

光强和施氮量对催吐萝芙木生长及生物量的影响*

黎 蕾^{1,2} 蔡传涛^{1**} 刘贵周¹

(1. 中国科学院西双版纳热带植物园 昆明 650223; 2. 中国科学院研究生院 北京 100049)

摘 要 通过不同光强(15%、40%和 70%自然光强)和施氮量(15 g·株⁻¹、30 g·株⁻¹和 60 g·株⁻¹)的盆栽试验,研究了不同光照强度和施氮量对催吐萝芙木生长和生物量的影响。结果表明:光强和施氮量显著影响催吐萝芙木的生长、单株生物量及生物量分配($P<0.05$)。在 70%自然光强下,催吐萝芙木株高、地径、株高和地径的相对生长速率(RGR_H , RGR_D)、单株生物量都较 15%和 40%自然光强下高,并分配更多的生物量到地下部分。在 15%和 40%自然光强下,催吐萝芙木的株高、地径、 RGR_H 、 RGR_D 、单株生物量随施氮量的增加而减小;在 70%自然光强下,催吐萝芙木在 30 g·株⁻¹中等施氮量下生长最好,单株生物量最大,达 559.6 g·株⁻¹。在相同光强下,催吐萝芙木根生物量比(RMR)和根冠比(R/S)随施氮量增加而减小,比叶面积(SLA)和叶生物量比(LMR)在低光强和高施氮量下最大。从株高、地径、 RGR_H 、 RGR_D 、单株生物量、 RMR 和 R/S 等指标看,70%自然光强和 30 g·株⁻¹的施氮量是催吐萝芙木最佳的光强和施氮量组合。

关键词 催吐萝芙木 生长 生物量 光强 施氮肥量

中图分类号: Q948.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-3990(2010)01-0057-05

Effect of light intensity and nitrogen level on growth and biomass of *Rauvolfia vomitoria*

LI Lei^{1,2}, CAI Chuan-Tao¹, LIU Gui-Zhou¹

(1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract A potted experiment was conducted to study the growth and biomass of *Rauvolfia vomitoria* plant under different light intensities (15%, 40% and 70% of full sunlight) and nitrogen levels (15 g, 30 g and 60 g per plant). The results show that the growth, individual biomass and biomass allocation are significantly influenced by light intensity and nitrogen level ($P<0.05$). The plant height, ground diameter, relative growth rate of height and ground diameter (RGR_H , RGR_D) and individual biomass under 70% light intensity are higher than those under 15% and 40% light intensity, and more biomass is allocated to underground plant part. The height, ground diameter, RGR_H , RGR_D and individual biomass decrease with increasing nitrogen level under 15% and 40% light intensity. Under 70% light intensity, *R. vomitoria* plant grows best and individual biomass reaches the highest value of 559.6 g at 30 g nitrogen per plant. At the same light intensity, root mass ratio (RMR) and root to shoot ratio (R/S) decrease with increasing nitrogen level. On the other hand, specific leaf area (SLA) and leaf mass ratio (LMR) are highest at 15% light intensity and 60 g nitrogen per plant. Analysis on individual biomass, RMR , R/S and growth characteristics including height, ground diameter, RGR_H , RGR_D reveals that 70% light intensity and 30 g nitrogen per plant combination yields the optimum condition for *R. vomitoria* plants.

Key words *Rauvolfia vomitoria*, Growth, Biomass, Light intensity, Nitrogen fertilization level

(Received Feb. 10, 2009; accepted June 10, 2009)

催吐萝芙木(*Rauvolfia vomitoria* Afzel.)是夹竹桃科萝芙木属常绿灌木,原产热带非洲加纳等国,目前我国云南、海南、广东、广西等地已有种植^[1]。

从其根中分离得到萝芙木碱、利血平、霹雳萝芙木碱等 15 个吲哚生物碱^[2],其中利血平是主要活性物质,药理试验表明,利血平具有明显降血压及镇静

* 云南省重大产业关键技术研究项目和中国科学院“西部之光”项目资助

** 通讯作者: 蔡传涛(1964~),男,硕士,副研究员,主要研究方向为药用植物引种驯化和 GAP 规范化栽培。E-mail: caict@xtbg.ac.cn
黎蕾(1984~),女,硕士,主要从事药用植物种植技术研究。E-mail: lileijpx@163.com

