

## 几种新型密集烤房烘烤效果比较

许锡祥<sup>1</sup>, 陈承亮<sup>1\*</sup>, 吕作新<sup>2</sup>, 胡忠良<sup>1</sup>, 林智慧<sup>1</sup>, 邱恒良<sup>1</sup>, 吴荣生<sup>1</sup>, 陈德涵<sup>1</sup>, 张发汉<sup>3</sup>

(1.福建省烟草公司三明市公司, 福建 三明 365000; 2.中国烟草总公司青州中等专业学校, 山东 青州 262500; 3.福建奥托节能科技有限公司, 福建 三明 365000)

**摘要:**为探索三明烟区新型密集烤房减工降本性能,通过烘烤试验对生物质颗粒密集烤房、智能化热泵密集烤房、移动式密集烤房及常规密集式烤房4种不同类型烤房的用工成本、能耗、烤后烟叶质量进行了研究。结果表明,与常规密集烤房相比,智能化热泵密集烤房和生物质颗粒密集烤房均能显著降低烘烤用工成本,干烟用工成本分别降低0.66和0.51元/kg,而移动式密集烤房用工成本显著高于常规密集烤房。智能化热泵密集烤房显著降低了烘烤能耗成本,而移动式密集烤房和生物质颗粒密集烤房能耗显著增加。智能化热泵密集烤房和生物质颗粒密集烤房提高了烤后烟叶外观质量和经济性状,上等烟比例分别提高4.70和3.57个百分点;烤后烟叶净均价分别提高3.82和2.81元/kg。移动式密集烤房烤后烟叶经济性状低于常规密集烤房。总的来看,智能化热泵密集烤房和生物质颗粒密集烤房更具有推广价值。

**关键词:**密集烤房;生物质;热泵;成本;烟叶质量

中图分类号:TS44<sup>+</sup>1

文章编号:1007-5119(2017)05-0082-05

DOI:10.13496/j.issn.1007-5119.2017.05.014

## Study on Several New Type Bulk Curing Barns and Their Curing Effects

XU Xixiang<sup>1</sup>, CHEN Chengliang<sup>1\*</sup>, LÜ Zuoxin<sup>2</sup>, HU Zhongliang<sup>1</sup>, LIN Zhihui<sup>1</sup>, QIU Hengliang<sup>1</sup>,  
WU Rongsheng<sup>1</sup>, CHEN Dehan<sup>1</sup>, ZHANG Fahan<sup>3</sup>

(1. Sanming Cigarette Company of Fujian, Sanming, Fujian 365000, China; 2. China Tobacco Corporation Qingzhou Specialized Secondary School, Qingzhou, Shandong 262500, China; 3. Fujian Auto Energy Saving Technology Co., Ltd., Sanming, Fujian 365000, China)

**Abstract:** In order to investigate the performance of bulk curing barns in saving labor force and energy, the curing cost and the economic benefits of four different curing barns were analyzed through experiment. The results showed that, the labor cost of normal bulking barn was significantly higher than intelligent heat-pump bulk curing barn and biomass granule bulk curing barn, with the relevant labor force of cured tobacco saving 0.66 and 0.51 yuan/kg respectively, significantly lower than the mobile barn. The energy cost of normal bulking barn was significantly higher than intelligent heat-pump bulk curing barn, but significantly lower than the biomass granule bulk curing barn and mobile barn. The intelligent heat-pump bulk curing barn and biomass granule bulk curing barn raised the leaf quality and economic characters, with the first-class tobacco proportion improved 4.70 percentage points and 3.57 percentage points respectively, and the corresponding leaf pure average price raised 3.82 and 2.81 yuan/kg. The economic characters of mobile barn were lower than the normal bulking barn. In general, it is more feasible to generalize intelligent heat-pump bulk curing barn and biomass granule bulk curing barn.

