

DOI: 10.11766/trxb201705280164

多孔改良剂对毕节烟区土壤性状及烤烟产质量的影响*

黄化刚^{1, 2} 班国军² 陈 垚² 夏中文² 潘金华³ 王美艳³
孙维侠³ 史学正³ 徐胜祥^{3†}

(1 作物学博士后科研流动站(河南农业大学烟草学院), 郑州 450002)

(2 贵州省烟草公司毕节市公司, 贵州毕节 551700)

(3 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008)

摘要 为研究适合毕节烟区的土壤改良措施, 通过大田小区分析比较了不施改良剂(CK)、施用秸秆(T1)、T20改良剂(T2)、70%T20改良剂+30%竹炭(T3)四种处理对植烟土壤性状及烤烟产质的影响。结果表明, 与对照相比, 不同改良剂可使土壤pH提高0.02~0.23个单位, 全氮、全磷、全钾含量分别提高1.21%~7.27%、1.16%~8.14%和0.83%~4.44%; 土壤碱解氮、有效磷、速效钾分别提高3.39%~15.2%、10.8%~50.9%及1.78%~37.0%。从生长特性看, T1、T2及T3处理烤烟株高、茎围、有效叶数及叶面积均较CK有所增加。从产质量来看, 改良剂处理烟叶产量较CK增产3.6%~8.0%, 烟叶产值增加3 030~4 910 元 hm⁻², 上等烟叶比例提升3.6%~11.7%; T1、T2处理每千克烟叶均价提高了1.8元及1.0元。所有处理的烤烟烟碱、全氮、还原糖、钾离子、氯离子均处于优质烟叶适宜范围, 而施用改良剂的烟叶全氮、还原糖、钾离子含量均高于CK处理, 添加土壤改良剂有助于改善烤烟氮碱比、糖碱比、糖氮比, 使烤烟内在化学成分渐趋合理。总之, 毕节烟区适当添加土壤改良剂能有效改善烟田土壤条件, 提升烤烟产量和品质。

关键词 土壤改良剂; 烤烟; 土壤性状; 产质量

中图分类号 S156.2; S572; S341.1 **文献标识码** A

烤烟是一种以质量为主、兼顾产量的经济作物^[1], 烟田土壤理化特性是影响烤烟产质量的重要因素之一^[2]。烟叶品质的形成与土壤厚度、质地、土壤结构、土壤通气性等性质密切相关^[3], 优质高产烟区土壤环境一般应具备土层深厚和土壤结构疏松等特点^[4]。然而我国烟叶生产长期过度施用化肥, 烟田连作障碍现象普遍存在; 烟草作物与其他作物不同, 除收获烟叶外, 为了防止病虫害传播, 在烟叶收获后必须将烟秆等有机物全部从烟田中移除。这些施肥和管理措施, 导致烟田土壤有机物归还缺乏, 活性有机质下降, 土壤透气性降

低, 出现板结等现象, 严重制约了烟叶产量和品质的提升。因此, 有效提升和改良烟田土壤质量, 是保障我国烟叶产业可持续发展和生态安全的重要措施之一。

当前针对烟田土壤不良性状和障碍因素, 许多研究采取相应的土壤改良措施, 使烟叶产量和品质得到有效提升。土壤改良剂在烟叶生产上应用越来越广泛^[5-8], 土壤改良剂可以改善土壤物理结构、化学成分和微生物活性^[9-13], 提高土壤的透水通气性, 促进土壤水气肥的协调, 从而提升烟叶产量和品质。根据土壤团粒结构形成原理, 土壤改

* 贵州省烟草公司毕节市公司科技专项(毕节合2015-02, 省市院合2015-06) Supported by the Bijie Branch Company, Guizhou Tobacco Company (Nos.BJ2015-02, SSY2015-06)

† 通讯作者 Corresponding author, E-mail: sxxu@issas.ac.cn

作者简介: 黄化刚(1982—), 男, 四川北川人, 博士, 主要从事土壤修复、烟叶种植与品质提升研究。E-mail: hhg491124@163.com

收稿日期: 2017-05-28; 收到修改稿日期: 2017-08-31; 优先数字出版日期(www.cnki.net): 2017-09-01

良剂包括天然矿物、化工产物、生活废弃物、植物残体、腐殖酸、木质素以及人工合成高分子聚合物等。王定斌等^[14]利用石灰、聚丙烯酰胺(PAM)、农家肥、油枯、秸秆还田等改良措施研究了不同改良剂对烤烟生长及产质量的影响,发现施用聚丙烯酰胺对提高烟叶产质量影响最大,其次是施用农家肥处理,施用农家肥、油枯、秸秆还田对提高中下部烟叶钾含量有一定影响,但对改善其烟叶品质无明显影响。李富欣等^[15]研究指出,施用腐殖酸型土壤改良剂,能有效降低土壤pH和土壤容重,显著提高烟叶总糖、钾和还原糖含量,提高了烤烟的产量和品质。

土壤改良剂施用提升烟叶产量效果明显,社会、经济和生态效益可观。但当前很多土壤改良剂还存在改良效果不佳、时效性短、性能不稳定等问题。针对贵州省毕节植烟土壤质地偏黏的问题,本研究选取多孔改良剂(T20)和生物质炭(竹炭)两种类型,根据改良剂性质及最佳使用量,再结合毕节烟区的土壤环境,探索适宜的改良剂种类、用量及其施用方式,旨在充分发挥改良剂提升烟田土壤质量和促进烤烟生长及产质量提高的效果,为毕节烟区改良剂使用提供理论基础和技术支撑,也为其他烟区烤烟种植及土壤利用改良提供技术借鉴。

