

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2014.01.009

高泽梅, 权秋梅, 肖娟, 等. 金城山柔毛淫羊藿的开花物候与生殖特性[J]. 广西植物, 2014, 34(1): 46–50

Gao ZM, Quan QM, Xiao J, et al. Flowering phenology and reproductive features of the *Epimedium pubescens* in Jincheng Mountain[J]. *Guihaia*, 2014, 34(1): 46–50

金城山柔毛淫羊藿的开花物候与生殖特性

高泽梅, 权秋梅, 肖娟, 黎云祥*

(西华师范大学 西南野生动植物资源保护教育部重点实验室, 四川 南充 637009)

摘要: 采用实地观测的方法, 对南充市金城山三个不同生境中柔毛淫羊藿的开花物候特征及其生殖特性进行了研究。结果表明: 柔毛淫羊藿花期为3月上旬至4月上旬, 其种群、个体、花序和单花的花期分别历时30~41、22~34、9~18和4~8 d。三个生境中柔毛淫羊藿种群的开花物候进程基本相同, 均呈单峰集中开花式样, 因而能够吸引更多的传粉者访问而达到生殖成功。开花物候指数与坐果数之间的相关分析结果表明, 坐果数与始花日期存在显著的负相关关系, 与花期持续时间和开花数均呈极显著的正相关关系。揭示了药用植物柔毛淫羊藿的开花物候特征与生殖特性。

关键词: 柔毛淫羊藿; 开花物候; 座果数

中图分类号: Q948.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2014)01-0046-05

Flowering phenology and reproductive features of the *Epimedium pubescens* in Jincheng Mountain

GAO Ze-Mei, QUAN Qiu-Mei, XIAO-Juan, LI Yun-Xiang*

(China West Normal University, Key Laboratory of Southwest China Wildlife Resources Conservation, Nanchong 637009, China)

Abstract: This paper studied phenological characteristics of *Epimedium pubescens* in three different habitats and its effected on reproductive success by using field observations. The results showed that the flowering span of the population, individual, inflorescence and single flowering were approximately 22–34, 31–41, 9–18 and 4–8 d, respectively. The flowering amplitudes curves of *E. pubescens* individual plant in three samples were basically identical, and showed a single peak concentration blossom style. The correlation analysis among the first flowering date, duration, flower number and fruit number showed that there was negative correlation between fruit number and first flowering date and a positive correlation to flower number and duration.

Key words: *Epimedium pubescens*; flowering phenology; fruit number

柔毛淫羊藿(*Epimedium pubescens*)为小檗科(Berberidaceae)淫羊藿属(*Epimedium*)多年生草本植物,为淫羊藿属植物小花类群的一种(王悦云等, 2009)。《本草纲目》记载:茎、叶入药,辛温无毒。具有坚筋骨、益精气、补腰膝、强心力等作用(中国科学院, 2001; 国家药典委员会, 2005)。随着我国现代中

药产业化的迅速崛起,国内和国际市场对淫羊藿属植物需求量越来越大,野生淫羊藿属资源遭到过度采集与破坏,保护野生淫羊藿资源已成为亟待解决的问题。植物的开花物候被认为是有花植物种群很重要的适合度因子,是生殖生物学研究的基础,对生殖成功具有重要影响(马文宝等, 2008; 苏晓磊等,

收稿日期: 2013-09-12 修回日期: 2013-11-27

基金项目: 四川省科技厅应用基础研究项目(2008JY01580); 重点实验室开放基金(XNYB09-04); 四川省重点学科项目(SZD0420); 西华师范大学科研启动项目(11B016)。

作者简介: 高泽梅(1987-), 女, 四川泸州市人, 硕士研究生, 主要从事植物生殖生态的研究, (E-mail)623689418@qq.com。

*通讯作者: 黎云祥, 博士生导师, 主要从事生殖生态的研究, (E-mail)yx_li@263.net。

2010)。Rathcke *et al.* (1985) 的研究表明, 开花物候与环境条件(如纬度、海拔、光照、温度和湿度等)有密切的联系。因此, 本实验以柔毛淫羊藿为研究对象, 探索金城山三个不同生境中柔毛淫羊藿的开花物候, 以及其对生殖成功的影响, 以期作为柔毛淫羊藿的人工种植以及传粉生态学研究提供理论依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区自然概况

