

# 蓝靛果忍冬种群空间格局 随海拔梯度变化研究

轩志龙<sup>1</sup>, 王峰洁<sup>2</sup>, 张启昌<sup>1</sup>, 李金桂<sup>3</sup>, 李玉涛<sup>3</sup>, 刘 玥<sup>1</sup>

(1. 北京大学 林学院, 吉林 吉林 132013; 2. 吉林省蛟河林业实验区管理局, 吉林 蛟河 132500;

3. 吉林省白河林业局, 吉林 安图 133613)

**摘 要:**以长白山北坡野生蓝靛果忍冬群落调查数据为样本, 对不同海拔蓝靛果忍冬种群空间分布格局特征进行分析比较, 以揭示蓝靛果忍冬灌丛种群对环境的适应机理, 从而为合理地利用和保护这一经济植物提供科学依据。结果表明: 蓝靛果忍冬基株和克隆分株种群的分布类型为聚集分布, 分布格局拟合为负二项分布; 种群的聚集强度随海拔梯度变化呈双峰型曲线; 种群格局规模在海拔 1 200 m 和 1 800 m 处较大, 种群格局规模在海拔 1 600 m 处最小。

**关键词:**蓝靛果忍冬; 种群; 空间分布格局; 海拔梯度

**中图分类号:**S 663.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)22-0027-05

空间格局长期以来决定植物群落物种之间的关系<sup>[1-3]</sup>, 在生态学许多领域中也起到越来越重要的作用<sup>[4]</sup>。种群空间分布格局是组成种群的物种个体在其生活空间中的布局和影响。通过对某个种群的空间分布格局进行认真分析研究, 可以了解该种群的空间分布特点, 根据空间分布格局的特点与关联性, 可以进一步揭示种群的动态进程及潜在的维持机理, 进而推断出自然群落中不同物种共存的维持机制<sup>[5]</sup>。植物的空间分布格局是植物群落空间结构的基本构成要素之一, 对于正确的判定种群特征、种群相互关系以及种群与环境之间的关系<sup>[6]</sup>, 掌握其演变过程及预测其变化趋势有极其重要的意义<sup>[7]</sup>。

蓝靛果忍冬 (*Lonicera caerulea* Linn.) 属忍冬科忍冬属蓝靛果亚组的落叶灌木<sup>[8]</sup>, 分布广泛, 在吉林省长白山地区、黑龙江地区以及大兴安岭地区均有分布。果实富含多种营养元素, 包括糖类、矿物质等微量元素, 适用于饮料加工、酒品酿制, 是一种新兴的野生浆果。蓝靛果忍冬具有重要的药用价值, 不仅可以明目、抗疲劳、清热解毒, 而且具有抗肿瘤和改善肝功能的功效。

目前对蓝靛果忍冬的研究多在生物学和生理学、经济价值、驯化培育、药用价值等方面<sup>[9-13]</sup>; 但关于植物空间分布格局以及对生态因子的响应等方面的研究较少, 不同海拔生境种群间的比较分析研究更是少见。该试验通过对长白山不同海拔野生蓝靛果忍冬种群的分布格局进行分析研究, 探讨了蓝靛果忍冬种群的分布规律及对生态因子的响应, 为野生蓝靛果忍冬种群的合理保护、恢复及利用提供科学数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验样地设在长白山北坡, 长白山隶属于吉林省, 总面积 19.078 1 万  $\text{hm}^2$ , 是 20 世纪 60 年代由吉林省政府批准建立; 20 世纪 80 年代晋升为国家级保护区, 海拔最高为 2 770 m, 辖区内物种丰富, 野生资源种类繁多, 野生植物有 2 000 多种, 野生动物近 400 种<sup>[14]</sup>。是典型的温带大陆性气候, 年平均气温 3.3℃; 暗棕色森林土壤, 有丰富有机质和矿质元素, 具体见参考文献<sup>[15]</sup>。

