

在 UV-B 辐射增强条件下稀土镧对大豆品质的影响

任红玉^{1,2}, 周丽华¹, 朱晓鑫¹, 高振宇¹, 刘 曦¹, 张兴文³

(1. 东北农业大学 资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 哈尔滨工业大学 市政与环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001; 3. 哈尔滨工业大学 理学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要:在紫外辐射 (UV-B) 增强条件下, 采用盆栽的方式, 研究了苗期和开花期喷施不同浓度 LaCl_3 溶液对大豆东农 47 蛋白质含量、脂肪含量和蛋脂总量的影响, 并筛选出 LaCl_3 溶液的最佳喷施浓度和喷施时期。结果表明: 在 UV-B 辐射增强条件下, 苗期所有浓度镧处理的蛋白质含量和蛋脂总量都减少, 脂肪含量增加; 其中 $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{LaCl}_3$ 处理脂肪含量 (22.80%) 最高, 较对照显著增加 3.78%。开花期所有浓度镧处理的蛋白质含量和蛋脂总量都增加, 除 $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{LaCl}_3$ 处理外脂肪含量也都增加; 其中 $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{LaCl}_3$ 处理, 大豆蛋白质含量 (42.13%) 和蛋脂总量 (63.80%) 最高, 分别较对照增加 4.46% 和 2.24%; $60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{LaCl}_3$ 处理的脂肪含量 (22.40%) 最高, 较对照增加 1.50%。苗期和开花期各喷施 $60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{LaCl}_3$ 的大豆籽粒蛋白质含量 (42.57%) 最高, 较对照增加 0.64%; $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{LaCl}_3$ 处理脂肪含量 (22.03%) 最高, 较对照增加 0.46%。综合考虑, 在 UV-B 辐射增强条件下, 开花期喷施 $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{LaCl}_3$ 溶液有利于提高大豆的品质。

关键词:UV-B 辐射; 稀土镧; 大豆; 蛋白质; 脂肪

中图分类号: S429

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841 (2013) 03-0345-04

Effect of La on the Soybean Quality under Elevated Ultraviolet-B Radiation

REN Hong-yu^{1,2}, ZHOU Li-hua¹, ZHU Xiao-xin¹, GAO Zhen-yu¹, LIU Xi¹, ZHANG Xing-wen³

(1. Resources and Environmental Sciences College of Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 2. Municipal and Environmental Engineering College of Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China; 3. Science College of Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: Enhanced ultraviolet-B (UV-B) radiation may have side effects on plant quality and, lanthanum (La) is reported to have protective potential on plants under adverse environment. In this study, soybean cv. Dongnong 47 was planted in greenhouse, 24 h after sprayed with LaCl_3 solutions ($0, 20, 30, 40, 50, 60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) at seedling, flowering and both stage, soybean plants were exposed to supplementary UV-B radiation. Seed protein content (PC), fat content (FC) and their total content (PFC) were determined after harvest. All LaCl_3 sprayed at seedling decreased PC and PFC, while increased FC and, $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{LaCl}_3$ significantly increased FC by 3.78%. LaCl_3 applied at flowering promoted PC, FC and PFC, except that of FC under $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{LaCl}_3$, highest increment of PC (4.46%), FC (1.50%) and PFC (2.24%) were obtained at 40, 60 and $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{LaCl}_3$, respectively. At both seedling and flowering, spraying $60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{LaCl}_3$ increased PC by 0.64%, and $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{LaCl}_3$ increased FC by 0.46%. Results suggest under elevated UV-B irradiation, applying $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{LaCl}_3$ at flowering will contribute to the improvement of total content of protein and fat in soybean.

