

# 华北蓝盆花的开花特性及传粉生态学研究

刘林德<sup>1,2</sup>, 陈 磊<sup>1</sup>, 张 丽<sup>2</sup>, 李长林<sup>1</sup>, 高玉葆<sup>1\*</sup>

(1. 南开大学生命科学学院, 天津 300071; 2. 烟台师范学院生命科学学院, 烟台 264025)

**摘要:** 华北蓝盆花具头状花序, 花冠蓝紫色, 1 朵花的花期约为 7~8d。边缘花比中部花大, 但二者在花药大小、花丝长度、花柱长度、柱头直径等方面无显著差异。花粉寿命约为 4d, 花柱在花开后逐渐伸长, 柱头微二裂、干燥型。同一花序内的花朵在 2~3d 内逐渐开放, 晚开的花散粉时, 早开的花花柱仍未伸长, 因此, 花药与柱头之间有空间间隔和时间间隔, 同一花序内的各花朵间相互传粉的机会很低。按照杂交指数, 其繁育系统属于异交、部分自交亲和、需要传粉者。依据 P/O 数据, 其繁育系统属于兼性异交。罩网试验显示, 华北蓝盆花没有自发的自花传粉现象, 自然条件下也没有无融合生殖现象, 没有访花者访问便不能座果。在华北蓝盆花花序上记录到的访花者有 10 余种, 以双翅目、鞘翅目、膜翅目昆虫为主, 最常见的访花者是雏蜂虻和豆芫菁。开花后不同日期, 访花者的访花频率有所不同; 开花第 2 天到第 7 天的花序上, 访花者的访花频率较高; 开花第 4 天, 花序上访花者的访花频率最高。同一天内的不同时间, 访花者的访花频率也有差异, 一般规律是: 11:00~15:00 之间, 访花者的访花频率较高。此外, 气温骤降、阴天及降雨能使访花者的访花频率明显降低。

**关键词:** 华北蓝盆花; 开花特性; 繁育系统; 传粉生态

## Flowering characteristics and pollination ecology of *Scabiosa tschiliensis*

LIU Lin-De<sup>1,2</sup>, CHEN Lei<sup>1</sup>, ZHANG Li<sup>2</sup>, LI Chang-Lin<sup>1</sup>, GAO Yu-Bao<sup>1\*</sup> (1. College of Life Science, Nankai University, Tianjin 300071, China; 2. Faculty of Life Science, Yantai Normal University, Yantai 264025, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(4): 718~723.

**Abstract:** *Scabiosa tschiliensis* Grünning, a perennial herb, belonging to the family Dipsacaceae, is mainly distributed in grasslands of northern China. It is an important medicinal plant in Mongolian medicine. In this paper, we examined the flowering dynamics, outcrossing index (OCI), pollen-ovule ratio (P/O), pollen viability, pistil recipient phase and pollination ecology of *Scabiosa tschiliensis* at Inner Mongolia Grassland Ecosystem Research Station (43°26'~44°08'N, 116°04'~117°05'E). The main results are as follows:

The flowering span of *S. tschiliensis* populations was about 30~40 days. The life span of one flower was usually about seven to eight days. Nine days later, part of *S. tschiliensis* flowers turned into fruits; others were wilted or shed. The inflorescences of *S. tschiliensis* were cephaloid. Their periphery flowers were arranged radiatiformly and corolla lobes were all ianthinus. Each flower had four stamens and one style, and its stigma was cephaloid too. The periphery flowers of *S. tschiliensis* were larger than the central flowers, but there were no obvious differences in anther size, filament length, style length, stigma diameter or other aspects between the periphery flowers and the central flowers. The pollen viability was about four days. The pistil recipient phase started from style elongated and the stigma bilobed. The other aspects of functional floral

基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目 (G2000018601); 中国博士后科学基金资助项目 (13200)

收稿日期: 2003-04-14; 修订日期: 2003-10-10

作者简介: 刘林德 (1964~), 男, 山东人, 博士, 教授, 主要从事植物生殖生物学、种群生态学、遗传学等领域的教学与研究工作。E-mail: liulinde@eyou.com; lindeliu716@hotmail.com

