

不同改良剂对皖南烟田土壤性状及烤烟产量和品质的影响^①

朱克亚^{1,2}, 孙星², 程森³, 张伟峰³, 蔡宪杰³, 唐宇³,
孙平³, 曹志洪², 刘勤², 赵耕毛^{1*}

(1 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095; 2 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008;

3 上海烟草集团有限责任公司, 上海 200082)

摘要: 通过布置田间小区试验, 研究了不同农林废弃物制成的 5 种改良剂对烟稻轮作土壤性状和烤烟生长发育、产量和烟叶品质的影响。不同改良剂施入土壤后, 土壤体积质量较不施改良剂的对照处理显著下降, 而田间持水量明显提高, 表明烟田土壤物理性状得到明显改善。改良剂能明显促进不同生育期烟株的生长: 烟株团棵期, 改良剂 X1 处理叶片宽显著高于对照; 旺长期, X1、X2、X5 处理叶长显著大于对照, 且 X5 处理叶面积显著大于对照; 成熟期, X1、X2、X5 处理上部叶和下部叶长显著高于对照。改良剂能增加烟叶产量, 尤其是改良剂 X3、X5, 明显增加了上等烟和中等烟的产量。改良剂 X1、X2、X3 处理上等烟总分显著高于对照, 即改良剂处理烤出的上等烟综合品质更优。

关键词: 生物炭; 土壤改良剂; 烤烟; 增产

中图分类号: S156.2

呈酸性或微酸性的砂壤或中壤质地土壤是烤烟最适宜的生长土壤环境^[1-2], 有利于烤烟的养分吸收和烟碱合成, 更是为烤烟根系提供最佳的水肥气热条件。对于以叶片产量和质量的经济作物烤烟而言, 土壤环境极为重要, 若质地过黏重, 会导致排水不畅, 通气状态差; 质地过砂, 又会导致水分流失快而多, 水气不平衡, 养分淋洗等问题, 从而造成烤烟无法良好的发育^[3]。我国南方大部分烟区为追求“钱粮双收”, 实行烟稻轮作。由于长期不均衡施肥等原因, 南方稻田土壤酸化严重, 土壤结构差, 直接影响到烟草根系的生长发育和烟叶产质量^[4-5]。因此, 解决烟稻轮作区土壤改良问题十分重要和迫切。目前许多烟区采取的土壤改良措施包括黏土掺砂^[6-9]、塘施河沙或秸秆还田^[10]以及掺客土改砂、施有机肥等方式, 取得了良好的结果, 但是黏土掺砂措施, 掺砂量到 30% 左右才具有显著效果且工作量巨大, 施有机肥对快速改良土壤酸化效果不好, 因此, 大多土壤改良措施的短期显现后不能持续。经过前期研究, 本研究利用不同种类农林废弃物以及不同比例研制成了 5 种土壤改良剂, 室内试验表明这些改良剂能不同程度

地改良土壤物理化学等性质, 增加土壤持水性和保肥性等^[11-13]。皖南烟区具有良好的植烟水热生态环境, 通过施用不同改良剂开展田间小区试验, 探明改良剂在皖南烟区对植烟土壤性质及烤烟生长发育和烟叶质量的影响规律, 可为区域植烟土壤改良、协调土壤微环境, 提高特色烟生产水平, 促进农民收入增加和区域经济发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

本试验在沪皖烟草试验基地进行, 面积约 1.5 亩 (1 亩 = 667 m²)。试验设置 6 处理, 3 个重复, 共 18 个小区, 随机排列, 小区面积为 50.4 m²。处理分别为 CK(对照), 配方 X1(苍糠炭 + 竹炭)、X2(强透气性无机材料 + 中通气性保水无机材料)、X3(强透气性无机材料 + 竹炭)、X4(苍糠炭 + 硅藻土)、X5(竹炭 + 硅藻土)改良剂处理。土壤功能改良剂用量按每垄总体积的 10% 使用, 预计 10 年达到设计使用土壤 3% 的总量。2014 年 3 月 13 日起垄挖沟, 覆膜打孔, 垄宽 60 cm, 垄高 40 cm。试验采用基地烤烟

