

丛枝菌根真菌对青稞生长发育及磷营养的影响研究*

刘翠花^{1, 2} 陈保冬^{2†} 朱永官² 张 澈³

(1 西藏农牧学院, 西藏林芝 860000)

(2 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

(3 西藏林芝地区农牧局, 西藏林芝 860000)

EFFECTS OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI ON GROWTH AND PHOSPHORUS NUTRITION OF HIGHLAND BARLEY

Liu Cuihua^{1, 2} Chen Baodong^{2†} Zhu Yongguan² Zhang Che³

(1 Tibet an College of Agriculture and Animal Husbandry, Nyingchi Prefecture, Tibet 860000, China)

(2 Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China)

(3 Nyingchi Bureau of Agriculture and Animal Husbandry, Nyingchi Prefecture, Tibet 860000, China)

关键词 菌根; 青稞; 磷; 西藏

中图分类号 S154.38

文献标识码 A

青稞是大麦类作物中的一种, 是西藏地区栽培面积最大、产量最多、分布最广的农作物品种^[1]。近年来, 青稞的保健作用(富含 β 葡聚糖和“生育三烯酚”)已得到国内外公认^[1], 因而青稞生产受到更广泛的关注。然而, 根据西藏首次土壤资源调查结果, 全自治区低磷(速效磷 $< 10 \text{ mg kg}^{-1}$)土壤占总耕地面积的 46.9%~72.3%(内部资料)。土壤供磷不足是限制青稞高产的重要潜在因素之一, 同时西藏目前没有一家化肥厂, 生产、科研所需肥料全靠从内地长途运输。寻找一条经济有效的途径缓解西藏地区农业生产肥料紧缺的状况成为一项迫切的任务。

丛枝菌根(AM)作为自然界中普遍存在的高等植物和微生物共生体系, 可有效促进植物对土壤磷的吸收, 改善植物磷营养, 从而促进植物生长^[2~5], 但菌根真菌对青稞这一特殊作物的磷营养及生长的影响尚未见报道, 且过去的试验研究大多是观测植物苗期生长和磷营养状况, 对于菌根对作物经济产量的贡献少有研究。本研究通过对青稞接种丛枝菌根真菌(AMF), 观测菌根对青稞生长发育、子粒产量

以及磷营养的影响, 为应用菌根技术缓解西藏青稞生产中供磷不足, 同时减轻施肥可能对西藏地区生态环境带来的消极影响提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

土壤采自中国科学院遗传与发育生物学研究所试验基地(北京昌平区, 潮土, 取样深度为 0~20 cm)。土壤基本理化性状: pH8.26(水浸提, 水土比为 2.5:1); 有机质含量为 12.45 g kg^{-1} ; 有效磷(Olsen-P) 8.1 mg kg^{-1} ; 硝态氮 16.7 mg kg^{-1} ; 铵态氮 9.3 mg kg^{-1} ; 速效钾($\text{NH}_4\text{OAc-K}$) 56.8 mg kg^{-1} 。土壤过 2 mm 筛后, 高压蒸汽灭菌(121°C , 2 h), 杀灭土著真菌, 风干备用。

1.2 供试植物

青稞品种为藏青 539(春性)。用 10% H_2O_2 将种子浸泡 10 min, 清洗干净后放入培养皿催芽, 露白后播种。

* 国家重点基础研究发展规划项目(2005CB121105)资助

† 通讯作者, E-mail: bdchen@cees.ac.cn

作者简介: 刘翠花(1963~), 女, 陕西华县人, 副教授, 主要从事土壤学和植物营养学教学与研究工作

收稿日期: 2005-09-06; 收到修改稿日期: 2006-03-03

1.3 菌根接种剂

菌种为 *Glomus mosseae* (Nicol. & Gerd.) Gerde-mann & Trappe(BGC, XJ01)。接种剂由北京市农林科学院提供, 为含有菌根真菌孢子、菌丝和被侵染植物根段的根际土。

