

密集烤房烘烤技术参数的测定与分析

孟智勇¹, 张保占¹, 马浩波¹, 张东峰²

(1. 河南省农业科学院 烟草研究中心, 河南 许昌 461000; 2. 许昌县烟草分公司, 河南 许昌 461000)

摘要: 研究了强制通风条件下密集烘烤过程中烤房内部温度、湿度和风速。结果表明, 强制通风条件下, 烤房内部温湿度更加均衡, 平面温度在可控范围, 烟叶变黄、失水差异不大; 层间平均温差 $\leq 1.5^{\circ}\text{C}$, 54°C 以前纵面干球温度呈上高下低趋势, 纵面湿球温度呈中间高上下低趋势。平面湿球温度比较稳定, 变化幅度小于干球温度, 利于烟叶内部化学物质的转化。纵面相对湿度分布呈上低下高的趋势, 无“冷气团”现象。底棚平面相对湿度较为均匀, 定色前期相对湿度较高, 在 $79.4\% \sim 97\%$, 该湿度在烟叶变黄的适宜湿度范围之内, 为烘烤定色奠定了良好的基础。定色后期, 底棚平面相对湿度 $25.6\% \sim 62\%$, 可以促使叶片及时干燥定色, 减少棕色化反应的发生。强制通风的风速远大于自然通风, 且一般都在 9 倍以上, 最高可达 25 倍以上, 极大促进烤房内部热气流循环和排湿, 提高烤房热能利用率和排湿效率。

关键词: 密集烤房; 强制通风; 相对湿度; 相对湿度; 风速

中图分类号: TS44 文献标识码: A 文章编号: 1004-3268(2011)04-0156-05

Measurement and Analysis of Parameters in Curing Barn under Forced Ventilation Condition

MENG Zhi-yong¹, ZHANG Bao-zhan¹, MA Hao-bo¹, ZHANG Dong-feng²

(1. Research Centre of Tobacco, Henan Academy of Agricultural Sciences, Xuchang 461000, China;

2. Xuchang County Tobacco Branch, Xuchang 461000, China)

Abstract: Internal temperature, humidity and wind speed were measured in the baking process of the curing barn under forced ventilation condition. The results were as following: Inside barn temperature and humidity conditions became more balanced, plane temperature was under controllable range, leaf yellowing and dehydration made little difference; The average temperature difference between layers was $\leq 1.5^{\circ}\text{C}$, the temperature of vertical surface dry bulb showed the trend of higher in the top but lower in bottom before 54°C . Longitudinal temperature of the wet bulb showed the trend of higher in the middle but lower in the top and bottom. Wet bulb plane temperature was more stable and the change range was less than that of dry bulb, which would facilitate the transformation of chemicals within tobacco leaves. Longitudinal distribution of relative humidity went to the trend of higher in the top but lower in bottom, and no “cold air group” phenomenon produced. Studio flat bottom was more uniform distribution, and relative humidity was higher in preset color period with $79.4\% \sim 97\%$, in the appropriate range of leaves turning yellow and laying a good foundation for baking color. Fixative bottom shelf late plane humidity was $25.6\% \sim 62\%$, which prompted dried leaf color in time, and reduced the occurrence of browning reaction. The wind speed of forced ventilation was much larger than natural ventilation, generally 9 times or more than 25 times, greatly promoting the barn hot air circulation inside and humidity obviation

收稿日期: 2010-11-10

基金项目: 河南省烟草专卖局科技项目(HYKJ200608)

作者简介: 孟智勇(1974-), 男, 河南鄆城人, 助理研究员, 本科, 主要从事烟草调制研究工作。

E-mail: meng4363309@126.com

and improving energy utilization efficiency and moisture obviation efficiency in curing barn.

Key words: Bulk curing barns; Forced ventilation; Relative temperature; Relative humidity; Wind speed

烤房是烤烟生产必不可少的专用设备,烤房性能的优劣直接关系到烟叶烘烤的成败,是烤好烟叶的重要保障^[1]。密集烤房代表烤房发展方向,因此研究对密集烤房的烘烤性能十分重要。有关研究表明,密集烘烤过程中,温度、湿度和通风等条件均对烟叶外观和内在品质有较大影响^[1-2],因此进行密集烤房热空气参数的测定和研究,对于提高烤房的烘烤性能、完善烤房设计、提高烟叶质量具有重要意义。为此,在 2008 年烘烤季节,对密集式烤房内部的温度、湿度、风速进行了测定,旨在探索研究密集式烤房的工作原理、工艺特性和气流运动规律,从而为烟草工业发展提供技术支持。

