

# 密集烘烤过程远程控制对烟叶质量的影响

白涛, 张钊, 李紫燃, 毛岚, 赵雪, 马迪, 彭小祠, 朱思昱, 吴彪, 黄英, 刘舜, 夏龙江, 吴剑\*

(云南省烟草公司曲靖市公司, 云南曲靖 655000)

**摘要** 为探讨密集烘烤精准工艺远程调控对烟叶烘烤质量的影响, 通过试验对比的方法就常规控制烤房与远程控制烤房对烟叶质量的影响进行了探讨。结果表明: 与常规控制烤房相比, 远程控制烤房3个部位烟叶上中等烟比例明显增加, 烘烤损失率降低1.59百分点; 烤后烟叶颜色橘黄, 成熟度好, 结构疏松, 油分足, 色度强, 烟叶化学成分协调, 香气质、香气量好, 烘烤后熟充分, 清香型风格特色突出。

**关键词** 烟叶; 烘烤; 远程控制; 密集烤房; 烟叶质量

中图分类号 TS44 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)06-0172-05

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2023.06.042

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Effects of Remote Control of Dense Curing Process on the Tobacco Quality

BAI Tao, ZHANG Zhao, LI Zi-ran et al (Qujing Branch of Yunnan Tobacco Company, Qujing, Yunnan 655000)

**Abstract** In order to explore the effects of remote control of intensive curing precise process on the curing quality of tobacco leaves, we studied the effects of conventional control and remote control of curing bran on the quality of tobacco leaves by means of experimental comparison. The results showed that: compared with the conventional control barn, the proportion of superior and medium tobacco leaves in three parts in remote control curing bran significantly increased, the roasting loss rate reduced 1.59 percentage points. Compared with the conventional control barn, the cured tobacco leaves in remote control curing bran had orange color, good maturity, loose structure, sufficient oil, strong chroma, the chemical composition of tobacco leaves was coordinated, the aroma quality and aroma quantity were good, the cured tobacco leaves were fully cooked, and the fragrance style was outstanding.

**Key words** Tobacco leaves; Curing; Remote control; Intensive curing barn; Quality of tobacco leaves

随着我国烤烟烘烤设备的升级, 密集烤房因其节能、省工、提升烟叶质量等优点已经成为我国烟叶烘烤的重要设备<sup>[1-3]</sup>。但是, 传统密集烤房烤后烟叶容易出现组织结构紧密、颜色淡等问题, 影响烟叶的工业可用性<sup>[4-6]</sup>。如何改善和解决以上问题就成为烘烤工艺的关键, 近些年密集烘烤精准工艺远程调控逐渐成为传统密集烤房一个重要的改造方向。笔者通过对密集烘烤精准工艺远程控制烤房与常规烘烤烤房烤烟经济性状、外观质量、主要化学成分、多酚类物质、物理特性、致香物质以及感官质量评价的差异进行分析, 探究密集烘烤精准工艺远程控制对烟叶烘烤质量的影响。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 试验于2020年在曲靖市烟草公司烟叶烘烤培训基地(麒麟三宝兴龙烘烤工场)进行。供试烟草品种为云烟97, 选取大田管理规范、个体与群体生长发育协调一致、落黄均匀的优质烟叶下部(3~5叶位)、中部(11~13叶位)和上部叶(15~17叶位)进行试验。供热类型均为生物质, 生物质燃烧机为辽宁海帝升机械有限公司生产的外置式燃烧机, 生物质颗粒为兴龙烟农专业合作社生产的同一批生物质颗粒燃料。

**1.2 试验设计** 选取2座标准规格的云烟-12型气流上升式卧式密集烤房进行试验, 共设置2个处理: ①烤房控制器为自主研发的远程智能控制器(T), 烘烤过程全程采用物联网管理系统远程烘烤; ②烤房控制器为常规控制器(CK), 烘烤过程由当地烘烤技师现场烘烤。

