

沈浜凯,肖龙云,冯乃杰,等. 黄腐酸和 AM 真菌对玉米幼苗抗旱性的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(5):64-66.

黄腐酸和 AM 真菌对玉米幼苗抗旱性的影响

沈浜凯,肖龙云,冯乃杰,陈贞锦

(江苏科技大学生物与化学工程学院,江苏镇江 212018)

摘要:采用盆栽试验,在水分胁迫下分别对中江 1 号玉米幼苗进行 AM 真菌接种和黄腐酸(FA)喷施处理,通过测定其茎粗、根体积、叶面积、鲜质量、可溶性蛋白、可溶性糖和丙二醛(MDA)含量来反映 AM 真菌和黄腐酸对玉米幼苗抗旱性的影响。结果表明:干旱胁迫下,单独 FA 处理(100、300、500、700 mg/L FA),玉米幼苗的鲜质量、第 3 真叶叶面积、茎粗、根体积、可溶性蛋白和可溶性糖含量比不施用 FA 对照分别平均增加了 8.1%、7.7%、7.9%、8.2%、6.7% 和 8.5%,其中 300 mg/L FA 处理增加最大;单独 FA 处理(100、300、500、700 mg/L FA),玉米幼苗的 MDA 平均比不施用 FA 对照减少了 8.5%,同样 300 mg/L FA 处理 MDA 含量最小,比不施用 FA 对照减少 16.3%。干旱胁迫和 FA 处理下,接种 AM 真菌处理比未接种 AM 真菌对照的鲜质量、叶面积、茎粗、根体积、可溶性蛋白和可溶性糖含量分别平均增加了 16.2%、15.1%、16.6%、15.8%、15.5% 和 17.3%,其中 300 mg/L FA 处理时增加最大,分别比未接种 AM 真菌和不施用 FA 对照增加 23.8%、20.9%、22.8%、24.0%、26.5% 和 23.0%;而接种 AM 真菌处理比未接种 AM 真菌对照的 MDA 平均下降了 17.4%,同样 300 mg/L FA 处理时下降最多,比未接种 AM 真菌对照下降了 25.5%。说明在水分胁迫下,300 mg/L FA 处理配合接种 AM 真菌能明显增强玉米幼苗抗旱性。

关键词:玉米;黄腐酸;AM 真菌;抗旱性

中图分类号:S513.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2013)05-0064-03

玉米作为高产作物,被列为三大粮食作物之一。干旱引起玉米减产 25%~30%^[1],严重年份部分地区绝收。目前干旱已成为制约玉米生长最主要的非生物因素。黄腐酸(FA)是腐殖酸成分的一种,是植酸类分子量较小的高分子有机化合物。研究表明,FA 不仅有抗蒸腾作用,还能促进根系发育、提高叶绿素含量和某些重要酶的活性以及对农药的协同作用,是一种使用广泛的植物生长调节剂^[2]。菌根是由真菌与植物根系所建立的一种互惠共生体,其中以丛枝菌根(AM)在自然界中分布最广^[3]。大量研究结果表明,VA 菌根能促进植物对 P、Zn、Fe、Cu、S、Ca、K 等矿质元素的吸收,促进植物生长发育,提高植物对某些病害的防御能力,增强植物对干旱、高温、重金属的抗性^[4]。目前国内关于 FA 和 AM 真菌对植物抗旱性影响的研究已有很多报导,但关于两者对植物抗旱的协同作用却报道较少。本研究以玉米为材料,在水分胁迫下,探讨 AM 真菌、FA 以及两者协同作用对玉米生长和抗旱性的影响,以期筛选优良抗旱制剂,利用菌根生物技术进行植被恢复和促进干旱地区玉米生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

