

文章编号: 1001-1498(2010)01-0083-06

兴安落叶松天然林不同林分结构 林木水平分布格局特征研究

玉 宝^{1,2}, 乌吉斯古楞³, 王百田¹, 王立明⁴, 达布希拉图⁵

(1. 北京林业大学水土保持学院, 北京 100083; 2. 国家林业局管理干部学院, 北京 102600;
3. 北京林业大学林学院, 北京 100083; 4. 武警警种指挥学院, 北京 102202;
5. 内蒙古阿鲁科尔沁旗林业局, 内蒙古 赤峰 025550)

摘要: 通过样地调查, 分析了不同结构草类-落叶松林和杜香-落叶松林林木分布格局特征。研究表明: (1) 年龄 36 ~ 65 年草类-落叶松林和年龄 54 ~ 63 年杜香-落叶松林分布格局中, 均匀分布、随机分布和聚集分布所占比例分别为 6.2%、50%、43.8%; (2) 按林型分, 草类-落叶松林分布格局中, 均匀分布和随机分布所占比例均 11.1%, 聚集分布占 77.8%。杜香-落叶松林分布格局均为随机分布; (3) 树种组成在 6 落 4 阔 ~ 10 落范围内, 草类-落叶松林和杜香-落叶松林分布格局主要为聚集分布和随机分布两种类型。聚集分布主要集中在树种组成 7 落 3 阔 ~ 9 落 1 阔范围内。

关键词: 兴安落叶松; 天然林; 林分结构; 分布格局

中图分类号: S791.222

文献标识码: A

Study on the Distribution Pattern Characteristics of Different Stand Structures in *Larix gmelinii* Natural Forest

YU Bao^{1,2}, WU Ji-si-gu-leng³, WANG Bai-tian¹, WANG Li-ming⁴, DA Bu-xi-la-tu⁵

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. State Academy of Forestry Administration, Beijing 102600, China; 3. College of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 4. Command College of Armed Police Forces Kinds of China, Beijing 102202, China; 5. Inner Mongolia Alukeerqin Banner Forestry Bureau, Chifeng 025550, Inner Mongolia, China)

Abstract: The distribution pattern characteristics of different stand structures in herbage-*Larix* forest and *Ledum-Larix* forest were analyzed by sample plots surveying. The study indicated: (1) In the 36 ~ 65 years old herbage-*Larix* forest and 54 ~ 63 years old *Ledum-Larix* forest distribution pattern, the proportions of even distribution, random distribution and clustered distribution were 6.3%, 50% and 43.8%. (2) From a view of forest types, in herbage-*Larix* forest distribution pattern, both the clustered distribution and regular distribution were 11.1%, the random distribution was 77.8%, while *Ledum-Larix* forest distribution pattern was all followed regular distribution. (3) In herbage-*Larix* forest and *Ledum-Larix* forest with composition of 6 *Larix* and 4 broadleaf species to 10 *Larix* and no broadleaf species, the distribution pattern was mostly clustered distribution and random distribution. Cluster distribution was mainly concentrated in the composition of *Larix*(70%) and broadleaf species(30%) to *Larix*(90%) and broadleaf species(10%).

Key words: *Larix gmelinii*; natural forest; stand structure; distribution pattern

收稿日期: 2008-11-25

基金项目: 林业公益性行业科研专项(200704031); 国家林业局森林生态系统定位研究资助项目(2001-01)

作者简介: 玉宝(1976—), 男, 蒙古族, 内蒙古通辽人, 博士生, 从事生态学理论与生态控制技术研究. E-mail: nmlyb8@sina.com

种群的空间格局是植物种群结构的基本特征之一^[1-6]。空间分布格局是研究种群空间行为的基础,是种群生物学特征,种内与种间关系以及环境条件综合作用的结果,也是种群空间属性的重要方面。任何种群都是在空间不同位置分布的,但由于种群内个体间的相互作用及种群对环境的适应,使得同一种群在不同环境条件下呈现出不同的空间分布格局。

林分空间结构可从混交度、大小分化度和林木分布格局等三个方面^[5,7-8]加以描述。对于种间混交度和林木大小分化度目前已有可使用的参数,但对于个体分布格局研究目前未形成系统,其研究方法国内主要有样方法、距离法和角尺度法^[4,9-11]等。在国外,主要采用距离法中的双相关函数和基于 Ripley K-函数的 L-函数。描述林木空间分布的方法是评价和分析近自然森林经营的基础^[12-13]。目前,国内外研究主要集中在分布格局分类方法和评价^[14-18],而对影响分布格局因子的研究较少^[19],尤其对兴安落叶松 (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) 天然林分布格局研究甚少^[20]。本文选择大兴安岭林区常见的草类-落叶松林和杜香-落叶松林两种林型,分析不同结构兴安落叶松天然林水平分布格局特征,提出其影响因子,为天然林保护经营和抚育间伐提供理论依据。

