

苏北海堤基干林带刺槐林生长及种群竞争特征研究

芮雯奕¹, 李淑琴¹, 卢义山¹, 张纪林^{1*}, 徐亚明², 周俊龙², 任吉星², 周凤明²

(1. 江苏省林业科学研究院, 江苏 南京 211153; 2. 江苏省东台市林场, 江苏 盐城 224242)

摘要: 研究沿海防护林种群生长竞争规律对营建高效沿海防护林具有重要意义。对苏北海堤不同栽植密度下 12 a 生刺槐人工林进行生长情况调查, 研究种群生长的空间及竞争特征。结果表明, 随着密度的增加, 刺槐平均胸径 (DBH) 呈下降趋势, 3 m×3 m 密度下刺槐平均胸径为 13.3 cm, 单株刺槐生长量最大, 而 1 m×1 m 密度下单位面积刺槐生物量最高。高密度下种内竞争激烈, 死亡率高。刺槐胸径的空间分布规律存在差异, 随着栽植密度的增高, 刺槐胸径的空间变异性增大。因此, 营建刺槐防护纯林密度不宜过高, 不同栽植密度下刺槐种群竞争规律及机制还有待进一步研究。

关键词: 刺槐; 防护林; 生长; 空间分布; 竞争

中图分类号: S792.270.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-7461(2011)02-0026-05

Growth and Competition Characteristics of *Robinia pseudoacacia* Forest in the Coastal Trunk Shelterbelt of Northern Jiangsu Province

RUI Wen-yi¹, LI Shu-qin¹, LU Yi-shan¹, ZHANG Ji-lin^{1*}, XU Ya-ming²,
ZHOU Jun-long², REN Ji-xing², ZHOU Feng-ming²

(1. Jiangsu Academy of Forestry, Nanjing, Jiangsu 211153, China;
2. Dongtai Forest Farm, Yancheng, Jiangsu 224242, China)

Abstract: Based on the observations on 12-year-old shelter forest of *Robinia pseudoacacia* with different densities, the characteristics of the growth spatial distribution and intraspecific competition were analyzed. The results showed that the average diameter at breast height (DBH) decreased when the density increased. The DBH was 13.3 cm with a density of 3 m×3 m. There was the highest biomass per tree in the density of 3 m×3 m, while the highest biomass per hectare was in the density of 1 m×1 m. Differences were also existed at the spatial distribution characteristics of DBH. The variation of DBH enhanced with the increased density. It also showed that the intraspecific competition was drastic at the higher density with a rather high death rate. It indicated that too much higher density was not suitable for the construction of shelter forest of *R. pseudoacacia* in the sea wall. In addition, the disciplinary competition and its mechanism of *R. pseudoacacia* forest under different densities need to be studied.

Key words: *Robinia pseudoacacia*; shelter forest; growth; spatial distribution; competition

刺槐 (*Robinia pseudoacacia*) 是世界上重要的速生树种之一。研究和实践表明^[1-2], 在新垦滩涂、围堤等土壤盐分较重, 有机质含量低, 立地条件差的

地区, 刺槐具有较好的生长优势, 具有改良土壤, 防风固沙, 保持水土的功能, 是劣地环境修复和加速生态演替的先锋树种。国内对沿海地区刺槐耐盐良种

收稿日期: 2010-01-25 修回日期: 2010-04-29
基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目专题 (2006BAD03A1403)。
作者简介: 芮雯奕, 女, 博士, 主要从事森林生态研究。
* 通讯作者: 张纪林, 男, 研究员, 主要从事森林生态研究。E-mail: 8zjl8@163.com

及无性系选育或栽培技术研究较多^[3-5],而对沿海海堤刺槐种群生长特别是竞争研究较少。本研究以不同栽植密度下苏北海堤 12 年生刺槐防护林为研究对象,研究其生长及种群竞争规律,为海堤刺槐防护林建设提供科学参考。

