

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2018.03.008

印度梨形孢对墨西哥鼠尾草抗盐性的影响^①

汪云叶^{1,2}, 童虹宇^{1,2}, 周小雪^{1,2},
樊蓉¹, 汤绍虎^{1,2}

1. 西南大学 生命科学学院, 重庆 400715; 2. 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400715

摘要: 以墨西哥鼠尾草幼苗为材料, 接种印度梨形孢 30 d 后进行盐胁迫处理, 盐胁迫 7 d 后测定幼苗生长和生理指标。结果表明: 印度梨形孢能有效缓解盐胁迫伤害, 使墨西哥鼠尾草幼苗的株高、鲜质量、根数、根长和根系体积分别提高 15.31%, 55.81%, 48.04%, 35.01% 和 37.62%; 叶片 Pro 含量提高 28.30%, SOD, POD 和 CAT 活性分别提高 30.11%, 15.30% 和 9.08%, MDA 含量降低 30.43%。说明印度梨形孢能显著促进盐胁迫下墨西哥鼠尾草幼苗的生长, 明显缓解叶片氧化损伤, 显著提高 SOD 等保护酶活性, 从而增强幼苗的抗盐性。印度梨形孢在植物抗逆栽培中有重要的应用价值。

关键词: 墨西哥鼠尾草; 印度梨形孢; 盐胁迫; 抗盐性

中图分类号: Q949.777.6

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2018)03-0054-06

墨西哥鼠尾草 *Salvia leucantha* 属于唇形科 Labiatae 鼠尾草属 *Salvia* 草本植物, 栽培范围广泛, 在我国主要分布在云南、四川和西藏 3 省(自治区), 其中云南栽培数量最多^[1]。墨西哥鼠尾草适应性强, 耐瘠薄、耐干旱^[2]。花期较长, 每年 4—10 月可观赏到紫色花^[3]; 其挥发油溶液对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌等细菌有抑制作用^[4-5]; 地上部分还含有较多的有益化合物^[6-7]。

但墨西哥鼠尾草抗盐性较弱, 在中度和重度盐分土壤中不能进行正常的生长发育^[8]。近年来, 我国土壤盐渍化状况愈加严重^[9-10], 而印度梨形孢能提高植物抗盐、抗旱等抗逆能力^[11-12]。到目前为止, 国内外对墨西哥鼠尾草进行了一些研究^[13-17], 但未见印度梨形孢与其抗盐性关系的有关报道。本试验以墨西哥鼠尾草为材料, 研究印度梨形孢对盐胁迫下幼苗生长和生理特性的影响, 为墨西哥鼠尾草和其他植物的抗盐栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料为墨西哥鼠尾草 *Salvia leucantha* 幼苗, 购于重庆市北碚区花卉市场。印度梨形孢 *Piriformospora indica* 菌液由西南大学生命科学学院廖志华教授惠赠, 徐耀波讲师提供。

1.2 试验方法

1.2.1 墨西哥鼠尾草幼苗的预培养

将幼苗移栽到营养钵中, 置于光照培养室中培养。移栽基质为‘品氏托普’(PINDSTRUP)营养土(丹麦生产)。每 3 d 浇灌 Hoagland 营养液 1 次, 浇水保持营养土湿润。培养温度为(25±2)℃, 光照强度为

① 收稿日期: 2017-07-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(31370317); 重庆市林业重点科技攻关项目(渝林科研 2016-4)。

作者简介: 汪云叶(1992-), 女, 四川泸州人, 硕士研究生, 主要从事植物生理与分子生物学研究。

通信作者: 汤绍虎, 教授。

2 000 lx(12 h/d). 培养 1 周(生理上一致)后, 选取长势良好、大小基本一致的幼苗进行试验处理.

1.2.2 试验处理的设置

本试验设置以下 4 个处理:

① CC: 不接种印度梨形孢+正常处理; ② CP: 不接种印度梨形孢+盐胁迫处理; ③ PP: 接种印度梨形孢+盐胁迫处理; ④ PC: 接种印度梨形孢+正常处理. 每处理含 30 株幼苗.

