

四川林业科技

秦岭次生辽东栎林新生个体对种群空间格局的响应

吴润琴, 邹书珍 and 康迪

文献标志码: A

Citation: 四川林业科技, 41, 15 (2020) doi: 10.12172/202007010002

View online: <https://doi.org/10.12172/202007010002>

View Table of Contents:

Published by the 《四川林业科技》编辑部

Articles you may be interested in

不同干扰强度下的大渡河天然岷江柏种群特征

The Population Characteristics of Natural *Cupressus chengiana* Forests under Different Disturbance Intensity in the Dadu River Basin

四川林业科技. 2017, 38(2): 91; <https://doi.org/10.16779/j.cnki.1003-5508.2017.02.016>

甘肃白水江自然保护区龙头箭竹1年生更新苗特征

Characteristics of 1-year-old Regeneration Seedlings of *Fargesia dracocephala* in Baishuijiang National Nature Reserve, Gansu Province

四川林业科技. 2020, 41(3): 39; <https://doi.org/10.12172/202003170003>

西南桦树冠与胸径生长关系研究

A Study of the Relationship Between the Crown Width and Diameter Growth of *Betula alnoides*

四川林业科技. 2018, 39(4): 34; <https://doi.org/10.16779/j.cnki.1003-5508.2018.04.008>

四川桤木天然林和人工林的单木生长模型研究

A Study of Individual-tree Growth Models in Natural and Artificial Forests of *Alnus cremastogyne*

四川林业科技. 2018, 39(4): 8; <https://doi.org/10.16779/j.cnki.1003-5508.2018.04.002>

基于地统计学的米易县单位面积蓄积空间格局分析

Spatial Pattern Analysis of Unit Area Stock in Miyi County Based on Geostatistics

四川林业科技. 2019, 40(6): 71; <https://doi.org/10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.06.013>

密度调控对杉木人工林林分特征的影响

Effects of Density Control on the Stand Features of *Cunninghamia lanceolata* Plantation

四川林业科技. 2018, 39(6): 62; <https://doi.org/10.16779/j.cnki.1003-5508.2018.06.014>

秦岭次生辽东栎林新生个体对种群空间格局的响应

吴润琴, 邹书珍, 康迪*

西南野生动植物资源保护与利用教育部重点实验室, 西华师范大学生命科学学院, 四川 南充 637002

2020-07-01 收稿, 2020-09-01 网络版发表

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



基金项目 大熊猫栖息地内典型地震受损植被群落恢复构建机制——基于物种及功能性状的研究, 国家自然科学基金项目(31800458)

吴润琴(1997—), 女, 学士, 2014746434@qq.com

* 通讯作者, kangyuyao@foxmail.com

摘要 以秦岭次生辽东栎(*Quercus liaotungensis*)种群为对象, 利用空间格局分析的有关方法, 研究辽东栎种群结构以及幼苗更新对胸径格局、密度格局和竞争格局的响应。结果表明: 种群小径级个体(DBH<16 cm)明显多于大径级个体(DBH≥16 cm); 幼苗更新位置周围个体平均胸径(10.376 cm)小于样地平均水平(12.385 cm); 幼苗更新位置种群密度(0.126 株·m⁻²)高于样地平均水平(0.084 株·m⁻²); 幼苗更新位置的竞争指数处于样地的中等水平, 规律不明显。为更加深入的了解次生森林更新机制提供一定参考价值。

关键词 更新; 胸径; 密度; 竞争; 辽东栎

森林是陆地生态系统重要的组成部分, 具有涵养水源、净化空气、保育土壤、调节气候等重要的生态服务功能^[1-3]。而森林更新是森林提供可持续生态服务功能的前提条件。关于森林更新的影响因素已经有很多研究, 国外 De Lombaerde 等认为气候变化通过物理、化学和生物过程改变森林的能量分配、水文循环和大气成分等从而影响森林更新^[4], 国内闫兴富等在 2011—2014 年间研究了光照、温度、密度及动物取食行为对辽东栎幼苗更新的影响^[5-8], 方坚等分别研究了油松和辽东栎混交林的种间和种内竞争对群落和种群动态的影响^[9], Berger (2004) 等人观测了加拿大西部森林超过 50 年后报道, 群落内部竞争产生的驱动力比外部气候因素更能推动森林产生动态变化^[10]。但并列分析种群新生个体分别对胸径、密度、竞争等因素的响应的文章却较少。

种群更新对胸径、密度和竞争的响应通过新生个体与周围成树之间的相互作用体现, 例如有文章研究发现成树对幼树的限制作用^[11-13]。为了更加深入

地了解种群内个体大小、密度和基于距离的竞争对幼苗更新的影响, 本文以秦岭次生辽东栎种群为研究对象, 以长期的连续观察代替时空互代法, 设置了长达 10 年(观测频次为 5 年)的定位观测。采用插值法、密度函数法和基于距离的竞争指数法, 对比分析了每 5 年新生个体对周围成树胸径大小、密度和竞争格局的响应, 为秦岭次生辽东栎林的恢复和近自然管理提供参考。

