

密集烘烤过程中烤烟上部叶颜色参数与 主要化学成分变化

裴晓东¹, 王涛², 李帆¹, 谢鹏飞³, 龙大彬¹, 贺帆², 宫长荣², 董艳辉², 肖海强⁴

(1. 湖南省烟草公司浏阳市公司, 湖南 浏阳 410300; 2. 河南农业大学 烟草学院, 河南 郑州 450002;

3. 湖南省烟草公司长沙市公司, 湖南 长沙 410007; 4. 湖南农业大学 烟草研究院, 湖南 长沙 410000)

摘要: 为明确烘烤过程中上部烟叶烘烤质量动态形成规律, 为浓香型烤烟调制关键技术研究 and 提高烤烟上部叶可用性提供理论依据, 以上部叶为试验材料, 研究了密集烘烤过程中颜色参数、色差值和主要化学成分变化。结果表明, 烘烤过程中叶片各颜色参数变化主要集中在鲜样至 38℃ 之间, 38℃ 之后变化趋势减缓; 叶片正面颜色参数与反面颜色参数变化基本同步; 主脉各颜色参数在鲜样至 42℃ 结束前变化趋势缓慢, 42℃ 之后变化加剧。各颜色参数差值均在 54℃ 以后逐渐变小。相关分析表明, 主脉各颜色参数与淀粉、总糖、还原糖、蛋白质、叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素总量相关性均不显著, 但与类胡萝卜素含量变化相关性较好。叶片 L^* 值、 a^* 值和 H 值与各化学成分均达到显著或极显著相关, C^* 值只与叶绿素类物质显著相关, b^* 值则与各化学成分相关性不显著。

关键词: 烤烟; 上部叶; 颜色参数; 化学成分

中图分类号: S572 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2012) 增刊-0218-05

Relationship between Changes of Color Parameters and Chemical Components of Upper Flue-cured Tobacco Leaves during Bulk-curing Process

PEI Xiao-dong¹, WANG Tao², LI Fan¹, XIE Peng-fei³, LONG Da-bin¹, HE Fan²,
GONG Chang-rong², DONG Yan-hui², XIAO Hai-qiang⁴

(1. Liuyang Branch of Hunan Province Tobacco Company, Liuyang 410300, China; 2. College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 3. Changsha Branch of Hunan Province Tobacco Company, Changsha 410007, China; 4. Institute of Tobacco Science, Hunan Agricultural University, Changsha 410000, China)

Abstract: Taking upper leaves of flue-cured tobacco as experimental materials, changes of color parameters, color difference and chemical components were studied to clear the formation of quality of upper leaves and provide theoretical basis for studies on curing technology and improving usability of upper flue-cured tobacco leaves with thick aroma. The results showed that the color parameters of leaves changed greatly in fresh samples to 38℃, and its changed slower after 38℃. The color parameters of front and back of leaves showed a similar tendency. The color parameters of principal vein changed slowly before 42℃ and greatly after 42℃. Correlation analysis showed that the correlations between color parameters of principal vein and starch, total sugar, reducing sugar, protein and chlorophyll were not significant, but it was better between color parameters of principal vein and carotenoid. The correlations between L^* , a^* and H of leaves and chemical components were significant or extremely significant. The correlations between C^* of leaves and chlorophyll were significant. And the correlations between b^* of leaves and chemical components were not significant.

Key words: Flue-cured tobacco; Upper leaves; Color parameters; Chemical components

烤烟上部叶是单株产质的重要组成部分,也是生产高级卷烟的主要原料^[1]。目前,由于上部叶成

收稿日期: 2012-10-25

基金项目: 国家烟草专卖局重大科技项目(TS-01-2011006)

作者简介: 裴晓东(1979-),男,河南洛阳人,农艺师,主要从事烟叶烘烤研究。

熟度不够、烘烤操作不当等因素而导致烘烤中烟叶挂灰、烤青、烤后烟叶光滑、组织结构紧密、颜色偏淡等质量不高,可用性降低。而烘烤过程通过温湿度精确调控从而协调烟叶外观与内在物质的变化是提高烤烟上部叶可用性的一项重要措施^[2-3]。