1.2.3 接种与胁迫处理

接种前印度梨形孢菌株经活化培养. 接种时将幼苗拔出, 让根部蘸吸菌液($OD_{600} = 0.5$)1 min, 然后回植于营养钵中. 培养 30 d 后, 经检测确认印度梨形孢在幼苗根系成功定殖后, 再对有关处理的幼苗进行盐胁迫处理. 即: 直接向幼苗根部浇灌 250 mmol/L NaCl 溶液 50 mL(中度盐分), 正常处理浇等量自来水. 胁迫处理 7 d 后, 测定所有处理幼苗的生长和生理指标.

1.2.4 生长和生理指标测定

幼苗高度、根系长度等用直尺测定, 侧根直接计数, 幼苗鲜质量用电子天平称量, 根系体积用排水法测定. 幼苗丙二醛(MDA)、游离脯氨酸(Pro)含量及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性均以叶片为材料采用分光光度法^[18]测定. 每处理每指标重复测定 3~5 次.

1.2.5 数据统计与分析

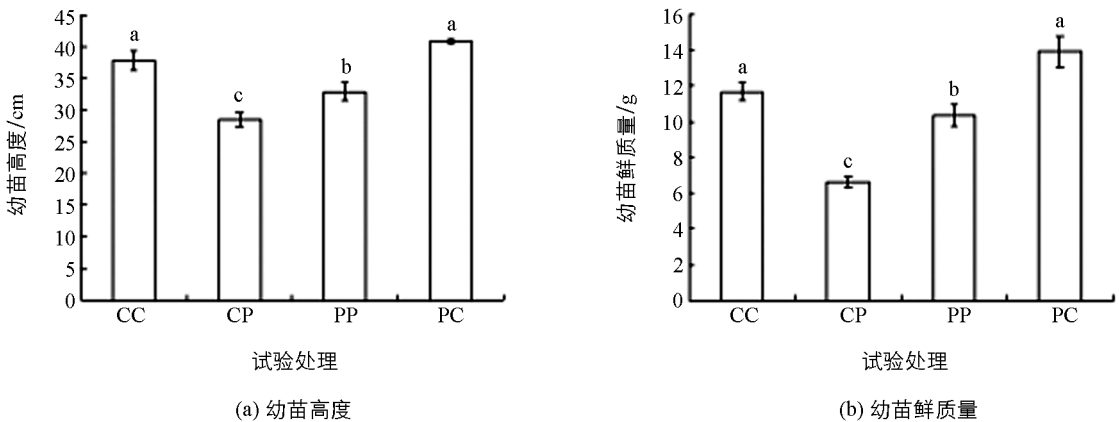
试验数据利用 SPSS 20.0 软件进行平均数统计和水平间差异性分析(Duncan's 新复极差法), 利用 Microsoft Excel 2017 软件对平均数和差异性作图.

2 结果与分析

2.1 不同处理对墨西哥鼠尾草幼苗高度和鲜质量的影响

由图 1(a)可知, CP 处理的幼苗高度比 CC 处理(37.83 cm)降低了 24.72%, 二者间差异具有统计学意义($p \leq 0.05$); PP 比 CP 处理的幼苗高度提高了 15.31%, 二者间差异具有统计学意义; PC 比 CC 处理的幼苗高度提高了 7.93%, 但相互间差异不具有统计学意义($p > 0.05$). 试验结果表明, 盐胁迫能显著抑制墨西哥鼠尾草幼苗的生长; 印度梨形孢可以显著缓解盐胁迫伤害; 一般条件下接种印度梨形孢对墨西哥鼠尾草的幼苗高度无显著影响.

由图 1(b)可知, 不同处理幼苗鲜质量的变化趋势和相互间的差异与幼苗高度(图 1-a)相同. 其中, PP 处理的幼苗鲜质量比 CP 处理提高了 55.81%.



CC: 不接种印度梨形孢+正常处理; CP: 不接种印度梨形孢+盐胁迫处理; PP: 接种印度梨形孢+盐胁迫处理; PC: 接种印度梨形孢+正常处理. 下同.

