

在非灭菌土壤条件下施用磷肥对 VA 菌根效应的影响

林先贵 郝文英

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文对中国科学院黄淮海平原综合治理封丘试区的四种不同类型潮土作了田间调查、微区试验以及盆栽试验。试验结果一致表明在这四种类型土壤中施用相当于每亩 8 斤 P_2O_5 的过磷酸钙最有利于 VA 菌根真菌的侵染, 在适磷条件下接种菌根后可促进菌根菌侵染, 缩短其侵染迟缓期, 促进了植物对磷的吸收, 从而也增加了植物地上和地下部分的生长。

VA 菌根在植物营养方面起着重要作用^[4,5], 尤其是在有效磷缺乏的土壤中, 菌根可以扩大根的吸收范围, 增加植物对磷素的吸收, 从而促进植物的生长发育。菌根真菌对植物生长的效益早已在灭菌条件下的盆栽试验中加以证实^[5,6], 在田间自然条件下虽也有成功的事例^[7], 但其效益远不及在灭菌条件下那样显著, 而且接种效果也不稳定。据报道, 在土壤有效磷含量过高的情况下, 植株体内磷的含量也相应增加从而影响根细胞膜的渗透^[8], 但在低磷条件下植物又因缺磷而发育不良。在这两种情况下都可能导致根部分泌物的减少而不利于 VA 菌根真菌的发育及其对植物根部的侵染。

黄淮海地区大面积潮土中全磷含量比较丰富, 但有效磷含量一般偏低^[1], 远不能满足作物高产的需求。经调查, 这一地区不同类型土壤中土著 VA 菌根真菌对不同作物的自然侵染率普遍较低, 从侵染势来看, 大部分土壤中 VA 菌根真菌对作物的侵染都存在不同程度的迟缓期^[2]。若能施以适当的磷肥加强作物生长前期的侵染, 势必会增加植物苗期对养分的吸收而起到壮苗和促进整个生育期生长发育的作用。本文着重在黄淮海平原封丘地区不同类型潮土上研究不灭菌条件下土壤有效磷含量对 VA 菌根真菌侵染的影响及适磷条件下 VA 菌根对植物磷素营养和生长的效益。

一、材料和方法

(一) 土壤基本情况 实验中采用的四种土壤, 其主要性质列于表 1

(二) 田间调查 调查是在河南省封丘县潘店乡黄淮海综合治理示范区的磷肥用量试验地上进行的。供试土壤为两合土。磷肥(过磷酸钙)用量分五级, 即: 0、4、8、12 和 16 斤 P_2O_5 /亩, 小区面积为 5 厘, 三次重复, 随机排列。作物为冬小麦, 这是继夏玉米磷肥试验后进行的, 将原小区又各一分为

* 顾希贤同志曾参加田间调查工作。

表 1 供试土壤的基本性质

Table 1 Basic properties of the soils used in experiments

土壤 Soil	地点 Locality	全磷 Total P (P ₂ O ₅ %)	速效磷 Available P (P ₂ O ₅ %)	土壤 pH Soil pH	碳酸根 HCO ₃ ⁻ (me/100g)	全盐* Total salts (%)
两合土	封丘潘店	0.146	1.3	7.8	0.28	0.032
砂土	封丘潘店	0.096	1.3	8.1	0.23	0.018
盐化潮土	封丘水驿	0.146	1.8	7.9	0.38	0.111
碱化潮土	封丘东大村	0.124	0.7	7.9	0.30	0.072

* 全盐: 用电导法测定。

二,组成冬小麦试验的新小区,一半不再施磷,作为前作磷肥的后效观察,另一半则按原试验中的磷肥用量施入(冬小麦播种时间为1983年10月5日)。在小麦返青到拔节期之间(1984年3月24日)取样。每个处理按5个采样点取样和5组植物根系(每组5株植物),测定侵染率和孢子数。

(三) 微区试验 土壤类型为两合土,微区面积为50×50cm,五次重复,随机排列。分别把各个微区0—20cm深的土壤挖出,称重,按每亩0、4、8和16斤P₂O₅加不同用量的过磷酸钙,混合拌匀后再填回到已用大小适宜的塑料布围隔起来的微区中。浇水至大约相当于田间持水量,过夜。用直径为2.5cm的塑料管在微区中等距离打36个穴,其深度为3cm,每穴分别加入接种剂5克(鲜重),对照加等量灭过菌的接种剂,在接种剂上盖一薄层土壤。再把用0.1%钼酸铵浸泡8小时的绿豆种每穴播3粒,然后加土将种子盖住。出苗后每穴定苗1株。

