

伞形科两种植物幼苗生长对光照强度的可塑性响应

盛海燕¹, 李伟成², 常 杰³

(1. 杭州市环境保护科学研究院, 杭州 310014; 2. 国家林业局竹子研发中心, 杭州 310012;

3. 浙江大学生命科学院, 杭州 310012)

摘要:将明党参 (*Changium smyrnioides* Wolff) 和峨参 (*Anthriscus sylvestris* Hoffm.) 幼苗置于按全光照百分率为 100% (S_{100})、65% (S_{65}) 和 25% (S_{25}) 的人工控制光环境下处理。结果表明, 光照强度显著影响明党参和峨参幼苗的生长: 明党参在 S_{65} 生长最好, 株高、冠幅、叶长、叶宽、地上地下生物量等均达到最大值, 且 S_{65} 的明党参生物量是 S_{100} 的 2 倍、 S_{25} 的 3 倍左右; 而峨参地上部生长随着光照强度的减弱而增强, S_{25} 生长最好, 但地下部生长则在 S_{65} 生长最好, 表现出与明党参同样的响应规律。明党参在不同光照强度下生长速率差异显著, S_{65} 显著高于其余两个处理; 峨参虽然也在 S_{65} 生长速率最大, 但在不同光照强度间无差异。明党参生长速率明显小于峨参, 总生物量约为峨参的 1/3 ~ 1/8, 相对于峨参而言明党参是一个在幼苗阶段生长缓慢的物种。

关键词:明党参; 峨参; 幼苗; 生长特性; 光照强度; 可塑性

文章编号:1000-0933(2006)06-1854-08 **中图分类号:**Q948 **文献标识码:**A

Comparison of plasticity of seedling growth of two umbellaceae species in response to light intensity

SHENG Hai-Yan¹, LI Wei-Cheng², CHANG Jie³ (1. Hangzhou Academy of Environmental Science, Hangzhou 310014, China; 2. China National Bamboo Research Center, Hangzhou 310012, China 3. College of Life Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26 (6): 1854 ~ 1861.

Abstract: *Changium smyrnioides* Wolff, a monotypic species in Umbellaceae, has a narrow distribution area, which can only be found in Yangtze River basin in China, and its seedling is rare in natural habitat. *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., a ruderal in Europe and China, is one of the classical clonal caespitose plants and distributed widely. *A. sylvestris* has been investigated in a wide ecological scope in Europe for its powerful progenitive capacity and tolerance of severe environmental conditions. *C. smyrnioides* is an endangered plant, *A. sylvestris* is a ruderal, however, both species have similar lifestyle. Light is an important environmental factor for all plants, and the distribution and growth of *C. smyrnioides* are limited by light. Morphological plasticity plays an important role in light acquisition of plants and variations in size and placement of light-acquiring organs such as leaf, which is sensitive to light availability. In this study we investigated the influence of light on the two species seedlings growth. Three light intensity treatments, i. e. 100% relative light intensity (S_{100}), 65% relative light intensity (S_{65}) and 25% relative light intensity (S_{25}), were established. Results showed that light was a very important factor affecting *C. smyrnioides* seedling growth, but not for *A. sylvestris*. *C. smyrnioides* seedling growth had a significant difference under different light intensity. Under S_{65} *C. smyrnioides* seedling grew fastest, and the height, crown amplitude, leaf length, leaf width, leaf biomass and root biomass achieved the highest values. The total biomass of *C. smyrnioides* seedling under S_{65} was twice than seedling under S_{100} and three times than under S_{25} . Leaf biomass of *A. sylvestris* seedling was increased with the decrease of light intensity, and the leaf biomass was the highest under S_{25} . Root biomass of *A. sylvestris* seedling grew fastest under S_{65} , just as *C. smyrnioides* seedling.

基金项目:国家重点基础研究规划资助项目 (G2000046805)

收稿日期:2005-02-04; **修订日期:**2005-09-08

作者简介:盛海燕 (1978 ~), 女, 浙江临安人, 硕士, 工程师, 主要从事植物生理生态研究. E-mail: laohaishy@163.com

Foundation item: The project was supported by National State Basic Research Plan of China (No. G2000046805)

Received date: 2005-02-04; **Accepted date:** 2005-09-08

Biography: SHENG Hai-Yan, Master, Engineer, mainly engaged in plant physiological ecology. E-mail: laohaishy@163.com

Difference of relative growth ratios (*RGR*) of *C. smyrnioides* seedling was significant under three treatments, and the *RGR* under S_{65} was significantly higher than the other treatments. The *RGR* of *A. sylvestri* had no difference among three light treatments. The *RGR* of *C. smyrnioides* seedling was significantly higher than of *A. sylvestri*. The total biomass of *C. smyrnioides* seedling was 1/3 to 1/8 of *A. sylvestri*, that meant it was a species with slowly growing speed during junior phase relative to *A. sylvestri*.

