

AM 真菌与原生动物 在花生上双接种效应初探

邢礼军¹, 王幼珊¹, 孙焱鑫¹, 张美庆¹, 张有山¹, 林启美²

(1. 北京市农林科学院植物营养与资源研究所, 北京 100089; 2. 中国农业大学, 北京 100094)

摘要: 通过 AM 真菌和原生动物对花生进行双接种, 研究他们之间的相互作用。结果表明: 双接种比 AM 真菌单接种降低了 AM 真菌感染率; 比对照增加了植株干物重; 比对照提高氮、磷吸收量, 最高可分别提高 12.0% 和 87.7%。原生动物的主要作用在于改善作物氮素营养, 而 AM 菌根主要作用在于改善作物磷素营养, 其协同作用促进了植株的生长及营养状况。

关键词: AM 真菌; 原生动物; 花生; 双接种; 养分吸收

中图分类号: S154.34 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000- 7091(2001)03- 0118- 05

AM 真菌是一种广泛存在于土壤中的真菌, 它与大多数植物的根系共生形成丛枝菌根, 促进植物对磷素和某些微量元素的吸收, 并提高作物的抗旱和抗病性, 在农业生产中有重要的应用价值^[1,2]。原生动物的捕食行为对植物营养元素的供给有极其重要的影响, 特别是对氮的转化、磷的矿化和促进植物吸收有积极作用^[3,4]。关于 AM 真菌与土壤原生动物的关系, 已有的研究表明: 某些土壤原生动物吃根外菌丝^[5], 但反过来也可以刺激真菌生长; 蚯蚓、线虫和其他动物能作为 AM 菌根真菌繁殖体的媒介物。

本试验通过原生动物和 AM 菌根真菌对植物进行双接种, 探讨 AM 真菌与两种原生动物的相互关系及其在土壤氮、磷高效利用中的作用。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 栽培基质 取北京市农林科学院作物所试验地土壤, 过 2 mm 筛与混合沙(12% 2~0.8 mm, 70% 0.8~0.25 mm, 18% < 0.25 mm) 按 1:1 的比例混合, 其基本农化性状为: 有机质 8.76 g/kg, 全氮 0.34 g/kg, 全磷 0.72 g/kg, 全钾 16.85 g/kg, 速效磷 10.75 mg/kg, 速效钾 62.90 mg/kg。湿热灭菌 121 ℃, 2 h; 放置 24 h 后, 再次湿热灭菌 121 ℃, 1 h; 放置 1 周, 播种前基质按全氮 0.05 g/kg, 全磷 0.05 g/kg, 全钾 0.01 g/kg 的比例施底肥。

1.1.2 供试作物 花生(京 8 号)。

1.1.3 供试菌种 ①AM 真菌 *G. mosseae* 93 菌剂含有孢子 45 个/g。②原生动物 *Paramecium* sp (草履虫, 高浓度 300 个/mL, 低浓度 30 个/mL); *Colpoda* sp (肾形虫, 高浓度 370

收稿日期: 2000- 08- 14

基金项目: 北京市自然科学基金项目(6971003)

作者简介: 邢礼军(1970-), 男, 助理研究员, 在职硕士研究生, 主要从事土壤微生物研究工作。

个/mL, 低浓度 37 个/mL)。

1.1.4 供试用盆 直径 14 cm, 高 11 cm, 装 120 g 基质。

1.2 试验设计

试验共设 10 个处理, 9 次重复。

①不接种(ck); ②高浓度草履虫(简称: 草(高)); ③低浓度草履虫(简称: 草(低)); ④高浓度肾形虫(简称: 肾(高)); ⑤低浓度肾形虫(简称: 肾(低)); ⑥接种 AM 真菌(简称: A); ⑦接种 AM 真菌+ 高浓度草履虫(简称: A+ 草(高)); ⑧接种 AM 真菌+ 低浓度草履虫(简称: A+ 草(低)); ⑨接种 AM 真菌+ 高浓度肾形虫(简称: A+ 肾(高)); ⑩接种 AM 真菌+ 低浓度肾形虫(简称: A+ 肾(低))。

1.3 接种方法

将 40% 甲醛稀释 100 倍后浸泡花生种子 20 min, 38 ℃催芽 24 h, 每盆播种 4 粒花生, 最终留 3 棵苗, 在种子下方 2 cm 处将 AM 真菌接种剂 10 g 洒匀。生长 2 周后接种原生动物, 高低浓度均为 20 mL。

