

外生菌根真菌对板栗生长及养分吸收的影响

冯 固¹ 徐 冰¹ 秦 岭² 李晓林^{1*}

(¹ 中国农业大学资源与环境学院植物营养系, 农业部植物营养学重点实验室, 教育部植物—土壤相互作用重点实验室, 北京 100094; ² 北京农学院园艺系, 北京 102206)

摘 要: 利用三室隔网系统, 在施磷水平为 0、50 和 100 mg/kg 条件下研究了接种美味牛肝菌 (*Boletus edulis*) 和褐环乳牛肝菌 (*Suillus luteus*) 对板栗生长及养分吸收的影响。两种真菌的根外菌丝对板栗体内总磷量的贡献分别为 39%~54% 和 15%~35%, 表明在土壤肥力贫瘠的板栗产区菌根真菌对板栗的正常生长具有极其重要的作用; 两种外生菌丝扩大了根系吸磷范围, 同时具有通过降低 pH 活化土壤难溶性磷的能力; 增加适量无机养分能促进菌丝生长。

关键词: 板栗; 外生菌根真菌; 磷

中图分类号: S 664.2; S 154.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2003) 03-0311-03

1 目的、材料与方法

板栗能够与真菌形成外生菌根, 其子实体称为栗蘑, 口味鲜美^[1]。外生菌根真菌能够提高植物的抗旱能力, 增加土壤氮、磷和锌、铜等营养元素的吸收, 促进苗木生长^[2], 但是对于板栗与菌根真菌之间相互作用的了解还很少。本试验目的是定量评价不同外生菌根真菌对板栗生长及养分吸收的贡献, 菌根真菌对土壤生境性质的影响, 以期为菌根生物技术在板栗栽培中的应用提供依据。

采用有机玻璃制成三室隔网系统^[3], 培养基质(板栗产区土壤、草炭、河砂按 3:2:1 混合)经高压灭菌, 板栗种子萌发、生长至子叶期移入根箱中室。供试菌种美味牛肝菌 *Boletus edulis*、褐环乳牛肝菌 *Suillus luteus* 分离自北京燕山板栗产区。利用 PDA 培养基平板培养二级菌种, 然后在草炭、玉米粉按 4:1 混合的基质上进行三级扩大培养, 制成菌剂。板栗幼苗移入根室 1 周后将接种剂施入中室。中室施 NH_4NO_3 50 mg/kg, K_2SO_4 50 mg/kg, KH_2PO_4 25 mg/kg。在边室施等量氮、钾养分和 0、50、100 mg/kg 3 个磷水平下再分设不接种和分别接种处理, 重复 4 次。植株生长 6 个月后收获, 测定菌根侵染率, 板栗根、茎、叶的干样质量, 植株根、茎、叶中的含磷量。边室土壤分层取 0~0.5、0.5~1、1~2、2~3 cm 土壤样, 测定菌丝长度、Olsen-P 和 pH 值。

2 结果分析与讨论

2.1 施磷水平对菌根侵染率和菌丝生长的影响

显微镜下检测显示, 未接种的处理没有发现菌根真菌的侵染; 接种处理的幼嫩根系均形成典型的外生菌根外观形态结构。两个菌种的侵染率差异不大, 施磷水平对板栗菌根侵染率有很大的影响。与不施磷肥处理相比施 50 mg/kg 磷明显提高了侵染率, 但施磷为 100 mg/kg 时侵染率反而下降(表 1)。

根室内的菌丝密度用距离根表 0 mm 表示, 不同处理根室中外生菌根真菌菌丝的密度在 2~4 m/g 变化。两种真菌的外生菌丝在土壤中的分布差异不大, 其特征与土壤施磷水平有关。不施磷时两菌种的菌丝密度较低, 但施磷量为 50 和 100 mg/kg 时, 距离根表 1~3 cm 的菌丝密度显著增加, 并且两种

收稿日期: 2002-06-11; 修回日期: 2002-10-22

基金项目: 国家自然科学基金项目 (39970139); 北京市重点基金项目 (6982009)

* 通讯联系人

真菌表现出同样趋势(图1)。表明边室施磷促进了菌丝室菌丝的生长。

表1 不同施磷水平下外生菌根真菌美味牛肝菌(*B.e*)和乳牛肝菌(*S.l*)对板栗含磷量的影响

Table 1 Influence of ectomycorrhizal fungi, *Boletus edulis* (*B.e*) and *Suillus luteus* (*S.l*) on phosphorus concentration in chestnut under 0, 50 and 100 mg/kg P levels

磷水平 P level (mg/kg)	接种处理 Inoculation	菌根侵染率 Colonization (%)	含磷量 P concentration(mg/g)		
			根 Root	茎 Shoot	叶 Leaf
0	对照 Control	0	0.89 a	0.61 a	1.15 a
	<i>B.e</i>	31	1.62 b	1.44 b	2.32 b
	<i>S.l</i>	35	1.47 b	1.07 a	1.74 ab
50	对照 Control	0	0.98 a	0.76 a	1.29 a
	<i>B.e</i>	55	2.06 c	1.56 b	2.65 b
	<i>S.l</i>	48	1.79 b	1.50 b	1.64 b
100	对照 Control	0	1.09 a	0.84 a	1.58 a
	<i>B.e</i>	49	2.10 b	1.56 b	2.54 b
	<i>S.l</i>	44	1.65 b	1.45 ab	1.99 ab

注:表中同一列数据标记不同字母表示差异达到5%显著水平($P < 0.05$),下同。

Note: Data marked with different letters in the same column showed significant difference between treatments ($P < 0.05$), the same below.

