

不同装烟方式对上部深橘黄烟叶产出率及质量的影响

陈必华¹, 徐增汉^{2*}, 孔令斌¹, 黄力科¹, 路兵¹

(1. 安徽皖南烟叶有限责任公司, 安徽宣城 242000; 2. 中国科技大学烟草与健康研究中心, 安徽合肥 230051)

摘要 为探讨不同装烟方式对皖南烤烟上部深橘黄烟叶(BFO)产出率及质量的影响, 开展烟筐装烟和挂竿装烟方式烟叶烘烤对比试验。结果表明, 烟筐装烟的BFO比例显著高于挂竿装烟; 烟筐装烟上等烟比例显著高于挂竿装烟, 低等烟比例极显著低于挂竿装烟; 烟筐装烟烟叶香气成分总量(1 146.612 $\mu\text{g/g}$)比挂竿装烟(1 096.112 $\mu\text{g/g}$)提高4.61%; 2种装烟方式下烟叶主要化学成分含量和感官评吸质量均没有显著差异; 烟筐装烟烤后烟叶结构更疏松柔软。由此可见, 烟筐装烟比挂竿装烟方式显著提高了上部深橘黄烟叶产出率和烟叶等级结构, 改善了烟叶香味和外观质量。

关键词 装烟方式; 上部深橘黄烟叶; 产出率; 烟筐装烟; 挂竿装烟

中图分类号 TS44 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)24-0193-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.24.047



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Different Tobacco-loading Methods on the Output Rate and Quality of BFO

CHEN Bi-hua¹, XU Zeng-han², KONG Ling-bin¹ et al (1. Anhui Wannan Tobacco Leaf Co., Ltd., Xuancheng, Anhui 242000; 2. Research Center of Tobacco and Health, University of Science and Technology of China, Hefei, Anhui 230051)

Abstract In order to investigate the effects of different tobacco-loading methods on the output rate and quality of BFO in Southern Anhui, a comparative test of tobacco baking was carried out between tobacco basket loading and hanging-rod loading. The results showed that BFO ratio of tobacco basket loading was significantly higher than that of hanging-rod loading. The proportion of high grade tobacco under the tobacco basket loading treatment was significantly higher than that of hanging-rod loading, and the proportion of low grade tobacco under the tobacco basket loading treatment was extremely significantly lower than that of hanging-rod loading. The total aroma component amount under the tobacco basket loading treatment was 1 146.612 $\mu\text{g/g}$, which increased by 4.61% than that of hanging-rod loading (1 096.112 $\mu\text{g/g}$). There was no significant difference in the content of main chemical components and sensory evaluation quality between the two tobacco-loading methods. The tobacco structure baked by tobacco basket loading method was loose and soft. Therefore, compared with hanging-rod loading method, the tobacco basket loading method significantly increased the output rate of BFO and tobacco leaves' grade structure, and improved the aroma and appearance quality of tobacco leaves.

Key words Tobacco loading methods; BFO; Output rate; Tobacco basket loading; Hanging-rod loading

上部深橘黄烟叶(BFO)是湖南中烟工业有限责任公司对外观表现为颜色深橘黄、光泽亮、结构松软、可用性高且残伤在规定限度内的一类高成熟度的烤烟上部烟叶的统称。工业卷烟配方人员认为, 上部深橘黄烟叶香气量更足、耐稀释、杂气少、可用性高, 对现代混合型卷烟、低焦油卷烟以及细支型卷烟等的吸味满足感有很好的支撑作用。不同装烟方式对烟叶烘烤质量的影响已有较多的研究报道^[1-8], 但尚未见到其对BFO产出率的影响报道。笔者以皖南主栽烤烟品种云烟87上部叶为试验材料, 采用烟筐装烟和挂竿装烟2种装烟方式进行烟叶烘烤对比试验, 探索不同装烟方式对BFO产出率及烟叶质量的影响, 以期为提高皖南烤烟上部叶质量和可用性提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料 试验于2020年在宣州区狸桥镇进行。供试烤房为按照《密集烤房技术规范(修订版)》建造的气流上升式密集烤房。供试烟叶为同一烟田的云烟87上部叶, 上部5~6片烟叶达到成熟标准后一次性采收。

