

密集烘烤后期风机转速对烤后烟叶质量的影响

樊军辉¹, 陈江华², 宋朝鹏¹, 贺帆¹, 官长荣^{*}

(1 河南农业大学 烟草学院, 河南 郑州 450002; 2 中国烟叶公司, 北京 100055)

摘要: 以烤烟品种 G80 中部烟叶为材料, 通过变频器控制密集烤房循环风机转速, 研究密集烘烤定色后期和干筋期循环风机转速对烤后烟叶外观质量、化学成分、评吸质量、等级比例及其烘烤能耗与成本的影响。结果表明, 适当降低烘烤后期风机转速能够提高中上等烟叶比例, 改善烟叶的外观质量、内化学成分的协调性和感官评吸质量, 尤其是对香气质、香气量、刺激性和口感的改善效果最佳, 同时降低能耗。以定色后期风机转速 960 r/min, 干筋期风机转速 720 r/min 增质节能效果最好。

关键词: 烤烟; 密集烘烤; 风机转速; 外观质量; 化学成分; 评吸质量

中图分类号: S572.092 文献标志码: A 文章编号: 1000- 2286(2010)06- 1115- 06

Effect of Fan Speed during Later Process of Bulk Curing on Quality of Flue-cured Tobacco Leaves

FAN Jun-hui, CHEN Jiang-hua², SONG Zhao-peng¹, HE Fan¹, GONG Chang-rong^{*}

(1 College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China; 2 China Leaf Tobacco Corporation, Beijing 100055, China)

Abstract The effect of fan speed controlled by inverter during the later leaf-drying stage and the stem-drying stage of bulk curing on sensory quality, chemical components, smoking quality, percentage of grade, energy consumption and curing cost of a tobacco cultivar G80 were studied. The results showed that reducing fan speed appropriately during the later bulk curing could reduce energy consumption and cost of bulk curing, increase percentages of high and middle grade tobacco leaves, improve sensory quality, chemical components harmony and smoking quality, especially quality of aroma, volume of aroma, irritation and taste of tobacco leaves, of which T4 (fan speed was 960 r/min during the later leaf-drying stage and 720 r/min during the stem-drying stage) was the best.

Key words flue-cured tobacco; bulk curing barn; fan speed; sensory quality; chemical components; smoking quality

近年来,我国密集烤房迅速发展,密集烘烤率大幅度提升^[1]。前人的研究和生产实践表明,密集烤房装烟密度大、升温灵敏、排湿顺畅、干燥能力强,表现了减少烟叶烘烤技术复杂性、降低烘烤风险、省工、

收稿日期: 2010- 05- 26 修回日期: 2010- 09- 04

基金项目: 国家烟草专卖局资助项目 (110200302007)

作者简介: 樊军辉 (1985-), 男, 硕士生, 主要从事烟草调制研究, E-mail fanjunhui1985@163.com; * 通讯作者: 官长荣, 教授, 博士生导师, E-mail gongchr009@126.com.

节能、提升烟叶整体烘烤质量等方面的技术优势^[2-3]。然而,由于我国密集烤房发展较晚,对于密集烘烤机理及烘烤工艺的研究较少,导致烤后烟叶颜色浅淡、光滑和僵硬烟叶比例较大、烟叶香气量有所降低等现象^[4-6]。相关研究表明,风速对烤后烟叶的外观质量和感官评吸质量有显著的影响^[7]。宫长荣等^[8]指出,烘烤过程中风速对烟叶质量的影响以定色期和干筋期最大,挂烟 3 层的密集烤房烘烤中叶间隙风速以 0.2~0.3 m/s 为宜。目前生产上普遍采用 4/6 极两极风机,不能满足烘烤不同阶段对于风速的要求。本试验将变频技术应用于密集烤房,探讨密集烘烤后期不同风机转速对烟叶质量和烘烤成本的影响,为精确控制密集烘烤风速条件、完善密集烘烤工艺、改善密集烘烤烟叶质量提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试验基本情况

