生物质燃料替代煤炭在烟叶烘烤中的应用

苟文涛[1]，王晓剑[2]，钟俊周[3]，郭鸿雁[2]，陈建军[1]，李茂军[2]，张泽民[1]，邓世媛[1]

(1.华南农业大学烟草研究室，广东广州510642；2.广东烟草韶关市有限公司，广东韶关512000；3.广东烟草韶关市有限公司始兴分公司，广东始兴512500)

摘要：为研究生物质燃料在烟叶烘烤应用上的可行性，以前期筛选出的最佳生物质燃料配方50%木屑+50%烟秆为原料，利用HCK045A型高效生物质颗粒机压制成直径8mm的颗粒燃料，以此作为替代能源进行了烟叶烘烤试验。试验共设置T0(0替代，CK)、T1(30%替代)、T2(50%替代)、T3(70%替代)、T4(100%替代)5个处理，对烘烤中不同处理烤房的干湿球温度、烤房综合热效率、烤后烟叶化学成分及协调性、燃烧烟气中污染物含量、烤后烟叶经济性状及烘烤成本等指标进行了比较研究。结果表明：不同替代程度的生物质燃料所加热的烤房，在变黄期和定色期干湿球温度上升较快，干筋期上升较慢，烤房热效率较高；烤后烟叶化学成分适中、协调性较好；烘烤时排放烟气中的主要污染源物质SO_2
含量显著降低，尤其是T4处理的排放量只有CK的4.17%；由于生物质燃料烘烤用工和能耗成本的增加导致整体烘烤成本有所升高，T1幅度最小为1.72%，T4升幅较大，达20.62%，但由于生物质燃料烘烤的烟叶中上等烟比例增加，最后的产值仍然提升，其中T1增加幅度最大，达22.91%。

烟叶生产中的烘烤环节是一个大量耗能的过程[1]，虽然我国的烟叶烤房已经从普通烤房改进成了密集型烤房，在一定程度上达到了节能的目的，但在全国各烟区，烟叶烘烤的热量来源仍然以煤炭为主，随着能源的日趋紧张，寻找烟叶烘烤能源替代途径已成为当前烤烟生产中亟待解决的问题[2]。

生物质是指直接或间接利用绿色植物光合作用形成的有机物质，包括所有的植物、动物和微生物及其代谢与排泄物等[3]。每年全球积累的生物质总量达1730亿t，蕴含的能量相当于目前全球总能耗的10～20倍[4]，我国拥有居世界首位的生物质能源产量，年产农作物秸秆、谷壳等总量约14亿t，如开发用于燃烧，可折合7亿t标准煤[5]。前人研究发现，提供相同能量，煤的S和NO_x
排放量分别是秸秆的7.00倍和1.15倍[6]。因此，生物质能源作为一种可再生的低碳能源，具有巨大的发展潜力，它的开发利用对于建立可持续能源系统、促进国民经济发展，保护生态环境具有重大意义[7]。
目前，烟叶烘烤上研究应用的生物质多为农作物秸秆，应用方式主要有生物质型煤、生物质气化、生物质压块等[8－11]，但有关提高烟秆利用率和利用烟秆制备生物质燃料应用于烟叶烘烤的研究还未见报道。

因此，本试验就是在前期试验基础上，以筛选出的最佳配方50%烟秆+50%木屑为原料压制成生物质颗粒燃料，研究了不同程度生物质燃料替代煤炭对烟叶烘烤的影响，以期为生物质燃料在烟叶烘烤上的广泛应用提供理论依据和参考。

1材料和方法

1.1供试材料和试验地点

供试烤烟(Nicotiana tabacum L.)品种为K326，种子由广东省烟草南雄科学研究所提供。试验于2015年3－12月，在广东省韶关市始兴县马市镇安水村和华南农业大学烟草研究室进行。试验土壤为牛肝土，土壤肥力均匀，株距0.65m、行距1.20m，田间密度为12000株/hm^2，前茬作物为水稻。本试验采用气流上升式密集性烤房，装烟室长8.0m、宽2.7m、高3.5m，装烟容量4500kg左右。风机功率为1.5～2.2kW，并根据不同的烘烤阶段需求调节风速转速，以确保烘烤顺利进行。

