

文章编号 :1003-8701(2003)02-0041-03

菌根及其在植物吸收矿质元素营养中的作用

马 琼 ,黄建国

(西南农业大学微生物研究所 ,重庆 400716)

摘 要 :菌根是菌根真菌与植物形成的共生体。论述了菌根的不同类型及菌根与寄主植物氮、磷元素营养吸收的关系。

关键词 :菌根 ;真菌 ;植物 ;矿质营养

中图分类号 :S144

文献标识码 :A

菌根真菌遍布于自然生态系统中 ,并与大多数植物形成共生联合体。近年来许多研究表明 ,植物对矿质元素的吸收受这种共生关系的影响很大。虽然矿质元素在植物体内含量不高 ,但只有当矿质元素达到一定浓度时 ,作物才生长良好。矿质元素缺乏和过量均会影响作物生长 ,减少产量 ,降低品质。

1 真菌与植物形成共生关系

菌根真菌在农业生态系统中分布广泛 ,据估计 ,世界上高等植物 95% 以上的种属具有菌根的科。能与植物形成菌根的真菌有接合菌纲 (*Zygomycetes*) 子囊菌纲 (*Ascomycetes*) 和担子菌纲 (*Basidiomycetes*) 的真菌。传统上据解剖学特征将菌根分为外生菌根 (ECM) 和内生菌根 (VA) 及其它类型的菌根 ,典型的内生菌根有杜鹃花菌根 (*Ericaceousmycorrhizae*) 和兰科植物的菌根 (*Orchidaceousmycorrhizae*) ,但分布最广泛的还是泡囊-丛枝菌根 (*Vesicular-arbuscular mycorrhizae*) ,又称 VA 菌根。在自然生态系统中 80% 的维管属植物具有 VA 菌根 ,VA 菌根的典型特征是在宿主植物根细胞中形成泡囊和丛枝结构 ,近来年研究发现巨囊霉亚目 (*Gigasporineae*) 的真菌与植物形成共生时 ,根内不形成泡囊 ,但丛枝是这类共生体共有的特征。外生菌根是真菌菌丝侵入到根部细胞间隙形成的哈蒂氏网 ,并在根表交织成套状体——菌套。

无论是外生菌根还是内生菌根 ,除部分真菌菌丝在根表形成菌丝套或进入根皮层细胞内形成泡囊丛枝外 ,还有大量的菌丝生长在植物根际土壤中 ,形成根外菌丝网 ,扩大了植物根的吸收面积 ,增强了植物对矿质元素、水分的吸收能力 ,并在根际生态系统中起重要作用。另一方面 ,真菌也通过植物的根获得碳水化合物及其它营养物质 ,从而形成营养上的共生关系。

2 菌根与宿主植物磷营养的效应

真菌与植物共生关系形成后 ,无论是外生菌根还是内生菌根均有利于植物对磷的吸收。菌根对水溶性磷的吸收主要是通过缩短磷离子扩散到植物根的距离、扩大土壤体积的吸收范围以及增加土壤吸收面积完成的。植物根系对磷的吸收使根周围出现磷的亏缺区 ,亏缺区宽度为 1~2 mm ,而土壤磷的空间有效性往往是限制植物吸收磷的关键因素。菌丝向根外土

收稿日期 :2002-12-02 ; 修回日期 :2003-02-26

作者简介 :马 琼 (1979-) ,女(土家族) ,湖北省恩施州人 ,西南农业大学微生物专业硕士研究生 ,从事菌根研究。

壤中广泛分枝伸展,穿过磷亏缺区,吸收利用对根本身是空间无效的那部分磷,通过菌丝运输到寄主植物的根系。其运输过程为:磷酸盐进入菌丝后在液泡中形成聚磷酸盐,然后通过菌丝的分泌作用或丛枝被消化后将磷释放出来,转移到宿主体内,限制植物从土壤中吸收磷酸盐的关键因素是磷酸盐向植物根部的运输速度,而不是在根表面的吸收速度。值得注意的是,植物体内磷主要以无机磷形式运输,移动速率小,而在菌根菌丝内磷则以聚磷酸盐颗粒形式运输,运输速率很高。

