

氮素水平与光强互作对‘蓝伞’玉簪生长和光合特性的影响

张金政^{1*}, 周美英¹, 李晓东¹, 于学斌², 姜闯道¹, 孙国峰¹

(¹中国科学院植物研究所, 北京 100093; ²北京天卉苑花卉研究所, 北京 100093)

摘要: 以蓝灰类型玉簪‘蓝伞’ (*Hosta* ‘Blue Umbrella’) 为材料, 研究了4种光强 (自然光照的100%、50%、30%、10%) 和4种氮素水平 (盆栽土施尿素量0、0.5、1.5和2.5 g·kg⁻¹) 处理对玉簪生长和光合特性的影响。结果表明: ‘蓝伞’玉簪的生长和光合特性受光强、氮素水平以及光氮互作的影响。在同一氮素水平下, 随着光照强度的减弱, 玉簪的生物量、叶面积、叶片数、光合速率及可溶性蛋白含量均表现先上升后下降的趋势, 在30%~50%光强下达到最大值; 叶绿素含量则随光强的减弱而增加。在同一光照强度下, 随着氮素水平的升高, 玉簪的生物量、叶面积、叶片数、光合速率及叶绿素和可溶性蛋白含量均呈先上升后下降的趋势, 在0.5 g·kg⁻¹氮素水平下达到最大值。

关键词: 玉簪; 氮素; 光照强度; 互作; 生长; 光合特性

中图分类号: S 682.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2007) 06-1497-06

The Single and Interactive Effects of Nitrogen Application Rate and Light Condition on *Hosta* ‘Blue Umbrella’ Growth and Photosynthetic Characteristics

ZHANG Jin-zheng^{1*}, ZHOU Mei-ying¹, LI Xiao-dong¹, YU Xue-bin², JIANG Chuang-dao¹, and SUN Guo-feng¹

(¹Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China; ²Beijing Tianhuiyuan Institute of Ornamental Plant, Beijing 100093, China)

Abstract: The single and interactive effects of nitrogen application rate and light conditions on *Hosta* ‘Blue Umbrella’ growth and photosynthetic characteristics were studied in this paper. The *Hosta* was cultivated with sands under four kinds of light conditions (100%, 50%, 30% and 10% of natural sunlight respectively) and four kinds of nitrogen application rates (0, 0.5, 1.5 and 2.5 g·kg⁻¹ soil respectively). Results showed that biomass, growth characters, photosynthetic rate and soluble protein content increased at first and then decreased as light density decreased in the same nitrogen application rate, the suitable light intensities for *Hosta* ‘Blue Umbrella’ were 30% to 50% of natural sunlight. However, chlorophyll contents increased as light density decreased in the same nitrogen application rate. In the different nitrogen application rate, biomass, growth characters, photosynthetic characteristic, chlorophyll and soluble protein content increased at first and then decreased as nitrogen application rate increased, the suitable nitrogen application rate for *Hosta* ‘Blue Umbrella’ was 0.5 g·kg⁻¹.

Key words: *Hosta*; Nitrogen; Light intensity; Interaction; Growth; Photosynthesis characteristics

玉簪属 (*Hosta*) 植物为百合科宿根草本, 主要分布在东亚的温带和亚热带地区, 包括中国的东部和南部、朝鲜、日本及俄罗斯的远东地区 (贾洪革, 2000), 世界各地已形成叶色为黄、蓝灰、绿

收稿日期: 2007-07-05; 修回日期: 2007-09-30

基金项目: 中国科学院方向性项目 (KSCXZ-YWN-44-03); 中科院植物所前沿项目 (110600J005)