1 研究位置概况

秦岭山脉, 呈东西走向, 横贯中国中部, 西起甘肃省临潭县北部的白石山, 向东经天水南部的麦积山进入陕西。在陕西与河南交界处分为三支, 长约 1 600 km, 为黄河支流渭河与长江支流嘉陵江、汉水的分水岭, 海拔由东向西逐渐增高, 主峰太白山 3 771.2 m。秦岭南北气候呈差异性变化, 有“南北植物荟萃、南北生物物种库”之称, 以南属亚热带气候, 植被以常绿阔叶林为主, 以北属暖温带气候, 植物以落叶阔叶树为主。辽东栎林占领了秦岭

引用格式: 吴润琴, 邹书珍, 康迪. 秦岭次生辽东栎林新生个体对种群空间格局的响应[J]. 四川林业科技, 2020, 41(6): 15-22.

Wu R Q, Zou S Z, Kang D. Responses of newborn individuals to population spatial pattern in secondary *Quercus liaotungensis* forest in the Qinling Mountains[J]. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology, 2020, 41(6): 15-22. doi: 10.12172/202007010002.

北坡海拔 1 800~2 200 m 的广阔地带, 多为纯林, 伴有少量侧柏、杜梨、山杏等树种。

2 材料和方法

2.1 样地设置与数据采集

在秦岭太白山北坡辽东栎林的主要分布区内建立 1 个固定观测样地, 在样地中建立 4 个 28 m×28 m 重复样方, 10 年间分别在第 1、第 5、第 10 年对 4 个样方进行 3 次调查(下文统一定义第 1 年、第 5 年、第 10 年为 A、B、C)。每次每个样方内均进行每木调查, 对所有辽东栎个体进行统一编号, 并记录个体的水平坐标、胸径、平均冠幅等信息。从第 5 年调查开始, 将实际新增的、存活的, 高度 1 m 以上或基径 1 cm 以上的个体定义为更新苗, 记录其坐标和基径。

2.2 径级结构的分析

基于树木径级与龄级反应规律的一致性, 采用立木径级结构代替年龄结构对 3 次调查的种群结构进行分析^[14]。参照高贤明等的方法^[15]和根据实际情况将调查个体划分为 7 个径级: 第 1 径级为 1 cm<DBH<8 cm 的个体; 2~6 径级以 4 cm 为步长递增; 第 7 径级为 DBH≥28 cm 的个体。根据选用的径级标准, 通过 Origin9.0 软件完成种群径级结构分析。

2.3 竞争指数的计算

竞争指数用于表示个体受到竞争的强度, 反映了对对象木所承受的来自周围其他个体的竞争压力, 本研究依据的是与距离相关的 Hegyi 竞争指数, 该指数可以独立地表示处于连续动态发展的特定种群或群落中每个分布个体的竞争大小。本研究的竞争指数的计算方法由 Hegyi 的竞争指数演变而来^[16, 17], 其公式如下:

$$CI_a = \sum_{n=1}^n \frac{S_n}{S_a D_{an}} \quad (1)$$

CI 表示个体 a 的竞争指数; n 表示目标个体 a 周围 x m 以内的个体数(x 为样地中辽东栎的平均冠幅); S_a 和 S_n 分别表示目标个体和竞争个体的胸径大小; D_{an} 表示目标个体和竞争个体的距离。4 个样方的 2 个林龄过渡期(第 1~5 年、第 5~10 年)分别进行计算。

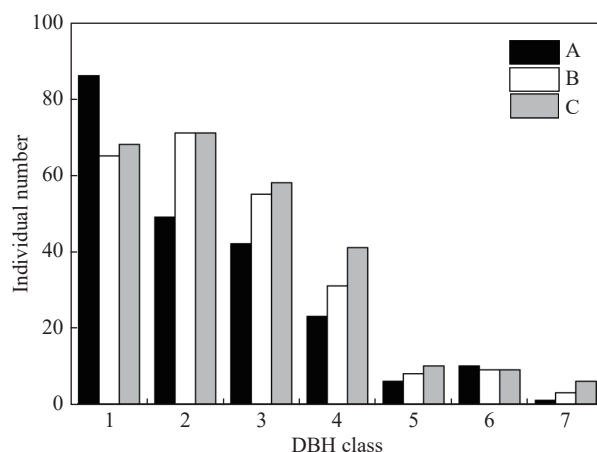
2.4 数据分析与软件

竞争指数计算通过 R 软件完成; 密度分析与插值分析采用 ArcGis10.0 完成; 绘图采用 ArcGis10.0 以及 Origin9.0 完成^[18-21]。

3 结果与分析

3.1 辽东栎次生林径级结构

结果表明, 第 1 年、5 年和 10 年调查时, 样地内辽东栎个体数分别为 217 株、243 株和 267 株, 总体表现为增长, 平均增长速率为 25 株·5 年⁻¹。为了进一步分析种群结构, 绘制柱状图, 如图 1 所示, 样地中中小径级(1~4 级, DBH<20 cm)个体较多, 大径级(DBH≥20 cm)个体较少, 种群结构为增长型。与第 1 年相比, 第 5 年和第 10 年时, 种群内 1 cm<DBH<8 cm 个体减少, 而 8 cm<DBH<24 cm 个体均有所增加。