\* 通信作者 Author for correspondence, E-mail: ybgao@nankai.edu.cn

致谢: 南开大学生命科学学院刘国卿博士、贺秉军博士、烟台师范学院生命科学院王晓安博士在鉴定访花昆虫方面提供帮助, 特此致谢。

**Foundation item:** National Key Basic Research Special Foundation Project (No. G2000018601), Postdoctoral Science Foundation of China (No. 13200)

**Received date:** 2003-04-14; **Accepted date:** 2003-10-10

**Biography:** LIU Lin-De, Ph.D., Professor, mainly engaged in the plant reproductive biology, population ecology and genetics. E-mail: liulinde@eyou.com; lindeliu716@hotmail.com

morphology of *S. tschiliensis*, such as the changes of stigma colour and shape, the petal colour and size, and the style lengths also varied on different blooming days. In one inflorescence, all flowers blossomed in two or three days. When the later flowers were in male phase (anther dehiscence), the earlier flowers were undeveloped into female phase (pistil recipient phase); so, there were little chance for later flowers pollinating earlier flowers in the same inflorescence.

There were both temporal and spatial isolations of ♂ and ♀ organs within each flower of *S. tschiliensis*. According to Dafni (1992), if the outcrossing indexes were three or four, the breeding system of *S. tschiliensis* was outcrossing, partially self-compatible, and demanded for pollinators. But by Cruden (1977), if the pollen-ovule ratio (P/O) of *S. tschiliensis* was  $1512 \pm 120$ , the breeding system of *S. tschiliensis* was facultative xenogamy. When the inflorescences of *S. tschiliensis* were bagged, there were no fruits produced at all. So, we concluded, there were no spontaneous self-pollination and agamospermy in *S. tschiliensis*; their fruit setting depended on timely visiting of pollinators during the period that stigma was bilobed and white after anthesis.

More than 10 species of floral visiting insects were observed on inflorescences of *S. tschiliensis*. The most common floral visitors were arranged in *Diptera*, *Coleoptera*, such as *Anastoechus* sp. and *Epicauta gorhami*. During the various blooming days, the visiting frequencies of floral visitors on *S. tschiliensis* inflorescences were different. Usually, the visiting peak was on the fourth day. Field observation further showed that the temperature, cloudy and rainy weather had important influences upon the numbers and diversities of floral visitors. At the Grassland Ecosystem Research Station, because of the low temperature in the morning before nine o'clock, seldom had we observed visitors on the inflorescences of *S. tschiliensis*. The temperature rose after nine thirty and the dew gradually faded away; some floral visitors appeared on *S. tschiliensis*. Obviously, soon after eleven, the types and numbers of floral visitors increased. After three o'clock in the afternoon, the temperature lowered, the types and numbers of the floral visitors declined quickly.

**Key words:** *Scabiosa tschiliensis*; flowering characteristics; breeding system; pollination ecology

文章编号:1000-0933(2004)04-0718-06 中图分类号:Q145,Q149 文献标识码:A

华北蓝盆花(*Scabiosa tschiliensis* Gruning),隶属于川续断科(山萝卜科,Dipsacaceae),蓝盆花属(*Scabiosa* Linn.),为中旱生草本植物,分布于东北、华北和西北的沙质草原、典型草原及森林草原植物群落中,属于兴安-蒙古成分种。作为一种多年生植物,其在防止草原退化、维持物种多样性和维护草地生态平衡中发挥着重要作用。其花作蒙药用(蒙药名:乌和日-西鲁苏),能清热泻火,主治肝火头痛、发烧、肺热、咳嗽、黄疸等症<sup>[1]</sup>。国内外对华北蓝盆花的研究较少,除传统的药理、药效、配伍和炮制等方面的介绍外,仅见王慧等对其胚囊发育做过报道<sup>[2]</sup>。锡林郭勒草原秋季打草(8月下旬)时,当地华北蓝盆花在种子多未成熟的情况下便被随同牧草一起割走,草地上存留的华北蓝盆花种子很少;加上近年来加大了旅游开发力度,许多盛开的华北蓝盆花被游客采摘而去,致使其种群个体数量急剧下降。因此,探讨华北蓝盆花的繁育系统、研究其资源保护策略及人工繁殖技术已迫在眉睫。