Key words: *Changium smyrnioides*; *Anthriscus sylvestris*; seedling; growth characteristic; light intensity; plasticity

生态梯度分析是研究物种在群落中沿一种或几种环境梯度分布的生态学分析方法,利用这种方法可以定位物种的生态位^[1]。近年来生态学家越来越倾向于人工设置环境梯度,研究物种对某一限制因子,如水分^[2,3,4]、光照^[5]、营养^[6,7]和觅食^[8]等的可塑性响应,推论其适应机制及在野外的分布情况,并进一步探讨深藏在适应机制之后深层的植物行为^[2,9]。表型可塑性是植物器官在复杂的环境中产生一系列不同的相对适合的表现型的潜能^[10]。大多数生态学工作者倾向于这样一个观点,即表型可塑性是个体适应环境的方式^[11~14],不同物种表型可塑性方式的差别是适应多样性的一个重要方面^[2]。

明党参(*Changium smyrnioides* Wolff)是中国特有的伞形科单种属多年生隐芽植物,主要分布于长江流域的常绿落叶阔叶混交林林窗中,由于其根药用价值较高,近年来被大量采挖以及生境退化等原因,已成为濒危物种。在野外调查中发现明党参的分布及生长均与光照条件密切相关:在倒木形成的典型林窗和落叶树落叶后形成的季节性林窗的独特生境中,季节性光环境变化显著,明党参采取耐受型策略在生长季节中避免与其他同生境物种竞争,利用冬春季节其他物种死亡或休眠而林窗中光资源丰富的时段完成生长季^[15],表现出与其它物种不同的时间生态位,而且在野外调查中发现明党参幼苗极少^[16]。峨参(*Anthriscus sylvestris* Hoffm.)也属于伞形科,为一次性结实的多年生广布种,与明党参生活型相同,野外生境中能发现大量幼苗^[17]。明党参幼苗建成是否受光照条件和光环境的影响呢?如果受到影响,那么又是如何影响的呢?为了解这两个物种幼苗对光资源的响应模式,设计了人工控光环境,并选择峨参作为对照物种,以期发现在不同光环境下明党参和峨参幼苗的适应性机理。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2002年12月1日,选择在正常条件下萌发的明党参和峨参幼苗(真叶未出,子叶大小和叶柄粗细均匀)各30株,每3株1盆(株间成等边三角形)种于直径为14cm,高15cm的塑料花盆中,置于人工控制光环境下。

1.2 试验梯度设计

人工控制光环境由3个梯度组成:100%全光照(无遮盖物, L_{100}),65%全光照(在地面1.5m处用一层绿色塑料网遮盖,四周用绿网围住, L_{65}),25%全光照(在1.5m处用一层黑色塑料网遮盖,四周用黑网围住, L_{25}),光照强度用LAC-4光合仪(英国产)测定。

1.3 实验方法

2003年3月26日测量每株植物的形态指标:株高、冠幅、叶片数、带柄叶长、叶片长和叶宽等;每个处理收获12株进行破坏性生长分析:植株收获后分别对地上、地下部分进行测量,测定每株植物每一叶片的带柄叶长、叶长、叶宽、叶面积和叶鲜重,测定根长、根粗和根鲜重。测量结束后,将叶和根分别装入纸口袋中放入烘箱在80℃下烘干至恒重,分别称量生物量。

按Hunt^[18]的生长分析方法计算下列指标:叶生物量比(*LMR*, leaf mass ratio) = 叶生物量/总生物量;比叶面积(*SLA*, specific leaf area) = 叶面积/叶生物量;叶面积比(*LAR*, leaf area ratio) = 总叶面积/总生物量;根生物量比(*RMR*, root mass ratio) = 根生物量/总生物量;比根长(*SRL*, specific root length) = 根长/根生物量;根长度比(*RLR*, root length ratio) = 根长/总生物量;根冠比(Root/shoot) = 根生物量/地上生物量;绝对生长速率(*GR*) = $(W_2 - W_1) \cdot (T_2 - T_1)^{-1}$;相对生长速率(*RGR*) = $(\ln W_2 - \ln W_1) \cdot (T_2 - T_1)^{-1}$;单位叶速率(*ULR*) = $2 \cdot (W_2 - W_1) \cdot (T_2 - T_1)^{-1} \cdot (L_{A2} - L_{A1})^{-1}$ 。其中 W_1 为刚种植时植株的生物量, W_2 为收割时的植物生物量, T_1 为刚种

植时间, T_2 为收割时间, L_{A1} 为刚种植时植物的叶面积, L_{A2} 为收割时植物的叶面积。

差异显著性检验:物种间及处理间的差异显著性用 SPSS 软件进行单因素方差(ANOVA)分析。

2 结果与分析

2.1 形态、结构特征对光强的可塑性响应

不同光照强度显著影响了明党参的形态和结构特征,除冠幅和叶宽外,其余各参数在 3 个处理间均达到显著差异(表 1)。除株高外,明党参幼苗的地上、地下形态参数冠幅、最大带柄叶长、叶片数、根长和根粗均在 L_{65} 达到最大(图 1)。地上结构参数比叶面积(SLA)和叶面积比(LAR)均在 L_{65} 最低, L_{25} 最高,地下结构参数比根长(SRL)与根长度比(RLR)均在 L_{65} 最低, SRL 在 L_{25} 最高,而 RLR 在 L_{100} 最高(表 1,图 2)。

