

两种百合种群空间分布格局对高温干旱气候的响应*

王瑞波^{1,2}, 张燕平³, 胡世俊⁴, 何平^{1,2,5*}, 张春平^{1,2}, 邓洪平^{1,2}

(1 西南大学生命科学学院, 重庆 400715; 2 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400715;

3 中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 云南 昆明 650224; 4 中国科学院昆明植物研究所, 云南 昆明 650204;

5 重庆市林业局, 重庆 400000)

摘要: 将分形分析与方差均值比率及聚集强度指数相结合, 比较分析了南川百合与泸定百合种群在高温干旱影响下的空间分布格局及其分形特征。研究表明: 分形分析同方差均值比率及聚集强度指数测定得到的结果基本一致, 说明分形维数不仅可以很好地反映种群的空间分布格局, 也能很好地反映种群动态; 两种百合种群的聚集强度均受到2006年高温干旱的影响, 但南川百合种群所受影响比泸定百合大; 两种百合的平均计盒维数和平均信息维数与2005年相比均减少, 但南川百合种群平均计盒维数的减少比例(13.00%)约为泸定百合(9.04%)的1.44倍, 平均信息维数的减少比例(22.71%)约为泸定百合(3.43%)的6.63倍, 高温干旱天气对这两种百合的生长均有影响, 泸定百合的抗热抗旱能力要高于南川百合, 南川百合更易受高温干旱天气的伤害。与泸定百合相比, 南川百合是一个比较脆弱的物种, 在高温干旱等异常气候的影响下更易导致濒危, 应尽快加以保护。

关键词: 高温干旱; 种群格局; 计盒维数; 信息维数; 南川百合; 泸定百合

中图分类号: S682.2

文献标识码: A

Responses of Population Distribution Patterns in Two Species of *Lilium* to Hot and Drought Climate

WANG Rui-bo^{1,2}, ZHANG Yan-ping³, HU Shi-jun⁴, HE Ping^{1,2,5},
ZHANG Chun-ping^{1,2}, DENG Hong-ping^{1,2}

(1 School of Life Science Southwest University, Chongqing 400715, China; 2 Key Laboratory of Ecosystems in the Three Gorges Reservoir Region (Ministry of Education), Chongqing 400715, China; 3 Research Institute of Resource Insects, CAF, Kunming 650224

Yunnan, China; 4 Kunming Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204 Yunnan, China;

5 Forestry Bureau of Chongqing, Chongqing 400000, China)

Abstract Population pattern and its fractal properties were compared for *Lilium rosthornii* and *Lilium sargentiae* under the hot and drought climate in Chongqing and Guizhou by the combined uses of fractal theory analysis and the classical analyses of indexes of variance/mean ratio, negative binomial parameter, mean crowding and patchiness. The results obtained from the analysis of the fractal theory and the classical methods were relatively consistent, suggesting that the fractal dimension could represent not only the population spatial patterns but also their dynamics. Although the assembling intensity of populations of both species was influenced by the hot and dry conditions in 2006, the influence on *L. rosthornii* populations was bigger than that on *L. sargentiae* populations. As compared with that in 2005, the populations of both the species had lower mean box-counting dimensions and mean information

收稿日期: 2008-09-02

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30070080)

作者简介: 王瑞波(1968—), 男, 湖南新宁人, 博士生, 主要从事植物保护生物学和生态学方面的研究。

* 野外调查工作和标本鉴定得到重庆市药物种植研究所刘正宇研究员的大力帮助, 特此致谢。

** 通讯作者。

dimensions in 2006. This may be due to the particularly dry climate they experienced in 2006. The percentage by which the mean box-counting dimension decreased was 1.44 times higher in *L. rosthornii* (13.00%) than in *L. sargentiae* populations (9.04%). On the other hand, the percentage by which mean information dimension decreased was much higher in *L. rosthornii* (22.71%) than in *L. sargentiae* populations (3.43%). These data indicated that the increment of both species was influenced by the hot and dry conditions and that *L. sargentiae* had stronger resistance to high temperature and drought as compared to *L. rosthornii*. It can be concluded that *L. rosthornii*, compared with *L. sargentiae*, is a species more vulnerable to the exceptional climatic events. More urgent procedures need to be taken for the conservation of *L. rosthornii*.