本文利用定位观测、显微观察、生理测定等方法,探讨华北蓝盆花的开花动态、花朵数量性状特征、花粉及柱头的活力、访花动物的种类、访花频率、行为以及天气变化的影响,旨在揭示华北蓝盆花与其访花动物之间的协同进化关系以及它们与生态环境之间的适应关系,这不仅对草原生物多样性保护和蒙药资源的可持续利用具有重要意义,而且能为发展华北蓝盆花栽培加工业提供技术支持。

1 研究地点与研究方法

1.1 样地生境概况

研究地点位于锡林郭勒草原,中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站驻地东南 14~18km 处(43°06'~44°08'N, 116°04'~117°05'E),海拔 1200m 左右。该地区位于温带半干旱草原气候区,冬季寒冷干燥,夏季较为温和湿润。年平均气温 -0.4~-0.57℃,1 月份(最冷月)平均气温 -21.4~-22.3℃,7 月份(最热月)平均气温 18.5~18.8℃,极端最低温 -30.62℃,无霜期约 100d,草原植物生长期约 150d。年平均降水量 350mm 左右,多集中在 6~9 月份内。年蒸发量 1600~1800mm,相当于降水量的 4~5 倍。冬春降雪,稳定降雪日数 90d 左右。降水变率较大,降水量在近 20 年来增加了 17%。1990~1998 年与 1982~1989 年相比,年平均气温增加了 0.92℃,最冷月平均气温升高了 0.6℃,极端最低温度升高了 2℃。这说明,该区气温变暖,主要体现在冬季增温,而冬季增温很有可能使该地区的春季干旱进一步加剧<sup>[3]</sup>。

样地内土壤为暗栗钙土-山地黑钙土,植被属羊草-大针茅草原群落,植物群落组成以根茎禾草羊草占优势,其次为大针茅、草和冰草等。群落中,与华北蓝盆花花期相遇的植物主要有:大针茅(*Stipa grandis*)、细叶鸢尾(*Iris tenuifolia*)、射

干鸢尾(*Iris dichotoma*)、叉分蓼(*Polygonum divaricatum*)、石竹(*Dianthus chinensis*)、麻花头(*Serratula centauroides*)、棉团铁线莲(*Clematis hexapetala*)、翠雀(*Delphinium grandiflorum*)、野罂粟(*Papaver nudicaule*)、展枝唐松草(*Thalictrum squarrosum*)、菊叶委陵菜(*Potentilla tanacetifolia*)、地榆(*Sanguisorba officinalis*)、多叶棘豆(*Oxytropis myriophylla*)、扁蓿豆(*Melissitus ruthenica*)、紫菀(*Aster tataricus*)、裂叶荆芥(*Schizonepeta multifida*)、柳穿鱼(*Linaria vulgaris*)、岩败酱(*Patrinia rupestris*)等。

### 1.2 研究材料与方法

1.2.1 研究材料 华北蓝盆花为多年生草本植物,其花萼 5 齿裂,刺毛状;花冠蓝紫色,先端 5 裂,裂片 3 大 2 小;其中,边缘花放射状排列,与中央花异形,较大,一般两侧对称,花冠二唇形;中央花花冠的 5 裂片近等长。雄蕊 4;子房下位;花柱 1,丝状,柱头头状,单一或 2 裂,果序呈半球形或近圆锥形。

1.2.2 开花动态及花朵数量性状的观测与统计 标记特定花序开始开花的时间,在自然条件下连续数天定位观察并记录花朵的开放进程,直至花瓣脱落。注意观测花序内花朵开放的顺序、花朵每一轮结构的数目、形状、颜色及它们的时空动态,记录花朵开放、花粉散出、柱头伸长、花蜜与气味有无及开始出现和持续的时间。采集开花当天的花朵和开花 5d 的花朵各 30 朵左右,分别测量其花冠直径与长度、花丝长度、柱头长度、花药与柱头之间的空间距离,并计算各有关参数的平均数和标准差。

1.2.3 杂交指数(OCI)和花粉-胚珠比(P/O)的估算及罩网试验 按照 Dafni 的方法<sup>[4]</sup>进行花序直径及有关行为的测定,计算 OCI 值并据此评判华北蓝盆花的繁育系统类型。仿照 Anderson 等的方法<sup>[5]</sup>进行花粉数目和 P/O 的估算,依据 Cruden 的 P/O 标准<sup>[6]</sup>评判华北蓝盆花的繁育系统类型。选择有代表性的植株,摘除已开放的花朵,用细眼纱网罩住整个植株,喷撒杀虫剂以确保网内没有活的昆虫等小动物存留,2~3 周后,检查纱网的完好情况和网内华北蓝盆花植株的结籽情况。