1.4 测定项目

从第 4 周开始取样(1999 年 3 月 25 日播种), 隔 2 周取样 1 次, 共计培养 8 周, 共取样 3 次, 每次每个处理 3 个重复进行测定。测定项目: AM 真菌侵染率(分级法), 植株根、茎干重, 地上部分含氮量(凯氏定氮法)、含磷量(钒钼黄比色法)。

2 结果与分析

2.1 结果

2.1.1 丛枝菌根侵染率 表 1 结果表明: 早期侵染不存在显著性差异, 后期侵染存在不同程度的显著性差异; 双接种原生动物明显降低了 AM 真菌的侵染率, 并且高浓度草履虫处理对侵染率影响大, 而高浓度肾形虫处理影响小。

表 1 不同处理时期植物根系的侵染率 %

处 理	第 4 周侵染率	第 8 周侵染率
A	5.8	54.7 A
A+ 草(高)	0.7	26.3 B
A+ 草(低)	3.7	31.7 B
A+ 肾(高)	3.0	41.5 AB
A+ 肾(低)	0.8	34.7 B

注: 不同大写字母表示差异达 1% 显著水平

2.1.2 植株生长 从表 2 看出, 不同时期双接种和菌根单接种对植物干重有明显影响, 但早期差异并不显著, 第 8 周存在显著性差异。

第 4 周、第 6 周测定结果表明: 植株生长不存在显著性差异, 但总体上讲接种 AM 真菌和 AM 真菌与原生动物双接种的效果要好于 ck 和原生动物单接种。接种原生动物的处理中高、低浓度在此期间的表现开始出现差异, 第 4 周时, 高浓度原生动物抑制生长, 而低浓度原生动物促进生长; 第 6 周则表现差异不显著。这可能是在接种后原生动物数量差异较大, 到后期存活数量及活性变化趋于稳定造成的。

第 8 周时存在显著性差异, 地上部生长状况依次为: A+ 草(高) > A+ 草(低) > 草(低) > 肾(高) > A+ 肾(高) > 草(高) > 肾(低) > A > A+ 肾(低) > ck。由此看出, 除 A+ 肾(低) 处理外, 双接种生长状况均好于 ck 和 AM 菌根单接种, 双接种地上部比对照增重 8% ~ 58%,

地下部比对照增重 9% ~ 121%，双接种生长状况均表现为高浓度促进地上部生长，低浓度促进地下部生长，这意味着双接种改善了植物的营养状况；原生动物单接种比 AM 菌根单接种地上部生长的好，但地下部生长状况 AM 菌根单接种表现较好。试验表明在原生动物存在的条件下，与对照相比根茎比发生了改变，可能是由于原生动物改变了土壤养分的供给造成的。

表 2 不同处理植物地上部、地下部干重 g

处 理	第 4 周		第 6 周		第 8 周	
	根干重	茎干重	根干重	茎干重	根干重	茎干重
ck	0.26	0.55	0.22	0.96	0.34B	1.60 c
草(高)	0.14	0.46	0.45	1.87	0.36B	1.93 abc
草(低)	0.29	0.63	0.49	1.80	0.57AB	2.40 abc
肾(高)	0.16	0.47	0.36	1.46	0.53AB	2.28 abc
肾(低)	0.27	0.50	0.25	1.16	0.49AB	1.79 abc
A	0.34	0.60	0.34	1.12	0.66A	1.77 bc
A+ 草(高)	0.28	0.55	0.44	1.74	0.37B	2.52 a
A+ 草(低)	0.39	0.68	0.37	1.37	0.54AB	2.43 ab
A+ 肾(高)	0.28	0.61	0.48	1.65	0.61AB	2.18 abc
A+ 肾(低)	0.49	0.80	0.41	1.37	0.75A	1.73 bc

注: 同列中的不同大写字母表示差异达 1% 显著水平, 不同小写字母表示差异达到 5% 显著水平

2.1.3 养分吸收 表 3 表明, 不同时期不同处理植物吸氮量、吸磷量之间存在差异。对氮素吸收的顺序为: 草(低) > A+ 草(低) > A+ 草(高) > 草(高) > 肾(高) > A+ 肾(高) > ck > A+ 肾(低) > A > 肾(低); 对磷素吸收的顺序为: A+ 肾(高) > A+ 草(低) > A > A+ 草(高) > 草(低) > A+ 肾(低) > 肾(高) > ck > 草(高) > 肾(低)。

