

文章编号: 1001-4675(2007)01-0037-06

不同生境条件下软紫草 (*Arnebia euchroma*) 结实特性的差异

冯建菊^{1,2}, 谭敦炎¹

(1 新疆农业大学 林学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2 塔里木大学 植物科技学院, 新疆 阿拉尔 843300)

摘要: 对软紫草在自然生境及人工栽培条件下的结实结籽特性进行比较分析。结果表明: 软紫草不同居群、同一居群的不同生境以及同一生境的不同年份, 在结实特性上均表现出不同程度的差异。自然居群软紫草植株的花数、结实率、结1~2粒和3粒种子的花的频率分布、种子产量、结籽率及种子千粒重均远低于人工栽培居群, 彼此间存在极显著差异; 自然居群各样地植株的花数、结实率、结1粒和2粒种子的花的频率分布、种子产量及结籽率均表现为样地S1>样地S3>样地S2, 种子千粒重表现为样地S1>样地S2>样地S3, 其中, 结实率、种子产量、结籽率和种子千粒重在各样地间存在极显著差异。不同年份中, 自然居群样地S1植株的结实、结籽率无显著差异, 但花数、种子产量和种子千粒重存在极显著差异; 而栽培居群植株的花数、结实结籽率、单株种子产量存在极显著差异, 种子千粒重存在显著差异。

关键词: 软紫草 *Arnebia euchroma*; 花数; 结实率; 结籽特性; 生境

中图分类号: Q 949.4 **文献标识码:** A

植物的结实、结籽格局是种子植物生活史研究中的热点之一^[1~3]。目前, 对植物结实结籽特性的研究主要集中在果实与种子产生的生理学、产量的形成格局及结实结籽格局的进化等方面^[4,5]。在种子植物的生活史中, 结实特性不仅受内部遗传因素的控制, 同时还受到外部物理环境(如光照、温度、水分和土壤等)和生物环境(如传粉昆虫、捕食者及人为干扰等)的影响^[5]。因此, 研究植物结实结籽特性在不同生境的变化, 对于揭示种子植物的繁殖特性具有重要的理论意义。

软紫草 [*Arnebia euchroma* (Royle) Johnston] 属紫草科软紫草属, 多年生草本, 在中国仅分布于新疆及西藏西部, 生长在海拔 2 100~4 200 m 的砾石山坡、洪积扇、草原及草甸等处^[6]。该植物为传统的中药材, 其根中所含的紫草素及衍生物不仅具有显著的杀菌、抗炎、抗肿瘤和抗生育作用^[7], 而且还可作为天然色素, 广泛应用于化妆品、食品饮料及纺织等行业^[8]。在中国的药用紫草中, 软紫草的紫草素及衍生物含量为 2.019%, 远远高于其他紫草类药材, 且品质最佳^[9], 早在 1977 年即被《中华人民共和国药典》(第一部)收录为正品。目前, 软紫草已成为中国主要的商品紫草^[8,9]。多年来, 随着市场需求

的不断增长, 过度采挖, 致使其野生资源储量急剧减少。1996 年在国务院颁布的《中华人民共和国野生植物保护条例》中, 软紫草已被列为国家二级保护植物。要对该种群进行有效地保护与恢复, 必须对其繁殖生态学特性进行深入了解。本文对软紫草在自然生境及人工栽培条件下的结实情况进行了连续 2 年的观察, 比较了其在不同生境条件下的差异, 并初步分析了环境因子对其结实特性的影响, 以期为人种植提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 研究材料与区域

软紫草具镰状聚伞花序, 花多数, 两性, 雌蕊子房 4 裂, 小坚果宽卵形, 黑褐色。花期 5~6 月, 果期 6~8 月。由于该种具典型的二型花柱现象, 且 2 种植株在居群中近等值分布, 因此, 在观察时, 还参照 Casper^[10]的方法, 对每一居群的 2 种植株取基本相等的株数进行统计。

观测区域位于新疆乌鲁木齐市后峡的乌鲁木齐市河河谷两岸。该地属天山北坡中山带, 海拔 2 100~2 450 m, 地理坐标 87°06'~87°07'E, 43°08'~43°12'