### 1.2 试验方法

1.2.1 样地调查 标准地的设置采用梯度格局法, 蓝靛果忍冬首次出现在海拔 600 m, 所以自海拔 600 m 沿道设 1 条样线一直延伸到蓝靛果不出现为止 (海拔 800 m 处), 每 200 m 海拔高度设置 1 块样地。样地设置成为 128 个 2 m×2 m 的灌木样方, 调查每个样方的灌木, 记录灌木种类、盖度及蓝靛果忍冬的个体数 (蓝靛果的丛

**第一作者简介:**轩志龙(1985-), 男, 硕士研究生, 研究方向为森林培育。E-mail: 254032361@qq.com.

**责任作者:**张启昌(1964-), 男, 博士, 教授, 研究方向为森林培育。

**基金项目:**吉林省科技发展计划资助项目(20120269, 20140307025NY); 中央财政林业科技推广示范资助项目(2013TJQ04); 吉林省教育厅科学研究资助项目(2012-130)。

**收稿日期:**2015-08-19

数和分株数)。

1.2.2 种群空间的分布格局判定指标 对种群的聚集程度分析,常采用以下公式方差均值比( $v$ ):

$$v = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}}{N-1} \quad (1),$$

$$m = \frac{\sum x}{N}, t = \frac{v-1}{m}, S = \sqrt{\frac{2}{N-1}}.$$

负二项参数( $k$ ),公式如下:

$$k = \frac{m^2}{S^2 - m} \quad (2),$$

$$I = \frac{v}{m-1} \quad (3).$$

平均拥挤指数( $m^*$ ),公式如下:

$$m^* = m + \frac{v}{m-1} \quad (4),$$

聚块性指数( $m^*/m$ ),公式如下:

$$m^*/m = 1 + \frac{1}{k} \quad (5),$$

进行种群聚集强度的测定,具体说明见参考文献[16-18]。

1.2.3 格局规模分析方法 Greig-Smith(1952)的等级方差分析法在分析种群空间分布格局方面与其它分析方法对比,有一定的优势,分析比较方便,较能定性的分析比较聚集强度,该方法的具体分析过程如下:假设通过野外调查记录,得到一个连续样方的数据,记作  $a_1, a_2, a_3 \dots a_n$ 。首先计算各个区组内所有元素的平方并累加求

和,即:

$$\text{区组 1 } \sum X_1^2 = a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2,$$

$$\text{区组 2 } \sum X_2^2 = (a_1 + a_2)^2 + (a_3 + a_4)^2 + \dots + (a_{n-1} + a_n)^2,$$

区组 4  $\sum X_4^2 = (a_1 + a_2 + a_3 + a_4)^2 + (a_5 + a_6 + a_7 + a_8)^2 + \dots + (a_{n-3} + a_{n-2} + a_{n-1} + a_n)^2$  等,依此类推。然后,计算各区组的平方和  $SS(\text{sums of squares})$ :

$$\text{区组 1 } SS1 = \sum X_1^2/1 - \sum X_2^2/2,$$

$$\text{区组 2 } SS2 = \sum X_2^2/2 - \sum X_4^2/4,$$

$$\text{区组 4 } SS4 = \sum X_4^2/4 - \sum X_8^2/8 \text{ 等,依此类推。}$$

再次,计算各区组的均方(means square): $M_s$ =各区组的平方和( $SS$ )/各自的自由度( $df$ )。确定各自的自由度:自由度  $df=(\text{各自的区组元素个数})-(\text{上述计算中已经出现过的自由度})-1$ 。最后,根据各个区组的均方和大小绘制格局分析图(区组大小为横轴,区组的均方为纵轴),再以均方峰值对应的区组数与样方边长的乘积计算得出的数值作为斑块的规模。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同海拔梯度蓝靛果忍冬种群聚集强度的判断

在分析各海拔蓝靛果忍冬基株种群的各个指标值中,由表 1 可以看出,除海拔 1 400 m 处  $t$  检验值  $>0.05$ ,其余海拔基株种群中的  $t$  检验值均  $<0.01$ ,表明  $t$  检验显著;方差/均值均大于 1;丛生指标  $I$  和负二项参数  $k$  的值也均  $>0$ ,与方差/均值表现一致。综上,蓝靛果忍冬基株种群的分布类型为聚集分布。

