

干旱胁迫下丛枝菌根真菌对草莓根系生长的影响

谢岷, 邓渊, 雷晓光, 樊丽* (内蒙古农业大学农学院, 内蒙古呼和浩特 010019)

摘要 [目的]研究干旱胁迫下丛枝菌根真菌(AMF)对草莓根系生长的影响。[方法]以“甜查理”草莓为供试品种,以接种摩西球囊霉菌根(*Glomus mosseae*)为处理,不接种为空白对照,分别在正常供水、轻度干旱胁迫、中度干旱胁迫3种水分条件下观测草莓根系生长的变化。[结果]随着干旱胁迫的加重,菌根感染率迅速下降,菌根依存度随着干旱胁迫的加重而上升。在干旱胁迫下,接种AMF可以改变草莓根系形态,增加草莓根系干鲜重,提高草莓根系抗氧化酶活性,从而缓解干旱胁迫对草莓根系造成的伤害。[结论]接种AMF提高了草莓的耐旱性。试验结果可为将AMF应用于草莓耐旱性研究提供理论依据。

关键词 菌根;草莓;耐旱性;水分胁迫;根系生长

中图分类号 S668.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)19-0010-03

Effects of Inoculating Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Root Growth of Strawberry under Drought Stress

XIE Min, DENG Yuan, LEI Xiao-guang, FAN Li* (College of Agriculture, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019)

Abstract [Objective] To study the effectes of inoculating arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on root growth of strawberry under drought stress. [Method] Strawberry cultivar “Sweet Charlie” was selected as test cultivar, and *Glomus mosseae* was the tested arbuscular mycorrhizal fungi, the non-inoculated strawberry was taken as the control. The root growth changes of strawberry were measured under three different levels of water (normal irrigation, mild drought stress, moderate drought stress). [Result] AMF colonization rate decreased rapidly with the increase of drought stress, while AMF dependency increased with the rise of drought stress. Under the drought stress, AMF inoculation changed the root morphology of strawberry and increased root fresh and dry weight of strawberry. The root antioxidant enzymes activities of strawberry were also improved significantly. Thus the damages of drought stress on the root of strawberry were alleviated. [Conclusion] AMF inoculation improved the drought resistance of strawberry. The results provided the theoretical basis for AMF’s application in strawberry drought resistance research.

Key words Mycorrhizal fungi; Strawberry; Drought resistance; Water stress; Root growth

草莓(*Fragaria ananassa*)为蔷薇科草莓属多年生草本植物。草莓鲜美红嫩,果肉多汁,风味独特,营养丰富,被誉为“水果皇后”,深受广大消费者喜爱。同时,草莓栽培周期短,易于管理,无论露地栽培或设施栽培均能获得较高收益。内蒙古中部地区地处北纬40°草莓最佳生产带,日照时间长、昼夜温差大,气候条件适宜草莓生长,对于发展草莓种植和草莓果实品质形成具有得天独厚的优势。但是,内蒙古地区水资源缺乏,草莓的大面积推广受到干旱等自然条件的限制^[1]。因此,培育耐旱草莓品种或寻找提高草莓耐旱性的新技术成为内蒙古地区草莓产业发展中亟待解决的问题。

据报道,丛枝菌根真菌(Arbuscular mycorrhizal fungi, AMF)可以提高多种植物的耐旱性^[2-4],且无污染、高效率,可以作为一种新型生物肥料。在遭受干旱胁迫时,植物根系是感受干旱胁迫的原初部位,植物-菌根共生体可以通过改变根系形态来应对干旱,同时调整植株体内自由水与束缚水比例及自由水含量,改善植物光合作用,激活植物逆境胁迫调控蛋白,从而帮助寄主植物应对干旱胁迫^[5]。笔者以“甜查理”草莓为供试品种,以接种摩西球囊霉菌根真菌(*Glomus mosseae*)为处理,不接种为空白对照,分别在不同水分条件下观测草莓根系生长的变化,旨在为将AMF应用于草莓耐旱性研究提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试草莓为美国品种“甜查理”,草莓苗由匍匐茎繁殖获得,苗床为灭菌的基质(泥炭:珍珠岩:蛭石按体积比1:1:1混合)。供试菌种为摩西球囊霉菌(*Glomus mosseae*),供试菌种经玉米扩大繁殖后获得含有孢子、菌丝和细根碎片的根际土,作为接种菌剂。

