

烤烟烟夹烘烤过程中叶间隙风速的研究

徐宸¹,汪代斌¹,李常军¹,江厚龙¹,黄克久¹,陈少鹏¹,郭保银¹,路晓崇^{2*}

(1. 中国烟草总公司重庆市公司,重庆 400023;2. 河南农业大学烟草学院,河南 郑州 450002)

摘要: 为了解烘烤过程中烟叶的叶间隙风速变化以及影响风速变化的主要因素,对密集烤房中棚烟叶的8个位点的叶间隙风速、烤房的干湿球温度进行实时监测记录,并测定烘烤过程中叶片与主脉的含水率。结果表明:1)烘烤过程中叶间隙风速总体表现为先降低后升高的趋势,其中位点6的风速较低;2)湿球温度对风速的直接通径系数为-0.9749,叶片含水率对风速影响的直接通径系数为0.4044。因此,在烘烤过程中,可通过提高位点6的风速以及控制烟叶含水率和湿球温度,进一步改善烟叶质量。

关键词: 烤烟;散叶烘烤;叶间隙风速;烘烤阶段;通径分析

中图分类号: S572 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5639(2017)03-0012-04

DOI: 10.14091/j.cnki.kmxyxb.2017.03.004

The Research on Wind Speed of Leaves Gap in Tobacco-clamp during Curing Process

XU Chen¹, WANG Daibin¹, LI Changjun¹, JIANG Houlong¹, HUANG Kejiu¹, CHEN Shaopeng¹, GUO Baoyin¹, LU Xiaochong^{2*}

(1. Chongqing Tobacco Company of China National Tobacco Corp, Chongqing, China 400023;

2. College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan, China 450002)

Abstract: In order to study the changes of wind speed of tobacco leaves gap in curing process and the main factors that affect the wind speed change, the leaves gap wind of 8 loci in middle layers in the dense curing barn and the wet bulb temperature and dry bulb temperature were recorded in curing process, then the water content in leaf blade and main veins were determined. The results showed that 1) the wind speed of leaves gap showed a trend of decreasing firstly and then increasing, but the wind speed at the loci 6 was lower. 2) The direct path coefficient of the wet bulb temperature with the greatest influence on leaf gap wind speed was -0.9749 in the curing process. The direct path coefficient of the leaf water content with a greater effect on leaf gap wind speed was 0.4044. So in the curing process, the quality of tobacco leaves can be further improved by improving the wind speed at the loci 6, controlling the moisture content of the leaves and the wet bulb temperature.

Key words: flue-cured tobacco; lose-leaf curing; wind of leaf gap; curing stage; path analysis

烟叶密集烘烤是利用循环风机使热空气在烤房内不断流动,进而控制烟叶的变黄与失水^[1-3]。烘烤过程中热风将烟叶内部排出的水分带走,风速越大则烟叶水分被带走的效率越高^[4]。烘烤过程中叶间隙风速的大小对烟叶外观质量、感官质量以及化学成分的形成有着重要影响^[5-8]。宫长荣等^[9]研究表明,烘烤过程中叶层间风速在变黄阶段、定色阶段与干筋阶段分别为 (0.22 ± 0.05) 、 (0.35 ± 0.12) 、 (0.40 ± 0.17) m/s时,烤后烟外观质量较好。詹军等^[7-8]研究表明,适当降低

干筋期风机转速能明显改善烟叶的香气质量,且干筋前期降低风机转速对香气物质含量的影响相对于后期更大。马力等^[10]研究表明,装烟密度和变黄期风机转速对烟碱含量和烟叶总氮的影响均达到极显著水平。前人的研究对于烟叶质量的形成与经济价值的彰显取得了一定的成效^[11-17],然而现行密集烤房的循环风机只设置2个频率,对烟叶质量的形成有一定的影响^[18-20]。由于烘烤过程中叶间隙风速的变化除受循环风的影响外,还受到烟叶与空气性质的影响^[9],而这些因素对烟

收稿日期:2016-12-25

基金项目:中国烟草总公司重庆市公司资助项目(NY20150601070011)。

作者简介:徐宸(1969—),男,重庆人,高级农艺师,硕士,主要从事烟草种植、现代烟草农业建设、烟农专业合作社建设研究。

* 通讯作者:路晓崇(1988—),男,河南漯河人,在读硕士,主要从事数据挖掘与烟叶调制生理研究, E-mail: ruciyubici@163.com.