出苗后2、4和6周各取样一次,测定植株干重、VA菌根侵染率和植株含磷量。

(四) 盆栽试验 取两合土、砂土、盐化潮土和碱化潮土等四种类型土壤,各选一块田,按5个耕层土壤采样点取样,过20目筛。每盆栽2公斤土,分别按每亩0、8、16斤P₂O₅加不同用量过磷酸钙,拌匀后装盆,重复4次,加水过夜。每盆打4个穴,每穴加5克接种剂,再加少量土。选大小一致经事先催芽后的绿豆种子播种,再盖一薄层土壤。出苗后每盆定苗8株,第6周收获。

(五) 测定方法 (1) 侵染率和孢子测定: 采用Phillips法^[8]测侵染百分数,按Gerdemann法^[10]测孢子数。(2) 植株含磷量用H₂SO₄-H₂O₂消化,钼锑抗比色法;土壤全磷、pH和全盐等均按«土壤理化分析»^[11],由土壤所分析室测定。

(六) 菌剂制备 在温室以三叶草为寄主分别扩大培养三种菌根真菌: 土著菌根菌(IM),来自河南封丘两合土; *G. mosseae* (YV) 来自中国农科院土肥所; *G. geosporus* (G. g) 来自澳大利亚CSIRO土壤所。培养三个月后收获根及根际土壤作为接种剂。

二、结果和讨论

(一) 不同施磷水平对VA菌根真菌侵染的影响

土壤中有效磷含量的高低与菌根的形成和发展有密切关系。如何在适磷条件下发挥菌根的最大效益是菌根应用的前提之一。我们先后在中国科学院黄淮海平原综合治理和合理开发封丘试区潘店示范区两合土上进行了不同施磷量对VA菌根侵染影响的田间调查、微区试验及几种不同类型潮土的盆栽试验。结果如下。

1. 田间不同施磷水平下土著VA菌根真菌的侵染: 在潘店示范区南京土壤所农化磷组不同磷肥用量的试验田中调查了VA菌根对小麦侵染与施磷量的关系,结果表明,

在不施磷和少施磷的情况下, VA 菌根真菌对小麦的侵染率都很低, 分别为 6.2%、6.3%。施相当于每亩 8 斤 P_2O_5 的过磷酸钙以后, 侵染率上升至 12.4%, 根际土壤中的孢子数也较未施肥处理增加一倍左右, 但继续增加磷肥用量反而对侵染有阻遏现象, 侵染率和孢子数均下降至与不施磷肥的对照相似, 而且这种影响一直延续至下季作物 (图 1)。

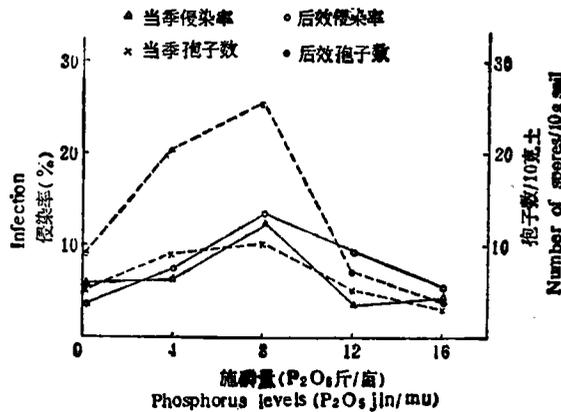


图 1 磷肥对 VA 菌根真菌的影响(田间调查)

Fig. 1 Effect of different p level on native VA mycorrhizal fungi (field survey) (P_2O_5 jin/mu in the form of surperphosphate)

2. 微区试验: 为进一步验证田间调查的结果, 我们又在潘店示范区两合土上以绿豆为供试植物作了微区试验, 磷肥用量相当于每亩 0、4、8 和 16 斤 P_2O_5 的过磷酸钙 4 个等级, 并设接种 VA 菌根真菌和不接种对比。试验结果表明, 所用的几个菌——土著菌 (IM), *G. geosporus* (*G. g*) 和 *G. mosseae* (*YV*) 侵染势之间没有明显差异 (图 2)。在各级磷肥处理中都以施相当于每亩 8 斤 P_2O_5 的过磷酸钙处理者侵染率最高, 在苗龄 4 周时测定为 32% 左右 (图 3)。在不接种处理中, 土壤中原有的 VA 菌根菌的侵染率虽然