1 材料和方法

1.1 试验处理

试验安排在许昌县陈曹乡史庄村的密集式烤房群,试验用烤烟品种为中烟 100,田间长势一致,成熟度较好。烤房装烟量 400 竿,竿距 12cm,装烟密度 41.7~50 kg/m³。

1.2 供试烤房

采用江苏科地现代农业股份有限公司 KH-3-s 型气流下降式密集烤房进行试验,该烤房规格为 8m×2.7m×3.6m,装烟方式为烟竿,设计容纳 1.33~1.67 hm² 烟叶量,热风室外置,烤火方式为立式炉散煤。火管为钢材横向散热器上置,风机为 2 个 0.15 kW,上置,使用三相电源。

1.3 测定仪器

温湿度观测仪器为郑州金叶电子工程有限公司生产的烟叶烘烤多点电子干湿球温度仪;风速测定仪器为天津气象仪器厂生产的 EX-2A 型电子微风仪。

1.4 烤房内部干湿温度、风速测定位点

烤房平面干、湿球温度测定位点分布如图 1 所示;烤房纵面干、湿球温度测定位点分布如图 2 所示;风速测定的位点如图 3、图 4 所示。

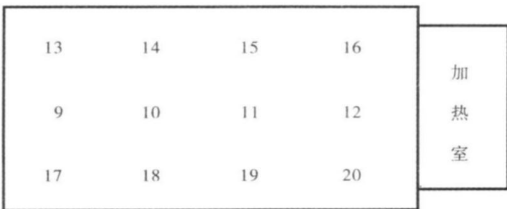


图 1 烤房底棚温湿度平面测定位点分布情况

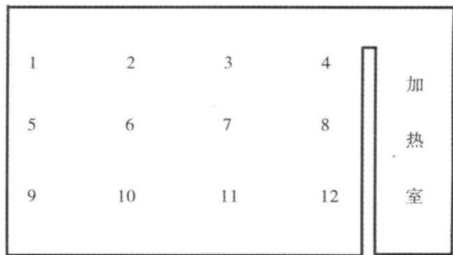


图 2 烤房温湿度纵面测定位点分布情况

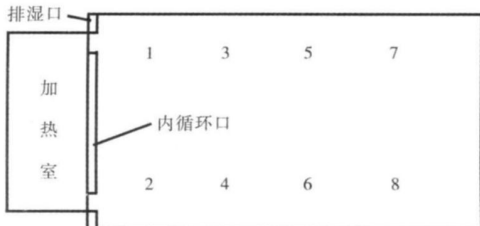


图 3 烤房地面、底棚风速测定位点分布情况

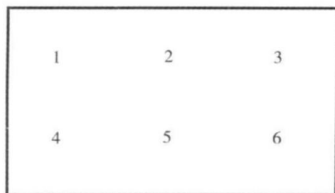


图 4 烤房排湿口、内循环口风速测定位点分布情况

2 结果与分析

2.1 烤房内部温度测定结果

为了解密集烤房烘烤过程中烤房内部温度分布情况,在烘烤关键时期(干球温度 38~54 ℃)对密集式烤房底棚平面和烤房纵面温度进行多点测定,每 2 h 测定一次,每位点共测 2 次计算平均数。测定结果如表 1、表 2 所示。

表 1 烤房底棚平面温度测定结果		℃				
测定位点	指标	目标温度				
		38.0	42.0	46.0	50.0	54.0
13	干球温度	36.1	39.5	42.0	46.6	52.6
	湿球温度	35.8	36.3	36.7	36.8	36.8
14	干球温度	36.5	40.0	43.3	48.3	54.8
	湿球温度	36.0	36.4	37.0	36.8	36.5
15	干球温度	36.3	39.0	43.8	46.7	52.9
	湿球温度	36.2	36.0	36.8	36.8	36.5
16	干球温度	36.1	40.5	42.2	46.0	52.5
	湿球温度	36.1	36.7	36.5	36.8	36.5
9	干球温度	36.4	42.2	43.9	48.9	55.0
	湿球温度	35.9	36.8	36.7	36.3	37.0

