

宰学明,郝姗姗,邵志广,等. 摩西球囊霉对 NaCl 胁迫下竹柳苗叶绿素含量和荧光参数的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(8):175-178.

# 摩西球囊霉对 NaCl 胁迫下竹柳苗叶绿素含量和荧光参数的影响

宰学明<sup>1</sup>, 郝姗姗<sup>1</sup>, 邵志广<sup>2</sup>, 郝振萍<sup>1</sup>

(1. 金陵科技学院园艺学院, 江苏南京 210038; 2. 镇江高等专科学校, 江苏镇江 212000)

**摘要:**以接种摩西球囊霉(*Glomus mosseae*)的竹柳幼苗为试材,研究了摩西球囊霉对 NaCl 胁迫下竹柳苗叶绿素含量和荧光参数的影响。结果表明,随 NaCl 胁迫时间延长,接种摩西球囊霉竹柳叶的叶绿素含量下降幅度显著低于未接种对照,叶绿素 a 含量和叶绿素 a/叶绿素 b 显著高于对照;叶绿素初始荧光( $F_0$ )的上升及最大荧光( $F_m$ )、可变荧光( $F_v$ )的下降受到抑制, $F_v/F_m$  尤其是  $F_v/F_0$  显著提高。表明摩西球囊霉的侵染有利于保护竹柳幼叶 PS II,增强其 PS II 在盐胁迫下的原初光能转化效率,可促进光合作用原初反应过程,进而促进光合作用,增强竹柳苗的耐盐性。

**关键词:**摩西球囊霉(*Glomus mosseae*);竹柳;NaCl 胁迫;叶绿素;叶绿素荧光参数

**中图分类号:** Q945.78 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)08-0175-03

竹柳为杨柳科柳属植物,是近年来引进的一个多元杂交的柳树新品种,因具有生长速度快、抗逆性强、木材用途多样等优良特性而备受关注<sup>[1-3]</sup>。竹柳苗有一定的耐盐性,重盐土对竹柳苗的生长具有显著的抑制作用<sup>[4-5]</sup>。生长抑制是植物对盐胁迫响应最敏感的生理过程,而生长的重要基础是光合作用<sup>[6-7]</sup>。植物活体叶绿素发出的荧光信号包含的光合作用信息十分丰富<sup>[8]</sup>。利用叶绿素荧光动力学特征鉴定植物耐盐性已有一些报道,并认为该项技术可以作为麦类作物耐盐品种筛选的指标<sup>[8-10]</sup>。

丛枝菌根真菌(arbuscular mycorrhizal fungi, AMF)侵染植物以后,能显著增强植物抗逆性<sup>[7,11]</sup>。盐胁迫条件下 AM 真菌对植物的接种效应报道较多,相关机制主要集中在 AM 真菌能够改善植物养分及水分的吸收<sup>[12]</sup>、减缓盐离子对植物的毒害<sup>[13]</sup>、强化植物的渗透调节作用<sup>[14]</sup>、刺激根系发育和改变根系形态<sup>[15]</sup>等方面。有关 AM 真菌对盐胁迫下植物光合效应及其机制的研究报道不多。预试验显示栽培竹柳能与土著 AM 真菌形成共生结构。但盐胁迫条件下 AM 真菌对竹柳苗接种效应及其机制的影响,至今尚未见报道。本试验以竹柳苗为试材,研究了 NaCl 胁迫下摩西球囊霉(*Glomus mosseae*)对植株叶片中叶绿素含量、叶绿素荧光参数变化的影响,以期作为竹柳苗在海滨滩涂上栽培推广提供基础材料。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与处理