1 研究地概况

试验地位于江苏省东台市金东台农场(32°53'N、120°51'E)内,该地区年平均气温 15.6℃,年平均降雨量 1 044 mm,年均日照时数 2 209 h。土壤为滨海盐土,pH8.5 左右,土壤有机质层较薄,仅 3~5 cm。植被主要有白茅、狼尾草和中华补血草等。金东台农场于 1996 年 3 月围垦。1997 年 3 月在金东台农场一线海堤(现为二线海堤)的外坡进行刺槐密度试验,共有 4 个密度处理,分别为 1 m×1 m、1 m×2 m、2 m×3 m、3 m×3 m;刺槐均为 1 年生实生苗造林,苗高 40~70 cm。

2 研究方法

2.1 样地调查

各密度处理选取 15 m×45 m 典型样地,以样方西北角为原点,沿海堤方向向南为 x 轴正半轴,垂直海堤方向向东为 y 轴正半轴,分别记录每株刺槐的空间相对位置,即 x 、 y 坐标值(单位:m),进行每木检尺,测定其胸径(DBH ,cm)。

2.2 生长量计算

生物量换算因子连续函数法是近年来计算森林生物量的重要方法之一^[6-7],根据江苏省森林资源二类调查一元立木材积表,计算每木材积,进而得出单位面积林木蓄积量,利用函数关系进行生物量转换。刺槐转换公式为^[7]:

$$B=0.756\ 4V+8.310\ 3\tag{1}$$

其中, B 为单位面积生物量($t\cdot hm^{-2}$), V 为单位面积蓄积量($m^3\cdot hm^{-2}$)

2.3 竞争指标

竞争指数的计算多采用 Hegyi 提出的单木竞争指数模型^[9],竞争强度指标为竞争指数:

$$CI=\sum_{j=1}^N\left(\frac{D_j}{D_i}\right)\cdot\frac{1}{L_{ij}}\tag{2}$$

式中: CI 为竞争指数,其值越大竞争越激烈; D_j 为竞争木第 j 株的胸径; D_i 为对象木第 i 株的胸径; L_{ij} 为对象木 i 与竞争木 j 之间的距离; N 为竞争木株数。数据处理采用 Matlab7.0。

3 结果与分析

3.1 生长差异

新围垦海堤栽植刺槐 12 a 后,不同造林密度刺槐生长差异明显。其中以 1 m×1 m 造林密度死亡率最高,达到 73.5%,较 3 m×3 m 造林密度的刺槐死亡率高 51.6%。各密度处理之间刺槐胸径存在极显著差异,其中 3 m×3 m 密度处理刺槐平均胸径最高,达到 13.3 cm,显著高于其他各密度处理,高出 1 m×1 m 密度处理刺槐平均胸径值 41.5%。1 m×2 m 密度处理与 2 m×3 m 密度处理刺槐平均胸径差异则不显著,但均显著高于 1 m×1 m 密度处理(表 1)。从刺槐胸径的统计特征值偏度看,不同栽植密度下,除 2 m×3 m 密度下刺槐胸径分布呈现左偏外,刺槐胸径大小频度分布均呈现一定的右偏趋势(图 1)。

不同密度处理下刺槐纯林生物量随着栽植密度的增加呈递增趋势,但增加幅度逐渐降低。1 m×1 m 密度下单位面积生物量相应高出 3 m×3 m、2 m×3 m、1 m×2 m 密度下生物量的 20.0%、9.9% 和 3.7%。但从单木生物量看,则呈相反趋势,3 m×3 m 密度处理下刺槐单木生物量平均分别为 1 m×1 m、1 m×2 m 和 2 m×3 m 密度处理下刺槐单木生物量的 2.5 倍、1.8 倍和 1.4 倍。

表 1 不同造林密度刺槐生长基本特征

Table 1 Growth characteristics of *R. pseudoacacia* under different densities

处理	初始密度 /(株·hm ⁻²)	现存密度 /(株·hm ⁻²)	死亡率 /%	平均胸径 /cm	蓄积量 /(m ³ ·hm ⁻²)	生物量 /(t·hm ⁻²)	单木生物量 /kg
1 m×1 m	8 000	2 218	73.5	9.4c	66.7	58.7	26.5
1 m×2 m	4 000	1 525	61.9	10.9b	63.9	56.6	37.1
2 m×3 m	1 630	1 140	30.0	11.8b	59.6	53.4	46.8
3 m×3 m	948	741	21.9	13.3a	53.6	48.9	66.0

