

DOI:10.3969/j.issn.1000-3142.2011.01.017

## 柔毛淫羊藿生物量与生殖配置研究

赵刚, 权秋梅, 黎云祥\*, 童雅赞, 王辉, 聂勇

(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 637000)

**摘要:** 探索了柔毛淫羊藿在有性繁殖时期不同生境和不同发育阶段的生殖配置, 以探讨柔毛淫羊藿的生物量及生殖配置的内在规律。结果如下: 随着生长季节的变化, 柔毛淫羊藿总生物量呈现出低—高一低—低—高的趋势, 柔毛淫羊藿生物量积累最快的时间为柔毛淫羊藿花期和果期。其中地上部分生物量在不断增加, 地下部分生物量变化较小, 从而根冠比在有性繁殖时期逐渐下降。样地一和样地二的生物量变化较小由于环境原因, 样地三的生物量变化显得很明显。从资源生殖分配策略上分析, 在有性繁殖时期, 根、茎、叶生物量相对较大, 而花、果生物量分别在有性生殖生长中期和末期达到最大值。花蕾、花、果实生物量三者呈负相关。

**关键词:** 不同生境; 柔毛淫羊藿; 生物量; 生殖配置

中图分类号: Q944.57 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2011)01-0081-06

## Research on biomass and reproductive allocation of *Epimedium pubescens* Maxim

ZHAO Gang, QUAN Qiu-Mei, LI Yun-Xiang\*,

TONG Ya-Yun, WANG Hui, NIE Yong

(Key Laboratory of Southwest China Wildlife Resources Conservation, Ministry of Education, China West Normal University, Nanchong 637000, China)

**Abstract:** To study the biomass of *Epimedium pubescens* Maxim and the inherent laws of reproductive allocation, this experiment explored the sexual reproduction of *E. Pubescens* Maxim in altitude and different developmental stages of reproductive allocation. Along with the change of the growing season, the accumulation tendency of total biomass of whole population was low before flowering but fast during flowering then declined gradually after flowering. The peak rate of biomass accumulation was at the floral and the fruital periods the accumulation of aboveground increase continuously, but the accumulation of underground part varies slightly. So the ratio of underground part and overground part decreases gradually in the sexual reproduction period. The biomass of populations at middle and low altitudes changed little but obviously at high altitude among three developmental stages because of special environmental factors by analyzing the changes of the biomass from the perspective of assignment strategy of recourses, it's found that at the sexual reproductive period, the biomass accumulations of roots, stems and leaves were higher than others, and that of flowers and fruits reached the highest at the middle and the last stages of the sexual reproductive period. The biomass of buds, flowers and fruits were negatively correlated.

**Key words:** different altitudes; *Epimedium pubescens*; biomass; reproductive allocation

收稿日期: 2010-04-22 修回日期: 2010-08-06

基金项目: 四川省教育厅项目(09ZX011); 四川省科技厅应用基础研究项目(2008JY0158); 省部共建教育部重点实验室开放基金(XNYB09-04) [Supported by Foundation of Sichuan Provincial Education Department(09ZX011); Scientific Research Fund of Sichuan Provincial Science & Technology Department(2008JY0158)]

作者简介: 赵刚(1986-), 男, 四川广元人, 硕士研究生, 主要从事分子生态学, (E-mail) zgangzh726@163.com.

\* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: yx\_li@263.com)

生殖生态是近年来生态学研究热点之一(苏智先等,1998;操国兴等,2003),而生殖分配的研究仍然是其主要内容。目前仍以采用现存生物量生殖分配较为普遍(Gleeson等,1990; Namrata等,1999),生物量是植物获取能量能力的主要体现,对植物的发育和结构的形成具有十分重要的影响。在生长发育过程中,植物总是不断调整其生长和生物量的分配策略来适应环境变化(宋会兴等,2005)。生殖配置(reproductive allocation, RA)指植物在生长发育过程中器官分配的比例,即分配到生殖器官中的有机物数量,它控制着植物终生生殖与生存的平衡(江洪,1992)。植物种群的更新和种群中植物个体生活史的完成依赖于生殖过程,在生殖过程中的生殖分配格局以及植物如何调节其生殖分配以适应特定生存环境,是生殖生态学研究的重要任务(苏智先等,1998)。因此我们以柔毛淫羊藿为材料,探讨并分析了柔毛淫羊藿在不同生境和不同发育阶段的生殖配置,以期揭示柔毛淫羊藿在有性繁殖时期的资源分配规律。对柔毛淫羊藿植物繁殖期生长机理和人工调控其克隆生长都具有重要的意义。