注: A、B、C 分别表示第 1 年、第 5 年、第 10 年的调查

图 1 径级结构图

Fig. 1 Diameter structure diagram

3.2 新生个体对胸径格局的响应

采用克里金插值模型对样地中的成树胸径进行二次分析, 研究了样地立木胸径大小对新生个体分布的影响(见图 2)。结果表明样方 1、2、3 中第 5 年和第 10 年调查时新生个体均分布在平均胸径较小的区域, 尤其在有较多成树的样方 2 中, 此规律更加明显。样方 3 立木胸径较为均匀, 新生个体的分布规律反而不明显。进一步绘制箱形图(见图 3), 结果表明: (1) 样方 2、3、4 中新生个体周围的成树平均胸径小于样方平均胸径, 其中成树较多的样方 2 最为明显; (2) 样地内新生个体周围成树的平

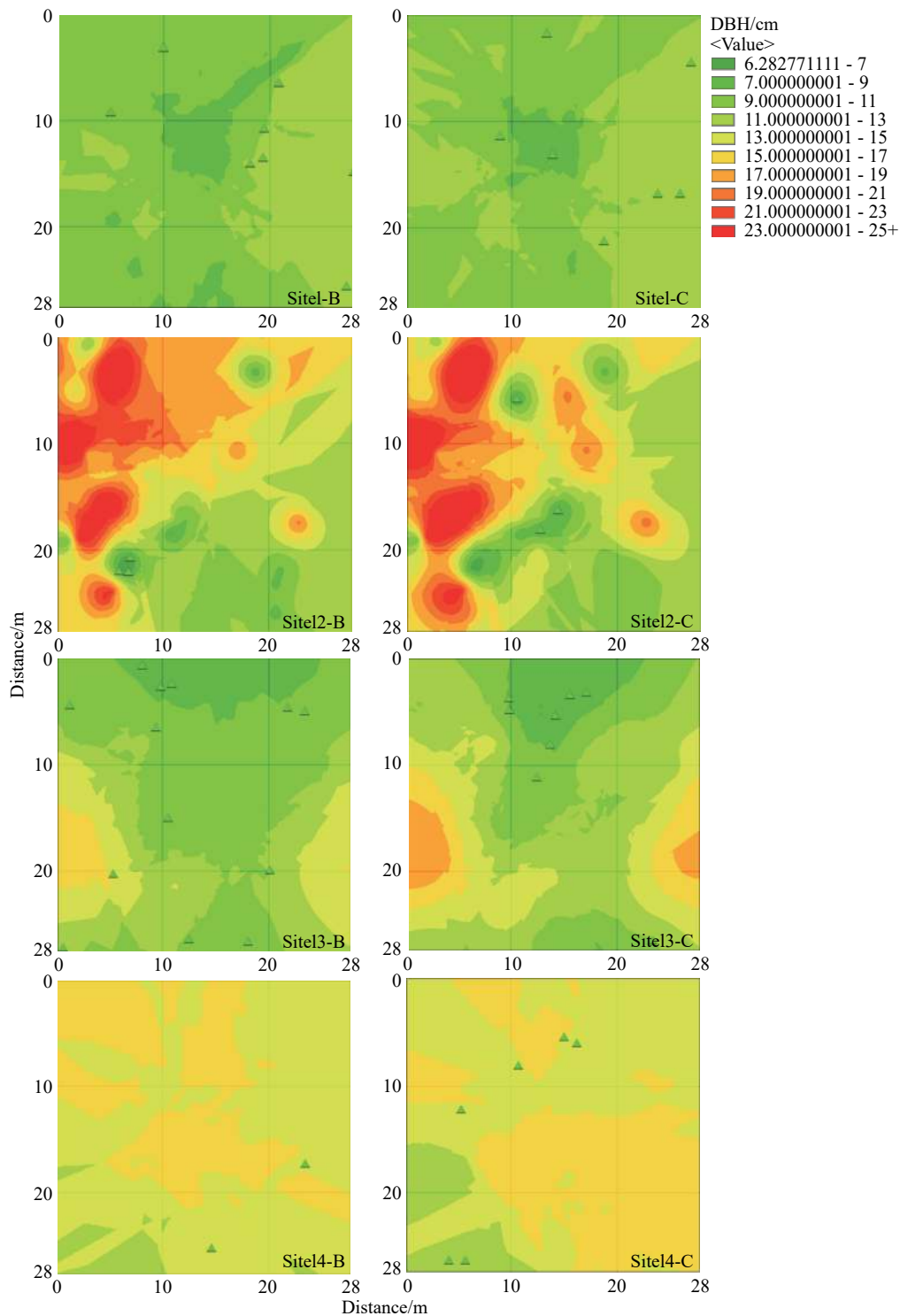


图2 胸径克里金插值分析图 (绿色三角形表示新生个体, 下同)

