

リンゴ幼苗の生育に対する VA 菌根菌の接種効果

今 智 之

Effects of the Inoculation with Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi on the Growth of Apple Seedlings

Tomoyuki KON

Aomori Apple Experiment Station
Kuroishi, Aomori 036-03, Japan

目 次

I 緒 言	55
II リンゴ幼苗の生育に対する VAM 菌の接種効果	55
1. VAM 菌の種類の違いがリンゴ実生の生育に及ぼす影響	55
2. マルバカイドウ挿し木苗の生育に対する VAM 菌の接種効果	57
III リン酸の施用量の違いが VAM 菌の接種効果に及ぼす影響	58
IV 粉炭施用が VAM 菌の感染及びリンゴ幼苗の生育に及ぼす影響	61
1. 殺菌土壌における粉炭施用と VAM 菌の接種効果	61
2. 無殺菌土壌における粉炭施用と VAM 菌の接種効果	62
V 考 察	64
VI 摘 要	68
引用文献	69
Summary	71
写 真	72

I 緒 言

青森県のリンゴ栽培は100年を過ぎ、この間、病虫害の多発や価格の暴落など幾多の危機を克服し、我が国の生産量の50%を占めるに至った。今日のリンゴの安定生産に、農薬や化学肥料などの化学合成物質の使用が大きく貢献してきたことは論をまたない。しかし、過度の農薬、化学肥料への偏重は新たな薬剤耐性菌や抵抗性害虫の出現、地力の低下などを招く要因となっている。

最近、農薬や化学肥料の問題は、単に生産現場だけではなく、地下水、河川の汚染など環境に対する影響や農産物の安全性の点からも論じられ、これまでの農薬や化学肥料に大きく依存した栽培体系を見直し、食料生産の質と量を確保しながら、環境上も安全で収益性のある環境保全型農業の確立が求められてきている。平成4年6月に農水省が発表した「新しい食料・農業・農村政策の方向」においても、環境保全型農業の推進が明記されている(15)。環境保全型農業の推進にあたって、土壌の分野では自然の生態系に現存する有用な土壌微生物の働きを明らかにし、その機能を十分に発揮させる施肥体系、土壌管理体系を確立することが必要である。

このようなことから、最近、有用微生物の1つとして植物の根に共生し、お互いに養分のやり取りをして生活しているある種の糸状菌が注目されてきている。この植物の根と菌の共生状

態を菌根といい、共生している菌を菌根菌という。菌根は大別すると外生菌根と内生菌根に分けられ、内生菌根の中で植物に広く共生し、養分の貯蔵器官である嚢状体 (vesicule) と養分の授受を行う樹枝状体 (arbuscule) を形成する菌根菌を VA 菌根菌 (以下 VAM 菌という) という。

VAM 菌は植物のリン酸吸収を助長し、生育を促進することが知られてから、農業への利用が注目され、すでに諸外国では30年ほど前から VAM 菌に関する研究がさかんに行われている。我が国においては、ようやく1980年代に入り、小川らによる VAM 菌と炭に関する報告(16)がされて以来、畑作物を中心に研究が行われるようになってきた。しかし、果樹を対象とした研究例は少なく、リンゴに関しては石原(7)が行った報告だけである。

そこで、リンゴ栽培における VAM 菌の利用について基礎データを得るため、リンゴ幼苗を用いた VAM 菌の接種効果について検討したので、その結果を報告する。

本研究の実施に当たり、VAM 菌の胞子を提供していただいたセントラル硝子株式会社、協和発酵工業株式会社及び農林水産省森林総合研究所に厚くお礼申し上げる。また、本報のご校閲をいただいた農林水産省草地試験場の齋藤雅典博士に深謝の意を表する。

II リンゴ幼苗の生育に対する VAM 菌の接種効果

1. VAM 菌の種類の違いがリンゴ実生の生育に及ぼす影響

VAM 菌がリンゴ樹の生育に及ぼす影響を明らかにするため、*Gigaspora margarita*, *Glomus* sp. 301、401、402の4種類の VAM 菌を用いてリンゴ幼苗に対する接種試験を行った。

(1) 試験方法

1988年7月11日に、クロルピクリンで殺菌した岩木山系黒ボク土壌を径15cmのビニールポットに充填し、あらかじめ殺菌土壌で、約1か月間生育させたミツバカイドウ実生 (*Malus sieboldii*, *mitsumenai*) を移植した。VAM 菌の接種はミツバカイドウ実生の移植直前に表1に

表1 処理区の概要

処理区	VAM菌の種類	接種量
Gl. sp. 301	<i>Glomus</i> sp. 301	1000個/ポット
〃 401	〃 401	〃
〃 402	〃 402	〃
G. m.	<i>Gigaspora margarita</i>	30個/ポット
無処理	—	—

示す VAM 菌の孢子量を土壤に混合して行った。

調査は約3か月間生育させた後、ミツバカイドウ実生の生育、VAM菌の感染指数及び根中無機成分含有率について行った。VAM菌の感染指数は染色した細根を成長点のある根端から長さ約1cmに切り、光学顕微鏡で20本程度検鏡し、皮層全面積に対するVAM菌の占有面積を5段階で評価した。VAM菌を観察するための細根の保存及び染色は山家(28)の方法により行った。すなわち、採取した細根はただちに流水で洗浄し、さらに超音波洗浄器で細根表面の土をていねいに落とし、FAA(フォルマリン13ml、氷酢酸5ml、50%エチルアルコール200ml)固定液中に保存した。VAM菌を染色するため、保存した細根を流水で1時間ほど洗って固定液を除き、100mlのビーカーで10%水酸化カリウムに浸し、ホットプレート上で100°Cに保ち、1時間煮沸した。水酸化カリウム液を除いた後、10倍に薄めた過酸化水素水(約3%)で約30分ほど色素がなくなるまで漂白した。漂白後、水洗を繰り返して過酸化水素水を除き、ラクトフェノール(石炭酸10g、蒸留水10ml、乳酸10g、グリセリン20ml)に0.05%トリパンブルーを加えた染色液に入れ、約10分間100°Cで煮沸させて染色した。染色した細根はトリパンブルーの入らないラクトフェノール液に移して保存し、VAM菌の観察に供試した。

また、根中無機成分の分析方法は、Nがミクロケルダール法、その他の成分は電気炉にて乾式灰化後、塩酸(1:1)で溶解し、定容とした

表2 ミツバカイドウ実生の生育とVAM菌感染指数(1988)

処理区	実生の高さ(cm/本)	全乾物重(g/本)	VAM菌感染指数
Gl. sp. 301	11.3a ^Z	1.74a	2.2
〃 401	3.1c	0.26b	0.3
〃 402	8.6b	1.27a	2.2
G. m.	7.4b	1.31a	1.8
無処理	3.1c	0.20b	0.0

Z:異なる英文字間には5%水準で有意差がある

表3 根中無機成分含有率(乾物%, 1988)

処理区	N	P	K	Ca	Mg
Gl. sp. 301	2.09	0.34	1.79	0.29	0.25
〃 401	1.95	0.18	0.96	0.38	0.21
〃 402	1.96	0.23	1.78	0.29	0.25
G. m.	2.15	0.23	2.11	0.24	0.29
無処理	2.09	0.17	1.08	0.46	0.23

溶液につき、Pはバナドモリブデン酸比色法で、K、Ca、Mgは原子吸光法で定量した。

なお、VAM菌の染色法及び樹体の無機成分の分析法は以下の試験においても同様に行った。

(2) 結果

表2にミツバカイドウ実生の生育とVAM菌の感染指数を示した。Gl. sp. 301、402及びG. m. 接種区のミツバカイドウ実生の生育は無処理区より勝り、VAM菌の接種効果がみられたが、Gl. sp. 401接種区のミツバカイドウ実生の生育は無処理区と差がなく、VAM菌の接種効果がみられなかった。

VAM菌の感染指数はミツバカイドウ実生の生育が良好なGl. sp. 301、402及びG. m. 接種区では、1.8~2.1の値を示したが、VAM菌の接種効果がみられないGl. sp. 401接種区では0.3と低かった。

表3にミツバカイドウ実生の根中無機成分含有率を示した。生育が良好なGl. sp. 301、402及びG. m. 接種区のP、K含量が無処理区より高く、逆にCaの含量が低い傾向を示した。Gl. sp.