## 1 研究地自然概况

研究地点位于四川盆地中部南充市与广安市交界地金城山(106°28' E, 30°45' N),地处北亚热带,属亚热带暖气候区,季风气候明显,四季分明,热量丰富,年均温度 17.5 °C,年均降水量在 1 100 mm 左右,研究地为人工林,多浅沟崖壁,坡度 35°左右,湿度高。金城山为次生性针阔叶混交林,属于亚热带常绿阔叶林演替系列(胥晓等,1999)。其具体生境变化如表 1,不同环境因子变化见图 1-3。

表 1 不同采样点的生境条件

Table 1 The living space of different sampling sites

项目 Item	生境 Altitude (m)	坡度坡向 Slope gradient aspect	土壤含水量(%) Water content of soil	土壤 pH 值 Soil pH	土壤有机质 含量(%) Organic matter of soil
样地一	568	东偏南 8°	19.23	4.46	2.23
样地二	643	西偏南 13°	23.02	4.87	3.26
样地三	790	北偏西 80°	16.12	4.67	2.29

## 2 材料与方法

从 2007 年 3 月初开始,每隔 10 d 在不同生境

各采集 5 株完整的柔毛淫羊藿,分别测量每株样本的花序数、花叶数、营养叶数、花数、花蕾数、果数、营养叶高、花序高,然后在 70~85 °C 的烘箱中烘干至恒重,然后用电子天平(万分之一克)称重。烘干检测花叶重、营养叶重、花重、花蕾重、果重以及地上部分干重和地下部分干重。本研究以平均单株的蕾、花、果生物量与单株总生物量的比值来记测生殖配置。

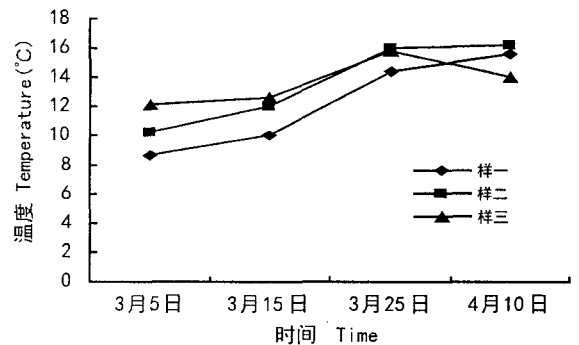


图 1 采样点温度变化

Fig. 1 Temperature of sampling sites

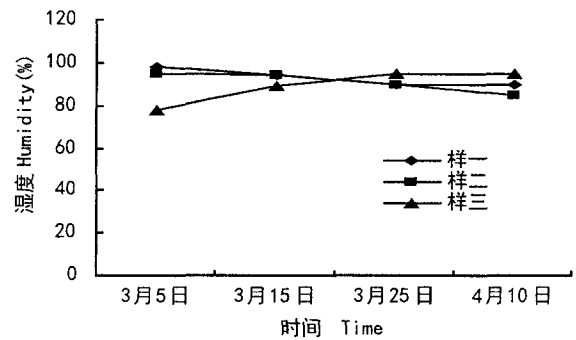


图 2 采样点湿度变化

Fig. 2 Humidity of sampling sites

## 3 结果与分析

### 3.1 柔毛淫羊藿总生物量动态变化

以株为单位统计不同采样时期的总生物量变化(图 4)。在 3 月初,柔毛淫羊藿处于有性生殖初期,三个种群的生物量较小;但是在 3 月 15 日到 3 月 25 日,即在柔毛淫羊藿盛花期,生物量开始上升,一直到果期。果期过后其生物量又略有下降。即在三个生境的种群中,随着时间推移,生物量逐渐增加,到达最高峰后又逐渐下降。柔毛淫羊藿总生物量均呈现出低—高一—低的趋势。从图 4 可以看出,柔毛淫羊藿生物量积累最快的时间为 3 月中旬到 4 月中旬。