收稿日期: 2009-02-10 接受日期: 2009-06-10

作用^[3]。目前催吐萝芙木的根在国内主要作为提取利血平的原料,并将其总碱制成的降压灵(Verticil)和降压平(Resemine)应用于临床^[4]。

随着近年来我国高血压病人的增加,对降压药原料的需求也逐渐加大^[5]。野生萝芙木资源由于被无节制采挖,目前已出现资源枯竭,远不能满足市场的需求,加强萝芙木人工栽培显得尤为重要。催吐萝芙木具有繁衍方法简单,生长迅速,根中利血平含量较高等优点而值得规模化人工栽培^[6-7]。

在影响植物生长发育的环境因素(光、温、水分及养分等)中,光强和氮肥是主要的影响因子,对植物的形态建成、生长发育、生物量具有重大影响,如影响植株的株高和地径的生长、比叶面积(SLA)及生物量的分配^[8-14]。目前,国内外对催吐萝芙木的研究多集中在药理和栽培管理方面^[15-16],有关其生理生态方面的研究较少。本研究在人工控制光照和氮肥条件下测定催吐萝芙木的生长和生物量等参数,旨在获得催吐萝芙木优质高产的最佳光照和施氮量组合,并为其栽培提供理论依据。

1 材料与方法

试验地位于中国科学院西双版纳热带植物园内(21°41'N, 101°25'E, 海拔 580 m)。该地区位于热带北缘,受西南季风影响,一年中有明显雨季(5~10 月)和干季(11 月~次年 4 月)之分,年平均降雨量 1 500~1 600 mm,雨季降雨量占全年降雨量的 83%~87%。年平均气温 21.7 °C,相对湿度 85%^[17]。

试验材料为 1 年生催吐萝芙木幼苗,平均株高和地径分别为 44.5 ± 1.5 cm 和 4.94 ± 0.24 mm,于 2007 年 7 月 31 日栽植到陶瓷盆(上口直径 31 cm、下底直径 17 cm、深 24 cm)中,每盆 1 株,按株行距 0.5 m × 0.5 m 摆放。试验用土 pH 值 5.08,碳含量 11.5 g · kg⁻¹,全氮含量 1.2 g · kg⁻¹,全磷含量 0.408 g · kg⁻¹,全钾含量 8.39 g · kg⁻¹,有效氮含量 0.084 g · kg⁻¹,有效磷含量 0.013 g · kg⁻¹,有效钾含量 0.125 g · kg⁻¹。

利用黑色尼龙网搭设荫棚,设置高、中和低 3 个光照强度,相对光强相当于全光照下的 70%、40%和 15%(分别记为 H、M 和 L),由于考虑到萝芙木属植物一般生长于灌丛、山坡阴湿林下,属半阴性植物^[6],并在实际生产中可采取间种种植模式,故本试验未设全光照。每种光强下各设 3 个氮肥水平: 15 g · 株⁻¹、30 g · 株⁻¹和 60 g · 株⁻¹尿素(分别记为 N1、N2 和 N3),每个氮肥处理 10 个重复,尿素平均分 3 次覆土施入,时间分别为 2007 年 9 月 23~27 日、2008 年 1 月 2~3 日、2008 年 5 月 25~26 日。每天保证供水充足,及时防治病、虫害,定期摘花。

从 2007 年 8 月至 2008 年 7 月,每月 20 日选取

8 株催吐萝芙木并用直尺和游标卡尺分别测定株高和地径;收获后计算株高和地径的相对生长速率 RGR_H 和 RGR_D 。 $RGR = (\ln X_2 - \ln X_1) / \Delta t$, X_1 和 X_2 分别为起始和收获前观测时的数值, Δt 为两次测定的时间间隔(d)。

2008 年 7 月取植株顶端完全展开的新鲜叶片,每处理 5 个重复,用一定面积的打孔器避开主叶脉在叶片上打 20 个叶圆片,70 °C 烘干 48 h 后,用电子天平称重,计算比叶面积($SLA = \text{单位叶面积} / \text{叶重}$)。