玉米品种中江玉 1 号购自中江种业股份有限公司,播种前用 75% 的乙醇浸泡 20 min,蒸馏水冲洗数次,置恒温培养箱中催芽备用。AM 真菌菌种为摩西球囊霉(*Glomus mosse-*

ae),购自北京农林科学院植物营养与资源研究所。FA 购自上海通微生物技术有限公司(FA>90%)。

1.2 试验设计

菌根玉米幼苗的培育于 2012 年 5 月在中国农业科学院蚕业研究所温室中进行。供试土壤为采自镇江五洲山的黄棕壤和珍珠岩按 1:2 的比例混合,60℃消毒 30 min 备用。营养钵上下底直径分别为 15 cm 和 10 cm。于营养钵 2/3 处接种 AM 菌剂,每钵接种 30 g,同时播种 10 粒玉米种子,覆盖薄层基质。试验先分 2 组处理,接种 AM 真菌与不接种。两组处理中再分别施加 0、100、300、500、700 mg/L FA,共计 10 个处理,每个处理 3 次重复,随机区组排列。幼苗出土后间苗,每钵保留 5 株,待幼苗长至 1 叶 1 心时开始水分胁迫处理,采用称重法控制培养基质含水量为饱和含水量的 45%。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 形态指标 在连续培养 30 d 后,于 2012 年 6 月 11 日,对每个处理玉米幼苗进行鲜质量、叶面积、根体积、茎粗等形态指标的测定。

1.3.2 生理生化指标 玉米叶片可溶性蛋白含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 比色法^[5];可溶性糖含量测定采用苯酚法^[6];MDA 含量测定采用硫代巴比妥酸法^[7]。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫下 FA 和 AM 真菌对玉米幼苗形态特征的影响

由图 1 可知,在干旱胁迫和未接种 AM 真菌条件下,当 FA 浓度为 100、300、500、700 mg/L 时,第 3 真叶叶面积比未施用 FA 对照分别提高了 9.8%、13.6%、6.0%、1.3%,差异达极显著水平($P<0.01$);FA 浓度为 300 mg/L 时,玉米第 3 真叶叶面积最大。在干旱胁迫下,接种 AM 真菌处理组的幼苗,当 FA 浓度为 0、100、300、500、700 mg/L 时,玉米第 3 真叶

收稿日期:2012-11-14

基金项目:2012 年江苏科技大学本科生创新计划。

作者简介:沈浜凯(1991—),男,江苏江阴人,本科生,生物技术专业。

E-mail: tayueshen77@163.com。

通信作者:肖龙云,讲师。E-mail: lyxiao58@126.com。

叶面积比未接种 AM 真菌对照分别提高了 9.7%、17.7%、20.9%、13.2%、8.6%，差异达极显著水平 ($P < 0.01$)，同样 FA 浓度为 300 mg/L 时，叶面积最大。在相同 FA 浓度处理下，接种 AM 真菌处理的玉米幼苗第 3 真叶叶面积比未接种 AM 真菌对照增加 6.4%~9.7%。

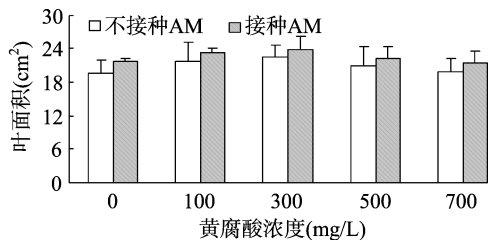


图1 干旱胁迫下FA和AM真菌对玉米第3真叶叶面积的影响

对于未接种 AM 真菌幼苗，当 FA 浓度为 100、300、500、700 mg/L 时，根体积比未施用 FA 对照分别提高 9.5%、14.3%、6.8% 和 2.1%，差异达显著水平 ($P < 0.05$)；FA 浓度为 300 mg/L 时，根体积最大。对于接种 AM 真菌的幼苗，当 FA 浓度为 0、100、300、500、700 mg/L 时，根体积比未接种 AM 真菌对照分别提高了 9.6%、16.1%、22.8%、14.0%、10.2%，差异达显著水平 ($P < 0.05$)；同样 FA 浓度为 300 mg/L 时，根体积最大。在相同 FA 浓度处理下，接种 AM 真菌的幼苗与未接种 AM 真菌的幼苗根体积增加 6.0%~9.6% (图 2)。

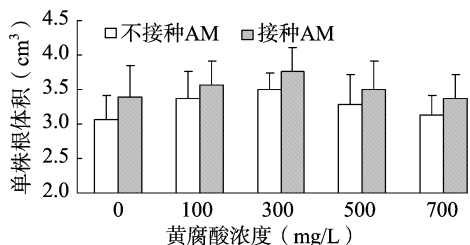


图2 干旱胁迫下FA和AM真菌对玉米幼苗根体积的影响

由图 3 可知，对于未接种 AM 真菌幼苗，当 FA 浓度为 100、300、500、700 mg/L 时，与未施用 FA 对照相比，茎粗分别增加了 8.5%、15.1%、5.4% 和 2.8%，差异不显著 ($P > 0.05$)；对于接种 AM 真菌幼苗，当 FA 浓度为 0、100、300、500、700 mg/L 时，茎粗比未接种 AM 真菌对照分别增加 9.3%、16.5%、24.0%、14.7%、11.1%，差异不显著 ($P > 0.05$)；在相同 FA 浓度下，接种 AM 真菌幼苗的茎粗比未接种 AM 真菌幼苗增加 7.4%~9.3%。

