



# 非灭菌条件下丛枝菌根对猪血木幼苗生长的影响

申仕康<sup>1</sup>, 王 杨<sup>2</sup>, 王跃华<sup>1</sup>

1. 云南大学生命科学学院, 昆明 650091

2. 中国药科大学药学院, 南京 211198

**摘要** 以猪血木幼苗为研究对象, 在非灭菌条件下进行幼苗接种丛枝菌根的盆栽试验。通过测定幼苗株高、叶片光合色素含量和叶片数生长动态, 结合动态生命表和株高增长动态分析方法, 探讨了非灭菌条件下丛枝菌根对濒危植物猪血木幼苗生长的影响。结果表明, 与对照组相比, 接种丛枝菌根提高了叶片光合色素的含量, 显著提高了幼苗的存活率, 促进幼苗的株高和叶片生长; 动态生命表分析表明, 接种丛枝菌根的幼苗在生长初期的 48 周中无明显的危险死亡期; 对照组幼苗存活率曲线为 Deevey-III 型, 幼苗在初期表现出较高的死亡率。故接种丛枝菌根能促进猪血木幼苗的生长, 增强幼苗对环境的适应性, 提高幼苗的存活率。研究结果为该濒危物种的有效保护和种群恢复提供了理论依据。

**关键词** 丛枝菌根; 动态生命表; 濒危植物; 猪血木; 种群恢复

**中图分类号** Q948.12

**文献标识码** A

**文章编号** 1000-7857(2009)16-0019-07

## Effect of Arbuscular Mycorrhizal Inoculation on Seedling Growth of *Euryodendron Excelsum* Under Unsterilized Soil Conditions

SHEN Shikang<sup>1</sup>, WANG Yang<sup>2</sup>, WANG Yuehua<sup>1</sup>

1. School of Life Science, Yunnan University, Kunming 650091, China

2. School of Pharmacy, China Pharmaceutical University, Nanjing 211198, China

**Abstract** *Euryodendron excelsum* H. T. Chang is an endangered species from the family Theaceae endemic to China. It has been reduced to one remnant population with less than 200 individuals in Bajia region of Yangchun County, Guangdong Province. The species is listed as a Grade Two endangered plant for state protection in the Red Data Book of plants in China. A pot experiment was conducted to

investigate the effect of indigenous Arbuscular Mycorrhizal (AM) inoculation on the seedling growth dynamics of *E. excelsum* under non-sterilized soil conditions. The individual height, survival rate, number of leaves and the content of photosynthetic pigments in the leaves were recorded. Moreover, the dynamic life table and survival curve of *E. excelsum* were also tabulated and analyzed. Results show that AM inoculation of *E. excelsum* seedling not only can increase the survival rate, but also may promote the height and leaves growth. Furthermore, the content of photosynthetic pigments in the leaves was increased after indigenous AMF inoculation, indicting the improvement of photosynthesis. The seedlings which inoculated AM have no obvious mortality during the first 48 weeks, while the survival curve of the control treatment belongs to Deevey-III, suggesting a high mortality rate in the early seedling growth stage. It is concluded that AM inoculation can promote *E. excelsum* seedling's growth and increase its environmental fitness. The research results could provide a reference for the effective conservation and population recovery of this critically endangered species.

**Keywords** Arbuscular mycorrhizal; dynamic life table; endangered plant; *Euryodendron excelsum*; population recovery

收稿日期: 2009-05-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(30560017);《科技导报》“博士创新研究资助计划”项目(kjdb20090101-4);国家基础科学人才培养科学基金项目(J0730652)

作者简介: 申仕康, 博士研究生, 研究方向为保护生物学和丛枝菌根, 电子信箱: ssk168@yahoo.com.cn; 王跃华 (通信作者), 教授, 研究方向为保护生物学等, 电子信箱: wangyh58212@yahoo.com.cn