注:多重比较采用 LSD 法,不同字母表示在 0.05 水平差异显著。

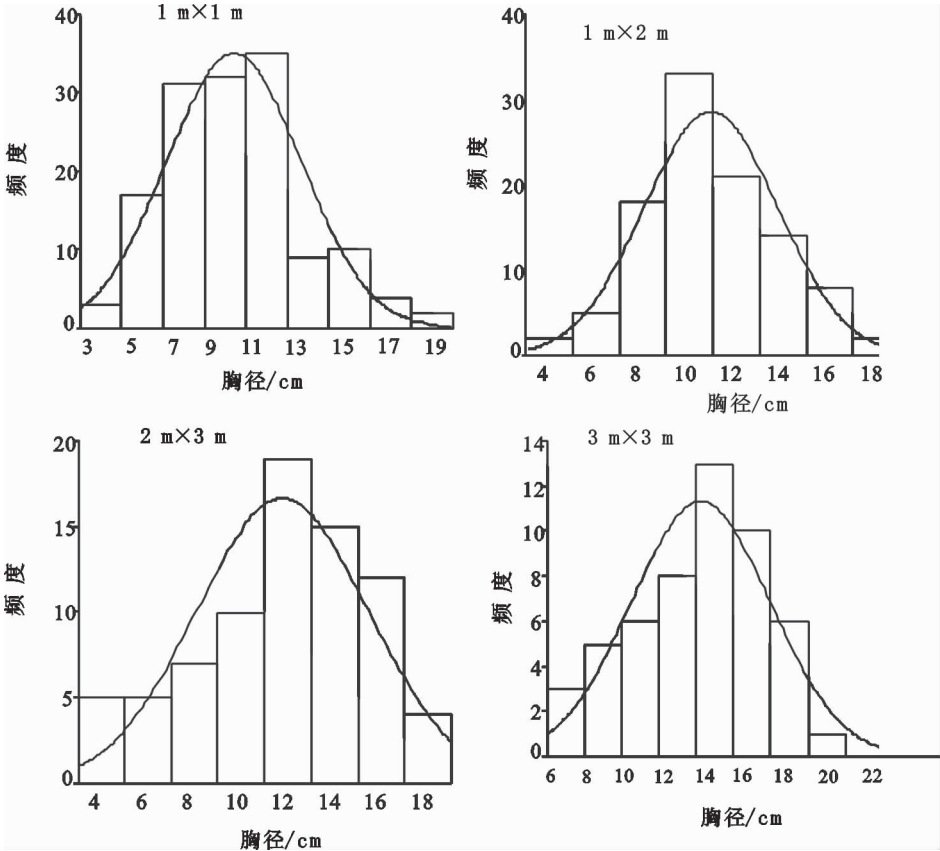


图 1 不同密度下刺槐胸径频度分布

Fig. 1 DBH frequency distribution of *R. pseudoacacia* under different densities

3.2 胸径生长空间分布特征

不同密度处理下刺槐生长 12 a 后的胸径空间分布存在明显差异。1 m×1 m 密度处理下,胸径等值线密集,单株刺槐胸径差异大,变异系数达到 34.5 %,胸径较大的刺槐主要为分布在平行于海堤的东西两侧边缘木。1 m×2 m 密度下,单木之间胸径大小差异下降,变异系数为 26.3 %,但在空间分

布上存在局部变异。大胸径单木除分布于边缘外,在样地中间也出现大胸径闭合面,但主要为零星分布。2 m×3 m 密度处理下胸径空间分布较 1 m×1 m 和 1 m×2 m 呈现较大差异,从等值线分布看,主要为弯曲面,并呈现一定的递变趋势,主要方向上刺槐胸径的变异趋缓。3 m×3 m 密度下,胸径等值线稀疏,刺槐单木胸径在空间分布上差异变小(图 2)。

