

海拔对贺兰山蒙古扁桃不同花柱型花比例和表型性状的影响

刘 星^{a,b,c}, 李国旗^{a,b,c,①}

(宁夏大学: a. 生态环境学院, b. 西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室,
c. 西北土地退化与生态恢复国家重点实验室培育基地, 宁夏 银川 750021)

摘要: 对贺兰山汝箕沟阳坡海拔 1 600~1 900 m 的蒙古扁桃(*Amygdalus mongolica* (Maxim.) Ricker) 3 种花柱型花的比例和表型性状进行比较, 并对这些指标与海拔进行 Pearson 相关性分析。结果显示: 海拔 1 700 m 的蒙古扁桃 3 种花柱型花比例差异较大, 其余海拔 3 种花柱型花比例差异较小, 且不同花柱型花比例与海拔的相关性不显著 ($P>0.05$)。3 种花柱型花的表型性状中, 仅海拔 1 900 m 的长花柱型花单花质量显著 ($P<0.05$) 高于海拔 1 700 m, 中花柱型花雌雄异位程度显著低于海拔 1 600 和 1 800 m, 短花柱型花雌蕊长显著高于海拔 1 600 和 1 800 m, 雌雄异位程度显著低于海拔 1 600 和 1 700 m; 海拔 1 800 m 的短花柱型花雄蕊长显著低于海拔 1 600 和 1 700 m。相关性分析结果表明: 仅长花柱型花单花质量以及中花柱型花和短花柱型花的雌雄异位程度与海拔显著相关, 相关系数分别为 0.459、-0.525 和 -0.427。结果显示: 海拔对蒙古扁桃不同花柱型花的比例和表型性状影响较小, 仅对长花柱型花单花质量以及中花柱型花和短花柱型花的雌雄异位程度有较大影响。

关键词: 蒙古扁桃; 三型花柱; 海拔; 表型性状; Pearson 相关性分析

中图分类号: Q946; R284.1; S682.1⁺9 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2022)02-0091-03

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2022.02.12

Effects of elevation on percentages and phenotypic traits of different style types of flowers of *Amygdalus mongolica* in Helan Mountain LIU Xing^{a,b,c}, LI Guoqi^{a,b,c,①} (Ningxia University: a. College of Ecology and Environment, b. Ministry of Education Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem in Northwest China, c. Breeding Base for State Key Laboratory of Land Degradation and Ecological Restoration in Northwest China, Yinchuan 750021, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2022, 31(2): 91-93

Abstract: Percentages and phenotypic traits of three style types of flowers of *Amygdalus mongolica* (Maxim.) Ricker at the elevation of 1 600-1 900 m in sunny slope of Rujigou in Helan Mountain were compared, and Pearson correlation analysis of these indexes with elevation was performed. The results show that the difference in percentages of three style types of flowers of *A. mongolica* at the elevation of 1 700 m is the largest, while those at the other elevations are relatively small, and the correlations between percentages of different style types of flowers and elevation are not significant ($P>0.05$). Among the phenotypic traits of three style types of flowers, only single flower mass of long style type of flower at the elevation of 1 900 m is significantly ($P<0.05$) higher than that at the elevation of 1 700 m, heteroecious degree of middle style type of flower is significantly lower than those at the elevation of 1 600 and 1 800 m, pistil length of short style type of flower is significantly higher than those at the elevation of 1 600 and 1 800 m, and heteroecious degree is significantly lower than those at the elevation of 1 600 and 1 700 m; stamen length of short style type of flower at the elevation of 1 800 m is significantly lower than those at the elevation of 1 600 and 1 700 m. The correlation analysis result shows that only single flower mass of long style type of flower and heteroecious degree of middle style type of flower and short style type of flower significantly correlate with elevation, and the correlation coefficients are 0.459, -0.525, and -0.427, respectively. It is suggested that elevation has a little effect on percentages and phenotypic traits of different style types of flowers of *A. mongolica*, and only has a relatively large effect on single flower mass of long style type of flower and heteroecious degree of middle style type of flower and short style type of flower.