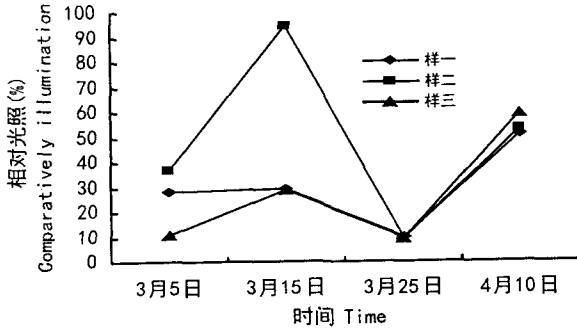


图 3 采样点相对光照变化  
Fig. 3 Changes of comparatively illumination

是没有差异的,花和果实的生物量要显著比叶、枝茎和根要低。

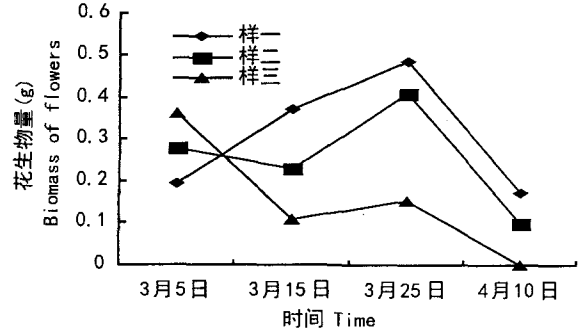


图 6 柔毛淫羊藿花生物量的变化  
Fig. 6 Changes of biomass of flower about *E. pubescens*

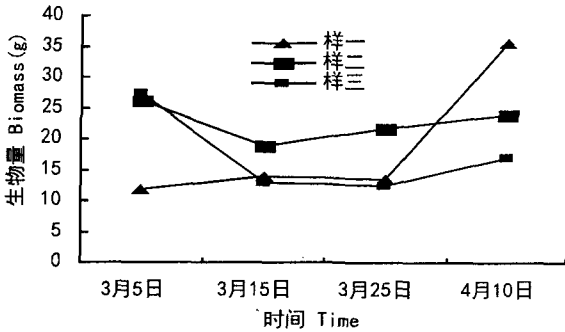


图 4 不同生境柔毛淫羊藿总生物量变化  
Fig. 4 Changes of total biomass of *E. pubescens* in different habitats

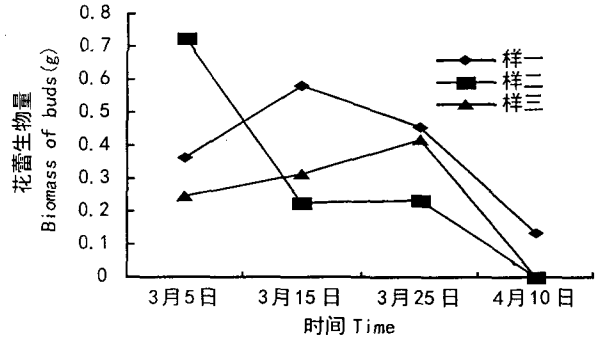


图 7 柔毛淫羊藿花蕾生物量的变化  
Fig. 7 Changes of biomass of flower about *E. pubescens*

在开花早期中生境和低生境柔毛淫羊藿花的生物量都比较高,随后在 3 月 15 日左右略有下降的趋势,至 3 月 25 日达最大值,在果期迅速下降。在开花早期高生境开花数量比较少,花的生物量相对较低,其开花生物量一直呈现出上升趋势,直到盛花期。总的来说,在三个生境中柔毛淫羊藿花生物量均呈现出正态分布的趋势,其盛花期主要是在 3 月 25 日左右,柔毛淫羊藿花的生物量达最大值(图 6)。样地三生境的花期比高生境的花期要略长,这可能是高生境的环境因子如温度比较低和光照强度相对较弱的原因。而花蕾的生物量在三个生境中基本上在 3 月 15 日左右达最大值,在 4 月初花蕾生物量基本上为 0,只有高生境的柔毛淫羊藿还有花蕾存在(图 7)。果实生物量达最大的时期是 4 月初,此时其花蕾和花的生物量均很少(图 8)。果实生物量与花、花蕾生物量的变化呈负相关。

