

李集勤, 杨少海, 卢钰升, 顾文杰, 刘阳, 刘兰, 李淑玲, 陈俊标. 改良剂对烟叶产质量、土壤理化性质及土壤酶活性的影响 [J]. 广东农业科学, 2019, 46(5): 9-15.

改良剂对烟叶产质量、土壤理化性质 及土壤酶活性的影响

李集勤¹, 杨少海¹, 卢钰升², 顾文杰², 刘阳⁴, 刘兰³, 李淑玲¹, 陈俊标¹

(1. 广东省农业科学院作物研究所 / 广东省农作物遗传改良重点实验室, 广东 广州 510640;
2. 广东省农业科学院农业资源与环境研究所, 广东 广州 510640; 3. 广东烟草南雄科学研究所,
广东 南雄 512400; 4. 广东烟草韶关市有限公司南雄分公司, 广东 南雄 512400)

摘要:【目的】筛选适合南雄烟区沙泥田土壤的改良剂。【方法】通过田间试验研究了不同土壤改良剂对植烟沙泥田烟叶产质量和土壤理化性质等方面的影响。【结果】生物碳的土壤改良效果好于矿物质调理剂, 生物碳处理的烟叶产量、产值、上等烟比例和均价分别比对照高 20.00%、54.02%、84.18% 和 27.54%, 差异均达显著水平; 生物碳处理烤后烟叶的烟碱、钾、总氮、氯、蛋白质含量均在适宜范围内, 其糖碱比在 8~12 间, 烟叶化学成分较协调; 生物碳和矿物质调理剂均能提高土壤 pH 值, 改善土壤的理化性质, 增加土壤中的有效养分含量; 生物碳能提高植烟土壤中的土壤酶活性, 其交换性钙和交换性镁含量分别比对照高 30.75% 和 19.33%。【结论】生物碳处理 (1 500 kg/hm²) 对提高南雄烟区沙泥田烟叶产质量和改善植烟土壤理化性质等方面的改良效果较明显。

关键词: 土壤改良剂; 烤烟; 沙泥田; 生物炭

中图分类号: S572.024

文献标志码: A

文章编号: 1004-874X (2019) 05-0009-07

Effects of Soil Amendments on Tobacco Yield and Quality, Soil Physical and Chemical Properties and Soil Enzyme Activities

LI Jiqin¹, YANG Shaohai¹, LU Yusheng², GU Wenjie², LIU Yang⁴,
LIU Lan³, LI Shuling¹, CHEN Junbiao¹

(1. *Crops Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Crop Genetic Improvement of Guangdong Province, Guangzhou 510640, China*; 2. *Agricultural Resources and Environment Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China*; 3. *Guangdong Tobacco Nanxiong Research Institute, Nanxiong 512400, China*; 4. *Nanxiong Branch of Guangdong Tobacco Shaoguan City Co., Ltd., Nanxiong 512400, China*)

Abstract: 【Objective】The objective of the study is to screen suitable soil amendments for sandy soil in Nanxiong tobacco-growing areas. 【Method】The effects of different soil amendments on tobacco yield, quality and soil physical and chemical properties were studied through field experiment. 【Result】The results showed that the soil amelioration effect of bio-carbon was better than that of mineral conditioner. The yield and output value of tobacco leaves treated with bio-carbon were significantly higher than those of control group, with an increase of 20.00% and 54.02% respectively. And the proportion and average price of superior tobacco were 84.18% and 27.54% higher than those of control group. The nicotine content, potassium content, total nitrogen content, chlorine content and protein content of flue-cured tobacco treated with

收稿日期: 2019-03-08

基金项目: 广东省烟草专卖局科技计划项目 (粤烟科专项 201702, 粤烟科专项 201701)

作者简介: 李集勤 (1984—), 男, 助理研究员, 研究方向为烟草土壤营养与改良, E-mail: 278298804@qq.com

通信作者: 杨少海 (1965—), 男, 硕士, 研究员, 研究方向为植物营养, E-mail: yshaoh@21cn.com

bio-carbon were within the appropriate range, the sugar-alkali ratio was between 8 and 12, and the chemical composition of flue-cured tobacco was more coordinated. Bio-carbon and mineral conditioners could improve soil pH, physical and chemical properties and effective nutrient contents in soil. Bio-carbon could improve soil enzyme activity in tobacco-growing soils, and its exchangeable calcium and exchangeable magnesium contents were 30.75% and 19.33% higher than the control group, respectively. 【Conclusion】 Bio-carbon treatment (1 500kg/hm²) had obvious effects on improving the yield and quality of tobacco leaves and the physical and chemical properties of soils in sandy soil of Nanxiong tobacco-growing areas.

