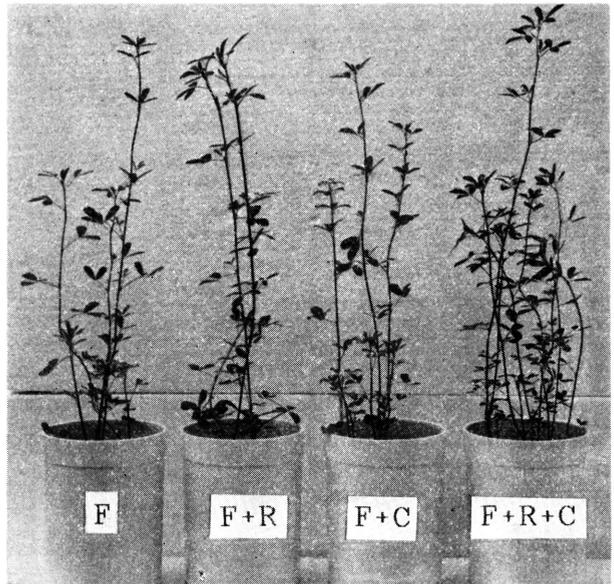
#### 木炭施用による土着VA菌根菌の活用

VA菌根菌の接種源を製造には多大の労力と時間を必要とする。これに対して、土着のVA菌根菌がいる土壌であれば、何らかの資材を混和して土壌条件を改善し、土着のVA菌根菌を増殖させることによって、人工接種をしたのと同様な効果を出させる方法がある。このときの資材として今注目を集めているのが木炭である。菌根菌に対する木炭の有効性は林業試験場の小川真氏らによって初めて認められた。

私も牧草で木炭の施用効果を検討している。使用している木炭は里山広葉樹の樹皮を炭化した粉炭で、土壌改良材として市販されているものである。粒径組成は1mm以下が約60%、1~2mmが約20%、2mm以上が20%強で、かなり細かいものである。ポット試験ではその施用適量は $1,000\text{g}/\text{m}^2$  (1t/10a)で、これよりもやや少ない量でも良い。炭カルは $100\sim 200\text{kg}/10\text{a}$ を施用するが、その数倍量である。

写真4は、生土に炭カルとともに化学肥料 ( $\text{N}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{K}_2\text{O}$  を  $2-10-10\text{g}/\text{m}^2$ ) を添加した土壌に、これのみ (F)、根粒菌接種 (F+R)、粉炭 ( $1\text{kg}/\text{m}^2$ ) 施用 (F+C)、根粒菌接種と粉炭施用 (F+R+C) をして、アルファルファを約2ヶ月栽培したときのものである。この時期には当初添加した肥料Nは吸収しつくさされているので、根粒菌無接種の区 (F, F+C) ではN欠となって葉が黄化して、生育が停止した。根粒菌接種区 (F+R)

写真4 木炭施用によるアルファルファの生育促進



F: 肥料のみ, F+R: 肥料+根粒菌,  
F+C: 肥料+木炭, F+R+C: 肥料+根粒菌+木炭

では空中窒素固定によってNが供給されるので、葉が緑色で生育が持続した。そして、根粒菌とともに粉炭を与えた区 (F+R+C) では、根へのVA菌根菌の感染率が高まって、P吸収量が増加し、図3(前号)に示すように、P吸収量の増加に比例して空中窒素固定も増進される結果、アルファルファの生育が他の区に比べて著しく高まった。このとき、播種後1ヶ月までの段階では当初施用した肥料Nが存在しているので、根粒菌無接種で粉炭を施用した区 (F+C) でも、菌根菌の感染促進に伴うP吸収量の増加によって、生育が明確に促進された。しかし、その後Nがなくなって生育が停止したわけである。

粉炭施用はマメ科牧草だけでなく、イネ科牧草でも有効である。写真5はアズマネザサ草場でササを掘り起した後に、化学肥料 ( $\text{N}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{K}_2\text{O}$  を  $2-2-2\text{g}/\text{m}^2$ ) 施用してオーチャードグラスを栽培したときのものである。無肥料では可給態Pがほとんどない土壌なので、粉炭を施用してVA菌根菌の根への感染を高めても、生育は促進されなかった。しかし、少量の施肥をして粉炭を施用すると、VA菌根菌の感染の高まりとともに、写真5のようにオーチャードグラスの生育が明らかに促進された。