基金项目: 皖南烟稻优质高效生态安全的土肥综合技术与示范项目(CF56.1-ZJ1)资助。

* 通讯作者(seawater@njau.edu.cn)

作者简介: 朱克亚(1992—), 男, 安徽蚌埠人, 硕士研究生, 主要从事土壤肥料方面的研究。E-mail: zhukeya@163.com

漂浮育苗：云烟 97，烟苗株行距 1.20 m × 0.55 m。田块翻耕平整后，条施肥料，起垄；垄上条施土壤功能改良剂，用窄行深耕旋耕机把土壤改良剂翻入土中，并混匀；旋耕机旋耕宽度 12 cm，深 20 cm，肥料用量与当地水平一致，14 日完成烟苗移栽，同时施下定根水。移栽后每日观察烟苗生长状态，有无死苗等问题，并定期拍照。根据田间烟株生长状况，在 3 月 29 日和 5 月 10 日追施少量肥料。

1.2 样品采集与测定方法

土壤样品采集与测定：采取多点取样法，分别在烤烟移栽和采摘全部结束时，以小区为单位分别在“井窖”内和“井窖”周围采集土壤样品，测定土壤体积质量(容重)。

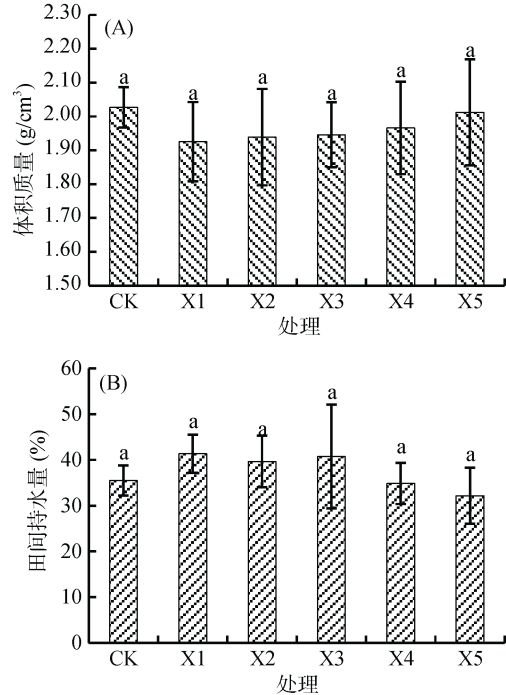
农艺性状的测定：调查方法按照《中华人民共和国烟草行业标准 YC/T142-1988 烟草农艺性状调查方法》进行。分别于烤烟团棵期、旺长期和脚叶成熟期，分次观察、记载各处理烟株的株高、茎粗、有效叶数、最大叶长、最大叶宽并计算最大叶面积，每个小区随机观测记 5 株，取平均值。其中，株高测定是从根茎部到生长点的实际高度(米尺测量)，茎粗测主茎第 1 节位处(游标卡尺测定)；最大叶面积 = 最大叶片长 × 叶宽 × 0.65。烟叶样品采集与测定：按照“下部叶适时早采、中部叶成熟采收、上部叶充分成熟采收”的原则，成熟一片采收一片。分小区单独采摘、烘烤、统计产量，烟叶分级后按处理分别称重记录，计算各级产量，并且进行外观质量定性和定量的评价。烟草根系测定：取供试烟株根系先用自来水冲洗，再用蒸馏水冲洗，用吸水纸充分吸干水分后称重。烟叶叶绿素含量测定：便携式 SPAD 叶绿素仪测定

2 结果与分析

2.1 不同改良剂对烟田土壤体积质量的影响

图 1 和图 2 结果表明，不同改良剂的添加有降低土壤体积质量，增加土壤田间持水量的趋势，特别是改良剂 X1 处理土壤体积质量比对照降低了 4.9%，田

间持水量比对照提高 16.45%。土壤质地改变是一个长期的过程，通过一年的改良剂施用只能有降低土壤体积质量和增加土壤田间持水量的趋势而没有显著性差异，但这些数据初步表明长期的土壤改良剂的加入可以改变土壤的质地及结构等性状。