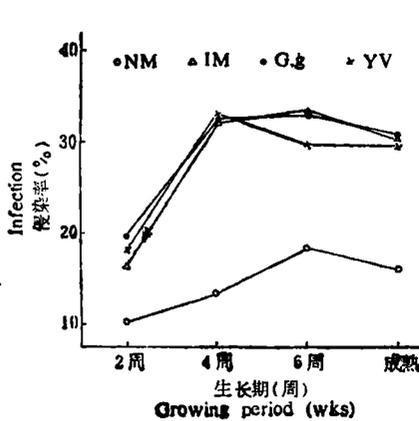


图 2 不同 VA 菌根真菌的侵染率 (P_2O_5 , 8 斤/亩)

Fig. 2 Infection of different mycorrhizal strains (P_2O_5 , 8 jin/mu)

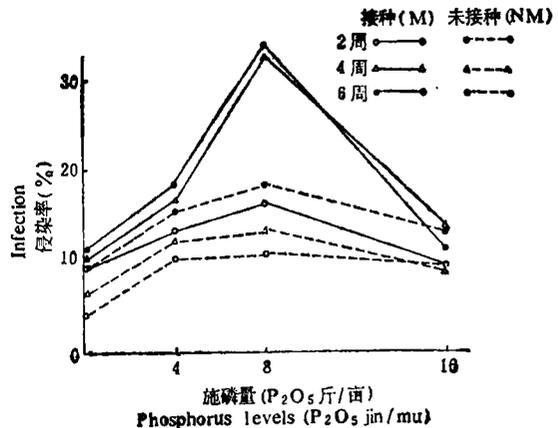


图 3 磷肥对绿豆不同生长期菌根侵染的影响

Fig. 3 Mycorrhizal development of mung bean under difereent P levels

也以施 8 斤 P_2O_5 /亩者较高,但侵染率始终偏低,一般只有 13% 左右。从图 2 还可以看出接种 VA 菌根真菌后不但侵染率增加了,更重要的是通过接种明显地缩短了侵染迟缓期,增加了作物生长前期的侵染,使其在苗龄 4 周时已达侵染高峰。

3. 盆栽试验: 用两合土、砂土、碱化潮土和盐化潮土在盆栽条件下,仍以绿豆为供试作物,测定不同施磷量对 VA 菌根真菌侵染的影响,获得与上述试验相一致的结果(表 2),都以施相当于每亩 8 斤 P_2O_5 的过磷酸钙者侵染率为高,尤以两合土和砂土最为明显。

表 2 在不同土壤中,不同施磷量对 VA 菌根侵染率的影响(盆栽)

Table 2 Effect of P level on mycorrhizal infection (%) in 4 soils (pot culture)

施磷量 (P_2O_5 , 斤/亩) Phosphorus levels (P_2O_5 , jin/mu)	处理 Treatment	两合土 Sandy loam	砂土 Sandy soil	盐化潮土 Salinized fluvo-aquic soil	碱化潮土 Alkalized fluvo-aquic soil
0	接种	33	41**	48**	35**
	不接种	28	13	33	23
8	接种	60**	51**	50**	38**
	不接种	36	14	34	26
16	接种	37	32**	37	27
	不接种	26	6	10	32

** 为极显著差异 ($p < 0.01$)。

田间小区和微区试验以及盆栽试验结果一致表明,在这一地区四种不同类型潮土中施用相当于每亩 8 斤 P_2O_5 的过磷酸钙最有利于 VA 真菌对作物的侵染。

(二) VA 菌根对植物生长的效益

1. 对植物地上部分生长的影响 (1) 对地上部分植株干重的影响:如上所述,在适磷条件下接种 VA 菌根真菌加强了菌根对植物的侵染,消除了侵染的迟缓期,这对植物的早期发育有重要影响。微区试验表明(图 4),接种菌根后植物的干重增加。由于土壤原含

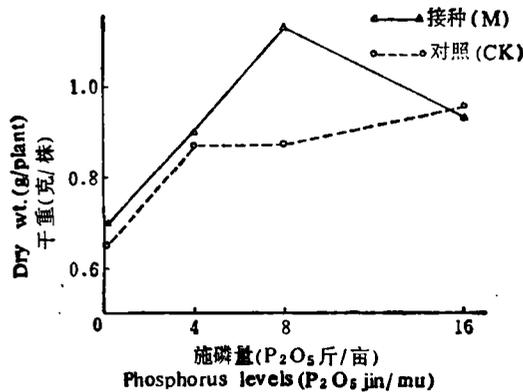


图 4 磷肥对绿豆地上部分干重的影响(微区 6 周)