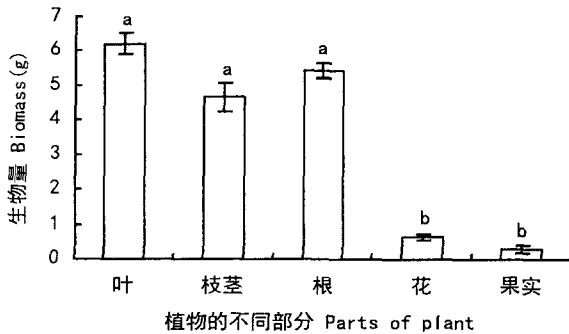


图 5 柔毛淫羊藿不同部位生物量变化  
Fig. 5 Changes of biomass in different parts of *E. pubescens*  
\* 含有相同字母如 a 或 b 的表示生物量间差异不显著,含有不同字母的表示差异显著,下同。

3.2 柔毛淫羊藿不同构件生物量的变化

在三个生境中柔毛淫羊藿不同构件平均生物量的变化表明:不同部位柔毛淫羊藿的生物量也不同,叶生物量最高,根生物量次之,枝茎生物量低于根,花、果生物量最低(图 5)。而由方差分析表明,在柔毛淫羊藿不同部位生物量中,叶、枝茎和根的生物量

由图 9 可知,果生物量大于花和花蕾生物量,3~4 月是柔毛淫羊藿有性繁殖生长的旺盛期。在有

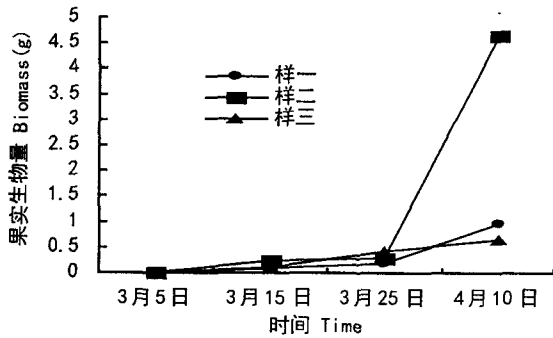


图 8 柔毛淫羊藿果实生物量的变化

Fig. 8 Changes of biomass of fruit about *E. pubescens*

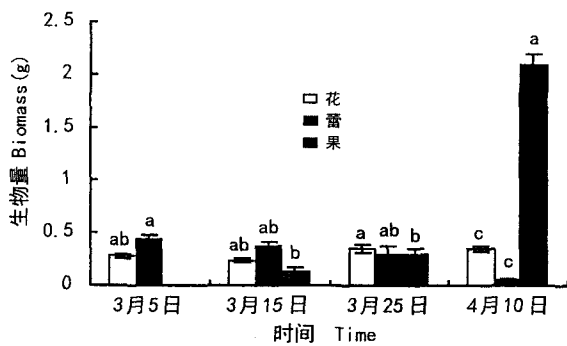


图 9 三个生境中柔毛淫羊藿花蕾、花和果实的平均生物量变化

Fig. 9 Changes of average biomass of bud, flower and fruit of *E. pubescens* in three habitats

