

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201610019

引文格式: 张宝成, 彭艳, 藏灵飞, 等. 喜旱莲子草对喀斯特三种不同生境的可塑性反应 [J]. 广西植物, 2017, 37(6):702-706

ZHANG BC, PENG Y, ZANG LF, et al. Plasticity of *Alternanthera philoxeroides* in response to three karst habitats [J]. *Guihaia*, 2017, 37(6):702-706

喜旱莲子草对喀斯特三种不同生境的可塑性反应

张宝成, 彭艳, 藏灵飞, 秦凯南, 李宪碧, 隋常玲

(遵义师范学院 生物与农业科技学院, 贵州 遵义 563002)

摘要: 喜旱莲子草自入侵以来在我国各地广为传播蔓延, 对人们生产生活产生了重要影响。该研究通过野外采样和室内理化指标分析, 探讨喀斯特不同生境中喜旱莲子草的可塑性。结果表明: (1) 在三种生境中喜旱莲子草的节间长度、叶面积、单株重和叶干重差异显著。(2) 在岩石环境中其无性繁殖器官——茎的投入比例占其生物量的比例最大, 其次是行道生境和湘江河道。(3) 节间距随环境因子从岩石环境、绿化行道和水生生境的变化, 依次增加, 叶质比(叶面积/质量)也随水分环境的增加而增加;(4) 在岩石环境中, 喜旱莲子草通过缩短节间距并增加无性繁殖器官——茎的质量来增加其在水分匮乏生境的繁殖能力。该研究结果为喜旱莲子草今后的防治对策提供了科学依据。

关键词: 生境, 叶面积, 叶质比, 繁殖投入, 茎质量

中图分类号: Q948 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2017)06-0702-06

Plasticity of *Alternanthera philoxeroides* in response to three karst habitats

ZHANG Bao-Cheng, PENG Yan, ZANG Ling-Fei, QIN Kai-Nan,
LI Xian-Bi, SUI Chang-Ling

(School of Biological and Agricultural Science and Technology, Zunyi Normal University, Zunyi 563002, Guizhou, China)

Abstract: Since the invasion of *Alternanthera philoxeroides* around in our country since the widely spread, has an important impact on the production and life of the people. Plasticity is an important feature of invasive plants, we studied indexes of plasticity *A. philoxeroides* providing scientific basis for the prevention and cure in different habitats. The results were as follows: (1) There were obvious differences in internode length, leaf area per plant, total weight and leaf dry weight of *A. philoxeroides* in rock environment, road and aquatic habitats. (2) Asexual reproduction organs of stem biomass was the largest in rock environment, followed by the road and the river habitat. (3) Internode and leaf area of *A. philoxeroides* increased with the rock, road and aquatic environment. (4) In the lack of water rocks environment, *A. philoxeroides* increased reproduction by short internode and increase the mass.

Key words: habitat, leaf area, leaf mass ratio, reproductive input, stem mass

收稿日期: 2016-10-17 修回日期: 2017-05-12

基金项目: 国家自然科学基金(31660106); 贵州省教育厅项目(黔教合 KY 字 [2014]260); 遵义师范学院博士基金(遵师 BS [2014]06 和 BS [2014]07 号); 遵市科合人才([2016]4 号); 贵州省“125 计划”重大科技专项(黔教合重大专项字 [2014]036)[Supported by the National Natural Science Foundation of China (31660106); Program of Guizhou Education Department([2014]260); Fund for Doctors of Zunyi Normal University (BS [2014]06, BS [2014]07); Talent Program of Science Cooperation in Zunyi City([2016]4); Special Key Fund for Science and Technology of “Plan 125” of Guizhou Province([2014]036)].

作者简介: 张宝成(1978-), 男, 博士, 主要从事全球变化方面的研究, (E-mail)bczhang@fudan.edu.cn.

入侵植物具有很强的环境适应性和繁殖能力,在新环境中快速蔓延给当地生态系统造成了严重的影响(严德福等,2012)。外来植物入侵主要是通过调整自身器官的可塑性(Geng et al, 2007; Ren & Zhang, 2009; 王桔红和陈文, 2014),即通过改变自身形态、生物量在不同器官的分配和生理特性来从新环境中捕获更多的资源促进其生长。这是入侵植物适应新环境的基础,也是对不同环境条件响应的重要特征。入侵植物通过这种可塑性在新环境中栖息并大量繁殖,导致原生态系统多样性下降,影响生态系统功能,对环境造成很大威胁。喜旱莲子草自1892年在我国上海附近岛屿出现,后来从上海开始在我国扩散。目前,该入侵种蔓延至我国28个省区。喜旱莲子草主要通过无性根、茎在适宜的环境中萌蘖出新的植株(张震等,2010),并快速生长蔓延。喜旱莲子草在水域大量繁殖堵塞航道,影响水上交通;通过分泌化学物质抑制邻近植物使植物群落物种单一;在农田生态系统中喜旱莲子草与农作物争夺光、水、肥等资源抑制农作物生长,造成作物减产。因此,早在2003年已被环保总局列入“中国第一批外来入侵生物名单”。