Key words hot and drought climate; population pattern; box-counting dimension; information dimension; *Lilium rosthornii*; *Lilium sargentiae*

南川百合 (*Lilium rosthornii* Diels) 和 泸定百合 (*Lilium sargentiae* Wilson) 均属于百合科 (Liliaceae) 百合属 (*Lilium* L.) 多年生草本植物, 其药用和园艺观赏价值极高。这两种百合虽在形态、结构、生物学和生态学习性等方面有许多相似之处, 但南川百合的分布区远小于泸定百合。人们虽对百合属植物做了大量研究, 但泸定百合除了少数学者对其形态、生理、繁殖、遗传等方面进行过研究外^[1-4], 其它方面的研究很少; 对南川百合的研究, 除了关于花粉萌发、组织培养方面的文章外^[5-6], 未见其它方面的研究报道。近年来这两种百合的野生资源大量被采挖和破坏, 现存资源已十分有限, 尤其是南川百合, 在有些分布区已经消失。物种的濒危是通过种群的缩小和种群数目的减少表现出来的^[7], 而植物种群分布格局是种群在群落中所处的空间结构可量化描述的基本特征, 也是影响种群发展的重要因素^[8]。种群分布格局研究一般采用比较成熟的方差均值比、聚块性指数等经典方法^[8-10], 但这些方法得到的结果易受取样面积的影响, 在不同尺度上考察所得结论可能截然不同, 有其局限性, 而目前广泛应用于生态学领域的分形理论可解决这一问题^[11-18], 并能较精细的定量分析种群分布格局。2006年夏, 重庆发生百年一遇的高温干旱天气, 极大地影响了该地区许多物种的生长、繁殖等生理过程, 进而影响到种群的更新、数量动态。这种极端天气对上述两种百合的种群空间分布格局产生何种影响值得研究。因此, 本研究在采用方差均值比率及聚集强度指数的基础上, 运用分形维数中的计盒维数与信息维数对南川百合和泸定百合种群格局进行对比研究, 以探讨高温干旱影响下种群的年际间动态、占据空间资源能力和生态适应力, 为对这两种百合的种质资源保护提供理论依据。

1 研究区概况

实验样地 (28°49′~29°09′N, 107°05′~107°

30′E) 设在自然植被、气候、土壤特征基本相近的金佛山及其周围地区, 面积约 500~1000 km², 位于重庆市南川区 and 与其毗连的贵州省道真县境内, 地处四川盆地东南部, 大娄山脉西北侧, 属亚热带季风气候区, 垂直气候明显, 四季分明; 土壤以黄壤和棕黄壤为主, 植被以亚热带针叶林和针阔叶混交林为主, 物种极其丰富。南川区气象局 (29°09′N, 107°05′E, 海拔 560 m) 观测资料表明, 2005 年的气候情况同历年大体一致, 其年均气温 16.4℃ (极端高温 36.4℃, 极端低温 -1.9℃), 年降水 1009.1 mm, 年日照时数约 881.9 h, 但 2006 年夏出现约 60 d 的伏旱高温天气, 导致年均气温 17.8℃ (极端高温 41.5℃, 极端低温 0.2℃), 年降水 927.1 mm, 年日照时数约 1180.5 h, 其气温和日照时数明显高于往年, 而降水则明显低于往年。

南川百合多生于溪边, 尤喜生长在河水冲积形成的沙质土或有腐殖质土的石缝中; 泸定百合多生长于山坡灌草丛中, 或花岗岩、板岩、泥质页岩经风化后形成的排水良好的土壤和碎石中。野外观察显示在南川百合样地旁经常可见泸定百合植株生长, 其它生境条件及样地分布分别见表 1。

2 研究方法

2.1 取样方法

根据两种百合种群个体数量及分布情况, 每个种群设定典型样方 1~2 个 (若做了 2 个样方, 则分别以 a 和 b 表示), 每个样方面积为 50 m² (10 m × 5 m), 样方内采用相邻格子法 (格子大小为 5 m²) 调查, 记录样方内株数及每株南川百合或泸定百合的坐标位置和冠幅等指标。部分样地仅在 2006 年调查 1 次, 多数样地在 2005 年和 2006 年各调查 1 次 (见表 3), 且都在两种百合的盛果期 9—10 月进行。