1 材料与方法

1.1 供试土壤与材料

本试验于2015年在贵州省毕节市黔西县林泉科技园进行。黔西县地处贵州省西北部,三面环山,低山丘陵地貌,气候属亚热带温暖湿润气候,年均气温为14.2℃,降雨量1 087 mm,日照时长1 066 h,无霜期271 d。该地区植烟土壤为页岩发育的黄壤,质地偏黏,为粉砂质黏壤土,保水性较好,但通透性较差,这是目前影响该地区优质烟叶生产的主要土壤问题。

试验烟田土壤的基本理化性状:土壤容重 1.28 g cm^{-3} ,土壤总孔隙度52%,pH 7.4,有机质 22.6 g kg^{-1} ,全氮 1.53 g kg^{-1} ,有效磷 23.8 mg kg^{-1} ,速效钾 370.8 mg kg^{-1} ,阳离子交换量(CEC) $17.6 \text{ cmol kg}^{-1}$ 。

土壤改良剂的基本性质见表1。T20改良剂是一种无机矿物料,经过特殊加工成一种多孔状的土壤改良材料,施入土壤后可以大量增加通气孔隙,改良土壤板结问题。施入土壤后除正常风化外,变化微小,因此是一种长效的土壤结构改良材料,一次改良长期有效。

表1 土壤改良剂基本理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of the soil amendments

试验材料 Material	pH	有机质 OM (g kg^{-1})	容重 ^[16-17] Bulk density (g cm^{-3})	田间持水量 Field holding water (%)	铵态氮 Ammonium-N (mg kg^{-1})	硝态氮 Nitrate-N (mg kg^{-1})
T20改良剂 T20 amendments	9.2	7.06	0.26	65.7	5.69	2.94
竹炭改良剂 Charcoal amendments	11.2	77.8	0.40	83.1	5.16	64.3

1.2 试验设计

本试验共设计4个处理,烤烟种植时采用当地常规耕作和施肥方式,以不施改良剂为对照(CK),施用玉米秸秆(T1)、T20改良剂(T2)、70%T20改良剂+30%竹炭(T3)等3个处理。利用秸秆颗粒机将晒干的玉米秸秆切成1~3 cm长的颗粒后用小型深耕机分两次旋施至15~30 cm土层中。每个处理重复3次,每个小区面积约为70 m²,合计为12个小区。T1处理每小区

基施21 kg玉米秸秆,T2处理每小区基施41 kg T20改良剂,T3处理每小区基施28.7 kg T20改良剂和16.4 kg竹炭。供试烤烟品种为当地适宜的烤烟种植品种之一(毕纳1号)。所有试验处理的施肥均按贵州烟草公司的有关生产技术规范实施,改良剂与基肥一起进行条施,然后起垄移栽烟苗。起垄前每个小区施入4.7 kg烟草专用肥和4.9 kg酒糟有机肥作为基肥。移栽当天每小区施入0.262 kg烟草专用提苗肥。在烟苗移栽后1个月,培土前每小区施入

2.3 kg烟草专用追肥，提苗肥和追肥均是将肥料溶于水中浇施。

1.3 土壤理化性状分析

在烟叶全部采摘结束后采集烟田土壤样品，每个小区采用多点取样法（5~8个点）混合取样，每个样点分0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm三层采集烟株根系附近土壤。样品经风干、去杂、研磨后，过10目（2.0 mm）和100目（0.154 mm）孔筛，测定土壤pH、全氮、全磷、有效磷、全钾、速效钾含量，测定方法参见文献[18]。

1.4 烤烟农艺性状和病害调查

烤烟移栽后，分别在团棵期、旺长期、成熟期测定株高、茎围、有效叶片数及叶面积等农艺性状，每个小区随机观测记录10棵烟株。同时进行烤烟病害调查，参照烟草病虫害分级及调查方法^[19]，分别调查各处理烤烟的病害发生情况，并计算烤烟发病率和病情指数。

发病率(%) = (发病烟株数) / (调查总烟株数) × 100

病情指数 = 100 × Σ (各级病叶数 × 各级代表值) / (调查总叶数 × 最高级代表值)。

1.5 烤烟经济性状和烟叶化学成分分析

烟叶成熟时分小区进行采收和编竿，在当地烤房按照三段式烘烤工艺进行挂牌烘烤调制，烤后由毕节市烟草公司技术人员按照国家标准进行分级，分级后统计各小区烟叶总质量和各等级烟叶质量，按照2015年贵州省毕节市烟叶收购价格计算烤

烟产值，并计算各小区烟叶均价及上、中等烟比例。收集烤后中部烟叶为测定样品，在45℃条件下烘干至恒重，粉碎、过60目筛，测定烟碱、总氮、还原糖、钾、氯等化学指标含量，分析方法参见文献[20]。

1.6 统计分析方法

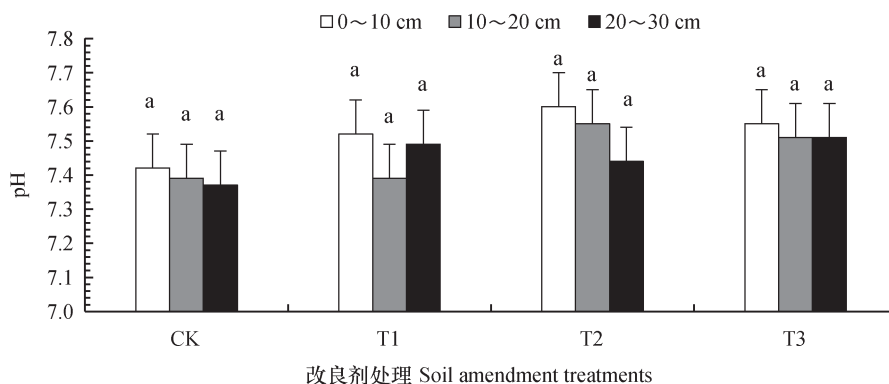
采用Microsoft Excel 2013进行数据处理及作图，并运用IBM SPSS Statistics 22.0 统计分析软件对数据进行多重比较、方差分析等相关统计分析。