1.2 试验设计 试验采用双因素随机区组设计,包括水分处理和AMF处理2个试验因子。水分处理包括正常供水(80%田间持水量)、轻度干旱胁迫(60%田间持水量)、中度干旱胁迫(40%田间持水量),分别用W80、W60和W40表示。AMF处理包括接种和不接种AMF2个水平,共6个处理,3次重复,每个重复6盆,每盆1株草莓。

选取苗龄一致、生长整齐、无病虫害的健壮草莓苗移栽到经高锰酸钾消毒的花盆中,供试土壤按灭菌土:沙=2:1混合,供试土壤采自内蒙古农业大学实践教学基地果园,经高温灭菌后待用。同时,接种AMF处理接种供试菌剂50g,对照不接种。移栽后的草莓苗浇足水,遮阴,缓苗15d,此后正常管理。移栽30d后,开始对草莓进行水分胁迫处理。

1.3 测定项目与方法 水分胁迫处理15d后(即移栽45d后),调查各处理菌根感染率并计算菌根依存度。菌根感染率的测定采用透明压片法制片,采用频率标准法计算根段感染率。菌根依存度的计算参考Plenchette等^[6]的方法,按照以下公式计算:

$$\text{菌根依存度} = \frac{\text{接种植株的干重} - \text{不接种植株的干重}}{\text{接种植株的干重}} \times 100\%$$

观察并记录不同处理草莓根系长度、根系直径、根系分

基金项目 国家自然科学基金项目(31660113);内蒙古自治区自然科学基金项目(2014BS0322);内蒙古农业大学博士科研启动基金项目(BJ2013C-2)。

作者简介 谢岷(1981—),男,内蒙古乌海人,讲师,博士,从事植物生理生态研究。*通讯作者,副教授,博士,从事果树生理生态研究。

收稿日期 2017-04-27

叉数、根系干重、根系鲜重、根系氧化酶活性等生理指标。

1.4 数据统计与分析 采用 Microsoft Excel 和 SAS 软件包对试验数据进行分析,方差分析采用 LSD 法进行多重比较, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同水分胁迫下草莓菌根侵染率和菌根依存度的变化 由图 1 可知,接种 AMF 的草莓根系有不同程度侵染,随着干旱胁迫的加重,菌根侵染率迅速下降,W80 和 W60 处理菌根侵染率无显著差异。菌根依存度是指植物依靠接种 AMF 使自身生物量增加的百分率,反映 AMF 与植物互作关

系的指标。菌根依存度随着干旱胁迫的加重而上升,说明在干旱发生时菌根在增加植物干重方面作用极大。

2.2 不同水分胁迫下 AMF 侵染草莓根系形态的变化 AMF 侵染通过改变根系长度、根系直径、根系分叉数而改变根系形态,增加根系表面积,使 AMF 侵染的根系能够吸收更多水分。由图 2 可知,干旱胁迫使草莓根系长度增加。同一水分胁迫下,W40、W60、W80 处理接种 AMF 草莓的根系长度分别为对照的 1.15 倍、1.13 倍、1.12 倍。随着干旱胁迫的加重,草莓的根系直径和根系分叉数逐渐降低,接种 AMF 对根系直径和根系分叉数的影响显著。

