

# 濒危植物矮牡丹无性系分株种群的结构

郑凤英<sup>1</sup>, 张金屯<sup>2</sup>, 上官铁梁<sup>2</sup>, 张峰<sup>2</sup>

(1. 中国科学院华南植物研究所, 广东 广州 510650; 2. 山西大学黄土高原研究所, 山西 太原 030006)

**摘要:** 矮牡丹(*Paeonia suffruticosa* Andr. var. *spontanea* Rehd.)无性系分株种群结构的研究结果表明: 7个样地矮牡丹的年龄结构可划分为4类: 强增长型、平缓增长型、稳定适应型和波动型, 前3类种群的数量动态符合负指数方程  $y = e^{a-bx}$ 。表现结构为单株高度不超过120 cm, 基径不超过2 cm。适宜生境为地带性顶极群落辽东栎林。

**关键词:** 濒危植物; 矮牡丹; 无性系分株种群结构

中图分类号: Q949.746.5; Q948.1 文献标识码: A 文章编号: 1004-0978(2001)01-0011-05

**The structure of *Paeonia suffruticosa* Andr. var. *spontanea* Rehd. clonal ramet population** ZHENG Feng-ying<sup>1</sup>, ZHANG Jin-tun<sup>2</sup>, SHANGGUAN Tie-liang<sup>2</sup>, ZHANG Feng<sup>2</sup> (1. South China Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 2. Institute of Loess Plateau, Shanxi University, Taiyuan 030006, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2001, 10(1): 11-15

**Abstract:** There are four types for age structure of *Paeonia suffruticosa* Andr. var. *spontanea* Rehd. population: swift increasing type, gently increasing type, stable and adapted type and unstable type. The population quantity trends of the former three types can be described by  $y = e^{a-bx}$ . The tallest plant is inferior to 120 cm and the basal diameter 2 cm. *Quercus liaotungensis* Koidz. forest is the most suitable community for *P. suffruticosa* var. *spontanea*.

**Key words:** endangered plant; *Paeonia suffruticosa* Andr. var. *spontanea* Rehd.; clonal ramet population structure

矮牡丹(*Paeonia suffruticosa* Andr. var. *spontanea* Rehd.)属毛茛科(Ranunculaceae)芍药属(*Paeonia* L.)植物<sup>[1]</sup>,为我国特有种,仅分布于山西稷山马家沟、永济水峪口、永澄,陕西延安万华山、华阴市二仙桥等地。矮牡丹具有一定的观赏价值,其根还可入药,是宝贵的花卉种质资源和优良的药材资源,而且是栽培牡丹的原始种之一,故在分类学上也具有重要地位<sup>[2]</sup>。由于自然植被的破坏和60年代的大量采掘,致使矮牡丹的分布范围日益缩小,目前已被列为国家三级保护植物<sup>[3]</sup>。关于矮牡丹的研究主要涉及分类学<sup>[1]</sup>和遗传学<sup>[4-6]</sup>,种群生态学等方面的研究尚不多见<sup>[7]</sup>。本文在对其种群生物量及分布格局研究的基础上<sup>[8,9]</sup>,对矮牡丹无性系分株种群结构进行了研究,旨在揭示不同生境下矮牡丹年龄、高度、基径的变化和群落演替对其生长的影响。

## 1 矮牡丹生境概况及研究方法

研究样地分别设在山西稷山县马家沟、永济市

水峪口。生境概况见文献<sup>[8]</sup>。

在不同生境的典型地段设置7个样地(表1),分别代表不同的生境或群落类型,每个样地内设1~3个样方,样方大小根据矮牡丹实际分布而定,面积一般在40~200 m<sup>2</sup>。逐株记录样方内每个无性系分株(ramet)的基径、高度和年龄,其中年龄以芽鳞痕数确定。同时记录土壤温度、透光率等环境因子数据,并在每个样地中进行群落学调查,确定群落类型。

