

退化第四纪红黏土重建马尾松林恢复 27 年后 林分直径分布模型研究

黄荣珍¹, 李凤¹, 肖龙², 樊后保¹, 李燕燕¹, 廖迎春¹

(1. 南昌工程学院 生态与环境科学研究所/江西省水文水资源与水环境重点实验室, 南昌 330099;

2. 泰和县水土保持站, 江西 泰和 343700)

摘要:应用 5 种概率分布规律对退化第四纪红黏土重建马尾松(*Pinus massoniana*)林恢复 27 a 后林分的直径结构进行拟合。结果表明:6 种重建模式的马尾松人工林的直径分布均符合 Weibull 分布,除了模式 C 符合对数正态分布和 Gamma 分布外,其它模式的马尾松林分直径分布均不符合正态分布模型、对数正态分布模型、Gamma 分布模型和 Beta 分布模型;模式 A,B,C,D 的马尾松人工林直径分布曲线偏度值为正值,而模式 E,F 的马尾松人工林直径分布曲线偏度值为负值;模式 A,B,C 的峭度为正值,而模式 D,E,F 峭度为负值。

关键词:第四纪红黏土; 重建森林; 直径分布; Weibull 模型

中图分类号:S718.42; S791.248

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)05-0128-04

Study on Diameter Distribution of *Pinus massoniana* Rehabilitating Forest Restored on Degraded Quaternary Red Soil after 27 Years

HUANG Rong-zhen¹, LI Feng¹, XIAO Long², FAN Hou-bao¹, LI Yan-yan¹, LIAO Ying-chun¹

(1. Institute of Ecology & Environmental Sciences, Nanchang Institute of Technology/

Jiangxi Provincial Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Water Environment,

Nanchang 330099, China; 2. Station of Soil and Water Conservation at Taihe, Taihe, Jiangxi 343700, China)

Abstract: Five diameter models of trees were used to fit the diameter distribution of *Pinus massoniana* rehabilitating forest restored on degraded quaternary red soil after 27 years. The results showed that all the six rehabilitating forest adapted to Weibull model, but not adapted to the other diameter models, except that the mode C forest met logarithmic normal distribution and Gamma distribution. The skew-nesses of mode A, mode B, mode C and mode D were positive, while that of mode E and mode F were negative; the kurtosis of mode A, mode B and mode C were positive, but which of mode D, mode E and mode F were negative.

Key words: quaternary red soil; rehabilitating forest; diameter distribution; Weibull distribution model

我国中亚热带是人口密集地区,长期以来,该地区森林遭受严重破坏,是土壤侵蚀、自然生态环境破坏与退化最为严重的区域之一。红壤为该区最主要的土壤资源,在江西省境内,红壤总面积为 9.3 万 km²,约占全省总面积的 55.8%,是江西省分布最广、面积最大的地带性土壤。其中第四纪红色黏土区是江西省的主要水土流失区之一,占全省水土流失面积的 13.9%^[1]。“红色沙漠”就是对第四纪红土侵蚀劣地的一种形象描述,其表土层乃至亚表土层被剥蚀后的裸露网纹层土壤养分贫乏,结构不良,保水保土能力

极差,加之降水分布不均和季节性高温、干旱,一般植物很难成活和正常生长。因此退化红壤生态功能恢复的重要目标是通过森林植被恢复与重建恢复土壤^[2]。

林木直径分布是种群结构的基本规律和种群生长的重要特征之一,是了解森林经营管理措施合理性的重要手段^[3]。了解林分的直径结构,即可对林分的整体生长态势进行比较详尽的掌握,探讨林分直径结构动态变化规律,有利于揭示林分发展规律的实质,精确的林分直径结构预测能为林木生长情况提供科学依据^[4-5]。林分直径结构模型不仅可以提供林分中

收稿日期:2011-04-06

修回日期:2011-04-17

资助项目:江西省水利厅科技项目“赣中南红壤侵蚀区生态修复技术及其综合效益研究”(200712);江西省教育厅科技项目“不同生态修复措施林分‘碳汇’功能及效益研究”(GJJ09372)

