

# 人工林造林密度样圆调查圆心点位设置研究

李金良, 郑小贤

(北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083)

**摘要:** 林分密度是短轮伐期工业原料林经营的关键指标之一。为了满足当前人工林生产中林分调查的需要, 采用计算机模拟的方法, 从理论上研究了不同圆心点位对人工林造林密度样圆调查误差的影响。结果表明: ①相同株行距不同坐标为圆心点的样圆内株数并不完全相同, 存在明显的变动。相同造林密度, 株行距不同时, 同一圆心点对应的样圆内的株数也不完全相同。②在同一株行距的总体中, 采用 24 个随机起点为圆心点的样圆求算人工林株数密度调查的平均值, 能代表实际情况。③对于设计株行距为 1.50 m × 4.00 m, 2.00 m × 3.75 m 的样圆的最佳圆心点位为某一株树(种植点), 坐标是(0, 0) m。④株行距为 2.00 m × 3.00 m 时, 样圆的最佳圆心点位坐标为(1.5, 0) m。⑤在造林株行距为 1.20 m × 5.00 m 时, 样圆的最佳圆心点位坐标为(0, 1.0) m。⑥在造林株行距为 2.00 m × 4.00 m 时, 圆心点最佳点位为相邻两行中间, 坐标为(0, 2.0) m。表 3 参 11

**关键词:** 森林经理学; 人工林; 密度; 样圆; 圆心点位; 误差

**中图分类号:** S725.6      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-5692(2008)01-0055-05

## Center setting of circular plot in the investigation of plantation density

LI Jin-liang, ZHENG Xiao-xian

(The Key Laboratory for Forest Silviculture and Conservation of the Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Plantation density is one of the key indices in the management of short-rotation industry material plantation. In order to meet the requirements of investigation on plantation stands, we employed the method of computer-aided simulation, and studied the effects of different centers of circle on the error in the circular investigation of plantation density. Results show that: 1) the number of individual trees differs in sample circles with the same spacing and different coordinates, with an evident variation. For the plantation with the same density, the number of trees in the sample circle with the same center also changes under different spacing. 2) in the situation with the same spacing, the mean value of plantation density, using 24 random points as centers of circle, could present the fact. 3) for the sample circle with a designed spacing of 1.50 m × 4.00 m and 2.00 m × 3.75 m, the optimum coordinate of the center of circle is (0, 0) m. 4) for the spacing of 2.00 m × 3.00 m, the optimum coordinate of the center of circle is (1.5, 0) m. 5) for the planting spacing of 1.20 m × 5.00 m, the optimum coordinate of the center of circle is (0, 1.0) m. 6) for the planting spacing of 2.00 m × 4.00 m, the optimum center of circle is located in the middle of two neighboring rows with a coordinate of (0, 2.0) m. [Ch, 3 tab. 11 ref.]

**Key words:** forest magement; plantation; density; sample circle; coordinate of the center of circle; error

密度控制是短轮伐期速生丰产林建设中一个重要的技术问题, 不仅关系到营林成本(造林、抚育、肥料和管理等成本), 更重要的是关系到最终单位面积的木材收获量。因此, 造林密度受到了经营单位的高度重视。许多经营单位都把造林密度作为丰产林造林质量检查验收的关键指标来抓, 并将该指标与造林承包商的工程款结算挂钩。圆形样地也称样圆, 是根据样地中心(圆心)和半径  $r$  确定面

收稿日期: 2007-03-07; 修回日期: 2007-09-12

基金项目: 北京市科学技术委员会资助项目(D0706001000091)

作者简介: 李金良, 博士, 从事森林可持续经营和森林认证等研究。E-mail: LJL8133@bjfu.edu.cn

积的一种样地类型。在山地,由8个方向实测坡度,改算半径设置样圆。圆形样地与带形、方形和矩形样地相比,具有没有面积闭合差;样地边界最短,边界木少,取舍误差小;样地测设不要复杂的仪器设备,方便快捷,成本低等优点。因此,在世界许多国家的森林资源调查中,样圆得到广泛采用<sup>[1-3]</sup>。由于样圆调查的诸多优点,目前我国南方桉树 *Eucalyptus* spp. 人工丰产林造林检查验收、伐区调查以及蓄积量监测中,常采用样圆调查法,而常采用的样圆设置方法是“以某一株林木作为圆心点,以8个方向设置半径为11.28 m的水平面积为400 m<sup>2</sup>的样圆”。而对于不同株行距或造林密度,用这种方法测定的株数密度能否准确反映出实际造林密度,是需要从理论上解决的一个问题。然而这个问题往往被忽视。文献检索表明,关于人工林样圆圆心点位置研究很少<sup>[2-11]</sup>,所得研究结果尚不能解决生产中遇到的这个实际问题。在人工林造林密度调查的实践中发现,株行距相同的条件下,圆心点位不同,同一面积的样圆内所测出的株数密度存在变异,有时变动很大。笔者试图从理论上探讨不同圆心点位对桉树人工林株数密度测定误差的影响,并提出常用造林密度条件的最佳圆心点位设置方法,为当前我国人工林调查提供依据。