301区の P 含量は他の処理区より高い傾向を示した。

2. マルバカイドウ挿し木苗の生育に対する VAM 菌の接種効果

これまで、リンゴを対象とした VAM 菌の接種試験の報告は、実生を使った試験がほとんどで、挿し木苗に対する試験例はない。実際に、VAM 菌の接種を考えた場合、リンゴの苗木の生産段階で VAM 菌を接種することが 1 つの方法である。そこで、苗木生産に用いられるマルバカイドウの挿し木苗に対する VAM 菌の接種試験を行った。

(1) 試験方法

1989年、クロロピクリン処理+VAM 菌接種区 (CP-VA)、クロロピクリン処理区 (CP) 及び無処理区の 3 処理区を設け、岩木山系黒ボク土壌を 1/2000 のワグネルポットに充填した。6 月 7 日に長さ 20 cm に揃えたマルバカイドウ (*Malus prunifolia* var. *ringo* ASAMI) 1 年枝を 1 ポット当たり 4 本ずつ挿し木した。反復はそれぞれ 10 ポットずつとした。供試土壌の化学性は表 4 に示した。

VAM 菌の接種は挿し木する直前に、1 ポット当たり 1000 個の G. m. の孢子が入っているバーミキュライトを土壌に混合して行った。無処

理区には VAM 菌の孢子の入っていないバーミキュライトを施用した。

調査は 10 月に解体して、マルバカイドウ挿し木苗の生育、葉中無機成分含有率、VAM 菌の感染指数について行った。VAM 菌の感染指数は染色した根片を光学顕微鏡で 20 本程度検鏡し、皮層全面積に対する VAM 菌の占有面積を 5 段階で評価した。

(2) 結果

表 5 にマルバカイドウ挿し木苗の生育及び VAM 菌の感染指数を示した。CP 区のマルバカイドウ挿し木苗の総新梢長及び総新梢乾物重は、無処理区に比べて著しく劣り、葉色も生育が進むにつれて赤銅色となった。しかし、VAM 菌を接種した CP-VA 区では順調に生育し、無処理区と比べて総新梢長では差がみられなかったが、総新梢乾物重では勝った。

VAM 菌の感染指数は CP-VA 区と無処理区で差がなく、無処理区では土着の VAM 菌が感染していた。

表 6 に葉中無機成分含有率を示した。マルバカイドウ挿し木苗の生育が劣った CP 区の P、K、Mg 含量が他の処理区より低かった。特に、P 含量は著しく低く、葉色が赤銅色となり、リン酸欠乏症状を示した。殺菌した処理の N 含量が無処理区より高く、逆に Ca 含量が低かった。

表 4 供試土壌の化学性 (1989)

pH (H ₂ O)	T-N (KCl) (%)	T-C (%)	置換性塩基 (me/100 g 乾土)			有効態 P ₂ O ₅ (mg/100 g 乾土)	
			CaO	K ₂ O	MgO		
5.7	4.5	0.33	6.20	2.74	0.56	1.03	1.2

表 5 マルバカイドウの生育及び VAM 菌の感染指数 (1989)

処理区	総新梢長 (cm/本)	総新梢乾物重 (g/本)	VAM 菌 感染指数
CP	42.8b ²	1.8c	Trace
CP-VA	90.2a	6.7a	2
無処理	88.3a	5.3b	2

Z: 異なる英文字間には 5% 水準で有意差がある

表 6 葉中無機成分含有率 (乾物%, 1989)

処理区	N	P	K	Ca	Mg
CP	1.45a ^z	0.06c	0.90c	0.61b	0.24b
CP-VA	1.55a	0.15a	1.16b	0.65b	0.27a
無処理	0.98b	0.10b	1.28a	0.82a	0.27a

Z: 異なる英文字間には 5% 水準で有意差がある

III リン酸の施用量の違いが VAM 菌の接種効果に及ぼす影響

VAM 菌を接種することによってリンゴ幼苗の生育が促進され、その要因としてリンゴ幼苗のリン酸吸収が助長されることが明らかになった。そこで、リン酸の施用量の違いが VAM 菌の接種効果に及ぼす影響について、リンゴ実生とダイズを用いて検討した。

(1) 試験方法

1990年にリン酸の施用量 4 水準、クロロピクリン処理の有無及び VAM 菌接種の有無を組み合わせた表 7 に示す処理を設け、リンゴ実生とダイズの生育試験を行った。土壌は岩木山系黒ボク土壌 (トルオーグ法による有効態リン酸含量 7.4 mg/100g 乾土) を用い、径 12 cm のビニールポットに充填した。6 月 2 日に、ミツバカイドウ実生の移植とダイズ (青森みどり) の播種を行った。ミツバカイドウ実生はあらかじめ殺菌土で約 1 か月間生育させたものを用いた。ダイズは 1 ポット当たり 2 個ずつ播種し、発芽 5 日後に生育の揃いをみて 1 本に間引きした。反復はそれぞれミツバカイドウ実生が 10 ポット、ダイズは 5 ポットずつとした。

VAM 菌の接種方法はミツバカイドウ実生の移植及びダイズの播種直前に、1 ポット当たり

100 個の G.m. の胞子が入っているバーミキュライトを土壌に混合して行った。無接種区には VAM 菌の胞子が入っていないバーミキュライトを施用した。

ミツバカイドウ実生に対して、7 月 7 日と 8 月 6 日に 1 ポット当たり N 50 mg を尿素で施用した。リン酸の施用は過リン酸石灰で行った。

ダイズは 8 月 13 日まで、ミツバカイドウ実生は 9 月 14 日まで生育させ、全乾物重、葉及び根中無機成分含有率、VAM 菌の感染指数について調査した。VAM 菌の感染指数は染色した根片を光学顕微鏡で 50 片程度検鏡し、皮層全面積に対する VAM 菌の占有面積を 5 段階で評価した。

(2) 結 果

1) ミツバカイドウ実生とダイズの生育

図 1、2 にミツバカイドウ実生及びダイズの生育を示した。ミツバカイドウ実生の生育はクロロピクリン・VAM 菌接種 (CP-VA) 処理がいずれのリン酸施用量においても良好でクロロピクリン (CP) 処理より勝り、VAM 菌の接種効果がみられた。CP 処理と無殺菌処理のミツバカイドウ実生の生育はリン酸の施用量が多い

表 7 処理区の概要

処 理 区	クロロピクリン 処理の有無	リン酸の施用量 (mgP ₂ O ₅ /100g 乾土)	VAM 菌の 接種の有無
CP-P0	+	0	-
CP-P1	+	5	-
CP-P2	+	15	-
CP-P3	+	30	-
CP-VA-P0	+	0	+
CP-VA-P1	+	5	+
CP-VA-P2	+	15	+
CP-VA-P3	+	30	+
無殺菌-P0	-	0	-
無殺菌-P1	-	5	-
無殺菌-P2	-	15	-
無殺菌-P3	-	30	-