## 2 结果和分析

### 2.1 矮牡丹无性系种群的年龄结构

2.1.1 静态生命表 据调查资料,以每2年为一龄级,编制7个样地的完整静态生命表,其中样地3的

收稿日期: 2000-09-11

基金项目: 国家自然科学基金重大项目(39391500)子课题

作者简介: 郑凤英(1972-),女,山西神池人,在读博士生,主要从事全球化下中国农业生态系统的响应情况研究。

表 1 7 个矮牡丹样地的环境条件

Table 1 The environmental conditions of 7 plots of *Paeonia suffruticosa* var. *spontanea*

样地号 No. of plots	地理位置 <sup>1)</sup> Geographical site <sup>1)</sup>	群落类型 <sup>2)</sup> Community type <sup>2)</sup>	地位 <sup>3)</sup> Position <sup>3)</sup> in community	盖度 Coverage in community (%)	海拔 Elevation (m)	坡度 Slope (°)	坡向 Aspect	土壤类型 <sup>4)</sup> Soil type <sup>4)</sup>	土壤厚度 Thickness of soil (cm)	土壤含水量 Moisture content (%)	透光率 Trans- parency (%)	群落总盖度 Total coverage of community
1	大阳凹 Dayang'ao (JM)	QL	C	10	1 250	45	W	THU	30.5	25.4	26	90
2	巧儿沟 Qiaoergou (JM)	QL+ QB	C	10	1 180	45	S	THU	14	14	5.8	95
3	大梁头 Daliangtou (JM)	QL	DS	50	1 720	25~30	W	THU	18.5	18.5	39.5	70
4	车辘 Cheyuan (JM)	BM	C	10	1 480	40~45	W	LHU	30	30	15.8	95
5	车辘 Cheyuan (JM)	BM	C	10	1 500	40~45	W	LHU	30	30	15.8	95
6	岭口 Lingkou (YS)	SP	C	10	1 000	75	W,SW	THU	10	10	21	80
7	柳沟 Liugou (YS)	QB	C	10	1 600	55~60	N,SW	THU	15	15	25	90

<sup>1)</sup> JM: 山西稷山马家沟村 Majiagou, Jishan, Shanxi Province; YS: 山西永济水峪口村 Shuiyukou, Yongji, Shanxi Province; <sup>2)</sup> QL: 灌木状辽东栎矮林 *Quercus liaotungensis* Koidz. forest; QL+ QB: 辽东栎+ 僵子栎林 *Quercus liaotungensis* + *Quercus baronii* Skan forest; BM: 杂木林 Broadleaf mixed forest; SP: 北京丁香灌丛 *Syringa pekinensis* Rupr. shrub; QB: 僵子栎林 *Quercus baronii* forest; <sup>3)</sup> C: 伴生种 companions; DS: 灌木层优势种 dominant of shrub layer; <sup>4)</sup> THU: 普通筒育干润淋溶土 Typ-Hap-Ustic luvisols; LHU: 石质筒育干润淋溶土 Lis-Cal-Ustic luvisols.

生命表见表 2。7 个样地中的死亡率均出现过负值, 说明矮牡丹种群更新不良, 有下一龄级个体数小于上一龄级个体数的现象。样地 3 中矮牡丹为灌木层优势种, 老龄植株竞争力较弱, 死亡率加大。样地 4、5 环境较差, 在一定程度上阻止了矮牡丹地下茎的延伸, 对无性繁殖不利, 所以这两个样地的种群幼株较少, 老株存活也不容易, 死亡高峰较前。1、2、6、7 样地环境居中, 矮牡丹盖度为 5%~10%, 还未达到自疏水平, 都在 7 年龄级死亡率最大。

2.1.2 年龄结构 依据 7 个样地的静态生命表, 以龄级 ( $x$ ) 为横轴, 存活比率 ( $S_x$ ) 为纵轴, 作出各样地种群的年龄结构直方图 (图 1)。

表 2 矮牡丹样地 3 静态生命表<sup>1)</sup>

Table 2 A static life-table of *Paeonia suffruticosa* var. *spontanea* in plot 3<sup>1)</sup>