表 3 不同处理植物地上部氮、磷含量和氮、磷吸收总量

第 8 周	茎干重 (g)	含氮量 (mg/g)	吸氮量 (mg)	含磷量 (mg/g)	吸磷量 (mg)
ck	1.60	28.2	4.51	1.58	0.253
草(高)	1.93	25.0	4.83	1.20	0.232
草(低)	2.40	24.7	5.93	1.39	0.334
肾(高)	2.28	20.8	4.74	1.14	0.260
肾(低)	1.79	20.0	3.58	1.02	0.183
A	1.77	22.2	3.93	2.47	0.437
A+ 草(高)	2.52	19.3	4.86	1.48	0.373
A+ 草(低)	2.43	20.8	5.05	1.84	0.447
A+ 肾(高)	2.18	20.8	4.53	2.18	0.475
A+ 肾(低)	1.73	23.9	4.13	1.77	0.306

注: 表 2, 4, 6 列为每盆土的测定量

由此看出: 单接种原生动物对氮素的吸收均高于(除肾(低)) AM 菌根单接种对氮素的吸收, 吸氮量为 AM 菌根的 121% ~ 151%; 单接种原生动物对磷素的吸收均低于 AM 菌根单接种对磷素的吸收, 吸磷量为 AM 菌根的 42% ~ 76%; 双接种吸氮量高于(除 A+ 肾(低)) ck 和 AM 菌根单接种, 但相对低于原生动物单接种; 双接种吸磷量高于 ck 和原生动物单接种。以上结果表明原生动物的主要作用在于改善作物氮素营养, 而 AM 菌根主要作用在于

改善作物磷素营养, 其协同作用促进了植株的生长及营养状况。

2.2 分析

2.2.1 原生动物对 AM 菌根侵染的影响 原生动物在土壤中调节细菌数量是通过 3 种取食习性(滤食、捕食、扩散取食)完成的^[6]。本试验采用的两种原生动物均降低了 AM 真菌的侵染率, 但草履虫高浓度对侵染率影响大, 而肾形虫却相反。因此, 原生动物对于 AM 菌根侵染的直接影响可能是原生动物的取食习性造成的。这能够解释个体形态较大的草履虫对 AM 真菌的影响, 但相对草履虫形态较小的肾形虫行为则无法解释, 需进一步研究。

2.2.2 AM 真菌对 N、P 吸收的影响 AM 真菌侵染影响植物的生理代谢活动, 增进植物根系对周围环境中营养元素的吸收。AM 菌根对磷的吸收较为敏感, 机理也较为明确: 近年来的研究表明菌根菌丝对氮的吸收虽有一定的作用, 但效果并不稳定^[7,8]。这与本次试验结果较为一致: AM 真菌单接种吸氮量低于对照、原生动物单接种(除肾(低))和双接种处理; AM 真菌单接种、双接种处理吸磷量均高于对照和原生动物单接种。

2.2.3 原生动物对 N、P 吸收的影响 据 Woods 等^[9]研究表明, 原生动物在土壤 N 素转化中起非常重要的作用, 其机制主要是原生动物的直接分泌作用, 而不象细菌的间接生理作用。从试验结果来看: 除低浓度肾形虫外, 其余 3 个原生动物单接种处理均比 ck 和 AM 菌根单接种促进了植物对氮的吸收, 这与 Woods 等人的结论相符。

原生动物在土壤磷素转化中的作用在于: 土壤微生物所固结的有机磷被原生动物矿化成无机磷归还到土壤中, 从而提高磷的有效性^[4]。从试验结果来看: 单接种原生动物对磷素的吸收均低于 AM 菌根单接种对磷素的吸收, 说明 AM 菌根对磷素吸收的促进作用要强于原生动物; 原生动物不同种类, 不同数量对磷素吸收影响不同, 说明一定的土壤条件下原生动物促进植物磷素吸收不但与原生动物种类相关, 同时与其相应的数量相关。