实验地为嘉陵江流域金城山国家森林公园。该山位于四川省南充市高坪区、蓬安县和广安市岳池县三区之间, 年均温为 17.6 °C, 最冷月(1 月)均温为 5.14 °C, 最热月(7 月)均温 21.7 °C; 植物生长期长, 无霜期在 300 d 以上。全年降雨量 1 063 mm, 但全年降雨量分布不均匀, 5—10 月份降雨量占全年降雨量的 80% 且多暴雨, 其余季节雨水偏少, 11 月至次年 4 月只占全年降雨量的 19% (杨子松等, 2006)。

1.2 材料与方法

1.2.1 材料 柔毛淫羊藿株高 15~30 cm, 两回三出复叶, 稀单叶, 圆锥花序具 30~100 朵花, 长 10~20 cm, 花梗长 1~2 cm; 花萼片 2 轮, 外萼片阔卵形, 长 2~3 mm, 带紫色, 内萼片披针形或狭披针形, 白色, 长 5~7 mm, 宽 1.5~3.5 mm; 花瓣远较内萼片短, 长约 2 mm, 囊状, 淡黄色。蒴果长圆形, 宿存花柱长喙状。花期 2~3 月, 果期 4 月。

1.2.2 开花物候 2006 年 2 月下旬在金城山国家森林公园柔毛淫羊藿生长的区域, 根据生态环境特征, 选取了具有代表性的三个典型生境, 样地一为向阳地(106°28' E, 30°45' N, 海拔在 790 m, 相对光照强度为 68%), 乔木层有白栎(*Quercus fabric*)和柏木(*Cupressus fueris*), 灌木层主要有十大功劳(*Mahonia fortunei*), 女贞(*Ligustrum lucidum*)等, 草本主要有冷水花(*Pilea notata*)和细柄草(*Capillipedium prviflorum*); 样地二为公路边(106°27' E, 30°45' N, 海拔在 643 m, 相对光照强度为 51%), 乔木层有白栎, 柏木和杉木(*Cunninghamia lanceolata*), 灌木层白筋(*Acanthopanax trifoliatum*), 喜阴悬钩子(*Rhododendron mesogaeus*)等, 草本主要为鸢尾(*Iris tectorom*); 样地三为多岩石和水沟的地方(106° E, 30°45' N, 海拔 568 m, 相对光照强度为 35%), 乔木层主要柏木, 灌木层有十大功劳, 油茶(*Camellia oleifera*)等, 草本主要是鸢尾, 蛇莓(*Du-*

chesnea indica), 艾蒿(*Artemisia vulgari*)等。

在样地中各选取一个样方(10 m×10 m), 每个样方采用白色布条对认为人为影响因素较小、植株健全的 30 株进行标记, 并在每样株上标记一个花序, 记录花序和植株每天开花的数量。根据开花数观测计算开花物候参数。计算方法如下:

始花日期的统计参考 Pickering(1995)的方法。不同地方的开花时间不一致, 具体时间确定与同步指数相同。其中, 本实验将柔毛淫羊藿个体的开花现象分为①始花日期: 柔毛淫羊藿开始开花的日期; ②开花高峰日期: 开花数大于或者等于 50% 时; ③终花日期: 无花开放时。群体水平以 25% 的个体开花时视为始花日期, 50% 的个体开花时视为开花高峰日期, 95% 的个体结束开花时视为终花日期。

相对开花强度: 每植株每年的相对开花强度(Relative flowering intensity), 计算方法为相对开花强度等于该植株开花数最多日开的花数与该种群中植株在其开花最多日所开花数之比(Herrera, 1986)。开花强度是比较花分布频度相对地位一种方式(Herrera, 1986; 马文宝等, 2008)。

同步指数: 用同步指数(Synchrony index, S_i)检测开花同步性高低, 根据 Mc Intosh(2002)的方法稍作调整:
$$S_i = \frac{1}{n-1} \left(\frac{1}{f_i} \right) \sum_{j \neq i}^n e_{j \neq i}$$

其中, e_j 表示个体 i 和 j 花期重叠时间(d), f_i 表示个体 i 开花的总时间(d), n 表示样地中个体数。 S_i 的范围为 0~1, “0”表示个体花期没有重叠, “1”则表示花期一致; 始花时间的确定: 样地一以 3 月 7 日为第 1 天(计为 1), 3 月 8 日为第 2 天(计为 2); 样地二以 3 月 6 日记为第 1 天(计为 1), 3 月 7 日为第 2 天(计为 2); 样地三以 3 月 2 日记为第 1 天(计为 1), 为 3 月 3 日第 2 天(计为 2), 依此类推。

