

# 炭基肥对烤烟产质量的影响

赵东, 赵培富\*, 尚关兴, 杨华, 陈鹏, 董均兴 (六盘水市烟草公司盘州分公司, 贵州盘州 553537)

**摘要** 研究炭基肥对盘州烤烟生长发育及产质量的影响, 设置常规施肥和增施炭基肥(1 200 kg/hm<sup>2</sup>) 2个处理, 在盘州保田镇、竹海镇、旧营乡分别开展了田间试验。结果表明, 增施炭基肥能极显著促进烟株大田长势, 提高烟株株高、可采叶数, 促进叶片扩展; 显著增强烟株对黑胫病、青枯病和赤星病的抗性, 减少病害发生, 降低病害危害程度; 提高烤后烟叶等级质量和经济效益。

**关键词** 炭基肥; 烤烟; 经济性状; 烟叶质量

中图分类号 S 572 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)24-0182-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.24.044

开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

## Effect of Charcoal-based Fertilizer on Flue-cured Tobacco Yield and Quality

ZHAO Dong, ZHAO Pei-fu, SHANG Guan-xing et al (Panzhou Branch of Liupanshui Tobacco Company, Panzhou, Guizhou 553537)

**Abstract** In order to study the effects of charcoal-based fertilizer on the growth, yield and quality of flue-cured tobacco in Panzhou, two treatments of conventional fertilizer and additional charcoal-based fertilizer (1 200 kg/hm<sup>2</sup>) were set. Field experiments were carried out in Baotian Town, Zhuhai Town and Jiuying Township of Panzhou, respectively. The results showed that the application of carbon based fertilizer could significantly promote the field growth of tobacco plant, increase the plant height, the number of leaves available, and promote leaf expansion. The resistance of tobacco plant to black shank disease, bacterial wilt disease and red blight disease was significantly enhanced, and the occurrence and damage degree of the disease were reduced, improve the grade quality and economic benefit of cured tobacco leaves.

**Key words** Charcoal-based fertilizer; Flue-cured tobacco; Economic characters; Quality of tobacco leaves

生物炭是指以生物质农林废弃物、植物组织或动物骨骼和排泄物等为原料, 在高温缺氧条件下热解而形成的一种含碳丰富的固体物质<sup>[1]</sup>。由于其特殊的物理结构和功能特性, 在改善土壤理化性状、调控土壤微生物数量及群落结构组成、削控土壤污染、提升作物产量和质量等方面的效果已得到广泛认可<sup>[2]</sup>。以生物炭为载体, 与其他类型肥料混合制成的生物炭基肥, 可弥补生物炭有效养分含量低的不足, 同时可改善土壤状况, 提高作物对养分的吸收利用及其品质<sup>[3-4]</sup>。龚亚琴等<sup>[5]</sup>通过盆栽试验表明, 烟株生物量及对磷、钾的吸收量随烟秆生物质炭施用量的增加而增大。在土壤中添加0.5%~1.0%的烟秆生物质炭可以促进水稻和烟草幼苗的生长<sup>[6]</sup>。毛家伟等<sup>[7]</sup>研究表明, 使用碳肥能提高前期土壤中碱解氮和速效钾含量, 促进土壤中磷的释放。葛少华等<sup>[8]</sup>研究表明, 增施生物炭减少化肥氮可提高烤烟对氮素的吸收利用率。李江舟等<sup>[9]</sup>研究指出, 施用生物质炭后, 土壤硝态氮淋失量的减少主要是生物质炭的吸附作用所致; 磷素淋失量的减少不仅与生物质炭的吸附作用有关, 还可能与土壤pH的升高有关; 钾素淋失量的增加可能由于生物质炭本身含有丰富的钾素。近年来, 为可持续保育农田、平衡作物生长所需养分以及解决生物炭在运输和施用上不便的问题, 将生物炭作为肥料载体制成炭基肥加以应用备受关注, 更有利于形成产业化, 其农用效果更好, 应用前景更为广阔<sup>[3]</sup>。炭基肥在烟草行业引起了高度关注并得到了一定的应用, 并表现出显著的改土、增产和提质效果<sup>[10]</sup>。山东和河南烟区对炭基肥