收稿日期: 2006-03-13; 修订日期: 2006-08-06

基金项目: 国家自然科学基金(90302004, 30460029)及新疆高校科研计划(XJEDU2004123)

作者简介: 冯建菊(1973-), 女, 山东人, 在读硕士生, 主要从事植物生殖生态学研究。E-mail: fengjianju@126.com

通讯作者: 谭敦炎。E-mail: tandunyan@163.com

N, 属大陆性山地气候, 降水量约为 500 mm。根据研究目的, 选择了 1 个自然居群和 1 个人工栽培居群, 且在自然居群中根据微生境的差异设置了 3 个

样地进行详细观测及比较分析。观测点的生境特点见表 1。

表 1 各观测点的自然条件

Tab. 1 Natural conditions at different observation sites

居群类型	样地编号	海拔/m	坡向	土壤类型	植被类型	光照
自然居群	S1	2 400~2 450	西坡	山地草原土	草原	充足
	S2	2 300~2 400	北坡	灰褐色森林土	森林	弱
	S3	2 350	东坡	山地灰钙土	草原	充足
栽培居群	S4	2 139	—	河滩草甸土	草甸	充足

从表 1 可以看出, 自然居群的 S2 和 S3 相邻但坡向不同, S1 和 S2, S3 间相距约 200 m; 人工栽培居群与自然居群相距约 9 km, 其种子来源于距该自然居群约 200 km 的和静县巴音布鲁克草原。

1.2 研究方法

1.2.1 统计标准的界定 软紫草花中的雌蕊由 2 个心皮组成, 子房 4 裂, 每裂瓣含 1 胚珠, 并可发育成 1 个小坚果。理论上每花可结 4 个小坚果, 但观察结果表明, 该植物每花的胚珠并不都能发育成熟, 而是表现为结 0, 1, 2, 3 和 4 个小坚果, 每个小坚果仅含 1 粒种子, 且果皮与种皮不易分离。为便于统计分析, 笔者将小坚果称为种子, 每朵花中结 1 个以上小坚果的均视为结实。其结实率 = 每株结种子的花数 / 每株总花数 $\times 100\%$, 结实率 = 每株结种子数 / (每株总花数 $\times 4$) $\times 100\%$ 。

1.2.2 结实结籽特性的统计

(1) 结实率与结籽情况的统计: 2004 年和 2005 年 5 月下旬至 8 月上旬果实成熟未脱落前, 对 4 个样地中进入生殖生长的植株数、每植株的花数、结实花数、每花结籽数及种子产量进行统计, 并对其均值和标准差进行计算, 分析在不同样地、不同居群及年份间的差异显著性。同时参照 Casper^[11, 12]的方法, 统计各样地所观察花中结 0, 1, 2, 3, 4 粒种子的花的频率分布。由于自然居群 S2 和 S3 在 2005 年受到放牧破坏, 故仅对 S1 和 S4 进行年度统计。

(2) 种子大小的测定: 对 2004 年和 2005 年所观测的 4 个样地中软紫草植株所结的种子分别进行测量和统计, 包括种子千粒重、种子纵径和横径 2 个指标。种子千粒重采用百粒法, 用 BS 210S (max 210 g, $d = 0.1$ mg) 电子天平称量; 种子纵径和横径用游标卡尺 (GB/T 1214 型, 150 mm \times 0.02 mm) 测量, 每个样地随机测 60 粒种子。

1.2.3 数据分析 用 SPSS 11.5 统计软件对软紫草植株的花数、结实结籽率、种子产量及种子大小的均值和标准差进行计算, 并对有关数据进行单因素

方差分析 (One-way ANOVA) 和 LSD 多重比较 (LSD multi-comparison)。

2 结果

2.1 结实特点

2.1.1 自然居群各样地的结实特点 软紫草单株花数和结实率在自然居群的 3 个样地间均表现为 $S1 > S3 > S2$; 单株花数在样地 S1 和 S2 间存在极显著差异, 而在样地 S3 与样地 S1 和 S2 间无显著差异; 结实率在样地间存在极显著差异 (表 2)。