图 1 不同处理对墨西哥鼠尾草幼苗高度(a)和鲜质量(b)的影响

2.2 不同处理对墨西哥鼠尾草幼苗根数、根长和根系体积的影响

由图 2(a)可知, CP 处理的幼苗侧根数量比 CC 处理(12.67 条)降低了 41.83%, 二者间差异具有统计学意义; PP 比 CP 处理的幼苗根数提高了 48.04%, 二者间差异具有统计学意义; PC 比 CC 处理的幼苗根

数提高了 31.57%，但二者间差异不具有统计学意义。结果表明，盐胁迫显著抑制墨西哥鼠尾草幼苗根系的发育；印度梨形孢可以显著缓解盐胁迫的伤害；通常条件下对墨西哥鼠尾草幼苗接种印度梨形孢，对其根系的发育没有显著影响。

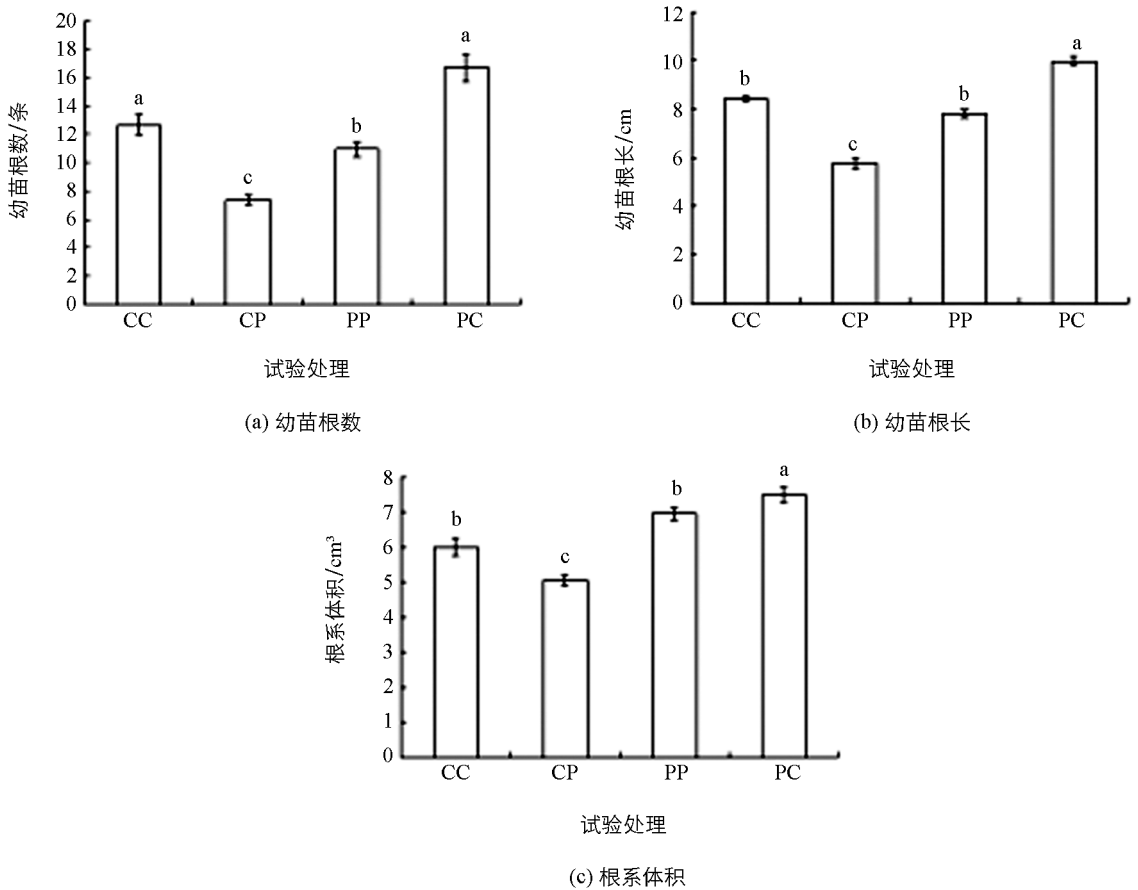


图2 不同处理对墨西哥鼠尾草幼苗根数(a)、根长(b)和根系体积(c)的影响

由图 2(b)可知，CP 处理的幼苗主根长度比 CC 处理(8.4 cm)降低了 31.31%，二者间差异具有统计学意义；PP 比 CP 处理的幼苗根长提高了 35.01%，二者间差异具有统计学意义；PC 比 CC 处理的幼苗根长提高了 18.45%，二者间差异具有统计学意义。结果表明，盐胁迫能显著抑制墨西哥鼠尾草幼苗根系的生长；印度梨形孢可以显著缓解盐胁迫的伤害；在通常条件下接种印度梨形孢，能显著促进墨西哥鼠尾草幼苗根系的生长。

