

赵芳玉,李雪玉,郭其强,等. 不同施氮量对喜马拉雅紫茉莉生长及光合特性的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(4):186-189.

不同施氮量对喜马拉雅紫茉莉生长及光合特性的影响

赵芳玉¹, 李雪玉¹, 郭其强^{1,2}, 兰小中¹, 权红^{1,2}

(1. 西藏农牧学院, 西藏林芝 860000; 2. 青藏高原生态研究所, 西藏林芝 860000)

摘要:以西藏林芝地区温室盆栽的喜马拉雅紫茉莉为材料, 研究不同施氮量(CK:0 g/kg、N1:0.4 g/kg、N2:0.8 g/kg、N3:1.2 g/kg)处理对喜马拉雅紫茉莉生长及光合特性的影响。开花期后测定其形态特征(叶面积、株高、分蘖数、单叶数量、植株基部直径)、生物量、叶绿素以及叶片净光合速率(P_n)、细胞间 CO_2 浓度(C_i)和蒸腾速率(T_r)等, 计算喜马拉雅紫茉莉根冠比、根生物量比、水分利用效率(WUE)、羧化效率(CE)的瞬时值。结果表明, 喜马拉雅紫茉莉根冠比和根生物量比随施氮量的增加显著下降; 而株高、单叶数量、分蘖数、总生物量在施氮量为0~0.8 g/kg范围内随施氮量的增加而增加, 在施氮量为1.2 g/kg时则显著下降; 植株基部直径、叶绿素含量随施氮量的增加而增加。不同施氮量, P_n 的日变化均呈双峰曲线, T_r 的日变化均呈单峰曲线; 在施氮量为0~0.8 g/kg时随施氮量的增加盆栽苗光合作用性能增强, 各处理间差异不显著; 在施氮量为1.2 g/kg时, 喜马拉雅紫茉莉的光合日进程与其他处理差异极显著。这说明适当施加氮肥可以促进喜马拉雅紫茉莉地上部分的生长及光合作用。

关键词:喜马拉雅紫茉莉; 施氮量; 生长特性; 光合特性

中图分类号: S567.230.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)04-0186-04

喜马拉雅紫茉莉(*Mirabilis himalaica*)藏名巴朱, 为紫茉莉科(Himalaceae)多年生草本, 高30~90 cm, 叶线性或卵状心形, 圆锥花序, 花苞钟状, 果实椭圆形或卵形, 根粗; 主要生长于西藏高原海拔2 900~3 300 m的山坡草丛, 印度也有分布^[1]。根可入药, 藏医用于治疗胃寒、肾寒、腰痛、关节痛、淋症等疾病^[2-3]。目前该资源天然分布数量较少且范围狭窄^[4], 随着对喜马拉雅紫茉莉相关开发, 其市场需求量正急剧加大^[5]。近年来国内外学者在显微鉴别、人工种植、根中化学成分、药理及临床应用等方面对喜马拉雅紫茉莉开展了一系列研究^[5-9]; 但对该物种生理生态学特性的相关研究仍属空白。大量研究结果证明氮不但促进植株生长, 增加生物量, 而且影响植物叶面积、净光合速率、叶绿素含量等光合指

标^[10-12]。本研究选择西藏野生喜马拉雅紫茉莉的种子进行人工育苗、种植, 对不同施氮量下喜马拉雅紫茉莉的生长及光合作用进行测定, 以明确喜马拉雅紫茉莉对不同施氮量的生理响应, 以期规模化人工种植喜马拉雅紫茉莉制定栽培措施与管理技术提供基础资料和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料为野生喜马拉雅紫茉莉种子繁育的盆栽苗。2012年6月21日于西藏大学农牧学院农场温室内播种育苗, 7月14日选生长一致的幼苗移栽到试验盆中。试验盆为底部无孔塑料盆(上口径28 cm, 下口径19 cm, 高度29 cm)。每盆装过筛并拌匀的沙壤土10 kg, 供试土壤为西藏农牧学院农场大田的沙壤土, pH值为6.8, 有机质含量为10.2 g/kg, 速效氮为45.3 mg/kg, 速效磷为161.7 mg/kg, 速效钾为179.6 mg/kg。每盆移栽3株幼苗。

