

密度对大叶相思幼林地上竞争和地下竞争的影响

梁丽丽, 薛立, 傅静丹, 郑卫国, 史小玲, 冯慧芳

(华南农业大学 林学院, 广东 广州 510642)

摘要:对不同密度大叶相思 *Acacia auriculaeformis* 幼林林木各器官(根、枝、叶、干)平均干质量、生物量及竞争进行了研究. 结果表明,枝和叶干质量随着密度的增大呈减小趋势,低密度林分林木的干和根的平均干质量均大于中密度和高密度林分. 低密度林分林木的平均个体干质量为干>根>叶>枝,而中密度和高密度林分林木为干>根>枝>叶. 各密度林分林木的平均地上与地下干质量之比分别为3.51、4.66和4.40,说明幼苗对光具有较强的需求和竞争能力. 林分生物量随着密度的增加而显著增加. 地上竞争指数和总竞争指数为高密度林分>中密度林分>低密度林分,地下竞争指数为高密度林分>低密度林分>中密度林分. 各林分的地上竞争指数明显大于地下竞争指数. 苗木地上部分干质量与地下部分干质量之间及地上竞争指数与地下竞争指数之间呈极显著正相关.

关键词:种植密度; 大叶相思; 干质量; 竞争

中图分类号:Q948.1

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2009)03-0059-04

Density Effects on Interactions Between Above- and Belowground Competition in Young *Acacia auriculaeformis* Stands

LIANG Li-li, XUE Li, FU Jing-dan, ZHENG Wei-guo, SHI Xiao-ling, FENG Hui-fang

(College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Mean individual dry mass of tree organs, stand biomass and competition were studied in young *Acacia auriculaeformis* stands with different densities. The results showed that branch and leaf dry mass decreased with increasing density, and dry mass of stem and root in the low-density stand were greater than those in the middle- and high-density stands. Mean organ dry mass in the low-density stand varied in the order of stem > root > leaves > branches, whereas those in the middle- and high-density stands were stem > root > branches > leaves. Ratios of mean aboveground dry mass to mean belowground dry mass in low-, middle- and high-density stands were 3.51, 4.66 and 4.40, indicating that the young seedlings had strong demand and competition ability for light. Stand biomass significantly increased with increasing density. The orders of aboveground and total competition indexes were the high-density stand > the middle-density stand > the low-density stand, whereas the order of belowground competition index was the high-density stand > the low-density stand > the middle-density stand. Aboveground competition index was significantly greater than belowground competition index in each stand. There were significant correlations between aboveground organ dry mass and belowground organ dry mass and between aboveground competition index and belowground competition index.

Key words: plant density; *Acacia auriculaeformis*; dry mass; competition

竞争就是2个或2个以上的个体为争夺资源而生长、形态和存活的主要因素之一,因此,植物的种发生的相互关系^[1]. 植物间的竞争作用是影响植物内竞争和种间竞争一直是生态学研究的核心问题,

收稿日期:2008-08-28

作者简介:梁丽丽(1981—),女,硕士研究生;通讯作者:薛立(1958—),男,教授,博士,E-mail: forxue@scau.edu.cn

基金项目:广东省林业局科技项目(4400-F02084,4400-F07041)

竞争现象意味着由于相邻竞争木的存在使得环境资源减少^[2-5]。竞争是影响许多植物群落结构的一个重要因素,评估自然群落里植物生长的竞争效应对于了解竞争在生产力中的作用具有重大意义^[6-7]。竞争在生态学中所处的中心地位,使其受到越来越多生态学家的关注,在种群和个体2种水平上同步地探讨这一问题^[5,8-13]。竞争难以直接测量,因而竞争在植物群落结构中的作用地位尚不清楚,目前大多数植物竞争研究重点放在不同密度条件下植物的生长状况上^[8]。有些研究表明随着生产力(干质量)的提高,地下竞争作用减弱而地上竞争增强^[7,14],而有的研究则表明两者不会发生任何变化^[15-17],或两者均与生产力具有正相关性^[15,17-18]。