X	$N_x$	$l_x$	$D_x$	$q_x$	$L_x$	$T_x$	$S_x$
1	9 200	1 000	570	57	715	1 530	49.2
2	3 956	430	170	39	345	815	21.1
3	2 392	260	-60	-23	290	470	12.3
4	2 944	320	300	93	170	180	15.4
5	184	20	20	100	10	10	5.0
6	0	0	0	0	0	0	0.9
7	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0

<sup>1)</sup> X: 龄级 age class;  $N_x$ : 各龄级存活株数 (株/hm<sup>2</sup>) number of survivor in x age class;  $l_x$ : 各龄级存活数标准化 standardize  $N_x$ ,  $l_x = (1 000 N_x) / N_1$ ;  $D_x$ : 各龄级死亡数标准化 standardization of number of mortality in x age class,  $D_x = l_{(x+1)} - l_x$ ;  $q_x$ : 各龄级死亡率 mortality rate in x age class,  $q_x = (D_x / l_x) \times 100\%$ ;  $L_x$ : x 到 x+1 龄级期间还存活的个体数 number of survivor from x to x+1 age class,  $L_x = [(l_x + l_{(x+1)}) / 2]$ ;  $T_x$ : x 龄级至超过 x 龄级的个体总数 total number from x age class,  $T_x = l_x + l_{x+1} + l_{x+2} + \dots + l_{x+n}$ ;  $S_x$ : 各龄级存活率 survival rate in x class,  $S_x = (N_x / \sum N) \times 100\%$

根据各样地矮牡丹无性系分株种群存活株数与龄级之间的关系, 样地 1、2、3、6、7 的种群动态符合负指数方程 (表 3), 其中,  $N$  为某年龄级存活的矮牡丹分株数,  $x$  为龄级。样地 4、5 不能用负指数方程来拟合。

表 3 各样地矮牡丹种群数量动态模拟方程

Table 3 The simulated equations of quantity tendency for *Paeonia suffruticosa* var. *spontanea* in plots

样地号 No. of plot	相关指数 Coefficient	模型方程 Model equation	自由度 df
1	-0.913***	$N = e^{(8.95 - 0.745x)}$	6
2	-0.893***	$N = e^{(8.83 - 0.856x)}$	5
3	-0.902**	$N = e^{(8.90 - 1.240x)}$	4
6	-0.686	$N = e^{(9.43 - 0.896x)}$	6
7	-0.825***	$N = e^{(8.75 - 0.733x)}$	8

\*\*\*  $P < 0.01$ ; \*\*  $P < 0.025$

依据年龄结构的特点, 将 7 个样地的矮牡丹无性系分株种群年龄结构分为 4 种类型:

A: 强增长型, 最大年龄不超过 12 年, 无性系分株幼株比例大, 年龄金字塔底宽顶尖, 分株种群的数量、分布密度都较大, 无性系处于旺盛增殖期, 如样地 3。B: 平缓增长型, 年龄结构仍呈金字塔形, 最大年龄超过 14 年, 幼龄和中龄分株发育均旺盛, 老龄分株亦有一定比例, 如样地 1。C: 稳定适应型, 年龄结构中凸两边凹, 中龄级分株比例大, 幼龄、老龄分株量相对较少, 如样地 2、6、7。D: 波动型, 依年龄结构差异, 又可细分为 D1 (始衰波动型): 幼龄分株成活率低, 出生率、死亡率随年份而波动<sup>[10]</sup>, 分布受地形影响强烈, 有衰亡可能, 如样地 4; D2 (适应波动型): 有相当数量幼龄分株, 有一定更新潜力, 年龄

结构不规则,如样地5。

### 2.2 矮牡丹无性系种群的表现结构

种群的表现结构(高度和基径)是种群个体实现自身生长发育机会的表达,是其在群落中的地位与作用的一种表现形式<sup>[11]</sup>。

2.2.1 高度结构 矮牡丹的无性系分株,由于发生时间和着生部位的不同以及所处的环境差异,从而在发育过程中每个分株实现其增长机会的表现不

同,首先反映在高度上,同时高度的分布也反映了种群个体在垂直空间的结构状况<sup>[12]</sup>。将调查数据以10 cm为一个高度级分别统计其分株数量,换算成相对数量,以高度级为横轴,相对数量为纵轴,作7个样地的高度结构图(图2),从图2中可见,除样地4、5外,其余样地中矮牡丹的高度集中在2、3高度级,即11~30 cm,最高为117 cm,最低为5 cm。矮牡丹在群落中一般处于灌木层的第二层。