作者简介:黄荣珍(1975—),男,福建省莆田市人,博士,副教授,主要从事水土保持与生态修复方面研究。E-mail:huangrz@nit.edu.cn

通信作者:樊后保(1965—),男,江西省修水县人,教授,博士生导师,主要从事恢复生态学研究。E-mail:hbfan@nit.edu.cn

各径级林木的株数信息,而且是估算树林出材量、指导生产管理和人为促进恢复、掌握林木枯损进程,以及准确评定生产力和碳固定能力的基础^[6]。前人已经展开了大量关于林分直径结构分布模型的研究,总体上可分为两个阶段,即基于现实林分的静态模拟阶段和基于未知林分的动态预测阶段。在静态拟合阶段,大都用概率密度函数,如正态分布、对数正态分布、Gamma 分布、Beta 分布和 Weibull 分布等来表征树木径级株数的分布规律。在动态预测阶段,采用参数预测(Parameter forecast model)、参数回收(Parameter recovery model)以及概率转移矩阵等技术建立林分直径结构动态预测模型^[4-5]。

以江西省严重退化的第四纪红黏土为研究对象,运用不同的林木直径结构模型分析对比不同模式重建马尾松林恢复 27 a 后的直径分布规律,为科学地进行水土保持林的人促更新抚育提供可靠的理论依据,以期为侵蚀劣地的植被恢复、水土流失治理以及优选水土保持措施模式提供必要的科学依据和实践经验。

1 研究区概况

试验地位于泰和县老虎山小流域内,地理位置为

东经 114°52′—114°54′,北纬 26°50′—26°51′,属中亚热带季风气候,多年平均雨量为 1 363 mm。无霜期 288 d,平均气温为 18.6℃,平均大于 10℃的积温为 5 918℃,极端最高、最低气温分别为 40.4℃和 -6℃。老虎山小流域属平原丘陵区,海拔 80~200 m,境内丘坡平缓,坡度多在 5°左右,土壤为第四纪红色黏土发育而成的红壤,厚度一般为 3~40 m。试验地属强度侵蚀退化红壤。

2 研究方法

2.1 试验设计

1983 年在试验地(A 层土壤全部剥蚀,B 层出露,地表无任何草灌,本底条件相似)采取不同的林分模式进行人工重建森林,模式 A:强烈干扰马尾松(*Pinus massoniana*)林分(打松枝、耙松针,无任何抚育管理措施);模式 B:封育马尾松林分;模式 C:竹节沟马尾松林分(开挖水平竹节沟);模式 D:种草竹节沟马尾松林分(带状种草且开挖水平竹节沟);模式 E:谷坊马尾松林分(在沟道下游修建拦挡水沙,以抬高侵蚀基准面的水土保持措施);模式 F:无谷坊马尾松林分。试验地基本情况如表 1 所示,种植密度为 2 501 株/hm²。

表 1 样地基本情况

代号	重建模式	林分密度/(株·hm ⁻²)	坡位	坡向	坡度/(°)	平均胸径/cm	平均树高/m
A	强烈干扰马尾松林分	1430	中下坡	北	9	9.61	5.01
B	封育马尾松林分	1950	中下坡	东	7	8.57	6.34
C	竹节沟马尾松林分	1430	中下坡	南	3	9.62	7.08
D	种草竹节沟马尾松林分	1480	中下坡	南	5	9.25	6.48
E	谷坊马尾松林分	1050	—	—	—	14.71	11.74
F	无谷坊马尾松林分	1000	—	—	—	15.83	12.37

2.2 调查方法

于 2010 年 8 月在 6 种重建森林模式试验区内分别设置 3 块 20 m×20 m 的样地,对 DBH>5 cm 以上的树木每木检尺,记录林木树高、胸径、冠幅、枝下高等数据;并在每块样地内按对角线法设立 5 个 5 m×5 m 的样方调查灌木层植被,设置 5 个 1 m×1 m 样方调查草本层植被,记录种类、株数、高度、盖度等指标。

2.3 数据处理

2.3.1 直径分布模型 为了适应不同情况下直径分布形状变化较大的特点,采用正态分布、对数正态分布、Weibull 分布、Gamma 分布和 Beta 分布 5 种分布模型加以描述,概率分布函数公式见参考文献^[6-10]。