1.2 方法

1.2.1 装烟方式。装烟方式设2个处理: 一是烟筐装烟方式, 二是生产上常用的挂竿装烟方式(CK)。烟筐为笔者自

制, 采用竹片编制, 呈长方体形网格状, 规格为高度80 cm、长度65 cm、宽度32 cm, 顶部开口, 装满烟叶后用竹签从烟叶叶尖下方15~20 cm处插入固定, 每筐并排均匀插5~6根签, 每筐平均装鲜烟13.3 kg。烟竿长度为1.4 m, 平均每竿绑鲜烟7.8 kg。随机取样烟12筐和12竿, 装在同一烤房烘烤, 上、中、下3棚(层)分别各装4筐和4竿, 分别装在左边和右边相同位置; 重复试验1次。

1.2.2 烟叶主要化学成分和香气成分测定。将B2FO样品磨粉并过80目筛, 充分混匀备测。总糖、还原糖、烟碱、总氮、钾和氯含量由安徽皖南烟叶有限责任公司技术中心使用近红外光谱仪测定(近红外检测模型执行上海烟草集团2020年近红外模型标准)。农业农村部烟草产业产品质量监督检验测试中心使用气相色谱质谱联用仪(GC/MS)测定香气物质含量。

1.2.3 烟叶评吸方法。取各处理上部深橘黄二级(B2FO)烟叶进行感官质量评吸, 由评吸师依据烟草行业标准YC/T 38—1998进行暗评打分。

2 结果与分析

2.1 不同装烟方式对上部深橘黄烟叶产出率的影响 由分级人员按照国家烤烟分级标准对不同装烟方式烤后烟叶进行分级, 然后再从B2F和B3F中将高成熟度的深橘黄烟叶分出, 得到B2FO和B3FO(表1)。由表1可知, 烟筐装烟的B2FO比例(9.23%)和B3FO比例(5.18%)分别比挂竿装烟

基金项目 安徽皖南烟叶有限责任公司科技项目(20190563003)。

作者简介 陈必华(1983—), 男, 江苏如皋人, 农艺师, 从事烟叶生产与经营管理工作。*通信作者, 讲师, 从事烟叶烘烤研究。

收稿日期 2021-05-10

(8.65%、4.66%)高6.71%和11.16%;烟筐装烟BFO比例(14.41%)比挂竿装烟(13.31%)高8.26%,差异达显著水平。这表明不同装烟方式对上部深橘黄烟叶产出率有显著影响。这是因为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1 不同装烟方式下BFO及各等级比例

Table 1 Ratio of BFO and different tobacco grades in different tobacco-loading methods

装烟方式 Tobacco loading methods	B2F	B2FO	上等烟 High grade tobacco	B3F	B3FO	中等烟 Medium grade tobacco	BK	GY	低等烟 Low grade tobacco	BFO
烟筐装烟 Tobacco basket loading	53.80 aA	9.23 aA	63.03 aA	22.67 aA	5.18 aA	27.85 aA	6.72 bB	2.53 bB	9.25 bB	14.41 aA
挂竿装烟 Hanging-rod loading	46.81 bB	8.65 bA	55.46 bB	22.65 aA	4.66 bA	27.31 aA	11.70 aA	5.53 aA	17.23 aA	13.31 bA

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

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences ($P<0.05$); different capital letters in the same column indicated extremely significant differences ($P<0.01$)

2.2 不同装烟方式对烟叶等级结构和外观质量的影响 由表1可知,不同装烟方式烤后烟叶等级结构不同,烟筐装烟的上等烟比例(63.03%)极显著高于挂竿装烟(55.46%);不同装烟方式下中等烟比例差异不显著;烟筐装烟烟叶低等烟比例(9.25%)比挂竿装烟(17.23%)降低46.31%,差异极显著($P<0.01$)。这表明烟筐装烟烤后烟叶等级结构显著好于挂竿装烟。

烟叶等级结构是由烟叶外观质量因素区分的。不同装烟方式下烤后烟叶等级结构有明显差异,表明烟叶结构外观质量具有明显差异,特别是烟筐装烟烘烤的烟叶结构比挂竿装烟的烟叶更疏松、更柔软,杂色烟和青黄烟的比例比挂竿

装烟极显著降低。

2.3 不同装烟方式对烟叶主要化学成分的影响 烟叶的主要化学成分含量及相互之间的比值是否适宜、协调会严重影响烟叶的质量和可用性。目前一般要求烤烟上部叶主要化学成分含量与比值的适宜范围如下:总糖含量18%~30%,还原糖含量16%~28%,烟碱含量2.5%~3.5%,总氮含量2.0%~3.0%,钾离子含量 $\geq 1.5%$,氯离子含量0.3%~0.5%,还原糖/总糖 ≥ 0.9 ,还原糖/烟碱6~13,钾氯比 ≥ 4 。该试验不同处理B2FO的主要化学成分含量差异均不显著(表2),主要化学成分含量均在适宜范围内,两糖比均较大、适宜,糖碱比和钾氯比均适宜。