表 1

蓝靛果忍冬灌丛基株种群空间分布格局分析

Table 1

The spatial distribution pattern of *Lonicera edulis* genet population

编号 Number	海拔 Altitude/m	平均拥挤指数 Mean crowding	丛生指标 Clumping index	聚块性指数 Patch index	负二项参数 Intensity index	负二项分布 $\chi^2$ 检验 $\chi^2$ -test for negative binomial distribution(概率 $P$ )	方差均值比 Standard variance average ratio	T 值 T value (Prob<)	结果 Result
a1	600	3.685	2.960	5.083	0.245	0.014 2 *	3.960	5.264 1 ( $<0.000 1$ )	C
a2	800	4.827	2.632	2.872	0.834	0.002 0 * *	3.632	6.000 7 ( $<0.000 1$ )	C
a3	1 000	7.612	2.832	1.592	1.688	0.010 8 *	3.832	6.331 5 ( $<0.000 1$ )	C
a4	1 200	4.212	2.979	3.416	0.414	0.001 5 * *	3.979	6.710 3 ( $<0.000 1$ )	C
a5	1 400	1.470	0.608	1.704	1.420	0.496 1	1.608	1.365 3 (0.175 2)	R
a6	1 600	4.503	2.903	2.814	0.551	0.251 7	3.903	5.458 6 ( $<0.000 1$ )	C
a7	1 800	2.273	1.697	3.948	0.339	0.296 6	2.697	3.785 3 (0.000 3)	C

注:C,聚集分布 Clump;R,随机分布 Random; \* 表示负二项分布显著; \* \* 表示负二项分布极显著。表 2 同。

Note:C, Clump; R, Random; \* indicates binomial distribution significantly; \* \* indicates binomial distribution is very significantly. The same as table 2.

表 2 蓝靛果忍冬灌丛克隆分株种群空间分布格局分析

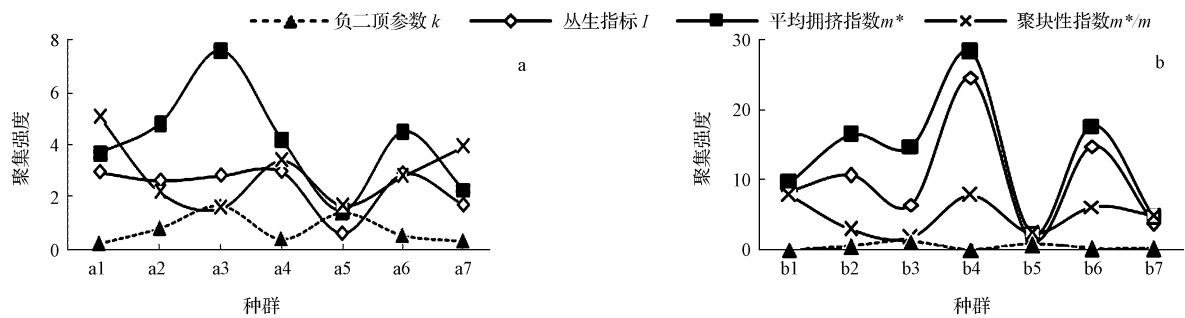
Table 2 The spatial distribution pattern of *Lonicera edulis* clonal rament population