2008 年 9 月收获植株,将根、茎和叶分开,放于 70 °C 烘箱中烘干至恒重后称重,分别得到根、茎、叶的生物量,并计算参数:根生物量比($RMR = \text{根重} / \text{植株总重}$),叶生物量比($LMR = \text{叶重} / \text{植株总重}$),茎生物量比($SMR = \text{茎重} / \text{植株总重}$),根冠比(R/S)为地下部分与地上部分生物量之比。

以光强和施氮量为因子,分别以株高和生物量等指标为因变量,采用 SPSS 16.0 软件对试验数据进行双因素方差分析($\alpha = 0.05$),对于相同光强处理下的不同氮含量处理进行单因素方差分析,并使用 Duncan 进行多重比较。采用 Excell 2003 进行绘图。

2 结果与分析

2.1 光强和施氮量对催吐萝芙木生长的影响

2.1.1 催吐萝芙木株高和地径生长的月变化规律

在不同光强和施氮量处理下,试验期间催吐萝芙木的株高和地径生长大致呈现 3 个生长阶段(图 1),只是在不同处理下各个生长期长短不同。催吐萝芙木在相同光强下不同施氮量的株高和地径月生长变化较为一致,不同施氮处理间均表现为 $N1 > N2 > N3$ 。对于株高而言,中度光强和高光强下的第 1 阶段为较快生长期(2007 年 8~11 月),第 2 阶段为平缓生长期(2007 年 11 月~2008 年 4 月),第 3 阶段为快速生长期(2008 年 4~9 月);而低光强下株高的平缓生长期(2007 年 10 月~2008 年 5 月)较中、高光强下持续时间更长,相对而言,低光强明显抑制了催吐萝芙木株高生长。在 3 个光照处理下,前两个生长阶段的株高相对生长量差异不大,而在第 3 个生长阶段的不同处理间差异明显,可见该阶段光照条件对催吐萝芙木的株高生长尤为重要。光强和施氮量对地径的影响,相比株高生长在时间上不完全同步。中度光强和高光强下的地径第 1 生长阶段(2007 年 8 月~2008 年 2 月)较低光强下时间更长,第 2 生长阶段持续时间较短,进入 2008 年 4 月又开始迅速增长;而低光强下地径无明显的快速生长阶段,低光强也明显抑制地径的生长。催吐萝芙木株高、地径的这种月变化规律与西双版纳的气候特征相适应,在雨季生长较快,而在干季其生长相对缓慢。

