

学 位 論 文 題 名

園芸作物栽培における arbuscular 菌根菌の利用に
関する基礎的研究

学位論文内容の要旨

園芸作物栽培技術の一つとして arbuscular 菌根菌（以下 AM 菌）接種を利用することを目的として、数種園芸作物における AM 菌の感染および共生関係成立による植物体生長促進効果について、主に宿主植物の組織・細胞の特性に視点を置いた組織学的見地から調査した。内容の概要は以下の通りである。

1. AM 菌 [*Glomus etunicatum* (GE)、*Glomus intraradices* (GI)
および *Gigaspora margarita* (GM)] の諸特性

GE および GI の胞子は、直径 $70 \sim 130 \mu\text{m}$ であり、色は黄色～茶褐色であった。一方、GM の胞子は、直径 $200 \sim 400 \mu\text{m}$ であり、白色～黄白色であった。菌胞子の発芽特性を調べた結果、胞子発芽率および菌糸伸長は、GE および GI では 25°C 、 $\text{pH} 5.0 \sim 8.0$ で良好であり、GM では 25° 、 30° および 35°C 、 $\text{pH} 5.0 \sim 8.0$ で良好であった。また、3 種の菌のいずれにおいても、胞子密度が菌糸伸長に影響を及ぼすことが明らかになった。

2. 数種園芸作物への AM 菌の接種検定

8 科 22 種類の園芸作物実生の根への AM 菌 3 菌種 (GE、GI および GM) の接種検定の結果、ネギ、アスパラガス、サヤエンドウ、セルリー、キュウリおよびリンゴにおいて、AM 菌接種による植物体生長促進効果が大きく現れた。用いた 3 菌種とも、7 科 19 種類（アブラナ科作物を除く）の園芸作物の根に感染し、感染部位率（1 個体の根系における感染部位の割合）は植物体生長促進効果が大きく現れた作物において高かった。ネギ、タマネギおよびニラでは主根および側根に感染したが、これ以外の野菜においては、側根においてのみ感染が認められた。菌根依存性（接種効果

の大きさ)は、ユリ科作物(アスパラガス、ネギ、タマネギおよびニラ)およびリンゴで高く、菌根依存性とAM菌感染部位率との間には、高い正の相関($r=0.57^{**}$)がみられた。

3. AM菌感染および植物体生長促進効果に及ぼす各種要因の影響

GEおよびGMの胞子接種濃度がアスパラガス実生の生長および感染部位率に及ぼす影響について調べた結果、感染による植物体生長促進効果を発現させるための至適胞子接種濃度は菌種によって異なり、GEでは1000~3000胞子/g接種物、GMでは20~100胞子/g接種物が適当であることがわかった。

AM菌感染ネギ実生における植物体生長促進効果は、床土への炭化材添加(粉末状ナラ炭70gを10kgの床土に混合)によりさらに促進され、炭化材添加は根系における感染部位率を高めることがわかった。

AM菌感染アスパラガス実生の生長に及ぼす温度の影響について調べた結果、AM菌の胞子発芽および菌糸伸長に適する温度条件と、共生状態において植物体生長促進効果が発現するのに適切な温度条件とは異なっており、また、それらの適切な温度条件は菌種によっても異なることが明らかになった。

4. AM菌の感染機構

宿主作物の根におけるAM菌感染過程を、電子顕微鏡を用いて組織学的に観察した結果、アスパラガス実生におけるGMの感染過程は4つの主要なステージに区分され、GEでは5つに区分された。また、キュウリ、ナス、ネギおよびリンゴ実生の根の皮層細胞における樹枝状体(菌と宿主の物質交換器官)の形成状態は、アスパラガス実生のそれと同様であることが確認された。

AM菌感染による宿主植物の地上部組織構造の変化について調べた結果、ネギおよびアスパラガスのAM菌感染植物体では、葉身または茎における細胞の増加・肥大や維管束組織の発達がみられ、非感染部位である地上部組織も、根部の感染により、間接的な影響を受けていることが明らかになった。

根の組織・細胞におけるペクチン質および繊維成分(セルロース、ヘミセルロース、リグニンおよびスベリン)とAM菌感染との関係について

調べた結果、根組織における非感染部位では、組織・細胞の状態が強固であるという共通した特徴が認められた。これには、ペクチン質を含む中層、および細胞壁（1次および2次）の形成状態が関係していることがわかり、植物体の根の組織学的特性（細胞の表層構造および組織の中層の状態）がAM菌感染に影響を及ぼしていることがわかった。

