红壤坡地杂草群落 VA 菌根真菌的宿主物种调查

陈欣¹ 方治国¹ 唐建军²

1(浙江大学农业生态研究所, 杭州 310029)

2(浙江大学植物科学研究所, 杭州 310027)

摘要: 本研究调查了红壤坡地幼龄果园杂草群落的物种多样性以及主要物种被 VA 菌根真菌的侵染率和侵染强度, 分析了 VA 菌根真菌侵染与根际土壤磷素水平的关系。研究区域幼龄果园杂草群落共有杂草 96 种, 分属 27 科。对 17 个科的 39 个物种的调查发现, 所调查的物种均不同程度上被 VA 真菌所侵染, 但科与科之间存在显著差异, 同一科的不同种之间也差异明显。相关分析表明, VA 菌根真菌对不同杂草种的侵染率和侵染强度与土壤磷素水平关系不甚密切, VA 菌根真菌侵染强度可能主要决定于宿主植物特性和 VA 菌根真菌的选择。因此, 在不影响农业生产的前提下, 尽可能保持杂草的多样性将有利于 VA 菌根真菌的生存。

关键词: 杂草多样性, VA 菌根, 侵染

中图分类号 S451 S154.3

文献标识码: A

文章编号: 1005-0094(2001)02-0122-07

Investigation on host plants of vesicular arbuscular mycorrhiza fungi (VAMF) within weed communities in agricultural slope land in the red soil area of southeastern China

CHEN Xin¹, FANG Zhi-Guo¹, TANG Jian-Jun²

1 Institute of Agroecology, Zhejiang University, Hangzhou 310029

2 Institute of Plant Science, Zhejiang University, Hangzhou 310027

Abstract: An investigation on weed species biodiversity and host plants of vesicular arbuscular mycorrhiza fungi (VAMF) within weed communities in new developed fruit gardens was conducted. Phosphorus content in various weed rhizospheric soils was analysed. There were 96 species belonging to 27 families in the weed community, among which 39 species were tested to identify VAMF colonies. It was found that all the species tested were colonized by VAMF, but the percentage of colonization and the colonizing intensity were very different among the families and species. Correlation analyses showed that no significant correlation exists between phosphorus content in rhizospheric soil and VAMF colonization. VAMF colonization mainly depends on the characteristics of host plants and the selection of VAMF. This suggests that conservation of weed diversity in upland ecosystems will be favorable for conserving VAMF activities and diversity.

Key words: diversity, vesicular arbuscular mycorrhiza, colonization

内生性的泡囊-丛枝状菌根(Vesicular-Arbuscular mycorrhiza, VAM)是分布最广泛的一种菌根类型(Harley & Smith, 1983)。研究表明, 侵染植物的 VA 菌根真菌能促进宿主对土壤矿质元素 P、N、K、Cu、Zn 等的吸收, 提高宿主根系对根部侵染病菌的抵抗能力, 增强植物对干旱、酸碱、盐和重金属污染

的耐性(汪洪钢等, 1989; 唐明, 1998; 林先贵等, 1992; 熊礼明, 史瑞和, 1994; Thiagarajan & Ahmad, 1994)。VA 菌根真菌通过菌丝对不同植物种的侵染, 将植物群落中不同种类的植物种联系在一起, 使得毫无亲缘关系的物种之间能进行物质(C、N、P 等)交流和信息传递, 对不同物种间获得的资源进

行平衡调节,降低群落内某些物种的优势度,促进其他物种与之共存,从而增加群落内物种的多样性(Francis & Read,1984 ;Bergelson & Crawley,1988)。

在植物菌根的共生体系中,影响植物群落的任何干扰如植被破坏、植物生产力下降、物种多样性的下降等都会影响 VA 菌根真菌的生存和降低其多样性。研究表明,许多陆生植物均是 VA 菌根真菌的宿主,如果旱地植物过于简化,将导致 VA 菌根真菌多样性的降低或丧失(Skujins & Allen,1989)。因此,了解 VA 菌根真菌的宿主以及对 VA 菌根真菌不同植物物种的侵染率和侵染程度,对于有意识地保护植物多样性以保护 VA 菌根真菌的存活和多样性、发挥 VA 菌根的作用,均有较大的现实意义。

