

基于 RGB 图像特征的卷烟梗丝掺配比例检测

Detection of blending proportion of cut tobacco stem based on RGB image features

寇霄腾¹ 张 勇¹ 张 卉¹ 张 超² 丁乃红¹

KOU Xiao-teng¹ ZHANG Yong¹ ZHANG Hui¹ ZHANG Chao² DING Nai-hong¹

(1. 安徽中烟工业有限责任公司蚌埠卷烟厂, 安徽 蚌埠 233000;

2. 安徽中烟工业有限责任公司技术中心, 安徽 合肥 230000)

(1. Bengbu Cigarette Factory, China Tobacco Anhui Industrial Co., Ltd., Bengbu, Anhui 233000, China;

2. Technology Center of China Tobacco Anhui Industrial Co., Ltd., Hefei, Anhui 230000, China)

摘要:目的: 建立一种基于 RGB 图像处理检测卷烟梗丝掺配比例的方法, 优化卷烟掺配比例。方法: 将叶丝和梗丝分别制成粉末后按不同比例混合均匀制成烟末, 采用图像分析技术测定其 RGB 均值; 通过梗丝比例与 RGB 均值回归分析, 得到梗丝掺配比例与 RGB 均值的函数模型, 并对模型的准确性、精确性和重复性进行验证。结果: 建立的梗丝掺配比例与 RGB 均值多项式回归模型, 模型拟合度较高, 相关性系数 R^2 为 0.997 8; 模型的准确性验证梗丝掺配比例与实际掺配比例的相对误差介于 0.45%~3.04%, 精确性检测变异系数为 1.20%~1.86%, 重复性检测变异系数为 1.84%, 均符合定量检测要求。结论: 基于 RGB 图像处理法预测烟丝中梗丝掺配比例的方法, 简单可行, 与传统的人工挑选的方法相比更具科学性和准确性。

关键词: 烟梗; 叶丝; 梗丝掺配; RGB

Abstract: **Objective:** A method based on RGB image processing to detect the blending proportion of cigarette stems and shreds was proposed to provide technical support for the optimization of cigarette blending uniformity. **Methods:** Tobacco powder was prepared by mixing leaf and stem into powder according to different proportion, and the RGB mean value of each test sample was determined by image analysis technology. The function model of stem blending proportion and RGB mean value was obtained by regression analysis of stem blending proportion and RGB mean value, and the accuracy, accuracy and repeatability of the model were verified. **Results:** The polynomial regression model of stem

blending ratio and RGB mean value was established, and the fitting degree of the model was high, with the correlation coefficient of $R^2 = 0.999\ 2$; The relative error of the regression model was 0.27%~3.14%, the variation coefficient of the accuracy was 1.20%~2.02%, and the variation coefficient of the repeatability was 1.84%, which met the requirements of quantitative detection. **Conclusion:** A method based on RGB image processing was established to predict the blending proportion of cut tobacco stem. This method is simple and feasible, and more scientific and accurate than the traditional manual selection method.

Keywords: tobacco stem; leaf shreds; stem shreds blending; RGB

烟叶通过梗叶分离后, 可得到占烟叶总重 1/4 左右的烟梗^[1]。加工制成的梗丝作为卷烟配方的重要组成部分, 在改善卷烟燃烧性, 降低卷烟原料消耗, 提高原料利用率, 降低烟气焦油量等方面发挥着重要的作用, 同时梗丝对卷烟感官质量的影响较为显著, 因此梗丝在烟支中掺配均匀性对卷烟感官质量的稳定性起到至关重要作用, 在配方中梗丝含量检测也越来越受到关注。为了准确测量梗丝在烟支中的实际含量, 目前主要还是根据梗丝形状和颜色与叶丝有显著的差异而采用人工挑选和称重的方法进行计算得出。该方法虽然操作简单, 但存在耗时较长、人为影响大和不适用于大量检测等缺点。随着烟梗成丝加工工艺技术的发展与应用, 加工制成的梗丝与叶丝形状特征差异越来越小, 人为的主观分辨难度越来越大, 需要寻找新的技术进行检测。

在卷烟梗丝掺配均匀性研究方面, 工艺人员进行了大量的探索, 赵科文等^[2]基于近红外光谱技术对烟丝掺配均匀度进行了测定研究, 通过采集样品的近红外光谱信息和测定标志指标, 利用模式识别和校正模型的建立,

基金项目: 安徽中烟工业有限责任公司科技项目(编号: 2020101)