では木炭の生育促進の機構は何であろうか。木炭は酸性矯正や土壌の通気性、透水性、保水性等の改善効果を持つであろう。そうした物理性の改善が生育促進に有効な土壌も当然あるだろう。しかし、特に写真4のように膨大な黒ボク土で、炭カルで酸性矯正をして、施肥や灌

写真 5 木炭施用によるオーチャードグラスの生育促進



左側に木炭施用，右側は木炭無施用

水をしたポット栽培では、物理性の改善が生育促進の理由とは考えにくい。生土には多量の土着のVA菌根菌胞子が存在する。これをクロルピクリンで土壤消毒して殺すと、粉炭を施用しても生育促進効果が全く見られなくなった。生土に粉炭を施用すると、菌根菌の感染促進が生じたことから、粉炭がVA菌根菌の感染を何らかの理由で促進したことが、生育促進の理由であることが分る。

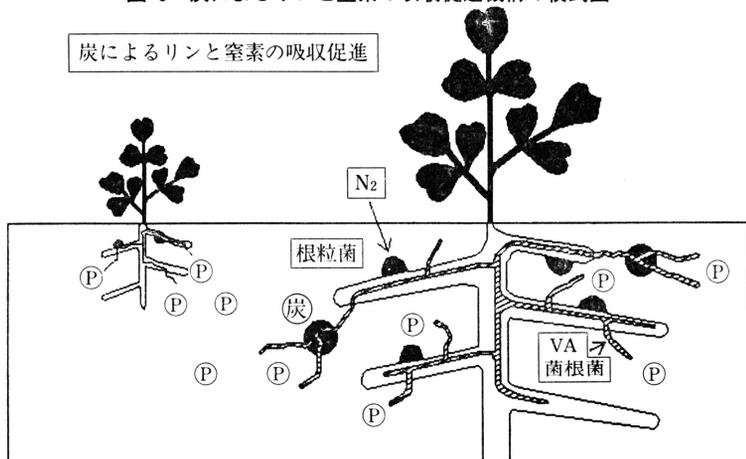
根の近くに存在した粉炭を顕微鏡で見ると、粉炭の中に菌根菌らしい菌糸が入りこんでいるのが見える。使用した粉炭にはもともと導管や篩管だった部分が直径数百ミクロンの長い孔隙になっている。この孔隙がVA菌根菌（菌糸の直径は10ミクロン前後）の新しい住み家になっていると、現段階では考えている。というのは、炭化したため雑菌の増殖に必要な糖などの有機物がないので、雑菌がほとんどいない。VA菌根菌は根から有機物

をもらうので、そうして孔隙の中へ侵入できるし、雑菌がいなければ、競争のない好都合な空間である。粉炭のpHは7強で、VA菌根菌の増殖に可能な範囲である。こうしたことから、木炭の孔隙がVA菌根菌の新しい生育の場となって、菌根菌は木炭を拠点にして、さらに遠くまで菌糸を伸ばして、根から離れた部位に散存する可給態Pをより多く集められるようになる。こうした考えを模式化したのが、図6である。実験結果では、土壤の0~5cmの根にはもともとVA菌根菌が多数感染しているが、粉炭を施用すると、5~10cm層の根への感染が著しく促進されたことから、5~10cm層で図6のようなことが生じていると考えられる。そして、菌糸の伸長距離は最大でも7~8cmと考えられることから、粉炭は土壤表面に散布したのでは効果なく、土壤に混和することが必要であると考えられる。

木炭による土着VA菌根菌の活用を図るには、他にも

注意すべき点がいくつかある。すなわち、①土着VA菌根菌のいない消毒土壤や非常に少ない下層土の露出した造成地や法面では、効果が期待できない。VA菌根菌の人工接種と同様に、②可給態Pがないか多すぎる土壤や③低温や短日条件の秋から早春には効果が期待できないであろう。そして、④粉炭を購入するよりは、リン肥料を増施した方が安価なので、粉炭は自給できないとペイしないと考えられる。⑤木炭は塊よりも粉状の方が菌との接触チャンスが高まるので、有効と考えられる。こ