Key words: soil amendment; flue-cured tobacco; sandy soil field; bio-carbon

【研究意义】土壤是影响烟叶质量的重要因素之一，不同类型土壤的理化性质不同，其生产出的烟叶质量风格迥异^[1-2]。沙泥田土壤质地疏松，有机质含量丰富，但不易保水保肥，其生产出的烟叶产量较高但质量下乘，且初烤烟易变色变暗，不易长时间保存^[3-4]。因此，如何改善沙泥田植烟土壤理化性质从而提高烟叶质量一直是烟草科技工作者的研究热点之一，但目前针对沙泥田植烟土壤采用不同改良剂对其进行改良和培育的研究鲜见报道。【前人研究进展】生物炭是农业产生的大量动植物废料（如麦秆、种壳、粪便等生物质）在缺氧条件下，经过高温裂解而形成的一类含有多种养分元素、官能团丰富、孔隙结构发达、吸附能力强、富含碳素的固态产物，在优化土壤环境和烟田土壤修复等领域具有较大的应用潜力^[5-7]；矿物质调理剂指用于改善土壤物理、化学或生物性状的物料，具有改良土壤结构、调节土壤酸碱度、降低土壤盐碱危害、改善土壤水分状况和修复污染土壤等作用^[8-9]。据杨冬艳等^[10]报道，在西芹设施栽培中，生物炭能增加土壤中真菌、细菌和放线菌、微生物量C、N的含量，提高作物产量和改善土壤质量，但高用量的生物炭在使用初期可能对西芹生长有抑制作用。柳开楼等^[11]研究表明，特贝钙土壤调理剂可以增加花生产量10.2%~23.8%，其处理中土壤碱解氮、速效钾和有效磷均增加20%以上，土壤pH和交换性钙分别提高4.0%~7.3%和12.9%~18.8%，是红壤旱地花生增产、活化土壤养分和阻控土壤酸化的有效途径之一。陶林等^[12]研究了土壤调理剂对土壤肥力和木薯产量的影响，结果表明，土壤调理剂能提高土壤保水能力和土壤孔隙度，增加土壤有机质、氮、磷、钾含量，促进木薯对土壤养分的吸收，提高了木薯产量。【本研究切入点】本研究拟采用上述两种不同原材料的土壤改良剂对南雄沙泥田植烟土壤

进行改良，分析比较不同处理对烟叶产质量、土壤理化性质及土壤酶活性等方面的差异。【拟解决的关键问题】筛选适宜的沙泥田土壤改良剂，为南雄烟区沙泥田植烟土壤培育提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地点位于南雄市乌迳镇溯水村（25° 13' 108" N, 114° 35' 32" E），年平均气温21.5℃，前茬为水稻，土壤类型为沙泥田。试验田平整，灌溉方便，肥力水平中等，土壤基础养分状况为pH为6.94，有机质含量28.94 g/kg，碱解氮含量143.49 mg/kg，速效磷含量83.70 mg/kg，速效钾含量192.50 mg/kg。

1.2 试验材料

供试烤烟品种为粤烟97。

1.3 试验设计

试验设4个处理，分别为S1：生物炭（1 500 kg/hm²）；S2：万山调理剂（1 500 kg/hm²）；S3：生物炭+万山调理剂（各1 500 kg/hm²）；S4：对照（常规施肥）。选取整齐健壮烟苗于2018年3月6日统一移栽，每个处理3次重复，共12个小区，每个小区种2行，每行20株，株行距为1.2 m×0.60 m，每个小区选取10~15株8~13叶位挂牌取样，作为烟叶质量评价样本。小区的肥料用量和栽培管理措施按当地优质烟叶生产标准执行。

1.4 测试指标及方法

1.4.1 烟株及烟叶相关指标及测定方法 在圆顶期，每小区随机选取5株烟株，按照YC/T142-2010^[13]标准测定叶片数、节距、株高、茎围、腰叶长、宽等指标；烟叶烘烤后，按照GB2635-1992^[14]标准进行初烤烟叶的分级和外观评价；每个品种取烤后烟上部叶（B2F）和中部叶（C3F）各1 kg，用于化学成分测定，总氮、还原糖、总糖、

总烟碱、氯、钾、蛋白质含量等指标测定方法参照文献 [15] 进行。

1.4.2 土壤理化性质指标及测定方法 在植烟前和烟叶采收结束后, 分别在每个处理每个重复小区, 按照五点法采集 5~20 cm 土层土样, 混合均匀, 自然风干, 平分成两份, 一份用作土壤理化性质检测, 另一份过 1 mm 筛后用作土壤酶活性测定。