## 1 研究方法

### 1.1 施工设计株行距及种植点配置假定

根据我国南方近年来桉树人工丰产林常用造林模型,选定下列5种设计株行距或密度作假定。A类:初植密度1 665株·hm<sup>-2</sup>,株行距2.00 m×3.00 m。B类:初植密度1 665株·hm<sup>-2</sup>,株行距1.50 m×4.00 m。C类:初植密度1 665株·hm<sup>-2</sup>,株行距1.20 m×5.00 m。D类:初植密度1 335株·hm<sup>-2</sup>,株行距2.00 m×3.75 m。E类:初植密度1 245株·hm<sup>2</sup>,株行距2.00 m×4.00 m。

5种类型均假定为理想平面,无坡度等其他条件制约。种植点配置采用目前生产中大量应用的行状长方形配置方式。

### 1.2 样圆面积及圆心点位假定

样圆采用目前南方桉树速生丰产林造林验收调查、伐区调查常用的面积为400 m<sup>2</sup>的样圆,样圆半径的水平距离为11.28 m,即 $r=11.28$  m。

造林地的株间方向为横坐标 $x$ ,行间方向为纵坐标 $y$ ,以任意一株林木(种植点)为坐标原点(0,0),建成直角坐标系。在坐标系的第I象限,每隔0.50 m×0.50 m建立坐标网格,交点为样圆圆心随机起点。

### 1.3 统计分析方法

采用计算机模拟的方法,统计各圆心点位对应的样圆内林木株数,从理论上研究不同圆心点设置对人工林株数密度测定结果的影响,并通过比较提出测定误差最小、最便于样圆设置的最佳圆心点位置指标。

## 2 结果与分析

不同坐标为圆心点时400 m<sup>2</sup>样圆内株数按各株行距统计结果见表1。由表1可见,相同株行距不同坐标为圆心点的样圆内株数并不完全相同,存在明显的变动,在有些点位测定误差很大。相同造林密度,株行距不同时,同一圆心点位或同一坐标对应的样圆内的株数也不完全相同,存在变动。

根据表1数据整理得到表2。由表2可见,以株行距1.20 m×5.00 m为例,400 m<sup>2</sup>样圆理论株数为66.7株,而测定结果显示,最大为71株·样圆<sup>-1</sup>,最小为64株·样圆<sup>-1</sup>,误差分别为6.4%和-4.0%。在株行距为2.00 m×4.00 m时,400 m<sup>2</sup>样圆理论株数为50株,而测定结果显示,最大为56株·样圆<sup>-1</sup>,最小为47株·样圆<sup>-1</sup>,测定误差分别达到了12.0%和-6.0%。研究结果表明,样圆圆心点位设置不同,相同株行距(造林密度)的株数密度调查结果却不同,调查结果不能准确反映实际造林密度情况。因此,样圆圆心点选择对人工林造林密度调查是很重要的,在设置样地数量比较少的环境下更是如此。

表1 不同坐标为圆心点时400 m<sup>2</sup>样圆株数按各株行距统计Table 1 Plot stem-number and the circle center position of 400 m<sup>2</sup> circular plot