叶风速的影响的研究鲜见报道. 因此, 本试验拟对密集烘烤过程中各阶段、各位点的风速变化以及影响因素进行研究, 以期探索当前密集烤房的改进方向, 为实现烤烟精准烘烤、进一步提高烘烤质量提供参考.

1 材料与方法

1.1 材料

试验 2016 年在重庆市彭水县乔梓乡进行,供试烤烟品种为 K326,以成熟采收的中部烟叶为试验材料. 试验所用烤房为气流上升式 3 层装烟密集烤房(江苏科地现代农业有限公司),装烟方式为烟夹,鲜烟的装烟量为 4 000 kg. 风机低速运转 960 r/min,高速运转 1 440 r/min.

1.2 方法

按照烟夹烘烤工艺^[9]对试验烟叶进行烘烤,烘烤过程中烤房温湿度自控仪(江苏科地现代农业有限公司生产)每隔1 h对烤房内的干球温度与湿球温度进行记录,应用JTR07B多通道风速测试仪(北京世纪建通技术开发有限公司生产)中棚烟叶间隙的风速进行实时监控记录,在烤房内对中棚左右两路烟(见图1)设置风速仪传感器,烘烤过程中每隔4 h取一次样,每次对烤房靠近装烟门的中棚烟叶随机取20片,并用麻片将取过烟样留下的漏洞堵上,然后用剪刀将样品烟叶首尾各剪去1/3,并将烟叶的叶片与主脉剥离,利用杀青烘干法^[21]测量烟叶叶片和主脉的含水量。

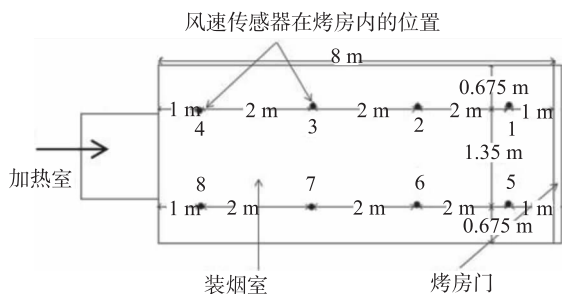


图1 风速传感器在烤房中的位置

1.3 数据处理

采用 Excel 2010 与 SPSS 21.0 对所得试验数据进行统计分析.

2 结果与分析

2.1 烘烤过程中不同位置的叶间隙风速分布

由下图 2 可知,8 个位点烘烤过程中叶间间隙差异较大,其中位点 1 风速基本呈上升趋势,但在 90 ~ 115 h 风速有所下降;与位点 1 相比位点 2 叶间间隙风速表现为先降后升的趋势,在烘烤的时间段 60 ~ 140 h 相对较低;位点 3 叶间间隙风速随着时间的推移逐渐降低;位点 4 风速呈“M”型变化,在烘烤的时间段 100 ~ 120 h 达到谷值;位点 5 风速呈“W”型变化,在烘烤的 50 ~ 60 h 以及 130 ~ 140 h 两个时间段为风速谷值;位点 6 整个烘烤过程风速均较低,仅在定色后期有部分时段风速较高;位点 7 与位点 8 风速变化表现较为一致,均表现为先升高后降低的趋势,但相同时间点位点 8 风速要高于位点 7。从整个烤房的平均风速看来,整个烘烤阶段风速表现为先降低后升高的趋势。

2.2 不同烘烤阶段各位点风速的差异分析

由表 1 可知,烘烤过程中变黄阶段位点 8 叶间隙风速显著大于其他位点,位点 1、位点 2、位点 4、位点 5 与位点 6 叶间隙风速间差异无统计学意义,位点 3 与位点 7 叶间隙风速间差异无统计学意义。定色阶段位点 3 叶间隙风速显著大于其他各位点,位点 1 与位点 6 风速间差异无统计学意义,且略低于位点 3,位点 2、位点 5、位点 7 与位点 8 的风速相对较小。在烘烤过程中定色阶段主要任务是将变黄完成的烟叶尽快将内部的水分排出烤房,实现烟叶叶片的干燥。干筋阶段各位点风速差异较大,其中位点 1 的风速显著大于其他各位点,位点 3、位点 5 与位点 6 的风速最小。整个烘烤过程除位点 1 与位点 6 外,其他位点风速有先降后升的趋势。