表 1 各样地(种群)生境资料

样地编号	地点	海拔 m	坡度 /(°)	坡向 /(°)	生境
南川百合					
N1	南川老洞岩	685	50	南偏西 20	溪边,长叶胡颓子 (<i>Elaeagnus bodii</i> Diels) + 火棘 (<i>Pyracantha fortuneana</i> (Maxim.) Li) + 地瓜藤 (<i>Ficus tikoua</i> Bur) - 金发草 (<i>Pogonatherum panicum</i> (Lank.) Hack.) 灌草丛
N2	南川王家坝	678	85	北偏东 15	溪边,蕊被忍冬 (<i>Lonicera gynochlamydæa</i> Hemsl) - 芦竹 (<i>Arundo donax</i> Linn) + 金发草灌草丛
N3	南川小龙塘	665	10	北偏东 17	溪边,蕊被忍冬 + 地瓜藤 - 金发草灌草丛
N4	南川龙骨溪	590	65	东坡	溪边,南川镰序竹 (<i>Drepanostachyum melicoidæm</i> Keng f) + 蕊被忍冬 - 金发草灌草丛
N5	道真海洋溪	554	45	北偏西 10	溪边,火棘 + 齿叶黄荆 (<i>Vitex negundo</i> var <i>cannabifolia</i> (Sieb. et Zucc.) Hand. - Mazz) + 腊莲绣球 (<i>Hydrangea strigosa</i> Rehd.) - 五节芒 (<i>Miscanthus floridulus</i> (Labill.) W. Arn.) + 金发草灌草丛
N6	道真黄泥洞	650	40	东偏北 5	溪边,油桐 (<i>Vernicia fordii</i> (Hemsl.) A. Gray) + 蕊被忍冬 + 地瓜藤 - 细穗腹水草 (<i>Veronicastrum stenostachyum</i> (Hemsl.) Yamazaki) 灌草丛
泸定百合					
L1	南川回龙寺	970	5	北偏东 15	路边,油桐 + 火棘 + 粉枝莓 (<i>Rubus biflorus</i> Buch. - Ham. ex Smith) - 序叶芋麻 (<i>Boehmeria clidemioides</i> var <i>diffusa</i> (Wedd.) Hand. - Mazz) + 日本冷水花 (<i>Pilea japonica</i> (Maxim.) Hand. - Mazz) 灌草丛
L2	南川黄草坪	1 300	75	东偏北 15	山腰,林缘,盐肤木 (<i>Rhus chinensis</i> Mill) + 算盘子 (<i>Glochidion puberum</i> (Linn.) Hutch) - 艾蒿 (<i>Artemisia argyi</i> Levl. Et Vant) + 乌莓莓 (<i>Cayratia japonica</i> (Thunb.) Gagnep.) + 泸定百合灌草丛
L3	南川石门沟	782	50	西偏南 10	山腰,林缘,腊莲绣球 + 地瓜藤 - 白茅 (<i>Imperata cylindrica</i> var <i>major</i> (Nees) C. E. Hubb) + 艾蒿 + 蜈蚣草 (<i>Pteris vittata</i> Linn) 灌草丛
L4	南川龙洞湾	830	42	东偏南 45	山腰,粉枝莓 + 盐肤木 - 茵陈蒿 (<i>Artemisia capillaries</i> Thunb) + 泸定百合灌草丛
L5	南川巴掌坪	900	51	东偏南 15	山腰,粉枝莓 + 盐肤木 + 地瓜藤 - 艾蒿 + 白花败酱 (<i>Patrinia villosa</i> (Thunb.) Juss) + 泸定百合灌草丛
L6	南川汇龙	810	48	北偏东 50	山脚,盐肤木 + 马桑 (<i>Coriaria sinica</i> Maxim.) - 五节芒 + 丝茅 (<i>Imperata koenigii</i> (Retz) P. Beauv.) + 泸定百合灌草丛

2.2 数据处理

用格子边长为 ϵ 的网格覆盖种群分布格局的点位图,若 $N(\epsilon)$ 为对应于划分尺度 (ϵ) 的非空格子数,则计盒维数 (D_b) 的计算公式为:

$$D_b = - \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{\ln N(\epsilon)}{\ln \epsilon}$$

因此,计盒维数表征的是相同形状的小集合覆盖一个集合的概率。因两种百合的最小冠幅都接近 0.1 m,故将样方的最小边长 5 m 由 2 等分(对应尺度 2.5 m)划分到 50 等分(对应尺度 0.1 m),划分 49 次。将格子边长与对应的非空格子数在双对数图中进行直线拟合,所得拟合直线斜率的绝对值即为计盒维数 (D_b)^[13-16]。

在上述网格覆盖过程中,进一步统计每个非空格子中拥有的个体数量 (N_i)。设样地内总个体数为 N ,则每个非空格子中的个体分布概率为 $P_i = N_i/N$,信息量为 $I_i = -P_i \ln P_i$,那么格子边长为 ϵ 时的总信息量为

$I(\epsilon) = \sum I_i$ 将 $I(\epsilon)$ 与相应格子边长 ϵ 的对数值进行直线回归,得到的拟合直线斜率的绝对值即为信息维数 (D_i) 估计^[15-16]。信息维数的计算公式为:

$$D_i = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{I(\epsilon)}{\ln(\epsilon)}$$