* E-mail: caohua@ibcas.ac.cn

和花叶等几大观叶色系的品种群（张金政 等，2004）。目前对玉簪的研究多集中于细胞学、系统学、病理学及育种学方面。

玉簪属植物为阴生植物，但 50% 以上遮荫不利于其物质的积累，随着光强的减弱，叶片、叶柄、根和总生物量增量迅速减少（施爱萍 等，2004；Zhang et al., 2004）。肥料不足会导致玉簪植株生长缓慢，观赏性降低；而施肥过多常会导致花叶类型品种植株过度生长，花叶变绿，观赏价值降低（Sam, 1990）。Britton 等（1998）曾以 5 个玉簪品种的组培苗为材料进行缓释肥料配比和施肥量的研究，结果表明：玉簪栽培 N、P、K 的最适比例为 2~3:1:2，每株每年施肥量为 3 g，植株生长最好。氮素（叶肥）对以观叶为主要性状的玉簪来说尤为重要，适量的氮肥使植株叶片肥大，叶色鲜艳，生长旺盛。为保证玉簪的良好生长状况以及观赏特性，研究光强和氮肥对其生长的交互作用显得非常必要。

玉簪‘蓝伞’（*Hosta* ‘Blue Umbrella’）作为蓝灰类型玉簪的典型代表，植株直立高大，全株有蜡粉，叶片肥大，极具观赏性，繁殖容易且栽培和养护的成本很低，很少发生病虫害，是很有开发利用潜力的品种。本试验中研究了不同氮素、光照强度、氮素和遮荫交互作用处理对其生长、光合特性及观赏性状的影响，为该类型玉簪品种在北方的栽培和养护提供必要理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料及其处理

试验在中国科学院植物研究所植物园内进行。2005 年 10 月选择田间栽培且生长一致的 3 年生大苗移栽到花盆中，在冷室中进行正常的栽培管理。2006 年 4 月下旬将大小和生长状况一致的盆栽大苗移到顶部遮雨四周通风的大棚中缓苗 2 周，5 月初进行处理。所用的花盆为 28 cm × 22 cm，每盆装土 7.5 kg，每盆 1 株。盆栽用土为黄沙土，有机质：0.282%；全氮：≤0.01%；碱解性氮：3.5 mg · kg⁻¹；pH 7.8。

采用两因子随机区组试验。用黑色尼龙网进行遮荫处理，设 4 个遮荫梯度，分别为自然日照的 100%、50%、30% 和 10%。氮素用普通的尿素（含氮量为 46%），设 4 个梯度，栽培中施入尿素 0、0.5、1.5 和 2.5 g · kg⁻¹。

每个处理设 3 个重复，每个重复 5 盆。生长过程中保证其他栽培条件一致，处理 45 d 后进行各项生理生化指标的测定并进行方差分析。

1.2 测定项目与方法

光合速率和叶绿素荧光参数的测定采用便携式光合作用系统（LI-6400, USA），于 2006 年 6 月下旬晴天上午 8:30 至 11:00 进行，试验地最大光强约为 1 600 μmol · m⁻² · s⁻¹，平均气温 30℃，相对湿度 22%。挑选刚刚充分展开的成熟叶片，在光强 1 200 μmol · m⁻² · s⁻¹ 下适应 10 min 后记录净光合速率（Pn）等。选择成熟功能叶，经过一夜的暗适应，于凌晨 5:00 之前分别测定初始荧光（Fo）和最大荧光（Fm），并计算光系统 II（PS II）最大光化学效率（Fv/Fm）。

叶面积和干物质量的测定：取 3 盆植株使用 LI-3000A 便携式叶面积仪（Licor, USA）测定叶面积。清除根系周围的泥土并清洗全株后，用吸水纸吸去多余的水分，分别称取叶片、叶柄、根（根状茎及根系）的质量，在 105℃ 下杀青 20 min 左右，80℃ 烘干至恒重，用电子天平（精确度 0.001 g）称其质量。

可溶性蛋白质含量的测定采用考马斯亮蓝 G-250 法（李合生，2000）略做修改。以 pH 6.0 的磷酸缓冲液为提取液，每处理称取 0.2 g 叶片，加入 9 mL 提取液和少量石英砂，冰浴研磨成匀浆，3 000 r · min⁻¹ 离心 10 min，取上清液 0.2 mL，加入 5 mL 考马斯亮蓝 G-250 试剂，充分混合，放置 2 min 后，用 UV-120 分光光度计（日本岛津公司）测定 595 nm 处的 OD 值，以蒸馏水作对照，以牛