开发利用丘陵坡地是南方红壤区农业和农村经济发展的重要途径,但在新开发利用的红壤坡地,由于原植被已被破坏而新的人工植被尚未形成,土壤裸露,使坡地易发生高温干旱和土壤侵蚀,也容易导致 VA 菌根真菌等一些有益微生物类群的丧失(赵其国,1995)。已有研究表明,在新垦植的坡地,保持杂草多样性可以减缓高温干旱的胁迫和防止水土流失(陈欣,唐建军,1999)。但菌根真菌对杂草的侵染以及杂草对保护菌根真菌生存作用的研究仍很少。为此,本研究在调查红壤坡地杂草多样性的基础上,对主要杂草种的 VA 菌根进行调查和分析,为农业坡地杂草管理过程中有选择性地保留一些杂草种群以发挥其生态作用提供依据。

1 研究方法

1.1 研究区域描述

本研究在浙江常山县(属金衢盆地)胡柚生产基地进行,研究地是典型的南方红壤丘陵坡地,土壤类型是由第四纪红土母质发育成的红壤,红壤在我国南方地区分布范围最广,面积最大。胡柚园区面积 150 hm²,分布在坡度为 10% ~ 20% 的坡地上,胡柚树龄 3 ~ 4 年,人工植被覆盖度 10% 左右。

1.2 杂草群落物种组成调查方法

于试验区内采用网格 10 m × 10 m 法取样地,在网格内用 1 m × 1 m 样框取样。共取代表性样地 30 个,样框 60 个(每个样地随机取样框 2 个),测定样框内植物种类、相对盖度和频度,相对盖度用“ % ”表示,物种频度根据公式计算:

$$F(\%) = (n_i / N) \times 100$$

n_i 为某一物种出现的样本数, N 为总样本数。

1.3 杂草根系 VA 菌根真菌侵染检测

对试验区的主要杂草种进行采样分析,样本在网格样地内采取。取完整杂草植株(包括地上部分和地下部分),回实验室后立即清洗干净,剪下根部,固定于 FAA 溶液内。菌根侵染检测参照 Giovannetti & Mosse(1980)的方法进行,菌根感染率(%)=(感染根段数/检测根段数)× 100 ;丛枝百分率(%)=(出现丛枝结构的根段数/检测根段数)× 100 ;泡囊的个数以每毫米根段出现的个数表示。

感染程度参照郭秀珍,毕国昌(1989)的方法划分,共分为 6 级:

I :根样中 VA 菌根泡囊和丛枝状结构明显,分布密集,常常连接成片,给予权重 W_i 为 0.3。

II :根样中 VA 菌根泡囊或丛枝状结构比较多,分布均匀,但尚未连接成片, W_i 为 0.25。

III :根样中 VA 菌根丛枝状结构一般,泡囊很少见,分布不均, W_i 为 0.2。

IV :根样中 VA 菌根泡囊和丛枝状结构很少,分布稀, W_i 为 0.15。

V :根样中没有泡囊结构,丛枝状结构很少见,分布很稀疏, W_i 为 0.10。

VI :无感染, W_i 为 0。

侵染指数的计算公式为: $Index = (\sum W_i \times r_i) / R$, W_i 为第 i 级根段所得权重, r_i 为 i 级根段数, R 为检测的总根段数。

1.4 杂草根际土壤含磷量的测定

野外采集整株植物样本(包括地上部分和地下部分),装入聚乙烯袋中,带回实验室于 4℃ 下保存测定。地下部分取包围黏着于根系的土粒作为根际土壤样本,用于测定土壤磷素含量。土壤含磷量(总磷和有效磷)采用常规分析法测定(中国科学院南京土壤研究所,1982)。

1.5 试验区土壤磷素含量测定

在用网格化取样测定杂草群落物种组成的同时,取土样 30 个测定试验研究所在地的土壤总磷和有效磷含量,测定方法同根际土壤含磷量的测定。

2 结果与分析

2.1 杂草群落的物种组成

表 1 汇总了杂草群落物种组成的调查结果。调查样框中出现的杂草总计 96 种,分属 27 科,频度较

表 1 幼龄果园杂草群落物种组成
Table 1 Species composition of weed community in the experimental site