大叶相思 *Acacia auriculiformis* 是含羞草科的速生常绿乔木树种,凋落叶量大,根系能固氮,是我国热带和南亚热带地区优良的改土树种和主要造林树种。但对不同密度处理的大叶相思人工林的竞争鲜见报道。作者对不同密度的大叶相思林的生物量分配规律和竞争能力进行研究,旨在了解其密度作用规律,为大叶相思人工林的营造和管理提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验林概况

研究地点设置在广东省惠州市惠城区小金口。试验地坡向为东坡,坡度 30°,赤红壤。2003 年春季割除林地杂草后,块状开穴,植穴规格为 50 cm × 50 cm × 40 cm,栽植高度约 1 m 的大叶相思。样地按 1 667 (低密度林分)、4 444 (中密度林分)、10 000 株 · hm⁻² (高密度林分) 3 种密度营造,每种密度设置 0.067 hm² 的样地,3 次重复。2005 年 4 月在各小区中按照径阶分别挖出 10 株大叶相思标准木,分叶、枝、干、皮、根取样烘干,并分别称其干质量,用胸径(d_{BH})、树高(H)与单株林木各器官干质量(m)的关系建立回归方程(表 1),推算出样地每株林木各器官的干质量,合计得出林分生物量。试验林的概况见表 2。

1.2 竞争指数的确定

为了分析地下竞争和地上竞争的关系,采用干质量作为构造竞争指数指标以及 Weiner 的干扰指数,计算地下竞争、地上竞争及总竞争^[8,19-20]。地下竞争指数(I_R)、地上竞争指数(I_C)和总竞争指数(I_T)分别以竞争木的根系生物量(M_R)、地上生物量(M_C)和总生物量(M_T)与竞争木(j)和对象木(i)间的线性距离(D_{ij})之比表示,即

表 1 不同密度下大叶相思各器官的干质量方程

Tab. 1 Equations of organ dry mass of *Acacia auriculiformis* at different densities n = 10

密度/(株 · hm ⁻²)	器官	回归方程 ¹⁾	R ²	P
1 667	枝	$m = 0.015\ 97(d_{BH}^2 H)^{0.824\ 80}$	0.958 1	<0.000 1
	叶	$m = 0.020\ 89(d_{BH}^2 H)^{0.778\ 10}$	0.653 9	0.004 6
	干	$m = 0.010\ 22(d_{BH}^2 H)^{0.934\ 52}$	0.871 5	<0.000 1
	皮	$m = 0.006\ 54(d_{BH}^2 H)^{0.933\ 72}$	0.868 4	<0.000 1
	根	$m = 0.077\ 54(d_{BH}^2 H)^{0.579\ 42}$	0.810 0	0.000 2
4 444	枝	$m = 0.013\ 15(d_{BH}^2 H)^{0.921\ 03}$	0.957 0	<0.000 1
	叶	$m = 0.004\ 15(d_{BH}^2 H)^{1.163\ 21}$	0.975 2	<0.000 1
	干	$m = 0.033\ 96(d_{BH}^2 H)^{0.929\ 57}$	0.977 3	<0.000 1
	皮	$m = 0.007\ 26(d_{BH}^2 H)^{0.928\ 06}$	0.978 9	<0.000 1
	根	$m = 0.011\ 91(d_{BH}^2 H)^{0.966\ 06}$	0.984 1	<0.000 1
10 000	枝	$m = 0.017\ 02(d_{BH}^2 H)^{0.811\ 49}$	0.788 0	0.000 6
	叶	$m = 0.006\ 18(d_{BH}^2 H)^{0.975\ 41}$	0.710 9	0.002 2
	干	$m = 0.027\ 27(d_{BH}^2 H)^{0.963\ 55}$	0.970 7	<0.000 1
	皮	$m = 0.005\ 82(d_{BH}^2 H)^{0.963\ 54}$	0.970 7	<0.000 1
	根	$m = 0.012\ 83(d_{BH}^2 H)^{0.929\ 82}$	0.775 3	0.000 8

1) m 为单株林木各器官干质量, d_{BH} 为胸径, H 为树高

表 2 大叶相思幼林的概况

Tab. 2 General characteristics of young *Acacia auriculiformis* stands 2005 年

密度/(株 · hm ⁻²)	平均地径/cm	平均树高/m	平均冠幅/m
1 667	3.4	4.1	1.26
4 444	3.3	3.8	1.73
10 000	3.9	4.3	2.11

$$I_R = \sum_{j=1}^n \frac{M_{Rj}}{D_{ij}}, \quad I_C = \sum_{j=1}^n \frac{M_{Cj}}{D_{ij}}, \quad I_T = \sum_{j=1}^n \frac{M_{Tj}}{D_{ij}},$$

