

多功能调理剂在福建植烟土壤上的应用效果

张玉树¹, 王英男^{1,2}, 郑祥洲¹, 王亚萨^{1,2}, 唐莉娜³, 张晶¹, 丁洪^{1*}

(1.福建省农业科学院土壤肥料研究所,福州 350013;2.福建农林大学资源与环境学院,福州 350002;3.福建省烟草与农业科学研究所,福州 350003)

摘要:为了考察多功能土壤调理剂(ST和MT)对酸性植烟土壤的调理效果,在田间试验条件下,以不施调理剂和当地调理措施(白云石粉)为对照,对比研究了不同调理剂对土壤pH和烤烟产质量的影响。结果表明,与不施调理剂处理相比,施用调理剂处理烤烟根系周围土壤pH提高0.5~1.5;烤烟产量和上等烟叶比例随土壤pH(4.9~6.6)的提高而增加,烟叶产量和产值分别增加4.0%~9.0%和6.0%~14.7%,上等烟叶比例提高1.5%~12.9%。与白云石粉处理相比,等量施用多功能调理剂MT处理上等烟叶比例提高11.2%,经济效益增加1485.7元/hm²;减半施用多功能调理剂处理(白云石粉用量的50%)仍可以达到与白云石粉相当的调理效果。可见,多功能土壤调理剂具有较好的调理效果。

关键词:土壤调理剂;烤烟;产量;品质;pH

中图分类号:S572.01

文章编号:1007-5119(2017)04-0044-07

DOI:10.13496/j.issn.1007-5119.2017.04.007

Effects of Different Soil Conditioners on Soil pH and Tobacco Growth in Fujian Province

ZHANG Yushu¹, WANG Yingnan^{1,2}, ZHENG Xiangzhou¹, WANG Yasa^{1,2}, TANG Lina³,
ZHANG Jing¹, DING Hong¹

(1. Institute of Soil and Fertilizer, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013, China; 2. College of Resource and Environment, Fujian Agricultural And Forest University, Fuzhou 350002, China; 3. Tobacco and Agricultural Research Institute, Fujian Municipal Tobacco Company, Fuzhou 350003, China)

Abstract: Soil acidification is getting worse under long-term fertilization. In this study, a field experiment was conducted to investigate the effects of different soil conditioners on soil pH and tobacco growth in Fujian Province. No conditioner, local countermeasure (dolomite powder) were considered as controls. Multi-functional soil conditioners ST and MT were applied with half and the same amount as dolomite powder. The results showed that compared to the treatment of no conditioner, the conditioners significantly increased rhizosphere soil pH by 0.5-1.5 units, increased the ratio of high quality tobacco leaves by 1.5%-12.9%, and significantly increased the yield and output value by 4.0%-9.0% and by 6.0%-14.7%, respectively. Compared to dolomite powder, under the same applied amount, the treatments of multi-functional soil conditioners MT significantly increased the ratio for high quality tobacco leaves and the economic benefit by 11.2% and by 1485.7 Yuan/ha, respectively. Additionally, multi-functional soil conditioners applied with half amount of dolomite powder showed the equivalent conditioning effects with dolomite powder. These results suggested that the multi-functional soil conditioners have positive effects on soil pH and tobacco growth, thus, could be recommended to be used in tobacco production.

Keywords: soil conditioner; tobacco; yield; quality; pH

福建省是我国烤烟种植的主要省份之一,常年种植面积保持在7万hm²左右^[1]。虽然烤烟生长对土壤pH适应范围较广,在pH4.5~8.5均能正常生

长和发育^[2],但一般认为我国优质烤烟生产适宜的土壤pH为5.5~6.5^[3]。然而有研究表明福建省烟区86.6%的土壤pH小于5.5^[4]。较低的pH影响土壤

基金项目:福建省烟草专卖局科技项目“多功能烟田土壤调理剂研究与应用”(2013062);控释烟草专用肥产业化关键技术与示范推广(2012045);福建省公益科研院所专项“玻璃基质缓释肥料产业化关键技术与示范推广应用”(2014R1022-4);福建省农业科学院科技创新团队PI项目“土壤碳氮循环与环境”(2016PI-30)

作者简介:张玉树(1980-),博士,副研究员,主要从事植物营养与土壤氮循环研究。E-mail: zys3505@126.com。*通信作者, E-mail: hongding@China.com