2 结果

2.1 不同改良处理对土壤性状的影响

图1~图3分别为不同处理的土壤养分含量分析测定结果。由图1可知，施用改良剂后土壤pH均有不同程度的提高，表层0~10 cm的升高幅度高于表下层。在0~10 cm土层中，改良剂处理T1、T2和T3的pH分别较对照（7.42）提高了0.1、0.18和0.13个单位，其中T2处理升高最多，而在20~30 cm土层中，改良剂处理的土壤pH升高顺序表现为T3 > T1 > T2 > CK，T1、T2和T3处理的土壤pH分别较对照提高了0.12、0.07和0.14个单位。不同改良剂对不同深度的植烟土壤pH提高效果不同，表层0~20 cm范围内以T2改良剂（T2）处理提高最多，为0.17个单位，表下层20~30 cm以30%竹炭改良剂（T3）处理提高最多，为0.14个单位。

由图2可知，改良剂对土壤全氮含量的影响



注：CK，不施改良剂；T1，施用玉米秸秆；T2，T20改良剂；T3，70%T20改良剂+30%竹炭。不同小写字母表示改良剂处理下土壤深度间的差异达显著或极显著水平。下同 Note: CK, no amendments; T1, straw incorporation; T2, porous soil amendments (T20); T3, 70% T20 and 30% charcoal amendments. Different lowercase letters mean significant or extremely significant difference between soils different in depth under amendments treatment. The same as below

图1 不同改良处理对土壤pH的影响

Fig. 1 Effect of soil amendment on soil pH relative to treatment

表现出随土壤深度变化的规律性。施用改良剂后 0~10 cm 层土壤全氮含量均低于对照 CK, 表现为 CK > T1 > T2=T3, T1、T2 和 T3 处理的土壤全氮含量分别较对照减少了 5.20%、7.51% 和 7.51%。但施用改良剂后 10~20 cm 层和 20~30 cm 层土壤全氮含量均高于对照 CK, 其中 10~20 cm 层表现为 T1 > T2 > T3 > CK, T1、T2 和 T3 处理分别较对照提高了 7.27%、4.24% 和 1.21%。而土壤碱解氮含量的情况

比较复杂 (图 2), 施用改良剂后 0~10 cm 土壤碱解氮含量也均低于对照 CK; 施用改良剂后各处理 10~20 cm 层和 20~30 cm 层土壤碱解氮与对照相比增加没有规律性, 如 10~20 cm 层除 T3 处理的土壤碱解氮较对照低外, T1 和 T2 处理分别较对照提高了 15.2% 和 3.39%; 而表下层 20~30 cm 施用改良剂的 T2 和 T3 处理的土壤碱解氮均低于对照 CK。

由图 3 看出, T1 处理在 0~10 cm、10~20 cm

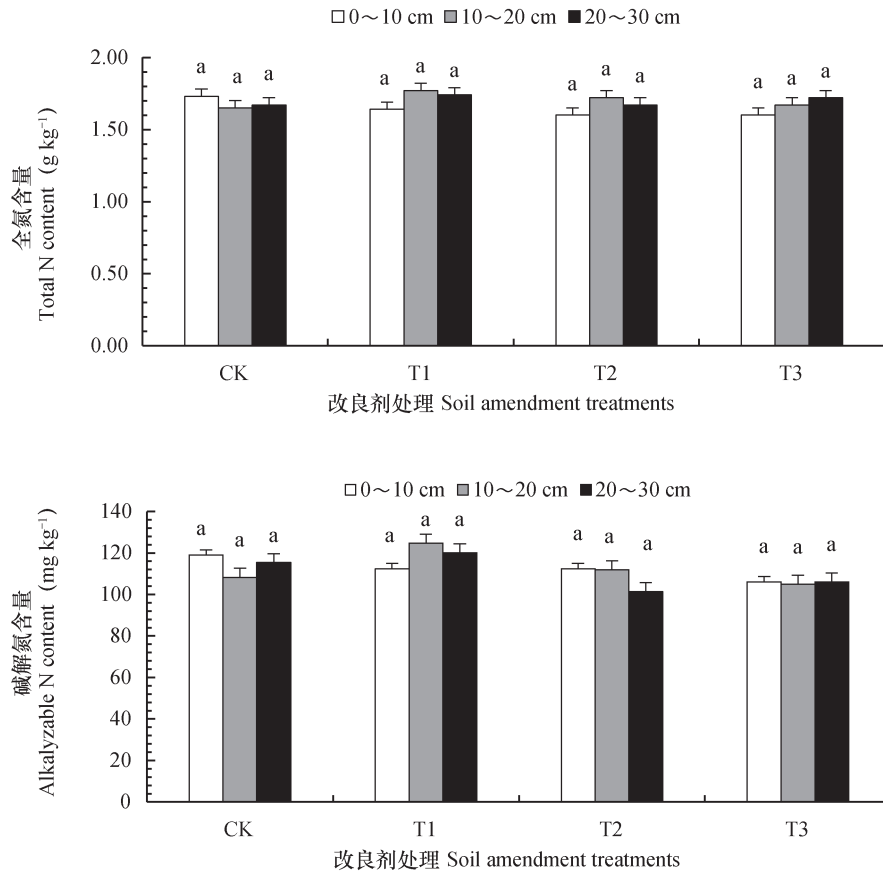


图 2 不同改良处理对土壤全氮和碱解氮的影响

Fig. 2 Effect of soil amendment on TN and alkalyzable nitrogen in the soil relative to treatment