试验于 2009 年在湖南浏阳市沙市镇中洲进行,供试烤烟品种为 G8Q。试验田土壤为红黄土,有机质 35.5 g/kg,全氮 2.14 g/kg,碱解氮 161 mg/kg,有效磷 11.1 mg/kg,速效钾 158.8 mg/kg,纯氮用量 120 kg/hm²,N、P₂O₅、K₂O 的质量比为 1:1:3。烟苗于当年 3 月 10 日移栽,种植株行距 50 cm × 120 cm,烟田规范化管理,以中部烟叶(第 11~13 位叶)为试验材料,成熟采收,编竿后每个处理取 18 竿标记分别放置于烤房内代表性的相同位置。

供试烤房为气流下降卧式密集烤房,共 5 座,规格均为 2.7 m × 8 m,装烟 3 层 2 路。配置电机额定频率为 2.2 kW,额定转速为 1 440 r/min。配置循环风机为 7 号轴流风机,叶片数量 4 个,采用内置电动机直联结构,叶轮的叶顶间隙控制在 5 mm 左右,转速 1 440 r/min 时风量 15 000 m³/h。其中 4 台电机配备变频器(华中科技大学提供),可在 20~50 Hz 范围内连续调速。

1.2 试验设计

试验共设五个处理,各处理的风机转速设置见表 1。

表 1 不同烘烤处理的风机转速

Tab 1 Fan speeds of different curing treatments		r/min		
处理 Treatments	47℃之前	47.1~54℃	54.1~68℃	
T1	1 440	1 120	960	
T2	1 440	1 120	720	
T3	1 440	960	960	
T4	1 440	1 440	1 440	
CK	1 440	1 440	1 440	

各处理烟叶均在同一天内完成采收、装炕及开烤,装烟密度均为 57.87 kg/m³,各处理均参照三段式烘烤工艺烘烤^[9]。每个阶段的干球温度控制及判断标准分别为,变黄前期:开烤~38℃末,烟叶达到 8 成黄;变黄后期:38℃末~42℃末,烟叶达到黄片青筋 9 成黄;定色前期:42℃

末~47℃末,烟叶达到黄片黄筋,叶片半干;定色后期:47℃末~54℃末,叶片全干;干筋期:54℃末~停火,烟筋全干。

1.3 测定项目与方法

烤后取各处理的中部烟叶(C3F)1 kg 分别用于烟叶外观质量鉴定、化学成分分析和感官评吸。

1.3.1 外观质量 由郑州烟草研究院、中国烟草总公司职工培训中心、青州烟草研究所、上海烟草集团公司、湖南中烟工业公司、河南中烟工业公司和河北中烟工业公司共 7 个单位的专家鉴定,烟叶外观质量的鉴定和综合评价参照王彦亭等^[10]的方法进行:以颜色、成熟度、结构、身份、油分和色度 6 项指标作为烤烟外观质量评价指标,各指标权重分别为 0.30、0.25、0.15、0.12、0.10、0.08。烟叶的外观质量评分标准见表 2 采用指数和法评价烤烟外观质量状况。

1.3.2 化学成分 烟叶化学成分测定参照王瑞新等^[11]的方法测定。化学成分的综合评价参照王彦亭等^[10]的方法进行,其指标赋值方法以烟碱、总氮、还原糖、钾、淀粉含量和糖碱比值、氮碱比值和钾氮比值 8 项指标作为烤烟化学成分协调性的评价指标,各指标权重依次为 0.17、0.09、0.14、0.08、0.07、0.25、0.11、0.09。各指标均以公认的最适范围为 100 分,高于或低于该最适范围依次降低分值(表 3),以指数和法确定化学成分协调性状况。

1.3.3 感官评吸 云南烟草科学研究院进行评吸。打分采用百分制,评分标准如下:香韵(满分 10

分)、香气量(满分 15分)、香气质(满分 15分)、浓度(满分 10分)、刺激性(满分 15分)、劲头(满分 5分)、杂气(满分 10分)、口感(满分 20分)。