收稿日期:2017-02-21

修回日期:2017-04-19

微生物分布与活性、养分有效性,导致土壤中钾、钙、镁、钼、硼等营养元素流失,进而影响烤烟生长和烟叶品质^[5-7]。施用酸性土壤调理剂是改善土壤理化性状和土壤微生态环境的有效方法之一,有研究表明酸性土壤调理剂可以提高土壤 pH,显著提高烟叶产量和品质^[8-9]。石灰、白云石粉、氢氧化镁等是最常用的酸性土壤调理剂,但长期大量施用石灰和白云石粉不仅会引起土壤板结而形成“石灰板结田”,而且容易引起土壤钙、钾、镁等元素的平衡失调而导致作物减产^[10];长期大量施用氢氧化镁所带入的镁素与钾素存在拮抗作用,影响土壤钾素有效性^[11]。也有学者采用氰氨化钙作为酸性土壤调理剂^[12]。虽然氰氨化钙调酸效果较好,而且施入土壤后产生的氰胺类物质可以抑制土传病菌生长,但大量的氰胺类物质可能会影响作物根系生长。可见,大量、单独施用上述调理剂均容易对土壤或烟株造成“二次伤害”,而在单位面积施用总量相同条件下,复合施用不同调理剂可能带来的副作用小于单独施用。此外,复合施用还可以同时提供氮、磷、镁等营养,可能具有更为显著的调理效果。为了验证该推论,选择氢氧化镁、钙镁磷、氰氨化钙、氯化钙、碳酸氢钙、风化煤等材料作为主要原料或辅料;通过合理复配,研制出多功能土壤调理剂^[13],并在田间条件下研究多功能调理剂对土壤性质和烤烟生长的影响,旨在为酸性土壤改良及该多功能调理剂的推广应用提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

试验地点位于福建省邵武市沿山镇,地处中亚热带季风气候区,年平均降水量 1770 mm,年平均气温 17.7 °C,无霜期 264 d。土壤为酸性花岗岩母质发育的水稻土(水耕人为土),土壤质地为砂质粘壤土,有机质 42.3 g/kg、全氮 1.6 g/kg、碱解氮

127.2 mg/kg、有效磷 19.3 mg/kg、有效钾 263.0 mg/kg 和 pH 4.9。

试验设 6 个处理,重复 4 次,采用完全随机排列。各处理分别为:(1)不施调理剂(CK);(2)施用白云石粉(当地推荐调理措施,1500 kg/hm²,用 CT 表示);(3)减半施用多功能调理剂 ST(施用量为白云石粉的 50%,即 750 kg/hm²,以 ST1 表示);(4)等量施用多功能调理剂 ST(施用量与白云石粉相同,即 1500 kg/hm²,以 ST2 表示);(5)减半施用多功能调理剂 MT(750 kg/hm²,以 MT1 表示);(6)等量施用多功能调理剂 MT(1500 kg/hm²,以 MT2 表示)。多功能调理剂 ST 和 MT 由氢氧化镁、氢氧化钙、碳酸钙、钙镁磷、风化煤和/或氰氨化钙等组成,纯度均为农用级,各组分比例见表 1。

除土壤调理剂外,其余管理措施与当地习惯一致。所施肥料分别为牛粪[m(N) m(P₂O₅) m(K₂O)=0.3 0.3 1.0],菜籽饼[m(N) m(P₂O₅) m(K₂O)=4.5 2.5 1.4],烟草专用肥[m(N) m(P₂O₅) m(K₂O)=12.5 8 22.5],钙镁磷,硫酸钾,硝酸钾,施用量分别为 1500、450、900、300、250 和 150 kg/hm²。其中牛粪和菜籽饼全部作为基肥施用,化学肥料中氮肥 67.8%作为基肥、32.2%作为追肥,磷肥 88.5%作为基肥、11.5%作为追肥,钾肥 41.3%作为基肥、57.3%作为追肥。基肥和调理剂于烟苗移栽前 15 d 在畦面中间开沟(宽 10~15 cm,深 10~15 cm)施用,施后覆土并盖膜。追肥为浇施,分别于烟苗移栽后第 12、35 和 55 天施用。小区面积为 57.6 m²,种植密度为 1.2 m×0.5 m。供试烤烟品种为 K326,2016 年 3 月 12 日移栽,5 月 27 日开始采收,7 月 20 日采收结束。

1.2 测定项目及方法

每小区消除边际效应后随机选定点 5 株,分别于团棵期和打顶后调查烟株株高、茎围、有效叶片

表 1 多功能调理剂 ST 和 MT 组分比例

组分	氢氧化镁	碳酸钙	氢氧化钙	钙镁磷	氰氨化钙	风化煤	辅料
ST	25	25	14	17	—	17	2
MT	20	25	9	17	10	17	2

注:其中钙镁磷含 P₂O₅ 12.0%,氰氨化钙中含 N 19.5%。

数、最大叶长、最大叶宽；并于旺长期采集烟株根系周围土壤样品，测定土壤碱解氮、速效磷和速效钾含量及 pH。土壤取样方法为，用内径 2.0 cm 的土钻在每个小区烤烟根系周围（调理剂和肥料施用区域）随机采集 20 个深度为 0~20 cm 土柱，混合均匀后作为一个样品。土壤有机质、全氮、碱解氮、速效磷和速效钾含量及 pH 值分别采用重铬酸钾容量法、凯氏定氮法、碱解扩散吸收法、Olsen 法、火焰光度计法（Model 2655-00，Cole-Parmer Instrument Company）和 pH 计法（S210 Seven Compact, Mettler Toledo）测定^[14]。烟叶采收结束后采集并分析烤烟根、茎秆和叶的养分含量。烟叶化学成分分析根据总糖和还原糖（YC/T 159—2002）、烟碱（YC/T 160—2002）、总氮（YC/T 161—2002）、氯（YC/T 162—2002）和钾（YC/T 274—2008）烟草行业标准，由中国烟草总公司郑州烟草研究院分析测定。烟株全氮、全磷和全钾含量分别采用浓硫酸-混合加速剂-蒸馏法、钒钼黄比色法和火焰光度计法测定^[15]。