今：リンゴ幼苗の生育に対する VA 菌根菌の接種効果

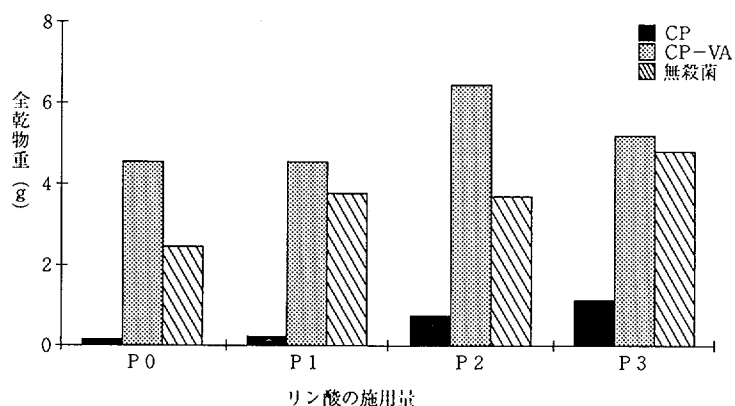


図1 ミツバカイドウ実生の生育 (1990)

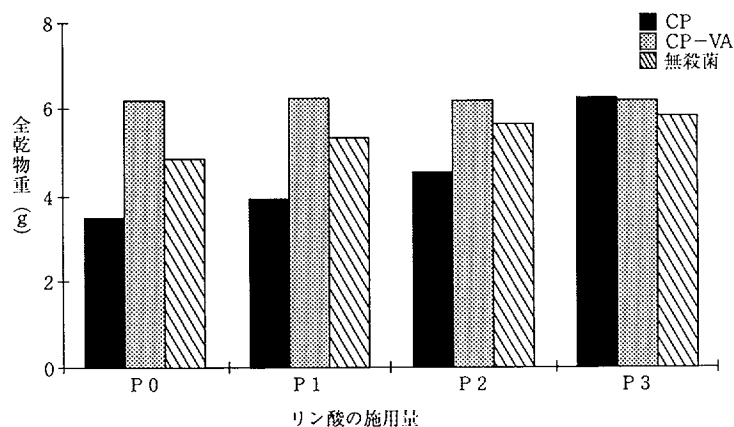


図2 ダイズの生育 (1990)

ほど勝ったが、CP 処理の増加量はわずかな程度で、無殺菌処理よりも生育が著しく劣った。

一方、ダイズの生育は、リン酸 P0、P1、P2 施用処理では CP-VA 処理が CP 処理より勝り、VAM 菌の接種効果がみられたが、リン酸 P3 施用処理では CP 区の生育が CP-VA 区と同等になり、VAM 菌の接種効果がみられなかった。CP-VA 処理のダイズの生育はリン酸の施用量に関係なく良好で差がなかった。無殺菌処理のダイズの生育はリン酸の施用量が多いほど良好になり、リン酸 P3 施用区では他の処理区と同等になった。CP 処理のダイズの生育はリン酸の施用量が多いほど勝ったが、リン酸 P0、P1、P2 施用では無殺菌処理より劣った。

2) VAM 菌の感染指数

表 8 に VAM 菌の感染指数を示した。VAM 菌の感染指数は、CP-VA 処理ではミツバカイドウ実生、ダイズともリン酸の施用量の違いによる差はみられなかった。

無殺菌処理では土着の VAM 菌の感染が認められ、ミツバカイドウ実生ではリン酸の施用量が多いほど VAM 菌の感染指数が低下する傾向がみられた。ダイズではリン酸の施用量が最も多い P3 区の感染指数が他のリン酸施用区より低い傾向がみられた。

3) 葉及び根中無機成分含有率

表 9、10 にミツバカイドウ実生とダイズの葉及び根中無機成分含有率を示した。ミツバカイ

表8 VAM菌の感染指数 (1990)

処理区	ミツバカイドウ 実生の感染指数	ダイズの感染指数
CP-P0	0.0	0.0
CP-P1	0.0	0.0
CP-P2	0.0	0.0
CP-P3	0.0	0.0

CP-VA-P0	1.9	3.7
CP-VA-P1	2.4	3.6
CP-VA-P2	2.4	3.7
CP-VA-P3	1.6	3.5

無殺菌-P0	2.2	2.2
無殺菌-P1	2.0	2.2
無殺菌-P2	1.5	2.4
無殺菌-P3	0.9	1.5

ドウ実生では CP-P0 P1 P2 区(分析試料が少ないので CP-P0、CP-P1、CP-P2 を合わせて分析) と無殺菌-P3 区の葉中 P 含量が他の処理区より低く、CP 処理の N 含量が他の処理区より高かった。また、CP 処理の根中 P 含量が他の処理区より低く、逆に N 含量が高かった。一方ダイズでは、CP-VA 処理の葉、根とも P 含量がいずれのリン酸施用量においても他の処理より高かった。ミツバカイドウ実生、ダイズとも他の無機成分では一定の傾向はみられなかった。

表9 ミツバカイドウ実生の葉及び根の無機成分含有率 (乾物%、1990)

処理区	葉中無機成分含有率					根中無機成分含有率				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
CP-P0 P1 P2 ^Z	3.22	0.11	0.90	0.65	0.22	2.66	0.12	0.90	0.39	0.17
CP-P3	3.13	0.17	0.96	0.71	0.23	2.66	0.12	0.90	0.43	0.17

CP-VA-P0	2.83	0.18	1.03	0.88	0.26	1.67	0.22	1.03	0.34	0.17
CP-VA-P1	2.86	0.18	0.93	0.85	0.23	1.60	0.21	0.95	0.34	0.15
CP-VA-P2	2.70	0.17	0.96	0.87	0.25	1.58	0.22	0.90	0.37	0.14
CP-VA-P3	2.66	0.16	0.92	0.86	0.25	1.71	0.23	1.01	0.38	0.16

無殺菌-P0	2.36	0.15	1.26	0.90	0.23	0.94	0.18	1.05	0.36	0.17
無殺菌-P1	2.27	0.15	1.19	0.94	0.21	0.95	0.15	0.95	0.37	0.17
無殺菌-P2	2.11	0.15	1.16	0.85	0.23	0.77	0.16	1.00	0.33	0.17
無殺菌-P3	2.40	0.11	1.09	0.86	0.23	1.12	0.15	0.99	0.39	0.19

Z: 分析試料が少ないので P0、P1、P2 の試料を合わせて分析

表10 ダイズの葉及び根の無機成分含有率 (乾物%、1990)

処理区	葉中無機成分含有率					根中無機成分含有率				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
CP-P0	2.47	0.07	1.70	0.88	0.43	2.71	0.10	1.57	0.33	0.85
CP-P1	2.84	0.08	1.64	1.07	0.40	2.38	0.11	1.20	0.32	0.99
CP-P2	2.24	0.08	1.49	0.96	0.34	2.39	0.11	1.26	0.32	1.11
CP-P3	2.08	0.07	1.39	1.07	0.34	2.92	0.11	0.91	0.30	1.05

CP-VA-P0	2.57	0.18	1.41	1.15	0.33	2.86	0.25	0.96	0.39	0.69
CP-VA-P1	2.94	0.19	1.47	1.19	0.34	2.91	0.24	0.79	0.35	0.60
CP-VA-P2	2.64	0.20	1.50	1.18	0.34	2.81	0.26	0.82	0.39	0.76
CP-VA-P3	1.93	0.17	1.22	1.04	0.26	2.34	0.25	0.77	0.38	0.85