表 1 明党参正常萌发幼苗的各参数在处理间的差异分析
Table 1 ANOVA analyses of *C. smyrnioides* seedlings in different light treatments

项目 Items	L_{100}	L_{65}	L_{25}	ANOVA
株高 Height(cm)	$3.33 \pm 0.58b$	$5.67 \pm 0.58a$	$6.00 \pm 0.71a$	**
冠幅 Crown amplitude(cm^2)	$11.00 \pm 1.73b$	$17.00 \pm 2.65a$	$10.80 \pm 6.26b$	Ns
最大带柄叶长 Maximal leaf length(cm)	$4.53 \pm 1.79b$	$8.33 \pm 0.58a$	$7.70 \pm 0.97a$	**
叶长 Leaf length(cm)	$1.10 \pm 0.36b$	$2.33 \pm 2.29a$	$1.70 \pm 0.57a$	*
叶宽 Leaf width(cm)	$1.33 \pm 0.29b$	$2.50 \pm 0.50a$	$2.00 \pm 0.94a$	Ns
总叶面积 Leaf area(cm^2)	$1.32 \pm 0.48b$	$2.78 \pm 0.29a$	$3.55 \pm 0.64a$	**
总叶干重 Leaf dry weight(g)	$0.023 \pm 0.14a$	$0.048 \pm 0.011a$	$0.017 \pm 0.007b$	**
叶片数 Leaf number	$4.33 \pm 0.58a$	$4.33 \pm 0.58a$	$3.00 \pm 0.71b$	*
根长 Root length(cm)	$6.00 \pm 0.50a$	$6.17 \pm 1.26a$	$3.20 \pm 1.15b$	**
根粗 Root width(mm)	$0.93 \pm 0.15b$	$1.60 \pm 0.10a$	$0.88 \pm 0.19b$	**
根鲜重 Root fresh weight(g)	$0.015 \pm 0.002b$	$0.048 \pm 0.012a$	$0.005 \pm 0.002c$	**
根干重 Root dry weight(g)	$0.015 \pm 0.001a$	$0.022 \pm 0.007a$	$0.004 \pm 0.001b$	**
总干重 Total weight(g)	$0.032 \pm 0.014b$	$0.070 \pm 0.005a$	$0.024 \pm 0.009b$	**
SLA (cm^2/g)	$138.27 \pm 6.23b$	$136.96 \pm 11.27b$	$191.70 \pm 40.68a$	**
LAR (cm^2/g)	$42.28 \pm 3.81b$	$39.81 \pm 1.77b$	$206.06 \pm 14.02a$	**
LMR (g/g)	$0.64 \pm 0.12b$	$0.68 \pm 0.12b$	$0.82 \pm 0.02a$	*
SRL (cm/g)	$580.67 \pm 43.72a$	$294.97 \pm 68.77b$	$849.21 \pm 202.76a$	*
地上/地下 A/U (g/g)	$2.08 \pm 1.28b$	$2.48 \pm 1.36b$	$4.48 \pm 0.55a$	*
RLR (cm/g)	$205.68 \pm 62.78a$	$88.77 \pm 18.44b$	$153.84 \pm 27.38a$	**
根冠比 Root/Shoot(g/g)	$0.59 \pm 0.27a$	$0.49 \pm 0.26ab$	$0.23 \pm 0.03b$	Ns
RMR (g/g)	$0.36 \pm 0.12a$	$0.32 \pm 0.12a$	$0.18 \pm 0.12b$	*
GR (g/d)	$0.0002 \pm 0.0001b$	$0.0005 \pm 0.0001a$	$0.0001 \pm 0.0000b$	**
RGR (g/(g·d))	$0.010 \pm 0.004b$	$0.018 \pm 0.001a$	$0.006 \pm 0.003b$	**
ULR (g/($cm^2 \cdot d$))	$0.0002 \pm 0.0001a$	$0.0003 \pm 0.0001b$	$0.00003 \pm 0.0000a$	**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$,下同 the same below

峨参的形态和结构参数也受到光强的显著影响,除现存叶片数外,其余各参数在 3 个处理间均达到显著差异(表 2)。地上形态特征参数均随着光照强度的降低而增加(图 1);而地下形态参数均在 L_{65} 达到最大值(图 1),显著高于其余两个处理。地上结构参数 SLA 和 LAR 随着光强的增加而增加; SRL 在 L_{25} 最高, RLR 在 L_{100} 最高。

比较明党参和峨参的形态结构参数可知,各处理间所有地上形态结构参数均是明党参小于峨参(图 1、2)。明党参地上形态参数对光强的响应规律与峨参不同,明党参均是在 L_{65} 达到最大值,峨参则随着光照强度的降低而增加;地上结构参数响应规律也不同,明党参 SLA 和 LAR 是在 L_{65} 最低, L_{25} 处理下最高,而峨参则随着光强的减弱而增加。明党参和峨参地下形态结构参数对光强的响应表现出一致的规律,根长和根粗均是在 L_{65} 达到最大值, SRL 均在 L_{25} 最高, RLR 均在 L_{100} 最高。