1.4 试验设计

试验采用完全随机区组设计: 设 P 0、20 和 60 mg kg⁻¹ (KH₂PO₄-P) 三个土壤施磷水平, 在各施磷水平下均设接种菌根真菌(+ M) 和相应不接种对照(- M) 处理。试验共 6 个处理, 4 次重复, 总计 24 盆。所有供试土壤施加 N 200 mg kg⁻¹ (NH₄NO₃-N) 和 K 100 mg kg⁻¹ (K₂SO₄+K) 作为基础养分, 以保障植物正常生长。化学肥料以少量去离子水溶解, 拌入土壤并充分混匀。

以圆塑料盆(内径 13 cm, 深 10 cm) 作为植物培养容器, 内衬塑料封口袋, 每盆装 1 kg 经灭菌并混好肥料的土壤, 接种剂量为每盆 40 g; 对于不接种处理, 加入等量灭菌接种剂。装盆后浇水, 使土壤含水量达到干土重的 20% (田间持水量 60% 左右), 待水分渗透均匀后播种。每盆播种 4 粒, 出苗 1 周后每盆间留 2 株。整个试验过程采用称重法浇去离子水, 维持 20% 土壤含水量。

试验在中国科学院生态环境研究中心可控温温室进行, 白天室温控制在 25℃, 自然光照。2004 年 4 月 15 日播种, 7 月 14 日试验收获。

1.5 样品制备与分析

收获前一天, 测量植株高度、分蘖数、主茎叶片数等指标。收获时对青稞根、茎、叶、穗等单独取样, 同时取土壤样品。将植物样先用自来水洗, 而后再用去离子水清洗, 再在 70℃ 下烘干、称重。植物样品采用分析纯浓 HNO₃ 消解, 制备待测溶液, 样品磷浓度用钼钒黄比色法测定^[6]。土壤有效磷浓度用碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法测定^[6]。

将根系洗净后取 1 g 左右新鲜样品测定菌根侵染率(曲利本蓝染色-方格交叉法)。根据取样鲜重和根系总鲜重比例计算出根系总长度。

1.6 数据统计与分析

试验数据采用统计分析软件 GenStat (for PC/Windows, Version 6.1, GenStat Committee, 2002) 进行双因素方差分析, 检验接种和施磷处理的作用显著性。采用 LSD 方法多重比较不同试验处理之间的差异显著性。

2 结果与讨论

2.1 菌根真菌侵染情况

所有未接种对照处理青稞根系均未检测到 *G. mosseae* 侵染迹象, 而接种处理下菌根共生体发育良好, 但菌根侵染率随施磷水平升高而显著下降(表 1)。这表明高浓度磷对菌根的形成具有抑制作用。

表 1 不同施磷水平和接种处理下青稞菌根侵染率、株高和根长

接种处理	施磷水平 (mg kg ⁻¹)	菌根侵染率 (%)	株高 (cm)	根长 (m pot ⁻¹)
不接种	0	0d	27.5c	357c
	20	0d	50.9a	779b
	60	0d	47.4a	863ab
接种	0	74a	39.7b	359c
	20	34b	47.6a	911ab
	60	16c	46.6ab	930a

注: 同一列中平均值后标注不同字母表示相应处理之间存在显著差异($p < 0.05$)

2.2 接种和施磷处理对青稞生长发育的影响

青稞株高、总根长以及植株叶、茎秆、穗轴颖壳和子粒干重(表 1、表 2)、地上部总重和根系干重(图 1) 均随施磷水平升高而增加, 但并未受到接种处理的明显影响。接种和施磷处理均未影响叶片数, 收获时每株叶片数平均为 10 片。

表 2 不同施磷水平和接种处理下青稞叶、茎秆、穗轴颖壳和子粒干重

接种处理	施磷水平 (mg kg ⁻¹)	叶干重 (g pot ⁻¹)	茎秆干重 (g pot ⁻¹)	穗轴颖壳干重 (g pot ⁻¹)	子粒干重 (g pot ⁻¹)
不接种	0	0.97c	0.30d	0.36d	0.00c
	20	2.78a	1.83a	1.31c	1.94b
	60	2.73a	1.08c	1.52ab	4.09a
接种	0	0.91c	0.42d	0.40d	0.51c
	20	2.33b	1.48b	1.37bc	2.27b
	60	2.55ab	1.41b	1.63a	4.37a

注: 同一列中平均值后标注不同字母表示相应处理之间存在显著差异($p < 0.05$)