1.2.3 始花日期、花期持续时间、开花数与坐果数之间的关系 运用 SPSS11.5 统计软件的双因素相关性(Bivariate correlation)分析柔毛淫羊藿个体的开花参数与座果数之间的相关关系。

2 结果与分析

2.1 种群、个体和花序水平开花物候

柔毛淫羊藿每年开花一次, 花期为 3 月上旬至 4 月上旬, 不同生境中柔毛淫羊藿种群、个体和花序水平的开花物候特征见表 2。由表 2 可以看出, 各

水平的开花物候参数在不同生境中相差不明显,就个体水平而言,样地三开花时间比样地一和样地二早,且开花持续时间最长,终花日期较晚。

2.1.1 开花振幅及开花强度 不同生境中柔毛淫羊藿种群的开花物候进程(开花振幅曲线)基本相同,均呈单峰曲线(表 1,图 1)。在开始的两周内,开花

进程缓慢,继而开花比例迅速上升至最高峰,然后逐步下降。从峰值比较,三个样地的开花量几乎是同时到达高峰期,但样地三明显低于样地一和样地二。总的来看,柔毛淫羊藿的花期并不长,仅 1 个半月,样地三由于光照强度和温度相对较高一些,因而开花振幅曲线前移。

表 1 不同生境中柔毛淫羊藿个体和种群开花物候

Table 1 Flowering phenology of *E. pubescence* at the level of the population and individual in three different habitats

观测项目 Observation item	种群水平 Population level			个体水平 Individual level		
	样地一	样地二	样地三	样地一	样地二	样地三
	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 1	Sample 2	Sample 3
始花日期 First flowering date (month-day)	3~13	3~10	3~6	3~7	3~6	3~2
花期持续时间 Duration (d)	25	27	34	34	31	41
开花高峰日 Peak Flowering date (month-day)	3~25	3~23	3~21	3~27	3~25	3~25
开花振幅 Flowering amplitude (No. of flower)	—	—	—	25	20	18
开花重叠(同步)指数 Flowering synchrony index	—	—	—	0.818	0.839	0.785
终花日期 Last flowering date (month-day)	4~7	4~6	4~9	4~10	4~6	4~11

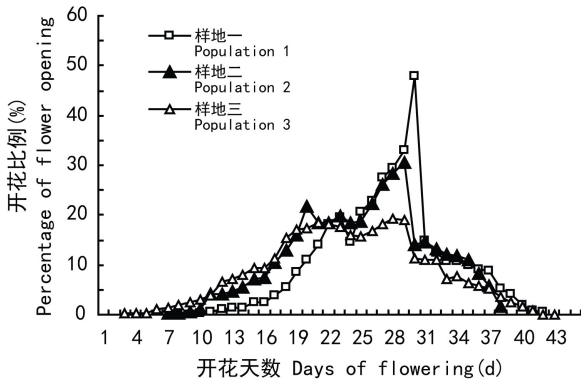


图 1 三个样地中柔毛淫羊藿个体的开花振幅曲线
Fig. 1 Flowering amplitudes curves of *E. pubescence* individual plant in three samples

三生境中柔毛淫羊藿个体相对开花强度结果见图 3。从图 3 可知,样地一和样地三中柔毛淫羊藿个体开花强度的主要分布频率范围为 10%~60%, 30%~40%,而样地二主要分布在 30%和 50%处。三生境中柔毛淫羊藿个体的分布频度的偏斜率分别为 0.84,0.51,0.96。

2.1.2 个体开花物候参数分析 不同生境中柔毛淫羊藿个体的开花物候参数的变化规律如图 2。在不同生境中,个体始花日期($F=0.210, P>0.05$)、开花高峰日期($F_{1.02}, P>0.05$)、终花日期($F_{2.08}, P>0.05$)、花期持续时间($F_{2.88}, P>0.05$)、相对开花强度($F_{1.66}, P>0.05$)、花期同步指数($F_{1.67}, P>0.05$)差异均不显