科 Family	种 Species
1. 禾本科 Gramineae	荻草 <i>Arthraxon hispidus</i> ,狼尾草 <i>Pennisetum alopecuroides</i> ,大狗尾草 <i>Setaria faberi</i> ,金色狗尾草 <i>Setaria glauca</i> ,狗尾草 <i>Setaria viridis</i> ,白茅 <i>Imperata cylindrica</i> ,牛筋草 <i>Eleusine indica</i> ,大叶直芒草 <i>Orthoraphium grandifolium</i> ,狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i> ,双穗雀稗 <i>Paspalum paspaloides</i> ,圆果雀稗 <i>Paspalum orbiculare</i> ,无芒稗 <i>Echinochloa</i> var. <i>mitis</i> ,旱稗 <i>Echionchloa</i> var. <i>hispidula</i> ,画眉草 <i>Eragrostis pilosa</i> ,鼠尾草 <i>Sporobolus fertilis</i> ,雀稗 <i>Paspalum thunbergii</i> ,芒 <i>Miscanthus sinensis</i> ,升马唐 <i>Digitaria ciliaris</i> ,看麦娘 <i>Alopecurus aequalis</i> ,荻 <i>Miscanthus sacchariflorus</i> ,黄背草 <i>Themeda japonica</i> ,早熟禾 <i>Poa annua</i> ,金茅 <i>Eulalia speciosa</i> ,棒头草 <i>Polypogon fugax</i> ,毒麦 <i>Lolium temulentum</i> ,疏花雀麦 <i>Bromus remotiflorus</i> ,草 <i>Beckmannia syzigachne</i> ,大米草 <i>Spartina anglica</i> ,千金子 <i>Leptochloa chinensis</i> ,毛鸭嘴草 <i>Ischaemum anlephoroides</i> ,剪股颖 <i>Agrostis matsumurae</i>
2. 豆科 Leguminosae	鸡眼草 <i>Kummerowia striata</i> ,广布野豌豆 <i>Vicia cracca</i> ,野大豆 <i>Glycine soja</i> ,白车轴草 <i>Trifolium repens</i>
3. 苋科 Amaranthaceae	空心莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i> ,刺苋 <i>Amarathus spinosus</i> ,繁穗苋 <i>Amaranthus paniculatus</i>
4. 伞形科 Apiaceae	积雪草 <i>Centella asiatica</i> ,天胡荽 <i>Hydrocotyle sibthorpioides</i>
5. 莎草科 Cyperaceae	萤蔺 <i>Scirpus juncoides</i> ,碎米莎草 <i>Cyperus iria</i> ,扁穗莎草 <i>Cyperus compressus</i> ,香附子 <i>Cyperus rotundus</i> ,聚穗莎草 <i>Cyperus glomeratus</i> ,日照飘拂草 <i>Fimbristylis miliacea</i>
6. 菊科 Asteraceae	马兰 <i>Kalimeris indica</i> ,小飞蓬 <i>Conyza canadensis</i> ,野艾蒿 <i>Artemisia lavandulaefolia</i> ,山苦荬菜 <i>Ixeris chinensis</i> ,艾蒿 <i>Artemisia argyi</i> ,鼠麴草 <i>Gnaphalium affine</i> ,蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i> ,一年飞蓬 <i>Erigeron annuus</i> ,一点红 <i>Emilia sonchifolia</i> ,鬼针草 <i>Bidens bipartita</i> ,狼把草 <i>Bidens bipartita</i> ,胜红蓟 <i>Ageratum conyzoides</i>
7. 蓼科 Polygonaceae	小花蓼 <i>Polygonum muricatum</i> ,杠板归 <i>Polygonum perfoliatum</i> ,酸模叶蓼 <i>Polygonum lapathifolium</i> ,箭叶蓼 <i>Polygonum sieboldii</i> ,旱蓼 <i>Polygonum lapathifolium</i> ,小蓼 <i>Polygonum minus</i>
8. 玄参科 Scrophulariaceae	通泉草 <i>Mazus japonicus</i> ,婆婆纳 <i>Veronica didyma</i> ,弹刀子草 <i>Mazus stachydifolius</i> ,泥花草 <i>Lindernia antipda</i>
9. 蔷薇科 Rosaceae	蛇莓 <i>Duchesnea indica</i> ,茅莓 <i>Rubus parvifolius</i> ,山莓 <i>Rubus corchorifolius</i>
10. 石竹科 Caryophyllaceae	牛繁缕 <i>Malachium aquaticum</i> ,雀舌草 <i>Stellaria uliginosa</i> ,繁缕 <i>Stellaria media</i>
11. 大戟科 Euphorbiaceae	铁苋菜 <i>Acalypha australis</i> ,叶下珠 <i>Phyllanthus urinaria</i>
12. 唇形科 Lamiaceae	香薷 <i>Elsholzia ciliata</i>
13. 雨久花科 Pontederiaceae	鸭舌草 <i>Monochoria vaginalis</i> ,窄叶鸭舌草 <i>Monochoria vaginali</i> var. <i>plantaginea</i>
14. 鸭跖草科 Commelinaceae	鸭跖草 <i>Commelina communis</i>
15. 柳叶菜科 Onagraceae	丁香蓼 <i>Ludwigia epilobioides</i>
16. 毛茛科 Ranunculaceae	毛茛 <i>Ranunculus japonicus</i>
17. 海金沙科 Lygodiaceae	海金沙 <i>Lygodium japonicum</i>
18. 桔梗科 Campanulaceae	兰花参 <i>Wahlenbergia marginata</i>
19. 蕨科 Pteridiaceae	狼蕨 <i>Pteridium aquilinum</i>
20. 爵床科 Acanthaceae	爵床 <i>Rostellularia procumbens</i>
21. 十字花科 Brassicaceae	碎米荠 <i>Cardamine hirsuta</i> ,臭芥 <i>Coronopus didymus</i> ,荠菜 <i>Capsella bursa-pastoris</i>
22. 堇菜科 Violaceae	堇菜 <i>Viola verecunda</i> ,匍匐堇菜 <i>Viola diffusa</i>
23. 报春花科 Primulaceae	珍珠菜 <i>Lysimachia clethroides</i>
24. 粟米草科 Molluginaceae	粟米草 <i>Mollugo pentaphylla</i>
25. 酢浆草科 Oxalidaceae	酢浆草 <i>Oxalis corniculata</i>
26. 藤黄科 Clusiaceae	地耳草 <i>Hypericum japonicum</i>
27. 茜草科 Rubiaceae	金毛耳草 <i>Hedyotis chrysotricha</i> ,猪殃殃 <i>Galium aparine</i>