Key words: *Amygdalus mongolica* (Maxim.) Ricker; tristily; elevation; phenotypic trait; Pearson correlation analysis

异型花柱指同种被子植物两性花的雄蕊和柱头位置在不同个体上出现雌雄异位, 可根据花柱与雄蕊的相对高度将花柱分成二型花柱 (distyly) 和三型花柱 (tristyly)^[1,2]。研究表

明: 异型花柱有利于提高异型花间的传粉概率^[3], 促进传粉精确性^[4,5]。蒙古扁桃 [*Amygdalus mongolica* (Maxim.) Ricker] 为专性异交植物, 花柱类型属于三型花柱, 植株同时存在长花

收稿日期: 2021-10-26

基金项目: 中央引导地方科技发展专项

作者简介: 刘 星 (1993—), 女, 山西吕梁人, 硕士研究生, 主要从事植物种群生态研究。

①通信作者 E-mail: guoqilee@163.com

引用格式: 刘 星, 李国旗. 海拔对贺兰山蒙古扁桃不同花柱型花比例和表型性状的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2022, 31(2): 91-93.

柱型花、中花柱型花和短花柱型花,其中,短花柱型花不可育,中花柱型花和长花柱型花均可育^[6,7]。

贺兰山是中国一条重要的自然地理分界线,垂直气候带明显。已有研究发现,海拔对植物表型具有较大影响^[8,9]。为了探明海拔对蒙古扁桃不同花柱型花比例和表型性状的影响,作者对贺兰山汝箕沟阳坡海拔1 600~1 900 m的蒙古扁桃3种花柱型花的比例和表型性状进行了比较,以期初步了解蒙古扁桃表型对不同海拔条件的适应性。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

贺兰山是温带荒漠草原与荒漠、季风气候和非季风气候的分界线,全年干旱少雨,气候变化明显,年均温-0.8℃,年均降水量200~400 mm,年均蒸发量2 000 mm,年均无霜期170 d。土壤为山地灰钙土。在海拔1 600~2 000 m区域分布有大面积的蒙古扁桃灌丛^[10,11]。

1.2 研究方法

1.2.1 样品采集 于2021年4月上旬分别在贺兰山汝箕沟阳坡海拔1 600、1 700、1 800和1 900 m蒙古扁桃长势良好且无明显病虫害的区域设置样方,每个海拔4个样方,面积均为3 m×3 m。每个样方随机选5株蒙古扁桃,每株选1朵即将开放的花,立即用体积分数70% FAA 固定液[V(体积分数70%乙醇):V(甲醛):V(乙酸)=90:5:5]固定。

1.2.2 花表型性状测量 在OLYMPUS-vts500解剖镜(日本Olympus公司)下对每朵花进行解剖,使用VistarImage 4.1图像分析软件测量每朵花的雌蕊长(S)和雄蕊长(E),据此计算每朵花的R值,计算公式为 $R=(E-S)/(E+S)$ ^[12],并根据R值判断每朵花的雌雄异位程度。使用万分之一电子天平称量不同花柱型花的单花质量。参照Sanchez等^[13]的方法划分长花柱、中花柱和短花柱,统计不同花柱型花的数量,并计算不同花柱型花的比例。

1.3 数据统计分析

利用EXCEL 2016和SPSS 25.0软件对不同花柱型花各表型性状在不同海拔间的差异进行单因素方差分析(one-way ANOVA)和多重比较(LSD法),对不同花柱型花比例和表型性状与海拔进行Pearson相关性分析。

2 结果和分析

2.1 蒙古扁桃不同花柱型花比例差异及其与海拔的相关性

统计结果(表1)表明:海拔1 700 m的蒙古扁桃3种花柱型花比例差异最大,短花柱型花比例高达65%,中花柱型花比例最低,仅10%;其余海拔蒙古扁桃3种花柱型花比例差异较小。相关性分析结果表明:海拔与3种花柱型花比例的相关性均不显著($P>0.05$)。

表1 蒙古扁桃3种花柱型花比例差异及其与海拔的相关性

Table 1 Difference in percentages of three style types of flowers of *Amygdalus mongolica* (Maxim.) Ricker and their correlations with elevation

海拔/m Elevation	比例/% Percentage		
	长花柱型花 Long style type of flower	中花柱型花 Middle style type of flower	短花柱型花 Short style type of flower
1 600	35	30	35
1 700	25	10	65
1 800	30	35	35
1 900	40	25	35
$r^{1)}$	-0.033	0.358	-0.294

¹⁾ r : 与海拔的相关系数 Correlation coefficient with elevation.