2.2 接种外生菌根对板栗植株磷营养的影响

不同施磷水平下,接种处理的植株干样质量与对照没有显著差异。这主要是板栗植株个体变化大,同一处理的4次重复的变异系数多数在20%~30%之间。在0、50和100 mg/kg 3个施磷水平下,接种美味牛肝菌均提高了板栗植株根、茎、叶的磷含量(表1)。与不接种的对照相比,处理的植株总吸磷量在3个施磷水平下均显著提高(表2)。

菌根菌丝吸收的磷对植株磷营养的贡献率随着施磷水平的提高有下降趋势。美味牛肝菌对板栗磷营养的贡献为39%~54%,褐环乳牛肝菌对板栗磷营养的贡献为15%~35%,美味牛肝菌的贡献率高于褐环乳牛肝菌的(表2)。

2.3 菌根菌丝对土壤pH值及Olsen-P含量的影响

接种或不接种菌根真菌处理的土壤pH均表现为靠近根表最低,随着离根表的距离增加,pH值随之上升,并在10 mm处达到最高值之后保持稳定的趋势。施磷水平对菌丝室pH影响不大(图2)。

在相同的施磷条件下,接种两种真菌处理的菌丝室土壤pH值均低于对照处理的。从整个菌丝生长室不同取样层次的平均值来看,接种 *Boletus edulis* 使土壤pH值降低0.7~0.8个单位,最大达到1.1个pH单位;接种 *Suillus luteus* 使土壤pH值降低0.4~0.6个单位,最大达到1.0个pH单位(图2)。这与菌丝室菌丝密度分布特点是一致的。所有处理的边室距离尼龙网5 mm范围以内的土壤都有磷的亏缺现象,这显然是由于根际效应所致。相同的施磷条件下,接种菌根真菌处理的根际磷亏缺范

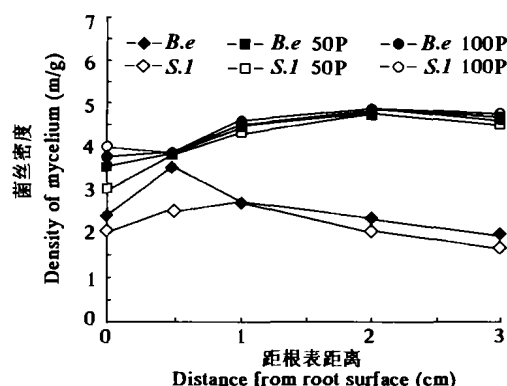


图1 在施磷0、50和100 mg/kg水平下美味牛肝菌(*B.e*)和乳牛肝菌(*S.l*)的菌丝密度

Fig. 1 The hyphal density of *B. edulis* (*B.e*) and *S. luteus* (*S.l*) in hyphal compartment under 0, 50 and 100 mg/kg P levels

表2 不同施磷水平下外生菌根真菌美味牛肝菌(*B.e*)和乳牛肝菌(*S.l*)对板栗吸磷量的影响

Table 2 Influence of ectomycorrhizal fungi, *B. edulis* (*B.e*) and *S. luteus* (*S.l*), on uptake of phosphorus by chestnut under 0, 50 and 100 mg/kg P levels

磷水平 P level (mg/kg)	接种 Inoculation	吸磷量 P uptake(mg/pot)				菌丝贡献率 Hyphae contribution (%)
		根 Root	茎 Shoot	叶 Leaf	总量 P uptake	
0	CK	4.12 a	3.50 a	5.63 a	13.98 a	0
	<i>B.e</i>	8.17 b	9.76 b	15.20 b	30.18 b	53.7
	<i>S.l</i>	7.45 b	6.30 a	10.10 ab	24.54 b	35.0
50	CK	4.87 a	4.57 a	7.19 a	18.03 a	0
	<i>B.e</i>	12.90 c	10.02 b	17.82 b	36.13 c	50.1
	<i>S.l</i>	9.62 b	9.29 b	10.41 a	28.55 b	29.1
100	CK	5.49 a	6.50 a	9.29 a	21.19 a	0
	<i>B.e</i>	13.57 b	10.99 b	16.72 b	34.94 b	39.3
	<i>S.l</i>	10.49 b	8.9 ab	12.85 ab	26.52 b	15.2

注:菌丝贡献率(%) = (菌根植物吸磷量 - 非菌根植物吸磷量) / 菌根植物的吸磷量 × 100。

Note: Hyphae contribution (%) = (P uptake by mycorrhizal plant - P uptake by nonmycorrhizal plant) / P uptake by mycorrhizal plant × 100.

