

丛枝菌根真菌对采煤塌陷地玉米生长的影响

王义¹, 李少朋², 陈铸², 毕银丽^{2*}

(1. 神华神东煤炭分公司环保处, 内蒙古鄂尔多斯 017100; 2. 中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院, 北京 100083)

摘要 [目的]探讨丛枝菌根真菌对采煤塌陷地玉米生长的影响。[方法]针对西部采煤塌陷地干旱缺水和土地生产力低下的特点,研究了接种丛枝菌根真菌对玉米生长的影响,以及对采煤塌陷区退化土壤微环境的作用效果。[结果]接种丛枝菌根真菌促进了玉米的生长,提高了玉米植株和籽粒干重;接种组玉米对土壤速效磷和速效钾的利用率明显提高;接种菌根真菌增强了退化土壤中酸性磷酸酶的活性,同时玉米根际土壤微生物数量增加显著;所选 *G. a* 菌提高了玉米根系的侵染率和根际土壤菌丝密度。[结论]所选丛枝菌根真菌适合在采煤塌陷地上推广应用,并具有较高的生态价值。

关键词 煤矿区;丛枝菌根真菌;塌陷地;玉米

中图分类号 S513 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)30-12113-03

Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on the Growth of Maize in Mining Subsidence

WANG Yi et al (Environmental Protection Office of Shendong Branch Corporation, Erdos, Inner Mongolia 017100)

Abstract [Objective] The study aimed to discuss the effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of maize in mining subsidence. [Method] Based on the characteristics of water shortage and low productivity of land in western mining subsidence of China, the influence of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on the growth of maize and micro-environment of the degraded soil was analyzed. [Result] Arbuscular mycorrhizal fungi promoted the growth of maize and increased maize production; the utilization rates of soil phosphorus and potassium by inoculated maize were significantly increased; arbuscular mycorrhizal fungi inoculation enhanced the activity of acid phosphatase in the degraded soil, while microbial biomass in maize rhizosphere increased significantly; *Glomus aggregatum* (*G. a*) increased the infection rate of roots and hyphal density in maize rhizosphere. [Conclusion] Arbuscular mycorrhizal fungi is applicable to mining subsidence and will have a high ecological value.

Key words Coal mining area; Arbuscular mycorrhizal fungi; Subsidence; Maize

煤炭是我国最主要的能源物质,在我国社会经济高速发展过程中起着不可替代的作用。我国煤炭资源分布不平衡,呈东少西多的格局,且煤炭多分布在西部干旱半干旱区^[1]。西部地区生态环境较为脆弱,土壤沙化严重,生态系统一旦遭到破坏,在短时间内很难恢复。而煤炭开采导致大面积的地表沉陷,地表沉陷过程中往往会引起地表水分流失、土壤质地破坏和植物根系损伤等环境问题,严重影响着西部地区农业可持续发展^[2-5]。由于采煤塌陷区面积较大,采用物理化学手段和增加施肥来提高土地生产力很难实行,且成本较高。对采煤塌陷区土地来说,通过生物手段来改善土壤微环境,提高退化土壤生物多样性,从而提高塌陷地生产力,这种方法更加适合矿区塌陷地治理。丛枝菌根真菌(AMF)是一种普遍存在的内共生真菌,它能够和80%以上的陆生植物形成共生体。随着研究的不断深入,AMF的作用越来越广泛,AMF在促进植物生长、提高植物抗逆性和实现退化土壤改良方面起着至关重要的作用^[6-10]。笔者针对采煤塌陷地土壤贫瘠和作物产量低的特点,研究接种丛枝菌根真菌对玉米生长的影响和土壤微环境的改良效果,从而为矿区塌陷地的土地复垦与生态恢复提供一种微生物综合推广应用的模式,也为矿区建立持续稳定的生态系统奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验基地概况

基金项目 “十二五”国家高技术研究发展计划(863计划)(2013-AA102904);“十二五”国家科技支撑计划(2012BAC10B03)。

作者简介 王义(1969-),男,内蒙古鄂尔多斯人,工程师,硕士,从事矿区环境治理和生态建设方面的研究。*通讯作者,教授,博士,从事矿区废弃地生态治理方面的研究。