表 2 自然居群 3 个样地软紫草单株花数与结实率统计分析 (2004 年)

Tab. 2 Statistic results of the flower numbers and fruiting rates of *A. euchroma* in 3 plots of natural population in 2004

样地	观察株数	单株花数	结实率/%
S1	60	43.24 \pm 26.51Aa	40.84 \pm 25.30Aa
S2	94	18.35 \pm 10.15Bb	17.73 \pm 17.70Bb
S3	90	30.98 \pm 22.66ABab	27.16 \pm 20.74Cc

注: 同一列小写字母 (a, b, c) 表示样地间差异显著 ($P < 0.05$); 同一列大写字母 (A, B, C) 表示样地间差异极显著 ($P < 0.01$), 下同。

2.1.2 自然居群与栽培居群结实特点比较 栽培居群软紫草的单株花数和结实率均高于自然居群, 且存在极显著差异 (表 3)。

表 3 自然居群与栽培居群软紫草单株花数与结实率比较分析 (2004 年)

Tab. 3 Compared results of the flower numbers and fruiting rates of *A. euchroma* between natural population and artificial population in 2004

居群类型	观察株数	单株花数	结实率/%
自然居群	244	29.07 \pm 22.17	26.83 \pm 22.66
栽培居群	52	47.02 \pm 37.57	70.42 \pm 20.67
<i>F</i>	—	21.17 **	163.27 **
<i>P</i>	—	0.00	0.00

注: ** 极显著 ($P < 0.01$)。

2.1.3 不同年份结实特点比较 自然居群样地 S1 软紫草的单株花数在 2 年间存在极显著差异, 而结实率无显著差异; 栽培居群样地 S4 软紫草的单株花数和结实率在 2 年间均存在极显著差异(表 4)。

表 4 2004 年与 2005 年软紫草单株花数与结实率比较分析

Tab. 4 Compared results of the flower number and fruiting rate of single plant of *A. euchroma* between 2004 and 2005

居群类型	样地	年份	观察株数	单株花数	结实率/%
自然居群	S1	2004	60	43.24±26.51	40.84±25.30
		2005	74	23.49±13.55	41.12±26.67
	<i>F</i>	—	30.98**	0.00	
	<i>P</i>	—	0.00	ns	
栽培居群	S4	2004	52	47.02±37.57	70.42±20.67
		2005	50	130.87±124.81	56.79±18.25
	<i>F</i>	—	21.35**	11.98**	
	<i>P</i>	—	0.00	0.00	

注: ns 不显著, ** 极显著 ($P < 0.01$), 下同。

2.2 结籽特性

2.2.1 种子产量与结籽率

(1) 不同种子成熟数的花的频率分布。2004 年自然居群 3 个样地中, 软紫草不结籽的花的频率分布最高, 结 1 粒籽的次之, 结 2 粒籽的仅出现在 S1 的极少数花中, 没有结 3 粒和 4 粒籽的花; 而在栽培居群中, 结 1 粒籽的花的频率分布最高、不结籽的花次之, 结 2 粒籽的再次, 结 3 粒籽的极少, 没有结 4 粒籽的花, 且不结籽的花的频率分布明显低于自然居群各样地, 结 2 粒和 3 粒籽的花频率分布明显高于自然居群各样地(图 1)。

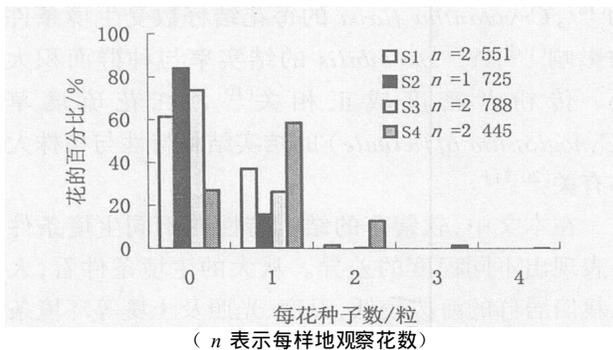


图 1 软紫草成熟不同种子数的花的频率

Fig. 1 Frequency distribution of flowers with different mature seeds of *A. euchroma*