喀斯特是我国西南滇黔桂等地区的重要部分(田秀玲等,2012)。由于喀斯特区域地势坡度大、地表破碎、土层浅薄、生态系统脆弱(梅再美和熊康,2000;王德炉等,2003)。喜旱莲子草入侵喀斯特生境可能对脆弱的生态系统造成很大的影响。入侵植物的可塑性是一种重要的策略,但是目前缺乏对喜旱莲子草在喀斯特区域可塑性定量描述研究(杨永清等,2011)。因此,本研究通过喜旱莲子草在不同生境中的叶绿素、叶面积、节间距等指标研究其适应性和可塑性,为喜旱莲子草今后的防治对策提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 研究地点与自然概况

研究区位于遵义师范学院、三阁公园与遵义师范学院之间的湘江河(106.92° E, 27.71° N)。遵义市地处亚热带湿润气候区,夏季平均气温24.1℃,年均降水量859 mm,海拔高度843.9 m。属亚热带季风气候,是我国的森林城市之一(曾庆雨和白艳芬,2016)。

湘江河道是河道内季节性干旱河道,内有冲积土丘(高出河道水域3~5 cm),生长有大量的喜旱

莲子草群落。绿化行道地为壤质粘土,栽植有胸径5 cm左右的香樟,地表有大量的喜旱莲子草。岩石生境是在在岩石护坡中生长的喜旱莲子草群落。

1.2 研究方法

1.2.1 野外取样 根据生境条件的差异,在2016年8月选择了岩石环境、湘江河道和行道绿化三种生境,每种生境各设置3个1 m × 1 m的调查样方。采用收获法将样方内的喜旱莲子草全部收获分别放入保鲜袋中,并做好标记迅速带回实验室进行分析。

1.2.2 形态因子和生物量的测定 测定指标包括:株高、叶面积、节数和节间距等。测量完成后,将每株的茎、叶和花分装,杀青后用80℃恒温烘至恒重,用精度0.000 1 g的电子天平称其质量,以下生物量均为干重。

1.2.3 叶绿素和总糖含量的测定 喜旱莲子草中的叶绿素含量测定采用丙酮法进行测定。用剪刀把采集的新叶片剪成1~2 mm的细条,首先称取约0.5 g加入石英砂和碳酸钙在研钵中研磨,然后采用80%丙酮浸提叶绿素,最后用紫外分光光度计测定波长在663和645 nm的吸光值,根据Arnon公式计算叶绿素含量并进行计算(Arnon, 1949)。多糖的测定采用苯酚-浓硫酸法进行分析。

1.3 数据分析

数据处理主要通过Excel、Spss11.5软件包完成。运用Spss11.5软件中的One-way ANOVAs分析各生境条件下形态因子和生物量之间的差异。

$$Ca = 12.7 \times A665 - 6.88 \times A649$$

$$Cb = 24.96 \times A649 - 7.32 \times A665$$

2 结果与分析

2.1 形态因子数量特征

三种生境下喜旱莲子草的节间平均长度、叶面积、叶质量和秆质量($P < 0.001$)以及单株质量和茎质量($P < 0.001$)都呈现显著变化,但是花的质量没有显著变化(表1)。由表2可知,河道边的节间距最长为6.43 cm,其次是绿化行道旁,为5.75 cm,岩石边为3.78 cm。叶面积的变化规律也和节间距呈现出类似规律,湘江河道边的最大,为94.94 cm²,其次是绿化行道旁,为88.85 cm²,岩石边的最小,为26.10 cm²。单株叶质量最大生境的绿化行道旁为0.38 g,其次是湘江河道边的为0.28 g,岩石生境的最小,为0.14 g。单株茎质量最大的是绿化行道旁,为1.36 g,其次是

表 1 不同生境下喜旱莲子草特征指标方差分析表

Table 1 Analysis of variance table of *Alternanthera philoxeroides* under different habitats

