

屋上緑化用培養土への菌根菌資材混合の効果

Effects of the Addition of Mycorrhizal Material to Roofgarden Soil

高山 晴夫 小野 芳 工藤 善

要 約

屋上緑化用培養土にV A菌根菌資材を混合して、植物の生育と乾燥条件下での生存率に対するV A菌根菌資材の効果を比較した。その結果、草本植物であるペチュニア、ペパーミントにおいては、V A菌根菌資材が生育を促進することが確認された。一方で、乾燥条件下での生存率に関しては、特に、V A菌根菌資材が生存率を高める効果は認められなかった。

目 次

- I. はじめに
- II. 試験方法
- III. 植物生育試験の結果
- IV. サバイバル試験の結果
- V. 考 察
- VI. おわりに

I. はじめに

国や自治体などによる屋上緑化の推進などのため、屋上緑化用培養土も多くの製品が開発されている。屋上緑化では、軽量化、薄層化、保水性、保水性の強化など、高機能な培養土が必要とされるが、一方で、低コストの培養土のニーズも多い。本報告では、屋上緑化用培養土の配合を変えて低価格化した場合に低下する機能を、V A菌根菌資材混合による効果で補強し、さらに、機能を強化する可能性を確認する試験の結果について報告する。V A菌根菌(V A菌、AM菌とも呼ばれる)は、Vesicle(のう状体)やArbuscule(樹枝状体)をつくる糸状菌の仲間、植物の根に共生する有用微生物である。土壌中に張りめぐらした菌糸のネットワークを利用し、リン酸、カリウムなどのミネラルや窒素、水を吸収し宿主植物に与える。そのため、緑化に利用した場合、化学肥料の使用量の削減や乾燥耐性の向上などの効果が期待できる。平成9年(1997年)にはV A菌根菌資材として、地力増進法に定める政令指定土壌改良資材の政令指定を受けている^{1) 2)}。

II. 試験方法

菌根菌資材の効果を確かめる試験を行う場合、土着菌の感染により菌根菌資材の効果が明確にならない可能性がある。菌根菌資材の効果を確かめるためには、非感染苗を用いて実験をする必要があると考えられた。そのため、試験に用いる苗は、すでに土壌中に菌が混入している可能性のある市販苗は適さないと考えられ、非感染苗を作ることから始めた。試験は、非感染苗の育成、培養土への定植

と栽培、無灌水条件下でのサバイバル試験で構成した。

1. 試験植物

多くの植物において、V A菌根菌の感染が報告されている。一方で、V A菌根菌に感染が認められない植物もある。V A菌根菌資材の試験植物として、V A菌根菌の感染が確認されており、屋上緑化で使用頻度が高く、しかも、非感染苗の作成が容易なものとして、草本植物のペチュニア *Petunia ×hybrida* (ナス科)、ペパーミント *Mentha piperita* (シソ科)、木本性つる植物のヘデラ・ヘリックス *Hedera helix* (ウコギ科)を用いた。

2. 非感染苗の育苗

非感染苗を得るために、種子を播種する方法と、挿し木(挿し穂)による方法を用いた。

ペチュニア(品種名:ラベンダーストーム)の購入種子を、土着菌混入の可能性の低い細粒焼成パーミキュライト(商品名:バーンピース)を充填した50穴プラグトレイに播種した。播種後、適宜灌水、施肥し、高さが5cm程度に育った段階で、パーミキュライトを充填した9cmポリ鉢に移植し、さらに、灌水、施肥により苗を育てた。

ペパーミントは、水耕栽培に近い土壌のほとんどない状態で生育していたものを用いて、パーミキュライトに挿し木して発根させた。発根と生長が確認された段階で、地上部の1~2節だけを残して、パーミキュライトを充填した9cmポリ鉢に移植し、灌水、施肥により苗を育てた。

ヘデラ・ヘリックスは、プランターで生育した植物体の中で、地面に触れていない枝の先端部を15cm程度採取して、パーミキュライトを充填した50穴プラグトレイに挿し木して発根させた。

3. 培養土

試験に用いた培養土は、屋上緑化に用いられる軽量培養土の中で、パーライトを主成分にし、ゼオライト、バーク堆肥、肥料などを混合した培養土を標準型培養土とした。標準型培養土に対して、コストを低減するために、通常は用いない規格外の細粒パーライトを用い、ゼオライト、肥料を減量し、バーク堆肥を増量した培養土を低