無殺菌-P0	2.71	0.09	1.47	0.95	0.25	2.53	0.12	0.97	0.35	0.88
無殺菌-P1	2.66	0.08	1.35	0.94	0.24	2.66	0.15	0.80	0.35	0.78
無殺菌-P2	3.03	0.10	1.42	1.09	0.26	2.79	0.17	0.82	0.35	0.89
無殺菌-P3	2.83	0.09	1.40	0.99	0.27	2.53	0.15	0.79	0.33	0.88

IV 粉炭施用が VAM 菌の感染及びリンゴ幼苗の生育に及ぼす影響

1. 殺菌土壌における粉炭施用と VAM 菌の接種効果

小川ら(16)が粉炭を土壌に施用することによって、VAM 菌の感染が高まり、ダイズの生育が促進されることを報告して以来、近年、粉炭の施用が植物の生育を促進した報告は多い。そこで、粉炭の施用が VAM 菌の感染とリンゴ幼苗の生育に及ぼす影響について検討した。

(1) 試験方法

1987年に、粉炭施用の有無、VAM 菌接種の有無及び施肥 2 水準を組み合わせた表11に示す処理区を設け、リンゴ実生に対する VAM 菌の接種試験を行った。

5月29日に、オートクレーブ(120°C、20分)で殺菌した岩木山系黒ボク土壌を径12cmのビニールポットに充填し、あらかじめ殺菌土で約1か月生育させたコホクカイドウ実生(*Malus hupehensis*)を移植した。VAM 菌の接種は6月10日にコホクカイドウ実生の根元から2cmぐらい離れたところに、指で深さ2cmぐらいの穴を2か所あけ、VAM 菌の胞子が入った蒸留水を流し込んで行った。施肥は6月29日に高度化成肥料(N:P:K=15:15:15)で行った。反復はそれぞれ10ポットずつとした。

調査は約4か月間生育させた後に、コホクカイドウ実生の生育、根中無機成分含有率、VAM 菌の感染率及び胞子数について行った。

VAM 菌の感染率の測定は、染色した根片をシャーレに100本程度並べ、実体顕微鏡で検鏡し、全調査根数に対する VAM 菌の感染した根数の割合で求めた。

VAM 菌の胞子数の調査は水洗篩別法で行った。すなわち、土壌100mlに水を加えて懸濁し、2mmのフルイを通して大きいゴミを除いた後、再び、懸濁水を0.1mmのフルイを通し、フルイ上に残ったものをゆすりながら流水で静かに洗い、泥を除いて VAM 菌の胞子を含む浮遊物をシャーレにとった。実体顕微鏡下で VAM 菌の胞子を拾い集め、土壌100ml中の胞子数を調査した。調査は5回繰り返し、その平均値で示した。

(2) 結果

表12、図3にコホクカイドウ実生の生育を示した。VAM 菌を接種したコホクカイドウ実生の生育は接種しない場合より、施肥量及び粉炭施用の有無にかかわらず勝り、VAM 菌の接種効果がみられた。その生育パターンを見ると、VAM 菌を接種した処理では8月以降の生育量が大きかったのに対し、接種しない処理では8月以降の生育が鈍かった。施肥量2倍区と粉炭施用区のコホクカイドウ実生の生育は無処理区と差がなく、VAM 菌を接種した場合においても同様に差がなかった。

表13にコホクカイドウ実生の根中無機成分含

表11 処理区の概要

処理区	処理内容	VAM 菌の接種の有無と種類	VAM 菌の接種量 (個数/ポット)	粉炭の施用量 (g/ポット)	施肥量 (g/ポット)
1	無処理	—	—	—	2
2	S. g.	<i>Scutellospora gregaria</i> (S. g.)	20	—	2
3	施肥 2 倍	—	—	—	4
4	S. g. + 施肥 2 倍	S. g.	20	—	4
5	粉炭	—	—	3	2
6	S. g. + 粉炭	S. g.	20	3	2
7	G. m.	<i>Gigaspora margarita</i> (G. m.)	50	—	2

表12 コホクカイドウ実生の生育 (1987)

処 理 区	実生の高さ (cm/本)	全乾物重 (g/本)	根の乾物重 (g/本)
1 無処理	24.8ab ^z	4.6a	3.3a
2 S.g.	38.1cd	6.5b	4.5b
3 施肥2倍	20.2a	3.5a	2.9a
4 S.g.+施肥2倍	36.1cd	6.6b	4.6b
5 粉 炭	30.6bc	4.9a	3.4a
6 S.g.+粉炭	43.0d	7.7b	5.0b
7 G.m.	43.5d	7.5b	5.1b

Z : 異なる英文字間には5%水準で有意差がある

表13 根中無機成分含有率 (乾物%, 1987)

処 理 区	N	P	K	Ca	Mg
1 無処理	2.43	0.12	0.56	0.28	0.20
2 S.g.	2.48	0.16	0.62	0.35	0.23
3 施肥2倍	3.70	0.11	0.79	0.37	0.20
4 S.g.+施肥2倍	3.60	0.11	0.70	0.27	0.19
5 粉 炭	2.73	0.12	0.79	0.30	0.24
6 S.g.+粉炭	2.22	0.08	0.99	0.34	0.28
7 G.m.	2.65	0.13	0.66	0.29	0.22

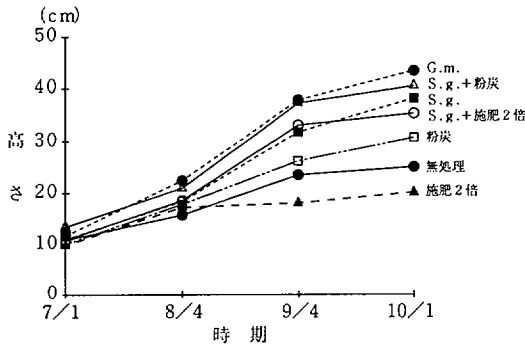


図3 コホクカイドウ実生の高さの推移 (1987)

有率を示した。VAM菌接種の有無にかかわらず施肥2倍区のN含量が他の処理区より高く、粉炭の施用によってKが無施用より高い傾向を示した。また、S.g.接種区のPが他の処理区よりやや高い傾向を示した。

表14にVAM菌の感染率と孢子数を示した。VAM菌の感染率は処理間に明らかな差はみられなかった。また、土壤中に形成されたVAM菌の孢子数はG.m.接種区が最も多かった。S.g.を接種した処理の中で、S.g.+施肥2倍区の

表14 VAM菌の感染率と土壤中の孢子数 (1987)

処 理 区	感染率 (%)	孢子数 (個数/100 ml 土)
1 無処理	—	—
2 S.g.	66.0	17.2b ^z
3 施肥2倍	—	—
4 S.g.+施肥2倍	66.0	2.6c
5 粉 炭	—	—
6 S.g.+粉炭	71.9	13.2b
7 G.m.	58.2	58.6a

Z : 異なる英文字間には5%水準で有意差がある

孢子数が少なかった。

2. 無殺菌土壌における粉炭施用とVAM菌の接種効果

これまで行ったVAM菌の接種試験は殺菌した土壌における結果である。実際の圃場でVAM菌を接種する場合を考え、殺菌処理を行わない土壌におけるVAM菌の接種効果について粉炭の施用と組み合わせて検討した。

(1) 試験方法

1989年にクロルピクリン処理の有無、粉炭施

用の有無及び VAM 菌接種の有無を組み合わせた表15に示す処理区を設け、リンゴ実生の生育試験を行った。土壌は岩木山系黒ボク土壌を用い、径 15 cm のビニールポットに充填した。5 月23日にあらかじめ殺菌土で約 1 か月間生育させたミツバカイドウ実生を移植した。