株行距 2.00 m×3.00 m			株行距 1.50 m×4.00 m			株行距 1.20 m×5.00 m			株行距 2.00 m×4.00 m			株行距 2.00 m×3.75 m		
编号	圆心点(x, y)	株数	编号	圆心点(x, y)	株数	编号	圆心点(x, y)	株数	编号	圆心点(x, y)	株数	编号	圆心点(x, y)	株数
1	(0, 0)	65	1	(0, 0)*	67	1	(0, 0)	71	1	(0, 0)	47	1	(0, 0)*	53
2	(0, 0.5)	65	2	(0, 0.5)	63	2	(0, 0.5)	71	2	(0, 0.5)	49	2	(0, 0.5)	52
3	(0, 1.0)	68	3	(0, 1.0)	66	3	(0, 1.0)*	67	3	(0, 1.0)	52	3	(0, 1.0)	54
4	(0, 1.5)	72	4	(0, 1.5)	70	4	(0, 1.5)	64	4	(0, 1.5)	52	4	(0, 1.5)	52
5	(0, 2.0)	68	5	(0, 2.0)	70	5	(0, 2.0)	66	5	(0, 2.0)*	50	5	(0, 2.0)	54
6	(0, 2.5)	65	6	(0, 2.5)	70	6	(0, 2.5)	68	6	(0, 2.5)	52	6	(0, 2.5)	54
7	(0.5, 0)*	67	7	(0, 3.0)	66	7	(0, 3.0)	66	7	(0, 3.0)	52	7	(0, 3.0)	54
8	(0.5, 0.5)	65	8	(0, 3.5)	63	8	(0, 3.5)	64	8	(0, 3.5)	49	8	(0, 3.5)	54
9	(0.5, 1.0)*	67	9	(0.5, 0)	63	9	(0, 4.0)*	67	9	(0.5, 0)	49	9	(0.5, 0)	51
10	(0.5, 1.5)	66	10	(0.5, 0.5)	64	10	(0, 4.5)	71	10	(0.5, 0.5)	47	10	(0.5, 0.5)	52
11	(0.5, 2.0)*	67	11	(0.5, 1.0)*	67	11	(0.5, 0)	68	11	(0.5, 1.0)	51	11	(0.5, 1.0)*	53
12	(0.5, 2.5)	65	12	(0.5, 1.5)	68	12	(0.5, 0.5)	69	12	(0.5, 1.5)	51	12	(0.5, 1.5)	55
13	(1.0, 0)	64	13	(0.5, 2.0)	70	13	(0.5, 1.0)	68	13	(0.5, 2.0)	52	13	(0.5, 2.0)	54
14	(1.0, 0.5)	66	14	(0.5, 2.5)	68	14	(0.5, 1.5)	64	14	(0.5, 2.5)	51	14	(0.5, 2.5)*	53
15	(1.0, 1.0)	68	15	(0.5, 3.0)*	67	15	(0.5, 2.0)	64	15	(0.5, 3.0)	51	15	(0.5, 3.0)*	53
16	(1.0, 1.5)	68	16	(0.5, 3.5)	64	16	(0.5, 2.5)	64	16	(0.5, 3.5)	47	16	(0.5, 3.5)	52
17	(1.0, 2.0)	68	17	(1.0, 0)	63	17	(0.5, 3.0)	64	17	(1.0, 0)	48	17	(1.0, 0)	48
18	(1.0, 2.5)	66	18	(1.0, 0.5)	64	18	(0.5, 3.5)	64	18	(1.0, 0.5)	48	18	(1.0, 0.5)	52
19	(1.5, 0)*	67	19	(1.0, 1.0)*	67	19	(0.5, 4.0)	68	19	(1.0, 1.0)	50	19	(1.0, 1.0)	54
20	(1.5, 0.5)	65	20	(1.0, 1.5)	68	20	(0.5, 4.5)	69	20	(1.0, 1.5)	52	20	(1.0, 1.5)	56
21	(1.5, 1.0)*	67	21	(1.0, 2.0)	70	21	(1.0, 0)	71	21	(1.0, 2.0)	56	21	(1.0, 2.0)	56
22	(1.5, 1.5)	66	22	(1.0, 2.5)	68	22	(1.0, 0.5)	70	22	(1.0, 2.5)	52	22	(1.0, 2.5)	56
23	(1.5, 2.0)*	67	23	(1.0, 3.0)*	67	23	(1.0, 1.0)*	67	23	(1.0, 3.0)	50	23	(1.0, 3.0)	54
24	(1.5, 2.5)	65	24	(1.0, 3.5)	64	24	(1.0, 1.5)	65	24	(1.0, 3.5)	48	24	(1.0, 3.5)	50
						25	(1.0, 2.0)	65	25	(1.5, 0)	49	25	(1.5, 0)	51
						26	(1.0, 2.5)	64	26	(1.5, 0.5)	47	26	(1.5, 0.5)	52
						27	(1.0, 3.0)	65	27	(1.5, 1.0)	51	27	(1.5, 1.0)*	53
						28	(1.0, 3.5)	65	28	(1.5, 1.5)	51	28	(1.5, 1.5)	55
						29	(1.0, 4.0)*	67	29	(1.5, 2.0)	52	29	(1.5, 2.0)	54
						30	(1.0, 4.5)	70	30	(1.5, 2.5)	51	30	(1.5, 2.5)*	53
									31	(1.5, 3.0)	51	31	(1.5, 3.0)*	53
									32	(1.5, 3.5)	47	32	(1.5, 3.5)	52

