

## 密集烤房与普通烤房烤后烟叶香气 质量的对比分析

詹 军<sup>1</sup>, 张晓龙<sup>1</sup>, 周芳芳<sup>1</sup>, 王柱石<sup>1</sup>, 毛春堂<sup>1</sup>, 包崇彦<sup>1</sup>, 吕 凯<sup>1</sup>, 王 超<sup>2\*</sup>

(1. 云南瑞升烟草技术(集团)有限公司, 云南 昆明 650106; 2. 红云红河烟草(集团)有限责任公司, 云南 昆明 650202)

**摘要:** 为挖掘和借鉴不同类型烤房在改善烟叶香气质量方面的优势, 给密集烤房和配套烘烤工艺的发展和优化提供依据, 对比分析了密集烤房(三棚)、密集烤房(四棚)和普通烤房烤后烟叶致香物质含量、比例及感官评吸质量的差异。结果表明, 普通烤房烤后烟叶质体色素降解产物、类胡萝卜素降解产物、苯丙氨酸类致香物质、类西柏烷类致香物质、致香物质总量以及除新植二烯外致香物质的总量分别较三棚密集烤房和四棚密集烤房提高了 15.28%、11.46%、47.56%、36.19%、19.04%、15.60%、20.16%、2.10%、14.66%、11.28%、16.75%、18.16%, 而三棚密集烤房比较有利于美拉德反应产物和其他类致香物质的形成与积累, 四棚密集烤房的大部分致香物质含量要高于三棚密集烤房; 普通烤房烤后烟叶类胡萝卜素降解产物所占的比例显著高于密集烤房中该物质所占的比例, 密集烤房(三棚)烤后烟叶美拉德反应产物所占的比例极显著高于另 2 个处理, 大部分致香物质所占的比例在不同处理间差异不显著, 而且普通烤房烤后烟叶的感官评吸质量和整体使用价值好于 2 种密集烤房。可见, 普通烤房在改善烤后烟叶香气质量方面有着明显的优势, 可通过深入挖掘其烘烤机制来指导密集烤房及烘烤工艺的优化和完善。

**关键词:** 密集烤房; 普通烤房; 叠层装烟; 烤烟; 香气质量; 致香物质; 评吸质量

**中图分类号:** S572 TS44<sup>+</sup>1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)07-0036-08

## Comparative Analysis of Aroma Quality of Cured Tobacco Leaf in Bulk Curing Barn and Traditional Flue-curing Barn

ZHAN Jun<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-long<sup>1</sup>, ZHOU Fang-fang<sup>1</sup>, WANG Zhu-shi<sup>1</sup>, MAO Chun-tang<sup>1</sup>,  
BAO Chong-yan<sup>1</sup>, LÜ Kai<sup>1</sup>, WANG Chao<sup>2\*</sup>

(1. Yunnan Reascend Tobacco Technology (Group) Co., Ltd., Kunming 650106, China;  
2. Hongyun-Honghe Tobacco (Group) Co., Ltd., Kunming 650202, China)

**Abstract:** To take advantages of different types of barns in improving tobacco aroma quality and providing basis for development of flue-curing barn and its matching technology, the differences of aroma contents, its ratio and sensory evaluation of cured tobacco among different barns (three-shelf and four-shelf bulk curing barn and traditional flue-curing barn) were analyzed. Results showed that most aroma components of the cured tobacco in traditional flue-curing barn improved much more than other two flue-curing barns. Its degraded products from chromoplast pigment and carotenoids, phenylalanine, cembrane, total aroma components and total aroma components without neophytadiene were increased by 15.28%, 47.56%, 19.04%, 20.16%, 14.66%, 16.75% compared to those in three-shelf bulk curing barn and increased by 11.46%, 36.19%, 15.60%, 2.10%, 11.28%, 18.16% compared to those in four-shelf bulk curing barn. While three-shelf bulk

收稿日期: 2013-01-04

基金项目: 红云红河集团基金项目(HYHH2012YL01); 云南中烟工业有限责任公司基金项目(2010YL01-2)

作者简介: 詹 军(1986-), 男, 陕西渭南人, 助理农艺师, 硕士, 主要从事烟叶调制与加工研究。E-mail: zhanjun\_@126.com

\* 通讯作者: 王 超(1969-), 男, 云南石屏人, 高级工程师, 硕士, 主要从事烟草原料生产、管理及评价工作。

curing barn was beneficial to informing and accumulating Maillard reaction products and other types of aroma components. Most aroma components in four-shelf bulk curing barn were higher than those in the three-shelf bulk curing barn. The proportion of degraded products from carotenoids in traditional flue-curing barn was significantly higher than that in bulk curing barn. Three-shelf bulk curing barn conferred a significantly higher proportion of Maillard reaction products than other two treatments. However, most aroma components had no significant difference in proportion among the three treatments. Smoking quality and the whole use value of cured tobacco leaves in traditional flue-curing barn, moreover, were much better than those in other two bulk curing barns. It was concluded that traditional flue-curing barn had an advantage in improving aroma quality of cured tobacco. And it was worth studying its curing mechanism for optimizing and improving bulk curing barn and its curing technology.

