

# 地下根竞争对 3 种木本植物幼苗生长的影响

向言词<sup>1,2</sup>, 彭少麟<sup>2</sup>, 彭秀花<sup>1</sup>, 任海<sup>2</sup>, 蔡锡安<sup>2</sup>, 饶兴权<sup>2</sup>

(1. 湖南科技大学生命科学学院, 湖南湘潭 411201; 2. 中国科学院华南植物园, 广州 510650)

**摘要:**通过在广东南澳岛的野外试验样地移植外来种尾叶桉(*Eucalyptus urophylla*)、大叶相思(*Acacia auriculaeformis*)和本地种荷木(*Schima superba*)幼苗, 研究南澳岛原有定居植物的地下根竞争对这些幼苗生长的影响。结果表明, 地下根的竞争对 3 种幼苗生长影响显著, 3 种幼苗的生物量和生长速率在有根竞争时无根竞争时小。3 种幼苗受到的地下根的竞争强度随着苗龄的增大而不断减小, 但一定时期后可达到平稳。荷木、尾叶桉和大叶相思幼苗受到的地下根的竞争强度分别为 0.22、0.19 和 0.13。外来种尾叶桉和大叶相思在入侵森林群落的过程中, 根系竞争力比本地植物荷木更强。

**关键词:**木本植物; 幼苗生长; 地下根竞争

中图分类号: Q948.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2005)02-0105-04

## The Influences of Underground Root Competition on Seedling Growth of Three Woody Species

XIANG Yan-ci<sup>1,2</sup>, PENG Shao-lin<sup>2</sup>, PENG Xiu-hua<sup>1</sup>, REN Hai<sup>2</sup>, CAI Xi-an<sup>2</sup>, RAO Xing-quan<sup>2</sup>

(1. School of Life Science, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;

2. South China Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China)

**Abstract:** Root competition experiment in three woody species was carried out in six plots, each of them was 12.4 m × 10 m on Nan-ao Island situated on the east of Guangdong Province near Shantou city. The experiment site was in the community dominated by *Eucalyptus robusta*. The seedlings of *Eucalyptus urophylla*, *Acacia auriculaeformis* and *Schima superba* were respectively planted in 3 plots and another 3 with trenches around the plots so as to prevent roots from other plants. The growth rate, biomass and root competition intensity for the seedlings of 3 species were measured after the seedlings had grown for 165 days to 640 days. The results indicated that the biomass increment and growth rate of all the seedlings under root competition were lower than those of seedlings grown in plots with trenches. The influence of underground root competition on the seedling growth was gradually decreased with the growth of seedling age, and was then stable when reached to a certain stage. Root competition intensity of the seedlings of *S. superba*, *E. urophylla* and *A. auriculaeformis* were 0.22, 0.19 and 0.13, respectively. It was shown that seedling growth of exotic trees *E. urophylla* and *A. auriculaeformis* had more adaptation to root competition than that of native tree species *S. superba*.

**Key words:** Woody plants; Seedling growth; Root competition

植物的根系不但起着固定植株的作用, 还是植物摄取、运输和贮存碳水化合物和营养物质以及合成一系列有机化合物的器官。在森林生态系统功能过程的研究中, 特别是在生产力和生物地球化学循

环方面, 对根系作用的研究有重要意义。以往由于受到研究方法和观念等的限制, 与对植物地上部分的研究相比, 对根系的研究不受重视, 但近几年来, 人们不断探索和扩展对根系的研究方法<sup>[1-4]</sup>。群落

收稿日期: 2004-03-18 接受日期: 2004-08-04

基金项目: 国家自然科学基金重大项目(39899370); 广东省自然科学基金重大项目(980952, 970656); 中国科学院重大项目(KZ951-B1-110); 中国科学院生物科学特支费(STZ-01-36); 湖南省教育厅项目(03C514); 湖南科技大学博士基金项目(E53103)资助