从形态和结构参数来看,适宜明党参生长的光照强度是中等光强(L_{65}),适宜峨参生长的应是中低光强(L_{65} 和 L_{25})。

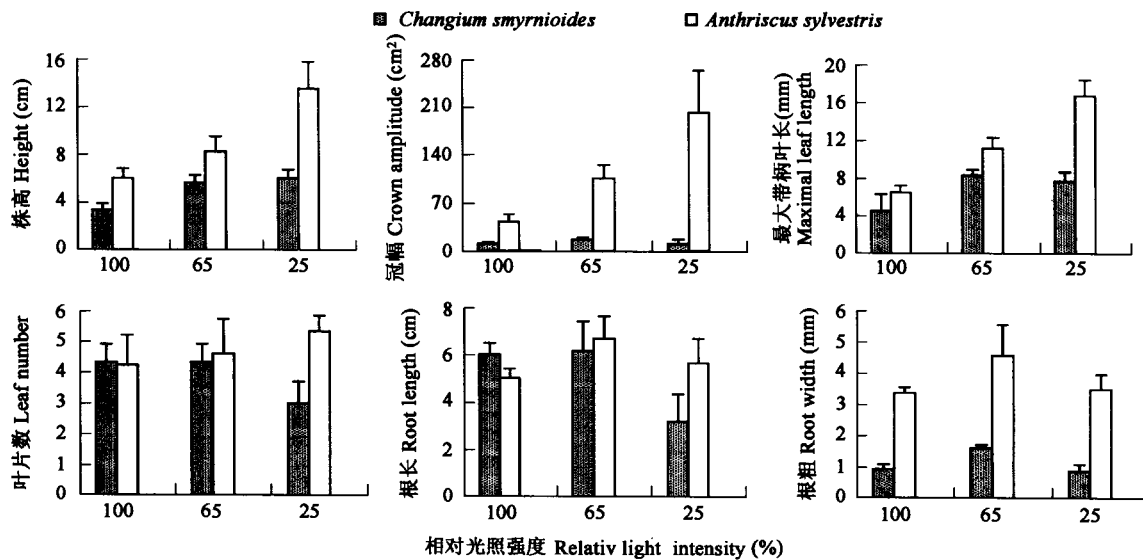


图1 不同光强条件下明党参和峨参幼苗的形态特征比较

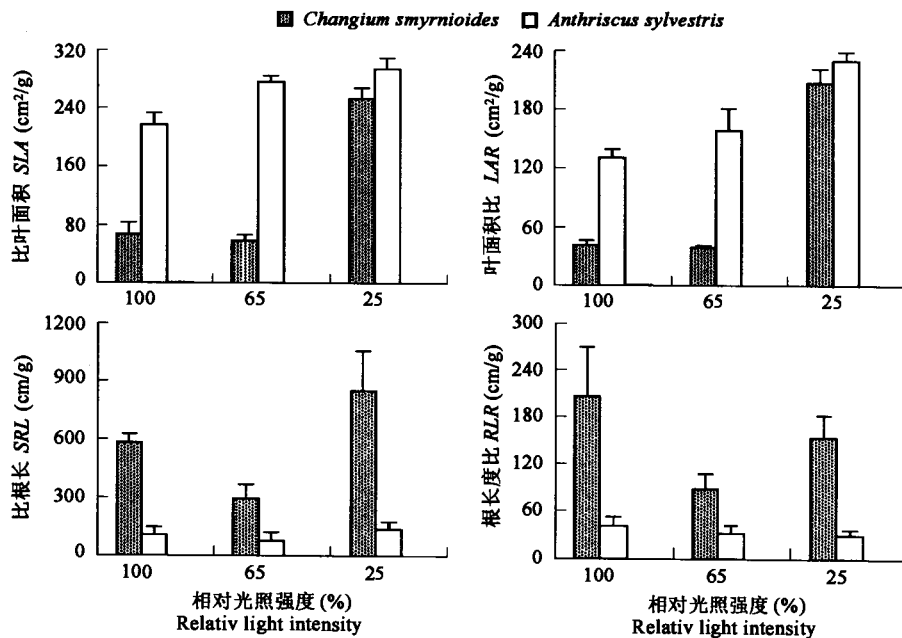
Fig.1 Morphological character of *C. smyrnioides* and *A. sylvestris* seedlings in different light treatments

图2 不同光照条件下明党参和峨参幼苗的结构特征比较

Fig.2 Structural character of *C. smyrnioides* and *A. sylvestris* seedlings in different light treatments

2.2 生物量及生物量分配对光强的响应

明党参幼苗的生物量受光照强度影响很大,叶、根和总生物量均在 L_{65} 最高, L_{100} 其次, L_{25} 最低; L_{25} 处理的叶生物量和根生物量显著小于其余两个处理(表1)。叶生物量在总生物量中所占的比重(LMR)随着光照强度的降低而增加,根生物量比(RMR)和根冠比则随着光照强度的降低而减小(图3),这3个参数在 L_{25} 显著小于其余两个处理(表1)。

峨参幼苗的叶生物量随着光照强度的增加而降低;根生物量在 L_{65} 最高, L_{100} 其次, L_{100} 最低;总生物量在 L_{65} 最高, L_{25} 其次, L_{100} 最低。