高、分布较广的物种主要有白茅(*Imperata cylindrica* ,频度 61. 54% ,下同)、升马唐(*Digitaria ciliaris* , 38. 46%)、狗牙根(*Cynodon dactylon* , 34. 62%)、鸡眼草(*Kummerowia striata* , 61. 54%)、小飞蓬(*Conyza canadensis* , 34. 62%)、酸模叶蓼(*Polygonum lapathifolium* , 23. 08%)、堇菜(*Viola verecunda* , 30. 76%)、聚穗莎草(*Cyperus glomeratus* , 23. 08%)、酢浆草(*Oxalis corniculata* , 26. 92%)等,属禾本科(Gramineae)、豆科(Leguminosae)、菊科(Asteraceae)、蓼科(Polygonaceae)、堇菜科(Violaceae)、莎草科(Cyperaceae)、酢浆草科(Oxalidaceae)的物种。

2.2 群落中不同物种 VA 菌根真菌侵染

表 2 是幼龄果园杂草群落主要科物种 VA 菌根的形成情况。所检测的杂草物种都感染了 VA 菌根真菌,侵染率平均为 87. 59% ,不同科之间侵染率差异明显,在所调查的物种较多的科中,菊科植物的侵染率最高,平均为 94. 48% ;豆科次之,平均值为 94. 28% ,禾本科的侵染率较低,平均值为 83. 56% 。此外,毛茛科(Ranunculacea)、酢浆草科(Oxalidaceae)的侵染率也较高。一般认为苋科(Amaranthaceae)、蓼科、莎草科等的植物物种不容易受 VA 菌根真菌侵染(Skujins & Allen ,1989) ,但本研究发现,生

长在红壤坡地上的这些科的植物种均在一定程度上被 VA 菌根真菌所侵染,如莎草科物种的侵染率为 25.81% ~ 41.94%, 苋科的空心莲子草侵染率达 96.77%, 蓼科植物的侵染率为 63.33%。