(2) 自然居群各样地的种子产量与结籽率。软紫草种子产量和结籽率在自然居群的 3 个样地间均表现为 $S1 > S3 > S2$, 且各样地间均存在极显著差异

(表 5)。

表 5 自然居群 3 个样地软紫草种子产量和结籽率统计分析(2004 年)

Tab. 5 Statistic results of seed yields and seed setting rates of *A. euchroma* in 3 plots of natural population in 2004

样地	观察株数	单株种子产量/粒	结籽率/%
S1	60	17.53±15.35Aa	10.66±6.84Aa
S2	94	2.95±2.82Bb	4.77±4.53Bb
S3	90	8.33±7.89Cc	7.08±5.36Cc

(3) 自然居群与栽培居群种子产量与结籽率比较。栽培居群软紫草的种子产量和结籽率均高于自然居群, 且均存在极显著差异(表 6)。

表 6 自然居群与栽培居群软紫草种子产量与结籽率比较分析(2004 年)

Tab. 6 Compared results of seed yields and seed setting rates of *A. euchroma* between natural population and artificial population in 2004

居群类型	观察株数	种子产量/粒	结籽率/%
自然居群	244	8.48±10.69	7.05±5.91
栽培居群	52	41.81±35.14	22.19±8.87
<i>F</i>	—	153.80**	230.98**
<i>P</i>	—	0.00	0.00

(4) 不同年份种子产量与结籽率比较。2005 年, 自然居群样地 S1 软紫草的种子产量显著低于 2004 年, 2 年间存在极显著差异, 而结籽率高于 2004 年且无显著差异; 栽培居群样地 S4 软紫草的种子产量和结籽率均高于 2004 年, 且均存在极显著差异(表 7)。

表 7 2004 年与 2005 年软紫草种子产量与结籽率比较分析

Tab. 7 Compared results of seed yields and seed setting rates of *A. euchroma* between 2004 and 2005

居群类型	样地	年份	观察株数	种子产量/粒	结籽率/%
自然居群	S1	2004	60	17.53±15.35	10.66±6.84
		2005	74	10.24±9.11	11.01±7.58
	<i>F</i>	—	11.57**	0.08	
	<i>P</i>	—	0.00	ns	
栽培居群	S4	2004	52	41.81±35.14	22.19±8.87
		2005	50	226.57±213.14	41.88±6.20
	<i>F</i>	—	37.98**	160.61**	
	<i>P</i>	—	0.00	0.00	

2.2.2 种子大小

(1) 自然居群各样地的种子大小。软紫草种子千粒重和种子纵径在自然居群的 3 个样地间均表现为 $S_1 > S_2 > S_3$, 且各样地间存在极显著差异; 种子横径表现为 $S_2 > S_1 > S_3$, 在 S_1 与 S_2 间无显著差异, 在 S_1, S_2 与 S_3 之间存在显著差异(表 8)。

表 8 自然居群 3 个样地软紫草种子大小统计分析(2004 年)

Tab. 8 Statistic results of seed size of *A. euchroma* in 3 plots of natural population in 2004

样地	种子千粒重/g	种子纵径/mm	种子横径/mm
S1	9.80±0.33Aa	4.19±0.42Aa	2.88±0.26Aa
S2	9.22±0.44Bb	4.00±0.31Bb	2.90±0.27Aa
S3	7.10±0.40Cc	3.75±0.38Cc	2.60±0.28Bb

(2) 自然居群与栽培居群种子大小比较。栽培居群软紫草的种子千粒重、种子纵径和横径均高于自然居群, 且在两居群间种子千粒重和种子横径存

在极显著差异, 而种子纵径没有显著差异(表 9)。

表 9 自然居群与栽培居群软紫草单株种子大小比较分析(2004 年)

Tab. 9 Compared results of seed size of *A. euchroma* between natural population and artificial population in 2004

居群类型	种子千粒重/g	种子纵径/mm	种子横径/mm
自然居群	8.71±1.23	3.98±0.41	2.79±0.30
栽培居群	11.32±0.27	4.06±0.30	3.05±0.25
<i>F</i>	69.84 **	2.02	35.67 **
<i>P</i>	0.00	ns	0.00