1.2 试验设计

试验采用随机区组设计, 所施氮肥为尿素(含N 46%), 作为基肥一次性施入^[13]。根据当地土壤肥力状况和施用氮

收稿日期: 2013-08-02

基金项目: 国家科技支撑计划(编号: 2011BAI13B06、2007BAC06B08); 西藏自治区科技厅重大项目(编号: 2010KJGX-01-36、2011-68-20); 西藏农牧学院大学生创新计划(编号: 2012-018)。

作者简介: 赵芳玉(1991-), 女, 四川绵阳人, 主要从事药用植物学研究。E-mail: zhaofangyu150@163.com。

通信作者: 兰小中, 博士, 副教授 E-mail: lanxiaozhong@163.com。

对太子参叶长和叶宽而言, 最优技术组合均为 $A_1B_3C_2D_3$; 对太子参株高而言, 最优技术组合为 $A_2B_3C_2D_1$; 对太子参出苗率和地上部鲜质量而言, 最优技术组合均为 $A_3B_3C_2D_3$ 。综合考虑各主要农艺性状与太子参产量鲜质量的关系, 有利于太子参农艺性状的最优技术组合应该为 $A_3B_3C_2D_3$ 。

参考文献:

- [1] 郑良永, 胡剑非, 林昌华, 等. 作物连作障碍的产生及防治[J]. 热带农业科学, 2005, 25(2): 58-62.
- [2] 梁银丽, 陈志杰, 徐福利, 等. 黄土高原设施农业中的土壤连作障

碍[J]. 水土保持学报, 2004, 18(4): 134-136.

- [3] 毛亦卉, 谭亮萍. 蔬菜连作障碍及其防控措施[J]. 湖南农业科学, 2011(16): 26-27.
- [4] 郑军辉, 叶素芬, 喻景权. 蔬菜作物连作障碍产生的原因及生物防治[J]. 中国蔬菜, 2004(3): 56-58.
- [5] 王宗玮, 张鑫生, 闫飞. 大豆连作障碍机理的研究简述[J]. 吉林农业科学, 2009, 34(3): 12-13, 27.
- [6] 喻景权, 杜尧舜. 蔬菜设施栽培可持续发展中的连作障碍问题[J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(1): 124-126.
- [7] 杨广君, 赵尊练, 巩振辉, 等. 线辣椒根系分泌物对辣椒等受体作物的化感影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2008, 36(10): 146-152.

肥经验^[11],本试验设 4 个施氮水平,即施氮量为每盆 0、4、8、12 g,分别以 CK、N1、N2、N3 表示,各处理重复 3 次。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 形态特征、叶绿素相对含量与生物量测定 2012 年 8 月 17 日,用卷尺测定株高;游标卡尺测定植株基部直径;LI-3000 叶面积仪测定叶面积;每个植株选取 3 片功能叶,使用 SPAD-502 便携式叶绿素测定仪测定叶绿素相对含量,每个叶片测定 3 次后取平均值,作为该叶片的叶绿素相对含量值;试验结束后,将喜马拉雅紫茉莉地上部分和地下部分分开,105 ℃杀青 15 min,85 ℃烘干至恒质量,记录各部分干物质量,计算根生物量比(根质量/植株总质量)和根冠比(根生物量/地上部分生物量)。