表2 不同装烟方式下B2FO主要化学成分的比较

Table 2 The main chemical components comparison of B2FO under different tobacco loading methods

装烟方式 Tobacco loading methods	总糖含量 Total sugar content %	还原 糖含量 Reducing sugar content %	还原糖/ 总糖 Total sugar/ Reducing sugar	烟碱含量 Nicotine content %	还原糖/ 烟碱 Reducing sugar/ Nicotine	总氮含量 Total nitrogen content %	钾离子含量 Potassium ion content %	氯离子含量 Chloride ion content %	钾氯比 Potassium /Chl- oride
烟筐装烟 Tobacco basket loading	19.13 a	18.35 a	0.96 a	2.98 a	6.15 a	2.98 a	2.06 a	0.45 a	4.55 a
挂竿装烟 Hanging-rod loading	21.00 a	20.20 a	0.96 a	2.79 a	7.23 a	2.79 a	2.04 a	0.37 a	5.54 a

注:同列相同小写字母表示差异不显著($P>0.05$)

Note: The same lowercase letter in the same column indicated no significant difference ($P>0.05$)

2.4 不同装烟方式对烟叶香气成分含量的影响 烟叶香气成分是卷烟产品风味的重要组成部分,是评价卷烟品质的重要因素^[9]。烟叶的香气成分众多,组分复杂,大多数成分含

量较低。该试验不同处理B2FO共测定出香气成分61种(表3)。由表3可知,烟筐装烟方式上部烟叶香气成分总量(1 146.612 $\mu\text{g/g}$)比挂竿装烟(1 096.112 $\mu\text{g/g}$)高50.500 $\mu\text{g/g}$,

表3 不同装烟方式B2FO香气成分含量的比较

Table 3 Comparison of aroma components content of B2FO between different tobacco loading methods

装烟方式 Tobacco loading methods	吡啶 Pyridine	噻唑 Thiazole	2-乙基吡啶 2-ethyl pyridine	吡咯 Pyrrole	2-乙酰吡啶 2-acetyl- pyridine	3-乙酰吡啶 3-acetyl- pyridine	喹啉 Quinoline	2-乙酰 基吡咯 2-acety- lpyrrole	吲哚 Indole
烟筐装烟 Tobacco basket loading	1.8	0.078	0.004 8	0.38	0.029	0.13	0.052	0.28	0.73
挂竿装烟 Hanging- rod loading	2.0	0.081	0.004 6	0.44	0.031	0.33	0.057	0.88	0.90