1.3 数据处理与分析

试验数据采用 IBM Statistics SPSS 18.0、Microsoft Excel 2003 和 Origin 9.0 进行分析处理，ANOVA 进行多重比较。

2 结果

2.1 不同调理剂对烤烟主要农艺性状的影响

从表 2 可以看出，团棵期各处理间的株高、茎

围、有效叶片数、最大叶长和叶宽均没有差异，表明在烟苗移栽前 15 d 施用多功能土壤调理剂对烤烟前期生长没有不良影响。在烤烟生长后期（打顶后），ST2 和 MT2 处理的株高、茎围和最大叶长略高于 CK 和 CT 处理，其中 MT2 处理的烟株茎围显著高于其他处理（ST2 除外）。值得注意的是，多功能调理剂减半施用的条件下（ST1 和 MT1 处理）也能达到 CT 处理的效果，烤烟生长后期的烟株株高、茎围、有效叶片数、最大叶长和叶宽与 CT 处理没有差异。

2.2 不同调理剂对烟叶产量、品质及产值的影响

从表 3 可以看出，与不施调理剂处理（CK）相比，CT、ST1、ST2、MT1 和 MT2 处理烟叶产量和产值分别比 CK 提高 4.0%~9.0%和 6.0%~14.7%，除 ST1 处理烟叶产量略有增加外，其他均达到 5% 显著水平；上等烟叶比例分别提高 1.5%~12.9%，其中 MT1 和 MT2 处理达到 5% 显著水平；经济效益提高 2 099.8~4 769.7 元/hm²。不同调理剂处理间比较表明，在等量施用条件下，MT2 处理上等烟叶比例比 CT 处理提高 11.2%，总产值增加 5.0%，均达到显著水平；ST2 处理烟叶产量、上等烟叶比例和总产值略高于 CT 处理，但差异不显著。从经济效益分析结果来看，ST2 和 MT2 处理高于 CT 处理。减半施用下，多功能调理剂处理仍表现出与 CT 处理相当的调理效果。ST1 处理的烟叶产量、上等烟叶比例和总产值与 CT 处理没有差异，但 MT1 处理的上等烟叶比例仍显著高于 CT 处理。

表 2 不同调理剂处理条件下烤烟主要农艺性状差异

Table 2 Agronomic characters of tobacco under different treatments

处理	株高/cm		茎围/cm		有效叶/片		最大叶长/cm		最大叶宽/cm	
	团棵期	打顶后	团棵期	打顶后	团棵期	打顶后	团棵期	打顶后	团棵期	打顶后
CK	16.9±0.2a	71.3±2.3a	4.1±0.1a	7.9±0.1b	12.5±0.4a	16.3±0.3a	40.0±0.5a	65.8±1.0a	18.9±0.3a	25.3±0.4a
CT	15.8±1.4a	73.0±2.8a	4.1±0.2a	7.9±0.1b	11.9±0.7a	16.6±0.3a	38.6±1.3a	65.3±1.4a	18.9±0.6a	25.4±0.7a
ST1	16.2±0.7a	72.4±2.6a	4.2±0.1a	7.9±0.1b	12.3±0.3a	16.5±0.3a	39.5±1.6a	65.8±1.6a	18.9±1.0a	25.3±0.4a
ST2	16.5±1.0a	73.2±1.4a	4.1±0.1a	8.2±0.1ab	12.1±0.7a	16.6±0.2a	40.1±1.5a	66.4±3.0a	19.1±0.4a	25.2±0.6a
MT1	17.1±0.7a	73.0±2.9a	4.3±0.1a	7.9±0.2b	12.4±0.3a	16.5±0.6a	39.8±1.0a	65.8±1.0a	19.3±0.5a	25.4±0.6a
MT2	16.3±1.1a	74.3±2.7a	4.1±0.2a	8.5±0.1a	12.0±0.6a	16.7±0.3a	40.0±0.7a	67.0±0.3a	19.5±0.2a	25.5±0.3a

注：表中同列不同小写字母表示处理之间差异达到 5% 的显著水平，下同。

表 3 不同调理剂处理条件下烤烟产量及产值
Table 3 Yields and output values of tobacco under different treatments

