

10种绿化苗木对 VA 菌根的依赖性及其接种效应

陆耀东, 赵鸿杰, 田雪琴, 薛克娜, 吴小英

(佛山市林业科学研究所, 广东 佛山 528222)

摘要:研究了 10 种绿化树对 VA 菌根的依赖性、感染率及其接种效应。结果表明:各参试树种对 VA 菌根都有不同程度的感染率及依赖性;其中黑金刚(*Ficus elastica* cv. *Deocora Burgundy*)接种感染率最高,达 90%,巴西榕(*Ficus elastica* cv. *Variiegaa*)、竹节树(*Carallia brachiata*)的接种感染率大于 80%,接种感染率大于 60%的有花金刚(*Ficus elastica* cv. *Decora Tricolor*)、红关公(*Ficus elastica* cv. *Decora*)、扭纹铁(*Dracaena deremensis*)、红桂木(*Artocarpus nitidus* subsp. *lingnanensis*),小于 35%的有红楣(*Anneslea fragrans*)、伞花木(*Eurycorymbus cavaleriei*)、石楠(*Photinia serrulata*);黑金刚、巴西榕对 VA 菌根的依赖度最高,都超过了 300%,红关公、花金刚对 VA 菌根的依赖度中等,分别为 213.3%、203.5%;红桂木、竹节树、扭纹铁、石楠、红楣、伞花木对 VA 菌根依赖性偏弱,依赖度都在 200%以下。参试树种菌根感染率和依赖度的排序基本一致。VA 菌根对各参试树种均有不同程度的接种效应,对黑金刚、花金刚、红关公、巴西榕和竹节树的接种效应最为明显,对扭纹铁、红桂木的接种效应较好,而对石楠、红楣和伞花木则稍差。

关键词:绿化树种;VA 菌根;依赖性;感染率;接种效应

中图分类号:Q948.12 2.3

文献标识码:A

文章编号:1005-3395(2007)03-0237-07

Mycorrhizal Dependency of Ten Seedling Species for Landscaping and the Inoculation Effects

LU Yao-dong, ZHAO Hong-jie, TIAN Xue-qin, XUE Ke-na, WU Xiao-ying

(Foshan Institute of Forest Science, Foshan 528222, China)

Abstract: Infection rate, mycorrhizal dependency and inoculation effect were determined in 10 seedling species for landscaping infected with VA (*Glomus moseae* Gerdemann et Trappe). The tested species were *Ficus elastica* cvs. *Variiegaa*, *Decora*, *Decora Burgundy*, *Decora Tricolor*, *Carallia brachiata*, *Dracaena deremensis*, *Artocarpus nitidus* subsp. *lingnanensis*, *Anneslea fragrans*, *Eurycorymbus cavaleriei*, and *Photinia serrulata*. The infection rate was in the order: *Decora burgundy*>*Variiegaa*>*C. brachiata*>*Decora Tricolor*>*Decora*>*D. deremensis* and *A. nitidus* subsp. *lingnanensis*>*A. fragrans* > *E. cavaleriei* > *P. serrulata*. *Decora Burgundy* and *Variiegaa* showed highest mycorrhizal dependency of over 300%, followed by *Decora* and *Decora Tricolor* of 213.3% and 203.5%, respectively, whereas the other 6 species had lower dependency of less than 200%. The inoculation effect was highest in *Decora Burgundy*, *Decora Tricolor*, *Decora*, *Variiegaa* and *C. brachiata*, and higher in *D. deremensis*, *A. nitidus* subsp. *lingnanensis*. The lowest inoculation effect was found in *P. serrulata*, *A. fragrans* and *E. cavaleriei*.

