

doi:10.11937/bfyy.20171005

施用水杨酸配合接种菌根 改善黄瓜抗低温的效应

庄福金, 陈 可, 李 敏

(青岛农业大学 菌根生物技术研究所, 山东 青岛 266109)

摘 要:以黄瓜品种“津优 35”为试材,播种时采用接种和不接种丛枝菌根真菌(AMF)地表球囊霉(*Glomus versiforme*)以及幼苗期喷施不同浓度(0、0.50、0.75、1.00、1.25、1.50 mmol·L⁻¹)水杨酸(salicylic acid, SA),并进行低温(昼夜温度为 12℃/5℃)胁迫的处理方法,研究了不同处理对黄瓜植株耐寒性的影响。结果表明:与不接种的相比,低温胁迫下相同 SA 浓度处理下接种地表球囊霉显著提高了黄瓜根系的活力、叶片叶绿素含量、可溶性糖含量和可溶性蛋白质含量;降低叶片丙二醛(MDA)含量和细胞膜透性。其中,以施加外源 SA 浓度 1.00 mmol·L⁻¹配合接种地表球囊霉提高黄瓜抗低温的效果最佳。可知 SA 与 AMF 处理具有改善冬季保护地黄瓜生长的潜力。

关键词:水杨酸;丛枝菌根真菌;黄瓜;低温胁迫;抗低温

中图分类号:Q 943;S 642.205⁺.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)20-0007-05

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)是我国日光温室栽培最重要的蔬菜之一,由于北方温室以越冬栽培为主,在冬季经常遭遇连阴天或者雨雪天而发生低温冷害。目前主要依靠选育耐低温品种、改善栽培环境措施和施用外源物质以提高黄瓜抗冷冻性。

新型激素水杨酸(salicylic acid, SA)是一种重要的响应逆境反应的胞内信号转导分子,具有改善植物抗逆性的作用^[1-3]。研究表明,适当浓度的外源 SA 可减缓水稻苗的电解质渗出,降低丙

二醛(MDA)含量和超氧阴离子产生速率^[4]。低温胁迫前用水杨酸预处理黄瓜苗,不仅减轻了低温弱光胁迫对黄瓜苗光合机构的损伤程度,且 1 mmol·L⁻¹水杨酸处理效果最好^[5]。此外,接种丛枝菌根真菌(arbuscular mycorrhizal fungi, AMF)则具有促进植物生理代谢、改善植株生长发育状况和增强植物抗逆性的效应^[6-7]。低温胁迫下接种 AMF 能增加番茄叶绿素、可溶性糖和可溶性蛋白质含量^[8]、提高黄瓜苗生长量、增强叶片抗氧化系统和抗冷性^[9]。AMF 定殖侵染可诱导植株合成 SA^[10],而施加外源 SA 能在一定程度上抑制 AMF 的侵染^[11],表明 AMF 与 SA 之间存在一定相互作用。施加外源 SA 配合接种 AMF 可显著增加草莓植株的耐盐性^[12]。表明 SA 与 AMF 具有协同提高植物抗逆性的作用。采用 SA 与 AMF 共同处理能否改善黄瓜植株的耐寒性值得探究,这无论是在理论上还是生产实践中均具有重要的价值。该试验旨在探索施加外源 SA 与接种 AMF 对黄瓜耐冷性的影响,为 SA 和 AMF 在低温季节黄瓜工厂化育苗和设施黄瓜生产上的应用提供参考依据。

第一作者简介:庄福金(1965-),男,山东龙口人,本科,副研究员,研究方向为药物与植物互作。E-mail:zjf178@163.com.

责任作者:李敏(1964-),女,山东龙口人,博士,教授,现主要从事蔬菜菌根等研究工作。E-mail:minli@qau.edu.cn.