处理	烟叶产量/ (kg·hm ⁻²)	上等烟叶 比例/%	烟叶产值/ (元·hm ⁻²)	调理剂成本/ (元·hm ⁻²)	与 CK 相比增加经济 效益/(元·hm ⁻²)	与 CT 相比增加经济 效益/(元·hm ⁻²)
CK	(1 526.0±41.4)c	(57.8±1.2)c	(41 595.0±1 173.7)c	—	—	—
CT	(1 648.9±36.5)ab	(58.7±0.5)c	(45 442.3±909.7)b	600.0	3 247.4	—
ST1	(1 586.5±49.7)bc	(59.2±0.7)c	(44 100.2±1 388.3)b	405.4	2 099.8	-1 147.5
ST2	(1 657.0±33.7)a	(59.1±0.4)c	(45 840.3±790.4)b	810.8	3 434.6	187.2
MT1	(1 622.8±47.2)ab	(60.9±0.7)b	(45 339.5±1 132.2)b	667.9	3 076.6	-170.7
MT2	(1 663.8±42.6)a	(65.3±0.4)a	(47 700.5±1 230.1)a	1 335.8	4 769.7	1 522.3

2.3 不同调理剂对烟株养分积累量的影响

图 1 显示,施用调理剂还可以提高烟株养分积累量。与 CK 处理相比,氮、磷、钾积累量分别提高 9.8%~33.6%、13.4%~47.5%和 15.3%~31.9%,均达到 5%显著水平。等量施用条件下,ST2 处理烟株磷积累量比 CT 处理提高 14.3%,MT2 处理烟株氮、磷积累量分别比 CT 处理提高 18.6%和 30.0%,均达到 5%显著水平。减半施用下,ST1 和 MT1 养分积累量与 CT 处理没有显著差异。

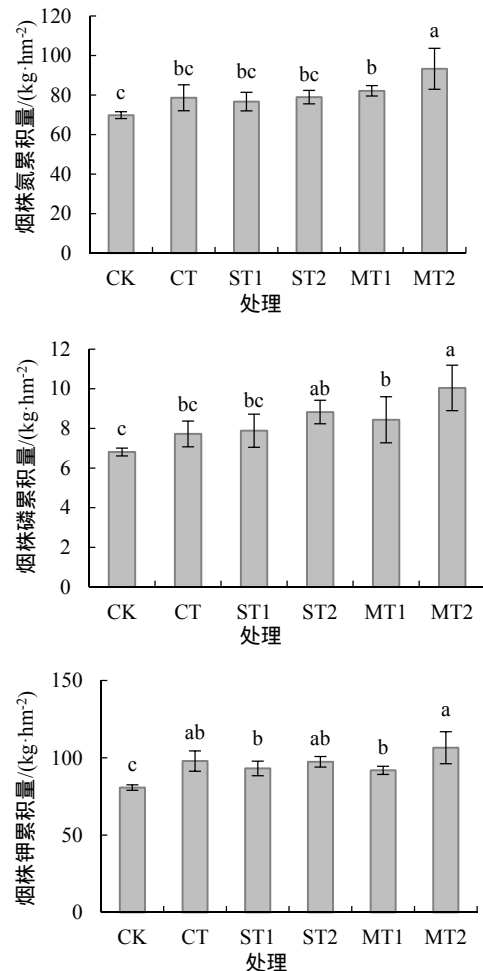
2.4 不同调理剂对土壤 pH 及养分含量的影响

从图 2 可以看出,施用调理剂可以显著提高烤烟根系周围土壤 pH,比 CK 处理提高 0.5~1.5,除 ST1 处理外,其余均达到 5%显著水平。与 CT 处理相比,ST2、MT1 和 MT2 处理土壤 pH 均略高于 CT 处理,但差异不显著。图 2 还显示,施用调理剂 ST 和 MT 还可以显著提高土壤碱解氮、速效磷和速效钾含量。MT1 和 MT2 处理土壤碱解氮含量显著高于 CK 和 CT 处理,ST2 和 MT2 处理速效磷含量显著高于 CK 和 CT 处理。图 3 显示,各处理的土壤 pH (4.9~6.6) 与烟叶产量及上等烟叶比例极显著线性相关。图 4 结果表明,土壤碱解氮、速效磷和速效钾含量分别与烤烟氮、磷、钾积累量极显著相关。

2.5 不同调理剂对烟叶化学成分的影响

由表 4 可以看出,与 CK 处理相比,施用土壤调理剂处理降低了中部位烟叶氮含量和下部位烟叶总烟碱含量,但提高了上部位烟叶总烟碱含量和中、下部位烟叶总氮/总碱比。此外,土壤调理剂处

理还具有提高中、下部位烟叶钾含量和中部位烟叶总糖/总碱比的趋势。从表 4 还看出,不同土壤调理剂处理之间化学成分未呈现规律性的变化,处理之间差异不明显;但使用土壤调理剂后,各处理化学成分均符合优质烟化学成分的适宜范围。



注:图中不同小写字母表示差异达 5%显著水平,下同。
图 1 不同调理剂处理条件下烤烟养分积累量
Fig. 1 Nutrient accumulation in tobacco under different treatments