VAM 菌の接種はミツバカイドウ実生の移植直前に、1 ポット当たり1000個の G.m. の胞子の入ったパーミキュライトを土壌に混合して行った。無接種区には VAM 菌の胞子が入っていないパーミキュライトを土壌に施用した。反復はそれぞれ10ポットずつとした。

施肥はミツバカイドウ実生移植 1 か月後に、高度化成肥料 (N : P : K=15 : 5 : 10) を 1 ポット当たり 2g ずつ施用した。

調査は 3 か月間生育させた後にミツバカイドウ実生の生育、VAM 菌の感染指数、土壌中に形

成された G.m. の胞子数について行った。VAM 菌の感染指数は染色した根片を光学顕微鏡で30 片程度検鏡し、皮層全面積に占める VAM 菌の感染割合を 5 段階で評価した。G.m. の胞子数は、水洗篩別法で 5 回繰り返し、その平均値で示した。

(2) 結 果

表16に、ミツバカイドウ実生の生育、VAM 菌の感染指数及び G.m. の胞子数について示した。無殺菌土壌では、ミツバカイドウ実生の生育は VAM 菌の接種の有無、粉炭施用の有無にかかわらず、処理間に明らかな差がなく、VAM 菌の接種及び粉炭の施用による生育促進効果はみられなかった。

殺菌 (クロルピクリン処理) 土壌では、粉炭施用の有無にかかわらず VAM 菌を接種することによって無接種よりミツバカイドウ実生の

表15 処理区の概要

処 理 区	クロルピクリン 処理の有無	VAM 菌接種の 有無	粉炭施用の 有無 ²
無殺菌	-	-	-
無殺菌-VA	-	+	-
無殺菌-粉炭	-	-	+
無殺菌-粉炭-VA	-	+	+

CP	+	-	-
CP-VA	+	+	-
CP-粉炭	+	-	+
CP-粉炭-VA	+	+	+

Z : 粉炭の施用量は容量比で 3% 施用

表16 ミツバカイドウ実生の生育、VAM 菌の感染指数及び胞子数 (1989)

処 理 区	実生の高さ (cm/本)	VAM 菌 感染指数	G.m. の胞子数 (個/100 ml 土)
無殺菌	22.1ab ²	2.5	-
無殺菌-VA	25.9a	2.5	27.6c
無殺菌-粉炭	25.8a	2.5	-
無殺菌-粉炭-VA	27.8a	3.0	21.8c

CP	4.3c	0.0	-
CP-VA	21.8b	3.5	56.0a
CP-粉炭	4.4c	0.5	-
CP-粉炭-VA	19.8b	3.5	39.2b

Z : 異なる英文字間には 5% 水準で有意差がある

表17 葉中無機成分含有率(乾物%、1989)

処理区	N	P	K	Ca	Mg
無殺菌	2.24	0.18	1.37	1.00	0.33
無殺菌-VA	2.30	0.18	1.54	1.04	0.29
無殺菌-粉炭	2.50	0.21	1.50	0.96	0.25
無殺菌-粉炭-VA	2.34	0.20	1.54	1.02	0.27
CP区+CP-粉炭区 ²	1.80	0.09	0.64	0.64	0.32
CP-VA	3.12	0.18	0.98	0.98	0.27
CP-粉炭-VA	3.00	0.20	1.48	0.80	0.23

Z: 分析試料が少ないのでCP区とCP-粉炭区の試料を合わせて分析

生育が勝り、VAM菌の接種効果がみられた。CP区及びCP-粉炭区のミツバカイドウ実生は著しく生育が劣った。

無殺菌処理のVAM菌の感染指数はVAM菌の接種及び粉炭の施用の有無にかかわらず処理間に明らかな差がみられず、土着のVAM菌がよく感染していた。また、CP-VA区とCP-粉炭-VA区のVAM菌の感染指数に差はなく、粉炭施用によるVAM菌の感染指数の向上はみられなかった。

土壤中に形成されたG.m.の胞子数は粉炭施

用の有無にかかわらず殺菌土壌が無殺菌土壌より多かった。殺菌土壌ではCP-粉炭-VA区のG.m.の胞子数がCP-VA区より少なかった。無殺菌処理ではG.m.の胞子より小さく、無色透明な胞子が観察された。

表17に、葉中無機成分含有率を示した。CP区+CP-粉炭区(分析試料が少ないのでCP区とCP-粉炭区を合わせて分析)のN、P、K、Ca含量とCP-VA区のK含量が他の処理区より低く、CP-VA処理のN含量が粉炭施用の有無にかかわらず他の処理区より高かった。

V 考

最近、国内においてもVAM菌に関する研究手法の解説書が出版され(2)(24)、各方面でVAM菌の研究が進められるようになった。これまでのVAM菌に関する研究はポット試験を中心とした基礎研究が主体であるが、一方ではすでにVAM菌が国内の企業によっても商品化(VAM菌の胞子を大量に増殖させ、接種源としたもの)され、利用場面の検討に入っている。しかし、VAM菌は絶対共生菌で純粋培養ができないことから、VAM菌の生理、生態などまだ十分に解明されていない点が多い。

また、VAM菌の分類も胞子の形態学的特性に依存しているため、同定には熟練を要し、非常に難しい。VAM菌は現在までのところ、6属(*Acaulospora*, *Enterophospora*, *Sclerocystis*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Scutellospora*)に分類され、

察

147種が報告されている(2)。

VAM菌は世界に広く分布しているが、土壌の種類や気象、作物の種類によって分布するVAM菌の種類が異なり、わが国では*Acaulospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Scutellospora*属が広く分布することが報告されている(22)(26)(27)。

従って、VAM菌の利用を考えた場合、その地域に分布するVAM菌の種類を調査し、対象作物ごとにVAM菌との関係を把握する必要がある。本報告はVAM菌の中で我が国に広く分布し、民間会社で大量増殖に成功している*Gigaspora margarita*, *Scutellospora gregaria*, *Glomus* sp. 3種類、計5種類のVAM菌を用いて、リンゴ幼苗の生育に対する接種効果について検討した。

1. 殺菌土壌における VAM 菌の接種効果

表 2、5、12、16 及び図 1 に示すように、殺菌土壌で行った一連の VAM 菌の接種試験では、VAM 菌の接種によってリンゴ幼苗のリン酸吸収が助長され、生育が促進されることから、VAM 菌がリンゴ樹の生育に重要な役割を果たしていることが本試験においても明らかになった。

表 2、12 の結果から、本試験で用いた VAM 菌 5 種類の中で、*Glomus* 属の 1 種類だけリンゴ幼苗の生育促進効果がみられなかった。一般に、VAM 菌は宿主特異性はないとされているが、斉藤(21)や GEDDEDA(4)らは宿主の種類によって優先的に感染する VAM 菌の種類が異なると報告している。また、GEDDEDA(5)らは VAM 菌の種類によって生育促進効果が異なることを報告している。しかし、供試した VAM 菌の接種源の効力 (inoculum potential) が低いことも考えられ、いずれの原因によるものかはさらに検討を要する。表 1 において *Gl. sp.* の 3 種類と *G. m.* の接種量が違うので単純に比較できないが、*Gl. sp.* 301 を接種したリンゴ実生の生育が良好でしかも根中の P 含有率も高いことから、供試した 4 種類の VAM 菌の中では *Gl. sp.* 301 が最もリンゴに対して接種効果が高い種類と考えられる。

