

VAM 真菌对茶树营养生长 和茶叶品质的影响*

王守生 何首林 王德军
方德华 吴光权 别之龙

(西南农业大学 重庆 630716)

摘 要

本文用盆栽法研究两种 VAM 真菌(*Glomus* sp.)对茶树(*Camellia* sp.)营养生长和茶叶品质的影响。结果表明,由于菌根真菌侵染,使土壤磷酸酶和寄主根系脱氢酶活性明显增强,促进了茶树对 P、Cu、Mn 的吸收,同时茶树生长量和生长率显著提高,叶绿素和咖啡碱含量增加,而过氧化物酶活性降低,Fe 和儿茶素含量减少。

关键词 茶树,内生菌根,生长量,生长率,品质

茶树(*Camellia sinensis*)根系有菌根共生。Butler & Park^[9]最早(1928)在茶树吸收根中发现内生菌根。随后不少学者有同样的报道。但共生的作用、生物学意义并不清楚。1980年后,我国学者相继对茶树菌根的形态特征^[1]、超微结构^[1]、生理学效应^[2]、以及 VAM 真菌与土壤施磷量^[3]和茶树矿质营养的关系^[4]等方面进行了研究,进一步证明由于 VAM 真菌的侵染,扩大了茶树根系的吸收范围,增进了养分的吸收和利用,尤其是促进了茶树对土壤中扩散率低的元素如难溶性磷肥的吸收,从而提高了磷肥利用率和增加茶树生长量。然而,引人关注的茶树菌根研究中不可忽略的问题,如 VAM 真菌对茶树生长率、叶片解剖结构、土壤磷酸酶活性、根系活力和茶叶品质的影响等,迄今尚未见报道。为此,我们于 1993 年用盆栽法进行了研究。

1 材料和方法

1.1 材料

取重庆缙云山由三迭系砂岩母质发育的酸性黄壤、河沙、蚯蚓肥,经⁶⁰Co- γ 射线(15×10^6 rad)灭菌,依次按重量 8:1:1 混匀作供试土壤(pH5.48,全氮 1.0g/kg,有效氮 0.2g/kg;全磷 0.4g/kg,有效磷 0.2g/kg;全钾 1.2g/kg,有效钾 0.5g/kg)。每个密氏钵(20×20cm)装土壤 5kg,然后用无菌水浇透。

* 本文为四川省应用基础研究项目。由四川省茶叶研究所提供茶树材料,由中国农科院柑桔研究所唐振尧和西南农大刘柏玉提供菌种,谨此致谢。

1) 束际林、李名君,1985: 茶树内生菌根超微结构研究。茶叶科学研究报告,45—48页。
收到修改稿日期:1995-01-16

取四川中小叶种 (*C. sinensis*) 茶子, 浸种吸胀后, 用 0.1% HgCl_2 溶液表面灭菌 15min。1993 年 3 月 10 日播种, 每钵 6 粒, 并搭塑料高棚遮避雨水。5 月 6 日匀苗, 每钵留 3 株, 掘露根系, 并接种 VAM 真菌。

取用灭菌土盆栽的三叶草根际菌根土壤(含有孢子、菌丝和侵染根段)作为菌根真菌的接种物。接种的处理每钵加接种物 30g; 不接种的处理每钵加等量灭过菌的接种物。并加入通过双层滤纸的菌根土水浸液 5ml, 以使除 VAM 真菌外, 其他微生物区系相同。

1.2 方法

试验设 3 个处理。处理 1 (M_1) 接种柑桔球囊霉 (*Glomus citricolum*), 处理 2 (M_2) 接种地表球囊霉 (*G. epigaeum*), 处理 3 为对照 (CK)。每处理 4 钵, 重复 5 次, 共 60 钵, 随机排列。