此外,这两种百合种群空间分布格局(见表 2)的分析方法(方差均值比、负二项参数 K 、聚块性指数、平均拥挤度)见有关文献^[8-10]。

3 结果与分析

3.1 两种百合种群的空间分布格局

由表 2 可知,根据泸定百合汇龙种群 (L6) 的数据显示应为均匀分布,而表中其余种群中,方差均值比 > 1(经 t 值检验大多数达显著或极显著水平), $0 <$ 负二项参数 (K) $<$ 8(只有 2006 年的泸定百合回

龙寺种群 $L1 > 8$ 为例外), 平均拥挤度 $>$ 均值, 聚块性指数 > 1 ; 不同的是, 南川百合种群的聚集强度远大于泸定百合种群, 由此可看出, 南川百合种群均为集群分布, 而泸定百合种群大体为集群分布, 但趋向于随机或均匀分布。2006 年与 2005 年相比, 南川百

合种群的聚集强度有所降低, 由于泸定百合种群密度的升高, 导致其在聚集强度指数中既有升高也有降低。总体看来, 南川百合受高温干旱的伤害程度远大于泸定百合。

表 2 南川百合与泸定百合种群空间格局

样地号	调查时间	种群密度 (株·m ⁻²)	方差	均值	方差 均值	t 值	负二项 参数 K	平均 拥挤度	聚块性 指数	格局 类型
N1	2005	0.91	88.89	4.55	19.54	57.13 ^{**}	0.245	23.087	5.074	C
	2006	0.77	39.71	3.85	10.32	28.71 ^{**}	0.413	13.165	3.419	C
N2	2005	0.84	73.96	4.20	17.61	35.23 ^{**}	0.253	20.809	4.954	C
	2006	0.64	45.73	3.20	14.29	28.20 ^{**}	0.241	16.492	5.154	C
N3	2005	0.62	56.10	3.10	18.10	36.30 ^{**}	0.181	20.197	6.515	C
	2006	0.94	139.79	4.70	29.74	60.97 ^{**}	0.164	33.442	7.115	C
N4	2005	0.44	22.40	2.20	10.18	19.48 ^{**}	0.240	11.382	5.174	C
	2006	0.40	18.67	2.00	9.33	17.68 ^{**}	0.240	10.334	5.167	C
N5	2005	1.30	121.83	6.50	18.74	37.64 ^{**}	0.366	24.244	3.730	C
	2006	0.76	26.18	3.80	6.89	12.49 ^{**}	0.645	9.689	2.550	C
N6	2005	0.70	50.94	3.50	14.56	28.76 ^{**}	0.258	17.055	4.873	C
	2006	0.94	68.23	4.70	14.52	28.68 ^{**}	0.348	18.218	3.876	C
L1	2005	0.66	10.23	3.30	3.10	4.46 [*]	1.571	5.401	1.637	C
	2006	1.02	7.21	5.10	1.41	0.88	12.321	5.514	1.081	C
L2	2005	0.64	4.84	3.20	1.51	1.09	6.229	3.714	1.161	C
	2006	0.84	11.07	4.20	2.64	3.47 [*]	2.569	5.835	1.389	C
L3	2005	0.40	4.67	2.00	2.33	2.83 [*]	1.500	3.334	1.667	C
	2006	0.76	17.51	3.80	4.61	7.65 ^{**}	1.053	7.408	1.950	C
L4	2006	3.40	59.16	17.00	3.48	7.64 ^{**}	6.855	19.480	1.146	C
L5	2006	1.18	16.32	5.90	2.77	3.75 [*]	3.340	7.666	1.299	C
L6	2006	1.18	5.67	5.90	0.96	-0.12	-154.03	5.862	0.994	U

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ *** $P < 0.001$ C 和 U 分别表示集群和均匀分布

3.2 两种百合种群格局的计盒维数与信息维数

在对种群分布格局点位图进行网格覆盖的过程中, 一定尺度范围内遵从一个共同的尺度变化规律, 这就是种群格局的统计自相似性^[19-20], 所得直线的斜率就是计盒维数或信息维数。如在重庆南川区庆元乡龙洞湾的一个泸定百合种群(表 3 中的样地 L4-b)中, 根据计算方法, 先对泸定百合龙洞湾种群分布格局点位图(图 1-a)进行处理得到相应结果(图 1-b, c), 然后将两图中出现的拐点前后分别拟合为 1 条直线, 直线的斜率就是计盒维数或信息维数。但计盒维数反映的是种群占据生态空间的程度和利用生态空间的能力, 考察的尺度较大, 因为大于拐点尺度的计盒维数能较准确地反映出种群对样方的占据特征, 故大于拐点尺度的计盒维数合理; 而信息维数反映的是系统局域结构的非均匀性, 考察的尺度较小, 否则无法揭示系统的微观结构特征, 故小于拐点尺度的信息维数合理^[14-15, 21]。由此, 图 1 中的计盒维数 (D_b) 与信息维数 (D_i) 分别为 1.438 1 和 0.379 2 这样才有意义。表 3 中的计盒维数与信息维数均按此方法确定。