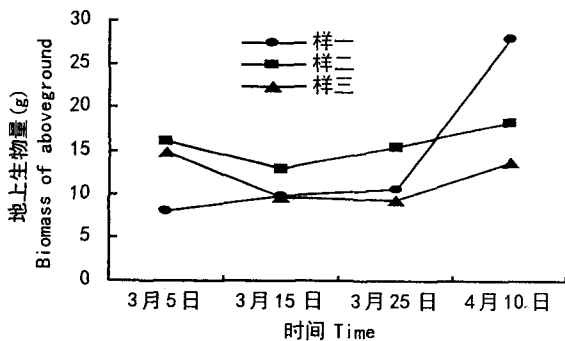


图 10 不同生境地上生物量的变化

Fig. 10 Changes of biomass of aboveground of *E. pubescens* in different habitats

性繁殖生长初期,花和花蕾的生物量保持在较高水平,每个柔毛淫羊藿植株花序上的花达到 20~50 朵和 30~120 个大小不同的花蕾,花蕾生物量下降趋势缓慢,到 3 月底,花、花蕾和果生物量接近,进入 4 月后,每个花序上的花基本上都已凋谢,产生大量果实,所以出现花和花蕾生物量迅速下降的趋势。果

生物量与花生生物量呈负相关,3 月份低于花生生物量,4 月迅速增加,以后花的生物量降低,而果实的生物量保持在较高水平。可以看出 3 月中下旬是柔毛淫羊藿生殖生长最旺盛时期,在这段时间不同生境柔毛淫羊藿的花、果生物量都较高。方差分析表明:在 3 月 25 日前花的生物量均无显著差异,远高于果期花的生物量;花蕾的生物量在 3 月初比较多,在 3 月 25 日前花的生物量也无显著差异;果实生物量在四月初显著高于之前的果实生物量,所以四月是柔毛淫羊藿的果期,而柔毛淫羊藿花期是在 3 月。

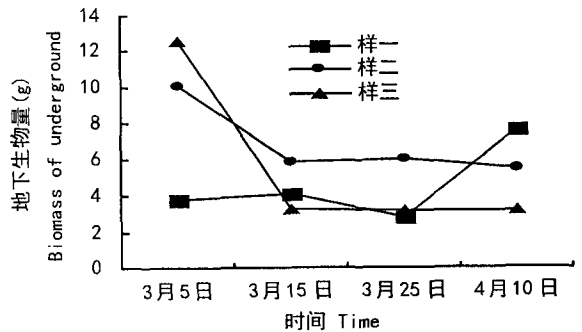


图 11 不同生境地下生物量的变化

Fig. 11 Changes of biomass of underground of *E. pubescens* in different habitats

由图 10 可知,柔毛淫羊藿地上生物量随着时间的变化而逐渐增加。因为在有性繁殖时期柔毛淫羊藿的幼叶和花序不断生长,新叶的增加有利于提高柔毛淫羊藿在有性繁殖时期合成光合作用能力。新叶的生成需要有枝茎的支撑,枝茎的生长有利于将新叶拓展到更高的位置,让新叶更容易接受到阳光。而地下生物量虽然在有性繁殖初期较高,但是后来一直保持相对稳定(图 11)。柔毛淫羊藿在有性繁殖时期地上部分生物量明显大于地下部分(图 12),在 4 个采样时间里,根生物量前期有所下降,后期趋于稳定;而地上部分在高生境逐渐增加,到最后一次时达到最高水平。有性繁殖期间其生物量下降可能是因为老叶大量凋落,新叶尚未发育完全,而后期生物量又持续增加是新叶逐渐革质化,果实大量成熟,积累的干物质的量增加所致。方差分析表明:在有性繁殖时期柔毛淫羊藿地上和地下生物量均无显著差异。

### 3.3 柔毛淫羊藿的总体生物量分配和根冠比

从图 13 上变化趋势也能看出,在 4 个采样时间里根、叶生物量占总生物量的比例较大,并显示叶生物量随着生长发育而增加,根生物量随着植株生长发育降低的趋势。枝茎生物量变化在 4 次采样中与

叶生物量变化相似,也占较大比例,但它从第3次采样后稍微下降。花、果生物量占的总生物量的比例始终保持较低水平,花的平均生物量约占总生物量的1.54%,而果的生物量约占3.14%。在3月初,柔毛淫羊藿根冠比显著高于其余三个采样时间(图14),到3月中旬,根冠比降低,可能由于地下部分长势缓慢,而且地上部分生出大量新叶,所以造成比值下降。