キーワード: 屋上緑化, 屋上緑化用培養土,
V A菌根菌, 植物生育試験

価格型培養土として用いた。低価格型培養土では、細粒質のパーライトを用いているため、標準型に比較して、透水性がやや劣り、ゼオライトの減量により、保肥性などの性能もやや劣る。

試験では、標準型培養土、性能が劣る低価格型培養土、及び低価格培養土にVA菌根菌資材を混合した培養土の3種類の培養土について比較を行った。

4. 植物生育試験

ペチュニアとペパーミントについては、栽培ポットとして、ポリ鉢（ケンガイ鉢6号）を用いて、排水層にビーナスライト7号を250ml、各培養土を2.5l、VA菌根菌資材の試験区については、培養土にVA菌根菌資材を100g混合したものを用いた。なお、VA菌根菌資材は、各ポットに1本ずつ育苗した苗を移植した。各試験区と資材、植物の組合せはTable 1のとおりである。ポット数は、各植物について、VA菌根菌資材混合培養土が15で、ほかの培養土は各10である。

植物を植えた各ポットは、自然光型グロースキャビネットに入れて、温度・湿度条件をTable 2のとおりに設定した。灌水は適宜行い、施肥については、適宜、液肥を与えた。

ヘデラ・ヘリックスに関しては、9cmポリ鉢を用いて、排水層にビーナスライト7号を50ml、各培養土を250ml、VA菌根菌資材の

試験区については、培養土にVA菌根菌資材を10g混合したものを用いた。各ポットに1本ずつ育苗した苗を移植した。各試験区と資材、植物の組合せはTable 3のとおりである。ポット数は、菌根菌資材混合培養土が20で、ほかの培養土は15ずつである。ヘデラ・ヘリックスについては、生長が遅いため、1月中旬まで温室で生長させた。

5. サバイバル試験

植物生育試験で生長にある程度の差が現れた段階で、一旦、十分に灌水を行い、灌水を中止し、乾燥に対するサバイバル試験を行った。サバイバル試験は、自然光型グロースキャビネット内で行い、温度・湿度条件は、Table 2の生育試験と同じ条件である。植物の生育状況を記録し、すべての鉢が枯死するまで観察を行った。

Ⅲ. 植物生育試験の結果

1. ペチュニア

ペチュニアは2004年7月2日に定植し、定植後の枯死などもなく、順調に生育し、開花も連続的に認められた。

この後、11月8日まで生長させた状態で植物体の計測を行った。その結果をFig. 1～Fig. 2に示す。

Table 1 ペチュニアとペパーミントの生育試験における資材の組合せ

(Material Composition in Growth Tests of Petunia and Peppermint)

資 材		試 験 区		
		標準型	低価格型	低価格型 + 菌根菌
排水層	ビーナスライト7号	250ml	250ml	250ml
培養土	標準型培養土	2.5l	-	-
	低価格型培養土	-	2.5l	2.5l
微生物資材	VA菌根菌資材	-	-	100g

Table 2 生育試験における温度・湿度設定条件
(Condition of Temperature and Humidity in Growth Tests)

時 間	温 度	湿 度
0:00～ 6:00	18℃	70%
6:00～12:00	24℃	60%
12:00～18:00	27℃	60%
18:00～ 0:00	20℃	70%

Table 3 ヘデラ・ヘリックスの生育試験における資材の組合せ
(Material Composition in Growth Tests of *Hedera helix*)

資 材		試験区		
		標準型	低価格型	低価格型 + 菌根菌
排水層	ビーナスライト7号	50ml	50ml	50ml
培養土	標準型培養土	250ml	-	-
	低価格型培養土	-	250ml	250ml
微生物資材	VA菌根菌資材	-	-	10g

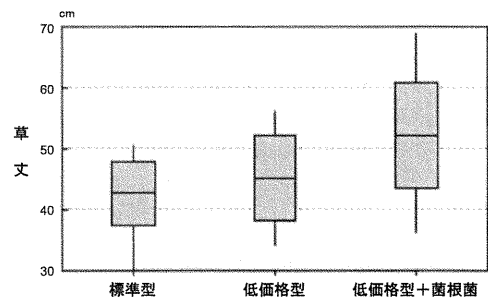


Fig. 1 ペチュニアの草丈 (11月8日)
(中央のバーは平均値、箱は標準偏差、ひげは最高値と最低値を示す)
(Plant Height of Petunia, Nov. 8)