**1.3 测定项目与方法** 待烟叶烤干后, 按照烤坏烟叶等级鉴定方案, 统计各处理烤后烟叶的挂灰烟程度和比例。选取2竿具有代表性的烤后烟叶, 用于经济性状、外观质量、物理特性、主要化学成分、多酚类物质、致香物质和感官质量的检测以及评价。

**1.3.1 经济性状测定。** 由云南省烟草公司曲靖市公司组织分级专家按照GB 2635—1992标准对烤后原竿烟叶进行分级, 统计各处理烤后烟叶的上中等烟比例、烘烤损失率和均价等。

**1.3.2 外观质量评价。** 由云南三标农林科技有限公司组织分级专家按照GB 2635—1992标准对烤后烟叶进行烟叶外观质量评价。

**1.3.3 主要化学成分测定。** 由云南三标农林科技有限公司采用流动分析法测定烟叶中的总糖、还原糖、总氮、烟碱、氧化钾( $K_2O$ )、氯离子( $Cl^-$ )、淀粉、蛋白质的含量, 参照《烟草及烟草制品 石油醚提取物的测定》(YC/T 176—2003)测定石油醚提取物含量, 参照《食品安全国家标准 食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定》(GB 5009.8—2016)测定果糖、葡萄糖、蔗糖的含量, 参照《食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定》(GB 5009.88—2014)测定纤维素含量。

**1.3.4 多酚类物质测定。** 由云南三标农林科技有限公司参照《烟草及烟草制品 多酚类化合物绿原酸、苜蓿亭和芸香苷的测定》(YC/T 202—2006)测定多酚类物质含量。

**1.3.5 物理特性测定。** 由云南三标农林科技有限公司参照中国烟草总公司郑州烟草研究院的方法进行烟叶物理特性的测定。

**1.3.6 致香物质测定。** 由云南三标农林科技有限公司使用二氯甲烷萃取烟叶中的致香物质, 并使用旋蒸漏斗将溶液浓

**基金项目** 中国烟草总公司云南省公司项目(2021530000241036)。

**作者简介** 白涛(1970—), 男, 云南曲靖人, 助理农艺师, 从事烟叶生产技术推广工作。\*通信作者, 农艺师, 硕士, 从事烟叶生产技术管理工作。

**收稿日期** 2022-04-15

缩至 1 mL,采用气相色谱-质谱法(GC-MS)进行致香物质含量的测定。

**1.3.7 感官质量评价。**由云南三标农林科技有限公司组织评吸专家对烤后烟叶感官质量进行评价。

## 2 结果与分析

**2.1 不同处理对烤后烟叶经济性状的影响** 为探讨不同处理对烤后烟叶经济性状的影响,对烤后烟叶原竿样进行分级统计,结果见表 1。由表 1 可知,与 CK 相比,T 处理的 3 个部位烟叶烘烤损失率降低了 1.59 百分点;T 处理下部烟叶上等烟比例和均价有所下降,中等烟比例增加了 10.80 百分点,但均价降低了 1.48 元/kg;T 处理中部烟叶上等烟比例增加 15.87 百分点,中等烟比例降低了 4.60 百分点,均价增加了 4.00 元/kg;T 处理上部烟叶上中等烟比例增加了 13.17 百分点,均价增加了 0.49 元/kg。以上试验结果表明,与 CK 相比,T 处理烤后烟叶经济性状有所提升。

表 1 不同处理对烤后烟叶经济性状的影响

Table 1 Effects of different treatments on the economic properties of cured tobacco leaves

处理 Treatment	部位 Part	上等烟比例 Proportion of superior tobacco leaves // %	中等烟比例 Proportion of medium tobacco leaves // %	均价 Average price 元/kg	烘烤损失率 Roasting loss rate %
T	下部	4.79	38.83	8.04	5.72
	中部	69.92	24.16	28.79	
	上部	45.78	46.64	20.60	
CK	下部	13.45	28.03	9.52	7.31
	中部	54.05	28.76	24.79	
	上部	49.64	29.61	20.11	

**2.2 不同处理对烟叶烘烤能耗成本的影响** 统计不同处理中部和上部烟叶烘烤能耗成本,结果见表 2。由表 2 可知,在装烟密度基本一致的情况下中部和上部烟叶 2 个处理的能耗成本无明显差异;中部和上部烟叶 1 kg 干烟生物质颗粒燃料用量(燃料用量/装烟量)T 处理略高于 CK,而 T 处理耗电量略低于常规烘烤(CK)。

表 3 不同处理对烤后烟叶外观质量的影响

Table 3 Effects of different treatments on the appearance quality of cured tobacco leaves