(柱图上方不同小写字母表示处理间差异显著(P < 0.05)，下同)

图 1 改良剂试验对土壤体积质量(A)和田间持水量(B)的影响

Fig. 1 Effects of different soil amendments on soil bulk densities (A) and on soil field capacity (B)

2.2 不同土壤改良剂对烟株生长状况的影响

2.2.1 不同改良剂对烤烟团棵期生长状况的影响 烟苗移栽大田缓苗后烟叶将进入团棵期，这个时期根茎叶都会加速生长^[14]。从表 1 可以看出，不同改良剂在烟株团棵期时，可以通过改善土壤微域生态环境，而使其生长的烟株表现出优势。其中改良剂 X1 处理烟株叶片宽显著高于对照 12.75%，其他各项测定指标也均有提高的趋势。

表 1 不同改良剂处理烟株团棵期(2014 年 4 月 20 日)农艺性状

Table 1 Effects of different soil amendments on agronomical traits of flue-cured tobacco in rosette stage (April 20, 2014)

处理	株高(cm)	叶长(cm)	叶宽(cm)	茎围(cm)	叶数	最大叶面积(cm²)
CK	32.3 ± 2.2 a	37.6 ± 1.2 a	23.2 ± 1.2 b	2.5 ± 0.1 a	10.3 ± 0.8 a	556.7 ± 47.0 a
X1	33.8 ± 0.8 a	38.2 ± 1.4 a	26.4 ± 1.0 a	2.6 ± 0.1 a	10.9 ± 0.6 a	642.1 ± 47.7 a
X2	35.1 ± 2.0 a	38.8 ± 2.6 a	25.0 ± 1.6 ab	2.6 ± 0.1 a	10.8 ± 0.9 a	617.2 ± 81.6 a
X3	33.8 ± 2.2 a	39.1 ± 2.2 a	24.3 ± 2.5 ab	2.7 ± 0.2 a	9.9 ± 0.1 a	606.4 ± 95.5 a
X4	34.0 ± 1.4 a	39.6 ± 1.7 a	25.7 ± 0.1 ab	2.7 ± 0.1 a	10.5 ± 0.9 a	644.9 ± 29.7 a
X5	33.6 ± 2.4 a	39.2 ± 0.7 a	25.5 ± 1.0 ab	2.6 ± 0.1 a	10.2 ± 0.4 a	635.4 ± 36.3 a

注：同列不同小写字母表示处理间差异显著(P < 0.05)，下同。

2.2.2 不同改良剂对烟草旺长期生长状况的影响 烤烟进入旺长期后,需要吸收大量的营养,所以在同样的施肥处理下,农艺性状的差异也反映出烤烟对肥料的利用能力(表 2)。改良剂添加处理的小区烟株生长优势有进一步扩大的趋势,改良剂处理的株高比对照高出 11.94%~15.61%;X1、X2、X5 处理叶长显著大于对照 8.26%~11.93%;X5 处理最大叶面积显著大于对照,表明利用改良剂能够促进烟株尽早进入旺长期,保持良好的生长势。

2.2.3 不同改良剂对烟株成熟期生长状况的影响 烤烟进入成熟期后(表 3),各处理的下部叶片的长和宽均要高于中部叶片和上部叶片,下部叶片进入落黄期,可以采收;各部分茎粗、叶长及叶宽虽然没有显著差异,但有明显增长趋势。X1、X2、X5 处理中部叶和下部叶长显著高于对照。