**Key words:** bulk curing barn; traditional flue-curing barn; laminated loading method; flue-cured tobacco; aroma quality; aroma components; smoking quality

香气是评价烟叶内在质量的核心内容和重要指标之一<sup>[1-2]</sup>,烟叶的香气质量与烟叶致香物质的含量密切相关。定性定量分析烟叶中的致香物质,可对烟叶质量进行比较客观、准确的评价<sup>[3]</sup>。优质烟叶要求在燃吸过程中产生的香气量大质纯、丰满细腻,香型突出,吃味醇和<sup>[4]</sup>。

密集烤房由于采用机械动力强制通风,垂直和平面温差较小,整个烤房内的烟叶变黄、定色、干筋较为一致,已成为我国烤烟烘烤设备发展的大趋势,但密集烤房烘烤的烟叶有颜色浅淡、光滑、组织结构紧密等现象<sup>[5-6]</sup>,而且其烤后烟叶香气量较普通烤房少,产生辛辣味<sup>[7]</sup>,对密集烤房的进一步推广产生了一定影响。因此,通过探索密集烤房的烘烤原理来完善密集烘烤工艺,提高烟叶的可用性已成为烟叶生产中亟待解决的问题<sup>[8]</sup>。为此,科研工作者对密集烤房与普通烤房的建造成本、烤房性能、烘烤环境和烤后烟叶的经济性状、叶表面分泌物等进行了一些对比研究<sup>[9-13]</sup>,但是关于不同类型烤房,尤其是四棚密集烤房(俗称“叠层装烟”)与其他类型烤房烤后烟叶香气质量的对比研究较少。鉴于此,以 K326 中部叶为材料,探讨了当前国内烤烟生产上大面积使用的三棚密集烤房、四棚密集烤房和普通烤房烤后烟叶致香物质和感官评吸质量的差异,旨在深入探讨不同类型烤房对烟叶香气质量形成的影响机制,挖掘和借鉴不同类型烤房在提升烟叶香气质量方面的优势,为密集烤房及其配套烘烤工艺的优化和完善提供一定依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验概况及供试材料

试验于 2012 年在云南省昆明市石林彝族自治县云烟印象庄园进行,试验田土壤为红壤,肥力中等。烤烟品种为 K326,供试烤烟于 5 月 10 日移栽,

田间管理按优质烤烟栽培生产技术规范进行。以中部叶(11—12 位叶)为试验材料,按成熟标准以叶位单叶采收后,挑选成熟度、大小基本一致的叶片,每竿 130 片绑竿进行烘烤。

### 1.2 试验设计

试验共设 3 个处理,即 T1:密集烤房(三棚);T2:密集烤房(四棚);T3:普通烤房。各类型烤房规格参数为(1)密集烤房(三棚):气流下降式,装烟室规格 8 m×2.7 m×3.2 m,2 路 3 棚,底棚高度 110 cm(距离地面,下同),顶棚高度 260 cm(距离地面,下同),棚距 75 cm。(2)密集烤房(四棚):气流下降式,装烟室规格 8 m×2.7 m×3.2 m,2 路 4 棚,底棚高度 110 cm,顶棚高度 290 cm,棚距 60 cm。(3)普通烤房:气流自然上升式,装烟室规格 5 m×2.7 m×2.7 m,2 路 5 棚,底棚高度 180 cm,顶棚高度 480 cm,棚距 75 cm。

密集烤房(三棚)处理分别将烟竿挂置在烤房底层、中层、上层距离装烟室门口各 2、4、6 m 处,每层 6 竿;密集烤房(四棚)处理分别将烟竿挂置在烤房每一层距离装烟室门口各 2、4、6 m 处,每层 6 竿;普通烤房处理分别将烟竿挂置在烤房每一层距离装烟室门口 2 m 处,每层 4 竿。各处理烟叶采自同一地块,并在同一天内完成采收、编烟、装炕与开烤。

各处理烘烤工艺均严格按三段式烘烤工艺进行。回潮后按 GB/T 2635—92 的方法对标记烟叶进行分级,取 C3F(中橘三)2.0 kg,各处理重复 3 次;每份样品混匀后,将每片烟叶去除叶尖和叶基部各 1/3 部分并沿主脉一分为二,一半烟叶除去主叶脉后测其致香物质,另一半烟叶切丝混匀卷烟作为评吸样品。

### 1.3 测定项目及方法

1.3.1 致香物质的提取及分析 采用同时蒸馏萃取提取致香物质,Agilent GC6890N/MS5975I 气质

联用分析仪(美国安捷伦公司)对致香物质进行分析。样品处理、致香物质提取与 GC/MS 分析条件参考文献[14]的方法,其中内标化合物采用萘。

1.3.2 烟叶评吸鉴定 将各处理烟叶切丝后卷制成长 70 mm、圆周 27.5 mm 的烟支,经过挑选、平衡水分后,由红云红河烟草(集团)有限责任公司、云南瑞升烟草技术(集团)有限公司组织评吸专家以标准 YC/T138—1998 烟草及烟草制品感官评价方法为基础,按单料烟“标度值”标准统一进行感官质量评吸鉴定,并采用“九分制”标准打分,香气质、香气量、杂气、浓度、刺激性、余味、燃烧性、灰色、使用价值的满分均为 9 分,劲头以文字描述,不计得分。

#### 1.4 数据处理

采用 Excel 2003 进行数据处理;采用 SPSS 17.0 进行统计分析和方差分析;采用 LSD 法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 密集烤房与普通烤房烤后烟叶的质体色素降解产物含量

烤烟质体色素类物质是烟叶中重要的香气前体物<sup>[15]</sup>,质体色素(叶绿素和类胡萝卜素)是影响烟叶品质和可用性的主要成分之一,它不仅决定了调制后烟叶的色泽,而且其相关降解产物与烟叶的香气质和香气量密切相关<sup>[16-17]</sup>。由表 1 可以看出,烤后