侵染率反映了物种是否被 VA 菌根真菌所侵染,丛枝结构百分率、泡囊的个数和侵染指数则主要说明 VA 菌根真菌在宿主根系的定殖程度。从表 2 可见,VA 菌根真菌侵染指数在科间的变化与侵染率在科间的变化表现一致,侵染率高的科,其侵染强度也高,两者相关系数为 0.9084($\alpha = 0.01$),比较禾本科、豆科、菊科三大科各科内所有杂草种的实际测定平均值,VA 菌根的侵染率和侵染指数以菊科最高,其次是豆科与禾本科。此外,酢浆草科、毛茛科、玄参科的种侵染率较高,侵染指数也表现出较高的值。

从同一科的不同种来看(表 3),禾本科杂草 VA

表 2 杂草群落中不同科物种 VA 菌根侵染状况
Table 2 VAM colonizing in various weed families

科 Family	检测的物种数 No. of tested species	侵染率(%) Percentage of colonized	侵染强度指数 Index of colonized
菊科 Asteraceae	6	94.48	0.179
禾本科 Gramineae	14	87.74	0.166
豆科 Leguminosae	5	85.10	0.164
毛茛科 Ranunculaceae	1	100.00	0.218
酢浆草科 Oxalidaceae	1	100.00	0.220
苋科 Amaranthaceae	1	96.77	0.156
报春花科 Primulaceae	1	96.67	0.175
玄参科 Scrophulariaceae	2	87.09	0.176
堇菜科 Violaceae	1	86.67	0.156
唇形科 Lamiaceae	1	86.67	0.169
石竹科 Caryophyllaceae	1	76.67	0.160
蓼科 Polygonaceae	1	63.33	0.102
大戟科 Euphorbiaceae	1	54.84	0.068
粟米草科 Molluginaceae	1	40.00	0.060
莎草科 Cyperaceae	2	33.88	0.096

表 3 禾本科、菊科、豆科物种 VA 菌根差异
Table 3 Difference of VAM in various species in three weed families

科 Family	侵染率(%) Percentage of colonized	丛枝率(%) Percentage of arbuscular	泡囊数 No. of vesicular (number/mm)	侵染指数 Index of colonized
禾本科 Gramineae				
剪股颖 <i>Agrostis matsumurae</i>	100.00	43.3	1.6	0.229
■ 草 <i>Beckmannia syzigachne</i>	100.00	10.0	4.5	0.248
大米草 <i>Spartina anglica</i>	100.00	36.7	3.2	0.245
看麦娘 <i>Alopecurus aequalis</i>	93.33	23.3	0.3	0.183
疏花雀麦 <i>Bromus remotiflorus</i>	100.00	53.3	3.9	0.238
早熟禾 <i>Poa annua</i>	80.00	13.3	0.2	0.145
画眉草 <i>Eragrostis pilosa</i>	96.97	20.5	0.7	0.204
升马唐 <i>Digitaria ciliaris</i>	80.00	6.7	0.2	0.135
狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	70.97	9.7	0.1	0.126
牛筋草 <i>Eleusine indica</i>	45.16	3.3	0.0	0.062
白茅 <i>Imperata cylindrica</i>	100.00	18.4	0.5	0.187
荩草 <i>Arthraxon hispidus</i>	77.42	6.7	0.1	0.138
荻 <i>Miscanthus sacchariflorus</i>	96.77	0	0.2	0.108
金茅 <i>Eulalia speciosa</i>	64.52	4.5	0.0	0.07
棒头草 <i>Polypogon fugax</i>	48.39	3.3	0.0	0.047
菊科 Asteraceae				
小飞蓬 <i>Conyza canadensis</i>	86.87	35.0	0.41	0.155
一年飞蓬 <i>Erigeron annuus</i>	100.00	33.3	0.9	0.199
狼把草 <i>Bidens tripartita</i>	93.33	16.7	0.5	0.177
鼠麴草 <i>Gnaphalium affine</i>	96.67	30.0	0.7	0.193
野艾蒿 <i>Artemisia lavandulaefolia</i>	96.67	23.3	0.9	0.193
豆科 Leguminosae				
鸡眼草 <i>Kummerowia striata</i>	93.33	60.0	0.6	0.187
广布野豌豆 <i>Vicia cracca</i>	96.67	26.7	2.5	0.227
野大豆 <i>Glycine soja</i>	100.00	56.7	0.25	0.220
白车轴草 <i>Trifolium repens</i>	87.10	33.3	0.1	0.140