部位 Part	处理 Treatment	颜色 Color		油分 Oil content		叶片结构 Blade structure		成熟度 Maturity		色度 Chroma		身份 Identity	
		描述 Description	评分 Score	描述 Description	评分 Score	描述 Description	评分 Score	描述 Description	评分 Score	描述 Description	评分 Score	描述 Description	评分 Score
下部 Lower part	T	橘黄	7	稍有	9	疏松	9	成熟	8	中	9	稍薄	11
	CK	橘黄	7	稍有	9	疏松	11	成熟	8	中	10	稍薄	11
中部 Middle part	T	橘黄	7	稍有	9	疏松	10	成熟	8	中	9	中等	9
	CK	橘黄	7	稍有	10	疏松	10	成熟	8	中	9	中等	10
上部 Upper part	T	橘黄	8	稍有	10	尚疏松	9	成熟	11	中	10	稍厚	12
	CK	橘黄	7	稍有	9	尚疏松	10	成熟	8	中	9	稍厚	10

**2.5 不同处理对烤后烟叶多酚类物质含量的影响** 由表 5 可知,不同处理烤后烟叶多酚类物质含量具有明显差异,3 个

表 2 不同处理对烟叶烘烤能耗成本的影响

Table 2 Effects of different treatments on the curing energy consumption cost of tobacco leaves

部位 Part	处理 Treatment	装烟量 Amount of loading tobacco kg	燃料用量 Fuel consumption kg	耗电量 Energy consumption kW · h	能耗成本 Energy consumption cost 元/kg
中部	T	507.32	1 166.00	258.00	2.542 5
Middle part	CK	514.63	1 182.00	266.00	2.544 9
上部	T	503.66	1 148.00	247.00	2.514 7
Upper part	CK	518.29	1 176.00	258.00	2.507 9

注:生物质颗粒燃料价格 1 000 元/t,电价 0.48 元/(kW · h)。

Note: The price of biomass pellet fuel was 1 000 yuan/ton, and the electricity price was 0.48 yuan/(kW · h).

**2.3 不同处理对烤后烟叶外观质量的影响** 对不同处理烤后烟叶进行外观质量评价,结果见表 3。由表 3 可知,与 CK 相比,下部和中部烟叶 T 处理烤后烟叶外观质量略有下降,上部烟叶 T 处理烤后烟叶外观质量明显提升。下部叶 T 处理叶片结构和色度评分较 CK 略有降低;中部烟叶 T 处理油分和身份评分较 CK 略有下降;上部烟叶 T 处理颜色、油分、成熟度、色度和身份均较常规烘烤(CK)明显提升。

**2.4 不同处理对烤后烟叶主要化学成分含量的影响** 由表 4 可知,不同处理烤后烟叶化学成分含量差异明显。T 处理 3 个部位烟叶的总糖、还原糖以及淀粉含量均明显低于常规烘烤(CK)。这可能是由于远程控制烤房(T 处理)升温速度慢、定色后期时间略长于常规烘烤,糖类物质发生棕色化反应更多所致。下部叶 T 处理蔗糖、葡萄糖和果糖含量明显低于常规烘烤(CK),而中部叶和上部叶 T 处理葡萄糖和果糖含量明显高于常规烘烤(CK)。3 个部位烟叶 T 处理纤维素含量均明显高于常规烘烤(CK)。下部叶和中部叶 T 处理蛋白质含量明显高于常规烘烤(CK),而上部叶 T 处理蛋白质含量低于常规烘烤(CK)。与 CK 相比,T 处理 3 个部位烟叶石油醚提取物含量较高。通过对 2 个处理烟叶化学成分协调性对比发现,2 个处理烟叶化学成分协调性均较好,但 T 处理表现更佳。

部位烟叶新绿原酸和山奈酚含量 T 处理均较高;绿原酸含量下部和中部烟叶 CK 处理较高,而上部烟叶 T 处理较高;3 个

部位烟叶咖啡酸含量 CK 处理较高; 萆菪亭含量下部和中部烟叶 T 处理较高, 中部烟叶 CK 处理略高。烟叶 T 处理较高, 上部烟叶 CK 处理较高。芸香苷含量下部

表 4 不同处理对烤后烟叶主要化学成分含量的影响

Table 4 Effects of different treatments on main chemical components content of cured tobacco leaves