血清蛋白作标准, 计算可溶性蛋白的含量 (g), 并计算出植物鲜样质量蛋白质含量。

叶绿体色素含量的测定: 按照 Arnon (1949) 的方法略做修改。选取成熟叶片 0.2 g, 以 80% 丙酮 15 mL 于暗处浸提 48 h, 至叶片呈白色, 用 25 mL 容量瓶定容。用 UV-120 分光光度计 (日本岛津公司) 分别在 663、646 和 470 nm 下测定 OD 值, 依次计算叶绿素 (Chl.) 和类胡萝卜素 (Car.) 的含量。

2 结果与分析

2.1 氮素水平与光强互作对‘蓝伞’玉簪生长的影响

从表 1 中可以看出, 在同一氮素水平下, 随着光照强度的减弱, 植株的总干质量、地下部干质量、地上部干质量、总叶面积和叶片数均表现出先升高后降低的趋势, 并在光照强度为自然光照的 30% 或 50% 时达到最大值。

在同一光强不同氮素水平下所测各生长参数也随着氮素水平的提高而表现出先上升后下降的趋势, 并在氮肥用量 $0.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时达到最大值。

光强与氮素处理的交互作用效应也达到了显著水平, 其中氮肥用量 $0.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 光照强度为自然光照的 30% 处理组合所测各生长参数数值最大, 生长状况最好。

表 1 氮素水平与光强互作对‘蓝伞’玉簪植株生长的影响

Table 1 The interaction of light condition and nitrogen application rate on plant growth of

Hosta ‘Blue Umbrella’

氮素水平 Nitrogen level ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	光强 Light (%)	单株干样质量 Dry mass per plant (g)			总叶面积 Leaf area (cm^2)	叶片数/株 Leaf number/ plant
		总量 Total	地下部 Below	地上部 Above		
0	100	50.16 d	41.44 de	8.72 cd	927.13 gh	10.3 fgh
	50	57.79 c	48.51 c	9.28 bed	1854.91 cd	16.0 bed
	30	56.15 c	47.23 c	8.92 bed	1549.08 de	15.3 bcde
	10	39.43 g	31.62 gh	7.81 cde	1497.41 de	10.7 fgh
0.5	100	55.88 c	45.20 cd	10.68 b	1076.79 fgh	13.0 def
	50	63.52 b	53.98 b	9.54 bc	2204.20 bc	16.0 bcd
	30	78.35 a	65.76 a	12.59 a	2681.60 a	18.5 ab
	10	42.76 fg	34.03 fg	8.73 cd	1453.79 ef	12.0 efg
1.5	100	43.09 fg	34.86 fg	8.23 cde	1307.07 efg	17.0 bc
	50	65.33 b	55.44 b	9.90 bcd	2260.84 b	20.3 a
	30	47.87 e	39.99 e	7.87 cde	1625.05 de	15.3 cde
	10	34.13 hi	28.24 hi	5.89 fgh	1072.73 fgh	11.0 fgh
2.5	100	30.57 i	26.36 i	4.21 h	780.60 h	9.5 gh
	50	40.48 fg	33.96 fg	6.52 efg	951.26 gh	10.7 fgh
	30	45.93 ef	38.33 ef	7.60 def	1354.21 ef	14.7 bcde
	10	32.37 i	26.86 i	5.51 gh	831.68 h	8.5 h

注: 数字后不同小写字母表示纵向差异达显著水平 ($P < 0.05$)。

Note: Small letters following the data within each column indicate the significance at $P < 0.05$.