和 20~30 cm 土层的全钾含量分别较对照提高了 1.34%、4.44% 和 2.17%; T2 处理在 0~10 cm 和 20~30 cm 土层全钾含量分别较对照提高了 0.83% 和 1.66%; T3 处理在 10~20 cm 和 20~30 cm 土层的全钾含量分别较对照提高了 0.84% 和 1.51%。从速效钾含量来看 (图 3), 0~10 cm 土层施用改良剂处理土壤速效钾含量均低于对照 CK; 10~20 cm 土层除 T2 处理的土壤速效钾含量较低外, T1 和 T3 处理分别较对照提高了 2.68% 和 1.78%; 20~30 cm 土

层除 T2 处理的土壤速效钾含量较低外, T1 和 T3 处理的分别较对照提高了 37.0% 和 26.6%。

2.2 不同改良剂处理对烤烟农艺性状的影响

从表 2 来看, 不同处理对各生育期内烤烟农艺性状的影响存在明显差异。在烤烟团棵期, T3 处理的株高和茎围显著高于 T1 和 CK 处理 ($p < 0.05$); 不同处理的有效叶数为 T1 > T2 > CK > T3, 但无显著差异; 不同试验处理的叶面积为 T3 > T2 > T1 > CK, 但差异也不显著。在烤烟旺

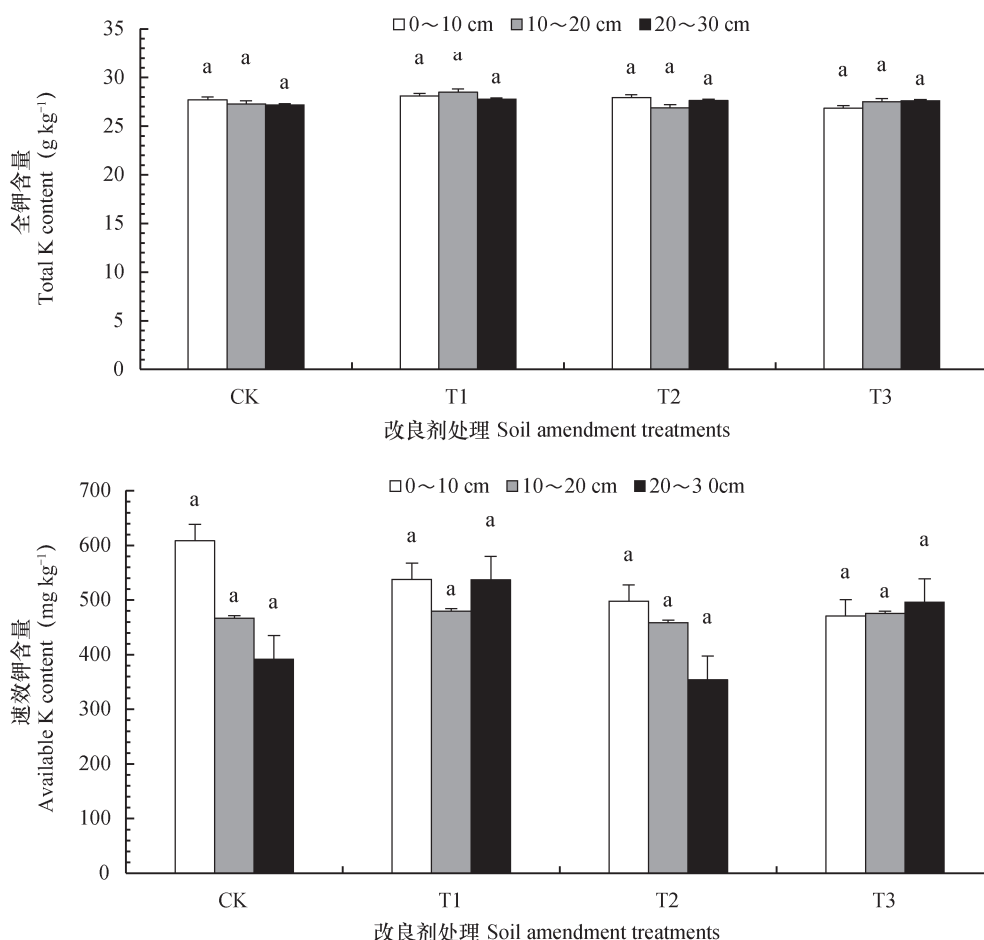


图3 不同改良剂处理对土壤全钾和速效钾的影响

Fig. 3 Effect of soil amendments on total K and available potassium relative to treatment

长期，除T1处理的株高和有效叶数较低外，其余各试验处理之间烤烟其他农艺性状均无显著差异 ($p > 0.05$)。当烤烟进入成熟期，各处理之间的株高与茎围无显著差异 ($p > 0.05$)，T3处理的有效叶数显著高于T1和CK处理，T2处理的叶面积则较T1和CK处理高 ($p < 0.05$)。

2.3 不同改良剂处理对烤烟产质量的影响

依据烟叶化学成分的适宜性指标^[21-23]，不同处理对烤后烟叶化学成分的影响结果见表3。从表3的分析结果来看，所有试验烟叶的烟碱含量均位于适宜范围内 (1.3% ~ 3.5%)，T1 ~ T3处理的烟碱含量均显著低于CK；试验烟叶的总氮含量 (适宜范围为1.5% ~ 4%) 范围为1.82% ~ 2.16%，其中T2与T3处理的总氮含量均显著高于CK；所有试验处理的还原糖含量 (适宜范围为18% ~ 22%) 略微偏高，且各试验处理之间无显著差异；T2和T3处理的钾离子含量 (适宜为 > 2%) 显著高于T1