项目 Item	总平方和 Total sum of squares	均方 Mean square	F 值 F value	显著性 Significance
节间平均长度 Average length of internode (cm)	73.74	36.87	17.73	*
叶面积 Leaf area (cm ²)	54 316.9	27 158.45	22.7	*
单株总重 Total weight per plant (g)	8.43	4.21	4.09	*
叶重 Leaf weight (g)	0.44	0.22	9.69	*
茎重 Stem weight (g)	6.93	3.47	4.5	*
花重 Flower weight (g)	0	0	1.82	0.18
叶绿素 a Chl a	79.21	19.80	14.22	***
叶绿素 b Chl b	20.92	5.23	20.14	***
总叶绿(a+b) Total chlorophyll	179.78	44.94	16.89	***
总糖 Total sugar	146 138.51	36 534.63	43.62	***

注: * 差异显著 ($P < 0.05$), *** 差异极显著 ($P < 0.001$)。

Note: * means significant difference ($P < 0.05$), *** means extremely significant difference ($P < 0.001$).

岩石生境,为 0.69 g,最小的湘江河道生境为 0.37 g。单株质量最大的是绿化行道旁生境,为 1.74 g,其次是岩石生境质量,为 0.95 g,湘江河道生境的喜旱莲子草质量,为 0.66 g。单位质量的叶面积是湘江河道的最大,为 $343.25 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$,其次是绿化行道地生境,为 $242.09 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$,最小的是岩石生境,为 $179.85 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ 。

茎秆占单株生物量的百分比随着不同生境的变化差异显著 ($P < 0.05$)。湘江河道的秆重占生物量的 53.35%,其次是绿化行道生境,为 71.36%,最大的是岩石生境,为 82.90% (图 1)。喜旱莲子草的有性繁殖器官花的投入在三种生境间差异不显著 (图 1)。在岩石生境中投入的有性繁殖器官花的比例最大,高达 2.35%,其次是水生环境,为 1.22%,最小的是绿化行道地,为 0.39%。

2.2 叶生理特征

三种生境中喜旱莲子草的叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素 (a+b) 和总糖含量差异显著 (表 1, $P < 0.001$)。叶绿素 a 含量随着水分含量的降低呈现出

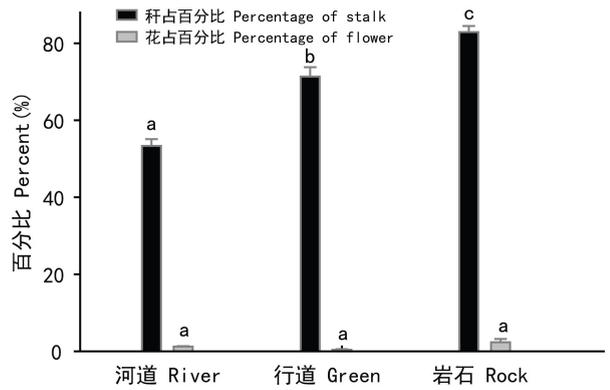


图 1 不同生境喜旱莲子草秆花器官投入比值
河道: 湘江河道; 行道: 绿化行道地; 岩石: 岩石生境。下同。
Fig. 1 Investment ratio of stem and flower *Alternanthera philoxeroides* in different habitats River. River of Xiangjiang; Green. Green land; Rock. Rock habitat. The same below.

显著降低趋势,行道绿化和岩石缝隙中的喜旱莲子草叶绿素 a 含量比湘江河道的分别降低 11.06% 和 29.74%。叶绿素 b 的变化规律与叶绿素 a 类似,行道绿化和岩石生境中的喜旱莲子草叶绿素 b 含量比湘江河道的分别降低 1.79% 和 23.41%。叶绿素 (a+b) 变化规律与叶绿素 a 和叶绿素 b 的变化规律相似,行道绿化和岩石生境中的喜旱莲子草叶绿素 (a+b) 含量比湘江河道的分别降低 8.00% 和 28.11%。

由图 2 可知,喜旱莲子草叶片中的总糖含量变化规律与叶绿素含量变化规律不一致。喜旱莲子草在湘江河道的最高,其次是岩石生境中的含量,最小的是行道绿化生境中的喜旱莲子草。在湘江河道和岩石生境中的总多糖含量比较接近。