1 研究区概况

研究地点选择在内蒙古大兴安岭落叶松林生态系统定位研究站,地处大兴安岭西北坡,地理坐标为 50°49' ~ 50°51' N, 121°30' ~ 121°31' E。生态站试验用地面积 11 000 hm²,其中原始林面积 3 200 hm²。海

拔 800 ~ 1 100 m,为中山山地,属寒温带湿润气候区,年平均气温 - 5.4℃,最低气温 - 50℃, >10℃ 积温 1 403℃,年降水量 450 ~ 550 mm,60%集中在 7、8 月份,降雪厚度 20 ~ 40 cm,无霜期 80 天。境内连续多年冻土和岛状多年冻土交错分布。林下土壤为棕色针叶林土,土层厚度 20 ~ 40 cm,基岩以花岗岩与玄武岩为主。森林以兴安落叶松为建群种的寒温带针叶林,平均高 25 ~ 30 m,平均胸径 26 ~ 30 cm,平均蓄积量 150 ~ 200 m³ · hm⁻²。主要林型有:杜香-落叶松林 (*Ledum palustre* L. -*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr. forest)、杜鹃-落叶松林 (*Rhododendron dahuricum* DC. -*L. gmelinii* (Rupr.) Rupr. forest)、草类-落叶松林 (*Grass-L. gmelinii* (Rupr.) Rupr. forest)。伴生树种有:白桦 (*Betula platyphylla* Suk.) 和山杨 (*Populus davidiana* Dode.)。常见林下植物有:杜香 (*Ledum palustre* L.)、杜鹃 (*Rhododendron dahuricum* DC.)、笃斯越橘 (*Vaccinium uliginosum* Linn.)、红花鹿蹄草 (*Pyrola incarnate* Fisch.)、舞鹤草 (*Maianthemumbifolium* (Linn.) F. W. Schmidt)、山黧豆 (*Lathyrus quinquerivius* (Miq.) Litv.) 等。

2 研究方法

选择具有代表性的草类-落叶松林和杜香-落叶松林,按不同的林分因子和立地因子,设直径 40 m 的圆形样地(图 1),在其内设 9 个直径为 6 m 的样圆,相邻样圆之间距离为 4 m,从中央向四个方向排列。共设置 16 块样地(表 1)。

表 1 16 块样地概况

| 样地号 | 林分年龄/a | 平均胸径/cm | 平均高/m | 林分密度/(株·hm ⁻²) | 树种组成 | 林型 | 海拔/m | 坡度/(°) | 坡向 | 坡位 | 土壤/cm | 水平格局 |
|-----|--------|---------|-------|----------------------------|-------------|--------|-------|--------|----|----|-------|------|
| 1 | 65 | 7.8 | 8.2 | 2 792 | 8 落 1 桦 1 杨 | 草类-落叶松 | 900 | 10 | S | 下 | 21.0 | 聚集分布 |
| 2 | 61 | 9.6 | 14.4 | 315 | 7 落 3 杨 | 草类-落叶松 | 920 | 22 | S | 中 | 17.0 | 聚集分布 |
| 3 | 56 | 9.4 | 12.5 | 1 533 | 9 落 1 桦 | 草类-落叶松 | 980 | 20 | S | 中 | 18.0 | 聚集分布 |
| 4 | 58 | 9.2 | 9.3 | 1 062 | 8 落 2 桦 | 草类-落叶松 | 1 005 | 25 | S | 中 | 17.0 | 聚集分布 |
| 5 | 58 | 8.9 | 15.9 | 865 | 10 落 | 杜香-落叶松 | 990 | 25 | N | 中 | 19.0 | 随机分布 |
| 6 | 63 | 8.1 | 8.7 | 1 494 | 8 落 2 桦 | 杜香-落叶松 | 1 050 | 30 | N | 上 | 13.5 | 随机分布 |
| 7 | 56 | 9.0 | 10.8 | 1 533 | 6 落 4 桦 | 杜香-落叶松 | 1 060 | 30 | N | 中 | 16.0 | 随机分布 |
| 8 | 62 | 9.8 | 12.9 | 1 691 | 9 落 1 桦 | 杜香-落叶松 | 1 030 | 30 | N | 中 | 15.0 | 随机分布 |
| 9 | 58 | 10.4 | 10.0 | 1 101 | 7 落 3 桦 | 杜香-落叶松 | 910 | 25 | NW | 下 | 20.0 | 随机分布 |
| 10 | 36 | 6.8 | 6.1 | 3 263 | 7 落 3 桦 + 杨 | 草类-落叶松 | 960 | 30 | NW | 中 | 17.0 | 聚集分布 |
| 11 | 60 | 11.8 | 9.2 | 2 241 | 10 落 | 杜香-落叶松 | 900 | 15 | NW | 下 | 19.0 | 随机分布 |
| 12 | 61 | 9.7 | 12.8 | 2 045 | 9 落 1 桦 - 杨 | 草类-落叶松 | 1 050 | 45 | S | 上 | 17.0 | 聚集分布 |
| 13 | 39 | 12.4 | 13.6 | 983 | 9 落 1 桦 | 草类-落叶松 | 880 | 5 | SW | 下 | 16.0 | 均匀分布 |
| 14 | 54 | 9.3 | 7.4 | 1 966 | 6 落 4 桦 | 杜香-落叶松 | 930 | 15 | SW | 下 | 7.0 | 随机分布 |
| 15 | 48 | 8.7 | 10.1 | 2 359 | 8 落 2 桦 | 草类-落叶松 | 950 | 60 | E | 下 | 18.0 | 聚集分布 |
| 16 | 42 | 10.1 | 10.0 | 1 573 | 6 落 4 桦 | 草类-落叶松 | 850 | 5 | SW | 下 | 17.0 | 随机分布 |