## 0 引言

丛枝菌根是丛枝菌根真菌(Arbuscular Mycorrhizal Fungi, AMF)与植物的根系所形成的一种共生体,地球上90%的维管植物都能形成丛枝菌根<sup>[1-2]</sup>。丛枝菌根不仅能提高植物吸收养分的能力、促进植物的生长、增强植物的抗逆性(例如,抗干旱、贫瘠和重金属污染等)和抗病性,还能提高土壤活性、改善土壤结构和改良土壤理化性质,促进生态系统向平衡的方向演化,同时,丛枝菌根的存在还能影响植物群落中物种的组成、物种多样性和群落的生产力等,在生物多样性的维持和保护上发挥着巨大的作用<sup>[3-6]</sup>。近年来的研究发现,丛枝菌根接种能提高幼苗存活率、促进濒危植物幼苗的生长和改善其濒危现状,对濒危物种的保护和种群恢复具有重要意义<sup>[7-10]</sup>。

猪血木(*Euryodendron excelsum* H. T. Chang)隶属于山茶科(Theaceae)猪血木属,属多年生木本植物,为中国特有单型属的珍稀濒危物种。猪血木为高大乔木,叶具规则锯齿、排列成多列等与杨桐属(*Adinandra*)和柃木属(*Eurya*)植物相区别,而其他形态特征与这两属植物相似,其特殊的系统学位置使其成为研究山茶科系统发育和形态演化的重要材料<sup>[11]</sup>。该物种目前仅在广东省八甲镇有分布且个体数量稀少,按照最新的调查报道,该物种现存植株不足200株<sup>[12]</sup>,基于此,在《中国动植物红皮书》中猪血木被列为二级保护植物,按IUCN的濒危物种划分标准,该物种被正式收录为极危种(critically endangered)<sup>[13]</sup>。猪血木残存种群分布区紧邻村庄,受当地人为干扰严重,高强度的人为干扰不仅导致适合该物种生存的植被和群落环境遭到破坏或消失,还使得土壤环境严重退化,造成土壤板结,影响土壤微生物区系,最终不仅影响猪血木现存植株的正常生长,还给种群幼苗更新带来障碍。

为了揭示猪血木濒危的原因和机制,国内一些学者曾对其资源分布、生物学及生态学特性、种群结构及动态、繁殖生物学和保护遗传学等进行了研究<sup>[11-12,14-15]</sup>,有关猪血木的菌根生物学特性方面的研究尚未见报道,同时,前期研究发现,自然条件猪血木幼苗培育困难,可能与该植物根际微生物的共生相关<sup>[11]</sup>,野外调查亦发现成年植株附近几乎没有猪血木幼苗生长,而幼苗更新是物种保护和种群恢复的基础,鉴此,本研究在检测猪血木植株受丛枝菌根感染的基础上<sup>[16]</sup>,提出以下2个问题:①丛枝菌根接种能否提高幼苗的存活率?②猪血木幼苗的生长动态对丛枝菌根接种的响应如何?同时,为了提高研究结论在该物种种群恢复中的实际应用价值,本研究采用非灭菌的土壤基质,通过盆栽试验对猪血木幼苗接种AMF,探讨非灭菌条件下接种丛枝菌根对猪血木幼苗生长的影响,结合动态生命表分析方法,研究丛枝菌根对猪血木苗期生长动态的影响,提出菌根化技术在该濒危物种保护生物学中的应用潜力,为其有效保护和种群恢复策略的制定提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

菌剂制备:猪血木目前仅在广东省八甲镇有分布,通过

采集由于“神山”而受当地居民保护的生境斑块中猪血木植株旁根际5~30 cm深的土壤(丛枝菌根真菌孢子密度为每100 g土811个),土样采集后带回实验室,按照Fisher等<sup>[17]</sup>及Moora等<sup>[18]</sup>描述的方法,将带AMF的根际土壤过5 mm筛除去大块石头和粗枝后,播种玉米种子以保存和扩繁根际土壤中的丛枝菌根真菌,待玉米根段丛枝菌根感染率达80%以上时(约3个月),以含有孢子、菌丝和被感染根段的玉米根际土壤作为试验接种剂。

供试植株:将野外采集的猪血木种子经0.5%的高锰酸钾溶液消毒后于细沙中育苗,待其长至两片真叶时,挑选长势较佳的幼苗进行移栽供试验所用。

容器和试验基质:容器为15 cm×9 cm有底花盆,以红壤:腐殖质:河沙=2:1:1的比例配置土壤基质,土壤基质的理化性质是:有机质9.46%,速效磷21.66 mg/kg,速效钾24.52 mg/kg,碱解氮29.43 mg/kg,pH值为6.44。