在烤烟种植上的应用研究较早, 而西南烟区研究应用较晚。

盘州毗邻云南曲靖市, 具有独特的气候条件, 烟叶风格与云南一致, 属于全国烟草种植最适宜区之一, 也是贵州省西部清甜香典型代表烟区, 种烟历史悠久。近年来, 随着农村产业结构调整, 其他经济作物与烤烟争地矛盾突出, 导致大量烟地长年连作。同时烟农偏施化学肥料, 不重视肥力培育, 长年使用小型旋耕机, 耕作层浅薄, 土壤理化性状变差, 导致烤烟养分吸收和肥料利用率偏低, 烟株长势差, 病害抗性下降, 单产低, 品质不稳定, 严重制约了盘州烤烟的高质量发展。针对以上问题, 笔者通过大田试验, 探索炭基肥对烤烟生长发育、产量、经济效益及烤后烟叶质量的影响, 为炭基肥在盘州植烟土壤保育、种烟效益提升上的推广应用提供科学依据。

### 1 材料与方法

**1.1 试验地概况** 田间试验安排在盘州保田镇、竹海镇、旧营乡进行, 保田镇、竹海镇为国家级优质烟叶生产基地, 旧营乡为省级优质烟叶生产基地。

**1.2 试验材料** 供试品种为贵州全省主栽品种云烟 87。供试肥料: 烤烟专用基肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=11:12:25)、烤烟专用追肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=22:14:10)和炭基有机肥(有机质含量≥45%, N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O含量≥5%, 生物炭粉≥15%), 均统一采购自贵州烟草投资管理有限公司。

**1.3 试验设计** 采用大区试验, 设置2个处理, 在保田镇后山村(海拔1 630 m)、竹海镇大槽子村(海拔1 796 m)、旧营乡旧营村(海拔1 700 m)3个地点分别进行。T1: 常规施肥(仅施用烤烟专用基肥和追肥); T2: 增施炭基有机肥(炭基有机肥1 200 kg/hm<sup>2</sup>)。各处理不低于2 hm<sup>2</sup>, 各试验点选择生产水平基本一致、地块临近的区域进行, 以减少土壤肥力、农事操作水平等的影响。施肥方法: 基肥在起垄前条施, 施

**基金项目** 六盘水市烟草公司自立项目“六盘水市烟田土壤保育技术集成与推广应用”。

**作者简介** 赵东(1986—), 男, 四川通江人, 助理农艺师, 从事烟草栽培、烟叶分级、烘烤技术与推广。\*通信作者, 助理农艺师, 从事烟草栽培、烘烤技术与推广。

**收稿日期** 2021-04-12

肥量为 825 kg/hm<sup>2</sup>;追肥为移栽后 10~15 d 对水淋施,施肥量为 75 kg/hm<sup>2</sup>;炭基有机肥在起垄前与基肥混合条施,施肥量为 1 200 kg/hm<sup>2</sup>。其他烤烟生产措施按六盘水市优质烟叶生产技术标准进行操作。