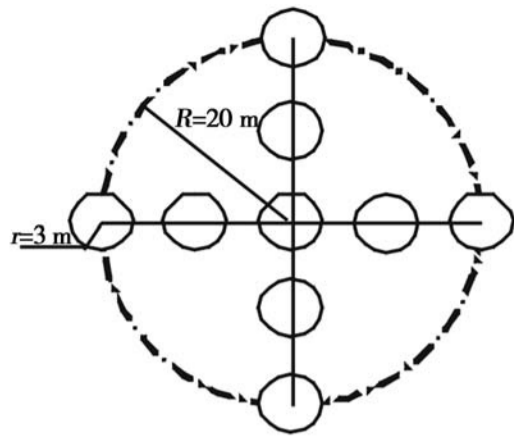


图 1 样地样圆布置图

在样地内每木调查, 量测树高、胸径、冠幅、枝下高, 调查记载标准地立地因子, 林下植被、土壤等。采用样方方法, 分析兴安落叶松林木分布格局, 根据

其聚集系数^[2,10]大小分为均匀分布($0 < 0.5$)、随机分布($0.5 < 1.5$)和聚集分布(> 1.5)三种类型。数据的相关分析采用 SPSS 14.0 软件。

3 结果与分析

为分析林分、立地因子对林木水平格局影响, 将定性因子量化(表 2)后与聚集系数进行了相关分析(表 3)。林分平均胸径、林分密度和林型与聚集系数具显著相关。其中, 平均胸径在 0.01 水平上显著, 呈负相关; 林型在 0.05 水平上显著, 呈负相关; 林分密度在 0.05 水平上显著, 呈正相关。

表 2 各定性因子的量化

| 因子 | 林型 | | 坡向 | | | | 坡位 | | | |
|-----|--------|--------|----|----|---|----|----|---|---|---|
| | 草类-落叶松 | 杜香-落叶松 | S | SW | E | NW | N | 上 | 中 | 下 |
| 代表值 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 |

表 3 聚集系数与各因子相关性分析

| 项目 | 林分年龄 | 平均胸径 | 平均高 | 林分密度 | 树种组成 | 林型 | 海拔 | 坡度 | 坡向 | 坡位 | 土壤厚 |
|---------|---------|-------------|-----------|----------|---------|------------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|
| 皮尔逊相关系数 | 0.084 5 | - 0.625 7** | - 0.336 6 | 0.568 8* | 0.065 2 | - 0.560 7* | - 0.008 2 | 0.119 8 | - 0.431 0 | - 0.027 1 | 0.407 4 |
| 显著水平 | 0.755 7 | 0.009 5 | 0.202 4 | 0.021 5 | 0.810 6 | 0.023 9 | 0.975 9 | 0.658 6 | 0.095 5 | 0.920 7 | 0.117 3 |

注: ** 在 0.01 水平上显著; * 在 0.05 水平上显著; 自由度为 16。

3.1 林分年龄与水平分布格局

年龄 36 ~ 65 年草类-落叶松林, 均匀分布、随机分布和聚集分布均存在。年龄 54 ~ 63 年杜香-落叶松林均随机分布。按样地数统计, 在 16 块样地中分布格局为均匀分布样地 1 块(表 4), 占 6.2%; 同理, 随机分布和聚集分布所占比例分别为 50% 和 43.8%。