2.3.2 直径分布特征数 直径分布特征数采用变动系数 C、偏度 α₃ 和峭度 α₄,公式见参考文献^[11]。分

布模型的模拟以及特征数的计算均采用 Qbasic 软件自编程序进行。

3 结果与分析

3.1 直径分布特征数比较分析

由表 2 可以看出,不同重建模式的马尾松人工林恢复 27 a 后平均胸径大小顺序依次为:模式 F>模式 E>模式 A>模式 C>模式 D>模式 B。模式 A,B,C,D 的马尾松人工林直径分布曲线偏度值是正值,为左偏,表明分布曲线的顶峰偏右,整个林分中中小径阶的林木占多数;而模式 E,F 的马尾松人工林直径分布曲线偏度值是负值,为右偏,表明分布曲线的顶峰偏右,整个林分中大径阶的林木占多数。模式 A,B,C 的峭度为正值,说明径阶分布的离散程度小而集中;而模式 D,E,F 峭度为负值,说明径阶分布离散程度大。

表 2 不同重建模式下直径分布特征数及 χ^2 检验

重建模式	平均直径/cm	标准差	偏度	峭度	正态分布 χ^2 值	对数正态分布 χ^2 值	Weibull 分布 χ^2 值	Gamma 分布 χ^2 值	Beta 分布 χ^2 值	$\chi^2(0.05)$
A	9.552	3.563	0.870	0.312	87.543	20.208	11.111*	24.447	138.408	12.592
B	8.564	3.608	0.991	0.123	140.084	57.857	12.270*	72.308	146.650	12.592
C	9.464	2.605	0.747	1.027	3.032	11.487*	12.363*	9.559*	166.262	12.592
D	9.284	3.006	0.491	-0.479	27.078	26.458	11.060*	25.642	21.744	12.592
E	12.091	3.541	-0.315	-0.265	17.237	64.478	10.823*	68.398	18.982	12.592
F	12.500	4.387	-0.497	-0.925	32.893	50.060	8.471*	59.806	21.601	12.592

3.2 直径分布模型比较分析

应用正态分布模型、对数正态分布模型、Weibull 分布模型、Gamma 分布模型和 Beta 分布模型分别对 6 种第四纪红黏土重建马尾松林恢复 27 a 后直径分布进行拟合,并经 $\chi^2(0.05)$ 检验,结果表明,6 种重建模式的马尾松人工林直径 Weibull 分布模型的 χ^2 值均小于临界值(表 2);而其它 4 种分布模型的 χ^2 值(除了模式 C 的对数正态分布模型和 Gamma 分布模

型的 χ^2 值小于临界值外)均远大于 χ^2 分布临界值。这说明重建模式 A,B,D,E,F 的马尾松人工林直径分布只符合 Weibull 分布,而模式 C 的马尾松人工林直径分布既符合 Weibull 分布,又符合对数正态分布模型和 Gamma 分布模型。本研究结果充分说明了 Weibull 分布模型具有适用性广、灵活性大的特点,能够很好地拟合不同类型林分的直径结构。5 种分布模型拟合参数如表 3 所示。

表 3 不同重建模式下直径分布函数参数估计值

模型	A	B	C	D	E	F
对数正态	$a=2.190$	$a=2.067$	$a=2.210$	$a=2.175$	$a=2.439$	$a=2.443$
	$\sigma=0.364$	$\sigma=0.395$	$\sigma=0.276$	$\sigma=0.332$	$\sigma=0.351$	$\sigma=0.440$
	$a=3$	$a=3$	$a=3$	$a=3$	$a=3$	$a=3$
Weibull	$b=9.519$	$b=8.803$	$b=9.995$	$b=9.857$	$b=10.553$	$b=9.905$
	$c=2.358$	$c=2.147$	$c=2.563$	$c=2.749$	$c=2.164$	$c=2.024$
Gamma	$b=0.674$	$b=0.581$	$b=1.248$	$b=0.916$	$b=0.885$	$b=0.597$
	$p=5.760$	$p=4.396$	$p=10.560$	$p=7.591$	$p=9.811$	$p=6.870$
Beta	$p=2.549$	$p=2.129$	$p=5.124$	$p=3.638$	$p=3.150$	$p=1.842$
	$q=2.816$	$q=2.937$	$q=5.773$	$q=4.267$	$q=1.962$	$q=1.041$