编号 Number	海拔 Altitude/m	平均拥挤指数 Mean crowding	丛生指标 Clumping index	聚块性指数 Patch index	负二项参数 Intensity index	负二项分布 $\chi^2$ 检验 $\chi^2$ -test for negative binomial distribution(概率 $P$ )	方差均值比 Standard variance average ratio	T 值 T value (Prob<)	结果 Result
b1	600	9.497	8.272	7.753	0.148	0.014 2 *	4.700	14.710 1 (<0.000 1)	C
b2	800	16.381	10.677	2.872	0.534	<0.000 1 * *	11.677	24.338 6 (<0.000 1)	C
b3	1 000	14.845	6.505	1.780	1.282	0.000 8 * *	7.505	14.545 2 (<0.000 1)	C
b4	1 200	28.270	24.639	7.786	0.147	0.088 9	25.639	55.503 7 (<0.000 1)	C
b5	1 400	2.408	1.340	2.254	0.798	0.033 0 *	2.340	3.010 4 -0.003 3	C
b6	1 600	17.762	14.882	6.167	0.194	0.061 0	15.882	27.982 8 (<0.000 1)	C
b7	1 800	4.619	3.700	5.025	0.248	0.042 7 *	4.700	8.252 0 (<0.000 1)	C

从表 2 可以看出,克隆分株各海拔  $t$  检验值均 < 0.01,方差/均值均大于 1;丛生指标  $I$  和负二项参数  $k$  的值也均 > 0,说明各个海拔克隆分株种群分布为聚集分布。

2.2 不同海拔梯度蓝靛果忍冬种群聚集强度的变化

该研究选用平均拥挤指数  $m^*$ 、丛生指标  $I$ 、负二项参数  $k$ 、聚块性指数  $m^*/m$ ,从不同角度分析不同海拔蓝靛果忍冬基株种群和克隆分株种群的特点,详见图 1(a,b)。



注:a-基株种群,b-克隆分株种群。下同。

Note:a-genet population;b-clonal rament population. The same below.

图 1 蓝靛果忍冬灌丛基株种群聚集强度沿海拔梯度变化

Fig. 1 The aggregation intensity variation of *Lonicera edulis* population along elevation gradient

图 1(a)说明了基株的 4 个指标数值随着海拔高度升高而呈现不同数值的特点。从图 1(a)还可以看出,在海拔 1 000 m 和 1 400 m 处,负二项参数出现 2 个峰值,分别为 1.688 和 1.420,在海拔 600 m 处出现最低值,为 0.245;在海拔 1 000 m 和 1 600 m 处,平均拥挤度指标曲线的趋势呈双峰曲线形状,在海拔 1 400 m 处出现最低值,为 1.470;在海拔 600 m 处丛生指标  $I$  值最高,为 2.960,在海拔 1 400 m 处值最低,为 0.608;聚块性指数  $m^*/m$  在海拔 600、1 200、1 800 m 出现 3 个峰值,分别为 5.083、3.416、2.814,在海拔 1 000 m 和 1 400 m 处出现 2 个波谷,分别是 1.592 和 1.704。

