

# 不同烤房烘烤过程中烟叶形态和物理特性的变化

樊军辉<sup>1</sup>, 陈江华<sup>2</sup>, 宋朝鹏<sup>1</sup>, 官长荣<sup>1</sup>

(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]** **【目的】**在研究不同烤房烘烤过程中烟叶形态变化的基础上,探讨造成密集烤房烤后烟叶光滑、僵硬的原因,为优化密集烘烤工艺提供理论依据。**【方法】**以烟株中上部烟叶为试验材料,研究密集烤房与普通烤房烘烤过程中烟叶的形态变化,并比较烤后烟叶物理特性的差异。**【结果】**在密集烤房烘烤过程中,烟叶形态变化呈现出变黄期缓慢、定色期剧烈、干筋期又减缓的趋势;而在普通烤房烘烤过程中,烟叶形态变化相对平缓。密集烤房烤后烟叶各形态指标除上部烟叶纵向卷曲度外,烟叶纵向收缩率、横向收缩率、面积收缩率、厚度收缩率、横向卷曲度及中部烟叶纵向卷曲度均显著或极显著小于普通烤房的相应处理。与普通烤房相比,密集烤房烤后烟叶单叶质量、叶质重与叶片厚度较大,而含梗率、平衡含水率与拉力较小。**【结论】**密集烘烤条件下烟叶形态变化较小,并最终导致烟叶组织紧密及个别物理特性指标较差。

**[关键词]** 烤烟;密集烤房;普通烤房;烟叶形态;物理特性

**[中图分类号]** TS41<sup>+</sup>2;TS44<sup>+</sup>1

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2010)06-0109-06

## Changes in states and physical properties of tobacco leaves during curing in different curing barns

FAN Jun-hui<sup>1</sup>, CHEN Jiang-hua<sup>2</sup>, SONG Zhao-peng<sup>1</sup>, GONG Chang-rong<sup>1</sup>

(1 College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China;

2 China Leaf Tobacco Corporation, Beijing 100055, China)

**Abstract:** **【Objective】**Based on study of states changes of flue-cured tobacco leaves during curing, reasons for slickness and stiffness of tobacco leaves cured in bulk curing barn were discussed to provide theoretical foundation to optimize bulk curing technology. **【Method】**Differences of states changes and physical properties of tobacco leaves cured in bulk curing barn and traditional flue-curing barn were studied, taking lumbar and upper leaves as experimental materials. **【Result】**States of tobacco leaves changed slowly in leaf-yellowing stage, rapidly in leaf-drying stage and slowly in stem-drying stage during bulk curing, but they were more smooth in traditional flue-curing barn. States changing values such as vertical shrinkage, horizontal shrinkage, area shrinkage, thickness shrinkage, horizontal rolling index of tobacco leaves and vertical rolling index of lumbar leaves in bulk curing barn were significantly or extremely significantly smaller than that of corresponding treatment in traditional flue-curing barn expect vertical rolling index of upper leaves in the end. Single leaf weight, leaf density and thickness of tobacco leaves cured in bulk curing barn were bigger, whereas percentage of stem, balanced moisture content and tensile breaking strength were smaller than that cured in traditional flue-curing barn. **【Conclusion】**States of tobacco leaves changed less during bulk curing, causing tight structure and some non-ideal physical properties of tobacco leaves.

**Key words:** flue-cured tobacco; bulk curing barn; traditional flue-curing barn; state of tobacco leaves;

\* [收稿日期] 2009-12-03

[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,河北大名人,在读硕士,主要从事烟草调制研究。E-mail: fanjunhui1985@163.com

[通信作者] 官长荣(1948—),男,河南荥阳人,教授,主要从事烟草调制研究。E-mail: gongchro09@126.com

physical property

随着我国现代烟草农业的发展,密集烤房在各烟区得到了大力推广,其节能、省工、提升烟叶整体质量等优势也不断显现,已经成为我国烤烟设备的发展趋势<sup>[1-3]</sup>。然而,近几年的试验和调研结果表明,经密集烤房烘烤的烟叶容易出现叶面光滑、僵硬、颜色淡等现象,致使烟叶油份、香气量等降低,严重影响了烟叶的工业可用性<sup>[4-6]</sup>。目前,关于光滑、僵硬烟叶形成的原因以及烘烤过程中烟叶形态结构和组织结构的变化已有一些研究<sup>[7-10]</sup>,但均未从根本上揭示密集烘烤条件下烟叶光滑和僵硬形成的原因及机理。为此,本试验以烤烟品种“新 NC89”的中上部烟叶为材料,对密集烤房与普通烤房烘烤过程中烟叶的形态变化规律进行了对比研究,以期从普通烤房中得到启发,改善密集烘烤工艺,解决密集烘烤烟叶的质量缺陷,提高烟叶的工业可用性。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