表 2 烤烟外观质量评分标准

Tab 2 Evaluation standard of flue-cured tobacco leaf sensory quality

颜色 Color	成熟度 Maturity	结构 Structure	身份 Body	油分 Oil	色度 Color intensity
柠檬黄(6~9)	完熟(6~9)	疏松(8~10)	中等(7~10)	多(8~10)	浓(8~10)
橘黄(7~10)	成熟(7~10)	尚疏松(5~8)	稍薄(4~7)	有(5~8)	强(6~8)
红棕(3~7)	尚熟(4~7)	稍密(3~5)	稍厚(4~7)	稍有(3~5)	中(4~6)
微带青(3~6)	欠熟(0~4)	紧密(0~3)	薄(0~4)	少(0~3)	弱(2~4)
青黄(1~4)	假熟(3~5)		厚(0~4)		淡(0~2)
杂色(0~3)					

表 3 烤烟化学成分协调性评分标准

Tab 3 Evaluation standard of flue-cured tobacco chemical components harmony

指标 Indexes	分值 Score					
	100.00	100.00~90.00	90.00~80.00	80.00~70.00	70.00~60.00	<60.00
烟碱 % Nicotine	2.20~2.80	2.20~2.00 2.80~2.90	2.00~1.80 2.90~3.00	1.80~1.70 3.00~3.10	1.70~1.60 3.10~3.20	<1.60 >3.20
总氮 % Total N	2.00~2.50	2.50~2.60 2.00~1.90	2.60~2.70 1.90~1.80	2.70~2.80 1.80~1.70	2.80~2.90 1.70~1.60	>2.90 <1.60
还原糖 % Reducing sugar	18.00~22.00	18.00~16.00 22.00~24.00	16.00~14.00 24.00~26.00	14.00~13.00 26.00~27.00	13.00~12.00 27.00~28.00	<12.00 >28.00
钾 % K ⁺	≥2.50	2.50~2.00	2.00~1.50	1.50~1.20	1.20~1.00	<1.00
淀粉 % Starch	≤3.50	3.50~4.50	4.50~5.00	5.00~5.50	5.50~6.00	>6.00
糖碱比 Total sugar/Nicotine	8.50~9.50	8.50~7.00	7.00~6.00	6.00~5.50	5.50~5.00	<5.00 >15.00
氮碱比 Total N/Nicotine	0.95~1.05	0.95~0.80	0.80~0.70	0.70~0.65	0.65~0.60	<0.60 >1.40
钾/氯 K ⁺ /Cl ⁻	≥8.00	8.00~6.00	6.00~5.00	5.00~4.00	4.50~4.00	<4.00

1.3.4 能耗、成本与烟叶等级比例 分别处理统计 kg干烟耗电量、kg干烟耗煤量、kg干烟烘烤成本和中上等烟叶比例。

2 结果分析

2.1 烟叶外观质量

对比烤后烟叶外观鉴评结果(表 4)。颜色均属“橘黄”范畴,各处理均较 CK 有所改善,其中以处理 T2、T3和 T4的效果最好。表现为成熟度较好,得分均略高于 CK。各处理烟叶结构均属“疏松”范畴,其疏松程度均优于 CK,其中以 T3和 T4 2个处理疏松程度最好,得分最高。处理相对烟叶的身份无明显差异,但对油分和色度影响较为明显,各处理烟叶的油分和色度均优于 CK,其中以 T4对于油分的改善效果最明显,但色度较 T1和 T3稍差。密集烘烤后期适当降低风机转速可以有效改善烤后烟叶外观质量,其中以 T4对烤后烟叶的颜色、成熟度、结构和油分改善效果最好。

2.2 烟叶化学成分

烘烤后期风机转速对烤后烟叶化学成分的影响见表 5 和表 6。各处理烤后烟叶淀粉和蛋白质含量较 CK 均有所降低,总糖、还原糖、烟碱、总氮、钾、氯和石油醚提取物含量较 CK 均有所提高。各处理的总氮/烟碱比值差别不大,处理 T4 烤后烟叶糖碱比较适宜,钾氯比较大。处理 T3 和 T4 指数和得分最高,烟叶化学成分的协调性最好。