说明：带\*号的圆心点位为样圆株数密度测定误差最小的点位。

表2 不同株行距400 m<sup>2</sup>样圆株数测定结果分析表

Table 2 Analysis of circular plot stem-number at different spacing and intra-spacing

株行距/ (m×m)	理论株数/ (株·样圆 <sup>-1</sup> )	平均测定株数/ (株·样圆 <sup>-1</sup> )	标准差/ (株·样圆 <sup>-1</sup> )	平均测定株数 的误差/%	测定最大正 误差/%	测定最大负 误差/%
2.00×3.00	66.7	66.5	1.7	-0.3	7.9	-4.0
1.50×4.00	66.7	66.5	2.6	-0.3	7.9	-5.5
1.20×5.00	66.7	66.9	2.5	0.3	6.4	-4.0
2.00×4.00	50.0	50.2	2.1	0.4	12.0	-6.0
2.00×3.75	53.3	53.1	1.7	0.4	5.0	-9.9

由表2可见, 实测样圆的平均株数与理论株数很接近, 数据几乎相同, 测定误差在0.4%以内, 即具有很好的统计规律性。这说明, 在同一株行距的总体中, 采用24个以上随机起点为圆心点的样圆进行人工林株数密度调查, 结果是准确可信的。但是, 如果样圆数量很少, 且圆心点位又是固定的, 调查结果就很难反映实际情况, 这样的数据对生产缺乏指导价值。

在目前生产中, 常采用400 m<sup>2</sup>样圆, 并以一株树为圆心点调查的造林密度, 即圆心点坐标为(0, 0), 此时各株行距的样圆内株数测定结果如表3所示。

表3 以某一株树(0, 0)为圆心点400 m<sup>2</sup>样圆测定株数统计

Table 3 The stem-number of the circular plot centered at a designated tree

编号	造林株行距/ (m × m)	理论株数/ (株·hm <sup>-2</sup> )	样圆理论株数/ (株·样圆 <sup>-1</sup> )	测定株数/ (株·样圆 <sup>-1</sup> )	误差/ %
A	2.00 × 3.00	1 665	66.7	65	-2.5
B	1.50 × 4.00	1 665	66.7	67	0.5
C	1.20 × 5.00	1 665	66.7	71	6.4
D	2.00 × 3.75	1 335	53.3	53	-0.6
E	2.00 × 4.00	1 245	50.0	47	-6.0

由表3和表1可见, 采用400 m<sup>2</sup>样圆, 以某一株树为圆心点[坐标(0, 0)]测定的造林密度与理论密度存在差异。株行距1.50 m × 4.00 m和2.00 m × 3.75 m时, 测定的结果误差很小, 分别为0.5%和-0.6%, 考虑到实际调查操作的方便性, 在生产中是可以应用的。

当株行距为2.00 m × 3.00 m时, 测定的株数误差(-2.5%)也比较小, 因此, 在精度要求不十分高时, 也可以采用。如果精度要求很高时, 可以从表1中查出测定株数最接近理论株数的圆心点位或误差最小的圆心点位, 以此为圆心设置样圆进行调查, 就能得到很准确的调查结果。如以圆心点位(1.5, 0) m, 即相邻2株树(种植点)的中间点为圆心点, 设置样圆调查结果很准确, 测定误差只有0.4%。

而在株行距为1.20 m × 5.00 m和2.00 m × 4.00 m的条件下, 测定的结果和实际差异比较大, 误差达到了6.0%~6.4%, 即存在比较大的系统偏差, 调查结果没有反映实际情况(表3), 不能为营林生产提供可信的数据。因此, 有必要寻找到密度误差最小的圆心点位。

笔者根据模拟测算数据(表1)并综合考虑样圆设置和调查的方便性, 对造林株行距1.20 m × 5.00 m和2.00 m × 4.00 m等2种情况, 提出对生产实际具有指导价值的圆心点设置指标。在造林株行距为1.20 m × 5.00 m时, 圆心点最佳点位为相邻2行间距距离行1.0 m处, 坐标为(0, 1.0) m, 此时, 株数密度测定误差最小, 仅为0.4%。当然, 误差最小的圆心点位还有点(0, 4.0) m, 点(1.0, 1.0) m, 点(1.0, 4.0) m, 株数密度测定误差也很小, 为0.4%。