中已定居的植物会对幼苗的生长产生竞争作用。植物间的竞争主要包括对有效光合辐射、水分和各种重要的营养物质等相关资源的竞争<sup>[5]</sup>。植物对幼苗的竞争可分为地上部分和地下部分的竞争。地下部分的竞争主要是根的竞争。有人认为地下根的竞争对幼苗生长没有多大影响;而有些人却认为地下根的竞争对幼苗的更新有影响<sup>[5]</sup>。在国外已有许多研究报道<sup>[6,9]</sup>,主要是用挖沟排除地下根竞争来研究根对植物幼苗生长的影响,而国内的相关研究较少见。外来树种在侵入森林群落的过程中,同样可能受到地下根的竞争,而国内外对此的研究报道很少<sup>[10]</sup>。本文就地下根竞争对外来种大叶相思(*Acacia auriculaeformis*)、尾叶桉(*Eucalyptus urophylla*)和本地种荷木(*Schima superba*)幼苗生长的影响进行对比研究,以了解影响外来植物种入侵的限制因子。

## 1 样地概况

南澳岛地处广东省东部,位于北纬 23°23'33"-23°29'11",东经 116°56'24"-117°08'59"。属南亚热带海洋性气候,全年总辐射量为 5 416 MJ m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>,年均气温为 21.5℃,年平均降水量为 1 350.9 mm。其原生植被为南亚热带常绿阔叶林。由于长期的人为活动干扰,其原生植被多已不存在,仅在局部地段如村边或庙旁有作为“风水林”保存下来的小面积次生林。现有植被类型中分布面积较大的有马尾松林、桉林、大相思林,这些都是人工林<sup>[11]</sup>。

研究样地位于南澳岛黄花山林场附近的大叶桉(*Eucalyptus robusta*)群落:群落海拔 212 m,坡向

西北,坡度 9°,群落高度约 7 m,可分为乔木层、灌木层和草本层,结构较简单,郁闭度小,土壤为花岗岩发育成的红壤土,群落中主要植物有梅叶冬青(*Ilex asprella*)、大叶桉和芒萁(*Dicranopteris pedata*)。

## 2 研究方法

**样地设置** 在群落中选择 6 块 12.4 m×10 m 的样地,各样地上的空间结构大致相同。为了有利于移植树苗的成活,除去样地上灌木和杂草(为便于实验控制,选样地时注意样地中没有达到乔木层的植物,而样地上空仍有乔木层植物的枝叶存在)。为了排除根的竞争,在其中 3 块样地周围各挖宽 20 cm、深 40 cm 的沟(距样地 20 cm),每年的 7 月、9 月将冲入沟中的泥土移开,并剪除从样地外伸入沟中的根,分别种上大叶相思、尾叶桉和荷木幼苗;另外 3 块样地周围不挖沟,同样分别种上述 3 种幼苗;植株间距为 50 cm×50 cm。

**生物量的计算** 1998 年 12 月中旬在实验室里用 3 种植物种子育苗。1999 年 4 月把幼苗移栽到样地,移栽前每种幼苗均随机抽取并测定 60 株的生物量,取平均值作为每种幼苗的初始生物量  $M_1$  (时间为  $t_1$ ),在 1999 年 7 月 15 日、9 月 22 日、12 月 15 日、2000 年 4 月 27 日、7 月 15 日、10 月 30 日各挖出 6 株幼苗测定其生物量  $M_2$  (时间为  $t_2$ )。

**生长速率的计算**<sup>[12]</sup> 生长速率按下式计算: $R=[\ln(M_2/M_1)]/d$ ,单位:ln(g g<sup>-1</sup>) d<sup>-1</sup>,其中  $M_1$ 、 $M_2$  分别是时间  $t_1$ 、 $t_2$  时的生物量, $d$  是  $t_2$  与  $t_1$  之间的生长天数。