5 月 30 日起每隔 30 天调查一次株高和侵染率。侵染率按 Phillips & Hayman^[10] 的方法测定。最后一次(10 月 27 日)同时调查茎粗、节间长、根长、叶长、叶宽、叶面积和植株各部分干物重。并采叶片固样作生化分析, 重复 4—6 次。水分含量用 105℃ 恒重法; 水浸出物用全量法; 茶多酚用酒石酸铁比色法; 游离氨基酸总量用茚三酮显色法; 儿茶素总量用快速法; 咖啡碱用紫外分光光度法; 游离脯氨酸用磺基水杨酸法; 氮用 1030 型自动定氮仪、矿质元素用 PE-2280 型原子吸收光谱仪测定。鲜叶过氧化物酶活性用愈创木酚法; 叶绿素含量用混合液法; 根系脱氢酶活性用 TTC 法; 土壤磷酸酶活性用磷酸苯二钠比色法测定。并取成叶徒手切片, 重复 10 次, 测定叶片内部组织。

2 结果与讨论

2.1 VAM 真菌侵染率及植株生长

各时段(29/ 6、29/ 7、28/ 8、27/ 9、27/ 10)测定茶树根系 VAM 真菌侵染率 M_1 依次为 27.0%、34.3%、68.4%、60.5%、64.7%, 平均为 51.0%; M_2 依次为 24.2%、29.8%、59.9%、50.7%、52.4%, 平均为 43.4%; CK 各次均为 0。这表明茶树 VAM 真菌侵染率有动态变化, 侵染高峰期为 8—10 月。由于柑桔球囊霉 (*G. citricolum*) 喜生于亚热带的酸性红黄壤中^[5], 供试土壤满足了它和茶树的适生条件, 该菌种也能与茶树根系共生, 因此侵染率 M_1 比 M_2 高 11.6%—23.5%, 二者差异显著 ($P < 0.05$)。

VAM 真菌侵染, 导致茶树生长量(表 1)增加, 主要表现在植株增高增粗、叶片增大、

表 1 VAM 真菌对茶树生长的影响

Table 1 Effect of VAM fungi on the growth of tea plants

处 理	株 高	茎 粗	节间长	根 长	叶 长	叶 宽	叶 面积
Treatment	Plant	Stem	Internode	Root	Leaf	Leaf	Leaf
	height	diameter	length	length	length	width	area
	(cm)	(mm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)
M_1	36.16aA	3.14aA	2.67aA	19.50bB	8.23aA	3.76aA	21.90aA
M_2	36.21aA	3.11aA	2.56aAB	23.81aA	8.48aA	3.85aA	23.19aA
CK	18.43bB	2.62bB	2.15bB	18.00bB	7.08bB	3.45bB	17.56bB

注: 每纵行数据标有不同小写字母者表示 $P < 0.05$, 标有不同大写字母者表示 $P < 0.01$ (LSD 法), 以下表同。

节间和根系增长。其中株高 M_1 、 M_2 比 CK 高 96%，差异极显著 ($P < 0.01$)，而 M_1 与 M_2 差异不显著。还表现在植株整株及各部分干物重(表 2)均成倍增加，冠 / 根率增大，叶片单位面积的鲜重(比叶重)增加，比叶重 M_1 、 M_2 、CK 依次为 $26.28\text{mg} / \text{cm}^2$ 、 $25.43\text{mg} / \text{cm}^2$ 、 $24.81\text{mg} / \text{cm}^2$ 。

表 2 VAM 真菌对茶树干物重的影响(克 / 株)

Table 2 Effect of VAM fungi on the dry weights of tea plants (g / plant)

处理 Treatment	地下部 Roots(R)			地上部 Tops(T)			整株 Whole plant	冠 / 根率 T / R ratio
	吸收根	输导根	合计	茎	叶	合计		
	Absorbing roots	Conducting roots	Total	Stem	Leaves	Total		
M_1	0.51aA	0.56aA	1.07aA	0.81aA	1.38aA	2.19aA	3.26aA	2.09
M_2	0.49aA	0.48aA	0.97aA	0.67aA	1.21aA	1.88aA	2.85bB	1.96
CK	0.19bB	0.22bB	0.41bB	0.23bB	0.51bB	0.74bB	1.15cC	1.85