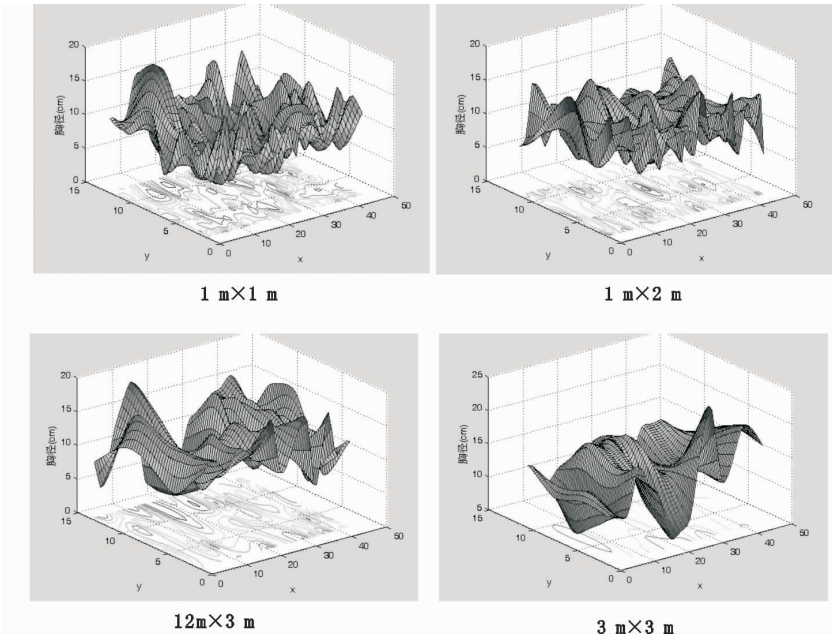


图 2 不同密度下刺槐胸径空间分布图

Fig. 2 DBH spatial distribution of *R. pseudoacacia* under different densities

3.3 种内竞争分析

将不同密度处理下的各刺槐单木作为对象木，以距离该对象木半径 1、2、4、6 m 和 8 m 范围内的其他刺槐作为竞争木，分别计算不同密度处理下刺槐防护林内的竞争强度。结果显示，不同密度处理下半径范围内的单木平均竞争指数均以 1 m×1 m 处理最高。同一半径范围内，随着处理密度的增大，竞争强度均呈增加趋势。其中，在 4 m 半径范围内，1 m×1 m 密度处理下平均竞争指数为 3 m×3 m 密度处理下的 4.6 倍，1 m×1 m 密度处理下刺槐种群种内竞争激烈(图 3)。

不同密度处理各径阶刺槐平均竞争指数呈现相似的变化规律，随着径阶水平的递增，各半径范围内的竞争指数呈现指数型下降趋势。从各径阶刺槐在固定半径范围内的竞争变化来看，随着径阶的增大，其随半径增加而导致的竞争变化幅度愈来愈小。对比竞争半径 8 m 与竞争半径 6 m 的竞争曲线之间

的平均增幅和竞争半径 6 m 与竞争半径 4 m 的竞争曲线的平均增幅，可以发现，其竞争指数增幅开始下降(图 4)。

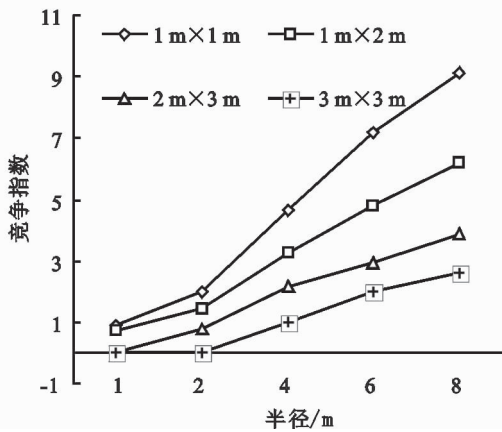


图 3 不同密度下刺槐防护林平均竞争指数
Fig. 3 Competition index of *R. pseudoacacia* under different densities