2.2 蒙古扁桃不同花柱型花表型性状差异及其与海拔的相关性

统计结果(表2)表明:海拔1 900 m蒙古扁桃短花柱型花的雌蕊长显著($P<0.05$)高于海拔1 600和1 800 m,海拔1 800 m短花柱型花的雄蕊长显著低于海拔1 600和1 700 m;海拔1 900 m的中花柱型花雌雄异位程度显著低于海拔1 600和1 800 m,而短花柱型花的雌雄异位程度显著低于海拔1 600和1 700 m;海拔1 900 m的长花柱型花单花质量显著高于海拔1 700 m;其余花表型性状在不同海拔间的差异不显著。相关性分析结果表明:蒙古扁桃不同花柱型花的多数表型性状与海拔的关系不显著,仅长花柱型花单花质量与海拔呈显著正相关(相关系数0.459),中花柱型花和短花柱型花的雌雄异位程度与海拔呈显著负相关(相关系数分别为-0.525和-0.427)。

表2 蒙古扁桃3种花柱型花表型性状差异及其与海拔的相关性($\bar{X}\pm SE$)¹⁾

Table 2 Difference in phenotypic traits of three style types of flowers of *Amygdalus mongolica* (Maxim.) Ricker and their correlations with elevation ($\bar{X}\pm SE$)¹⁾

海拔/m Elevation	长花柱型花 Long style type of flower			
	S/mm	E/mm	R	m/g
1 600	5.31±0.32a	3.74±0.11a	-0.17±0.04a	3.33±0.30ab
1 700	5.47±0.62a	3.72±0.36a	-0.18±0.04a	3.10±0.15b
1 800	5.02±0.18a	3.64±0.15a	-0.16±0.03a	3.88±0.42ab
1 900	5.95±0.39a	3.72±0.13a	-0.22±0.03a	4.33±0.37a
r	0.199	-0.039	-0.216	0.459 *
海拔/m Elevation	中花柱型花 Middle style type of flower			
	S/mm	E/mm	R	m/g
1 600	3.04±0.23a	3.71±0.11a	0.10±0.04a	3.23±0.16a
1 700	3.47±0.08a	3.96±0.42a	0.06±0.07ab	3.17±0.66a
1 800	3.11±0.20a	3.67±0.24a	0.08±0.04a	3.91±0.35a
1 900	3.82±0.34a	3.23±0.16a	-0.08±0.03b	3.66±0.22a
r	0.374	-0.316	-0.525 *	0.304

续表2 Table 2 (Continued)

海拔/m Elevation	短花柱型花 Short style type of flower			
	S/mm	E/mm	R	m/g
1 600	1.60±0.15b	3.81±0.17a	0.42±0.04a	3.50±0.27a
1 700	1.73±0.09ab	4.22±0.24a	0.41±0.02a	3.67±0.52a
1 800	1.59±0.20b	3.07±0.26b	0.32±0.06ab	3.67±0.26a
1 900	2.16±0.25a	3.71±0.13ab	0.28±0.06b	3.73±0.16a
<i>r</i>	0.321	-0.234	-0.427 *	0.056

¹⁾ S: 雌蕊长 Pistil length; E: 雄蕊长 Stamen length; R: 雌雄异位程度 Heteroecious degree; m: 单花质量 Single flower mass. *r*: 与海拔的相关系数 Correlation coefficient with elevation. 同列中不同小写字母表示同一指标在不同海拔间差异显著 ($P<0.05$) Different lowercases in the same column indicate the significant ($P<0.05$) difference in the same index among different elevations. *: $P<0.05$.