図 6 炭によるリンと窒素の吸収促進機構の模式図



うした制約にもかかわらず、木炭は土着VA菌根菌の活用に新しいアイデアをもたらすものであり、より安価な代替資材の検索が望まれる。

### VA菌根菌の農業利用の可能性

発展途上国では高価なリン肥料を少しでも節約するために、VA菌根菌やリン溶解菌の利用が研究されている。しかし、我が国ではリン肥料を充分使っており、発展途上国と同じ視点で評価することはできないだろう。

VA菌根菌の人工培養が将来可能になれば、コスト評価も大きく変わるであろうが、現段階では夢である。夢の追究は今後の研究に待つとして、現状で人工接種するには宿主植物を栽培しつつVA菌根菌を増殖させて、接種源を製造する必要がある。この前提のもとで人工接種をすれば、適用場面は苗作りの場面に限定せざるをえない。

アメリカの Johnson and Mege (1981) が景観樹木の苗木作りでコスト計算をしている。病気が恐いので、苗木の土壌を消毒すると、VA菌根菌がいなくなるので、立派な苗を作るにはかなり多肥をせざるをえなくなる。

しかし、消毒土にVA菌根菌を接種すれば、VA菌根菌によってP吸収が促進される結果、Pが70%節約できるという。そして、P吸収促進に伴って根の伸長が増進される結果、根によるN、Kや微量元素の吸収も促進されて、NとKは30%、微量元素は40%節約できるという。1,000個のガロン(3.8ℓ)容ポットで消毒土壌を用いて苗木作りをするのに要する肥料代は79.84ドル(1981年当時)だが、VA菌根菌を接種すれば肥料代は53.17ド

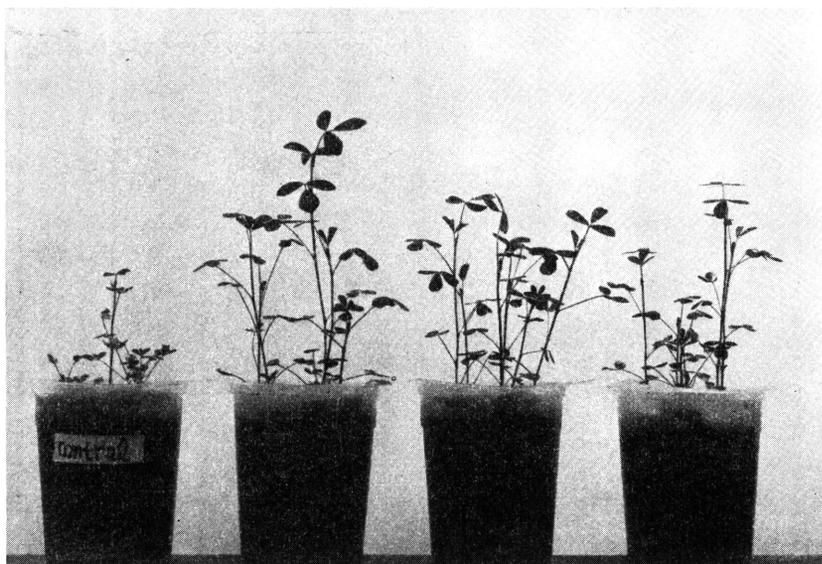
ルですむという。そして、1,000個のガロンポットに接種するVA菌根菌の接種源としては、4インチ(約10cm)ポットでスーダングラスに表面殺菌したVA菌根菌を接種して増殖させたもの20個を必要とするが、この接種源の製造コストは16.86ドルという。従って、 $79.84 - 53.17 - 16.86 = 9.81$ ドル、つまり、VA菌根菌無接種のときの肥料代79.84ドルに比べれば、その12%を節約できるという。

これは消毒土壌を用いたときの試算である。消毒土壌では施肥量が少ないと、VA菌根菌の助けがないので植物の生育が非常に悪い。写真6は消毒土壌に少ない肥料でアルファルファを栽培したときのものだが、VA菌根菌無接種だと左端のように生育が非常に悪い。しかし、VA菌根菌を接種すると、生育が著しく促進され、茎葉重で2~4倍になることも珍しくない。