收稿日期 2013-09-27

塌陷区,地处生态环境脆弱的毛乌素沙漠边缘地区,属于干旱半干旱大陆性季风气候,降水量低,蒸发量是降雨量的6~7倍,全年多风、土壤风蚀、水蚀都非常严重。太阳辐射能极为丰富,气温偏高,降水量变率大,主要集中在夏季,有效降水保证率低。煤炭开采造成大面积地面塌陷,地表植被、地下水和土壤质地破坏严重。

1.2 试验材料 供试菌种为实验室增殖培养的内生菌聚丛球囊霉菌(*Glomus aggregatum*),简称 *G. a*。供试植物为玉米。

1.3 试验设计 试验共设计为两个小区,分别为接种 *G. a* 菌剂以及对照处理 CK。播种均采用穴播,株距为 30 cm,行距为 50 cm,接种菌剂处理时随种子撒入 20 g 菌剂。于 2009 年 5 月 1 日播种,2009 年 9 月 20 日收获。

1.4 样品采集 收获时,两块地分别按照等距“S”型采样法采集样品,每块地按照 2 m × 2 m 的面积,分别采集 15 个样点,包括植株株高、玉米鲜重、玉米秆叶鲜重;在玉米样方内,分别采集 200 g 新鲜玉米粒和秸秆,带回实验室烘干后测定干重。同时,采集玉米根际土样。

1.5 样品分析及测定 分别收获玉米秸秆和籽粒称其重量计算生物量。磷含量的测定采用磷酸钼锑抗比色法;速效钾含量采用 NH_4OAC 浸提法测定^[12];磷酸酶活性测定采用改进的 Tabatabai 和 Brimmer 方法^[13];微生物数量测定采用稀释平板计数法^[14];菌根侵染率和菌丝密度采用常规的方法测定^[15-16]。采用 LSD 法对两个处理进行多重比较,在 5% 水平下进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 接种菌根对玉米根系侵染率和菌丝密度的影响 丛枝菌根真菌和宿主植物之间能形成共生关系,促进植物的生长,提高植物的抗逆性。由图 1 可知,接种丛枝菌根能显著

提高玉米根系的侵染率,接种组(G. a)玉米根系侵染率比对照组(CK)高15%。研究发现,对照组玉米根系的侵染率也较高,说明沉陷区也存在大量的土著菌。根系侵染率反映菌根真菌和宿主植物之间的亲和程度,在神东矿区采煤塌陷区,水分缺失、土壤质地破坏限制植物生长,强化接种丛枝菌根有利于促进宿主植物生长,缓解了煤炭开采对植物生长造成的不利影响。

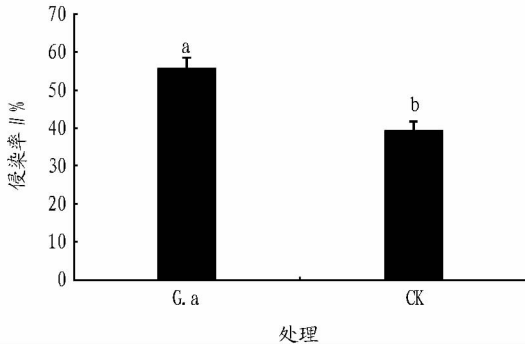


图1 接种菌根对玉米根系侵染率的影响

接种丛枝菌根真菌后,接种组玉米根际土壤中菌丝密度可比对照组高34.6%(图2)。菌丝长度反映了菌根在促进植物生长、营养吸收和抗逆性等方面的能力大小。菌丝生长较根系快,菌丝越长,越有利于根系对营养和水分的吸收和运输,促进植株生长和抗逆性。接种丛枝菌根组玉米根系土壤保持较高的菌丝密度,说明所选菌根适合在西部煤矿塌陷区推广应用。