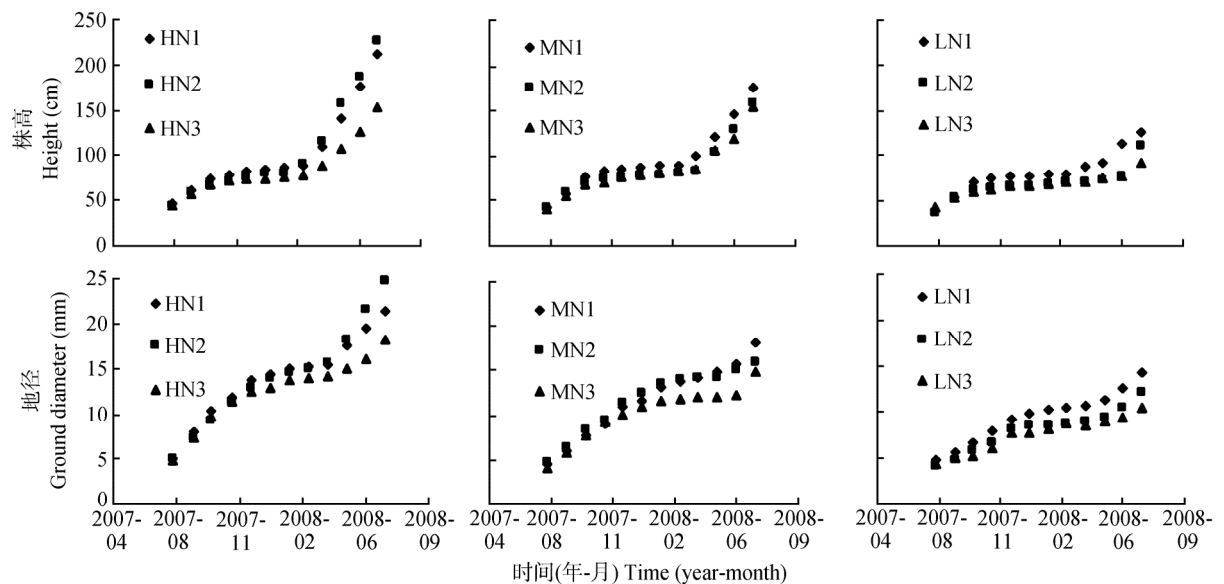


图 1 不同光强和施氮量下催吐萝芙木株高和地径生长的月变化

Fig. 1 Monthly changes of plant height and ground diameter of *R. vomitoria* under different light intensities and nitrogen levels

2.1.2 光强和施氮量对催吐萝芙木形态特征的影响

光强和施氮量可显著影响催吐萝芙木的株高、地径、 RGR_H 、 RGR_D 、 SLA 等指标(表 1)。在相同施氮量处理下, 催吐萝芙木的株高、地径、 RGR_H 、 RGR_D 均随光强的增强而增大; 而 SLA 则随光强增强而减小, 其在低光强下达最大值 $472.7\text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$, 为高光强下($336.1\text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)的 1.4 倍, 表明在低光下叶片薄而大, 有利于叶片捕获有限的光资源(图 2)。在相同光照强度不同施氮量处理下, 株高、地径、 RGR_H 、 RGR_D 具有相同的变化规律。在中度和低光强下, 株高、地径、 RGR_H 、 RGR_D 均随施氮量的增大而减小, 且低氮处理显著大于高氮处理; 而高光强下的中等施氮量有利于催吐萝芙木幼苗的生长, 其株高、地径、 RGR_H 、 RGR_D 在所有处理中最大, 分别为 226.1 cm 、 24.8 mm 、 $0.004\text{ cm} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、 $0.004\text{ mm} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 可见催吐萝芙木在高光强下对氮的需求量比低光强下更大。在低光强下, 3 个氮肥处理 SLA 间差异不显著, 而在中度光强和高光强下均表现为 $N3>N2>N1$ (图 2)。除 SLA 外, 光强和施氮量的交互作用对其他生长特征都有显著影响(表 1)。

2.2 光照和施氮量对催吐萝芙木生物量及其分配的影响

光强和施氮量显著影响催吐萝芙木的单株生物量、 RMR 、 LMR 、 SMR 和 R/S (表 2)。在相同施氮量处理下, 催吐萝芙木的单株生物量、 RMR 和 R/S 均随光强的增强而增大, 而 LMR 随光强的增强而降低(图 3)。在高光强下, 催吐萝芙木的平均单株生物量为 $397.8\text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$, 为低光强下($60.0\text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$)的 6.6 倍, 为中度光强下($176.6\text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$)的 2.2 倍; LMR 在低光强下最大; SMR 在中度光强下最大, 且显著大于低光强和高光强下的 SMR ($P<0.05$)(图 3)。

在相同光照强度下, 催吐萝芙木的单株生物量和生物量的分配对不同施氮量处理响应不一致。在中、低光强下, 单株生物量随施氮量的增加而减少, 可能由于弱光下 $30\text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 的中等施氮量已经超出了催吐萝芙木生长所需; 在高光强下, 中等施氮量的单株生物量为所有处理中的最大值 $559.6\text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。3 个光强下, RMR 和 R/S 随施氮量的增加显著下降, LMR 对施氮量的响应却相反, 随施氮量的增加而增大。高光强下, SMR 的高氮处理显著大于中、低施

表 1 光强和施氮量对催吐萝芙木形态特征影响的二维方差分析

处理 Treatment		株高 Height		地径 Ground diameter		RGR_H		RGR_D		SLA	
		F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
光强	Light intensity	79.518	<0.001	87.773	<0.001	31.327	<0.001	59.359	<0.001	93.459	<0.001
施氮量	Nitrogen level	25.545	<0.001	17.363	<0.001	19.338	<0.001	11.857	<0.001	8.244	0.001
光强×施氮量	Light intensity×nitrogen level	6.082	<0.001	4.154	0.005	5.779	0.001	3.418	0.014	0.998	0.422