烟叶的质体色素降解产物、叶绿素降解产物和类胡萝卜素降解产物总量均表现为  $T3 > T2 > T1$ ,且  $T3$  处理极显著高于  $T1$  和  $T2$  处理( $P < 0.01$ ),而  $T1$  和  $T2$  处理烟叶间的差异不显著( $P > 0.05$ ),其中  $T3$  处理质体色素降解产物总量较  $T1$  和  $T2$  处理分别提高了 15.28%、11.46%,叶绿素降解产物总量分别提高了 14.45%和 10.79%。类胡萝卜素降解产物作为烟草中最为重要的致香成分,其含量分别较  $T1$  和  $T2$  处理提高了 47.56%和 36.19%,其中 3 个处理的芳樟醇、 $\beta$ -大马酮、二氢猕猴桃内酯含量差异不显著( $P > 0.05$ ); $T3$  处理烟叶中除  $\beta$ -大马酮、香叶基丙酮、 $\beta$ -二氢大马酮、金合欢基丙酮 B、二氢猕猴桃内酯 5 种质体色素降解产物含量外,其他质体色素降解产物含量均表现最高。 $T3$  处理烟叶的巨豆三烯酮含量( $12.866 \mu\text{g/g}$ )均分别较  $T1$ ( $7.001 \mu\text{g/g}$ )和  $T2$ ( $7.594 \mu\text{g/g}$ )处理极显著提高 83.77%和 69.42%。另外,3 个处理的 3-氧代- $\alpha$ -紫罗兰醇含量的差异极显著( $P < 0.01$ ),并且以  $T1$  处理含量最低。叶绿素降解产物中,植醇含量表现为  $T3 > T1 > T2$ ;  $T3$  处理烟叶的新植二烯含量分别极显著高于  $T1$  和  $T2$  处理 14.48%、10.69%。可见,采用普通烤房烘烤能够显著提升烤后烟叶的质体色素降解产物含量,而 2 种密集烤房烤后烟叶的质体色素降解产物含量无显著差异。

表 1 不同处理烟叶质体色素降解产物的含量

$\mu\text{g/g}$

类别	降解产物	T1	T2	T3
类胡萝卜素	芳樟醇	$0.353 \pm 0.031\text{aA}$	$0.355 \pm 0.030\text{aA}$	$0.368 \pm 0.003\text{aA}$
	$\beta$ -大马酮	$3.604 \pm 0.212\text{aA}$	$3.748 \pm 0.303\text{aA}$	$3.475 \pm 0.218\text{aA}$
	$\beta$ -紫罗兰酮	$0.540 \pm 0.004\text{aA}$	$0.449 \pm 0.033\text{bB}$	$0.546 \pm 0.036\text{aA}$
	香叶基丙酮	$0.970 \pm 0.061\text{abA}$	$1.013 \pm 0.062\text{aA}$	$0.860 \pm 0.045\text{bA}$
	巨豆三烯酮 A	$0.844 \pm 0.043\text{cB}$	$1.047 \pm 0.112\text{bB}$	$1.377 \pm 0.035\text{aA}$
	巨豆三烯酮 B	$2.600 \pm 0.453\text{bB}$	$2.877 \pm 0.255\text{bB}$	$5.099 \pm 0.066\text{aA}$
	巨豆三烯酮 C	$0.745 \pm 0.020\text{bB}$	$0.705 \pm 0.043\text{bB}$	$1.334 \pm 0.037\text{aA}$
	巨豆三烯酮 D	$2.812 \pm 0.306\text{bB}$	$2.965 \pm 0.669\text{bB}$	$5.056 \pm 0.007\text{aA}$
	$\beta$ -二氢大马酮	$1.103 \pm 0.123\text{aA}$	$0.898 \pm 0.096\text{bA}$	$1.048 \pm 0.052\text{abA}$
	氧化异佛尔酮	$0.528 \pm 0.024\text{aA}$	$0.367 \pm 0.020\text{bB}$	$0.588 \pm 0.052\text{aA}$
	金合欢基丙酮 A	$4.126 \pm 1.898\text{bA}$	$5.524 \pm 0.613\text{abA}$	$7.549 \pm 0.374\text{aA}$
	金合欢基丙酮 B	$0.197 \pm 0.011\text{aA}$	$0.122 \pm 0.014\text{bA}$	$0.135 \pm 0.005\text{bA}$
	二氢猕猴桃内酯	$0.396 \pm 0.042\text{aA}$	$0.336 \pm 0.060\text{aA}$	$0.330 \pm 0.009\text{aA}$
	3-氧代- $\alpha$ -紫罗兰醇	$0.024 \pm 0.005\text{cC}$	$0.042 \pm 0.003\text{bB}$	$0.080 \pm 0.004\text{aA}$
	2-环戊烯-1,4-二酮	$0.134 \pm 0.017\text{abA}$	$0.113 \pm 0.011\text{bA}$	$0.155 \pm 0.017\text{aA}$
	总量	$18.976 \pm 2.362\text{bB}$	$20.560 \pm 1.997\text{bB}$	$28.001 \pm 0.467\text{aA}$
叶绿素	植醇	$1.619 \pm 0.052\text{aA}$	$0.774 \pm 0.028\text{bB}$	$1.644 \pm 0.133\text{aA}$
	新植二烯	$738.273 \pm 14.441\text{bB}$	$763.518 \pm 19.028\text{bB}$	$845.143 \pm 25.133\text{aA}$
	总量	$739.892 \pm 14.439\text{bB}$	$764.292 \pm 19.022\text{bB}$	$846.787 \pm 25.156\text{aA}$
总量		$758.868 \pm 12.393\text{bB}$	$784.852 \pm 20.795\text{bB}$	$874.788 \pm 25.569\text{aA}$