Key words: Greening trees; VA fungi; Mycorrhizal dependency; Infection rate; Inoculation effect

黑金刚(*Ficus elastica* cv. *Deocora Burgundy*)、
花金刚(*Ficus elastica* cv. *Decora Tricolor*)、巴西榕

(*Ficus elastica* cv. *Variiegaa*)、红关公(*Ficus elastica*
cv. *Decora*)和扭纹铁(*Dracaena deremensis*)等树种

收稿日期:2006-07-26

接受日期:2006-11-28

基金项目:佛山市科技发展专项基金项目(03020081)资助

广泛用于华南地区城市和庭院绿化或室内装饰,石楠(*Photinia serrulata*)、红栌(*Anneslea fragrans*)、伞花木(*Eurycorymbus cavaleriei*)等树种则常见于城市街道、交通干道绿化中。竹节树(*Carallia brachiata*)、红桂木(*Artocarpus nitidus* subsp. *lingnanensis*)表现出较强的抗污染能力,可用在退化森林植被恢复和城市森林景观配置。然而,随着城市化、工业化进程加快,城市污染日益严重,城市土壤盐碱化导致了水分和养分丧失,这些绿化树种赖以生存的城市环境受到严重破坏,导致它们生长缓慢、营养不良,严重影响其保存率和长势。现有研究表明,接种 VA 菌根菌可以促进苗木生长,提高苗木抗逆性,增强植物吸收水分、养分功能^[1];菌根化育苗周期短、苗木质量和成活率高^[2]。因此,本研究中所选树种是否可以通过接种 VA 菌根得到改善,值得研究。

由于根系发达程度不同,对菌根的依赖程度不同,植物在接种菌根后,有的显现出增效效果,有些表现为接种效应较低或不明显。1975 年, Gerdemann^[3]首先提出了“菌根依赖性”(Mycorrhizal Dependency, MD)的概念,即“在一定土壤肥力条件下植物产生最大生产量对菌根的依赖程度”。1981 年, Menge^[4]用菌根植物生物量与非菌根植物生物量之比来量化 MD, MD 高则表明接种菌根植物对菌根依赖性大,可获得较高的生长量和生物量,低则表明植物对菌根依赖度小,接种菌根意义不大。因此,测定绿化树种对菌根的依赖度,选择对菌根依赖性强的树种进行菌根化育苗,培育菌根化苗木,以提高绿化苗木在城市的生长能力,更好地达到绿化预期效果,很有现实意义。

由于 90% 的维管植物都可以形成 VA 菌根,近几内生菌根研究逐渐成为国际菌根学研究的热点。在华南地区,林业方面 VA 菌根的应用研究已有不少成效。已有研究表明,棕榈藤(*Rattan*)^[5]、柚木(*Tectona grandis*)、南洋杉(*Araucaria cunninghamia*)、喜树(*Camptotheca acuminata*)、麻楝(*Chukrasia tabularis*)^[6]、肉桂(*Cinnamomum cassia*)^[7]、红锥(*Castanopsis hystrix*)、尾叶桉(*Eucalyptus urophylla*)^[8]等接种 VA 菌根生长效应明显,而对珍贵树种和乡土树种的接种效应更为显著^[2]。绿化树种对 VA 菌根菌的依赖性及其接种效应,目前国内研究不多。最新的研究^[9]表明,接种 VA 菌根对绿化树种醉含笑(*Michelia macclurei*)、深山含笑(*Michelia*

maudiae)的生长发育均有良好的接种效应,两者对 VA 菌的依赖程度属中等。近几年研究^[10-12]发现,对 VA 菌根依赖程度,西南桦(*Betula alnoides*)幼苗表现出较强依赖性,玉米(*Zea mays*)、小麦(*Triticum aestivum*)、大豆(*Glycine max*)和三叶草(*Trifolium repens*)依赖性有差异,部分葫芦科(*Trichosanthes*)蔬菜依赖性也有不同。这些研究表明,即使对同一种内生菌,不同植物种对其依赖度也有差别。

本试验选择 10 个热带亚热带绿化树种进行了 VA 菌根菌接种试验,测定其生物量及菌根感染率,探讨绿化树种对 VA 菌根的依赖性程度及 VA 菌根对绿化树种的增益影响,比较相同试验条件下 VA 菌根对不同绿化树种的依赖度及其接种效应差异,以便针对性地进行菌根化育苗,为城市绿化树种的快速栽培提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验所用的 VA 菌根真菌为球囊霉属(*Glomus*)混合剂型,由华南农业大学林学院森保教研室提供,是从三叶草中分离获得菌种,并以玉米作为宿主植物进行扩大繁殖制成的。