では、我が国では多少の肥料代の節約をどれだけ評価するであろうか。肥料代の節約は経営規模の大きい場合に、スケールメリットとして重要であるが、経営規模の小さいときには、多少肥料代が節約できても手間が増えては歓迎されないであろう。我が国でVA菌根菌の農業利用が積極的に支持されるためには、肥料代の節約に加えて、初期生育の増進に伴って病気にかかりにくくなって、農業を節減できるとか、収穫物の品質や栄養価が高まって、より高く売れるといったリメリットが明確になる必要があろう。こうした視点からの研究が今後望まれる。

人工接種にせよ木炭施用にせよ、現段階では苗作りでの利用の可能性が最も高いであろう。特殊ケースとして

写真6 消毒土壌で栽培したアルファルファの生育に及ぼすVA菌根菌の接種効果



左から、無接種、*Gigaspora gregaria*、同、他の菌の接種

は、下層土の露出した切通しの法面の保全や景観のために植える草や樹木の苗作りでは、食品ほどの低価格を追究されないであろうから、人工接種あるいは人工接種と木炭施用の併用を実行しやすく、効果も大きいと期待される。また、草地でも造成時に全面的に接種するのは、接種源の確保の点で不可能だが、例えば数年後にマメ科牧草が衰退したときに追播する種子に接種することは将来考えられよう。

## 鳥取県ナシ園土壤の

## 物理性実態と土壤管理の問題点

鳥取県果樹試験場 浦木 松寿

## はじめに

果樹の生産性は土壤の物理性が化学性よりも大きく関与することは定説となっている。

土壤の物理性としての硬度、透水性、粗孔隙、易有効水などについて、生産性や土壤管理との関係で調査された成績は多く、またこれらの項目についての樹園地としての具備すべき条件についてもほぼ固まっている。

一方果樹は深根性であり、どの土層までがこの条件を満たすべきかの問題がある。また樹園地は土壤管理技術のうえから、不均一でどの位置の土層調査で代表すべきかの問題もある。

90年の歴史を持つ鳥取ナシ園の土壤管理は昭和30年頃までの深耕(施肥)時代から、草生マルチ(非深耕)時代を経てトレンチャーなどを利用した機械深耕となり、後継者不足と経営規模の拡大とが重なり、トラクターでの耕うん程度で終る園地が増加してきた。

このような産地の動向をふまえ、土壤の物理性の実態を明らかにし、今後の管理方向の立案に役立てようとした。

## 方法

各組合の栽培面積をもとに40haに1点の比率で調査園を選び、主根域の土壤実態の考えで、主幹から1.5~2.0mの位置を深さ1mまで試穴し、深さ10, 20, 40, 60, 80cmの土壤について実容積法で採土、常法に従って実験室内で調査した。

なお調査園の選定は組合指導部、普及所に一任し、組合の代表園となる成木園に限定した。

調査園の分類は土地分類基本調査(鳥取県1978)の表層地質園及び土じょう園によって母岩ごとに分類して取りまとめた。

また結果の表示は測定項目ごとに障害性の程度によって分類し、深さ10cmはそのまま、深さ20cmからは浅層から深層への発生率の累計頻度を調査園の%でしめた。

調査項目の表示は次のようである。

土壤硬度 山中式土壤硬度計による。

透水性 100cc採土物について変水位測定器で測定有効水 pF1.5(土柱法)~pF2.7(素焼板法)

空気量 実容積法による pF1.5時の含量

土層としての空気量Aは  $Ax = \text{深さ } x\text{cmの空気量とす}$

れば  $A = [1.5 \times (A_{10} + A_{20}) + 2 \times (A_{40} + A_{60} + A_{80})] \pm 10$  で計算

土層としての有効水Wは  $Wx = \text{深さ } x\text{cmの有効水とすれば}$   $W = [1.5 \times (W_{10} + W_{20}) + 2 \times (W_{40} + W_{60} + W_{80})] \pm 10$  で計算