1.2试验设计

本试验以前期试验筛选出的最佳生物质燃料配方50%烟秆+50%木屑作为替代燃料配方，以广东烟草韶关市有限公司始兴县公司马市烟站提供优质的无烟煤作为对照(T0)，设置4种生物质燃料替代程度，共5个处理(表1)。选择同一田块具有相同成熟度的上二棚鲜烟叶，按照优质烤烟三段式烘烤工艺进行烘烤。

表1 生物质燃料替代煤炭烘烤烟叶的处理

Tab.1 Treatments of biomass fuel replacing coal in tobacco curing

处理 Treatment	替代程度 Degree of replacing
T0	0（100%煤炭）
T1	30%（30%生物质燃料+70%煤炭）
T2	50%（50%生物质燃料+50%煤炭）
T3	70%（70%生物质燃料+30%煤炭）
T4	100%（100%生物质燃料）

1.3测定项目与方法

1.3.1烤房温度和湿度的测定 烘烤时平面和垂直温差：采用北京宏海永昌技术开发中心生产的DTM-280LCD数显温度计，分别在每个烤房上、中、下3层安装9个温度计[12]，当烟叶开始烘烤后，在各取样时间点记录各点温度计的温度值，计算平面和垂直温差。使用烤房温湿度自控仪进行烤房湿度的测定。

1.3.2综合热效率
烤房热效率(热能利用率)测定：热效率 $\eta = G_{水} \times 2590 / G_{煤} \times Q$，式中G水表示烘烤过程中排出的水分重量，kg；烤房中每排出烟叶内1kg水分约耗热量2590kJ；$G_{煤}$表示烘烤过程中烧煤的重量，kg；Q表示所用煤的低位发热量，kJ/kg；烘烤过程中烟叶内排出的水分可以通过烤前和烤后每竿烟重量的变化计算得出。

1.3.3烟叶化学成分的测定
烤后烟叶化学成分的测定，各处理烟叶取C3F样品，测定总糖、淀粉、总氮、烟碱、蛋白质氨基酸[13－14]，参照行业标准YC/T176-2003测定烟叶中石油醚提取物的含量[15]，利用原子吸收光谱法测定钾含量[16]。

1.3.4试验烤房炉废气测定
由韶关市环保检测站进行测定，参照HJ/T57-2000测定废气中的SO_2[17]，参照魏复盛[18]《空气和废气监测分析方法》测定废气中的NO、NO_2，参照GB/T16157-1996测定废气中的CO[19]。

1.3.5经济性状的测定 每个试验烤房标记10竿样烟，记录烟叶总片数、烤房总竿数、烟叶烘烤结束所用时间，称量鲜烟叶净重、干烟叶净重，分别测定样烟初烤烟平均单叶重、千克干烟燃料耗用量，最后采用国家技术监督局烤烟GB2635-92标准进行分级[20]
，记录烤后烟叶上等烟、低次等烟及橘色烟的叶片数和重量，并参照当地烟叶收购价格计算等级比例和均价。

1.4数据分析

采用MicrosoftExcel、SPSS软件，运用方差分析法进行数据处理；用单因素方差分析比较处理之间的差异性，采用邓肯氏新复极差法进行差异显著性比较。

2结果与分析

2.1不同生物质燃料替代程度对烤房干湿球温度的影响由图1，2可知，随着烘烤的进行，各处理所加热的烤房干湿球温度呈现逐渐上升趋势。烘烤0～96h(变黄期和定色期)，干湿球温度上升较慢，与T0加热的烤房相比，不同替代程度的生物质燃料所加热的烤房干湿球温度上升较快，且干湿球温度略高于煤炭加热的烤房，尤以T1加热的烤房干球温度增长最快、干球温度的增速为0.13℃/h，T4加热的烤房湿球温度增加最快、增速为0.06℃/h，T2加热的烤房湿球温度增加最慢(0.03℃/h)；烘烤96h－烘烤结束(干筋期)，干湿球温度上升较快，T0加热的烤房干湿球温度增加最快，分别为0.41，0.07℃/h。