表 1 不同烘烤阶段不同位置叶间隙风速变化比较

烘烤阶段	风速位点							
	1	2	3	4	5	6	7	8
变黄阶段	0.075 2 c	0.071 3 c	0.142 3 b	0.076 1 c	0.068 6 c	0.077 0 c	0.125 1 b	0.193 4 a
定色阶段	0.084 3 b	0.052 1 d	0.098 4 a	0.072 3 c	0.047 9 d	0.085 2 b	0.047 3 d	0.046 1 d
干筋阶段	0.183 8 a	0.096 4 cd	0.085 2 de	0.105 6 c	0.082 1 de	0.069 7 e	0.087 4 cd	0.154 3 b

注:同一行相同字母表示位点间风速在 0.05 水平差异无统计学意义;不同字母表示位点间风速在 0.05 水平差异有统计学意义。

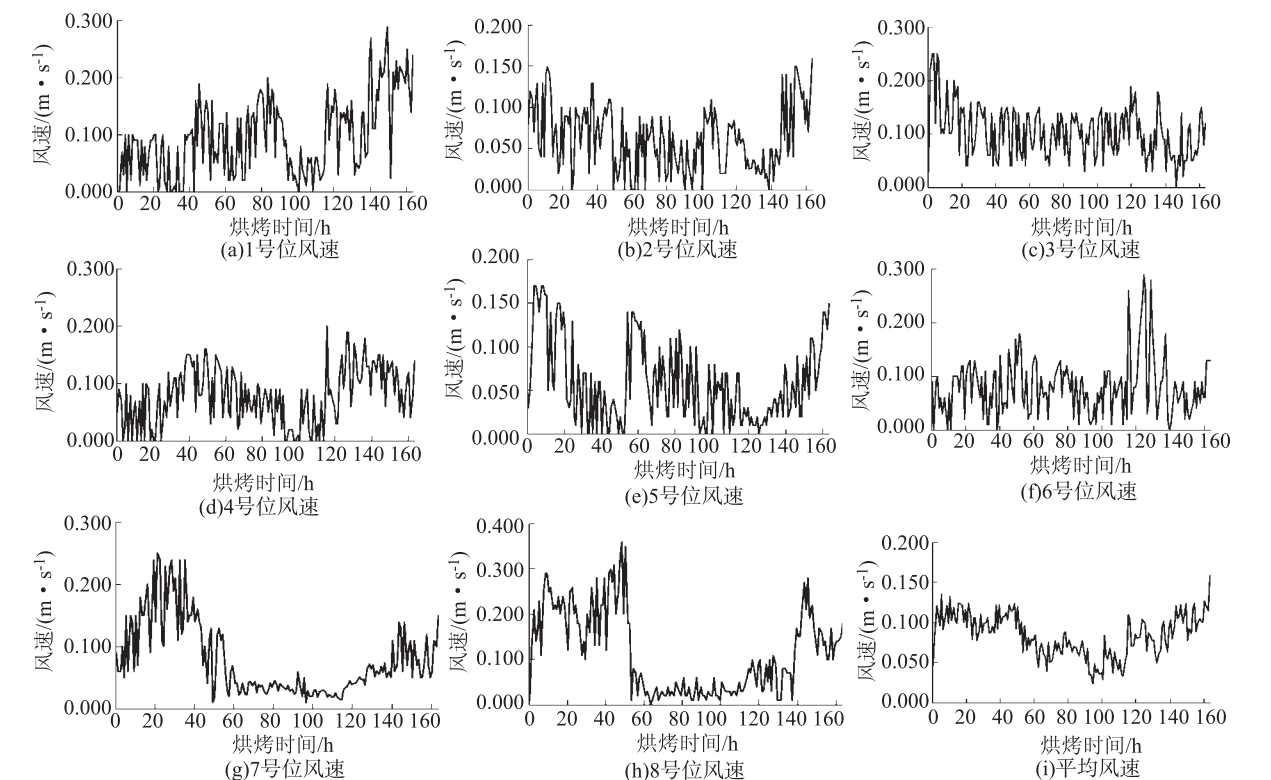


图2 烘烤过程中烤房内不同位置叶间隙风速变化

2.3 烤房内温湿度、烟叶含水量对叶间隙风速的影响

为探明烘烤环境、烟叶状态对叶间隙风速的影响,对烘烤过程中烤房内的干湿球温度、烟叶叶片与主脉的含水量及平均风速进行通径分析.由表 2 可知,干球温度对叶间隙风速的变化影响的直接通径系数为 - 0.091 4,表明干球温度对风速变化的影响较小;湿球温度对风速的直接影响最大,直接通径系数为 - 0.974 9,且干球温度、叶片含水率以及主脉含水率通过湿球温度对叶间隙风速的间接影响作用均相对较大,由此可知,湿球温度是烘烤过程中影响叶间隙风速的主要因素;叶片含水率对叶间隙风速也有较大影响,直接通径系数为 0.404 4,表明烟叶叶片含水率对叶间隙风速的变化的影响作用次之;主脉含水率对叶间隙风速的影响相对较小.