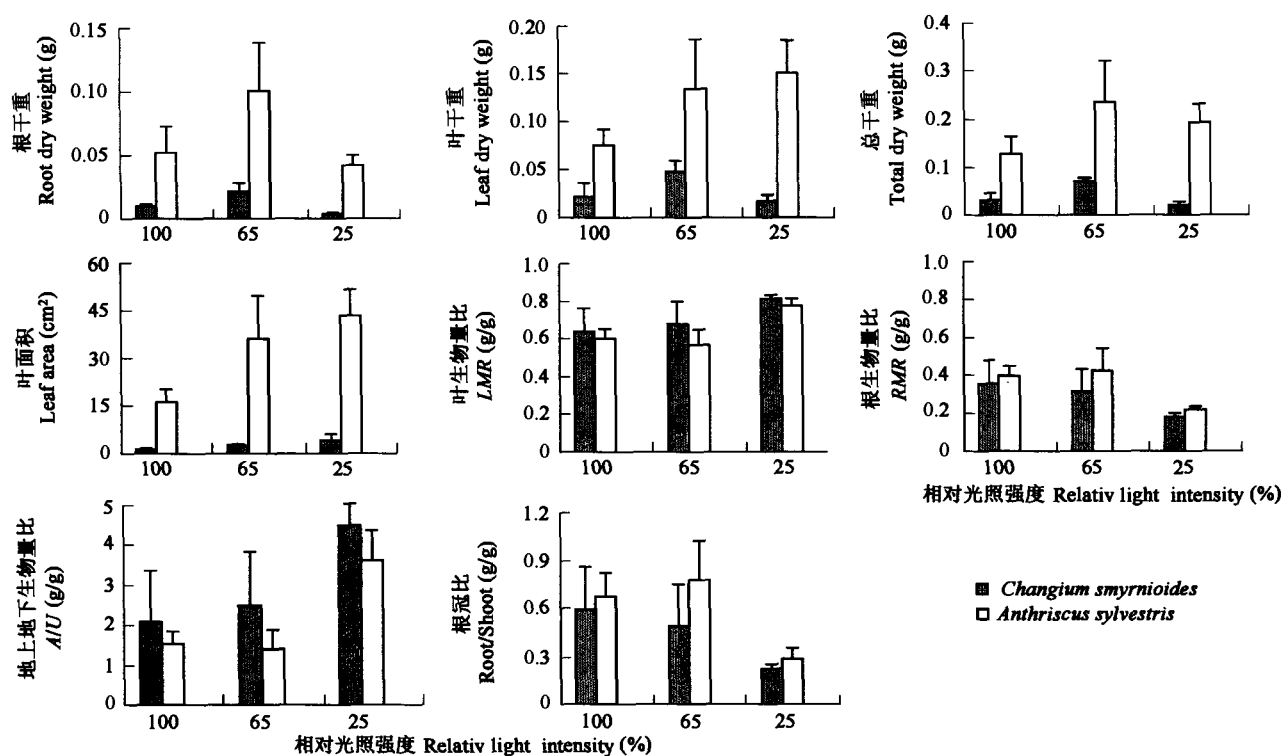


图3 不同光照条件下明党参和峨参幼苗的生物量及分配

Fig.3 Biomass and biomass distribution of *C. smyrnioides* and *A. sylvestris* seedlings in different light treatments

表2 峨参幼苗各参数在光处理间的差异分析

Table 2 ANOVA analyses of *A. sylvestris* seedlings normally germinating in different light treatments

项目 Items	L ₁₀₀	L ₆₅	L ₂₅	ANOVA
株高 Height(cm)	6.00 ± 0.82a	8.20 ± 1.30b	13.50 ± 2.26c	* *
冠幅 Crown amplitude(cm ²)	42.50 ± 11.35a	105.40 ± 19.49b	201.83 ± 60.40c	* *
最大带柄叶长 Maximal leaf length(cm)	6.50 ± 0.71a	11.2 ± 1.09b	16.67 ± 1.75c	* *
叶长 Leaf length(cm)	3.13 ± 0.25a	5.10 ± 1.43b	6.60 ± 0.49c	* *
叶宽 Leaf width(cm)	3.75 ± 0.50a	6.10 ± 1.14b	8.33 ± 1.03c	* *
总叶面积 Leaf area(cm ²)	16.34 ± 4.08a	36.28 ± 13.41b	43.78 ± 8.05b	* *
总叶干重 Leaf dry weight(g)	0.075 ± 0.016a	0.133 ± 0.057a	0.151 ± 0.034b	*
叶片数 Leaf number	4.25 ± 0.96a	4.60 ± 1.14a	5.33 ± 0.52a	Ns
根长 Root length(cm)	5.00 ± 0.41a	6.68 ± 0.95b	5.67 ± 1.03 ab	*
根粗 Root diameter(mm)	3.35 ± 0.19a	4.56 ± 0.99b	3.47 ± 0.48a	*
根鲜重 Root fresh weight(g)	0.12 ± 0.04a	0.27 ± 0.10b	0.12 ± 0.02a	* *
根干重 Root dry weight(g)	0.052 ± 0.021a	0.101 ± 0.038b	0.042 ± 0.008a	* *
总干重 Total weight(g)	0.13 ± 0.04a	0.23 ± 0.09a	0.19 ± 0.04a	Ns
SLA (cm ² /g)	216.50 ± 6.82a	275.40 ± 8.86b	283.10 ± 13.71c	* *
LAR (cm ² /g)	129.98 ± 8.71b	157.40 ± 22.36b	228.03 ± 9.46a	* *
LMR (g/g)	0.60 ± 0.05b	0.57 ± 0.08b	0.78 ± 0.04a	* *
SRL (cm/g)	107.75 ± 39.02a	78.19 ± 41.49b	139.93 ± 36.29a	Ns
地上/地下 A/U (g/g)	1.54 ± 0.31b	1.41 ± 0.48b	3.63 ± 0.74a	* *
RLR (cm/g)	41.63 ± 11.06a	31.79 ± 11.16a	30.09 ± 6.52a	Ns
根冠比 Root/Shoot (g/g)	0.67 ± 0.15a	0.78 ± 0.25a	0.29 ± 0.07b	* *
RMR (g/g)	0.40 ± 0.05a	0.43 ± 0.08a	0.22 ± 0.04b	* *
GR (g/d)	0.0011 ± 0.0003a	0.0020 ± 0.0008a	0.0017 ± 0.0003a	Ns
RGR (g/(g·d))	0.023 ± 0.003a	0.028 ± 0.004a	0.027 ± 0.002a	Ns
ULR (g/(cm ² ·d))	0.0002 ± 0.0000a	0.0002 ± 0.0000a	0.0001 ± 0.0000a	Ns