续表 1 烤房底棚平面温度测定结果℃						
测定位点	指标	目标温度				
		38.0	42.0	46.0	50.0	54.0
11	干球温度	36.5	41.8	45.0	48.9	55.2
	湿球温度	36.1	36.5	36.5	36.0	36.8
11	干球温度	36.6	41.0	43.8	47.4	52.6
	湿球温度	35.8	36.2	36.9	36.8	37.0
12	干球温度	36.0	40.0	44.0	46.7	53.1
	湿球温度	35.5	36.1	36.4	36.3	36.2
17	干球温度	36.0	41.5	43.5	47.9	54.3
	湿球温度	35.7	36.2	36.4	36.0	36.5
18	干球温度	36.0	41.8	44.0	48.8	54.5
	湿球温度	35.8	36.5	36.4	36.6	37.1
19	干球温度	36.1	40.2	43.5	47.5	53.5
	湿球温度	36.0	36.3	37.0	36.7	36.6
20	干球温度	36.0	41.4	42.7	47.9	54.3
	湿球温度	35.8	36.3	36.2	36.2	36.5
最大温差	干球温度	0.6	3.2	3.0	2.9	2.7
	湿球温度	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9

表 2 烤房纵面温度测定结果℃						
测定位点	指标	目标温度				
		38.0	42.0	46.0	50.0	54.0
1	干球温度	37.6	42.3	45.6	49.5	55.6
	湿球温度	36.1	36.4	36.5	36.7	35.9
2	干球温度	38.0	42.6	45.7	49.6	55.8
	湿球温度	36.3	35.9	37.0	36.6	35.4
3	干球温度	38.0	42.9	44.8	50.0	54.1
	湿球温度	36.0	36.5	36.3	36.8	36.3
4	干球温度	36.6	41.6	44.8	48.2	54.1
	湿球温度	35.0	36.2	36.3	36.7	35.5
平均	干球温度	37.6	42.4	45.4	49.3	54.9
	湿球温度	35.9	36.3	36.5	36.7	35.8
5	干球温度	37.7	42.7	45.5	49.4	55.3
	湿球温度	35.7	36.5	36.7	36.7	36.3
6	干球温度	37.2	41.8	44.9	48.5	54.7
	湿球温度	36.1	36.5	36.8	36.7	36.3
7	干球温度	37.6	41.3	44.9	48.7	55.1
	湿球温度	36.1	37.1	36.8	37.5	36.9
8	干球温度	36.4	41.2	44.5	48.8	55.1
	湿球温度	36.3	39.0	36.9	37.0	36.5
平均	干球温度	37.2	41.8	45.0	48.9	55.1
	湿球温度	36.1	37.3	36.9	37.0	36.5
9	干球温度	36.4	42.2	43.9	48.9	55.0
	湿球温度	35.9	36.8	36.7	36.3	37.0
10	干球温度	36.5	41.8	45.0	48.9	55.2
	湿球温度	36.1	36.5	36.5	36.0	36.8
11	干球温度	36.6	41.0	43.8	47.4	52.6
	湿球温度	35.8	36.2	36.9	36.8	37.0
12	干球温度	36.0	40.0	44.0	46.7	53.1
	湿球温度	35.5	36.1	36.4	36.3	36.2
平均	干球温度	36.4	41.4	43.9	48.0	53.9
	湿球温度	35.8	36.4	36.6	36.4	36.8
最大温差	干球温度	1.2	1.4	1.5	1.3	1.2
	湿球温度	0.3	1.0	0.3	0.6	1.0

烘烤过程中,干球温度代表烤房内的空气温度,代表烟叶被加热的程度,影响叶内生命活动、物质转化,以及烟叶水分蒸发与排除,只有保持适宜的干球

温度,才能满足叶内物质转化和烟叶水分散失需要的热能供应。湿球温度基本上可以反映或代表湿烟叶的组织温度,因此烘烤过程中必须保证湿球温度基本稳定³。由表 1、表 2 可知,在机械强制通风条件下,密集烤房内部的温湿度更加均衡,平面干球温度最大温差在 38℃时为 0.6℃,42℃时为 3.2℃,46℃时为 3.0℃,50℃时为 2.9℃,54℃时为 2.7℃,干球温度最大温差随温度上升有先快速上升后缓慢下降的趋势,平面干球温度在可控范围,烟叶变黄,失水差异不大。不同温度段,平面湿球最大温差差异不大,最大不超过 0.9℃。54℃以前纵面干球温度始终呈上高下低趋势。另外,棚次间平均干球最大温差不得超过 1.5℃,平均干球最大温差随温度上升有先上升后下降的趋势,与平面干球温度最大温差规律相近。纵面湿球温度始终呈中间高上下低趋势。此外,棚次间平均湿球最大温差不得超过 1.0℃。54℃时纵面干球温度呈中间高上下低趋势,纵面湿球温度呈上低下高趋势。烤房平面干球温度变化幅度大于平面湿球温度变化幅度,同一温度条件下,湿球温度比较稳定,有利于烟叶内部化学物质的转化和烟叶质量稳定提高³。