### 1.2 方法

接种处理:试验设计接种(处理组)和不接种(对照组)两种处理,每个花盆均装入土壤基质1200 g,每盆移栽植株4株。采用穴蘸法对处理组进行接种,每盆接种菌剂20 g,同时按照Fisher等<sup>[17]</sup>和Moora等<sup>[18]</sup>的方法,在对照组中添加20 g菌剂的滤纸过滤,以保证对照组和处理组土壤中其他微生物群落一致,两组幼苗均放入温室中生长。每盆移栽幼苗4株,两组均设20个重复,共移栽幼苗160株,温室条件为:温度15~25℃,湿度50%~70%,自然光照。

感染率检测:待幼苗生长48周后,随机选取两组幼苗的部分根段,采用碱解离-酸性品红染色法<sup>[19]</sup>进行菌根感染率检测,AMF感染程度的计算采用McGonigle等<sup>[20]</sup>改进的十字交叉法。

幼苗生长测定:为避免人为因素在幼苗移栽过程中导致其死亡对试验的影响,幼苗生长测定从移栽后至幼苗适应土壤基质时(即幼苗初步有新的叶芽出现,约25 d)开始测定,此时处理组幼苗为62株,共16盆;对照组为50株,共13盆。由于保护幼株和后续研究的需要,本文未对幼苗生物量、根冠比和植株N、P含量等生理生化指标进行测定<sup>[21]</sup>。本文测定可以反映植株生长适合度的形态学指标,如植株存活数、存活植株的株高、叶片数、最大叶片的长度和宽度等,每4周测定一次,连续检测48周;采用Wellburn的方法<sup>[22]</sup>测定不同处理下幼苗叶片的光合色素含量,包括叶绿素a、叶绿素b、总叶绿素和类胡萝卜素含量,并计算叶绿素a/叶绿素b(Chl a/Chl b)和类胡萝卜素/总叶绿素(Car/Chl)的值;同时,在存活植株数量和植株高度测量的基础上运用动态生命表的方法<sup>[23]</sup>和高度增长速率的方法<sup>[24]</sup>,对不同处理条件下的幼苗生长动态进行对比分析,其中,幼苗存活率以48周后存活植株数与试验初始植株数的百分比表达,高度绝对增长速率(Height Absolute Growth Rate, HAGR)和高度相对增长速率(Height Relative Growth Rate, HRGR)分别为