明党参幼苗的叶、根及总生物量值均比峨参低,特别是在 L_{25} 明党参总生物量约是峨参的 1/8。明党参和峨参的叶生物量积累对光处理的响应规律不同,而根生物量则相似,导致总生物量的变化趋势一致,两者的总生物量响应规律一致。

明党参幼苗 3 个处理的平均绝对生长速率(GR)约是峨参的 1/5 ~ 1/10,平均相对生长速率(RGR)是峨参的 1/2 ~ 1/4,平均单位叶速率(ULR)则与峨参幼苗相似。3 个处理中明党参幼苗的生长速率参数均是在 L_{65} 处理下最大,而峨参的生长速率参数在 3 个处理间均无差异显著(见表 1、2)。

3 讨论

3.1 明党参和峨参幼苗生长对光强的可塑性差异

光照强度对明党参和峨参幼苗生长而言是一个重要的环境因子^[15],明党参和峨参对此表现出不同的响应模式。明党参地上地下形态及根、叶生物量大小等均是在 L_{65} 最大,表现出最好的生长状况,各个形态参数和生物量对光照强度的响应情况一致,表明适宜明党参生长的光照条件是 L_{65} 。比叶面积(SLA)和叶面积比(LAR)与植物长期生长的光环境密切相关^[19],明党参的 SLA 和 LAR L_{25} 最大,比根长与根长度比则在 L_{65} 最低。明党参在 L_{25} 叶生物量减少,但 SLA 增大叶片变薄,增大了相对光合叶面积;而且叶生物量虽然减少但叶生物量占总生物量的比例反而增加,光合器官投入增加,这是植物适应低光强采取的普遍策略^[20]。但在低光照条件下,明党参生长状况很差,生物量积累能力降低,这种策略对明党参而言显然是不适合的。

由于地上和地下资源获取能力经常互相限制,最大生长就被看作是植物对各器官生物量的最适分配^[2]。峨参地上地下部分对光照强度的响应模式不同。地上部分各参数(包括叶生物量和叶片结构)均随着光照强度的降低而增加;地下部各参数均是在 L_{65} 最大,表现出与明党参相似的响应模式;但总生物量还是在 L_{65} 最大,因此在这一条件下峨参幼苗获得最大生长。植物在胁迫条件下往往通过改变物质分配的优先权保证高需求量的器官接收到适当的供应。分配模式的改变满足了植物生长发育和功能的不同需求^[21],这也是植物通过自身强壮来抵抗不利环境因子^[22]的策略之一。峨参在低光强下增加了对叶生物量的分配,但根生物量减小,所以叶生物量比(LMR)和叶面积比(LAR)增加,大大提高了光合器官的生物量,有利于幼苗的存活和生长,适应了低光强环境。

植物生物量分配不仅能够反映出植物生长过程中资源或能量分配的一般特性,它在很大程度上还体现了植物的生活史对策特点^[23]。明党参和峨参生物量分配规律大致相同,叶生物量与总生物量比(LMR)随着光照强度的降低而增加,均在 L_{25} 达到最大值,表明在低光强下两物种均增加叶片的生物量投入以提高获取光资源的能力,但明党参在 L_{25} 生物量积累最小,生长最差,反映出明党参在野外低光照生境中建成困难,这与作者在野外林下生境中难以发现明党参幼苗的情况相符;而峨参幼苗在 3 中光环境下总生物量无显著差异,表明光环境不是影响峨参幼苗生长的主要环境因子,在野外路边、林缘及溪沟边等生境中均能见到数量繁多的幼苗。