Key words: UV-B radiation; Lanthanum (La); Soybean; Protein; Fat

大气平流层中臭氧含量的减少导致到达地面 UV-B 辐射增强。近年来关于 UV-B 辐射增强对作物的生长发育、生理生态效应的研究国内外已有大量报道。UV-B 辐射增强对大豆和小麦的生长产生抑制作用^[1-2], 其导致作物植株矮化, 叶片变黄, 叶面积减小^[1], 进而导致作物生物量降低、减产等。蛋白质是生物体内的重要组成部分, 其最大吸收波长为 280 nm, 正好处在 UV-B 辐射 (280 ~ 320 nm) 的波长范围内, 因此 UV-B 辐射增强很容易引起作物蛋白质含量的变化以及酶的失活^[3]。

我国稀土 (rare earth, RE) 农用始于 1972 年, 经

过 40 年的发展, 稀土在我国已经得到了广泛的应用。近年来的研究发现, 镧作为 17 种稀土元素中最重要、最活泼的元素之一, 对生物体生命活性起到重要的调节作用^[4]。一定浓度的镧能够促进种子的萌发^[5-6], 促进作物根系生长及对土壤养分的吸收, 增强作物光合作用^[4], 增强叶绿素等光合色素含量, 调节作物内源激素的分泌, 促进作物生长, 提高作物产量和品质, 并能够提高作物对逆境的抵抗能力, 减轻不良环境对作物的胁迫等作用^[7-11]。稀土用于缓解 UV-B 辐射增强对作物影响的研究已有一些报道, 然而这些研究多采用植物幼苗作为试

收稿日期: 2012-12-30

基金项目: 国家自然科学基金 (31070395); 黑龙江省教育厅科研项目 (11551057); 黑龙江省博士后基金 (LBH-Z05086); 东北农业大学博士启动基金; 东北农业大学创新团队基金。

第一作者简介: 任红玉 (1974-), 女, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事农业生态、气象生态研究。E-mail: renhongyu@163.com。

通讯作者: 张兴文 (1972-), 男, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事稀土化学及应用技术研究。E-mail: zhxxwhit@yahoo.cn。

验材料进行短期研究,而对作物成熟期的研究相对较少。因此,本研究在 UV-B 辐射增强条件下,对大豆苗期、开花期、苗期和开花期分别喷施不同浓度的 LaCl_3 溶液,以收获后的大豆籽粒为研究对象,通过考察稀土镧对大豆籽粒中蛋白质含量、脂肪含量和蛋脂总量的影响,筛选出稀土镧喷施的最佳时期与最佳浓度,以期减轻 UV-B 辐射增强对大豆的伤害、改进大豆品质提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2009 年在东北农业大学园艺实验站进行。大豆品种为东农 47(东北农业大学大豆研究所提供),采用盆栽法,盆高 30 cm,上口直径 35 cm,下口直径 25 cm。每盆装土 17.5 kg。试验用土取自东北农业大学园艺实验站黑土,有机质 4.60%,全氮 0.16%,全磷 0.05%,缓效钾 $613.76 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,碱解氮 $196.45 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷 $120.91 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾 $170.92 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,土壤 pH6.63。

分别在大豆苗期(6月16日)、开花期(7月5日)、苗期和开花期用浓度为 20,30,40,50,60 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 LaCl_3 溶液均匀喷洒于大豆全部叶片表面,以滴液为限。喷施 48 h 后各处理增加 UV-B 辐射处理。对照 CK1 为自然光条件下喷施等量蒸馏水处理,对照 CK2 为模拟 UV-B 辐射增强条件下喷施等量蒸馏水处理。试验采用北京电光源研究所制造的紫外灯(UV-B,光谱为 313 nm)悬挂于植株上方 60 cm,用 5 支平行的 40 W 灯管作为 UV-B 辐射光源,相当于哈尔滨地区在自然条件下 UV-B 强度增加 12.80%,

3 次重复。灯管随植株高度增加及时调节。UV-B 辐射处理每天照射时间为 7:00 ~ 17:00(雨天除外)。每盆定苗 4 株,常规管理。试验于 2009 年 5 月 4 日播种,9 月 14 日收获。

1.2 测定项目与方法

取收获后晾干的大豆籽粒,采用丹麦 FOSS 分析仪器公司 Infratec Grain Analyser 1241 近红外谷物分析仪测定大豆蛋白质和脂肪含量。

1.3 数据分析

采用 Excel 2003 进行原始数据处理,SPSS 17.0 进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 苗期喷施 LaCl_3 对大豆品质的影响

