

## 沙生短命植物角茴香群落 特征及生物学特性

杨姗霖<sup>1</sup>, 施翔<sup>1\*</sup>, 董金鑫<sup>1</sup>, 孟凡翔<sup>1</sup>, 刘家书<sup>1</sup>, 李从娟<sup>2</sup>

(1 石河子大学农学院林学系, 新疆石河子 832011; 2 中国科学院新疆生态与地理研究所, 国家荒漠-绿洲生态建设工程技术研究中心, 乌鲁木齐 830011)

**摘要:** 采用抽样调查的方法对古尔班通古特沙漠南缘的 8 个角茴香自然群落的群落特征和生物生态学特性进行调查, 对其群落特征和花部特征进行初步探究, 为进一步对其传粉适应性以及繁育系统特征的研究奠定基础。结果表明: (1) 角茴香群落中包含 30 种植物, 隶属于 15 科 28 属, 单种科、单种属较多。 (2) 根据群落组成和重要值可将 8 个角茴香自然群落划分为 3 个群丛, 分别是角茴香+草地早熟禾+白茎绢蒿群丛、角茴香+艾比湖沙拐枣+白茎绢蒿群丛和角茴香+白茎绢蒿+蛇麻黄群丛。 (3) 角茴香种群、单株、花序和单花的花期分别历时 37~40 d、14~16 d、13~15 d 和 1~2 d, 单株结籽量 700~900 粒, 种子千粒重  $(0.2910 \pm 0.0027)$  g, 单花具有特殊的中裂片结构, 具有雄蕊拟态和花粉二次呈现的功能。

**关键词:** 角茴香; 古尔班通古特沙漠; 群落特性; 生物学特性

中图分类号: Q944.3

文献标志码: A

## Community Characteristics and Biological Characteristics of Psammophytes Ephemeral Plant *Hypecoum erectum*

YANG Sanlin<sup>1</sup>, SHI Xiang<sup>1\*</sup>, DONG Jinxin<sup>1</sup>, MENG Fanxiang<sup>1</sup>, LIU Jiashu<sup>1</sup>, LI Congjuan<sup>2</sup>

(1 Forestry College, College of Agriculture in Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832011, China; 2 Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS, National Engineering Technology Research Center for Desert-Oasis Ecological Construction, Urumqi 830011, China)

**Abstract:** The evolution of community characteristics and biological characteristics of plant is always one of the core problems in the field of community ecology and reproductive ecology. The significance and protection work of psammophytes ephemeral plant under special ecosystem have caused the extensive concern in recent years. With the ability of contributing to maintain desert stabilization, *Hypecoum erectum*, as a kind of psammophytes ephemeral plant, mainly distributed in the Junggar Desert and completed the whole growth in the spring spending only two months. We did our research in wild populations in the south edge of Gurbantunggut desert, Xinjiang, China. Using the method of sampling survey to investigate the community characteristics and the flower bio-ecological characteristics of 8 populations, the results indicated that: (1) the average height of the *H. erectum* plants is  $(13.54 \pm 1.24)$  cm, crown of east-west and south-north is  $(15.50 \pm 1.81)$  cm and  $(14.53 \pm 1.75)$  cm, respectively. The seed of *H. erectum* is small with the thousand seed weight  $(0.2910 \pm 0.0027)$  g, flowering phase last nearly fifty days from late April to early June, as to

收稿日期: 2015-06-05; 修改稿收到日期: 2015-10-08

基金项目: 国家自然科学基金(31200417, 31300449, 31460183); 新疆兵团社会发展攻关计划项目(2015AD023); 中国科学院西部博士专项(XBBS201205)

