

VA 菌根与植物矿质营养的研究进展

郝会军, 刘英, 王洪波, 丁雪珍 (潍坊职业学院, 山东潍坊 261031)

摘要 VA 菌根在农业生态系统中分布广泛, 它能和绝大多数农作物、园艺作物、蔬菜作物和牧草共生, 为这些植物提供大量矿物养分, 并在根际生态系统中起着多种重要作用。简述 VA 菌根与植物营养的关系。

关键词 VA 菌根; 矿物质营养; 研究

中图分类号 Q945 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)04-00978-02

Research progress of VA-mycorrhizal Fungi and Mineral Nutrition of Plant

HAO Hui-jun et al (Weifang Vocational College, Weifang, Shandong 261031)

Abstract VA-mycorrhizal fungi is widespread in the agricultural ecosystem. It can accrete the majority of the crops, the horticultural crop, the vegetable crops and the forages. It can offer a large number of the mineral nutrition for those plants. It plays a very important role in the rhizosphere ecosystem. This paper made a brief survey of the relationship between VA-mycorrhizal fungi and the plant nutrition.

Key words VA-mycorrhizal fungi; Mineral nutrition; Study

植物根系分泌的糖类能源物质、氨基酸, 还有植物根系细胞的脱落物, 为土壤中许多微生物生长提供了一个良好的生态环境, 有些微生物甚至和菌根形成了一种互惠的共生关系。自从1885年德国的生物学家Frank发现菌根以来, 人们对它已进行了广泛的研究。菌根真菌在农业生态系统中分布广泛, 包括内生菌根(Endomycorrhizae), 外生菌根(Ectomycorrhizae)两大类型。它们可以和自然界中绝大多数的高等植物共生。典型的内生菌根有兰花菌根(Orchidaceous mycorrhizae)、欧石楠菌根(Ericaceous mycorrhizae)和杜鹃花菌根(Ericaceous mycorrhizae), 但分布最广的还是泡囊—丛枝菌根(Vesicular-arbuscular mycorrhizas, 简称VA菌根)。其典型特征是在宿主植物根皮的皮层细胞中形成泡囊和丛枝结构。VA菌根能和绝大多数农作物、园艺作物、蔬菜作物和牧草共生, 为这些植物提供大量矿物养分, 并在根际生态系统中起着多种重要作用。

1 VA 菌根与磷素营养

VA菌根能够促进植物的生长已为众多试验所证实, VA菌根促进植物生长的效应是由于菌根改善了磷素营养的结果。在一定的条件下, 菌根可以改善植物的生长状况, 但改善的程度要取决于土壤的供磷水平。在有效磷含量较低的土壤上, 根菌显著促进植株的生长, 而在含磷水平高的土壤上, 菌根对植株生长无明显效果^[1]。在生产实践中, 接种菌根已成为提高贫瘠土壤上某些作物产量的技术措施, 在利用有限土肥资源方面具有很大的潜力^[2-4]。

VA菌根通过直接作用和间接作用促进植物磷的吸收。所谓直接作用是指根外菌丝直接吸收养分并运输给宿主植物的作用。间接作用是指由于菌根菌对宿主植物的侵染改变了其根系的形状及生理生化性状, 从而提高根系对土壤养分的摄取能力^[5]。但是由于以前的绝大多数营养试验中都让菌根菌与宿主植物根系生长在同一土壤介质中^[6], 因而不能定量区分这两种作用。近年来分室隔网方法的建立为这一问题的解决奠定了基础。李晓林等以白三叶草为指示植物研究了VA菌根菌根外菌丝的吸磷潜力, 试验结果充分体

现了菌根菌丝直接吸收土壤磷的巨大潜力^[7]。

磷是土壤中移动性较小的养分元素, 磷在土壤中主要是通过扩散途径到达根系表面的。根系感染菌根真菌后, 由于外生菌丝的生长、延伸增加了与土壤的接触位点, 同时根外菌丝数量、长度的增加, 减少了磷的扩散距离, 以及空间分布的扩展扩大了根际范围, 增加了吸收表面积, 而吸收表面积的增加又是菌根增加植物吸磷量的主要原因, 这就更大范围的使原来在空间上对作物无效的磷变为有效磷, 扩大了吸收磷的区域。再者, 菌丝的直径通常比根毛的直径小, 在养分吸收方面有两个显著优点: 第一, 就单位体积或重量的吸收表面积来说, 菌丝比根毛大的多; 第二, 菌丝能伸展到根毛不能进入的紧实土壤中的孔隙部分, 吸收利用其中的磷, 从而缓解宿主植物的缺磷状况^[8]。另外, 有菌根植物的根比无菌根植物的根具有更快的吸收速率, 这是由于菌丝与磷酸盐的亲合力比植物根系大, 并且具有较低的吸收临界浓度。人们还发现菌根真菌能够改变土壤养分的形态和化学有效性, 进而改善植物生长环境, 增加植物养分吸收, 促进植物生长; 菌根能改善土壤结构, 菌根植物生长的土壤水稳性团聚体、土壤孔隙度和土壤水渗透势比无菌根植物生长的土壤均有所改善。