表 4 不同风机转速烤后烟叶外观质量

Tab 4 Sensory quality of flue-cured tobacco leaves by different fan speeds

处理 Treatments	颜色 Color	成熟度 Maturity	结构 Structure	身份 Body	油分 Oil	色度 Color intensity	总分 Total Scores
T1	7.50	9.00	9.00	6.50	6.00	6.50	77.50
T2	8.00	9.00	9.00	6.50	6.50	6.00	79.10
T3	8.00	9.00	9.50	6.50	6.50	6.50	80.25
T4	8.00	9.00	9.50	6.50	7.00	6.00	80.35
CK	7.00	8.50	8.50	6.50	5.50	5.50	72.70

表 5 不同风机转速烤后烟叶化学成分

Tab 5 Chemical components of flue-cured tobacco leaf by different fan speeds

处理 Treatments	淀粉 Starch	总糖 Total sugar	还原糖 Reducing sugar	蛋白质 Protein	烟碱 Nicotine	总氮 Total N	钾 K ⁺	氯 Cl ⁻	石油醚提取物 Petroleum ether extract
T1	5.20	31.10	23.90	8.04	2.36	1.79	2.63	0.22	5.70
T2	5.23	31.30	24.40	7.76	2.47	1.76	2.70	0.24	5.39
T3	5.04	28.20	22.90	8.58	2.56	1.89	2.74	0.24	5.38
T4	5.00	28.22	22.20	8.64	2.62	1.87	2.79	0.22	5.93
CK	5.79	27.90	22.10	8.66	2.26	1.68	2.41	0.20	4.22

表 6 不同烘烤处理烤后烟叶化学成分派生值

Tab 6 Derived value of flue-cured tobacco leaf chemical components by different fan speeds

处理 Treatments	总糖/烟碱 Total sugar/Nicotine	总氮/烟碱 Total N/Nicotine	钾/氯 K ⁺ /Cl ⁻	指数和 Exponential sums
T1	13.18	0.76	11.95	88.11
T2	12.67	0.71	11.25	88.17
T3	11.02	0.74	11.42	92.61
T4	10.77	0.71	12.68	92.86
CK	12.35	0.74	12.05	89.27

2.3 烟叶感官评吸

由表 7 可知,处理 T4 烤后烟叶香韵较好,香气量充足,香气质最佳,烟气浓度合适,刺激性小,劲头适中,杂气较少,口感好,总得分最高。尤其是对香气量、香气质、刺激性和口感 4 个指标的改善效果较明显,分别比 CK 提高了 6.45%、12.12%、13.33% 和 11.06%,总分较 CK 提高了 9.25%。总分值居第 2 第 3 的是 T3 和 T1,其大小分别比 CK 提高了 7.91% 和 5.94%。可见密集烘烤后期适当降低循环风机转速,可以有效改善烤后烟叶的感官评吸质量。

2.4 能耗、成本与烟叶等级比例

从表 8 可以看出,密集烘烤后期适当降低循环风机转速的节能、增效、提质效果明显。各处理的 kg

干烟耗煤量分别比 CK 减少 6.52%、8.70%、11.59% 和 15.22%; kg 干烟耗电量分别比 CK 降低 17.24%、17.24%、18.97% 和 22.41%; 分别较 CK 节约烘烤成本 5.61%、7.14%、10.73% 和 13.27%; 各处理中上等烟叶比例分别较 CK 增加 8.77%、9.59%、12.92% 和 12.53%。另外, 降低密集烘烤后期循环风机转速的节电效率要高于节煤。总的来看, 处理 T4 节能效果较好, 烘烤成本较低, 虽然其上等烟叶比例略低于处理 T3 但差别不大。

表 7 不同风机转速烤后烟叶感官评吸质量

Tab 7 Smoking quality of flue-cured tobacco leaf by different fan speeds

评吸质量得分 Scores of smoking quality	处理 Treatments				
	T1	T2	T3	T4	CK
香韵 (10) Note	6.63	6.56	7.00	6.81	6.40
香气量 (15) Quality of aroma	11.13	11.06	11.50	11.56	10.31
香气质 (15) Quantity of aroma	11.13	11.25	11.50	11.63	10.63
浓度 (10) Richness	6.75	6.69	7.00	6.81	6.75
刺激性 (15) Biting taste	11.31	11.31	11.00	11.69	10.31
劲头 (5) Strength	3.44	3.50	3.50	3.56	3.44
杂气 (10) Offensive odor	6.44	6.31	6.50	6.50	6.00
口感 (20) Taste	15.19	15.25	15.34	15.69	14.13
总分 (100) Total scores	72.00	71.94	73.34	74.25	61.56