图 1(b) 表明,分株的 4 个指标随着海拔高度升高而呈现不同数值的特点,其呈现与基株种群不同的规

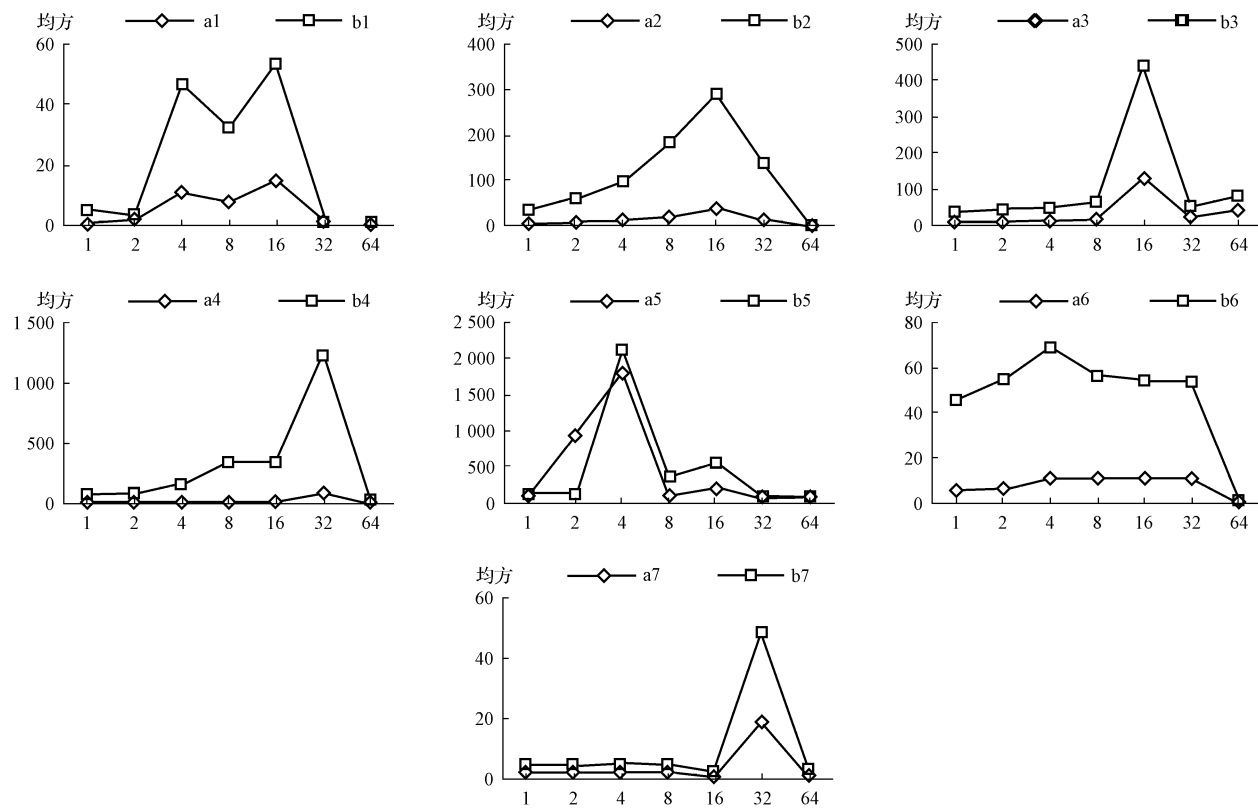
律。其中,在海拔 1 000 m 和 1 400 m 处,负二项参数出现 2 个峰值,分别是 1.282 和 0.798,表现出双峰曲线,在海拔 1 200 m 处出现最低值,为 0.147;在海拔 1 200 m 和 1 600 m 处,平均拥挤指数和丛生指标都出现 2 个峰值,平均拥挤度值分别为 28.270 和 17.762,丛生指标值为 24.639 和 14.882,在海拔 1 400 m 处,二者出现最低值分别为 2.408 和 1.340;在海拔 600、1 200、1 600 m 处聚块性指数出现 3 个峰值分别为 7.753、7.786、6.167,在海拔 1 000 m 处出现最低值,为 1.780,其曲线是一种波浪形曲线。

2.3 蓝靛果忍冬种群空间分布格局的规模分析

该研究采用 Greigh-Smith 方法(1952)对蓝靛果忍冬种群空间分布格局规模进行分析,表明不同海拔高度

的蓝靛果忍冬种群,其格局大小不全相同。从图 2 可以看出,格局为 8,面积为  $32\text{ m}^2$  的基株种群分布在海拔 1 600 m 处;格局为 16,面积为  $64\text{ m}^2$  的基株种群分布在海拔 600、800、1 000、1 400 m 处;格局为 32,面积为

$128\text{ m}^2$  的基株种群分布在海拔 1 200 m 和 1 800 m 处。海拔 1 400 m 处克隆分株种群的格局大小为 32,格局面积  $128\text{ m}^2$ ,其它海拔的分株格局大小及面积与同海拔的基株格局及面积相同。



注:横坐标表示区组大小,纵坐标表示区组均方。

Note: x-coordinate representation of block size, y-coordinate representation of mean square.