## 結果

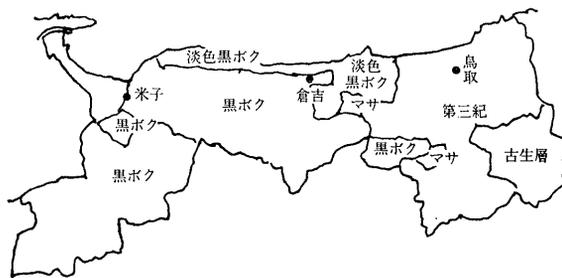
## 1. 調査園の土質分類

鳥取県の土壤母岩別の分布は第1図のようである。

古生層に由来する褐色森林土壤は県東南部の八頭郡に分布し、約150haに達する。地形は急傾斜地が多い。

第三紀層に由来する褐色森林土壤は県東部の鳥取市、八頭郡、岩美郡、気高郡に分布し、約900haに達する。

## 第1図 鳥取県における土壤母岩の分布



地形は緩~急傾斜地である。

マサ土のナシ園は県中部にあり、約50ha程度である。地形はすべて傾斜地である。

淡色黒ボク土壤のナシ園は県中部から西部の東伯郡、西伯郡の海岸線に分布する。多くの市町村に部分的に存在するため、はっきりした栽培面積は把握できないが、約1,000haに達する。地形は平坦から緩傾斜地が多い。

黒ボク土壤ナシ園は県中部の倉吉市、東伯郡、西伯郡、の大山山ろくに分布し、約1,600haでもっとも多くのナシ園がある。地形は平たん~緩傾斜地、淡色黒ボク土壤と合せ大規模なナシ園経営が行なわれている。

## 2. 古生層に由来する褐色森林土壤ナシ園の特徴

本土壤の調査結果は第1表のようであった。土壤硬度、透水性による障害性はほとんど認められなかった。有効水含量が少ないこと、深さ60cm以下で空気量(pF1.5時)がやや少ないことが問題とされる。本土壤は礫含量が多く、土性もS又はSLであるため保水性が低くなったものと考えられる。また園地は急傾斜地が多く、

ほとんど作業機が使えないため、土壌の圧密がなく、膨

第1表 古生層に由来するナン園土壌の物理性からみた障害性の分布 (9)

項 目	判定基準	土壌の深さによる分布割合(%)				
		10cm	20cm	40cm	60cm	80cm
硬 度	20以上	0	0	0	0	11.1
	25以上	0	0	0	0	0
透水性	10 <sup>-4</sup> cm/sec.	11.1	22.2	33.3	44.4	44.4
	10 <sup>-5</sup> cm/sec.	11.1	0	11.1	11.1	33.3
有効水	6~10%	55.6	66.7	77.8	88.9	100.0
	5%以下	11.1	11.1	22.2	22.2	33.3
空気量	6~10%	11.1	22.2	33.3	66.7	66.7
	5%以下	33.3	11.1	33.3	33.3	55.6
仮比重	1.2以上	0	0	11.1	44.4	66.7
	1.3以上	11.1	0	0	11.1	22.2

軟であることが硬度、透水性に表われたものと判断される。

3. 第三紀層に由来する褐色森林土壌ナン園の特徴

調査結果は第2表のようであった。障害性は有効水含量(pF1.5~2.7) 空気量に顕著に認められた。空気量の不足は深さ40cm以下の土層で強いが、この土層は透水性も不良であり、多雨時の湿害が懸念される。一例として本土壌のNo.4ほ場の調査結果を示した。表層20cmまでは比較的改良が進み障害性はないが、40cm以下の土層では透水性悪く、有効水、空気量が不足している。本土壌は土性CL~Cの粘質土で、本来孔隙少なく、透水性、有効水、空気量に欠けている。表層だけが土壌改良によって改善されているが、その深さは浅い。したがって気象の変動を受け易く、生産性の大きな障害となる危険性が予測された。

4. マサ土ナン園の特徴

第2表 第三紀層に由来するナン園土壌の物理性からみた障害性の分布 (10)

項 目	判定基準	土壌の深さによる分布割合(%)				
		10cm	20cm	40cm	60cm	80cm
硬 度	20以上	0	0	0	0	25.0
	25以上	0	0	0	6.3	6.3
透水性	10 <sup>-4</sup> cm/sec.	18.8	6.3	50.0	56.3	56.3
	10 <sup>-5</sup> cm/sec.	0	0	12.5	25.0	43.8
有効水	6~10%	31.3	50.0	68.8	93.8	93.8
	5%以下	31.3	25.0	37.5	43.8	56.3
空気量	6~10%	31.3	25.0	62.5	75.0	87.5
	5%以下	25.0	25.0	31.3	68.8	75.0
仮比重	1.2以上	25.0	18.8	25.0	31.3	43.8
	1.3以上	18.8	18.8	25.0	31.3	37.5