2.2 烤房内湿度结果

2.2.1 烤房平面相对湿度 由表 1 计算平面相对湿度,结果如表 3 所示;相对湿度是空气的重要参数,其数值大小标志着空气被水分饱和的程度。烘烤环境中的相对湿度对烟叶烘烤的作用相当大。没有适宜的相对湿度,烟叶就不能维持必须的生命活动,烘烤作业不能圆满进行⁴。由表 3 可知,烤房底棚平面相对湿度分布较为均匀,在可控范围内。前期(42℃以前)相对湿度较高,在烟叶变黄的适宜湿度范围,烟叶变黄快,失水较多,既确保烟叶变黄,又为烘烤定色奠定了良好的基础。后期(46℃以后)底棚平面相对湿度适宜,促使烟叶及时干燥定色,减少棕色化反应的发生,利于烟叶内在化学成分充分转化,

表 3 烤房平面相对湿度%					
测定位点	目标温度/℃				
	38.0	42.0	46.0	50.0	54.0
13	97	74	68	46	29
14	96	71	64	41	24
15	99	73	59	47	28
16	100	72	65	48	29
9	96	75	57	38	25
10	96	67	58	34	24
11	95	69	57	47	32
12	96	74	66	46	26
17	98	67	59	39	23
18	98	69	58	40	27
19	99	73	62	43	27
20	94	68	61	40	23

提高烟叶外观和内在质量。

2.2.2 烤房纵面相对湿度 由表 3 计算纵面相对湿度, 结果见图 5。在烘烤的关键时期, 密集烤房纵面相对湿度分布均呈上低下高的趋势, 无“冷气团”现象^[3-4], 利于烟叶分层失水变黄。

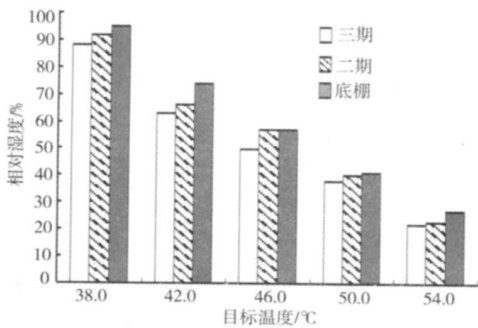


图 5 烤房纵面相对湿度分布

2.3 风速测定结果

2.3.1 烤房底棚风速 在烤房排湿状态下, 强制通风的风速均明显大于自然通风, 且一般都在 9 倍以上, 最高可达 25 倍以上。在自然通风模式下, 地面风速随排湿进程呈下降趋势, 叶尖风速呈上升趋势。在强制通风模式下, 各期均为地面平行的风速最大, 变黄期略有下降, 凋萎期最高, 定色期下降。如图 6 所示, 密集式烤房强制通风时, 叶尖垂直风速, 在 0.286~0.308 m/s 之间, 与日本研究提出的密集式烤房叶间隙适宜的通风速度 0.2~0.3 m/s 相吻合^[5-7], 利于烟叶正常失水变黄、定色干筋, 满足烟叶烘烤需要。在自然通风状态下, 烤房内部风速过小, 叶尖垂直风速最大仅为 0.038 m/s, 与叶间隙适宜的通风速度相差 5~8 倍, 无法满足烟叶正常烘烤需要, 特别是在 38℃变黄期到 46℃定色期, 这一期间烟叶水分蒸发量较大, 烤房内部相对湿度较高, 局部区域相对湿度可达 100%, 烤房排湿任务较重, 若这一时期停电容易烤坏烟叶, 因此必须配备备用电源, 才能满足烟叶烘烤需要。