以上のことから、リンゴ栽培において VAM 菌の接種を行う場合、リンゴ樹に対して最も生育促進効果が高い VAM 菌の種類を探索することが必要である。

表 5 に示すように、マルバカイドウ挿し木苗に対する VAM 菌の接種効果がみられ、良苗を生産する上で、VAM 菌は有効な働きをすることが示唆された。これまでの苗木生産は地上部の生育に重点がおかれ、根量が十分でないにもかかわらず、多肥によって見掛け上の良苗生産が行われている。多肥は VAM 菌の消滅を促

し、ますます多肥にせざるを得ない状況に陥ることが懸念される。VAM 菌の存在を考慮した肥培管理により、健全なリンゴ苗木を生産することが大切であると考えられる。

2. 無殺菌土壌における VAM 菌の接種効果

殺菌した土壌では VAM 菌の接種効果がみられたが、表 16 に示すように殺菌しない土壌で VAM 菌を接種してもリンゴ実生の生育を促進する効果がみられなかった。これは、供試土壌に土着の VAM 菌が存在し、リンゴ実生にこの土着の VAM 菌がよく感染していたためと考えられる。

これまで VAM 菌の接種が植物の生育を促進するという報告は、土壌を殺菌して土着の VAM 菌を除去してから改めて VAM 菌を接種したものがほとんどである。土着の VAM 菌が存在する実際の圃場で VAM 菌の人工接種の効果がでている報告は少ない。

苗畑でリンゴの苗木を養成し、あらかじめリンゴの苗木に VAM 菌を接種して感染させてから圃場に植え付けると VAM 菌が感染していない苗木より生育が勝り、VAM 菌の接種効果がみられている報告がある(18)。

これらのことから、土着の VAM 菌が存在する圃場において VAM 菌の接種効果を出すためには、リンゴ苗木の定植後に VAM 菌を接種するのではなく、あらかじめ苗畑でリンゴ苗木に十分 VAM 菌を感染させることが効果的であると考えられる。

3. 土壌殺菌によるリンゴ幼苗の生育阻害

一般に、クロロピクリンによる土壌殺菌は、土壌中の無機態窒素を増加させ、リンゴの連作障害である忌地現象を回避し、リンゴ樹の生育を促進することが知られている。しかし、本試験において、表 5、16、図 1 に示すように、クロロピクリンで殺菌することによってリンゴ幼

苗の生育が殺菌しない場合より著しく劣り、マルバカイドウ挿し木苗では葉色が赤銅色になり典型的なリン酸欠乏症状を呈した。この生育不良の原因はいずれの試験においても VAM 菌を接種することによってリング幼苗の生育が良好となったことから、クロルピクリンで土壤殺菌することによって土着の VAM 菌が低減し、リング幼苗がリン酸欠乏を起こしたためと考えられる。同様なことがモモ(12)やカンキツ類(9)でも報告されている。

しかし、実際のリング栽培において、新改植時に紋羽病や忌地に対する予防対策としてクロルピクリンによる土壤殺菌が行われているが、土壤殺菌後に植付けたリング苗木が本試験でみられたような生育不良になった例は見られていない。これは植付ける苗木と同時に VAM 菌が持ち込まれることや、殺菌された土壤の有効態リン酸含量が高い場合、リン酸が生育阻害要因にならないことが考えられる。

4. 施肥量の違いがリング幼苗の生育と VAM 菌の感染に及ぼす影響

VAM 菌の分布、感染には、施肥や土壌管理法の違い、除草剤の使用など多くの要因が関係し、これらに関する報告は多い(10)(14)(25)。施肥に関しては、N と P が最も強く影響することが知られている(8)(23)。

本研究においては、表12に示すように施肥量を2倍にした場合、VAM 菌の生育促進効果は標準施肥区と変わらなかったが、土壤中に形成された S.g. の孢子数が少なく、VAM 菌の孢子形成が施肥量を多くすることによって抑制された。

VAM 菌の孢子は重要な感染源であり、毎年、多肥を続けた場合、土壤中に形成される VAM 菌の孢子量が低下し、最後には VAM 菌が消滅することが考えられる。VAM 菌を消滅させないような合理的な肥培管理技術を確立すること

が必要である。

VAM 菌による生育促進効果は植物のリン酸吸収を助長することが大きな要因で、VAM 菌の接種効果はリン酸の施用量が少ない場合に高く、多い場合には低いとされている(3)。リン酸の施用がリング実生とダイズの生育及び VAM 菌に及ぼす影響について検討した結果、図1、2に示すようにミツバカイドウ実生は VAM 菌を欠くとリン酸の施用量を増やしても本試験のリン酸の施用レベルでは生育が著しく劣り、リン酸の施用で VAM 菌の代替えすることはできなかった。ダイズではリン酸 30 mg/100 g 乾土施用レベルで VAM 菌の接種の有無にかかわらず生育が同等になり、このリン酸の施用レベルで代替えが可能になった。

COVEY ら(1)はリング実生とトウモロコシの生育に対する VAM 菌の接種とリン酸の施用量の影響について検討し、リング実生はリン酸の施用で VAM 菌接種の代替えはできなかったが、トウモロコシではリン酸の施用量を増加することによって VAM 菌接種の代替えができ、リング実生はトウモロコシより VAM 菌に対する依存性が高いと報告している。本試験でも同様な結果が得られ、リングはダイズに比べて VAM 菌に対する依存性が高いことが明らかになった。

これらのことから果樹などの永年作物の方が、1年生作物より VAM 菌に対する依存性が高いと考えられ、リングを含めた果樹栽培における VAM 菌の重要性が示唆された。本試験の結果は供試した土壤が火山灰土壤で、しかも有効態リン酸含量が低い土壤で行った結果であり、今後、他の土壤の種類や有効態リン酸含量の高い土壤での検討が必要である。

5. 粉炭の施用がリンゴ幼苗の生育と VAM 菌の感染に及ぼす影響

小川ら(16)が粉炭を土壤に施用することによって、VAM 菌の感染が高まり、ダイズの生育が向上することを報告して以来、VAM 菌の増殖資材として最近、木炭が注目され、木炭の施用が植物の生育を促進した報告は多い。木炭はアルカリ性で多孔質であることから、土壤の物理性を改善するとともに栄養分を含まないため、VAM 菌のような独立栄養微生物の繁殖に適しているとされている。中井ら(13)は海岸の砂地で粉炭を施用した場合にマツの生育を促進すると報告している。石井ら(6)も供試土壤に山砂を用い、粉炭の施用によってウンシュウミカンの苗木の生育が促進されることを報告している。

しかし、本試験では表12、16に示すように粉炭の施用によって VAM 菌の感染が向上し、リンゴ幼苗の生育が促進されることはなかった。

齊藤(19)は VAM 菌が侵入、増殖した粉炭を接種資材として用い、ダイズに対する効果を調べ、VAM 菌密度の低い土壤では VAM 菌の感染が高まったが、VAM 菌密度の高い土壤ではそのような効果がみられなかったと報告している。また、比較的 VAM 菌密度の高い黒ボク土畑圃場においてダイズに対する粉炭施用効果を調べた報告(20)によると、粉炭による VAM 菌感染率向上や生育促進はリン酸施用量が少なく、かつ生育初期においてのみ認められている。本試験に供試した土壤は多孔質の黒ボク土壤であり、また、VAM 菌の感染力が高い土壤である。そのため、粉炭の施用による VAM 菌の感染が高まらず、リンゴの生育に対する効果もはっきりしなかったものと考えられる。今後、不良土壤や VAM 菌の少ない土壤において、粉炭の施用効果について検討する必要がある。