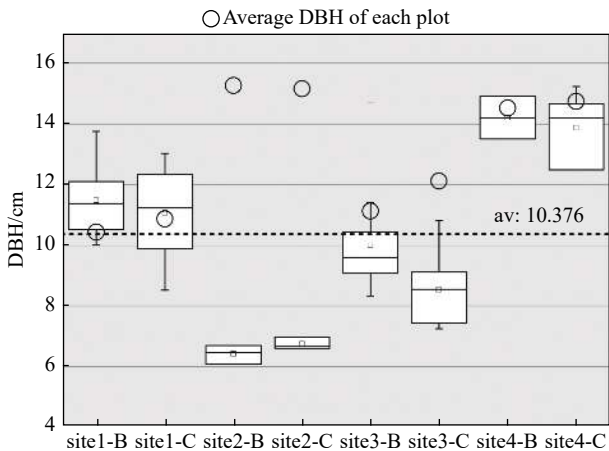
Fig. 2 Kriging interpolation analysis chart of the DBH (The green triangle represents a newborn individual, the same below)

均胸径为 10.376 cm, 低于样地平均水平。

3.3 新生个体对密度格局的响应

对样地第 5 年和第 10 年调查进行核密度分析, 研究了样地立木密度对新生个体分布的影响 (见图 4)。结果表明: 样方 1、2、3、4 中第 5 年和第 10 年调

查时新生个体均分布在密度较高的区域, 尤其是在平均密度较高的样方 1 中更加明显。进一步绘制箱型图 (见图 5), 结果表明: (1) 样方 1、2、3、4 中新生个体周围成树的平均密度高于样方所有成树平均密度; (2) 样地内所有新生个体周围的成树平均密度为 0.126, 高于样地的平均水平。



注：箱体表示各样方新生个体周围成树平均胸径，○为各样方平均成树胸径，横向虚线为样地所有新生个体周围成树平均胸径

Note: Box represents the average DBH of trees around new individuals in each sample plot, ○ is the average DBH of trees in each sample plot, and the horizontal dotted line is the average DBH of trees around all new individuals in the sample plot)

图 3 胸径分析箱图
Fig. 3 Box plot of DBH

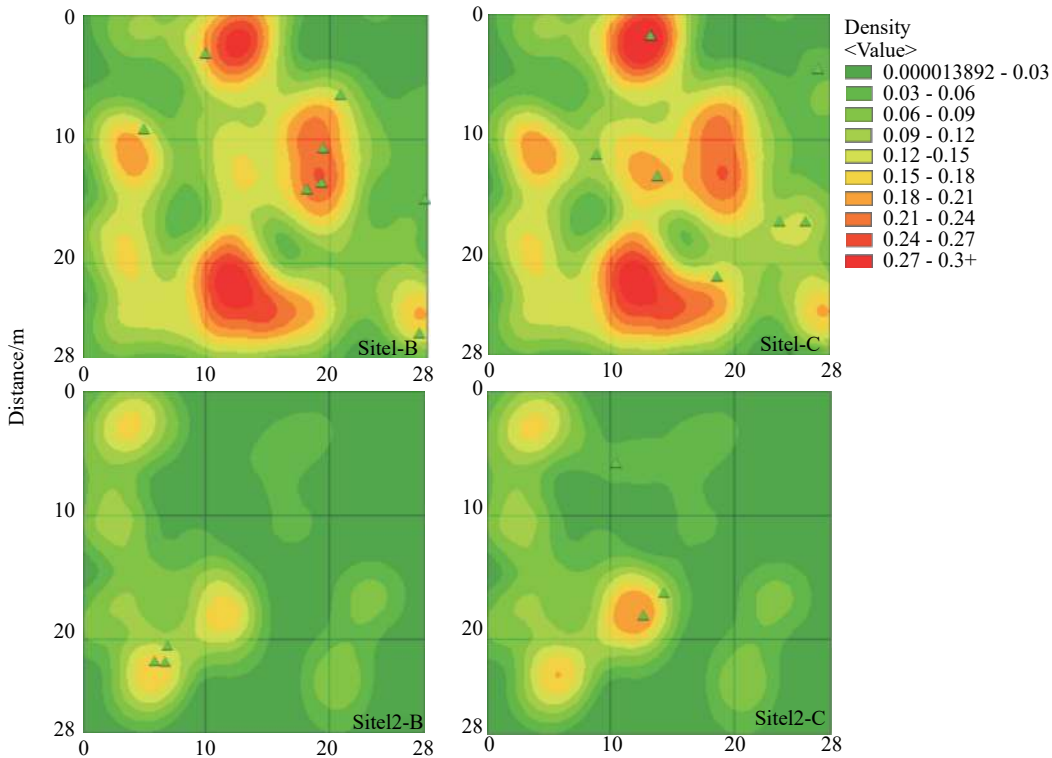
3.4 新生个体对竞争格局的响应

采用克里金插值模型对样地中的所有立木的竞争指数进行分析，研究了样地立木竞争大小对新生个体分布的影响（见 图 6），结果表明：样方 1、2、3 第 5 年和第 10 年调查中大部分新生个体分布在中等竞争水平的区域，个别分布在竞争水平较高区