由图 2(c)可知，不同处理根系体积的变化趋势及相互间的差异与幼苗根长图 2(b)相同。其中，PP 处理的根系体积比 CP 处理提高了 37.62%。

2.3 不同处理对墨西哥鼠尾草幼苗 MDA 和 Pro 含量的影响

由图 3(a)可知，CP 处理的幼苗 MDA 含量比 CC 处理($0.52 \mu\text{mol/g}$)提高了 32.69%，二者间差异具有统计学意义；PP 比 CP 处理的 MDA 含量降低了 30.43%，二者间差异具有统计学意义；PC 比 CC 处理的 MDA 含量降低了 9.62%，但二者间差异不具有统计学意义。结果表明，盐胁迫能显著促进墨西哥鼠尾草幼苗叶片细胞的膜脂过氧化，使叶片 MDA 含量显著提高；印度梨形孢可有效缓解盐胁迫造成的氧化损伤，显著降低叶片 MDA 含量；一般条件下接种印度梨形孢对降低墨西哥鼠尾草幼苗的膜脂过氧化作用无显著影响。

由图 3(b)可知，CP 处理的幼苗 Pro 含量比 CC 处理($35.76 \mu\text{g/g}$)降低了 5.43%，二者间差异不具有统计学意义；PP 比 CP 处理的 Pro 含量提高了 28.30%，二者间差异具有统计学意义；PC 比 CC 处理的 Pro 含量提高了 44.91%，二者间差异具有统计学意义。结果表明，盐胁迫对墨西哥鼠尾草幼苗的 Pro 含量无显著影响；印度梨形孢可显著提高盐胁迫下墨西哥鼠尾草幼苗 Pro 含量，提高幼苗的抗盐能力；在通常条件下接种印度梨形孢，能显著提高墨西哥鼠尾草幼苗的 Pro 含量，增强植株抗逆性。

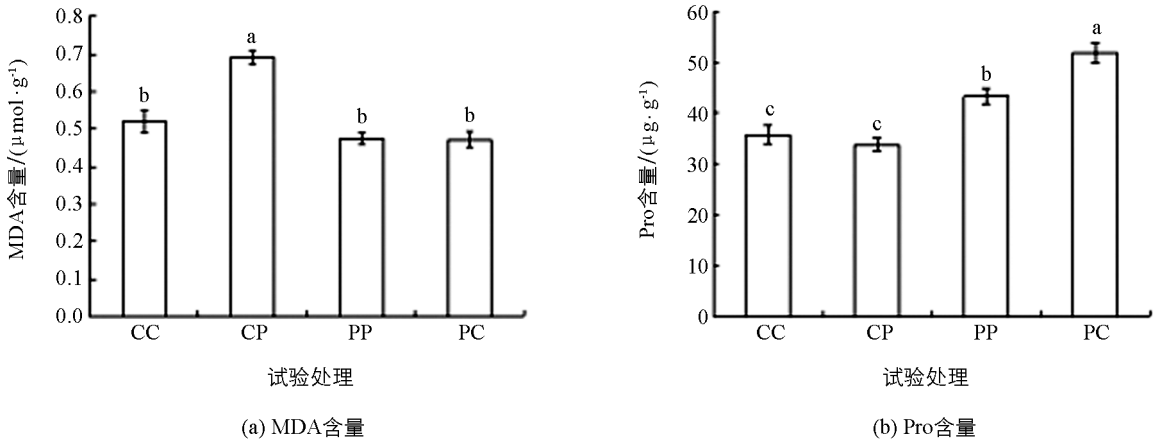


图 3 不同处理对墨西哥鼠尾草幼苗 MDA 含量(a)和 Pro 含量(b)的影响

2.4 不同处理对墨西哥鼠尾草幼苗 SOD, POD 和 CAT 活性的影响

由图 4(a)可知, CP 处理的幼苗 SOD 活性比 CC 处理($8.65 \text{ U}/(\text{g}\cdot\text{min})$)降低了 35.49%, 二者间差异具有统计学意义; PP 比 CP 处理的幼苗 SOD 活性提高了 30.11%, 二者间差异具有统计学意义; PC 比 CC 处理的幼苗 SOD 活性提高了 2.54%, 但二者间差异不具有统计学意义. 结果表明, 盐胁迫显著降低墨西哥鼠尾草幼苗 SOD 活性; 印度梨形孢可显著提高盐胁迫下墨西哥鼠尾草幼苗的 Pro 含量, 从而增强植株的抗盐性; 一般条件下接种印度梨形孢对墨西哥鼠尾草幼苗 SOD 活性的影响不显著.