6. 総括

VAM 菌の役割は植物の養分吸収を助長するだけではなく、耐乾性、耐病性も増加することが報告されていることから、リンゴ樹の根に VAM 菌を十分に感染させることが、リンゴ樹の生育に好影響を与えるものと思われる。筆者が青森県津軽地方のリンゴ園における VAM 菌の実態調査を行った結果、ほとんどのリンゴ園に VAM 菌が存在していることが明らかになった。しかし、園地によって VAM 菌の感染指数に差がみられ、VAM 菌の分布が土壤管理法の違いなどによって異なることが示唆された(11)。

殺菌しない土壤で、VAM 菌を接種しても土着の VAM 菌が存在したため、生育促進効果がみられなかったことやリンゴ園には広く土着の VAM 菌が存在していることから、実際のリンゴ栽培において VAM 菌の利用を考える場合、新たに VAM 菌を接種するよりもリンゴ園に現存する VAM 菌の活性を高めることが合理的と考える。

土着の VAM 菌は環境に対する適応範囲が広く、その地域の気象条件、土壤条件、作物に適応した生活を営んでいるが、施肥や農薬の散布などによって人工的に土壤の環境を変えた場合には、その急激な変化に VAM 菌が適応できず、その結果、VAM 菌が消滅することが考えられ、VAM 菌の働きを十分発揮させる施肥体系、土壤管理体系を確立することが必要であると考える。

VAM 菌は自然界に普遍的に存在する土壤微生物で、植物が陸上に上がってきた太古の時代から植物と共に助け合いながら今日まで進化してきた。植物の根に VAM 菌がついていることが正常な状態であると言える。環境にやさしく、低投入で持続可能な農業の確立が求められている現在、VAM 菌を含めた自然の生態系を利用するための研究が必要となってきた。

VI 摘 要

リンゴ幼苗に対する VAM 菌の接種試験を行ったところ、次の結果が得られた。なお、接種に用いた VAM 菌の種類は、*Gigaspora margarita* (G.m.), *Scutellospora gregaria* (S.g.), *Glomus* sp (Gl.sp.) 301、401、402で、供試した土壌は岩木山系黒ボク土壌である。

1. 殺菌した土壌で、リンゴ幼苗に対して G.m., S.g. 及び Gl.sp. 301、401、402の5種類の VAM 菌の接種試験を行った結果、G.m., S.g. 及び Gl.sp. 301、402はリンゴ幼苗のリン酸吸収を助長し、生育を促進したが、Gl.sp. 401では生育促進効果がみられなかった。

2. G.m. を用いて殺菌しない土壌におけるリンゴ幼苗に対する VAM 菌の接種試験を行った結果、リンゴ幼苗の生育促進効果はみられなかった。これは供試した土壌に土着の VAM 菌が存在していたためである。

3. 有効態リン酸含量の低い岩木山系黒ボク土壌を殺菌した場合、リンゴ幼苗の生育が殺菌しない土壌に比べて、著しく生育が劣った。これは、土壌殺菌によって土着の VAM 菌が低減

し、リンゴ幼苗がリン酸欠乏を起こしたためである。

4. VAM 菌の接種効果に及ぼす施肥量の影響について検討した結果、施肥量 (N:P:K=15:15:15の高度化成肥料) を倍にした場合、G.m. の孢子形成が抑制された。リンゴ実生とグイズに対するリン酸の施用量 (0、5、15、30 mg/100 g 乾土) と G.m. の接種効果について検討した結果、リンゴ実生ではいずれのリン酸施用量においても VAM 菌を接種することによって生育が無接種に比べて著しく勝った。グイズではリン酸の施用量が低い方ほど VAM 菌の接種効果が高かったが、リン酸の施用量が最も多い 30 mg/100 g 乾土では VAM 菌の接種の有無に関係なく生育が同等となり、VAM 菌の接種効果がみられなかった。リンゴ実生はグイズより VAM 菌に対する依存性が高かった。

5. 土壌に炭粉を混合して、リンゴ幼苗に対する G.m. の接種試験を行った結果、土壌殺菌の有無にかかわらず VAM 菌の感染指数の向上及び生育促進効果はみられなかった。

引用文献

1. COVEY, R. P., B. L. KOCH and H. J. LARSEN. (1981) Influence of vesicular arbuscular mycorrhizae on the growth of apple and corn in low-phosphorus soil. *Phytopathology*, 71(7) : 712-715.
2. 土壤微生物研究会編 (1992) 菌根菌の観察、分離と同定. 新編土壤微生物実験法 : 297-311.
3. EDRISS, M. H., R. M. DAVIS and D. W. BURGER. (1984) Influence of mycorrhizal fungi on cytokinin production in sour orange. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 109(4) : 587-590.
4. GEDDEDA, YOSEF, I., J. M. TRAPPE and R. L. STEBBINS. (1983) Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with apples grown in Oregon. *Hort Science*, 18(6) : 929-930.
5. GEDDEDA, YOSEF, I., J. M. TRAPPE and R. L. STEBBINS. (1984) Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae and phosphorus on apple seedlings. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 109(1) : 24-27.
6. 石井孝昭・門屋一臣 (1990) カンキツ園の土壤改良材としての炭の利用. 園学雑59別 1 : 36-37.
7. 石原愛也 (1986) 果樹の菌根の生態と茎頂培養苗木生産への利用. 昭59、60年度科学研究費補助金 (一般研究C) 研究成果報告 : 1-17.
8. JOHNSON, C. R., J. N. JOINER and C. E. CREWS. (1980) Effects of N, K and Mg on growth and leaf nutrient composition of three container grown woody ornamentals inoculated with mycorrhizae. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 105(2) : 286-288.
9. KLEINSCHMIDT, G. D and J. W. GERDEMANN. (1972) Stunting of citrus seedlings in fumigated nursery soils related to the absence of endomycorrhizae. *Phytopathology*, 62 : 1447-1453.
10. 小林紀彦 (1988) *Gigaspora margarita* 胞子の発芽に影響を及ぼす要因について. 土と微生物, 31 : 13-28.
11. 今 智之 (1995) 青森県内のリンゴ園における VA 菌根菌の実態. 土と微生物, 45 : 55-59.
12. LAMBERT, D. H., R. F. STOUFFER and H. COLE, Jr. (1979) Stunting of peach seedlings following soil fumigation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 104 : 433-435.
13. 中井裕一郎・原 敏男・雲林院源治 (1986) 海岸砂地におけるクロマツ植栽木の成長に及ぼす木炭施用効果 (II). 97回日林論 : 623-624.
14. NEMEC, S. (1980) Effects of 11 fungicides on endomycorrhizal development in sour orange. *Can. J. Bot.*, 58 : 522-526.
15. 農林水産省 (1992) 環境保全に資する農業政策. 新しい食料・農業・農村政策の方向 : 24.
16. OGAWA, M., Y. YAMBE and G. SUGIURA. (1983) Effects of charcoal on the root nodule and VA mycorrhizal formation of soybean. *Abst. 3rd Int. Mycol. Cong., Tokyo*.
17. 小川 真 (1985) VA 菌根-植物とかびの共生. 化学と生物, 23(2) : 103-111.
18. PLENCHETTE, C., V. FURLAN and J. A. FORTIN. (1981) Growth stimulation of apple trees in unsterilized soil under field conditions with VA mycorrhiza inoculation. *Can. J. Bot.*, 59 : 2003-2008.
19. 斎藤雅典 (1989) VA 菌根菌接種担体としての炭の可能性. 土と微生物, 34 : 65-68.
20. SAITO, M. (1989) Charcoal as a micro-habitat for VA mycorrhizal fungi, and its practical

implication. *Agric. Ecosystem Environ.*, 29 : 341-344.