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2014BAD05B03);山东省科技发展计划资助项目(2016GNC111011);山东省现代农业产业技术体系资助项目(SDAIT-05-09);青岛市现代农业产业技术体系资助项目(2016)。

收稿日期:2017-07-10

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试黄瓜品种为“津优 35”，由天津科润农业科技股份有限公司黄瓜研究所研制，为北方日光温室主栽品种。将黄瓜种子用 75% 酒精消毒后，蒸馏水浸种 8 h，沥干水分，将种子放在垫有滤纸的培养皿中，置于恒温培养箱中，于 28~30 °C 下催芽，出芽后播种。

供试 AMF 为地表球囊霉 (*Glomus versiforme* (Karsten) Berch)，由青岛农业大学菌根生物技术研究所繁育保存。在灭菌沙土中经三叶草扩繁 4~5 个月，以菌根化根段、土壤中菌丝体、孢子和根围土壤组成接种混合物。

水杨酸 (SA) 为白色粉末，由莱阳市康德化工有限公司生产。

培养基质为混合基质 (草炭 : 蛭石 : 珍珠岩 = 3 : 1 : 1)，经 121 °C 高温灭菌，冷却后装入 300 mL 的经灭菌塑料营养钵中。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计

黄瓜播种时设接种 (AM) 和不接种 (NAM) AMF 处理、幼苗期分别对上述接种与不接种的黄瓜幼苗进行喷施 0 (CK)、0.50、0.75、1.00、1.25、1.50 mmol · L⁻¹ 水杨酸，共 12 个处理，每处理 10 株，随机区组排列，重复 3 次，共 360 钵。

1.2.2 播种、接种与 SA 处理及盆栽管理

试验于 2015 年 9 月 25 日在青岛农业大学园艺试验站温室中进行。播种 360 钵，AM 处理每个营养钵接种地表球囊霉混合接种物 20 mL^[13]，NAM 处理接种 20 mL 灭菌接种物及其滤液，以保持其它微生物的一致性。每钵 2~3 颗萌芽种子，出苗后每盆保留 1 株。于昼/夜温度 25~30 °C/15~18 °C 下培育黄瓜苗。

播种 45 d 后对黄瓜苗喷施外源 SA 并进行低温 (昼夜温度为 12 °C/5 °C) 处理。先用喷雾器分别将 0、0.50、0.75、1.00、1.25、1.50 mmol · L⁻¹ 水杨酸均匀喷在黄瓜叶片正反两面，待叶片表面水分干燥后置于光照培养箱处理 24 h，光照强度为 150 μmol · m⁻² · s⁻¹，昼/夜 (光周期) 12 h/12 h。其它均为常规管理。

1.3 项目测定

采用丙酮提取法测定叶片叶绿素含量^[14]，采用考马斯亮蓝 G-250 法测定可溶性蛋白质含量^[14]，采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量^[14]，采用电解质渗透法测定膜透性 (用相对电导度表示)^[15]，采用硫代巴比妥酸比色法测定丙二醛 (MDA) 含量^[14]。

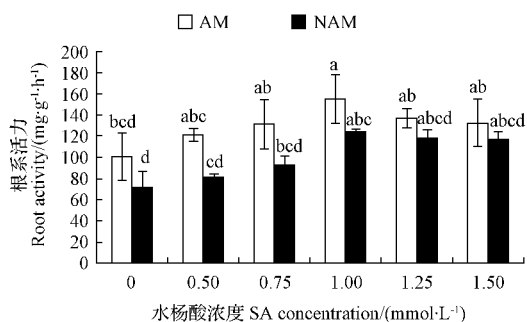
1.4 数据分析

采用 SAS 8.0 软件分析数据。

2 结果与分析

2.1 外源水杨酸与丛枝菌根真菌处理对低温胁迫下黄瓜根系活力的影响

低温胁迫下喷施 1.00 mmol · L⁻¹ SA 溶液处理的黄瓜根系活力显著高于不喷施 SA；在施加相同浓度的 SA 条件下，接种 AMF 的黄瓜根系活力显著高于不接种处理。其中，以施加 1.00 mmol · L⁻¹ SA 条件下接种 AMF 处理根系活力最强 (图 1)。



注: AM 表示接种 AMF; NAM 表示不接种 AMF; 不同小写字母表示 $P < 0.05$ 水平差异显著, 下同。

Note: AM, inoculation with AMF; NAM, non-inoculation with AMF. Different lowercase letters in the same column show significant difference among treatments at 0.05 level. The same below.