试验于 2009 年在洛阳市汝阳县蔡店乡仝沟村进行,供试烤烟品种为“新 NC89”。试验田地势平坦,土壤质地为红黏土,肥力中等,纯氮用量 45.0 kg/hm<sup>2</sup>,N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 的质量比为 1:2:3。05-05 移栽,种植株行距 50 cm×120 cm,田间管理按照优质烤烟栽培生产技术规范进行。供试烤房为气流下降卧式密集烤房和自然通风气流上升式普通烤房 2 种,各 3 座,2 种烤房的规格分别为:密集烤房 2.7 m×8 m,装烟 3 层 2 路;普通烤房 2.7 m×2.7 m,装烟 5 层 2 路。以中部叶(第 11~12 叶位)和上部叶(第 15~16 叶位)为试验材料,依据成熟标准采收,编竿后标记,分别置于 2 种烤房的第 2 层烘烤。

### 1.2 试验处理

试验共设 4 个处理。T1:中部叶密集烤房烘烤,装烟 3 500 kg;T2:中部叶普通烤房烘烤,装烟 900 kg;T3:上部叶密集烤房烘烤,装烟 3 000 kg;T4:上部叶普通烤房烘烤,装烟 800 kg。2 种烤房分别参照三段式烘烤工艺烘烤,每个处理重复 3 次,不同烤房同部位烟叶每次重复在同一天内完成采收、装炕及开烤。

### 1.3 测定项目及方法

取鲜烟叶、烤后烟叶及烘烤过程中烤房内温度达到 38℃末、42℃末、47℃末和 54℃末时的烟叶各 60 片,用直尺(浙江义务博大文具有限公司生产)

测量烟叶的长度、宽度、叶边缘距离及叶尖至叶柄的距离,用叶片厚度仪(浙江托普仪器有限责任公司生产)测量烟叶的厚度,烤后分别取 C3F 和 B2F 用于测定烟叶的物理特性。烘烤过程中取样空隙部位用麻袋片填充,防止空隙对下次取样带来误差。

烟叶纵向收缩率 = ((鲜烟叶长度 - 取样时烟叶长度) / 鲜烟叶长度) × 100%;

烟叶横向收缩率 = ((鲜烟叶宽度 - 取样时烟叶宽度) / 鲜烟叶宽度) × 100%;

烟叶厚度收缩率 = ((鲜烟叶厚度 - 取样时烟叶厚度) / 鲜烟叶厚度) × 100%;

烟叶面积收缩率参照赵铭钦等<sup>[8]</sup>的方法计算。烟叶卷曲度的计算参照朱德峰等<sup>[11]</sup>的方法并略有改进,计算公式如下:

烟叶纵向卷曲度 = ((L<sub>a</sub> - L<sub>b</sub>) / L<sub>a</sub>) × 100%;

烟叶横向卷曲度 = ((W<sub>a</sub> - W<sub>b</sub>) / W<sub>a</sub>) × 100%。

式中:L<sub>a</sub> 代表烟叶展平时的长度,L<sub>b</sub> 代表烟叶自然卷曲状态下叶尖至叶柄的距离,W<sub>a</sub> 代表烟叶展平时的宽度,W<sub>b</sub> 代表烟叶自然卷曲状态下叶边缘之间的距离。

烟叶的物理特性参照吉书文等<sup>[12]</sup>的方法测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同烤房烘烤过程中烟叶的收缩状况

2.1.1 烟叶纵向收缩率 从表 1 可以看出,烘烤过程中烟叶纵向收缩率逐渐增大。在变黄期(38 和 42℃ 2 个阶段),各处理烟叶纵向收缩率变化较小,至 42℃ 变黄结束时,T2 和 T4 的烟叶纵向收缩率分别显著大于 T1 和 T3,T1 和 T2 的烟叶纵向收缩率分别大于 T3 和 T4,但差异均不显著。在定色期(42℃ 末至 54℃ 末),随着叶片逐渐失水干燥,各处理烟叶纵向收缩率迅速增加,T1-T4 处理烟叶纵向收缩率增幅分别为 353.44%,320.00%,319.27% 和 301.60%。可见,在定色期,T1 和 T3 的烟叶纵向收缩率变化幅度分别较 T2 和 T4 明显,T1 和 T2 的烟叶纵向收缩率较 T3 和 T4 大。在 54℃ 末定色结束时,T1 和 T3 的烟叶纵向收缩率分别极显著小于 T2 和 T4,T1 极显著大于 T3,T2 显著大于 T4。从 54℃ 末至烘烤结束,各处理烟叶纵向收缩率增加幅度减小,烤后烟叶纵向收缩率从大到小依次为 T2、T4、T1 和 T3,其中 T2 和 T4 分别极显著大于 T1 和 T3,T2 显著大于 T4,T1 极显著大于 T3。