21. 斎藤雅典・加藤忠司 (1991) VA 菌根菌の生態的宿主特異性について. 土肥要旨集、37 : 31.
22. SAITO, M., R. VARGAS. (1991) Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in some humus rich Ando soils of Japan. 土と微生物、38 : 3-15.
23. 佐藤 喬・平田 熙 (1991) 異なるりんレベルの黒ボク土におけるダイズの生育に及ぼす VA 菌根菌の影響. 土肥要旨集、37 : 35.
24. 植物栄養実験法編集委員会編 (1990) VA 菌根菌と草本植物. 植物栄養実験法 : 100-112.
25. 俵谷圭太郎・但野利秋・田中 明 (1985) 北海道における作物の VA 菌根菌感染状態. 土肥誌、56 : 141-146.
26. UEDA, T., T. HOSOE, S. KUBO, M. OGAWA, I. NAKANISHI. (1992) Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (GLOMALES) in Japan : I. Isolation and identification of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi from acidic loam of volcanic ash in the Tsukuba area *Trans. Mycol. Soc. Japan*, 33 : 63-76.
27. UEDA, T., T. HOSOE, S. KUBO, I. NAKANISHI. (1992) Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (GLOMALES) in Japan : II. A field survey of vesicular-arbuscular mycorrhizal association with medicinal plants in Japan. *Mycol. Soc. Japan*, 33 : 77-86.
28. 山家義人 (1978) 内生菌根菌の簡易な観察法とスギ、ヒノキについての観察結果. 89回日林論 : 121-122.

Effects of the Inoculation with Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi on the Growth of Apple Seedlings

Tomoyuki KON

Aomori Apple Experiment Station
Kuroishi, Aomori 036-03, Japan

Summary

Effects of the inoculation with Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal (VAM) fungi on the growth of apple seedlings were studied from 1987 to 1990. The following VAM fungi were used for the inoculation experiments ; *Gigaspora margarita* (*G. m.*), *Scutellospora gregaria* (*S. g.*), *Glomus* sp. (*Gl. sp.*) 301, 401, 402. The soils used were humus rich Ando soils.

1. In the fumigated soil the inoculations of VAM fungi (*G. m.*, *S. g.*, *Gl. sp.* 301, 401, 402) on apple rootstocks seedlings were examined. All inoculations except *Gl. sp.* 401 improved both the growth and phosphorus (P) uptake of apple seedlings.

2. In non-fumigated soil the inoculation experiment with *G. m.* was done. Improvement in apple seedlings growth with the inoculation was not observed, probably because the indigenous VAM in the soil infected the seedlings and improved their growth.

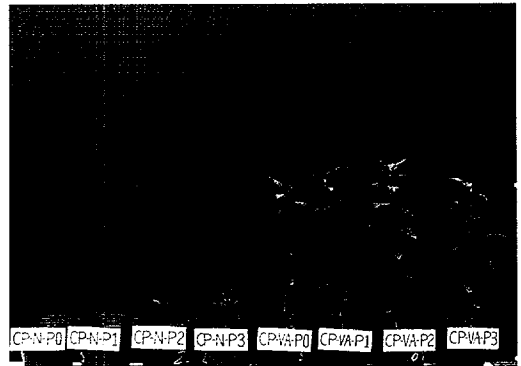
3. The fumigation of soil poor in available phosphate caused remarkable growth depression of apple seedlings, indicating that the indigenous VAM fungi which had improved apple growth was killed with fumigation.

4. Effects of fertilizer application on the inoculation effect of VAM fungi were examined. Spore production of *G. m.* in the inoculated apple seedlings was reduced with a high dose of fertilizer application. Soybean and apple seedlings were inoculated with *G. m.* under different P fertilizer levels (0, 5, 15, 30 mg P₂O₅/100 g soil). Inoculated apple seedlings grew much better than uninoculated ones irrespective of P fertilizer levels. Inoculated soybean in lower levels of P fertilizer grew better than uninoculated soybean. While, with 30 mg P₂O₅ application the inoculated soybean showed almost the same growth of uninoculated ones. This suggests that mycotrophic dependency of apple plants is much greater than that of soybean.

5. Application of charcoal powder did not show any increase in either infection of VAM fungi or growth of apple seedlings inoculated with *G. m.* irrespective of soil fumigation.



図A ミツバカイドウ実生の生育状況
(VAM菌の種類の違い)



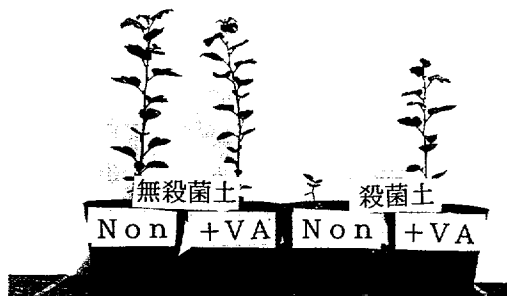
図B ミツバカイドウ実生の生育状況
(殺菌土におけるリン酸の施用量
の違いとVAM菌接種の有無)



図C マルバカイドウ挿し木苗の生育状況



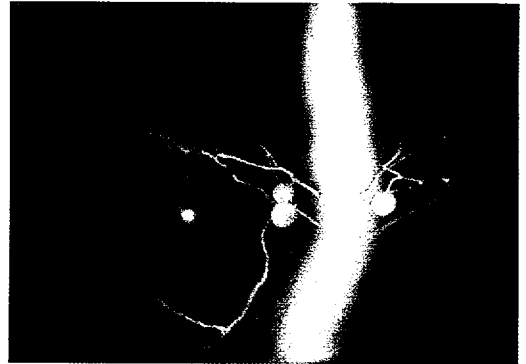
図D コホクカイドウ実生の生育状況



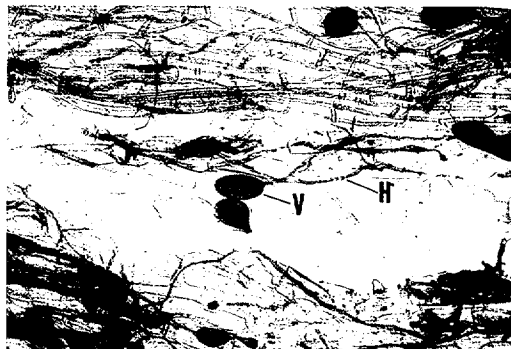
図E ミツバカイドウ実生の生育状況
(土壌殺菌及びVAM菌接種の有無)



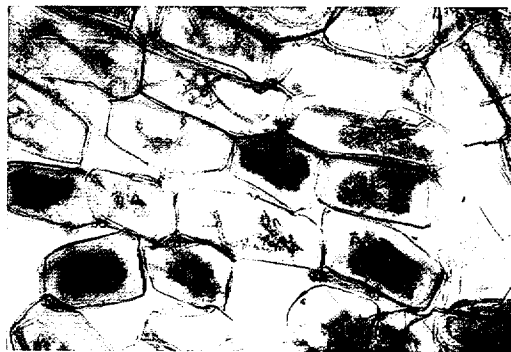
図F 根のそばに新しく形成された *Gigaspora margarita* の孢子



図G 根にまわりついた土着の VAM 菌の菌糸と孢子



図H 根の中に形成された VAM 菌の菌糸と嚢状体
H, VAM 菌の菌糸 ; V, VAM 菌の嚢状体



図I 根の細胞内に形成された VAM 菌の樹枝状体