表 2 烘烤过程中干湿球温度、烟叶含水率与叶隙风速的通径分析

影响因子	干球温度	湿球温度	叶片含水率	主脉含水率
干球温度	-0.091 4	0.337 4	0.084 5	0.057 6
湿球温度	0.031 6	-0.974 9	0.210 7	-0.086 1
叶片含水率	-0.019 1	-0.507 9	0.404 4	-0.026 9
主脉含水率	-0.044 9	0.715 7	-0.092 7	0.117 3

注:划横线的数据表示该因素对风速的直接通径系数.

3 讨论

烟叶在烘烤过程中,烤房内不同位置具有不同

的风速与风压^[19],进而出现不同区域烟叶的变黄失水状况不一致的现象.本研究表明,不同烘烤阶段各位点的风速变化差异较大,与其他位点相比,距离加热室 3 m 处的风速在变黄阶段风速较高,但在定色或干筋阶段风速较低;然而位点 6(右路距离烤房门 3 m 处)处的风速在整个烘烤过程均表现较低,由于位点 6 处于烤房低温区所在位置,使得烟叶的变黄和干燥与周围烟叶相比相对滞后^[9],在生产过程中为了干燥此处垂直方向上低温层的烟叶需要消耗较多能源,因此在烘烤过程中可以在位点 6 的下方的地面上放置一块有一定坡度的导流板,增加此处风速与温度,提高烟叶变化的同步性.

烘烤过程中变黄期位点 8 的叶间隙风速显著高于其他位点,主要是由于变黄期烟叶的叶间隙空间较小,由于气流的运动,通过位点 8 的垂直风量较大,风速也相对较高;变黄末期循环风机由低速挡(在 380 V 额定电压下转速 960 r/min,下同)转换成高速挡(1 440 r/min),加热室进风量增加^[9],烟叶失水塌架发软,使得叶间隙的气流路径与风速流量发生改变;再者,烟叶失水程度不断增加,烤房内的相对湿度升高,热空气绝对含湿量增加^[22-23],通过叶间隙的热空气密度增加,致使进入定色阶段后除位点 1 外,风速均较小,且位点 3 的风速显著高于其他位点.定色后

期烟叶水分含量相对较低,烤房内的相对湿度较低,烤房热空气的干燥能力较强^[24],风速风道稳定使得风阻较小,与定色期相比即使循环风机切换成低速挡,干筋期风速依然比较大,使得位点1的风速显著大于其他各位点,这与詹军等^[7]的研究结果是一致的。然而各烘烤阶段叶间隙风速的大小与宫长荣等^[9]的研究结果有所差异,这可能是由于装烟方式与装烟密度的差异所致,还需要进一步的研究分析。

烘烤环境与烟叶含水量对风速变化有着不同程度的影响。本研究表明,湿球温度对叶间隙风速的变化影响较大,烘烤过程中湿球温度的高低决定了烤房排湿效率的快慢^[24],湿球温度越低烤房内与外界的空气交换量越大,变黄后期烟叶的失水量较大,叶片的发软塌架程度越高,叶间隙风速受到烟叶的阻力越强,进而导致风速减小^[18]。随着叶片含水率的降低,叶片由发软塌架到干燥定型,尤其是定色后期,叶片基本干燥收缩定型,热空气流动阻力减小,叶间隙风速增加^[18],使得叶片含水率对叶间隙风速有较强的正影响。在烟叶的烘烤过程中可以通过控制烟叶叶片含水率与湿球温度来调控叶间隙风速的变化,进而改善烟叶质量^[9]。

4 结论

通过对密集烤房(8.0 m×2.7 m×3.5 m)烘烤过程中叶间隙风速的研究可知,不同烘烤阶段不同烤房位点叶间隙风速的差异较大,尤其是在定色期与干筋期。风速变化总体表现为先降后升的趋势,位点6的风速在烘烤过程中一直表现较低。