$$HAGR = \frac{H_{i+1} - H_i}{T_{i+1} - T_i} \quad (1)$$



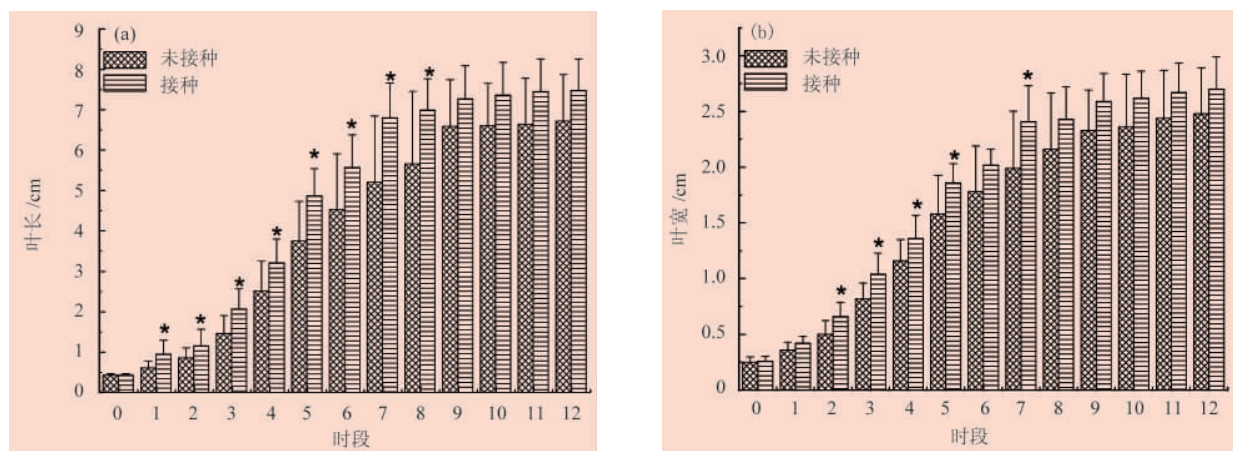


图2 猪血木幼苗叶片生长动态

Fig. 2 Leaves growth dynamics of *Euryodendron excelsum* seedlings

注:a:叶长;b:叶宽;\*表示在同一时段处理组与对照组叶片生长特征差异显著( $P<0.05$ )

Notes: a: the length of leaves; b: the width of leaves; \* indicates a significant difference between the uninoculate and inoculate treatments in the same time interval ( $P<0.05$ )

表 2 猪血木幼苗的动态生命表

Table 2 Dynamic life table of *Euryodendron excelsum* in the seedling stage

| 处理              | 时段(月-日—月-日)     | 存活数 | 标准存活数 | 死亡数 | 致死力   | 日平均死亡率/% |
|-----------------|-----------------|-----|-------|-----|-------|----------|
| 处理组             | 0(03-18)        | 62  | 1 000 | —   | —     | —        |
|                 | 1(03-18—04-18)  | 58  | 935   | 4   | 0.067 | 0.22     |
|                 | 2(04-19—05-18)  | 55  | 887   | 3   | 0.053 | 0.17     |
|                 | 3(05-19—06-18)  | 54  | 871   | 1   | 0.018 | 0.06     |
|                 | 4(06-19—07-18)  | 51  | 823   | 3   | 0.057 | 0.18     |
|                 | 5(07-19—08-18)  | 50  | 806   | 1   | 0.021 | 0.07     |
|                 | 6(08-19—09-18)  | 48  | 774   | 2   | 0.040 | 0.13     |
|                 | 7(09-19—10-18)  | 47  | 758   | 1   | 0.021 | 0.07     |
|                 | 8(10-19—11-18)  | 46  | 742   | 1   | 0.022 | 0.07     |
|                 | 9(11-19—12-18)  | 46  | 742   | 0   | 0     | 0        |
|                 | 10(12-19—01-18) | 46  | 742   | 0   | 0     | 0        |
|                 | 11(01-19—02-18) | 46  | 742   | 0   | 0     | 0        |
| 12(02-19—03-18) | 46              | 742 | 0     | 0   | 0     |          |
| 对照组             | 0(03-18)        | 50  | 1 000 | —   | —     | —        |
|                 | 1(03-18—04-18)  | 29  | 580   | 21  | 0.545 | 1.40     |
|                 | 2(04-19—05-18)  | 22  | 440   | 7   | 0.276 | 0.80     |
|                 | 3(05-19—06-18)  | 21  | 420   | 1   | 0.047 | 0.15     |
|                 | 4(06-19—07-18)  | 19  | 380   | 2   | 0.100 | 0.32     |
|                 | 5(07-19—08-18)  | 15  | 300   | 4   | 0.236 | 0.70     |
|                 | 6(08-19—09-18)  | 14  | 280   | 1   | 0.069 | 0.22     |
|                 | 7(09-19—10-18)  | 13  | 260   | 1   | 0.074 | 0.23     |
|                 | 8(10-19—11-18)  | 12  | 240   | 1   | 0.080 | 0.26     |
|                 | 9(11-19—12-18)  | 12  | 240   | 0   | 0     | 0        |
|                 | 10(12-19—01-18) | 12  | 240   | 0   | 0     | 0        |
|                 | 11(01-19—02-18) | 12  | 240   | 0   | 0     | 0        |
| 12(02-19—03-18) | 12              | 240 | 0     | 0   | 0     |          |