3 讨论

3.1 喜旱莲子草生理调节对外界环境的适应

叶绿素是植物进行光合作用重要的色素,它捕获光能把大气中的 CO_2 转化为有机物储存于体内。本研究在三种不同生境中,生境中叶绿素随着湘江河道、绿化行道和岩石生境呈现降低趋势。植物叶片在胁迫环境中影响植物叶片中叶绿素含量 (张宝成等, 2015),苹果树叶叶绿素含量随着环境水分的降低而降低 (何洪光和魏勇, 2009),在短期 5~7 d 的水分胁迫下豌豆叶片叶绿素 a 含量的呈现降低趋势 (张红萍和李明达, 2016)。由于水分胁迫条件下影响植物叶片中叶绿素 a 的合成和分解速度,最终

表 2 不同生境喜旱莲子草植株特征表 (平均 ± 标准误)
Table 2 Characteristics of *Alternanthera philoxeroides* in different habitats ($\bar{x} \pm s_x$)

类型 Type	节间 Internode (cm)	叶面积 Leaf area (cm ²)	单株叶重 Leaf weight per plant (g)	单株茎重 Stem weight per plant (g)	单株重 Weight per plant (g)	叶面积/质量 Ratio of leaf area to weight (cm ² · g ⁻¹)
湘江河道 River of Xiangjiang	6.43±0.41	94.94±8.7	0.28±0.03	0.37±0.05	0.66±0.08	343.25±4.26
绿化行道地 Green land	5.75±0.44	88.85±13.86	0.38±0.08	1.36±0.54	1.74±0.61	242.09±7.27
岩石生境 Rock habitat	3.78±0.19	26.1±4.45	0.14±0.02	0.79±0.1	0.95±0.12	179.85±7.49

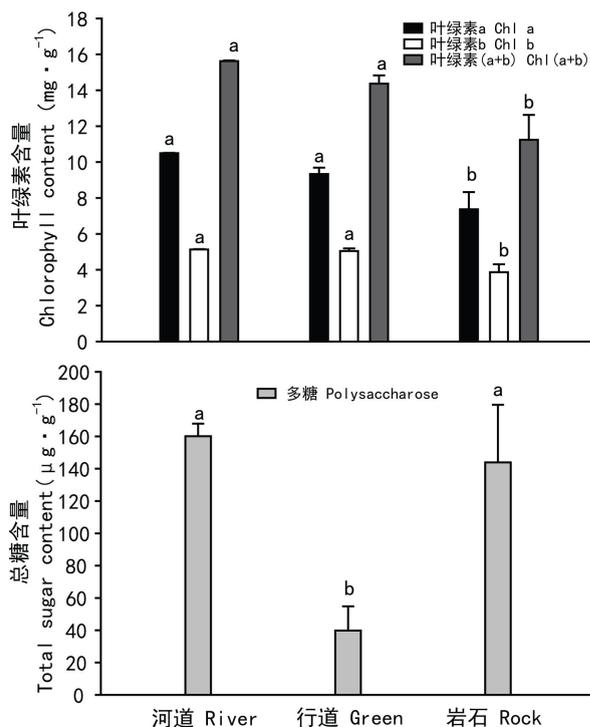


图 2 不同生境喜旱莲子草叶绿素和总糖含量

Chl a. 叶绿素 a; Chl b. 叶绿素 b; Chl (a+b). 叶绿素总量。

Fig. 2 Contents of chlorophyll and total sugar of *Alternanthera philoxeroides* in different habitats Chl a. Chlorophyll; Chl b. Chlorophyll b; Chl (a+b). Total chlorophyll.

导致叶绿素含量降低(李粉茹, 2005)。以上说明水分影响植物叶绿素含量与本研究的结论一致。

本研究中,喜旱莲子草在绿化行道旁的叶面积最大,因此单株生物量最大。植物叶片与叶绿素含量是植物吸收光能重要物质,进而影响到植物的光合作用。但植物生物量/干物质的积累是植物进行

光合作用与植物的呼吸消耗的最终平衡的结果。虽然湘江河道边的叶面积比较大,但其单株生物量最小。可能由于在湿生环境中喜旱莲子草能够增加组织水分疏导能力,增加其空间拓展能力(蔡一村等, 2014)。在水生环境中叶面积不仅是光合作用器官,同时也是拓展领空的一种手段。本研究从岩石生境到湘江河道的节间距逐渐增加也支持入侵植物拓展空间能力。

由于喜旱莲子草的组织结构具有适应旱生与水生环境的能力(陶勇和江明喜, 2004)。植物可以用体内的可溶性糖含量调节自己对外界环境的适应能力(白丽荣等, 2016)。因此,在湘江河道与岩石生境这种水分过多和缺乏的生境,喜旱莲子草采取了通过改变体内的总糖含量增加自己对外界环境的适应能力。