域的边缘，样方 4 中各个区域的竞争强度差异不大。进一步采用箱型图（见 图 7）分析结果表明：（1）样方 1 中新生个体周围的成树竞争指数小于样方所有立木平均竞争指数；样方 2 中第 5 年时新生个体周围的成树竞争指数大于样方平均水平，第 10 年时小于样方平均水平；样方 3 新生个体周围的成树竞争指数小于样方平均水平；样方 4 第 5 年时新生个体周围的成树竞争指数明显大于样方平均水平，第 10 年时接近样方平均水平。（2）样地内新生个体周围的成树竞争指数均值为 16.425，低于样方 1 和 2 的平均水平，高于样方 3 和 4 的平均水平，没有明显规律。

4 讨论

林木的空间格局是生物和环境、生物与生物间长期相互作用的结果，是影响森林更新的重要因素^[22]。森林空间格局的形成和变化除了受到外部环境的影响外，还受到森林内立木大小、密度和其相互距离的影响，生态学家常依赖上述特征来研究森林更新、推断森林动态^[23]。本文发现秦岭次生辽东栎种群小径级个体数量多而大径级个体数量较少，种群处于增长状态。但在第 5 年与第 10 年调查时，小径级个体数量较第 1 年时少，其更新潜力有下降趋势。



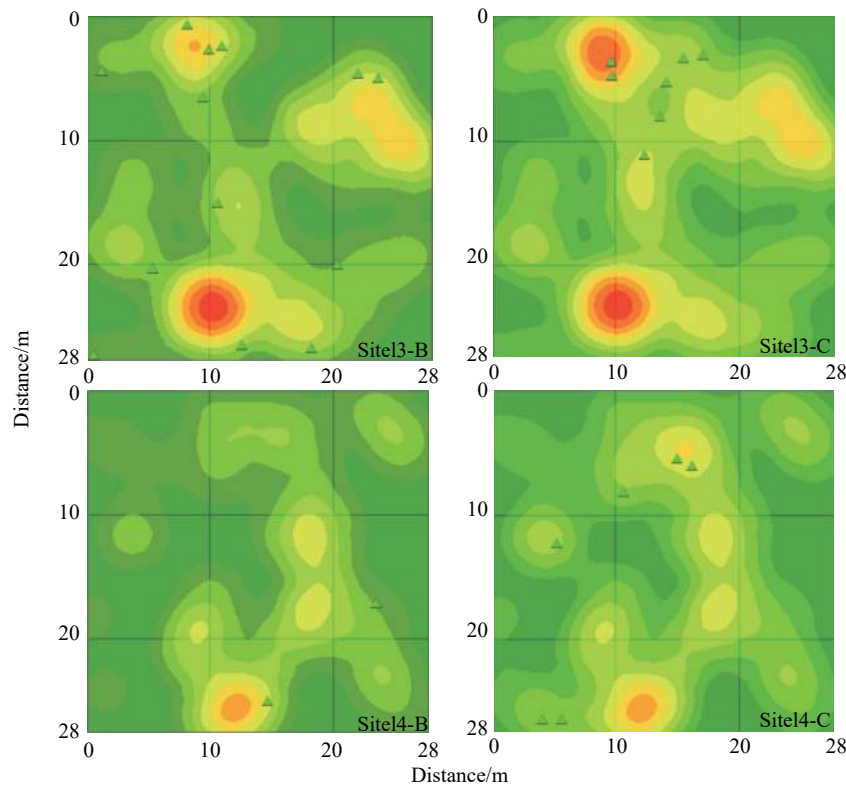


图 4 核密度分析图

Fig. 4 Nuclear density analysis chart

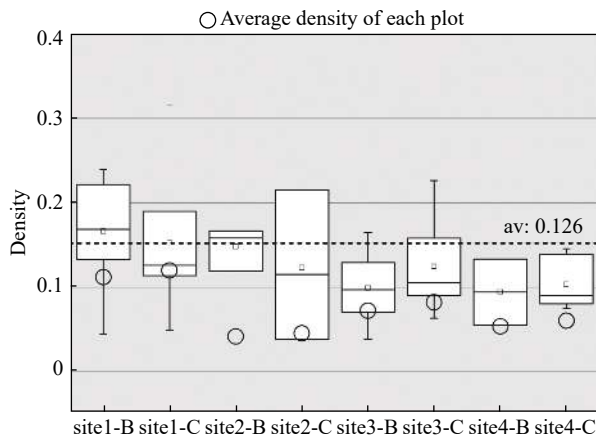


图 5 密度分析箱图

Fig. 5 Box diagram of density

本文发现秦岭次生辽东栎林种群新生个体的分布受区域种群胸径和密度的影响较为明显, 即更新个体容易在周围成树平均胸径较小和平均密度较高的位置分布。辽东栎幼苗移栽过程中, 增加密度有助于根系的生长从而提高成活率^[24, 25]。辽东栎虽属阳性树种, 但幼苗却偏好更有利于其自然萌发的庇荫条件, 遮阴促进辽东栎幼苗活力指数的增加, 促进幼苗苗高和叶面积的生长^[26], 周围成树密度较高正好为新生个体提供一定的遮阴条件。辽东栎幼树在