如表 1 所示,CK2 与 CK1 相比,大豆蛋白质含量增加了 2.93%,脂肪含量降低了 0.14%,蛋脂总量增加了 1.86%。在 UV-B 辐射增强条件下,不同浓度 LaCl_3 溶液处理的大豆蛋白质含量和蛋脂总量均低于 CK2,脂肪含量高于 CK2。其中 La3 处理下,蛋白质含量(39.33%)和蛋脂总量(62.13%)最低,较 CK2 分别显著降低了 6.65% 和 3.07%;脂肪含量(22.80%)最高,较 CK2 显著增加 3.78%。说明在大豆苗期增加 UV-B 辐射,大豆籽粒中蛋白质含量和蛋脂总量均高于自然光照条件。喷施 LaCl_3 反而引起蛋白质和蛋脂总量降低,脂肪含量增加。其中喷施 30 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ LaCl_3 作用效果最为显著。由此可见,苗期增加 UV-B 辐射,大豆幼苗为保证正常生长发育而产生适应性生理反应,表现在蛋白质含量增加,脂肪含量降低,而喷施 LaCl_3 能够消减这种作用。

表 1 苗期喷施 LaCl_3 对大豆品质的影响

Table 1 Effect of spraying LaCl_3 at seedling stage on the quality of soybean

处理 Treatment	蛋白质含量 Protein content/%	脂肪含量 Fat content/%	蛋白质 + 脂肪 Protein and fat content/%
CK1	40.93 ab	22.00 b	62.93 ab
CK2	42.13 a	21.97 b	64.10 a
La2	41.40 ab	22.07 b	63.47 ab
La3	39.33 b	22.80 a	62.13 b
La4	41.20 ab	22.47 ab	63.67 ab
La5	41.97 a	22.07 b	64.04 a
La6	41.27 ab	22.40 ab	63.67 ab

La2 ~ La6 分别代表 20,30,40,50,60 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ LaCl_3 , 平均值比较采用 Duncan 法测验,同列数值标以不同小写字母者差异达显著水平 ($P < 0.05$),下同。

La2-La6 denote the concentration of LaCl_3 are 20,30,40,50,60 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, respectively. Average comparison was adopt the Duncan's test, the values in the column followed by different lowercase letters indicate significantly different at 0.05 probability level. The same below.

2.2 开花期喷施 LaCl₃对大豆品质的影响

如表 2 所示,CK2 与 CK1 相比,大豆蛋白质含量降低了 1.63%、脂肪含量降低了 2.90%、蛋脂总量降低了 2.09%。在 UV-B 辐射增强条件下,不同浓度 LaCl₃溶液处理大豆蛋白质含量和蛋脂总量均高于 CK2;除 La4 处理外,其余各处理脂肪含量均高于 CK2,其中 La4 处理下,蛋白质含量(42.13%)和蛋脂总量(63.80%)最高,较 CK2 分别显著增加了

4.46% 和 2.24%;La4 处理脂肪含量(21.67%)最低,较 CK2 降低了 1.81%;La6 处理下,脂肪含量(22.40%)最高,较 CK2 增加 1.50%。说明开花期增强 UV-B 辐射条件下,大豆籽粒中蛋白质含量、脂肪含量和蛋脂总量均低于自然光条件,大豆品质降低。而喷施 LaCl₃溶液能显著提高大豆籽粒中蛋白质的含量和蛋脂总量,提高大豆品质,喷施 40 mg·L⁻¹ LaCl₃处理效果最好。

表 2 开花期喷施 LaCl₃对大豆品质的影响

Table 2 Effect of spraying LaCl₃ at bloom stage on the quality of soybean

处理 Treatment	蛋白质含量 Protein content/%	脂肪含量 Fat content/%	蛋白质 + 脂肪 Protein and fat content/%
CK1	41.00 ab	22.73 a	63.73 a
CK2	40.33 b	22.07 ab	62.40 a
La2	41.50 ab	22.23 ab	63.73 a
La3	41.17 ab	22.20 ab	63.37 a
La4	42.13 a	21.67 b	63.80 a
La5	40.97 ab	22.17 ab	63.14 a
La6	40.77 ab	22.40 ab	63.17 a