式中, n 表示对象木周围竞争木个数, 实际计算中取 8, 即以对象木周围最近 8 株木为竞争木, 边缘木计算时取 5, 顶点上的边缘木计算时取 3。

2 结果与分析

2.1 林木平均干质量和生物量

枝和叶干质量随着密度的减小呈增大的趋势, 低密度林分林木干和根的平均干质量均大于中密度以及高密度林分林木干和根的平均干质量, 后二者的干和根的平均干质量相近(图 1a)。低密度林分的平均个体干质量为干 > 根 > 叶 > 枝, 而中密度和高密度林分均为干 > 根 > 枝 > 叶。低密度林分的幼苗生长空间大, 使苗木获得更多光照及水养资源, 使其平均干质量增加, 有利于叶的发育。而密度大的林分个体间对光照、水分和养分资源竞争激烈, 降低了

个体生长速度,密度效应初步体现.低、中、高密度林分林木的平均地上干质量与平均地下干质量之比分别为3.51、4.66和4.40,均大于1,说明幼苗对光具有较强的需求和竞争能力.

林分生物量随着密度的增加而显著增加,高密度林分的枝、叶、干、根生物量分别为低密度林分的4.7、3.1、4.5、3.4倍,为中密度林分的2.1、1.8、2.4、2.3倍(图1b),表明密度对林分生物量的贡献大于个体干质量.

2.2 林木间的竞争

通常林木间的竞争结果会导致生长下降或干质量的减少,通过竞争指数的大小可以反映竞争的强弱^[13,17].由公式计算出的大叶相思地上竞争、地下竞争以及总竞争指数如图1c所示.

大叶相思的地下竞争指数为高密度林分>低密度林分>中密度林分,不同密度间地上竞争和总竞

争指数随着密度的增大而增大.多重比较显示,高密度林分的地上竞争指数和总竞争指数显著大于中密度和低密度林分($P < 0.0001$),而中密度林分和低密度林分之间差异不显著.与高密度林分相比,中密度林分的个体生长空间扩大了2倍多,其地上竞争指数和总竞争指数分别减小42.38%和42.89%;与中密度林分相比,低密度林分的个体生长空间扩大了约3倍,地上竞争指数和总竞争指数仅分别减小11.43%和7.76%.高密度林分的地下竞争指数分别为中密度和低密度林分的1.78和1.64倍.

同一密度条件下,地上竞争指数明显大于地下竞争指数.高、中、低密度林分的地上竞争指数分别为其对应的地下竞争指数的3.6、4.5和4.3倍.可见,大叶相思的地上竞争比地下竞争更为激烈,这可能是由于大叶相思幼苗根系浅,其根系伸展的范围较小所致.