表 1 不同烤房烘烤过程中烟叶纵向收缩率的变化

Table 1 Changes of vertical shrinkage of tobacco leaf during curing in different curing barns

%

| 处理<br>Treatment | 38 ℃末<br>The end of 38 ℃ | 42 ℃末<br>The end of 42 ℃ | 47 ℃末<br>The end of 47 ℃ | 54 ℃末<br>The end of 54 ℃ | 烤后<br>After cured |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|
| T1              | 1.46±0.07 abA            | 2.62±0.42 bcAB           | 8.53±0.26 bBC            | 11.88±0.90 bB            | 12.65±0.23 cB     |
| T2              | 1.66±0.20 aA             | 3.45±0.43 aA             | 11.98±0.25 aA            | 14.49±0.68 aA            | 15.46±0.72 aA     |
| T3              | 1.42±0.14 bA             | 2.18±0.34 cB             | 6.28±1.73 cBC            | 9.14±1.25 cC             | 10.12±0.78 dC     |
| T4              | 1.45±0.03 abA            | 3.13±0.07 abA            | 9.02±1.31 bAB            | 12.57±0.71 bAB           | 14.20±0.37 bAB    |

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( $P<0.05$ )。下表同。

Note: Different capital and small letters within the same column indicate extremely significant difference ( $P<0.01$ ) and significant difference ( $P<0.05$ ). The following tables are the same.

2.1.2 烟叶横向收缩率 由表 2 可见,在烘烤过程中,各处理烟叶横向收缩率呈逐渐增大的趋势。在变黄前期(38 ℃末之前),各处理烟叶横向收缩率较小;在变黄后期(38 ℃末至 42 ℃末),T1 和 T3 的烟叶横向收缩率缓慢增加,T2 和 T4 则有一个跃变过程。在定色期(42 ℃末至 54 ℃末),各处理烟叶横向收缩率迅速增加,其中以 T1 和 T3 增幅较大,但定色结束时,T1 和 T3 均分别极显著小于 T2 和 T4,T1 和 T2 分别极显著大于 T3 和 T4。在干筋阶

段(54 ℃末至烘烤结束),各处理烟叶横向收缩率增加缓慢,烤后烟叶横向收缩率从大到小依次为 T2、T1、T4 和 T3,各处理之间均存在极显著差异。可见,在整个烘烤过程中,T2 和 T4 2 个处理的烟叶横向收缩率变化比较平稳,而 T1 和 T3 2 个处理在变黄期(42 ℃末之前)与干筋期(54 ℃末至烘烤结束)变化幅度较小,在定色期(42 ℃末至 54 ℃末)变化较为急剧。另外,T4 和 T3 处理的烟叶横向收缩率变化幅度分别比 T2 和 T1 平稳。

表 2 不同烤房烘烤过程中烟叶横向收缩率的变化

Table 2 Changes of horizontal shrinkage of tobacco leaf during curing in different curing barns

%

| 处理<br>Treatment | 38 ℃末<br>The end of 38 ℃ | 42 ℃末<br>The end of 42 ℃ | 47 ℃末<br>The end of 47 ℃ | 54 ℃末<br>The end of 54 ℃ | 烤后<br>After cured |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|
| T1              | 1.50±0.05 bB             | 4.67±0.47 bBC            | 12.20±2.55 bB            | 19.15±0.74 bB            | 22.65±1.42 bB     |
| T2              | 1.83±0.07 aA             | 8.68±1.85 aA             | 18.56±0.79 aA            | 25.78±1.03 aA            | 27.59±0.58 aA     |
| T3              | 0.74±0.11 dC             | 2.62±0.32 cC             | 8.54±2.30 cB             | 12.30±0.08 dC            | 14.28±0.77 dD     |
| T4              | 1.22±0.17 cB             | 7.24±0.48 aAB            | 13.24±1.35 bB            | 17.00±1.30 cB            | 19.48±0.57 cC     |

2.1.3 烟叶面积收缩率 从表 3 可以看出,在变黄前期(38 ℃末之前),各处理烟叶面积收缩率均较小;在变黄结束(42 ℃末)时,烟叶凋萎塌架,各处理烟叶面积收缩率有所增加,其中以 T2 和 T4 增加幅度较大,且二者均极显著大于 T1 和 T3;另外,T1 显著大于 T3,T2 大于 T4 但差异不显著。在定色期(42 ℃末至 54 ℃末),随着烟叶失水加快,各处理烟叶面积收缩率急剧增大,处理 T1—T4 烟叶面积收缩率的增幅分别为 301.11%,208.53%,328.48%