土壤理化性质指标测定参照文献 [16] 进行: 土壤 pH (2.5 : 1) 用酸度计电位法, 有机质含量采用重铬酸钾法, 碱解氮采用碱解扩散法, 有效磷采用碳酸氢钠浸提 - 钼锑抗比色法, 速效钾采用醋酸铵浸提 - 火焰分光光度法, 全氮采用开氏法, 全磷采用高氯酸 - 硫酸 - 钼锑抗比色法, 全钾采用高氯酸 - 硫酸 - 火焰光度计法, 交换性钙和镁含量测定采用醋酸铵交换 - 原子吸收光度法, 有效硅含量采用柠檬酸法浸提 - 比色法。

土壤酶活性指标测定参照文献 [17-18] 进行: 土壤脱氢酶采用氯化三苯基四氮唑比色法 (TTC

法), 土壤脲酶采用靛酚蓝比色法, 土壤转化酶采用 3,5- 二硝基水杨酸比色法, 土壤磷酸酶采用 2,6- 双溴苯醌氯酰亚胺比色法。

试验数据采用 Excel 和 SPSS12.0 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同改良剂处理对烤烟农艺性状的影响

由表 1 可知, 所有处理烟株的株高在 113.25~120.38 cm 间, 以生物炭处理最高, 比对照高 6.3%, 差异显著, 万山调理剂处理株高与生物炭 + 万山调理剂处理接近; 最大叶长以万山调理剂处理最大, 其他 3 个处理接近, 4 个处理间差异不显著; 4 个处理的最大叶宽为 30~31 cm; 4 个处理的有效叶数在 18~19 片间、茎围在 9.1~9.5 cm 间、节距在 5.9~6.2 cm 间, 但各处理间指标差异不显著。这说明万山调理剂和生物炭对烟株生长均有一定的促进作用。

表 1 不同改良剂处理的烟株农艺性状比较

Table 1 Comparison of different soil amendments on agronomic characters of tobacco plants

处理 Treatment	株高 Plant height (cm)	最大叶长 Maximum leaf length (cm)	最大叶宽 Maximum leaf width (cm)	有效叶片数 Number of effective leaves	茎围 Stem girth (cm)	节距 Internode length (cm)
S1	120.38a	70.00a	30.88a	18.08 a	9.31a	5.97a
S2	116.00ab	75.25a	30.54a	18.25a	9.19a	6.18a
S3	117.75ab	70.00a	30.75a	18.67a	9.41a	5.96a
S4 (CK)	113.25b	71.67a	30.42a	18.08a	9.17a	6.14a

注: 同列数据后小写英文字母不同者表示差异显著。

Note: Different lowercase letters in the same column represent significant difference.

2.2 不同改良剂处理对烤烟经济性状的影响

从表 2 可以看出, 3 个改良剂处理的单位产量、产值、上中等烟比例、上等烟比例和均价均高于对照, 其中以生物炭处理效果最好, 其产量和产值分别比对照高 20.00% 和 54.02%、差异均达显著水平, 其上等烟比例和均价分别比对照高 84.18% 和 27.54%、差异亦均达显著水平; 其次为万山调理剂处理和生物炭 + 万山调理剂处理, 其产量和产值分别比对照高 7.69%~11.00% 和 25.79%~36.52%, 其上等烟比例和均价分别比对照高 43.15%~58.20% 和 15.58%~22.31%, 与对照差异均达显著水平。整体来看, 各处理经济性状综合表现为: 生物炭 > 万山调理剂 > 万山调理剂 + 生物炭 > 对照, 说明生物炭和万山调理剂能提

高烟叶的产量和质量, 从而增加烟叶的经济效益。

2.3 不同改良剂处理对烤烟外观质量的影响

烟叶外观质量与内在质量有着密切关系, 是影响烟叶销售的最关键因素。如表 3 所示, 与对照相比, 3 个改良剂处理的烤后烟颜色更深, 偏正黄色, 成熟度更好, 叶片结构更疏松, 油分更足, 色泽更鲜艳, 其中以生物炭处理得分最高, 比对照高 10.06%, 外观质量总得分值依次为生物炭 > 万山调理剂 > 万山调理剂 + 生物炭 > 对照。说明生物炭和万山调理剂在一定程度上能改善烟叶外观质量, 提高烟叶的商品属性, 这也与各处理的上中等烟比例、上等烟比例和均价 (表 2) 等质量指标表现一致。

表 2 不同改良剂处理的烤烟经济性状比较

Table 2 Comparison of different soil amendments on economic characters of flue-cured tobacco

处理 Treatment	产量 Yield (kg/hm ²)	产值 Output (yuan/hm ²)	上中等烟比例 Ratio of middle and high quality tobacco (%)	上等烟比例 Ratio of high quality tobacco (%)	均价 Average price (yuan/kg)
S1	2575.80aA	63843.75aA	93.69aA	56.71aA	24.64aA
S2	2382.30abAB	56587.35abA	91.84aAB	48.71abA	23.63aA
S3	2311.35bcAB	52137.90abA	91.10aAB	44.09bA	22.33aA
S4 (CK)	2146.20cB	41449.05bA	78.94bB	30.79cB	19.32bA

注：同列数据后小写英文字母不同者表示差异显著，大写英文字母不同者表示差异极显著。

Note: Different lowercase letters in the same column represent significant difference, different capital letters represent extremely significant difference.