作者简介: 寇霄腾, 男, 安徽中烟工业有限责任公司工程师, 硕士。

通信作者: 丁乃红(1968—), 男, 安徽中烟工业有限责任公司高级工程师, 硕士。E-mail: kxt1987@sina.cn

收稿日期: 2021-04-07

系统构建了烟丝、梗丝和再造烟丝掺配均匀性评价方法。张亚平等^[3]基于热分析技术对烟丝掺配均匀度测定方法进行了研究,该方法操作简单、精密度高、重复性较好,适用于烟丝掺配均匀度的准确测定。以上两种方法对检测设备要求较高,数据分析和建模相对较为复杂。随着图像处理技术的发展,中国烟草行业也逐步引入图像特征 RGB 这一指标,并在与烟叶含水率相关性研究^[4-5]、烟叶等级筛选^[6-8]、烟叶成熟度^[9-10]等方面得到了广泛应用,RGB 色彩模式是工业界的一种颜色标准,是通过对红(R)、绿(G)、蓝(B) 3 个颜色通道的变化以及它们相互之间的叠加来得到各式各样的颜色的,RGB 即是代表红、绿、蓝 3 个通道的颜色,这个标准几乎包括了人类视力所能感知的所有颜色,是运用最广的颜色系统之一。但图像处理技术在卷烟梗丝掺配均匀性方面的研究还鲜有报道。研究主要是根据梗丝和叶丝在颜色上存在较大差异的特点,以 RGB 均值为标记物,建立一种能准确、快速测定烟支烟丝中梗丝掺配比例的方法,以期用于指导卷烟配方完整性的维护,并为卷烟感官质量稳定性提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

成品梗丝及某牌号卷烟薄片干燥后叶丝:安徽中烟工业有限责任公司蚌埠卷烟厂。

1.2 仪器设备

电子天平:梅特勒 ME104 型,上海叶拓科技有限公司;
恒温恒湿箱:KBF115 型,德国宾德公司;
粉碎机:CMD2000 型,上海依肯机械设备有限公司。

1.3 方法

1.3.1 烟丝取样及前处理 梗丝和叶丝的取样分别在成品梗丝出柜口振槽横截面和薄片干燥风选出口横截面进行取样,间隔 5 min 取样 1 次,取样 10 次,每次 100 g。将梗丝和叶丝分别在温度(22±1)℃、相对湿度(60±2)%的环境下平衡 48 h,分别研磨并过 40 目筛后备用。将平衡后的样品按照表 1 的要求进行掺配,得到不同梗丝比例的样品进行数学建模,将样品置于密闭容器中充分混匀后做好标识待检。

表 1 不同梗丝掺配比例建模方案[†]
Table 1 Modeling scheme of different stem blending proportion

样品编号	梗丝/g	叶丝/g	样品编号	梗丝/g	叶丝/g	样品编号	梗丝/g	叶丝/g	样品编号	梗丝/g	叶丝/g
S1	0.0	100.0	S28	27.0	73.0	S55	54.0	46.0	S82	81.0	19.0
S2	1.0	99.0	S29	28.0	72.0	S56	55.0	45.0	S83	82.0	18.0
S3	2.0	98.0	S30	29.0	71.0	S57	56.0	44.0	S84	83.0	17.0
S4	3.0	97.0	S31	30.0	70.0	S58	57.0	43.0	S85	84.0	16.0
S5	4.0	96.0	S32	31.0	69.0	S59	58.0	42.0	S86	85.0	15.0
S6	5.0	95.0	S33	32.0	68.0	S60	59.0	41.0	S87	86.0	14.0
S7	6.0	94.0	S34	33.0	67.0	S61	60.0	40.0	S88	87.0	13.0
S8	7.0	93.0	S35	34.0	66.0	S62	61.0	39.0	S89	88.0	12.0
S9	8.0	92.0	S36	35.0	65.0	S63	62.0	38.0	S90	89.0	11.0
S10	9.0	91.0	S37	36.0	64.0	S64	63.0	37.0	S91	90.0	10.0
S11	10.0	90.0	S38	37.0	63.0	S65	64.0	36.0	S92	91.0	9.0
S12	11.0	89.0	S39	38.0	62.0	S66	65.0	35.0	S93	92.0	8.0
S13	12.0	88.0	S40	39.0	61.0	S67	66.0	34.0	S94	93.0	7.0
S14	13.0	87.0	S41	40.0	60.0	S68	67.0	33.0	S95	94.0	6.0
S15	14.0	86.0	S42	41.0	59.0	S69	68.0	32.0	S96	95.0	5.0
S16	15.0	85.0	S43	42.0	58.0	S70	69.0	31.0	S97	96.0	4.0
S17	16.0	84.0	S44	43.0	57.0	S71	70.0	30.0	S98	97.0	3.0
S18	17.0	83.0	S45	44.0	56.0	S72	71.0	29.0	S99	98.0	2.0
S19	18.0	82.0	S46	45.0	55.0	S73	72.0	28.0	S100	99.0	1.0
S20	19.0	81.0	S47	46.0	54.0	S74	73.0	27.0	S101	100.0	0.0
S21	20.0	80.0	S48	47.0	53.0	S75	74.0	26.0	S102	2.5	97.5
S22	21.0	79.0	S49	48.0	52.0	S76	75.0	25.0	S103	7.5	92.5
S23	22.0	78.0	S50	49.0	51.0	S77	76.0	24.0	S104	12.5	87.5
S24	23.0	77.0	S51	50.0	50.0	S78	77.0	23.0	S105	17.5	82.5
S25	24.0	76.0	S52	51.0	49.0	S79	78.0	22.0	S106	22.5	77.5
S26	25.0	75.0	S53	52.0	48.0	S80	79.0	21.0	S107	27.5	72.5
S27	26.0	74.0	S54	53.0	47.0	S81	80.0	20.0	S108	32.5	67.5

