调节茶园土壤pH对其土著微生物区系及生理群的影响①

王世强[1]， 胡长玉[1]， 程东华[1]， 廖万有[2]， 李 娜[1]， 陈 玲[1]， 房江育[1*]

（1 黄山学院生命与环境学院，安徽黄山 245041；2 安徽省农业科学院茶叶研究所，安徽祁门 245600）

摘 要： 茶园酸性土壤按其重量 1.4% 的比例施用石灰，能使土壤pH 值从 4.1 提高到 6.88；土壤中细菌和放线菌数量能提高近百倍，适于酸性环境的真菌数量略低于不施用石灰的对照组；酸性土壤经 pH 调节后，土壤pH值在前 45 天呈缓慢下降趋势，随后有所升高；细菌各类生理群数量在pH调节后前期呈快速上升变化，经过 20～30 天稳定期后，开始下降；调节茶园酸性土壤的pH是提高茶园土壤土著微生物数量和活性的最好方法。

关键词： 茶园土壤；酸性调节；土著微生物；石灰

中图分类号： S154.37；S153.4

茶树是喜酸作物，适宜茶树生长的土壤pH值范围为 4.5～6.0，其中 5.5 是最适值，但通过长期栽培，茶园土壤酸化会不断加重[1-2]，使土壤中绝大多数适宜于中性环境的有益微生物大量减少[3]，不利于有机质的矿化、N素的固定及土壤中养分的转化，是造成茶园低产、减产的重要原因之一。长久以来施用石灰改良酸化严重的土壤依然是常用的方法[4-6]，但笔者尚未见有石灰改良酸性土壤对土壤微生物的研究报道，本文旨在通过施用石灰改良茶园酸性土壤，探讨茶园土壤土著微生物区系及各生理群数量变化的规律，为茶园酸化改良及微生物复合改良剂的研制提供基础资料和实践参考。

1 材料与方法

1.1 土样采集

茶园土壤于 2009 年 8 月采自安徽休宁上井村，植茶年限 35 年，铲去表土层 4～5 cm，采样深度 5～20 cm。土壤装入黑色无菌大塑料袋中，及时带回实验室测土壤理化性质和试验处理。

1.2 土样处理

土壤在无菌塑料袋中，经反复搓揉使土壤粉碎，除一部分留作理化性质测定用外，其余土样在无菌室中分装入两个带盖的无菌大塑料桶中，每桶装 6 kg土壤，其中一桶按 1.4% 石灰粉加入土壤中，用无菌竹铲充分拌匀，另一桶不加石灰作为对照，在 28℃室温下培养，每隔 15 天取样一次，测土壤pH、含水量、微生物各生理群数量。

1.3 土样化学性质分析

将留出的土样在阴处风干用来测定其化学性质：pH用酸度计测定（干土:水=1:2.5）；有机质用重铬酸钾外加热法测定；碱解氮用碱解扩散法测定；速效磷用NH_4F-HCl法测定；速效钾用NH_4OAc浸提-原子 吸收法测定；交换性酸用氯化钾交换-中和滴定法测 定[7]。

1.4 土壤稀释液的制备

称取土样 10 g，加入装有玻璃珠的 90 ml无菌水中，振摇 20 min，制成 10^{-1} g/ml 土壤稀释液，再分别稀释得到 10^{-2}、10^{-3}、10^{-4}、10^{-5}、10^{-6}、10^{-7} g/ml土壤稀释液，每个稀释度设 3 个重复。所有操作在超净工作台上以无菌操作的方式进行。

1.5 土壤微生物区系及微生物生理类群测定方法

微生物数量测定采用稀释涂布平板菌落计数法，其中细菌采用牛肉膏蛋白胨培养基；真菌采用马丁氏孟加拉红培养基；放线菌采用高氏 1 号培养基；氨化细菌采用氨化细菌分离培养基；好气性纤维分解菌用赫奇逊氏培养基。细菌、氨化细菌在 30℃ 培养 3 天计数、真菌在 28℃ 培养 5 天计数、放线菌在 28℃ 培养 7 天计数、好气性纤维分解菌在 28℃培养 14 天计数；亚硝酸细菌采用亚硝酸细菌培养基；反硝化细菌采用反硝化细菌分离培养基，该两类菌的数量采用液体分离法在 30℃下培养 14 天后测定，以最大或然数查表计算其数量[8]。