注:表中数据均为平均值 $\pm$ 标准差;同行中不同小、大写字母分别表示处理间差异达 0.05、0.01 显著水平。下表同。

2.2 密集烤房与普通烤房烤后烟叶的苯丙氨酸类致香物质含量

由表 2 可见,烟叶苯丙氨酸类致香物质的总量表现为 T3>T2>T1,其中 T3 处理分别较 T1、T2 处理显著提高了 19.04%、15.60%( $P<0.05$ ),T1、T2 处理间无显著差异( $P>0.05$ )。吡嗪、苯乙醛和丁基化羟基甲苯含量在 T1 处理中最高,而其他苯丙氨酸类致香物质含量均表现为 T3 处理最高。藏花醛、苯甲醇、2-甲氧基-4-乙烯基苯酚含量在 3 个处理中均无显著差异,其他物质在 3 个处理中均呈现显著( $P<0.05$ )或极显著( $P<0.01$ )

差异,其中 T1 处理烟叶中吡嗪和丁基化羟基甲苯含量极显著高于 T2、T3 处理,且 T3 处理又显著高于 T2 处理;苯乙醇和邻苯二甲酸二丁酯含量表现为 T3 处理极显著高于 T2 处理,而 T1 和 T2 处理间差异不显著;T1 和 T3 处理的苯甲醛含量均极显著高于 T2 处理( $P<0.01$ );T1 处理的苯乙醛含量显著高于 T3 处理( $P<0.05$ ),而 T2 处理与其余 2 个处理的差异均不显著。可见,普通烤房比较有利于烤后烟叶苯丙氨酸类致香物质的积累,2 种密集烤房对苯丙氨酸类致香物质的影响差异较小。

表 2 不同处理烟叶苯丙氨酸类致香物质的含量 μg/g

苯丙氨酸类致香物质	T1	T2	T3
吡嗪	0.378±0.038aA	0.171±0.009cB	0.233±0.017bB
藏花醛	0.201±0.014aA	0.186±0.027aA	0.202±0.029aA
苯甲醇	4.956±1.566aA	6.033±0.379aA	6.490±0.379aA
苯乙醇	1.316±0.190bAB	1.070±0.116bB	1.845±0.294aA
苯甲醛	0.098±0.001aA	0.070±0.001bB	0.108±0.009aA
苯乙醛	0.447±0.015aA	0.426±0.028abA	0.398±0.027bA
丁基化羟基甲苯	0.264±0.032aA	0.110±0.006cB	0.151±0.004bB
邻苯二甲酸二丁酯	1.523±0.016abAB	1.439±0.041bB	1.613±0.087aA
2-甲氧基-4-乙烯基苯酚	1.013±0.070aA	0.994±0.048aA	1.096±0.122aA
总量	10.196±1.259bA	10.499±0.353bA	12.137±0.411aA

2.3 密集烤房与普通烤房烤后烟叶的美拉德反应产物含量

从表 3 可以看出,美拉德反应产物总量以 T1 处理最高,T3 处理其次,T2 处理最低,其中 T1 处理烟叶的含量分别较 T2、T3 处理极显著增加了 53.06%、25.49%( $P<0.01$ )。1-(3-吡啶基)-乙酮含量表现为 T2 处理最高,5-甲基糠醛、苯并[b]噻酚、2,3-二氢苯并呋喃、1-(2-呋喃基)-乙酮、2-甲基四氢呋喃-3-酮、1-(1H-吡咯-2-基)-乙酮含量均表现为 T3 处理最高,其他美拉德反应产物含量均为 T1

处理最高,可见,三棚密集烤房和普通烤房烤后烟叶的美拉德反应产物含量较高,而四棚密集烤房烤后烟叶中含量较少。各处理只有吡啶、苯并[b]噻酚、1-(3-吡啶基)-乙酮含量的差异不显著,其中在美拉德反应产物中占有较大比例的糠醛表现为 T1 处理极显著高于 T2、T3 处理,而 T2、T3 处理之间差异不显著( $P>0.05$ )。通过分析可见,三棚密集烤房比较有利于美拉德反应的进行,其产物含量积累也较多,而普通烤房对美拉德反应产物的积累效应要强于四棚密集烤房。