在造林株行距为2.00 m × 4.00 m时, 圆心点最佳点位为相邻2行中间, 坐标为(0, 2.0) m。此时, 没有株数密度测定误差, 测定结果和理论密度完全相同。当然, 误差最小的圆心点位还有点(1.0, 1.0) m, 点(1.0, 3.0) m, 也是没有株数测定误差。

### 3 结论

相同株行距不同坐标为圆心点的样圆内株数并不完全相同, 存在明显的变动。相同造林密度, 株行距不同时, 同一圆心点位对应的样圆内的株数也不完全相同。

在同一株行距的总体中, 采用24个随机起点为圆心点的样圆进行人工林株数密度调查的平均值, 能代表实际情况, 结果是准确可信的。

对于设计株行距为1.50 m × 4.00 m, 2.00 m × 3.75 m样圆的最优圆心点位为某一株树(种植点), 坐标是(0, 0) m。

株行距为2.00 m × 3.00 m时, 样圆的最优圆心点位为(1.5, 0) m, 即相邻2株树(种植点)的中

间点为圆心点。

在造林株行距为  $1.20\text{ m} \times 5.00\text{ m}$  时，样圆的最优圆心点位为相邻 2 行间，距行  $1.0\text{ m}$ ，坐标为  $(0, 1.0)\text{ m}$ 。

在造林株行距为  $2.00\text{ m} \times 4.00\text{ m}$  时，圆心点最佳点位为相邻两行中间，坐标为  $(0, 2.0)\text{ m}$ 。

本研究仅探讨了目前南方桉树人工丰产林常用的株行距、 $400\text{ m}^2$  样圆调查的情况，对其他株行距以及样圆半径，读者可以参考本研究的思路研究解决。

### 参考文献：

- [1] 宋新民, 李金良. 抽样调查技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 2007.
- [2] 郑小贤. 德国、奥地利和法国的多目的森林资源监测述评[J]. 北京林业大学学报, 1997, **19** (3): 79-84.
- [3] 黎明. 样圆圆心点不同对造林密度误差率的影响[J]. 林业建设, 2000 (2): 36-40.
- [4] 郑建官. 小样圆半径、圆心位置与计数方法对调查精度影响之探讨[J]. 华东森林经理, 1999, **13** (3): 43-46.
- [5] 曾国容, 黄文震, 林灵活, 等. 抚育间伐林分样圆群调查法的探讨[J]. 福建林业科技, 2001, **28** (增刊): 36-38.
- [6] 张学明. 林业调查标准地和样圆大小的确定[J]. 新疆林业, 1996 (5): 26.
- [7] 甄学宁, 陈世清, 张惠. 用多套小样圆测定小班蓄积量的研究[J]. 广东林业科技, 1998, **14** (1): 31-34.
- [8] 孙洪运. 落叶松、油松人工林蓄积的样圆估测[J]. 辽宁林业科技, 1998 (1): 27-31.
- [9] 刘建生, 冯俐丽, 穆丹. 人工林样地设置研究[J]. 中南林业调查规划, 1997 (3): 23-26.
- [10] 王世浩. 固定样地设置的常见错误和改进方法[J]. 华东森林经理, 1997, **11** (3): 4-6.
- [11] 肖明耀. 误差理论常见问题与解答[M]. 北京: 中国计量出版社, 1980.

---

## 第3届中国竹业学术大会及2007国际竹子研讨会

2007年11月15日, 中国林学会竹子分会第4次会员代表大会、第3届中国竹业学术大会暨2007国际竹子研讨会在浙江林学院圆满落幕。

参加此次大会的有来自国家林业局、国际竹藤组织、有关大专院校及科研机构、全国13个省(市)的170余名代表, 以及日本、越南等9个国家的研究人员。浙江林学院副校长方伟教授作了“建设竹产业平台, 服务竹产业”的专题报告。

与会人员围绕中国竹业经济地位、世界竹业面临的形势、浙江竹产业现状和可持续性发展、竹林资源培育、竹制品加工利用、竹业经营管理和政策措施等进行了深入探讨和广泛交流。

大会通过民主选举产生了第4届委员会。

(杜春华)