值得注意的是 VAM 真菌对茶树生长率(图 1)影响极大。生长率 M_1 、 M_2 比 CK 高 2—3 倍。茶树接种 VAM 真菌 25 天后，处理间株高尚无差异；55 天后，显然由于侵染率随时间的推移而增加，株高 M_1 、 M_2 比 CK 增加 25%。同时，接种 VAM 真菌的茶树平均生长率(30 日 / 5 月—28 日 / 8 月)一直呈上升趋势，28 日 / 8 月—27 日 / 9 月有所降低，以后又升高。而 CK 茶树平均生长率(29 日 / 6 月—29 日 / 7 月、28 日 / 8 月—27 日 / 9 月)有 2 次降低。这表明接种 VAM 真菌的茶树实生苗在年发育周期中减少了 1 次休止期，显然与 VAM 真菌侵染高峰有关。各处理平均生长率均以旺盛生长期(29 日 / 7 月—28 日 / 8 月)最高， M_1 、 M_2 和 CK 分别为 $0.206\text{cm} / \text{天}$ 、 $0.214\text{cm} / \text{天}$ 和 $0.071\text{cm} / \text{天}$ 。

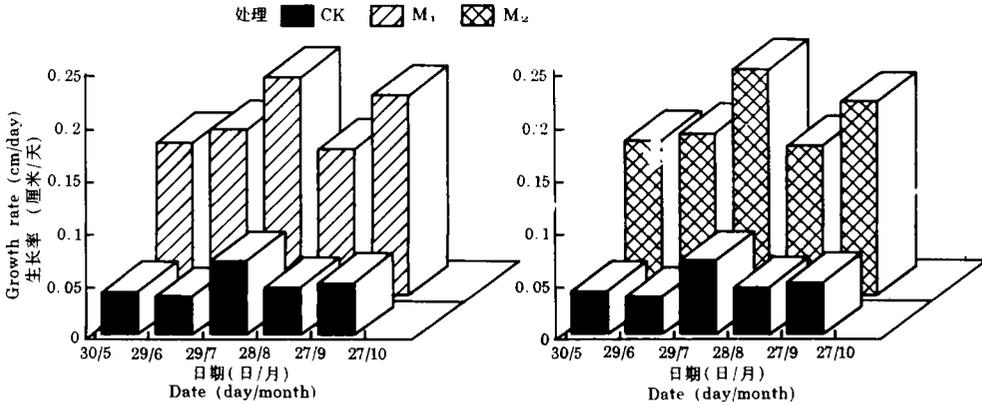


图 1 VAM 真菌对茶树生长率的影响

Fig. 1 Effect of VAM fungi on the growth rate of tea plants

2.2 茶树叶片解剖结构和生理效应

各处理茶树叶片解剖结构测定结果(表 3)， M_1 、 M_2 和 CK 相比，有海绵组织增厚、栅栏组织变薄的趋势，栅 / 海比值(x)及由此计算的抗寒性得分($y = 5.8x - 0.9$)^[6]降低，尚未

达 5%显著水准。叶片游离脯氨酸含量 M_1 、 M_2 、CK 依次为 $102\mu\text{g/g}$ 、 $101\mu\text{g/g}$ 、 $103\mu\text{g/g}$ ，三者之间差异不显著。 M_1 、 M_2 上表皮增厚，有利于抗寒。VAM 真菌侵染，茶树根系吸收面积扩大了，水分运输阻力降低，导水率和水分利用率显著提高^[7]，有利于植株耐旱。

表 3 成熟叶片解剖结构(厚度:微米)
Table 3 Anatomical structure of mature leaves (thickness: μm)