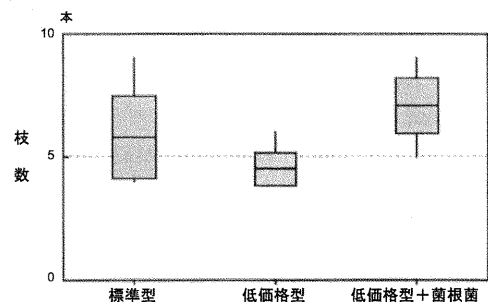


Fig. 2 ペチュニアの枝数 (11月8日)
(Number of Shoots of Petunia, Nov. 8)

Fig. 1に示された草丈に関しては、標準型培養土と低価格型培養土の間では、低価格型培養土の方が草丈が高い傾向があったが、有意な差はなかった。低価格型培養土にVA菌根菌資材を混入した培養土に関しては、標準型培養土とは有意水準1%で、低価格型培養土との間では有意水準5%で有意な差が認められた。一方、枝数に関しては、低価格型培養土と低価格型培養土にVA菌根菌資材を混

合したものの間で、有意水準1%で有意差が認められた。

ペチュニアの生育に関しては、草丈、枝数とも、標準型培養土と低価格型培養土の間に差はない。それに対して、低価格型培養土にVA菌根菌資材を混合したものは、草丈、枝数ともほかの培養土よりも増加している。

2. ペパーミント

ペパーミントは2004年7月2日に定植した。定植後、順調に生育し、特に生育に問題がなかった。標準型培養土及び低価格型培養土

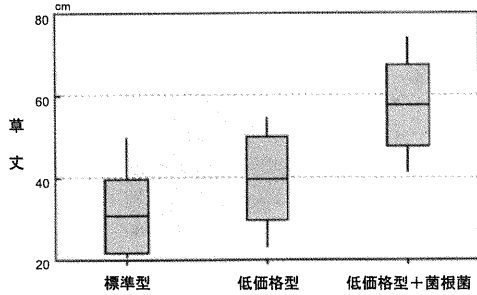


Fig. 3 ペパーミントの草丈 (11月8日)
(Plant Height of Peppermint, Nov. 8)

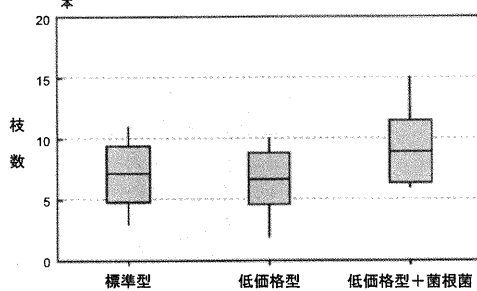


Fig. 4 ペパーミントの枝数 (11月8日)
(Number of Shoots of Peppermint, Nov. 8)

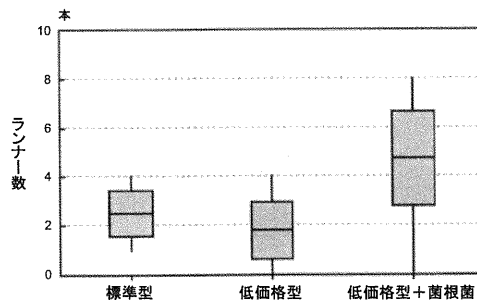


Fig. 5 各培養土のペパーミントのランナー数 (11月8日)
(Number of Stolons of Peppermint, Nov. 8)

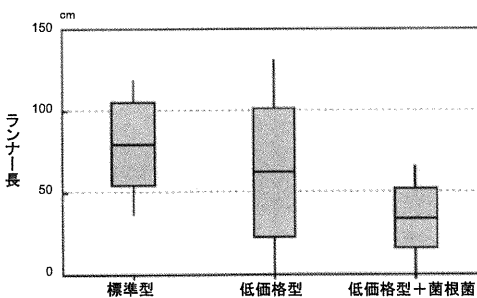


Fig. 6 ペパーミントのランナー長合計 (11月8日)
(Total Length of Stolon of Peppermint in Each Pot, Nov. 8)