Fig. 4 Effect of P levels on dry wt. of aerial parts of mung bean after 6 weeks (microplot)

磷量太低,限制了菌根的作用,随着施磷量的增加,VA 菌根的侵染率提高,植株干重也相应增加,在每亩施相当于 8 斤 P_2O_5 的过磷酸钙时,接种处理中的植物干重明显地大于对照,尤其在苗龄 4 至 6 周时更为明显,干重增加幅度在 15—35% 之间。但是,过高的施磷量反而对菌根侵染有抑制作用,接种的植株干重与对照相差不大,甚至略有下降。

用四种土壤进行的盆栽试验同样表明有上述趋势(表 3),每亩施 8 斤 P_2O_5 的过磷酸钙者植株干重除盐化潮土外都较不施磷或施过量磷者为高。接种 VA 菌根真菌对植株干重的增加有较显著或极显著效应。

表 3 不同土壤中菌根对绿豆生长的影响(盆栽)

Table 3 Effect of mycorrhizal inoculation on growth of mung bean in 4 soils (pot culture)

施磷量 (P_2O_5 , 斤/亩) Phosphorus levels (P_2O_5 , jin/mu)	处 理 Treatment	地上部分干重(克/株) Mean dry wt. of tops (g/plant)			
		两合土 Sandy loam	砂 土 Sandy soil	碱化潮土 Alkalized fluvo-aquic soil	盐化潮土 Salinized fluvo-aquic soil
0	接 种	0.58**	0.50**	0.64	0.68
	不接种	0.46	0.44	0.58	0.58
8	接 种	0.74**	0.66**	0.84	0.65
	不接种	0.51	0.48	0.59	0.68
16	接 种	0.58*	0.52	0.72	0.68
	不接种	0.50	0.47	0.52	0.61

* 显著差异 ($p < 0.05$); ** 极显著差异 ($p < 0.01$)。

(2) 对植株含磷量的影响: 从植株含磷量来看,不论是微区试验或盆栽试验,凡接种 VA 菌根菌者一般都较未接种者为高(图 5、6),尤其是两合土和砂土中通过接种使植株含磷量的增加达到极显著水平 ($p < 0.01$)。

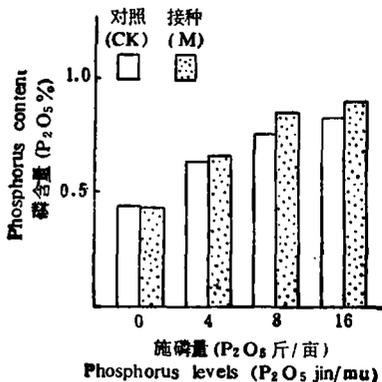


图 5 不同施磷条件下 VA 菌根对植株含磷量的影响(微区, $P_2O_5\%$)

Fig 5 Effect of mycorrhizal inoculation on P content of plant under different P levels. (microplot, $P_2O_5\%$)

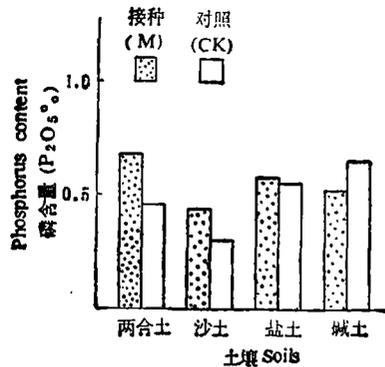


图 6 四种土壤在适磷条件下接种 VA 菌根对植株含磷量的影响 (P_2O_5 , 盆栽)

Fig 6. Effect of mycorrhizal inoculation on P content of aerial part in 4 soils under optimum P level. ($P_2O_5\%$, pot culture)

2. 对植物地下部分生长的影响

盆栽试验结果(表 4)表明,在上述四种土壤中接

种菌根真菌后植株根系的鲜重也因侵染率提高而增加,在每亩施用相当于 8 斤 P_2O_5 的过磷酸钙时对植物根系的发育也最为有利。

若按侵染百分数和根的鲜重换算成菌根化根的重量(菌根化根重=侵染%×根鲜重),则可以更清楚地看出在两合土和砂土中,于适磷条件下菌根化根鲜重明显大于低磷和高磷处理,也远大于对照处理(图7)。可以设想这对植物的后期生长定会有更明显的影响。

表 4 接种菌根菌对植物根鲜重的影响(盆栽)

Table 4 Effect of mycorrhizal inoculation on fresh wt. of mung bean roots (pot culture)