2.3 苗期和开花期喷施 LaCl₃对大豆品质的影响

如表 3 所示,CK2 与 CK1 相比,大豆蛋白质含量增加了 2.84%,脂肪含量降低了 0.63%,蛋脂总量增加了 1.63%。在 UV-B 辐射增强条件下,La6 处理的大豆蛋白质含量(42.57%)最高,较 CK2 增加 0.64%。其它各浓度处理蛋白质含量均低于 CK2,其中 La2 处理蛋白质含量(40.43%)最低,较 CK2 显著降低 4.42%;脂肪含量(22.03%)最高,较 CK2 增加了 0.46%。其余不同浓度 LaCl₃溶液处理,大豆脂肪含量均低于 CK2,其中在 La6 处理下,脂肪含量(21.30%)最低,较 CK2 显著降低 2.87%。各浓度 LaCl₃处理下,大豆蛋脂总量均低于 CK2,其中在 La2 处理下,大豆蛋脂总量(62.46%)最低,较

CK2 降低 2.76%。在 UV-B 辐射增强条件下,苗期和开花期均喷施不同浓度 LaCl₃溶液处理下,蛋白质含量和蛋脂总量随着喷施浓度的增加而增加,脂肪含量则随着喷施浓度的增加逐渐降低。喷施 60 mg·L⁻¹ LaCl₃溶液,大豆蛋白质含量和蛋脂总量最高。说明在连续增强 UV-B 辐射的条件下,高浓度的 LaCl₃溶液处理对于减轻 UV-B 辐射对大豆的伤害起到更好的效果,而在低浓度 LaCl₃溶液处理下大豆籽粒蛋白质含量降幅较大,这可能是由于 UV-B 辐射对作物的伤害程度大大超过了 LaCl₃溶液的作用范围,致使收获后籽粒中蛋白质含量降低。在 UV-B 辐射增强的条件下,苗期和开花期各喷施 60 mg·L⁻¹ LaCl₃对改善大豆品质作用最好。

表 3 苗期和开花期两次喷施 LaCl₃对大豆品质的影响

Table 3 Effect of spraying LaCl₃ at seedling and bloom stage on quality of soybean

处理 Treatment	蛋白质含量 Protein content/%	脂肪含量 Fat content/%	蛋白质 + 脂肪 Protein and fat content/%
CK1	41.13 ab	22.07 a	63.20 abc
CK2	42.30 a	21.93 a	64.23 a
La2	40.43 b	22.03 a	62.46 c
La3	40.80 b	21.87 ab	62.67 bc
La4	41.57 ab	21.63 ab	63.20 abc
La5	41.68 ab	21.53 ab	63.21 abc
La6	42.57 a	21.30 b	63.87 ab

3 结 论

与自然光相比,在苗期、苗期和开花期分别增加 UV-B 辐射都有利于促进大豆蛋白质和蛋脂总量

的增加,同时降低了脂肪的含量;但在开花期增加 UV-B 辐射对改善大豆品质最不利。

在增加 UV-B 辐射条件下,苗期喷施不同浓度 LaCl₃溶液都不利于大豆蛋白质含量的提高。开花

期喷施 $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{LaCl}_3$ 溶液时,蛋白质含量最高,较 CK2 显著增加了 4.46%。苗期和开花期均喷施 $60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{LaCl}_3$ 溶液处理,收获后大豆籽粒中蛋白质含量最高,较 CK2 增加 0.64%。

综上所述,在 UV-B 辐射增强条件下,大豆开花期喷施 $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{LaCl}_3$ 溶液对提高大豆品质效果最好,而且镧与 UV-B 辐射的复合作用对大豆东农 47 蛋白质含量的影响大于对脂肪含量的影响。