については、地表部近くから長いランナー（走出枝）を出すものがあつた。

Fig. 3～Fig. 6はサバイバル試験開始時期(11月8日)のペパーミントの草丈、枝数、ランナー数、ランナー長を示したものである。

草丈については、標準型培養土と低価格型培養土の間には有意な差が認められなかったが、低価格型培養土にVA菌根菌資材を混合したものについては、ほかの培養土に比較して有意水準1%で有意に草丈が高かった。

Fig. 4の枝数については、低価格型培養土でやや少なく、VA菌根菌混合培養土で多かった。低価格型培養土とVA菌根菌資材混合低価格型培養土の間で、有意水準5%で差が認められた。

Fig. 5はペパーミントのランナーの数を示したものである。低価格型培養土がやや少なく、低価格型培養土にVA菌根菌資材を混合したものが多い傾向にあった。標準型培養土と低価格型培養土の間には有意差がなかったが、VA菌根菌資材入り低価格型培養土は、標準型培養土と低価格型培養土との間で、有意水準1%で有意差が認められた。8月の時点では、標準型培養土のランナーがめだっていたが、11月には、VA菌根菌資材入りのものに、ランナーの数が多いものが多くなっていた。

Fig. 6のランナーの長さについては、ランナー数とは異なり、VA菌根菌資材入り低価格型培養土で小さい値となった。標準型培養土とVA菌根菌資材入り低価格型培養土の間で、有意水準1%で有意差が認められた。

以上のように、ペパーミントにおいても、草丈や枝数などで、VA菌根菌資材の混合培養土の効果が現れた。

3. ヘデラ・ヘリックス

ヘデラ・ヘリックスは、2004年7月2日に定植した。ヘデラは木本性のつる植物で、草本性のペチュニアやペパーミントに比較すると、生長が遅い。そのため、生長期間を長くとり、2005年1月21日(定植後203日)に生長を比較した。

Fig. 7は各ポットにおける最長の茎の長さ、Fig. 8はポットごとでの茎の長さの合計を表している。

Fig. 7の最長の茎の長さについては、標準型培養土で、ほかの場合よりも有意に長さが短かった。Fig. 8の合計茎長では、標準型培養土が、低価格型培養土にVA菌根菌資材を混合したものに比較して有意に小さな値を示した。茎本数、葉数に関しては、各培養土に有意差は認められなかった。

ヘデラ・ヘリックスについては、ペチュニアやペパーミントで認められたようなVA菌根菌資材による生育促進効果は明らかではなかった。

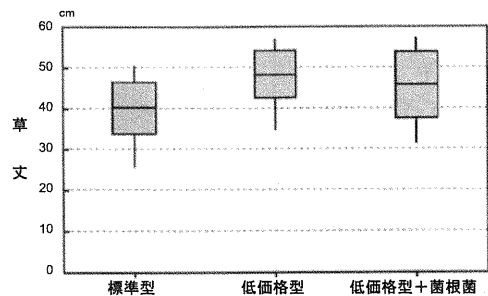


Fig. 7 ヘデラ・ヘリックスの最長の茎の長さ (1月21日)
(Maximum Length of *H. helix* in Each Pot, Jan. 21)

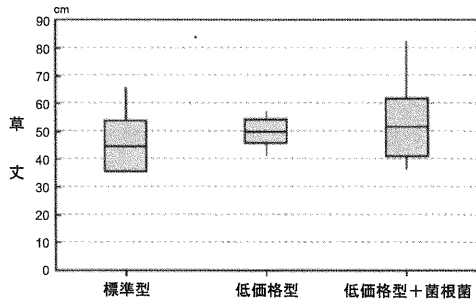


Fig. 8 ヘデラ・ヘリックスの茎の長さの合計 (1月21日)
(Total Length of Shoot of *H. helix* in Each Pot, Jan. 21)