1.3.2 光合-光响应曲线和 ACI 曲线的测定 用 LI-6400 光合测定仪测定植株叶片光合-光响应曲线和 ACI 曲线。具体方法为:利用红蓝光源光合有效辐射(PAR)分别为 2 000、1 800、1 600、1 400、1 200、1 000、800、600、400、300、200、100、50、25、0 μmol/(m²·s),测定叶片对不同强度光合有效辐射的响应特征。测定时气体流速为 0.5 L/min,温度为(20±1)℃,相对湿度为(60±5)%,CO₂浓度为(400±5) μmol/mol,每个叶片重复测定 3 次,取平均值,作为计算光合-光响应曲线相关光合参数的基础数据。ACI 曲线测定时,安装 CO₂钢瓶后稳定 20 min,设置 LED 光源为 1 600 μmol/(m²·s)的光合有效辐射,气体流速为 0.5 L/min,温度(20±1)℃,外接钢瓶供应 CO₂的浓度梯度分别设定为 1 600、1 400、1 200、1 000、800、600、400、200、100、50、0 μmol/mol。本试验光合-光响应曲线和 ACI 曲线采用叶子飘等的新模型^[14]进行拟合,计算公式分别为:

$$P_n(PAR) = \alpha \frac{1 - \beta \times PAR}{1 + \gamma \times PAR} PAR - R_d \tag{1}$$

式中: P_n 为净光合速率; α 、 β 、 γ 为常数系数; PAR 为光合有效辐射; R_d 为暗呼吸速率。

$$P_n(C_i) = a \frac{1 - bC_i}{1 + cC_i} (C_i - \Gamma) \tag{2}$$

式中: a 、 b 、 c 为常数系数; C_i 为叶片胞间 CO₂浓度; Γ 为植物的 CO₂补偿点。

1.3.3 光合日进程参数的测定 选择晴朗的天气,利用 LI-6400 便携式光合测定仪从 08:00—20:00,每 2 h 测定各处理喜马拉雅紫茉莉功能叶的净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)和细胞间 CO₂浓度(C_i)等;并计算瞬时水分利用效率(WUE)= P_n/T_r ,瞬时羧化效率(CE)= P_n/C_i 。

1.3.4 统计分析 分别用 SPSS 19.0 和 ORIGIN 8.0 进行试验数据的统计分析和图形绘制。

2 结果与分析

2.1 不同施氮量对喜马拉雅紫茉莉生长特性的影响

由表 1 可知,不同施氮量对喜马拉雅紫茉莉的株高、分蘖数、单叶数量均具有显著影响,对叶面积具有极显著影响,均表现出在每盆施氮量≤8 g 时,随供氮量的增加而增加,在施氮量达到每盆 12 g 时则显著降低;而不同施氮量对植株基部直径影响小,表现为随施氮量的增加各植株基部直径差异不显著。

表 1 不同施氮量下喜马拉雅紫茉莉生长状况

处理	株高 (cm)	基部直茎 (cm)	分蘖数 (个)	单叶数量 (张)	叶面积 (cm ²)
CK	100.50b	0.495a	20b	75.33a	13.89C
N1	110.50a	0.502a	25a	82.67a	19.24B
N2	124.44a	0.505a	28a	91.33a	24.13A
N3	92.56b	0.517a	18b	61.00c	17.88B

注:同列数据后不同大、小写字母分别表示差异达 0.01 和 0.05 显著水平。

2.2 不同施氮量对喜马拉雅紫茉莉叶片叶绿素含量和植株生物量的影响

由表 2 可知,不同施氮量对喜马拉雅紫茉莉叶绿素含量和生物量均有显著影响,不同施氮量对喜马拉雅紫茉莉的叶绿素和根冠比影响显著,表现为叶绿素含量随施氮量的增加而呈极显著增加,根冠比和根生物量随施氮量的增加而显著下降;而喜马拉雅紫茉莉的总生物量随施氮量增加呈先升高后降低的变化趋势。

表 2 不同施氮量下喜马拉雅紫茉莉叶片叶绿素含量和植株生物量

处理	叶绿素含量 (mg/g)	根冠比 (g/g)	根生物量比 (g/g)	总生物量 (g)
CK	52.70D	0.175a	0.148a	33.70C
N1	60.15C	0.142a	0.125a	40.98B
N2	65.03B	0.111b	0.102b	51.35A
N3	72.25A	0.101b	0.095b	20.67D