表 3 结果显示上述两种百合各种群直线拟合的效果较好, 均达极显著水平 ($P < 0.01$), 具有较好的线性相关关系, 从尺度范围看, 也具生态学意义, 表明这两种百合种群的分布格局具有分形特征。由表 3 还可看出, 两种百合各种群在 2005 年和 2006 年的计盒维数和信息维数均较小, 远小于其空间的最大拓扑维数 2, 较小的计盒维数表明种群在生境中占据生态空间的能力不强, 较小的信息维数表明种群格局强度较低, 聚集程度差^[14-15], 体现了在群落中的劣势伴生地位。另外, 各样方的拐点尺度均大于对应样方中该百合的平均冠幅, 揭示出个体聚块大小, 表明各种群个体在此尺度上聚集。而从分形维数值来看, 在 2006 年, 6 个南川百合样地的平均计盒维数 (0.810 0) 比 6 个泸定百合样地 (0.943 5) 小 14.15%, 而其平均信息维数 (0.371 0) 却比泸定百合样地 (0.185 2) 大 100.32% (且达极显著水平 $P < 0.01$)。这些数据表明, 南川百合种群占据生态空间的能力比泸定百合弱, 但种群格局强度要比泸定百合种群大得多, 这意味着南川百合种群聚集强度比泸定百合种群大, 这与上述种群格局中的分析结果相一致。

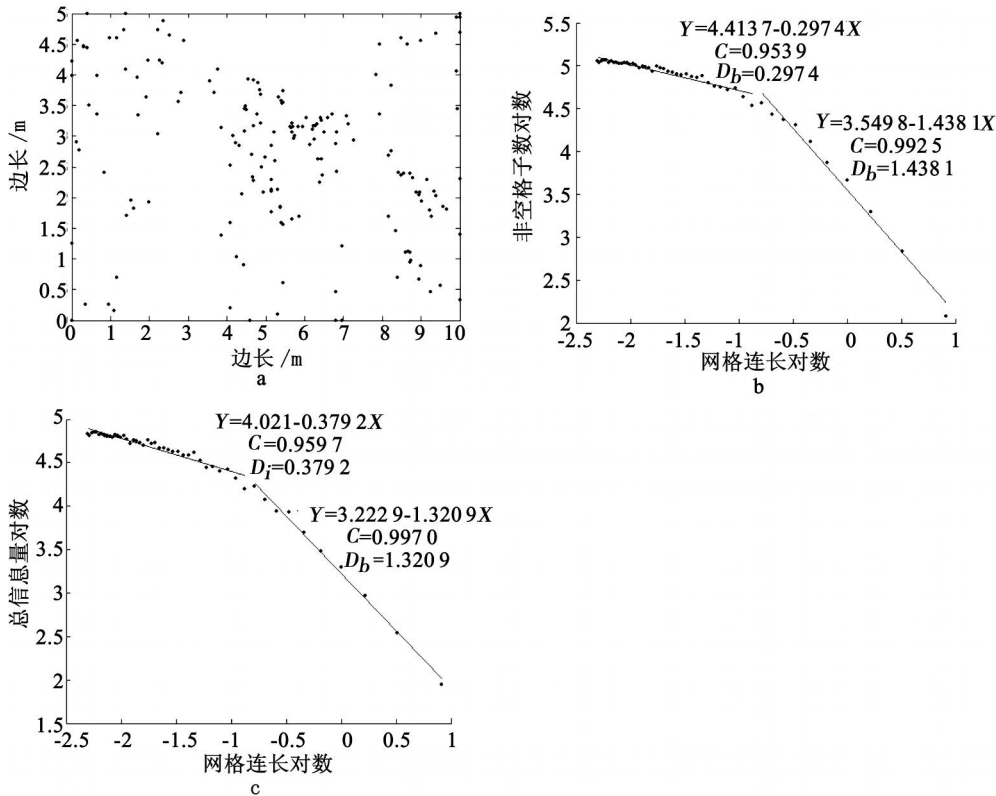


图 1 泸定百合龙洞湾种群个体分布点位图 (a) 及其计盒维数图 (b) 和信息维数图 (c)