实验证明,VA菌根可促进果树、作物、牧草、蔬菜等多种植物对磷的吸收。在介质中磷酸盐浓度低时,菌丝比宿主对土壤溶液有更大的亲和力(低 K_m 值),土壤磷浓度过高时,菌根侵染率也低。Antunes(1991)研究表明,在灭菌土中施用0和50 mg/kg可溶性磷时,接种VA真菌使柑橘幼苗对磷的吸收明显增加,施100 mg/kg可溶性磷时,接种真菌的与不接种的相当,施200 mg/kg可溶性磷时,菌根植株比非菌根植株磷含量显著降低。

pH也是影响土壤磷有效吸收的重要因素之一。土壤pH影响菌根真菌的分布和VA菌根的形成,也对根系的分泌作用产生影响。Nurlaeny等把菌根真菌接种到生长在热带酸性土壤的植物上,发现植株根系的干重明显增加,单位根长吸收的有效磷也增加得多。

一般认为菌根不能利用难溶性磷,但菌根真菌与根瘤菌、放线菌等混合接种后,对植物的磷营养会产生协同效应,特别是与磷细菌的协同作用报道特别多。Raj等研究证明,VA菌根真菌与磷细菌混合接种后可提高宿主植物对磷的吸收力,从而促进植物生长,其中VA真菌的作用是增加了可溶性磷的吸收,但不增加不可利用状态磷的可溶性,而磷细菌使更多的磷变为可溶状态,这是由于真菌较好的贴近土壤颗粒。Tinker也提出,菌根性植物能缩短任何岩石磷酸盐颗粒与吸收表面的距离,以此更有效的利用磷酸盐。

3 菌根与植物氮元素营养的关系

VA菌根可促进植物对氮的吸收。据报道,VA菌根真菌可通过合成谷氨酰胺的途径同化 NH_4^+ 为根外菌丝直接吸收铵提供了依据。Ames等通过标记实验证明,VA菌根真菌能够从根外数厘米远的土壤中吸收 NH_4^+ ,并运输到植物芹菜中。此外,VA菌根可促进豆科植物根瘤菌的生长发育,增加根瘤数量,提高固氮能力。豆科植物通常既具有根瘤菌,又形成VA菌根,根瘤菌的生长发育需要P、Cu、Zn等元素,而VA菌根可以增加植物对上述元素的吸收,从而促进根瘤菌的生长发育,提高固氮能力。在既缺磷又缺氮的土壤盆栽豆科植物,不接种菌根处理的接瘤量和固氮酶活性都比双接种处理的植物低。程桂荪认为,在缺磷土壤中接种*Rhizobium*和VA后,种植三叶草(*Trifolium alexandrinum*),混合接种既提高了宿主的磷营养,又使固氮能力持久的发挥作用。Fitter和Gardaye也提出,在缺磷土壤中,丛枝菌根可以提高磷吸收,植物中较高的磷浓度又有益于细菌共生体和它的固氮活性,从而促进固氮,也促进菌根的发展。

4 菌根对其它矿质元素即微量元素吸收的影响

除P外,菌根对Zn、Cu、Fe、Mn、Ca、S、B等元素也有影响。Clark等证明,在酸性土壤中,Ca、Mg、Zn和Cu等元素的有效浓度是比较低的,菌根能增加酸性土壤中这些元素的有效浓度。VA菌根在植物微量元素营养的作用中对锌和铜的促进作用最为普遍。自然条件下,缺锌的植物种类比缺铜的植物种类多,因此菌根对植物锌营养更为重要。由于缺磷土壤中施磷量的增大,会诱导植物体内锌浓度的下降,严重时导致植物缺锌,即“高磷诱导缺锌”的现象,原因可能是因为植物体内含磷量的增加会增强根细胞膜的稳定性,从而减少根分泌物的数

量,使菌根真菌得不到侵染所需的营养及能源物质,导致菌根侵染率下降。而根外菌丝数量的减少又降低了菌丝为植物吸收运输土壤中锌的数量,就会导致植物缺锌。

一些外生菌根在土壤中可释放一些活化物质,如高铁载体、其它配位剂或一些酚类化合物,这类外生菌根侵染的松树,其根部含铁量比无菌根植物根系高。Treeby 认为,在酸性条件下菌根真菌对寄主铁营养更大。