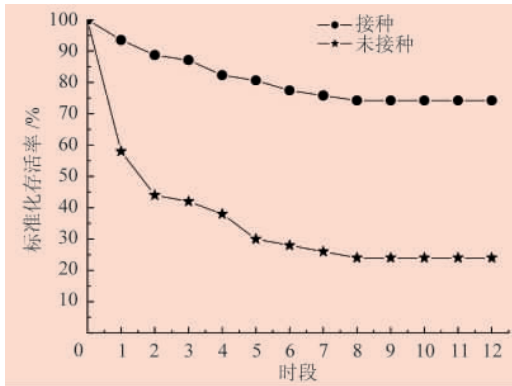


图3 猪血木幼苗存活率曲线

Fig. 3 Survival curve of *Euryodendron excelsum* seedlings

猪血木幼苗植株高度增长率动态分析表明,幼苗在第3~7时段(即5~10月),植株表现出较大的绝对增长速率,其中处理组和对照组的绝对增长速率分别在第7和第6时段达到最大值;而在第8~11时段(即11月到次年2月),植株绝对增长速率显著降低,到第12时段(即次年3月),幼苗表现出快速增长趋势,在试验期间(即第1~12时段),幼苗的相对增长速率变化则较为平缓,猪血木幼苗的这种株高增长变化趋势可能是由其本身生长的季节性波动所决定,但是接种AMF的猪血木幼苗株高增长率明显大于对照组,尤其是其绝对增长速率(图4),表明AMF接种能促进猪血木幼苗株高的生长。

### 2.3 幼苗生长动态分析

幼苗生长动态是幼苗的生物学特性及其对环境适应性的综合体现,猪血木苗期动态生命表(表2)和存活率曲线(图3)表明,处理组幼苗叶片生长动态好于对照组,处理组幼苗存活率曲线趋于平缓,表明其在一个生长季节里无明显的危险死亡期;对照组幼苗存活率曲线为Deevey-III型,幼苗生长初期出现较大的死亡率,同时,从日平均死亡率亦可以看出,在幼苗生长的前24周内,对照组幼苗日平均死亡率呈现不规则的波动,表明该时期为对照组的死亡危险期。致死力在幼苗期或幼树期统计时段的生命表中能正确反映幼苗生长的实际情况,处理组和对照组的变化趋势基本一致,均表现为幼苗生长初期致死力较大,但随着幼苗的逐渐长大变壮,其对不利外界环境的抵抗力和适应能力增强,致死力下降,并逐步在一个生长季节后期基本适应其生长环境。

### 3 讨论

幼苗期被认为是植物生活史最脆弱的时期,尤其是对一些珍稀濒危物种而言,幼苗的生存和生长状况关系到该物种的有效管理和保护<sup>[23]</sup>。猪血木是一个分布区极其狭窄的特有濒危物种,其幼苗的数量和生长状况直接关系到该物种的生存和发展。实验表明,与对照组相比,接种丛枝菌根不仅能提高猪血木幼苗的菌根感染率、显著提高幼苗的存活率。同时,从其株高和叶片生长状况等形态指标上亦表明,接种丛枝菌

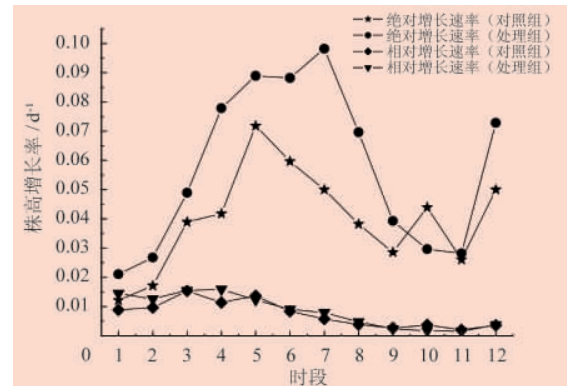


图4 猪血木幼苗株高增长率动态

Fig. 4 Height growth dynamics of *Euryodendron excelsum* seedlings

根对幼苗苗期生长具有明显的促进作用,试验研究结果与前人的研究相似,Barroetavena等<sup>[7]</sup>通过接种植株根际丛枝菌根显著提高濒危植物*Astragalus applegatei*的存活率和促进其植株生长,Fisher等<sup>[17]</sup>通过在温室条件下接种濒危植物*Amorpha crenulata*和*Jacquemontia reclinata*原生地根际混合AMF群落发现,接种AMF后幼苗生长得到显著提高,Panwar等<sup>[8]</sup>研究证明了AMF接种在干旱地区濒危物种种群保护和重建的可行性,并提出将AMF接种作为物种保护的一种工具。尽管猪血木在自然条件下是受AMF侵染的植物<sup>[16]</sup>,但是由于当地高强度的人为干扰,使得该濒危物种生存的植被和土壤结构受到严重破坏,土壤有益微生物(如AMF)群落也受到破坏,幼苗自然更新困难。故对猪血木进行菌根化育苗可以有效地扩大幼苗数量,促进幼苗生长,提高幼苗对环境的适应性,增强其生存能力,对该濒危植物的有效保护和种群重建具有重要意义。