①基金项目：国家茶叶产业技术体系专项经费土壤肥料岗位子项目资助。

* 通讯作者（fjy@hsu.edu.cn）

作者简介：王世强（1955—），男，安徽歙县人，副教授，主要从事微生物学方面研究。E-mail: wsq@hsu.edu.cn

2　结果与分析

2.1　茶园土壤的化学性质

从表 1 可看出，植茶 35 年的茶园土壤中其有机质、N、P、K 各养分较为丰富，但土壤的 pH＜4.5, 达到了极酸性，使绝大多数适于中性或中性偏碱的细菌、放线菌难以生长。

表 1　茶园土壤的基本化学性质

Table 1　Physical and chemical properties of acid soil in tea plantation

有机质	碱解 N	速效 P	速效 K	交换性酸			pH
（g/kg）	（mg/kg）	（mg/kg）	（mg/kg）	总量（cmol/kg）	H^+（cmol/kg）	Al^{3+}（cmol/kg）	
27.1	96.6	22.19	65.50	19.82	0.92	18.90	4.1

2.2　土壤酸性调节后 pH 的变化情况

从表 2 可看出：酸性土壤经石灰调节后，起初土壤pH较高，但之后土壤pH随之降低，其原因是由于酸性土壤胶体吸附大量的可交换性酸即潜性酸（H^+ 和 Al^{3+}）、以及胶体吸附的无机酸和低分子的有机酸逐渐释放缓冲的结果；在 45 天之后，由于土壤有机质的减少，一些微生物可利用一部分有机酸作为养料，使得土壤pH又有所回升。

表 2　茶园土壤酸性调节后 pH 的变化情况

Table 2　Change of soil pH after acidity adjustment

处理	初始 pH 值	酸性调节后不同天数土壤 pH 的变化				
		0 天	15 天	30 天	45 天	60 天
对照组	4.10	4.10	3.90	4.09	4.08	4.12
试验组	4.10	6.88	6.20	6.03	6.18	6.20

2.3　土壤酸性调节对好氧细菌数量的影响

绝大多数细菌喜中性偏碱环境，从图 1 可看出：酸性土壤 pH 调节后，土壤中好氧细菌的数量呈大幅度的增加，试验组比对照组好氧细菌的数量在各天数计数均增加近百倍；此外由于土壤经粉碎处理，改善了通气条件，使得对照组好氧菌数量也有微微增加；但随时间的延长，45 天后两组菌数均有下降的趋势，应该与土壤养料消耗有关。

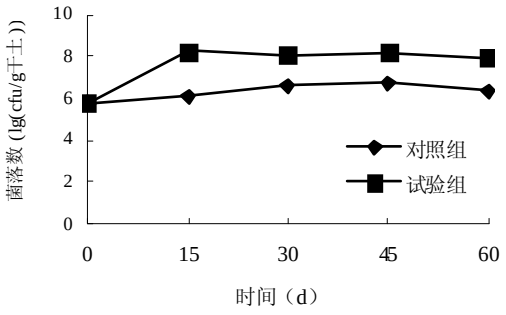

图 1　pH 调节对土壤中好氧细菌数量的影响

Fig. 1　Effect of pH adjustment on amount of soil aerobic bacteria

2.4　土壤酸性调节对放线菌数量的影响

从图 2 可看出：酸性土壤 pH 调节后，土壤中放线菌的数量试验组比对照组增加的幅度高于好氧细菌的增加幅度，说明放线菌对环境 pH 更为敏感，要求环境中较高的 pH，两组曲线变化规律，均与土壤 pH 的变化规律相一致。