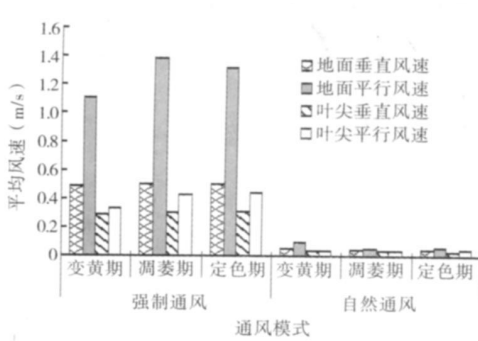


图 6 2 种通风模式下的平均风速

2.3.2 排湿口风速 烤房排湿口风速, 有助于弄清烤房排湿效果。排湿口风速测定结果平均数见图 7。在测定的 3 个时期, 强制通风状态下的风速均明显大于自然通风状态下的风速。在变黄期强制通风状态下, 排湿口平均风速为 0.66 m/s, 自然通风状态下, 排湿口平均风速仅为 0.103 m/s, 二者相比相差 5.4 倍; 在凋萎期强制通风状态下, 排湿口平均风速为 1.24 m/s, 自然通风状态下, 排湿口平均风速仅为 0.116 m/s, 二者相比相差 9.7 倍; 在定色期强制通风状态下, 排湿口平均风速为 0.91 m/s, 自然通风状态下, 排湿口平均风速仅为 0.175 m/s, 二者相比相差 4.2 倍。强制通风极大促进烤房排湿, 提高烤房排湿效率, 利于烟叶正常失水变黄, 减少因湿气排不出造成烟叶烤黑现象。

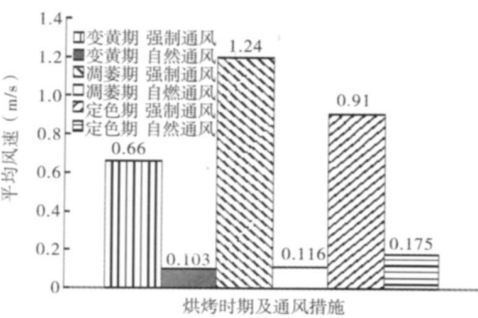


图 7 排湿口风速测定结果

2.3.3 内循环口风速 对内循环口风速测定有助于了解密集烤房热能的重叠利用效果。将 6 次风速测定结果计算平均数整理如图 8 所示, 在测定的 3 个时期, 强制通风状态下的风速均明显大于自然通风状态下的风速。在变黄期强制通风状态下, 内循环口平均风速为 4.233 m/s, 自然通风状态下, 排湿口平均风速仅为 0.132 m/s, 两者相比, 强制通风时平均风速是自然通风时平均风速的 32.07 倍; 在凋萎期强制通风状态下, 内循环口平均风速为 4.333 m/s, 自然通风状态下, 排湿口平均风速仅为 0.182 m/s, 两者相比, 强制通风时平均风速是自然通风时平均风速的 23.81 倍; 在

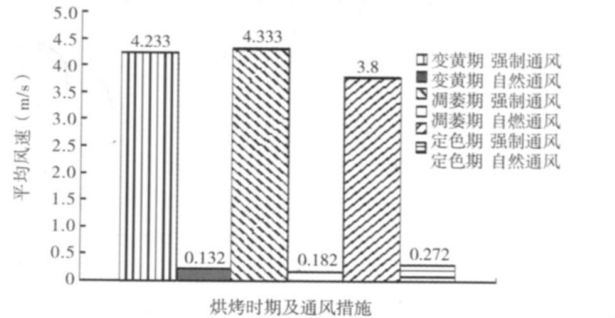


图 8 内循环口风速测定结果

定色期强制通风状态下,排湿口平均风速为 3.8 m/s ,自然通风状态下,排湿口平均风速仅为 0.272 m/s ,两者相比,强制通风时平均风速是自然通风时平均风速的13.97倍。从以上结果可知,强制通风极大促进烤房内部热气流循环,提高热能利用率,利于烤房节能,降低煤炭消耗,减少环境污染。

3 结论与讨论

1) 自然气流上升式烤房在我国已沿用百年,其烤房内部的温度、湿度和气流运行规律研究已有报道,在烘烤中期烤房的温湿度分布规律为:底层烟叶的环境温度最高,相对湿度最低;中层温度最低,湿度最高;顶层的温湿度居中,在烤房中部形成一个冷气团,对烟叶烘烤质量产生不利影响^[3]。本试验结果表明,密集烤房内部温度、湿度和气流运行规律与自然气流上升式烤房相比明显不同。

在强制通风条件下,密集烤房内整体温湿度更加均衡。平面温度最大温差 $\leq 3.2^\circ\text{C}$,在可控范围,烟叶变黄、失水差异不大; 54°C 以前纵面干球温度始终呈上高下低趋势,纵面湿球温度始终呈中间高上下低趋势, 54°C 时纵面干球温度呈中间高上下低趋势,纵面湿球温度呈上低下高趋势。烤房平面干球温度变化幅度大于平面湿球温度,同一温度条件下湿球温度比较稳定,利于烟叶内部化学物质的转化和烟叶质量稳定提高。