由图 4(b)和图 4(c)可知, 不同处理幼苗 POD 和 CAT 活性的变化趋势及相互间的差异与幼苗 SOD 活性图 4(a)基本相同. 其中, PP 处理与 CP 处理相比, 幼苗 POD 活性提高了 15.30%, CAT 活性提高了 9.08%.

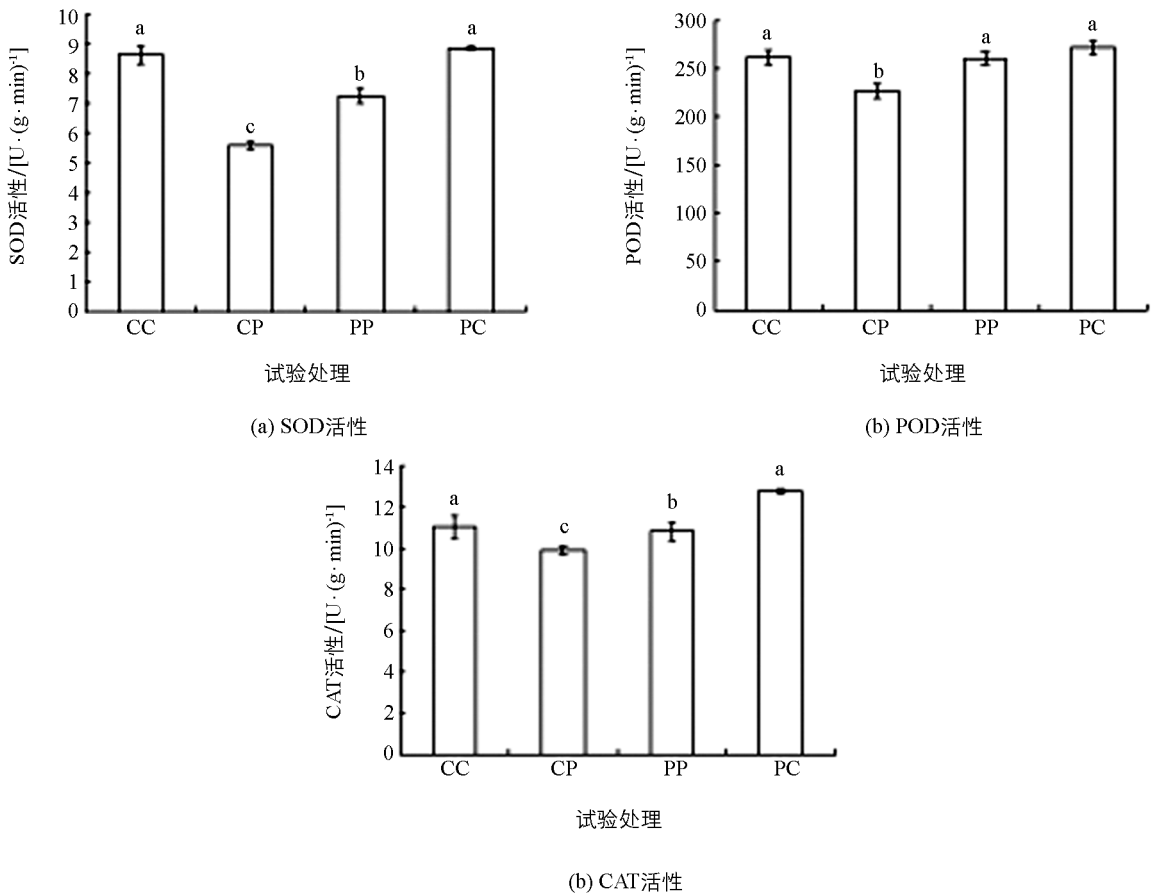


图 4 不同处理对墨西哥鼠尾草幼苗 SOD(a), POD(b)和 CAT 活性(c)的影响

3 讨 论

印度梨形孢以菌丝卷、分枝或圆形体的形式定殖于根部皮层细胞内和细胞间^[19],可以通过降低MDA含量、提高抗氧化酶(SOD,POD和CAT)活性、促进干旱相关基因表达和调节光合作用及类囊体CAS蛋白来增强白菜抗旱能力^[20].植物在盐胁迫条件下,SOD,POD,CAT和其他抗氧化物质能有效提高植物的耐盐性^[21].本试验结果与上述研究结论一致.

与对照相比,盐胁迫后墨西哥鼠尾草幼苗的株高、鲜质量、根长、根数和根体积显著降低,MDA含量显著升高,Pro含量以及SOD,POD和CAT活性都明显或显著下降.但接种印度梨形孢后结果相反,幼苗株高、鲜质量、根长、根数和根体积均显著升高,MDA含量显著降低,Pro含量及SOD,POD和CAT活性都显著提高,说明印度梨形孢真菌与墨西哥鼠尾草共生后促使保护酶活性提高,抗盐性增强.这与张文英等^[22]在研究印度梨形孢对于旱胁迫下紫花苜蓿生长及抗旱性的影响中所得的结论一致.在本试验中,接种印度梨形孢后,能有效提高盐胁迫下墨西哥鼠尾草的株高、鲜质量、根长、根数和根体积,使墨西哥鼠尾草的生长状况接近甚至好于正常水平,这与吴金丹等^[23]在水稻中的研究结果一致.

在本试验的基础上,关于印度梨形孢提高墨西哥鼠尾草抗盐性的生理和分子机制,需要从激素水平变化和基因表达与调控等方面进一步深入研究.

4 结 论

印度梨形孢能有效缓解盐胁迫造成的氧化损伤,显著促进盐胁迫下墨西哥鼠尾草幼苗的生长,显著降低幼苗MDA含量,显著提高幼苗Pro含量及SOD,POD和CAT活性,从而增强幼苗的抗盐性.印度梨形孢在植物抗盐等逆境栽培中具有重要的应用价值.

参考文献:

- [1] 魏宇昆,王琦,黄艳波.唇形科鼠尾草属的物种多样性与分布[J].生物多样性,2015,23(1):3-10.
- [2] 施光华,曹永琼,赵凤.昆明地区墨西哥鼠尾草的耐旱性探讨[J].林业调查规划,2016,41(1):101-104.
- [3] 徐慧,刘宝勇,钟汉冬.4种鼠尾草的生物学特性及在武汉地区的应用[J].中国园艺文摘,2011,27(2):72-73.
- [4] 王芳,李晓旭,高瑾,等.墨西哥鼠尾草挥发油的抗菌活性研究[J].西南林业大学学报,2015,35(5):92-96.