暗,空气湿度大,影响柔毛淫羊藿生长的外界环境变化不大,一直处于比较适合柔毛淫羊藿生长的状态,所以其生物量变化较小;而高生境光线强,湿度低,外界环境变化显著,所以高生境的生物量变化尤为明显。

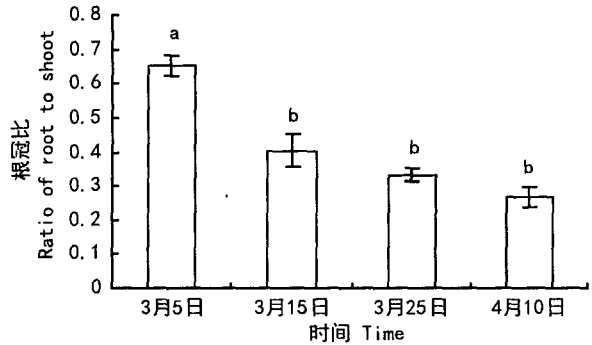
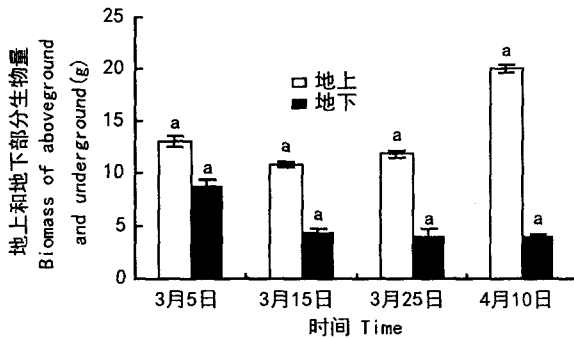


图 12 柔毛淫羊藿地上部分和地下部分的生物量变化  
Fig. 12 Changes of biomass of aboveground and underground part of *E. pubescens*

图 14 柔毛淫羊藿生物量根冠比  
Fig. 14 Biomass ratio of underground parts and aboveground parts of *E. pubescens*

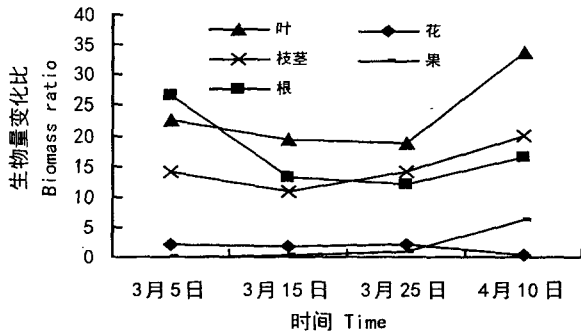


图 13 柔毛淫羊藿不同部分的干重占总干重的百分比  
Fig. 13 Percentage of different parts to total biomass of *E. pubescens*

柔毛淫羊藿不同部位干物质质量差异明显。就生殖构件花蕾、花、果实而言,作为生殖生长的三个不同器官,果实生物量、花蕾和花的生物量呈负相关。就不同器官而言,由于环境中水分和土壤中所含营养物质充足,根不需深入地下便能获得足够的水分和营养物质,所以随着植株生长,根生物量反而逐渐下降。茎叶作为吸收阳光以合成营养物的重要器官,植株不断长大,所需要的营养物质越多,因而柔毛淫羊藿的茎叶不断增加以吸收更多的阳光来合成更多的有机物,满足不断长大的柔毛淫羊藿植株对有机物的需求,故茎叶也越来越茂盛,其干物质也就呈现逐渐增加的趋势。

## 4 讨论

### 4.2 柔毛淫羊藿的生殖配置

#### 4.1 柔毛淫羊藿不同发育时期生物量变化

随着生长季节的变化,柔毛淫羊藿总生物量逐渐增加,其总生物量呈现出低—高一低—低—高的趋势,柔毛淫羊藿生物量积累最快的时间为柔毛淫羊藿花期和果期。其中地上部分生物量在不断增加,地下部分生物量变化较小,从而根冠比在有性繁殖时期逐渐下降。由于低生境和中生境树木遮蔽,光线常年较