图 1 施加外源水杨酸与接种丛枝菌根真菌对低温胁迫下黄瓜根系活力的影响

Fig. 1 Effect of application with exogenous salicylic acid and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungus on root activity of cucumber under low temperature stress

2.2 外源水杨酸与丛枝菌根真菌处理对低温胁迫下黄瓜叶片叶绿素含量的影响

喷施 1.00 mmol · L⁻¹ SA 的黄瓜叶片叶

绿素含量显著高于不喷施 SA; 在喷施 $1.50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ SA 条件下, 接种 AMF 处理显著提高低温胁迫黄瓜叶片叶绿素含量(图 2)。

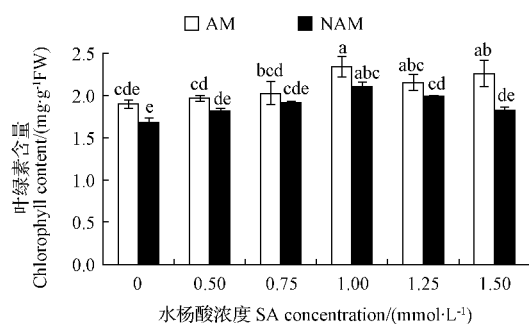


图 2 外源施加水杨酸与接种丛枝菌根真菌对低温胁迫下黄瓜叶片叶绿素含量的影响

Fig. 2 Effect of application with exogenous salicylic acid and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungus on chlorophyll content in leaves of cucumber under low temperature stress

2.3 外源水杨酸与丛枝菌根真菌处理对低温胁迫下黄瓜叶片可溶性糖含量和可溶性蛋白质含量的影响

低温胁迫下, 喷施不同浓度 SA 的黄瓜叶片中可溶性糖和可溶性蛋白质含量均显著高于不喷施 SA(图 3、4)。喷施 $1.00 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ SA 处理下接种 AMF 黄瓜叶片可溶性糖含量最高, 显著高于其它处理(图 3); 喷施 1.00 、 1.25 、

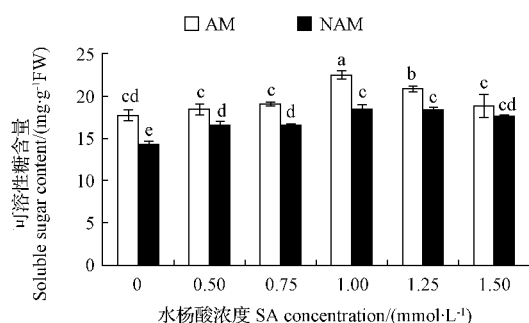


图 3 外源施加水杨酸与接种丛枝菌根真菌对低温胁迫下黄瓜叶片可溶性糖含量的影响

Fig. 3 Effect of application with exogenous salicylic acid and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungus on soluble sugar content in leaves of cucumber under low temperature stress

$1.50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ SA 处理下接种 AMF 的叶片可溶性蛋白质含量显著高于其它处理(图 4)。

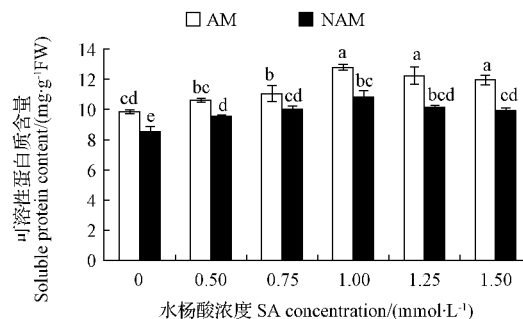


图 4 外源施加水杨酸与接种丛枝菌根真菌对低温胁迫下黄瓜叶片可溶性蛋白质含量的影响

Fig. 4 Effect of application with exogenous salicylic acid and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungus on soluble protein content in leaves of cucumber under low temperature stress

2.4 外源水杨酸与丛枝菌根真菌处理对低温胁迫下黄瓜叶片丙二醛含量和细胞膜透性的影响

相同 SA 浓度处理下接种 AMF 的黄瓜叶片中 MDA 含量显著低于不接种处理, 其中, 以 $1.00 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $1.25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ SA 处理下接种地表球囊霉的 MDA 含量最低(图 5)。除 $0.50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $1.50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ SA 处理外, 与不喷施 SA 处理相比, 其它 SA 浓度处理均显著降低黄瓜叶片的细胞膜透性, 其中, 以