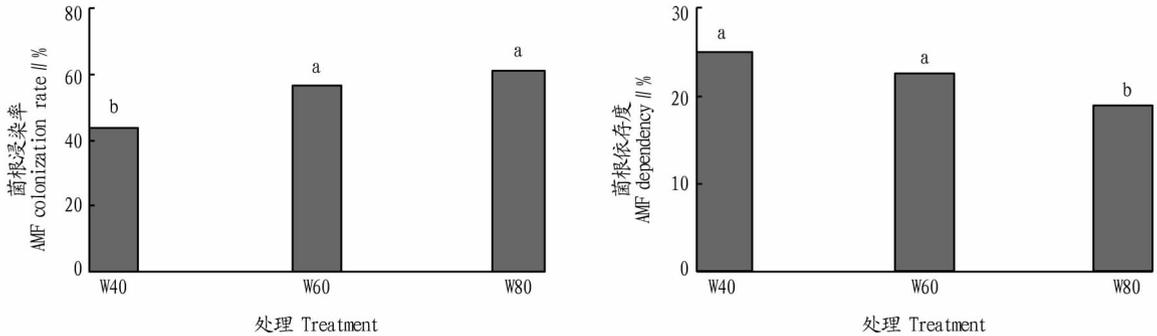


图 1 不同水分胁迫下草莓菌根侵染率和菌根依存度的变化

Fig. 1 AMF colonization rate and AMF dependency changes of inoculated strawberry under water stress

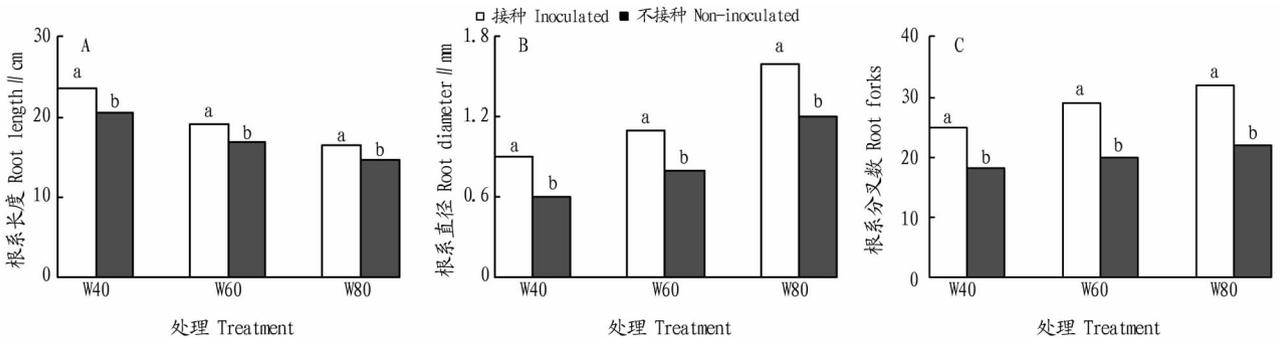


图 2 不同水分胁迫下 AMF 侵染草莓根系形态的变化

Fig. 2 Root morphology changes of inoculated and non-inoculated strawberry with AMF under water stress

2.3 不同水分胁迫下 AMF 侵染草莓根系干鲜重的变化 从图 3 可以看出,草莓根系鲜重和根系干重都随着干旱胁迫的加重而降低。同一水分胁迫下,W40、W60、W80 处理接种 AMF 草莓的根系鲜重分别比对照提高了 37.1%、

39.4% 和 47.8%, W40、W60、W80 处理接种 AMF 草莓的根系干重分别比对照提高了 55.5%、31.7% 和 28.0%。由此可见,在缺水条件下,接种 AMF 可以大大提高宿主植物的干重。

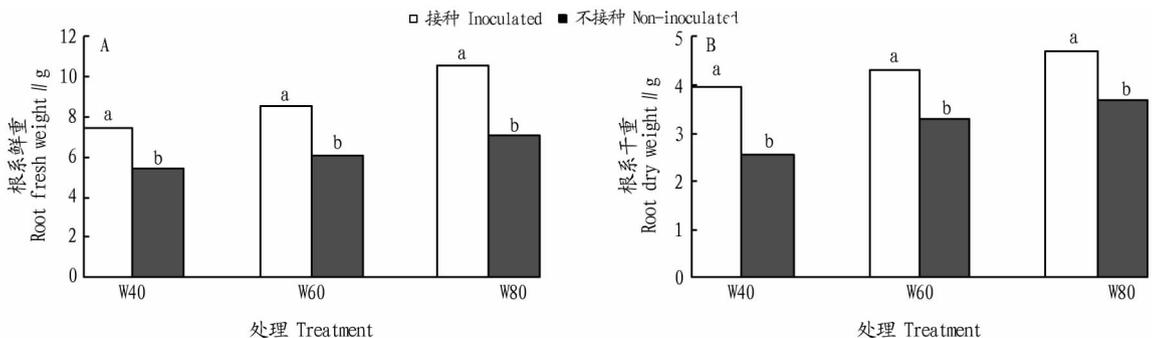


图 3 不同水分胁迫下 AMF 侵染草莓根系干鲜重的变化

Fig. 3 Root fresh weight and dry weight changes of inoculated and non-inoculated strawberry with AMF under water stress