接下表

续表 3

装烟方式 Tobacco loading methods	新植二烯 Neophytadiene	巨豆三 烯酮-1 Megastig- matrienone-1	巨豆三 烯酮-2 Megastigm- atrienone-2	巨豆三 烯酮-3 Megastigm- atrienone-3	巨豆三 烯酮-4 Megastigm- atrienone-4	异戊醇 Isoamyl alcohol	3-甲基巴豆醛 3-methyl croton- aldehyde	青叶醛 Leaf	2-正戊基 呋喃 2-N-pent- ylfuran
烟筐装烟 Tobacco basket loading	966	3.2	15	4.1	16.00	0.71	0.84	0.52	0.45
挂竿装烟 Hanging- rod loading	913	3.6	18	3.6	0.93	0.93	0.80	0.36	0.37
装烟方式 Tobacco loading methods	戊醇 Amyl alcohol	2-甲基四 氢呋喃-3-酮 2-methyltet- rahydrofuran- 3-ketone	3-羟基- 2-丁酮 3-oxhydryl- 2-butanone	2-甲基-2- 庚烯-6-酮 2-methyl-2- heptene- 6-ketone	氧化沉 香醇-1 Oxidizing alcohol-1	氧化沉 香醇-2 Oxidizing alcohol-2	糠醛 Furfural	2,4-庚 二烯醛 2,4-heptanal	2-乙酰 基呋喃 2-acety- lfuran
烟筐装烟 Tobacco basket loading	0.55	0.85	1.8	0.91	0.28	0.12	29	0.82	0.73
挂竿装烟 Hanging- rod loading	0.64	1.00	2.7	1.10	0.28	0.13	29	0.79	0.77
装烟方式 Tobacco loading methods	3-甲基-2- 环戊烯-1-酮 3-methyl-2- cyclopentene- 1-ketone	苯甲醛 Benzal- dehyde	芳樟醇 Linalool	5-甲基 糠醛 5-methyl- furfural	异佛尔酮 Isophorone	β -环柠檬醛 β -lemonade	2-乙酰基- 5-甲基呋喃 2-acetyl-5- methylfuran	γ -丁内酯 γ -butyrr- olactone	苯乙醛 Phenylace- taldehyde
烟筐装烟 Tobacco basket loading	0.029	0.52	1.1	0.85	0.063	0.27	0.083	0.49	2.0
挂竿装烟 Hanging- rod loading	0.034	0.54	1.3	0.99	0.066	0.28	0.085	1.20	3.1
装烟方式 Tobacco loading methods	苯乙酮 Acetop- henone	糠醇 Furfurol	α -松油醇 α -terpineol	β -二氢 大马酮 β -dihydro- damascenone	β -大马酮 β -clamas- cenone	香叶醇 Geraniol	香叶基丙酮 Geranyl acetone	苯甲醇 Phenylm- ethanol	苯乙醇 Hyacinthin
烟筐装烟 Tobacco basket loading	0.038	1.7	0.21	0.8	23	0.65	7.1	13	5.0
挂竿装烟 Hanging- rod loading	0.045	2.5	0.25	0.8	22	0.72	6.8	19	6.7
装烟方式 Tobacco loading methods	β -紫罗兰酮 β -ionone	苯酚 Phenol	γ -壬内酯 γ -nonlactone	棕榈酸甲酯 Methyl ester of pamicic acid	二氢猕 猴桃内酯 Dihydroa- ctinolide	亚油酸甲酯 Methyl linoleate	亚麻酸甲酯 Methyl linolenate	叶绿醇 Phytol	邻苯二甲 酸二丁酯 Dibutyl phthalate
烟筐装烟 Tobacco basket loading	0.44	0.15	0.069	2.7	0.8	1.4	3.5	6.2	0.43
挂竿装烟 Hanging- rod loading	0.47	0.25	0.061	3.0	1.6	1.5	4.6	8.2	0.54
装烟方式 Tobacco loading methods	藏红花醛 Safranal	茶香酮 Tea flavone	茄酮 Solanone	5,6-环氧 紫罗兰酮 5,6-epoxy ionone	4-乙烯基- 2-甲氧基苯酚 4-vinyl-2- methoxyphenol	降茄二酮 Ketamine	法尼基丙酮 Farnipone	合计 Total	
烟筐装烟 Tobacco basket loading	0.036	0.18	24	0.37	1.3	0.47	2.3	1 146.612	
挂竿装烟 Hanging- rod loading	0.037	0.19	21	0.42	1.9	0.81	2.4	1 096.112	

提高 4.61%。这表明烟筐装烟方式比挂竿装烟方式提高了烟叶的香气成分含量。

2.5 不同装烟方式对烟叶评吸结果的影响 评吸是依靠评吸人员抽吸烟叶燃烧所产生烟气的特征对烟叶内在质量主要评价指标进行评分鉴定,是卷烟企业使用烟叶进行叶组配方设计的主要参考依据。湖南中烟技术中心对该试验烤后 B2FO 烟样进行了感官质量评吸,结果见表 4。由表 4 可知,不同装烟方式的上部叶香型均为焦甜醇甜香型,均有一定的杂气;各单项指标得分差异很小;烟筐装烟烟叶总分比挂竿装烟高 0.8 分;从主要特征描述来看,烟筐装烟烟叶烟气柔和

一点,挂竿装烟烟叶烟气稍干、刺、稍碱。这表明烟筐装烟 B2FO 的感官质量好于挂竿装烟。

3 结论与讨论

3.1 结论 不同装烟方式对上部深橘黄烟叶产出率及烟叶质量有显著影响。该试验条件下烟筐装烟相较于挂竿装烟能显著提高上部深橘黄烟叶产出率,显著提高了上等烟比例,极显著降低了低等烟比例,提高了香气成分含量,改善了烟叶香味。烟筐装烟比挂竿装烟方式极显著降低了杂色烟和青黄烟比例,烟叶结构更疏松柔软,改善了烟叶外观质量。

3.2 讨论 不同装烟方式的烘烤效应不同,是因为不同装烟

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^[10]。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)