5. 宿主植物の組織内成分含量に及ぼすAM菌感染の影響

アスパラガス実生においては、AM菌感染により植物体中の無機養分（特にリン）濃度、遊離糖含有率および遊離アミノ酸含有率の上昇がみられたことから、これらの成分が感染による植物体生長促進効果に関係していることが明らかになった。また、AM菌感染による植物体生長促進効果が大きく現れた作物（アスパラガス、ネギおよびリンゴ）では、感染による植物体中リン濃度の上昇も大きく、一方、外観上生長促進効果がみられなかった作物（トマトおよびピーマン）においても、感染により植物体中リン濃度が上昇していることが明らかになった。

6. AM菌感染植物体の圃場検定

アスパラガス、ネギ、セルリー、ナスおよびキュウリのAM菌感染植物体を圃場で生育させたところ、圃場においても共生関係成立による植物体生長促進効果がみられ、収量が増加した。一方、ネギでは葉鞘部が長くなり、また、セルリーでは第一節間部の伸長が促進されるなど、形態的特徴および収穫物利用上の効果が現れた。キュウリでは、AM菌感染植物体においては、子づるにおける雌花着花数および雌花着花率の増加がみられた。また、AM菌を感染させたナス幼植物を、半身萎ちょう病菌汚染圃へ定植したところ、AM菌感染個体では、半身萎ちょう病の発病遅延および軽減がみられるとともに、AM菌感染による根の皮層細胞のリグニン化の促進が認められ、これが半身萎ちょう病菌の感染を抑制したものと考えられる。

7. 組織培養由来幼植物へのAM菌の接種検定

組織培養由来アスパラガス幼植物の鉢上げ時にAM菌接種を行い、その後の順化・生育に対するAM菌接種の効果について調べた結果、アスパラガスの3品種（‘MW500W’、‘Welcome’および‘NJ green’）の組織培養由来幼植物とAM菌の3菌種（GE、GIおよびGM）との全ての組

合せにおいて感染および植物体生長促進効果がみられ、感染により植物体中リン濃度が上昇することも明らかになった。さらに、順化終了後、温室内で新たな床土に感染植物体を移植した場合においても、共生関係成立による植物体生長促進効果が持続し、その後、これを圃場に定植して生育させた場合においても植物体生長促進効果が発現することがわかった。

以上のように、本研究では、数種園芸作物におけるAM菌の感染および共生関係成立による植物体生長促進効果について新たな知見を得るとともに、園芸作物栽培技術の一つとしてAM菌接種を利用するための基礎を築き、その可能性を実証した。これらのことは、今後、園芸作物栽培技術の向上に大きく寄与するものと考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 原 田 隆
副 査 教 授 生 越 明
副 査 教 授 但 野 利 秋
副 査 教 授 富 田 房 男

学 位 論 文 題 名

園芸作物栽培における arbuscular 菌根菌の利用に 関する基礎的研究

本論文は、緒言、本論8章、摘要、引用文献96、図74、表28を含む199頁の和文論文で、別に参考論文4編が添えられている。

園芸作物栽培においては、arbuscular菌根菌（以下AM菌）の接種・感染を栽培技術の一つとして利用することにより、生育促進、収量増加、各種障害の軽減を図ることが望まれているが、未だ、十分な技術として確立されるまでに至っていない。本研究は、数種園芸作物におけるAM菌の感染および共生関係成立による植物体生長促進効果について、主に宿主植物の組織・細胞の特性に視点をおいて検討したもので、内容は以下のように要約される。

1. AM菌 [*Glomus etunicatum* (GE)、*Glomus intraradices* (GI) および *Gigaspora margarita* (GM)] の諸特性

GEおよびGIの胞子は、直径70～130 μ m、黄色～茶褐色であり、GMの胞子は、直径200～400 μ m、白色～黄白色であった。胞子発芽および菌糸伸長は、GEおよびGIでは、25℃、pH5.0～8.0で良好であり、GMでは25°、30° および35℃、pH5.0～8.0で良好であった。