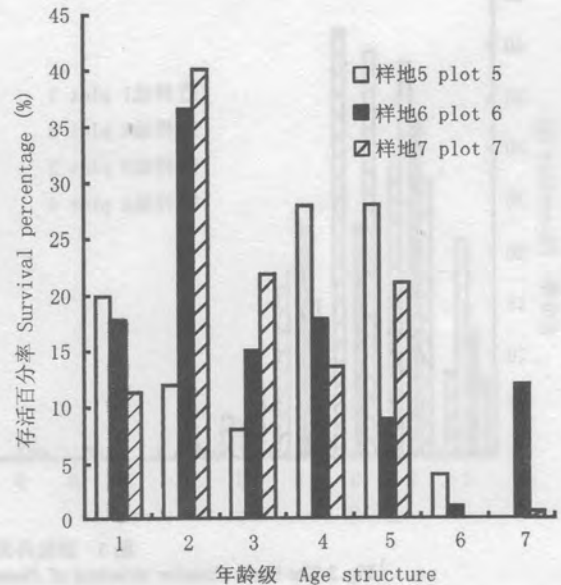
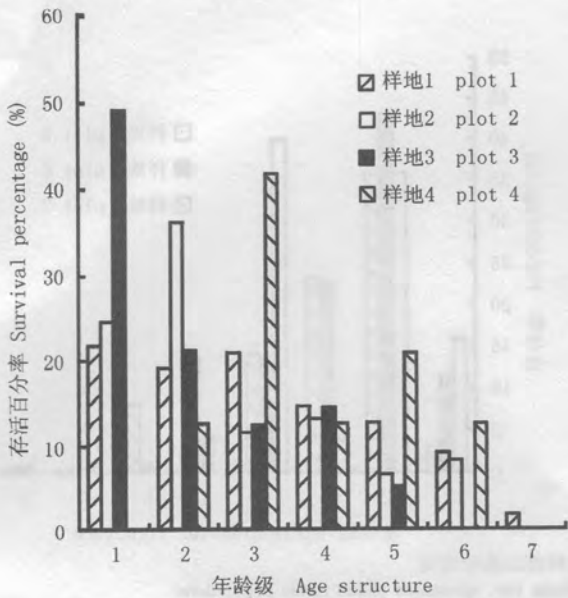


图1 矮牡丹无性系分株种群的年龄结构

Fig.1 The age structure of *Paeonia suffruticosa* var. *spontanea* clonal ramet populations

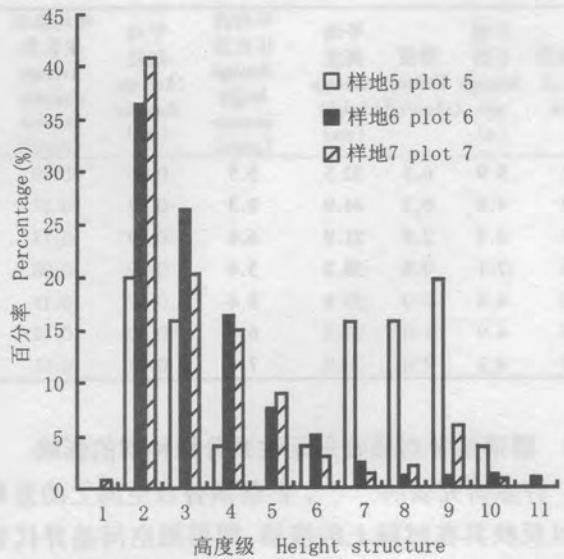
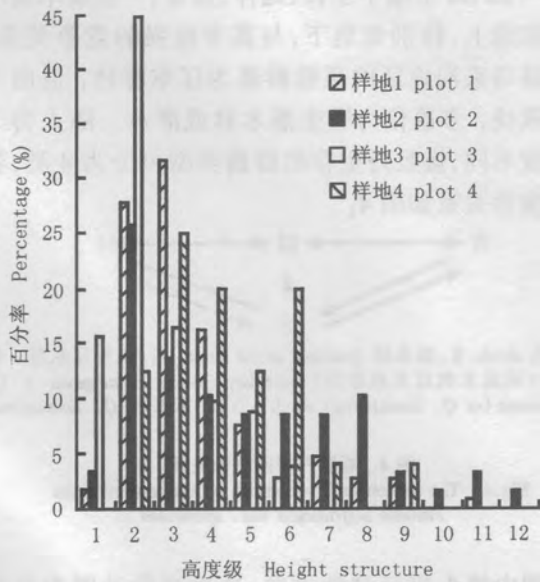