1.2.4 花粉活力和柱头可授粉性检测及访花者的观察 用 TTC(2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride)法测定花粉的活力和寿命,用联苯胺-过氧化氢法测定柱头的可授粉性<sup>[4]</sup>。选择华北蓝盆花相隔一定距离的花序,于开花后连续观察访花者的种类、数量、访花行为和活动规律,直至花瓣脱落。采集访花者,鉴定其种类。在观察访花者的访花行为和访花频率时注意记录天气变化。

## 2 结果与分析

### 2.1 开花动态和花朵数量性状

在锡林郭勒草原,华北蓝盆花的花期自 7 月底、8 月初开始持续 30d 以上,单朵花的花期约为 7~8d。华北蓝盆花花瓣开裂之初,花丝折叠在花冠内,花药砖红色、不开裂,柱头未伸出花冠筒。开花当天的午后或第 2 天上午,华北蓝盆花花药高耸,开裂、散粉,花瓣紫红色,访花者开始频繁出现。3d 时,花冠颜色呈深蓝紫色,花药壁仍然留存,有访花者。但中午之后便有部分花丝变软、花药壁脱落。4d 时,多数花药壁脱落或连同花丝一起脱落,花柱明显伸长,访花者特别丰富。5d 时,柱头伸出花冠筒、呈白色,清晨时呈乳白色,花冠的紫色稍变浅,访花者仍较多。6d 时,花冠颜色变浅,花序中部有些花的花冠开始变干、颜色变浅,周边花的花冠开始皱缩,柱头变为红色,在清晨时仍可见白色分泌物,访花者仍然较多。7d 时,花冠颜色继续变浅,多数中部花花冠先干枯、变白,周边花的花冠继续皱缩,柱头呈紫黑红色,访花者明显减少。

表 1 华北蓝盆花花朵的数量性状

Table 1 Floral quantitative character of *S. tschiliensis*

观测项目 Items		中部花 Central flowers	边缘花 Periphery flowers
花冠长度 Corolla length (mm)		10.18±1.81	19.67±3.99
花药长度 Anther length (mm)		1.96±0.23	1.96±0.05
花丝长度 Filament length (mm)		12.20±1.30	12.40±2.16
柱头高度 Stigma height (mm)	花柱伸长前 before style elongation	5.80±1.15	5.80±1.30
	花柱伸长后 after style elongation	13.00±1.80	13.00±1.00
柱头直径 Stigma diameter (mm)		0.4→0.6	0.4→0.6
(花柱伸长前)柱头至最近的花药之间的空间距离 Spatial distance from stigma (before style elongation)to the nearest anther (mm)		7.33±0.84	6.90±1.95

表 1 列出了华北蓝盆花花朵的部分数量性状特征。从中可以看出,华北蓝盆花的边缘花比中部花大,但花药长度、花丝长度、柱头高度、柱头直径等与中部花并无多大差异。只是边缘花自身花丝长度的变异范围较大,而中部花的花丝长度相对而言比较整齐一致;加上花冠口的朝向不同,所以,边缘花的柱头至其最近的花药之间的空间距离的变异范围也较大,总体上稍小于中部花的。另外,不论边缘花还是中部花,在开花后都有花柱逐渐伸长的过程,花柱伸长过程在花药脱落之后尤其明显;而且,花柱会伴随着花瓣脱落而脱落。

2.2 华北蓝盆花的杂交指数(OCI)、花粉-胚珠比(P/O)及罩网试验结果

花冠直径及有关行为测量的结果见表 2。华北蓝盆花的 OCI 值为 3 或 4,原因在于中部花和边缘花的花冠直径不同:中部花的花冠直径记为 2,边缘花的花冠直径记为 3;其繁育系统属于异交、部分自交亲和、需要传粉者活动才能完成传粉受精过程。表 2 还显示,华北蓝盆花的 P/O 为  $1512\pm120$ ,据此,其繁育系统应该属于兼性异交的范围。罩网试验则表明,华北蓝盆花没有自发的自花传粉现象,自然条件下也没有无融合生殖现象,其需要传粉者活动才能座果。