和CK处理，其中T3处理的钾离子含量为2.46%，与CK达极显著水平；试验烟叶氯含量 (适宜为0.2% ~ 0.6%) 偏低，其中T1处理显著低于对照CK，T3处理的氯含量显著高于对照CK；除对照CK的氮碱比 (适宜范围为0.8 ~ 1.2) 较低外，其余各处理均无显著差异；所有试验处理的糖碱比均处于适宜性范围内 (8 ~ 12)，T1 ~ T3处理的糖碱比均显著高于对照CK；试验烟叶的钾氯比 (适宜为 > 4) 范围为13.0 ~ 20.1，其中T1和T2处理的钾氯比显著高于对照CK。总体而言，各试验处理的烟叶化学成分均处于适宜性范围内，而通过深耕与配施改良剂，能够进一步的使烟叶内在成分结构趋于合理，有利于提升烟叶品质。

不同处理对烤烟产量和质量的经济性状各指标有明显影响 (表4)。从表4可以看出，T1处理烟叶鲜重最高，为16 230 kg hm⁻²，其次是T2处理，为16 110 kg hm⁻²，再次是T3处理，为15 860 kg hm⁻²，

表2 不同处理对烤烟农艺性状的影响

Table 2 Effects of soil amendments on the agronomic traits of flue-cured tobacco

处理 Treatments	团棵期Rosette stage				旺长期Fast growing stage				成熟期Maturing stage			
	株高 Plant height (cm)	茎围 Stem diameter (cm)	有效叶数 Effective leaf number	叶面积 Leaf area (cm ²)	株高 Plant height (cm)	茎围 Stem diameter (cm)	有效叶数 Effective leaf number	叶面积 Leaf area (cm ²)	株高 Plant height (cm)	茎围 Stem diameter (cm)	有效叶数 Effective leaf number	叶面积 Leaf area (cm ²)
CK	10.4bc	4.4b	11.1a	351a	36.1a	7.7a	16.4a	939b	128.9a	9.1a	24.2b	1 758b
T1	10.3c	4.3b	11.3a	366a	31.1b	7.3c	14.8b	969ab	123.1a	9.1a	24.0b	1 670b
T2	11.4ab	4.7a	11.2a	367a	35.5a	7.5b	16.1a	995a	124.3a	9.0a	24.4ab	2 032a
T3	12.3a	4.8a	11.0a	386.a	34.8a	7.7a	15.6ab	937b	125.5a	8.9a	26.3a	1 808ab

注：不同小写字母表示改良剂处理下烤烟农艺性状间的差异达显著或极显著水平 Note: Different lowercase letters mean significant or extremely significant difference between soils different in agronomic traits under amendments treatment

表3 不同改良剂处理对烤烟化学成分的影响

Table 3 Effects of soil amendments on chemical composition of flue-cured tobacco relative to treatment

处理 Treatment	烟碱 Nicotine (%)	总氮 Total N (%)	还原糖 Reducing sugar (%)	钾离子 Total K (%)	氯离子 Total Cl (%)	氮碱比 Nitrogen/ nicotine	糖碱比 Sugar/ nicotine	钾氯比 K/Cl
CK	2.18a	1.82c	22.8a	2.09c	0.12b	0.84c	10.5d	17.4b
T1	1.82d	1.82c	23.0a	2.10c	0.10c	1.03ab	12.6a	20.1a
T2	2.09b	2.16a	23.0a	2.32b	0.11bc	1.07a	10.9c	21.1a
T3	1.96c	1.93b	22.9a	2.46a	0.19a	0.98b	11.6b	13.0c

注: 不同小写字母表示改良剂处理下烤烟化学成分间的差异达显著或极显著水平 Note: Different letters mean significant or extremely significant difference between soils different in chemical composition under amendments treatment

表4 不同改良剂处理对烤烟经济性状的影响

Table 4 Effects of soil amendments on economic characters of flue-cured tobacco relative to treatment

处理 Treatment	烟叶鲜重 Fresh weight (kg hm ⁻²)	烟叶产量 Yield (kg hm ⁻²)	增产率 Growth ratio (%)	烟叶均价 Average price (元 kg ⁻¹)	烟叶产值 Output value (万元 hm ⁻²)	增收值 Income value (元 hm ⁻²)	结构等级比例 Structure grade proportion (%)	
							上等烟叶 Upper grade	中等烟叶 Mid-grade
							CK	14 860a
T1	16 230a	1 872a	3.6	25.6	4.793	4 905	5.3	84.8
T2	16 110a	1 907a	5.5	24.8	4.728	4 261	3.6	83.4
T3	15 860a	1 952a	8.0	23.6	4.605	3 030	11.7	58.7

注: 不同小写字母表示改良剂处理下烤烟经济性状间的差异达显著或极显著水平 Note: Different letters mean significant or extremely significant difference between soils different in economic characters under amendments treatment

CK处理最低, 为14 860 kg hm⁻², 不同处理对烟叶鲜重的影响顺序为T1 > T2 > T3 > CK。CK处理烟叶产量最低, 仅为1 808 kg hm⁻²; T3处理最高, 达1 952 kg hm⁻², 其中增产率为8%, 其次为T2和T1处理, 分别为1 907 kg hm⁻²和1 872 kg hm⁻², 其中增产率分别为5.5%和3.6%。每千克烟叶均价以T1处理最高, 为25.6元, 其次是T2处理和CK处理, 分别为24.8元和23.8元, 处理T3最低, 为23.6元。每公顷烟叶产值以T1处理最高, 为4.793万元, 其次是T2处理和T3处理, 分别为4.728万元和4.605万元, CK处理最低, 为4.302万元。上中等烟比例以T1处理最高, 为90.1%, 其次是T2处理和CK处理, 分别为87.0%和83.9%, T3处理最低, 为70.4%。通过分析可知, 综合经济性状以T1处理最优, T2和T3处理较优, CK处理最差。

通过对比烟叶内在化学成分发现, 施用改良剂处理相对对照处理降低了烟碱含量, 提高了全氮、钾离子及还原糖含量, 进一步协调烟叶的糖碱比、

氮碱比及钾氯比; 施用改良剂处理较CK处理均有所增加, 其中烟叶增产率分别为3.6%、5.5%、8.0%, 同时每公顷烟叶增值分别为4 901元、4 261元、3 030元, 上等烟叶的比例分别提高了5.5%、3.6%和11.7%。