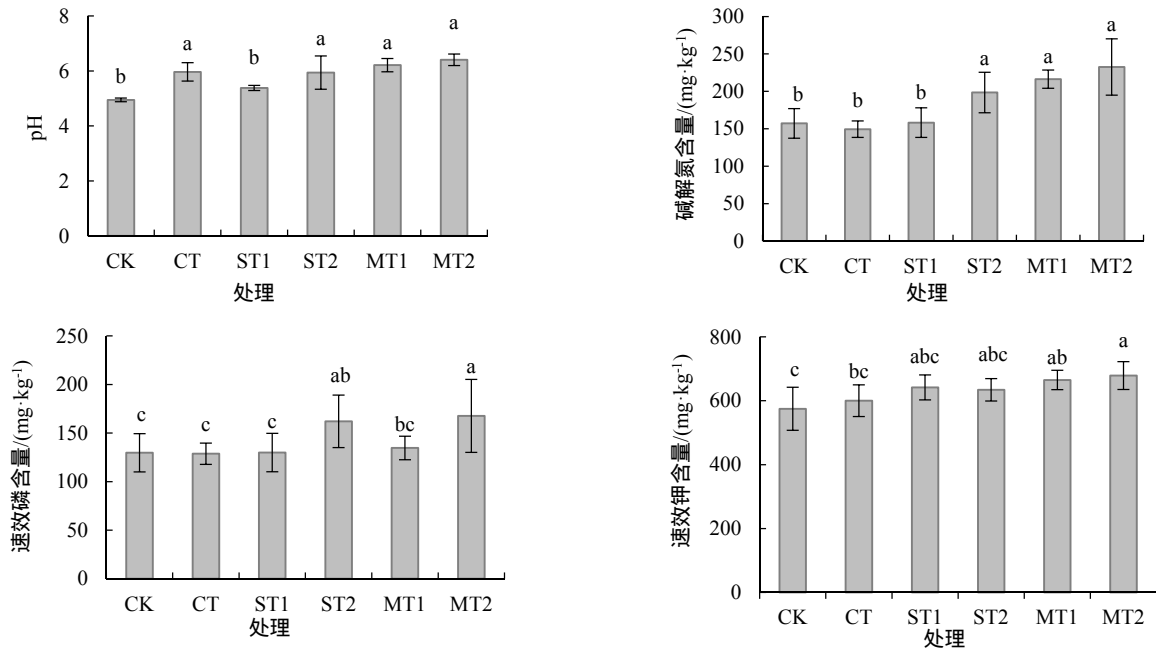


图2 不同调理剂处理对土壤 pH、碱解氮、速效磷和速效钾含量的影响

Fig. 2 Effects of different treatments on soil pH and available nutrient contents in soil

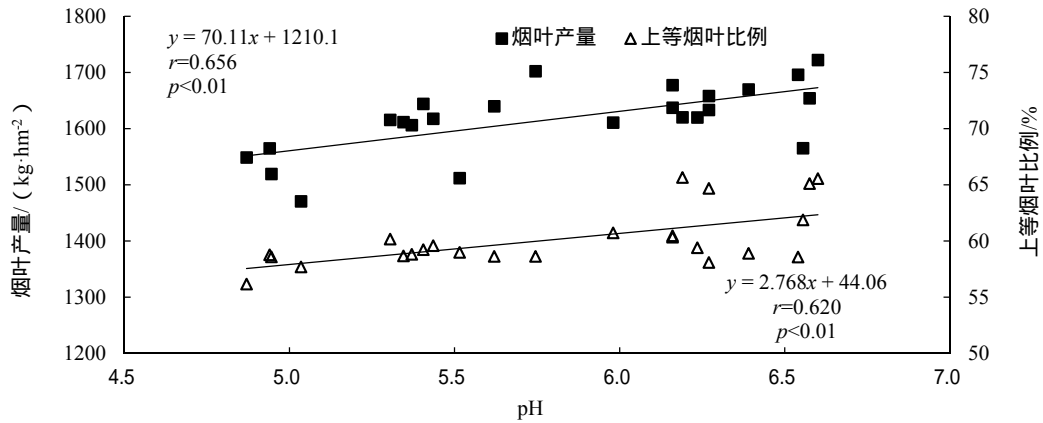


图3 土壤 pH 与烟叶产量、上等烟叶比例的关系

Fig. 3 Correlation between soil pH and tobacco yield and the ratios of high quality tobacco

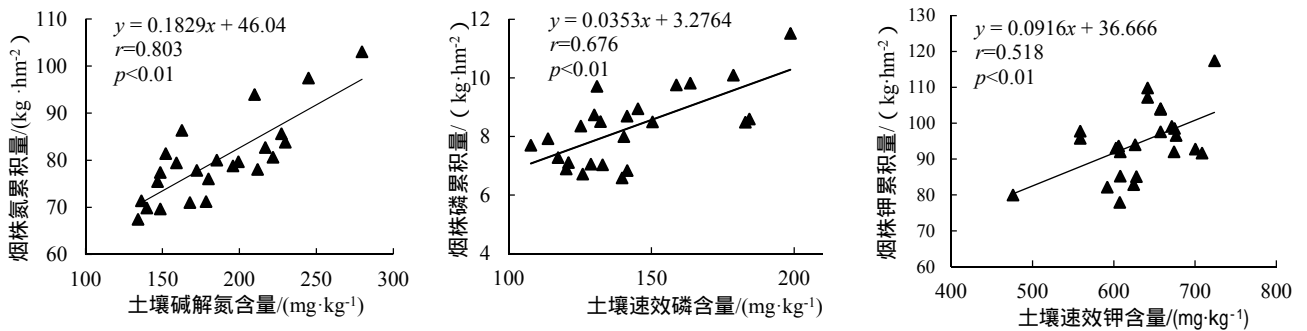


图4 土壤碱解氮、速效磷及速效钾含量与烤烟氮、磷、钾积累量的关系

Fig. 4 Correlation between soil available N, P, K contents and tobacco accumulated N, P, K contents