烘烤过程中烟叶外观形态结构和色泽的变化是烘烤操作过程中的重要指标。烟叶颜色变化是最明显也是最直观的^[4]。因此,烘烤过程特别强调烟叶外观变化与内在物质分解转化相一致。但是由于鲜烟叶本身素质的差异和烘烤技术人员主观因素的制约,往往加大了烘烤操作的难度。前人^[5-6]曾采用透射图像、MATLAB 等技术对烤烟颜色参数与内在质量的关系进行研究,但这些技术相对复杂。近几年,相关学者^[7-9]采用 WSC-2 型测色色差仪测量烟叶的颜色参数,对烘烤过程中颜色参数的变化进行了研究,表明可以实现色泽的量化分析。因此,本试验采用 HP-200 便携式精密色差仪对烤烟上部叶烘烤过程中颜色参数与主要化学成分变化进行研究,旨在明确烘烤过程中上部叶烘烤质量动态形成规律,为浓香型烤烟调制关键技术研究和提高上部叶可用性提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验于 2011 年在湖南省浏阳市淳口镇鸭头村金叶烘烤工场进行。供试品种为 K326,3 月 18 日移栽,种植行距 120 cm,株距 50 cm。供试土壤为黄黏土,肥力中等。田间管理按当地优质烤烟栽培生产技术规范进行。以上部叶(第 16~18 位叶)为试验材料,依据成熟标准,烟叶成熟时按照叶位单叶采收。

1.2 试验设计

烟叶按成熟标准采收后,从中挑选出烟叶成熟度、叶色、大小基本一致的叶片绑竿标记,分别挂于烤房中棚进行烘烤。烟叶在同一天内完成采收、编烟、装炕与开烤,装烟密度 70 kg/m^3 ,采用三段式烘烤工艺进行烘烤。于烟叶烘烤的关键温度点取样(鲜样;干球 38°C 结束;干球 42°C 结束;干球 47°C 结束;干球 54°C 结束;烤后样)。取样后空隙处用麻袋片挡住,防止因取样带来试验误差,每次取样共选取 30 片大小、颜色具有代表性的完整烟叶,其中 15 片用于颜色参数的测定,15 片切去叶尖和叶基部,留叶中部分,在烘箱中 105°C 杀青 5 min, 60°C 烘干、粉碎,过 60 目筛,用于主要化学成分的测定。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 颜色参数的测定 采用 HP-200 便携式精密色差仪(上海汉普光电科技有限公司),选择大小和外观色泽基本一致的叶中部分,测量距离叶主脉约 5 cm 处对称点的叶色,每半片叶等距离测量 3 个点,每片叶 6 个点的平均值为此叶片正面的颜色参数;烟叶反面颜色参数测量方法同正面;叶片颜色参数为正反面的平均值。烟叶主脉匀称测量 6 个点,其平均值作为该叶片主脉的色差值。分别测得烟叶的亮度值 L^* 、红度值 a^* 和黄度值 b^* ,并计算饱和度 C^* 、色相角 H 和色差值 ΔE ,公式为: $C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$; $H = \arctan(b^*/a^*)$; $\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ 。

1.3.2 化学成分测定 总糖、淀粉、还原糖和蛋白质含量的测定参照王瑞新等^[10]的方法。叶绿素、类胡萝卜素含量测定采用分光光度法^[11]。

1.4 数据处理

数据处理和绘图采用 Microsoft Excel 2003,用 SPSS 17.0 进行数据统计分析,多重比较采用 LSD 法。

2 结果与分析

2.1 密集烘烤过程中烟叶颜色参数变化

亮度(L^*)、饱和度(C^*)、色相角(H)是颜色的三大特性。烘烤过程中烟叶颜色参数变化如表 1 所示,叶片与主脉的 L^* 、 a^* 和 H 值变化规律一致;叶片正面与背面的 b^* 和 C^* 值变化规律基本一致,与主脉的差异较大。其中,叶片各颜色参数变化主要集中在鲜样至 38°C 结束之间, 38°C 结束之后变化趋势减缓;主脉各颜色参数在鲜样至 42°C 结束前变化趋势缓慢, 42°C 之后变化加剧。

烘烤过程中叶片与主脉 L^* 值呈先上升后下降的趋势;其中,叶片正面最大值出现在 42°C ,此时只有与 38°C 时差异不显著($P > 0.05$),而与其他各温度点差异均达到极显著水平($P < 0.01$);而叶片背面在 47°C 时最大,但与 38 和 42°C 时差异不显著($P > 0.05$);主脉 L^* 值在 38°C 时最大,且只与 42°C 时差异没有达到极显著($P > 0.01$),与其他各温度点差异均极显著($P < 0.01$)。叶片与主脉 a^* 值烘烤过程中呈一直增加的趋势,最大值均出现烤后样中,且与各温度点差异极显著($P < 0.01$)。叶片正面 b^* 值呈先上升后下降的趋势;叶片背面则先上升后下降, 54°C 之后又略有上升;主脉则呈先上升后下降而后略有上升然后又下降的趋势;其中叶片正面与背面均在 38°C 时最大,此时叶片正面只与 42°C 时