(3) 不同年份种子大小比较。2005 年, 自然居群样地 S_1 软紫草的种子千粒重显著高于 2004 年, 2 年间存在极显著差异, 而种子纵径和横径在 2 年间无显著差异; 栽培居群样地 S_4 软紫草的种子千粒重显著低于 2004 年, 两年间存在显著差异, 而种子纵径和横径无显著差异(表 10)。

表 10 2004 年与 2005 年软紫草种子大小比较分析

Tab. 10 Compared results of seed size of *A. euchroma* between 2004 and 2005

居群类型	样地	年份	种子千粒重/g	种子纵径/mm	种子横径/mm
自然居群	S1	2004	9.80±0.33	4.19±0.42	2.88±0.26
		2005	10.31±0.60	4.16±0.43	2.87±0.39
		<i>F</i>	8.82 **	0.24	0.04
		<i>P</i>	0.01	ns	ns
栽培居群	S4	2004	11.32±0.27	4.06±0.30	3.03±0.25
		2005	10.86±0.69	4.19±0.44	3.03±0.22
		<i>F</i>	6.15 *	3.51	0.01
		<i>P</i>	0.02	ns	ns

注: ns 不显著, * 显著 ($P < 0.05$), ** 极显著 ($P < 0.01$)。

3 讨论

植物的结实结籽特性是植物生活史中的一个重要特征, 它明显受地理位置、生境和年份的影响^[1, 13-14]。不同地理位置的海拔、气候、土壤、生物及地形等生境条件存在差异, 因而在自然条件下, 同种植物的不同居群、同一居群的不同个体以及不同年份间不仅结实结籽率可能表现不同^[1], 而且种子大小也可能存在显著差异^[15-17]。对多年生植物来说, 果实及种子产量不仅受当年生态因子的影响, 还受前一年或前几年储藏养分的影响, 从而表现出年份间的波动^[1]。在紫草科植物中, 环境因子对结实结籽特性的影响已在一些类群中进行了报道: 如 *Amsinckia grandiflora* 的种子产量随环境条件而波动^[18], *Cryptantha flava* 的每花结籽数受生境条件

的影响^[10], *A. spectabilis* 的结实率与种群面积大小、传粉者密度成正相关^[19], 红花琉璃草 (*Cynoglossum officinale*) 的结实结籽特性与植株大小有关^[20, 21]。

在本文中, 软紫草的结实特性在不同生境条件下表现出不同程度的差异。从大的生境条件看, 人工栽培居群的海拔较低, 温度、光照及土壤等环境条件均比自然居群好, 有利于软紫草的生长发育和繁殖。同时, 由于其植株密度大, 开花时花的密度也大, 花展示 (flower display) 的群体效果能吸引更多的传粉昆虫进行传粉, 因而, 其植株的结实率、结 1, 2 和 3 粒种子的花的频率分布、单株种子产量、结籽率及种子千粒重均远高于自然居群(图 1、表 3、表 6 和表 9)。而在自然居群的 3 个样地中, 植株的结实率、结 1 粒和 2 粒种子花的频率分布和单株种子产