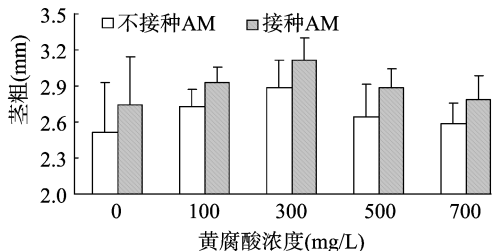


图3 干旱胁迫下FA和AM真菌对玉米幼苗茎粗的影响

对于未接种 AM 真菌幼苗，当 FA 浓度为 100、300、500、700 mg/L 时，与未施用 FA 对照相比，鲜质量分别提高了 8.7%、15.7%、6.8%、1.1%，差异达显著水平 ($P < 0.05$)；FA 浓度为 300 mg/L 时，鲜质量最高。对于接种 AM 真菌幼苗，当 FA 浓度为 0、100、300、500、700 mg/L 时，鲜质量比未接种

AM 真菌对照分别提高了 9.3%、16.2%、23.8%、15.3% 和 9.7%，差异不显著 ($P > 0.05$)；同样 FA 浓度为 300 mg/L 时，鲜质量最高。在相同 FA 浓度下，接种 AM 真菌幼苗与未接种 AM 真菌幼苗相比鲜质量增加 6.8%~9.1% (图 4)。

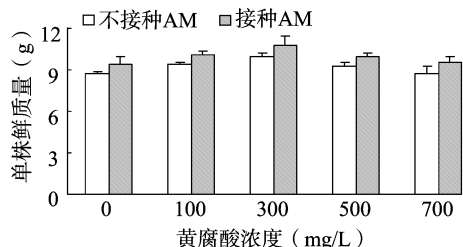


图4 干旱胁迫下FA和AM真菌对玉米幼苗鲜质量的影响

2.2 干旱胁迫下 FA 和 AM 真菌处理玉米幼苗中可溶性糖、可溶性蛋白和丙二醛含量的变化

由图 5 可知，对于未接种 AM 真菌的幼苗，当 FA 浓度为 100、300、500、700 mg/L 时，可溶性糖含量比未施用 FA 对照分别提高了 10.8%、16.7%、5.1% 和 1.4%，差异达极显著水平 ($P < 0.01$)，FA 浓度为 300 mg/L 时，可溶性糖含量最大；对于接种 AM 真菌幼苗，当 FA 浓度为 0、100、300、500、700 mg/L 时，可溶性糖含量比未接种 AM 真菌对照分别提高了 10.9%、19.7%、26.4%、13.7%、9.5%，差异达极显著水平 ($P < 0.01$)，同样 FA 浓度 300 mg/L 时，可溶性糖含量最大；在相同 FA 浓度下，接种 AM 真菌幼苗的可溶性糖含量与未接种 AM 真菌幼苗增加 8.0%~10.9%。

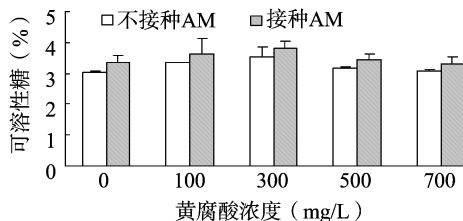


图5 干旱胁迫下FA和AM真菌对玉米幼苗叶片可溶性糖含量的影响

对于未接种 AM 真菌的幼苗，当 FA 浓度为 100、300、500、700 mg/L 时，可溶性蛋白含量比未施用 FA 对照分别提高了 7.7%、13.7%、3.8% 和 1.6%，差异达显著水平 ($P < 0.05$)，当 FA 浓度为 300 mg/L 时，可溶性蛋白含量最高；对于接种 AM 真菌的幼苗，当 FA 浓度为 0、100、300、500、700 mg/L 时，可溶性蛋白含量比未接种 AM 真菌对照分别提高了 10.2%、17.2%、23.0%、12.5%、9.3%，差异不显著 ($P > 0.05$)；在相同 FA 浓度下，接种 AM 真菌幼苗可溶性蛋白含量比未接种 AM 真菌幼苗增加 7.5%~10.2% (图 6)。