作者简介: 杨姗霖(1992—), 女, 在读硕士研究生, 主要从事繁殖生态学研究。E-mail: yangshanlin2014@163.com

\* 通信作者: 施翔, 副教授, 主要从事繁殖生态学研究。E-mail: 2000www@163.com

the fruiting phase cost nearly two months from mid May to early July, which shows no obvious difference between 2013 and 2014. Thirty species were recorded from the natural communities of *H. erectum*, which belong to 28 genus of 15 families, during which the family of single specie and genera of single specie amount a lot, showing a distinct flora dominance. Compositae, Chenopodiaceae and Cruciferae were the dominant families accounting for 23.3%, 13.3% and 10.0%, respectively. There is a big diversity of the live form with only one species in tree layer, three species in brushwood layer and twenty-six species in herb layer. The floral element analysis of genus indicated that the Mediterranean element and West Asia to Mid Asia element account for the large part of the *H. erectum* community, which has the typical flora of Mediterranean xerophyte characteristics. (2) According to the community constitution and important value, the 8 populations can be divided into three associations, the first is *H. erectum* + *Poa pratensis* + *Seriphidium terrae-albae*, the second is *H. erectum* + *Calligonum ebinuricum* + *Seriphidium terrae-albae* and the third is *H. erectum* + *Seriphidium terrae-albae* + *Ephedra distachya*. (3) We chose the 3th sample from 8 population to observe the floral characteristics, results showed that the flowering span of the population, individual, inflorescence and single flowering were approximately 37–40 d, 14–16 d, 13–15 d and 1–2 d, respectively. The life span of single flower would prolong 2 d when overcast and rain occurred. This floral trait is an adaptive exhibition to desert environment. *H. erectum* has elaborate floral characteristics. The middle lobe on the two inner petals is specialized as a yellow cucullate structure. The middle lobe will reflexively wrap the anther as soon as the anther dehiscence, obtaining pollen and growing upward. The cucullate structure is the key function organ in stamen mimicry and secondary pollen presentation. By researching the characteristics of floral of *H. erectum*, a theoretical basis can be provided to explore the pollination adaptability and breeding system characteristics.

**Key words:** *Hypocoum erectum* L.; Gurbantunggut desert; community characteristics; biological characteristics

角茴香 (*Hypocoum erectum* L.) 系罂粟科 (Papaveraceae) 角茴香属早春短命植物, 花期 4 月下旬至 6 月上旬, 果期 5 月中旬至 7 月上旬。古尔班通古特沙漠的短命植物主要利用开春后积雪融化、春季降雨、气温上升和土壤湿润的有利条件, 可以在 2 个月左右的时间内迅速完成整个生长发育过程<sup>[1]</sup>。角茴香作为分布在该地区的早春短命植物, 对春季防风固沙和减少沙尘暴具有重要的作用。目前, 国内外有关角茴香的研究报道非常有限, 中国国内学者主要从生药学<sup>[2]</sup>、引种试验<sup>[3]</sup>和根的化感作用<sup>[4]</sup>等方面入手对角茴香及角茴香属植物做了少量的研究报道; 国外学者主要对角茴香属植物化学成分的结构鉴定<sup>[5-6]</sup>、花部特征<sup>[7]</sup>以及形态分类<sup>[8]</sup>等方面进行了相关分析研究。课题组前期对古尔班通古特沙漠的角茴香群落进行调查, 发现角茴香分布地点零散, 种群面积较小, 呈现片断化分布。植物的群落学特征和生物生态学特性是植物群落恢复与保护的基础, 而角茴香这些方面的研究还未见相关报道。角茴香群落是古尔班通古特沙漠南缘分布的重要群落, 作为分布在该地区的早春短命植物, 调查角茴香群落特征和角茴香的生物生态学特性, 对于角茴香群落的更新和多样性保护具有重要作用, 同时为角茴香的繁殖生态学研究提供基础资料。

## 1 研究区概况

古尔班通古特沙漠位于准噶尔盆地腹部, 形成于第四纪, 是中国第二大沙漠, 沙丘以固定和半固定状态为主 (84°50' ~ 91°20' E, 44°15' ~ 46°50' N)。该地区年平均气温 6~10 °C, 极端最高温度和最低温度分别是 40 °C 以上和小于 -40 °C; 年平均降水量不超过 150 mm, 年蒸发量却为降水量的 15~20 倍, 干燥度很大; 古尔班通古特沙漠的气候属于典型的温带内陆荒漠性质<sup>[9]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 群落学特征

**2.1.1 生境调查** 野外调查及试验在 2013~2014 年 5~6 月间, 于古尔班通古特沙漠南缘的彩南石油基地和石西油田的 8 个角茴香自然群落开展, 每个群落各设置 1 个 10 m × 10 m 的样地, 共 8 个样地。样地环境因子调查内容包括: 海拔、坡度、坡向和坡位。在样地附近, 参考钱亦兵等<sup>[10]</sup>对古尔班通古特沙漠短命植物的土壤分层采样方法, 按 0~5、5~10、10~20、20~30 和 30~40 cm 的土壤深度进行环刀取土, 重复 3 次, 称取鲜重, 编号后带回实验室内测定其含水量。对同一样地不同深度和不同样地

同一深度的土壤含水量进行相关分析。

土壤含水量(%)=(原土重-烘干土重)/烘干土重×100%

**2.1.2 区系组成及分布区类型** 按照吴征镒<sup>[11]</sup>对中国种子植物属的分布区类型划分方案来分析属的分布区类型及区系组成。

**2.1.3 群落调查** 在调查的角茴香样地内,每个样地的四角和中心点各设置1个1 m×1 m的样方,共40个样方,记录和测量每个样方中每种植物的名称、个体数量、高度和冠幅(东西-南北);计算样方内所有植物的重要值<sup>[12]</sup>。所有植物均采集完整的标本带回实验室内进行物种鉴定。