菌根真菌侵染的种间变化较大,侵染率的变幅为 45.16% ~ 100%,侵染指数的变幅为 0.047 ~ 0.248,泡囊数在 0.0 ~ 3.6 个/mm 之间变化,丛枝率在 0.0% ~ 53.3% 变化。在所检测的物种中,侵染指数、泡囊个数和丛枝率较高的物种为疏花雀麦 (*Bromus remotiflorus*) 和 草 (*Beckmannia syzigachne*),均属于禾本科,而侵染指数、泡囊个数和丛枝率较低的物种是牛筋草 (*Eleusine indica*) 和棒头草 (*Polypogon fugax*),也属禾本科。菊科和豆科杂草种间差异较小,菊科侵染率在 86.87% ~ 100% 之间,侵染指数在 0.155 ~ 0.199 之间;豆科侵染率变幅在 87.10% ~ 100% 之间,侵染指数在 0.140 ~ 0.227 之间。

虽然研究表明许多物种都可形成 VA 菌根,而且 VA 菌根没有严格的宿主专一性,但是由于宿主植物特性(如根系的大小和根毛的数量、根际分泌物等)的不同(林先贵,郝文英,1989;王幼珊,张美庆,1989)会影响 VA 菌根真菌侵染的强度,而在已知可形成 VA 菌根的科属中,也可能有一些种属的植物不受 VA 菌根的侵染,或者感染强度很弱。因此,尽管 VA 菌根的宿主范围十分广泛,但要形成 VA 菌根也需要存在有效的宿主植物。因而保持宿主植物的多样性将有利于菌根真菌的生存和菌根的形成。

2.3 VA 菌根真菌的侵染与根际土壤磷素水平的关系

研究区内,土壤总磷含量的变化范围为 96.36 mg/kg ~ 489.65 mg/kg,有效磷含量的变化范围在 3.530 mg/kg ~ 46.06 mg/kg 之间,不同杂草种根际土壤总磷含量的变化范围为 113.44 mg/kg ~ 455.81 mg/kg(图 1),有效磷含量的变化范围在 4.30 mg/kg ~ 48.16 mg/kg 之间,根际土壤磷素含量的变化范围与研究区内土壤的相似。对图 1 中的数据进行相关分析表明,VA 菌根真菌的侵染率与土壤磷素总磷和有效磷含量的相关系数分别为 0.3556 和 0.1049,均没有达到显著水平,VA 菌根真菌的侵染强度指数与土壤磷素总磷和有效磷含量的相关系数分别为 0.5965 和 0.2126,前者在 $\alpha = 0.05$ 水平上显著,而后者相关系数未达显著水平。总的来看,VA 菌根真菌对杂草物种的侵染与根际土壤磷素含量的关系并不很密切。对 8 个物种在土壤磷素含量明显不同的样地的 VA 菌根侵染分析也表明(表

4),同一物种在不同土壤磷素条件下,菌根侵染率和侵染强度差异不大。

3 讨论

杂草是农林作物生态系统中重要的组成部分,也是影响农林作物生长,导致产量下降的重要因素之一。过去一直都努力将杂草从农业生态系统中清除出去。对杂草的防除一般通过使用除草剂或人工铲除,但传统的除草方式易导致对环境的污染、物种多样性下降或水土流失等问题。近年来保护农业生产区域中杂草等野生植物的多样性以及发挥其在维持生态平衡中的作用逐渐为人重视(Altieri,1999; Lagerlof & Wallin,1993; Wyss,1996; 郭水良,李扬汉,1996; 陈欣,唐建军,1999; 汤圣祥等,1999; 陈欣等,2000)。本研究表明,红壤坡地大多数科属的杂草均是 VA 菌根真菌的宿主,VA 菌根真菌对宿主植物的侵染和依赖在科与科之间以及同一科的不同种之间明显不同,因而在农业生产过程中对杂草的防除(如除草剂使用、杂草的铲除等)都会在一定程度上影响 VA 菌根真菌的生存和活性。保持杂草多样性或改变常规的杂草管理方式将利于对 VA 菌根真菌的保护。