2.4 不同水分胁迫下 AMF 侵染草莓根系酶活性的变化 从图 4 可以看出,水分胁迫对草莓根系酶活性的影响不一致。随着水分胁迫的加剧,草莓根系 SOD 活性呈直线上升趋势,且接种 AMF 显著提高了 SOD 活性。不同水分胁迫

下 POD 和 CAT 活性均呈先上升后下降的趋势,且接种 AMF 显著提高了 POD 和 CAT 活性。正常供水条件下,接种 AMF 对 SOD、POD 和 CAT 活性均无显著影响。

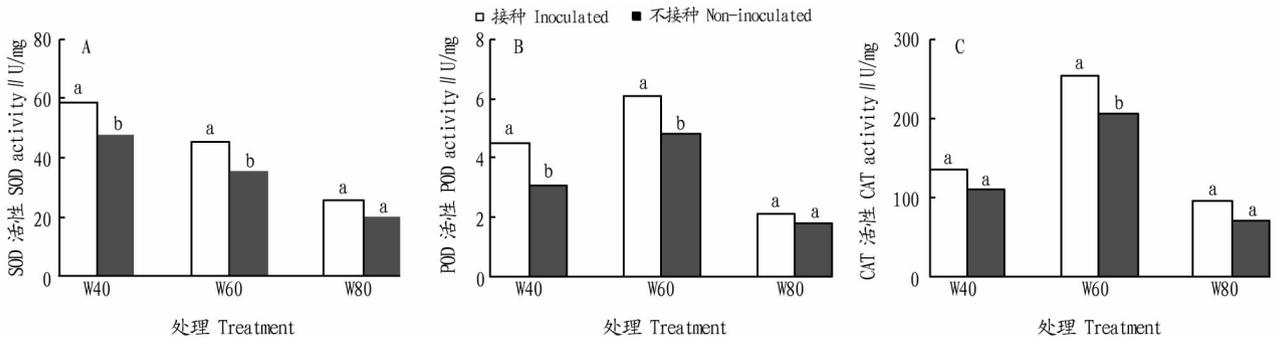


图 4 不同水分胁迫下 AMF 侵染草莓根系酶活性的变化

Fig. 4 Root enzymatic activity changes of inoculated and non-inoculated strawberry with AMF under water stress

3 结论与讨论

笔者以接种和不接种 AMF 的草莓为材料,在 3 个不同水分胁迫条件下测定草莓根系的变化。结果表明,在干旱胁迫下,接种 AMF 可以改变草莓根系形态,增加草莓根系干鲜重,提高草莓根系抗氧化酶活性,从而缓解干旱胁迫对草莓根系造成的伤害,提高草莓的耐旱性。这与刘锦春等^[7]对金银花根系、莫言玲^[8]对西瓜幼苗的研究结果相一致。根系长度、根系直径的增加会导致根系干鲜重的增加,根系更加粗壮,分叉数增多,对水分的吸收能力加强,耐旱性提高^[9]。

供水正常时,植株体内的活性氧也维持在正常范围内,对植物细胞没有伤害。但是,干旱胁迫引起植物体内激发能的过剩,打破 ROS 代谢平衡,导致 H₂O₂、超氧阴离子和羟自由基等大量积累,对植物细胞造成氧化胁迫^[10]。接种 AMF 可以提高草莓根系抗氧化酶活性,清除 ROS,保护植物膜系统不受伤害,缓解干旱胁迫造成的氧化伤害,提高耐旱性。

参考文献

[1] 孙瑞芬,石惠芹. 浅谈内蒙古自治区草莓生产发展前景及存在问题

(上接第 9 页)