供试验的树种为黑叶橡胶树(黑金刚)、美叶橡胶树(花金刚)、红栌树(红关公)、斑叶印度橡胶榕(巴西榕)、扭纹铁、红桂木、石楠、伞花木、竹节树、红栌共 10 种。

1.2 试验处理

前 5 种(黑金刚、花金刚、红关公、巴西榕和扭纹铁)为组培沙盆幼苗,其余(红桂木、石楠、伞花木、竹节树和红栌)为实生沙床幼苗,高在 3-12 cm 之间,4-12 片真叶,同一树种高度、真叶数基本一致。营养袋苗基质采用黄心壤土与泥炭土按 76%:24% 混合均匀配备而成。育苗容器为 8 cm×13 cm 规格的营养塑料袋。

供试苗木每种均设接种与对照 2 种处理,每个处理 3 个重复,每重复接种 10 株,每株接种 10 g 菌剂;每个重复对照 10 株,接种和对照间设隔离行;于 2005 年 5 月进行试验。为保证水份、气温、光照条件一致,苗木统一置于阴棚内。

接种方式采用根部施放法,即施放菌根时,将基质土放入营养袋中约 6 成后,放入 10 g 菌剂,稍

混匀,然后将小苗移入袋中,注意让苗木根部与菌剂充分接触,填满基质至袋面,振实,淋足定根水。

1.3 菌根感染率测定

接种300 d后,从每个树种的接种和对照组中各随机抽取10株,随机剪取每株苗3条营养根,并剪为2 cm长的根段,混匀,从中拣取30段,应用常规染色法^[13]进行染色,在高倍光学显微镜下检验菌根感染情况,测算其感染率。计算方法为:感染率=菌根根段/总根段×100%。

1.4 菌根依赖性测定

Nemec^[12]认为,植物对菌根的依赖度可分为3级,MD=300%时为高强度依赖性,MD=200%时为中等强度依赖性,MD=100%时为弱依赖性或无依赖性;弓明钦等也有类似的观点^[10]。根据已有研究的分级标准,MD可分3级,当MD≥300%时,表示该树种对菌根的依赖性强;当MD≥200%时,表示该树种对菌根有中等强度的依赖性;当MD<200%时,表示该树种对菌根具有弱依赖性或无依赖性。

对随机抽取的试验苗木进行收获,剥去营养袋,清水浸泡洗净根部、晾干,注意保留完整植株及根系,并称其总鲜重及总干重、地上部分及地下部分的鲜重和干重,测算其依赖性。菌根依赖性测算公式如下:MD(%)=(DW₁/DW₂)×100%。式中DW₁为接种苗木植株干重,DW₂为对照苗木植株干重。

1.5 统计分析方法

本研究试验数据一般采用Microsoft excel 整理分析,部分试验结果分析采用SAS 软件进行统计分

析。

2 结果和分析

2.1 VA菌根对绿化树种的侵染情况

自然界大部分植物都具有菌根,植物形成菌根是正常现象,VA菌根真菌普遍存在于土壤中^[6]。因此从整体感染检测结果来看(表1),除了红楣、红关公外,对照树种根系仍有VA菌根侵染现象,但处理树种VA菌根真菌感染率仍远高于对照树种。对根表细胞的结构显微观察结果显示,接种树种根表皮细胞均显现出VA菌根的结构特征,即具有泡囊和丛枝(图1),这表明VA菌根真菌对试验树种具有侵染作用。接种树种比对照树种的感染率都至少高出1倍以上。其中黑金刚接种感染率90%,对照只有10%;接种感染率大于80%有巴西榕、竹节树;接



图1 接种树种根表皮细胞VA菌根结构特征
Fig. 1 Morphological characteristics of root cells of seedlings infected with VA