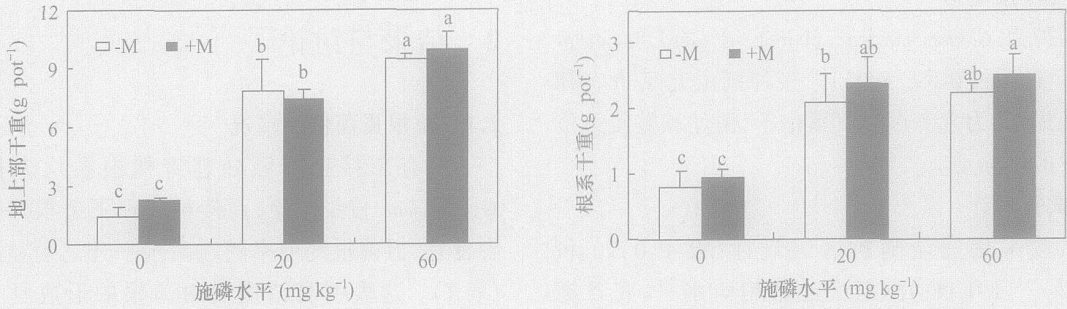


图 1 不同施磷水平和接种处理下青稞植株地上部(左)和根系(右)干重。图中柱形上方标注不同字母表示相应处理之间存在显著差异($p < 0.05$)

2.3 AMF对青稞磷营养的影响

接种处理在总体上显著提高了叶片和穗轴颖壳中磷浓度,但对茎秆、子粒和根系磷浓度没有显著影响。施磷处理只是影响到叶片中的磷浓度,而对植株其他部分磷浓度没有明显影响(数据未显示)。

青稞植株各部分磷含量均随施磷水平提高而显著增加,接种 *G. mosseae* 则显著提高了叶片、穗轴颖壳和子粒磷含量(表 3)。在各施磷水平下,菌根均显著增加了地上部磷吸收总量,但对根系磷吸收量影响不明显(图 2)。相应地植株地上部分磷吸收总量随施磷水平提高而显著增加,而根系磷吸收总量在 20 和 60 mg kg⁻¹ 2 个施磷水平之间没有显著差异(图 2)。

表 3 不同施磷水平和接种处理下青稞叶、茎秆、穗轴颖壳和子粒磷含量

接种处理	施磷水平 (mg kg ⁻¹)	叶磷含量 (mg pot ⁻¹)	茎秆磷含量 (mg pot ⁻¹)	穗轴颖壳磷含量 (mg pot ⁻¹)	子粒磷含量 (mg pot ⁻¹)
不接种	0	0.31c*	0.11d	0.16c	0.00d
	20	0.48c	1.34a	0.55bc	4.80c
	60	0.90b	0.56bc	0.84b	14.34a
接种	0	0.44c	0.22cd	0.28c	1.55d
	20	0.92b	0.88b	0.93b	6.47b
	60	1.56a	1.00a	1.88a	15.10a

注:同一列中平均值后标注不同字母表示相应处理之间存在显著差异($p < 0.05$)

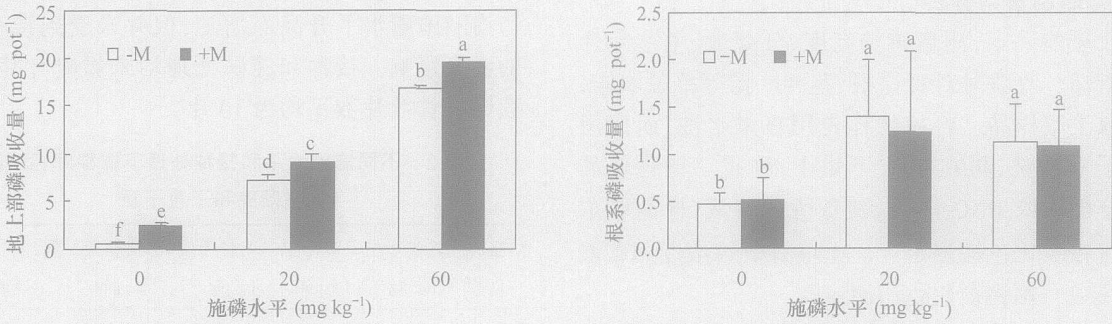


图 2 不同施磷水平和接种处理下青稞 539 植株地上部(左)和根系(右)磷吸收量。图中柱形上方标注不同字母表示相应处理之间存在显著差异($p < 0.05$)