菌根真菌也可通过改变菌根根际土壤环境,影响植物对微量元素的吸收。菌根根际环境的变化在植物吸收锰的方面颇为明显,当锰的有效性低时,菌根的侵染可改善植物锰营养,例如接种菌根菌明显提高了宿主植物 *Poncirus trifoliata* 叶片中锰的浓度,而在锰的有效性高时,菌根侵染具有降低植物体内锰的浓度,从而减轻锰的毒害作用。造成上述结果的原因,可能是真菌侵染植物后植物根系分泌物的作用不同而引起的。

菌根对 K 营养的作用,不同学者报道不一,但有研究表明菌根对 K 的吸收有一定促进作用。

也有一些实验表明,菌根并不影响植物体内微量元素的含量,因为菌根对微量元素的效应受多种因子的影响,如植物品种和基因型、土壤的酸碱性、土壤温度、土壤营养元素的有效性、土壤类型以及土壤中生物的类型均会影响菌根对植物吸收微量元素的作用。目前不同学者对菌根的报道不一,有正效应也有负效应,菌根对植物吸收微量元素的作用是菌根直接和间接的中和结果,有必要进一步研究。

总之,菌根对植物矿质元素吸收和利用有很大的影响,菌根不仅增加了植物体内的含磷量和吸收量,而且对 Zn、Cu 的吸收有一定的促进作用。菌根可通过菌丝直接吸收或通过影响根分泌物或与根际微生物共同作用,增加寄主植物对矿质元素吸收。当土壤溶液的矿质元素浓度高时,菌根可以缓和毒性作用来保护植物免受伤害。然而,菌根对植物矿质元素特别是微量元素平衡的效应还未达成共识,因为菌根效应受很多因素的影响,虽然菌根真菌在农业土壤中分布广泛,但由于 VA 菌根不能立体培养,目前还不能大规模的控制菌根侵染来控制植物良好生长或提高作物产量,但通过菌根改善植物矿质元素仍是研究的热点。因此,菌根真菌在农林生产中有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 李晓林,曹一平. VA 菌根吸收矿质养分的机制,植物根际生态学与根病生物防治进展[M]. 北京: 中国出版社, 1990.
- [2] 张俊伶,李晓林. 菌根在植物吸收微量元素营养中的作用,植物根际生态学与根病生物防治, 1984, 4(35):435-437.
- [3] 赵之伟. VA 菌根在植物生态学研究中的意义[J]. 生态学杂志, 2001, 20(1): 52-54.
- [4] 李晓林,姚青. VA 菌根与植物的矿质营养[J]. 自然科学进展, 2000, 10(6): 524-526.
- [5] 王曙光,林先贵,施亚琴. 丛枝菌根与植物抗逆性[J]. 生态学杂志, 2001, 20(3): 27-30.
- [6] 齐国辉,刘素台,吴会军. VA 菌根真菌与植物共生生理效应研究现状及进展[J]. 河北林果研究, 1999, 14(2): 182-183.
- [7] 李晓林,曹一平. VA 菌根菌丝对三叶草固氮的影响[J]. *New phytol*, 1985, 99: 211-227.
- [8] 刘润进,罗新书. VA 菌根对中国樱桃实生菌营养和生长的影响[J]. 莱阳农学院学报, 1988, 5(1): 6-13.
- [9] 刘柏玉,雷泽周. VA 菌根对蚕豆吸收铝、磷营养的研究[J]. 土壤学报, 1992, 29(3): 290-295.
- [10] 赵忠,王真辉. 真菌与根际微生物间的关系及其对宿主植物的影响[J]. 西北林学院学报, 2001, 16(4): 70-75.

Mycorrhizae and Their Effects on Mineral Nutrients of Plants

MA Qiong, HUANG Jian-guo

(Microbiology Institute of Southwest Agricultural University, Chongqing 400716, China)

Abstract: Mycorrhiza is the symbiont of plant and mycorrhizal fungus. We reviewed the types of mycorrhizae and relations between mycorrhizae and the uptake of mineral nutrients (especially nitrogen and phosphorus) of plants in this paper.

Key words: Mycorrhizae; Fungi; Plants; Mineral nutrients