表1 VA菌根对绿化树种感染率

Table 1 Infection rates of seedlings treated with VA

树种 Species	感染率 Infection rate (%)	
	处理 Treated	对照 Control
黑金刚 <i>Ficus elastica</i> cv. Deocora Burgundy	90	10
花金刚 <i>Ficus elastica</i> cv. Decora Tricolor	75	10
红关公 <i>Ficus elastica</i> cv. Decora	65	0
巴西榕 <i>Ficus elastica</i> cv. Variegata	86	15
扭纹铁 <i>Dracaena deremensis</i>	75	45
竹节树 <i>Carallia brachiata</i>	80	45
红桂木 <i>Artocarpus nitidus</i> subsp. <i>lingnanensis</i>	60	15
石楠 <i>Photinia serrulata</i>	35	0
红楣 <i>Anneslea fragrans</i>	20	10
伞花木 <i>Eurycorymbus cavaleriei</i>	25	10

种感染率大于 60%的树种有花金刚、红关公、扭纹铁、红桂木;接种感染率小于 35%的有红楣、伞花木、石楠。

2.2 VA 菌根对绿化树种生物量的影响

从表 2 来看,在 10 个树种中,黑金刚、巴西榕对 VA 菌根具有很强的依赖性, 依赖度分别达到 386.85%、331.02%;红关公、花金刚对 VA 菌根的依赖度中等,分别为 213.29%、203.45%;红桂木、竹节树、扭纹铁、石楠、红楣、伞花木对 VA 菌根依赖性偏弱,依赖度都在 200%以下。其排序与前面菌根感染率测定结果基本一致。

从图 2 可见,VA 菌根接种后,各个试验树种无论根、茎叶的生物量,均比对照有不同程度的增

加。竹节树、红关公、巴西榕的总鲜重分别比对照增加 43.57%、146.11%、272.21%;红楣根接种效果明显,比对照增加 38.46%,茎不明显只增加 30.27%。 t 检验结果显示(表 3),黑金刚、巴西榕、花金刚处理与对照间的各项生物量指标差异均达显著性水平以上,红关公除了根长之外,其它指标也都达到极显著性差异水平;而红楣、伞花木均不具显著性差异,石楠除了根部指标具有显著性差异外,其它指标也没有达到显著性差异水平。综合各项生物量测定指标的分析结果,接种效应明显程度依次为黑金刚、巴西榕、花金刚、红关公、扭纹铁、红桂木、竹节树、石楠、红楣、伞花木。这一结果也与前面绿化树种对菌根感染率及依赖度的分析结果相似。

表 2 绿化树种总鲜重、总干重、依赖度比较

Table 2 Total fresh and dry weight of 10 seedling species and the mycorrhizal dependency

树种 Species	总鲜重 (g) Total fresh weight		总干重 (g) Total dry weight		依赖度 (%) Mycorrhizal dependency
	处理 Treated	对照 Control	处理 Treated	对照 Control	
	黑金刚 <i>Ficus elastica</i> cv. Deocora Burgundy	50.25	12.42	9.71	
花金刚 <i>Ficus elastica</i> cv. Decora Tricolor	28.32	13.29	5.31	2.61	203.45
红关公 <i>Ficus elastica</i> cv. Decora	37.68	15.31	6.74	3.16	213.29
巴西榕 <i>Ficus elastica</i> cv. Variegata	30.00	8.06	5.23	1.58	331.02
扭纹铁 <i>Dracaena deremensis</i>	11.21	8.77	2.35	1.82	129.13
竹节树 <i>Carallia brachiata</i>	26.92	18.75	11.65	8.55	136.26
红桂木 <i>Artocarpus nitidus</i> subsp. <i>lingnanensis</i>	5.28	2.95	2.42	1.29	187.61
石楠 <i>Photinia serrulata</i>	13.50	9.89	5.93	4.61	128.63
红楣 <i>Anneslea fragrans</i>	5.90	4.48	2.53	2.11	119.91
伞花木 <i>Eurycorymbus cavaleriei</i>	2.06	2.31	0.85	1.02	83.33