有研究指出相对生长速率小的物种一般生长在资源贫乏的环境中,而快速生长的物种一般生长在资源丰富但胁迫较小的环境中^[24];而 Poorter 认为即使植物物种都生长于最适条件下,在它们可以取得的生长上仍存在差异,这是由植物的遗传特性决定的^[25]。明党参幼苗的相对生长速率在 L_{65} 最高($0.018g/(g \cdot d)$), L_{100} 其次($0.010g/(g \cdot d)$), L_{25} 最低($0.006g/(g \cdot d)$)。但峨参 3 个处理的 RGR 均比明党参高(3 个处理分别为 $0.023g/(g \cdot d)$, $0.028g/(g \cdot d)$, $0.027g/(g \cdot d)$),且峨参的相对生长速率在各处理间无显著差异。各处理间峨参的生物量比明党参高 3 ~ 4 倍,峨参的绝对生长速率(GR)也比明党参高,是一个相对快速生长的物种。

3.2 明党参和峨参的生长策略比较

光环境试验结果表明明党参幼苗对光强的可塑性响应强烈,在较强光照条件下生长最好,对低光强的适应能力较差,在全光照下生长受到抑制,这一结果与野外明党参的分布生境及生长季节吻合:明党参只能在常绿落叶阔叶混交林这一特殊生境中选择冬末初春这一光照强度较好但其它物种不多的时间内生长,这是明党参对光照因子长期适应形成的一个稳定策略。明党参在落叶树重新生长叶子之后个体结束营养生长,这样可

以避免遮蔽并和其他物种竞争,这与 Busso 等的结论相似^[26];明党参是依靠获取光资源的能力在短期内迅速生长,获得了在落叶树下生长的机会。这样的物种一般主要利用其他物种还未能在高处形成遮光的生长季前期快速获得光以完成生长^[27],采取的是逃避遮荫的策略;但这种生长的代价是丧失了象峨参那样可以始终处于草本层的上方不受其它草本植物荫庇的能力^[15]。明党参采取的这种策略比较被动,更容易受周围微环境影响,峨参采取强竞争策略比较主动,容易取得优势地位,而且峨参还有无性繁殖的特点,更加大了峨参的繁殖能力。

但是具有较强的可塑性意味着投入更多的物质能量于结构器官中,在生存方面花费较多,对物种的繁衍就会有影响^[10]。明党参这样昂贵的可塑性只适合一个相当狭窄的时间和空间生态位,即每年很短的生长时间和亚热带常绿落叶阔叶林,表明该物种对环境相当的特化,这样的物种就面临更大的灭绝风险。类似明党参这样的次要物种在季节的早期长出叶子,它们就能够逃避开优势物种的重要影响而提高对光的捕获^[28]。这也是群落中物种间分割光资源的典型例子。而且明党参竞争力较小,在水分、光照等条件有利的生境中难以同其他物种竞争,明党参自身的慢生长特性使其对抗不利环境的能力较差,增大了受干扰的机率,抗干扰能力也不如峨参,因此明党参在一生中承担的存活风险比峨参大。

明党参的弱竞争策略使得明党参只能作为群落中的伴生种存在,不可能象峨参一样取得群落优势地位,是一种保守的生存方式,是明党参适应生境长期进化的结果,但在人类活动频繁、强度很大的今天,这种策略并不适于物种的生存和发展。而象峨参这种强竞争物种比较适应当今世界这种快速的变化进程,容易在新生境内定居发展,更新换代。

References:

- [1] Shang Y C, Cai X M. General Ecology. Peking: Peking University Press, 1996. 216 ~ 218.
- [2] Bell D L, Sultan S E. Dynamic phenotypic plasticity for root growth in *Polygonum*: A comparative study. *American Journal of Botany*, 1999, 86(6): 807 ~ 819.
- [3] Stevens K J, Peterson R L, Stephenson . Morphological and anatomical responses of *Lythrum salicaria* L. (purple loosestrife) to an imposed water gradient. *Int. J. Plant Sci.*, 1997, 158(2): 172 ~ 183.
- [4] Wang H Y, Chen J K, Zhou J. Influence of water level gradient on plant growth, reproduction and biomass allocation of wetland plant species. *Acta Phytocologica Sinica*, 1999, 23(3): 269 ~ 274.
- [5] He W M, Zhong Z C. Morphological and growth responses of the climbing plant, *Gynostemma pentaphyllum* seedlings to varying light intensity. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, 24(3): 375 ~ 378.
- [6] Su B, Han X G, Huang J H, et al. The nutrient use efficiency of plants and it's implications on the strategy of plant adaptation to nutrient-Stressed environments. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(2): 335 ~ 343.
- [7] Tao J P, Zhong Z C. Morphological responses to different nutrient supply in the stoloniferous herb *Glechoma longituba*, *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(2): 207 ~ 211.
- [8] Yang C, Bao Y, Li L. Variation of module of *Artemisia frigida* population under different grazing intensity. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(3): 405 ~ 408.
- [9] Aphalo P J, Ballare C I. On the importance of information-acquiring systems in plant-plant interactions. *Functional Ecology*, 1995, 9: 5 ~ 14.
- [10] DeWitt T J, Andrew S, David S W. Costs and limits of phenotypic plasticity. *Tree*, 1998, 13(2): 77 ~ 81.
- [11] Bradshaw A D. Evolutionary significance of phenotypic plasticity to submergence. *Annals of Botany*, 1965, 74: 253 ~ 263.
- [12] Schlichtig C D. The evolution of phenotypic plasticity in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1986, 17: 667 ~ 693.
- [13] Sultan S E. Evolutionary implications of phenotypic plasticity in plant. *Evolutionary Biology*, 1987, 21: 127 ~ 176.
- [14] Bradshaw A D, Hardwick K. Evolution and stress-genotypic and phenotypic components. *Biological Journal of the Linnean Society*, 1989, 37: 137 ~ 155.
- [15] Chang J, Guan B H, Ge Y, et al. Comparative studies on the ecological strategies of an endangered species *Changium smyrnioides* and a non-endangered species *Anthriscus sylvestris*. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24: 9 ~ 13.
- [16] Li W C, Ge Y, Sheng H Y, et al. Analysis on population surviving process of *Changium smyrnioides*, an endangered plant. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(6): 1187 ~ 1193.
- [17] Klinkhamer P G L, de Jong T J, Meelis E. Life history variation and the control of flowering in short-lived monocarps. *Oikos*, 1987, 49: 309 ~ 314.