表 3 不同改良剂处理的烟叶外观质量比较 (C3F 和 B2F 平均值)

Table 3 Comparison of different soil amendments on appearance quality of flue-cured tobacco leaves (Average of C3F and B2F)

处理 Treatment	得分 Score						
	颜色 Colour	成熟度 Maturity	叶片结构 Leaf structure	身份 Identity	油分 Oil	色度 Color intensity	合计 Total
S1	7.00	7.50	7.00	8.00	7.25	7.00	43.75
S2	7.25	7.50	7.25	6.75	7.25	7.25	43.25
S3	7.25	7.00	7.00	7.25	7.25	7.25	43.00
S4 (CK)	6.50	6.50	6.75	6.75	6.75	6.50	39.75

注：外观质量评价以定性和定量相结合的方法进行。定性评价以 GB2635-92 烤烟分级标准为基础，定量评价是每个品质因素均按 10 分制打分，对品质因素各档次赋予不同分值，分值越高，质量越好。

Note: The appearance quality is evaluated by qualitative and quantitative methods. The qualitative evaluation is based on the GB2635-92 flue-cured tobacco grading standard, and the quantitative evaluation is that each quality factor is scored on a 10-point scale, and different scores are assigned to each grade of quality factors, the higher the score, the better the quality.

2.4 不同改良剂处理对烤烟化学成分的影响

中部叶：生物碳处理的总糖和还原糖含量与对照接近，万山调理剂和万山调理剂+生物碳处理二者含量偏高；所有处理的烟碱含量（1.98%~2.42%）、钾含量（2.74%~2.92%）、总氮含量（1.69%~1.75%）、氯含量（0.42%~0.51%）、蛋白质含量（8.01%~8.45%）均在适宜范围内；所有处理的烤后烟糖碱比均在 11 以上，以万山调理剂处理最大，说明烟叶化学成分欠协调；氮碱比在 1 以下，均在适宜范围内（表 4）。

上部叶：所有处理的总糖含量在 20.71%~24.12%间，还原糖含量在 17.53%~22.54%间，3 个改良剂处理二者含量均比对照高；所有处理的烟碱含量、总氮含量、氯含量、钾含量、蛋白质含量均在较适宜范围内；生物碳、万山调理剂和对照糖碱比均在 8~10 间，说明烟叶化学成分较协调；氮碱比在 1 以下，均在适宜范围内（表 4）。

综合来看，生物碳和对照处理的烤后烟叶内在化学成分较为协调。

表 4 不同改良剂处理烤后烟叶化学成分比较

Table 4 Comparison of different soil amendments on chemical constituents of flue-cured tobacco leaves (%)

处理 Treatment	部位 Position	总糖 Total sugar	还原糖 Reducing sugar	烟碱 Nicotine	总氮 Total N	氯 Cl	钾 K	蛋白质 Protein	糖碱比 Total sugar/Nicotine	氮碱比 Total N/Nicotine
S1	C3F	28.14	19.63	2.33	1.75	0.51	2.92	8.43	12.05	0.75
S2		32.01	22.52	1.98	1.69	0.42	2.91	8.45	16.18	0.86
S3		32.18	21.98	2.36	1.69	0.45	2.74	8.01	13.63	0.72
S4 (CK)		28.41	21.08	2.42	1.72	0.47	2.92	8.16	11.75	0.71
S1	B2F	24.12	20.90	2.50	1.90	0.57	2.54	9.16	9.66	0.76
S2		22.57	19.73	2.64	1.83	0.42	2.15	8.58	8.55	0.69
S3		26.64	22.54	2.35	1.81	0.57	2.61	8.76	11.31	0.77
S4 (CK)		20.71	17.53	2.57	2.09	0.56	2.67	10.28	8.05	0.81

2.5 不同改良剂处理对土壤理化性质的影响

表 5 结果表明, 3 种改良剂处理均能提高土壤 pH 值, 其中以万山调理剂处理的土壤 pH 值最高; 同时, 3 种改良剂均能增加土壤中的有机质、碱解氮、速效磷、速效钾、全氮、有效硅、交换性镁和交换性钙的含量, 其中 3 个处理的有机质、碱解氮和速

效钾含量分别比对照高 8.28%、8.38% 和 14.77% 以上, 有效硅含量均比对照高 7.61% 以上, 与对照的差异均达显著水平; 生物炭处理交换性钙和交换性镁含量分别比对照高 30.75% 和 19.33%, 说明改良剂能适当提高土壤 pH 值, 改善植烟土壤的理化性质, 不同程度上增加土壤中的有效养分含量。