年龄 36 ~ 65 年草类-落叶松林随着林分年龄增长, 其聚集系数变化幅度大, 无显著规律性(图 2)。当林分年龄 36 ~ 42 年时, 均匀分布、随机分布和聚集分布均存在, 当林分年龄大于等于 48 年时, 水平格局均成为聚集分布(表 1)。年龄 54 ~ 63 年杜香-落叶松林随着林分年龄增加, 其聚集系数变化幅度小, 波动在 0.94 左右(图 3), 均为随机分布。林分年龄是林分结构重要特征之一, 而该两种林型兴安落叶松林水平分布格局表现出与林分年龄无直接关系。由于样地林分年龄跨度小, 未形成梯度, 缺少可比性, 需进一步探讨。

3.2 林分密度与水平分布格局

林分密度与聚集系数呈正相关关系(表 3)。但因林型的不同, 林分密度对林木分布格局的影响不同(图 4、图 5)。草类-落叶松林随着林分密度增加, 其聚集系数变幅较大(图 4)。密度 $983 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 1573

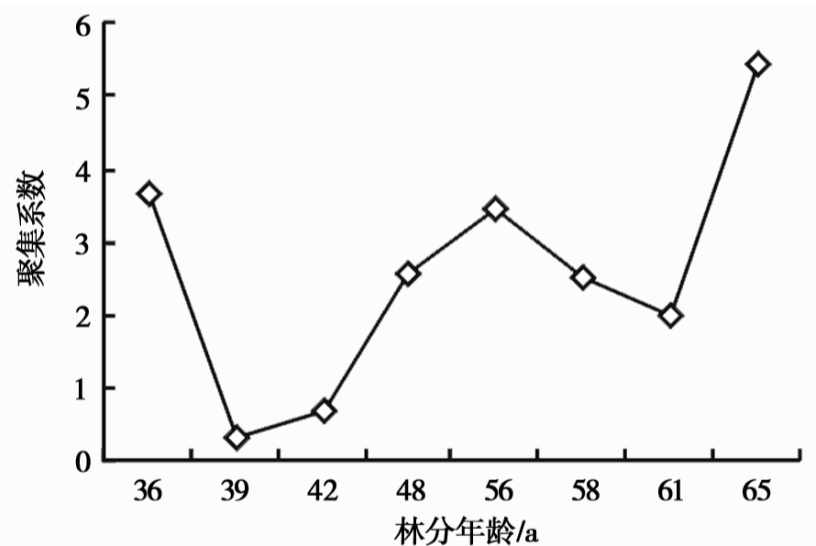


图 2 不同年龄草类-落叶松林聚集系数

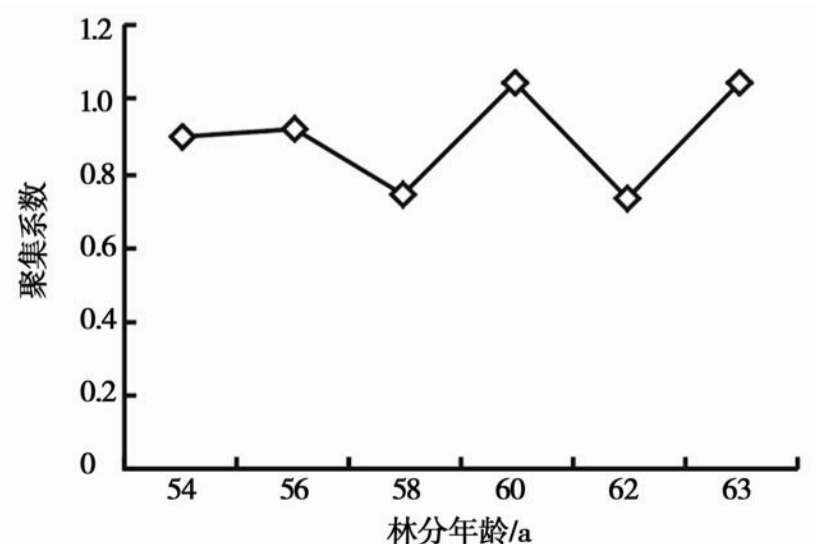


图 3 不同年龄杜香-落叶松林聚集系数

株·hm⁻²和3 263株·hm⁻²时,分别出现拐点是由林分年龄(其年龄分别为39、42、36)与其他密度的林分年龄有较大差距所致,但总体上呈增加趋势(图4、表1)。如林分年龄56~61年范围内,样地2、3、4、12坡向为南坡,坡位中上坡,立地条件大致相同,但密度从315株·hm⁻²增加到2 045株·hm⁻²时,聚集系数从1.61增加到2.04;如林分年龄39~48年范围内,样地13、15、16坡向为半阴半阳坡,坡位为下坡,立地条