图2 矮牡丹无性系分株种群的高度结构

Fig.2 The height structure of *Paeonia suffruticosa* var. *spontanea* clonal ramet populations

2.2.2 基径结构 以0.2 cm为一个基径级,统计各样地矮牡丹的分株数,换算成相对数量,以基径级为横轴,相对数量为纵轴,作7个样地的基径结构图(图3)。与高度结构相似,除样地5外,大部分都集中在2、3基径级,且最粗为1.93 cm,最细为0.13 cm,可见,矮牡丹无性系分株在基径方面扩展较小。

7个样地矮牡丹无性系分株种群的平均高度、平

均基径以及年平均生长量是不同的(表4),即各无性系分株种群的高度结构和基径结构与年龄结构和生境条件有密切关系,与密度关系不大。样地4和样地5的平均年龄都较大,样地5生境条件相对较好,平均高度和平均基径都最大,而样地4生境不佳,土层薄,平均高度和平均基径都较小。样地1、2、3生境条件好,在表现结构上也占有优势。

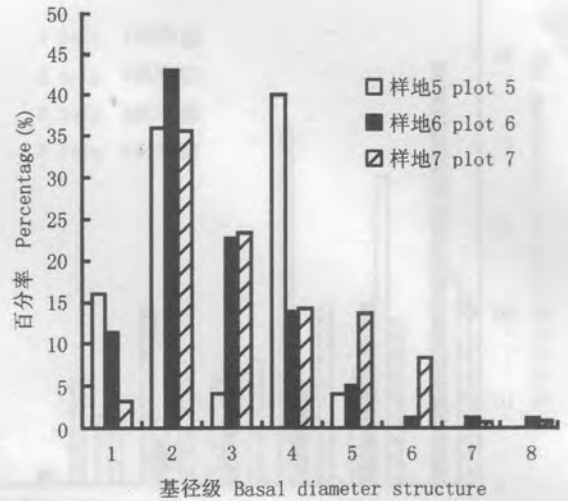
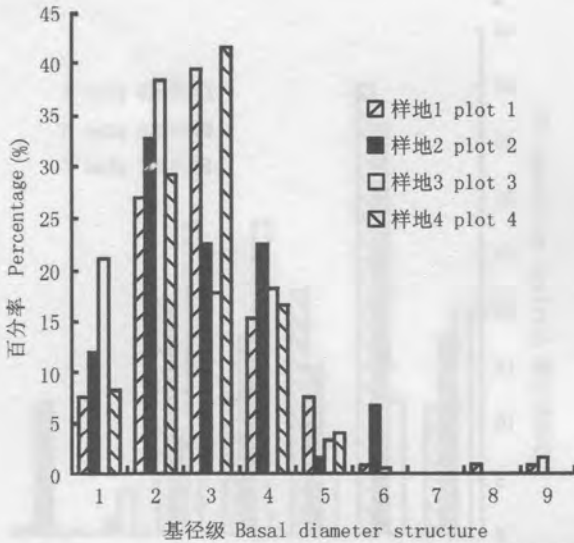


图3 矮牡丹无性系分株种群的基径结构  
Fig.3 The basal diameter structure of *Paonia suffruticosa* var. *spontanea* clonal ramet populations