处理 Treatment	上表皮厚度 Thickness of epicuticula	栅栏组织厚度 Thickness of palisade tissue(TP)	海绵组织厚度 Thickness of spongy tissue(TS)	下表皮厚度 Thickness of subepider- mis	叶全厚 Thickness of leaf	栅/海 TP/TS	抗寒性得分 Score of cold resistance
M_1	23.67	55.01	142.35	18.67	239.70	0.3902	1.363
M_2	22.00	57.01	148.69	17.00	244.70	0.3874	1.347
CK	21.34	61.67	138.68	19.67	241.36	0.4537	1.731

茶树叶片重要的生理指标叶绿素 a、b 和叶绿素总量(表 4) M_1 、 M_2 均有明显增加，这与束际林、李名君^[2]的结果一致，而叶绿素组成发生了变化，与束际林、李名君^[2]报道不一致。过氧化物酶活性(表 4) M_1 、 M_2 明显降低，它的活性强弱与呼吸作用有关。本试验中，过氧化物酶活性与植株高度呈负相关($r = -0.7742$, $P < 0.05$)。

表 4 茶树叶片叶绿素含量和过氧化物酶活性比较
Table 4 Comparison of chlorophyll contents and peroxidase activity among tea leaves

处理 Treatment	叶绿素含量 Chlorophyll total (mg/gFW)	叶绿素 a Chlorophyll a (mg/gFW)	叶绿素 b Chlorophyll b (mg/gFW)	叶绿素组成 chlorophyll composition (a/b)	过氧化物酶活性 Peroxidase activity (mmol/gFW.min)
M_1	29.11dD	12.37dD	16.74dD	0.7389eD	47.54eE
M_2	31.20dD	13.01dD	18.19dD	0.7152eD	53.96eE
CK	18.22eE	8.18eE	10.04eE	0.8147dD	68.88dD

VAM 真菌侵染，茶树根际生态和根际微生物区系发生了变化^[8]，使土壤磷酸酶活性增强，从而提高了磷的有效性。各处理土壤磷酸酶活性分别为 7.68 酚 $\text{mg/g} \cdot 24\text{h}$ 、 7.94 酚 $\text{mg/g} \cdot 24\text{h}$ 、 5.66 酚 $\text{mg/g} \cdot 24\text{h}$ ， M_1 、 M_2 比 CK 分别高 35.7%、40.3%。同时，VAM 真菌侵染，茶树根系脱氢酶活性增强，根系活力提高，养分吸收速率加快。各处理根系脱氢酶活性分别为 $0.62\text{TPFmg/gFW} \cdot \text{h}$ 、 $0.68\text{TPFmg/gFW} \cdot \text{h}$ 、 $0.33\text{TPFmg/gFW} \cdot \text{h}$ ， M_1 、 M_2 比 CK 分别高 87.9%、106.1%。

2.3 VAM 真菌对茶叶品质的影响

VAM 真菌侵染茶树，使茶叶品质(表 5)有明显变化。 M_1 、 M_2 和 CK 相比，咖啡碱含量明显增加，儿茶素含量明显减少，酚/氨比值降低，茶叶苦涩味减轻，因而茶叶品质有所

改善。

表 5 秋季成熟叶片主要生化成分含量

Table 5 The contents of main biochemical components of mature leaves in autumn

处理 Treatment	茶多酚 Polyphenols (P) (%)	儿茶素 Catechins (mg / g)	游离氨基酸 Free amino acids(A) (%)	咖啡碱 Coffeine (%)	水浸出物 Water soluble matter (%)	酚 氮 P A
M ₁	10.43	66.79bA	1.82	1.86aA	30.46	5.75
M ₂	10.80	68.97bA	1.85	1.85aA	30.50	5.85
CK	11.37	76.72aA	1.80	1.61bB	30.40	6.32

植株地上部矿质元素含量也有明显差异(表 6)。M₁、M₂ 和 CK 相比, P、Cu、Mn 含量明显增加, Fe 含量明显减少。这显然因为 P、Cu、Mn 等对茶树吸收 Fe 有拮抗作用的缘故。M₁ 的 K 含量高, 对 Ca、Mg 的吸收产生拮抗作用; M₂ 的 Ca 含量高, 拮抗 Mg 的吸收。