表 8 不同风机转速能耗、成本与烟叶等级比例

Tab 8 Energy consumption, cost and percentage of tobacco leaf grade by different fan speeds

处理 Treatments	每千克干烟耗煤量 /kg Coal consumption cured tobacco leaves	每千克干烟耗电量 /($\text{kW} \cdot \text{h}^{-1}$) Electricity consumption cured tobacco leaves	每千克干烟成本 /元 Cost cured tobacco leaves	上中等烟比例 % Percentage of high and middle grade tobacco leaves
T1	1.29	0.48	1.85	89.9
T2	1.26	0.48	1.82	90.58
T3	1.22	0.47	1.77	93.33
T4	1.17	0.45	1.70	93.01
CK	1.38	0.58	1.96	82.65

煤价 0.70 元 /kg 电价 0.60 元 /($\text{kW} \cdot \text{h}^{-1}$); 变频器价格 1200.00 元 /个, 使用年限 5 年; 每个密集烤房年烘烤干烟 3000.00 kg。Price of coal was 0.70 yuan/kg price of electricity was 0.60 yuan /($\text{kW} \cdot \text{h}^{-1}$); Per inverter cost 1200.00 yuan and could work for 5 years 3000.00 kg tobacco leaves could be cured by per bulk curing bam every year

3 结论与讨论

本试验结果表明, 适当降低密集烘烤后期循环风机转速对烟叶烘烤增质节能效果明显, 其中处理 T4 (定色后期风机转速为 960 r/min, 干筋期风机转速 720 r/min) 对烤后烟叶外观质量、化学成分和感官评吸质量的改善效果较为突出。

目前密集烤房烤后烟叶的外观质量缺陷主要体现在烟叶的颜色、结构和油分方面, 进而影响了烟叶的吸食品质。首先, 密集烘烤使用循环风机强制通风换热排湿, 属于对流传热的范畴, 其干燥后的物料收缩率小, 空隙率低, 质地僵硬^[12-13]。其次, 密集烘烤阶段性的快速排湿, 不利于烟叶疏松结构的形成^[14]。另外, 热风干燥过程中增大风速能够加快物料的失水干燥速度, 但是风速只有在一定的范围内才能得到优质的干燥物料^[15-20]。若叶间隙风速过大则容易打破水汽饱和层的状态, 导致烤后烟叶颜色偏淡、油分少。而通风与烟叶的干燥关系密切, 最终影响烟叶的吸食品质。据研究, 烘烤过程中风速过高则烤后烟叶香气淡, 辛辣味重, 刺激性大; 风速低时烤后香气和吃味浓郁^[7]。另据相关研究表明, 如果定色期烟叶急剧脱水, 则烤后烟叶辛辣味和刺激性增强; 如果定色期烟叶脱水迟缓, 烤后烟叶辛辣味

和刺激性虽小,但香气显著发闷,香味不突出。

从烟叶烘烤过程中物质转化来看,烟叶淀粉酶活性在烘烤期间有两个峰值,第一个峰值出现在变黄期,且受含水量的依赖程度较小;第二个峰值出现在烘烤后期,而此时水分是重要的限制因子^[22-24]。因此在这个时期适当减小风速,并适当减慢升温速度,增加稳温时间,保证烟叶内的水分持续有度地排除,有利于提高淀粉酶活性,减少烤后烟叶淀粉残留量。

研究结果认为,烘烤过程中的通风状况影响了烟叶内的水分排出方式和含水量,进而影响烟叶内的生理生化变化与组织结构变化,对烟叶的外观质量和吸食品质的形成起着举足轻重的作用。因此,合理调节烘烤过程中的风机转速,使烟叶内的水分和保护酶类和降解酶类等达到同步变化,有利于在保持细胞内酶系统的氧化还原反应达到一定的动态平衡,使烟叶内的大分子物质和香气前提物质充分降解,达到改善烟叶质量的目的^[25-28]。