#### 1.4 测定项目与方法

**1.4.1 生育期。**按照 YC/T 142—1998《烟草农艺性状调查方法》,分别记录烟株生长发育到团棵期、现蕾期、始采期、终采期的日期。

**1.4.2 农艺性状。**按照 YC/T 142—1998《烟草农艺性状调查方法》,打顶后 5 d(采烤前),选择各处理有代表性的 10 株烟株调查株高、茎围、可采叶数(指不适用鲜烟叶处理后可采收烘烤的叶片数)、最大叶长和叶宽。

**1.4.3 常见病害。**按照 GB/T 23222—2008《烟草病虫害分级

及调查方法》,调查各处理黑胫病、青枯病、赤星病 3 种盘州常见烤烟病害发生情况。

**1.4.4 经济性状。**按照 GB 2635—1992《烤烟国家标准》,对各处理烟叶进行分级,并统计产量、产值、均价、上等烟比例等经济性状。

**1.5 数据分析** 采用 Excel 2007 统计数据,使用 SPSS 17.0 软件进行 ANOVA 分析, LSD 多重比较分析。

## 2 结果与分析

**2.1 炭基肥对大田生育期的影响** 由表 1 可知,各试验点因为海拔不同而导致大田生育期存在差异,但同一试验点 T1 和 T2 均无差异,这说明炭基肥对于烤烟生育期基本没有影响。

表 1 各处理大田生育期

Table 1 Field growth period of each treatment

序号 No.	试验点 Test point	海拔 Altitude m	处理 Treatment	移栽至团棵 Transplanting to cluster//d	移栽至现蕾 Transplanting to bud//d	移栽至初烤 Transplanting to initial roasting//d	移栽至采烤结束 Transplanting to the end of roasting//d
1	保田镇后山村	1 630	T1	37	63	70	130
			T2	37	63	70	130
2	竹海镇大槽子村	1 796	T1	41	70	79	135
			T2	41	70	79	135
3	旧营乡旧营村	1 700	T1	41	65	75	133
			T2	41	65	75	133

**2.2 炭基肥对烟株农艺性状的影响** 由表 2 可知,各试验点 T1 和 T2 的茎围差异均不显著;在株高、可采叶数上,除保田镇后山村株高外,其他试验点 T2 均极显著高于 T1;在最大叶长上,旧营乡试验点差异不显著,但保田镇和竹海镇试验点

均表现出 T2 极显著高于 T1;在最大叶宽上,竹海镇试验点差异不显著,但保田镇和旧营乡试验点均表现出 T2 极显著高于 T1。综上结果,施加炭基肥能极显著提高烟株株高、可采叶数,促进叶片扩展。

表 2 各处理打顶后(采烤前)烟株农艺性状

Table 2 Agronomic characters of tobacco plants after topping (before roasting) of each treatment

序号 No.	试验点 Test point	处理 Treatment	株高 Plant height cm	茎围 Stem circumference cm	可采叶数 Recoverable leaf number//片	最大叶长 Maximum leaf length//cm	最大叶宽 Maximum leaf width//cm
1	保田镇后山村	T1	112.38±0.80 aA	9.23±0.08 aA	17.07±0.16 bB	71.56±1.71 bB	24.42±2.92 bB
		T2	94.79±4.30 bB	9.17±0.30 aA	17.70±0.62 aA	79.66±1.89 aA	30.80±0.67 aA
2	竹海镇大槽子村	T1	93.95±3.66 bB	10.22±0.32 aA	14.80±0.84 bB	73.12±3.25 bB	27.37±2.77 aA
		T2	112.83±1.93 aA	10.24±0.71 aA	16.19±0.80 aA	80.27±1.73 aA	27.70±1.89 aA
3	旧营乡旧营村	T1	113.17±3.19 bB	9.77±0.63 aA	17.19±0.67 bB	75.77±4.15 aA	27.32±3.25 bB
		T2	119.03±4.78 aA	9.86±0.66 aA	17.92±0.86 aA	78.70±3.77 aA	30.33±2.20 aA

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ );不同大写字母表示差异极显著( $P < 0.01$ )

Note: Different small letters in the same column indicated significant difference between different treatments ( $P < 0.05$ ); different capital letters indicated significant difference ( $P < 0.01$ )

**2.3 炭基肥对烟株病害发生情况的影响** 由表 3 可知,黑胫病发病率和病情指数各试验点均表现为 T2<T1,病情指数处理间达极显著水平;青枯病发病率和病情指数在旧营乡试验点无显著差异,在保田镇和竹海镇试验点都表现出 T2 处理的发病率和病情指数极显著低于 T1;赤星病发病率上,保田镇、旧营乡试验点 T2<T1,但未达显著水平,赤星病病情指数上,各试验点都表现为 T2<T1,且保田镇和旧营乡试验点达极显著水平。表明施加炭基肥能提高烟株对黑胫病、青枯病和赤星病的抗病性能,减少这 3 种病害的发生,降低病害的