2.3 不同改良剂对烟株各部位烟叶产量的影响

烟叶鲜重反映了烟株生长发育的优良状况,经烘烤工艺烘烤后的烟叶干重则一定程度上反映烤烟工业上的品质,鲜干重比受到叶片含水率的影响。从表 4 可以看出,改良剂 X4 处理下部烟叶的鲜重和干重,以及改良剂 X5 处理下部烟叶鲜重显著性高于对照,加入改良剂 X4 和 X5 烤烟下部烟叶的干重分别比对照高出 42.85% 和 31.29%;而 X3 处理各部分叶片重与对照相比较有增加的趋势,烤出干叶总重显著高于对照,所以改良剂 X4 处理有利于烤烟下部烟叶的生长,而改良剂 X5 处理对于烤烟下部及中部烟叶的生长均有促进作用。烟叶干重是烤烟品质的重要因素之一,也与烟农经济利益密切相关,试验中改良剂 X3 处理显著提高烟叶干重,可以为烟农创造更多价值。

表 2 不同改良剂处理烟株旺长期 (2014 年 4 月 28 日)农艺性状

Table 2 Effects of different soil amendments on agronomical traits of flue-cured tobacco in fast-growing stage (April 28, 2014)

处理	株高(cm)	叶长(cm)	叶宽(cm)	茎围(cm)	叶数	最大叶面积(cm ²)	叶绿素 SPAD 值
CK	47.1 ± 4.3 a	50.2 ± 1.9 b	28.0 ± 0.4 a	2.7 ± 0.2 a	11.9 ± 0.8 a	893.9 ± 41.1 b	38.3 ± 2.6 a
X1	54.1 ± 4.9 a	54.5 ± 2.2 a	29.1 ± 1.8 a	3.0 ± 0.3 a	13.5 ± 0.6 a	1 006.0 ± 91.6 ab	36.2 ± 1.2 a
X2	53.6 ± 7.3 a	54.4 ± 2.0 a	30.6 ± 2.5 a	3.1 ± 0.2 a	13.1 ± 0.1 a	1 059.0 ± 122.6 ab	41.0 ± 5.7 a
X3	52.7 ± 5.6 a	54.0 ± 1.8 ab	29.5 ± 2.5 a	2.9 ± 0.2 a	12.8 ± 0.2 a	1 010.9 ± 119.9 ab	39.5 ± 2.0 a
X4	52.8 ± 4.0 a	52.4 ± 2.5 ab	28.5 ± 1.7 a	2.8 ± 0.3 a	12.5 ± 0.6 a	949.1 ± 98.0 ab	37.8 ± 2.0 a
X5	54.4 ± 2.5 a	56.2 ± 2.5 a	30.3 ± 0.9 a	3.1 ± 0.1 a	12.7 ± 0.8 a	1079.5 ± 26.8 a	37.3 ± 0.6 a

表 3 不同改良剂处理烟株成熟期 (2014 年 5 月 26 日)农艺性状

Table 3 Effects of different soil amendments on agronomical traits of flue-cured tobacco in mature stage (May 26, 2014)

处理	株高(cm)	茎粗(cm)	上部叶长(cm)	中部叶长(cm)	下部叶长(cm)	上部叶宽(cm)	中部叶宽(cm)	下部叶宽(cm)
CK	99.7 ± 11.7 a	8.0 ± 1.3 a	49.7 ± 5.9 a	54.9 ± 4.7 b	57.9 ± 7.7 b	15.9 ± 1.9 a	20.6 ± 2.4 a	27.9 ± 6.2 a
X1	110.1 ± 7.7 a	8.8 ± 0.6 a	53.7 ± 3.0 a	61.6 ± 1.9 a	66.2 ± 3.7 a	15.7 ± 2.9 a	20.9 ± 2.0 a	29.3 ± 5.1 a
X2	111.6 ± 4.9 a	9.0 ± 0.3 a	52.9 ± 1.7 a	60.3 ± 0.8 a	66.1 ± 1.3 a	16.1 ± 0.9 a	21.9 ± 0.8 a	30.4 ± 0.4 a
X3	110.5 ± 7.4 a	8.6 ± 0.8 a	52.5 ± 5.5 a	59.7 ± 1.7 ab	64.8 ± 3.1 ab	16.7 ± 2.8 a	22.7 ± 3.9 a	31.0 ± 4.9 a
X4	106.9 ± 2.9 a	8.2 ± 0.3 a	51.3 ± 3.6 a	57.6 ± 3.8 ab	63.1 ± 0.6 ab	14.9 ± 0.4 a	21.4 ± 2.1 a	29.2 ± 0.7 a
X5	112.1 ± 6.3 a	9.0 ± 0.4 a	52.1 ± 5.0 a	62.5 ± 1.8 a	65.5 ± 2.9 a	17.5 ± 1.7 a	22.0 ± 0.9 a	31.9 ± 1.0 a