表 4 不同调理剂对烟叶的化学成分的影响

Table 4 Chemical composition of tobacco leaves under different treatments		%								
部位	处理	总烟碱	总糖	还原糖	总氮	氯	钾	pH	总糖/总碱	总氮/总碱
下部叶	CK	2.03	30.03	25.85	1.94	0.45	2.52	5.35	14.79	0.96
	CT	1.65	23.83	19.40	2.06	0.52	3.11	5.28	14.44	1.25
	ST1	1.66	28.54	24.25	1.86	0.46	2.89	5.24	17.19	1.12
	ST2	1.89	32.02	27.88	1.85	0.48	2.35	5.32	16.94	0.98
	MT1	1.74	30.12	24.48	1.85	0.45	2.93	5.33	17.31	1.06
	MT2	1.93	26.12	21.52	2.10	0.63	2.98	5.24	13.53	1.09
中部叶	CK	2.60	32.60	26.59	1.77	0.44	2.00	5.26	12.54	0.68
	CT	1.88	30.40	24.82	1.76	0.35	2.50	5.36	16.17	0.94
	ST1	2.14	30.90	24.93	1.82	0.32	2.37	5.27	14.44	0.85
	ST2	2.18	33.66	28.12	1.86	0.40	1.93	5.29	15.44	0.85
	MT1	2.35	32.08	24.85	1.92	0.40	2.41	5.30	13.65	0.82
	MT2	2.71	30.74	24.01	1.99	0.37	2.01	5.31	11.34	0.73
上部叶	CK	2.78	27.08	21.49	2.23	0.38	1.82	5.26	9.74	0.80
	CT	3.00	28.66	22.72	2.31	0.32	1.99	5.37	9.55	0.77
	ST1	2.91	26.13	21.74	2.24	0.45	1.78	5.31	8.98	0.77
	ST2	3.00	26.55	21.93	2.21	0.44	1.86	5.23	8.85	0.74
	MT1	2.92	28.77	22.68	2.27	0.34	1.84	5.29	9.85	0.78
	MT2	3.10	28.95	22.24	2.80	0.37	1.76	5.24	9.34	0.90

3 讨 论

本试验结果显示,土壤 pH (4.9~6.6) 与烤烟产量和上等烟叶比例呈极显著正相关,说明土壤 pH 是烤烟产量和品质主要限制因子。酸化不但破坏土壤微生态环境,影响土壤养分供应能力,而且还是烤烟根系活力主要限制因子^[16-18],影响烤烟的养分吸收和生长,从而影响烤烟产量与品质。施用酸性土壤调理剂可以提高土壤 pH,降低酸性土壤交换性铝含量,提高土壤有机质和速效养分含量^[19]。有文献报道,在酸性植烟土壤上施用调理剂可以提高烟叶产量、改善烟叶品质,从而提高烟叶产值^[20-21],这与本文研究结果一致,同时也从另一侧面验证了土壤酸化是烤烟产量和品质提高的主要限制因子。除了改善土壤酸性外,土壤调理剂提高烤烟烟叶产量和品质的原因可能还与提高土壤养分有效性有关。有研究表明,土壤 pH(4.1~8.2)与全氮、水解氮、有效磷、速效钾、有效钙、有效镁、有效锌的含量呈极显著正相关^[22-23]。土壤养分有效性的提高促进烤烟的养分吸收,提高烟株养分积累量。祖艳群等^[24]研究表明,烟叶养分含量(氮、钾)与土壤速效养分含量(碱解氮、速效钾)呈正相关。本试验结果也表明,烟株养分积累量与土壤有效养分含量呈极显著正相关。然而,本研究中多功能调理剂处理土壤有效养分含量的提高除了与土壤 pH

改善有关外,可能还与调理剂自身含有氮、磷营养成分有关。

虽然多功能调理剂成本高于白云石粉,但多功能土壤调理剂表现出较好的调理效果,可以显著提高烟叶外观品质、增加烟叶产值,经济效益明显高于白云石粉,而且在减半施用条件下仍可以提高上等烟比例,达到与白云石粉相当的调理效果。该结果验证了本文的推论。这与多功能调理剂除了调节土壤酸性外,还具有提供养分的功能有关。首先,多功能调理剂具有较好的调酸效果(pH 显著高于不施调理剂处理),其次多功能调理剂含有钙镁磷、氢氧化镁、氰氨化钙等营养成分。其中,钙镁磷和氢氧化镁既可以提高土壤 pH,又可提供磷素和镁素营养,有效地弥补烟区土壤镁含量较低的不足^[25]。氰氨化钙是一种强碱性化合物,具有显著的调节酸度效果,还可以提供氮素营养^[12],施入土壤后遇水分解生成的氰胺类物可以显著降低土壤真菌数量,提高细菌和放线菌数量^[26],改善土壤微生态环境。因此,多功能调理剂 MT 对烤烟的生长及烟叶品质的影响可能是养分供给、pH 调节和土壤微生态环境改善共同作用的效果,而不同功能对烤烟生长促进效应的贡献率有待进一步研究。