第3表 No.4ほ場の調査結果

深さ (cm)	硬度 (mm)	透水速度 (cm/sec.)	有効水 %	空気量 %	仮比重
10	9	2.8×10 <sup>-3</sup>	5.5	14.5	1.03
20	8	3.2×10 <sup>-3</sup>	9.1	18.4	0.96
40	8	6.5×10 <sup>-5</sup>	9.2	5.8	1.12
60	13	2.1×10 <sup>-5</sup>	4.7	0.1	1.55
80	16	6.0×10 <sup>-5</sup>	3.4	0.1	1.42

土層としての空気量61.0mm, 有効水56.5mm

マサ土の分布は少なく、また表層に火山灰が堆積し、完全なマサ土とは言えない圃地もあったが、粗粒質土壌をこの中に入れた。結果は第4表のようである。

約50%の圃で表層のしまりが測定された。また、深さ

第4表 マサ土ナン園の物理性からみた障害性の分布 (14)

項 目	判定基準	土壌の深さによる分布割合(%)				
		10cm	20cm	40cm	60cm	80cm
硬 度	20以上	7.2	7.1	21.4	28.6	42.9
	25以上	0	0	0	0	0
透水性	10 <sup>-4</sup> cm/sec.	50.0	0	64.3	77.6	92.9
	10 <sup>-5</sup> cm/sec.	7.2	14.3	14.3	21.4	42.9
有効水	6~10%	57.2	14.3	42.9	64.3	78.6
	5%以下	0	14.3	14.3	21.4	42.9
空気量	6~10%	35.7	28.6	42.9	64.3	71.4
	5%以下	14.3	14.3	21.4	28.6	64.3
仮比重	1.2以上	21.4	7.1	7.1	21.4	28.6
	1.3以上	21.4	14.3	28.6	35.7	42.9

40cm以下の土層で透水性、有効水、空気量に不良条件が多く、硬度も前述の2土壌に比較し大であった。本土壌は元来緩衝力の低い土壌であり、生産性に欠ける傾向がある。したがって作土層の深さでカバーする必要があるが、断面調査ではこの努力はあまり認められなかった。

5. 淡色黒ボク土壌ナン園の特徴

本土壌はその色調から第三紀層に由来する褐色森林土壌と混同されやすく、樹体の生育状況も類似性がある。

調査結果は第5表に示した。表層のしまりは第三紀層に由来するナン園よりも強度であった。深さ20cm以下の土層では第2表の第三紀層に由来するものに類似し、透水性、有効水、空気量に問題があるが、両者の相違は淡色黒ボク土壌が硬度が大きく、有効水含量はやや多いことである。現地でもマサと呼ばれる粗粒質の土層が深さ60cm附近に存在し、硬度計の読みを大きくした結果である。有効水含量は混入する水土(浮石風化物)が耕作により膨軟化した影響とみなされる。

6. 黒ボク土壌ナン園の特徴

本土壌は物理性は良好で問題点は少ないと考えていた

第5表 淡色黒ボク土壌ナシ園の物理性からみた  
障害性の分布 (25)

項目	判定基準	土壌の深さによる分布割合(%)				
		10cm	20cm	40cm	60cm	80cm
硬 度	20以上	5.7	8.0	16.0	48.0	60.0
	25以上	0	0	0	0	0
透水性	10 <sup>-4</sup> cm/sec.	42.9	40.0	64.0	80.0	88.0
	10 <sup>-5</sup> cm/sec.	8.6	8.0	12.0	12.0	24.0
有効水	6~10%	37.2	24.0	48.0	68.0	76.0
	5%以下	8.6	20.0	24.0	32.0	36.0
空気量	6~10%	42.9	32.0	52.0	56.0	64.0
	5%以下	17.2	28.0	40.0	60.0	60.0
仮比重	1.2以上	14.3	16.6	24.0	28.0	28.0
	1.3以上	2.9	8.0	20.0	24.0	24.0