重要值=(相对盖度+相对密度+相对频度)/3

**2.2 生物生态学特性**

**2.2.1 种群个体生长特性** 在8个角茴香野生群落中,随机选取100株角茴香植株,2014年5月中旬分别对其冠幅(东西-南北)、株高、种子数和种子千粒重进行统计,各项指标全部用平均值±标准误差表示。

**2.2.2 花部特征观察** 使用XTL-20体式显微镜观察花的结构及花部性状,2014年5月初至5月中旬于3号试验样地标记人为影响较小的植株20株,每株植株上标记6个标准生殖枝。每2~3 d观察1次花蕾,单花开放前1 d,每隔1 h观察并记录1次花药散粉情况,直到花朵开放后,每天分早、中、晚观察3次,分别记录单花开放状态、单花开放持续时间、花药散粉情况和柱头形态特征。

**2.3 数据分析**

所有数据用SPSS 17.0 进行分析,用Excel

2003 制表。数据的正态性根据 Kolmogorov-Smirnov 指数和 Shapiro-Wilk 指数综合考虑,方差齐性检验用 Levene 检验法;用 Duncan 新复极差法进行土壤含水量的多重比较;植物群落分类采用聚类分析的方法。

**3 结果与分析**

**3.1 群落学特征**

**3.1.1 生境调查** 角茴香种群多斑块状分布在古尔班通古特沙漠中,自然生境已呈现片断化(最小种群10 m×30 m,共5株;最大种群80 m×150 m,共63株)。其主要生长在砾质荒漠及沙丘间(图1,A);一年生草本,高10~30 cm(图1,B),花茎二歧状分支(图1,C),花多为白色,罕见淡黄色;蒴果线形,纵裂(图1,D);种子矩形,两面均具十字形突起。对8个样地进行调查,角茴香多分布在坡度10°~30°背风沙坡的中下部和底部以及坡底积沙处,其它处罕见生长,各样地主要调查信息如表1。对5个层次土壤含水量进行测定:5 cm 深土壤含水量较少,随着深度的增加,土壤含水量变化趋势不一致;不同样地同一深度之间仅样地1和样地8在20 cm 深度时,土壤含水量存在显著性差异,其它均不存在显著性差异(表2)。

**3.1.2 区系组成及分布区类型** 依据吴征镒<sup>[11]</sup>对中国种子植物属所划分的15个分布区类型,可将角茴香群落中的15科28属30种植物归为6个分布区类型(表3)。所包含属数最多的是地中海区、西亚至中亚分布(共9属9种),其次是世界分布(7属7种),其余分布区类型所含的属较少。角茴香群落



图1 角茴香生境及形态特征

A. 自然生境;B. 单株特征;C. 花茎的二歧状分支;D. 蒴果线形、纵裂

Fig. 1 The habitat and morphological characteristics of *H. erectum*

A. Natural habitat;B. Individual characteristics;C. Dichasial branch;D. Fruit is linear and longitudinal cracks

表 1 角茴香生境特征  
Table 1 The natural habitat feature of *H. erectum*

样地 Plot	地理位置 Geographic position	坡位 Slope position	海拔 Height/m	坡向 Exposure	坡度 Gradient/°
1	88°16′52″E 44°33′02″N	沙坡底部 The bottom of slope	511	E20°W	20
2	88°15′32″E 44°36′46″N	沙坡顶部 The top of slope	554	S30°N	30
3	88°23′26″E 44°59′17″N	沙坡底部 The bottom of slope	679	E15°W	15
4	88°23′14″E 45°00′59″N	沙坡底部 The bottom of slope	698	E30°W	30
5	88°23′17″E 44°58′05″N	坡底积沙处 The bottom of slope	663	E20°W	20
6	88°14′33″E 44°33′12″N	沙坡中下部 The middle-low of slope	510	S40°N	40
7	88°23′28″E 44°58′18″N	沙坡中下部 The middle-low of slope	679	E30°W	30
8	86°49′12″E 45°20′18″N	沙坡中下部 The middle-low of slope	433	S20°N	10

表 2 不同样地同一深度土壤含水量的比较  
Table 2 The moisture content (means±SE) of the same depth in eight plots/%