3.3 直径 Weibull 分布模型比较分析

如表 3 所示,Weibull 分布模型的参数 a 为位置参数,在直径分布中表示最小起测径阶,与密度函数曲线的形状无关,只与密度函数曲线在平面坐标系中的位置有关。 b 为尺度参数,是累计频度为 63% 处的直径与最小直径之差, b 值越大,密度函数曲线越平缓,顶点离 x 轴的距离越小。 c 为形状参数,是 Weibull 分布中具有实质意义的参数,是分析直径动态的依据之一;当 $c < 1$ 时,Weibull 分布为倒“J”型分布;当 $c = 1$ 时,为指数分布;当 $1 < c < 3.6$ ($c \neq 2$) 时,呈山形曲线,且为正偏;当 $c = 2$ 时,Weibull 分布为卡平方(χ^2)分布的特殊情况,呈 Reyleigh 分布;当 $c = 3.6$ 时,为近似正态分布; $c > 3.6$ 时,为负偏山分布; $c \rightarrow \infty$ 时,Weibull 分布简化为单点分布。由此可见,Weibull 分布通过 c 值的改变可以拟合成各种形式的直径分布,尤其对同龄纯林(一般 $c > 1$),可拟合任何时刻的林分直径分布,且参数 a, b, c 随年龄的变化呈现出一定的规律性^[12]。由于重建模式的差异,符合 Weibull 分布的不同马尾松人工林径阶株树分布情况

和各径阶理论概率有所不同,这取决于 3 个参数 a, b, c ,而参数 a, b, c 值可能与林分特征因子有关。从计算结果看(表 3),6 种林分的 c 均介于 1 和 3.6 之间,故 6 种重建模式的马尾松林分胸径分布形状均为单峰正偏山状分布,说明林木过大和过小的直径分布差异不明显。 c 值大小顺序依次为:模式 D > 模式 C > 模式 A > 模式 E > 模式 B > 模式 F。

4 结论与讨论

人工林直径拟合过程中,针对不同的林分需要采用适合其分布规律的模型来进行拟合,才能反映出林分的生长规律。从理论上,选择分布函数应具有极大的灵活性,以适应一定范围内变化的偏度及峭度值,Weibull 分布函数实用性强,灵活性大,对分布形状的适应性较强,应用其对本研究的 6 种重建模式的马尾松林恢复 27 a 后的总体胸径分布进行模拟,效果均较理想。

通过对第四纪红黏土 6 种重建模式的马尾松林恢复 27 a 后的直径分布结构特征的分析,结果表明:

不同重建模式的马尾松人工林恢复27a后平均胸径大小依次为:模式F>模式E>模式A>模式C>模式D>模式B。模式A,B,C,D的马尾松人工林直径分布曲线偏度值为正值,为左偏,表明分布曲线的顶峰偏右,整个林分中中小径阶的林木占多数;而模式E,F的马尾松人工林直径分布曲线偏度值为负值,为右偏,表明分布曲线的顶峰偏右,整个林分中大径阶的林木占多数。模式A,B,C的峭度为正值,说明径阶分布离散程度小而集中;而模式D,E,F峭度为负值,说明径阶分布离散程度大。虽然本研究选取的马尾松样本为同龄林,然而,马尾松林分呈现出一定的分化现象,说明不同重建模式对马尾松林的生长具有一定的影响,即不同重建模式对植被恢复的效果不同。这可能与各个林分的保留密度有关,从表1可以看出,保留密度越大,平均胸径越小;反之,平均胸径越大。林分密度通过影响平均胸径、平均树高而影响其材积,进而影响林分的碳固定能力^[13]。这可为侵蚀退化红壤地生态修复林分初始密度的确定,尤其是生态修复实施成功后林分的经营管理、保留密度的确定提供有益的依据和参考。

不同重建模式的马尾松人工林直径Weibull分布模型参数 c 值均介于1和3.6之间,且差别不大,故6种重建模式的马尾松林分胸径分布形状均为单峰正偏山状分布,说明在同一重建模式中林木直径分布差异不明显。这主要是因为本研究对象是马尾松同龄林,且马尾松是慢生树种,生长较缓慢,在同林分中由于立地条件相似,因此林木间分化不明显。