3 讨论

3.1 施用多孔改良剂需关注植烟土壤pH的变化

土壤pH可影响土壤养分有效性和营养元素间的平衡, 从而影响烤烟品质。pH过高或过低均会对烤烟品质产生不利影响^[24]。优质烤烟适宜土壤pH为5.5~7.0, 最适宜烤烟生长pH则为5.5~6.5^[25]。本试验采用的T20及竹炭改良剂pH分别为9.2和11.2, 这些多孔状碱性改良剂在酸性土壤上起到了很好的改良效果^[26], 但对于试验区pH已偏高(为7.4)的毕节植烟土壤, 则需要对这些多孔改良剂在施用之前将pH从碱性调至中性或微酸性。

3.2 施用多孔改良剂对植烟土壤养分的影响

以往施用土壤结构改良剂更多地关注对土壤物理性质的改良,但对土壤养分的变化关注较少。从本试验结果发现,施用多孔改良剂均可提高耕层部分土壤养分,T1、T2及T3处理均有效提高了10~20 cm及20~30 cm土壤的全氮、全磷、全钾含量,而T1和T2处理均可提高10~20 cm土壤的碱解氮与有效磷含量,T2和T3处理均可提高20~30 cm土壤的速效钾含量,这与相关研究结果趋同^[27-29],管恩娜等^[27]通过田间试验发现,施用生物炭后可以显著提高土壤的硝态氮含量,而铵态氮呈现出先增后减小的趋势;也可以有效地增加表层土壤的有效磷含量,同时显著增加土层中土壤速效钾含量。冀保毅等^[28]认为,适宜量秸秆还田可以有效提高土壤全氮、有效磷、速效钾含量,并且对深层土壤肥力的提高具有显著效果。姬红利等^[29]通过比较农业土壤与坡耕地土壤施用土壤改良剂发现,施用一定量的改良剂,可以间接增加土壤中磷含量,能有效提高土壤有效磷含量,可以促进植物对磷的吸收利用,达到控制土壤中多余的磷元素等养分流失。但是,从本试验研究结果可以看出,添加不同改良剂后,土壤表层0~10 cm的全氮和碱解氮含量明显低于对照,而底层则高于对照。这可能与土壤pH过高有关,添加碱性改良剂进行改良后,会加剧土壤表面氨化挥发^[30],与酸性土壤相比,土壤pH呈弱碱性的情况下,氨挥发率均会有显著的增加^[31]。

3.3 施用多孔改良剂对烤烟产质量的影响

施用多孔改良剂后烤烟产值均有所增加,其中烟叶增产率为3.6%~8.0%,同时每公顷烟叶增收值为3 030~4 905元,上等烟叶的比例提高了3.6%~11.7%。潘金华等^[32]在安徽宣城施用70%T20改良剂+30%竹炭改良剂,其烟叶增产率为11.3%,烟叶每公顷增收值为10 290元,上等烟比例下降了3.1%。在相同处理下,毕节烟区除上等烟比例增加量大于安徽宣城,烟叶增产率及增收值均远小于宣城烟区,这说明强碱性多孔改良剂更适应安徽宣城的酸性土壤,而对于毕节近中性的土壤效果稍差。这可能是由于毕节烟区土壤偏高的pH致使土壤氮素氨化挥发增多,从而降低了烤烟对有机氮的吸收,使得增产效果有限,这与相关研究结果趋同。王萌萌和周启星^[33]认为pH偏高的生物炭改良剂对植物的作用与土壤的酸碱性有关。因此,

降低碱性改良剂的pH后施用在毕节烟区的中性土壤中,效果能否显著提高需要进一步研究。

4 结 论

针对毕节烟区土壤质地黏重,导水性差等基本状况,施用土壤多孔改良剂提高了毕节植烟土壤的pH和养分含量,有效提高了毕节烟区烤烟品质、增加烟草产量、提高烟草产值,降低烤烟的烟碱含量,提高了全氮、钾离子及还原糖含量,使烟叶化学成分更为协调。但关于更适宜的土壤改良剂种类选取、改良剂合理施用量及施用方法的确定仍需进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 徐天养,赵正雄,李忠环,等.耕作深度对烤烟生长、养分吸收及产量、质量的影响.作物学报,2009,35(7):1364—1368
Xu T Y, Zhao Z X, Li Z H, et al. Effect of tilling depth on growth, nutrient uptake, yield and quality of flue-cured tobacco plant (In Chinese). Acta Agronomica Sinica, 2009, 35 (7): 1364—1368
- [2] 曹志洪.优质烤烟生产的土壤与施肥.南京:江苏科学技术出版社,1991
Cao Z H. Soil and fertilizer of high quality flue-cured tobacco production (In Chinese). Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1991
- [3] 黄成江,张晓海,李天福,等.植烟土壤理化性状的适宜性研究进展.中国农业科技导报,2007,9(1):42—46
Huang C J, Zhang X H, Li T F, et al. Advance on adaptability of soil physical and chemical properties in tobacco (In Chinese). Review of China Agricultural Science and Technology, 2007, 9 (1): 42—46
- [4] Hawks S N, Collins W K. Principles of flue-cured tobacco production. 1st ed. Raleigh, North Carolina: North Carolina State University, 1983
- [5] 董稳军,徐培智,张仁陟,等.土壤改良剂对冷浸田土壤特性和水稻群体质量的影响.中国生态农业学报,2013,21(7):810—816
Dong W J, Xu P Z, Zhang R Z, et al. Effects of soil amendments on soil properties and population quality of rice in cold waterlogged paddy field (In Chinese). Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2013, 21 (7): 810—816
- [6] 陈先茂,章发根,邓国强,等.红壤土壤结构改良剂