植物可以利用的资源总量是有限的,投入到某一功能性状的资源量增加必然会使投入到其它功能的资源量降低,即在不同功能之间一般存在着此消彼长的权衡关系。从柔毛淫羊藿资源生殖分配策略上分析,根、茎、叶生物量较大,而花、果生物量较少,故柔毛淫羊藿大部分资源用于个体的营养生长,仅小部分资源投资于生殖生长。

对柔毛淫羊藿来说,在有性生殖早期,温度、湿度、光照都较低,开花的数量很少。由于此时的温度较低,传粉昆虫少,因此这些早期开放的花很容易败育。在这个时期就有性繁殖器官来说,花蕾的生物量较高。在柔毛淫羊藿有性生殖中期,温度、湿度和

光照强度均增加,开花的数量增大,传粉者开始频繁地访花,且此时果实开始形成,因此这个时期花的生物量较高。至有性生殖末期,花蕾和花几乎都凋零,果实的生物量就增加。

如果分配给繁殖的资源量增加,分配给存活、生长的资源量就会减少,进而影响到植物未来的生长与发育。当环境条件较好时,植物营养体较大,光合产物较多,既可维持较高的生育率,又可在生长、存活等方面投入更大的资源,多年生的柔毛淫羊藿植株一般先只进行营养生长,达到一定个体大小之后才开花结实,此后大部分资源分配给繁殖,而一小部分分配给营养生长,以维持其基本的生长、存活需要。因此柔毛淫羊藿是营养生长和有性繁殖活动同时存在,存活、储藏和繁殖活动同时需求资源的投入。