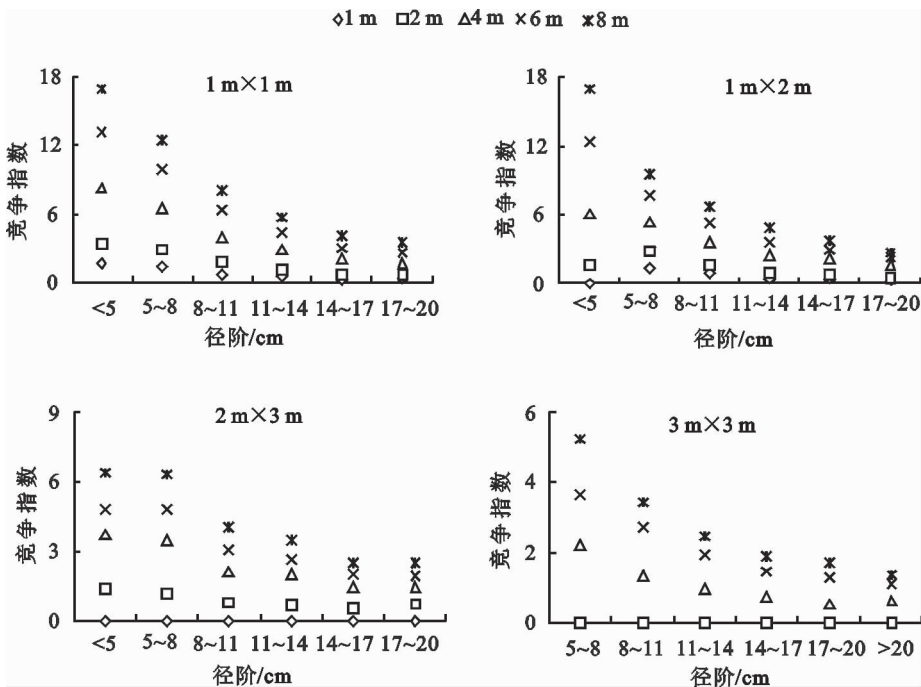


图 4 不同密度下各径阶刺槐平均竞争指数

Fig. 4 Competition index of *R. pseudoacacia* for DBH class under different densities

4 结论与讨论

刺槐作为一种固氮先锋树种，在新围垦海堤上表现出较强的适应性，但相对而言，生产力总体偏低。在本试验海堤上，刺槐单木最大胸径为 24.7 cm，最大平均胸径为 13.3 cm，12 年生 1 m×1 m 密度下刺槐林每公顷蓄积量仅为临近东台市林场较内陆处 13 a 生刺槐林的 63.5 %^[10]，这可能主要是由土壤盐分和养分差异造成的。研究显示，在一定的

盐碱胁迫下，刺槐叶绿素含量下降^[11]，这可能是刺槐在海堤未发挥生长潜力的重要原因。

不同密度处理下刺槐单木胸径呈现不同空间分布特征表明其竞争规律存在差异。其中，1 m×1 m 和 1 m×2 m 密度下，空间等值线分布相对比较密集，刺槐单木胸径差异较大。且从等值线形状看，这 2 个密度处理下出现较多的闭合面等值线，局部空间变异增大。不同密度的胸径等值线分布差异并结合竞争分析可以看出，在高密度栽植的刺槐防护林

内,竞争方式主要表现为争夺式竞争,而在低密度下则主要表现为分摊式竞争。从不同半径范围内刺槐竞争强度变化看,在半径 6 m 范围内,刺槐单木之间存在强烈的竞争关系,而半径大于 6 m 时,竞争木对对象木的影响开始下降,这个结果与太白红杉的研究结果一致^[12],半径 6 m 可能也是研究刺槐竞争较为合适的阈值。

由上述分析可以看出,刺槐在沿海海堤生长情况良好,但从生长量水平看,整体生长较为缓慢。虽然在高密度栽植下,刺槐单位面积具有较高的生物量,但是从培育优质防护林角度看,刺槐纯林栽植密度 1 m×1 m 或 1 m×2 m 密度过高。要进一步探索刺槐防护林空间生长竞争规律,制定合理的栽培密度和相应的配套措施,进一步发挥刺槐在沿海地区的生态防护作用。

参考文献:

[1] 中国树木志编委会. 中国主要树种造林技术(上册)[M]. 北京: 中国林业出版社, 1976: 631-641.