2.2不同生物质燃料替代程度对烤房燃料消耗量及综合热效率的影响

表2显示，在烟叶烘烤过程中，不同生物质燃料替代煤炭烘烤烟叶时，燃料消耗量和燃料添加次数较多，烤房综合热效稍低。与T0相比，T4处理进行烟叶烘烤时的燃料需生物质燃料1754.73kg，比T0所需的1155.00kg煤炭高出34.18%，这是因为生物质燃料燃烧过程中的热量比煤炭低。随着生物质燃料替代程度的增加，烘烤所需生物质燃料的量不断增加，燃料添加次数也增多，T4处理整个烘烤过程中的燃料添加次数最多、达332次，而T0处理的燃料添加次数仅为73次。从烤房的综合热效率来看，T0(100%煤炭)处理最高(42.97%)，T1其次(41.15%)，T2则最低(40.42%)，比T0低了2.55个百分点。

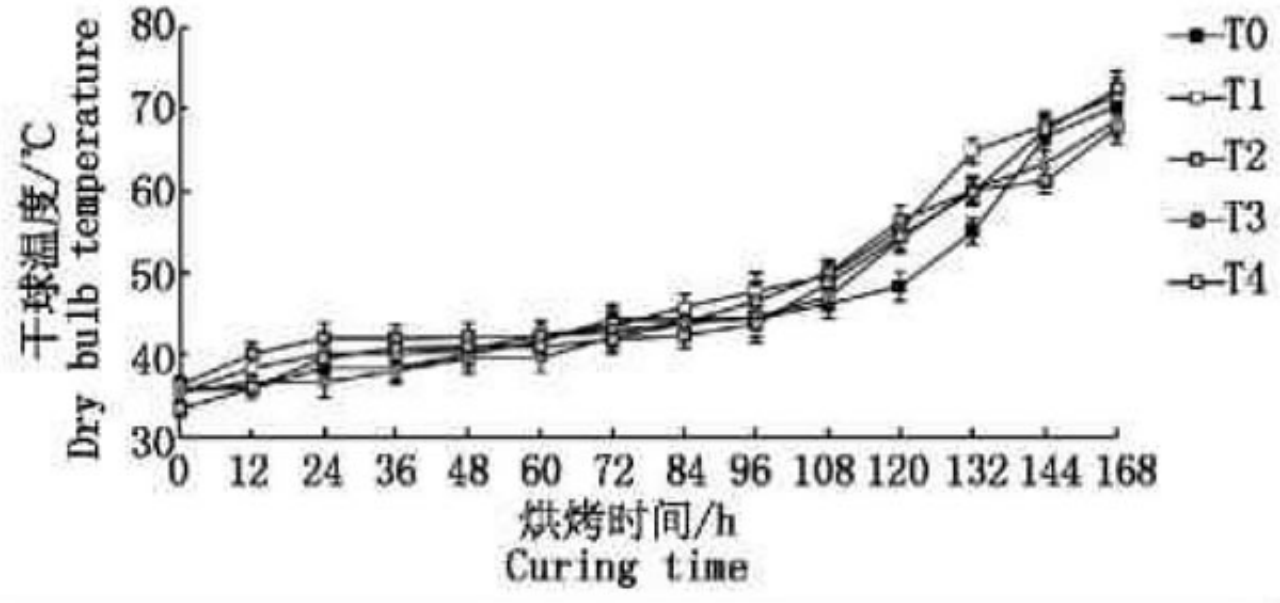

图 1　不同处理干球温度变化

Fig. 1　Change of dry bulb temperature in different treatments

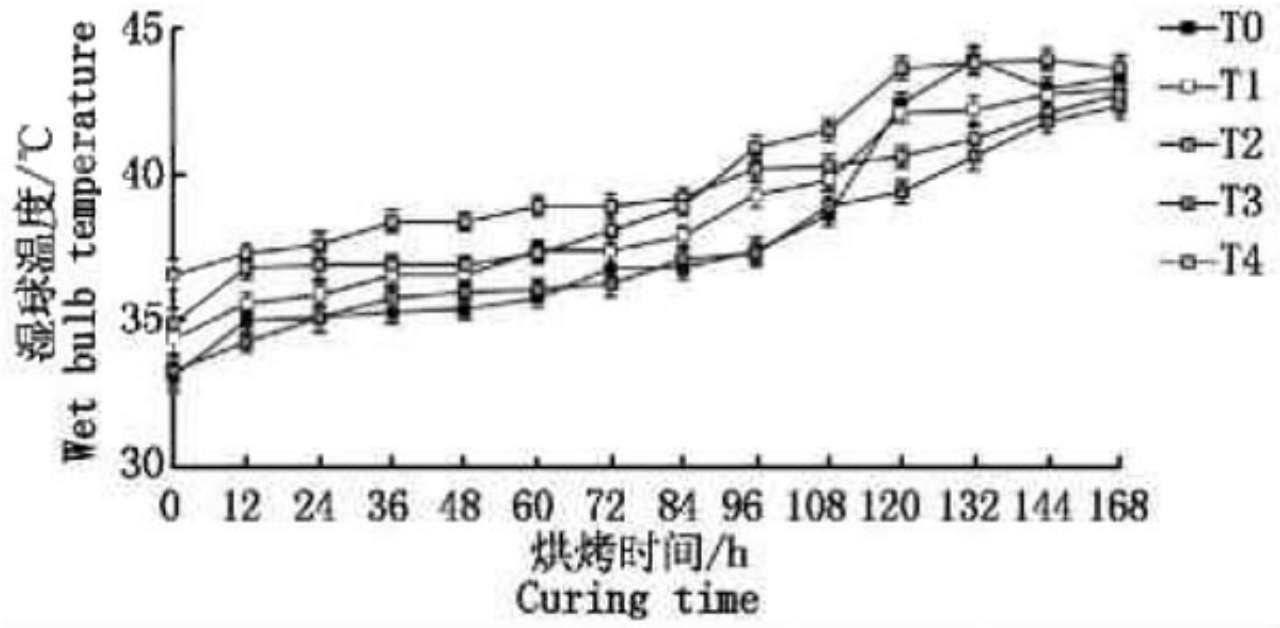

图 2　不同处理湿球温度变化

Fig. 2　Change of wet bulb temperature in different treatments

表 2　不同处理烤房燃料消耗量及综合热效率

Tab. 2　Fuel consumption and comprehensive thermal efficiency of different treatments