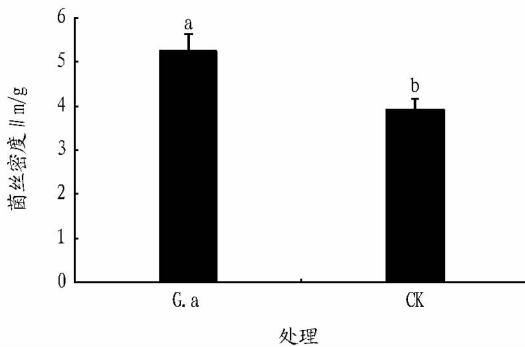


图2 接种菌根对玉米根系菌丝密度的影响

2.2 接种菌根对玉米生长的影响 接种丛枝菌根真菌有利于玉米植株干物质的积累,接种组玉米平均株高要高于对照组。由图3a可知,接种组玉米植株干重明显要高于对照组,且两者差异性显著,说明接种处理提高了玉米植株干物质的含量。接种组玉米籽粒干重明显高于对照组(图3b),这主要是由于接种菌根增强了玉米根系对土壤中水分和养分的吸收,更加有利于玉米生长和干物质的吸收。

2.3 不同处理对根际土壤酸性磷酸酶活性的影响 土壤的磷酸酶活性可以表征土壤中磷的肥力状况。接种菌根真菌可提高根际土壤酸性磷酸酶活性,和对照组相比差异性显著(图4)。在西部采煤塌陷区,由于干旱缺水,土壤沙化严重,土壤缺磷较为严重。磷元素是植物生长所需的必需元素之一,磷的缺失往往限制着植物的生长。接种菌根真菌可以增

加土壤磷酸酶的活性,促进土壤有机磷的水解,提高了采煤沉陷区贫瘠土壤磷元素的利用,缓解了缺磷对植物生长造成的不利影响。

2.4 不同处理对根际土壤速效磷和速效钾含量的影响 磷与钾元素是表征土地肥力的重要指标,是植物生长过程必需元素。磷与钾元素的含量越高,说明土地的矿质营养越好,对植物的生长有利。土壤中的营养元素含量也受到微环境以及植物本身的影响较大。由图5可知,接种丛枝菌根真菌明显降低了土壤中速效磷和速效钾的含量,和对照相比差异性显著,这可能是由于接菌处理促进了植物的生长,促进了植物根系吸收土壤中的磷、钾元素,将土壤更多的磷、钾元素转移到植物体内,使得G. a处理土壤中的P、K元素含量相对减少。

2.5 不同处理对植物根际微生物数量的影响 接种丛枝菌根真菌改善了玉米根际土壤微环境,提高了根际土壤中微生物数量,接种组真菌、细菌和放线菌数量都要高于对照组(表1)。这可能是由于丛枝菌根真菌分泌的球囊霉素相关蛋白对改变了土壤微环境,为贫瘠土壤提供了碳源,同时也可改善土壤的团聚性,有利于矿区退化土壤的改良,更加有利于玉米根际土壤中微生物的生长。

表1 不同处理下玉米根际土壤中微生物数量的变化

处理	真菌/ 10^2 cfu/g	细菌/ 10^5 cfu/g	放线菌/ 10^6 cfu/g
G. a	221.78 ± 78.52	476.28 ± 97.24	198.14 ± 32.90
CK	215.86 ± 60.18	475.31 ± 50.01	185.61 ± 55.09

3 讨论

随着工业化和城镇化的加速,我国的农业用地逐年减少,主要粮食作物依赖进口的幅度逐年加大,严重影响我国的粮食安全。为了保住18亿亩耕地的红线,必须合理利用土地,恢复被破坏的耕地,使其处于可垦状态^[17]。矿区土壤生态修复的主要目的是让被破坏的土地恢复到可利用的状态,恢复被破坏的生态环境,扩大农业用地面积,同时增加农作物的产量,缓解煤炭开采对作物生长造成的不利影响。当前,我国煤炭主要分布在西部干旱半干旱地区,而该区干旱少雨,水是该区复垦和生态重建的限制性因子。加之煤炭开采过程中往往会导致地表塌陷,从而引起土壤水分和养分流失、土壤质地破坏和作物根系损伤等一系列问题,严重影响作物的产量和西部地区农业的可持续发展。