和 170.24%。可见,T1 与 T3 的烟叶面积收缩率增幅分别大于 T2 与 T4,但定色结束时,T2 和 T4 的收缩率分别极显著大于 T1 和 T3,T1 和 T2 分别极显著大于 T3 和 T4。在整个干筋阶段(54 ℃末至烘烤结束),各处理烟叶叶片已经干燥,面积收缩率变化不大。烤后烟叶面积收缩率从大到小依次为 T2、T1、T4 和 T3,除 T1 与 T4 之间差异不显著外,其余各处理之间均存在极显著差异。

表 3 不同烤房烘烤过程中烟叶面积收缩率的变化

Table 3 Changes of area shrinkage of tobacco leaf during curing in different curing barns

%

| 处理<br>Treatment | 38 ℃末<br>The end of 38 ℃ | 42 ℃末<br>The end of 42 ℃ | 47 ℃末<br>The end of 47 ℃ | 54 ℃末<br>The end of 54 ℃ | 烤后<br>After cured |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|
| T1              | 2.95±0.07 bB             | 7.17±0.83 bB             | 19.68±2.25 bBC           | 28.76±1.26 bB            | 32.43±1.39 bB     |
| T2              | 3.46±0.17 aA             | 11.84±1.62 aA            | 28.32±0.53 aA            | 36.53±1.39 aA            | 38.78±0.84 aA     |
| T3              | 2.15±0.24 cC             | 4.74±0.49 cB             | 14.25±3.57 cC            | 20.31±1.04 cC            | 22.95±1.35 cC     |
| T4              | 2.65±0.17 bB             | 10.15±0.41 aA            | 21.06±1.25 bB            | 27.43±1.25 bB            | 30.90±1.57 bB     |

2.1.4 烟叶厚度收缩率 由表 4 可见,从烘烤开始至定色结束,随着烟叶水分的散失和大分子物质的降解,各处理烟叶厚度收缩率急剧增大,但干筋期(54 ℃末至烘烤结束)烟叶厚度收缩率增加幅度较小。在变黄前期(38 ℃末之前),T2 和 T4 处理的烟

叶厚度收缩率分别极显著大于 T1 和 T3,T1 极显著大于 T3,T2 显著大于 T4。从 38 ℃末至 42 ℃末,4 个处理的增幅分别为 163.50%,187.75%,360.21%和 209.51%;从 42 ℃末至 47 ℃末,4 个处理的增幅分别为 108.00%,59.81%,99.26%和

65.04%;从 47 ℃末至 54 ℃末,各处理的增幅差别不大。可见,在变黄期,各处理烟叶厚度收缩率的增幅依次为 T3、T4、T2、T1,在定色前期依次为 T1、

T3、T4、T2。烤后各处理烟叶厚度收缩率从大至小依次为 T2、T1、T4 和 T3,各处理之间均存在极显著差异。

表 4 不同烤房烘烤过程中烟叶厚度收缩率的变化

Table 4 Changes of thickness shrinkage of tobacco leaf during curing in different curing barns

| 处理<br>Treatment | 38 ℃末<br>The end of 38 ℃ | 42 ℃末<br>The end of 42 ℃ | 47 ℃末<br>The end of 47 ℃ | 54 ℃末<br>The end of 54 ℃ | 烤后<br>After cured |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|
| T1              | 6.74±0.80 bB             | 17.76±0.69 cC            | 36.94±0.52 cBC           | 61.42±0.31 cB            | 64.56±0.29 bB     |
| T2              | 9.39±1.46 aA             | 27.02±0.47 aA            | 43.18±0.76 aA            | 63.55±0.32 aA            | 68.94±0.22 aA     |
| T3              | 3.82±0.11 cC             | 17.58±0.58 cC            | 35.03±0.80 dC            | 56.10±0.26 dC            | 59.29±0.41 dD     |
| T4              | 7.57±0.20 bAB            | 23.43±0.45 bB            | 38.67±1.16 bB            | 62.04±0.33 bB            | 63.18±0.11 cC     |

## 2.2 不同烤房烘烤过程中烟叶的卷曲状况

叶片卷曲度在水稻和玉米等作物中研究较多,其与作物的光合作用、抗旱性能等密切相关<sup>[11,13-14]</sup>。本研究引出烟叶卷曲度的概念,主要是用来量化烟叶烘烤干燥过程中的卷曲状态。