取普通耕作土,添加 5% (质量分数,下同)草炭、1% 河沙和 0.5% 过磷酸钙改良,拍碎、混匀、过筛后作为栽培基质,

160 °C 高温灭菌 2 h 后装于直径 15 cm 的无菌新塑料盆中,盆底有孔,装基质前孔上垫 1 层滤纸,每盆装基质 400 g,均分 2 组备用。试验组(50 盆):将供试菌接种剂(BGCJX01, 1 285 个摩西球囊霉孢子/20 mL 菌剂)25 g 施入每盆内;对照组(50 盆):每盆施 25 g 灭菌接种物和 10 mL 不灭菌接种物的水滤液,以保持微生物区系一致性。基质基本成分:1.35% 有机质、48 mg/kg 速效氮、24.8 mg/kg 速效磷、148 mg/kg 速效钾,pH 值 7.2。

试验材料于 2011 年 3 月采自江苏森茂生态科技有限公司的竹柳苗木基地,剪取正常生长前年新生的半木质化枝条,采回后将其扦插在南京金陵科技学院幕府校区苗木繁育沙床上。在扦插苗生根生长 2 个月后,选取生长良好、外形近似的 500 株竹柳苗移栽于盛有上述处理基质的盆中(接种 250 盆,对照 250 盆)。

生长 1 个月后,从中挑选出 270 株长势基本一致(高度 30~40 cm)的竹柳植株分为 3 组分别进行盐胁迫处理。试验设 1.0% 土壤含盐(NaCl)量 2 组,其中一组(30 株)为菌根苗(记作 NaCl+摩西球囊霉),另一组(30 株)为未接种苗(记作 NaCl);以基质不加盐、未接种菌剂、浇自来水的处理为对照(30 株)(记作 Control),各处理重复 3 次。供试土壤含盐量按基质干重计。取一定量 NaCl 兑水至 3 000 mL,自移栽后 7 d 起的 21 d 内分 3 次均匀浇入,偶有溶液渗漏到托盘中,于 1 h 后返浇入盆。加盐后,根据盆中土壤含水状况,每隔 5~7 d 等量浇淡水 1 次,保持土壤湿度为田间持水量的 75%~80%。盐处理完毕后,每 3 d 浇 1 次 Hongland 营养液,每次每盆 500 mL,直至盐胁迫处理后 60 d 为止。

### 1.2 叶绿素含量与叶绿素荧光参数测定

处理后 15、45 d 时取倒数第 3~5 叶进行测定。叶绿素含量测定参照《现代植物生理学实验指南》<sup>[16]</sup>中的方法进行。叶片经暗适应 30 min 后,用英国 Hansatech 公司生产的 Plant Efficiency Analyser 测定暗适应下叶绿素的初始荧光( $F_0$ )、最大荧光产量( $F_m$ ),计算可变荧光  $F_v$  ( $F_v = F_m - F_0$ )、PS II 最大光化学效率( $F_v/F_m$ )和 PS II 潜在活性( $F_v/F_0$ ),每

收稿日期:2013-01-11

基金项目:江苏省科技支撑计划(编号:BE2012418);江苏省高等学校大学生实践创新训练计划(编号:2012JSSPITP2132);金陵科技学院教改项目(编号:2010JGXM-01-7)。