2.2 氮素水平与光强互作对‘蓝伞’玉簪光合速率和最大光化学效率的影响

图 1 表明, 在同一氮素浓度下, ‘蓝伞’玉簪净光合速率随光照强度的降低呈先升高后降低的趋

势, 30% 和 50% 自然光照生长条件下较高。

在 30% 和 50% 自然光照生长条件下, 同一光强不同氮素水平处理净光合速率均表现为随氮素水平先上升后下降的趋势, 在 100% 和 10% 自然光照生长条件下, 同一光强不同氮素水平处理净光合速率均表现为随氮素水平的提高而下降的趋势。

植株的光合能力与光照强度和供氮水平的交互效应密切相关, 其中氮肥用量 $0.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 光照强度为自然光照 30% 的处理组合净光合速率最大。

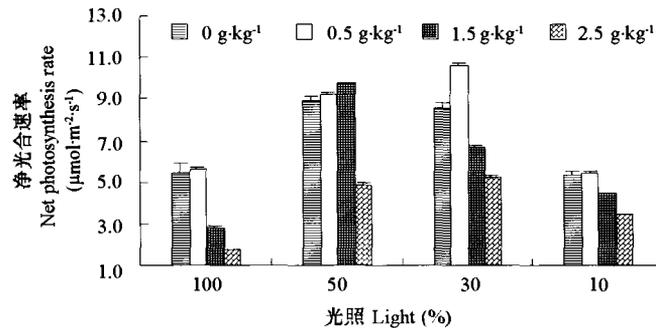


图1 氮素水平与光强互作对‘蓝伞’玉簪净光合速率的影响

Fig. 1 The interactive effects of nitrogen application rate and light condition on *Hosta* ‘Blue Umbrella’ net photosynthetic rate

F_v/F_m 表示 PS II 最大光化学量子产量, 反映 PS II 反应中心最大光化学效率。从图 2 中可以看出, 同一光强不同氮素水平, F_v/F_m 差异不显著。而在同一氮素水平下, 50% 自然光照处理 F_v/F_m 显著高于其他光照强度的处理。光照强度和供氮水平的交互效应对‘蓝伞’玉簪 PS II 原初光能转化效率无显著影响。

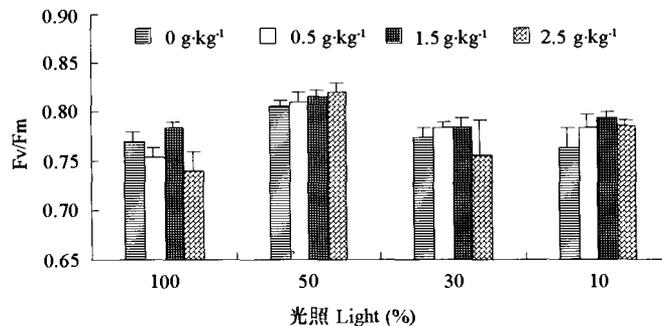


图2 氮素水平与光强互作对‘蓝伞’玉簪 F_v/F_m 的影响

Fig. 2 The interactive effects of nitrogen application rate and light condition on *Hosta* ‘Blue Umbrella’ F_v/F_m

2.3 氮素水平与光强互作对‘蓝伞’玉簪植株光合色素的影响

在同一氮素水平下, 随着光照强度的降低, ‘蓝伞’玉簪 Chl. a、Chl. b 和 Chl. (a + b) 的含量总体上呈上升趋势, Chl. a/b 比值总体上呈下降趋势 (表 2)。

在同一光强不同氮素水平下, 随着氮素水平的提高, 玉簪叶片中 Chl. a、Chl. b 和 Chl. (a + b)

含量大体呈现先升高后降低的趋势, 并在氮肥用量 0.5 或 $1.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时达到最大值。

光强与氮素处理的交互作用效应也达到了显著水平, 其中氮肥用量 $0.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 光照强度为自然光照的 10% 处理组合叶片中 Chl. a、Chl. b 和 Chl. (a + b) 含量最高。

表 2 氮素水平与光强互作对‘蓝伞’玉簪植株叶绿素的影响

Table 2 The interactive effects of light condition and nitrogen application rate on chlorophyll II