**Keywords:** bulk curing barn; biomass; heat-pump; cost; leaf quality

密集烤房是烟叶生产的重要基础设施,在促进适度规模种植、提高烟叶效益、节能降本方面发挥着重要的作用,对现代烟草农业发展具有重要的现实意义<sup>[1]</sup>。自密集式烤房在福建三明烟区推广以来,解决了以往小烤房烘烤能力不足、控温排湿差等问

题,稳定了适度规模户种植面积,在一定程度上提高了烟叶烘烤质量。尽管对密集烤房的建造、操作技术等方面进行了全面规范。但是,常规密集烤房仍存在自动化水平低、控温难、精度低、用工多、强度大、污染重等问题<sup>[2-4]</sup>。随着农村社会经济的不断

基金项目:福建省烟草公司三明市公司科技项目“不同类型烤房烘烤对比研究”[明烟司2016第18号]

作者简介:许锡祥(1966-),男,农艺师,主要从事烟草生产技术与管理工作。E-mail:1208472146@qq.com。\*通信作者,E-mail:166741401@qq.com

收稿日期:2017-07-10

修回日期:2017-10-09

断发展,种烟区域不断变化和转移,在烟农老龄化,户均种植规模不断扩大以及工业企业对原料要求更高的情况下,密集烤房向智能、节能环保、安全方向发展,以满足烟农对密集烤房自动化烘烤的需求及工业企业原料要求,降低环境污染,保证烟叶生产可持续发展。

近年来,通过改变装烟方式和能源替代等方式弥补了传统密集烤房不足,并取得了一定的成效<sup>[5]</sup>。翠碧一号是三明烟区的主栽品种,为全国特色烟叶品种,具有生育期长、淀粉含量高、含水量大,难烘烤等特点<sup>[6]</sup>,对烘烤设备和烘烤工艺要求较为严格。为满足翠碧一号的烘烤要求,开展了3种新型密集烤房与常规密集式烤房的烘烤对比试验,探讨不同类型烤房对提高烤后烟叶质量和降低烘烤劳动强度的作用,为进一步推广新型密集烤房提供技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于2016年5—7月在福建省三明市清流县龙津镇田背村烤房群进行。供试品种为翠碧一号,试验田在三明市清流县龙津镇田背村烤烟核心示范区,大田栽培水平、烟叶成熟落黄程度、鲜烟叶素质相同。供试密集烤房共4种,采用同一部位烟叶于同一时间进行采收,按常规分类编烟,统一装烤。

### 1.2 试验设计

试验设置为4个处理,A:常规密集式烤房(CK);B:生物质颗粒密集烤房;C:智能化热泵密集烤房;D:移动式密集烤房。各处理烤房均为气流上升式,A、D处理烤房供热能源为煤炭,B处理烤房供热能源为生物质颗粒(主要成分为竹屑、杂木屑);C处理烤房供热能源为电能。A、B、C处理烤房规格相同,供热室长×宽×高为1700 mm×2700 mm×2900 mm,装烟室长×宽×高为8000 mm×2700 mm×3500 mm,D处理烤房供热室长×宽×高为1400 mm×2700 mm×2700 mm,装烟室长×宽×高为4000 mm×2700 mm×2700 mm,各处理供热设备具体参数见表1。5次重复(每处理烘烤5房)。每处理每房选择10竿代表烟叶标记用于烘烤效果统计分析,按照翠碧一号品种密集烘烤工艺进行烘烤。

### 1.3 测定项目与方法

1.3.1 用工 每个工人工作8 h为1个用工量。用工成本按每房采烟、编竿、上烤、下烤、过程管理的用工量×单价÷烤后干烟重量计算。

1.3.2 能耗 各处理烤房分别安装电表,停火时电表读数减去点火时电表读数即为每个烤房耗电量。烘烤结束后累加单次加煤量或生物质颗粒用量。能耗成本=耗煤(电)量×单价÷烤后干烟重。

表1 不同类型烤房供热设备规格及参数

Table 1 Specifications and parameters of heating equipments of different types of bulk curing barns