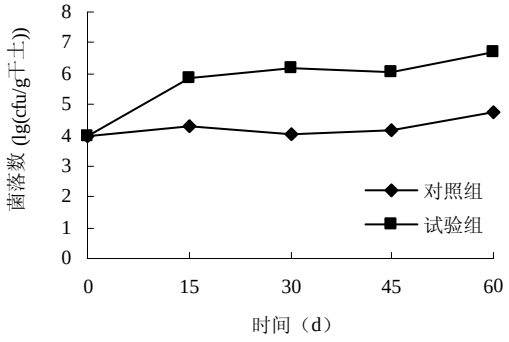

图 2　pH 调节对土壤中放线菌数量的影响

Fig. 2　Effects of pH value adjustment on amount of soil actinomycetes

2.5　土壤酸性调节对真菌数量的影响

从图 3 可看出：土壤 pH 调节后，土壤中真菌的数量试验组比对照组要少，与真菌生理上喜欢中性偏酸性环境密切相关；此外试验期间通气条件因好于自然条件，试验组与对照组真菌的数量均比初始菌数有所增加，与真菌（主要是霉菌）好气性有关。

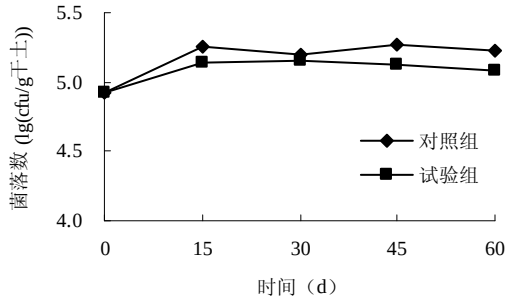

图 3 pH 调节对土壤中真菌数量的影响

Fig. 3 Effect of pH adjustment on amount of soil fungi

2.6 土壤酸性调节对芽孢细菌数量的影响

从图 4 可看出：土壤 pH 调节后，土壤芽孢细菌的数量试验组比对照组也有较大幅度的增加，与芽孢细菌喜欢较高 pH、好气有关，在 45 天后有下降的趋势是受土壤营养的消耗，菌体形成芽孢，繁殖减缓的影响。

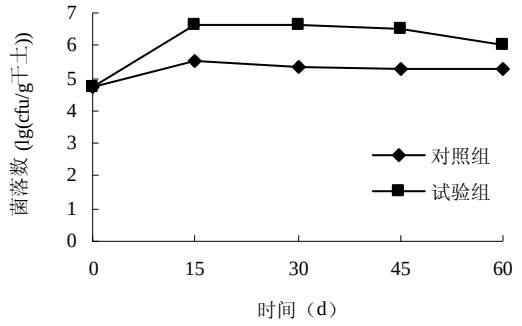

图 4 pH 调节对土壤芽孢细菌数量的影响

Fig. 4 Effect of pH adjustment on amount of soil bacillus bacteria

2.7 土壤酸性调节对氨化细菌数量的影响

从图 5 可看出：绝大多数氨化细菌都适于中性偏碱环境，试验组在土壤 pH 调节后的前 30 天氨化细菌数量呈上升趋势，之后为下降趋势，呈现与图 1、图 4 相似的变化规律。

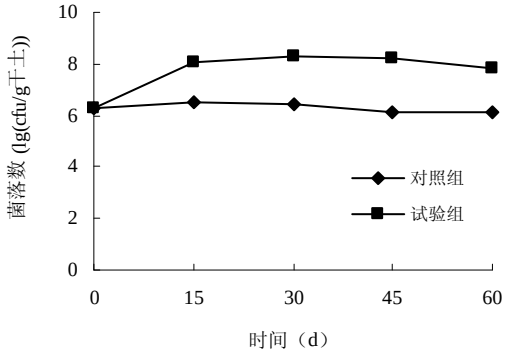

图 5 pH 调节对土壤氨化细菌数量的影响

Fig. 5 Effect of pH adjustment on amount of soil ammonifiers

2.8 土壤酸性调节对亚硝化细菌数量的影响

土壤的硝化作用是由亚硝化细菌和硝化细菌共同完成的，土壤中亚硝化细菌数量反映了硝化细菌的数量。从图 6 可看出：亚硝化细菌的试验组与对照组相比提高幅度不大且呈现较快的下降趋势，与调节后的土壤中各类微生物数量快速增加、而土壤中氨的含量急剧减少密切相关；对照组亚硝化细菌的数量在第 15 ~ 45 天下降较快与土壤 pH 降低有关，因为该类细菌是嗜碱微生物，在低 pH 下，变得对 pH 的再降低更为敏感。