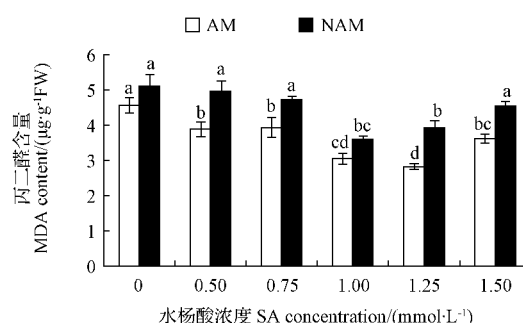


图 5 外源施加水杨酸与接种丛枝菌根真菌对低温胁迫下黄瓜叶片丙二醛含量的影响

Fig. 5 Effect of application with exogenous salicylic acid and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungus on MDA content in leaves of cucumber under low temperature stress

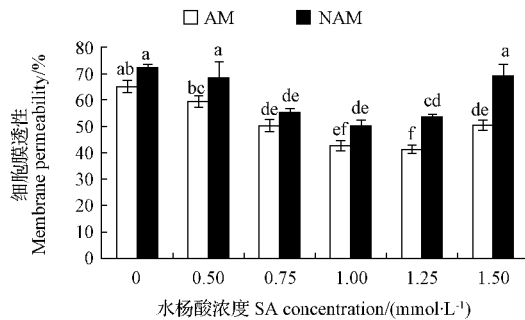


图6 外源施加水杨酸与接种丛枝菌根真菌对低温胁迫下黄瓜叶片细胞膜透性的影响

Fig. 6 Effect of application with exogenous salicylic acid and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungus on membrane permeability in leaves of cucumber under low temperature stress

1.00 mmol·L⁻¹和1.25 mmol·L⁻¹ SA 处理下接种 AMF 的细胞膜透性最低(图6)。

3 结论与讨论

低温引起的活性氧积累是黄瓜发生冷害的重要原因之一,低温下植株细胞的膜脂过氧化程度明显加剧,膜脂过氧化产物 MDA 含量显著增加,细胞膜透性增大^[16]。但植物通常会通过增强有关生理代谢活动、提高体内的可溶性物质浓度等来改善植物体的渗透能力从而缓解低温造成的伤害。而通过一些人为措施加以调控这些生理过程就可以达到增强植物抗逆性的目的。该研究结果表明,施用一定浓度的外源 SA 或接种 AMF 均能不同程度的提高黄瓜的根系活力、叶绿素、可溶性糖和可溶性蛋白质含量,降低膜脂过氧化过程和植株细胞膜透性,减少电解质的渗漏,进而改善植株的抗逆性,这支持了刘伟等^[5]在低温弱光应用 SA 提高黄瓜抗性结果和低温胁迫下接种 AMF 能增加番茄叶绿素、可溶性糖和可溶性蛋白质含量^[8]、增强黄瓜苗叶片抗氧化系统和抗冷性的结论^[9]。接种 AMF 能使低温胁迫下黄瓜苗生长更健壮,根系更发达,根系吸收面积和根系活力更高,从而促进了低温处理下苗根系对水分和养分的吸收,进而促进黄瓜苗的生长^[9]。而外施水杨酸配合接种 AMF 的效果更好,特别是 1.00 mmol·L⁻¹ 的 SA 配合接种 AMF 效果最好。该 SA 与 AMF 组合处理可以作为研发促进