注:同列数据后不同大、小写字母分别表示差异达 0.01 和 0.05 显著水平。

2.3 不同施氮量对喜马拉雅紫茉莉叶片光合特性的影响

2.3.1 光合-光响应曲线和 ACI 曲线 光合-光响应曲线和 ACI 曲线反映植物生长过程中叶片利用光能和同化 CO₂的能力。不同施氮量下喜马拉雅紫茉莉叶片对光和 CO₂的响应各有差异。光响应曲线拟合参数(表 3)表明,不同施氮量对喜马拉雅紫茉莉光响应曲线参数均有显著影响。随施氮量的增加,各参数具体表现为:最大光合速率(P_{max})先升高后降低;光观量子效率(α)无变化,而暗呼吸速率(R_d)先升高后降低;光饱和点(L_p)和光补偿点(L_{cp})变化趋势相同,均为先升高后降低。这说明在一定施氮量范围内,随氮肥施用量的增加可以提高喜马拉雅紫茉莉叶片净光合速率,降低其呼吸代谢,同时提高对强光的利用能力。ACI 曲线拟合的光合参数(表 3)表明,不同施氮量对喜马拉雅紫茉莉光合参数均有显著影响,具体表现为:随施氮量的增加,最大光合速率(P_{max})、羧化效率(CE)、光呼吸速率(R_p)和 CO₂饱和点先升高后降低,而 CO₂补偿点(Γ)随施氮量的增加而降低。这说明,一定量的氮肥供给增加可以提高喜马拉雅紫茉莉羧化效率和同化 CO₂的能力。同时,植物体旺盛的同化代谢作用提高了自身光呼吸速率^[15]。

2.3.2 光合日进程特性分析 (1) P_n 和 T_r 日变化。图 1-A 表明,在不同施氮量下,喜马拉雅紫茉莉叶片 P_n 日变化均呈双峰曲线,有明显的“午休”现象。但不同的是,CK、N1、N2 处理的喜马拉雅紫茉莉叶片均在 12:00 出现第一次高峰,下午 16:00 出现第二次高峰,14:00 出现低谷;而 N3 处理的喜马拉雅紫茉莉叶片的 P_n 第一次高峰则是明显提前,出现上午

表 3 不同施氮量下喜马拉雅紫茉莉光响应曲线和 ACI 曲线的光合参数

处理	光响应曲线				
	最大光合速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	表观量子效率 (mol/mol)	暗呼吸速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	光饱和点 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	光补偿点 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]
CK	23.52b	0.062a	-2.17a	1642.49c	36.64b
N1	25.15b	0.064a	-2.35b	1794.92a	38.59a
N2	25.91a	0.067a	-2.40b	1716.89b	37.33a
N3	19.96b	0.065b	-2.17a	1577.13d	35.43c

处理	CO_2 响应曲线				
	最大光合速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	羧化效率 (mol/mol)	光呼吸速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	CO_2 饱和点 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	CO_2 补偿点 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]
CK	56.83b	0.17D	9.67A	600.13d	57.10a
N1	60.51a	0.27b	12.65c	839.79a	50.63b
N2	62.65a	0.33a	13.66c	781.41b	46.13c
N3	56.91b	0.23c	10.72b	691.18c	48.70b

注:同列数据后不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平。

10:00,第二次高峰出现在下午 14:00,其低谷出现在中午 12:00。图 1-B 表明,在不同施氮量下喜马拉雅紫茉莉 T_L 日变化均呈单峰曲线,其峰值出现在 12:00—14:00 之间,说明强光下喜马拉雅紫茉莉的水分散失较快。CK、N1、N2 处理的喜马拉雅紫茉莉叶片变化趋势基本相同,表现为在 08:00—16:00 间, T_L 值随着光照的增强而逐渐增加,16:00 达到全天最高值,之后则迅速下降。N3 处理的 T_L 表现为在 08:00—14:00 间随着光照的增强而增加,14:00 达到最高值,之后便迅速下降。这说明不同施氮量对喜马拉雅紫茉莉光合与蒸腾日变化影响显著。(2)WUE 和 CE 日变化。植物水分利用效率和羧化效率是反映水分利用状况和碳同化效率的重要生理指标。由图 1-C 可知,不同施氮量对喜马拉雅紫茉莉 WUE