处理 Treatment	燃料消耗量 Fuel consumption		燃料添加次数/次 Number of fuel addition	综合热效率/% Comprehensive thermal efficiency
	煤炭/kg Coal	生物质燃料/kg Biomass fuel		
T0	1 155.00	–	73	42.97
T1	808.50	526.42	145	41.15
T2	577.50	877.36	159	40.42
T3	346.50	1 228.31	190	41.09
T4	–	1 754.73	332	40.83

2.3不同生物质燃料替代程度对烤后烟叶主要化学成分及协调性的影响

前人研究表明，烤烟烟叶石油醚提取物含量高时，烟叶的油分较足，其香气物质较多，因此，石油醚提取物含量的高低通常作为衡量烟叶内在品质的重要指标之一[21－23]。烟叶在烘烤过程中，淀粉分解产生的游离糖与蛋白质水解产生的氨基酸进行美拉德反应，产生一系列致香前体物质以及糖的衍生物，对烟叶的香吃味有重要作用，但烤后烟叶残留的淀粉对烟叶色、香、味不利，严重影响烟叶的外观和内在质量[24－26]。浓香型特征烤烟要求烤后烟叶的淀粉含量小于4.5%、总糖为18%～22%、还原糖为16%～18%，烟碱为2.5%～3.0%，糖碱比为6～8，氮碱比为0.8～1.0[27－28]。从表3可以看出，不同生物质燃料替代程度烘烤后的烟叶化学成分及其协调性表现出明显差异，尤以淀粉和石油醚提取物差异最为显著。与T0相比，不仅不同生物质燃料替代程度烘烤后的烟叶淀粉含量显著较低，尤以T3和T4最为显著，分别为2.74%，2.94%；而且不同生物质燃料替代程度烘烤的烟叶，石油醚提取物含量除T2外其他处理均极显著较高，与T0相比，T3和T1所烘烤的烟叶石油醚含量最高，分别为8.62%和8.05%。