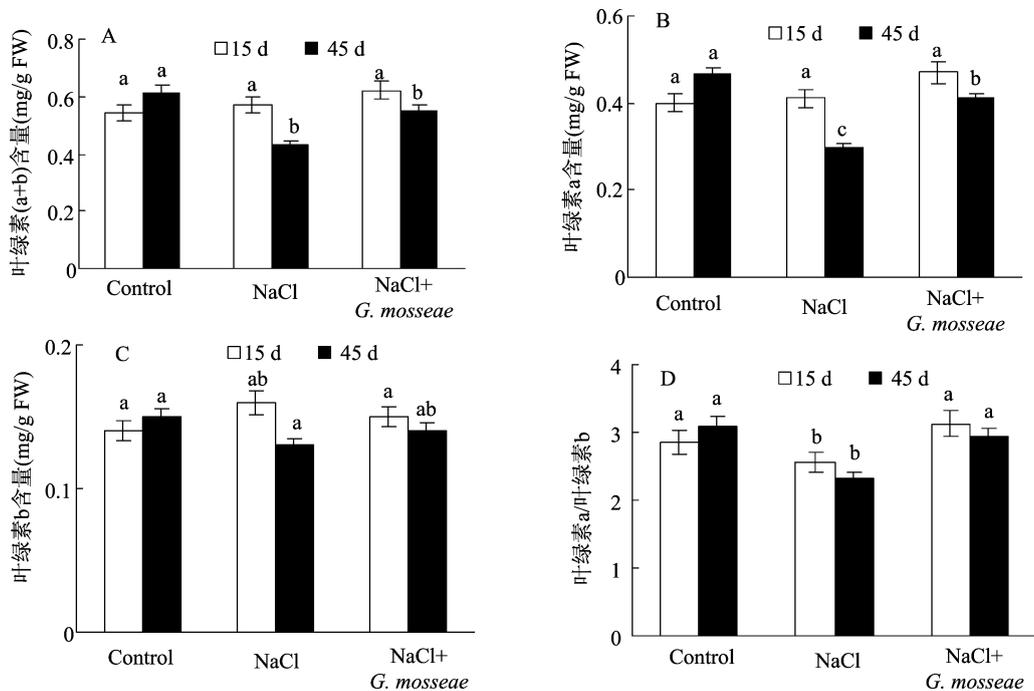
作者简介:宰学明(1968—),男,江苏仪征人,博士,副教授,研究方向为植物生理生态。E-mail:zai Xueming680825@yahoo.com.cn。

处理至少测 10 片叶。

## 2 结果与分析

### 2.1 摩西球囊霉对 NaCl 胁迫下竹柳叶绿素含量及叶绿素 a/叶绿素 b 的影响

处理后 15 d, NaCl 和 NaCl + 摩西球囊霉处理的叶绿素 (a + b) 含量均比 Control 高, 但 3 处理间无显著差异; 处理后 45 d, NaCl 和 NaCl + 摩西球囊霉处理的叶绿素 (a + b) 含量极显著低于 Control, 但 NaCl + 摩西球囊霉处理比 NaCl 处理的高 27.9% (图 1 - A)。NaCl 和 NaCl + 摩西球囊霉处理的叶绿素 a 含量和叶绿素 b 含量变化和叶绿素 (a + b) 相似, 处理后 15 d 比 Control 均略有上升, 无显著差异, 但至处理后 45 d



不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ); 图2同

图1 摩西球囊霉对NaCl胁迫下竹柳叶绿素含量及叶绿素a/叶绿素b的影响

### 2.2 摩西球囊霉对 NaCl 胁迫下竹柳叶绿素 $F_o$ 、 $F_m$ 、 $F_v$ 、 $F_v/F_m$ 、 $F_v/F_o$ 变化的影响

由图 2 - A 可见, 与 Control 相比, NaCl 无论处理后 15 d 还是 45 d, 竹柳的  $F_o$  均呈增大趋势, NaCl + 摩西球囊霉处理前期对  $F_o$  的增大具有一定程度抑制作用 (图 2 - A)。与 Control 和 NaCl + 摩西球囊霉处理相比, NaCl 处理 15 d 的  $F_m$  显著升高; 处理后 45 d, NaCl + 摩西球囊霉处理的  $F_m$  高于 NaCl 处理, 而与 Control 相近 (图 2 - B)。NaCl 处理竹柳的  $F_v$  随时间的延伸变化较大, 前期增大快, 后期减小也快; 但 NaCl + 摩西球囊霉处理的  $F_v$  变化平稳, 无论处理后 15 d 还是 45 d, 均与 Control 无显著差异, 而处理后 45 d 时与 NaCl 处理有显著差异 (图 2 - C)。