表 5 不同改良剂处理对土壤理化性质的影响
Table 5 Effects of different amendments on soil physical and chemical properties

处理 Treatment	pH	有机质 Organic matter (g/kg)	碱解氮 Available nitrogen (mg/kg)	速效磷 Available phosphorus (mg/kg)	速效钾 Available potassium (mg/kg)	全氮 Total N (mg/kg)	全磷 Total P (mg/kg)	全钾 Total K (mg/kg)	有效硅 Available potassium (mg/kg)	交换性镁 Exchangeable magnesium [cmol(1/2Mg ⁺)/kg]	交换性钙 Exchangeable calcium [cmol(1/2Ca ⁺)/kg]
S1	7.30a	31.13a	175.45a	134.43b	499.33a	2.03a	1.15a	23.29a	405.09a	1.42ab	16.37a
S2	7.50a	32.56a	174.50a	118.95b	463.67ab	1.88a	0.99a	23.29a	405.98a	1.83a	14.26ab
S3	7.29a	31.66a	175.67a	172.61a	507.50a	1.97a	1.29a	24.39a	408.67a	1.75a	14.88ab
S4 (CK)	7.03a	28.75a	161.01a	109.97b	404.00b	1.83a	1.08a	23.49a	376.45b	1.19b	12.52b

注: 同列数据后小写英文字母不同者表示差异显著。

Note: Different lowercase letters in the same column represent significant difference.

2.6 不同改良剂处理对植烟土壤酶活性的影响

土壤酶是土壤有机体重要组成部分, 是多种营养物质转化和释放的推动力。如表 6 可知, 相比对照, 生物炭处理和调理剂 + 生物炭处理均能提高土壤中的转化酶、磷酸酶、脲酶和脱氢酶的

活性, 其中, 生物炭处理土壤中的脲酶和脱氢酶含量显著高于对照, 而调理剂处理土壤中的 4 种酶活性均低于对照, 说明生物炭能增加植烟土壤中的土壤酶活性, 促进土壤肥力的形成, 但矿物质类土壤调理剂可能会降低土壤酶活性。

表 6 不同改良剂处理对土壤酶活性的影响
Table 6 Effects of different amendments on soil enzyme activities

处理 Treatment	转化酶 Invertase (mg/g)	磷酸酶 Phosphatase (mg/100 g)	脲酶 Urease (mg/100 g)	脱氢酶 Dehydrogenase (μg/g·h)
S1	26.61a	149.44a	117.48a	7.03a
S2	20.05b	145.28a	109.70b	5.10b
S3	26.71a	148.48a	115.65a	7.05a
S4 (CK)	23.48ab	147.68a	115.24a	5.54b

注: 同列数据后小写英文字母不同者表示差异显著。

Note: Different lowercase letters in the same column represent significant difference.

3 讨论

以往众多研究^[19-23]表明, 生物炭和矿物质类型土壤调理剂等改良剂能改善植烟土壤的理化性质, 提升烟叶的产质量。郑加玉等^[20]报道, 稻壳生物炭处理的烟叶产量和产值较对照分别提高 43.51% 和 43.48%; 胡亚杰等^[22]研究表明, 土壤调理剂处理的烟叶上等烟比例、均价、产量和产值较对照分别提高 20.3%、5.5%、5.5% 和 10.7%, 这与本研究增施生物炭和土壤调理剂具有烟叶增产增值效果的结果一致。在改善土壤理化性质方面, 邓小华等^[24]研究表明, 施用土壤

改良剂可提高植烟土壤 pH、土壤有机质、碱解氮和有效磷含量, 施用石灰可提高土壤碱解氮和有效磷含量; 陈敏等^[19]、郑加玉等^[20]、赵殿峰等^[25]田间试验表明, 施用生物炭能显著提高植烟土壤有机质、土壤速效氮、速效磷和速效钾含量等速效养分; 邢世和等^[26]研究表明, 土壤调理剂处理的土壤交换性钙和镁较对照分别提高 56.70% 和 88.64%; 朱盼等^[27]研究表明, 施用生物炭土壤中的交换性钙和交换性镁含量均高于对照。由此可见, 生物炭和矿物质调理剂能提高植烟土壤养分含量, 促进烟株的生长发育, 与本研究结果一致, 前者施用效果比后者更好, 这可能是由于

生物碳本身能为土壤提供更多的碳源和有机质,丰富植烟土壤的微生物种群类别和数量,加上自带的孔隙结构,能够吸附土壤养分,减少肥料过度流失,增加土壤中的养分含量^[8]。