日变化规律具有显著影响,由 08:00—10:00,所有处理的 WUE 迅速上升至最高点,随后 WUE 明显下降,CK、N1、N2 处理的喜马拉雅紫茉莉叶片均在 14:00 时降至谷底,此后再缓慢上升,而 N3 处理的喜马拉雅紫茉莉叶片在 16:00 降至谷底,其后迅速上升。N3 处理的喜马拉雅紫茉莉叶片 WUE 稍高于 N1、N2 处理的喜马拉雅紫茉莉叶片。图 1-D 表明,在不同施氮量下喜马拉雅紫茉莉 CE 日变化差异明显,表现为:08:00—10:00 时段各处理均迅速上升,10:00—16:00 之间不同处理间变化较为复杂,其中 CK 呈显著“V”字形变化,N1 和 N2 处理的 CE 值基本保持不变,而 N3 处理的喜马拉雅紫茉莉叶片呈倒“V”字形变化。

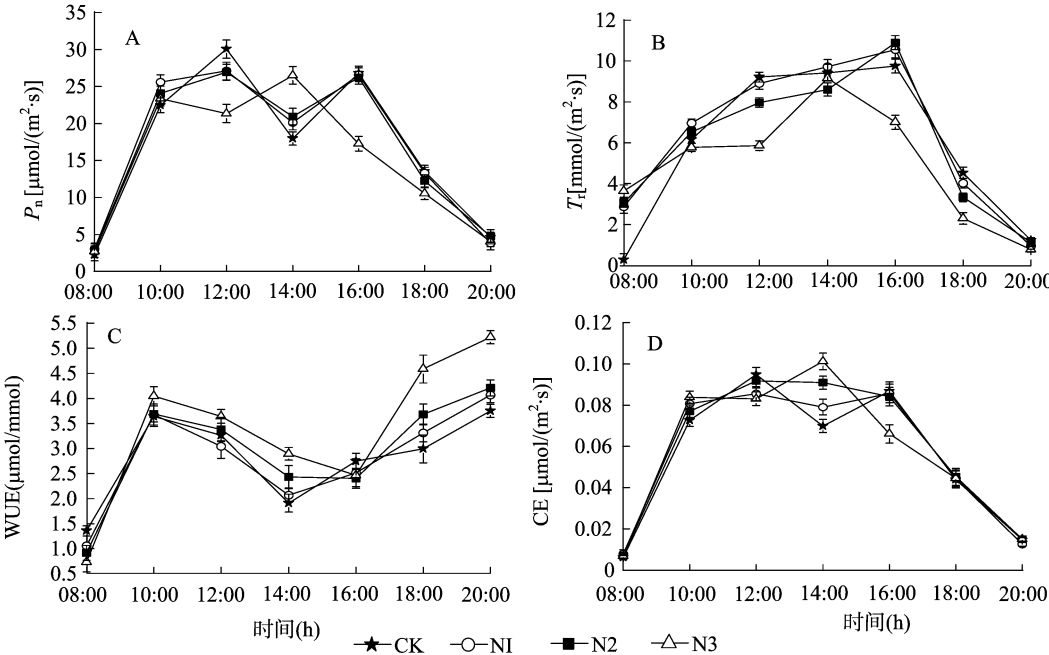


图1 不同施氮量下喜马拉雅紫茉莉的光合日进程参数

3 讨论

3.1 不同施氮量对喜马拉雅紫茉莉生长特性的影响

氮是植物生长发育的必需元素,对光合作用的影响显

著^[16],并最终体现在株高和生物量的积累上^[17]。大量研究表明,适量施氮可以促进植物生物量的增加,提高叶片光合作用的能力^[18-21]。施氮较低或施氮过量都会显著降低植物地上部分的生长,并降低光合速率^[22-23]。本研究中,喜马

