

扩繁条件对柠条土著 AM 真菌生长发育的影响

郭辉娟,李改丽

(河北大学 生命科学学院,河北 保定 071002)

摘要:利用盆栽试验,设置玉米(*Zea mays* L.)和三叶草(*Trifolium repens* L.)2种宿主植物和3种培养基质(沙土和农田土质量比分别为1:1,2:1和3:1),研究了宿主植物和培养基质对柠条(*Caragana korshinskii* Kom.)根围土著AM真菌生长发育的影响。结果表明:宿主植物为玉米,培养基质中沙土与农田土质量比为3:1时,AM真菌菌根侵染率、孢子密度、根内菌丝琥珀酸脱氢酶活性和菌根长度均为最高。说明以玉米为宿主植物,沙土与农田土质量比为3:1的盆栽基质对柠条根围土著AM真菌的生长发育最为有利。

关键词:宿主植物;培养基质;AM真菌;孢子密度;侵染率

中图分类号:Q948.11

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2012)12-0044-04

丛枝菌根(Arbuscular mycomlizal,AM)真菌是普遍存在于土壤中的一种共生真菌,能与绝大多数的陆生植物形成共生关系^[1]。研究表明,AM真菌能够改善宿主植物的营养状况,提高植物耐旱、耐盐碱和重金属污染的能力,促进植物的生长发育,其在根外形成的庞大菌丝网络和分泌的球囊霉素能够稳定和改良土壤结构。因此AM真菌在农业、林业、园艺和环境保护等方面具有广

阔的应用前景^[2-3]。

AM真菌是一种严格的共生真菌,不能在培养基上进行离体培养,只能通过与植物共生的方法进行繁殖。盆栽培养法是最传统和经济可靠的AM真菌培养方法。宿主植物和培养基质是影响AM真菌侵染和产孢的重要因素^[4-5]。关于AM真菌菌剂生产中宿主植物和培养基质的选择,国内外进行了一定的研究^[6-7]。但是植物与AM真菌之间的共生关系具有一定的相互选择性,不同AM真菌菌剂的适宜培养基质也有很大差异。现选取玉米和三叶草2种宿主植物,研究了不同宿主植物和培养基质对柠条根围土著AM真菌生长发育的影响,探讨适合柠条根围土著AM真菌生长发育的宿主植物和培养基质,为AM真菌菌剂的生产提供科学依据。

收稿日期:2012-10-08

基金项目:保定市科学技术研究与发展指导计划资助项目(11ZN032)

第一作者简介:郭辉娟(1975-),女,河北省栾城县人,讲师,硕士,从事植物及菌根生态学研究。E-mail: guohuijuan2000@126.com。

Regulating Effect of Potassium on the Yield and Quality of Sunflower

WANG Wen-jun, LI Cen, LIANG Chun-bo, ZHOU Fei, WANG Jing, GUO Yong-li, CHEN Hui-rong

(Institute of Industrial Crops, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086)

Abstract: In order to scientifically and rationally use of potassium to further improve the yield and quality of sunflower, the experiment was conducted to observe the effect of the different amount of potassium fertilizer on sunflower agronomic traits, yield potential, economic benefit and quality traits. The results showed that potassium fertilizer application not only increased seed weight per plant and 100-seed weight, but also improved seed setting rate of sunflower, but had little effect on the husk content, potassium fertilizer application could effectively improve the oil and the protein content of sunflower and reduce the rate of worm-eaten, but didn't have a significant effect on moisture content. Taking the effect of potassium on main agronomic traits, yield, economic benefit and quality into account, potassium dosage in 250~350 kg·hm⁻² was more appropriate, the yield increase rate of T7 treatment was 50.68% compared with the control, and economic benefit was the highest, while the agronomic traits and quality were also good.

Key words: sunflower; potassium fertilizer; yield; quality

(该文作者还有张明和李晓明,单位同第一作者)

1 材料与方法

1.1 材料

供试三叶草和玉米种子购自保定农资市场,播种前用 75% 酒精消毒 10 min。将河沙和保定市东郊农田土(褐土)分别过 2 mm 筛,经 121℃ 高压蒸气间歇灭菌 2 次,取出放置 7 d 备用。接种菌剂为内蒙古荒漠柠条(*Caragana korshinskii* Kom.) 根围土。盆栽容器为 13.0 cm×11.0 cm×9.0 cm 的塑料盆,用前在 0.1% KMnO₄ 溶液中浸泡,再用水洗净后晾干。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验设 3 种培养基质[沙土与农田土的比例(质量比)分别为 1:1, 2:1 和 3:1]。基质的理化性质见表 1。同一基质条件下,设 2 种宿主植物,玉米(*Zea mays* L.)和三叶草(*Trifolium repens* L.)。共 6 个处理,每个处理设 4 个重复。每盆装土 950 g,每盆层施菌剂 60 g,2012 年 3 月 1 日播种。出苗后 7 d 定苗,玉米每盆 3 棵,三叶草每盆 30 棵。试验在河北大学植物玻璃温室中进行,自然光照。培养期间,正常管理。