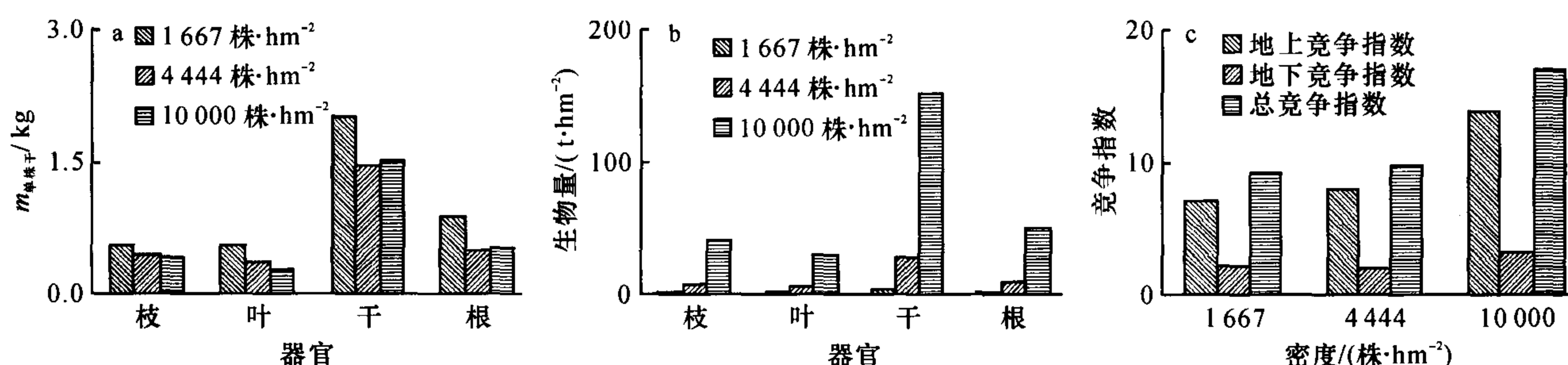


图1 不同密度林分林木各器官的平均干质量、生物量及林分的竞争指数

Fig. 1 Mean tree dry mass, biomass and competition index of different density stands

2.3 竞争指数间的相关性

相关分析表明,苗木地下部分干质量与地上部分干质量呈极显著正相关(表2).根系吸收养分和水分,运输到地上部分进行光合作用,促进了地上部分干物质的积累,地上部分将有机养分输送给苗木根系,有利于根系的生长,二者互为密切的因果关系,这与前人研究的结论^[20]一致.

表3 林木平均干质量以及竞争指数之间的相关系数¹⁾

Tab. 3 The correlations between mean dry mass and between competition index

密度/(株·hm ⁻²)	$R_{\text{地上-地下}}$	
	林木平均干质量	竞争指数
1 667	0.851 **	0.995 **
4 444	0.892 **	0.999 **
10 000	0.875 **	0.996 **

1) ** 极显著相关($P < 0.01$)

大叶相思地上竞争指数与地下竞争指数呈极显著正相关($P < 0.01$).说明地上竞争激烈的林分中

个体获得光照少,光合作用减弱,不但减少了地上部分干质量的积累,也由于输送给根系的有机养分少而影响其生长;地下竞争激烈的林分中个体获得水分和养分少,不利于地上部分的光合作用,对地上部分和根系生长都产生不利影响,因而地上竞争和地下竞争指数具有明显的相关性.

3 讨论

许多研究表明种群干质量与其密度间具有显著的相关关系^[21-24].本研究表明,林木枝、叶的平均干质量随着密度的减小而增加;低密度林分林木的根、茎平均干质量大于中密度和高密度林分,表明高密度林分的竞争作用激烈.

地下部分与地上部分生物量的大小反映植物种对土壤养分或光照的需求和竞争能力^[6,11].各密度林分的林木平均地上与地下干质量之比大于3.5,说明幼苗对光的需求大于土壤水分和养分,这与大叶相思幼苗喜光特性和根系分布范围较小相一致.

地上竞争指数随着密度的减小而减小.因为密

度越小,林木个体对光资源的竞争都随之减弱. 地下竞争指数为高密度林分 > 低密度林分 > 中密度林分. 高密度林分的根系密度大,对土壤水分和养分的竞争激烈. 虽然低密度林分的根系生长空间大于中密度林分,但是林分郁闭度小,林下光照充足,杂草生长比中密度林分的茂盛. 由于大叶相思苗木根系尚浅,杂草密集的根系与其开展激烈的竞争. 为了与草本争夺土壤资源空间,大叶相思的根系生长加快,根干质量不断增加,造成地下竞争指数的增大.

由于高密度林分生物量显著大于低密度和中密度林分,表明其利用资源的效率高,而低密度林分由于杂草的竞争对资源利用不充分,所以生产上宜营造高密度的大叶相思林. 随着林分的生长,高密度林分个体间的竞争将日趋激烈,所以需要长期监测其竞争动态,以确定合理的间伐时间和间伐强度,以获得最大的经济效益.