参考文献

- [1] 张富存,何雨红,郑有飞,等. UV-B 辐射增加对小麦的影响[J]. 南京气象学院报,2003,26(4):545-551. (Zhang F C, He Y H, Zheng Y F, et al. Effect of enhanced UV-B radiation on wheat[J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology, 2003, 26(4):545-551.)
- [2] 陈建军,祖艳群,陈海燕,等. UV-B 辐射增强对 20 个大豆品种生长与生物量分配的影响[J]. 农业环境科学学报,2004,23(1):29-33. (Chen J J, Zu Y Q, Chen H Y, et al. Influence of enhanced UV-B radiation on growth and biomass allocation of twenty soybean cultivars[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2004, 23(1):29-33.)
- [3] 李慎宁,段江燕. 增强的 UV-B 辐射对作物的影响[J]. 农业与技术,2008,28(1):26-28. (Li S N, Duan J Y. Influence of enhanced UV-B radiation on crops[J]. Agriculture & Technology, 2008, 28(1):26-28.)
- [4] 周洁,张霁,郭兰萍. 稀土元素镧对黄花蒿光合作用及青蒿素积累的影响[J]. 中国草药,2010(8):1371-1374. (Zhou J, Zhang Q, Guo L P. Effects of lanthanum on leaf photosynthesis and artemisinin accumulation in *Artemisia annua* [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2010(8):1371-1374.)
- [5] 陆晓民,盛伟,杨吉. 模拟酸雨下氯化镧处理对小麦发芽及幼苗生长的影响[J]. 核农学报,2008,22(6):851-855. (Lu X M, Sheng W, Yang J. Effects of LaCl_3 treatment on wheat seed germination and seedling growth under simulated acid rain condition [J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 2008, 22(6):851-855.)
- [6] 张杰,刘登义,黄永杰,等. 镧浸种对水稻种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 生态学杂志,2005,24(8):893-896. (Zhang J, Liu D Y, Huang Y J, et al. Effects of seed soaking with La^{3+} on seed germination and seedling growth of rice [J]. Functional Ecology, 2005, 24(8):893-896.)
- [7] 周青,张辉,黄晓华,等. 镧对镉胁迫下菜豆(*Phaseolus vulgaris*)幼苗生长的影响[J]. 环境科学,2003,24(4):48-53. (Zhou Q, Zhang H, Huang X H, et al. Effects of La on the growth of kidney bean seedling under Cd stress [J]. Environmental Science, 2003, 24(4):48-53.)
- [8] 徐健,李国辉,谢祖彬,等. 硝酸镧对香蕉幼苗两个抗寒生理指标的影响[J]. 广西植物,2002,22(3):268-272. (Xu J, Li G H, Xie Z B, et al. Effect of $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ on the POD activity and relative conductivity of leaves in banana seedlings under chilling condition [J]. Guihaia, 2002, 22(3):268-272.)
- [9] 曾青,朱建国,谢祖彬,等. 镧对油菜抗病性相关酶活性的影响[J]. 中国稀土学报,2003,21(3):231-233. (Zeng Q, Zhu J G, Xie Z B, et al. Effect of lanthanum on disease-resistance-related enzymes of rape [J]. Journal of the Chinese Rare Earth Society, 2003, 21(3):231-233.)
- [10] Farooq M, Shankar U, Ray R S, et al. Morphological and metabolic alterations in duckweed (*Spirodela polyrrhiza*) on long-term low-level chronic UV-B exposure ecotoxicology and environmental safety [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2005, 62:408-414.
- [11] Frohnmeyer H, Staiger D. Ultraviolet-B radiation-mediated responses in plants: Balancing damage and protection [J]. Plant Physiology, 2003, 133:1420-1428.
- [12] Farooq M, Shankar U, Ray R S, et al. Morphological and metabolic alterations in duckweed (*Spirodela polyrrhiza*) on long-term low-level chronic UV-B exposure ecotoxicology and environmental safety [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2005, 62:408-414.
- [13] Farooq M, Shankar U, Ray R S, et al. Morphological and metabolic alterations in duckweed (*Spirodela polyrrhiza*) on long-term low-level chronic UV-B exposure ecotoxicology and environmental safety [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2005, 62:408-414.