差异不显著 ($P > 0.05$), 叶片背面与各温度点差异均达到显著水平 ($P < 0.05$); 主脉则在 42°C 时最大, 与鲜样和 38°C 时差异不显著 ($P > 0.05$)。烘烤过程

中烟叶 C^* 值变化与 b^* 变化规律一致。叶片正面、背面与主脉 H 值均呈逐渐下降的趋势, 且烤后样 H 值与各温度点差异极显著 ($P < 0.01$)。

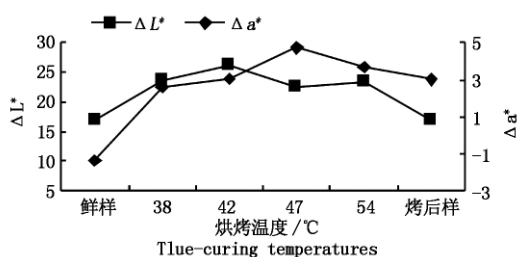
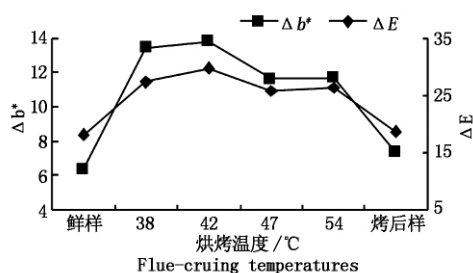
表 1 烘烤过程中烟叶颜色参数变化

Tab. 1 Changes of color parameters of tobacco leave during curing

部位 Position	烘烤温度 Flue-curing temperatures ($^\circ\text{C}$)	颜色参数 Color parameters				
		L^*	a^*	b^*	C^*	H
叶正面 Front	鲜样	52.86 \pm 2.99Cd	-9.76 \pm 1.91Ee	42.36 \pm 3.19Ee	43.51 \pm 3.12Dd	103.03 \pm 2.68Aa
	38	63.93 \pm 2.63Aa	6.59 \pm 1.55Dd	53.65 \pm 3.93Aa	54.08 \pm 3.85Aa	82.93 \pm 1.83Bb
	42	64.51 \pm 2.67Aa	6.76 \pm 1.72Dd	52.18 \pm 4.18ABab	52.65 \pm 4.07ABab	82.53 \pm 2.15Bb
	47	61.23 \pm 8.29Bb	10.54 \pm 2.05Cc	50.33 \pm 5.51BCbc	51.47 \pm 5.39Bb	78.08 \pm 2.80Cc
	54	61.18 \pm 2.54Bb	11.68 \pm 1.41Bb	49.53 \pm 3.66Cc	50.91 \pm 3.56Bb	76.67 \pm 1.87Dd
叶背面 Back	烤后样	55.05 \pm 4.53Cc	13.21 \pm 1.90Aa	45.48 \pm 3.41Dd	47.39 \pm 3.42Cc	73.78 \pm 2.23Ee
	鲜样	58.85 \pm 2.29Cd	-8.40 \pm 1.50Ee	35.99 \pm 1.74Dc	36.89 \pm 1.75Bc	103.14 \pm 2.29Aa
	38	68.38 \pm 2.39ABa	3.96 \pm 1.76Dd	40.23 \pm 2.10Aa	40.47 \pm 2.10Aa	84.37 \pm 2.49Bb
	42	68.78 \pm 3.04ABa	3.70 \pm 1.55Dd	38.38 \pm 2.03ABCb	38.60 \pm 1.93ABb	84.43 \pm 2.51Bb
	47	69.14 \pm 6.92Aa	5.82 \pm 1.79Cc	38.70 \pm 5.02ABCb	39.19 \pm 4.88Aab	81.24 \pm 3.42Cc
主脉 Midrib	54	66.49 \pm 2.58Bb	8.01 \pm 1.74Bb	37.88 \pm 2.33CDb	38.76 \pm 2.26ABb	78.02 \pm 2.73Dd
	烤后样	60.84 \pm 3.84Cc	10.19 \pm 1.98Aa	38.18 \pm 4.18BCb	39.59 \pm 4.03Aab	74.93 \pm 3.24Ee
	鲜样	60.57 \pm 4.00Bc	-7.09 \pm 1.81Ee	32.26 \pm 6.09Aa	33.08 \pm 6.08Aa	102.59 \pm 3.40Aa
	38	67.43 \pm 2.77Aa	-5.87 \pm 2.37DEd	34.31 \pm 6.47Aa	34.91 \pm 6.35Aa	100.14 \pm 4.29Aab
	42	65.05 \pm 5.75Ab	-5.54 \pm 2.70Dd	34.96 \pm 5.91Aa	35.52 \pm 5.74Aa	99.48 \pm 4.80Ab
	47	58.99 \pm 4.52Bc	-1.45 \pm 2.86Cc	27.92 \pm 7.47Bb	28.13 \pm 7.35BCb	93.89 \pm 6.70Bc
	54	50.37 \pm 5.23Cd	6.46 \pm 1.38Bb	28.16 \pm 4.61Bb	28.96 \pm 4.37Bb	76.67 \pm 4.01Cd
	烤后样	38.39 \pm 6.10De	8.99 \pm 3.07Aa	22.68 \pm 4.63Cc	24.60 \pm 4.56Cc	68.13 \pm 7.61De