邢世和等^[26]研究表明,土壤调理剂处理的土壤脲酶和磷酸酶活性分别比对照提高100.00%和110.00%,与本研究结果不一致,这可能与施用的调理剂原料来源不同有关。本研究结果显示,相比对照矿物质调理剂施用降低了土壤的转化酶、磷酸酶、脲酶和脱氢酶等酶活性,这可能与施用矿物质土壤调理剂提升土壤pH有关,从而导致某些酶类活性减弱;张继旭等^[28]盆栽试验结果表明,秸秆生物碳处理土壤中的脲酶、蔗糖酶和酸性磷酸酶活性均随生物炭添加量的增加有不同程度提高,与本研究结果一致。因此,在南雄沙泥田植烟土壤改良剂筛选中,以生物碳施用的效果最好,而在矿物质调理剂种类选择上需谨慎。

4 结论

本研究结果表明,生物碳处理的烟叶经济性状和外观质量均优于其他处理,其烟叶产量和产值显著高于对照20.00%和54.02%,其上等烟比例和均价显著高于对照84.18%和27.54%,其中部叶的总糖和还原糖含量与对照接近,其烟碱含量、钾含量、总氮含量、氯含量、蛋白质含量均在适宜范围内,烟叶内在化学成分较协调。3种改良剂均能提高土壤pH值,改善土壤的理化性质,增加土壤中的有效养分含量,其中生物碳处理的土壤交换性钙和交换性镁含量分别比对照高30.75%和19.33%,同时,生物碳能提高植烟土壤中的土壤酶活性。综合来看,生物碳处理在提高烟叶产质量和改善植烟土壤理化性质等方面均表现最好,该土壤保育技术值得在烟叶生产上进行小面积示范和推广。

参考文献 (References) :

- [1] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 16-34.
LIU G S. Tobacco cultivation [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2003:16-34.
- [2] 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.
CAO Z H. Soil and fertilization for high quality flue-cured tobacco production [M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1991.
- [3] 李集勤, 陈俊标, 袁清华, 彭文松, 张振臣, 马柱文, 谢锐鸿, 李淑玲. 客土改良对植烟土壤营养及烟草青枯病的影响[J], 中国烟草科学, 2017, 38(1): 48-52. doi: 10.13496/j.issn.1007-5119.2017.01.008
- LI J Q, CHEN J B, YUAN T H, PENG W S, ZHANG Z C, MA Z W, XIE R H, LI S L. Effects of guest soil improvement on soil nutrition and tobacco bacterial wilt [J]. *China Tobacco Science*, 2017, 38 (1): 48-52. doi: 10.13496/j.issn.1007-5119.2017.01.008.
- [4] 罗战勇, 吕永华, 李淑玲, 郑荣豪. 广东省生态烟区的划分及其烟叶质量评价[J]. 广东农业科学, 2004(1): 18-20. doi: 10.16768/j.issn.1004-874X.2004.01.006.
LUO Z Y, LV Y H, LI S L, ZHENG R H. Division of eco-tobacco areas in Guangdong province and evaluation of tobacco leaf quality [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2004(1):18-20. doi: 10.16768/j.issn.1004-874X.2004.01.006.
- [5] 陈温福, 张伟明, 孟军. 农用生物炭研究进展与前景[J]. 中国农业科学, 2013, 46(16): 3324-3333. doi: 10.3864/j.issn.0578-1752.2013.16.003.
CHEN W F, ZHANG W M, MENG J. Research progress and prospects of agricultural biochar [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2013, 46(16):3324-3333. doi: 10.3864/j.issn.0578-1752.2013.16.003.
- [6] 肖和友, 邓建功, 苏以荣, 阳雄灿. 生物质炭在烟草种植上的应用潜力展望[J]. 中国农学通报, 2015, 31(27): 207-210.
XIAO H Y, DENG J G, SU Y R, YANG X C. Prospects for the application potential of biomass charcoal in tobacco cultivation [J]. *China Agricultural Bulletin* 2015, 31 (27): 207-210.
- [7] SCHOMBERG H H, GAAKIN J W, HARRIS K. Influence of biochar on nitrogen fractions in a coastal plain soil [J]. *Journal of Environmental Quality*, 2012, 41(4):1087-1094.
- [8] 牛桂言, 邵惠芳, 朱金峰, 黄五星, 许自成, 郭利. 我国植烟土壤修复的研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2017, 19(3): 115-122. doi: 10.13304/j.nykjdb.2016.332.
NIU G Y, SHAO H F, ZHU J F, HUANG W X, XU Z C, GUO L. Research progress of tobacco-growing soil remediation in China [J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2017, 19(3): 115-122. doi: 10.13304/j.nykjdb.2016.332.
- [9] 蔡海林, 许丽娟, 谢扬军, 段美珍. 烟田土壤调理剂的研究与应用现状[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(19): 6212-6213. doi: 10.13989/j.cnki.0517-6611.2014.19.037.
CAI H L, XU L J, XIE Y J, DUAN M J. Research and application status of soil conditioners in tobacco fields [J]. *Anhui Agricultural Sciences*, 2014, 42 (19): 6212-6213. doi: 10.13989/j.cnki.0517-6611.2014.19.037.
- [10] 杨冬艳, 王学梅, 冯海萍, 谢华. 生物炭对设施西芹根际微生物及土壤酶活性的影响[J]. 广东农业科学, 2017, 44(1): 82-87. doi: 10.16768/j.issn.1004-874X.2017.01.012.
YANG D Y, WANG X M, FENG H P, XIE H. Effect of biochar on rhizosphere microorganisms and soil enzyme activity of western celery in greenhouse [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2017, 44(1):82-87. doi: 10.16768/j.issn.1004-874X.2017.01.012.
- [11] 柳开楼, 熊华荣, 胡惠文, 周利军, 王永明, 邹绍文, 李大明, 叶会财. 特贝钙土壤调理剂对红壤旱地花生产量和阻控土壤酸化的影响[J]. 广东农业科学, 2017, 44(5): 93-98. doi: 10.16768/j.issn.1004-874X.2017.05.015.
LIU K L, XIONG H R, HU H W, ZHOU L J, WANG Y M, ZOU S W, LI D M, YE H C. Effects of soil conditioner (named by Tebeigai) on peanut yield and controlling soil acidification in red soil [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2017, 44(5): 93-98. doi: 10.16768/j.issn.1004-874X.2017.05.015.
- [12] 陶林, 罗兴录. 土壤调理剂对土壤肥力和木薯产量的影响[J]. 广东农