表 3　不同处理烤后烟叶的主要化学成分及协调性指标

Tab. 3　Main chemical components and coordination index of cured tobacco leaves in different treatments

处理 Treatment	T0	T1	T2	T3	T4
总糖/% Total sugar	21.55 ±0.51bB	20.74 ±0.63bA	20.49 ±0.53bA	19.42 ±0.66aA	20.18 ±0.49abA
还原糖/% Reducing sugar	16.89 ±0.27aA	18.18 ±0.07bB	17.34 ±0.13aAB	17.31 ±0.23aAB	16.87 ±0.36aA
淀粉/% Starch	6.31 ±0.08dD	4.50 ±0.06dC	4.18 ±0.05eC	2.74 ±0.03aA	2.94 ±0.02aA
蛋白质/% Protein	6.29 ±0.13bB	6.38 ±0.08bB	7.74 ±0.05eC	7.89 ±0.14eC	5.69 ±0.17aA
烟碱/% Nicotine	2.32 ±0.06aA	2.41 ±0.05bB	2.52 ±0.03eC	2.64 ±0.01dD	2.45 ±0.05bB
总氮/% Total nitrogen	2.11 ±0.06eC	2.04 ±0.05bB	2.18 ±0.03eC	2.25 ±0.01dD	2.01 ±0.05aA
钾/% K	2.76 ±0.05bB	2.96 ±0.05dD	2.68 ±0.01aA	2.89 ±0.04eC	2.83 ±0.07eC
石油醚提取物/% Petroleum ether extract	6.76 ±0.13aA	8.05 ±0.15eC	6.55 ±0.08aA	8.62 ±0.05dD	7.32 ±0.02bB
施木克值 Sugar-protein ratio	3.43 ±0.11bB	3.25 ±0.09bB	2.65 ±0.12aA	2.46 ±0.07aA	3.55 ±0.09eC
氮碱比 Nitrogen-nicotine ratio	0.91 ±0.08aA	0.85 ±0.03bB	0.87 ±0.05bB	0.85 ±0.02bB	0.82 ±0.03eC
糖碱比 Sugar-nicotine ratio	8.58 ±0.15eC	7.23 ±0.10bB	6.88 ±0.08aA	6.18 ±0.09aA	7.29 ±0.11bB
两糖差 Total sugar minus reducing sugar	2.66 ±0.11aA	3.56 ±0.08eC	3.15 ±0.06bB	3.11 ±0.03aB	2.31 ±0.09aA

注：同列数据后标不同大、小写字母分别表示差异极显著（$P<0.01$）和显著（$P<0.05$）。

Note: The same column of data after the standard of different large and small letters respectively showed extremely significant difference ($P<0.01$) and significant ($P<0.05$).

2.4不同生物质燃料替代程度对烟叶烘烤中排放烟气污染物含量的影响

随着经济发展和城市化进程的加快，空气污染物的排放量不断增加，污染范围不断扩大，以二氧化硫、颗粒物、氮氧化物等为主要污染物的大气环境污染问题日趋严重[29]。由表4可以看出，T0(100%煤炭)处理烘烤烟叶时，所排放烟气中SO_2的含量非常高，达1368mg/m^3，而利用生物质燃料替代煤炭烘烤烟叶后，SO_2的含量则大大降低，不同替代程度也大不相同，其中T1最高，达210mg/m^3，但仍然比T0低了6.5倍，T4处理最低、仅为57mg/m^3

，只有T0的4.17%。从氮
氧化物的排放来看，T0处理所排放烟气中NO的
含量较低、为52mg/m^3
，但不同生物质燃料替代程
度间的结果有所不同，T2处理降低了NO的排放量(为38m
g/m^3
)，但其他3个处理反而增加了NO的排放量，其
中T4最高，达118mg/m^3，与T0相差2.27倍；烟气中NO_2
的含量在各个处理
间也没有明显的规律，T1、T3与T0
处理间差异不明显，但T2、T4处理烟气中NO_2
的含量高于T0，尤其是T4处理的NO_2
含量，比对照高2倍。烟气中CO
的含量以T0(100%煤炭)和T3处理最低(均为293mg/m^3)，其次是T1处理，T4最高，达693mg/m^3，比T0高出2.37倍。