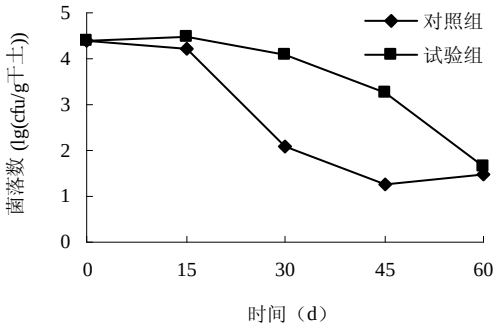

图 6 pH 调节对土壤亚硝化细菌数量的影响

Fig. 6 Effect of pH adjustment on amount of soil nitrosobacteria

2.9 土壤酸性调节对反硝化细菌数量的影响

反硝化细菌是一类兼性厌氧微生物，从图 7 可看出：在通气良好试验条件下，该类菌能快速增殖，从前 15 天两组菌数的增加较快到后期试验组与对照组数量较为接近，说明它们对氧气的敏感程度大于对 pH 改变的敏感程度。

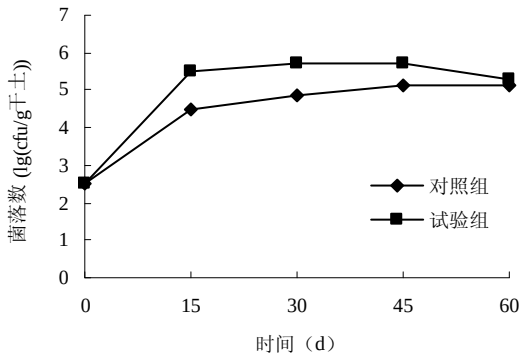

图 7 pH 调节对土壤反硝化细菌数量的影响

Fig. 7 Effect of pH adjustment on amount of soil denitrifying bacteria

2.10 土壤酸性调节对好气性纤维分解菌数量的影响

从图 8 可看出，对照组纤维分解菌在整个培养期间数量变化不大，这些纤维分解菌是以霉菌为主，纤维分解细菌较少，土壤 pH 调节后纤维分解菌数大幅度

增加，主要是增加了纤维分解细菌。其变化规律与图 1、图 5、图 7 较为一致。

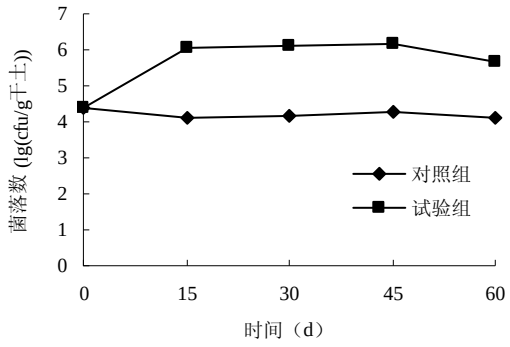

图 8　pH 调节对土壤纤维分解菌数量的影响

Fig. 8　Effect of pH adjustment on amount of soil cellulolytic bacteria

3　结论与讨论

（1）茶园酸性土壤经pH调节后，由于酸性土壤胶体吸附大量的可交换性酸即潜性酸（H^+和Al^{3+}）、以及胶体吸附的胡敏酸、低分子的有机酸、硅酸、碳酸、磷酸逐渐释放缓冲的作用[6]，土壤pH在前 45 天呈缓慢下降趋势，之后有所回升可能与实验室条件下部分腐殖质、有机酸的被利用有关。

（2）茶园酸性土壤经 pH 调节后，土壤中的细菌、放线菌的数量比对照组要提高百倍以上，其中适于中性偏碱环境的放线菌，在不同天数数量变化规律与土壤调节后 pH 的变化规律相一致；而适于偏酸环境的真菌在不同天数的数量均低于对照组的真菌数量。

（3）除硝化细菌外，其他各种不同生理群细菌的数量在土壤 pH 调节后前 30 天呈上升趋势，受土壤养料消耗的影响，随之经过一个稳定期后，进入下降期。各类微生物数量的变化规律曲线，与典型分批培养下细菌的生长曲线相一致。