表 2 华北蓝盆花的 OCI 和花粉-胚珠比的观测结果

观测项目 Items	表现 Expressions	繁育系统类型 Types of breeding systems
花冠直径 Corolla diameters	2~3	
雌雄时间分离 Temporal separation of ♀ and ♂	0	异交、部分自交亲和、需要传粉者 Outcrossing, partially self-compatible, demanding for
雌雄空间分离 Spatial separation of ♀ and ♂	1	pollinators
杂交指数 Outcrossing index	3~4	
花粉粒大小 Pollen size (μm)	46~48×48~51	
每朵花的花粉数目 Pollen number per flower	1512±120	兼性异交 Facultative xenogamy
每朵花的胚珠数目 Ovule number per flower	1	
花粉-胚珠比 Pollen-ovule ratio	1512±120	

2.3 花粉活力和柱头的可授性

华北蓝盆花的花粉活力在开花之初较高,72h 即 3d 之后明显下降,4d 后大部分失去活力。华北蓝盆花的柱头在开花 1~3d 一直具微弱的活性;第 4 天或第 5 天,过氧化物酶活性明显较高;第 6 天,柱头呈紫红色,过氧化物酶活性有所降低,有些柱头上已检测不到过氧化物酶活性;第 7 天,柱头呈紫黑红色,检测不到过氧化物酶活性(见表 3)。

土壤肥沃的生境中,华北蓝盆花的花序较大、花朵数目较多,整个花序上的花朵柱头可授粉期持续时间较长;生长于相对干旱、贫瘠生境中的华北蓝盆花,花序较小,整个花序上的花朵柱头可授粉期持续的时间较短。总之,同一花序内的花朵在 2~3d 内逐渐开放,晚开的花散粉时、早开的花花柱仍未伸长,因此,华北蓝盆花同一花序内的各花朵间难于相互传粉。

2.4 访花者的种类、行为和访花频率

在华北蓝盆花花序上记录到的访花者共有 10 余种。在不同年份,华北蓝盆花上的访花者种类有所不同;但均以双翅目和鞘翅目昆虫为主,具体鉴定结果见表 4。

华北蓝盆花的主要访花者是双翅目(Diptera)、短角亚目(Brachycera)、蜂虻科(Bombyliidae)、雏蜂虻属(*Anastoechus* Osten-Saeken)的内蒙古雏蜂虻(*A. neimongolanus*)和金毛雏蜂虻(*A. aurecrinitus*)。中午前后,每个花序上附着 2 至 4 只,其以口器伸入花冠内取食花蜜或花中蚜虫,能一朵花接一朵花地慢慢访问,每只蜂虻在一个花序上停留的时间可长达十几分钟甚至几十分钟,其附肢附着在花冠、花药或柱头上,毛绒绒的腹部易于在不同花序上先后接触到花药或柱头,从而有助于华北蓝盆花授粉。

豆芫菁(*Epicauta gorhami*)和苹斑芫菁(*Mylabris calida* Palla)在花序上以采食柱头、花药、花瓣为主,未见其取食花蜜。它们可以在一个花序上停留数小时而不离去,其传粉作用是被动的。

蜂类和蝶类通常对传粉有较大帮助,但是它们们在 2001 年度的观测样地内极少见,这可能与锡林郭勒草原连续 3a 干旱导致其种群数量下降有关。2002 年度,在观测样地内见到多种蜂类和蝶类访花,但它们在一个花序上停留的时间很短,常只有十几秒或几十秒。其传粉效果有待进一步检测。

半翅目的东亚果蝽、紫翅果蝽和直翅目的小车蝗较少访问华北蓝盆花,如果它们对授粉有帮助,那也是在取食中被动传粉的。表 5 是万寿菊上旬在观测样地连续数日定点观测的结果。从中可以看出,开花后不同日期,华北蓝盆花访花者的访花频率并不相同:开花当天,访花者即开始访问;开花第 4 天,花序上访花者的访花频率最高。同一天内的不同时间,访花者的访花

表 3 华北蓝盆花的花粉活力和柱头可授性

时间 Time (h)	花粉活力 Pollen viability(%)	柱头可授性 Stigma receptivity
0	97	+
24	98	+
48	91	+
72	64	+
96	44	++
120	6	++/-
144	0	+/-
168	0	-