对于西部矿区的农用地来说,土地生产力下降是限制农作物产量的关键所在。由于煤炭开采造成矿区土壤水肥流失严重,植物难以定植,而通过单一的施肥手段很难从根本上解决问题。针对矿区环境问题,最佳手段是通过生物的自我调节,实现土壤环境的自修复。丛枝菌根真菌广泛存在于自然界,大量的田间和室内模拟试验表明,丛枝菌根真菌能和玉米等粮食作物形成较好的共生关系,丛枝菌根真菌不但能促进植物根系对土壤水分、矿区元素等吸收,菌根还可改善土壤的微环境。丛枝菌根真菌分泌的球囊霉素相关蛋白不仅为贫瘠的土壤提供了碳源,同时能将土壤团粒束缚在一

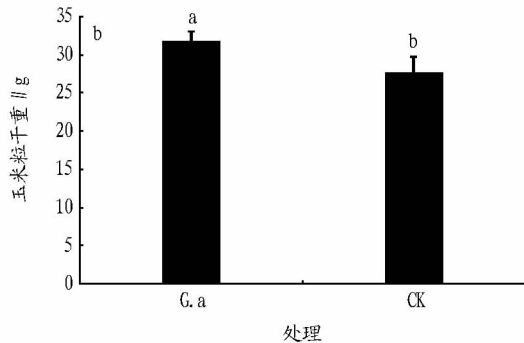
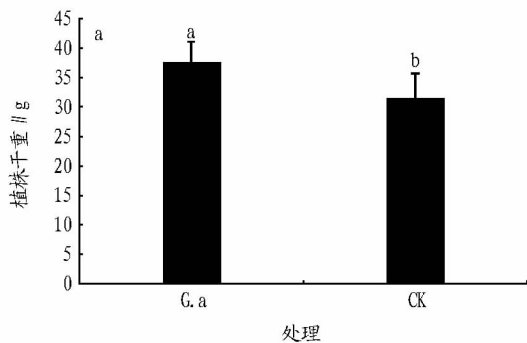


图3 接种菌根真菌对玉米生长的影响

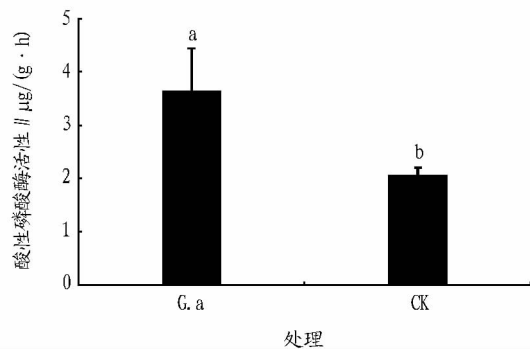


图4 接种菌根对根际土壤酸性磷酸酶的影响

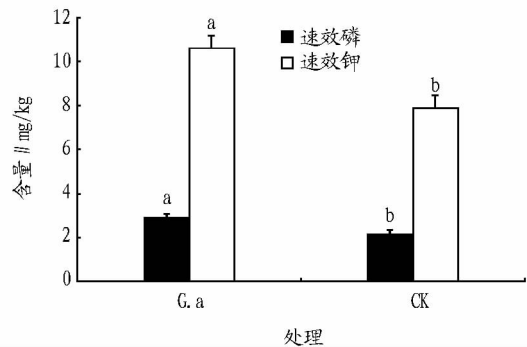


图5 接种菌根对根际土壤速效磷和速效钾含量的影响

起,增加了土壤的团聚性,对退化土壤具有较强的改良效应,这将是今后研究的重点方向^[18]。研究发现,在神东矿区采煤塌陷区,通过接种菌根真菌可在一定程度上缓解逆境对玉米生长造成的不利影响,提高作物的产量。基于菌根的上述特点,加之菌根所需投入成本小和生态价值高等优点,将从枝菌根应用于矿区农业生产中,这样不但能缓解西部地区作物产量低的问题,同时也改善了矿区的生态环境。