### 参考文献:

- 江洪. 1992. 云杉种群生态学[M]. 北京:中国林业出版社
- 应俊生,陈德昭. 2001. 中国植物志[M]. 科学出版社,29:271
- Cao GX(操国兴),Xie DT(谢德体),Zhong ZC(钟章成),*et al.* 2003. Reproductive allocation of plant population(植物种群的生殖分配)[J]. *J Sichuan Fore Sci Tech*(四川林业科技),24(2):25-29
- Gleeson SK,Tilman D. 1990. Allocation and the transient dynamics of succession on poor soils[J]. *Ecology*,71:144-155
- Namrata Sharma AK,Kaul V. 1999. Patterns of resource allocation six *Plantago* species with different breeding system[J]. *J Plant Res*,112:1-5
- Song HX(宋会兴),Peng YY(彭远英). 2005. Comparison study on reproductive allocation of two grass(Gramineae)populations in Jinyun Mountain(缙云山2种禾草种群生殖配置的比较研究)[M]. *J Plant Res Environ*(植物资源与环境学报),14(3):12-15
- Su ZX(苏智先),Zhang SL(张素兰),Zhong ZC(钟章成). 1998. Advances in plant reproductive ecology(植物生殖生态学研究)[J]. *Chin J Ecol*(生态学杂志),17(1):39-46
- Xu X(胥晓),Su ZX(苏智先),Li YX(黎云祥). 1999. Analysis on fuzzy mathematics of forest in Nanchong region in Jialing River(嘉陵江流域南充金城山森林群落的模糊数学分析)[J]. *J Sichuan Teacher Coll;Nat Sci Edi*(四川师范学院学报·自然科学版),20(2):182-189
- 交设计直观分析法优化 PCR 条件[J]. *Bull Hunan Univ*(湖南医科大学学报),23(4):403-404
- Huang XY(黄夕洋),Jiang SY(蒋水元),Li H(李虹),*et al.* 2008. Optimization of the RAPD reaction system and procedure of *Taxus media*(曼地亚红豆杉 RAPD 反应体系与程序的优化)[J]. *Guihaia*(广西植物),28(4):451-454
- Huang YY(黄玉源),Nong BX(农保选),Liu C(刘驰),*et al.* 2009. Improving of RAPD reaction system in *Cycas* and studies on the genetic relationships of some species(苏铁属植物 RAPD 反应体系的优化及部分种类亲缘关系的探索)[J]. *Guihaia*(广西植物),29(5):569-575
- Li A(李昂),Ge S(葛颂). 2002. Advances in plant conservation genetics(植物保护遗传学研究进展)[J]. *Biodiversity Sci*(生物多样性),10(1):61-71
- Li A(李昂),Luo YB(罗毅波),Ge S(葛颂). 2002. Spatial autocorrelation study of population genetic structure of two orchid species(采用空间自相关分析研究两种兰科植物的群体遗传结构)[J]. *Biodiversity Sci*(生物多样性),10(3):249-257
- Li P(李鹏),Wang YD(汪阳东),Chen YC(陈益存),*et al.* 2008. Establishment of optimum ISSR-PCR reaction system in Tung oil tree(*Vernicia fordii*)(油桐 ISSR-PCR 最佳反应体系的建立)[J]. *Fore Res*(林业科学研究),21(2):194-199
- Liang YF(梁远发),Zheng DJ(郑道君),Liu GM(刘国民),*et al.* 2008. An effect DNA extraction method for the Kudingcha species in Oleaceae(一种适用于木犀科苦丁茶的高效 DNA 提取法)[J]. *Chin Agric Sci Bull*(中国农学通报),24(3):44-47
- Mu LQ(穆立蕃),Liu YN(刘赢男),Feng FJ(冯富娟),*et al.* 2006. Establishment and optimization of ISSR-PCR reaction system for *Tilia amurensis*(紫椴 ISSR-PCR 反应体系的建立与优化)[J]. *Sci Silv Sin*(林业科学),42(6):26-31
- Sha W(沙伟),Li J(李晶),Cao T(曹同),*et al.* 2004. Establishment of RAPD reaction system on the moss(藓类植物 RAPD 反应体系的建立)[J]. *Bull Bot Res*(植物研究),24(4):482-485
- Shao M(邵敏),Zhou HF(周鹤峰),Tang LB(唐历波),*et al.* 2009. Establishment of RAPD reaction system of *Aquilaria agallocha*(沉香随机扩增多态性 DNA 反应体系的建立)[J]. *Lishizhen Med Mat Med Res*(时珍国医国药),20(1):74-76
- Sun LN(孙丽娜),Yan YZ(严一字),Wu JR(吴基日),*et al.* 2007. Optimization of RAPD conditions of *Platycodon grandiflorus*(桔梗 RAPD 反应体系的优化)[J]. *Guihaia*(广西植物),27(3):410-413
- Xia J,Sun SG,Guo YH. 2007. Honeybees enhance reproduction without affecting the outcrossing rate in endemic *Pedicularis densispica*(Orobanchaceae)[J]. *Plant Biology*,9(6):713-719
- Zhang AS(张安世),Xing ZF(邢智峰),Xu JW(徐九文),*et al.* 2009. Orthogonal optimization of RAPD reaction system in rice(水稻 RAPD 反应体系的正交优化)[J]. *Bio Bull*(生物技术通报),12:92-95,101
- Zhang ZY(张志勇),He P(何平). 2009. Optimization of RAPD amplified conditions in medicinal plant *Sbarcandra glabra*(药用植物珊瑚 RAPD 扩增条件优化)[J]. *Guihaia*(广西植物),29(4):455-458
- Zheng DJ(郑道君),Xie LS(谢良商),Wang Y(王盈),*et al.* 2009. Research advances in Dragon's Blood plants in China(中国血竭基源植物的研究与利用)[J]. *Chin Wild Plant Res*(中国野生植物资源),28(6):15-20
- Zhou ZG(周则刚),Fang YM(方炎明),Wang B(王标). 2008. Genomic DNA extraction and optimization of RAPD analytic conditions of *Fagus engleriana*(米心水青冈基因组 DNA 提取及 RAPD 反应体系优化)[J]. *Bull Bot Res*(植物研究),28(6):684-688

\*\*\*\*\*

(上接第 35 页 Continue from page 35)