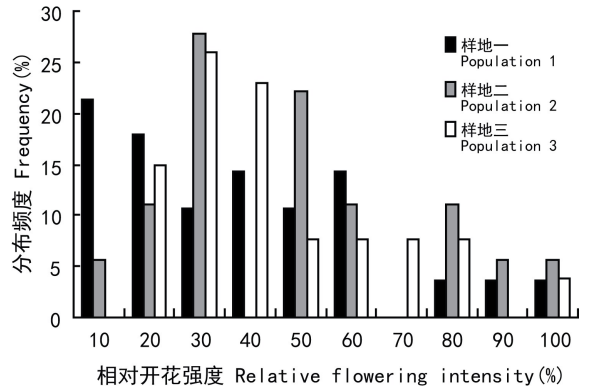


图 2 不同生境中柔毛淫羊藿个体相对开花强度分布
Fig. 2 Frequency distributions of relative flowering intensity in *E. pubescens* individual plants in different habitats

著。三生境中柔毛淫羊藿平均花期同步指数为 0.814,表现出一种大量、集中的开花样式。

2.1.3 单花水平物候 柔毛淫羊藿的花是两性花,花苞在花蕾期为紫色。有内外 2 轮萼片,且均为 4 枚。花瓣变态为距,距内有分泌物。柔毛淫羊藿的花无香味,花药呈暗绿色,以瓣裂方式开裂。只有一个雌蕊。

单株花序花期为 9~18 d。其单株花序的开花顺序为花序基部各分支中间花蕾先开花;其次为花序基部两边花蕾和花序中部各支的中间花蕾开花;然后为花序中部各支两边花蕾开花;最后为花序上部花蕾开花。凋谢时也是先开花后凋谢,与植物生长发育规律一致。

2.2 物候指数与座果数的相关性分析

柔毛淫羊藿的始花日期、花期持续时间、开花数、

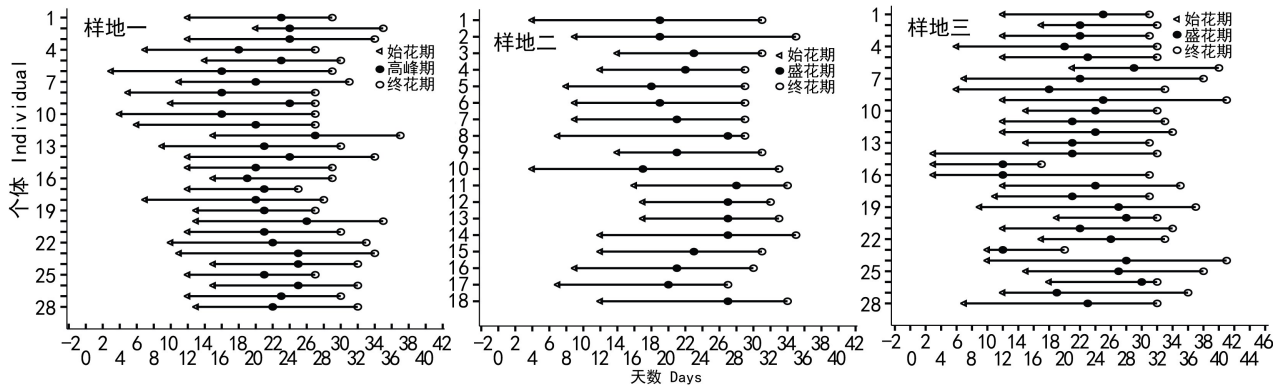


图 3 不同生境中柔毛淫羊藿个体始花日期(◁)、开花高峰日期(●)、终花日期(○)和花期持续时间变化 左端数值为相对开花强度,右端数值为花期同步指数。

Fig. 3 Variation of first flowering date(◁), peak flowering date(●), last flowering date(○) and duration for *E. pubescens* individual in different habitats The values on the left side are relative flowering intensities and the ones on the right side are flowering synchrony indices.