2.2.1 烟叶纵向卷曲度 由表 5 可知,刚采收的成熟鲜烟叶在自然状态下有一定的纵向卷曲度,其卷曲方向是由叶尖部位向叶背面卷曲。方差分析表明,上部成熟鲜烟叶的纵向卷曲度极显著大于中部叶。在变黄前期(38 ℃末之前),各处理烟叶的纵向卷曲度有减小的趋势,4 个处理的减小幅度分别为 34.51%,47.79%,26.29%和 32.57%,可见,T1 和 T3 的减小幅度分别小于 T2 和 T4,T1 和 T2 的减小幅度分别大于 T3 和 T4;变黄后期(38 ℃末至 42

℃末),T1 和 T3 的烟叶纵向卷曲度继续减小,而 T2 和 T4 则出现增大的趋势。这主要是因为定色结束时,T2 和 T4 处理烟叶出现了略微的“勾尖”现象,而 T1 和 T3 无明显的干燥迹象,且 T2 和 T4 2 个处理烟叶叶尖的卷曲方向也发生了改变。定色后期(47 ℃末至 54 ℃末),各处理烟叶的纵向卷曲度急剧增大,其中 T1 和 T3 的变化幅度分别比 T2 和 T4 大,定色结束时,除 T1 与 T4 外,其余各处理之间均存在极显著差异。在干筋期(54 ℃末至烘烤结束),随着烟叶主脉的干燥,各处理烟叶的纵向卷曲度均有一定程度的增加。各处理烤后烟叶的纵向卷曲度从大到小依次为 T2、T1、T4 和 T3,其中 T2 极显著大于 T1,T3 与 T4 之间没有显著性差异,T1 和 T2 分别显著和极显著大于 T3 和 T4。

表 5 不同烤房烘烤过程中烟叶纵向卷曲度的变化

Table 5 Changes of vertical rolling index of tobacco leaf during curing in different curing barns

| 处理<br>Treatment | 鲜烟叶<br>Fresh leaf | 38 ℃末<br>The end of 38 ℃ | 42 ℃末<br>The end of 42 ℃ | 47 ℃末<br>The end of 47 ℃ | 54 ℃末<br>The end of 54 ℃ | 烤后<br>After cured |
|-----------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|
| T1              | 1.13±0.08 bB      | 0.74±0.04 bB             | 0.73±0.11 cC             | 6.01±0.53 bB             | 9.23±0.79 bB             | 11.44±0.81 bB     |
| T2              | 1.13±0.08 bB      | 0.59±0.12 bB             | 3.57±0.05 aA             | 8.26±0.58 aA             | 11.02±0.11 aA            | 13.26±0.61 aA     |
| T3              | 1.75±0.03 aA      | 1.29±0.07 aA             | 1.02±0.05 cC             | 4.68±0.35 cC             | 8.07±0.44 cC             | 10.20±0.21 cB     |
| T4              | 1.75±0.03 aA      | 1.18±0.10 aA             | 2.50±0.44 bB             | 5.74±0.29 bBC            | 9.04±0.17 bB             | 11.14±0.07 bcB    |

2.2.2 烟叶横向卷曲度 表 6 显示,刚采收的成熟鲜烟叶在自然状态下有较大的横向卷曲度,且上部叶极显著大于中部叶。烟叶的横向卷曲方向是叶边缘由叶正面向叶背面卷曲。变黄前期(38 ℃末之前),随着烘烤的进行,各处理烟叶的横向卷曲度均有所减小,其中 T2 和 T4 的减小幅度分别大于 T1 和 T3。变黄后期(38 ℃末至 42 ℃末),T2 和 T4 烟叶的横向卷曲度迅速增大,而 T1 和 T3 则继续减小,这是因为此时 T2 和 T4 烟叶出现了轻微的“卷边”现象。定色期(42 ℃末至 54 ℃末),各处理烟叶的横向卷曲度都急剧增大,其中 T1 和 T2 的增幅较大。在 54 ℃末定色结束时,各处理烟叶的横向卷曲度从大到小依次为 T2、T4、T1 和 T3,各处理之间均存在极显著差异。干筋阶段(54 ℃末至烘烤结束),各处理烟叶横向卷曲度均有所增大,但幅度较小,烤

后各处理烟叶横向卷曲度大小及差异显著性与定色结束时基本一致。表 6 显示,T2 和 T4 烤后烟叶的横向收缩率分别是 T1 和 T3 的 1.66 和 1.79 倍,T1 和 T2 分别是 T3 和 T4 的 1.18 和 1.10 倍。T1 和 T3 烤后烟叶外观多呈片状,T2 和 T4 烤后烟叶多呈卷筒状。