冬季保护地黄瓜生产的绿色技术继续田间试验,且具有一定的应用潜力。

参考文献

- [1] RASHIN I. Salicylic acid: A new plant hormone[J]. Plant Physiology, 1992, 99(3): 799-803.
- [2] KAWANO T, BOUTEAU F. Crosstalk between intracellular and extracellular salicylic acid signaling events leading to long-distance spread of signals[J]. Plant Cell Reports, 2013, 32(7): 1125-1138.
- [3] SONG G C, SIM H J, KIM S G, et al. Root-mediated signal transmission of systemic acquired resistance against above-ground and below-ground pathogens[J]. Annals of Botany, 2016, 118(4): 821-831.
- [4] 吕俊, 张蕊, 宗学风, 等. 水杨酸对高温胁迫下水稻幼苗抗热性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(6): 1168-1171.
- [5] 刘伟, 艾希珍, 梁文娟, 等. 低温弱光下水杨酸对黄瓜苗光合作用及抗氧化酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2009, 20(2): 441-445.
- [6] 刘润进, 陈应龙. 菌根学[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [7] 刘润进, 唐明, 陈应龙. 菌根真菌与植物抗逆性研究最新进展[J]. 菌物研究, 2017(1): 70-88.
- [8] ARAFAT A H A L, HE C X. Arbuscular mycorrhizal influence on growth, photosynthetic pigments, osmotic adjustment and oxidative stress in tomato plants subjected to low temperature stress[J]. Acta Physiol Plant, 2011, 33: 1217-1225.
- [9] 韩冰, 贺超兴, 闫妍, 等. AMF 对低温胁迫下黄瓜苗生长和叶片抗氧化系统的影响[J]. 中国农业科学, 2011, 44(8): 1646-1653.
- [10] 王彬, 张金政, 刘新, 等. 丛枝菌根真菌诱导植物信号物质研究进展[J]. 微生物学通报, 2010, 37(2): 263-268.
- [11] COSTA H S, RIOS-RUIZ W F, LAMBAIS M R. Salicylic acid inhibits arbuscular mycorrhizae formation and changes chitinase and β -1-3-glucanase expression in bean roots[J]. Scientia Agricola, 2000, 57(1): 19-25.
- [12] 杨瑞红, 刘润进, 刘成连, 等. AM 真菌和水杨酸对草莓耐盐性的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(5): 1590-1594.
- [13] LIU R J, LUO X S. A new method to quantify the inoculum potential of arbuscular mycorrhizal fungi[J]. The New Phytologist, 1994, 128: 89-92.
- [14] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [15] 郝再彬, 徐仲. 植物生理实验技术[M]. 哈尔滨: 哈尔滨出版社, 2002.
- [16] 马德华, 庞金安, 霍振荣, 等. 黄瓜对不同温度逆境的抗性研究[J]. 中国农业科学, 1999, 32(5): 28-35.
- [17] 史占忠, 贾显明, 张敬涛, 等. 三江平原春玉米低温冷害发生规律及防御措施[J]. 黑龙江农业科学, 2003(2): 7-10.
- [18] 马丽, 郝文芳, 刘德芳, 等. 水杨酸对低温胁迫种子萌发及细胞膜稳定性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2010, 38(4): 183-188.

Effects of Application of Salicylic Acid With Inoculation of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Improving Cucumber Resistance to Chilling

ZHUANG Fujin, CHEN Ke, LI Min

(Institute of Mycorrhizal Biotechnology, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109)

Abstract: Seeds of ‘Jinyou 35’ cucumber (*Cucumis sativus* L.) were inoculated with or without arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) *Glomus versiforme*, then cucumber seedlings treated with 0, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25, 1.50 mmol · L⁻¹ salicylic acid (SA) to investigate effects of the different chilling treatments (day/night temperature 12 °C/5 °C) on chilling resistance of cucumber plants. The results showed that inoculation with *G. versiforme*, comparing with the non-inoculation, significantly increased root activities, contents of leaf chlorophyll, soluble sugar and proteins and decreased membrane permeability and methane dicarboxylic aldehyde content under the treatment with the same concentration of SA. Treatment with 1.00 mmol · L⁻¹ of SA and with *G. versiforme* inoculation showed the best beneficial effects in increasing chilling resistance of cucumber plants. It was suggested that the combination treatment with the SA application and AMF inoculation had potential in improving cucumber production in winter protective cultivation.

Keywords: salicylic acid; arbuscular mycorrhizal fungi; cucumber; chilling stress; resistance to chilling

欢迎订阅 2018 年《烟台果树》

《烟台果树》是烟台市农业科学研究院主办的果树专业性季刊,立足北方水果的主产区山东省烟台市,面向全国。经过 30 多年的发展,《烟台果树》已成为我国广大果树业者新观点、新品种、新技术的交流平台,也是苗木、农药、肥料及各种生产机具等信息发布的平台。期刊发行量大、覆盖面广。每期定价 4 元,全年仅需 16 元。每季度首月 15 日发行。若挂号,全年 28 元。全国各地邮局均可订阅,邮发代号 24—107;也可随时直接汇款至编辑部订阅。

汇款地址:山东省烟台市芝罘区环山路 145 号

邮 编:264008

单位名称:《烟台果树》编辑部

电 话:0535—6236524 6615052(传真)

E-mail: ytgshjb@163.com ytgsgg@163.com

网 址: www.fruitworld.com.cn 或水果世界网