表 2 柔毛淫羊藿个体水平的始花日期、花期持续时间、开花数及座果数的相关分析

Table 2 Pearson correlation coefficients of the first flowering date, duration, flower number and fruit rate of *E. pubescens* at an individual level in three samples

样地 Sample	种群 Population	始花日期 First flowering date	花期持续时间 Duration time	开花数 Flower number
样地一 Sample 1	始花日期 First flowering date	—	—	—
	花期持续时间 Duration time	-0.662 * *	—	—
	开花数 Flower number	-0.198	0.606 * *	—
	座果数 Fruit number	-0.377 *	0.505 * *	0.628 * *
样地二 Sample 2	始花日期 First flowering date	—	—	—
	花期持续时间 Duration time	-0.663 * *	—	—
	开花数 Flower number	-0.704 * *	0.769 * *	—
	座果数 Fruit number	-0.472 *	0.477 *	0.524 *
样地三 Sample 3	始花日期 First flowering date	—	—	—
	花期持续时间 Duration	-0.602 * *	—	—
	开花数 Flower number	-0.115	0.650 * *	—
	座果数 Fruit number	-0.444 *	0.687 * *	0.535 * *

* 相关性显著; ** 相关性极显著。* Correlation is significant at 0.05 level; ** Correlation is significant at 0.01 level.

座果率之间的相关性分析结果见表 2。从表 2 看出,花期持续时间与始花日期,开花数,坐果数均呈极显著关系,其中与始花日期呈负相关关系,与开花数和坐果数均呈正相关关系。开花数与坐果数存在极显著正相关关系,而开花数与始花日期呈负相关关系,但不显著。这些关系表明,开花时间越早,花期越短,坐果数越少;花期越长,开花数越多,坐果数越多。

3 结论与讨论

对三个典型生境的柔毛淫羊藿的开花物候进行研究,柔毛淫羊藿的花期在 3 月上旬至 4 月上旬,但主要集中在 3 月下旬。样地三的柔毛淫羊藿始花期最早,终花期也最早,样地一的始花期和终花期相比其他地方晚开晚谢。这与 Tarasjev(1997)和 Blonius

et al.(2001)的结论“低海拔生境的要比和高海拔生境更早开花”一致。总的来说,三个生境中柔毛淫羊藿个体的开花物候进程(开花振幅曲线)均呈现单峰曲线,有一个开花高峰期,且开花同步指数也相对较高,体现了“集中开花模式”(Herrera, 1986)。这种开花模式与准噶尔无叶豆(马文宝等, 2008)、夏腊梅(张文标等, 2008)、长柄双花(肖宜安等, 2004)植物的开花模式一样。柔毛淫羊藿个体在不同生境中体现相近的开花物候进程(开花振幅曲线),说明该种个体的开花物候一般是植物的遗传因子决定的(Zimmerman *et al.*, 1984)。

柔毛淫羊藿单花寿命不稳定,为 4~8 d,这可能与开花期间环境条件的影响有关,低温阴天,单花寿命较长;大雨天气,则单花寿命大大缩短。在野外观测时发现,柔毛淫羊藿的花极容易败育,特别是在遇

到大风大雨的天气,许多盛开的花朵易被打落掉或凋谢,甚至未开放的花蕾也容易掉落。此外,与多数植物一样,柔毛淫羊藿的生殖活动也发生在春季,由于春季有充足的水分,温度适宜,还有大多数昆虫的活动也是在春季,因而为其生殖成功提供了很有利的条件。同时柔毛淫羊藿又要与其他植物(如油菜花)竞争吸引昆虫进行传粉,其花的大小及颜色都不具优势,而且如果在柔毛淫羊藿开花和结果这两个时期遇到一场暴雨或连续的阴雨天气,又没有传粉者出来活动帮助柔毛淫羊藿完成授粉,那么柔毛淫羊藿的结实率必然很低。因此迫于这些压力,柔毛淫羊藿形成“集中、大量开花模式”以获得昆虫的有效访问,由此达到生殖成功。

相关性分析表明,在三个典型生境中,柔毛淫羊藿开花数和花期持续时间分别与坐果数有显著正相关关系,这与 Augspurger(1983)和马文宝(2008)的研究结果一致。说明柔毛淫羊藿开花数量越多,越有利于吸引更多的传粉者;花期持续时间越长,有利于提高传粉者的最后传粉效果,从而提高坐果的机会。另外,柔毛淫羊藿开花的始花日期分别与开花数、花期持续时间、坐果数均成负相关关系。说明植株开花越早,开花的数量越多,花期持续的时间越长,坐果数越多;相反,越晚开花坐果数越少。

参考文献:

- 国家药典委员会. 2005. 中华人民共和国药典(第一部)[M]. 北京:化学工业出版社:229
- 中国科学院. 2001. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社:262-300
- Augspurger CK. 1983. Phenology, flowering synchrony and fruit set of six neotropical shrubs[J]. *Biotropica*, **15**:257-267
- Blionis GJ, Halley JM, Vokou D. 2001. Flowering phenology of *Campanula* on Mt Olympos, Greece[J]. *Ecography*, **24**(6): 696-706