湿球温度对叶间隙风速的影响最大,叶片含水率的影响次之,干球温度与主脉含水率对叶间隙风速的影响相对较小。烘烤过程中可以通过控制烤房的温湿度以及烟叶的含水率等对叶间隙风速进行调控,进而改善烟叶质量,但具体研究尚需在后续工作中进一步开展。

【参考文献】

- [1] 王胜雷,许锡祥,陈顺辉,等. 风机配置对热风循环烤房性能和烟叶烘烤质量的影响[J]. 中国烟草科学,2006,27(4):6-8,12.
- [2] 李晓燕,王生才,匡传富,等. 热风循环式机烘烤房烟叶烘烤效果研究[J]. 中国烟草科学,2007,28(6):36-38.
- [3] 邓云龙,崔国民,张树堂,等. 烤房类型及配套烘烤技术对烟叶淀粉含量的影响[J]. 烟草科技,2005(3):40-42.
- [4] 王能如,徐增汉,何明雄,等. 不同气流运动方向密集烤房烟叶烘烤质量差异研究[J]. 中国烟草科学,2011,32(2):81-85.
- [5] 樊军辉,陈江,宋朝鹏,等. 密集烘烤后期风机转速对烟叶香气与评吸质量的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2011,46(3):49-55.
- [6] 杨丽丽,袁芳,邓井青,等. 湘南稻作烤烟密集烤房风机转速组合研究[J]. 作物研究,2013,27(6):657-660.
- [7] 詹军,宫长荣,王涛,等. 密集烘烤干筋期风机转速对上部烟叶香气物质和评吸质量的影响[J]. 河南农业大学学报,2011,45(5):502-507.
- [8] 詹军,贺帆,宋朝鹏,等. 密集烘烤定色和干筋期风机转速对上部烟叶外观质量和内在品质的影响[J]. 河南农业大学学报,2011,45(6):617-623.
- [9] 宫长荣,陈江华,吴洪田,等. 密集烤房[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [10] 马力,宋朝鹏,段史江,等. 密集烤房装烟密度和变黄期风机转速对烟叶淀粉降解及经济性性状的影响[J]. 江西农业大学学报,2011,33(5):873-879.
- [11] 余金龙,谭方利,邓世雄. 烤房纳米功能涂料在烟叶烘烤中的应用效果[J]. 中国烟草科学,2009,30(5):29-33,40.
- [12] 王传义,孙福山,王廷晓,等. 不同成熟度烟叶烘烤过程中生理生化变化研究[J]. 中国烟草科学,2009,30(3):49-53.
- [13] 董志坚,陈江华,宫长荣,等. 烟叶烘烤过程中不同变黄和定色温度下主要化学组成变化的研究[J]. 中国烟草科学,2000,21(3):21-24.
- [14] 宫长荣,王爱华,王松峰,等. 烟叶烘烤过程中多酚类物质的变化及与化学成分的相关分析[J]. 中国农业科学,2005,38(11):2316-2320.
- [15] 朱佩,王传义,田福海,等. 特殊烟叶烘烤过程中生理生化变化及烤后质量特点[J]. 中国烟草科学,2014,35(1):32-36.
- [16] 王行,邱妙文,柯油松,等. 砖混二次配热密集烤房设计与应用[J]. 中国烟草学报,2010,16(5):39-43.
- [17] 訾莹莹,韩志忠,孙福山,等. 烤烟烘烤过程中品种间的生理生化反应差异研究[J]. 中国烟草科学,2011,32(1):61-65.
- [18] 宫长荣,杨焕文,艾复清,等. 烟草调制学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [19] 姚忠达,吴克松,周初跃,等. 不同烘烤方法对烟叶质量及香味成分的影响[J]. 中国烟草科学,2010,31(6):68-71.
- [20] 李旭华,邱妙文,文俊,等. 变频电机对密集烘烤烟叶质量的影响[J]. 中国烟草科学,2012,33(1):74-77.
- [21] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [22] 王志英,吴晓君,刘启东,等. 环境相对湿度对高疏水性PVDF膜结构与性能的影响[J]. 功能材料,2013,44(16):2320-2323,2328.
- [23] 熊程程,向飞,吕清刚,等. 温度和相对湿度对褐煤干燥动力学特性的影响[J]. 化工学报,2011,62(10):2898-2904.
- [24] 艾复清,刘垦. 变黄温湿度与烟叶焦油量和香吃味关系的研究[J]. 中国烟草科学,2008,29(4):46-50,53.