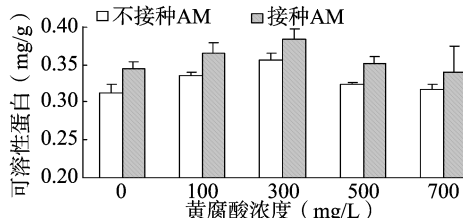


图6 干旱胁迫下FA和AM真菌对玉米幼苗叶片可溶性蛋白含量的影响

由图 7 可知，对于未接种 AM 真菌幼苗，当 FA 浓度为 100、300、500、700 mg/L 时，MDA 含量比未施用 FA 对照分别

降低了 10.3%、16.3%、6.1%、1.4%，差异不显著 ($P > 0.05$)；对于接种 AM 真菌幼苗，当 FA 浓度为 0、100、300、500、700 mg/L 时，MDA 含量比未接种 AM 真菌对照分别降低了 10.9%、19.5%、25.5%、15.2%、9.4%，差异不显著 ($P > 0.05$)；在相同 FA 浓度下，接种 AM 真菌幼苗叶片 MDA 含量比未接种 AM 真菌幼苗降低 7.9%~10.9%。

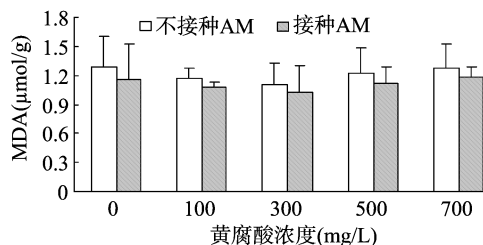


图7 干旱胁迫下FA和AM真菌对玉米幼苗叶片MDA含量的影响

3 讨论

植物的抗旱能力是由基因表达所控制的，表达的最终效应是一系列形态、生化及生物物理等方面的变化，从而显现出抗旱能力。有研究发现，当土壤中含有一定浓度的腐植酸时，能够促进植物的生长^[8-9]，增强土壤活力、提高植物根系活力，诱导叶面气孔不均匀关闭，减少植物体内水分蒸腾散失，提高植物抗干旱的能力等^[10]。本试验结果表明，在干旱胁迫下，单独施用黄腐酸处理玉米幼苗的鲜质量、第3真叶叶面积、茎粗和根体积比不施用黄腐酸对照分别平均增加了 8.1%、7.7%、7.9% 和 8.2%，其中，在 300 mg/L FA 处理下，玉米幼苗的鲜质量、叶面积、茎粗和根体积最大，说明在干旱胁迫下，一定浓度的 FA 处理能够促进植株生长，这与 FA 在其他植物上应用效果^[11-13]相一致。

渗透调节是植物适应干旱逆境的重要生理机制。在干旱条件下，增强细胞渗透调节能力的关键是细胞内渗透调节物质的主动积累。本试验结果表明，干旱胁迫下，单独施用黄腐酸处理玉米叶片中可溶性糖、可溶性蛋白含量均比不施用黄腐酸对照有所增加，分别平均增加 8.5% 和 6.7%。同样在 300 mg/L FA 处理下，可溶性糖、可溶性蛋白含量最高，分别比不施用黄腐酸对照增加 16.7% 和 13.7%。说明，在干旱胁迫下，一定浓度的 FA 处理能够促进植株叶片可溶性糖、可溶性蛋白等渗透调节物质的积累，从而有利于降低细胞水势，增大细胞内外渗透势差，使得外界水分有利于向细胞内运输，进而提高植物抗旱性^[14-15]。

本试验结果也表明，在干旱胁迫下，单独施用黄腐酸处理玉米叶片 MDA 含量比不施用黄腐酸对照平均降低 8.5%。同样在 300 mg/L FA 处理下，MDA 含量最低，与不施用黄腐酸对照相比减少了 16.3%。说明一定浓度 FA 处理能够减少膜脂过氧化产物 MDA 在植株叶片的积累，从而减轻因干旱造成的膜伤害，提高其抗旱性。