IV. サバイバル試験の結果

1. ペチュニア

ペチュニア及びペパーミントのサバイバル試験は、11月5日(定植後126日)にすべてのポットに十分に灌水を行い、その後、灌水を停止することで行った。

Fig. 9 は、最終の灌水日からの日数によって、どのように植物が変化したのかを示したものである。植物の状態変化は、詳細に見ると、個体によって異なることもあり、表現が困難であるが、一応、ここでは、「正常」「葉にしおれ有」「上半分枯れ」「ほとんど枯死」「完全枯死」の5段階に判定した。すべての株が完全に枯死した時を終了とした。

Fig. 9 に示されたペチュニアのサバイバル試験の結果から、VA菌根菌入りの低価格型培養土が最も速く枯死し、灌水終了19日後には明らかな影響が認められ、38日後にはすべての株が完全に枯死した。標準型培養土は、影響が明らかになったのは24日後で、52日後にすべて完全に枯死した。低価格型培養土では、明らかな影響が認められ始めたのは19日後で、VA菌根菌資材混合培養土と大きく異なるが、全株が完全に枯死したのは60日後と最も遅かった。

Fig. 10 は、試験終了時点での各培養土におけるペチュニアの地上部乾燥重量、Fig. 11 は地下部乾燥重量を示したものである。

地上部乾燥重量の平均値は、標準型培養土が5.71 g、低価格型培養土が4.52 g、VA菌根菌資材混合低価格型培養土が8.33 gと、VA菌根菌資材混合培養土における地上部乾燥重量が特に重くなっていた。なお、標準型培養土と低価格型培養土の間は、有意水準5%で、VA菌根菌資材混合培養土とそれ以外の培養土の間では有意水準1%で差があった。

地下部乾燥重量の平均値は、標準型培養土が1.13 g、低価格型培養土が0.89 g、VA菌根菌資材混合低価格型培養土が0.91 gで、培養土間での有意差は認められなかった。

2. ペパーミント

Fig. 12 はサバイバル試験における各培養土のペパーミントの状態を示したものである。

ペパーミントは、ペチュニアよりも枯死に至る日数が短かった。ペチュニアと同様に、無灌水の影響が現れることや完全に枯死するのが早かったのは、VA菌根菌混合低価格型培養土で、11日後には明らかな影響が出て、24日後には完全に枯死した。標準型培養土と低価格型培養土は、同じ経過を示し、19日後に影響が出て、すべてが完全に枯死したのは38日後であった。

Fig. 13 に試験終了時点での、各培養土におけるペパーミントの地上部乾燥重量、Fig. 14 に地下部乾燥重量を示した。

地上部乾燥重量の平均値は、標準型培養土が5.84 g、低価格型培養土が5.85 g、VA菌根菌資材混合低価格型培養土が9.27 gと、ペチュニアの場合と比較して、全体に重量が重くなっている点や、標準型培養土と低価格型培養土がほぼ同じ重量になっている点は異なるが、やはり、VA菌根菌資材混合培養土で大きな値を示していた。標準型培養土と低価格型培養土の間では、有意な差は認められなかったが、VA菌根菌資材混合培養土とそれ以外の培養土の間には、

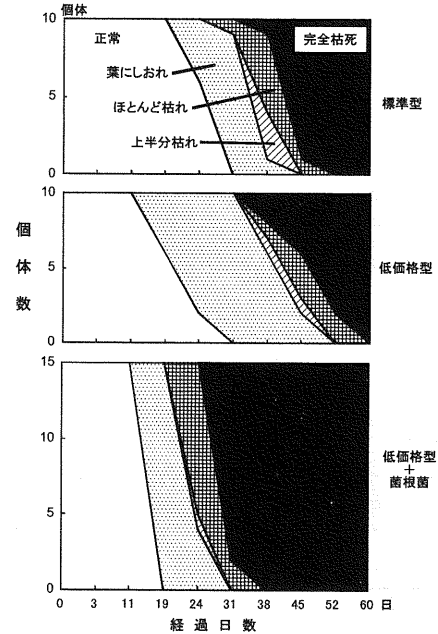


Fig. 9 サバイバル試験での各培養土のペチュニアの状態変化
(Change of Plant Condition of Petunia in Survival Test)