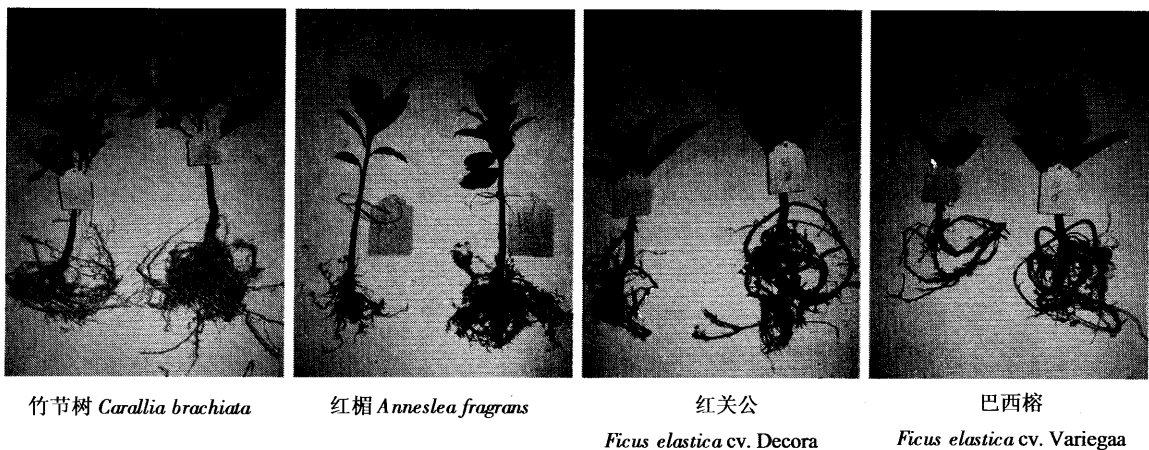


图 2 部分试验树种处理与对照植株生长状况(各图中左为对照、右为处理)

Fig. 2 Growth of the seedling species treated with VA (right) and the control (left)

2.3 综合测定指标聚类分析结果

综合感染率、依赖度、根长, 茎叶、根鲜干重及总鲜干重等指标, 采用系统聚类分析, 可将10种绿化树分为4类(图3)。当距离系数阈值为0.6时, 10种绿化树种对接种VA菌根的反应可分为4类: 第I类竹节树, 此树种有些特别, 不仅接种处理的植株菌根感染率高, 即使对照的感染率也达45%; 第

II类黑金刚, 此树种的依赖度强、感染率高, 且植株生长旺盛, 生物量积累与对照差异极显著; 第III类有花金刚、巴西榕、红关公3个树种, 感染率及依赖度中等, 生长及生物量的接种效应次于黑金刚; 第IV类包括扭纹铁、红桂木、红楣、伞花木、石楠5个树种, 除了扭纹铁、红桂木较好外, 其余树种长势较差, 依赖性较弱, 感染率低。

表3 各绿化树种根长、地上及地下部分鲜、干重差异显著性检验

Table 3 Test for the significance of differences in root length, fresh and dry weight of shoots and roots of the 10 seedling species