- [5] 王会利,邵婷婷,闫玉鑫,等.墨西哥鼠尾草与齿叶薰衣草挥发油化学成分比较[J].化学通报,2014,77(8):823-825.
- [6] YUTAKA A, KIRA Y, REIKO K, et al. Salvileucalin C, a Novel Rearranged Neoclerodane Diterpene from *Salvia leucantha* [J]. Tetrahedron Letters, 2011, 52(16): 1851-1853.
- [7] 蒋永俊,朱雅竹,李洪梅,等.墨西哥鼠尾草的化学成分研究[J].昆明理工大学学报(自然科学版),2015,40(4):78-83.
- [8] 刘梅影.墨西哥鼠尾草对土壤及水分条件的控制要求[J].大科技,2017(1):160-161.
- [9] 李建国,濮励杰,朱明,张润森.土壤盐渍化研究现状及未来研究热点[J].地理学报,2012,67(9):1233-1245.
- [10] 王佳丽,黄贤金,钟大洋,等.盐碱地可持续利用研究综述[J].地理学报,2011,66(5):673-684.
- [11] 李亮,武洪庆,马朝阳,等.印度梨形孢促进蒺藜苜蓿生长及其提高耐盐性研究[J].微生物学通报,2015,42(8):1492-1500.
- [12] 惠非琼,彭兵,楼兵干,等.印度梨形孢通过促进渗透调节物质的合成和诱导抗逆相关基因的表达提高烟草耐盐性[J].农业生物技术学报,2014,22(2):168-176.
- [13] WU Y B, NI Z Y, SHI Q W, et al. Constituents from *Salvia* Species and Their Biological Activities [J]. Chemical Review, 2012, 112(11): 5967-6026.
- [14] UPADHYAYA K, DIXIT V K, PADALIA R C, et al. Terpenoid Composition and Antioxidant Activity of Essential Oil from Leaves of *Salvia leucantha* Cav. [J]. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 2009, 12(5): 551-556.
- [15] TAKEYA K, AOYAGI Y, YAMAZAKI A, et al. Absolute Structures of Salvileucalin A and B from *Salvia leucantha*