が、第6表に示すように調査項目によっては障害性が認められた。透水性不良と空気量の不足である。また表土(深さ10cm)の透水性、空気量が不良な園地が多く、調査園の半数近くで問題があると判断された。具体的な一例としてNo.73圃場の調査結果を第7表に示した。No.73圃場は調査園のなかでも最高に近い物理性を示した園地であるが、測定値の深さ別の分布をみると、表層10cmの透水性、空気量が極めて悪く、この状態では土層中への

第6表 黒ボク土壌ナシ園の物理性からみた障害性の分布 (29)

項目	判定基準	土壌の深さによる分布割合(%)				
		10cm	20cm	40cm	60cm	80cm
硬 度	20以上	5.1	7.7	17.9	30.8	61.5
	25以上	5.1	0	0	2.6	10.3
透水性	10 <sup>-4</sup> cm/sec.	38.5	30.8	48.7	74.4	84.6
	10 <sup>-5</sup> cm/sec.	15.4	10.3	20.5	30.8	56.4
有効水	6~10%	5.1	5.1	12.8	33.3	53.8
	5%以下	0	0	0	0	10.3
空気量	6~10%	33.3	30.8	48.7	64.1	71.8
	5%以下	15.4	12.8	25.6	53.8	76.9
仮比重	1.2以上	0	0	5.1	10.3	12.8
	1.3以上	2.6	0	2.6	10.3	30.8

第7表 No.73 ほ場の調査結果

深さ (cm)	硬度 (mm)	透水速度 (cm/sec.)	有効水 %	空気量 %	仮比重
10	10	8.9×10 <sup>-5</sup>	12.6	1.9	0.78
20	11	1.0×10 <sup>-3</sup>	14.6	19.9	0.64
40	10	1.5×10 <sup>-3</sup>	14.2	20.8	0.61
60	20	9.2×10 <sup>-3</sup>	15.9	18.1	0.74
80	25	8.7×10 <sup>-5</sup>	10.5	7.5	1.13

土層としての空気量125.5mm, 有効水121.9mm

酸素供給が大きな障害となると判断される。原因はSSを主とする大型作業機の踏圧があげられ、同時に圃場への有機物施用が不足し土壌がしまり易くなったことがあげられる。

7. 土層としての空気、水含量

前述の計算式にしたがって算出した土質ごとの空気量、有効水含量は第8表のようであった。

土壌の調査項目は園地による偏差が大きく、平均値でどこまで代表できるかの問題を含みながらも、簡素化するため、あえてまとめた。

有効水含量は古生層及び第三紀層に由来する土壌が少なく73~75mm, 黒ボク土壌が多く123mmとなり、既往知識の通りであった。しかし空気量は第三紀層に由来するものが70mmで少ないことはうなづけるが、黒ボク土壌が75mmは予想値以下の値であった。空気量については各土質の特性が失なわれているともみられ、土壌管理の不足が土壌の特性を失なわせたこととなり、再度第8表 土壌としてとらえた土質ごとの空気、水含量

土 質	調査数	空気量(mm)		有効水(mm)	
		平均含量	標準偏差	平均含量	標準偏差
古 生 層	9	90.2	35.8	75.3	14.6
第 三 紀	16	70.0	29.6	73.9	33.1
マ サ 土	14	84.9	37.5	99.8	32.5
淡色黒ボク土	25	75.2	46.6	96.7	38.4
黒 ボ ク	39	74.8	30.3	123.2	28.7

本的に対策を講ずる必要があろう。

まとめ

本調査の実施にあたり、土壌断面及び掘上げ部の根群を観察した。根群の数が極めて少ないこと、吸収細根が消失していることが、どの調査園でも顕著であった。

近年二十世紀園での生産量が低下し、肥大が悪く、また熟期が短くなる傾向が認められている。樹体管理、栄養管理の問題もあるが、根群が現状のように弱体化したことが最大要因とみなされる。

栽培指導上からは品質向上運動の一つとして土づくりがあげられ、それなりに啓発されてきた。本調査結果からはそれらの成果があまり認められずむしろ土壌の物理性は悪化していると判断される。種々の社会情勢もあるが当面のナシ園の土壌問題として次のことが急がれる。

1. 表土の固結を改善するとともに、しまらない土壌対策
2. 深さ60cmまでは主根域の土壌の物理性改善
3. 全園での暗きよ排水の施工
4. 異常気象に耐えるためのかん水施設の整備
5. 細根量の増加対策の強力な推進