深度 Height/cm	样地 Plot							
	1	2	3	4	5	6	7	8
5	1.708±0.011a	0.375±0.003a	0.373±0.002a	0.861±0.005a	0.120±0.002a	1.503±0.408a	0.964±0.005a	0.856±0.128a
10	2.065±0.007a	1.111±0.005a	1.109±0.005a	1.511±0.003a	0.714±0.004a	2.093±0.523a	1.839±0.006a	0.700±0.282a
20	2.347±0.007a	1.441±0.006ab	1.771±0.004ab	1.907±0.003ab	1.266±0.007ab	0.965±0.275ab	1.512±0.008ab	0.617±0.134b
30	1.571±0.006a	2.078±0.008a	2.206±0.004a	2.488±0.007a	1.325±0.008a	1.170±0.287a	1.216±0.008a	2.301±0.097a
40	1.012±0.005a	1.487±0.002a	2.289±0.003a	2.177±0.001a	1.787±0.017a	1.383±0.342a	1.106±0.007a	1.202±0.283a

注:不同的小写字母表示样地间在 0.05 水平上存在显著差异。  
Note:Different letters show the significant difference at 0.05 level.

表 3 古尔班通古特沙漠南缘沙漠  
植物属的分布区类型

Table 3 The generic aeal-types of plants in  
southern rim of Gurbantunggut desert

分布区类型 Type	属数 No. of genera	百分比 Ratio/%
世界分布 Cosmopolitan	7	25.00
泛热带分布 Pantropic	1	3.57
北温带广布 North temperate	5	17.86
旧世界温带 Old World Temperate	4	14.29
地中海区、西亚至中亚分布 Mediterranea,West Asia to Centrst Asia	9	32.14
中亚分布 Central Asia	2	7.14
合计 Total	28	100.00

具有典型的地中海旱生植物区系分布特征。

**3.1.3 群落学调查** 角茴香 8 个自然群落中共发现植物 30 种,隶属于 15 科 28 属(表 4)。占优势的科依次是菊科、藜科和十字花科,分别占物种总数的 20.0%、13.3% 和 10.0%。乔木层仅有白梭梭 1 种;灌木层(包括灌木、小半灌木、小灌木)有 3 种,包括艾比湖沙拐枣,油蒿和蛇麻黄;草本层有 26 种,占总物种数的 86.67%,其中短命植物最多,占总物种数的 43.34%,其次是多年生草本和一年生草本,分

别占总物种数的 30.00%和 13.33%。

**3.1.4 主要群落类型** 依据 Dufrene 等<sup>[13]</sup>关于指示值的具体算法将群落内物种的指示值计算后,采用每个群落内指示值最高的 3 个种作为群丛的名称,将角茴香群落划分为 3 个群丛:

(1)角茴香+草地早熟禾+白茎绢蒿群丛 此群落盖度为 20.85%,其中角茴香、草地早熟禾和白茎绢蒿的盖度依次为 2.02%、1.87%和 1.27%,平均高度依次为 10.14、3.92 和 17.04 cm。该群丛的伴生种主要有古尔班通古特沙漠的特有种角果藜,盖度和平均高度分别为 0.04%和 5.50 cm;丰富的短命植物,如狭果鹤虱、沙生千里光、尖喙牻牛儿苗和粗柄独尾草,其盖度依次为 0.64%、0.07%、0.65%和 0.36%,平均高度依次为 9.60、6.39、8.04 和 40.50 cm;一年生草本植物砂蓝刺头,盖度和平均高度分别为 0.11%和 12.56 cm。该群丛主要分布在东西向“U”型沙垄之间,自垄间低地至缓起伏沙丘的中部,植物数量逐渐减少。

(2)角茴香+艾比湖沙拐枣+白茎绢蒿群丛 群落盖度为 11.46%。角茴香、艾比湖沙拐枣和白茎绢蒿的盖度依次是 1.81%、1.19%和 0.81%,平均高度依次为 37.25、12.03 和 14.47 cm。该群落

表 4 古尔班通古特沙漠南缘角茴香群落植物种类和数量特征

Table 4 Species and quantitative features of *H. erectum* community in southern rim of Gurbantunggut desert