2.2.4 原生动物与 AM 真菌对 N、P 吸收的协同作用 双接种吸氮量高于(除 A+ 肾(低))ck 和 AM 菌根单接种, 但相对低于原生动物单接种; 双接种吸磷量高于 ck 和原生动物单接种。以上结果表明原生动物的主要作用在于改善作物氮素营养, 而 AM 菌根主要作用在于改善作物磷素营养, 其协同作用促进了植株的生长及营养状况。

3 讨论

原生动物与 AM 真菌对植株 N、P 的吸收存在协同效应, 协同促进作用不但与原生动物的种类有关, 而且和原生动物的数量相关。同一种原生动物在生长不同时期, 其群体行为对作物的生长也不同, 而原生动物对植株 N、P 吸收的贡献与土壤生物的食物链相关, 土壤状况在原生动物对植物生长中的作用也起很大的作用, 在今后的研究中应当加以考虑。

原生动物与 AM 真菌对植株 N、P 的吸收存在协同效应, 但二者作用机理不同, 原生动物主要在于元素的活化, 而 AM 真菌的作用在于吸收, 因此, 两者的协同作用促进了植物对氮磷的吸收, 如何发挥其最大效应, 关键在于原生动物的活化能力, 通过本试验认识到应进一步加强原生动物食性的研究。

本试验的结果表明, 研究原生动物的食性及原生动物生长过程中物质转化的动态过程将是应用原生动物与 AM 菌根促进植物 N、P 吸收的关键。因此, 在今后的试验过程中要考虑

到基质不灭菌条件下, 原生动物、AM 菌根及双接种对植物生长的影响, 将对于实际生产中应用原生动物更有意义。

参考文献:

- [1] Harley J L. The significance of Mycorrhiza[J]. *Mycological Research*, 1989, 92(2) : 129– 139.
- [2] Mosse B. Advances in the study of vesicular arbuscular mycorrhiza[J]. *Ann Rev Phytopathol*, 1973, 11: 171– 196.
- [3] Clarholm M. Effects of plant-bacterial amoebal interactions on plant uptake of nitrogen under field conditions [J]. *Biol Fertil Soils*, 1989, 8: 373– 378.
- [4] Cole C V. Trophic interactions in soils as they effect energy and nutrient dynamics. V. phosphoral transformations[J]. *Microbial Ecology*, 1978, 4: 381– 387.
- [5] Fitter A H, Sanders I R. Interaction with the soil fauna[A] . In: *Mycorrhizal functioning: an integrative plant fungal process*[M]. New York: Chapman and Hall, 1992. 333– 345.
- [6] England L. Bacterial survival in soil effect of clays and potoza soil[J]. *Biol Biochem*, 1993, 25, 525– 531.
- [7] Barea J M, Azcon Aguilar C, Azcon R. Vesicular- arbuscular mycorrhiza improve both symbiotic N_2 fixation and N uptake from soil as assessed with a ^{15}N technique under field condition[J]. *New Phyto*, 1987, 106: 717– 725.
- [8] Ames R M, Reid C P, Porter L K, *et al.* Hyphal uptake and transport of nitrogen from two ^{15}N labelled sources by *Glomus mosseae*[J]. *New Phytol*, 1983, 95: 381– 396.
- [9] Woods L E. Nitrogen transformations in soil as affected by bacterial microfaunal interactions[J]. *Soil Biol Biochem*, 1982, 14: 93– 98.

Preliminary Studies on Effects of Inoculations of AM Fungi and Protozoan on Peanuts

XING Li jun¹, WANG You shan¹, SUN Ya r xin¹, ZHANG Me r qing¹

ZHANG You shan¹, LIN Qi mei²

(1. Institute of Plant Nutrition and Resources, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences,
Beijing 100089, China; 2. China Agricultural University, Beijing 100081, China)

Abstract: The effects of inoculations of AM and protozoan on peanuts was studied. The results indicated that the infection rate of the treatment which inoculated with both AMF and protozoan was lower than that of AMF, and dry weight and nutrition absorption were increased than the control group. The maximum nitrogen absorption of double inoculations was 12. 0% more than the control group, and the maximum phosphorus absorption was 87. 7%. The main function of protozoan was to improve N nutrition of plant, but that of AM fungi was to improve plant P nutrition. AM fungi, in cooperation with protozoan, improved growth and nutrition absorption as well.

Key words: AM fungi; Protozoan; Peanut; Double inoculation; Nutrition absorption