2. 数種園芸作物へのAM菌の接種検定

8科22種類の園芸作物実生の根にAM菌3菌種（GE、GIおよびGM）を接種したところ、7科19種類（アブラナ科作物を除く）の園芸作物の根に感染し、ネギ、アスバラガス、サヤエンドウ、セルリー、キュウリおよびリンゴにおいて、AM菌感染による植物体生長促進効果が大きく現れた。感染部位率（1個体の根系における感染部位の割合）は植物体生長促進効果が大きく現れた作物において高かった。ネギ、タマネギおよびニラでは主根お

よび側根に感染したが、これ以外の野菜においては、側根においてのみ感染が認められた。

3. AM菌感染および植物体生長促進効果に及ぼす各種要因の影響

アスパラガス実生においては、感染による植物体生長促進効果を発現させるための至適胞子接種濃度は菌種によって異なり、GEでは1000~3000胞子/g接種物、GMでは20~100胞子/g接種物が適当であることがわかった。

AM菌感染ネギ実生における植物体生長促進効果は、床土への炭化材添加（粉末状ナラ炭70gを10kgの床土に混合）によりさらに大きくなり、炭化材添加は根系における感染部位率を高めることがわかった。

4. AM菌の感染機構

電子顕微鏡を用いた組織学的観察により、アスパラガス実生におけるGMの感染過程は4つの主要なステージに区分され、GEでは5つに区分された。また、アスパラガスにおける樹枝状体（菌と宿主の物質交換器官）の形成状態は、キュウリ、ナス、ネギおよびリンゴ実生の根の皮層細胞においても同様であることが確認された。

ネギおよびアスパラガスのAM菌感染植物体では、葉身または茎における細胞の増加・肥大や維管束組織の発達がみられ、非感染部位である地上部組織も、間接的な影響を受けていることが明らかになった。

また、根の組織・細胞におけるペクチン質および繊維成分（セルロース、ヘミセルロース、リグニンおよびスベリン）とAM菌感染との関係について調べた結果、非感染部位では、組織・細胞が強固であるという共通した特徴が認められた。これには、ペクチン質を含む中層、および細胞壁（1次および2次）の形成状態が関係していることがわかり、根の組織学的特性（細胞の表層構造および組織の中層の状態）がAM菌感染に影響を及ぼしていることがわかった。

5. 宿主植物の組織内成分含量に及ぼすAM菌感染の影響

アスパラガス実生においては、AM菌感染により植物体中の無機養分（特にリン）濃度、遊離糖含有率および遊離アミノ酸含有率の上昇がみられ、植物体生長促進効果が大きく現れた作物（アスパラガス、ネギおよびリンゴ）では、感染によって植物体中リン濃度が大きく上昇することが明らかになった。

6. AM菌感染植物体の圃場検定

アスパラガス、ネギ、セルリー、ナスおよびキュウリのAM菌感染植物体を圃場で生育させたところ、圃場においても植物体生長促進効果が発現し、収量が増加した。一方、ネギでは葉鞘部が長くなり、また、セルリーでは第一節間部の伸長が促進されるなど、形態

的特徴および収獲物利用上の効果が現れた。キュウリでは、AM菌感染植物体においては、子づるにおける雌花着花率および雌花着花数の増加がみられた。また、AM菌を感染させたナス幼植物を、半身萎ちょう病菌汚染圃場へ定植したところ、AM菌感染個体では、半身萎ちょう病の発病遅延および軽減がみられるとともに、根の皮層細胞のリグニン化が促進され、このことが半身萎ちょう病菌の感染を抑制したものと考えられる。

7. 組織培養由来幼植物へのAM菌の接種検定

鉢上げ・順化時に、アスパラガス3品種（‘MW500W’、Welcome’ および ‘NJ green’）の組織培養由来幼植物にAM菌3菌種（GE、GIおよびGM）をそれぞれ接種するといずれも感染し、植物体生長促進効果がみられるとともに、植物体中リン濃度が上昇することが明らかになった。また、これを圃場に定植して生育させた場合においても、植物体生長促進効果が発現し持続することがわかった。

以上のように、本研究は、数種園芸作物におけるAM菌の感染および共生関係成立による植物体生長促進効果について新たな知見を加えるとともに、園芸作物栽培技術の一つとしてAM菌接種を利用するための基礎を築いたもので、園芸作物栽培技術の向上に寄与するものと考えられる。

よって審査員一同は、最終試験の結果と合わせて、本論文の提出者松原陽一は博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格があるものと認定した。