**竞争强度的计算** 地下根的竞争强度按以

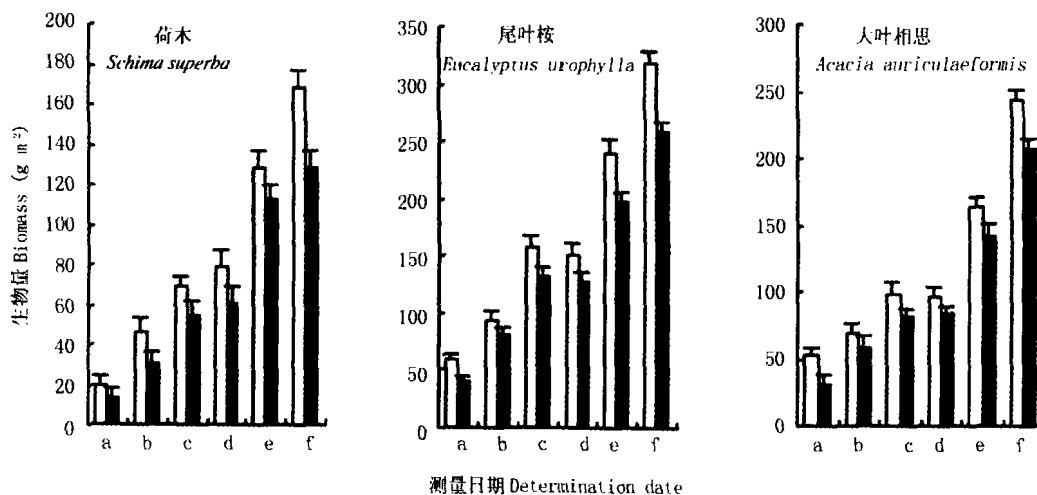


图 1 幼苗生物量的变化

Fig. 1 Changes in seedling biomass

■ 根竞争 Root competition; □ 无根竞争 No root competition

a: 1999-07-15; b: 1999-09-22; c: 1999-12-15; d: 2000-04-27; e: 2000-07-15; f: 2000-10-30

下公式计算<sup>[2]</sup>:  $C=(R_1-R_2)/R_1$ ,  $R_1$  是在无根竞争情况下的幼苗生长速率,  $R_2$  是在有根竞争下的生长速率。用单因素方差法进行差异显著性分析。

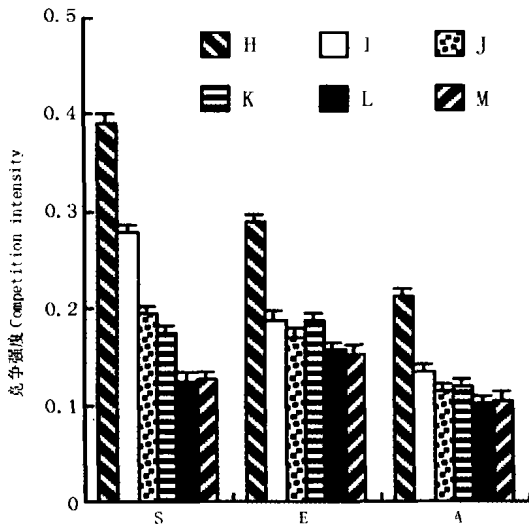


图2 地下根竞争强度随苗龄的变化

Fig. 2 Changes in competition intensity in underground roots in relation with the seedling age

S: 荷木 *Schima superba*; E: 尾叶桉 *Eucalyptus urophylla*; A: 大叶相思 *Acacia auriculiformis*. 苗龄 Seedling age: H: 165 d; I: 238 d; J: 322 d; K: 448 d; L: 534 d; M: 640 d

### 3 结果和分析

#### 3.1 生物量的变化

从图1可以看出,无论是在有根竞争还是无根竞争的情况下,外来种尾叶桉、大叶相思和本地种荷木的幼苗生物量都呈现出随时间而增加的趋势,尾叶桉的生物量增加比大叶相思和荷木快。在有根竞争时,3种幼苗的生物量均比无根竞争时小,这说明原定居植物根竞争对幼苗的生长有影响,但对不同的植物影响不一样。

#### 3.2 地下根竞争强度的变化

幼苗生长过程中,其它植物的根对其竞争的程度是不断变化的。这一方面是由于群落中已定居植物的根系是不断变化的<sup>[2,4]</sup>,另一方面随着幼苗不断生长,其根系越来越多,竞争力不断加强;因此随着幼苗不断生长,其它植物对它的竞争性影响就有可能变小。从图2中可以看出,随着幼苗年龄的增长,群落中地下根对幼苗生长的竞争强度不断减小,这反映了在生长过程中3种幼苗竞争力不断增强。随着苗龄的增长,地下根的竞争强度下降,并逐渐趋于平稳。3种幼苗生长到534 d后,地下根对荷木、尾叶桉和大叶相思幼苗生长的竞争强度趋于平稳,