图 2 蓝靛果忍冬种群格局规模分析

Fig. 2 The pattern scale analysis of *Lonicera edulis* population

### 3 结论与讨论

经研究分析可得,在各海拔蓝靛果忍冬基株种群的各项指标值中,除海拔 1 400 m 处的基株种群的  $t$  检验值  $> 0.05$ ,其余海拔基株种群中的  $t$  检验值均  $< 0.01$ ,表明  $t$  检验显著;方差/均值均大于 1;丛生指标  $I$  和负二项参数  $k$  的值均  $> 0$ ,与方差/均值表现一致。综上,蓝靛果忍冬基株种群的分布类型为聚集分布。克隆分株各海拔  $t$  检验值均  $< 0.01$ ,方差/均值均大于 1;丛生指标  $I$  和负二项参数  $k$  的值均  $> 0$ ,说明各个海拔克隆分株种群分布也为聚集分布。这种格局可能与蓝靛果忍冬繁殖特点有关:有性繁殖上,与荔波瘤果相似,种子掉落在母树附近,逐渐长成植株,形成种群<sup>[19]</sup>;无性繁殖上,因为母株根系生长的范围不是很广,分株在根系上生长,易形成聚集分布。

该研究选用平均拥挤指数  $m^*$ 、丛生指标  $I$ 、负二项参数  $k$ 、聚块性指数  $m^*/m$  从不同角度分析不同海

拔蓝靛果忍冬基株种群和克隆分株种群的特点。结果发现,蓝靛果忍冬基株及克隆分株种群的聚集强度均呈现了先高后低再高再低的规律;聚集强度高的种群分布在海拔 600~1 200 m 的范围内及 1 600 m 处,聚集强度降低的种群分布在海拔 1 400 m 处和 1 800 m 处。课题组认为,林分内光照是海拔 1 400 m 处蓝靛果忍冬种群聚集强度呈现较低的重要因素。实地调查中发现,在长白山海拔 1 400 m 处是典型的暗针叶林,林分郁闭度较大,透光度差,林下几乎见不到光,蓝靛果忍冬植株在林下生长受到限制,致使其分布极为分散,在海拔 1 800 m 处为岳桦林景观带,温度较低,风力强,影响了蓝靛果忍冬生长;而其它海拔样地其林分郁闭度低、光照相对充足、温度适中,适合蓝靛果生长,所以蓝靛果忍冬种群的聚集程度很高。综上,课题组认为,除了地形因素影响蓝靛果忍冬种群天然更新而影响其聚集强度外,林分结构对其生长环境(光照条

件)的影响,是导致蓝靛果忍冬种群的聚集强度不同的直接原因。

树种的空间分布不仅取决于树种的繁殖特点及其种子传播方式<sup>[20-21]</sup>,而且与环境状况,如,土壤、气候因子及地形因子等<sup>[22-23]</sup>因素的影响相关。研究表明,蓝靛果忍冬基株及克隆分株种群的格局规模在海拔梯度上存在一些差异,但差异不大。结合调查样地设在原始林内,受到人为干扰较少,综上,可知影响蓝靛果忍冬种群在海拔上梯度上呈现不同分布格局的主要原因是繁殖方式及空间环境变化(如气候因子、地形因子)。