树种 Species	茎叶鲜重 Fresh weight of shoots		茎叶干重 Dry weight of shoots		根鲜重 Fresh weight of roots		根干重 Dry weight of roots		根长 Root length		总鲜重 Total fresh weight		总干重 Total dry weight	
	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P
黑金刚 <i>Ficus elastica</i> cv. Deocora Burgundy	-6.30	<0.0001	-6.50	<0.0001	-6.07	<0.0001	-6.35	<0.0001	-0.32	0.0044	-6.50	<0.0001	-6.79	<0.0001
花金刚 <i>Ficus elastica</i> cv. Decora Tricolor	-4.29	0.0005	-3.75	0.0016	-3.90	0.0011	-3.13	0.0061	-0.22	0.0399	-4.33	0.0005	-3.73	0.0017
红关公 <i>Ficus elastica</i> cv. Decora	-5.92	<0.0001	-4.63	0.0002	-4.09	0.0008	-3.29	0.0070	-0.97	0.3467	-5.60	<0.0001	-4.25	0.0005
巴西榕 <i>Ficus elastica</i> cv. Variegata	-8.29	<0.0001	-8.67	<0.0001	-5.96	<0.0001	-5.92	<0.0001	-2.99	0.0079	-8.38	<0.0001	-8.15	<0.0001
扭纹铁 <i>Dracaena deremensis</i>	-3.23	0.0046	-3.01	0.0076	-1.13	0.2747	-2.10	0.0505	2.35	0.0371	-2.79	0.0120	2.83	0.0110
竹节树 <i>Carallia brachiata</i>	-2.80	0.0118	-2.69	0.0151	-1.49	0.1527	-1.16	0.2607	-0.70	0.4958	-2.44	0.0254	-2.10	0.0501
红桂木 <i>Artocarpus nitidus</i> subsp. <i>lingnanensis</i>	-1.56	0.1374	-1.89	0.0776	-2.58	0.0200	-2.55	0.0214	-2.99	0.0087	-2.26	0.0379	-2.37	0.0305
石楠 <i>Photinia serrulata</i>	-1.21	0.2413	-0.80	0.4337	-2.48	0.0234	-2.22	0.0397	-1.29	0.2143	-1.65	0.1157	-1.30	0.2086
红楣 <i>Anneslea fragrans</i>	-1.67	0.1121	-1.04	0.3109	-1.76	0.0958	-1.26	0.2231	-0.79	0.4376	-1.77	0.0941	-1.17	0.2576
伞花木 <i>Eurycorymbus cavaleriei</i>	0.67	0.5109	1.52	0.1466	0.40	0.6974	0.36	0.7245	-1.44	0.1694	0.61	0.5518	1.02	0.3236

T: t 检验 t test; P: 概率 Probability.

3 讨论

弓明钦、王凤珍等^[10]研究了西南桦(*Betula alnoides*) 幼苗在VAM菌根和ECM菌根侵染条件下的依赖性, 表明西南桦对两个类型的菌根均有较

强的依赖性, 尤以对外生菌根的依赖性较强, 而对VA菌根的依赖性中等。姚青、冯固和李晓林^[11]以玉米、小麦、大豆、三叶草为试材, 研究了不同作物的菌根依赖性及其影响因子, 试验表明VA菌显著地促进了玉米、大豆和三叶草的生长和根系对磷的吸