虽然多功能调理剂 MT 提高了烟株氮积累量,但烟叶化学成分均符合优质烟化学成分的适宜范

围。此外,多功能调理剂主要成分(氢氧化镁、氢氧化钙、碳酸钙、钙镁磷、风化煤和/或氰氨化钙等)均已分别作为肥料或调理剂被广泛应用于各类农田土壤^[8,12,26-27],并未见不良副作用报道。虽然氰氨化钙在土壤中分解产生的氰胺类物质可能也会影响烟苗根系生长,从而影响作物生长;但从本试验施用效果来看,氰氨化钙作为调理剂在移栽前15 d施用是安全的,不会对烟株前期生长造成不良影响,在后期还具有促进烟株生长的功能。此外,多功能调理剂钙含量明显低于石灰(或以石灰为主要原料)调理剂,长期施用造成土壤板结的风险较低。综上所述,多功能调理剂可以进一步推广应用。

试验中土壤样品采集点分布于烤烟根际周围,即肥料和调理剂施用区域,导致土壤样品碱解氮、速效磷和速效钾含量测定值较高,测定结果难于反映整个地块的实际状况。但该分析结果较好地体现了土壤中与作物生长关系最为密切的微域环境(根系周围)对调理剂的响应,较好地反映了土壤pH、速效养分含量与烤烟产量、品质和养分累积量的关系,这说明该取样方法可以用于植物营养研究,但该方法的应用及标准操作规程仍需今后进一步研究。

4 结 论

在本试验条件下,烟叶产量和上等烟叶比例与土壤pH极显著正相关,说明土壤pH是影响福建酸性烟田烟叶产量和品质提高的主要因素;与不施调理剂相比,施用土壤调理剂显著提高烤烟根系周围土壤pH,烟叶产量和产值分别提高4.0%~9.0%和6.0%~14.7%;与当地推荐调理措施(白云石粉)相比,在相同施用量条件下,多功能土壤调理剂提高上等烟叶比例和产值;减半施用条件下,多功能土壤调理剂仍可以改善烟叶等级结构,达到预期的调理效果。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2015.
- [2] 李念胜,王树声. 土壤pH值与烤烟质量[J]. 中国烟草, 1986(2): 12-14.

- [3] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [4] 熊德中,蔡海洋,罗光,等. 福建烟区土壤主要物理化学性状的研究[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(3): 21-24.
- [5] 王文兴,董莉,海热提. 土壤污染物来源及前沿问题[J]. 生态环境, 2005, 14(1): 1-5.
- [6] 杜舰,张锐,张慧,等. 辽宁植烟土壤pH值状况及其与烟叶主要品质指标的相关分析[J]. 沈阳农业大学学报, 2009, 40(6): 663-666.
- [7] 尹永强,何明雄,邓明军. 土壤酸化对土壤养分及烟叶品质的影响及改良措施[J]. 中国烟草科学, 2008, 29(1): 51-54.
- [8] 唐莉娜,熊德中. 土壤酸度的调节对烤烟根系生长与烟叶化学成分含量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(4): 65-67.
- [9] 蒋少林,颜成生,阳清元. 衡南烟区施用石灰对烟叶生长发育及品质的影响[J]. 湖南农业科学, 2007(3): 103-104.
- [10] 易杰祥,吕亮雪,刘国道. 土壤酸化和酸性土壤改良研究[J]. 华南热带农业大学学报, 2006, 12(1): 23-28.
- [11] 晋艳,雷永和. 烟草中钾钙镁相互关系研究初报[J]. 云南农业科技, 1999(3): 6-9, 47.
- [12] 马军伟,孙万春,胡庆发,等. 氰胺类肥料对连作土壤微生物种群结构的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2013, 39(3): 281-290.
- [13] 丁洪,郑祥洲,李文卿,等. 多功能酸性土壤调理剂及其应用方法: ZL201510501481.9.[P]. 2015-09-08.
- [14] 张甘霖,龚子同. 土壤调查实验室分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [15] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [16] ZHANG Y S, ZHANG J B, ZHU T B, et al. Effect of orchard age on soil nitrogen transformation in subtropical China and implications [J]. Journal of Environmental Sciences, 2015, 34: 10-19.
- [17] 陈朝阳. 南平市植烟土壤pH状况及其与土壤有效养分的关系[J]. 中国农学通报, 2011, 27(5): 149-153.
- [18] 郭培国,陈建军,李荣华. pH值对烤烟根系活力及烤后烟叶化学成分的影响[J]. 中国农业科学, 2000, 33(1): 39-45.
- [19] 魏岚,杨少海,邹献中,等. 不同土壤调理剂对酸性土壤的改良效果[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2010, 36(1): 77-81.