[†] S1~S101 为建模样品,S102~S108 为验证样品,每个样品平行测定 3 次,取平均值。

1.3.2 图像 RGB 值测定 测试样品图像在单一光源的暗箱中进行拍摄,LED 灯与相机同向架设,高度为 20 cm。机身像素 1 200 万。图像存储均为 JPG 格式,分辨率为 $1\,600 \times 1\,064$,拍摄使用自动档全彩模式。其中数字图像 R、G、B 值采用 PS 图像分析软件检测获得,RGB 均值为 R、G、B 值的算术平均值。

1.3.3 梗丝掺配比例回归模型的建立 测定建模样品的 RGB 均值,利用梗丝掺配比例与 RGB 均值进行回归分析,得到梗丝掺配比例与 RGB 均值的多项式回归模型:

$$y = ax^2 + bx + c, \quad (1)$$

式中:

y ——梗丝掺配比例;

x ——提取的图像 RGB 均值;

a 、 b 、 c ——常数。

1.3.4 回归模型的准确性验证 测定验证样品(S102~S108)的图像 RGB 均值,并代入 1.3.3 建立的梗丝掺配比例回归模型中,计算出梗丝掺配比例与实际掺配比例进行比较,并进行相应的数据分析,以验证回归模型的准确性。

1.3.5 回归模型的精确性验证 随机选取 5 个样品(S21、S31、S41、S51 和 S104),检测 RGB 均值,每个样品连续进行 6 次平行测定,每个样品根据回归模型得到 6 个梗丝掺配比例值,再分别计算每个样品梗丝掺配比例的变异系数,以验证回归模型的精确性。

1.3.6 回归模型的重复性验证 随机选取一个样品(S26),采用图像分析法对其 R、G、B 值连续测定 6 d,得到 6 组 RGB 均值,并代入 1.3.3 建立的梗丝掺配比例回归模型中得到 6 个梗丝掺配比例值,再计算变异系数,以验证回归模型的重复性。

1.3.7 数据分析 采用 Design-Expert 8. 0. 6 和 Excel 2013 等软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 叶丝与梗丝图像特征值差异性分析

梗丝和叶丝的图像 RGB 值检测结果如图 1、表 2 所示。由表 2 可知:梗丝与叶丝图像 RGB 参数 R、G、B 的值和均值的差异性均达到了极显著水平($P < 0.01$),因此,利用图像 RGB 均值建立烟丝中梗丝掺配比例的测定方法具有一定的可行性。

2.2 基于图像 RGB 均值测定烟丝中梗丝比例的方法

2.2.1 回归模型的建立 按照 1.3.2 节的方法测定样品



图 1 梗丝与叶丝图像 RGB 值提取

Figure 1 Extraction of RGB value of stem and leaf image

表 2 梗丝与叶丝图像 RGB 的独立样本 t 检验

Table 2 Independent sample t test for RGB of stem and leaf images

测试参数	梗丝	叶丝	差值	P 值	显著性
R	111	168	57	0.000	* *
G	70	130	60	0.000	* *
B	50	93	43	0.000	* *
RGB 均值	77.0	130.3	53.3	0.000	* *

(S1~S101)的图像 R、G、B 值,并计算出 RGB 均值,结果见表 3。由图 2 可知:梗丝掺配比例(y)与 RGB 均值(x)的多项式回归模型为 $y = 0.015\,7x^2 - 5.186\,6x + 409.08$ ($R^2 = 0.997\,8$),说明梗丝掺配比例与 RGB 均值之间的多项式回归模型拟合度较高,且两者之间的相关性达到了极显著水平($P = 0.000$),RGB 均值越大,梗丝掺配比例越小。