\* - 指柱头不具可授性 means stigma have no receptivity; + 指柱头具可授性 means stigma have receptivity; ++ 指柱头具强可授性 means stigma have strong receptivity



频率也有很大差异,一般规律是:11:00~15:00 之间,访花者的访花频率较高。

表 4 华北蓝盆花访花者的年度比较

Table 4 Comparative study of visitors on <i>S. tschiliensis</i> flowers between 2001 and 2002		
目 Order	2001 年的访花者 Visitors in 2001	2002 年的访花者 Visitors in 2002
双翅目 Diptera	内蒙雏蜂虻 <i>Anastoechus neimongolanus</i>	内蒙雏蜂虻 <i>Anastoechus neimongolanus</i>
	金毛雏蜂虻 <i>Anastoechus aurecinitus</i>	金毛雏蜂虻 <i>Anastoechus aurecinitus</i>
		黑带食蚜蝇 <i>Episyrphus balteatus</i> (De Geer)
鞘翅目 Coleoptera	豆芫菁 <i>Epicauta gorhami</i>	豆芫菁 <i>Epicauta gorhami</i>
	异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)	苹斑芫菁 <i>Mylabris calida</i> Palla
		异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)
膜翅目 Hymenoptera	毛跗黑条蜂 <i>Anthophora acervorum villosela</i> Smith	毛跗黑条蜂 <i>Anthophora acervorum villosela</i> Smith
		明亮熊蜂 <i>Bombus lucorum</i> Linne
		齿彩带蜂 <i>Nomia punctulata</i> Westwood
		黑地蜂 <i>Andrena carbonaria</i> Linnaeus
		唇地蜂 <i>Andrena labiata</i> Fabricius
		苜蓿准蜂 <i>Melitta leporine</i> Panzer
鳞翅目 Lepidoptera		华北白眼蝶 <i>Melanargia epimede</i> (Staudinger)
		斑缘豆粉蝶 <i>Colias erate</i> Esper
半翅目 Hemiptera	东亚果蝽 <i>Carpocoris seidenstückeri</i> Tamanini	紫翅果蝽 <i>Carpocoris purpureipennis</i> (De Geer)
直翅目 Orthoptera	小车蝗 <i>Oedaleus infernalis</i> Sauss	

2. 5 天气状况对访花者活动的影响

阴天及降雨对访花者的访花频率有显著影响。在风雨来临前的阴天里,一般访花者无一访花;在风雨过后天气放晴时,访花者则大量出动,其活动规律和晴天时相近,这可能是因为:一方面,华北蓝盆花得到雨露滋润后旺盛分泌花蜜,另一方面,昆虫在风雨过后急于寻觅食物。对华北蓝盆花而言,8 月份的锡林郭勒草原,8:00~8:30 之前,气温较低,露水较大,极少观察到昆虫活动,难于观察到华北蓝盆花上有访花者。9:00~9:30 之后,温度渐升,露水渐退,一些花序上访花者数量逐渐增加。16:00 之后,温度迅速下降,多数访花者潜入草丛,蓝盆花花序上访花者数量亦迅速减少。

3 讨论

对花的结构及其性别表现的了解既是认识植物系统演化及其生活史的前提,也是传粉生态学研究所必需依赖的背景知识<sup>[7,8]</sup>。在植物界,异交种类通常有一些独特的性状以与自交种类相区别<sup>[7]</sup>。对华北蓝盆花而言,其具有保证异交进行的许多特征:如,花朵数目较多、萼片较大、花冠和花瓣较大、花瓣微凹、具蜜腺、花粉粒多、柱头面积界限明显、具乳突等等。华北蓝盆花除中部花的花冠呈漏斗状、每花仅具 1 个胚珠之外,几乎没有符合自交的性状特征。早在 1983 年,Wyatt 便将以动物为媒介进行传粉的植物的开花特征分为 9 类,对应以特定的传粉媒介以及包括开花时间、花色、气味、花的形态特征、蜜腺等等在内的种种特点<sup>[7,9]</sup>。将华北蓝盆花的开花特征与 Wyatt<sup>[9]</sup>划分的以动物为媒介进行传粉的 9 类植物相比较,发现华北蓝盆花既符合甲虫传粉花的特点、又符合蝇类传粉花的特点、还符合蜜蜂传粉花的特点,这与野外实地观察得到的结果是一致的。