种名 Species	生活型 Life form	相对密度 Relative density	相对盖度 Relative coverage	相对频度 Relative frequency	重要值 Importance value
角茴香 <i>Hypocoum erectum</i>	短命植物 Ephemeral plant	30.68	8.44	16.58	18.56
小山蒜 <i>Allium pallasii</i>	多年生草本 Perennial herb	6.35	4.79	5.88	5.67
囊果苔草 <i>Carex physodes</i>	短命植物 Ephemeral plant	4.58	11.85	7.89	8.10
东方旱麦草 <i>Eremopyrum triticeum</i>	短命植物 Ephemeral plant	1.03	3.90	4.43	3.12
卷果涩茅 <i>Malcolmia africana</i>	短命植物 Ephemeral plant	3.05	4.29	3.80	3.71
草地早熟禾 <i>Poa pratensis</i>	多年生草本 Perennial herb	2.66	13.83	6.91	7.80
白茎绢蒿 <i>Seriphidium terrae-albae</i>	多年生草本 Perennial herb	3.50	10.10	6.94	6.85
尖喙牻牛儿苗 <i>Erodium oxycrhyneum</i>	短命植物 Ephemeral plant	3.35	4.80	6.71	4.95
白梭梭 <i>Haloxylon persicum</i>	小乔木 Dungarunga	5.50	1.93	1.41	2.95
速生黄芪 <i>Astragalus arpilobus</i>	一年生草本 Annual herb	0.33	2.04	1.85	1.40
沙生千里光 <i>Senecio subdentatus</i>	短命植物 Ephemeral plant	1.69	6.56	4.95	4.40
沙葱 <i>Allium mongolicum</i>	多年生草本 Perennial herb	2.98	5.74	3.74	4.15
抱茎独行菜 <i>Lepidium perfoliatum</i>	短命植物 Ephemeral plant	3.35	1.8	2.28	2.48
假狼紫草 <i>Nonea capsica</i>	短命植物 Ephemeral plant	0.08	0.06	0.36	0.17
沙蓬 <i>Agriophyllum squarrosum</i>	一年生草本 Annual herb	0.99	0.65	1.16	0.93
砂蓝刺头 <i>Echinops gmelinii</i>	一年生草本 Annual herb	1.13	0.50	1.16	0.93
蛇麻黄 <i>Ephedra distachya</i>	小灌木 Undershrub	3.94	6.23	5.45	5.20
油蒿 <i>Artemisia ordosica</i>	小半灌木 Small semishrub	2.03	0.98	2.08	1.69
簇花芹 <i>Soranthus meyeri</i>	短命植物 Ephemeral plant	1.70	0.18	0.48	0.78
狭果鹤虱 <i>Lappula semiglabra</i>	短命植物 Ephemeral plant	1.99	5.71	6.06	4.59
早熟猪毛菜 <i>Salsola praecox</i>	多年生草本 Perennial herb	0.19	0.59	0.43	0.40
黄花软紫草 <i>Arnebia guttata</i>	多年生草本 Perennial herb	0.43	1.44	2.21	1.36
沙生婆罗门参 <i>Tragopogon sabulosus</i>	多年生草本 Perennial herb	0.11	0.10	0.43	0.21
艾比湖沙拐枣 <i>Calligonum ebinuricum</i>	灌木 Shrub	10.08	0.56	2.01	4.22
小车前 <i>Plantago minuta</i>	短命植物 Ephemeral plant	0.15	0.63	1.06	0.61
粗柄独尾草 <i>Eremurus inderiensis</i>	短命植物 Ephemeral plant	0.13	0.26	0.33	0.24
角果藜 <i>Ceratocarpus arenarius</i>	一年生草本 Annual herb	0.28	1.31	1.29	0.96
羽状三芒草 <i>Aristida pennata</i>	多年生草本 Perennial herb	5.21	0.31	1.10	2.21
沙漠绢蒿 <i>Seriphidium santolinum</i>	多年生草本 Perennial herb	2.35	0.35	0.63	1.11
小果菘蓝 <i>Isatis minima</i>	短命植物 Ephemeral plant	0.23	0.10	0.43	0.25

伴生种主要有狭果鹤虱、油蒿和尖喙牻牛儿苗,其盖度依次为 0.06%、0.72%和 0.04%,平均高度依次为 6.88、29.60 和 3.25 cm。该群落分布在南北向的沙垄下部,此群落具有较少的伴生种,沙垄顶部以羽状三芒草和白梭梭种群为主。

(3)角茴香+白茎绢蒿+蛇麻黄群丛 群落盖度为 9.44%。蛇麻黄、角茴香和白茎绢蒿的盖度依次为 2.01%、1.17%和 0.98%,平均高度依次为 14.56、15.64 和 14.50 cm。其伴生种尖喙牻牛儿苗

和草地早熟禾的盖度依次为 0.22%和 0.20%,平均高度依次是 4.80 cm 和 2.25 cm。该群落类型分布在人工干扰较大的生境内,分布在东西走向的沙丘中下部积沙处,积沙处仅生长角茴香、尖喙牻牛儿苗和草地早熟禾,无其它伴生种。向积沙处南北方向发展,角茴香的数量逐渐减少,而艾比湖沙拐枣和沙葱的数量逐渐增多。