1.2.2 测定项目与方法 2012 年 5 月 20 日收获植株,将地上部和地下部分开,取部分根样测定菌根侵染率、根内菌丝琥珀酸脱氢酶和根系活力,其余根样和地上部烘干测定干重,粉碎后测定全磷和可溶性糖含量。收获植株后的每盆基质土都分别混匀风干,过 2 mm 筛,测定孢子密度。

土壤有效磷用 Olsen 法测定,有效氮用碱解扩散法测定,有机质用重铬酸钾硫酸外加热法测定,土壤 pH 用电位法测定,植物全磷用钒钼黄比色法测定^[8]。可溶性糖用硫酸蒽酮法测定,根系活力采用 TTC 法^[9]。菌根侵染率按 Phillips 和 Hayman 方法^[10]测定,以侵染根段占总根段的百分比为菌根侵染率。菌根长度为根系总长与菌根侵染率的乘积。琥珀酸脱氢酶活性按 Smith^[11]等方法测定。用湿筛倾析-蔗糖离心法分离 AM 真菌孢子,在体视显微镜下记录孢子数量^[12]。

1.2.3 数据分析 应用 SPSS 17.0 软件对试验数据进行统计分析,以 Duncan 多重比较法检验各处理平均值间差异的显著性, Pearson 法做相关性分析。

表 1 基质的基本理化性质

Table 1 Soil physicochemical property of culture substrates

培养基质 (沙土与农田土质量比) Culture substrate	有效氮/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ Available nitrogen	有效磷/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ Available phosphorus	有机质/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ Organic matter	pH
1:1	21.04	7.47	9.91	8.13
2:1	16.75	5.60	7.27	8.08
3:1	14.60	4.83	6.08	8.05

2 结果与分析

2.1 宿主植物和培养基质对 AM 真菌生长发育的影响

由表 2 可知,培养基质相同条件下,玉米根围 AM 真菌孢子密度、菌根侵染率、菌根长度显著高

于三叶草,根内菌丝琥珀酸脱氢酶活性则相反。宿主植物相同条件下,培养基质(沙土与农田土的质量比为 3:1)的菌根侵染率、菌根长度和根内菌丝琥珀酸脱氢酶活性均显著高于其它基质,但是孢子密度无显著差异。

表 2 宿主植物和培养基质对 AM 真菌生长发育的影响

Table 2 Effects of host plants and culture substrates on the growth and development of AM fungi

宿主植物 Host plant	培养基质 (沙土与农田土质量比) Culture substrate	1 g 土中孢子密度/个 Spore density per 1 g soil	菌根侵染率/% Mycorrhizal colonization rate	根内琥珀酸脱氢酶活性/% Succinic dehydrogenase activity in root	菌根长度/cm Mycorrhizal length
玉米 <i>Zea mays</i> L.	1:1	4.12 bc	52.20 c	16.66 a	7.51 c
	2:1	4.18 bc	65.57 d	21.11 ab	6.99 ab
	3:1	4.40 c	75.57 e	37.78 d	9.01 d
三叶草 <i>Trifolium repens</i> L.	1:1	2.80 ab	22.32 a	26.67 bc	5.14 a
	2:1	2.60 a	27.00 a	34.44 cd	5.01 a
	3:1	3.10 ab	34.43 b	48.89 e	6.08 ab

注:同一列数据中字母不同者表示在 5% 水平上差异显著。下同。

Note: Data with different letters in the same column indicate significant difference at 5% level. The same below.

2.2 宿主植物的生长状况比较

由表 3 可知,培养基质相同的条件下,玉米的地上部干重和地下部干重显著高于三叶草,但后

者的根系活力显著高于前者。沙土和农田土的质量比为 2:1 时,玉米和三叶草的地上部干重、地下部干重和根系活力均为最高。

表 3 不同宿主植物的生长状况

Table 3 Growth condition of different host plants

宿主植物	培养基质 (沙土与农田土质量比)	地上部干重/ g·盆 ⁻¹	地下部干重/ g·盆 ⁻¹	根系活力/ μg·g ⁻¹ ·h ⁻¹
Host plant	Culture substrate	Shoot dry weight	Root dry weight	Root activity
玉米	1:1	7.52 b	2.79 b	243.26 a
<i>Zea mays</i> L.	2:1	8.62 c	2.89 b	411.95 a
	3:1	6.89 b	2.55 b	301.00 a
三叶草	1:1	2.21 a	0.47 a	1065.09 b
<i>Trifolium</i> L.	2:1	2.09 a	0.66 a	1353.96 c
<i>repens</i>	3:1	1.67 a	0.43 a	1183.40 bc