单位: %

部位 Part	处理 Treatment	总糖含量 Total sugar content	还原糖含量 Reducing sugar content	蔗糖含量 Sucrose content	葡萄糖含量 Glucose content	果糖含量 Fructose content	纤维素含量 Cellulose content	总氮含量 Total nitrogen content	烟碱含量 Nicotine content	氧化钾含量 Potassium oxide content	氯离子含量 Chloride ion content	淀粉含量 Starch content	蛋白质含量 Protein content	石油醚提取物含量 Petroleum ether extract content
下部 Lower part	T	23.76	20.33	0.64	5.76	4.77	15.27	2.11	2.44	3.42	1.81	0.86	6.40	4.61
	CK	28.89	20.77	0.78	13.20	9.88	14.14	1.87	1.81	2.41	1.21	1.29	6.08	3.76
中部 Middle part	T	31.30	21.50	0.69	11.60	8.62	11.01	1.93	2.83	1.54	0.57	2.70	5.97	4.26
	CK	38.08	26.97	0.53	7.43	6.73	9.89	1.56	2.49	1.59	0.51	5.87	4.94	4.11
上部 Upper part	T	28.40	26.11	1.02	17.60	13.70	11.84	2.06	2.05	2.01	0.12	4.96	6.80	4.23
	CK	29.57	28.09	1.03	13.00	11.70	11.68	2.05	1.95	2.77	0.17	5.75	7.27	3.82

表 5 不同处理对烤后烟叶多酚类物质含量的影响

Table 5 Effects of different treatments on the content of polyphenols in cured tobacco leaves

单位: mg/g

部位 Part	处理 Treatment	新绿原酸含量 Neochlorogenic acid content	绿原酸含量 Chlorogenic acid content	咖啡酸含量 Caffeic acid content	萆菪亭含量 Scopolamine content	芸香苷含量 Rutin content	山奈酚含量 Kaempferol content
下部 Lower part	T	3.04	10.09	0.16	0.36	13.23	0.24
	CK	2.94	13.44	0.19	0.23	12.56	0.20
中部 Middle part	T	2.35	12.48	0.16	0.24	10.75	0.13
	CK	2.31	13.25	0.19	0.19	12.91	0.11
上部 Upper part	T	3.51	19.94	0.36	0.40	23.71	0.12
	CK	3.34	17.14	0.52	0.57	19.29	0.08

2.6 不同处理对烤后烟叶物理特性的影响 对不同处理烤后烟叶物理特性进行检测, 结果见表 6。由表 6 可知, 单叶重为 9.29~12.47 g, 下部叶 T 处理单叶重低于 CK 处理, 中部叶 2 个处理无明显差异, 上部叶 T 处理单叶重高于 CK 处理。2 个处理下部和中部烟叶含梗率均高于 30%, 上部烟叶含梗率在 25% 左右; 下部和上部烟叶 T 处理含梗率略高于 CK 处理,

中部烟叶 T 处理含梗率较低。2 个处理 3 个部位烟叶叶面密度差异较大, 下部和上部烟叶 T 处理叶面密度明显低于 CK 处理, 中部烟叶 T 处理叶面密度明显高于 CK 处理。3 个部位烟叶平衡含水率 2 个处理间差异较小, 下部烟叶 T 处理平衡含水率略低于 CK 处理, 中部和上部烟叶 T 处理平衡含水率较高。烤后 3 个部位烟叶厚度 2 个处理间均无明显差异。

表 6 不同处理对烤后烟叶物理特性的影响

Table 6 Effects of different treatments on the physical properties of cured tobacco leaves

部位 Part	处理 Treatment	单叶重 Single blade weight//g	含梗率 Stem content %	叶面密度 Blade density g/m <sup>2</sup>	平衡含水率 Equilibrium moisture content//%	厚度 Thickness mm
下部 Lower part	T	9.29	33.83	45.75	21.39	0.16
	CK	12.35	32.31	64.19	22.00	0.16
中部 Middle part	T	12.47	31.35	77.05	20.77	0.18
	CK	12.47	33.43	58.26	20.08	0.17
上部 Upper part	T	10.71	25.77	55.83	19.60	0.17
	CK	9.39	24.22	75.64	19.31	0.18