- [18] Hunt R. Plant growth analysis. London: Edward Arnold, 1978.
- [19] Kremer K, Kropff M J. Comparative growth of Triazine-susceptible and -resistant biotypes of *Solanum nigrum* at different light levels. *Annals of Botany*, 1999, 83: 637 ~ 644.
- [20] Lambers H, Poorter H. Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. *Advances in Ecological Research*, 1992, 23: 187 ~ 216.
- [21] Larcher W, Ökophysiologie der Pflanzen. Stuttgart. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co Wollgrasweg, 1994, 70 ~ 81.
- [22] Deng Y B, Jiang Y C, Liu J. The xeromorphic and saline morphic structure of leaves and assimilating branches in ten chenopodiaceae species in Xinjiang. *Acta Phytocologica Sinica*, 1998, 22(2): 164 ~ 170.
- [23] Bostock S J, Benton R A. The reproductive strategies of five perennial Compositae. *Journal of Ecology*, 1997, 67: 91 ~ 107.
- [24] Grime J P. Plant Strategies: Vegetation Processes and Ecosystem Properties, Chichester: Wiley Hsiao T. C. Plant responses to water stress. *Hann Rer Plant Physiol*, 1973, 24: 519 ~ 520.
- [25] Pooter H. Plant growth and carbon economy. *Encyclopedia of life sciences 2002*. Macmillan Publishers Ltd, Nature Publishing Group.
- [26] Busso C A, Briske D D, Olalde-Portugal V. Root traits associated with nutrient exploitation following defoliation in three existing perennial grasses in a semi-arid savanna. *Oikos*, 1993, 93: 332 ~ 342.
- [27] Watling J R, Robinson S A, Woodrow L A, Osmond C B. Responses of rain-forest understorey plants to excess light during sunflecks. *Australian Journal of Plant Physiology*, 1997, 24: 17 ~ 25.
- [28] Aenten N P R, Werger M J A. Canopy structure and nitrogen distribution in dominant and subordinate plants in a dense stand of *Amaranthus dubius* L. with a size hierarchy of individuals. *Oecologia*, 1996, 105: 30 ~ 37.

参考文献:

- [1] 尚玉昌, 蔡晓明. 普通生态学. 北京: 北京大学出版社, 1996. 216 ~ 218.
- [4] 王海洋, 陈家宽, 周进. 水位梯度对湿地植物生长、繁殖和生物量分配的影响. *植物生态学报*, 1999, 23(3): 269 ~ 274.
- [5] 何维明, 钟章成. 攀缘植物绞股蓝幼苗对光照强度的形态和生长反应. *植物生态学报*, 2000, 24(3): 375 ~ 378.
- [6] 苏波, 韩兴国, 黄建辉, 等. 植物的养分利用效率(NUE)及植物对养分胁迫环境的适应策略. *生态学报*, 2000, 20(2): 335 ~ 343.
- [7] 陶建平, 钟章成. 匍匐茎草本活血丹(*Glechoma longituba*)在不同养分条件下的克隆形态. *生态学报*, 2000, 20(2): 207 ~ 211.
- [8] 杨持, 宝音陶格涛, 李良. 冷蒿种群在不同放牧强度胁迫下构件的变化规律. *生态学报*, 2001, 21(3): 405 ~ 408.
- [16] 常杰, 关保华, 葛滢, 等. 濒危种明党参和非濒危种峨参生态策略的比较研究. *生态学报*, 2004, 24(1): 9 ~ 13.
- [17] 李伟成, 葛滢, 盛海燕, 等. 濒危植物明党参种群生存过程研究. *生态学报*, 2004, 24(6): 1187 ~ 1193.
- [22] 邓彦斌, 姜彦成. 新疆 10 种蓼科植物叶片和同化枝的旱生和盐生结构的研究. *植物生态学报*, 1998, 22(2): 164 ~ 170.