2.3 宿主植物可溶性糖和全磷含量分析

由表 4 可知,沙土与农田土质量比为 1:1 时,玉米地上部和地下部全磷含量、地上部可溶性糖含量显著高于三叶草,地下部分的可溶性糖含量没有显

著差异。沙土与农田土的质量比为 2:1 时,玉米和三叶草的地上部、地下部可溶性糖含量均高于其它 2 种培养基质。沙土与农田土的质量比为 3:1 时,玉米和三叶草的地上部、地下部全磷含量最高。

表 4 不同宿主植物可溶性糖和全磷含量比较

Table 4 Comparison on content of soluble sugar and total phosphorus in different host plants

宿主植物	培养基质 (沙土与农田土质量比)	地上部 Shoot		地下部 Root	
		可溶性糖/mg·g ⁻¹	全磷/μg·g ⁻¹	可溶性糖/mg·g ⁻¹	全磷/μg·g ⁻¹
Host plant	Culture substrate	Soluble sugar	Total phosphorus	Soluble sugar	Total phosphorus
玉米	1:1	18.93 b	2.34 cd	11.07 a	2.72 c
<i>Zea</i>	2:1	22.71 c	2.26 bcd	14.65 c	1.98 b
<i>mays</i> L.	3:1	22.07 c	2.56 d	12.34 bc	3.02 c
三叶草	1:1	10.49 a	0.89 a	10.91 a	1.11 a
<i>Trifolium</i>	2:1	10.82 a	1.67 b	13.35 bc	1.07 a
<i>repens</i> L.	3:1	10.78 a	1.84 bc	12.08 bc	1.17 a

2.4 相关性分析

由表 5 可知,地下部可溶性糖、地下部全磷、

地上部干重和地下部干重均与菌根侵染率、孢子密度、菌根长度呈极显著正相关关系。

表 5 相关性分析

Table 5 Correlation analysis

	地下部可溶性糖 Root soluble sugar	地下部全磷 Root total phosphorus	地下部干重 Root dry weight	地上部干重 Shoot dry weight
菌根侵染率 Mycorrhizal colonization	0.934 **	0.826 **	0.848 **	0.861 **
孢子密度 Spore density	0.707 **	0.655 **	0.692 **	0.761 **
菌根长度 Mycorrhizal length	0.748 **	0.760 **	0.709 **	0.691 **

注: ** 表示两者之间在 $P < 0.01$ 水平上有极显著相关。

Note: ** mean extremely significant difference at $P < 0.01$.

3 结论与讨论

在菌根共生体系中,AM 真菌为植物提供矿物质营养,宿主植物为 AM 真菌提供碳水化合物。宿主植物生长状况、光合作用效率和碳素分配不同,能提供给 AM 真菌的碳水化合物量不同,这势必会影响到 AM 真菌的生长发育^[13-14]。该试验结果表明,培养基质相同条件下,以玉米为宿主植物的孢子密度、菌根侵染率和菌根长度显著高于三叶草。玉米的地上部和地下部干重显著高于

三叶草,并且根系发达,光合作用能力较强,能为 AM 真菌提供更多的碳水化合物,更适合作为 AM 真菌扩繁的宿主植物。

基质是繁殖 AM 真菌菌剂的支持物,它的类型,通气状况和肥力等直接影响 AM 真菌对宿主植物的侵染和孢子产生。一般认为,速效磷含量较低、透气性良好的基质更适合 AM 真菌的生长发育^[15]。有的研究将基质改为质量轻而干净的蛭石和珍珠岩等其它介质,但很多人还是用简单易得的沙和土按不

同比例混合后作为培养基质。该试验研究表明,沙土与农田土的质量比为 3:1 时,AM 真菌菌根侵染率、菌根长度和根内菌丝琥珀酸脱氢酶活性均显著高于其它两种基质。沙土与农田土质量比为 3:1 的基质透气性良好,土壤肥力较低,因此适于作柠条根围土著 AM 真菌的扩繁基质。

该研究表明 AM 菌根侵染率、孢子密度与地下部可溶性糖含量极显著正相关,这与很多研究结果一致^[16]。AM 真菌消耗的碳水化合物可占宿主植物所同化的碳水化合物的 5%~20%,地下部可溶性糖含量与 AM 真菌的生长发育密切相关,尤其根中碳水化合物水平对孢子含量具有重要的影响^[17-18]。