4 结论

(1) 接种菌根促进了玉米的生长,接种组玉米植株和籽粒干重增加显著,接种菌根有利于玉米干物质的积累。

(2) 接菌处理的菌根侵染率和菌丝密度都显著高于对照处理,且所选菌根真菌与植物建立互惠互利的共生关系要优于土著菌。该研究所选择的菌根真菌适合在西部采煤塌陷区推广应用。

(3) 接种菌根改善了玉米根际土壤的微环境,接菌处理

玉米根际土壤中微生物数量明显提高,根际酸性磷酸酶活性增加显著,同时也增强了植株对土壤中 K、P 等营养元素的吸收。

参考文献

- [1] 王显政. 中国煤炭工业面临的机遇与挑战[J]. 山西能源与节能, 2010(5): 4-6.
- [2] 王双明, 黄庆亨, 范立民, 等. 生态脆弱矿区含(隔)水层特征及保水开采分区研究[J]. 煤炭学报, 2010, 35(1): 7-14.
- [3] 张发旺, 赵红梅, 宋亚新, 等. 神府东胜矿区采煤塌陷对水环境影响效应研究[J]. 地球学报, 2007, 28(6): 521-527.
- [4] 外源钙与丛枝菌根真菌协同对玉米生长的影响与土壤改良效应[J]. 农业工程学报, 2013, 29(1): 109-116.
- [5] SINGH A N, SINGH J S. Experiments on ecological restoration of coal mine spoil using native trees in a dry tropical environment, India: A synthesis [J]. New Forests, 2006, 31(1): 25-39.
- [6] GEORGE E, MARSCHNER H, JAKOBSEN I. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in uptake of phosphorus and nitrogen from soil [J]. Critical Review of Biotechnology, 1995, 15(3/4): 257-270.
- [7] JAKOBSEN I, GAZEY C, ABBOTT L K. Phosphate transport by communities of arbuscular mycorrhizal fungi in intact soil cores [J]. New Phytologist, 2001, 149(1): 95-103.
- [8] 李晓林, 冯固. 丛枝菌根生态生理[M]. 北京: 华文出版社, 2001: 1-358.
- [9] PORCEL R, BAREA J M, RUIZ L J M. Antioxidant activities in mycorrhizal soybean plants under drought stress and their possible relationship to the process of nodule senescence [J]. New Phytologist, 2003, 157(1): 135-143.
- [10] RUIZ LOZANO J M, PORCEL R, AROCA R. Evaluation of the possible participation of drought-induced genes in the enhanced tolerance of arbuscular mycorrhizal plants to water deficit [M]//VARMA A. Mycorrhiza; State systematics, 3rd ed. Germany: Sorinaer-Verlag, 2008: 185-205.
- [11] 黄艺, 王东伟, 蔡佳亮, 等. 球囊霉素相关土壤蛋白根际环境功能研究进展[J]. 植物生态学报, 2011, 35(2): 232-236.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 2000.
- [13] 赵兰坡, 姜岩. 土壤磷酸酶活性测定方法的探讨[J]. 土壤通报, 1986, 17(3): 138-142.
- [14] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [15] Compiled by Microorganism Laboratory of Nanjing Institute of Soil Sciences, China Academy of Sciences. Study of soil microorganism [M]. Beijing: Science Press, 1985.
- [16] PHILLIPS J M, HAYMAN D S. Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection [J]. Trans Br Mycol Soc, 1970, 55: 158-161.
- [17] 张燕林. 中国未来粮食安全研究[D]. 成都: 西南财经大学, 2010.
- [18] 田慧, 刘晓蕾, 盖京苹, 等. 球囊霉素及其作用研究进展[J]. 土壤通报, 2009, 40(5): 1215-1220.
- [19] 宋培玲, 郝丽芬, 李欣州, 等. 丛枝菌根真菌特性及其提高植物抗病性的研究进展[J]. 内蒙古农业科技, 2013(3): 84-85, 106.