一些研究发现,在利用AMF对植被进行恢复和种群重建时,采用本地AMF比外来AMF效果好。Requena等<sup>[26]</sup>采用外来AMF和本地AMF接种土著优势豆科植物*Anthyllis cytisoides*幼苗,对西班牙南部一个半干旱沙漠地区的退化植被进行恢复,发现接种本地AMF在提高植株在半干旱沙漠地区的定殖和存活能力、增加土壤的质量和肥力、促进自然群落演替过程中氮的转移等方面效果最好。Caravaca等<sup>[27]</sup>用4种土著灌木对地中海盆地半干旱废弃农田的恢复研究也表明,本地AMF比外来AMF更能有效地使灌木在半干旱的退化生态系统中成功定殖,同时,Sharma等<sup>[28]</sup>在研究AMF对濒危药用植物*Curculigo orchiodes*的生长效应时发现,本地混合的AMF群落比分离的单种AMF更有利于该物种的人工种植和保护。鉴于此,本研究采用猪血木原生地根际混合AMF群落经室内宿主植物扩繁,获得较大接种势的AMF菌种作为试验接种菌剂,可以反应AMF对猪血木幼苗生长的具体影响及其在幼苗培育和种群恢复中的应用潜力。

目前已经有大量关于AMF接种幼苗促进其生长的研究报道,但是这些研究大部分处于实验室灭菌的土壤条件下进

行,这在一定程度上限制了 AMF 在自然环境中的应用,而在非灭菌条件下,接种丛枝菌根对植物生长的影响仅有少量报道。贺学礼等<sup>[29]</sup>和吴强盛等<sup>[30]</sup>在非灭菌条件下分别对小麦 (*Triticum aestivum*) 和枳 (*Poncirus trifoliata*) 进行丛枝菌根接种培育幼苗,结果发现,接种丛枝菌根亦能较好地促进植株生长。本试验探讨在非灭菌条件下接种丛枝菌根对猪血木幼苗生长的影响,目的是为该极度濒危物种规模化就地保护和迁地保护以及种群回归自然提供理论基础,而灭菌条件下,丛枝菌根对猪血木幼苗生长的具体影响和机制有待进一步研究。同时,尽管本研究接种 AMF 后,猪血木幼苗存活率和生长状况得到了很大提高,但是 AMF 接种对于该濒危植物幼苗在自然条件下的生长效应亦有待检测和研究。

动态生命表可以准确地反映种群的消长规律,是种群生态学研究较为成熟的研究方法之一,有关幼苗生长的动态生命表分析,国内已有相关研究报道<sup>[23,31-32]</sup>。本文对相同生长条件下不同处理(接种 AMF 与不接种 AMF)的猪血木幼苗动态生命分析,通过存活率曲线、日平均死亡动态和致死力所描述的幼苗生长动态过程,不仅能直观反映接种丛枝菌根对猪血木幼苗生长的促进作用,为该濒危物种的种群恢复提供丛枝菌根接种幼苗的科学数据,而且通过不同学科的结合,丰富了菌根学和保护生物学的研究方法。

#### 4 结论

实验表明,在非灭菌条件下,接种本地混合的 AMF 能提高猪血木幼苗丛枝菌根的感染率,提高幼苗的光合色素含量、叶片数量及叶片面积,从而提高幼苗的光合能力和增强幼苗的光合利用效率,促进幼苗的株高生长;同时,动态生命表分析表明,AMF 接种增强了幼苗对环境的适应性,提高了幼苗的存活率,从而有利于该濒危物种的有效保护和人工种群恢复。