注: 相同部位同列参数数据后标不同大写和小写字母分别表示差异极显著 ($P < 0.01$) 和显著 ($P < 0.05$)。

Note: Different small letters in the same row mean significant difference at 0.05 level, capital letters mean significant difference at 0.01 level with same position.

图 1 烘烤过程中 ΔL^* 和 Δa^* 变化Fig. 1 Changes of ΔL^* and Δa^* during curing图 2 烘烤过程中 Δb^* 和 ΔE 变化Fig. 2 Changes of Δb^* and ΔE during curing

2.2 密集烘烤过程中烟叶正反面颜色参数差值的变化

由图 1 可知, 烘烤过程中烟叶正反面 ΔL^* 值呈先增大后下降而后稍有上升趋势然后进一步下降;

其中最大值出现在 42°C 时, 烤后样和鲜样时较小, 且两者差异不显著。 Δa^* 值则先增大, 47°C 之后一直下降, 在 47°C 时 Δa^* 值最大。烘烤过程中烟叶正反面 Δb^* 和 ΔE 值变化如图 2 所示, 均呈增大后下降而后稍有上升趋势然后进一步下降; 其中略有上升的阶段在 47°C 至 54°C , 但此时两温度点 Δb^* 和 ΔE 值差异并不显著。

2.3 密集烘烤过程中主要化学成分的变化

烘烤过程中淀粉、蛋白质、叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量和类胡萝卜素含量则均呈现逐步下降的趋势, 且均在 42°C 之前急剧减少, 42°C 之后降解速度趋缓, 至烘烤结束时降至最低值。总糖和还原糖含量则随着淀粉的降解含量一直增加, 42°C 之后淀粉降解缓慢, 同时两糖含量增加速率也逐渐减慢 (表 2)。

2.4 密集烘烤过程中烟叶颜色参数与主要化学成分相关分析

由表 3 可以看出, 烘烤过程中烟叶颜色参数与各化学成分之间相关性各不相同。主脉各颜色参数与淀粉、总糖、还原糖、蛋白质、叶绿素 a、叶绿素 b

和叶绿素总量相关性均不显著; 但主脉 L^* 、 b^* 和 C^* 值与类胡萝卜素含量均呈显著正相关, a^* 值与其呈极显著负相关, H 值则与其呈极显著正相关。

叶片各颜色参数与主要化学成分相关性较好。叶片 L^* 值与淀粉、蛋白质呈显著负相关, 与叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素总量呈极显著负相关, 与总糖呈显著正相关, 与还原糖呈极显著正相关, 但与类胡萝卜素含量相关性不显著。叶片 a^* 值与淀粉和类

胡萝卜素呈显著负相关, 与蛋白质、叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素总量呈极显著负相关, 与总糖和还原糖则呈极显著正相关。但叶片 b^* 值和各化学成分之间相关性均不显著; C^* 值除了与叶绿素之间相关性显著之外, 与其他化学成分相关性均不显著。叶片 H 值则与淀粉、蛋白质、叶绿素呈极显著正相关, 与类胡萝卜素呈显著正相关, 与总糖和还原糖极显著负相关。