表 4 不同改良剂处理各部位烟叶采收及其烘烤后质量(kg/hm²)

Table 4 Effects of different soil amendments on fresh and dry leaf weights at different positions of tobacco plants

处理	下部叶		中部叶		上部叶		总干重
	鲜重	干重	鲜重	干重	鲜重	干重	
CK	1 974 b	291 b	7 354 a	1 283 ab	1 577 a	314 a	1 888 b
X1	2 416 ab	360 ab	7 976 a	1 501 ab	1 762 a	337 a	2 199 ab
X2	2 473 ab	380 ab	8 167 a	1 319 ab	1 570 a	307 a	2 007 ab
X3	2 387 ab	347 ab	8 955 a	1 800 a	1 412 a	284 a	2 410 a
X4	2 708 a	416 a	7 470 a	1 207 b	2 252 a	327 a	1 951 b
X5	2 787 a	383 ab	9 543 a	1 540 ab	1 135 a	314 a	2 238 ab

由于不同位置的烟叶农艺性状和化学成分本身存在差异,烤干出炉后的品质也就参差不齐,为了便于统一收购及按质论价,分级师对烤烟进行分级,将烤烟分为上橘二、上橘三、上橘四、中橘二、中橘三、

中橘四、下橘二、下橘三 8 个级别。由表 5 和表 6 可以看出,各处理之间的上等烟和中等烟的产量没有显著性差异,但是除了改良剂 X4 处理的上等烟产量低于对照,其他改良剂处理上等烟以及中等烟平均产

量均高于对照,各处理上等烟产量分别比对照增加了 7.73%、2.95%、46.14%、-3.31% 和 24.64%; 中等烟产量比对照分别增加了 18.47%、22.09%、30.98%、5.07% 和 32.24%。

从总产量来看(表 6), 加入不同改良剂处理烤烟

的平均产量均高于对照, 分别增加了 13.14%、12.59%、38.50%和 28.47%; 与对照和其他处理相比, 改良剂 X3 处理可以增加上等烟和中等烟的产量, 并且能够显著提高烤烟产量。由此, 改良剂 X3 处理的增产效果最好, X5 处理次之。

表 5 不同改良剂处理烟叶各级别产量(kg/hm²)
Table 5 Effects of different soil amendments on flue-cured tobacco leaf yields under various grades

处理	上橘二	上橘三	上橘四	中橘二	中橘三	中橘四	下橘二	下橘三
CK	383 ab	512 a	6 a	152 a	363 a	168 ab	195 a	29 a
X1	410 ab	605 a	39 a	132 a	426 a	247 a	175 a	13 a
X2	396 ab	512 a	13 a	178 a	350 a	191 ab	380 a	16 a
X3	608 a	380 a		208 a	413 a	247 a	310 a	43 a
X4	353 b	588 a	29 a	158 a	357 a	105 b	218 a	16 a
X5	406 ab	529 a		277 a	436 a	271 a	360 a	46 a

注：其中上橘二、中橘二、中橘三为上等烟，上橘三、上橘四、中橘四、下橘二、下橘三为中等烟。

表 6 不同改良剂处理各等级烟产量及所占比例
Table 6 Effects of different soil amendments on flue-cured tobacco leaf yields and proportions under superior and medium grades

处理	上等烟		中等烟		总产量 (kg/hm ²)
	产量(kg/hm ²)	比例(%)	产量(kg/hm ²)	比例(%)	
CK	898 a	49.05 a	911 a	50.95 a	1 810 c
X1	967 a	48.66 a	1 080 a	51.34 a	2 048 bc
X2	925 a	45.83 a	1 113 a	54.17 a	2 038 bc
X3	1 313 a	51.99 a	1 194 a	48.01 a	2 507 a
X4	868 a	47.58 a	958 a	52.42 a	1 826 c
X5	1 119 a	48.13 a	1 205 a	51.87 a	2 325 ab