#### 参考文献 (References)

- [1] Smith S E, Read D J. Mycorrhizal symbiosis [M]. 2nd ed. London: Academic Press, 1997: 1-35.
- [2] 刘润进, 李晓林. 丛枝菌根及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 8-10.  
Liu Runjin, Li Xiaolin. Arbuscular mycorrhizae and its applications[M]. Beijing: Science Press, 2000, 8-10.
- [3] van der Heijden MGA, Klironomos JN, Ursic M, et al. Mycorrhizal fungal-diversity determines plants biodiversity, ecosystem variability and productivity[J]. *Nature*, 1998, 396, 69-72.
- [4] Klironomos J N, McCune J, Hart M, et al. The influence of arbuscular mycorrhizae on the relationship between plant diversity and productivity [J]. *Ecology Letters*, 2000, 3, 137-141.
- [5] 赵之伟. 丛枝菌根在植物生态学研究中的意义 [J]. 生态学杂志, 2001, 20(1): 52-54.  
Zhao Zhiwei. *Chinese Journal of Ecology*, 2001, 20(1): 52-54.
- [6] Urcelay C, Diaz S. The mycorrhizal dependence of subordinates determines the effect of arbuscular mycorrhizal fungi on plant diversity [J]. *Ecology Letters*, 2003, 6: 388-391.
- [7] Barroetavena C, Gisler S D, Luoma D L, et al. Mycorrhizal status of the endangered species *Astragalus applegatei* Peck as determined from a soil bioassay[J]. *Mycorrhiza*, 1998, 8: 117-119.
- [8] Panwar J, Vyas A. AM fungi: A biological approach towards conservation of endangered plants in Thar Desert, India [J]. *Current Science in India*, 2002, 82(5): 576-578.
- [9] Fuchs B, Haselwandter K. Red list plants: Colonization by arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate endophytes [J]. *Mycorrhiza*, 2004, 14: 277-281.
- [10] Fuchs B, Haselwandter K. Arbuscular mycorrhiza of endangered plant species: potential impacts on restoration strategies [M]//Varma A, ed. *Mycorrhiza: State of the art, genetics and molecular biology, eco-function, biotechnology, eco-physiology, structure and systematics*. 3rd ed. Heidelberg: Springer, 2008: 565-579.
- [11] 王跃华, 闵天禄, 胡晓立, 等. 山茶科濒危植物猪血木的生态与繁殖特性[J]. 云南植物研究, 2002, 24(6): 725-732.  
Wang Yuehua, Min Tianlu, Hu Xiaoli, et al. *Acta Botanical Yunnanica*, 2002, 24(6): 725-732
- [12] 申仕康, 马海英, 王跃华, 等. 濒危植物猪血木自然种群结构及动态 [J]. 生态学报, 2008, 28(5): 2404-2412.  
Shen Shikang, Ma Haiying, Wang Yuehua, et al. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(5): 2404-2412.
- [13] International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). 2008. The IUCN red list of threatened species [EB/OL]. <http://www.iucnredlist.org>.
- [14] 罗晓莹, 唐光大, 许涵, 等. 山茶科 3 种中国特有濒危植物的遗传多样性研究[J]. 生物多样性, 2005, 13(2): 112-121.  
Luo Xiaoying, Tang Guangda, Xu Han, et al. *Biodiversity Science*, 2005, 13(2): 112-121.
- [15] Wang T, Su Y J, Ye H G, et al. Genetic differentiation and conservation of 14 surviving individuals of *Euryodendron excelsum* endemic to China [J]. *Frontiers of Biology in China*, 2006, 1: 23-28.
- [16] 申仕康, 王跃华. 濒危植物猪血木丛枝菌根的初步研究[C]//第十届全国菌根学术会议材料汇编. 2008: 45-46.  
Shen Shikang, Wang Yuehua. The primarily study of arbuscular mycorrhizal of endangered plant *Euryodendron excelsum* H. T. Chang [C]//The material series of the 10th national mycorrhizal conference, 2008: 45-46.
- [17] Fisher J B, Jayachandran K. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance seedling growth in two endangered plant species from south Florida[J]. *International Journal of Plant Science*, 2002, 163(4): 559-567.
- [18] Moora M, Opik M, Sen R, et al. Native arbuscular mycorrhizal fungal communities differentially influence the seedling performance of rare and common *Pulsatilla* species[J]. *Function Ecology*, 2004, 18: 554-562.
- [19] Berch S M, Kendrick B. Vesicular - arbuscular mycorrhizae of southern Ontario ferns and fern-allies[J]. *Mycologia*, 1982, 74: 769-776.
- [20] McGonigle T P, Miller M H, Evans D G, et al. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular - arbuscular mycorrhizal fungi[J]. *New Phytologist*, 1990, 115: 495-501.
- [21] Rowland J, Maun M A. Restoration ecology of an endangered plant species: Establishment of new populations of *Cirsium pitcheri* [J].