## 2.3 不同烤房烤后烟叶的物理特性

烟叶的物理特性是烟叶品质的重要组成部分,其不仅与烟叶的内在品质存在密切关系,而且是体现烟叶加工性能的重要指标<sup>[15]</sup>。从表 7 可以看出,T1 和 T3 烤后烟叶单叶质量分别显著大于 T2 和 T4。T1 烟叶含梗率极显著小于 T2,T3 显著小于 T4。烤后烟叶叶片厚度从大到小依次为 T3、T4、T1 和 T2,各处理之间均存在极显著差异。T1 和 T3 烤后烟叶叶质重分别大于 T2 和 T4,但差异均不

显著。T1 和 T3 烤后烟叶的平衡含水率与拉力分别极显著小于 T2 和 T4。

表 6 不同烤房烘烤过程中烟叶横向卷曲度的变化

Table 6 Changes of horizontal rolling index of tobacco leaf during curing in different curing barns

| 处理<br>Treatment | 鲜烟叶<br>Fresh leaf | 38 ℃末<br>The end of 38 ℃ | 42 ℃末<br>The end of 42 ℃ | 47 ℃末<br>The end of 47 ℃ | 54 ℃末<br>The end of 54 ℃ | 烤后<br>After cured |
|-----------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|
| T1              | 7.36±0.57 bB      | 6.79±0.72 cC             | 5.95±0.05 cC             | 25.21±0.26 cC            | 41.52±1.66 cC            | 45.66±1.55 cC     |
| T2              | 7.36±0.57 bB      | 3.79±0.39 dD             | 15.48±0.61 bB            | 56.53±1.46 aA            | 72.28±0.56 aA            | 75.95±1.65 aA     |
| T3              | 13.15±0.41 aA     | 10.93±0.67 aA            | 7.38±0.16 cC             | 20.34±2.02 dD            | 30.14±0.29 dD            | 38.68±0.89 dD     |
| T4              | 13.15±0.41 aA     | 8.31±0.27 bB             | 18.66±1.57 aA            | 52.15±0.97 bB            | 66.41±1.54 bB            | 69.30±0.83 bB     |

表 7 不同烤房烤后烟叶的物理特性

Table 7 Physical properties of tobacco leaves cured by different curing barns

| 处理<br>Treatment | 单叶质量/g<br>Single leaf weight | 含梗率/%<br>Percentage stem | 叶片厚度/ $\mu\text{m}$<br>Leaf thickness | 叶质重/ $(\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2})$<br>Leaf density | 平衡含水率/%<br>Balanced moisture content | 拉力/N<br>Tensile breaking strength |
|-----------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---|--------------------------------------|-----------------------------------|
| T1              | 13.10±0.34 aA                | 29.39±0.72 bB            | 117.94±4.33 cC                        | 7.24±0.08 bB  | 11.36±0.36 dD                        | 1.68±0.02 dD                      |
| T2              | 12.15±0.42 bAB               | 31.94±0.73 aA            | 106.67±4.76 dD                        | 7.04±0.11 bB  | 12.71±0.12 cC                        | 1.90±0.04 cC                      |
| T3              | 12.07±0.30 bB                | 23.26±0.64 dC            | 152.72±3.95 aA                        | 9.11±0.09 aA  | 14.53±0.34 bB                        | 2.15±0.09 bB                      |
| T4              | 11.28±0.32 cB                | 24.52±0.17 cC            | 137.39±3.31 bB                        | 8.99±0.21 aA  | 15.65±0.19 aA                        | 2.56±0.08 aA                      |

### 3 结论与讨论

从烟叶形态指标的变化来看,密集烘烤过程中烟叶形态变化主要集中在定色期(42 ℃末至 54 ℃末),此期变化相对剧烈,而普通烤房整个烘烤过程中的变化相对平稳,但密集烤房烤后中上部烟叶变化程度较普通烤房的相应处理小。另外,2 种烤房烤后中部烟叶形态指标均分别显著或者极显著大于相应的上部烟叶处理。密集烤房烤后烟叶的单叶质量、叶片厚度及叶质重较普通烤房大,但含梗率、平衡含水率及拉力较小。

烘烤过程中烟叶的形态变化反映了烟叶的失水干燥程度<sup>[16]</sup>。变黄期不同烤房内烟叶形态指标值变化缓慢,定色期迅速增加,干筋期又减缓,与烟叶的失水规律相一致<sup>[8,17]</sup>。另外,普通烤房烘烤过程中各形态指标变化较为平缓,尤其是在 42 ℃,普通烤房内烟叶各形态指标先于密集烤房有一个小幅度的增加,烟叶出现了“勾尖卷边”现象,而密集烤房内烟叶无明显的卷曲现象,可见普通烤房内烟叶失水较密集烤房提前,这与马翠玲等<sup>[18]</sup>对不同烤房烘烤过程中烟叶失水状况的研究结果基本一致。