3.2 喜旱莲子草繁殖策略对外界环境的适应

茎秆是喜旱莲子草的重要繁殖器官,本研究喜旱莲子草秆的生物量投入(占总生物量的比值)随着水分条件的苛刻呈现出显著增加趋势。本研究支持先前的研究:环境是影响生物繁殖的重要因素(张宝成等, 2016),植物生活史中繁殖投入及其策略具有可塑性导致植物的繁殖投入随环境梯度的变化而变化(易现峰, 2003)。入侵植物喜旱莲子草每个茎节都能具有产生芽的潜力。一旦喜旱莲子草匍匐茎被埋入土壤或者挨着土壤在合适的条件下会逐渐发育成新的植株。在水分苛刻的环境中增加茎秆生物量意味着增加了繁殖器官投入。植物都有空间扩展能力,正是这种超强的繁殖能力,促进其种群扩大,拓展新的领域,逐渐取代原有生物群落优势植物(吕志男等, 2010)。本研究在水分条件苛刻的环境中,喜旱莲子草不但增加其繁殖器官的投入比;同

时,通过缩短节间距离增加繁殖数目来增加岩石生境中的繁殖体数目来拓展外界生境来适应外界环境。另外,在湿生环境中喜旱莲子草的机械组织相对脆弱,在旱生环境中机械组织发达,韧皮纤维的厚度和数量很高(陶勇和江明喜,2004),这可能是其在水分比较缺乏的环境中投入大的原因。

花是植物有性繁殖的重要器官。喜旱莲子草在岩石生境中的繁殖投入比值最大,其次是湘江河道生境,最小的是行道生境。由于植物生活史在不同性状之间的权衡(朱志红等,2005),使其体内有限的资源最佳分配来适应环境。关于喜旱莲子草在我国的研究较多(蔡一村,2014;张震等,2010),未见其关于种子有性繁殖的研究报道,主要是未见其种子结实。可能是喜旱莲子草在原产地能够进行有性繁殖,或者有动物辅助其授粉发育成种子。也有报道植物不结果实的花也具有潜在的生殖功能(Holtsford,1985;王迎春等,2001)。因此,在入侵的新生境中仍然保留其原有的生殖特性。在不同生境中的花质量无显著差异,在一定程度上支持其有性繁殖可能是喜旱莲子草在原产地的重要繁殖之一。

参考文献:

ARNON D, 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast; polyphenol oxidase in *Beta vulgaris* [J]. *Plant Physiol*, 24(1):1-15.

BAI LR, SHI LR, GUO XL, et al, 2016. Effects of water stress on physiological characteristics of different genotypes of triticale and rye seedlings [J]. *Crops*, (4):118-112. [白丽荣, 时丽冉, 郭晓丽, 等, 2016. 水分胁迫对不同基因型小黑麦和黑麦苗期生理特性的影响 [J]. *作物杂志* (4):118-112.]

CAI YC, NING ZQ, LIU MH, et al, 2014. *Alternanthera philoxeroides* community in the eastern Tiaoxi River [J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 31(4): 583-588. [蔡一村, 宁泽倩, 刘美华, 等, 2014. 东苕溪喜旱莲子草群落研究 [J]. *浙江农林大学学报*, 31(4): 583-588.]

Geng YP. et al, 2007. Phenotypic plasticity rather than locally adapted ecotypes allows the invasive alligator weed to colonize a wide range of habitats [J]. *Biol Inv*, 9(3): 245-256.

HE HG, WEI Y, 2009. Effects of water stress on leaf water potential & contents of chlorophyll of apple protection forest science technolog. [何洪光, 魏勇, 2009. 水分胁迫对苹果叶水势及叶绿素含量的影响, *防护林科技*, 6: 15-16.]

HOLTSFORD TP, 1985. Nonfruiting hermaphroditic flowers of *Calochortus leichlinii* (Liliaceae): potential reproductive functions [J]. *Am J Bot*, 72(11): 1687-1694.

REN MX, ZHANG QG, 2009. The relative generality of plant invasion mechanisms and predicting future invasive plants [J]. *Weed Res*, 49(5): 449-460.

LI FR, 2005. Impacts of water stress on cotton leaf [J]. *Agric Technol*, 25(6): 61-63. [李粉茹, 2005. 水分胁迫对棉花叶片的影响 [J]. *农业与技术*, 25(6): 61-63.]