综上所述,玉米作为宿主植物,盆栽基质中沙土与农田土的质量比为 3:1 时,最有利于柠条根围土著 AM 真菌的生长繁殖。

参考文献:

- [1] Koide R T, Mosse B A. History of research on arbuscular mycorrhiza[J]. *Mycorrhiza*, 2004, 14: 145-163.
- [2] 贺学礼,高露,赵丽莉. 水分胁迫下丛枝菌根 AM 真菌对民间勤绢蒿生长和抗旱性的影响[J]. *生态学报*, 2011, 31(4): 1029-1037.
- [3] Wu Qiangsheng, He Xinhua, Zou Yingning, et al. Spatial distribution of glomalin-related soil protein and its relationships with root mycorrhization, soil aggregates, carbohydrates, activity of protease and β -glucosidase in the rhizosphere of *Citrus unshiu* [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2012, 45: 181-183.
- [4] Gianinazzi S, Vosátka M. Inoculum of arbuscular mycorrhizal fungi for production systems: science meets business[J]. *Canadian Journal of Botany*, 2004, 82: 1264-1271.
- [5] 温莉莉,梁淑娟,宋鸽. 丛枝菌根(AM)真菌扩繁方法的研究进展[J]. *东北林业大学学报*, 2009, 37(6): 92-96.
- [6] 龙良鲲,姚青,羊宋贞,等. 扩繁条件对 2 种 AMF 菌剂接种势的影响[J]. *微生物通报*, 2007, 34(2): 204-207.
- [7] 陈宁,王幼珊,蒋家珍,等. 培养基质对丛枝菌根(AM)真菌生长发育的影响[J]. *农业工程学报*, 2007, 23(2): 205-207.
- [8] Phillips J M, Hayman D S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection[J]. *Transactions of the British Mycological Society*, 1970, 55: 158-161.
- [9] Smith S E, Gianinazzi-Pearson V. Phosphate uptake and vesicular arbuscular activity in mycorrhizal *Allium cepa* L. Effect of Photon irradiance and phosphate nutrition[J]. *Australian Journal of Plant Physiology*, 1990, 17: 7-188.
- [10] 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: 105-281.
- [11] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 67-101.
- [12] Ianson D C, Allen M F. The effects of soil texture on extraction of vesicular arbuscular mycorrhizal spores from arid soil[J]. *Mycologia*, 1986, 78: 164-168.
- [13] Tahat M M, Kamaruzaman S, Radziah O, et al. Plant host selectivity for multiplication of *Glomus mosseae* spore[J]. *International Journal of Botany*, 2008, 4: 66-470.
- [14] 孙向伟,王晓娟,陈牧,等. 生态环境因子对 AM 真菌孢子形成与分布的作用机制[J]. *草业学报*, 2011, 20(1): 214-221.
- [15] 石兆勇,刘润进,李瑞卿. 栽培基质与 AM 真菌对园艺作物的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2002, 10(2): 50-52.
- [16] 陈宁,王幼珊,李晓林,等. 宿主植物栽培密度对 AM 真菌生长发育的影响[J]. *菌物系统*, 2003, 22(1): 88-94.
- [17] 姚青,胡又厘,廖金才,等. 宿主植物的栽培密度对 AM 真菌孢子产量的影响[J]. *华南农业大学学报*, 2007, 28(1): 14-17.
- [18] Leake J R, Johnson D, Donnelly D, et al. Networks of power and influence: the role of mycorrhizal mycelium in controlling plant communities and agroecosystem functioning[J]. *Canadian Journal of Botany*, 2004, 82: 1016-1045.

Effects of Propagation Condition on Growth and Development of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in the Rhizosphere of *Caragana korshinskii*

GUO Hui-juan, LI Gai-li

(Life Sciences College of Hebei University; Baoding, Hebei 071002)

Abstract: The effects of different host plants (*Zea mays* L. and *Trifolium repens* L.) and culture substrates (the mass ratio of sand to soil was 1:1, 2:1 and 3:1, respectively) on growth and development of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi in the rhizosphere of *Caragana korshinskii* were studied using pot experiment. The results showed that mycorrhizal colonization, spore density, succinate dehydrogenase activity of intraradical hypha and mycorrhizal length were the highest when the host plant was *Zea mays* under the substrate (mass ratio of sand to soil was 3:1). Therefore, *Zea mays* as host plant and culture substrate (mass ratio of sand to soil was 3:1) were the best for the growth and development of indigenous AM fungi in the rhizosphere of *C. korshinskii*.

Key words: host plant; culture substrate; arbuscular mycorrhizal fungi; spore density; mycorrhizal colonization