小尺度趋向于聚集分布^[27], 除了辽东栎种子的外形和传播特点的原因外, 可能还因为在一定空间内呈聚集分布形成遮阴环境, 提高幼苗存活率。王巍等 (2000) 研究发现辽东栎实生苗的密度会随幼苗年龄增大逐渐降低, 而萌生更新多基株数的生物学特性却会显著提高局域种群密度^[28], 辽东栎自然更新过程中以萌生苗为主, 这可能是新生个体周围成树平均胸径小而密度高的原因之一。此外, 动物的搬运和取食作用也会对辽东栎新生个体的萌发和分布产生影响, 有研究表明辽东栎种子 54.5% 被啮齿动物搬运, 而且被搬运后以土壤埋藏为主要贮藏方式^[29-31]。但种子被动物搬运后有可能分散贮藏也可能集中贮藏在洞穴或者灌木的根部^[32, 33], 这个过程比较复杂, 难以人为控制, 但可以通过适度的人工管理, 在利于新生个体分布的林分进行人工补苗, 使种群更新良好。

本文发现次生辽东栎林种群新生个体周围成树的竞争强度差异较大, 无明显规律。其他文章中认为中度的、适当的竞争有利于辽东栎的更新^[34], 随着个体胸径的增大竞争指数减小, 相反胸径小, 竞争指数大, 自身竞争能力弱, 对周围更新苗的压力就小^[35, 36], 因此新生个体多数分布在周围成树胸径较