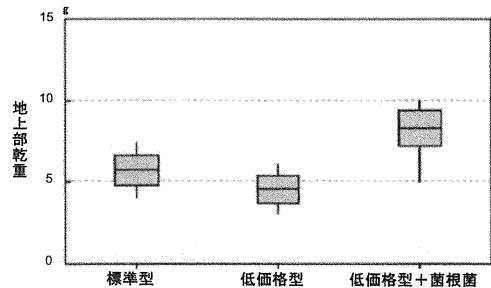


Fig. 10 ポットごとのペチュニアの地上部乾燥重量合計
(Total Dry Weight of Petunia above Soil Surface in Each Pot)

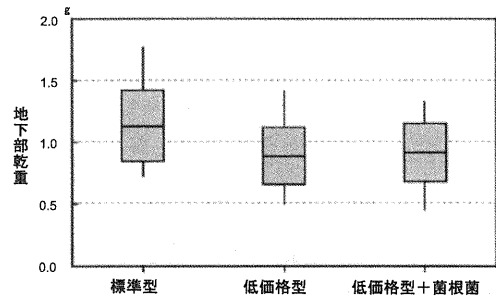


Fig. 11 ポットごとのペチュニアの地下部乾燥重量合計
(Total Dry Weight of Petunia under Soil Surface in Each Pot)

有意水準 1% で差が認められた。

地下部乾燥重量においても、標準型培養土と低価格型培養土の間では、有意な差は認められなかったが、VA菌根菌資材混合培養土と標準型培養土の間では有意水準 1% で、低価格型培養土の間では有意水準 5% で有意差が認められた。

3. ヘデラ・ヘリックス

ヘデラ・ヘリックスでは、2005 年 1 月 20 日（定植後 202 日）にすべてのポットに十分に灌水を行い、灌水を停止することでサバイバル試験を開始した。

Fig. 15 は最終灌水日からの日数経過による植物の変化を示した

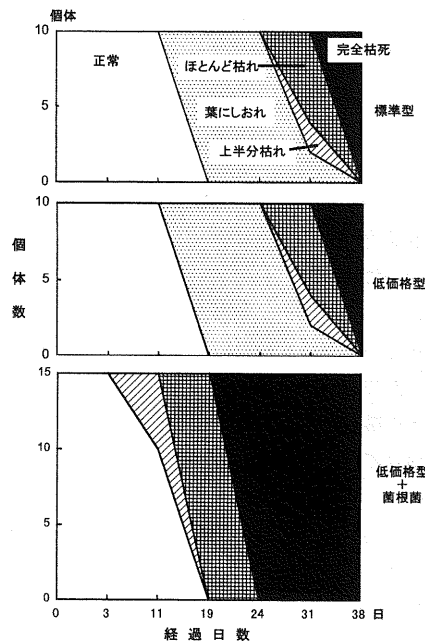


Fig. 12 サバイバル試験での各培養土のペパーミントの状態変化
(Change of Plant Condition of Peppermint in Survival Test)

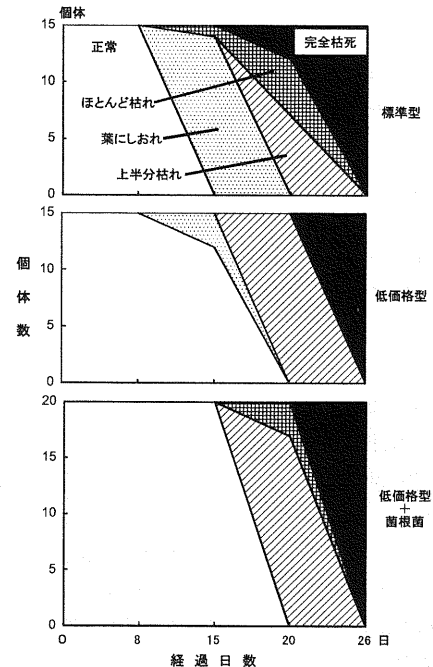


Fig. 15 サバイバル試験での各培養土のヘデラの状態変化
(Change of Plant Condition of *H. helix* in Survival Test)

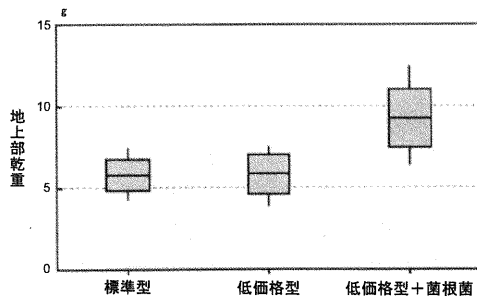


Fig. 13 ポットごとのペパーミントの地上部乾燥重量合計
(Total Dry Weight of Peppermint above Soil Surface in Each Pot)