3.2 生物生态学特性

3.2.1 个体生长特性 对角茴香个体生长特征进



表 5 不同群落中角茴香生长特性

Table 5 Individual characters of *H. erectum* in eight populations

样地 Plot	平均冠幅(东-西×南-北) Average crown/cm	株高 Height/cm	果实千粒重 Grain/g	种子数/株 Seed/N
1	14.82±1.39abc×15.62±0.69ab	17.00±2.45a	0.296 7±0.001 5a	932±268c
2	10.31±0.90c×10.60±1.57ab	13.75±1.91ab	0.293 2±0.002 6a	820±442cd
3	11.24±0.04bc×10.09±1.83b	8.60±1.89b	0.291 5±0.002 5a	1 119±75b
4	15.00±2.32abc×13.91±3.13ab	7.56±2.69b	0.293 7±0.001 8a	1 400±339a
5	20.91±1.77ab×20.75±2.05a	13.70±1.05ab	0.287 5±0.009 0a	1 092±159b
6	17.27±2.19abc×14.32±1.91ab	16.70±0.95a	0.288 3±0.001 4a	1 520±61a
7	22.54±2.84a×16.56±0.65ab	17.20±1.00a	0.290 5±0.001 7a	750±292d
8	13.81±2.99abc×15.11±0.76ab	14.50±1.33ab	0.293 8±0.001 0a	1 395±231a

注:不同的小写字母表示样地间在 0.05 水平上存在显著差异。  
Note; Different letters show the significant difference at 0.05 level.

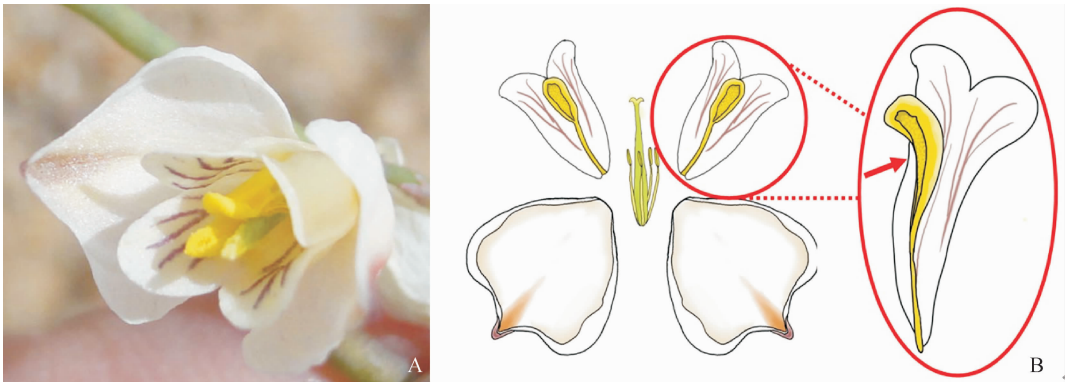


图 2 角茴香单花及花部平面解剖示意图

箭头所示为黄色兜状中裂片,兜状结构内为花粉;A. 角茴香单花;B. 花部平面解剖图

Fig. 2 Plant anatomical diagrams of individual level and floral syndrome

The arrow shows the yellow cucullate middle lobe, there are pollen in the pocket;

A. Individual flower; B. Flower anatomical diagrams

行统计(表 5)。角茴香成株高度(13.54±1.24) cm,东西冠幅(15.50±1.81) cm,南北冠幅(14.53±1.75) cm。角茴香 4 月中旬现蕾,4 月下旬开花,种群开放持续时间 37~40 d,个体开放持续时间 14~16 d,花序开放持续时间 13~15 d,单花开放时间 1~2 d。通过对彩南和石西地区角茴香群落进行连续观测,发现角茴香不同年度的始花日期相差不明显,2013 年开花时间为 5 月 1 日,2014 年提前至 4 月 26 日。

角茴香种子千粒重(0.291 0±0.002 7) g。单株种子数差异较大,表现在个体较小的植株(平均冠幅 10 cm×8 cm 以下)单株结籽量较少,为 700~900 粒,而个体较大的成株(平均冠幅 21 cm×22 cm 以上)结籽量较大,为 1 000~1 500 粒。不同样地之间角茴香的冠幅、株高和种子数存在显著差异,而果实千粒重差异不显著。

**3.2.2 花部综合特征** 角茴香具有特殊的花部特征,2 层花瓣,外层 2 枚花瓣白色或淡黄色,倒卵形,3 浅裂(图 2,A);内层 2 枚花瓣倒三角形 3 裂至中部以上,分为侧裂片和中裂片,侧裂片白色或淡黄色,较宽,其上具清晰的紫色脉纹,中裂片黄色,匙形,具柄;单花含有 4 枚雄蕊,分离,与花瓣对生,开花时雄蕊位于花冠较深处且低于柱头,柱头 2 深裂,向两侧伸展(图 2,B);花粉从花药中散出后,中裂片反射性包裹住花药,之后将与之相对的花药中的花粉以及侧花药一半的花粉收藏后,形成闭合兜状结构,并不断向上生长至与柱头近齐高;蒴果线形,成熟时分裂成 2 果瓣。