拉雅紫茉莉的株高、单叶数量、分蘖数、总生物量在施氮量为 0.8 g/kg 时达到最大值。这说明适量的氮肥可以显著促进喜马拉雅紫茉莉地上部分的生长,这与李立昆对厚皮甜瓜的研究结果相同^[24]。随施氮量的继续增加,植物根冠比及根生物量比显著降低,这是由于高氮水平下,“叶源”器官制造的光合产物不能顺利运转到根部,大量积聚在地上部分^[25],造成地上部分生长旺盛,减少了干物质在喜马拉雅紫茉莉根中的分配,使得喜马拉雅紫茉莉根冠比降低,这与陈晓光等人对甘薯施氮的研究结果相同^[26]。

3.2 不同施氮量对喜马拉雅紫茉莉光合特性的影响

前人研究结果表明,植物叶片中的叶绿素的含量和土壤氮素供给呈正相关^[27-30]。本研究结果表明,不同施氮量对喜马拉雅紫茉莉 $P_{\max}$ 影响显著,施氮量为 0~1.2 g/kg 时,随施氮量的增加,喜马拉雅紫茉莉的最大光合速率呈先增大后降低的趋势,其中当施氮量为 0.8 g/kg 时,喜马拉雅紫茉莉的最大光合速率达到最大值,为 25.91 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,这与氮肥对牛蹄豆的光合特性影响结果^[28]相似。