围变宽, 同时土壤速效磷的含量在整个边室中均显著低于不接种处理的 (图 3)。

综上所述, *Boletus edulis* 和 *Suilla luteus* 两种真菌的外生菌丝对板栗体内总磷量的贡献分别为 39% ~ 54% 和 15% ~ 35%, 这说明在土壤肥力贫瘠的板栗产区, 菌根真菌对板栗的正常生长具有极其重要的作用。两种外生菌丝扩大了根系吸磷范围, 同时这两种真菌还具有通过降低 pH 活化土壤难溶性磷的能力。增加适量无机养分能促进菌丝生长。

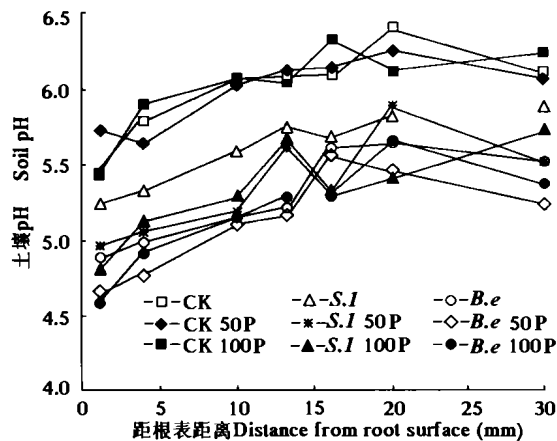


图 2 在施磷 0, 50 和 100 mg/kg 水平下接种美味牛肝菌 (*B. e*) 和乳牛肝菌 (*S. l*) 或不接种 (CK) 对菌丝生长室土壤 pH 值的影响

Fig. 2 Change of soil pH in hyphal compartment with *B. edulis* (*B. e*) or *S. luteus* (*S. l*), or without mycorrhizal fungus (CK) under 0, 50 and 100 mg/kg P levels applied

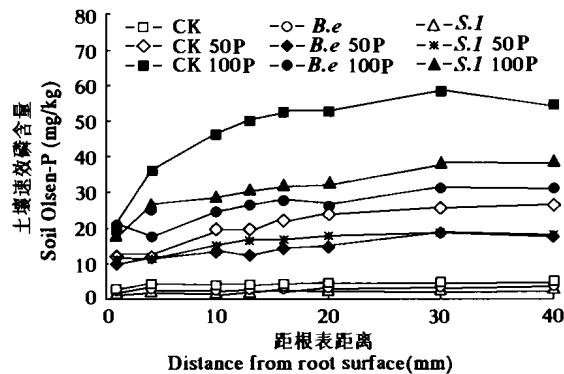


图 3 在施磷 0, 50 和 100 mg/kg 水平下, 接种外生菌根真菌美味牛肝菌 (*B. e*) 和乳牛肝菌 (*S. l*) 或不接种 (CK) 对菌丝生长室土壤速效磷含量变化的影响

Fig. 3 Soil Olsen-P in hyphal compartment with *B. edulis* (*B. e*) or *S. luteus* (*S. l*), or without mycorrhizal fungus (CK) under 0, 50 and 100 mg/kg P levels applied

参考文献:

- 1 秦 岭, 徐 践, 马 萱, 等. 板栗共生菌根真菌种类及其发生规律的研究. 北京农学院学报, 1995, (1): 40 ~ 43
- 2 Smith S E, Read D J. Mycorrhiza symbiosis. London: Academic Press, 1997, 128 ~ 152
- 3 李晓林, 曹一平. VA 菌根菌丝—土壤界面 (菌丝际) 养分分布模拟方法研究. 北京农业大学学报, 1992, 18 (1): 59 ~ 63

Effects of Ectomycorrhizal Fungi on the Growth and Nutrient Uptake of Chestnut (*Castanea mollissima* BL.)

Feng Gu¹, Xu Bing¹, Qin Ling², and Li Xiaolin¹

(¹ Department of Plant Nutrition, China Agricultural University; Key Laboratory of Plant Nutrition, MOA; Key Laboratory of Plant-Soil Interactions, MOE, Beijing 100094, China; ² Department of Horticulture, Beijing Agricultural College, Beijing 102206, China)

Abstract: In order to understand the the effects of ectomycorrhizal fungi on the growth and phosphorus nutrition status of chestnut seedlings, experiment using three-compartment mesh boxes were carried out under controlled conditions. Two chestnut seedlings were transplanted in the central compartment and inoculated with two ectomycorrhizal fungi *Boletus edulis* or *Suillus luteus* or not inoculated. The result showed that the contribution of extraradical mycelium to the total uptake of P in plant were 39% - 54% in *Boletus edulis* and 15% - 35% in *Suillus luteus*. Comparing with noninoculated treatment, inoculating with both fungi decreased Olsen-P and pH of soil in hyphae compartment, which indicates that both fungi are able to mobilize phosphates that are scarcely-soluble and low availability in the soil. It is concluded that both ectomycorrhizal fungi play crucial role for P nutrition and the growth of chestnut.

Key words: Chestnut; Ectomycorrhizal fungi; P