- 业科学, 2018, 46(2): 61-67. doi: 10.16768/j.issn.1004-874X.2018.02.011.
- TAO L, LUO X L. The effect of soil conditioner on the soil fertility and yield of cassava [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2018, 46(2): 61-67. doi: 10.16768/j.issn.1004-874X.2018.02.011.
- [13] 国家标准化委员会. YC/T142-2010 中华人民共和国行业标准: 烟草农艺性状调查方法[S]. 第3版. 北京: 中国标准出版社, 2003: 227-231.
- National Standardization Management Committee. YC/T142-2010 industry standards of the People's Republic of China: Investigation method of tobacco agronomic traits [S]. Third Edition. Beijing: China Standards Press, 2003:227-231.
- [14] 国家标准化委员会. GB2635-1992 中华人民共和国国家标准: 烤烟[S]. 第3版. 北京: 中国标准出版社, 2003:403-413.
- National Standardization Management Committee. GB2635-1992 national standards of the People's Republic of China: Flue-cured tobacco [S]. Third Edition. Beijing: China Standards Press, 2003:403-413.
- [15] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业出版社 2003:170-277.
- WANG R X. Tobacco chemistry [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2003:170-277.
- [16] 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, 1997:224-226.
- LU R K. Methods of soil agricultural chemistry analysis [M]. Beijing: Chinese Agricultural Science and Technology Press, 1997:224-226.
- [17] 严永升. 土壤肥力研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1988: 243-279.
- YAN Y S. Research methods of soil fertility [M]. Beijing: Agricultural Press, 1988:243-279.
- [18] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- GUAN S Y. Soil enzyme and its research method [M]. Beijing: Agricultural Press, 1986.
- [19] 陈敏, 杜相革. 生物炭对土壤特性及烟草产量和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2015(1): 80-83.
- CHEN M, DU X G. Effects of biochar on soil characteristics and tobacco yield and quality [J]. *China Soil and Fertilizer*, 2015(1): 80-83.
- [20] 郑加玉, 张忠锋, 程森, 蔡宪杰, 姚忠达, 汪季涛, 朱启法, 薛琳, 张继光. 稻壳生物炭对整治烟田土壤养分及烟叶产质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2016, 37(4): 6-11. doi: 10.13496/j.issn.1007-5119.2016.04.002.
- ZHENG J Y, ZHANG Z F, CHEN S, CAI X J, YAO Z D, WANG J T, ZHU Q F, XUE L, ZHANG J G. Effects of rice husk biochar on soil nutrients and tobacco yield and quality in tobacco fields [J]. *China Tobacco Science*, 2016, 37(4): 6-11. doi: 10.13496/j.issn.1007-5119.2016.04.002.
- [21] 邹健, 彭云, 王娜, 史德, 王锋, 钱聪飞, 欧阳进, 赵正雄. 生物炭用量对烤烟生长及产量、质量的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学版) [J]. 2017, 32(4): 652-658. doi: 10.16211/j.issn.1004-390X(n).2017.04.013.
- ZOU J, PENG Y, WANG N, SHI D, WANG F, QIAN C F, OU Y J, ZHAO Z X. Effects of biochar dosage on growth, yield and quality of flue-cured tobacco [J]. *Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science Edition)*, 2017, 32(4): 652-658. doi: 10.16211/j.issn.1004-390X(n).2017.04.013.
- [22] 胡亚杰, 孙建生, 石保峰, 程传策, 刘慧生. 土壤调理剂对贺州烤烟质量及植烟土壤理化特性的影响[J]. 广东农业科学, 2014, 41(21): 56-60. doi: 10.16768/j.issn.1004-874X.2014.21.023.