氮素水平 Nitrogen application rate ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	光强 Light (%)	Chl. a ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	Chl. b ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	Chl. (a + b) ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	Chl. a/b
0	100	0.94 i	0.30 jk	1.24 j	3.13 b
	50	0.87 i	0.29 k	1.16 k	3.00 c
	30	1.17 g	0.39 h	1.56 g	2.94 c
	10	1.36 d	0.49 d	1.85 d	2.77 d
0.5	100	0.93 i	0.31 j	1.24 j	3.00 c
	50	1.20 f	0.40 h	1.60 f	3.00 c
	30	1.31 e	0.46 f	1.77 e	2.87 d
	10	1.49 a	0.57 a	2.06 a	2.63 e
1.5	100	1.16 g	0.36 i	1.53 h	3.23 a
	50	1.39 c	0.44 i	1.83 d	3.16 ab
	30	1.43 b	0.48 e	1.90 c	2.99 c
	10	1.45 b	0.53 b	1.98 b	2.76 d
2.5	100	0.61 k	0.22 l	0.83 l	2.79 d
	50	1.08 h	0.36 i	1.44 i	3.00 c
	30	1.33 e	0.45 f	1.78 e	2.92 c
	10	1.41 c	0.50 c	1.91 c	2.75 d

注: 数字后不同小写字母表示纵向差异达显著水平 ($P < 0.05$)。

Note: Small letters following the data within each column indicate the significance at $P < 0.05$.

2.4 氮素水平与光照互作对叶片可溶性蛋白含量的影响

从图 3 中看出, 在同一氮素水平下, 可溶性蛋白含量均随光照强度的降低先升高后下降, 并在光照强度为自然光照的 30% 或 50% 时达到最大值。对于同一光照条件不同供氮水平, 随着氮素水平的提高, 叶片中可溶性蛋白的含量亦呈先升高后降低的趋势, 并在氮肥用量 $0.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时达到最大值。光强与氮素处理的交互作用效应也达到了显著水平, 其中氮肥用量 $0.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 光照强度为自然光照的 30% 处理组合叶片中可溶性蛋白的含量最高。

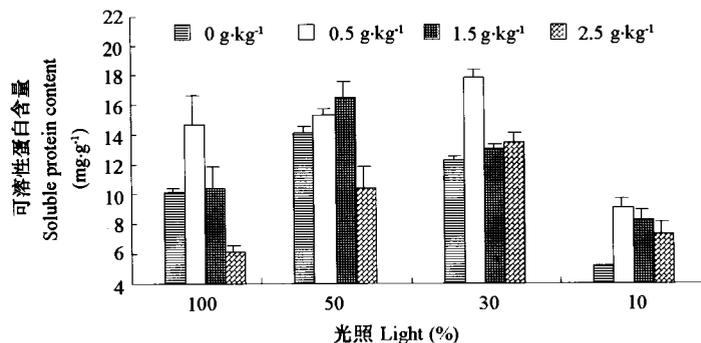


图 3 氮素水平与光照互作对‘蓝伞’可溶性蛋白含量的影响

Fig. 3 The interactive effects of light condition and nitrogen application rate on *Hosta* ‘Blue Umbrella’ soluble protein content

3 讨论

施爱萍等(2004)和Zhang等(2004)研究表明,不同遮荫水平下(自然日照的50%、30%和5%)4个玉簪品种叶片、叶柄、根和总生物量增量随着光强的减弱,迅速减少。

本研究结果表明,氮素用量为0时,玉簪‘蓝伞’(*Hosta* ‘Blue Umbrella’)的生物量、叶面积、叶片数在100%~50%自然日照处理下表现上升的趋势,在50%~10%自然日照处理下表现下降的趋势,与前人的研究结果一致。但当有氮素存在的前提下(氮素用量为0.5和2.5 g·kg⁻¹栽培土时),玉簪的生物量、叶面积、叶片数在50%~10%自然日照处理下并没有表现出持续下降的趋势,而是在30%自然日照处理时出现最大值。上述结果表明氮肥的使用导致了玉簪属植物对遮荫的进一步适应。对影响玉簪的生物量、叶面积、叶片数起重要作用的光合作用重要参数(净光合速率、Fv/Fm、叶绿素含量)以及可溶性蛋白含量的研究结果进一步证实了上述结论。