处理	规格及参数
常规密集式烤房	供热室安装炉膛和散热管。炉膛规格长×宽×高为3200 mm×500 mm×650 mm,炉膛容积为1.04 m <sup>3</sup> ,炉拱采用三块弧形铸铁炉盖,其中两侧炉盖规格长×宽×高为1100 mm×624 mm×222 mm,中间炉盖规格长×宽×高为960 mm×624 mm×243 mm,材质为铸铁,散热管内径260 mm,厚10 mm,散热面积15 m <sup>2</sup> ,供热量380 000 kJ/h,换热效率52%。燃料为蜂窝煤。
生物质颗粒烤房	热风炉型号:YH-5LS80Z 生物质热风炉;热风炉规格长×宽×高为1250 mm×780 mm×1380 mm,热交换器规格长×宽×高为2410 mm×1500 mm×2030 mm;产品参数:总功率5.95 kW,喂料量6~23 kg/h,换热效率80%,供热值2.7~10.35 万大卡/h。燃料为生物质颗粒。
智能化热泵烤房	热泵型号 ATK-130RT,规格长×宽×高为1100 mm×950 mm×1580 mm;额定制热量33.5 kW;压缩机输入功率10.81 kW;风机输入功率1.5~2.2 kW(双速);运行电流20.55 A;压缩机形式:全封闭涡旋;循环风量:18 000(高速)~14 000 m <sup>3</sup> /h(低速);最高出风温度80 ℃;压缩机能力调节范围:恒定100%;冷媒:KY-16;新风量2500 m <sup>3</sup> /h;排湿量49 kg/h;噪音68 dB(A);烤房温度控制精度±0.5 ℃,燃料动力为电。
移动式密集烤房	炉膛型号5HC-60,规格长×宽×高为415 mm×300 mm×320 mm;总功率2.2 kW;额定电压220 V;散热管内径200 mm,厚10 mm,散热面积10 m <sup>2</sup> ,供热量20 000 kJ/h,换热效率58%。燃料为蜂窝煤。

1.3.3 烤后烟干重 各处理按标记的 10 竿代表烟叶,适度回潮后,同比计算每座烤房烤后烟干烟重。

1.3.4 烤后烟分级 各处理烤后烟叶按烤烟标准 GB2635—92 进行分级,计算烟叶等级比例、均价和效益等<sup>[7]</sup>。

#### 1.4 数据统计

采用 EXCEL 及 SPSS 统计软件进行统计分析。

## 2 结果

### 2.1 用工成本

从表 2 可知,不同类型烤房用工成本有所不同。与常规密集式烤房相比,各烤房用工时数、用工量、用工成本和干烟用工成本均以智能化热泵烤房最少,其次是生物质颗粒烤房,且与常规密集式烤房差异显著;移动式密集烤房用工量最多,且显著高于常规密集式烤房。智能化热泵烤房和生物质颗粒

烤房烘烤干烟用工成本比常规密集式烤房分别减少 0.66 和 0.51 元/kg。

### 2.2 能耗

由表 3 可知,与常规密集式烤房相比,每千克干烟能耗成本智能化热泵烤房最低,其次是常规密集式烤房,且达到显著差异;生物质颗粒烤房和移动式密集烤房显著高于常规密集式烤房。智能化热泵烤房干烟能耗成本比常规密集式烤房降低 0.20 元/kg。

### 2.3 烤后烟叶外观质量

由表 4 可知,不同类型烤房对烤后烟外观质量有一定影响,总体评价以智能热泵密集烤房和生物质颗粒密集烤房烤后烟叶质量为好,主要表现在烟叶颜色橘黄、油分足、色度强、正反面烟叶颜色均匀,无杂色。移动式密集烤房烤后烟叶质量与常规密集式烤房差异不大。

表 2 不同类型烤房用工成本

Table 2 Labor cost of different types of bulk curing barns

处理	用工时数/h	用工量/个	用工成本/元	烤后干烟重/kg	干烟用工成本/(元·kg <sup>-1</sup> )
常规密集式烤房(CK)	122b	15.25b	2287.50b	396.00b	5.78b
生物质颗粒烤房	116c	14.50c	2175.00c	412.50a	5.27c
智能化热泵烤房	114c	14.25c	2137.50c	417.45a	5.12c
移动式密集烤房	137a	17.13a	2568.75a	382.80c	6.71a

注:1.用工单价以 150 元/个计;2.同一列小写字母不同表示处理间差异显著( $p<0.05$ ),下同。

表 3 不同类型烤房能耗成本

Table 3 Energy cost of different types of bulk curing barns

处理	耗电		耗能			能耗成本/元	干烟能耗成本/(元·kg <sup>-1</sup> )
	用电量/(kW·h)	电费/元	燃料量/kg	单价/(元·kg <sup>-1</sup> )	燃料费/元		
常规密集式烤房(CK)	312	152.88	952	0.55	523.60	676.48c	1.71b
生物质颗粒烤房	289	141.61	700	1.00	700.00	841.61a	2.04a
智能化热泵烤房	1285	629.65	0	0	0	629.65d	1.51c
移动式密集烤房	442	216.58	958	0.55	526.90	743.48b	1.94a