危害程度。

**2.4 炭基肥对烟叶经济性状的影响** 由表 4 可知,各试验点施用炭基肥的 T2 处理上等烟比例、产量、产值、均价均高于常规施肥处理 T1,增幅各试验点表现不一。上等烟比例增幅在 1.56~20.80 百分点,产量增幅 43.51~468.63 kg/hm<sup>2</sup>,产值增幅 4 361.22~15 466.90 元/hm<sup>2</sup>,均价增幅 0.36~2.25 元/kg。结果表明,施加炭基肥能提高烤后烟叶上等烟比例,提高烟叶产量、均价及产值。

表3 各处理烟株大田常见病害发生情况

Table 3 Common diseases of tobacco plants in field

序号 No.	试验点 Test point	处理 Treatment	黑胫病 Black shank		青枯病 Bacterial wilt		赤星病 Red star disease	
			发病率 Incidence rate %	病情指数 Disease index	发病率 Incidence rate %	病情指数 Disease index	发病率 Incidence rate %	病情指数 Disease index
1	保田镇后山村	T1	13.33±3.06 aA	4.52±0.93 aA	14.33±2.08 aA	7.81±0.61 aA	22.91±2.52 aA	10.37±0.78 aA
		T2	4.67±0.58 bB	1.63±0.39 bB	10.00±1.73 bB	3.89±0.38 bB	20.48±1.65 aA	8.84±0.49 bB
2	竹海镇大槽子村	T1	13.00±4.58 aA	3.81±0.57 aA	13.67±1.53 aA	4.26±0.28 aA	21.91±1.65 aA	9.10±0.48 aA
		T2	10.00±1.00 aA	2.59±0.45 bB	10.67±0.58 bB	2.52±0.61 bB	21.91±1.65 aA	8.36±0.18 aA
3	旧营乡旧营村	T1	11.00±3.00 aA	4.04±0.82 aA	4.67±0.58 aA	1.26±0.17 aA	18.09±1.65 aA	6.24±0.18 aA
		T2	8.67±0.58 aA	2.44±0.30 bB	4.67±1.53 aA	1.18±0.17 aA	14.76±1.65 aA	5.24±0.32 bB

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ );不同大写字母表示差异极显著( $P < 0.01$ )

Note: Different small letters in the same column indicated significant difference between treatments ( $P < 0.05$ ); different capital letters indicated extremely significant difference ( $P < 0.01$ )

表4 各处理烤后烟叶经济性状

Table 4 Economic characters of flue cured tobacco under each treatment

序号 No.	试验点 Test point	处理 Treatment	上等烟比例 Proportion of superior tobacco//%	产量 Yield kg/hm <sup>2</sup>	产值 Output value 元/hm <sup>2</sup>	均价 Average price 元/kg
1	保田镇后山村	T1	55.16	1 791.75	47 529.45	26.53
		T2	68.32	1 835.26	51 890.67	28.27
2	竹海镇大槽子村	T1	79.66	2 915.76	88 678.53	30.41
		T2	81.22	3 384.39	104 145.43	30.77
3	旧营乡旧营村	T1	48.30	1 785.00	45 179.33	25.31
		T2	69.10	2 159.54	59 523.23	27.56

### 3 结论与讨论

该研究结果表明,施用生物炭基肥能显著提高烟株株高、可采叶数及最大叶宽,能促进烟株长势和叶片扩展;显著增强大田烟株对黑胫病、青枯病和赤星病的抗性,减少病害发生,降低病害危害程度;提高烤后烟叶等级质量和经济效益。