C, D_b 与 D_i 分别表示相关系数、计盒维数与信息维数

表 3 南川百合与泸定百合种群分布格局的分形维数

调查时间与样方号	个体数	尺度范围 /m	计盒维数	相关系数	尺度范围 /m	信息维数	相关系数	平均冠幅 /m
2005 年								
N1 a	39	0.294~ 2.500	0.763 9	0.986 9 *	0.100~ 0.278	0.467 1	0.932 7 *	0.187
b	52	0.500~ 2.500	1.157 8	0.981 8 *	0.100~ 0.455	0.392 1	0.951 8 *	0.182
平均	45.5		0.960 9			0.429 6		0.185
N2	42	0.333~ 2.500	0.937 3	0.992 5 *	0.100~ 0.313	0.364 5	0.930 6 *	0.177
N3	31	0.455~ 2.500	0.994 3	0.955 5 *	0.100~ 0.417	0.443 7	0.888 8 *	0.195
N4	22	0.625~ 2.500	0.650 5	0.987 9 *	0.100~ 0.556	0.341 8	0.906 6 *	0.148
N5	65	1.000~ 2.500	1.185 3	0.999 0 *	0.100~ 0.833	0.775 4	0.977 2 *	0.187
N6	35	0.417~ 2.500	0.855 2	0.980 3 *	0.100~ 0.385	0.527 8	0.934 9 *	0.188
L1	33	0.556~ 2.500	0.842 3	0.985 9 *	0.100~ 0.500	0.130 4	0.783 6 *	0.290
L2	32	0.714~ 2.500	0.810 7	0.967 0 *	0.100~ 0.625	0.173 2	0.819 1 *	0.150
L3	20	0.625~ 2.500	0.742 0	0.945 5 *	0.100~ 0.556	0.230 8	0.855 6 *	0.143
2006 年								
N1 a	36	0.278~ 2.500	0.847 6	0.974 7 *	0.100~ 0.263	0.531 3	0.884 9 *	0.148
b	41	0.294~ 2.500	1.064 0	0.980 3 *	0.100~ 0.278	0.276 0	0.924 7 *	0.179
平均	38.5		0.955 8			0.403 7		0.164
N2	32	0.417~ 2.500	0.753 0	0.987 9 *	0.100~ 0.385	0.366 8	0.822 8 *	0.195
N3	47	0.263~ 2.500	0.810 9	0.992 0 *	0.100~ 0.250	0.413 7	0.846 8 *	0.203
N4	20	0.625~ 2.500	0.638 7	0.953 9 *	0.100~ 0.556	0.245 7	0.768 8 *	0.106
N5	38	0.500~ 2.500	0.739 6	0.981 3 *	0.100~ 0.455	0.417 8	0.883 7 *	0.164
N6	47	0.357~ 2.500	0.960 0	0.992 0 *	0.100~ 0.333	0.378 9	0.917 1 *	0.222
L1	51	0.357~ 2.500	0.707 9	0.914 9 *	0.100~ 0.333	0.162 8	0.909 9 *	0.204
L2	42	0.417~ 2.500	0.775 5	0.9413* *	0.100~ 0.385	0.134 9	0.818 5 *	0.170
L3	38	0.385~ 2.500	0.694 9	0.974 7 *	0.100~ 0.357	0.218 3	0.815 5 *	0.183
L4 a	163	0.250~ 2.500	1.090 3	0.972 6 *	0.100~ 0.238	0.221 8	0.914 9 *	0.149
b	177	0.455~ 2.500	1.438 1	0.992 5 *	0.100~ 0.417	0.379 2	0.959 7 *	0.164
平均	170		1.264 2			0.300 5		0.157
L5	59	0.556~ 2.500	1.075 9	0.988 9 *	0.100~ 0.500	0.148 9	0.867 8 *	0.172
L6 a	61	0.714~ 2.500	1.219 2	0.989 4 *	0.100~ 0.625	0.154 2	0.867 2 *	0.191
b	57	0.556~ 2.500	1.066 1	0.970 1 *	0.100~ 0.500	0.137 7	0.789 9 *	0.208
平均	59		1.142 7			0.146 0		0.200