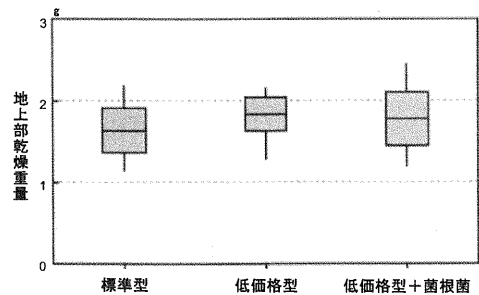


Fig. 16 ポットごとのヘデラの地上部乾燥重量合計
(Total Dry Weight of *H. helix* above Soil Surface in Each Pot)

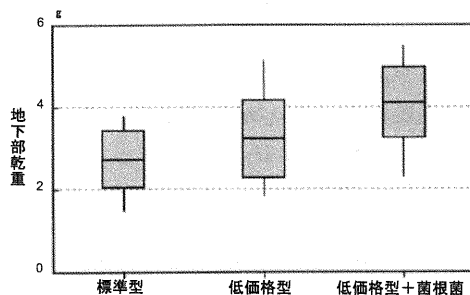


Fig. 14 ポットごとペパーミントの地下部乾燥重量合計
(Total Dry Weight of Peppermint under Soil Surface in Each Pot)

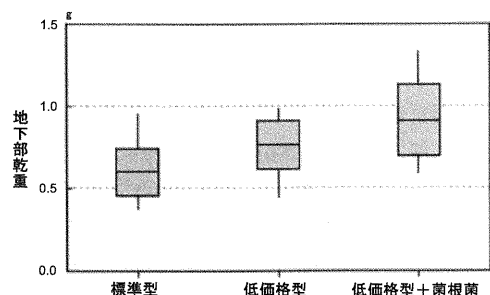


Fig. 17 ポットごとのヘデラの地下部乾燥重量合計
(Total Dry Weight of *H. helix* under Soil Surface in Each Pot)

ものである。ヘデラ・ヘリックスでは、「正常」「元気なし」「葉にしおれ」「半分枯れ」「完全枯死」の5段階に判定した。

ヘデラ・ヘリックスでは、ペチュニアやペパーミントよりも完全枯死に至る日数が26日と短く、培養土による違いが少なかった。

Fig. 16に試験終了時の地上部乾燥重量、Fig. 17に地下部乾燥重量を示した。

地上部乾燥重量は、培養土による違いは少ないが、標準型培養土が低価格型培養土よりも有意水準5%で小さな値であった。そのほかには有意差がなかった。地下部乾燥重量は、やはり標準型培養土で軽く、VA菌根菌資材混合培養土で重かった。標準型培養土とほかの培養土の間では、有意水準1%で、低価格型培養土とVA菌根菌資材混合培養土の間では、有意水準5%で差が認められた。

V. 考 察

ペチュニアの生育に関しては、植物生育試験における、Fig. 1の草丈、Fig. 2の枝数、サバイバル試験のFig. 10の最終的な地上部乾燥重量に示されているように、明らかにVA菌根菌資材を混合した低価格型培養土での生長が良いことが示されている。標準型培養土と低価格型培養土については、あまり差がないが、Fig. 10に示されている最終的な地上部乾燥重量については、標準型培養土が上回った。

ペパーミントの生育に関しても、植物生育試験における、Fig. 3の草丈、Fig. 4の枝数、Fig. 5のランナー数や、サバイバル試験のFig. 13の最終的な地上部乾燥重量やFig. 14の地下部乾燥重量において、明らかにVA菌根菌資材を混合した低価格型培養土での生長が良いことが示されている。一方で、標準型培養土と低価格型培養土の間には、大きな差が認められなかった。

ヘデラ・ヘリックスでは、茎長や葉数、最終的な地上部乾燥重量などでは明瞭な差が認められなかったが、Fig. 17の地下部乾燥重量はVA菌根菌資材を混合した培養土が大きく、ある程度の生育促進効果は認められた。草本植物と異なり、生長の遅い木本植物では、短期間の試験では、明瞭な効果が現れにくい可能性もある。