随着相关学科日新月异的变化,如统计分析科学的发展,林分直径结构模型朝复杂化、多样化方向发展,从而为从整体上提升林分直径结构模拟与预测系统的性能及准确度,更好地为科学经营管理和准确预估材积、碳固定量提供依据。为了更深入地研究和分

析调查地区林分的生长动态,还需进一步对其标准地资料进行动态观测与分析,为科学地进行不同重建模式的马尾松人工林的经营与管理提供可靠的理论依据。

参考文献:

- [1] 吴雨赤. 第四纪红黏土侵蚀劣地桃树种植试验[J]. 中国水土保持, 1997(11): 21-22.
- [2] 张桃林, 史学正, 张奇. 土壤侵蚀退化发生的成因、过程与机制[M]//中国红壤退化机制与防治. 北京: 中国农业出版社, 1999: 46-76.
- [3] 胡喜生, 周新年, 兰樟仁, 等. 人工林桉树胸径分布模型的研究[J]. 福建林学院学报, 2008, 28(4): 314-318.
- [4] 吴承祯, 洪伟. 林分直径结构新模型研究[J]. 西南林学院学报, 1999, 19(2): 90-95.
- [5] 张伟, 赵善伦, 吴志芬. 山东赤松种群直径结构及其动态研究[J]. 西北植物学报, 2001, 21(4): 749-754.
- [6] 孟宪宇. 测树学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996.
- [7] 刘金福, 洪伟, 林升学. 格氏栲天然林主要种群直径分布结构特征的研究[J]. 福建林学院学报, 2001, 21(4): 325-328.
- [8] 陈昌雄, 陈平留, 刘健, 等. 闽北天然次生林林木直径分布规律的研究[J]. 福建林学院学报, 1996, 16(2): 122-125.
- [9] 刘金福, 江希钿, 黄增, 等. 闽东柳杉人工林直径分布的研究[J]. 福建林业勘察设计, 1997(1): 30-35.
- [10] 郎奎健, 唐守正. IBMPC系列程序集[M]. 北京: 中国林业出版社, 1989.
- [11] 胥辉, 屈燕. 思茅松天然次生林林分直径结构规律的研究[J]. 西南林学院学报, 2001, 21(4): 193-195.
- [12] 张贵, 陈建华. 应用Weibull分布研究毛竹林分直径结构规律[J]. 经济林研究, 2002, 20(4): 31-33.
- [13] 黄荣珍, 樊后保, 李凤, 等. 人工修复措施对严重退化红壤固碳效益的影响[J]. 水土保持通报, 2010, 30(2): 60-64.

(上接第127页)

参考文献:

- [1] 巩合德, 王开运. 川西亚高山白桦林穿透雨和径流特征观测研究[J]. 生态学杂志, 2004, 23(4): 17-20.
- [2] Leyton T. Rainfall interception in forest and moorland [M]//Int. Symp. Forest Hydrology. Oxford: Pergamon Press, 1965: 163-178.
- [3] George M. Interception, stem flow and throughfall in an Eucalypts hybrid plantation[J]. Indian Forester, 1978, 104(11): 719-726.
- [4] Gash J H C. An analytical model of rainfall interception by forests[J]. Quart. J. R. Met. Soc., 1979, 105: 43-53.
- [5] Pilar L, Francisco D. Rainfall partitioning by vegetation under Mediterranean conditions: A review of studies in Europe [J]. Journal of Hydrology, 2007, 335(1/2): 37-54.
- [6] 薛建辉, 郝奇林, 吴永波, 等. 3种亚高山森林群落林冠截留量及穿透雨与降雨量的关系[J]. 南京林业大学学报, 2008, 32(3): 9-12.
- [7] 方江平, 项文化, 刘韶辉. 西藏原始林芝云杉林雨季林冠降水分特征[J]. 生态学报, 2010, 30(14): 3679-3687.
- [8] 彭焕华, 赵传燕, 沈卫华, 等. 祁连山北坡青海云杉林冠对降雨截留空间模拟: 以排露沟流域为例[J]. 干旱区地理, 2010(4): 568-570.