$P < 0.01$

同样,由表 3 知,南川百合各种群在 2006 年的平均计盒维数 (0.810 0) 比 2005 年 (0.931 0) 减少了 13.00%, 其平均信息维数 (0.371 0) 也比 2005 年 (0.480 0) 减少了 22.71%; 对泸定百合来说, 2006 年 3 个泸定百合种群 (回龙寺 L1、黄草坪 L2 和石门沟 L3) 的平均计盒维数 (0.726 1) 比 2005 年 (0.798 3) 减少了 9.04%, 而其平均信息维数 (0.172 0) 比 2005 年 (0.178 1) 也减少了 3.43%。这些数据说明, 两种百合种群在 2006 年的空间占据能力和格局强度均比 2005 年有所降低, 但不同的是, 南川百合种群的减少量要大于泸定百合种群, 其中平均计盒维数的减少量约为泸定百合的 1.44 倍, 平均信息维数的减少量约为泸定百合的 6.63 倍, 由此表明, 在高温干旱影响下, 南川百合所受伤害程度比泸定百合大, 这与种群格局的分析结果相一致。

4 讨论

从保护生物学角度来说, 高温、干旱天气等环境随机性极易导致一些珍稀濒危物种的局部灭绝。可长期以来, 人们虽在高温、干旱对生物物种影响方面开展了许多卓有成效的研究工作, 但多限于个体水平 (形态、结构、生理、遗传等方面); 而种群水平研究不多, 开展的研究主要在生理生态和繁殖方面^[22-23], 也有少量涉及到自然种群数量统计的观察研究^[24]。尽管探讨植物种群分布格局的研究论文不少, 但研究高温干旱对自然种群空间分布格局的影响方面的工作还未见报道, 可能是难于找到合适的自然条件, 而这种自然条件下的观察研究对物种的保护很有意义, 有助于加深对高温干旱异常气候危害性的认识。

分形维数与聚集强度指数对上述两种百合种群格局的分析具有良好的一致性, 说明计盒维数和信息维数是适合描述种群空间格局的有用工具, 能够分别从种群空间占据程度、格局强度的角度, 来揭示种群分布格局的尺度变化特征。研究表明南川百合和泸定百合各种群在空间占据、个体分布非均匀性等方面存在不同的尺度变化和分形特征, 表明生境的地貌、气候、土壤等环境因素分布的不规则性和复杂性, 以及该两种百合的种群密度、个体聚集程度、个体间距离等, 导致了其分形维数的差异, 由此也很好地说明了种群格局的形成: 一方面取决于种自身的特性, 另一方面则与群落环境密切相关^[9]。

南川百合种子厚而重, 果实成熟开裂后, 种子大

多散落在母株周围, 易成聚集分布, 而由其鳞茎不断产生的克隆分株更加剧这一进程, 不利于占据新的生境, 这同调查结果基本一致: 南川百合一般沿溪流旁呈间断的带状分布 (其带宽一般为 2~3 m, 很少超过 5 m), 种群个体多为聚集生长。而泸定百合植株能产生较多的能够发育成新植株的珠芽, 珠芽易掉落在母株周围, 其鳞茎也能产生新植株, 这使其成集群分布; 但其种子薄而轻, 风媒作用使其传播距离较远, 导致聚集强度降低而趋向于随机或均匀分布, 这与调查发现其种群多为零散分布相一致, 这也许是泸定百合分布区比南川百合大的主要原因之一。

然而, 南川百合种群集群分布的方式对其生长或生存不利。南川百合长期生长于溪流旁, 适应生长于比较湿润的环境, 故对水分因子比较敏感, 偶尔高温干旱天气便会对其产生较大影响, 并且种群个体集群分布的方式使植株对水分的竞争更加激烈, 不利于其生长或生存。而泸定百合一般生长在比较干燥的环境, 故对水分因子没有南川百合那么敏感; 其种群的聚集强度小, 故个体间竞争也比南川百合小, 这有利于存活率的提高。其次, 泸定百合鳞茎一般比同龄的南川百合大, 有利于储存水分, 这使其在高温干旱天气下耐受能力增强。因此, 虽在 2006 年百年一遇的高温干旱天气袭击下, 两种百合种群占据生态空间的能力与格局强度均有所降低 (与 2005 年相比), 但南川百合种群降低的程度比泸定百合大, 这意味着南川百合种群适应高温干旱天气的能力比泸定百合弱, 泸定百合的抗热抗旱能力要比南川百合强, 这也许是泸定百合被国内百合育种者普遍看好的抗性育种材料的主要原因之一^[3]。

总之, 高温干旱天气对上述两种百合的影响均较大, 尤其是南川百合, 其抗热抗旱性能不强、占据生态空间能力弱, 不利于自身的生存和发展, 一旦高温干旱天气频繁出现, 将会严重影响该物种的生长、繁殖、更新、扩散, 加快该物种的局部灭绝进程。众所周知, 目前的全球变暖正在影响着生物多样性, 一些物种的分布区正逐渐缩小。人类活动已造成许多物种处于一个个隔离的小生境中, 如今许多南川百合种群也是处于空间隔离之下的小种群, 极端气候等环境随机性很易导致这些小种群走向灭绝, 加剧其濒危程度。因此, 在南川百合的主要分布地建立自然保护小区进行就地保护, 以抑制种群的减小, 恢复该物种的种群数量, 维持种群间一定的基因流水平, 使该物种的许多小而分散的种群互相联系, 构