Cav. [J]. *Planta Medica*, 2009, 75(9): 968–968.

- [16] AOYAGI Y, YAMAZAKI A, NAKATSUGAWA C, et al. Salvileucalin B, A Novel Diterpenoid with an Unprecedented Rearranged Neoclerodane Skeleton from *Salvia leucantha* Cav. [J]. *Organic Letters*, 2008, 10(20): 4429–4432.
- [17] NARUKAWA Y, HATANO K, TAKATA T, et al. A Novel Diterpenoid with a Rearranged Neoclerodane Skeleton from *Salvia leucantha* CAV. [J]. *Journal of Natural Medicines*, 2006, 60(3): 206–209.
- [18] 汤绍虎, 罗 充. 植物生理学实验教程 [M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 2014.
- [19] RAI M, VARMA A. Alscular Mycorrhiza-Like Biotechnological Po-Tential of *Piriformospora indica*, Which Promotes the Growth of Adhatoda Vasica Nees [J]. *Electronic Journal of Biotechnology*, 2005, 8(1): 107–112.
- [20] SUN C, JOHNSON J M, CAI D, et al. Piriformospora Indica Confers Drought Tolerance in Chinese Cabbage Leaves by Stimulating Antioxidant Enzymes, the Expression of Drought-Related Genes in Leaves [J]. *Journal of Plant Physiology*, 2010, 167(12): 1009–1017.
- [21] 彭 程. 盐胁迫对植物的影响及植物耐盐研究进展 [J]. *山东商业职业技术学院学报*, 2014, 14(2): 123–128.
- [22] 武美燕, 蒿若超, 张文英. 印度梨形孢真菌对干旱胁迫下紫花苜蓿生长及抗旱性的影响 [J]. *草业学报*, 2016, 25(5): 78–86.
- [23] 吴金丹, 陈 乾, 刘晓曦, 等. 印度梨形孢对水稻的促生作用及其机理的初探 [J]. *中国水稻科学*, 2015, 29(2): 200–207.

Effect of *Piriformospora indica* on Salt Resistance of *Salvia leucantha* Seedlings

WANG Yun-ye^{1,2}, TONG Hong-yu^{1,2}, ZHOU Xiao-xue^{1,2},
FAN Rong¹, TANG Shao-hu^{1,2}

1. School of Life Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Key Laboratory of Eco-Environments in Three Gorges Reservoir Region, Ministry of Education, Chongqing 400715, China

Abstract: *Salvia leucantha* Seedlings are used as materials. Salt stress treatment was carried out after inoculation with 30 d of *Piriformospora indica*, and Seedling growth and physiological indexes were measured after 7 d of salt stress. The results showed that *Piriformospora indica* could effectively alleviate salt stress injury, and the plant height, fresh weight, root number, root length and root volume of *Salvia leucantha* seedlings were increased by 15.31%, 55.81%, 48.04%, 35.01% and 37.62%, respectively; The content of Pro in leaves increased by 28.30%, and the activities of SOD, POD and CAT increased by 30.11%, 15.30% and 9.08%, respectively, and the content of MDA decreased by 30.43%. The results showed that *Piriformospora indica* could significantly promote the growth of *Salvia leucantha* seedlings under salt stress, significantly alleviate oxidative damage of leaves, and significantly increase the protective enzyme activities such as SOD, thereby enhancing the salt resistance of seedlings. It has important application value in plant stress resistance cultivation.

Key words: *Salvia leucantha*; *Piriformospora indica*; salt stress; salt resistance