反映群落中地下根之间的竞争处于平衡状态。在幼苗较小(168 d)的时候,地下根对它们的竞争强度较大,反映小幼苗竞争力弱。在168-322 d这段时期,荷木幼苗受到的地下根竞争强度大于尾叶桉和大叶相思幼苗,地下根对大叶相思幼苗生长的竞争最小,说明这时尾叶桉和大叶相思比荷木的竞争力强。随着苗龄增加,在448-640 d内,地下根对尾叶桉幼苗生长的竞争强度大于荷木和大叶相思。在幼苗生长的过程中,地下根对大叶相思幼苗生长的竞争强度最小。

#### 3.3 生长速率的变化

从图3可以看出,地下根竞争对幼苗生长速率有影响。有根竞争时,荷木、尾叶桉和大叶相思3种幼苗的生长速率分别为0.0059、0.0070和0.0068,而无根竞争时,则分别为0.0070、0.0083和0.0074,3种植物幼苗的生长速率在有根竞争和无根竞争两种条件下的差异都达到显著水平( $p < 0.05$ )。

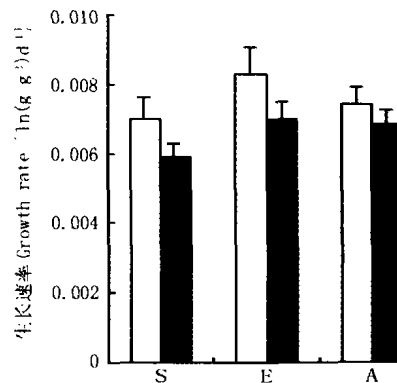


图3 地下根竞争对幼苗生长速率的影响

Fig. 3 Effects of underground root competition on growth rate in seedlings

S: 荷木 *Schima superba*; E: 尾叶桉 *Eucalyptus urophylla*; A: 大叶相思 *Acacia auriculiformis*; □ 无根竞争 No root competition; ■ 有根竞争 Root competition

#### 3.4 地下根竞争强度对比

植物幼苗在群落中生长时,除了受到地上部分竞争之外,还受到地下根的竞争性抑制。但是物种不同,受到这种竞争性影响可能不同。从图4可以看出,荷木、尾叶桉和大叶相思幼苗在生长过程中受到的地下根竞争强度分别为0.22、0.19和0.13,地下根对这3种幼苗生长的竞争强度的影响各不同,差异显著( $p < 0.05$ )。

### 4 结论和讨论

植物幼苗在生长过程中总是受到群落中其它

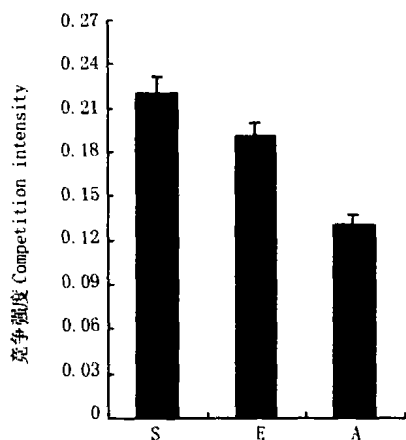


图 4 地下根在幼苗生长中的竞争强度

Fig. 4 Competition intensity in underground roots during seedling growth

S: 荷木 *Schima superba*; E: 尾叶桉 *Eucalyptus urophylla*;  
A: 大叶相思 *Acacia auriculiformis*