表 2 烘烤过程中主要化学成分变化

Tab. 2 Changes of chemical components of tobacco leave during curing

烘烤温度/℃ Flue-curing temperatures	主要化学成分 Main chemical components							
	淀粉/% Starch	总糖/% Total sugar	还原糖/% Reducing sugar	蛋白质/% Protein	叶绿素 a/ (mg/g) Chl-a	叶绿素 b / (mg/g) Chl-b	叶绿素总量/ (mg/g) Chl	类胡萝卜素/ (mg/g) Carotenoids
鲜样 Fresh samples	36.550	11.620	2.820	14.710	0.905	0.504	1.410	0.672
38	21.680	26.160	18.390	10.350	0.072	0.053	0.125	0.644
42	7.900	30.220	18.580	8.510	0.026	0.021	0.047	0.624
47	7.440	32.430	19.130	7.740	0.026	0.019	0.045	0.604
54	7.400	32.680	19.510	7.670	0.023	0.020	0.044	0.572
烤后样 Flue-cured samples	7.310	33.240	20.250	7.690	0.022	0.020	0.042	0.529

表 3 烘烤过程中烟叶颜色参数与主要化学成分相关分析

Tab. 3 Correlation between color parameters and chemical components during the curing

部位 Position	颜色参数 Color parameters	相关系数 Correlation coefficient							
		淀粉 Starch	总糖 Total sugar	还原糖 Reducing sugar	蛋白质 Protein	叶绿素 a Chl-a	叶绿素 b Chl-b	叶绿素总量 Chl	类胡萝卜素 Carotenoids
叶片 Leaves	L^*	-0.820*	0.884*	0.956**	-0.856*	-0.965**	-0.963**	-0.965**	-0.519
	a^*	-0.922*	0.980**	0.969**	-0.967**	-0.950**	-0.951**	-0.950**	-0.837*
	b^*	-0.477	0.573	0.723	-0.538	-0.759	-0.754	-0.757	0.001
	C^*	-0.565	0.670	0.808	-0.634	-0.836*	-0.831*	-0.834*	-0.141
	H	0.923**	-0.979**	-0.966**	0.966**	0.947**	0.947**	0.947**	0.845*
主脉 Midrib	L^*	0.410	-0.402	-0.268	0.413	0.203	0.207	0.204	0.881*
	a^*	-0.627	0.645	0.535	-0.651	-0.479	-0.482	-0.480	-0.958**
	b^*	0.453	-0.463	-0.324	0.474	0.261	0.266	0.263	0.862*
	C^*	0.478	-0.486	-0.341	0.500	0.281	0.287	0.283	0.848*
	H	0.591	-0.612	-0.511	0.615	0.452	0.454	0.453	0.957**

注: * 表示差异显著, ** 表示差异极显著。

Note: * indicate significant difference at 5% level, ** indicate very significant difference at 1% level.

3 结论与讨论

宫长荣等^[12]研究指出, 密集烘烤中上部烟叶的变黄主要发生在烘烤开始的 24~48 h, 而烟筋变黄较慢, 一般在 47~49℃。试验结果表明, 烘烤过程中叶片各颜色参数变化主要集中在鲜样至 38℃ 结束之间, 38℃ 结束之后变化趋势减缓; 主脉各颜色参数在鲜样至 42℃ 结束前变化趋势缓慢, 42℃ 之后变化加剧, 这与武圣江等^[9]的研究结果也相一致。通过色差仪测量叶片的颜色参数可以定量反映烘烤过程中颜色参数的变化。烘烤过程中叶片正面颜色参数与反面颜色参数变化基本同步, 但同一温度点两

者差异较大, 其中同一温度点正面 L^* 值和 H 值小于反面, 正面的 a^* 值和 b^* 值则大于反面; 这可能是由于叶正面和叶背面在细胞结构和生理生化特征等方面差异较大, 烘烤过程中水分以及化学成分变化也存在较大差异所致^[13]; 同时, 这一研究结果与霍开玲等^[7]的研究结果也基本一致。对比烘烤过程中烟叶正反面颜色参数差值变化, 各颜色参数差值均在 54℃ 以后逐渐变小, 这说明 54℃ 左右适当延长烘烤时间有利于降低烟叶正反面色差, 改善烟叶外观质量。

烘烤过程中淀粉、蛋白质、叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量和类胡萝卜素含量在 42℃ 之前急剧减