4 讨论

4.1 角茴香群落对生境的适应性

角茴香是沙漠短命植物,斑块状分布在古尔班

通古特沙漠的沙丘背风坡中下部和底部的积沙处,对生境的高度专一性可能是该物种斑块状分布的主要原因,沙漠生境是影响其群落繁殖扩张的重要因素。石莎等<sup>[14]</sup>对不同地形条件下沙漠植物的生长情况进行研究,发现草本植物密度和盖度因受环境因素的影响,由大到小的变化趋势为:背风坡>坡顶>迎风坡>丘间低地。沙漠植物的生境受环境因素影响较大,苛刻的生境可能是其生存和繁衍面临的主要环境压力,一旦其生境条件发生变化,或生境被破坏,都将严重影响该物种群落的稳定,可能最终导致群落破碎或者消失。近年来沙漠油田开采、筑路和引水等建设项目在古尔班通古特沙漠腹地陆续展开,不可避免地造成了沙漠地表扰动和植被破坏,可能在一定程度上也会对角茴香的分布产生影响。相对于受干扰程度较小的种群,角茴香群落生境破碎化严重,分布面积小(10 m×30 m),植株少(5株),密度小(1.67株/m<sup>2</sup>),片断化更加明显。因此,根据物种的群落特征,加强现有生境的就地保护,减少人为破坏,对角茴香群落的复壮具有重要意义。

#### 4.2 特殊花部特征的进化意义

花部特征的多样性及其相互作用一直是生态学家、进化生物学家和传粉生物学家着迷的研究热点之一。如今,对于一些存在特殊花部特征的物种,其奇妙的花瓣和雄蕊之间的发育和进化关系已经成为进化发育生物学领域研究的重要议题<sup>[15]</sup>。Lunan研究发现,大多数花粉或雄蕊拟态结构都模仿了花粉和花药典型的亮黄色<sup>[16]</sup>,比如兰科植物 *Aretbusa bulbosa*, *Calopogon tuberosus* 和 *Pogonia opbio-*

*glossoides* 的唇瓣上和玄参科植物 *Craterostigma plantagineum* 的花丝基部均展现出黄色的模仿花药的结构,但仅具有吸引作用,并不为访花者提供任何报酬<sup>[17-18]</sup>。角茴香的中裂片特化为黄色兜状结构,此结构模拟了花冠深处花药的颜色,对昆虫具有吸引作用,存在雄蕊拟态功能。我们推测角茴香中裂片结构的雄蕊拟态功能在有效吸引访花昆虫的策略方面具有重要作用,是传粉过程的关键器官之一。

花粉二次呈现是植物提高雄性适合度典型的花部特征之一,对提高植物传粉效率具有重要意义<sup>[19]</sup>。角茴香存在花粉二次呈现现象,其开花时,雄蕊位于花冠较深处,与柱头无接触,存在雌雄异位的性表达特征,花药散粉后,每个中裂片呈兜状结构储存花粉,然后作为花粉二次呈现的关键器官向上生长至与柱头近齐高。近年来,有关被子植物花粉呈现理论的进化研究工作主要在国外,中国学者仅对百合科<sup>[20]</sup>、毛茛科<sup>[21]</sup>、金缕梅科<sup>[22]</sup>和豆科<sup>[23]</sup>的个别植物花粉逐步呈现现象进行了相关描述和记录。角茴香不但具有雄蕊拟态和花粉二次呈现的花部特征,同时兼备雌雄异位的性表达特征,从进化角度理解,是一个非常理想的材料,探明其特殊花部特征的进化意义,为后期进行的传粉生态学和繁育系统等相关研究奠定基础。研究过程中发现,角茴香4枚雄蕊的花丝宽度和花药大小存在差异,暗示其存在一定程度的雄蕊分化,花内雄蕊分化对植物雌性和雄性适合度有着不同的影响,其如何与访花者相互作用、如何与其它花部特征一起影响植物繁殖过程等,将是这一领域今后值得优先研究的课题<sup>[24]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] WANG Y(王 烨). The phenological observation of ephemeral and similar ephemeral plant in Xinjiang[J]. *Arid Zone Research* (干旱区研究), 1993, **10**(3): 34—39(in Chinese).
- [2] LEI G L(雷国莲), YAN Y G(颜永刚), LUO X H(罗小红). Erect *Hypecoum*: it is pharmacognostic studies[J]. *Journal of Shaanxi College of Traditional Chinese Medicine* (陕西中医学院学报), 2003, **26**(4): 52—54(in Chinese).
- [3] WANG Z X(王宗霞), WANG K(王 琨). Introduce a fine variety Inner experiment of *Hypecoum erectum* L. [J]. *Inner Mongolia Agricultural Science and Technology* (内蒙古农业科技), 2004, (3): 13—15(in Chinese).
- [4] 庞珂佳. 角茴香的化感潜力评价及其机理初析[D]. 陕西杨陵: 西北农林科技大学, 2008.
- [5] YAKHONTOVA L D, KOMAROVA M N, PERELSON M E, et al. Alkaloids of *Hypecoum erectum* structure of Hypecorine and Hypecorinine[J]. *Chemistry of Natural Compounds*, 1974, **8**(5): 592—595.
- [6] VAROL P, GOKAY A, TEKANT G, et al. Nitrotyrasanguinarine: an unusual nitrated benzophenanthridine alkaloid from *Hypecoum* species[J]. *Journal of Natural Products*, 1989, **52**(4): 716—719.