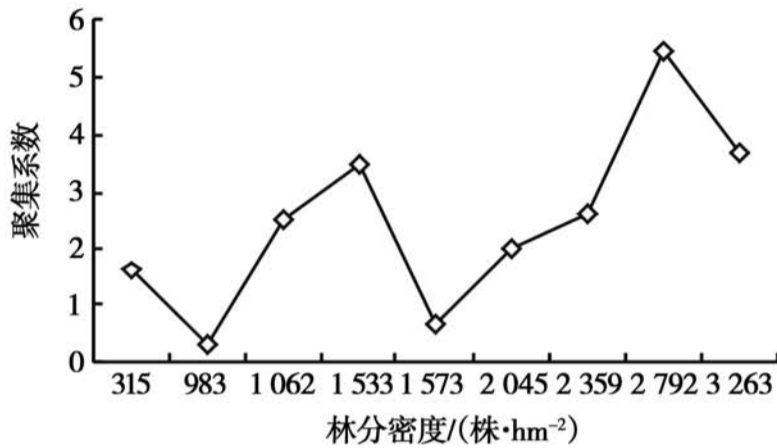


图4 不同密度草类-落叶松林聚集系数

3.3 林型与水平分布格局

按林型分,年龄36~65年的草类-落叶松林林木分布格局中,均匀分布样地数1块(表4),随机分布1块,聚集分布7块,所占比例分别为11.1%、11.1%和77.8%。

年龄54~63年杜香-落叶松林林木分布格局中,均匀分布和聚集分布样地数均为0,随机分布7块,所占比例分别为0、0和100%(表4)。

林型是大兴安岭林区森林群落重要特征之一。兴安落叶松林在不同林型间水平分布格局有所不同(表4)。草类-落叶松林型以聚集分布为主,杜香-落叶松林型以随机分布为主。如样地4和9林分年龄相同,密度相近,但分布格局表现为聚集分布和随机分布;再如样地3和7林分年龄和密度相同,但分布格局分别表现为聚集分布和随机分布。林型是影响分布格局因子之一,可能与两种林型地理分布有关。草类-落叶松林型主要分布在阳坡或半阳坡,而杜香-落叶松林型主要分布在阴坡或半阴坡(表1)。

表4 不同林型水平分布格局样地数统计

| 林型 | 不同分布格局样地数 | | | 合计 |
|--------|-----------|------|------|----|
| | 均匀分布 | 随机分布 | 聚集分布 | |
| 草类-落叶松 | 1 | 1 | 7 | 9 |
| 杜香-落叶松 | 0 | 7 | 0 | 7 |
| (合计) | 1 | 8 | 7 | 16 |

件相同,林分密度从983株·hm⁻²增加到2 359株·hm⁻²时,聚集系数相继从0.3增大到2.61。同理,样地1、2、12和样地1、13、16均有相似规律。当林分密度大于2 000株·hm⁻²时,分布格局均为聚集分布。

杜香-落叶松林随着林分密度增加,其聚集系数波动在0.94左右(图5)。如样地5、6、7、8、9、11、14,林分密度从865株·hm⁻²增大到2 241株·hm⁻²时,聚集系数由1.19变为1.05,仅相差0.14(表1、图5)。

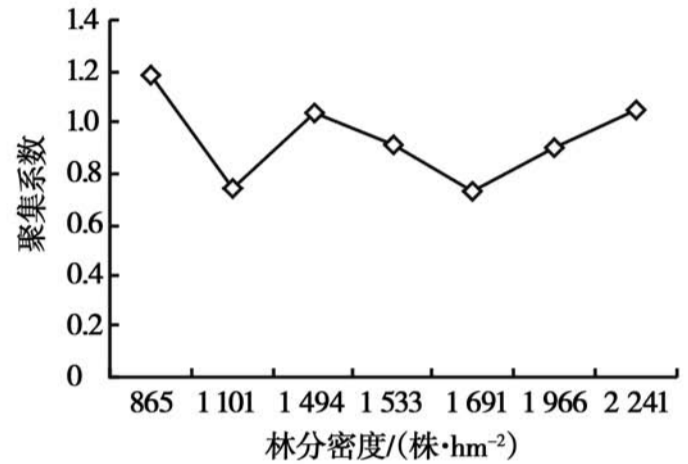


图5 不同密度杜香-落叶松林聚集系数

3.4 树种组成与水平分布格局

表5显示,树种组成为6落4阔~10落的草类-落叶松林和杜香-落叶松林分布格局主要为聚集分布和随机分布两种类型。当树种组成9落1阔时,4块样地中,均匀分布样地1块占25%。当其他树种组成时,均匀分布样地数为0。同理,在不同树种组成的林分分布格局中,随机分布样地数所占比例均大于等于25%。聚集分布主要集中在树种组成7落3阔~9落1阔范围内,所占比例均大于等于50%。