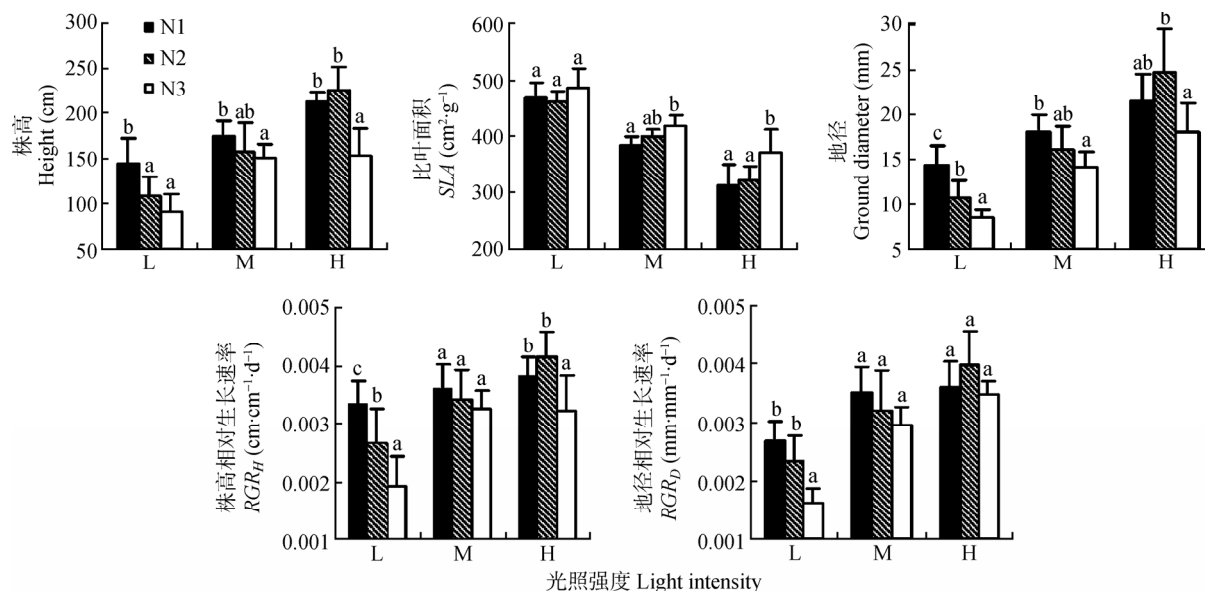


图 2 不同光强和施氮量下催吐罗芙木的形态特征

Fig. 2 Plant morphological traits of *R. vomitoria* under different light intensities and nitrogen levels

数据为平均值±标准差, $n=5\sim 8$ 。不同字母表示相同光强下不同施氮量之间的差异显著($P < 0.05$)。图 3 同。Values are mean±SD, $n=5\sim 8$. Different letters indicate significant difference ($P < 0.05$) among the nitrogen levels at the same light intensity. The same as the Fig. 3.

表 2 光强和施氮处理对催吐罗芙木生物量和生物量分配的二维方差分析

Tab. 2 Two-way ANOVA analysis on the effects of light intensity and nitrogen level on biomass and biomass allocation of *R. vomitoria* plant

处理 Treatment	单株生物量 Individual biomass		RMR		LMR		SMR		R/S	
	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
光强 Light intensity	167.300	<0.001	74.683	<0.001	52.656	<0.001	7.199	0.002	62.926	<0.001
施氮量 Nitrogen level	22.640	<0.001	124.500	<0.001	40.092	<0.001	5.685	0.005	102.858	<0.001
光强×施氮量 Light intensity×nitrogen level	15.661	<0.001	6.583	<0.001	0.655	0.626	3.023	0.024	7.033	<0.001