参考文献:

- [1]宋朝鹏,陈江华,许自成,等.我国烤房的建设现状与发展方向[J].中国烟草学报,2009,15(3):83-86
- [2]郭全伟,侯跃亮,宗树林,等.密集烤房在烘烤实践中的应用[J].中国烟草科学,2005(3):15-16
- [3]王方锋,谭青涛,杨杰,等.不同气流运动方向密集烤房与普通烤房对比研究[J].中国烟草科学,2007,28(2):17-18,37
- [4]铁燕,和智君,罗会龙.烟叶烘烤密集烤房应用现状及展望[J].中国农学通报,2009,25(13):260-262
- [5]王卫峰,陈江华,宋朝鹏,等.密集烤房的研究进展[J].中国烟草科学,2005(3):12-14
- [6]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):54-56,61
- [7]白震译.烟叶烘烤干筋的温度与香吃味[J].烟草科技,1984(1):56-60
- [8]宫长荣,周义和,杨焕文.烤烟三段式烘烤导论[M].北京:科学出版社,2006:174
- [9]宫长荣.烟草调制学[M].北京:中国农业出版社,2003:217-219
- [10]王彦亭,谢剑平,李志宏.中国烟草种植区划[M].北京:科学出版社,2010:24-29,36-37
- [11]王瑞新.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003:250-285
- [12]M askan M. Drying shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying[J]. Journal of Food Engineering 2001(48):177-182
- [13]Krokila M, Maroulis Z B. Effect of drying method on shrinkage and porosity[J]. Drying Technology, 1997, 10(3): 2441-2458
- [14]樊军辉,陈江华,宋朝鹏,等.不同烤房烘烤过程中烟叶形态和物理特性的变化[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2010,38(6):109-114
- [15]Velic D, Plinincic M, Tomas S, et al. Influence of airflow velocity on kinetics of convection apple drying[J]. Journal of Food Engineering 2004, 64(1):97-102
- [16]曾令彬,赵思明,熊善柏,等.风干白鲢的热风干燥模型及内部水分扩散特性[J].农业工程学报,2008,24(7):280-283
- [17]张建军,王海霞,马永昌,等.辣椒热风干燥特性的研究[J].农业工程学报,2008,24(3):298-310
- [18]杨薇,欧又成,张付杰,等.蘑菇热风、微波对流和微波真空干燥的对比试验[J].农业机械学报,2008,39(6):102-104,112
- [19]李爱平,汪春,胡军祥,等.热风干燥参数对苜蓿粗蛋白含量的影响[J].农业机械学报,2008,39(1):205-207
- [20]李沛生,刘伟涛,李丹丹,等.糖渍加应子的热风干燥特性及其表达模型[J].农业工程学报,2009,25(11):330-335
- [21]史宏志,刘国顺.烟草香味学[M].北京:中国农业出版社,1998:135-137
- [22]宫长荣,袁洪涛,周义和,等.烟叶在烘烤过程中淀粉降解与淀粉酶活性的研究[J].中国烟草科学,2001(2):9-11
- [23]宫长荣,袁洪涛,陈江华.烤烟烘烤过程中烟叶淀粉酶活性变化及色素降解规律的研究[J].中国烟草学报,2002,8(2):16-20
- [24]宫长荣,袁洪涛,陈江华.烘烤过程中环境湿度和烟叶水分与淀粉代谢动态[J].中国农业科学,2003,36(2):155-158
- [25]董志坚,陈江华,宫长荣.烟叶烘烤过程中不同变黄和定色温度下主要化学组分变化的研究[J].中国烟草科学,2000(3):21-24
- [26]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
- [27]黄山,杨虹琦,张发明,等.烘烤温湿度变化对不同烤烟品种烟叶膜脂过氧化作用的影响[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2009,35(5):485-492
- [28]宋朝鹏,高远,武圣江,等.密集烘烤定色期烟叶类胡萝卜素降解及相关酶活性变化[J].中国农业科学,2009,42(8):2875-2881