由图 2 - D 可见, 无论处理后 15 d 还是 45 d, NaCl 处理的  $F_v/F_m$  均显著低于 Control, 而 NaCl + 摩西球囊霉处理与 Control 无显著差异。NaCl 处理的  $F_v/F_o$  比  $F_v/F_m$  的变化大得多, 无论处理后 15 d 或 45 d, 其值均显著低于 Control; NaCl + 摩西球囊霉处理后 15 d,  $F_v/F_o$  显著高于 NaCl 处理, 与 Con-

时, NaCl 处理的叶绿素 a 含量显著低于 Control 和 NaCl + 摩西球囊霉处理, NaCl + 摩西球囊霉处理的叶绿素 a 含量比 Control 低 11.82%, 比 NaCl 处理高 36.67%; NaCl 胁迫下接种摩西球囊霉与否对竹柳叶绿素 b 含量的作用不显著, 处理后 45 d 时 NaCl 和 NaCl + 摩西球囊霉处理的叶绿素 b 含量均低于 Control 处理 (图 1 - B、图 1 - C)。由图 1 - D 可见, Control、NaCl 和 NaCl + 摩西球囊霉处理对竹柳叶绿素 a/叶绿素 b 的影响差异较大: 处理后 15 d, NaCl + 摩西球囊霉处理的叶绿素 a/叶绿素 b 显著大于 NaCl 处理, 而与对照无显著差异; 至处理后 45 d, 3 种处理的叶绿素 a/叶绿素 b 均下降, NaCl + 摩西球囊霉处理下降幅度显著低于 NaCl 处理, 与 Control 处理无显著差异。

无显著差异, 处理后 45 d 则显著低于 Control, 显著高于 NaCl 处理 (图 2 - E)。

## 3 讨论

丛枝菌根的形成能够提高宿主植物的光合作用, 增强宿主对逆境的抵抗能力<sup>[7,17]</sup>。本试验结果显示, 与未接种的竹柳苗相比, 接种摩西球囊霉的竹柳苗在 NaCl 胁迫下具有较高的叶绿素含量、叶绿素 a/叶绿素 b、 $F_m$ 、 $F_v$ 、 $F_v/F_o$  和  $F_v/F_m$ ; 同时摩西球囊霉接种对  $F_o$  的上升有一定程度的抑制作用。表明摩西球囊霉的侵染有利于改善 NaCl 胁迫下竹柳苗的光合性能, 增强竹柳苗的耐盐性。

叶绿素含量是反映植物光合速率的重要生理指标之一。丛枝菌根真菌能够提高竹柳幼苗叶片中叶绿素含量和叶绿素 a/叶绿素 b, 这与 Colla 等的研究结果<sup>[18-19]</sup>一致。Giri 等认为菌根的形成能够提高植物对磷和  $M^{2+}$  的吸收, 减少  $Na^+$  的吸收, 进而提高叶片中的叶绿素含量和叶绿素 a/叶绿素 b 的值<sup>[20]</sup>。