植物光合日变化不仅与物种本身密切相关,同时受到环境因素(如土壤理化性和养分供给状况)的影响。本研究中,喜马拉雅紫茉莉呈现“午休”现象,“午休”时植株 WUE 较低,但 T_r 却持续升高。这说明中午强光照和高温环境下,喜马拉雅紫茉莉主要依靠降低净光合速率和加强水分散失来调节其生理代谢,以此减轻不利环境因子对生长的影响。值得注意的是,当施氮量为 1.2 g/kg 时,喜马拉雅紫茉莉的光合日变化明显不同于其他处理,表现为午休现象明显提前,且蒸腾速率明显小于其他处理,但水分利用效率较高,其原因可能是过高氮素供给提高了喜马拉雅紫茉莉气孔敏感性^[31],即气孔提前关闭使得施氮量 1.2 g/kg 处理的喜马拉雅紫茉莉“午休”现象提前,蒸腾速率降低,其作用机理还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 吴征镒. 西藏植物志:第 1 卷[M]. 北京:科学出版社,1983:651.
- [2] 黄璐琦. 中草药与民族药药材图谱[M]. 北京:北京大学医学出版社,2005:78-80.
- [3] 青海卫生局. 藏药标准[M]. 西宁:青海人民出版社,1979:20.
- [4] 卢杰,兰小中,罗建. 林芝地区珍稀濒危藏药植物资源调查与评价[J]. 资源科学,2011,33(12):2362-2369.
- [5] 杨盼盼,范海霞,杨丽花,等. 喜马拉雅紫茉莉根部化学成分研究[J]. 安徽农业科学,2012,40(18):9641-9643.
- [6] 索朗其美,达瓦潘多,刘青,等. 紫外分光光度法测定西藏野生和人工种植喜马拉雅紫茉莉中总黄酮含量[J]. 中国民族医药杂志,2012,4(4):60-62.
- [7] 莫正纪,杨培全,兰伯恩,等. 喜马拉雅紫茉莉乙醇提取物的小鼠抗生育活性筛选[J]. 华西药学杂志,1992,7(3):154-155.
- [8] 旦智草,甘玉伟,杨勇,等. 藏药喜马拉雅紫茉莉人工栽培试验研究[J]. 甘肃科技纵横,2006,35(3):228,187.
- [9] 王赞,罗建,许建初. 喜马拉雅紫茉莉和赛茛菪(茄科)的传粉机制比较研究[J]. 云南植物研究,2009,31(3):211-218.
- [10] 杨文平,王春虎,王保娟. 拔节期追氮对小麦百农矮抗 58 旗叶光合色素含量的影响[J]. 江苏农业科学,2012,40(6):73-75.
- [11] 杨自立,马履一,贾忠奎,等. 不同供氮水平对栓皮栎播种苗光响应曲线的影响[J]. 北京林业大学学报,2011,33(5):56-60.
- [12] 潘文,张晓珊,丁晓纲,等. 氮素营养对美丽异木棉等 4 个树种幼苗生长及光合特性的影响[J]. 中国农学通报,2012,28(31):41-45.
- [13] 邹振华,党宁,王惠群,等. 不同氮素水平对营养生长期南荻植株光合特性的影响[J]. 作物研究,2012,26(3):255-259.
- [14] 叶子飘,高峻. 光响应和 CO_2 响应新模型在丹参中的应用[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2009,37(1):129-134.
- [15] 易镇邪,王璞,陈平平,等. 不同夏玉米品种水分利用效率对氮肥与降水量的响应[J]. 干旱地区农业研究,2008,26(1):51-57.
- [16] Xu Z Z, Zhou G S. Combined effects of water stress and high temperature on photosynthesis, nitrogen metabolism and lipid peroxidation of a perennial grass *Leymus chinensis* [J]. Planta, 2006, 224(5):1080-1090.
- [17] Suresh K, Nagamani C, Kantha D L, et al. Changes in photosynthetic activity in five common hybrids of oil palm seedlings under water deficit[J]. Photosynthetica, 2012, 50(4):549-556.
- [18] Vilela A E, Rennella M J, Ravetta D A. Responses of tree-type and shrub-type *Prosopis* (Mimosaceae) taxa to water and nitrogen availabilities [J]. Forest Ecology Management, 2003, 186(1):327-337.
- [19] 徐刚,韩玉玲,高文瑞,等. 保水剂与氮肥结合对辣椒生长及光合作用的影响[J]. 江苏农业学报,2012,28(4):823-827.
- [20] 王璐瑶,桑敏,李爱芬,等. 不同缺氮营养水平对金色奥杜藻生长及光合生理的影响[J]. 中国生物工程杂志,2012,32(6):48-56.
- [21] 姚战军,张永刚. 水氮运筹对小麦光合作用及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(7):58-59.
- [22] 王庆祥,姜艳超,吕桂兰. 氮、钾肥对甜玉米产量与品质的影响[J]. 玉米科学,2006,14(3):145-146,153.
- [23] 李全起,陈雨海,房全孝. 夏玉米种植中水分问题的研究进展[J]. 玉米科学,2004,12(1):72-75.
- [24] 李立昆,李玉红,司立征,等. 不同施氮水平对厚皮甜瓜生长发育和产量品质的影响[J]. 西北农业学报,2010,19(3):150-153.
- [25] 王彩萍. 磷钾肥在高寒地区大蒜上的施用效果[J]. 安徽农业科学,2007,35(17):5215,5277.
- [26] 陈晓光,李洪民,张爱君,等. 不同氮水平下多效唑对食用型甘薯光合和淀粉积累的影响[J]. 作物学报,2012,38(9):1728-1733.
- [27] Yang W H, Peng S B, Huang J L, et al. Using leaf color charts to estimate leaf nitrogen status of rice[J]. Agronomy Journal, 2003, 95(1):212-217.
- [28] 李冬生,陈进,冯秋红,等. 氮磷对牛蹄豆幼苗生长及光合特性的影响[J]. 林业资源管理,2010,4(2):89-93.
- [29] 王磊,白由路. 不同氮处理春玉米叶片光谱反射率与叶片全氮和叶绿素含量的相关研究[J]. 中国农业科学,2005,38(11):2268-2276.
- [30] 陈新红,刘凯,徐国伟,等. 结实期氮素营养和土壤水分对水稻光合特性与产量及品质的影响第[J]. 上海交通大学学报:农业科学版,2004,22(1):48-53.
- [31] 刘洲鸿,刘勇,段树生. 不同水分条件下施肥对侧柏苗木生长及抗旱性的影响[J]. 北京林业大学学报,2002,24(增刊1):56-60.