- Herrera J. 1986. Flowering and fruiting phenology in the coastal shrublands of Donana[J]. *S Spain Veg*, **68**:91-98
- Ma WB(马文宝), Shi X(施翔), Zhang DY(张道远), et al. 2008. Flowering phenology and reproductive features of the rare plant *Eremosparton Songoricum* in desert zone, XinJiang, China(准噶尔无叶豆的开花物候与生殖特征)[J]. *J Plant Ecol*(植物生态学报), **32**(4):760-767
- McIntosh ME. 2002. Flowering phenology and roductive output in two species of *Ferocactus*(Cactaceae)[J]. *Plant Ecol*, **159**(1):1-13
- Pickering CM. 1995. Variation in flowering parameters within and among five species of *Australian alpine Ranunculus*[J]. *Austr J Bot*, **43**:103-112
- Su XL(苏晓磊), Zeng B(曾波), Qiao P(乔普), et al. 2010. The effects of winter water submergence on flowering phenology and reproductive allocation of *Salix variegata* Franch in three gorges reservoir region(冬季水淹对秋华柳的开花物候及繁殖分配的影响)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **30**(10):2 585-2 592
- Tarasjev A. 1997. Flowering phenology in natural populations of *Iris pumila*[J]. *Ecography*, **20**(1):48-54
- Wang YY(王悦云), He SZ(何顺志), Xu WF(徐文芬). 2009. Systematics of small-flowered taxa of *Epimedium* L. in China(中国淫羊藿属小花类群分类系统)[J]. *Guizhou Sci*(贵州科学), **27**(4):43-49
- Xiao YA(肖宜安), He P(何平), Li XH(李晓红). 2004. The flowering phenology and reproductive features of the endangered plant *Disanthus cercidifolius* var. *longipes* (Hamamelidaceae)(濒危植物长柄双花木开花物候与生殖特性)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **24**(1):14-21
- Yang ZS(杨子松), Li YX(黎云祥), Qian BY(钱宝英). 2006. Study on ecological niche of *Epimedium brevicornu* in Jinchengshan National Forest Park(金城山国家森林公园淫羊藿生态位研究)[J]. *For Invent Plann*(林业调查规划), **131**(1):58-62
- Zhang WB(张文标), Jin ZX(金则新). 2008. Flowering phenology and pollination success of an endangered plant *Sinocalycanthus chinensis*(濒危植物夏蜡梅的开花物候与传粉成功)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **28**(8):4 037-4 046
- Zimmerman M, Gross RS. 1984. The relationship between flowering phenology and seed set in an herbaceous Perennial plant, *Polemonium foliosissimum* Gray[J]. *Am Midl Nat*, **111**:185-191

(上接第 110 页 Continue from page 110)

- acteristics of pear seedling(干旱胁迫和复水对梨幼树生理特性的影响)[J]. *Chin J Appl Environ Biol*(应用与环境生物学报), **18**(2):218-223
- Sun CX(孙彩霞), Shen XY(沈秀英), Liu ZG(刘志刚). 2002. Status and advances in studies on the physiology and biochemistry mechanism of crop drought resistance(作物抗旱性生理生化机制的研究现状和进展)[J]. *Rain Fed Crops*(杂粮作物), **22**(5):285-288
- Wang ZL, Huang BR. 2004. Physiological recovery of Kentucky bluegrass from simultaneous drought and heat stress [J]. *Crop Sci*, **44**:1 729-1 736
- Willeken SH, Vaneam PW, et al. 1994. Ozone, sulfur dioxide, and

- ozone ultraviolet-B have similar effect on mRNA accumulation of antioxidant genes in *Nicotianoplum baginifolia* L[J]. *J Plant Physiol*, **106**:177-190
- Xu WD(徐文铎), Zheng YS(郑元润), Liu GT(刘广田), et al. 1993. Relationship between ecological conditions and spruce growth on sandy land(内蒙古沙地云杉生长与生态条件关系的研究)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **4**(4):368-373
- Zhang YQ(张永强), Mao XS(毛学森), Sun HY(孙宏勇). 2002. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence of winter wheat(干旱胁迫对冬小麦总叶绿素荧光的影响)[J]. *Chin J Eco-agric*(中国生态农业学报), **10**(4):13-15