叶绿素荧光是光合作用的探针, 任何环境因子对光合作

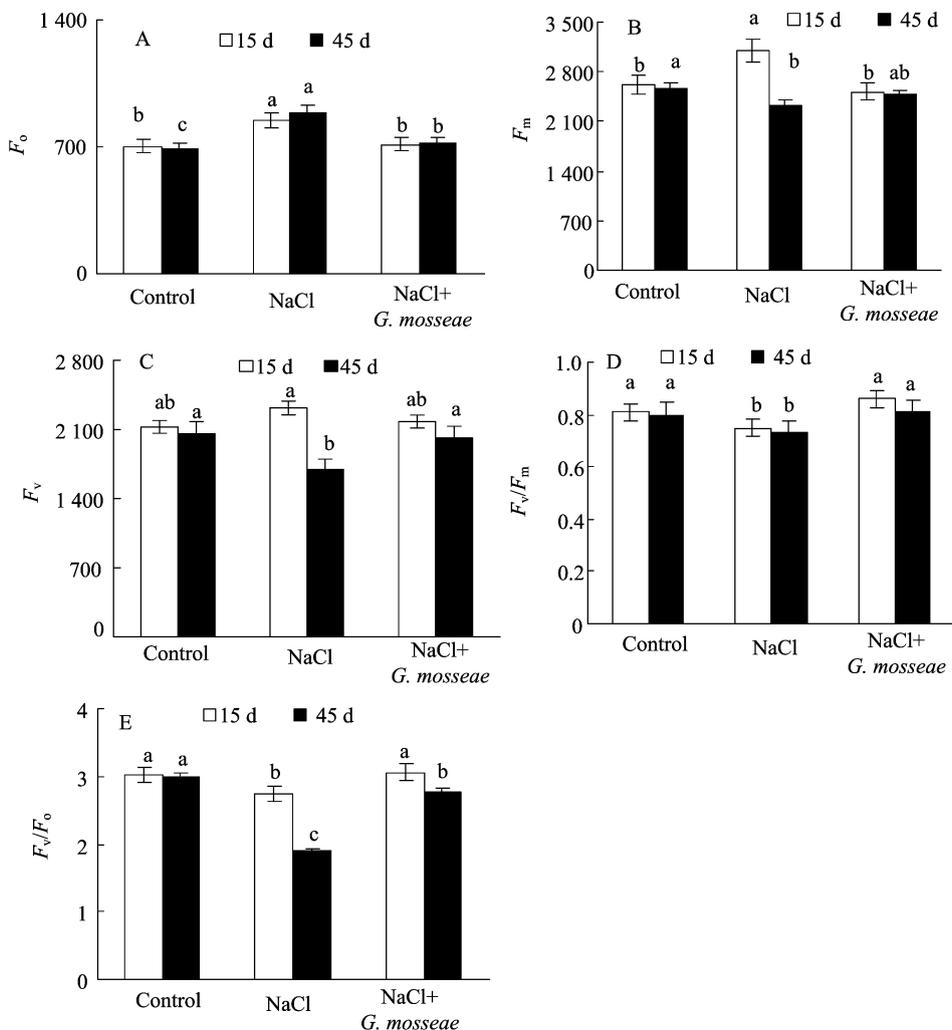


图2 摩西球囊霉对NaCl胁迫下竹柳叶绿素荧光参数的影响

用的影响都可以通过叶绿素荧光参数反映出来<sup>[21]</sup>。叶绿素  $F_v/F_m$ 、 $F_v/F_o$  分别反映了 *PS II* 反应中心内原初光能转化效率(即 *PS II* 最大光化学效率)和 *PS II* 潜在的光化学活性,是叶绿素荧光动力学的 2 个重要参数,一般认为,  $F_v/F_m$  在非逆境胁迫下变化极小,不受植物种或品种的影响,但在逆境胁迫下尤其在光抑制下变化明显<sup>[8-9,21]</sup>。本试验中,与未接种处理相比,菌根苗的  $F_v/F_m$  尤其是  $F_v/F_o$  显著提高,表明外源摩西球囊霉有利于保护竹柳苗的 *PS II*,增强其 *PS II* 在盐胁迫下的原初光能转化效率,促进光合作用原初反应过程,进而促进光合作用。

初始荧光( $F_o$ )的大小主要与 *PS II* 天线色素内最初激发子的密度、天线色素到 *PS II* 反应中心的激发能传递速率的结构状态及叶绿素含量有关<sup>[21]</sup>。本试验中,随着盐胁迫时间的延长,无论菌根竹柳苗还是未接种的竹柳苗,  $F_o$  均呈上升趋势,但是菌根苗的  $F_o$  上升幅度显著低于未接种的竹柳苗。环境胁迫因子导致的  $F_o$  上升意味着 *PS II* 反应中心结构或功能受损<sup>[21-22]</sup>。因此,本试验结果表明,1% NaCl 胁迫导致了菌根竹柳苗和未接种竹柳苗 *PS II* 反应中心结构或功能的受损,但这种损伤可以被 AM 共生结构调节。