研究表明,施用生物炭可促进根系生长发育,从而提高植株对养分和营养物质的吸收,进而促进烟株的生长发育,提高作物产量<sup>[11-16]</sup>。樊鹏飞等<sup>[17]</sup>通过研究滴灌条件下施用生物炭对烤烟氮素的影响,结果表明,施用生物炭氮素利用率达68.01%,可明显促进烟株对氮素的吸收效果。聂天宏等<sup>[18]</sup>研究指出,施加生物炭可以提高土壤肥力,增加烟草在生长过程中对养分的吸收和对病害的抵抗,为烟草的成长提供更多营养,提升其产量。盘文政等<sup>[19]</sup>研究表明,土壤培肥剂和生物有机肥能够显著提高烟株的株高、单株叶数及中部、上部最大叶面积,减轻烟株的主要病害。马艳等<sup>[20]</sup>研究表明,生物炭不仅可以促进植物生长,还能提高植物对多种病害的抗性,包括一系列的土传病害。李成江等<sup>[21]</sup>研究发现,土壤中施用稻壳生物炭与木屑生物炭能提高烤烟根区土壤的细菌、真菌、放线菌的数量及对碳源的利用能力,显著降低烤烟青枯病及黑胫病的发病率和病情指数。陈懿等<sup>[22]</sup>指出,增施炭基肥后土壤中被孢霉属(*Mortierella*)、葡萄穗霉属(*Stachybotrys*)、链格孢属(*Alternaria*) (烟草赤星病病原菌)相对丰度显著降低。宗胜杰等<sup>[23]</sup>研究发现,施用土壤调理剂、生物炭能够减少烤烟病害,降低发病率,生物炭与青枯消、黑胫康配施可显著提高烤后烟叶产量与产值,使烤后烟叶化学成分协调性增强,还可有效提高烤后烟叶风格特征和品质特

征。裴建锋<sup>[24]</sup>研究指出,使用生物炭对烤烟青枯病具有显著的防治效果。李成江等<sup>[21]</sup>研究指出,施用生物炭能够改善土壤微生物的群体结构及其对碳素的利用效率,减轻青枯病和黑胫病的发生,有利于提高烟叶的产质量。芦海灵等<sup>[25]</sup>研究指出,绿肥翻压31 725 kg/hm<sup>2</sup>+生物炭1 500 kg/hm<sup>2</sup>处理,土壤细菌、真菌和放线菌数量增加,细菌/真菌和放线菌/真菌的比值增大,根腐病和黑胫病发病率和病情指数下降,有利于增强烟株生长发育状况和减少连作土壤土传病害的发生。刘卉等<sup>[26]</sup>研究表明,施用较低水平生物炭可促进烤烟前期的生长发育和化学成分的协调。王欢欢等<sup>[27]</sup>研究表明,施加生物炭后烤烟生长优势比较明显,株高、有效叶数显著增加,植烟土壤中施加1 200~1 800 kg/hm<sup>2</sup>后,可达到改善土壤微环境、促进烟株大田生长发育和提高烤后烟叶产质量的功效。

该研究仅为盘州烟区第1年试验的结果,炭基肥能显著促进烟株大田长势、增强病害抗逆性和提高烟叶产质量,这与前人的研究结果基本一致。下一步将继续进行大田试验,进一步丰富和验证炭基肥的施用效果,扩大炭基肥在盘州烟叶生产上的应用规模。

### 参考文献

- [1] LU K P, YANG X, GIELEN G, et al. Effect of bamboo and rice straw biochars on the mobility and redistribution of heavy metals (Cd, Cu, Pb and Zn) in contaminated soil [J]. Journal of environmental management, 2017, 186: 285-292.
- [2] 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.
- [3] 高海英, 陈心想, 张雯, 等. 生物炭和生物炭基氮肥的理化特征及其作物肥效评价 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(4): 69-78, 85.