- 应用效果研究. 江西农业学报, 2013, 25 (12): 86—88, 92
- Chen X M, Zhang F G, Deng G Q, et al. Study on applied effect of red-yellow soil conditioner (In Chinese). *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2013, 25 (12): 86—88, 92
- [7] 王丽丽, 石俊雄, 袁赛飞, 等. 微生物有机肥结合土壤改良剂防治烟草青枯病. 土壤学报, 2013, 50 (1): 150—156
- Wang L L, Shi J X, Yuan S F, et al. Control of tobacco bacterial wilt with biomanure plus soil amendments (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2013, 50 (1): 150—156
- [8] 安东, 李新平, 张永宏, 等. 不同土壤改良剂对碱积盐成土改良效果研究. 干旱地区农业研究, 2010, 28 (5): 115—118
- An D, Li X P, Zhang Y H, et al. Study on effect of different soil conditioners on water content and other characteristics of alkali soil (In Chinese). *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2010, 28 (5): 115—118
- [9] Moore J D, Duchesne L, Ouimet R. Soil properties and maple-beech regeneration a decade after liming in a northern hardwood stand. *Forest Ecology & Management*, 2008, 255 (8/9): 3460—3468
- [10] Xu G, Lü Y, Sun J, et al. Recent advances in biochar applications in agricultural soils: benefits and environmental implications. *CLEAN-Soil, Air, Water*, 2012, 40 (10): 1093—1098
- [11] Rineau F, Garbaye J. Does forest liming impact the enzymatic profiles of ectomycorrhizal communities through specialized fungal symbionts? *Mycorrhiza*, 2009, 19 (7): 493—500
- [12] 袁金华, 徐仁扣. 生物质炭对酸性土壤改良作用的研究进展. 土壤, 2012, 44 (4): 541—547
- Yuan J H, Xu R K. Research progress of amelioration effects of biochars on acid soils (In Chinese). *Soils*, 2012, 44 (4): 541—547
- [13] 徐晓敏, 吴淑芳, 康倍铭, 等. 五种天然土壤改良剂的养分与保水性研究及评价. 干旱区资源与环境, 2014, 28 (9): 85—89
- Xu X M, Wu S F, Kang B M, et al. Study and evaluation on nutrients and water retention capacity of five natural soil amendments (In Chinese). *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2014, 28 (9): 85—89
- [14] 王定斌, 石健, 杨如松, 等. 不同土壤改良剂对烤烟产质量的影响. 现代农业科技, 2013 (22): 202—203, 205
- Wang D B, Shi J, Yang R S, et al. Effects of different soil conditioner on the yield and quality of flue-cured tobacco (In Chinese). *Xiandai Nongye Keji*, 2013 (22): 202—203, 205
- [15] 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. 江西农业学报, 2014, 26 (5): 11—13, 18
- Li F X, Si X Z, Zhang X, et al. Effects of soil conditioner on yield and quality of flue-cured tobacco and physicochemical properties of soil (In Chinese). *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2014, 26 (5): 11—13, 18
- [16] 刘明伟, 许国仁, 李圭白. Fe₂O₃对污泥与底泥制备轻质陶粒性能的影响. 哈尔滨工业大学学报, 2012, 44 (10): 18—21
- Liu M W, Xu G R, Li G B. Effect of Fe₂O₃ on the characteristics of light weight aggregate made from sewage sludge and river sediment (In Chinese). *Journal of Harbin Institute of Technology*, 2012, 44 (10): 18—21
- [17] 许国仁, 邹金龙, 孙丽欣. 污泥作为添加剂制备轻质陶粒的试验研究. 哈尔滨工业大学学报, 2007, 39 (4): 557—560
- Xu G R, Zou J L, Sun L X. Utilization of dried sludge as an additive for making cream site (In Chinese). *Journal of Harbin Institute of Technology*, 2007, 39 (4): 557—560
- [18] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 2000
- Lu R K. Analytical methods for soil and agro-chemistry (In Chinese). Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2000
- [19] 李想, 刘艳霞, 陆宁, 等. 综合生物防控烟草青枯病及其对土壤微生物群落结构的影响. 土壤学报, 2017, 54 (1): 216—226
- Li X, Liu Y X, Lu N, et al. Integrated bio-control of tobacco bacterial wilt and its effect on soil microbial community structure (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2017, 54 (1): 216—226
- [20] 王瑞新. 烟草化学. 北京: 中国农业出版社, 2003
- Wang R X. Tobacco chemistry (In Chinese). Beijing: China Agriculture Press, 2003
- [21] 王彦亭, 谢剑平, 李志宏. 中国烟草种植区划. 北京: 科学出版社, 2010
- Wang Y T, Xie J P, Li Z H. Tobacco planting regionalization in China (In Chinese). Beijing: Science Press, 2010
- [22] 彭清. 我国烤烟烟叶化学成分特征分析及香型空间分布格局研究. 重庆: 西南大学, 2013
- Peng Q. Analysis of the chemical compositions of tobacco leaves and spatial distribution pattern of flue-