注:电价为 0.49 元/(kW·h)。

表 4 不同类型烤房烤后烟叶外观质量

Table 4 Leaf appearance quality of different types of bulk curing barns

处理	颜色	结构	身份	油分	色度	正反颜色	杂色	总体评价
常规密集式烤房(CK)	柠檬-橘黄	稍密	稍厚	稍有	中	正面好于背面	有	一般
生物质颗粒烤房	橘黄	疏松	中等	有	强	均匀	无	好
智能化热泵烤房	橘黄	疏松	中等	有	强	均匀	无	好
移动式密集烤房	柠檬-橘黄	疏松	中等	稍有	中	较均匀	稍有	一般

2.4 烤后烟叶经济性状

由表 5 可知，不同类型烤房对烤后烟上等烟比例、均价和产值影响较大，智能热泵密集烤房的各项指标最高，其次为生物质颗粒密集烤房，且两者显著高于常规密集式烤房。上等烟比例比常规密集式烤房分别提高 4.70 和 3.57 个百分点，均价分别提高 2.96 和 2.63 元/kg。说明智能热泵密集烤房和生物质颗粒密集烤房烤后烟叶质量和效益较高。

2.5 烤后烟净均价

由表 6 可以看出，不同类型烤房烘烤总成本不同，因此对烤后烟叶净均价有一定影响。智能热泵密集烤房烤后烟叶净均价最高，其次为生物质颗粒

密集烤房，且两者显著高于常规密集式烤房，烤后烟叶净均价比常规密集式烤房分别提高 3.82 和 2.81 元/kg。说明智能热泵密集烤房和生物质颗粒密集烤房烤后烟叶效益较高。

表 5 不同烤房烤后烟叶经济性状

Table 5 Leaf economic characters of different types of bulk curing barns

处理	上等烟比例/%	均价/(元·kg <sup>-1</sup> )	产值/(元·hm <sup>-2</sup> )
常规密集式烤房 (CK)	61.55b	34.22b	13 551.12b
生物质颗粒烤房	65.12a	36.85a	15 200.63a
智能化热泵烤房	66.25a	37.18a	15 520.79a
移动式密集烤房	61.58b	34.26b	13 114.73b

表 6 不同类型烤房烤后烟叶净均价

Table 6 Leaf pure average price of different types of bulk curing barns

处理	用工成本	耗能成本	烘烤总成本	均价	净均价
常规密集式烤房 (CK)	5.78b	1.71b	7.49b	34.22b	26.73b
生物质颗粒烤房	5.27c	2.04a	7.31b	36.85a	29.54a
智能化热泵烤房	5.12c	1.51c	6.63c	37.18a	30.55a
移动式密集烤房	6.71a	1.94a	8.65a	34.26b	25.61c

3 讨 论

目前，我国绝大部分密集烤房采用煤炭作为燃料，但由于煤炭的燃烧特性，烘烤过程中需要人为进行控制，劳动量及强度大，对人员操作技术要求较高。本研究结果说明，智能热泵密集烤房和生物质颗粒密集烤房均能够降低用工量和劳动强度，发挥了热泵供热及生物质燃烧机的优势，省去了加煤、出渣等劳动强度大的作业环节，如采取专业化烘烤由烘烤师对多座热泵及生物质燃料烤房进行集中管理，人工成本将大幅下降。因生物质颗粒价格偏高（约 900 元/t），生物质密集烤房能耗成本较高。

在烤后烟叶质量方面，研究表明，智能热泵密集烤房和生物质密集烤房总体外观质量明显好于普通密集烤房和移动式密集烤房。这主要是因为烟叶烘烤过程中，煤炭燃烧时有滞后性，当密集烤房需要升温时，新添加的煤在短时间内燃烧慢，升温慢；稳温时，正在燃烧的煤球所释放的热量难以迅速控制。智能热泵密集烤房和生物质密集烤房因