植物地下根的排斥性竞争。在没有地下根竞争时,植物幼苗生长比有根竞争时要好<sup>[5,7]</sup>。从荷木、尾叶桉和大叶相思 3 种幼苗的生物量和生长速率的变化来看,地下根对幼苗的生长有较强的竞争排斥作用(图 1 和图 3)。但是地下根的竞争作用对不同植物的影响是不一样的。无根竞争时,荷木、尾叶桉和大叶相思 3 种幼苗的生长速率都大于有根竞争时的,其差值分别为 0.0011、0.0013 和 0.0006,地下根的竞争对荷木和尾叶桉生长的影响要大于对大叶相思的,可见地下根的竞争在物种之间有差异,这同前人的研究结果一致<sup>[9]</sup>。植物地下根主要是为营养和水分而产生竞争。在许多土壤肥力低的群落中,地下根的竞争更加激烈<sup>[2]</sup>,但是在湿地群落中,群落土壤肥力对地下根竞争的影响没有多少差异<sup>[6]</sup>。在海岛森林群落中,其土壤肥力较低,物种间地下根的竞争可能更强烈。周厚诚等对南澳岛的多个群落研究发现,南澳岛各群落土壤的交换性 K、Ca、Mg 的含量比大陆高,而 N 含量较低<sup>[11]</sup>,从而在该海岛 N 成了地下竞争的主要资源之一。从地下根竞争对 3 种幼苗的生长影响来看,大叶相思受到的影响较小,而荷木和尾叶桉受到的影响较大,这其中重要的原因可能是大叶相思是豆科植物,有根瘤固氮菌,可通过生物固氮,改善土壤肥力,从而减少地下根对其的竞争压力。

随着苗龄的增长,地下根对荷木、尾叶桉和大叶相思 3 种幼苗竞争强度不断减小,到了一定时期甚至趋于平稳(图 2)。从地下根对 3 种幼苗的竞争强度可以看出,荷木受到的竞争强度最大,尾叶桉

次之,大叶相思最小(图 4)。尾叶桉和大叶相思两种外来种幼苗受到地下根竞争小于荷木,可能与这 3 种植物特性有关:尾叶桉在土壤贫瘠的群落里适应性强,其根生长较深,而且能耐干旱;大叶相思有生物固氮的能力,可提高土壤的含氮量,其根生长较深,而且能耐干旱;荷木的根生长深度较小,耐干旱能力较小。

总之,外来种尾叶桉和大叶相思入侵群落的过程中,其幼苗同本地种荷木幼苗一样会受到群落地下根的竞争影响。

## 参考文献

- [1] Huang J H (黄建辉), Han X G (韩兴国), Chen L Z (陈灵芝). Advances in the research of (fine) root biomass in forest ecosystems [J]. Acta Ecol Sin (生态学报), 1999, 19(2):270-277. (in Chinese)
- [2] Ruess R W, Hendrick R L, Bryant J P. Regulation of fine root dynamics by mammalian browsers in early successional Alaskan Taiga forests [J]. Ecology, 1998, 79(10):2706-2720.
- [3] Shan J P (单建平), Tao D L (陶大立), Wang M (王淼), et al. Fine roots turnover in a broad-leaves Korean pine forest of Changbai mountain [J]. Chin J Appl Ecol (应用生态学报), 1993, 4(3):241-245. (in Chinese)
- [4] Zhang X Q (张小全), Wu K H (吴可红), Murach D. A review of methods for fine-root production and turnover of trees [J]. Acta Ecol Sin (生态学报), 2000, 20(5):875-883. (in Chinese)
- [5] Casper B B, Jackson R B. Plant competition underground [J]. Annu Rev Ecol Syst, 1997, 28:545-570.
- [6] Coomes D A, Grubb P J. Responses of juvenile trees to above- and belowground competition in nutrient-starved Amazonian rain forest [J]. Ecology, 1998, 79(3):768-782.
- [7] Coomes D A, Grubb P J. Impacts of root competition in forests and woodlands: a theoretical framework and review of experiments [J]. Ecol Mono, 2000, 70(2):171-207.
- [8] Lewis S L, Tanner E V J. Effects of above- and belowground competition on growth and survival of rain forest tree seedlings [J]. Ecology, 2000, 81(9):2525-2538.
- [9] Strutt L T, Keddy P A. Above- and belowground competition intensity in two contrasting wetland plant communities [J]. Ecology, 1996, 77(1):259-270.
- [10] Callaway R M, Aschehoug E T. Invasive plants versus their new and old neighbors: a mechanism for exotic invasion [J]. Science, 2000, 290(1):521-523.
- [11] Zhou H C (周厚诚), Ren H (任海), Xiang Y C (向言词), et al. The changes of soil in the process of vegetation restoration on Nan'ao Island, Guangdong [J]. Trop Geog (热带地理), 2001, 21(2):6-10. (in Chinese)
- [12] Wilson S D, Tilman D. Plant competition and resource availability in response to disturbance and fertilization [J]. Ecology, 1993, 74(2):599-611.