量及结籽率均表现为 $S1 > S3 > S2$ (图 1、表 2 和表 5), 种子千粒重表现为 $S1 > S2 > S3$ (表 8), 这些特点说明, 各样地生境条件的差异对软紫草的结实特性也具有较大的影响。3 个样地虽然海拔高度差异不大, 但其坡向不同, 土壤及光照等环境条件差异明显 (表 1)。其中, $S1$ 位于河谷东岸的草原上, 土壤及光照条件好, 适合软紫草的生长与繁殖, 因而, 其植株的结实率、结 1 粒和 2 粒种子的花的频率分布、单株种子产量、结籽率以及种子千粒重最高; $S2$ 位于桦木林下, 光照弱、湿度大, 环境阴凉, 不利于传粉昆虫的活动, 因此, 其植株的结实率、结 1 粒和 2 粒种子的花的频率分布、单株种子产量及结籽率最低。但由于其森林土壤较肥沃, 能为植株生长与种子发育提供较充足的养分, 因而, 其种子千粒重较高; $S3$ 地势较平缓, 光照条件最好, 传粉昆虫的数量及其活动较多, 但土壤较其它 2 个样地贫瘠、干旱, 无法为植株生长繁殖提供足够的营养和水分, 因而, 其植株较其它样地的矮小, 结实率、结 1 粒和 2 粒种子的花的频率分布、单株种子产量及结籽率较 $S1$ 低, 且种子千粒重最低。此外, 在不同年份间, 自然居群 $S1$ 植株的结实率和结籽率无显著差异, 但单株种子产量和种子千粒重存在显著差异, 而栽培居群 $S4$ 植株的结实率、单株种子产量、结籽率及种子千粒重均存在显著差异 (表 4、表 7 和表 10), 这些特点可能与其植株年龄、不同年份植株开花结实时的光照条件、降水情况、环境温度及传粉媒介的多少等植株可供利用的资源有关。在单个植株总资源量有限的前提下, 其结实率、种子大小与数量、结籽率之间存在着权衡^[22, 23]。但究竟哪些因子对其结实特性的影响较大, 还有待于进一步研究。

致谢: 感谢中国科学院天山冰川站李忠勤站长及全体工作人员在试验过程中的大力支持和帮助。

参考文献 (References):

- [1] Stephenson A G. Flower and fruit abortion: Proximate causes and ultimate functions [J]. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 1981, 12: 253-279.
- [2] Hossaert M, Vaëro M. Effect of ovule position in the pod on patterns of seed formation in two species of *Lathyrus* (Leguminosae; Papilionoideae) [J]. *American Journal of Botany*, 1988, 75: 1714-1731.
- [3] Gómez J M, Zamora R. Factors affecting intrafruit pattern of ovule abortion and seed production in *Hormathophylla spinosa* (Cruciferae) [J]. *Plant Systematics and Evolution*, 2003, 239: 215-229.
- [4] Lee T D. Patterns of fruit and seed production [A]. Lovett-Doust J, Lovett-Doust L. *Plant Reproductive Ecology* [C]. New York: Oxford University Press, 1988. 179-202.
- [5] 方炎明. 植物生殖生态学 [M]. 济南: 山东大学出版社, 1996. 18-21, 132-147. [Fang Y M. *Plant Reproductive Ecology* [M]. Jinan: Shandong University Press, 1996. 18-21, 132-147.]
- [6] 王文采, 刘玉兰, 朱格麟, 等. 中国植物志 [64 (2)] [M]. 北京: 科学出版社, 1989. 43-44. [Wang W T, Liu Y L, Zhu G L, et al. *Flora Republicae Popularis Sinicae* [Tomus 64 (2)] [M]. Beijing: Science Press, 1989. 43-44.]
- [7] 高菊红. 紫草的资源、化学、药理和临床研究概况 [J]. *中草药*, 1986, 17(6): 28-31. [Gao J H. Survey in the resources, chemistry, pharmacology and clinic from *Arnebia euchroma* [J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 1986, 17(6): 28-31.]
- [8] 葛锋, 王晓东, 王玉春. 药用紫草的研究进展 [J]. *中草药*, 2003, 34(9): 6-10. [Ge F, Wang X D, Wang Y C. Advances in studies on medicinal Radix *Arnebiae* Seu *Lithhospemi* [J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2003, 34(9): 6-10.]
- [9] 郑明新, 李佳政. 紫草 [M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1984. [Zheng M X, Li J Z. *Zicao* [M]. Urumqi: Xingjiang People Press 1984.]
- [10] Casper B B. On the evolution of embryo abortion in the herbaceous perennial *Cryptantha flava* [J]. *Evolution*, 1984, 38: 1337-1349.
- [11] Casper B B, Wiens D. Fixed rates of random ovule abortion in *Cryptantha flava* (Boraginaceae) and its possible relation to seed dispersal [J]. *Ecology*, 1981, 62(3): 866-869.
- [12] Casper B B. The efficiency of pollen transfer and rates embryo initiation in *Cryptantha* (Boraginaceae) [J]. *Oecologia* (Berlin), 1983, 59: 262-268.
- [13] Susko D J, Lovett-Doust L. Variable patterns of seed maturation and abortion in *Alliaria petiolata* (Brassicaceae) [J]. *Canadian Journal of Botany*, 1998, 76: 1677-1686.
- [14] 刘左军, 杜国桢, 陈家宽, 等. 影响黄帚囊吾种子生产的因素 I. 生境和花序结构 [J]. *植物生态学报*, 2003, 27(5): 677-683. [Liu Z J, Du G Z, Chen J K, et al. Factors influencing seed production in *Ligularia virgaurea* I. habitat and architecture of inflorescence [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2003, 27(5): 677-683.]
- [15] Thompson J N. Variation among individual seed masses in *Lomatium grayi* (Umbelliferae) under controlled conditions: magnitude and partitioning of the variance [J]. *Ecology*, 1984, 65: 626-631.
- [16] Westoby M, Jurado E, Leishman M. Comparative evolutionary ecology of seed sizes [J]. *Trends in Ecology and Evolution*, 1992, 7: 368-372.
- [17] Janzen D H. Variation in seed size within a crop of a Costa Rican *Mucuna andreaana* (Leguminosae) [J]. *American Journal of Botany*, 1977, 64: 347-349.