表4　不同处理烘烤过程中排放烟气的污染物含量

Tab.4　Pollutants content of different treatments during curing　mg/m^3

处理 Treatment	SO_2	NO	NO_2	CO
T0	1 368	52	5	293
T1	210	92	4	351
T2	121	38	8	593
T3	105	65	6	293
T4	57	118	10	693

2.5不同生物质燃料替代程度对烤后烟叶经济性状的影响

由表5可知，生物质燃料烘烤处理在烤后烟叶经济性状方面比煤炭烘烤处理有所提高。不同生物质燃料替代程度烤后烟叶的中上等烟比例均高于T0，其中以T1最高，为89.98%，比T0高出3.22个百分点，T2较低，但仍然比T0高。不同处理间均价差异较大，煤炭烘烤(T0)的烟叶均价低于其他处理，其中T1处理烘烤的烟叶均价最高、达27.52元/kg，与T0(23.24元/kg)相比高出4.28元/kg、相差了15.55%。T0处理的产值最低(14674.89元)，T1处理的产值最高(30%替代)、达18036.33元，比T0增加了4400.14元，相差22.91%。

表5　不同处理烤后烟叶经济性状的比较

Tab. 5　Comparison of economic character in different treatments cured tobacco leaves

处理 Treat-ment	上等烟/% Ratio of high grade leaves	中上等烟/% Ratio of mid grade leaves	均价/(元/kg) Average price	每烤房烟叶产值/元 Tobacco production per curing barn	装烟密度/(kg/m³) Loading density
T0	41.10	86.76	23.24	14 674.89	67.13
T1	48.67	89.98	27.52	18 036.33	65.12
T2	43.41	88.69	24.03	15 375.36	66.75
T3	48.17	89.56	26.74	17 747.61	68.14
T4	46.07	89.48	25.47	16 493.35	68.93

表6显示了不同处理的烘烤成本。从表中可以看到，T0的烘烤时间最长、达192h，其余处理的时间相同、均为180h；待烘烤结束烟叶回潮后，测得各处理间的平均单烟叶干质量表现为T3最大，而T0最小。在整个烘烤过程中，T0所需人工量最少，其他处理的用工量和用工成本，随着生物质燃料替代程度的增加而增大，T4的用工成本最大，为600元，较T0的高250元。不同处理间燃料成本和耗电成本的不同导致了能耗成本的差异，T0的耗电最多但燃料成本最低，T4的燃料成本最大、较T0高出17.4%，但耗电下降，综合燃料成本和耗电成本来看，还是以T0的能耗成本最低。不同处理上烤时的装烟密度约为65～70kg/m^3，烤后不同处理的干烟生产量表现为T3最高，而T0最低。综合来看，T4(100%替代)的每千克干烟烘烤成本最高，需3.51元，比T0处理每千克干烟的烘烤成本2.91元高出20.62%，T1的烘烤成本增长幅度最小为1.72%。

表6　不同处理的烘烤成本比较

Tab. 6　Comparison of baking costs in different treatments

处理 Treat-ment	烘烤时间/h Curing time	平均单烟叶干质量/g Average single tobacco leaf dry weight	用工成本 Labor cost		能耗成本 Energy cost		干烟量/(kg/炕) Amount of dry tobacco	1 kg干烟烘烤成本/元 1 kg dry tobacco baking cost
			用工量/个 Amount of labor	折合/(元/炕) Convert	燃料成本/(元/炕) Fuel costs	耗电成本/(元/炕) Power consumption cost		
T0	192	13.43	3.50	350	1 270.50	213.12	631.45	2.91
T1	180	14.34	4.00	400	1 336.81	199.83	655.39	2.96
T2	180	14.72	4.50	450	1 381.01	195.72	639.84	3.17
T3	180	15.21	5.50	550	1 425.21	194.84	663.71	3.27
T4	180	13.79	6.00	600	1 491.52	184.80	647.56	3.51

注：煤炭1.10元/kg；生物质燃料0.85元/kg；电0.60元/kWh。

Note: Coal price, 1.10 yuan/kg; Biomass fuel price, 0.85 yuan/kg; Power price, 0.60 yuan/kWh.