参考文献:

- [1] 陈伟,薛立. 根系间的相互作用——竞争与互利[J]. 生态学报,2004,24(6):1243-1251.
- [2] BI H. Competition in mixed stands of *Pinus radiata* and *Eucalyptus obliqua*[J]. J Appl Ecol,1996,33(1):87-99.
- [3] GRIME J P. Evidence for the existence for three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory[J]. Amer Nat,1977,111:1169-1194.
- [4] HARPER J L. Population biology of plants[M]. London: Academic Press,1977.
- [5] 吴巩固,王政权. 水曲柳落叶松人工林中树木个体生长的竞争效应模型[J]. 应用生态学报,2000,11(5):646-650.
- [6] CONNELL J H. On the prevalence and relative importance of interspecific competition: Evidence from field experiments[J]. Amer Nat,1983,122:661-696.
- [7] JAMES F, CAHILL J R. Fertilization effects on interactions between above-and belowground competition in an old field[J]. Ecol Soc Amer,1999,80(2):466-480.
- [8] XUE Li, HAGIHAR A. Growth analysis on self-thinning stands of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. [J]. Ecol Res, 1998,13: 183-191.
- [9] XUE Li, HAGIHAR A. Growth analysis on the competition-density effect in Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) and Masson pine (*Pinus massoniana*) stands [J]. For Ecol Manage,2001,150: 331-337.
- [10] XUE Li, HAGIHAR A. Growth analysis on the C-D effect in self-thinning Masson pine (*Pinus massoniana*) stands [J]. For Ecol Manage,2002,165: 249-256.
- [11] XUE Li, HAGIHAR A. Density effects of tree organs in self-thinning *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. stands [J]. Ecol Res,2008,23: 689-695.
- [12] XUE Li, HAGIHAR A. Growth analysis on the competition-density effect in *Populus deltoids* and *Populus × euramericana* plantations [J]. J For Res,2008,13:241-248.
- [13] 张池,黄忠良,李炯,等. 黄果厚壳桂种内与种间竞争的数量关系[J]. 应用生态学报,2006,17(1):22-26.
- [14] GRIME J P. The role of plasticity in exploiting environmental heterogeneity: Exploration of environmental heterogeneity by plants [M] // CALDWELLAND M M, PEARCY R W. Ecophysiological processes above- and belowground. San Diego: Academic Press,1-19,1994.
- [15] TILMAN D. Plant strategies and structure dynamics of plant communities [M]. Princeton: Princeton University Press,1988.
- [16] WILSON S D, TILMAN D. Plant competition and resource availability in response to disturbance and fertilization [J]. Ecology,1993,74: 599-611.
- [17] WILSON S D, TILMAN D. Competitive response of eight old-field plant species in four environments [J]. Ecology, 1995,76:1169-1181.
- [18] WILSON S D, TILMAN D. Components of plant competition along an experimental gradient of nitrogen availability [J]. Ecology,1991,72:1050-1065.
- [19] WEINER J, THOMAS S C. Size variability and competition in plant monocultures [J]. Oikos,1986,47:211-222.
- [20] 王政权,王军邦,孙志虎. 水曲柳苗木地下竞争与地上竞争的定量研究 [J]. 生态学报,2003,23(8):1512-1518.
- [21] 刘德立, JOHNSON I R, LOVETT J V, 等. 一个描述多种产量-密度关系的经验模型 [J]. 生态学报,1990,10(3):195-202.
- [22] WESTOBY M, HOWELL J. Self-thinning: The effect of shading on glasshouse populations of Silver beet (*Beta vulgaris*) [J]. J Ecol,1981,69:359-365.
- [23] 杨允菲,张宝田. 松嫩平原碱化草甸天然虎尾草种群密度制约特征的研究 [J]. 生态学报,1992,12(3):266-272.
- [24] 杨允菲,张宏一,张宝田. 松嫩平原碱化草甸天然碱地肤种群的密度制约规律 [J]. 植物生态学报,1994,16(1): 23-33.
- [25] 王政权,张彦东. 水曲柳落叶松根系之间的相互作用研究 [J]. 植物生态学报,2000,24(3):346-350.
- [26] 廖利平,邓仕坚,于小军,等. 不同连载代数杉木人工林细根生长、分布与营养物质分泌特征 [J]. 生态学报, 2001,21(4):569-573.
- [27] 张彦东,沈有信,白尚斌,等. 混交条件下水曲柳落叶松根系的生长与分布 [J]. 林业科学,2001,37(5):16-23.

【责任编辑 李晓卉】