烤房内纵面相对湿度分布均呈上低下高的趋势,无冷气团现象。烤房底棚平面相对湿度分布较为均匀,在可控范围内。烘烤变黄阶段到定色前期(42°C 以前)相对湿度较高,在 $79.4\%\sim 97\%$ 之间,在烟叶变黄的适宜湿范围,烟叶变黄快,失水较多,既确保烟叶变黄,又为烘烤定色奠定了良好的基础。烘烤定色中期到定色结束($46\sim 54^\circ\text{C}$)底棚平面相对湿度 $25.6\%\sim 62\%$ 之间,促使烟叶干燥定色,减少棕色化反应的发生,利于烟叶内在化学成分充分转化,提高烟叶外观和内在质量。

密集烤房的湿热交换主要依靠风机的风力循环实现的。湿热空气运动以地面平行方向为主,垂直向下的方向为辅。在自然通风状态下,烤房内部风速过小,叶尖垂直风速最大仅为 0.038 m/s ,与叶间隙适宜的通风速度相差5~8倍,无法满足烟叶正常烘烤需要;在强制通风状态下,叶尖垂直风速在 $0.286\sim 0.308\text{ m/s}$ 之间,与密集式烤房叶间隙适宜的通风速度 $0.2\sim 0.3\text{ m/s}$ 相吻合,利于烟叶正常失水变黄满足烟叶烘烤需要。烤房在强制通风时风速变化规律与自然通风相似,强制通风的风速均明显

大于自然通风,且一般都在9倍以上,最高可达25倍以上。排湿口和内循环口风速测定结果表明,强制通风极大促进烤房排湿和内部热气流循环,提高烤房排湿效率和热能利用率。

2) 尽管密集烘烤能够有效提高烟叶质量和生产效率,减少生产用工、降低劳动强度和技术复杂性,节约能源,适应烤烟规模化种植和生产社会化发展需要^[1],但在推广应用过程中暴露出一些问题和不足。

目前密集烤房装烟方式主要采用烟竿装烟,本次试验装烟人员尽管努力加密,竿距也只能缩短为 12 cm (装烟密度 $41.7\sim 50\text{ kg/m}^3$),与目前国内公认的适宜装烟密度 $60\sim 70\text{ kg/m}^3$ 还是有不小的差距,无法实现真正的密集烘烤,因此装烟方式急需研究改进,进一步提高烤房装烟密度,提高烤房空间利用效率。

加热设备方面,我国主要以煤为供热源,随着经济的发展和科技的进步,能源日益紧张,再加上燃煤污染严重,因此,应进一步加大供热方式或新能源替代研究探索,减少废气、废渣排放,保护农村生态环境,共建和谐社会。

虽然密集烘烤提高烟叶整体烘烤质量,但密集烘烤出现叶面光滑、僵硬、颜色浅淡等现象,烟叶油分减少,香气量降低,影响了烟叶的工业可用性,而国外如巴西、美国普遍使用密集烤房,此类问题反映并不突出,所以,影响烟叶烘烤质量的根本原因不在于密集烤房本身,而是烘烤工艺不当所致,是目前所执行的工艺不能完全适应密集烤房。因此必须加强密集烘烤配套烘烤工艺研究,实现“良炕良法”配套。

密集烘烤自动化程度不高,在烘烤过程中不能完全实现自动化,还需人工辅助加煤,手动温湿度控制等,同时温湿度控制精度不高,影响烟叶质量提高。

农村烟区由于电力不稳,在烘烤季节经常出现停电现象,因此每个密集烤房群必须配备发电机。

参考文献:

- [1] 宫长荣,何宽信,孙兆双,等.密集式烘烤[M].北京:中国轻工业出版社,2007.
- [2] 闫克玉,赵铭钦.烟草原料学[M].北京:科学出版社,2008.
- [3] 宫长荣.烟草调制学[M].北京:中国农业出版社,2003.
- [4] 宫长荣,王能如,汪耀富.烟叶烘烤原理[M].北京:科学出版社,1995.
- [5] 刘乃云.烤烟烘烤条件与香吃味的关系[J].烟草科技,1979(2):63.
- [6] 茆寅生.日本烟草调制研究——I 烤烟烘烤条件与香吃味的关系[J].中国烟草,1986(2):40-42.
- [7] 白震.烤烟烘烤干筋期的温度与香吃味[J].烟草科技,1984(1):56-60.