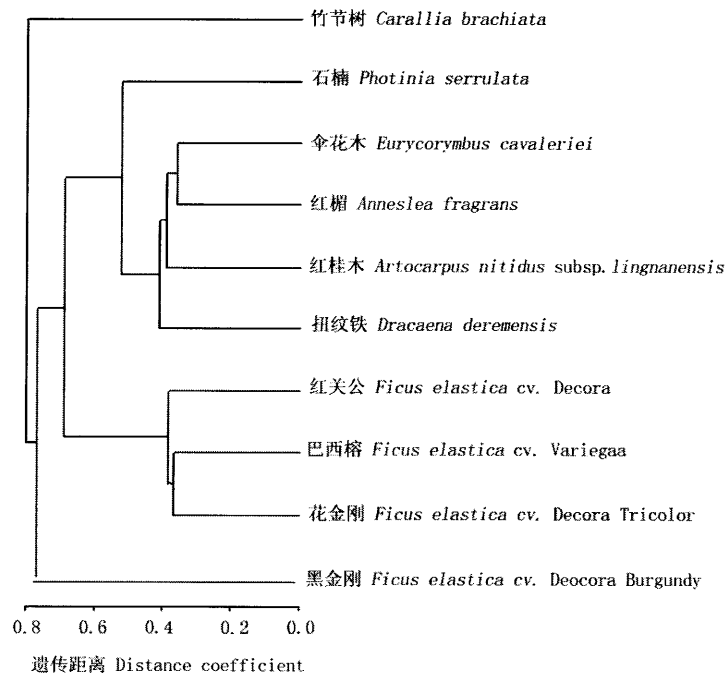


图 3 10 种绿化树种的聚类分析

Fig. 3 Fuzzy cluster analysis of the 10 seedling species

收效率,但小麦无此效果;作者认为,影响植物对磷吸收的因子、植物自身基因型差异和根系形态造成了不同作物对菌根的依赖性产生差异。孟祥霞、李敏等^[12]对 5 种葫芦科蔬菜进行 VA 菌依赖性研究也表明,VA 菌均能有效促进葫芦科蔬菜的生长,5 种葫芦科蔬菜对 VA 菌的依赖性与感染率呈正相关关系;但 5 种植物对 VA 菌的依赖度也有差异,他们认为产生差异的原因取决于植物类型、土壤 P 含量和植物根系发达程度。本试验与上述研究相同点在于都研究了植物对 VA 菌的感染率和依赖度及其相关性,结果表明参试植物对 VA 菌根都有不同程度的依赖性和接种效应;不同的是本试验是以绿化植物为材料,种类更多、试验期较长,并综合感染率、依赖度和各项生物量指标进行聚类分析,对参试树种接种效应给予客观分类,以避免菌根应用的盲目性,有较强的实用价值。

从 VA 菌根侵染绿化树种检测结果看来,接种 VA 菌根菌剂后,VA 菌根真菌对参试绿化苗木的感染率都有不同程度的提高,同一树种接种比对照的菌根感染率要高出一倍以上,表明树种接种菌根都具有较高的感染率,绿化树种的接种效应得益于 VA 菌根的增效作用。参试树种根系发达程度、根系组织细胞成熟程度及根的形态特征差异,可能是产

生感染率程度不同的主要原因。这些因素对菌根感染树种的能力差异及其相关性,还有待进一步系统研究。

通过对绿化树种接种 VA 菌根生物量收获结果分析来看,绿化树种对 VA 菌根都有不同程度的依赖性,但与 VA 菌根对树种的感染率相似,不同树种对 VA 菌根依赖程度差别较大。对 VA 菌根产生中等程度以上依赖性有 4 种,分别为黑金刚、巴西榕、红关公及花金刚;弱依赖性有 6 种,包括红桂木、竹节树、扭纹铁、石楠、红楣及伞花木。影响依赖程度差别较大的因素,由于试验条件的一致性,可以排除育苗基质、光照、气温以及管护措施产生的差异,树种本身的生物学特性应是主要因素。根据已有的研究报道,主要有三方面因素影响植物对 VA 菌根的依赖程度大小,一是不同的植物类型对菌根效应影响很大^[14],二是植物本身的基因型差异决定了 VA 菌根的依赖程度^[1],根系类型及根系形态也直接影响到其本身对 VA 菌根的依赖性。从参试树种的根系情况来看,黑金刚、巴西榕、红关公及花金刚是组培苗,根系发达、须根多、根表面积大,容易为菌根侵入而产生较大的依赖性;而红桂木、竹节树、扭纹铁、石楠、红楣及伞花木根系发达程度及根表面积不及前 4 个树种,因此造成了参试树种

对VA菌根的依赖度各有不同。

从10个参试树种对VA菌根依赖程度与菌根感染率的分析结果情况来看,树种对VA菌根的依赖程度与菌根感染率有密切关系,菌根对苗木的感染率越大,苗木对菌根依赖性也越大,树种对VA菌根的依赖度与菌根感染率成正比,基本呈正相关关系。

综合感染率、依赖性和生物量分析结果,以及聚类分析结果,10个试验树种中,VA菌根对黑金刚、花金刚、红关公、巴西榕和竹节树的增效效应最为明显,对扭纹铁、红桂木的接效效应较好,而对石楠、红楣和伞花木的接效效应则稍差。原因首先在于树种的生态适生性的差异影响了不同树种的生长状况差异,其次植物本身的基因型差异影响了菌根感染率和依赖性的大小;再次是栽培措施不同(如播种繁殖、组培)导致根系形态差异对菌根依赖性和感染率影响很大。由于黑金刚、花金刚、红关公、巴西榕、竹节树、扭纹铁和红桂木都是热带或亚热带树种,而且前4种和扭纹铁都是组培苗,根系发达,须根较多;竹节树、红桂木则是亚热带乡土树种,主根不发达,侧根较多,这些因素可能导致了它们接种菌根接种效用更为明显。石楠、红楣和伞花木增效效果较差,是否存在它们是中亚热带树种,在南亚热带还有生态适生性的问题,这些问题有待于进一步研究。