2.7 不同处理对烤后烟叶致香物质含量的影响 取各处理烤后烟叶并检测致香物质的含量, 结果见表 7。由表 7 可知, 共检测出 75 种致香物质。3 个部位烟叶 T 处理香气物质总量和新植二烯含量均明显高于 CK 处理。按照类胡萝卜素降解产物、苯丙氨酸类物质、棕色化反应产物、类西柏烷类物质进行划分, T 处理 3 个部位烤后烟叶类胡萝卜素降解产物含量高于 CK 处理, 下部和中部烟叶 T 处理高于 CK 处理, 上部烟叶 T 处理高于 CK 处理; 苯丙氨酸类物质含量下部烟叶

T 处理高于 CK 处理, 而中部和上部烟叶 T 处理低于 CK 处理; 苯甲醇、苯乙醇和苯乙醛含量与苯丙氨酸类物质含量表现出相似的规律。棕色化反应产物都是美拉德反应的产物。下部和上部烟叶 T 处理棕色化反应产物含量高于 CK 处理, 中部烟叶 T 处理略低于 CK 处理。类西柏烷物质含量下部和中部烟叶 T 处理明显高于 CK 处理, 而上部烟叶 T 处理明显低于 CK 处理。根据《烟叶香型风格的特征化学成分研究》可知, 清香型烟叶二氢猕猴桃内酯和巨豆三烯酮含量较

高。该试验中 3 个部位烟叶 T 处理的二氢猕猴桃内酯含量均高于 CK 处理。

表 7 不同处理对烤后烟叶致香物质含量的影响

Table 7 Effects of different treatments on the content of aromatic substances in cured tobacco leaves

单位:  $\mu\text{g}/\text{g}$

部位 Part	处理 Treatment	类胡萝卜素降解产物 Carotenoid degradation products												小计
		芳樟醇	$\beta$ -紫罗兰酮	二氢猕猴桃内酯	大马酮	大马土酮	$\alpha$ -大马酮	4-羟基- $\beta$ -二氢大马酮	巨豆三烯酮-A	巨豆三烯酮-B	巨豆三烯酮-C	巨豆三烯酮-D	6-甲基-2-庚酮	
下部 Lower part	T	0.029 1	0.631 1	0.890 5	0.600 3	12.769 9	0.185 5	0.498 0	1.010 9	0.620 0	0.061 6	0.454 6	0.016 6	17.768 2
	CK	0.020 8	0.367 4	0.736 9	0.429 9	9.347 0	0.272 2	0.253 4	0.458 9	0.366 9	0.009 2	0.056 8	0.063 7	12.383 2
中部 Middle part	T	0.023 2	0.494 0	1.189 5	0.582 4	11.675 3	0.358 0	0.064 5	0.375 1	1.798 8	0.462 0	0.105 5	0.088 0	17.216 4
	CK	0.027 0	0.349 9	1.045 7	0.412 0	8.167 8	0.235 5	1.127 7	0.198 1	1.012 0	0.242 6	1.513 3	0.032 4	14.364 1
上部 Upper part	T	0.019 2	0.531 7	0.709 8	0.459 7	7.396 3	0.421 1	0.034 7	0.258 6	1.269 6	0.347 8	0.160 8	0.048 7	11.658 2
	CK	0.017 9	0.555 7	0.596 3	0.851 3	5.762 6	0.310 9	0.218 5	0.244 0	1.243 5	0.243 4	1.533 2	0.020 7	11.598 1

  

部位 Part	处理 Treatment	苯丙氨酸类物质 Phenylalanines				棕色化反应产物 Browning reaction product							小计
		苯甲醇	苯乙醇	苯乙醛	小计	5-甲基呋喃醛	3-乙酰基吡啶	2-乙酰呋喃	2-乙酰基吡咯	2,3-二氢苯并呋喃	2,3'-联吡啶		
下部 Lower part	T	4.683 6	8.632 2	6.636 4	19.952 1	0.060 6	0.122 9	0.091 8	0.004 9	0.061 1	0.174 4	0.515 8	
	CK	4.276 0	8.024 0	2.896 1	15.196 2	0.056 5	0.160 3	0.109 4	0.010 8	0.057 2	0.115 7	0.509 9	
中部 Middle part	T	3.809 6	4.438 1	0.831 8	9.079 5	0.070 0	0.109 8	0.100 4	0.011 8	0.106 1	0.192 1	0.590 2	
	CK	4.187 2	3.908 4	1.657 7	9.753 4	0.092 8	0.159 6	0.137 9	0.034 4	0.079 4	0.145 1	0.649 2	
上部 Upper part	T	10.535 2	7.822 4	3.250 3	21.607 9	0.076 2	0.113 0	0.111 0	0.035 5	1.251 4	0.145 5	1.732 6	
	CK	11.105 3	11.502 8	7.245 0	29.853 0	0.041 4	0.128 5	0.104 6	0.024 2	0.053 1	0.198 9	0.550 8	