[2] 曹帮华, 吴丽云. 滨海盐碱地刺槐白蜡混交林土壤酶与养分相关性研究[J]. 水土保持学报, 2008, 22(1): 128-133.

CAO B H, WU L Y. Studies on soil enzyme activity and soil nutrient content of mixed stands with *Robinia pseudoacacia* and *Fraxinus velutina* in coastal saline soil[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2008, 22(1): 128-133. (in Chinese)

[3] 张术思, 李悦, 姜国斌, 等. 刺槐家系耐盐性状的变异、相关分析及选择[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(2): 12-17.

ZHANG S S, LI Y, JIANG G B, *et al.* Studies on genetic variation, correlation and selection of salinity tolerance traits of *Robinia pseudoacacia* families[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2002, 24(2): 12-17. (in Chinese)

[4] 杨盛孝, 张希武, 张庆令, 等. 滨海盐碱地刺槐硬枝扦插育苗试验[J]. 山东林业科技, 1992(1): 41-42.

[5] 秦永建, 曹帮华, 魏蕾, 等. 刺槐无性系硬枝扦插生根过程中生根关联酶活性变化[J]. 西北林学院学报, 2009, 24(2): 46-

49.

QIN Y J, CAO B H, WEI L, *et al.* Changes of oxidases activity in black locust cuttings during rooting[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(2): 46-49. (in Chinese)

[6] FANG J Y, CHEN A P, PENG C H, *et al.* Changes in forest biomass carbon storage in China between 1949 and 1998[J]. Science, 2001, 291: 2320-2322.

[7] 罗云建, 张小全, 王效科, 等. 森林生物量的估算方法及其研究进展[J]. 林业科学, 2009, 45(8): 129-134.

LUO Y J, ZHANG X Q, WANG X K, *et al.* Forest biomass estimation methods and their prospects[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2009, 45(8): 129-134. (in Chinese)

[8] 方精云, 刘国华, 徐嵩龄. 我国森林植被的生物量和净生产量[J]. 生态学报, 1996, 16(5): 497-508.

FANG J Y, LIU G H, XU S L. Biomass and net production of forest vegetation in China[J]. Acta Ecologica Sinica, 1996, 16(5): 497-508. (in Chinese)

[9] 邹春静, 徐文铎. 沙地云杉种内、种间竞争的研究[J]. 植物生态学报, 1998, 22(3): 269-274.

ZHOU C J, XU W Z. Study on intraspecific and interspecific competition of *Picea mongolica* [J]. Acta Phytoecologica Sinica, 1998, 22(3): 269-274. (in Chinese)

[10] 陈万章, 仇才楼, 李荣锦. 提高刺槐在江苏沿海造林树种中比重的探讨[J]. 江苏林业科技, 2000, 27(5): 60-62.

[11] 武德, 曹帮华, 刘欣玲, 等. 盐碱胁迫对刺槐和绒毛白蜡叶片叶绿素含量的影响[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(3): 51-54.

WU D, CAO B H, LIU X L, *et al.* Effect of salt-Alkalic stress on content of chlorophyll in leaves of *Robinia pseudoacacia* and *Framnus velutina* seeding[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(3): 51-54. (in Chinese)

[12] 段仁燕, 王孝安. 太白红杉种内和种间竞争研究[J]. 植物生态学报, 2005, 29(2): 242-250.

DUAN R Y, WANG X A. Intraspecific and interspecific competition in *Larix chinensis*[J]. Acta Phytoecologica Sinica, 2005, 29(2): 242-250. (in Chinese)