花粉必须在具有活力时到达适宜的接受柱头才能完成传粉过程,具有接受花粉的适宜柱头的花朵即处于柱头可授粉期。花粉保持活力的时间长短和柱头可授粉期的长短组合在一起,深刻影响着自花传粉率、开花不同阶段的传粉成功率、各种传粉者的相对重要性、雄性和雌性功能之间的相互干扰、不同基因型的花粉之间的竞争以及配子体选择的机会等<sup>[4,10,11]</sup>。因此,花粉和柱头的形态结构、花粉的活力与寿命以及柱头的可授粉性等便成为必须关注的问题。本研究显示,华北蓝盆花的柱头在花柱明显伸长、柱头二裂后才是接受花粉的适宜时期。这种花柱首先伸长、之后才具可授粉性的现象与许多被研究过的植物如菠菜、刺五加、短梗五加等类似<sup>[12~14]</sup>。

经过长期的协同进化,传粉动物与显花植物之间形成了一种互利的关系,即动物在采食花粉和花蜜的同时,为植物起了传粉受精的重要作用。然而,不同访花者的访花时间、访花长短和访花频率是不一致的。有些访花者是主动传粉的,如膜翅目、鳞翅目昆虫就是直接取食花粉和花蜜;而双翅目的蜂虻则是取食花蜜和取食花中蚜虫兼之,鞘翅目、半翅目和直翅目昆虫一般是在

表 5 华北蓝盆花访花者的访花频率(访花次数/h)

Table 5 Visiting frequencies of visitors on <i>S. tschiliensis</i> inflorescence(No. of visits per hour)								
时间 Time	1d	2d	3d	4d	5d	6d	7d	8d
7:00~8:00	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00~9:00	0	0.5	0.5	6.5	1	4	2	0
9:00~10:00	0	0.75	1	8.25	2.5	8	2	0
10:00~11:00	2.25	1.5	0.75	4.75	4.5	0	3	0
11:00~12:00	4	0.75	1.5	11.5	3.5	9	2	0
12:00~13:00	5.5		3	4.25	3.5	10	3	0
13:00~14:00	4		6.75	6.25	1.5	11	4	1
14:00~15:00	3		3.5	7.25	2	6	3	0
15:00~16:00	0.75		1.75	4.5	2	6	1	0
16:00~17:00	0		1.25	1	0	0	0	0.25
合计 Total	19.5		20	54.25	20.5	54	20	1.25

取食花瓣、柱头或吸食汁液时被动传粉的<sup>[15,16]</sup>。总之,华北蓝盆花的种子是虫媒传粉的产物,访花者的高频率访问为华北蓝盆花的传粉成功提供了可能。如果没有传粉昆虫,其后果不但影响生态系统的稳定性,而且危及人类的生存<sup>[15]</sup>。这在人工栽培华北蓝盆花尤其是人工采种、繁殖时是值得注意的问题。

当然,许多因素如光照、大风、温度、阴雨天气等都可以影响访花者的数量、行为和频率并进而影响植物的传粉和座果<sup>[9]</sup>。其中,影响最大的就是天气状况,如果盛花期遇到持续阴雨天气,传粉即不能成功。气象因素可能还会影响生境昆虫区系,进而影响访花者的种类和数量。2002 年,华北蓝盆花的访花者在种类和数量上与 2001 年的有所不同,其原因可能就在于此。另外,在草原站地区,与华北蓝盆花花期相遇的植物有近 20 种。在不同地点和华北蓝盆花的不同植株周围,花期相遇的植物无论是在种类还是在数量上都有所差别。同花期植物的种类和数量对华北蓝盆花访花者的种类、数量和行为有什么具体影响,华北蓝盆花种群大小、密度和开花数量等如何影响访花者的访花频率和行为等等,这些问题都有待进一步研究。

References:

[ 1 ] Committee of Flora of Inner Mongolia. *Flora of Inner Mongolia*. 2<sup>nd</sup> Ed, Vol 4, 1993.

[ 2 ] Wang H, Zhu J, Nian C L. A comparative study of the embryo sac development in two species of Scabiosa. *Journal of Beijing Normal University* (Natural Science). 1987, (3):77~80.