（4）有报道认为过多地施用石灰会造成土壤板结，但没有确切的实验数据表明 1% 左右的石灰施用量能造成土壤板结的后果，却足以调节土壤pH 2 ~ 3 个单位，这是其他方法难以达到的；且Ca素有利于有益微生物的活动，促进有机质的分解，减少P素被活性Fe、Al的固定[9]。要提高土壤微生物的数量，重点应提高土壤土著微生物的数量，某些改良方法虽能带给土壤客体微生物，但它们在土壤环境中能否生长繁殖很好值得研究。

（5）茶园茶树的生长、茶叶的产量与品质与土壤肥力密切相关。而土壤肥力的形成与演变过程大多是在土壤微生物及其酶的作用下进行的， 土壤微生物在土壤养分转化、有机质的分解等方面起着重要的作用，由此可见土壤生态系统中各微生物群落数量与活性是影响土壤肥力的主要因素之一[10-11]。

（6）基于土壤微生物角度茶园退化的主要原因是：土壤过低的 pH 是造成茶园土壤微生物数量极少的重要原因，土壤中数量最大的细菌和有益的放线菌要求较高的 pH 环境。改良茶园土壤酸性环境，是提高茶园土壤土著微生物数量和活性的最好方法。

参考文献：

[1] 廖万有. 我国茶园土壤的酸化及其防治. 农业环境保护, 1998, 17(4): 178−180

[2] 毛佳, 徐仁扣, 黎星辉. 氮形态转化对豆科植物物料改良茶园土壤酸度的影响. 生态与农村环境学报, 2009, 25(4): 42−45

[3] 蔡艳, 易江婷, 宋威, 张毅, 张锡洲. 蒙顶山茶园土壤微生物区系和酶活性研究. 湖北农业科学, 2009, 48(2): 317−320

[4] 易杰祥, 吕亮雪, 刘国道. 土壤酸化和酸性土壤改良研究. 华南热带农业大学学报, 2006, 12(1): 18−23

[5] 唐莉娜, 熊德中. 酸性土壤施石灰对土壤性质与烤烟品质的影响. 中国生态农业学报, 2003, 11(3): 81−83

[6] 雷宏军, 朱端卫, 刘鑫, 周文兵, 洪丽芳. 酸性土壤在改良条件下磷的吸附−解吸特性. 土壤学报, 2004, 41(3): 636−640

[7] 鲍士旦. 土壤农化分析. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2005: 30−86, 106−163

[8] 许光辉, 郑洪元主编. 土壤微生物分析方法手册. 北京: 农业出版社, 1986: 102−125

[9] 孙向阳. 土壤学. 北京: 中国林业出版社, 2004: 219−221

[10] 周智彬, 李培军. 塔克拉玛干沙漠膜地人工绿地土壤中微生物的生态分布及其与土壤因子间的关系. 应用生态学报, 2003, 14(8): 1 246−1 250

[11] 陆雅海, 张福锁. 根际微生物研究进展. 土壤, 2006, 38(2): 113−121

Effects of Adjusting pH of Tea Plantation Soil on Indigenous Microbial Fauna and Physiological Group

WANG Shi-qiang[1], HU Chang-yu[1], CHENG Dong-hua[1], LIAO Wan-you[2], LI Na[1], CHEN Ling[1], FANG Jiang-yu[1]

(1 *Life and Environment Science School, Huangshan University, Huangshan, Anhui* 245041, *China*;

2 *Institute of Tea, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Qimen, Anhui* 245600, *China*)

Abstract: Applying lime to tea plantation acid soil according to 1.4% proportion increased soil pH value from 4.1 to 6.88, and increased the amounts of bacteria and actinomycetes by nearly a hundred times, while fungi more adapt to acid environment was slightly lower than that of CK group (without lime). pH value of acid soil decreased slowly in early 45 days, but later increased a little; the amounts of various physiological groups of bacteria increased rapidly in the earlier stage, then decreased after 20 - 30 days. The results showed adjusting pH is the best way to promote indigenous microbial fauna and activity in tea plantation acid soil.

Key words: Tea plantation soil, Acidity adjustment, Indigenous microorganism, Lime