3讨论与结论

烟叶烘烤是一个既伴随着物理变化又进行着复杂的生理生化变化的过程，烟叶烘烤过程中烤房内部的温湿度环境既决定着烟叶生理生化物质转化速度，也决定着各种化学成分合成的量。因此，创造一个适宜的烘烤温湿度条件既能促进烤
烟各种生
理生化变化过程合
理进行，同时使得烟叶的失水和变黄
基本同步进行，才能进一步提高烤烟的质量[28, 30]。本试验研究表明：与煤炭烘烤相比，不同替代程度的生物质燃料所加热的烤房干湿球温度在烟叶变黄期和定色期上升较快，干筋期上升较慢，升温效果好，这与徐成龙等[31]研究结果相似。

宫长荣等[32]研究发现，低温中湿变黄和中湿定色处理能有效改善烟叶的外观质量，其烘烤的烟叶化学成分更协调，本试验使用不同替代程度的生物质燃料所加热的烤房，虽然在变黄期和定色期干湿球温度略高于煤炭加热的烤房，但烤后烟叶的中上等烟比例明显提高。

烟叶烘烤的最终目的就是要最大限度地显现和获取烟叶在生长过程中形成和积累起来的质量潜势，达到烤熟、烤黄、烤香，充分彰显烟叶的特色[28, 33]

。本试验研究表明，虽然煤炭烘烤的烟叶化学成分协调性较好，但不同替代程度的生物质燃料所烘烤的烟叶化学成分更为接近孙福山等[27]
提出的浓香型烟叶主要化学成分要求，尤以淀粉含量和石油醚提取物含量最为突出，这对改善和提高烟叶品质有借鉴意义。

目前，我国大气污染控制的重点仍然是SO_2
、烟尘和粉尘等一次污染物，能源排放的SO_2占总排放量的90%左右[34]
。本试验采用生物质燃料
替代煤炭烘烤烟叶时发现，随着生物质燃料替代比
例的增加，SO_2的排放量显著降低，大幅度减少了煤炭燃烧时SO_2
的释放量，这将为节能减排及环境保护做出重大贡献
。王文杰等[5]
研究发现，生物质压块使用农作物秸秆加工而成，其含硫量低，与使用煤炭相比，实现了二氧化碳的零排放和微硫化物排放，对改善环境
、降低温室效应都有极大的好处。该试验
结果与本研究结果相类似，但NO_x
和CO的排放量稍有增大，这可能是炉膛体积小一次性燃料添加过多造成的，如果对烤房烤房炉膛进行改造并配备鼓风机，上述问题可以得以改善。宋春宇等[35]
研究表明，秸秆压块烤烟虽然燃料成本有所增加，但可降低烘烤用工成本，总体上可节约成本。本试验研究表明，不同替代程度的生物质燃料烘烤的烟叶因燃料成本较大导致千克干烟成本较高，但烤后烟叶的产值和中上等烟比例均高于煤炭烘烤的烟叶，尤以T1最为显著。此外，前期试验结果表明，与煤炭相比，生物质燃料的炉灰钾含高，结渣率底，可以作为有机肥利用。

参考文献：

[1]曾宪立，王朴风，樊军辉，等.联合干燥模式在烟叶烘烤中的应用探讨[J].河北农业科学，2010，14(12)：78－81.

[2]飞鸿，蔡正达，胡坚，等.利用生物质烘烤烟叶的研究[J].当代化工，2011，40(6)：565－567，592.

[3]闫强，王安建，王高尚，等.生物燃料进展研究[J].安徽农业科学，2009，37(20)：9568－9571.

[4]蔡正达，王文红，甄恩明，等.战略性新兴产业的培育和发展院首届云南省科协学术年会论文集[C].云南省科学技术协会，2011.

[5]王文杰，李峰，岳秀江，等.生物质压块及燃烧炉在烟叶烘烤中的应用效果研究[J].现代农业科技，2013(11)：11，13.

[6]宋朝鹏，李常军，杨超，等.生物质能在烟叶烘烤中的应用前景[J].河北农业科学，2008，12(12)：58－60.