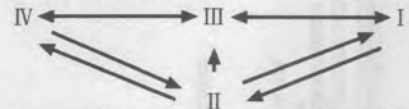
表4 7个样地矮牡丹种群平均高度和平均基径  
Table 4 The average height and basal diameter of *Paonia suffruticosa* var. *spontanea* in 7 plots

样地号 No. of plot	平均年龄 Average age (a)	密度 Density (plant/m <sup>2</sup> )	平均高度 Average height (cm)	年均高生长量 Average height increase (cm/a)	平均基径 Average diameter (cm)	年均基径生长量 Average diameter increase (cm/a)
1	5.9	0.3	32.5	5.5	0.56	0.09
2	4.8	0.3	44.9	9.3	0.57	0.12
3	3.4	2.8	21.9	6.4	0.49	0.14
4	7.1	0.6	38.2	5.4	0.59	0.08
5	6.4	4.0	53.8	8.4	0.68	0.11
6	4.9	1.0	31.3	6.4	0.60	0.12
7	4.2	2.0	30.9	7.4	0.45	0.11

2.3 群落演替对矮牡丹无性系分株种群的影响

许多研究表明<sup>[13-15]</sup>,群落演替在空间上的差异可以反映其在时间上的演替,即可用空间差异代替时间差异来研究群落的演替过程。样地1~5正是处在稷山县马家沟地区植物群落不同的演替阶段。矮牡丹喜阳光、温暖,宜生于土壤深厚、排水良好的

地段<sup>[7]</sup>,主要靠根蘖繁殖。据实地调查,根系最适于在15~35 cm土壤中生长、延伸、萌芽,一些灌木及小乔木在地上,特别是地下,与其有很强的竞争关系。稷山县马家沟地区的顶极群落为辽东栎林,但由于连年砍伐,多退化为矮生灌木林或灌丛。随人为干扰程度不同,矮牡丹生存的群落类型可分为4类,各群落演替关系如图4:



I:灌丛 shrub, II:杂木林 broadleaf mixed forest, III:次生辽东栎+僵子栎林(或灌木状辽东栎矮林) secondary *Quercus liaotungensis* + *Q. baronii* forest (or *Q. liaotungensis* shrub), IV:辽东栎林 *Q. liaotungensis* forest

图4 矮牡丹群落演替关系  
Fig.4 The succession relationship of four communities *Paonia suffruticosa* var. *spontanea*

图中箭头表示演替方向,这里演替动因为自然恢复演替和人为破坏逆向演替交替进行。目前以逆向演替为主,自然恢复因受人为影响而不明显。

透光率、群落盖度、群落类型、土壤厚度与矮牡丹无性系分株种群生长状态关系密切。群落Ⅳ分布于海拔较高、人为干扰小的地段,与矮牡丹有强竞争关系的灌木层不发达,林疏土厚,土质疏松,是马家沟地区最适宜矮牡丹生长的生境,故矮牡丹分布集中,根出芽率高,无性系聚块(patch)内无性系分株密度大,更新快,种群处于强增长势头。当辽东栎为主的乔木层遭破坏后,有的地段僵子栎、蒙椴(*Tilia mongolica* Maxim.)、槭树(*Acer* sp.)等树种取代辽东栎形成杂木林(群落Ⅱ),由于受地形和土质影响大,群落仍处于不稳定状态,其中的矮牡丹种群也属波动型。在其他地段,辽东栎、僵子栎则多萌生为灌木状,林下一些灌木适于这种人为干扰生境,矮牡丹生长受到一定程度的阻扰,但也能适应这种生境,种群呈平缓增长或稳定型(群落Ⅲ)。群落进一步受破坏,形成以灌木为建群种的群落(群落Ⅰ),建群种盖度大,致使矮牡丹对光的利用率降低,且这些灌木的根系与矮牡丹根系处于同一土壤层,与矮牡丹的竞争加强,使矮牡丹生存更为困难,只能成为群落偶见种。