表 3 不同处理烟叶美拉德反应产物的含量 μg/g

美拉德反应产物	T1	T2	T3
糠醛	2.373±0.278aA	1.228±0.110bB	1.410±0.003bB
糠醇	0.652±0.112aA	0.462±0.036bA	0.553±0.060abA
吡啶	0.171±0.004aA	0.136±0.018aA	0.157±0.026aA
己醛	0.137±0.019aA	0.135±0.015aA	0.100±0.012bA
糠酸	0.185±0.013aA	0.129±0.002bB	0.125±0.003bB
胡薄荷酮	0.212±0.019aA	0.142±0.012bB	0.138±0.013bB
5-甲基糠醛	0.036±0.002bB	0.044±0.001bB	0.061±0.008aA
4-吡啶甲醛	0.193±0.005aA	0.118±0.009cB	0.139±0.009bB
2-吡啶甲醛	0.100±0.005aA	0.061±0.001bC	0.078±0.007cB
2,3-联吡啶	0.129±0.006aA	0.093±0.004bB	0.111±0.014bAB
苯并[b]噻酚	0.114±0.015aA	0.119±0.007aA	0.120±0.008aA
2,3-二氢苯并呋喃	0.138±0.020aAB	0.101±0.006bB	0.166±0.014aA
1-(3-吡啶基)-乙酮	0.089±0.009aA	0.097±0.001aA	0.093±0.011aA
1-(2-呋喃基)-乙酮	0.045±0.006bB	0.052±0.003abAB	0.061±0.005aA
2-甲基四氢呋喃-3-酮	0.218±0.010bA	0.105±0.008cB	0.295±0.054aA
1-(1H-吡咯-2-基)-乙酮	0.343±0.035bB	0.335±0.014bB	0.485±0.033aA
总量	5.135±0.455aA	3.355±0.142cB	4.092±0.068bB

## 2.4 密集烤房与普通烤房烤后烟叶的类西柏烷类致香物质含量

由表 4 可见,茄酮含量以 T3 处理最高,T1 处理其次,T2 处理最低,但 3 个处理间无显著差异( $P>0.05$ );降茄二酮含量以 T2 处理最高,T1 和 T3 处理烟叶的含量基本相等;茄那士酮的含量表现

为 T1 处理极显著高于其他 2 个处理( $P<0.01$ ),T2 和 T3 处理之间无显著差异;西柏三烯二醇含量表现为  $T2>T3>T1$ ,其中 T1 处理显著低于 T2、T3 处理( $P<0.05$ )。类西柏烷类香气物质总量大小为  $T3>T2>T1$ ,T3 处理较 T1、T2 处理分别提高了 20.16%、2.10%。

表 4 不同处理烟叶类西柏烷类致香物质的含量

$\mu\text{g/g}$

类西柏烷类降解产物	T1	T2	T3
茄酮	12.014 $\pm$ 1.508aA	11.949 $\pm$ 0.992aA	12.752 $\pm$ 0.535aA
降茄二酮	0.148 $\pm$ 0.002aA	0.178 $\pm$ 0.084aA	0.147 $\pm$ 0.003aA
茄那士酮	0.570 $\pm$ 0.006aA	0.432 $\pm$ 0.028bB	0.437 $\pm$ 0.007bB
西柏三烯二醇	5.265 $\pm$ 0.405bA	8.622 $\pm$ 1.802aA	8.289 $\pm$ 1.563aA
总量	17.997 $\pm$ 1.381aA	21.181 $\pm$ 2.712aA	21.626 $\pm$ 1.276aA

## 2.5 密集烤房与普通烤房烤后烟叶的其他致香物质含量和致香物质总量

从表 5 可以看出,致香物质总量以 T3 处理最高,分别较 T1、T2 处理极显著提高 14.66%、11.28%( $P<0.01$ ),但是 T1、T2 处理间差异不显著( $P>0.05$ )。对除新植二烯外的致香物质总量进行分析发现,T3 处理仍较 T1、T2 处理极显著提高 16.75%、18.16%,且 T1 处理略高于 T2 处理( $P>0.05$ )。其他类致香物质总量表现为  $T1>T3>T2$ ,且各处理间差异极显著( $P<0.01$ )。在其他类致香物质中,壬醛、丁内酯、棕榈酸乙酯含量表现为 T2

处理最高,1-戊烯-3-酮、3-甲基-1-丁醇、棕榈酸含量表现为 T3 处理最高,其余物质均为 T1 处理最高。3 个处理中除 3-甲基-2-丁烯醛、3-羟基-2-丁酮、棕榈酸乙酯含量差异不显著外,其他致香物质均呈显著或极显著差异,其中 2,4-庚二烯醛、十四醛、寸拜醇 3 种物质的含量在 3 个处理中达到了极显著差异( $P<0.01$ )。由以上分析可见,普通烤房有利于致香物质总量和除新植二烯外致香物质总量的积累,但是对其他类香气物质总量的积累不如三棚密集烤房好;2 种密集烤房对致香物质总量和除新植二烯外致香物质总量的积累差异不明显。