LV ZN, LI QF, CUI SZ, 2010. Study on the vegetative propagation

of grassland plants in Inner Mongolia Province [J]. *Inn Mong Pratac*, 22(2): 42-44. [吕志男, 李青丰, 崔淑祯, 2010. 内蒙古草地植物几种营养繁殖方式研究 [J]. *内蒙古草业*, 22(2): 42-44.]

MEI ZM, XIONG KN, 2000. A study on the fundamental models and environmental beneficial results of ecological rehabilitation in Guizhou karst mountain areas [J]. *J Guizhou Norm Univ (Nat Sci)*, (4): 9-17. [梅再美, 熊康, 2000. 贵州喀斯特山区生态重建的基本模式及其环境效益 [J]. *贵州师范大学学报(自然科学版)*, (4):9-17.]

TAO Y, JIAN GM, 2004. Study on anatomical structure adaptation of stem of a *lternanthera philoxeroides* (mart.) griseb to various water condition [J]. *J Wuhan Bot Res*, 22(1): 65-71. [陶勇, 江明喜, 2004. 空心莲子草茎的解剖结构对不同水湿生境的适应研究 [J]. *武汉植物科学学报*, 22(1): 65-71.]

TIAN XL, LÜ N, ZHU FG, et al, 2012. Plant species selection in vegetation restoration for mountainous karst area in Guizhou Province [J]. *J Subtrop Res Environ*, 7(2): 17-26. [田秀玲, 吕娜, 朱飞鸽, 等, 2012. 贵州省喀斯特山区植被恢复的物种选择现状分析 [J]. *亚热带资源与环境学报*, 7(2): 17-26.]

WANG DL, ZHU SQ, HUANG BL, 2003. Changes of vegetation features of rocky desertification process in karst area of Guizhou [J]. *J Nanjing For Univ (Nat Sci Ed)*, 27(3): 26-30. [王德炉, 朱守谦, 黄宝龙, 2003. 贵州喀斯特区石漠化过程中植被特征的变化. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 27(3): 26-30.]

WANG JH, CHEN W, 2014. Comparative study of biomass of modules and morphological plasticity of four Asteraceae species at the flowering stage [J]. *Chin J Ecol*, 33(8): 2031-2037. [王桔红, 陈文, 2014. 四种菊科植物开花期构件生物量及表型可塑性比较 [J]. *生态学杂志*, 33(8): 2031-2037.]

WANG YC, HOU YW, ZHANG YJ, et al, 2001. Reproductive strategies of *tetraena mongolica maxim* [J]. *Acta Phytoecol Sin*, 25(6): 699-703. [王迎春, 侯艳伟, 张颖娟, 等, 2001. 四合木种群生殖对策的研究 [J]. *植物生态学报*, 25(6): 699-703.]

YAN DF, YANG YF, ZHAO MQ, 2012. Phenotypic plasticity of leaves on reed populations in heterogeneous habitats in the Songnen Plains of China [J]. *J NE Norm Univ (Nat Sci Ed)*, 44(2): 78-83. [严德福, 杨允菲, 赵明清, 2012. 松嫩平原异质生境芦苇种群叶片的表型可塑性 [J]. *东北师大学报(自然科学版)*, 44(2): 78-83.]

YANG YQ, LONG FB, ZHANG W, et al, 2011. Phenotypic plasticity of *Alternanthera philoxeroides* to light, nitrogen and their interaction [J]. *Guizhou Agric Sci*, 39(4): 38-41. [杨永清, 龙富波, 张伟, 等, 2011. 入侵植物喜旱莲子草对光、氮及其互作的表型可塑性反应 [J]. *贵州农业科学*, 39(4): 38-41.]

Yi XF, 2003. Non-clone reproductive efforts and growth characteristics of several alpine meadow plants under different environments [J]. *J Sichuan Grassl*, 2: 13-16. [易现峰, 2003. 不同环境条件下几种高寒草甸植物的非克隆繁殖投入和生长 [J]. *四川草原*, 2: 13-16.]

ZENG QY, BAI YF, 2016. On the features of precipitation intensity of Zunyi within 55 Years [J]. *J Zunyi Norm Coll*, 18(1): 99-103. [曾庆雨, 白艳芬, 2016. 喀斯特森林城市遵义 55 年不同强度降水特征 [J]. *遵义师范学院学报*, 18(1): 99-103.]

ZHANG BC, BAI YF, CHEN J, 2015. Effects of photosynthesis by