3 讨论和结论

本研究认为,海拔对蒙古扁桃不同花柱型花的比例和表型性状影响较小,仅对长花柱型花单花质量以及中花柱型花和短花柱型花的雌雄异位程度有较大影响。在蒙古扁桃3种花柱型花中,长花柱型花单花质量与海拔呈显著正相关,而朱清芳等^[14]却发现随海拔升高,蒙古扁桃的花质量降低,2个研究的结果存在明显差异,这可能与2个研究中蒙古扁桃的生存环境和海拔差异有关^[15]。在高海拔区,植物会将更多资源用于繁殖^[16],而且花质量增加有利于花器官构建和种群繁衍^[17],表明蒙古扁桃在生长过程中会权衡资源分配。而蒙古扁桃中花柱型花和短花柱型花的雌雄异位程度与海拔呈显著负相关,这可能与不同海拔的环境差异有关。水分增多,花的柱头增高,但花药变化不明显,致使花的雌雄异位程度增大^[18]。海拔升高后温度会下降,而低温可诱导花芽分化,利于雌蕊生长^[19],而且,温度对植物雄性器官的影响远大于雌性器官^[20]。此外,高海拔环境中大风、强辐射等环境因子也影响着植物花的发育进程。综上所述,海拔对蒙古扁桃不同花柱型花雌雄异位程度的影响机制较为复杂,有待深入研究。

参考文献:

- [1] GANDERS F R. The biology of heterostyly[J]. New Zealand Journal of Botany, 1979, 17(4): 607-635.
- [2] 周伟,王红. 被子植物异型花柱及其进化意义[J]. 植物学报, 2009, 44(6): 742-751.
- [3] GANDERS F R, WEBB C J. Disassortative pollination in the distylous plant *Jepsonia heterandra*[J]. Canadian Journal of Botany, 1974, 52: 2041-2406.
- [4] BARRETT S C H. Sexual interference of the floral kind [J]. Heredity, 2002, 88: 154-159.

- [5] 赵梅,张万灵,吴春平,等. 二型花柱植株金荞麦繁殖特征[J]. 生态学报, 2014, 34(18): 5206-5219.
- [6] 方海涛,斯琴巴特. 蒙古扁桃的花部综合特征与虫媒传粉[J]. 生态学杂志, 2007, 26(2): 177-181.
- [7] 马骥,倪细炉,史宏勇,等. 蒙古扁桃的开花生物学研究[J]. 西北植物学报, 2010, 30(6): 1134-1141.
- [8] 陈钊,管永卓,梁新平,等. 海拔高度对披碱草属植物形态特征的可塑性[J]. 草地学报, 2015, 23(5): 897-904.
- [9] 王一峰,裴泽宇,刘启茜. 紫苞雪莲花期繁殖分配及花部特征与海拔高度的相关分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2012, 40(6): 195-200.
- [10] 高媛,王继飞,杨君珑,等. 贺兰山东坡青海云杉林苔藓群落及环境之间的关系[J]. 水土保持研究, 2019, 26(1): 221-226, 233.
- [11] 金山. 宁夏贺兰山国家级自然保护区植物多样性及其保护研究[D]. 北京:北京林业大学自然保护区学院, 2009: 13-18.
- [12] SANCHEZ J M, FERRERO V, NAVARRO L. A new approach to the quantification of degree of reciprocity in distylous (*sensu lato*) plant populations[J]. Annals of Botany, 2008, 102(3): 463-472.
- [13] SANCHEZ J M, FERRERO V, NAVARRO L. Quantifying reciprocity in distylous and tristylous plant populations[J]. Plant Biology, 2013, 15(3): 616-620.
- [14] 朱清芳,红雨,杜巧珍. 不同海拔蒙古扁桃开花动态与繁育系统的比较研究[J]. 内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版), 2011, 40(5): 512-517.
- [15] 牛建明,吕桂芬. GIS支持的内蒙古植被地带与气候关系的定量分析[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 1998, 29(3): 130-135.
- [16] 赵方,杨永平. 中华山蓼不同海拔居群的繁殖分配研究[J]. 植物分类学报, 2008, 46(6): 830-835.
- [17] 索南措,王一峰,李梅,等. 青藏高原东缘常见种长毛风毛菊(*Saussurea hieracioides*)的繁殖分配[J]. 生态学杂志, 2013, 32(6): 1433-1438.
- [18] ETTEN M, BRUNET J. The impact of global warming on floral traits that affect the selfing rate in a high-altitude plant [J]. International Journal of Plant Sciences, 2013, 174(8): 1099-1108.
- [19] 吴起顺. 被子植物的性别决定机制分析[J]. 黑龙江农业科学, 2015(12): 84-91.
- [20] MONTERROSO V A, WIEN H C. Flower and pod abscission due to heat stress in beans [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1990, 115(4): 631-634.

(责任编辑:佟金凤)