表5 不同树种组成的林分水平分布格局样地数统计

| 分布格局 | 不同树种组成样地数 | | | | | 合计 |
|------|-----------|------|------|------|-----|----|
| | 6落4阔 | 7落3阔 | 8落2阔 | 9落1阔 | 10落 | |
| 均匀分布 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 随机分布 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 8 |
| 聚集分布 | 0 | 2 | 3 | 2 | 0 | 7 |
| (合计) | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 16 |

不同树种组成草类-落叶松林和杜香-落叶松林,其分布格局不同(表6、表7)。树种组成在6落4阔~9落1阔范围内的草类-落叶松林三种分布格局均存在。在不同树种组成中,聚集分布普遍存在(表6)。

树种组成在6落4阔~10落范围内的杜香-落叶松林分布格局全为随机分布(表7)。兴安落叶松林相同树种组成的林分分布格局特征主要受密度和林型影响。如样地3和8、样地4和6树种组成相同,由

表 6 不同树种组成草类-落叶松林水平分布格局样地数统计

| 分布格局 | 不同树种组成样地数 | | | | | | 合计 | |
|------|-----------|-------------|---------|-------------|---------|---------|----|-----------|
| | 6 落 4 桦 | 7 落 3 桦 + 杨 | 7 落 3 杨 | 8 落 1 桦 1 杨 | 8 落 2 桦 | 9 落 1 桦 | | 9 落 1 桦-杨 |
| 均匀分布 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 随机分布 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 聚集分布 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 7 |
| (合计) | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 9 |

于林型不同, 导致分布格局不同; 再如样地 2 和 9 树种组成相同, 由于林分密度的不同分布格局也不同(表 1)。

表 7 不同树种组成杜香-落叶松林水平分布格局样地数统计

| 分布格局 | 不同树种组成样地数 | | | | | 合计 |
|------|-----------|---------|---------|---------|------|----|
| | 6 落 4 桦 | 7 落 3 桦 | 8 落 2 桦 | 9 落 1 桦 | 10 落 | |
| 均匀分布 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 随机分布 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 7 |
| 聚集分布 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (合计) | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 7 |

3.5 立地条件与水平分布格局

立地条件对林木分布格局有一定影响。如样地 3

和 7, 年龄和密度相同, 由于坡度、坡向、土壤厚度不同导致了分布格局的不同(表 1)。同理, 样地 4 和 9、样地 11 和 12(表 1)。

不同立地条件的兴安落叶松林分布格局受林型影响明显(图 6 ~ 9)。不同坡向的草类-落叶松林及杜香-落叶松林聚集系数的变化无明显规律(图 6、图 8)。随土壤厚度增加, 草类-落叶松林聚集系数呈增大趋势(图 7)。且聚集分布主要分布在土壤厚度大于等于 17 cm 的林分中(图 7)。不同土壤厚度的杜香-落叶松林聚集系数无明显规律, 波动在 0.94 左右(图 9)。