表 5 不同处理烟叶其他致香物质含量和致香物质总量

$\mu\text{g/g}$

致香物质	T1	T2	T3
壬醛	0.222 $\pm$ 0.009aAB	0.237 $\pm$ 0.021aA	0.178 $\pm$ 0.024bB
2,6-壬二烯醛	0.463 $\pm$ 0.055aA	0.339 $\pm$ 0.017bA	0.345 $\pm$ 0.042bA
2,4-庚二烯醛 A	0.073 $\pm$ 0.005aA	0.042 $\pm$ 0.002bB	0.036 $\pm$ 0.006bB
2,4-庚二烯醛 B	0.095 $\pm$ 0.002aA	0.028 $\pm$ 0.003cC	0.036 $\pm$ 0.003bB
3-甲基-2-丁烯醛	0.203 $\pm$ 0.018aA	0.167 $\pm$ 0.030aA	0.189 $\pm$ 0.019aA
1-戊烯-3-酮	1.392 $\pm$ 0.101aA	0.525 $\pm$ 0.051bB	1.792 $\pm$ 0.351aA
3-羟基-2-丁酮	0.248 $\pm$ 0.011aA	0.248 $\pm$ 0.030aA	0.236 $\pm$ 0.051aA
十四醛	2.946 $\pm$ 0.135aA	2.212 $\pm$ 0.235bB	1.162 $\pm$ 0.068cC
丁内酯	0.043 $\pm$ 0.004bB	0.058 $\pm$ 0.003aA	0.049 $\pm$ 0.003bAB
亚麻酸甲酯	1.564 $\pm$ 0.022aA	1.333 $\pm$ 0.085bAB	1.251 $\pm$ 0.113bB
棕榈酸甲酯	0.579 $\pm$ 0.024aA	0.567 $\pm$ 0.016aA	0.473 $\pm$ 0.011bB
棕榈酸乙酯	0.735 $\pm$ 0.015aA	0.770 $\pm$ 0.134aA	0.679 $\pm$ 0.021aA
寸拜醇	1.877 $\pm$ 0.028aA	1.574 $\pm$ 0.077bB	1.020 $\pm$ 0.035cC
3-甲基-1-丁醇	0.615 $\pm$ 0.015bAB	0.255 $\pm$ 0.031cB	1.025 $\pm$ 0.246aA
棕榈酸	0.920 $\pm$ 0.027aA	0.393 $\pm$ 0.041bB	0.970 $\pm$ 0.056aA
其他类致香物质总量	11.975 $\pm$ 0.149aA	8.747 $\pm$ 0.270cC	9.440 $\pm$ 0.160bB
致香物质总量(除新植二烯外)	65.898 $\pm$ 1.802bB	65.116 $\pm$ 2.621bB	76.939 $\pm$ 1.334aA
致香物质总量	804.171 $\pm$ 13.841bB	828.634 $\pm$ 21.039bB	922.082 $\pm$ 25.165aA

## 2.6 密集烤房与普通烤房烤后烟叶各类致香物质占致香物质总量的比例

从表 6 可以看出,T3 处理中类胡萝卜素降解产

物、质体色素降解产物、苯丙氨酸类致香物质和致香物质总量(除新植二烯)占致香物质总量的比例在 3 个处理中最高,T1 处理中美拉德反应产物和其他

类致香物质含量所占的比例最高,T2 处理中新植二烯、叶绿素降解产物和类西柏烷类致香物质所占的比例最高。其中,T3 处理中类胡萝卜素降解产物所占的比例显著高于其他 2 个处理( $P<0.05$ );T1 处理中美拉德反应产物所占的比例极显著高于 T2 和 T3 处理( $P<0.01$ );其他类致香物质含量所占比例在 3 个处理中差异极显著( $P<0.01$ );其余各类致香物质所占比例在不同处理间无显著差异( $P>0.05$ )。

表 6 不同处理烟叶各类致香物质含量占致香物质总量的比例 %

致香物质	T1	T2	T3
类胡萝卜素降解产物	2.36±0.33bA	2.48±0.19bA	3.04±0.04aA
新植二烯	91.80±0.29aA	92.14±0.20aA	91.65±0.27aA
叶绿素降解产物	92.00±0.29aA	92.24±0.19aA	91.83±0.26aA
质体色素降解产物	94.37±0.10aA	94.71±0.33aA	94.87±0.21aA
苯丙氨酸类物质	1.27±0.16aA	1.27±0.08aA	1.32±0.01aA
美拉德反应产物	0.64±0.05aA	0.40±0.01bB	0.44±0.01bB
类西柏烷类物质	2.24±0.14aA	2.56±0.32aA	2.35±0.19aA
其他类致香物质	1.49±0.01aA	1.06±0.01bB	1.02±0.01cC
致香物质总量(除新植二烯外)	8.20±0.29aA	7.86±0.20aA	8.35±0.27aA

2.7 密集烤房与普通烤房烤后烟叶的感官评吸质量

从表 7 可以看出,香气质得分以 T1 处理较高,T2 和 T3 处理相同;香气量得分以 T3 处理表现较好,香气量较充足,而 T1 和 T2 处理的香气量稍显不足,其中 T1 处理稍好于 T2 处理;除劲头外的 9 项指标的总得分表现为 T3>T2>T1。燃烧性、灰色、使用价值和劲头等指标虽然能够在一定程度上反映单料烟质量的好坏,但是由于其与单料烟的外在质量和评吸人员的主观判断关系较密切,故在考察时仅作为辅助指标。3 个处理除去燃烧性、灰

色、使用价值和劲头外的总得分分别为 40.75(T1)、41.00(T2)、42.00(T3),可见 T1 和 T2 之间的差异很小。总体来看,三棚密集烤房烤后烟叶的香气质比较突出,四棚密集烤房烤后烟叶的杂气、刺激性、余味、燃烧性方面表现较好,而普通烤房烤后烟叶的香气量、烟气浓度、刺激性、燃烧性、灰色、使用价值等感官指标表现较突出,具体表现为香气质较细腻、柔和,香气量较充足,杂气较轻,烟气浓度较浓,刺激性较小,余味尚干净舒适,稍有残留,劲头较大,整体使用价值较好。

表 7 不同处理烟叶感官评吸质量得分

处理	香气质	香气量	杂气	浓度	刺激性	余味	燃烧性	灰色	使用价值	劲头	总分
T1	7.13	6.88	6.88	6.88	6.63	6.38	6.25	5.63	6.75	较小	59.38
T2	7.00	6.80	6.95	6.70	7.00	6.55	7.00	6.25	7.00	中等	61.25
T3	7.00	7.25	6.75	7.50	7.00	6.50	7.00	6.75	7.25	较大	63.00