- cured tobacco aroma types in China (In Chinese). Chongqing: Southwest University, 2013
- [23] 王世沛. 毕节烟区烟叶主要化学成分分布及品质评价. 长沙: 湖南农业大学, 2013
Wang S P. The main chemical components of tobacco distribution and quality evaluation in Bijie tobacco District (In Chinese). Changsha: Hunan Agricultural University, 2013
- [24] 任四海, 徐辰生, 孙敬权, 等. 土壤肥力因子与烤烟品质的关系. 安徽农业科学, 2004, 32 (2): 368—369, 390
Ren S H, Xu C S, Sun J Q, et al. Relation between soil fertility and tobacco quality (In Chinese). Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2004, 32 (2): 368—369, 390
- [25] 李念胜, 王树声. 土壤pH与烤烟质量. 中国烟草, 1986 (2): 12—14
Li N S, Wang S S. Soil pH value and quality of flue-cured tobacco (In Chinese). China Tobacco, 1986 (2): 12—14
- [26] 潘金华, 庄舜尧, 史学正, 等. 施用改良剂对皖南旱坡地土壤性状及烤烟产量和品质的综合效应. 土壤, 2016, 48 (5): 978—983
Pan J H, Zhuang S Y, Shi X Z, et al. Effects of soil amendments on yield and quality of tobacco and soil properties of slope upland in South Anhui (In Chinese). Soils, 2016, 48 (5): 978—983
- [27] 管恩娜, 管志坤, 杨波, 等. 生物质炭对植烟土壤质量及烤烟生长的影响. 中国烟草科学, 2016, 37 (2): 36—41
Guan E N, Guan Z K, Yang B, et al. Effects of biochar on tobacco-planting soil quality and flue-cured tobacco growth (In Chinese). Chinese Tobacco Science, 2016, 37 (2): 36—41
- [28] 冀保毅, 赵亚丽, 郭海斌, 等. 深耕条件下秸秆还田对不同质地土壤肥力的影响. 玉米科学, 2015, 23 (4): 104—109
JI B Y, Zhao Y L, Guo H B, et al. The effect of straw retained on the fertility of deep tillaged soil (In Chinese). Journal of Maize Sciences, 2015, 23 (4): 104—109
- [29] 姬红利, 颜蓉, 李运东, 等. 施用土壤改良剂对磷素流失的影响研究. 土壤, 2011, 43 (2): 203—209
Ji H L, Yan R, Li Y D, et al. Effects of soil ameliorants on phosphorus loss (In Chinese). Soils, 2011, 43 (2): 203—209
- [30] 胡小凤, 王正银, 孙倩倩, 等. 缓释复合肥料在不同pH紫色土中氨挥发特性. 农业工程学报, 2009, 25 (6): 100—103
Hu X F, Wang Z Y, Sun Q Q, et al. Characteristics of ammonia volatilization of slow release compound fertilizer in different pH values of purple soils (In Chinese). Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25 (6): 100—103
- [31] 贺发云, 尹斌, 金雪霞, 等. 南京两种菜地土壤氨挥发的研究. 土壤学报, 2005, 42 (2): 253—259
He F Y, Yin B, Jin X X, et al. Ammonia volatilization from urea applied to two vegetable fields in Nanjing suburbs (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2005, 42 (2): 253—259
- [32] 潘金华, 庄舜尧, 史学正, 等. 土壤结构改良剂对皖南烤烟生长发育·产量及产值的影响. 安徽农业科学, 2015, 43 (23): 68—71, 73
Pan J H, Zhuang S Y, Shi X Z, et al. Effects of soil amendment on tobacco growth, yield and profit at South Anhui Province (In Chinese). Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2015, 43 (23): 68—71, 73
- [33] 王萌萌, 周启星. 生物炭的土壤环境效应及其机制研究. 环境化学, 2013, 32 (5): 768—780
Wang M M, Zhou Q X. Environmental effects and their mechanisms of biochar applied to soils (In Chinese). Environmental Chemistry, 2013, 32 (5): 768—780

Effects of Porous Soil Amendments on Soil Properties, Yield and Quality of Flue-cured Tobacco in Bijie

HUANG Huagang^{1, 2} BAN Guojun² CHEN Yao² XIA Zhongwen² PAN Jinhua³ WANG Meiyang³
SUN Weixia³ SHI Xuezheng³ XU Shengxiang^{3†}

(1 Crop Science of Post-doctoral Research Stations, College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

(2 Bijie Branch Company, Guizhou Tobacco Company, Bijie, Guizhou 551700, China)

(3 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract 【Objective】 It is obvious that use of soil amendments may improve yield and quality of flue-cured tobacco and hence social, economic and ecological benefits considerably. 【Method】 In order to explore effects of porous soil amendments on soil properties of tobacco fields and yield and quality of flue-cured tobacco in Bijie, a field experiment was conducted and designed to have four treatments, that is, CK (No amendment), T1 (straw incorporation), T2 (porous soil amendment, T20) and T3 (70% T20 and 30% charcoal). 【Result】 Compared with CK, application of soil amendments increased soil pH by 0.02 ~ 0.23, content of total nitrogen, total phosphorus and total potassium by 1.21% ~ 7.27%, 1.16% ~ 8.14% and 0.83% ~ 4.44%, respectively, and content of alkalyzable nitrogen, available phosphorus and readily available potassium by 3.39% ~ 15.2%, 10.8% ~ 50.9% and 1.78% ~ 37.0%, respectively. In terms of growth of the crop, Treatment T1, T2 and T3 was somewhat higher than CK in plant height, stem diameter, number of effective leaves and leaf area, and in terms of yield and quality of tobacco leaves, they were 3.6% ~ 8.0% higher in yield, 3 030 ~ 4 910 yuan hm⁻² higher in output value, 3.6% ~ 11.7% higher in proportion of upper grade tobacco leaves, and 1.0 ~ 1.8 yuan higher in sales price per kilo. Moreover, flue-cured tobacco leaves from the treatments all had nicotine, total nitrogen, reducing sugar, potassium ion and chloride ion in the suitable range for high quality tobacco, and were higher than those from CK in content of total nitrogen, reducing sugar and potassium ion. Obviously, application of the soil amendments may help regulate chemical composition of flue-cured tobacco leaves, including nitrogen/nicotine ratio, sugar/nicotine ratio and sugar/nitrogen ratio, to be reasonable. 【Conclusion】 Application of suitable soil amendments can effectively improve soil properties and growth and development of the tobacco crop, and yield and quality of flue-cured tobacco in Bijie.

Key words Soil amendments; Flue-cured tobacco; Soil properties; Yield and quality

(责任编辑：檀满枝)