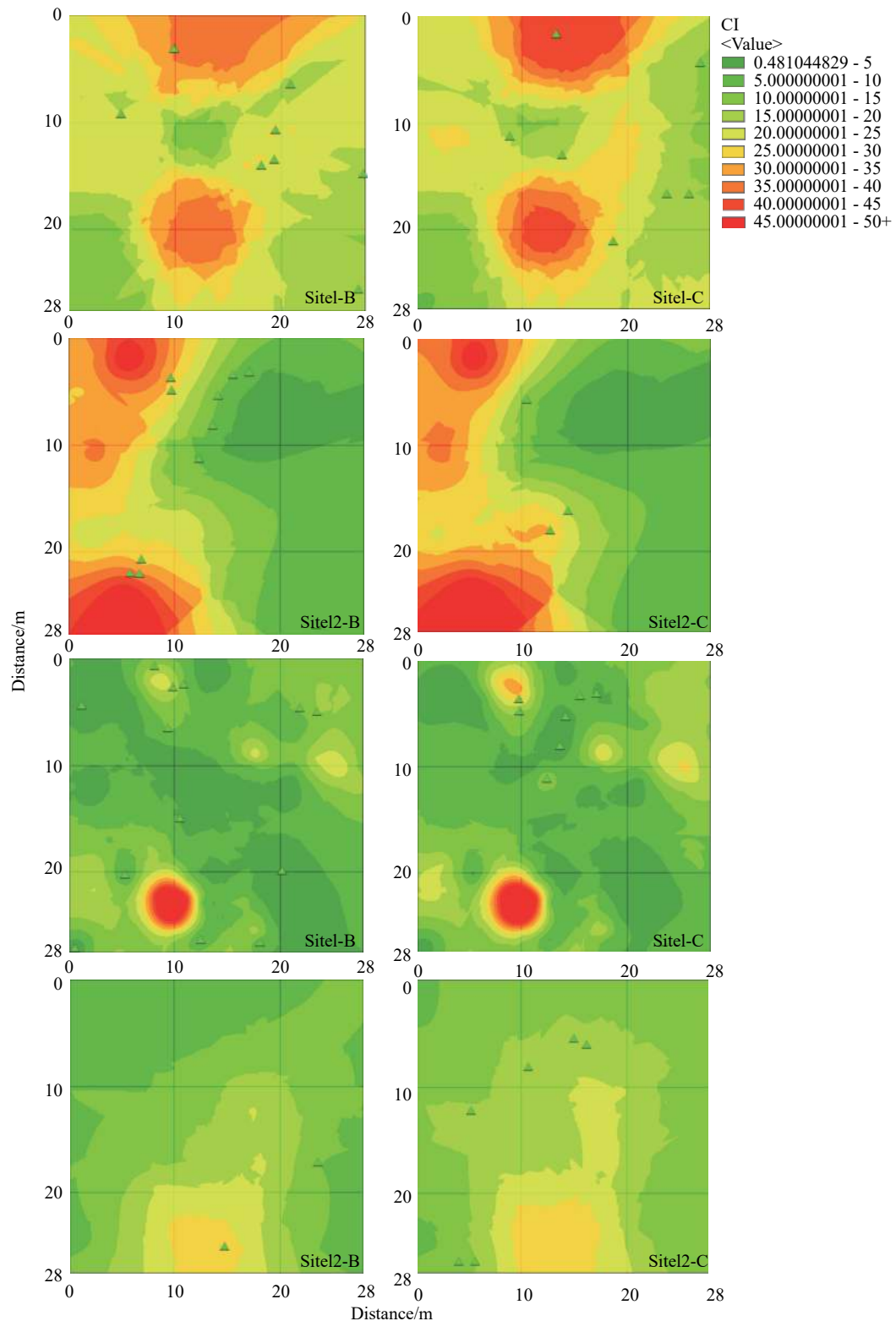


图 6 竞争指数克里金插值分析
Fig. 6 Kriging interpolation analysis of competitive index

小的区域。

在种群发展的不同阶段或是同一阶段的不同区域内，胸径、密度和竞争是动态变化的。但较之于竞争强度，密度和胸径对辽东栎新生个体分布的影

响更为明显，这两个因素也更容易测算和人为调控。因此，在森林的近自然更新中，辅以适度的人工管理，充分考虑种群胸径和密度空间格局的异质性，以达到更好的经营管理效果。

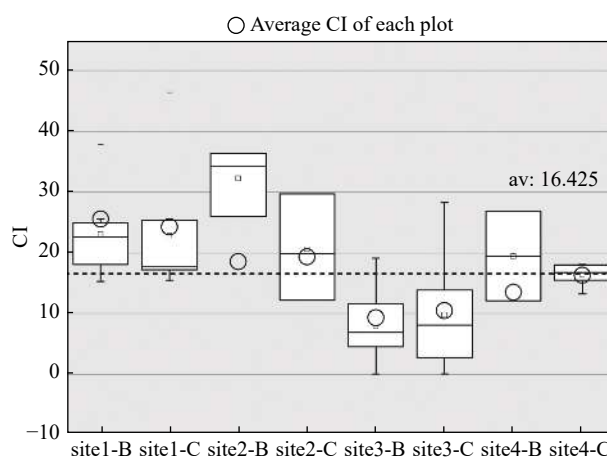


图7 竞争指数箱图

Fig. 7 Box diagram of competition index

参考文献

- [1] 崔亚琴, 樊兰英, 刘随存, 等. 山西省森林生态系统服务功能评估[J/OL]. 生态学报, 2019(13): 1-8.
- [2] 韩春, 陈宁, 孙杉, 等. 森林生态系统水文调节功能及机制研究进展[J]. 生态学杂志, 2019, 38(07): 2191-2199.
- [3] 黄龙生, 王兵, 牛香, 等. 济南市森林生态系统服务功能空间格局研究[J/OL]. 生态学报, 2019(17): 1-10.
- [4] Bonan G B. 2008. Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science* 320(5882): 1444-1449.
- [5] 闫兴富, 王建礼, 周立彪. 光照对辽东栎种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(07): 1682-1688.
- [6] 闫兴富, 杜茜, 石淳, 等. 六盘山区辽东栎的实生苗更新及其影响因子[J]. 植物生态学报, 2011, 35(09): 914-925.
- [7] 闫兴富, 周立彪, 张靠稳, 等. 不同密度下辽东栎幼苗子叶丢失及其对幼苗存活和生长的影响[J]. 植物生态学报, 2012, 36(08): 831-840.
- [8] 闫兴富, 仇智虎, 杜茜, 等. 种皮和环境温度对辽东栎种子萌发的影响[J]. 西北林学院学报, 2014, 29(03): 119-124.
- [9] 方坚. 黄土高原马栏林区优势乔木种内种间竞争及其种群动态的研究[D]. 陕西师范大学, 2007.
- [10] Berger U, Hildenbrandt H and Grimm V. 2004. Age-related decline in forest production: modelling the effects of growth limitation, neighbourhood competition and self-thinning. *J. Ecol.* 92(5): 846-853.
- [11] Hubbell, Foster, O'Brien, Harms, Condit, Wechsler, Wright, de Lao S L. Light-Gap disturbances, recruitment limitation, and tree diversity in a neotropical forest. *Science* (New York, N. Y.), 1999, 283(5401).
- [12] Robin Duchesneau, Isabelle Lesage, Christian Messier, Hubert Morin. Effects of light and intraspecific competition on growth and crown morphology of two size classes of understory balsam fir saplings. *Forest Ecology and Management*, 2001, 140(2).
- [13] A. Bolte, I. Villanueva. Interspecific competition impacts on the morphology and distribution of fine roots in European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *European Journal of Forest Research*, 2006, 125(1).
- [14] 陈科屹, 张会儒, 雷相东. 天然次生林蒙古栎种群空间格局[J]. 生态学报, 2018, 38(10): 3462-3470.
- [15] 高贤明, 王巍, 杜晓军, 等. 北京山区辽东栎林的径级结构、种群起源及生态学意义[J]. 植物生态学报, 2001(06): 673-678.
- [16] Hegyi F. 1974. A simulation model for managing jack-pine stands. In: Fries J. *Growth Models for Tree and Stand Simulation*. Stockholm: Royal College of Forestry Research Notes, 74-90.
- [17] 李际平, 房晓娜, 封尧, 等. 基于加权 Voronoi 图的林木竞争指数[J]. 北京林业大学学报, 2015, 37(3): 61-68.
- [18] KANG Di, DENG Jian, QIN Xiaowei, HAO Fei, GUO Shujuan, HAN Xinhui, YANG Gaihe. Effect of competition on spatial patterns of oak forests on the Chinese Loess Plateau. *Journal of Arid Land*, 2017, 9(1): 122-131.
- [19] 李莎, 史明昌, 刘小宇, 等. 湖北省马尾松精准适宜性空间分布[J]. 生态学报, 2019, 39(06): 1960-1968.
- [20] Guo Yaixin, Li Gang, Hu Youning, Kang Di, Wang Dexiang, Yang Gaihe. Regeneration of *Betula albosinensis* in strip clearcut and uncut forests of the Qinling Mountains in China. *PloS one*, 2013, 8(3).
- [21] 蒙振思, 向卫, 苏国岩, 等. 河北小五台山青杨种群中雌雄群体的空间分布及其成因[J]. 植物生态学报, 2018, 42(12): 1145-1153.
- [22] Kang D, Guo Y X, Ren C J, et al. 2014. Population structure and spatial pattern of main tree species in secondary *Betula platyphylla* forest in Ziwuling Mountains, China. *Scientific Reports*, 4: 6873.
- [23] Perry J N, Liebhold A M, Rosenberg M S, Dungan J, Miriti M, Jakomulska A, Citron-Pousty S. Illustrations and guidelines for selecting statistical methods for quantifying spatial pattern in ecological data. *Ecography*, 2002, 25 (5): 578-600.
- [24] 梁廷杰. 辽东栎育苗造林技术[J]. 科技情报开发与经济, 2009, 19(36): 163-164.
- [25] 杜建平, 李雪莉. 辽东栎育苗技术探究[J]. 花卉, 2018(22): 31.
- [26] 王娟婷. 辽东栎幼苗生长特性及其主要影响因素[D]. 西北农林科技大学, 2014.