不同烤房烤后烟叶物理特性差别较大。本研究结果表明,与普通烤房相比,密集烤房烤后烟叶单叶质量、叶片厚度和叶质重较大,含梗率、平衡含水率及拉力较小,这可能与烘烤条件有关。密集烤房烘烤各阶段尤其是变黄期持续时间较普通烤房短,烟叶中淀粉、蛋白质等大分子物质降解不充分,烟叶收缩形变小,致使叶片紧密,造成了单叶质量、叶质重及含梗率这几个物理特性指标较优的假象<sup>[19]</sup>。从平衡含水率和拉力 2 个指标来看,密集烤房烤后烟

叶结构不够疏松,韧性较差。另外,本研究结果与赵铭钦等<sup>[20]</sup>的研究结果略有差异,这可能与供试烟叶品种及试验条件不同有关。

密集烤房虽与普通烤房原理相似,但其加热方式与排湿原理截然不同,这可能是造成烘烤过程中及烤后烟叶形态及组织结构不同的主要原因。首先,普通烤房以辐射传热为主,而密集烤房以对流传热为主,相关研究表明,与辐射干燥相比,热风对流干燥后物料的收缩率小,孔隙率低,质地僵硬<sup>[21-22]</sup>。其次,普通烤房是持续性慢排湿,密集烤房是阶段性快排湿。密集烘烤过程中当实测湿球温度大于设定湿球温度时,即自动打开冷风进口,快速排除烤房内的多余水分,同时烟叶内的水分骤减,这会导致烟叶来不及充分收缩形变。另外,密集烤房装烟密度大,单位叶片所占空间小,烘烤过程中烟叶形变受到限制,这也可能是导致烟叶光滑、僵硬的重要原因<sup>[18]</sup>。

导致烟叶光滑、僵硬的原因很多,本研究仅从烟叶烘烤过程中形态变化及烤后烟叶物理特性出发进行了探讨,今后还应从烟草品种、栽培条件、成熟度、密集烘烤设备改造及烘烤工艺等方面入手,进一步研究改善密集烤房烤后烟叶质量的措施。

### [参考文献]

- 宫长荣,潘建斌,宋朝鹏.我国烟叶烘烤设备的演变与研究进展[J].烟草科技,2005(11):34-36.  
Gong C R, Pan J B, Song Z P. Evolution of tobacco leaf flue-curing equipment in China [J]. Tobacco Science & Technology, 2005(11):34-36. (in Chinese)
- 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.  
Guo Q W, Hou Y L, Zong S L, et al. Application of bulk curing barn in curing practice [J]. Chinese Tobacco Science, 2005(3):