关于 VA 菌根真菌对植物的侵染强度与土壤磷素水平的关系,目前仍存在不同的研究结果。如 Mosse(1973)的研究表明,土壤磷素水平明显影响菌根真菌的侵染:当土壤磷酸二氢钙的含量超过 1 g/kg 时,VA 菌根真菌生长受抑制,达到 6 g/kg 时,VA 菌根不能形成。林先贵等(1989)和 Amijee(1989)的试验也表明,土壤有效磷含量过低,VA 菌根真菌侵染率也会降低;适当施用磷能显著提高侵染率,但过高会抑制侵染。但 Hayman(1975)的研究表明,VA 菌根真菌的侵染和菌根的形成与土壤肥力相关小或无关。本研究发现,VA 菌根真菌对不同杂草物种的侵染强度与土壤磷素含量相关不明显,VA 菌根真菌对不同物种的侵染与否和侵染强度似乎主要取决于宿主物种的特性。

VA 菌根是大多数植物根系和土壤密切联系的桥梁,VA 菌根真菌产生的多糖体也具有增加矿物保持水分的能力,这些能力可以改善土壤团粒结构的稳定性,不仅可以减少生境土壤的破坏,而且可以提高土壤的生产力(Wright & Upadhyaya,1998)。因此,在丘陵坡地开垦过程中,应尽可能保持植物的多样性,使土壤的 VA 菌根真菌具有广泛的宿主,以

图 1 杂草 VA 菌根真菌侵染强度指数与根际土壤磷含量
Fig. 1 Index of colonization and P content in the soils of various weed species rhizosphere
注：1. 看麦娘 *Alopecurus aequalis* ; 2. 早熟禾 *Poa annua* ; 3. 画眉草 *Eragrostis pilosa* ; 4. 升马唐 *Digitaria ciliaris* ; 5. 狗尾草 *Setaria viridis* ; 6. 牛筋草 *Eleusine indica* ; 7. 白茅 *Imperata cylindrica* ; 8. 荩草 *Arthraxon hispidus* ; 9. 荻 *Miscanthus sacchariflorus* ; 10. 金茅 *Eulalia speciosa* ; 11. 棒头草 *Polypogon fugax* ; 12. 鸡眼草 *Kummerowia striata* ; 13. 野大豆 *Glycine soja* ; 14. 白车轴草 *Trifolium repens* ; 15. 小飞蓬 *Conyza canadensis* ; 16. 狼把草 *Bidens tripartita* ; 17. 鼠麴草 *Gnaphalium affine* ; 18. 野艾蒿 *Artemisia lavandulaefolia* ; 19. 聚穗莎草 *Cyperus glomeratus* ; 20. 日照飘拂草 *Fimbristylis miliacea* ; 21. 弹刀子草 *Mazus stachydifolius* ; 22. 香薷 *Elsholzia ciliata* 23. 空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides*.

表 4 土壤磷素含量不同的样地杂草 VA 菌根的侵染率(%)
Table 4 VAMF colonizing percentage in various sampling spots

	样地 1 Plot 1 (TP = 389.85mg/kg AP = 13.87mg/kg)	样地 2 Plot 2 (TP = 291.74mg/kg AP = 6.57mg/kg)	样地 3 Plot 3 (TP = 181.37mg/kg AP = 3.32mg/kg)
画眉草 <i>Eragrostis pilosa</i>	98.67	100.00	98.00
升马唐 <i>Digitaria ciliaris</i>	80.00	80.00	82.32
牛筋草 <i>Eleusine indica</i>	46.00	40.00	41.20
疏花雀麦 <i>Bromus remotiflorus</i>	100.00	100.00	100.00
鸡眼草 <i>Kummerowia striata</i>	93.00	93.30	94.50
广布野豌豆 <i>Vicia cracca</i>	96.60	94.60	95.50
小飞蓬 <i>Conyza canadensis</i>	87.70	86.00	88.67
鼠麴草 <i>Gnaphalium affine</i>	98.00	97.00	100.00