3 结论与讨论

烟叶烘烤是一个复杂的生理生化变化过程,烤房内的环境条件对烘烤效果有重要影响<sup>[18]</sup>。不同类型烤房在结构和性能方面不同,使烟叶内部发生的极其复杂的生理生化变化(饥饿代谢,各种物质的降解、转化、生成等)和物理变化(脱水、干燥)的程度、强度等有所差异,导致烟叶在烘烤过程中消耗和生成的香气物质的量有所不同。密集烤房在装烟密度增加后采用循环风机强制通风,并改进了加热和排湿系统,使其升温更加灵敏,而普通烤房完全依靠热气流的自然上升运动对烟叶进行加热。研究<sup>[19-22]</sup>表明,密集烘烤的垂直温差和平面温差小于普通烤房,叶间隙风速大于普通烤房,其烘烤时间比普通烤

房缩短 12.09%。本研究表明,普通烤房烤后烟叶的质体色素降解产物总量分别较三棚密集烤房、四棚密集烤房提高了 15.28%、11.46%,类胡萝卜素降解产物提高了 47.56%、36.19%,苯丙氨酸类致香物质的含量提高了 19.04%、15.60%,类西柏烷类致香物质含量提高了 20.16%、2.10%,致香物质总量提高了 14.66%、11.28%,除新植二烯外的致香物质含量提高了 16.75%、18.16%,四棚密集烤房的大部分致香物质又高于三棚密集烤房。这可能是因为,普通烤房虽然基本设施较差,升温排湿反应不如密集烤房灵敏,但是其变黄和定色时间较长,并且垂直温差过大可以使得上棚烟叶的变化有一个迟滞阶段,能够更加充分实现烟叶的变黄,从而使得烟叶外观形态和内在物质的变化较为一致,使细胞内

各种与致香前体物质形成和降解有关的酶(叶绿素酶、脂肪氧合酶、苯丙氨酸裂解酶、淀粉酶、蛋白酶)保持较长时间和较高水平的活性,进而使烟叶内的质体色素(尤其是叶绿素)、蛋白质、淀粉等物质充分降解,从而为烟叶提供更多的香气前体物质;此外,在普通烤房干筋期通过人为开大天窗和地洞,利用气流的运动来进行大排湿,较密集烤房以风机进行强制通风大排湿缓慢很多,导致普通烤房内湿度相对较大,有利于一些小分子的致香前体物发生进一步的反应,形成大分子致香物质,而且普通烤房的风速较小、温度相对较低,能够防止一些小分子致香物质的分解和挥发损失。普通烤房烤后烟叶的美拉德反应产物含量极显著低于三棚密集烤房,可能是因为普通烤房采取缓慢升温,在定色后期(47~54℃)需要烧大火进行大排湿,导致温度难以在50~54℃稳定,致使美拉德反应进行的时间较短,最终导致其产物较少。四棚密集烤房的大部分致香物质含量高于三棚密集烤房,主要是因为其装烟密度更大,叶间隙风速较三棚密集烤房小,其烟叶反应变化的小环境类似于普通烤房,较有利于致香物质形成与积累,但是应该注意到由于中部叶较长,两棚之间烟叶尖部和基部互相叠加,易造成烟叶局部霉变和烤坏,对烤后烟叶的经济性状影响较大。

影响烟叶香气的物质十分复杂,目前还很难确切说明烟叶致香物质的具体种类及其对烟叶香气质量的具体贡献<sup>[23]</sup>。对各烤房烤后烟叶各类致香物质含量占总致香物质含量的比例进行分析发现,普通烤房中类胡萝卜素降解产物所占的比例显著高于其他2个处理;三棚密集烤房中美拉德反应产物所占的比例极显著高于另2个处理;其他类致香物质含量在3个处理中差异极显著,并以三棚密集烤房最高;其余各类致香物质所占的比例在不同处理间差异均不显著。通过与感官评吸结果进行比较分析发现,类胡萝卜素降解产物与烟叶感官评吸质量有着极其密切的关系。

研究结果表明,普通烤房的烤后烟叶质体色素降解产物、苯丙氨酸类致香物质、类西柏烷类致香物质、致香物质总量以及除新植二烯外致香物质总量较高,尤其是质体色素降解产物、苯丙氨酸类致香物质、总致香物质和除新植二烯外致香物质含量,而三棚密集烤房比较有利于美拉德反应产物和其他类致香物质的形成与积累;感官评吸表明,普通烤房烤后烟叶的香气质较细腻、柔和,香气量较充足,杂气较轻,烟气浓度较浓,刺激性较小,余味尚干净舒适,稍有残留,劲头较大,整体使用价值较好,而2种密集烤房表现

稍差。可见,普通烤房烤后烟叶的香气质量明显高于密集烤房,但是密集烤房和密集烘烤工艺能明显改善烤后烟叶的经济性状和内在质量,降低劳动强度<sup>[24-30]</sup>,其代表了我国未来烟叶烘烤发展的大趋势,通过深入研究普通烤房的烘烤机制来指导密集烤房设备的研发和烘烤工艺的优化有着重大的意义。