#### 参考文献:

- [1] 陈烨丽,李 丽,白善军,等. 株行距对竹柳胸径影响的研究[J]. 农业科技通讯,2011(2):74-75.
- [2] 白善军,李玉娟,张 健,等. 沿海滩涂竹柳直插造林技术[J]. 现代农业科技,2010(13):241.
- [3] 薛崇响,贺文明,聂 怡,等. 竹柳材性、纤维质量及制浆性能的研究[J]. 中华纸业,30(15):60-63.
- [4] 王文成,郭艳超,李克晔,等. 盐胁迫对竹柳种苗形态及生理指标的影响[J]. 华北农学报,2011,26(增刊):143-146.
- [5] 朱继军,陈必胜,王玉勤,等. 苏柳、竹柳等速生能源柳引种研究[J]. 安徽农业科学,2012,40(29):14290-14291,14322.
- [6] Kanazawa S, Sano S, Koshiba T, et al. Changes in antioxidative enzymes in cucumber cotyledons during natural senescence; comparison with those during dark-induced senescence[J]. Plant Physiol, 2000,109(2):211-216.
- [7] Zai X M, Zhu S N, Qin P, et al. Effect of *Glomus mosseae* on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence parameters, and chloroplast ultrastructure of beach plum (*Prunus maritima*) under NaCl stress[J]. Photosynthetica, 2012, 50(3):323-328.

孟 丽,李德生,李海茹,等. 重金属镉对日本槲木叶绿素和保护酶活性的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(8):178-180.

# 重金属镉对日本槲木叶绿素和保护酶活性的影响

孟 丽<sup>1</sup>, 李德生<sup>1</sup>, 李海茹<sup>1</sup>, 吴 强<sup>2</sup>

(1. 天津理工大学环境科学与安全工程学院, 天津 300384; 2. 天津市宁河县林业局, 天津 300384)

**摘要:**以一年生日本无刺槲木为试验材料,采用气候室盆栽试验方法,研究了不同浓度 Cd<sup>2+</sup> 处理对日本槲木叶绿素含量和保护酶活性的影响。结果表明:叶绿素 a 含量随着 Cd<sup>2+</sup> 处理浓度的增加呈现先升高后下降的趋势,当 Cd<sup>2+</sup> 浓度为 5 mg/kg 时较对照显著增加 ( $P < 0.05$ );各浓度 Cd<sup>2+</sup> 处理的叶绿素 b 含量均低于对照组,但变化规律不明显;当 Cd<sup>2+</sup> 处理浓度达到 20 mg/kg 时,叶绿素总量、叶绿素 a、叶绿素 b 含量均低于对照,说明高浓度的 Cd<sup>2+</sup> 能够抑制日本槲木叶绿素的合成。过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性随着 Cd<sup>2+</sup> 处理浓度的增高呈现先增加后下降的趋势;当 Cd<sup>2+</sup> 浓度为 2~5 mg/kg 时,POD 活性与对照组相比有显著性差异 ( $P < 0.05$ )。随着 Cd<sup>2+</sup> 处理浓度的增大,丙二醛(MDA)累积量逐渐增大,但不同处理间未达到显著性差异。

**关键词:** Cd; 日本槲木; 叶绿素; 保护酶

**中图分类号:** X171.5    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1002-1302(2013)08-0178-03

随着工业、城市污染的加剧和农用化学物质种类、数量的增加,土壤重金属污染日益严重,并已成为当今环境科学研究的主要内容<sup>[1]</sup>。据统计,我国受重金属污染的耕地面积近