- [18] Weller S G, Ornduff R. Pollen tube growth and inbreeding depression in *Amsinckia grandiflora* (Boraginaceae) [J]. American Journal of Botany, 1991, 78: 801–804.
- [19] Ganders F R. Heterostyly, homostyly, and fecundity in *Amsinckia spectabilis* (Boraginaceae) [J]. Madroño, 1975, 23: 56–62.
- [20] Klinkhamer P G L, de Jong T J. Plant size and seed production in the monocarpic perennial *Cynoglossum officinale* L. [J]. New Phytologist, 1987, 106: 773–783.
- [21] Klinkhamer P G L, de Jong T J, Bruyn G. Plant size and pollinator visitation in *Cynoglossum officinale* [J]. Oikos, 1989, 54: 201–204.
- [22] Smith C C, Fretwell S D. Hedging one's evolutionary bets [J]. Nature, 1974, 250: 704–705.
- [23] Lloyd D G. Selection of offspring size at independence and other size-versus-number strategies [J]. American Naturalist, 1987, 129: 800–817.

The Differences on Fruiting Characteristics of *Arnebia euchroma* (Boraginaceae) in Different Habitats

FENG Jian-ju^{1, 2}, TAN Dun-yan¹

(1. College of Forestry Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;
2. College of Plant Science and Technology, Tarim University, Aral 843300, Xinjiang, China)

Abstract: The fruiting and seed-set characteristics on *Arnebia euchroma* (Royle) Johnst (Boraginaceae) in natural habitat and artificial population were compared in this article. The results showed that the fruiting characteristics of *A. euchroma* had some differences between natural and artificial population, among different habitats of natural population and between different years in the same habitats, and the habitat factors had obvious influence on the fruiting and seed-set characteristics of *A. euchroma*. The flower numbers, fruiting rate, seed-set rate and seed yield per plant, the frequency distribution of flowers producing one, two or three seeds, and 1 000-seed weight were far lower in natural habitat than that in artificial population and there was extremely significant difference between them. In natural population, it appeared $S1 \triangleright S3 \triangleright S2$ in the flower numbers, fruiting rate, seed-set rate and seed yield per plant, frequency distribution of flowers producing one and two seeds, and $S1 \triangleright S2 \triangleright S3$ in 1 000-seed weight and there were extremely significant differences in fruiting rate, seed-set rate, seed yield and 1 000-seed weight among them in 2004. In S1 of natural population, there was no significant difference in the fruiting rate and seed-set rate and extremely significant differences in the flower numbers, seed yield and 1 000-seed weight between 2004 and 2005, but there were extremely significant differences in the flower numbers, fruiting rate, seed-set rate, seed yield and significant difference in 1 000-seed weight in artificial population between them.

Key words: *Arnebia euchroma*; flower numbers; fruiting rate; seed-set characteristics; habitat.