2.4 不同改良剂对烟株根系鲜重的影响

根系是促进烟碱合成和实现烤烟高产高质的重要器官, 决定着给烟叶输送养分的多少。图 2 显示, 各改良剂处理根系鲜重均有增加的趋势, 但差异没有达到显著水平($P>0.05$)。烤烟的根系重量(x)和烤烟产量(y)之间的相关方程为 $y = 27.464x - 435.82$ (r 值为 0.953, $P<0.05$), 表明改良剂改善了土壤环境, 促进了烟株根系的生长, 进而提高了烤烟的产量。

2.5 不同改良剂对烤后烟叶外观质量的影响

烟叶的外观质量包括颜色、成熟度、叶片结构、身份、油分、色度等因素, 由专家按评分标准感官判断打分, 综合评价烤烟外观质量的优劣。烟叶的外观品质受土壤环境、气候、养分及烘烤工艺等多种因素影响^[15-16]。一般认为成熟度高, 薄厚中等, 结构疏松、油分浓色度足的烤烟为优质烟, 其中成熟度作为外观评价的综合指标, 与其他因素存在密切联系^[17-18], 杨士福^[19]认为, 烟叶成熟度越高, 叶片组织结构越疏松且弹性越好。从表 7 和表 8 看可以出, X1、X2、X3 处理上等烟要比对照的成熟度高, 分别高出 0.5、0.35、0.3 分。从总分也可以看出, 上等烟中改良剂 X1、X2 和 X3 处理比 CK 要高, 分别高出 2.25、3.625 和 3.3 分。

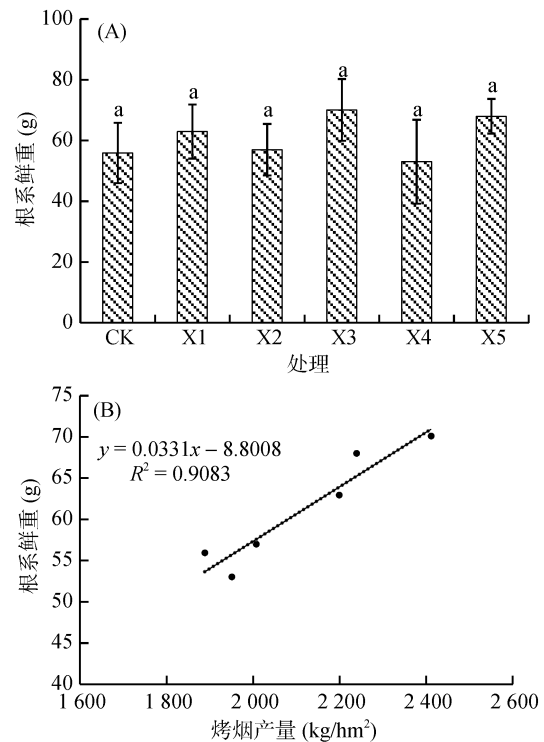


图 2 不同改良剂处理根系鲜重(A)及与烤烟产量的相关性分析(B)

Fig. 2 Effects of different soil amendments on fresh weights of flue-cured roots and their correlations with flue-cured tobacco leaf yields

表 7 不同改良剂处理烤后烟叶外观质量鉴定(定性)

Table 7 Effects of different soil amendments on appearance qualities of flue-cured tobacco leaves (qualitative analysis)