#### 参考文献:

- [1] Week W W. Chemistry of tobacco constituents influencing flavor and aroma[J]. Recent Advance in Tobacco Science, 1985(11): 175-200.
- [2] 史宏志, 刘国顺. 烟草香味学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 4-13.
- [3] Hayato H R. The quality estimation of different tobacco types examined by headspace vapor[C]. England: Papers Presented at the Joint Meeting of Smoke and Technology Groups of CORESTA, 1998.
- [4] 邵惠芳, 郑聪, 许自成, 等. 三门峡优质烤烟中性香气物质的特点及香型风格评价[J]. 河南农业大学学报, 2010, 44(5): 508-512.
- [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, 26(3): 12-14.
- [6] 徐秀红, 孙福山, 王永, 等. 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] 宫长荣, 陈江华, 吴洪田, 等. 密集烤房[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 216-231.
- [8] 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.
- [9] 李章海, 潘文杰, 朱晓兰, 等. 不同烘烤方式烘烤过程中烟叶表面腺毛分泌物变化的研究[J]. 中国烟草学报, 2011, 17(6): 81-85.
- [10] 潘文杰, 谢己书, 李章海, 等. 不同烘烤方式烘烤过程中烟叶表面烷烃类物质变化的研究[J]. 安徽农业大学学报, 2011, 38(3): 469-473.
- [11] 樊军辉, 陈江华, 宋朝鹏, 等. 2种类型烤房烘烤过程中气体成分变化的差异[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2011, 39(2): 120-124.
- [12] 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.
- [13] 王建安, 刘国顺, 杜绍明, 等. 采收时间和烘烤设备对烤烟品质的影响[J]. 江西农业大学学报, 2010, 32(6): 1121-1126.
- [14] 詹军, 李伟, 王涛, 等. 密集烘烤定色期升温速度对上部烟叶吸食品质的影响[J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(5): 866-872.
- [15] 过伟民, 尹启生, 宋纪真. 烟草质体色素及其降解产物影响因素研究进展[J]. 华北农学报, 2008, 23(S2): 358-362.

(下转第 56 页)

- 用[J]. 土壤学报, 1983, 20(4): 413-417.
- [4] 刘恩科, 赵秉强, 李秀英, 等. 施肥对土壤微生物量及土壤酶活性的影响[J]. 植物生态学报, 2008, 32(1): 176-182.
- [5] 靳正忠, 雷加强, 徐新文, 等. 沙漠腹地咸水滴灌林地土壤养分、微生物量和酶活性的典型相关关系[J]. 土壤学报, 2008, 45(6): 1119-1127.
- [6] 李琰琰, 刘国顺, 向金友, 等. 氮营养水平对植烟土壤养分含量及土壤酶活性的影响[J]. 中国烟草学报, 2011, 17(2): 39-43.
- [7] 宋海燕, 李传荣, 许景伟, 等. 滨海盐碱地枣园土壤酶活性与土壤养分、微生物的关系[J]. 林业科学, 2007, 43(1): 28-32.
- [8] 刘建新. 不同农田土壤酶活性与土壤养分相关关系研究[J]. 土壤通报, 2004, 35(4): 523-525.
- [9] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 农业科技出版社, 2000.
- [10] Yang Lijuan, Li Tianlai, Li Fusheng, *et al.* Fertilization regulates soil enzymatic activity and fertility dynamics in a cucumber field[J]. Scientia Horticulturae, 2008, 116(1): 21-26.
- [11] 孙海, 张亚玉, 宋晓霞. 运用典型相关分析对农田栽参和林下参土壤养分和酶活性的研究[J]. 华北农学报, 2010, 25(增刊): 242-248.

~~~~~

(上接第 42 页)

- [16] 许自成, 张婷, 马国华, 等. 不同调控措施对烤烟质体色素及其降解产物的影响[J]. 河南农业大学学报, 2006, 40(1): 15-17, 26.
- [17] 赵铭钦, 王付锋, 张志逢, 等. 增施不同有机物质对烤烟叶片质体色素及其降解产物的影响[J]. 华北农学报, 2009, 24(6): 149-152.
- [18] 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性状的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(7): 550-552.
- [19] 王玉军, 李振喜, 谢胜利, 等. 烤房不同通风方式对有关烘烤参数的影响[J]. 中国烟草科学, 1999, 20(3): 14-16.
- [20] 潘建斌, 王卫峰, 宋朝鹏, 等. 热泵型烟叶自控密集烤房的应用研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34(1): 25-29.
- [21] 王亚辉, 张树堂, 杨雪彪, 等. 利用自动化加热排湿设备改造传统烤房[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2006, 32(1): 25-28.
- [22] 普匡, 飞鸿, 潘国旺. YM-A 型卧式密集烤房与普通烤房烘烤对比试验[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(5): 1899-1901.
- [23] 韩锦峰. 烟草栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 189-221.
- [24] 耿富卿, 刘明竞, 杨相, 等. 不同烤烟烘烤方式的烘烤效应研究[J]. 广东农业科学, 2012, 39(4): 29-31.
- [25] 黎平, 郭群召, 彭国勋. 不同类型烤房对云烟 85 烟叶烤后品质的影响[J]. 烟草科技, 2012(3): 75-78.
- [26] 成劲松, 陈和春, 蒋笃忠. 密集烤房应用研究 I. 密集烤房与普通烤房应用效果对比[J]. 湖南农业科学, 2009(9): 114-116.
- [27] 肖艳松, 李晓燕, 李圣元, 等. 不同类型烤房的烘烤效果比较[J]. 烟草科技, 2009(2): 61-63.
- [28] 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.
- [29] 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.
- [30] 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状的影响[J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(5): 873-879.