AM 真菌是广泛分布于自然生态系统中的一类土壤真菌，能与绝大多数高等植物根系形成共生体，促进植物对土壤矿物质元素和水分的吸收和利用，改善植物营养状况，促进植物生长发育，提高植物抗旱性^[16-17]。本试验中，干旱胁迫下，玉米幼苗单独接种 AM 真菌后，其平均鲜质量、叶面积、茎粗和根体积分别比不接种 AM 真菌对照增加 9.3%、9.7%、9.3%

和 9.6%，可溶性糖和可溶性蛋白含量增加了 10.9% 和 10.2%，而 MDA 含量降低了 10.9%。在干旱条件下，AM 真菌与 FA 共同处理玉米幼苗又有明显的增效作用。具体表现为：在干旱胁迫和 0~700 mg/L FA 处理下，接种 AM 真菌处理比未接种 AM 真菌对照鲜质量、叶面积、茎粗、根体积、可溶性蛋白、可溶性糖含量分别平均增加了 16.2%、15.1%、16.6%、15.8%、15.5% 和 17.3%，其中 300 mg/L FA 处理增加最多，分别比不接种 AM 真菌和不施用 FA 对照增加 23.8%、20.9%、22.8%、24.0%、26.4% 和 23.0%，而 0~700 mg/L FA 处理下，接种 AM 真菌处理比未接种 AM 真菌对照 MDA 平均下降了 17.4%，同样在 300 mg/L FA 处理时下降低最多，比对照下降了 25.5%。

参考文献：

- [1] 张仁和, 薛吉全, 浦军, 等. 干旱胁迫对玉米苗期植株生长和光合特性的影响[J]. 作物学报, 2011, 37(3): 521-528.
- [2] 梁强, 叶燕萍, 桂杰, 等. 喷施黄腐酸对干旱胁迫下甘蔗苗期叶绿素荧光参数及丙二醛的影响[J]. 广西植物, 2009(4): 527-532.
- [3] 王发园, 林贵贵, 周健民. 丛枝菌根真菌分类最新进展[J]. 微生物学杂志, 2005, 25(3): 41-45.
- [4] 刘润进, 李晓林. 丛枝菌根及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [5] 白宝璋. 植物生理学实验教程(下)[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1996.
- [6] 张志良, 翟伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 3版. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [7] 赵世杰, 许长成, 邹琦, 等. 植物组织中丙二醛测定方法的改进[J]. 植物生理学通讯, 1994, 30(3): 207-210.
- [8] Adani F, Genevini P, Zaccaro P, et al. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition[J]. Journal of Plant Nutrition, 1998, 21(3): 561-575.
- [9] 程渡, 彭玉梅, 崔鲜一, 等. 黄腐酸旱地龙对农作物、牧草应用效果试验[J]. 腐植酸, 1996(3): 33-34.
- [10] 栾白, 高同国, 姜峰, 等. 微生物降解褐煤产生的黄腐酸对大豆种子萌发及主要抗氧化酶活性的影响[J]. 大豆科学, 2010, 29(4): 607-610.
- [11] 杨铁国, 窦森. 风化煤 FA 对玉米幼苗生长的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2002, 24(5): 78-80.
- [12] 高同国, 姜峰, 李召虎, 等. 微生物降解褐煤产生的黄腐酸对玉米幼苗生长的影响[J]. 腐植酸, 2009(1): 14-18.
- [13] 田新会. 黄腐酸对不同苜蓿品种抗旱性的影响[J]. 草业科学, 2004, 21(9): 18-21.
- [14] 周莉娜, 孙丽蓉, 毛晖, 等. 黄腐酸抗旱营养剂对小麦和玉米生长的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(1): 154-158.
- [15] 王一鸣. 中国黄腐酸(FA)抗旱节水的应用[J]. 中国防汛抗旱, 1996(4): 48-52.
- [16] Bolandnazar S, Aliasgarzad N, Neishabury M R, et al. Mycorrhizal colonization improves onion (*Allium cepa* L.) yield and water use efficiency under water deficit condition[J]. Scientia Horticulturae, 2007, 114(1): 11-15.
- [17] Augé R M. Water relations, drought and vesicular arbuscular mycorrhizal symbiosis[J]. Mycorrhiza, 2001, 11(1): 3-42.