TP : 土壤总磷含量 TP content in soil ; AP : 土壤有效磷含量 AP content in soil

保持其活力和多样性,从而发挥 VA 菌根真菌在土壤保持、土壤良好结构的形成和退化土壤恢复中的作用。

参考文献

陈欣,唐建军,1999. 新垦红壤坡地杂草多样保持的土壤保持效应. 杂草科学, (3): 5 ~ 8
陈欣,王兆骞,唐建军,2000. 农业生态系统杂草多样保持的生态学功能. 生态学杂志, 19(4): 50 ~ 52
郭水良,李扬汉,1996. 杂草的基本特点及其在丰富栽培地生物多样性的作用. 自然资源, (3): 48 ~ 52
郭秀珍,毕国昌,1989. 林木菌根及应用技术. 北京: 中国林业出版社, 1 ~ 305
林先贵,郝文英,施亚琴,1989. 在非灭菌土壤条件下施用磷肥对 VA 菌根效应的影响. 土壤学报, 26(2): 179 ~ 185
林先贵,郝文英,1989. 不同植物对 VA 菌根菌的依赖性. 植物学报, 31(9): 721 ~ 725

林先贵,郝文英,1992. VA 菌根对植物耐旱、涝能力的影响. 土壤, 24(3): 142 ~ 145
汤圣祥,丁力,王中秋,1999. 利用生物多样性稳定控制水稻病虫害. 世界农业, (1): 28
唐明,1998. VA 菌根提高植物抗盐碱和抗重金属能力的研究进展. 土壤, 30(5): 251 ~ 254
汪洪钢,吴观以,李慧荃,1989. VA 菌根对绿豆 (*Phaseolus aureus*) 生长及水分利用的影响. 土壤学报, 26(4): 393 ~ 399
王幼珊,张美庆,1989. VA 菌根真菌与宿主植物间的相互选择. 北京农业科学, (6): 4 ~ 7
熊礼明,史瑞和,1994. 蒸气灭菌的土壤对植物的毒害作用及 VA 菌根的减毒效应. 土壤学报, 31: 234 ~ 239
赵其国,1995. 我国红壤退化问题. 土壤, 27(6): 281 ~ 285
中国科学院南京土壤研究所,1982. 土壤分析手册. 北京: 中国科学出版社
Altieri M A, 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 74: 19 ~ 31

- Amijee F, 1989. Effect of phosphorus on the morphology of VA mycorrhizal root system of leek (*Allium porrum* L.). *Plant and Soil*, **119**: 334 ~ 336
- Bergelson J M and Crawley M J, 1988. Mycorrhizal infection and plant species diversity. *Nature*, **334**: 202
- Francis R and Read D J, 1984. Direct transfer of carbon between plants connected by vesicular-arbuscular mycorrhizal mycelium. *Nature*, **307**: 53 ~ 56
- Giovannetti M and Mosse B, 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, **84**: 498 ~ 500
- Harley J L and Smith S E, 1983. *Mycorrhizal Symbiosis*. London: Academic Press
- Hayman D S, 1975. The influence of phosphate and crop species on endogone spore and VA mycorrhiza under field conditions. *Plant and Soil*, **43**: 489 ~ 495
- Lagerlof J and Wallin H, 1993. The abundance of arthropods along two fields margins with different types of vegetation composition: an experimental study. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, **43**: 141 ~ 154
- Mosse B, 1973. Plant growth response to vesicular-arbuscular mycorrhiza. IV. In soil given additional phosphate. *New Phytologist*, **72**: 127 ~ 136
- Skujins J and Allen M F, 张凯(译), 1989. 利用菌根恢复植被. *生态学进展*, **6**(4): 281 ~ 286
- Thiagarajan T R and Ahmad M H, 1994. Phosphatase activity and cytokinin content in cowpeas (*Vigna unguiculata*) inoculated with a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Biological Fertilizer and Soil*, **17**: 51 ~ 56
- Wright S F and Upadhyaya A, 1998. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhiza fungi. *Plant and Soil*, **198**: 97 ~ 107
- Wyss E, 1996. The effects of artificial weed strips on diversity and abundance of the arthropod fauna in a Swiss experimental apple orchard. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, **60**: 47 ~ 59

(责任编辑: 孙大川)