氮素和光照在植物生长中只有在维持平衡、协调供应水平时,才能发挥两者对生长最佳的互作效应,保证植物理想地生长(王强等,2006)。在实际园林绿化应用中,适宜的生境和合理施肥是保持和提高玉簪观赏性状的重要前提。因此,作者认为蓝灰类型玉簪应种植于林下、建筑物的背面或光强较弱的环境中,以自然日照的30%~50%为宜,与栎树、悬铃木、壳斗科等深根性观赏树木配置较为适宜。在早春时节,深根性树木尚未萌芽,玉簪已绿意盎然;到了盛夏,深根性树木枝繁叶茂,树下空间为玉簪提供了适宜的生长环境,此种搭配既满足了玉簪对栽培环境的要求又突出植物搭配的景观和季相变化。蓝灰类型玉簪具有较强的耐瘠薄能力,栽培基质中的氮素水平不宜太高,以0.5 g·kg⁻¹尿素(折成氮素0.23 g·kg⁻¹)水平为适。在此生长条件下,植株健壮,圆形大叶片呈蓝灰色,叶面积较大,叶片数多。但试验结果要广泛地推广到生产实践中去,还需要进一步研究在处理过程中其它因子(如温度、湿度、土壤、气候等)的影响,以指导实际栽培养护中玉簪对光照、氮肥的需求。

References

- Arnon D I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24: 1-15.
- Britton W, Holcomb E J, Beattie D J. 1998. Selecting the optimum slow-release fertilizer rate for five cultivars of tissue-cultured. *Horticulturae Technology*, 8 (2): 203-206.
- Jia Hong-ge. 2000. A study on the introduction, cultivation and tissue culture of *Hosta* cultivars [M. D. Dissertation]. Beijing: Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences. (in Chinese)
- 贾洪革. 2000. 玉簪品种的引种、栽培和组织培养 [硕士论文]. 北京: 中国科学院植物研究所.
- Li He-sheng. 2000. The measurement of soluble protein in plant tissue. *Laboratory essential and method of plant physiology and plant biology*. Beijing: Higher Education Press; 165-167. (in Chinese)
- 李合生. 2000. 植物组织中可溶性蛋白质含量的测定. *植物生理生化实验原理和技术*. 北京: 高等教育出版社: 165-167.
- Sam J C. 1990. In *Hosta* heaven. *American Nurseryman*, 10: 44-50.
- Shi Ai-ping, Zhang Jin-zheng, Zhang Qi-xiang. 2004. Growth characteristic analyse of shading levels on four *Hosta* cultivar. *Bulletin of Botanical Research*, 24 (4): 486-490. (in Chinese)
- 施爱萍, 张金政, 张启翔. 2004. 不同遮荫水平下4个玉簪品种的生长性状分析. *植物研究*, 24 (4): 486-490.
- Wang Qiang, Zhong Xu-hua, Huang Nong-rong. 2006. Interactions of nitrogen with light in the photosynthetic traits and metabolism of carbon and nitrogen of crop. *Guangdong Agricultural Science*, 2: 37-40. (in Chinese)
- 王强, 钟旭华, 黄农荣. 2006. 光、氮及其互作对作物碳氮代谢的影响研究进展. *广东农业科学*, 2: 37-40.
- Zhang Jin-zheng, Shi Ai-ping, Sun Guo-feng. 2004. Recent advance in genus *Hosta* study. *Acta Horticulturae Sinica*, 31 (4): 549-554. (in Chinese)
- 张金政, 施爱萍, 孙国峰. 2004. 玉簪属植物研究进展. *园艺学报*, 31 (4): 549-554.
- Zhang J Z, Shi L, Shi A P. 2004. Photosynthetic responses of four *Hosta* cultivars to shade treatments. *Photosynthetica*, 42 (2): 213-218.