统一的合理的保护措施和开发利用发展规划。同时为保护区其他项目的实施以及药用植物的进一步开发利用提供理论依据,应通过建立珍稀濒危药用植物保护中心、种质基因库等途径有效地保护好特有植物及珍稀濒危植物,防止其遭遇毁灭性的破坏。

另外,人们还应在重视保护的前提下,运用先进的科技手段对本地特色资源进行合理利用,也为寻找新的中草药做出贡献,实现生态效益、经济效益和社会效益的高度统一,促进保护区及周边地区的发展。

参考文献

- [1] 王冰. 有开发价值的野生植物[J]. 食品研究与开发,1990(4):36-38.
 [2] 黎建玲,黄肇宇,叶晓霞,等. 都峤峡谷风景区野生经济植物资源调查[J]. 南方农业学报,2014,45(3):447-452.
 [3] 吴先,葛继稳,彭凤娇,等. 湖北药姑山自然保护区药用维管植物资源多样性研究[J]. 植物科学学报,2016,34(4):555-562.

- [J]. 内蒙古农业科技,2000(4):16-17.
 [2] OYEWOLE B O,OLAWUYI O J,ODEBODE A C,et al. Influence of arbuscular mycorrhiza fungi (AMF) on drought tolerance and charcoal rot disease of cowpea[J]. Biotechnology reports,2017,14:8-15.
 [3] 秦子娟,朱敏,郭涛. 干旱胁迫下从枝菌根真菌对玉米生理生化特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2013,19(2):510-516.
 [4] 王艺,丁贵杰. 马尾松菌根化苗木对干旱的生理响应及抗旱性评价[J]. 应用生态学报,2013,24(3):639-645.
 [5] 刘婷. 从枝菌根真菌(AMF)调控杨树树生长及干旱响应机制的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2014.
 [6] PLENCHETTE C,FORTIN J A,FURLAN V. Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility- I. Mycorrhizal dependency under field conditions [J]. Plant and soil, 1983, 70 (2): 199-209.
 [7] 刘锦春,马晔,陶建平,等. 从枝菌根真菌对西南岩溶地区干旱及干湿交替下金银花根系生长的影响[J]. 北京林业大学学报,2015,37(10):110-116.
 [8] 莫言玲. 西瓜对干旱胁迫的响应机制及从枝菌根真菌的缓解效应[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2016.
 [9] 张中峰,张金池,黄玉清,等. 从枝菌根真菌对植物耐旱性的影响研究进展[J]. 生态学杂志,2013,32(6):1607-1612.
 [10] SMITH S E,FACELLI E,POPE S,et al. Plant performance in stressful environments: Interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas [J]. Plant and soil,2010,326(1):3-20.

- [4] 孔增科,贺伟丽,王亮,等. 河北青崖寨自然保护区中药资源普查情况报告[J]. 中药材,2015,38(12):2497-2501.
 [5] 中国科学院北京植物研究所. 中国高等植物图鉴[M]. 北京:科学出版社,1994.
 [6] 周以良. 黑龙江省植物志[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1998.
 [7] 罗献瑞. 实用中草药彩色图集[M]. 广州:广东科技出版社,2001.
 [8] 肖遥,刘春生,白贞芳. 北京松山自然保护区野生药用植物资源调查[J]. 亚太传统医药,2016,12(19):15-17.
 [9] 余奇,权红,郑维列,等. 西藏芒康滇金丝猴国家级自然保护区药用植物资源及其多样性研究[J]. 中国中药杂志,2015,40(3):367-372.
 [10] 江纪武,靳朝东. 药用植物辞典[M]. 天津:天津科学技术出版社,2005.
 [11] 高学敏. 中药学[M]. 北京:中国中医药出版社,2002.
 [12] 南京中医药大学. 中药大辞典[M]. 上海:上海科学技术出版社,2006.
 [13] 国家环境保护局,中国科学院植物研究所. 中国珍稀濒危保护植物名录[M]. 北京:科学出版社,1987.
 [14] 罗开文. 广西王岗山自然保护区维管植物资源[J]. 湖南林业科技,2016,43(3):93-97.
 [15] 郝敏,郝明亮,左万星,等. 河北小五台山国家级自然保护区珍稀濒危植物调查研究[J]. 河北林果研究,2016,31(1):94-99.