- 15-16. (in Chinese)
- [3] 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.  
Song Z P, Chen J H, Xu Z C, et al. Current situation and development trend of flue-cured tobacco curing barn in China [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2009, 15(3): 83-86. (in Chinese)
- [4] 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.  
Wang W F, Chen J H, Song Z P, et al. The research progress on bulk curing barn [J]. Chinese Tobacco Science, 2005(3): 12-14. (in Chinese)
- [5] 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.  
Xu X H, Sun F S, Wang Y, et al. Current situation and further direction on research and application of bulk curing barn in China [J]. Chinese Tobacco Science, 2008, 29(4): 54-56, 61. (in Chinese)
- [6] 张冀武,王恰梅,王淑华,等.光滑烟叶品质的研究及其在分级中的应用[J].中国烟草科学,2001(4):32-36.  
Zhang J W, Wang Y M, Wang S H, et al. On quality of slick tobacco leaves and its application in grading [J]. Chinese Tobacco Science, 2001(4): 32-36. (in Chinese)
- [7] 纪成灿,许锡祥,郑志诚,等.翠碧一号光滑(僵硬)烟的成因及控制技术研究初报[J].中国烟草科学,1999(3):20-23.  
Ji C C, Xu X X, Zheng Z C, et al. Preliminary study on contributing factors to slick (rigid) leaf of CB-1 and its control [J]. Chinese Tobacco Science, 1999(3): 20-23. (in Chinese)
- [8] 赵铭钦,官长荣,汪耀富,等.不同烘烤条件下烟叶失水规律的研究[J].河南农业大学学报,1995,29(4):382-387.  
Zhao M Q, Gong C R, Wang Y F, et al. Water loss characteristics of tobacco leaves during flue curing under different curing conditions [J]. Acta Agriculturae Universitatis Henanensis, 1995, 29(4): 382-387. (in Chinese)
- [9] 李卫芳,张明农,刘萍南.烟叶烘烤过程中叶片组织结构变化的研究[J].安徽农业科学,1999,27(1):73-75.  
Li W F, Zhang M N, Liu P N. Studies on the variations of leaf tissue structure in flue-curing process of flue-cured tobacco [J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 1999, 27(1): 73-75. (in Chinese)
- [10] 王能如,李章海,徐增汉,等.烘烤过程中上部叶片厚度及解剖结构的变化[J].烟草科技,2005(9):29-31.  
Wang N R, Li Z H, Xu Z H, et al. Changes of thickness and dissecting structure of upper leaves of flue-cured tobacco during curing [J]. Tobacco Science & Technology, 2005(9): 29-31. (in Chinese)
- [11] 朱德峰,林贤青,曹卫星.不同叶片卷曲度杂交水稻的光合特性比较[J].作物学报,2001,27(3):329-333.  
Zhu D F, Lin X Q, Cao W X. Comparison of leaf photosynthetic characteristics among rice hybrids with different leaf rolling index [J]. Acta Agronomica Sinica, 2001, 27(3): 329-333. (in Chinese)
- [12] 吉书文,滕兆波.烟草物理检测[J].郑州:河南科学技术出版社,1997.  
Ji S W, Teng Z B. Physical detection of tobacco [J]. Zhengzhou: Henan Science & Technology Press, 1997. (in Chinese)
- [13] 毛建昌,李发民,李向拓,等.玉米苗期叶片卷曲度配合力分析[J].玉米科学,2005,13(3):69-71.  
Mao J C, Li F M, Li X T, et al. Analysis of combining ability of the leaf roll degree in seedling period of maize [J]. Journal of Maize Science, 2005, 13(3): 69-71. (in Chinese)
- [14] 胡凝,吕川根,姚克敏,等.卷叶水稻的光分布模拟及适宜叶面卷曲度分析[J].中国水稻科学,2008,22(6):617-624.  
Hu N, Lü C G, Yao K M, et al. Simulation on photosynthetically active radiation distributing in rice canopy with rolled leaves and its optimum rolling index [J]. Chinese J Rice Sci, 2008, 22(6): 617-624. (in Chinese)
- [15] 尹启生,张艳玲,薛超群,等.中国烤烟主要物理特性及其产区差异[J].中国烟草学报,2009,15(4):33-38.  
Yin Q S, Zhang Y L, Xue C Q, et al. Physical characteristics and their variation in China's flue-cured tobacco leaf [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2009, 15(4): 33-38. (in Chinese)
- [16] 官长荣.烟草调制学[M].北京:中国农业出版社,2003.  
Gong C R. Tobacco curing [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2003. (in Chinese)
- [17] 王正刚,孙敬权,唐经祥,等.充分发育烟叶失水特性及烘烤失水调控初报[J].中国烟草科学,1999(2):1-4.  
Wang Z G, Sun J Q, Tang J X, et al. Study on characteristics and control of fully developed tobacco leaf desiccation in curing process [J]. Chinese Tobacco Science, 1999(2): 1-4. (in Chinese)
- [18] 马琴玲,李佛琳,崔国民.不同类型烤房中烟叶水分动态变化规律[J].中国农学通报,2007,23(6):630-633.  
Ma C L, Li F L, Cui G M. Moisture content change of tobacco leaf in different type of cured barn [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(6): 630-633. (in Chinese)
- [19] 刘国顺.国内外烟叶质量差距分析和提高烟叶质量技术途径探讨[J].中国烟草学报,2003(增刊):54-58.  
Liu G S. Analysis of differences between domestic and overseas tobacco quality and technical approaches for the improvement of tobacco quality [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2003(Suppl): 54-58. (in Chinese)
- [20] 赵铭钦,苏长涛,王玉胜,等.两种烤房对烤烟烟叶化学成分和物理特性的影响[J].中国农学通报,2006,22(7):550-552.  
Zhao M Q, Su C T, Wang Y S, et al. Effects of two types of flue-curing barns on chemical components and physical properties of flue-cured tobacco leaves [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2006, 22(7): 550-552. (in Chinese)
- [21] Maskan M. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying [J]. Journal of Food Engineering, 2001, 48: 177-182.
- [22] Krokida M K, Maroulis Z B. Effect of drying method on shrinkage and porosity [J]. Drying Technology, 1997, 10(3): 2441-2458.