施磷量 (P_2O_5 , 斤/亩) Phosphorus levels (P_2O_5 , jin/mu)	处 理 Treatment	地下根系鲜重(克/株) Fresh wt. of roots (g/plant)			
		两合土 Sandy loam	砂 土 Sandy soil	碱化潮土 Alkalized fluvo-aquic soil	盐化潮土 Salinized fluvo-aquic soil
0	接 种	1.04	1.17	0.90	1.09**
	不接种	0.70	0.59	0.87	0.69
8	接 种	1.56**	1.99**	1.10*	1.04
	不接种	0.90	0.90	0.86	1.05
16	接 种	1.09*	1.44**	0.81	1.22
	不接种	0.82	0.65	0.54	0.92

* 显著 ($p < 0.05$); ** 极显著 ($p < 0.01$)。

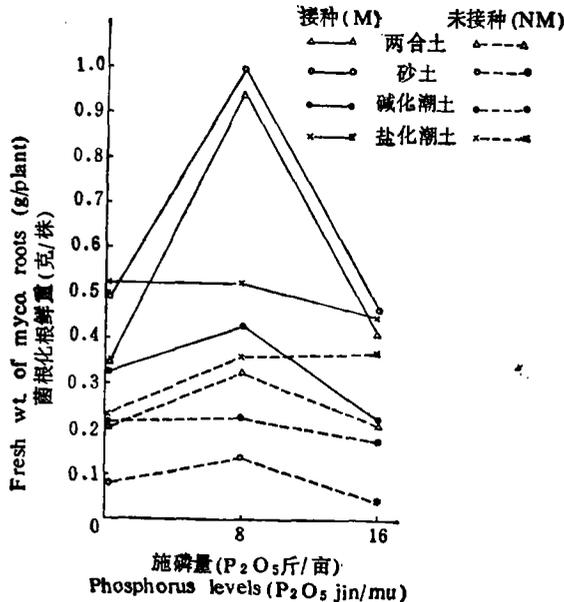


图 7 接种 VA 菌根真菌对菌根化根重的影响

Fig 7 Effect of VA mycorrhizal fungi inoculation on fresh weight of mycorrhizal roots of mung bean

参 考 文 献

- [1] 蒋柏藩、李阿荣、顾益初, 1986: 石灰性土壤磷肥用量的探讨。土壤, 第 18 卷, 4 期, 186—188 页。
- [2] 顾希贤、林先贵、郝文英, 1987: 黄潮上中 VA 菌根的调查。土壤, 第 19 卷, 4 期, 205—208 页。
- [3] 中国科学院南京土壤研究所, 1978: 土壤理化分析。上海科学技术出版社。
- [4] Mosse, B., 1973a: Advance in the study of vesiculararbuscular mycorrhiza. *Annu. Rev. Phytophath.* 11: 171—196.
- [5] Mosse, B., 1973b: Plant growth responses to vesiculararbuscular mycorrhiza. IV. In Soil given additional phosphate. *New Phytol.* 70: 29—34.
- [6] Hayman, D. S. and Mosse, B., 1971: Plant growth responses to vesiculararbuscular mycorrhiza 1. Growth of Endogone-inoculated plants in phosphate-deficient soils. *New Phytol.* 71: 19—21.
- [7] Mosse, B. and Hayman, D. S., 1980: Mycorrhiza in agricultural plants In *Tropical Pycorrhizal Research*. Ed. Mikola, P. 213—230.
- [8] Ratnayke, M. R., Leonard, R. T. and Menge, J. A., 1978: Root exudation in relation to supply of phosphorus and its possible relevance to mycorrhizal formation. *New Phytol.* 81: 543—552.
- [9] Phillips, J. M. and Hayman, D. S., 1970: Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55: 158—161.
- [10] Gerdemann, J. W. and Nicolson, T. H., 1963: Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by Wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 46: 235—244.

EFFECT OF PHOSPHOROUS FERTILIZATION ON VA MYCORRHIZAL RESPONSE UNDER UNSTERILIZED SOIL CONDITIONS

Lin Xiangui and Hao Wenying

(*Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing*)

Summary

Investigation under field, microplot and pot experiments for the effect of phosphorus fertilization on VA mycorrhizal response were conducted under unsterilized soil conditions. It was indicated that 8 jin P_2O_5 /mu (60 kg/hectare) in form of superphosphate was the most favorable P level for VA mycorrhizal infection in 4 types of fluvo-aquic soil in Huang-Huai-Hai Plain of North China. Under such P level both growth and P uptake of plants were promoted by mycorrhizal inoculation while the lag phase of root infection was greatly shortened.