成一个集体, 以使该物种能够有足够大的群体来对抗环境的压力。同时, 还可以采取迁地保护的措施, 通过人工更新的方法来保护和恢复这一受害物种的种群。

参考文献:

- [1] 周期鸿. 三种百合属植物再生植株的染色体数量变异 [J]. 林业科学研究, 1997, 10(6): 663- 667
- [2] 虞 弘, 王红霞, 游 丹. 泸定百合居群染色体形态研究 [J]. 云南大学学报 (自然科学版), 2000, 22(1): 60- 67
- [3] 黄作喜, 卿东红. 野生泸定百合的快繁技术 [J]. 北方园艺, 2005, 5 83
- [4] 姚青菊, 夏 冰, 彭 峰, 等. 岷江流域王百合和通江百合多酚氧化酶同工酶的研究 [J]. 广西植物, 2006, 26(1): 92- 96
- [5] 何 林. 贮藏温度对南川百合花粉萌发率的影响 [J]. 热带农业科技, 2006 29(4): 13- 14
- [6] 刘燕琴, 胡开治, 肖 波, 等. 南川百合组织培养研究 [J]. 中国现代中药, 2006, 8(9): 32- 33
- [7] 何 平. 珍稀濒危植物保护生物学 [M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 2005 3- 13
- [8] 李 毅, 胡自治, 王志泰. 东祁连山高寒地区山生柳种群分布格局研究 [J]. 草业学报, 2002, 11(3): 48- 54
- [9] 张金屯. 数学生态学 [M]. 北京: 科学出版社, 2004 243- 297
- [10] 范繁荣, 潘标志, 马祥庆, 等. 白桂木的种群结构和空间分布格局研究 [J]. 林业科学研究, 2008 21(2): 176- 181
- [11] Palmer M W. Fractal geometry: a tool for describing spatial patterns of plant communities [J]. Vegetation 1988 75: 91- 102
- [12] Harte J, Kinzig A, Green J. Self similarity in the distribution and abundance of species [J]. Science 1999 284(9): 334- 336
- [13] 张文辉, 祖元刚, 马克明. 裂叶沙参参与泡沙参种群分布格局分形特征的分析 [J]. 植物生态学报, 1999 23(1): 31- 39
- [14] 马克明, 祖元刚. 兴安落叶松种群格局的分形特征: 计盒维数 [J]. 植物研究, 2000 20(1): 104- 111
- [15] 马克明, 祖元刚. 兴安落叶松种群格局的分形特征——信息维数 [J]. 生态学报, 2000 20(2): 187- 192
- [16] 梁士楚. 云贵鹅耳枥种群分布格局的分形特征 [J]. 武汉植物学研究, 2001, 19(4): 263- 268
- [17] 郭志华, 肖文发, 蒋有绪. 海南岛植被景观的斑块特征 [J]. 林业科学, 2004, 40(2): 9- 15
- [18] 张立杰, 赵文智, 何志斌. 青海云杉 (*Picea crassifolia*) 种群格局的分形特征及其影响因素 [J]. 生态学报, 2008, 28(4): 1 383- 1 389
- [19] Mandelbrot B. How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractional dimension [J]. Science, 1967, 156: 636- 638
- [20] Bunnough P A. Fractal dimensions of landscapes and other environmental data [J]. Nature, 1981, 294 240- 242
- [21] Sugihara G, May R M. Application of fractals in ecology [J]. Tree, 1990, 5(3): 79- 86
- [22] Qaderi M M, Kurepin L V, Reid D M. Growth and physiological responses of canola (*Brassica napus*) to three components of global climate change: temperature, carbon dioxide and drought [J]. Physiologia Plantarum, 2006, 128: 710- 721
- [23] Cheptou P O, Berger A, Blanchard A, et al. The effect of drought stress on inbreeding depression in four populations of the Mediterranean outcrossing plant *Crepis sancta* (Asteraceae) [J]. Heredity, 2000 85: 294- 302
- [24] Gitlin A R, Shultz C M, Bowker M A, et al. Mortality gradients within and among dominant plant populations as barometers of ecosystem change during extreme drought [J]. Conservation Biology, 2006 20(5): 1 477- 1 486