- Restoration Ecology*, 2001, 9(1): 60–70.
- [22] Wellburn A R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution[J]. *Journal of Plant Physiology*, 1994, 144: 307–313.
- [23] 方炎明, 曹航南, 尤录祥. 鹅掌楸苗期动态生命表[J]. *应用生态学报*, 1999, 10(1): 7–10.
- Fang Yanming, Cao Hangnan, You Luxiang. *Journal of Applied Ecology*, 1999, 10(1): 7–10
- [24] 倪红伟, 谷会岩, 何力, 等. 小叶章种群高度的季节动态 [J]. *植物研究*, 1997, 17(2): 219–223.
- Ni Hongwei, Gu Huiyan, He Li, et al. *Bulletin of Botanical Research*, 1997, 17(2): 219–223.
- [25] 朱小龙, 李振基, 赖志华, 等. 不同光照下土壤水分胁迫对长苞铁杉幼苗的作用[J]. *北京林业大学学报*, 2007, 29(2): 76–81.
- Zhu Xiaolong, Li Zhenji, Lai Zhihua, et al. *Journal of Beijing Forestry University*, 2007, 29(2): 76–81.
- [26] Requena N, Perez-Solis E, Azcon-Aguilar C, et al. Management of indigenous plant-microbe symbioses aids restoration of desertified ecosystems [J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 2001, 67: 495–498.
- [27] Caravaca F, Barea J M, Palenous J, et al. Establishment of shrub species in a degraded semiarid site after inoculation with native or allochthonous arbuscular mycorrhizal fungi [J]. *Applied Soil Ecology*, 2003, 22: 103–111.
- [28] Sharma D, Kapoor R, Bhatnagar A K. Arbuscular mycorrhizal (AM) technology for the conservation of *Curculigo orchoides* Gaertn: An endangered medicinal herb [J]. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2008, 24: 395–400.
- [29] 贺学礼, 赵丽莉. 非灭菌条件下 VA 菌根真菌对小麦生长发育的影响 [J]. *土壤学报*, 1999, 30(2): 57–59.
- He Xueli, Zhao Lili. *Chinese Journal of Soil Science*, 1999, 30(2): 57–59.
- [30] 吴强盛, 夏学仁, 胡利明. 土壤未灭菌条件下丛枝菌根对枳实生苗生长和抗旱性的影响[J]. *果树学报*, 2004, 21(4): 315–318.
- Wu Qiangsheng, Xia Renxue, Hu Liming. *Journal of Fruit Science*, 2004, 21(4): 315–318.
- [31] 方乐金, 吴汝章. 乳源木莲与红花木莲苗期动态生命表[J]. *林业科学*, 2004, 40(5): 213–216.
- Fang Lejin, Wu Ruzhang. *Scientia Silvae Sinicae*, 2004, 40 (5): 213–216.
- [32] 郝日明, 李晓征, 毛志滨, 等. 醉香含笑和金叶含笑幼苗期的动态生命表[J]. *植物资源与环境学报*, 2004, 13(2): 40–43.
- Hao Riming, Li Xiaozheng, Mao Zhibin, et al. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2004, 13(2): 40–43.

(责任编辑 吴晓丽)

# 第13届亚洲化学大会

时间: 2009年9月14–16日

地点: 上海市

主 办: 亚洲化学联合会

协 办: 中国化学会

通信地址: 上海市零陵路345号中国科学院上海有机化学研究所

邮政编码: 200032

电 话: 021-54925210

传 真: 021-64166128

电子信箱: secretariat@13acc.org