表 6 VAM 真菌对茶树地上部氮和矿质元素含量的影响(%)

Table 6 Effect of VAM fungi on the contents of nitrogen and mineral nutrients in the tops of tea plants

处理 Treatment	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn
M ₁	2.982	0.209aA	1.323	2.143bB	0.256	0.048bB	0.0037	0.0014aA	0.0068aA
M ₂	2.915	0.200aA	1.195	2.964aA	0.247	0.042bB	0.0033	0.0017aA	0.0061aA
CK	3.183	0.149bB	1.245	2.498bB	0.268	0.097aA	0.0046	0.0008bB	0.0018bB

VAM 真菌侵染, 促进了茶树对土壤中扩散率低的磷的吸收, 这时茶叶生产无疑具有重要意义。我国茶区土壤主要是红壤和黄壤, 由于铁铝对磷的固定, 这些酸性土壤中含磷量很低, 全磷为 0.3—2.0g / kg, 有效磷为 0.5—20.0 μ g / g。已有不少报道, 土壤缺磷影响茶树生长发育和制茶品质。磷能提高茶叶品质表现在它能提高水浸出物含量, 结果增加了茶汤浓度, 增进了汤色和滋味。磷可以增强核蛋白的代谢, 为形成咖啡碱提供前导物, 因而使咖啡碱含量增加。咖啡碱在茶汤冷后所产生的“冷后浑”现象中有积极作用, 质量好的茶叶的咖啡碱含量往往比质量次的茶叶高, 茶汤的“冷后浑”现象明显。

参 考 文 献

1. 季瑞琰、周隆义, 1989: 茶树VA菌根菌的形态学观察。茶业通报, 第11卷3期, 24—26页。
2. 束际林、李名君, 1987: 茶树VA菌根的生理学效应研究。茶叶科学, 第7卷1期, 7—14页。
3. 周隆义、季瑞琰, 1993: 茶树VA菌根的生物效应与土壤施磷量的关系。茶业通报, 第15卷2期, 1—4页。
4. 林智, 1993: VA菌根对茶树生长和矿质元素吸收的影响。茶叶科学, 第13卷1期, 15—20页。
5. 唐振尧、臧穆, 1984: 内囊霉科检索表的增补和新种——柑桔球囊霉。云南植物研究, 第6卷3期, 295—304页。
6. 陈席卿, 1980: 茶树叶片解剖结构与抗寒性的相关性研究。蚕桑茶叶通讯, 第3期, 11—14页。
7. 汪洪钢、吴观以、李慧荃, 1989: VA菌根对绿豆(*Phaseolus aureus*)生长及水分利用的影响。土壤学报, 第26卷4期。

393—400 页。

8. 北京农业大学植保系植物生态病理教研室, 1991: 植物根际生态学与根病生物防治进展。428—466页, 中国人民大学出版社。
9. Eden T., 1976: Tea, Third edition, Longman Group Limited, London, pp. 17.
10. 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.

EFFECTS OF VAM FUNGI ON THE VEGETATIVE GROWTH AND PHYSIOLOGY OF TEA TREES AND THE QUALITY OF TEA

Wang Shousheng He Shoulin Wang Dejun Fang Dehua

Wu Guangquan and Bie Zhilong

(Southwest Agricultural University, Chongqing, 630716)

Summary

A pot experiment was carried out to study the effects of two species of VAM fungi (*Glomus* sp.) on the vegetative growth and physiology of tea trees (*Camellia* sp.) and the quality of tea. The results showed that infection of host plants with mycorrhizal fungi markedly raised the activity of phosphorylase in the soil and the dehydrogenase of their roots, promoted the absorption of P, Cu and Mn, and increased their growth volumes and rates. In addition, the contents of chlorophyll and coffeine increased, but the activity of peroxidase and the contents of Fe and catechins reduced.

Key words Tea, Endo-mycorrhiza, Increment, Growth rate, Quality