  

部位 Part	处理 Treatment	类西柏烷类物质 Cybenoids					新植二烯含量		其他香气物质总量 Total amount of other aroma substances	香气物质总量 Total amount of aroma substance	
		西柏三烯醇-1	西柏三烯醇-2	西柏三烯醇-3	西柏三烯醇-4	西柏三烯醇-5	茄酮	小计			
下部 Lower part	T	0.217 8	0.412 4	0.296 5	0.954 6	0.222 9	27.770 1	29.874 3	821.346 7	312.652 7	1 202.109 7
	CK	0.217 6	1.601 0	1.175 1	2.106 7	0.178 5	19.487 8	24.766 7	773.508 7	199.469 6	1 025.834 2
中部 Middle part	T	0.171 8	1.597 2	1.025 4	1.725 0	0.237 8	26.647 2	31.404 5	986.459 9	353.465 9	1 398.216 3
	CK	2.223 1	1.793 1	1.047 1	2.910 2	0.185 8	21.721 9	29.881 2	752.370 2	269.821 3	1 076.839 5
上部 Upper part	T	0.184 8	1.141 7	1.092 8	2.902 5	0.262 1	20.676 0	26.259 9	632.670 1	174.520 8	868.449 5
	CK	0.518 7	1.053 6	2.095 0	3.503 2	0.072 0	37.962 0	45.204 5	406.105 2	200.626 5	693.938 2

**2.8 不同处理对烤后烟叶感官质量的影响** 对不同处理烤后烟叶感官质量进行评价,结果见表 8。由表 8 可知,T 处理 3 个部位烟叶感官质量总评分均明显优于 CK 处理,T 处理下部、中部和上部烟叶感官质量总评分比 CK 处理分别高 0.50、1.00 和 1.00 分。通过对比各项指标发现, T 处理下部

烟叶杂气评分高于 CK 处理;T 处理中部烟叶香气质、香气量评分均明显优于 CK 处理,T 处理上部烟叶香气质和杂气评分均高于 CK 处理。由此可见,采用远程智能烘烤精准控制可以明显改善烤后烟叶香气质,增加香气量,降低烟叶杂气。

表 8 不同处理对烤后烟叶感官质量的影响

Table 8 Effects of different treatments on the sensory quality of cured tobacco leaves

单位:分

部位 Part	处理 Treatment	香型 Flavor type	感官质量评分 Sensory quality score									总评分 Total score
			劲头 Strength	浓度 Concentration	香气质 Quality of aroma	香气量 Amount of aroma	余味 Aftertaste	杂气 Miscellaneous gas	刺激性 Irritability	燃烧性 Combustibility	灰色 Grey	
下部 Lower part	T	清香	3.00	3.00	11.65	15.95	18.85	13.85	9.35	3.00	3.00	75.65
	CK	清香	3.00	3.00	11.65	15.95	18.85	13.35	9.35	3.00	3.00	75.15
中部 Middle part	T	清香	3.00	3.00	12.15	16.95	18.85	13.85	8.85	3.00	3.00	76.65
	CK	清香	3.00	3.00	11.65	16.45	18.85	13.85	8.85	3.00	3.00	75.65
上部 Upper part	T	清香	3.00	3.00	11.65	16.95	18.85	13.85	8.85	3.00	3.00	76.15
	CK	清香	3.00	3.10	11.15	16.95	18.85	13.35	8.85	3.00	3.00	75.15

### 3 讨论与结论

该试验通过对比密集烘烤精准工艺远程调控与常规操作烤后烟叶化学成分、外观质量、内在质量和经济性,探讨远程调控技术的适用性。该研究表明,采用自主研发的远程智能控制器烤后烟叶的经济性状明显优于常规烘烤模