参考文献

- [1] Yu Z L(余卓玲), Lang Z N(梁汁南). Study on effect of plant absorbency and tolerance for VA mycorrhizal [J]. Guangdong Agri Sci (广东农业科学), 2005(3): 44-47.(in Chinese)
- [2] Zhang M Q(张美庆). The preliminary exposition of application of VA mycorrhizae in China [J]. Acta Agri Boreal-Sin (华北农学报), 1998, (1): 106-111.(in Chinese)
- [3] Gerdemann J W. Versicular-arbuscular mycorrhizal [C] // Torry J G, Clarkson D T. The development and function of roots [J]. Lonton: Academic Press, 1975: 575-591.
- [4] Menge J A, Johnson E L V. Mycorrhizal dependency of several citrus under three nutrient regimes [J]. New Phytol, 1978, 81: 553-559.
- [5] Gong M Q(弓明钦), Chen Y(陈羽), Wang F Z(王凤珍). Successful inoculation on rattan seedlings with VA mycorrhizal fungus [J]. For Res (林业科学研究), 1995, 8(3): 247-251.(in Chinese)
- [6] Chen Y(陈羽), Gong M Q(弓明钦), Zhong C L(仲崇禄), et al. The application of mycorrhizal inoculum in forestry and agriculture in South China [J]. Guangdong For Sci Techn (广东林业科技), 2004, 20(4): 50-66.(in Chinese)
- [7] Luo X Y(罗晓莹), Tang G D(唐光大), Xu H(许涵), et al. Effect of VAM fungi on the growth of *Cinnamomum cassia* Presl. under non-sterilized soil condition [J]. Guangdong For Sci Techn (广东林业科技), 2004, 20(3):16-27.(in Chinese)
- [8] Ye X F(叶新峰), Wu H X(伍慧雄), Liang Y N(梁远楠), et al. Study on application of endomycorrhiza on the seedlings of *Eucalyptus urophylla*, *Michelia Maudiae* and *Castanopsis hystrix* [J]. Guangdong For Sci Techn (广东林业科技), 2003, 19(3): 22-24.(in Chinese)
- [9] Chen Y(陈羽), Gong M Q(弓明钦), Zhong C L(仲崇禄), et al. Inoculating effect of AM fungi for two Magnoliaceae plants [J]. Guangdong For Sci Techn (广东林业科技), 2006, 22(2): 11-14.(in Chinese)
- [10] Gong M Q(弓明钦), Wang F Z(王凤珍), Chen Y(陈羽), et al. Mycorrhizal dependency and inoculant effects on the growth of *Betula alnoides* seedlings [J]. For Res (林业科学研究), 2000, 13(1): 8-14.(in Chinese)
- [11] Yao Q(姚青), Feng G(冯固), Li X L(李晓林). Variation between mycorrhizal dependency of different crops [J]. Acta Agron Sin (作物学报), 2000(6): 874-878.(in Chinese)
- [12] Meng X X(孟祥霞), Li M(李敏), Liu M(刘敏), et al. Mycorrhizal dependency of Cucurbitaceae vegetables to Arbuscular mycorrhizal fungi [J]. Chin J Eco-Agri (中国生态农业学报), 2001, 9(2): 50-51.(in Chinese)
- [13] Phillips J M, Hayman D S. Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection [J]. Trans Br Mycol Soc, 1970, 55: 158-161.
- [14] Lin X G(林先贵), Hao W Y(郝文英). Mycorrhizal dependency of different plants [J]. Acta Bot Sin (植物学报), 1989, 31(9): 721-725.(in Chinese)