可控制投料量及功率，温度较易控制且精度高，升温平稳，使烤后烟叶油分足、色泽鲜亮、正反面均匀、烤坏烟数量少。

由于生物质颗粒来源不稳定，价格波动较大等原因，在推广上受原料限制较大，但改造方法比较简便，成本较低，在原有密集烤房上仅需添置生物质燃烧机和控制仪就可以完成改造，烘烤过程中温度较易控制且精度较高，燃烧空气污染小，节能环保，在生物质颗粒来源供应充足、价格稳定的情况下，具有很好的推广价值<sup>[8]</sup>。智能热泵烤房具有提质、增效、减工、降本、控制精准、操作简捷、智能化、可视化的优势，随着国家节能环保政策实施，烤烟电价维持稳定，设备成本将因政策补贴而大幅度下降，新能源逐渐取代烤烟用煤是必然趋势，有利于实现专业化烘烤和烟叶生产可持续发展。相关研究表明，热泵烤房能有效提高烟叶烘烤质量，社会效益和环境效益显著<sup>[9]</sup>；王妮妮等<sup>[10]</sup>研究表明，热泵烤房与普通密集烤房相比，整体外观质量好，烤后烟叶化学成分更为适宜，口感好，香气量足，

上等烟增幅大,以及具有环保、节能、省工、降本、提高烟叶烘烤效率等优势。

通过不断完善改进技术,智能化热泵密集烤房和生物质密集烤房改造更加简单,均可充分利用原有密集烤房场所和结构,只需添加供热设备和智能可视控制器即可,不需要再建设新烤房,造成资金和土地的重复投入<sup>[11-12]</sup>。移动式烤房主要受设备成本、容量及保温保湿性能等因素的制约,烘烤效果和常规密集式烤房差距不大,虽然容量小,但可作为一种备用烤房使用,增加烟叶烘烤形式的多样化。因此,下一步还需对不同类型烤房烤后烟叶内在质量进行评定,综合判定各类型烤房的烘烤效果。

综合以上不同类型密集烤房用工、能耗、烤后烟叶质量与效益比较,智能热泵密集烤房和生物质颗粒密集烤房可以成为替代常规燃煤密集烤房的发展方向。

#### 参考文献

- [1] 徐秀红,孙福山,王永,等. 我国密集烤房研究应用现状及发展方向探讨[J]. 中国烟草科学,2008,29(4): 54-56.
- [2] 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.
- [3] 徐成龙,苏家恩,张聪辉,等. 不同能源类型密集烤房烘烤效果对比研究[J]. 安徽农业科学,2015,43(2): 264-266.
- [4] 肖艳松,李晓燕,李圣元,等. 不同类型的烤房烘烤效果比较[J]. 烟草科技,2009(2): 61-63.
- [5] 郭大仰,刘尚钱,肖志新,等. 不同替代能源密集烤房烟叶烘烤效能对比研究[J]. 安徽农业科学,2016,44(33): 99-102.
- [6] 林彩萍,张秀衢. 烤烟翠碧一号采收与烘烤对烟叶质量的影响[J]. 福建农业科学,2015(5): 73-77.
- [7] 国家烟草专卖局. GB 2635—92 烤烟[S]. 北京:中国标准出版社,2003.
- [8] 林伟,王鹏,陈贤龙,等. 智能生物颗粒燃料燃烧机在烟叶烘烤中的应用效果研究[J]. 中国农学通报,2016,32(25): 170-174.
- [9] 田效园,李许涛,高相彬,等. 热泵与燃煤密集烤房烘烤效益对比与研究[J]. 安徽农业科学,2016,44(6): 106-108.
- [10] 王妮妮,王高杰,焦桂珍,等. 空气源热泵烤房与密集式烤房烤后烟叶质量对比[J]. 山西农业科学,2014(5): 493-496.
- [11] 陈其峰,杨培钰,王东明,等. 密集烤房关键设备类型对烟叶烘烤成本的影响[J]. 中国烟草科学,2009,30(4): 67-68.
- [12] 王卫锋,陈江华,宋朝鹏,等. 密集烤房的研究进展[J]. 中国烟草科学,2005,26(3): 15-17.