### 3 讨论

Silvertown 认为对于多年生乔灌木,在一定情况下,可用“静态生命表”代替“动态生命表”研究其结构和动态。矮牡丹为多年生灌木,在整个生命周期中,主要以克隆方式进行生殖,增加无性系分株,由此而形成的群体,称为无性系分株种群<sup>[16]</sup>。不同生境下的种群差异主要表现在其年龄结构类型和表现结构上。矮牡丹无性系分株种群年龄结构可明显分为强增长型、平缓增长型、稳定适应型和波动型,反映在该生境下无性系分株种群的历史、生长潜力。

样地3的矮牡丹分株生长最好,即辽东栎林是矮牡丹生存适宜群落,随着生境的恶化和动荡,分株种群年龄分布重心由幼小向中壮至老壮推移,反映矮牡丹在适应生境变化中的能量分配策略。矮牡丹生存群落的逆向演替使该无性系分株种群向老龄方向发展。可见,环境的破坏是矮牡丹濒危的一个不可忽视的原因。

不同生境条件下,矮牡丹无性系分株种群表现结构有所不同,这是年龄结构差异和生存环境变化引起的。7个样地中矮牡丹分株平均高度为11.5~

53.8 cm, 平均基径为0.30~0.68 cm,说明矮牡丹的垂直空间扩展程度较小,一般为群落灌木层第二亚层。

比较而言,稷山马家沟地理位置较为偏僻,人为破坏相对较轻,更重要的是此处山势较缓,沟谷开阔,群落透光率较大,土壤持水力强,为矮牡丹的生长提供了较好的自然条件,所以此处矮牡丹分布最广,数量最多。永济水峪口山上多有采矿点,对植被破坏较大,且这里山势较陡,沟谷狭窄,群落透光率小,故矮牡丹在分布面积和数量上都不及前者。

### 参考文献

- [1] 洪涛, 张家勋, 李嘉钰. 中国野生牡丹研究(一)芍药属牡丹新分类群[J]. 植物研究, 1992, 12(3): 223-234.
- [2] 狄维忠, 王兆英. 陕西省第一批国家珍稀保护植物[M]. 西安: 西北大学出版社, 1989.
- [3] 傅立国主编. 中国植物红皮书——稀有濒危植物(第一册)[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [4] 于兆英, 李思锋, 周俊彦. 珍稀植物紫斑牡丹和矮牡丹核型分析[J]. 西北植物研究, 1987, 7(1): 12-16.
- [5] 邹喻苹, 汪小全, 雷一丁, 等. 几种濒危植物及其近缘类群总DNA的提取与鉴定[J]. 植物学报, 1994, 36(7): 528-533.
- [6] 裴颜龙, 邹喻萍, 尹 蓁. 矮牡丹与紫斑牡丹 RAPD 分析初报[J]. 植物分类学报, 1995, 33(4): 350-356.
- [7] 刘 康, 韦柳兰, 王开曦. 矮牡丹种群结构的研究[J]. 西北植物学报, 1995, 14(3): 232-236.
- [8] 上官铁梁, 郑凤英, 张金屯, 等. 濒危植物矮牡丹种群生物量的研究[J]. 应用与环境生物学报, 1998, 4(2): 120-125.
- [9] 郑凤英, 张金屯, 上官铁梁, 等. 濒危植物矮牡丹分布格局及其生存群落的数量分类[J]. 武汉植物学研究, 1998, 16(3): 255-262.
- [10] 王昱生. 关于无性系植物种群整合作用(Integration)研究的现状及其应用前景[J]. 生态学杂志, 1994, 13(2): 57-60.
- [11] Silvertown J W. Introduction to Plant Population Ecology [M]. New York: Longman Inc, 1992.
- [12] 王伯荪, 彭少麟. 植物种群学[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1995.
- [13] 张利权. 浙江省松阳县黄山松种群年龄结构与分布格局[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1990, 14(4): 328-334.
- [14] 梁士楚. 贵阳喀斯特山云贵鹅耳枥种群结构和动态[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1992, 16(2): 108-117.
- [15] 董 鸣. 缙云山马尾松种群年龄结构初步研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1987, 11(1): 50-58.
- [16] 刘 庆, 钟章成. 无性系植物种群生态学进展及有关概念[J]. 生态学杂志, 1995, 14(3): 40-45.

(责任编辑:惠 红)