2 000 万 hm<sup>2</sup>,约占总耕地面积的 1/5,其中镉污染的耕地占 1.33 万 hm<sup>2</sup>,污染面积较大<sup>[2]</sup>。镉对植物有明显的毒害作用,易被植物体吸收,且当超过一定剂量时会抑制植物体正常代谢过程,从而阻碍植物的生长发育甚至导致植物死亡。研究表明,镉对植物生长发育会造成一系列影响,表现为生长迟缓、植株矮小、酶活性下降等<sup>[3-4]</sup>,此外还可以通过破坏叶绿体的结构而降低叶绿素的含量,影响植株的光合作用<sup>[5]</sup>。

目前对重金属生理效应的研究大多以蔬菜和大田作物等草本类植物为主<sup>[6-7]</sup>,关于木本蔬菜对重金属响应的研究报道较少。日本无刺槲木(*Arlia elata* var. *inermis*)作为代表性木本蔬菜资源之一,具有很高的药用和食用价值,因其生长迅

收稿日期:2013-01-12

基金项目:天津市科技支撑计划重点项目(编号:12AZCZDC00400);

天津市农业科技成果转化与推广项目(编号:0801160)。

作者简介:孟 丽(1987—),女,山东临沂人,硕士研究生,从事环境生态学的研究。E-mail:mengli.1987.lovely@163.com。

通信作者:李德生,博士,教授,硕士生导师,主要从事城市生态、农业环境保护和水文生态研究与教学工作。E-mail:deshli@tjut.edu.cn。

[8] 黄有总,张国平. 叶绿素荧光测定技术在麦类作物耐盐性鉴定中的应用[J]. 麦类作物学报,2004,24(3):114-116.

[9] 徐呈祥,刘友良,马艳萍. 硅对盐胁迫下库拉芦荻叶绿素荧光参数和叶绿体超微结构的影响[J]. 园艺学报,2007,34(4):979-984.

[10] Munns R, James R A, Sirault X R R, et al. New phenotyping methods for screening wheat and barley for beneficial responses to water deficit[J]. J Exp Bot, 2010, 61(13):3499-3507.

[11] Scagel C F. Changes in cutting composition during early stages of adventitious rooting of miniature rose altered by inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2004, 129(5):624-634.

[12] Eelin H, Kapoor R, Giri B. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress; a review[J]. Ann Bot, 2009, 104(7):1263-1280.

[13] 孙吉庆,刘润进,李 敏. 丛枝菌根真菌提高植物抗逆性的效应及其机制研究进展[J]. 植物生理学报,2012,48(9):845-852.

[14] 陆 爽,郭 欢,王绍明,等. 盐胁迫下 AM 真菌对紫花苜蓿生长及生理特征的影响[J]. 水土保持学报,2011,25(2):227-231.

[15] Sheng M, Tang M, Chen H, et al. Influence of arbuscular mycorrhizae on the root system of maize plants under salt stress[J]. Can J

Microbiol, 2009, 55(7):879-886.

[16] 中国科学院上海植物生理研究所,上海市植物生理学会. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京:科学出版社,1999.

[17] Sawers R J H, Gutjahr C, Paszkowski U. Cereal mycorrhiza: an ancient symbiosis in modern agriculture[J]. Trends Plant Sci, 2008, 13(2):93-97.

[18] Colla G, Roupael Y, Cardarelli M, et al. Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal in zucchini plants grown at low and high phosphorus concentration[J]. Biol Fertil Soils, 2008, 44(3):501-509.

[19] Sheng M, Tang M, Chen H, et al. Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress[J]. Mycorrhiza, 2008, 18(6/7):287-296.

[20] Giri B, Mukerji K G. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake[J]. Mycorrhiza, 2004, 14(5):307-312.

[21] Henriques F S. Leaf chlorophyll fluorescence; background and fundamentals for plant biologist[J]. Bot Rev, 2009, 75(3):249-270.

[22] Qin L Q, Li L, Bi C, et al. Damaging mechanisms of chilling- and salt stress to *Arachis hypogaea* L. leaves[J]. Photosynthetica, 2011, 49(1):37-42.