### 参考文献

- [1] WATT A S. Pattern and process in the plant community[J]. Journal of Ecology, 1947, 35: 1-22.
- [2] GODWIN H. Dispersal of pond flora[J]. Journal of Ecology, 1923(11): 160-164.
- [3] VNDEL A J, DUECK T. The importance of the physical pattern of plant species in replacement series [J]. Oikos, 1982, 39: 59-62.
- [4] LIEBHOLD A M, GUREVITCH J. Integrating the statistical analysis of spatial data in ecology[J]. Ecography, 2002, 25: 553-557.
- [5] 范娟, 赵秀海, 汪金松, 等. 江西九连山亚热带常绿阔叶林优势种空间分布格局[J]. 生态学报, 2012, 32(9): 2729-2737.
- [6] 陈伟, 兰国玉. R 软件在植物种群分布格局研究中的应用[J]. 南方农业学报, 2013, 44(8): 1328-1332.
- [7] 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.
- [8] 周瑶, 朱俊义, 于俊林, 等. 中国长白山观赏植物彩色图志[M]. 长春: 吉林教育出版社, 2005.
- [9] 王瑞荣, 张文君, 周旭泽. 蓝靛果忍冬色素性质的研究[J]. 北方园艺, 2011(24): 41-42.
- [10] 霍俊伟, 睢薇, 于泽源, 等. 野生蓝靛果忍冬人工驯化栽培[J]. 北方园艺, 2004(4): 31.
- [11] 向延菊, 郑先哲, 王大伟. 野生浆果资源-蓝靛果忍冬利用价值的研究现状及应用前景[J]. 东北农业大学学报, 2005, 36(5): 669-671.
- [12] 张启昌, 梁琦兰, 夏新莉, 等. 蓝靛果忍冬茎段离体培养与植株再生[J]. 北京林业大学学报, 2010, 32(4): 126-130.
- [13] 程海涛, 申健, 肖志坚, 等. 伊春地区野生蓝靛果资源及群落特征的研究[J]. 北方园艺, 2012(13): 37-39.
- [14] 焦刚. 长白山植被垂直带谱可视化表达研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2012.
- [15] 王蕾, 张春雨, 赵秀海. 长白山阔叶红松林的空间分布格局[J]. 林业科学, 2009, 45(5): 54-59.
- [16] KERSHAW K, LOONEY J. Quantitative and Dynamic Plant Ecology [M]. London: Edward Arnold, 1985.
- [17] CASSIE R M. Frequency distribution medle in ecology plant and other organism[J]. Anim Ecol, 1962, 31: 65-95.
- [18] E C 皮洛. 数学生态学[M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 1991.
- [19] 刘映良, 杜兴乔, 方小平. 荔波瘤果茶种群年龄结构及空间分布格局[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(9): 2172-2174.
- [20] HEDEN S H, BOLYUKH V O, JONSSON B G. Spatial distribution of epiphytes on *Populus tremula* in relation to dispersal mode[J]. Journal of Vegetation Science, 2003, 14(2): 233-242.
- [21] LAAKA-LINDBERG S, HEDDERSON T A, LONGTON R E. Rarity and reproduction characters in the British hepatic flora[J]. Lindbergia, 2000, 25: 78-84.
- [22] BROOKER R W, MATESANZ S, VALLADARES F, et al. Long-term spatial pattern change in a semi-arid plant community: The role of climate and composition[J]. Acta Oecologica, 2012, 45: 8-15.
- [23] HEEGAARD E, HANGELBROEK H H. The distribution of *Ulotra crispa* at a local scale in relation to both dispersal and habitat-related factors [J]. Lindbergia, 1999, 24: 65-74.

## Spatial Patterns of *Lonicera caerulea* Linn. Populations Along Elevation Gradient

XUAN Zhilong<sup>1</sup>, WANG Fengjie<sup>2</sup>, ZHANG Qichang<sup>1</sup>, LI Jingui<sup>3</sup>, LI Yutao<sup>3</sup>, LIU Yue<sup>1</sup>

(1. Forestry College, Beihua University, Jilin, Jilin 132013; 2. Jiaohe Forestry Experiment Administration Bureau of Jilin Province, Jiaohe, Jilin 132500; 3. Baihe Forestry Bureau of Jilin Province, Antu, Jilin 133613)

**Abstract:** The sample was mainly based on the data of the wild *Lonicera caerulea* Linn. community in the north slope of Changbai Mountains, and compared the population spatial distribution pattern in different altitude, to reveal the mechanism to adapt to the environment, so as to provide a scientific basis on use and protection of the economic plants. The results showed that the distribution of *Lonicera caerulea* Linn. of genet and ramet population were both clustered; the distribution pattern fitting for negative binomial distribution; population clustered intensity change with altitude gradient was bimodal type curve population pattern scale at an altitude of 1 200 m and 1 800 m were larger, while 1 600 m was smaller.

**Keywords:** *Lonicera caerulea* Linn. ; population; spatial pattern; elevation gradient