处理	等级	颜色	成熟度	叶片结构	身份	油分	色度
CK	上	桔黄 100%	成熟 100%	稍密 100%	稍厚 100%	有 100%	中 100%
	中	桔黄 90%, 柠檬黄 5%, 杂色 5%	成熟 90%, 尚熟 10%	疏松 95%, 尚疏松 5%	中等 100%	有 100%	强 75%, 中 25%
X1	上	桔黄 100%	成熟 100%	稍密 100%	稍厚 100%	有 90%, 稍有 10%	中 100%
	中	桔黄 90%, 微带青 5%, 杂色 5%	成熟 90%, 尚熟 10%	疏松 85%, 尚疏松 15%	中等 100%	有 90%, 稍有 10%	强 90%, 中 10%
X2	上	桔黄 95%, 杂色 5%	成熟 95%, 尚熟 5%	稍密 100%	稍厚 100%	有 95%, 稍有 5%	中 100%
	中	桔黄 65%, 杂色 35%	成熟 65%, 尚熟 35%	疏松 100%	中等 100%	有 100%	强 65%, 中 35%
X3	上	桔黄 90%, 柠檬黄 5%, 杂色 5%	成熟 95%, 尚熟 5%	尚疏松 10%, 稍密 90%	稍厚 100%	有 95%, 稍有 5%	强 30%, 中 70%
	中	桔黄 100%	成熟 100%	疏松 85%, 尚疏松 15%	中等 100%	有 85%, 稍有 15%	强 60%, 中 40%
X4	上	桔黄 65%, 杂色 35%	成熟 65%, 尚熟 35%	稍密 100%	稍厚 100%	有 25%, 稍有 75%	强 65%, 中 35%
	中	桔黄 90%, 杂色 10%	成熟 90%, 尚熟 10%	疏松 100%	中等 95%, 稍薄 5%	有 100%	强 35%, 中 65%
X5	上	桔黄 90%, 杂色 10%	成熟 90%, 尚熟 10%	尚疏松 85%, 稍密 10%, 紧密 5%	稍厚 100%	有 60%, 稍有 40%	中 75%, 弱 25%
	中	桔黄 100%	成熟 100%	疏松 80%, 尚疏松 20%	中等 95%, 稍薄 5%	有 100%	强 50%, 中 50%

表 8 不同改良剂处理烤后烟叶外观质量鉴定(定量)

Table 8 Effects of different soil amendments on appearance qualities of flue-cured tobacco leaves (quantitative analysis)

处理	等级	颜色	成熟度	叶片结构	身份	油分	色度	总分
CK	上	8.50	8.50	3.50	5.50	7.00	5.00	38.00
	中	8.35	8.35	8.43	8.00	8.00	7.13	48.25
X1	上	9.00	8.50	3.50	6.50	7.25	5.50	40.25
	中	7.80	7.90	8.28	8.50	7.25	6.85	46.58
X2	上	8.85	8.90	4.00	6.50	7.38	6.00	41.63
	中	6.30	6.30	8.50	8.00	6.50	5.30	40.90
X3	上	8.80	8.90	4.25	6.50	6.90	5.95	41.30
	中	7.50	7.50	7.35	8.00	7.05	6.60	44.00
X4	上	6.95	7.80	3.50	5.00	5.13	6.65	35.03
	中	7.80	8.35	9.00	8.85	7.50	6.35	47.85
X5	上	8.25	8.35	3.58	6.50	6.00	4.50	37.18
	中	8.50	8.50	8.20	8.90	7.50	6.25	47.85

3 小结

1) 不同农林废弃物研制成的改良剂施入土壤后,能改善土壤结构,降低土壤体积质量,增加土壤田间持水量。

2) 改良剂可以明显改善烟株生长状况,提高烟叶产量和品质。

参考文献:

- [1] 曹志洪. 优质烤烟生产的土壤与施肥[M]. 南京: 江苏科学技术出版社,1991
- [2] 郝葳, 田孝华. 优质烟区土壤物理性状分析与研究[J]. 烟草科技, 1996(5): 34-35
- [3] 秦松. 贵州烟区营养环境与烟叶质量的关系[D]. 重庆: 西南大学, 2007
- [4] 高传奇. 土壤质地对烤烟生长和品质的影响[D]. 河南农业大学, 2013
- [5] 李际会, 吕国华, 白文波, 等. 改性生物炭的吸附作用及其对土壤硝态氮和有效磷淋失的影响[J]. 中国农业气象, 2012, 02: 220-225
- [6] Jiang-Tao L I, Zhang B. Paddy soil stability and mechanical properties as affected by long-term application of chemical fertilizer and animal manure in subtropical China[J]. Pedosphere, 2007, 17(5): 568-579