少 42℃ 之后降解速度趋缓,至烘烤结束时降至最低值。总糖还原糖含量变化则与其相反。

烘烤过程中烤烟颜色以及形态的变化是烟叶生理生化变化以及失水干燥的宏观体现^[14],同时也是作为调整温湿度重要外观指标。烟叶颜色和形态变化是紧密联系、相辅相成的,并在一定阶段内相互偶联。烟叶由青转黄的程度,反映了叶内淀粉、蛋白质和色素类物质转化的进程,进入定色期后叶片颜色固定,大分子物质的分解转化也逐渐停止^[15]。相关分析表明,主脉各颜色参数与淀粉、总糖、还原糖、蛋白质、叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素总量相关性均不显著,但与类胡萝卜素含量变化相关性较好。叶片 L^* 值、 a^* 值和 H 值与各化学成分均达到显著或极显著相关, C^* 值只与叶绿素类物质显著相关, b^* 值则与所有化学成分相关性不显著。这一研究结果与霍开玲等^[8,16]的差异较大,可能是由于不同生态区、不同品种烟叶在烘烤过程中所反映出来的烘烤特性不同所导致的。由此可见,烘烤过程中,烤烟烟叶颜色参数的变化可以用来定量反映烟叶主要化学成分的变化规律,可作为指导烘烤的辅助指标。但本试验只是初步研究结果,烘烤过程中颜色参数与化学成分变化的协调性和可参考性,以及烘烤过程中的实际应用有待进一步探讨。

上部叶是卷烟叶组配方的重要组成部分,对烤烟总体质量和产量具有很大影响;由于上部叶叶片较厚,结构紧密,淀粉、蛋白质等大分子物质含量高^[17]。根据烘烤中上部叶颜色参数和化学成分变化规律,并结合色差值和相关分析,在 38℃ 前后合理调控烘烤期间的环境和时间,创造适宜的生理生化反应条件,促使烟叶颜色等外观指标与各种内在化学成分变化相协调,达到相关指标变化要求;在 54℃ 适当延长时间,进一步降低正反面色差,从而改善烟叶的内在和外观质量,提高烟叶生产的质量和效益。

参考文献:

[1] 朱尊权. 提高上部叶可用性是促进“卷烟上水平”的重要措施[J]. 烟草科技 2010(6): 5-9, 31.

- [2] 裴晓东,李帆,龙大彬,等. 基于模糊评判不同风机转速对烤烟上部叶可用性影响的研究[J]. 南方农业学报 2011 42(12): 1528-1531.
- [3] 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.
- [4] 宫长荣. 密集式烘烤[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 11-20.
- [5] 魏春阳,张云鹤,宋瑜冰,等. 基于颜色分形的不同产地烟叶聚类分析[J]. 农业机械学报 2010 41(8): 178-183.
- [6] 甘露萍,谢守勇,邹大军. 基于计算机视觉的烤烟鲜烟叶含水量无损检测及 MATLAB 实现[J]. 西南大学学报: 自然科学版 2009 31(7): 166-170.
- [7] 霍开玲,宋朝鹏,武圣江,等. 不同成熟度烟叶烘烤中颜色值和色素含量的变化[J]. 中国农业科学 2011, 44(10): 2013-2021.
- [8] 霍开玲,张勇刚,樊军辉,等. 密集烘烤中烤烟颜色变化及其与主要成分的关系研究[J]. 湖南农业科学, 2011(9): 115-119.
- [9] 武圣江,周义和,宋朝鹏,等. 密集烘烤过程中烤烟上部叶质地和色度变化研究[J]. 中国烟草学报 2010, 16(5): 72-77.
- [10] 王瑞新,韩富根,杨素琴,等. 烟草化学品质分析[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1998.
- [11] 邹琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 31-39.
- [12] 宫长荣,陈江华,吴洪田,等. 密集烤房[M]. 北京: 科学出版社 2010: 214-215.
- [13] 黄勇,周冀衡,刘建利,等. 不同成熟度烤烟叶细胞化学研究[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2007 33(5): 559-563.
- [14] 宋朝鹏,荆永锋,李常军,等. 调制过程中烤烟烟叶色素降解及其调控措施研究进展[J]. 作物杂志 2008 (6): 8-11.
- [15] 宫长荣. 烟叶烘烤原理[M]. 北京: 科学出版社, 1991: 143-144.
- [16] 王涛,贺帆,徐成龙,等. 提高烤烟上部叶可用性技术的研究进展[J]. 南方农业学报 2011 42(9): 1127-1131.