- [27] 齐鹏, 赵维俊, 刘贤德, 等. 祁连山中段青海云杉林分空间结构分析[J]. 甘肃农业大学学报, 2015, 50(4): 90–96.
- [28] 王巍, 李庆康, 马克平. 东灵山地区辽东栎幼苗的建立和空间分布[J]. 植物生态学报, 2000(5): 595–600.
- [29] 周立彪, 闫兴富, 王建礼, 等. 啮齿动物对不同大小和种皮特征种子的取食和搬运[J]. 应用生态学报, 2013(8).
- [30] Zhishu Xiao, Xu Gao, Zhibin Zhang. The combined effects of seed perishability and seed size on hoarding decisions by Père David's rock squirrels. Behavioral Ecology and Sociobiology. 2013 (7).
- [31] 欧瑞东, 闫兴富, 马惠娟, 等. 啮齿动物对不同种子大小辽东栎和山桃种子的取食和搬运[J]. 2017, 36(9): 76–80.
- [32] 梁振玲, 马建章, 戎可. 动物分散贮食行为对植物种群更新的影响[J]. 生态学报, 2016, 36(4): 1162–1169.
- [33] 闫兴富, 余杨春, 周立彪, 等. 啮齿动物对六盘山区辽东栎、野李和华山松种子的取食和搬运[J]. 生物多样性, 2012, 20(4): 427–436.
- [34] 尤海舟, 刘兴良, 缪宁, 等. 川滇高山栎种群不同海拔空间格局的尺度效应及个体间空间关联[J]. 生态学报, 2010, 30(15): 4004–4011.
- [35] 潘磊磊, KWON SEMYUNG, 刘艳书, 等. 沙地樟子松天然林南缘分布区林木竞争、空间格局及其更新特征[J]. 生态学报, 2019, 39(10): 3687–3699.
- [36] 任玫玫, 杨华. 长白山云冷杉林优势树种的竞争[J]. 应用生态学报, 2016, 27(10): 3089–3097.

Summary for “秦岭次生辽东栎林新生个体对种群空间格局的响应”

Responses of Newborn Individuals to Population Spatial Pattern in Secondary *Quercus liaotungensis* Forest in the Qinling Mountains

WU Runqin, ZOU Shuzhen, KANG Di*

Key Laboratory of Conservation and Utilization of Wildlife Resources in Southwest China (Ministry of Education), College of Life Sciences, China West Normal University, Nanchong 637009, China

* Corresponding author, kangyuyao@foxmail.com

Abstract The secondary *Quercus liaotungensis* population in Qinling mountains was selected as the experimental object, and the population structure of *Quercus liaotungensis* and the responses of seedling regeneration to DBH pattern, density pattern and competition pattern were studied by using the relevant methods of spatial pattern analysis. The results showed that: (1) The number of small diameter individuals (DBH <16 cm) was significantly higher than that of large diameter individuals (DBH ≥16 cm). (2) The average diameter at breast diameter (10.376 cm) around the seedling regeneration position was smaller than the average level of the plot (12.385 cm). (3) The population density of the seedling regeneration position (0.126 plants / m²) was higher than the average level of the plot (0.084 / m²). (4) The competition index of seedling regeneration position was at a moderate level of the plot, and the law was not obvious. The results provided some certain reference value for a deeper understanding of the secondary forest regeneration mechanism.

Key words Regeneration; DBH; Density; Competition; *Quercus liaotungensis*

doi: [10.12172/202007010002](https://doi.org/10.12172/202007010002)