式。这主要是因为烟叶烘烤过程中生物质颗粒燃烧时有滞后性<sup>[7]</sup>。当烤房需要升温时,新添加的生物质颗粒在短时间内燃烧慢,升温慢;稳温时,正在燃烧的生物质颗粒所释放的热量难以迅速控制。智能烤房可以控制投料量及功率,温度较容易控制且精度高,升温平稳,使得烤后烟叶油分足、色泽

鲜亮、正反面均匀、烤坏烟数量少。在烤后烟叶外观质量方面,下部和中部烟叶采用自主研发的远程智能控制器和管理系统智能远程烘烤烤后烟叶外观质量略有下降;下部烟叶结构和色度评分略有下降;中部烟叶油分和身份评分略有下降。这可能是因为远程智能烘烤升温速度慢于常规烘烤(CK),变黄前期和定色后期时间明显长于常规烘烤(CK)。在烤后烟叶主要化学成分方面,采用自主研发的密集烘烤精准工艺远程调控处理(T)与常规烘烤(CK)处理有明显差异。根据《烟叶香型风格的特征化学成分研究》<sup>[8]</sup>可知,清香型烟叶糖类物质含量较高。多酚是烟草重要的次生代谢产物和香气前体,对烟草的生长、发育、产量和品质起着重要作用,是衡量烟叶质量的重要因素<sup>[9]</sup>。该研究结果发现,采用自主研发的密集烘烤精准工艺远程调控处理的烟叶新绿原酸和山奈酚含量较高,下部和上部烟叶中芸香苷含量较高,而芸香苷是清香型烟叶特征化学成分。因此,采用自主研发的密集烘烤精准工艺远程调控处理的烟叶清香型风格特征可能更加彰显。

密集烤房智能远程控制器精准烘烤是根据曲靖烟叶素质拟合精准工艺曲线。烘烤技师可结合烟叶图像和温湿度数据远程实时监测和调整烘烤工艺参数,实现烘烤过程的精准远程控制;与常规烘烤相比,智能远程精准烘烤上中等烟比例明显增加,烘烤损失率降低1.59个百分点,烤后烟叶颜色橘黄、成熟度好、结构疏松、油分足、色度强,烟叶化学成分协调,香气质、香气量好,烘烤后熟充分,清香型风格特色突出。

烟叶烘烤作业需要耗费大量的人力和物力,同时烟草是一种经济作物,烘烤智能化研究是提升烟叶经济收入的解决方法之一<sup>[10]</sup>。因此,在密集烘烤实现初步自动化操作的基础上,进一步建立烟叶密集烘烤精准控制模型,并与现有烤房自控设备整合,构建基于物联网的智能化烘烤精准调控与管理,实现密集烘烤过程基于物联网技术信息采集、处

理与控制的实时烘烤决策,可为实现烟叶密集烘烤集约化、专业化、智能化提供技术支持<sup>[11]</sup>。谭青涛等<sup>[12]</sup>研究表明,烟叶烤房群远程监控管理系统在使用过程中大大减少了技术人员的工作量,提高了工作效率。由于目前已实现集中烘烤管理系统,对于比较集中的烤房群来说,如果其中一个出现异常现象时系统能够及时报警,就可以在很大程度上降低烟农因为烘烤不当而造成的损失,间接增加烟农的收入<sup>[12-15]</sup>。