- 的总量测定[J]. 烟草科技, 2000 (4) : 22-23.
- [19] 杜咏梅, 张怀宝, 张忠峰, 等. 我国烤烟茄尼醇含量及其与烟草和烟气主要化学成分的相关性[J]. 中国烟草科学, 2014, 35 (6) : 54-58.
- [20] BERGLUND P, HEERINGA S. Multiple imputation of missing data using SAS[M]. International statistical review, cary: SAS institute, 2014.
- [21] BAKER R R. Smoke generation inside a burning cigarette: modifying combustion to develop cigarettes that may be less hazardous to health[J]. Progress in energy & combustion science, 2006, 32(4): 373-385.
- [22] 钟家威. 单料烟主流烟气中焦油/抽吸口数比与烟叶常规化学成分的相关分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40 (34) : 16812-16814.
- [23] 郭东锋, 姚忠达, 汪季涛, 等. 烤烟烟叶常规化学成分与主流烟气成分的关系[J]. 烟草科技, 2013, 49(2) : 46-51, 82.
- [24] 邓小华, 周冀衡, 周清明, 等. 不同焦油量烤烟化学成分差异[J]. 中国烟草学报, 2011, 17 (2) : 1-7.
- [25] 阳苇丽, 王龙宪, 许自成, 等. 烤烟钾、氯含量及钾氯比与烟气指标的关系分析[J]. 江西农业学报, 2011, 23 (12) : 109-112.
- [26] 胡海洲, 姚忠达, 舒俊生, 等. 烤烟淀粉含量对主流烟
- 气成分的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2014, 41(2) : 329-332.
- [27] 蔡长春, 李进平, 李锡宏, 等. 烤烟化学成分与焦油的相关性分析[J]. 浙江农业科学, 2014(12) : 1902-1905.
- [28] 贺英, 徐海涛, 盛志艺, 等. 综合方法对烤烟化学成分和烟气组分的相关分析[J]. 中国烟草科学, 2005, 26 (4) : 1-4.
- [29] 牛慧伟, 许自成, 李青常, 等. 基于岭回归分析的烤烟焦油含量预测模型构建[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2012, 38 (3) : 245-250.
- [30] 程昌合, 王唯唯, 赵铭钦, 等. 浓香型烤烟烟叶化学成分与烟气化学成分的关联度[J]. 浙江农业科学, 2014 (4) : 555-558.
- [31] 李强, 李章海, 陈琴, 等. 我国主要烟区、主要烤烟品种烟叶钾含量分析[J]. 湖北农业科学, 2006, 45(4) : 441-444.
- [32] 张一扬, 周冀衡. 烤烟 (*Nicotiana Tobacum*) 总植物碱的时空变异规律研究[J]. 江西农业大学学报, 2008, 30 (3) : 449-454.
- [33] 郭松. 我国烤烟烟叶果胶、纤维素含量分布特点及对评吸品质的影响[D]. 郑州: 河南农业大学, 2011.



(上接第50页)

- [20] 郭豪, 宋鹏飞, 黄嵩, 等. 土壤改良剂对酸性土壤改良效应和烤烟产量、质量的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42 (6) : 95-98.
- [21] 魏岚, 杨少海, 邹献中, 等. 不同土壤调理剂对酸性土壤的改良效果[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2010, 36 (1) : 77-81.
- [22] 郭豪, 宋鹏飞, 黄嵩, 等. 土壤改良剂对酸性土壤改良效应和烤烟产量、质量的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42 (6) : 95-98.
- [23] 李富欣, 司贤宗, 张翔, 等. 土壤改良剂对烤烟产质量和土壤理化性状的影响[J]. 江西农业学报, 2014, 26 (5) : 11-13.
- [24] 贺丹锋, 周冀衡, 张毅, 等. 云南省罗平烟区植烟土壤pH分布特征及其与土壤养分的相关性[J]. 作物研究, 2016, 30 (2) : 136-141.
- [25] 梁颁捷, 林毅, 朱其清, 等. 福建植烟土壤pH值与土壤有效养分的相关性[J]. 中国烟草科学, 2001, 22(1) : 25-27.
- [26] 祖艳群, 林克惠. 烤烟烟叶的氮、钾含量与土壤氮、钾含量的相互关系及其平衡研究[J]. 土壤肥料, 2003(2) : 7-11.
- [27] 陈星峰, 张仁椒, 李春英, 等. 福建烟区土壤镁素营养与镁肥合理施用[J]. 中国农学通报, 2006, 22 (5) : 261-263.
- [28] BLETSOS F A. Grafting and calcium cyanamide as alternatives to methyl bromide for green-house eggplant production[J]. Scientia horticulturae, 2006, 107(4): 325-331.
- [29] 宋轩, 曾德慧, 林鹤鸣, 等. 草炭和风化煤对水稻根系活力和养分吸收的影响[J]. 应用生态学报, 2001, 12 (6) : 867-870.