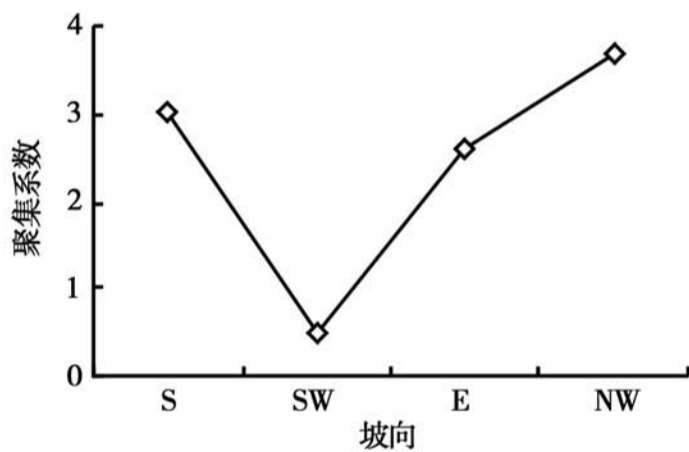


图 6 不同坡向草类-落叶松林聚集系数

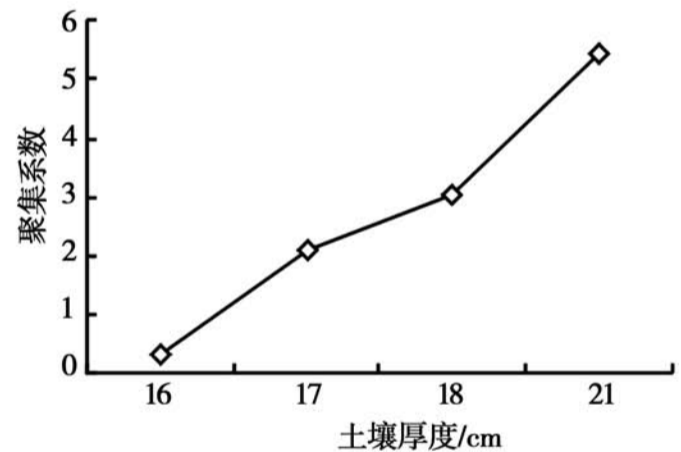


图 7 不同土壤厚度草类-落叶松林聚集系数

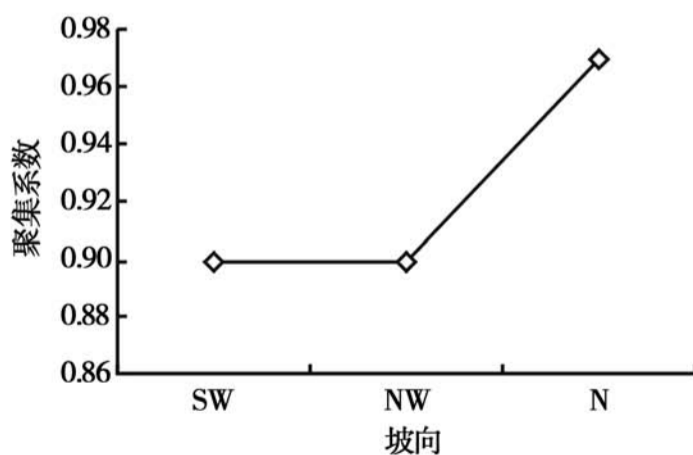


图 8 不同坡向杜香-落叶松林聚集系数

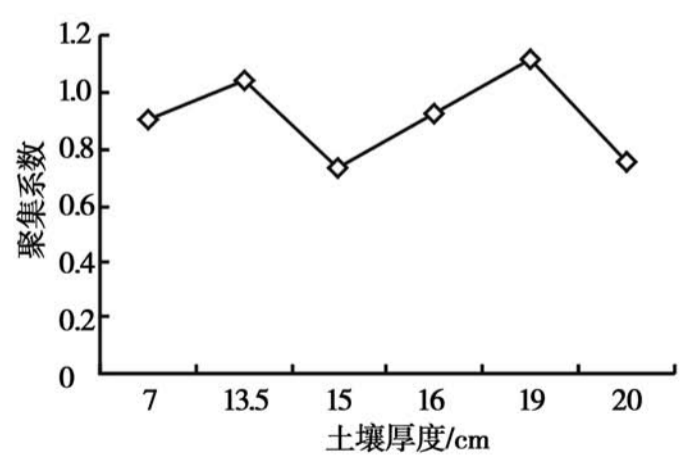


图 9 不同土壤厚度杜香-落叶松林聚集系数

4 结论与讨论

(1) 年龄 36 ~ 65 年草类-落叶松林和年龄 54 ~ 63 年杜香-落叶松林林木分布格局中, 均匀分布、随机分布和聚集分布所占比例分别为 6.2%、50%、

43.8%。

年龄 36 ~ 65 年草类-落叶松林随着林分年龄增长, 其聚集系数变化幅度大, 无显著规律性。当林分年龄 36 ~ 42 年时, 均匀分布、随机分布和聚集分布均存在, 当林分年龄大于等于 48 年时, 水平格局均成

为聚集分布。年龄 54 ~ 63 年杜香-落叶松林随着林分年龄增加,其聚集系数波动在 0.94 左右。林分年龄是林分结构重要特征之一,而该两种林型兴安落叶松林水平分布格局表现出与林分年龄无直接关系,与徐化成^[20]等人研究不同。由于样地林分年龄跨度小,未形成梯度,缺少可比性,需进一步探讨。