- HU Y J, SUN J S, SHI B F, CHEN C C, LIU H S. Effects of soil conditioners on the quality of flue-cured tobacco and the physicochemical properties of tobacco-growing soils in Hezhou [J]. *Guangdong Agricultural Science*, 2014, 41(21): 56-60. doi: 10.16768/j.issn.1004-874X.2014.21.023.
- [23] 邢世和, 熊德中, 周碧青, 许茜. 不同土壤改良剂对土壤生化性质与烤烟产量的影响[J]. 土壤通报, 2005, 36(1): 72-79. doi: 10.19336/j.cnki.trtb.2005.01.019.
- XING S H, XIONG D Z, ZHOU B Q, XU Q. Effects of various modifiers on soil biochemical properties and tobacco yields [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2005, 36(1): 72-75. doi: 10.19336/j.cnki.trtb.2005.01.019.
- [24] 邓小华, 杨哲宇, 李玉辉, 刘勇军, 张明发, 周米良, 张瑶, 李源环. 施用改良剂对植烟土壤酶活性和养分含量的影响[J]. 烟草科技, 2019, 52(2): 33-39. DOI: 10.16135/j.issn1002-0861.2018.0175.
- DENG X H, YANG Z Y, LI Y H, LIU Y J, ZHANG M F, ZHOU M L, ZHANG Y, LI Y H. Effects of amendments on soil enzyme activity and nutrient content [J]. *Tobacco Science and Technology*, 2019, 52(2): 33-39. doi: 10.16135/j.issn1002-0861.2018.0175.
- [25] 赵殿峰, 徐静, 罗璇, 饶智, 廖允成, 温晓霞, 孙涓, 徐世峰, 丁朋辉, 高明博. 生物炭对土壤养分、烤烟生长以及烟叶化学成分的影响[J]. 西北农业学报, 2014, 22(3): 85-92. doi: 10.7606/j.issn.1004-1389.2014.03.016.
- ZHAO D F, XU J, LUO X, RAO Z, LIAO Y C, WEN X X, SUN W, XU S F, DING P H, GAO M B. Effects of biochar on soil nutrients, growth of flue-cured tobacco and chemical composition of tobacco leaves [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2014, 22(3): 85-92. doi: 10.7606/j.issn.1004-1389.2014.03.016.
- [26] 邢世和, 熊德中, 周碧青, 许茜, 刘春英. 不同改良剂对烟区土壤肥力性状及烤烟产量和质量的影响[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2004, 33(3): 384-389. doi: 10.13323/j.cnki.j.fafu(nat.sci.).2004.03.028.
- XING S H, XIONG D Z, ZHOU B Q, XU Q, LIU C Y. Effects of different amendments on soil fertility and yield and quality of flue-cured tobacco in tobacco-growing areas [J]. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition)*, 2004, 33(3): 384-389. doi: 10.13323/j.cnki.j.fafu(nat.sci.).2004.03.028.
- [27] 朱盼, 应介官, 彭抒昂, 姜存仓. 生物炭和石灰对红壤理化性质及烟草苗期生长影响的差异[J]. 农业资源与环境学报, 2015, 12, 32(6): 590-595. doi: 10.13254/j.jare.2015.0152.
- ZHU P, YING J G, PENG S O, JIANG C C. Differences in the effects of biochar and lime on the physical and chemical properties of red soil and tobacco seedling growth [J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2015, 12, 32(6): 590-595. doi: 10.13254/j.jare.2015.0152.
- [28] 张继旭, 张继光, 张忠锋, 王瑞, 高林, 戴衍晨, 孟贵星, 王树键, 马强, 许倩, 申国明. 秸秆生物炭对烤烟生长发育、土壤有机碳及酶活性的影响[J]. 中国烟草科学, 2016, 37(5): 16-21. doi: 10.13496/j.issn.1007-5119.2016.05.004.
- ZHANG J X, ZHANG J G, ZHANG Z F, WANG R, GAO L, DAI Y C, MENG G X, WANG S J, MA Q, XU Q, SHEN G M. Effects of straw biochar on growth and development of flue-cured tobacco, soil organic carbon and enzyme activities [J]. *China Tobacco Science*, 2016, 37(5): 16-21. doi: 10.13496/j.issn.1007-5119.2016.05.004.