[ 3 ] Chen Z Z and Wang S P. *Typical Grasslang Ecosysytems of China*. Beijing: Science Press, 2000.

[ 4 ] Dafni A. *Pollination Ecology*. New York:Oxford Univ Press, 1992. 1~57.

[ 5 ] Anderson G J, Bernardello G, Stuessy T F, *et al.* Breeding system and pollination of selected plants endemic to Juan Fernandez Islands. *Amer. J. Bot.*, 2001, **88**(2):220~233.

[ 6 ] Cruden R W. Pollen-ovule ratios: A conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution*, 1977, **31**: 32~36.

[ 7 ] Guo Y H. Pollination Biology and Plant Evolution. In:Chen J K and Yang J ed. *Plant Evolutionary Biology*. Wuhan:Wuhan University Press, 1994. 232~280.

[ 8 ] Zu Y G,Zhang W H,Ge S,*et al.* *Conservation Biology of a Dangered Plant*. Beijing: Science Press, 1999.100~120.

[ 9 ] Wyatt R. Pollinator-plant interactions and the evolution of breeding systems. In: L Real ed. *Pollination Biology*. Florida: Academic Press, 1983. 51~95.

[10] Zhang J S, Yang H Y, Zhu L, *et al.* Ultracytochemical localization of calcium in the stigma, style and micropyle of sunflower. *Acta Botanica Sinica*, 1995, **37**(9): 691~696.

[11] Chen X L, Li M, You R L. A study on the development of syigma and megagametophyte, and embryogeny in *Cimicifuga simplex* Wormsk. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 2000, **38**(4): 337~342.

[12] Miglia K J, D C Freeman. Delayed pollination, stigma length, sex expression, and progeny sex ratio in spinach, *Spinacea oleracea* (Chenopodiaceae). *Amer. J. Bot.*, 1996,**83**(3):326~332.

[13] Liu L D, Wang Z L, Tian G W, *et al.* Observation on floral morphology and heteranthery of *Eleutherococcus senticosus*. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 1997,**35**(1):1~6.

[14] Liu L D, Li W, Zhu N, *et al.* The relations among the nectar secretive rhythms,nectar compositions and diversities of floral visitors for both *Eleutherococcus senticosus* and *E sessiliflorus*. *Acta Ecologica Sinica*, 2002,**22**(6):19~27.

[15] Qin J D. *Relationship Between Insects and Plants*. Beijing: Science Press, 1987. 188~204.

[16] Huang S Q, Guo Y H. Advances in pollination biology. *Chinese Science Bulletin*, 2000, **45**(3): 225~237.

参考文献:

[ 1 ] 内蒙古植物志编委会. 内蒙古植物志. 第二版,第四卷,1993.

[ 2 ] 王慧, 祝健, 粘翠兰. 蓝盆花属的两种植物胚囊发育的比较研究. 北京师范大学学报(自然科学版),1987, (3):77~80.

[ 3 ] 陈佐忠,汪诗平. 中国典型草原生态系统. 北京:科学出版社,2000.

[ 7 ] 郭友好. 传粉生物学与植物进化. 见:陈家宽,杨继主编,植物进化生物学. 武汉:武汉大学出版社,1994. 232~280.

[ 8 ] 祖元刚,张文辉,葛颂,等. 濒危植物裂叶沙参保护生物学. 北京:科学出版社,1999. 100~120.

[10] 张劲松,杨弘远,朱绫,等. 向日葵柱头、花柱和珠孔中钙分布的超微细胞化学定位. 植物学报,1995,**37**(9):691~696.

[11] 陈晓麟,李铭,尤瑞麟. 单穗升麻的柱头和雌配子体发育及胚胎发生. 植物分类学报, 2000,**38**(4):337~342.

[13] 刘林德,王仲礼, 田国伟,等. 刺五加花的形态学及雄蕊异长现象的观察. 植物分类学报,1997,**35**(1):1~6.

[14] 刘林德,李玮,祝宁,等. 刺五加、无梗五加的花蜜成分、泌蜜节律及访花者多样性的比较研究. 生态学报,2002,**22**(6):19~27.

[15] 钦俊德. 昆虫与植物的关系. 北京:科学出版社,1987. 188~204.

[16] 黄双全,郭友好. 传粉生物学的研究进展. 科学通报,2000,**45**(3):225~237.