(下转第196页)

方式的装烟密度、烟叶在装烟室内的姿态及其变化不同,则对烟叶所处环境的温湿度条件的影响不同,进而对烟叶的生理生化变化、化学反应、物理变化的影响不同,导致烟叶烘烤结果不同<sup>[10]</sup>。该试验中烟筐装烟烟叶密度比挂竿装烟大,

有利于烟叶中的叶绿素充分降解转化,也有利于淀粉、蛋白质等内含物适度降解转化,有利于产生更多的美拉德反应的基础物质(如单糖、氨基酸等),因而有利于烟叶颜色适度加深,即有利于产生更多的BFO烟叶。

表4 不同装烟方式B2FO评吸结果

Table 4 The evaluation results comparison of B2FO between different loading tobacco methods

装烟方式 Tobacco loading methods	香气特征 Aroma feature					烟气特征 Smoke feature				
	香型 Type of aroma	风格彰显度 Style visibility (5分)	香气质 Aroma quality (9分)	香气量 Aroma quantity (9分)	透发性 Permeable (9分)	杂气 Offensive odor			浓 Thickness (9分)	柔和细腻度 Soft and delicate (9分)
						程度 Level (9分)	主要类型 Main type	次要类型 Secondary types		
烟筐装烟 Tobacco basketloading	JC	3.5	6	6.5	6.5	6	M,S	N,K	6.5	6.2
挂竿装烟 Hanging- rod loading	JC	3.0	6	6.5	6.5	6	M,N,S	K	6.5	6.0

  

装烟方式 Tobacco loading methods	吃味特征 Taste feature						燃烧性 Combusti- bility (4分)	灰色 Ash color (5分)	主要特 征描述 Main feature description	总分 Total score	
	劲头 Strength (9分)	刺激性 Irritancy		余味 Aftertaste (9分)	甜度 Sweetness (9分)	干燥度 Dryness (9分)					干净程度 Cleanness (9分)
		程度 Level (9分)	部位 Position								
烟筐装烟 Tobacco basketloading	5.8	6.2	上部	6	5.8+	6	6+	4	3	烟气柔和一点	84.0++
挂竿装烟 Hanging- rod loading	5.9	6.0	上部	6	5.8+	6	6	4	3	干、刺、稍碱	83.2+

注:JC.焦甜醇甜香型;M.木质气;K.枯焦气;N.碱性杂气;S.生杂气

Note:JC.Caramel sweet flavor and alcohol sweet flavor type;M.Woodiness odor;K.Scorched odor;N.Alkaline offensive odor;S.Unripe offensive odor

参考文献

[1] 谢已书,邹焱,李国彬,等.密集烤房不同装烟方式的烘烤效果[J].中国烟草科学,2010,31(3):67-69.

[2] 卢贤仁,谢已书,李国彬,等.密集型烤房不同装烟方式对烤后烟叶品质的影响[J].贵州农业科学,2011,39(9):47-50.

[3] 浦秀平,徐世峰,任杰,等.不同装烟方式对密集烘烤效率及烟叶质量的影响[J].中国烟草科学,2013,34(4):98-102.

[4] 张警予,娄元菲,王文超,等.烤烟密集烤房不同装烟方式烘烤效果对比分析[J].江西农业学报,2014,26(3):65-68,79.

[5] 赵高坤,朱山,郑智云,等.密集烤房不同装烟方式对烟叶质量的影响[J].中国农学通报,2015,31(34):269-272.

[6] 仲维黔,袁黔华,柳强,等.密集烘烤不同装烟方式对下部烟叶质量的影响[J].安徽农业科学,2016,44(19):102-103.

[7] 柏凌志,陈智杰.密集烤房不同装烟方式烘烤效益及烤后质量比较[J].安徽农业科学,2017,45(30):99-101.

[8] 陈勇华,孙红权,毛林昌,等.密集烤房不同装烟方式烘烤效果对比[J].安徽农业科学,2021,49(13):187-189.

[9] 黄海涛,许永,刘欣,等.索氏提取装置的改良及其在烟草挥发性成分分析中的应用[J].湖南农业科学,2021(1):55-60.

[10] 罗斐,徐增汉.烟叶密集烘烤问答[M].合肥:中国科学技术大学出版社,2014.

[11] 李艳梅,张兴昌,廖上强,等.生物炭基肥增效技术与制备工艺研究进展分析[J].农业机械学报,2017,48(10):1-14.