- [14] Farooq M, Shankar U, Ray R S, et al. Morphological and metabolic alterations in duckweed (*Spirodela polyrrhiza*) on long-term low-level chronic UV-B exposure ecotoxicology and environmental safety [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2005, 62:408-414.
- [15] Farooq M, Shankar U, Ray R S, et al. Morphological and metabolic alterations in duckweed (*Spirodela polyrrhiza*) on long-term low-level chronic UV-B exposure ecotoxicology and environmental safety [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2005, 62:408-414.
- [16] Farooq M, Shankar U, Ray R S, et al. Morphological and metabolic alterations in duckweed (*Spirodela polyrrhiza*) on long-term low-level chronic UV-B exposure ecotoxicology and environmental safety [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2005, 62:408-414.
- [17] Farooq M, Shankar U, Ray R S, et al. Morphological and metabolic alterations in duckweed (*Spirodela polyrrhiza*) on long-term low-level chronic UV-B exposure ecotoxicology and environmental safety [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2005, 62:408-414.
- [18] Farooq M, Shankar U, Ray R S, et al. Morphological and metabolic alterations in duckweed (*Spirodela polyrrhiza*) on long-term low-level chronic UV-B exposure ecotoxicology and environmental safety [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2005, 62:408-414.
- [19] 孔照胜,武云帅,岳爱琴,等. 不同大豆品种抗旱性生理指标综合分析[J]. 华北农学报,2001,16(3):40-45. (Kong Z S, Wu Y S, Yue A Q, et al. Comprehensive analysis of physiological indexes for drought resistance in different soybean varieties [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2001, 16(3):40-45.)
- [20] 王建程,严昌荣,卜玉山. 不同水分与养分水平对玉米叶绿素荧光特性的影响[J]. 中国农业气象,2005,26(2):95-98. (Wang J C, Yan C R, Bu Y S. Effects of vary soil moisture and fertility levels on chlorophyll fluorescence characteristics in maize [J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2005, 26(2):95-98.)
- [21] 孙海峰,战勇,魏凌基,等. 开花期干旱对大豆叶绿素荧光参数的影响[J]. 干旱地区农业研究,2008,26(2):61-64. (Sun H F, Zhan Y, Wei L J, et al. Effects of drought on chlorophyll fluorescence parameter in flowering of soybean [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2008, 26(2):61-64.)
- [22] Hughes N M, Morley C B, Smith W K. Coordination of anthocyanin decline and photosynthetic maturation in juvenile leaves of three deciduous tree species [J]. New Phytologist, 2007, 175:675-685.
- [23] 赵燕燕. 鸢尾属几种植物的抗旱性研究[D]. 南京:南京林业大学,2006:25-27. (Zhao Y Y. Studies on the drought resistance of some species *Iris* L. [D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2006:25-27.)
- [24] 徐迎春,张佳宝,蒋其鳌,等. 水分胁迫对忍冬生长及金银花质量的影响[J]. 中药材,2006,29(5):420-422. (Xu Y C, Zhang J B, Jiang Q A, et al. Effects of water stress on the growth of *Lonicera japonica* and quality of honeysuckle [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2006, 29(5):420-422.)
- [25] Colom M R, Vazza A C. Photosynthesis and PS II functionality of drought-resistant and drought sensitive weeping lovegrass plants [J]. Environmental and Experimental Botany, 2003, 49:135-144.
- [26] 冯建灿,胡秀丽,毛训甲. 叶绿素荧光动力学在研究植物逆境生理中的应用[J]. 经济林研究,2002,20(4):14-18. (Feng J C, Hu X L, Mao X J. Application of chlorophyll fluorescence dynamics to plant physiology in adverse circumstance [J]. Economic Forest Researches, 2002, 20(4):14-18.)

(上接第 344 页)