[7]兰树斌，马莹，陈维林，等.生物质能源在烤烟烘烤中的应用研究进展[J].现代农业科技，2016(17)：153－155.

[8]郭保银.重庆市酉阳县秸秆煤替代煤炭烤烟技术研究[J].安徽农业科学，2013，41(1)：322－323.

[9]张聪辉，赵宇，苏家恩，等.清洁能源部分替代煤炭在密集烤房中应用技术研究[J].安徽农业科学，2015，43(4)：304－305，314.

[10]倪克平，甄焕菊.生物质压块燃料在烟叶烘烤中的应用效果[J].农业开发与装备，2015(11)：63，80.

[11]谭方利，樊士军，董艳辉，等.生物质压块燃料及煤炭燃料在烟叶烘烤中的应用效果对比研究[J].现代农业科技，2014(10)：201－201，209.

[12]孟智勇，张保占，马浩波，等.密集烤房烘烤技术参数的测定与分析[J].河南农业科学，2011，40(4)：156－160.

[13]王瑞新，韩富根，杨素勤.烟草化学品质分析法[M].郑州：河南科学技术出版社，1999.

[14]王瑞新.烟草化学[M].北京：中国农业出版社，2003.

[15]全国烟草标准化技术委员会.YC/T176-2003烟草及烟草制品石油醚提取物的测定[S].北京：中国标准出版社，2003.

[16]赵立红，刘亚丽.乙酸浸提-
原子吸收光谱法测定烟草、大豆、小麦、辣椒中的钾[J].光谱实验室，2008，25(4)：647－650.

[17]国家环境保护总局.HJ/T57-2000固定污染源排气中SO2的测定定电位电解法[S].北京：中国标准出版社，2000.

[18]魏复盛.空气和废气监测分析方法[M].北京：中国环境科学出版社，2003.

[19]中国国家标准化管理委员会.GB/T16157-1996固定污染源排气中颗粒物和气态污染物采样方法[S].北京：中国标准出版社，1996.

[21]史宏志，刘国顺.烟草香味学[M].北京：中国农业出版社，1998.

[22]闫克玉.烟草化学[M].郑州：郑州大学出版社，2002.

[23]祁林，陈伟，王政，等.浓香型烟叶不同分切区位石油醚提取物的含量[J].烟草科技，2014(1)：53－55，76.

[24]宫长荣，王能如，汪耀富.烟叶烘烤原理[M].北京：科学出版社，1994.

[25]Weeks W W.Chemistry of tobacco constituents influence flavor and aroma[J]. Recent Advance of Tobacco Science，1985(11)：175－200.

[26]王行，王玉胜，邱妙文，等.烤前晾置时间对烟叶淀粉和总糖含量及烤后烟叶化学成分的影响[J].湖南农业大学学报：自然科学版，2014，40(4)：358－361.

[27]孙福山，陈江华，刘建利.烟叶收购质量现状与改善等级结构技术探讨[J].中国烟草学报，2002，8(2)：29－33.

[28]文俊，王行，杨庆，等.密集烘烤关键温度点稳温时间与湿球温度优化组合研究[J].中国烟草科学，2013，34(2)：85－88.

[29]沈家芬，张凌，莫测辉，等.广州市空气污染物和气象要素的主成分与典型相关分析[J].生态环境，2006，15(5)：1018－1023.

[30]宫长荣.烟草调制学[M].北京：中国农业出版社，2003.

[31]徐成龙，贺帆，孙建锋，等.生物质型煤与无烟散煤在烟叶烘烤中的应用效果对比[J].福建农业学报，2011，26(5)：827－831.

[32]宫长荣，刘霞，王卫峰.密集烘烤温湿度条件对烟叶生理生化特性和品质的影响[J].西北农林科技大学学报：自然科学版，2007，35(6)：77－82，88.

[33]罗战勇，吕永华，李淑玲，等.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.

[34]顾阿伦，滕飞，冯相昭.主要部门污染物控制政策的温室气体协同效果分析与评价[J].中国人口·资源与环境，2016，26(2)：10－17.

[35]宋春宇，张体高，朱晋熙，等.烟秆秸秆压块在烟叶烘烤中的应用研究初报[J].湖南农业科学，2016(3)：82－84.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/137146.html