[12] 龚亚琴,尹力初,舒荣波,等.不同生物黑炭对烤烟生长及养分吸收的影响[J].湖南农业科学,2012(14):20-21.

[13] 王晋,庄舜尧,曹志洪,等.不同原料生物炭对水稻幼苗发育的影响评估[J].安徽农业科学,2014,42(22):7360-7362,7364.

[14] 毛家伟,张翔,司贤宗,等.不同碳肥水平对土壤肥力及烤烟养分吸收和产质量的影响[J].中国烟草科学,2015,36(2):43-48.

[15] 葛少华,丁松爽,杨永锋,等.生物炭与化肥配施对土壤氮素及烤烟利用的影响[J].中国烟草学报,2018,24(2):84-92.

[16] 李江舟,娄翼来,张立猛,等.不同生物炭添加量下植烟土壤养分的淋失[J].植物营养与肥科学报,2015,21(4):1075-1080.

[17] 张子颖,许家来,李现道,等.绿色木霉配施高碳基肥料对烤烟生长及经济效益的影响[J].中国烟草学报,2016,22(5):79-86.

[18] 李昌见,屈忠义,苟芒芒,等.生物炭对土壤水肥利用效率与番茄生长影响研究[J].农业环境科学学报,2014,33(11):2187-2193.

[19] 韩新忠.稻麦轮作条件下秸秆还田对作物、土壤微生物及碳库的影响[D].南京:南京农业大学,2013.

[20] 武梦娟,王桂君,许振文,等.生物炭对沙化土壤理化性质及绿豆幼苗生长的影响[J].生物学杂志,2017,34(2):63-67.

[21] 王雨澜,刘国顺,王林虹,等.生物炭对烤烟干物质积累量及根际土壤理化性质的影响[J].华北农学报,2014,29(1):140-144.

[22] 李静静,丁松爽,李艳平,等.生物炭与氮肥配施对烤烟干物质积累及土壤生物学特性的影响[J].浙江农业学报,2016,28(1):96-103.

[23] 吴伟祥,孙雪,董达,等.生物质炭土壤环境效应[M].北京:科学出版社,2016:279-281.

[24] 樊鹏飞,任天宝,刘文,等.滴灌条件下施用生物炭对土壤改良效果及氮肥利用率的影响[J].烟草科技,2018,51(10):8-14.

[25] 聂天宏,韩学博,王海龙,等.不同种类生物炭对植烟土壤保育及烤烟生长和品质的影响[J].水土保持学报,2018,32(6):346-351,358.

[26] 盘文政,易克,韩定国,等.新型肥料对烤烟生长及产量品质的影响[J].江苏农业科学,2020,48(13):107-112.

[27] 马艳,王光飞.生物炭防控植物土传病害研究进展[J].中国土壤与肥料,2014(6):14-20.

[28] 李成江,李大肥,周桂凤,等.不同种类生物炭对植烟土壤微生物及根茎病害发生的影响[J].作物学报,2019,45(2):289-296.

[29] 陈懿,吴春,李彩斌,等.炭基肥对植烟黄壤细菌、真菌群落结构和多样性的影响[J].微生物学报,2020,60(4):653-666.

[30] 宗胜杰,典瑞丽,于晓娜,等.重庆植烟土壤改良及其对烤烟产质量的影响[J].河南农业科学,2015,44(6):72-75.

[31] 裴建锋.生态炭肥在改善连作烟田土壤微生态中的应用[D].郑州:河南农业大学,2016.

[32] 芦海灵,常栋,张翔,等.绿肥翻压配施生物炭对烤烟连作土壤理化性质及其产质量的影响[J].贵州农业科学,2020,48(10):28-33.

[33] 刘卉,周清明,刘勇军,等.生物炭对烤烟生长及烟叶质量的影响[J].中国农业科技导报,2017,19(10):73-81.

[34] 王欢欢,任天宝,张志浩,等.生物质炭对牡丹江植烟土壤改良及烤烟品质的影响研究[J].中国农学通报,2017,33(1):96-101.

(上接第184页)