- [7] HILDEBRAND F. Über die Bestäubungsvorrichtungen bei den Fumariaceen[J]. *Jahrbuch Wiss Botany*, 1869, 7: 423—471.
- [8] ASLOG E D. Taxonomic and morphological studies in *Hypecoum* sect. *Hypecoum* (Papaveraceae) [J]. *Plant Systematics and Evolution*, 1989, 163: 227—280.
- [9] ZHANG L Y (张立运), CHEN CH D (陈昌笃). On the general characteristics of plant diversity of Gurbantunggut sandy desert[J]. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2002, 22(11): 1 923—1 932 (in Chinese).
- [10] QIAN Y B (钱亦兵), WU ZH N (吴兆宁), ZHANG L Y (张立运), *et al.* The spatial distribution characteristics for the ephemeral plant of Gurbantunggut desert[J]. *Chinese Science Bulletin* (科学通报), 2007, 52(19): 2 299—2 306 (in Chinese).
- [11] WU ZH Y (吴征镒). The problems of Chinese plant area[J]. *Acta Botanica Yunnanica* (云南植物研究), 1979, 1(1): 1—20 (in Chinese).
- [12] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [13] DUFRENE M, LEGENDRE P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach[J]. *Ecological Monographs*, 1997, 67: 345—366.
- [14] SHI SH (石 莎), FENG J ZH (冯金朝), ZOU X Y (邹学勇). The influence of different terrain conditions for desert plant growth and the soil water content[J]. *Arid Land Geography* (干旱区地理), 2007, 30(6): 846—850 (in Chinese).
- [15] ENDRESS P K, MATTHEWS M L. Elaborate petals and staminodes in endicots: diversity, function, and evolution[J]. *Organisms Diversity & Evolution*, 2006, 6(4): 257—293.
- [16] LUNAN K. The ecology and evolution of visual pollen signals[J]. *Plant Systematics and Evolution*, 2000, 222: 89—111.
- [17] THIEN L B, MARCKS B G. The floral biology of *Aretbusa bulbosa*, *Calopogon tuberosus*, and *Pogonia opbioglossoides* [J]. *Canadian Journal of Botany*, 1972, 50: 2 315—2 319.
- [18] MAGING N, CLASSEN R, GACK C. The morphology of false anthers in *Craterostigma plantagineum* and *Torenia polygonoides* [J]. *Canadian Journal of Botany*, 1989, 67(7): 1 931—1 937.
- [19] WANG X Q (王雪芹), JIANG J (蒋 进), LEI J Q (雷加强), *et al.* Psammophytes ephemeral plant distributing and its sand surface stability on Gurbantunggut desert[J]. *Acta Geographica Sinica* (地理学报), 2003, 58(3): 598—605 (in Chinese).
- [20] 范俊峰. 基于多种群尺度 3 种独尾草属植物繁育系统的比较[D]. 新疆石河子: 石河子大学, 2008.
- [21] LIAO W J (廖万金), WANG ZH M (王峥媚), XIE L N (谢丽娜), *et al.* Floral advertisement and rewards in bumblebee-pollinated *Aconitum kusnezofii* (Ranunculaceae) [J]. *Biodiversity Science* (生物多样性), 2007, 15(6): 618—625 (in Chinese).
- [22] XIAO Y A (肖宜安), HE P (何 平), LI X H (李晓红). Floral syndrome and breeding system of the endangered plant *Disanthus cercidifolius* Maxim var. *longipes* [J]. *Chinese Journal of Plant Ecology* (植物生态学报), 2004, 28(3): 333—340 (in Chinese).
- [23] 李新蓉. 沙冬青属植物繁殖生物学研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2006.
- [24] REN M X (任明讯). Intra floral stamen differentiations and their adaptive significances[J]. *Chinese Journal of Plant Ecology* (植物生态学报), 2009, 33(1): 222—236 (in Chinese).

(编辑: 潘新社)