2 VA 菌根与氮素营养

VA菌根能够改善宿主植物的氮素营养状况。菌根可以直接吸收土壤中的氮素, 这早在1983年Ames等通过¹⁵N标记试验就已证明。另外, 菌根可以间接改善植物的磷素营养状况, 进而促进植物对氮素的吸收、促进有根瘤的豆科植物的固氮作用。含VA菌根菌和根瘤菌的接种剂是豆科植物有效的生物肥料, 根瘤固定大气中的氮素的效率的高低很大程度上取决于植物磷素营养状况, 而根菌的侵染可为植物提供大量磷素, 保证了固氮作用对磷的需求, 维持了固氮酶活性^[9], 从而为植物生长提供充足的氮素。

土壤中的无机氮分为硝态氮和氨态氮。迄今为止, 菌根对这两种不同形态氮的吸收研究报道较少, 已有的结果也不一致。Bedsoe等试验发现, 有菌根植物的黄杉在供给硝态氮时比氨态氮长势良好, 而有菌根的三叶草却恰恰相反。氨态氮在土壤中易被吸附固定、移动性小, 菌根可通过增加与土壤的接触位点和吸收面积加以吸收利用。Smith等试验表

明,VA 菌根真菌能通过合成谷氨酰胺途径同化氨,这一过程可能对根外菌丝从土壤中吸收氨态氮产生明显影响。尽管还不知道菌根对氨态氮的亲合力有多大,但有菌根系比无菌根系吸收氨态氮速率快已有证实^[10]。菌根对硝态氮的吸收可能与土壤中硝态氮含量及水分状况有关^[11]。土壤水分影响离子向根表的扩散。当土壤水分状况良好时,水溶态硝态氮能稳定的向根表扩散,被植物吸收,此时菌根效应就小。但当土壤干旱缺水时,离子随水扩散受阻,与根表接触机会减少,此时菌根可伸展到根系不能达到的区域吸收养分,增加植物对硝态氮的吸收。另外,菌根植物地上部和根系中的硝酸还原酶的数量和活性都较无菌根植物要高,说明菌根植物同化利用硝态氮的能力较强。

3 VA 菌根与钾素营养

钾素是植物需要量最大的元素之一。在土壤风化程度高、固钾能力强、干旱缺水造成钾的有效性降低等条件下,作物常常会出现缺钾现象^[12]。在有关试验中^[13-15],接种菌根菌提高了植物体中钾的浓度。菌根侵染后,改善了宿主植物的磷营养,促进根系的生长,增加根系吸收土壤养分的活性,延长根系吸收养分的时间,以及由于生物量的增加而导致对钾的需要量的增加。所有这些由于磷营养的改善而导致的对钾吸收的间接作用,都可能促进植物对钾的吸收总量,或提高植物体中钾的浓度。

菌根侵染提高植物钾浓度或吸钾总量的另一种可能机理是菌丝的直接吸收和运输作用^[16]。钾在土壤中的移动性虽比磷强得多,但在一般生长条件下往往在根吸收的周围仍能很快形成一个钾浓度亏缺区^[17],从而限制了根系对钾的吸收。土壤供钾水平不能满足植物生长的需要时,菌丝可以伸展到钾亏缺区以外,吸收根系吸收不到的钾并运输给植物,对改善植物的钾营养有一定作用^[18]。中国农业大学植物营养系根据土壤和植物的双重分析结果得出结论,菌丝能够直接吸收植物根际以外的钾并运输给宿主植物,提高植物的吸钾总量^[19]。

4 VA 菌根与微量元素

随着农业科学的发展,一些地区微量元素的缺乏正在成为作物生长的限制因素。土壤中微量元素全量和有效态含量降低、过量施用大量元素肥料引起的植物营养失调,是引起微量元素缺乏的主要原因^[22]。目前对微量元素的研究已广为人们重视。

Lambert 等发现,在缺硼的土壤上接种 VA 菌根菌能增加植物对硼的吸收,提高硼肥的利用率。Yost 等的研究表明,VA 菌根促进豆科植物的固氮能力可能和菌根植物体内的硅浓度显著增加有关,因为植物体内硅的浓度可能会影响 VA 菌根真菌的活性。Kurey 等分析小麦和野生蚕豆对磷、锌、铜、铁和锰的吸收时发现,VA 菌根真菌的侵染能增加蚕豆对磷、锌、铜、铁的吸收以及小麦对磷、锌的吸收。Aines 等证明,VA 菌根能增加植物对镁的吸收而限制锰的吸收。Singh 等的试验表明^[20],自然界中植物体普遍存在的磷、锌拮抗现