以上のように、生育に関しては、特に、ペチュニア、ペパーミントでは、VA菌根菌資材の効果が明らかであった。

一方、灌水を止めた場合の生存率を指標にしたサバイバル試験に関しては、Fig. 9、Fig. 12に示されたように、ペチュニアとペパーミントでは、VA菌根菌資材混合低価格型培養土で明らかに完全に枯死するまでの期間が短かった。

この原因は、Fig. 10とFig. 13に示されているように、明らかにVA菌根菌資材混合培養土で地上部乾燥重量が重く、植物体が大きいことで消費される水も多かった点にある可能性が高い。

例えば、ペチュニアでは、VA菌根菌資材混合低価格型培養土の場合の地上部乾燥重量が、低価格型培養土の場合の1.84倍であり、水分消費量も、同様に多い可能性が高い。低価格型培養土での完全枯死までが60日であったが、単純に、これを1.84で除すると、32.5日ということになり、VA菌根菌資材混合低価格型培養土での完全枯死までの日数が38日であったということが、それほど、かけ離れた数字ではないように思われる。

ペパーミントの場合も同様に検討すると、地上部乾燥重量はVA

菌根菌資材混合の場合が1.58倍であり、低価格型培養土での完全枯死までが38日であるので、単純に除すると、24.0日となり、これは、VA菌根菌資材混合低価格型培養土の場合の完全枯死までの日数24日とほぼ一致する。

以上のことは、VA菌根菌資材混合低価格型培養土において、枯死までの日数が短かったが、その原因は、主に、サバイバル試験までの生長が良かったために、水分消費が多くなったためであることを示唆する。しかし、いずれにせよ、VA菌根菌資材の混合が、灌水を停止した場合の生存率を高めるということを示す結果は得られなかった。

VI. おわりに

本研究では、屋上緑化用培養土にVA菌根菌資材の混合した場合に、特に草本植物であるペチュニア、ペパーミントで生育を促進する効果が認められた。しかし、灌水を中止した場合の乾燥に対する生存率の向上という点では効果が認められなかった。本研究の結果からは、VA菌根菌資材を屋上緑化培養土に混合することは、必ずしも、コスト面で有利であるとはいえない。

菌根菌などの微生物資材は、ミネラルなどの資源が薄く広がっている立地において特に有効である可能性が高い。その点からは、屋上緑化よりも、土壌条件を改善することが難しく厳しい環境、つまり、国内外の災害跡地、土壌採掘跡地、乾燥地等の環境修復においてより高い適性を有する。

また、菌根菌にはVA菌根菌以外にも、マツ科やブナ科などの木本植物に共生する外生菌根菌やツツジ科に共生するエリコイド菌根菌なども含まれる。これらの菌根菌を利用した木本植物による植物育成試験を行う場合には、苗木の育苗、資材作製、接種法などに様々な知見を適用する必要がある。試験期間も草本植物よりは長期間必要である。しかし、これら木本植物に共生する菌根菌を利用することによって、植物の生育促進だけでなく、菌糸のネットワークを張り巡らすことにより、苗木の定着率が改善されることも知られており^{3) 4)}、活用法の開発については、注目していく必要がある。

なお、本研究は、関西電力(株)、大阪ガス(株)との「共生微生物を利用した屋上緑化技術」に関する共同開発の中で行った試験の一部である。微生物資材の提供、試験植物の選定、菌根菌の感染方法などに関する助言、感染のチェックなどについては、両社と(株)環境総合テクノス、(株)テクノグリーンの御協力をいただいた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 斎藤雅典, 上田哲也, 俵谷圭太郎; VA菌根菌の分類と生理, 日本土壌肥科学会誌, 63(1), (1992), pp. 103-113.
- 2) 久保繁夫, 河島章二郎; 微生物を利用した化学肥料削減緑化工法, 日本緑化工学会誌, 28(4), (2003), pp. 497-500.
- 3) Makoto Ogawa; Symbiosis of people and nature in the tropics, Farming Japan, 28, (1994), pp. 10-34.
- 4) 高見邦雄; 黄土高原における沙漠化防止, 日本緑化工学会誌, 30(4), (2005), pp. 617-623.