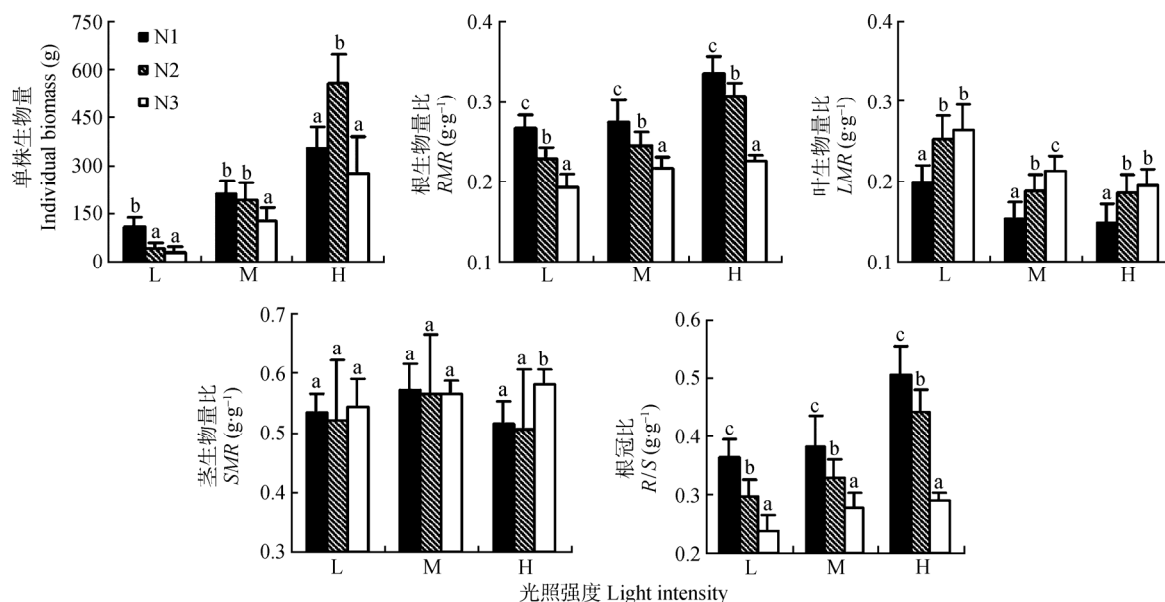


图 3 不同光照和施氮处理下催吐罗芙木的生物量和生物量分配

Fig. 3 Biomass and biomass allocation of *R. vomitoria* under different light intensities and nitrogen levels

氮量处理,而在中、低光强下,不同施氮量处理间 SMR 差异不显著($P < 0.05$)(图 3)。光强和施氮量的交

互作用对单株生物量、RMR、LMR 和 R/S 有显著影响(表 2)。

3 小结与讨论

在试验期间, 催吐萝芙木株高和地径月生长变化大致可分 3 个阶段, 但不同光强和施氮量处理对其各阶段生长情况的影响不同。整体而言, 在移栽后第 2 年的雨季是其株高和地径的快速生长期, 在此期间要加强肥水和病虫害防治等田间管理。

通过不同光强和施氮量对催吐萝芙木生长和生物量的研究分析发现, 光强和施氮量显著影响催吐萝芙木的株高、地径、 RGR_H 、 RGR_D 、 SLA 等形态特征以及单株生物量和生物量的分配。两者的交互作用也显著影响除 SLA 和 SMR 以外的其他特征 ($P < 0.05$)。在高光强处理下, 催吐萝芙木的株高、地径、 RGR_H 、 RGR_D 、单株生物量都高于中、低光强处理。因此, 高光强更有利于催吐萝芙木的生长, 且分配更多的生物量到地下部分, 这对于以根部为主要收获部位的催吐萝芙木来说较为有利。在中、低光强下, 催吐萝芙木的株高、地径、 RGR_H 、 RGR_D 、单株生物量随施氮量的增大而减小; 在高光强下, 却是 $30 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 的中等施氮量下生长最好, 单株生物量最大, 达到 $559.6 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。 RMR 和 R/S 有相似的响应趋势, 在相同光强下随氮肥增加而减小; 而 SLA 和 LMR 在低光强和高氮肥下最大, 已有研究表明: 在低光强下, 植物有更高的 SLA , 这有利于植物对光的捕获; 在高光强下, 植物往往有更高的 RMR , 这有利于植物的生长^[11,18]。类似地, 当土壤可利用氮较少时, 植物有更高的 RMR , 从而通过根的生长获得更多的营养; 而在高营养下, 植物有更高的 LMR 、 SLA , 可以更好地捕获光能和增强植物生长^[9-11]。