## 参考文献

- [1] 官长荣,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,2005,38(11):34-37.
- [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,2005,26(3):15-16.
- [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.
- [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,2005,26(3):12-14.
- [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.
- [6] 张冀武,王怡海,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,2001,22(4):32-36.
- [7] 韦忠,高华军,范东升,等.生物质颗粒燃料烘烤烟叶的效果分析[J].南方农业学报,2017,48(12):2228-2233.
- [8] 王洪云,刘洪祥,徐发华,等.大理特色烟叶与不同生态烟区烤烟香型风格的差异研究[J].中国烟草科学,2015,36(3):8-12.
- [9] HE X, LIU T X, REN K, et al. Salicylic acid effects on flue-cured tobacco quality and curing characteristics during harvesting and curing in cold-stressed fields[J]. Front Plant Sci, 2020, 11: 1-16.
- [10] 李峥,谭方利,吴文信,等.烟叶烘烤新型能源和技术研究进展[J].天津农业科学,2017,23(11):68-72,90.
- [11] 王行,文志强,何振峰,等.生物质能在密集烤房上应用现状和发展方向[J].中国农学通报,2020,36(35):139-142.
- [12] 谭青涛,王宝光.烟叶烤房群远程监控管理系统的研究与应用[J].现代农业科技,2011(4):16,18.
- [13] 韩冰,李芬华.GPRS技术在数据采集与监控系统中的应用[J].电子技术,2003,32(8):26-29.
- [14] 安荣邦,侯建强.GSM手机接收机设计的关键技术[J].电子产品世界,2001(9):7-9,18.
- [15] 李志强,黄明英,郭华新.基于GSM的烟叶烘烤远程监控系统设计[J].安徽农业科学,2010,38(34):19852-19853.
- [16] 黄远迪.木霉生物有机肥在不同抗病性香蕉品种中应用的微生态效应研究[D].海口:海南大学,2020.
- [17] 隋丽娜.木霉防治小麦茎基腐病及对小麦土壤微生物群落的影响[D].济南:齐鲁工业大学,2021.
- [18] 李锐.有机替代下绿洲棉田土壤特性与微生物多样性[D].石河子:石河子大学,2017.
- [19] 冯慧琳,徐辰生,何欢辉,等.生物炭对土壤酶活和细菌群落的影响及其作用机制[J].环境科学,2021,42(1):422-432.
- [20] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.
- [21] 胡瑞文,刘勇军,周清明,等.生物炭对烟根际土壤微生物群落碳代谢的影响[J].中国农业科技导报,2018,20(9):49-56.
- [22] 杨菁,周国英,田媛媛,等.降香黄檀不同混交林土壤细菌多样性差异分析[J].生态学报,2015,35(24):8117-8127.
- [23] 刘金钊.基于固体废弃物的益生菌混合发酵及其对土壤微生态的作用机制研究[D].济南:齐鲁工业大学,2017.
- [24] 殷全玉,刘健豪,方明,等.高碳基肥配施菌剂对植烟土壤化学性质及微生物的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2019,45(5):501-506.
- [25] 康捷,章淑艳,韩韬,等.麻山药不同生长期根际土壤微生物多样性及群落结构特征[J].生物技术通报,2019,35(9):99-106.
- [26] 康林玉,刘周斌,欧立军,等.土壤微生物促进作物生长发育研究进展[J].湖南农业科学,2017(3):113-116.
- [5] 康萍芝,张丽荣,沈瑞清,等.哈茨木霉制剂对设施连作番茄根际土壤微生物的生态效应及防病作用[J].农药,2013,52(2):128-131.
- [6] 孙虎,杨丽荣,全鑫,等.木霉生防机制及应用的研究进展[J].中国农学通报,2011,27(3):242-246.
- [7] 陈捷,朱洁伟,张婷,等.木霉菌生物防治作用机理与应用研究进展[J].中国生物防治学报,2011,27(2):145-151.
- [8] 杜婵娟,晏卫红,潘连富,等.木霉制剂对茉莉白绢病和土壤微生物数量的影响[J].中国农学通报,2014,30(1):169-173.
- [9] 李森,产祝龙,檀根甲,等.木霉菌防治植物真菌病害研究进展[J].生物技术通讯,2009,20(2):286-290.
- [10] 郭成瑾.腾格里沙漠固沙植物根际土壤真菌多样性及生防木霉抑菌作用机制研究[D].兰州:甘肃农业大学,2020.
- [11] 张丽荣,陈杭,康萍芝,等.木霉制剂在西瓜土壤中定殖能力及其对根际土壤微生物区系的影响[J].北方园艺,2018(21):49-53.
- [12] 刘正洋,王若斐,乔策策,等.木霉生物有机肥对白菜和甘蓝产量及土壤微生物区系的影响[J].南京农业大学学报,2020,43(4):650-657.
- [13] 扈进冬,杨在东,吴远征,等.哈茨木霉拌种对冬小麦生长、土传病害及根际真菌群落的影响[J].植物保护,2021,47(5):35-40.
- [14] 王义坤,苏厚文,段亚楠,等.三种菌肥对连作平邑甜茶根系生长和土壤真菌群落多样性的促进效应[J].植物营养与肥料学报,2020,26(2):316-324.

(上接第156页)