植株地上部分吸磷量和植株吸磷总量的比值可以表征磷向植株地上部分分配的比例。由图 3 可以看出,随施磷水平提高,磷向植株地上部分分配的比例增加。同时,菌根显著提高了磷向植株地上部分的分配比例。这种趋势在不施磷情况下更加明显。

2.4 土壤有效磷浓度变化

菌根提高了植株吸磷总量,反映在根际变化,即表现为接种处理土壤有效磷浓度要显著低于对照处理(图 4),显示了菌根吸收磷的能力较非菌根根系强。

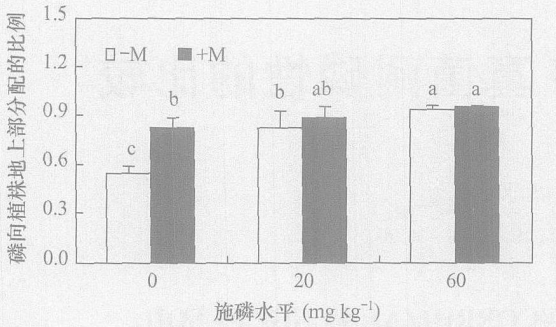


图3 不同施磷水平和接种处理下青稞植物体内的磷向地上部的转运比例。图中柱形上方标注不同字母表示相应处理之间存在显著差异($p < 0.05$)

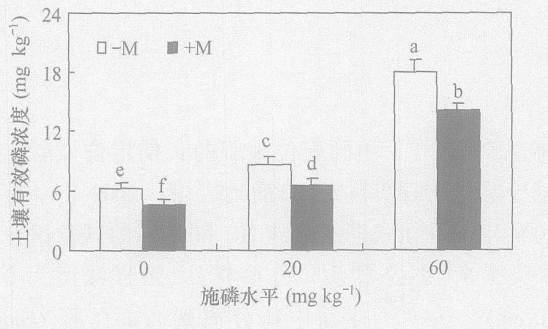


图4 试验收获时不同处理土壤有效磷浓度。图中柱形上方标注不同字母表示相应处理之间存在显著差异($p < 0.05$)

3 讨论

尽管本试验结果表明丛枝菌根对青稞生物学和

经济产量没有显著影响,但却能够改善植株磷营养状况,提高植株地上部,包括籽粒的磷含量。这是通过提高植株体内的磷向地上部的分配比例来实现的。青稞籽粒磷含量的增加不仅意味着子实品质的提高,对于子代的存活也具有重要意义。这对土壤有效磷含量普遍偏低且又无化肥生产能力的西藏来说,无疑是一项既经济又环保的保障青稞生产的有效措施。然而,本试验采用了非常有限的研究材料,只是初步的研究,尚不能够将试验结果推而广之。事实上,我们在青稞生长过程中观察到接种处理下青稞植株更为健壮,但最后收获所测定的项目,以及数理统计分析具有一定局限性(例如,本试验中接种处理趋于提高籽粒产量,但统计分析结果表明影响不显著),有可能掩盖了菌根的实质性作用。因而,目前还需要进一步的试验来明确菌根在青稞生产中的潜在积极作用。

参考文献

- [1] 《西藏自治区农牧业特色产业发展研究》课题组编著. 西藏自治区农牧业特色产业发展研究. 北京: 中国农业科技出版社, 2003. 102, 107
- [2] 李晓林, 冯固, 等. 丛枝菌根生态生理. 北京: 华文出版社, 2001. 52~ 85
- [3] 刘润进, 李晓林, 编著. 丛枝菌根及其应用. 北京: 科学出版社, 2000. 99~ 103, 140
- [4] 林智. VA 菌根对茶树生长和矿质元素吸收的影响. 茶叶科学, 1993. 13(1): 15~ 20
- [5] 曾曙才, 苏志尧, 陈北光, 等. VA 菌根真菌对植物养分吸收与传递的影响. 西南林学院学报, 2005. 25(1): 72~ 75
- [6] 鲍士旦主编. 土壤农化分析. 北京: 中国农业出版社, 2002