从株高、地径、 RGR_H 、 RGR_D 这些生长指标及单株生物量、 RMR 、 R/S 来看, 70%自然光强和 $30 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 的中等施氮量最有利于催吐萝芙木株高和地径的生长, 能获得高的单株生物量, 同时有较多生物量分配到根部。因此 70%自然光强和 $30 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 的中等施氮量是催吐萝芙木最佳的光强和施氮量组合。

参考文献

- [1] 张丽霞, 郭绍荣, 李学兰, 等. 催吐萝芙木的主要虫害及防治[J]. 中药材, 2006, 29(12): 1276–1278
- [2] 李琳, 何红平, 周华, 等. 催吐萝芙木中生物碱的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2007(2): 235–239
- [3] 徐丽娜, 邝启荫, 郑幼兰. 中国萝芙木的药理研究. IV. 萝芙木根生物碱中几个成分的降压作用和毒性[J]. 药学报, 1959, 7(9): 377–383
- [4] 赵永生, 周亚兴, 查云盛. 云南萝芙木引种驯化栽培及发展前景[J]. 中国民族民间医药杂志, 2006(3): 179–180
- [5] 玄明福. 三大杀手之一高血压与心脑血管疾病[J]. 中华中医学杂志, 2007, 5(7): 21–22
- [6] 管志斌. 南药萝芙木的栽培与开发[J]. 中国野生植物资源, 2004(5): 54–56
- [7] 张慧颖, 龚云麟, 蔡传涛. 高效液相色谱法测定萝芙木中利血平的含量[J]. 云南中医学院学报, 2007, 30(2): 7–9
- [8] 霍常富, 王政权, 孙海龙, 等. 光照和氮交互作用对水曲柳幼苗生长、生物量和氮分配的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(8): 1658–1664
- [9] Jose S, Merritt S, Ramsey C L. Growth, nutrition, photosynthesis and transpiration responses of longleaf pine seedlings to light, water and nitrogen[J]. Forest Ecology and Management, 2003, 180: 335–344
- [10] Wang G G, Bauerle W L, Mudder B T. Effects of light acclimation on the photosynthesis, growth and biomass allocation in American chestnut (*Castanea dentata*) seedlings[J]. Forest Ecology and Management, 2006, 226: 173–180
- [11] Niinemets U, Kull O, Tenhunen J D. An analysis of light effects on foliar morphology, physiology, and light interception in temperate deciduous woody species of contrasting shade tolerance[J]. Tree Physiology, 1997, 18(10): 681–696
- [12] Poorter L. Growth response of 15 rain-forest tree species to a light gradient: The relative importance of morphological and physiological traits[J]. Function Ecology, 1999, 13: 396–410
- [13] Fownes J H, Harrington R A. Seedling response to gaps: Separating effects of light and nitrogen[J]. Forest Ecology and Management, 2004, 203: 297–310
- [14] 吴文革, 杨联松, 苏泽胜, 等. 不同施氮条件下杂交中籼稻的群体质量与产量形成[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(5): 1083–1089
- [15] 管艳红, 张丽霞, 马洁. 催吐萝芙木的栽培技术[J]. 时珍国医国药, 2004, 15(5): 280
- [16] Amole O O, Onabanjo A O, Odofoin A A. The analgesic effect of *Rauvolfia vomitoria* (Afzel)[J]. Biomedical Research (Aligarh), 2006, 17(2): 125–127
- [17] 陈亚军, 张教林, 曹坤芳. 两种热带木质藤本幼苗形态、生长和光合能力对光强和养分的响应[J]. 植物学通报, 2008, 25(2): 185–194
- [18] Poorter H, Nagel O. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO_2 , nutrients and water: A quantitative review[J]. Australian Journal of Plant Physiology, 2000, 27: 595–607