(2) 林分密度与聚集系数呈正相关关系。但因林型的不同,林分密度对林木分布格局的影响不同。密度在 315 ~ 3 263 株·hm⁻² 范围内的草类-落叶松林随着林分密度增加,其聚集系数总体上呈增加趋势。当林分密度大于 2 000 株·hm⁻² 时,分布格局均为聚集分布。密度在 865 ~ 2 241 株·hm⁻² 范围内的杜香-落叶松林随着林分密度增加,其聚集系数波动在 0.94 左右。

(3) 草类-落叶松林型分布格局以聚集分布为主,均匀分布和随机分布均占 11.1%,聚集分布占 77.8%。杜香-落叶松林型分布格局以随机分布为主,均匀分布和聚集分布均为 0,随机分布占 100%。

(4) 树种组成在 6 落 4 阔 ~ 10 落范围内,草类-落叶松林和杜香-落叶松林分布格局主要为聚集分布和随机分布两种类型。其中,随机分布所占比例均大于等于 25%;聚集分布主要集中在树种组成 7 落 3 阔 ~ 9 落 1 阔范围内,且所占比例均大于等于 50%。不同树种组成的草类-落叶松林和杜香-落叶松林其分布格局不同,草类-落叶松林三种分布格局均存在,但在不同树种组成中,聚集分布普遍存在。而杜香-落叶松林分布格局全部为随机分布。

(5) 随土壤厚度增加,草类-落叶松林聚集系数呈增大趋势。聚集分布主要分布在土壤厚度大于等于 17 cm 的林分中。不同土壤厚度的杜香-落叶松林聚集系数波动在 0.94 左右。

参考文献:

[1] 韩铭哲,徐 健. 杜鹃-兴安落叶松林群落结构与生物产量关系的探讨[J]. 内蒙古林学院学报, 1993, 15(1): 1 - 8

- [2] 徐化成. 中国大兴安岭森林[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 7 - 41
- [3] 张 群, 范少辉, 沈海龙, 等. 次生林林木空间结构等对红松幼树生长的影响[J]. 林业科学研究, 2004, 17(4): 405 - 412
- [4] 惠刚盈, Klaus von Gadow, Matthias Albert. 角尺度——一个描述林木个体分布格局的结构参数[J]. 林业科学, 1999, 35(1): 37 - 42
- [5] Fuedner K. Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz-Mischwäldern[M]. Goettingen: Cuvillier Verlag Goettingen, 1995
- [6] 惠刚盈, Klaus von Gadow, 胡艳波. 林分空间结构参数角尺度的标准角选择[J]. 林业科学研究, 2004, 17(6): 687 - 692
- [7] Gadow K V, Fuedner K. Zur Methodik der Bestandesbeschreibung [R]. Vortrag Anlaesslich der Jahrestagung der AGForsteinrichtung in Kliekenb. Dessau, 1992
- [8] Kotar M. Verteilungsmuster der Bäume in einer Optimalphase im Urwald[C] // Vortrag beim Symposium ueber die Urwälder in Zvolen, 1993
- [9] 关玉秀, 张守攻. 样方法及其在林分空间格局研究中的应用[J]. 北京林业大学学报, 1992, 14(2): 1 - 10
- [10] Clark P J U, Evans F C. Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations[J]. Ecology, 1954, 35: 445 - 453
- [11] Gleichmar W U, Gerold D. Indizes zur Charakterisierung der horizontalen Baumverteilung[J]. Forstw Cbl, 1998, 117: 69 - 80
- [12] Prtzh H. Modellierung des Waldwachstums[M]. Berlin: Parey Buchverlag Berlin, 2001
- [13] Aguirre O, Hui G Y, Klaus von Gadow. An analysis of spatial forest structure using neighborhood-based variables [J]. Forest Ecology and Management, 2003, 183: 137 - 145
- [14] 郑元润. 不同方法在沙地云杉种群分布格局分析中的适用性研究[J]. 植物生态学报, 1997, 21(5): 480 - 484
- [15] 惠刚盈, 冯佳多. 森林空间结构量化分析方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2003
- [16] 李明辉, 何风华, 刘 云, 等. 林分空间格局的研究方法[J]. 生态学报, 2003, 22(1): 77 - 81
- [17] 周 隽, 国庆喜. 林木竞争指数空间格局的地统计学分析[J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(9): 42 - 44
- [18] 惠刚盈, 李 丽, 赵中华, 等. 林木空间分布格局分析方法[J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4717 - 4728
- [19] 李 丽, 惠淑荣, 惠刚盈, 等. 不同起测径对判定林木空间分布格局影响的研究[J]. 林业科学研究, 2007, 20(3): 334 - 337
- [20] 徐化成, 范兆飞, 王 胜. 兴安落叶松原始林林木空间格局的研究[J]. 生态学报, 1994, 14(2): 155 - 160