- [7] 李平, 熊又升, 王兴祥, 等. 余江县稻田土壤肥力状况及其对水稻产量影响的初步研究[J]. 土壤通报, 2010(5): 1095-1100
- [8] 李九玉, 赵安珍, 袁金华, 等. 农业废弃物制备的生物炭对土壤酸度和油菜产量的影响[J]. 土壤, 2015, 47(2): 334-339
- [9] 张国, 朱启法, 郭熙盛, 等. 皖南烟区白云石粉对酸性植烟土壤的改良研究[J]. 土壤, 2014, 46(3): 534-538
- [10] 韩智强, 王勇, 李忠环, 等. 不同土壤改良措施对烤烟农艺性状的影响[J]. 西南农业学报, 2010, 23(6): 1935-1938
- [11] 文曼, 郑纪勇. 生物炭不同粒径及不同添加量对土壤收缩特征的影响[J]. 水土保持研究, 2012, 19(1): 46-50, 55
- [12] 刘祥宏. 生物炭在黄土高原典型土壤中的改良作用[D]. 北京: 中国科学院研究生院(教育部水土保持与生态环境研究中心), 2013
- [13] 高海英, 何绪生, 耿增超, 等. 生物炭及炭基氮肥对土壤持水性能影响的研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(24): 207-213
- [14] 中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987
- [15] 胡战军, 马林, 程昌新, 等. 烤烟外观质量与感官评吸指标间的关系分析[J]. 云南农业大学学报(自然科学版), 2011, 26(6): 809-814
- [16] 左伟标, 刘国顺, 毕庆文, 等. 不同烘烤工艺对湖北恩施烤烟品质的影响[J]. 江西农业学报, 2010, 22(2): 33-35
- [17] 彭海峰, 王怡明, 刘如春, 等. 成熟度对烟叶质量的影响[J]. 湖南农业科学, 2009(4): 31-35
- [18] 蔡宪杰, 王信民, 尹启生. 成熟度与烟叶质量的量化关系研究[J]. 中国烟草学报, 2005, 11(4): 42-46
- [19] 杨士福. 不同成熟度烟叶的烤后现状[J]. 云南烟草, 1990(4): 27-29

Effects of Different Soil Amendments on South Anhui Tobacco-growing Soil and Flue-Cured Tobacco Yield and Quality

ZHU Keya^{1,2}, SUN Xing², CHENG Sen³, ZHANG Weifeng³, CAI Xianjie³, TANG Yu³,
SUN Ping³, CAO Zhihong², LIU Qin², ZHAO Gengmao^{1*}

(1 College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 3 Shanghai Tobacco Group Corporation, Shanghai 200082, China)

Abstract: A field plot experiment was conducted in order to study the effects of five kinds of soil amendments made from different agricultural and forest residues on soil properties under tobacco-rice rotation and on flue-cured tobacco yield and quality. The results showed that: all the soil amendments improved the physical characteristics of tobacco-planting soil by decreasing soil bulk density and increasing soil field capacity. Soil amendments obviously improved the growth of tobacco plants: In rosette stage, leaf width of amendment X1 was significantly larger than CK; in fast-growing stage, leaf lengths of amendment X1, X2 and X5 were significantly larger than CK, leaf area of amendment X5 was significantly greater than CK; In mature stage, upper and lower leaf lengths of amendment X1, X2 and X5 were significantly higher than CK. Root weight had a significant correlation with flue-cured tobacco yield ($r=0.907$, $P<0.05$). Amendments, particularly X3 and X5 increased significantly tobacco yield compared to CK. Amendments increased the proportions of first-class and middle-class flue-cured tobacco compared to CK. Amendments improved the quality of tobacco leaf appearance, amendment X1, X2 and X3 significantly increased the total score of first-class flue-cured tobacco compared to CK. The above results provide the application prospect of the above soil amendments in south Anhui tobacco-planting soil.

Key words: Biochar; Soil amendment; Flue-cured tobacco; Increase production