象可能与菌根有关。迄今为止,VA 菌根能增加植物对钙、镁、铁、锰、铜、锌、钴、硅、硫、氯、硼等养分的吸收均有过报道,其中锌、铜是菌根效应最为突出的2个微量元素^[21]。

5 结语

VA 菌根的侵染能增加多种土壤矿质养分的吸收,改善植物的营养状况,对植物生长发育以及生态的稳定具有多方面的影响,形成菌根是植物高效利用自然环境中有限养分资源的重要适应机制之一。然而 VA 菌根目前尚不能人工培养,成为生产上不能广泛应用的限制因素。一旦攻破这一难关,它将在农业生产实践中发挥巨大效益。

参考文献

- [1] 李晓林,曹一平.不同土壤上接种 VA 菌根真菌对玉米生长和磷锌养分吸收的影响[J].北京农业大学学报,1988,14(4):414-419.
- [2] 李晓林,曹一平.VA 菌根吸收矿质养分的机理[J].土壤,1993,25:274-277.
- [3] READ D J. Mycorrhizas in ecosystems[J]. *Experientia*,1991,47:376-391.
- [4] KOIHARI S K, MARSCHNER H, ROMHELD V. Contribution of the VAM hyphae in acquisition phosphorus and zinc by maize grown in a calcareous soil[J]. *Plant Soil*,1991,131:177-185.
- [5] HARLEY J L, SMITH S E. *Mycorrhizal Symbiosis* [M]. London: Academic Press, 1983.
- [6] BRADLEY R, BRUT A J, READ D J. The biology of mycorrhiza in the Ericaceae. The role of mycorrhizal infection in heavy metal resistance[J]. *New Phytol*,1982,91:197-209.
- [7] LI X L, GEORGE E, MARSCHNER H. Acquisition of phosphorus and copper by VAM hyphae and root to shoot transport in white clover[J]. *Plant Soil*,1991,136:49-57.
- [8] 李晓林,周文龙,曹一平.VA 菌根菌丝对紧实土壤中磷的吸收[J].植物营养与肥料学报,1994(1):195-203.
- [9] 李晓林,曹一平.VA 菌根对三叶草固氮的影响[J].北京农业大学学报,1992(18):299-302.
- [10] IITTKER W R. Nitrogen uptake by mycorrhizal fungi and mycorrhizal Douglas-fir Ph D Diss University of Washington[D]. Washington: University of Washington,1982:181.
- [11] 张福锁.植物营养生态生理学和遗传学[M].北京:中国科学技术出版社,1993:291-307.
- [12] 汪德水.旱地农田肥水关系与调控技术[M].北京:中国农业科技出版社,1995:28-34.
- [13] HER C L, BERKOWITZ G A. Modulation of water stress effects on photosynthesis by altered leaf K^+ [J]. *Plant Physiol*,1987,85:655-661.
- [14] WILSON D O. Differential plant response to inoculation with two VA mycorrhizal fungi isolated from a low pH soil[J]. *Plant Soil*,1988,110:69-75.
- [15] SEVERING E. Influence of soil moisture regime on VA mycorrhiza. II. Effect of soil temperature and water regime on growth nutrient uptake and water utilization of *Eupatorium dracunculoides* L. [J]. *Acker und Pflanzenbau*,1983,152:56-57.
- [16] SEVERING E, TORO S T. Influence of soil moisture regime on VA mycorrhiza. V. Performance of different VAM fungal species with cassava [J]. *Agromy and Gop Science*,1988,161:322-332.
- [17] CLAASSEN N, JUNGK A. Kationendynamik in wurzelnahen Boden in Beziehung zur Kationaufnahme von Mispflanzen[J]. *Pflanzenernähr Boden*,1982,145:513-525.
- [18] 李晓林,曹一平.菌根和非菌根三叶草根际土壤磷钾变化[J].土壤通报,1992,23:180-182.
- [19] 张福锁.环境胁迫与植物根际营养[M].北京:中国农业出版社,1998:56-75.
- [20] LAMBERT D H, BAKER D E, COLE H J. The role of mycorrhizae in the interactions of phosphorus with zinc copper and other elements[J]. *Soil Sci, Am J*,1979,43:976-980.
- [21] 李晓林,曹一平.VA 菌根菌丝对土壤磷和铜的吸收及其相关性[J].中国农业科学,1992,25(5):65-72.
- [22] 张福锁.土壤与植物营养研究新动态[M].北京:中国农业出版社,1995:205-221.