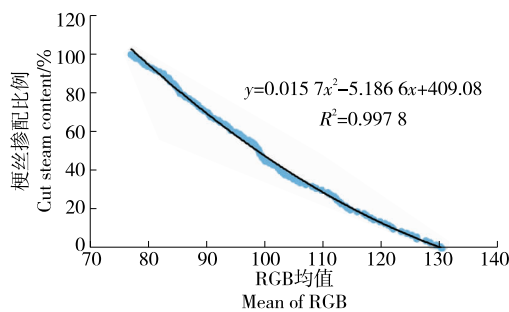


图 2 梗丝掺配比例(y)与 RGB 均值(x)的变化趋势图及回归方程

Figure 2 Variation trend and regression equation of stem content (y) and RGB mean value (x)

2.2.2 回归模型的准确性验证 回归模型的准确性验证结果如表 4 所示。

由表 4 可以看出,验证样品采用回归模型计算的梗丝掺配比例与实际掺配比例的相对误差控制在 $0.45\% \sim 3.04\%$,小于 5% ,说明回归模型的准确度较高。同时对验证样品的模型预测值与实际掺配比例进行 t 检验, $P = 0.546 > 0.05$,说明 2 组数据无显著性差异,表明回归模型的准确性较好。

2.2.3 回归模型的精确性和重复性验证 回归模型的精确性和重复性验证结果如表 5、表 6 所示。

由表 5 可以看出,5 个随机样品梗丝掺配比例 6 次平行测定结果的变异系数控制在 $1.20\% \sim 1.86\%$,小于 5% ,说明该方法测定烟丝中的梗丝掺配比例的精确性较高。由表 6 可知,采用图像 RGB 均值对 S26 样品连续测定 6 d,根据回归模型计算得出梗丝掺配比例在 $25.12\% \sim 25.68\%$,标准偏差为 0.47% ,变异系数为 1.84% ,说明采用该方法计算的梗丝掺配比例的重复性较好。

3 结论

研究建立了一种基于图像分析法预测配方烟丝中梗

表 3 不同梗丝掺配比例样品图像 RGB 均值

Table 3 RGB mean value of samples with different stem content

样品编号	梗丝含量/%	RGB 均值	样品编号	梗丝含量/%	RGB 均值	样品编号	梗丝含量/%	RGB 均值
S1	0.0	130.3	S35	34.0	106.0	S69	68.0	90.7
S2	1.0	130.1	S36	35.0	105.5	S70	69.0	90.5
S3	2.0	129.4	S37	36.0	104.9	S71	70.0	90.2
S4	3.0	128.3	S38	37.0	104.1	S72	71.0	89.5
S5	4.0	127.6	S39	38.0	103.4	S73	72.0	89.1
S6	5.0	126.0	S40	39.0	103.1	S74	73.0	88.7
S7	6.0	126.0	S41	40.0	102.7	S75	74.0	88.5
S8	7.0	125.2	S42	41.0	102.5	S76	75.0	88.1
S9	8.0	124.3	S43	42.0	102.1	S77	76.0	87.6
S10	9.0	123.4	S44	43.0	101.4	S78	77.0	87.0
S11	10.0	122.0	S45	44.0	100.8	S79	78.0	86.4
S12	11.0	121.7	S46	45.0	100.0	S80	79.0	86.1
S13	12.0	121.2	S47	46.0	99.8	S81	80.0	85.4
S14	13.0	120.5	S48	47.0	99.5	S82	81.0	85.3
S15	14.0	119.7	S49	48.0	99.4	S83	82.0	85.1
S16	15.0	118.7	S50	49.0	99.1	S84	83.0	84.8
S17	16.0	118.1	S51	50.0	99.0	S85	84.0	84.6
S18	17.0	117.4	S52	51.0	98.9	S86	85.0	84.3
S19	18.0	117.0	S53	52.0	98.6	S87	86.0	83.8
S20	19.0	115.8	S54	53.0	98.4	S88	87.0	83.7
S21	20.0	114.7	S55	54.0	98.2	S89	88.0	83.4
S22	21.0	114.1	S56	55.0	97.7	S90	89.0	82.8
S23	22.0	113.8	S57	56.0	97.2	S91	90.0	82.6
S24	23.0	113.1	S58	57.0	96.4	S92	91.0	81.9
S25	24.0	112.8	S59	58.0	96.0	S93	92.0	81.1
S26	25.0	112.3	S60	59.0	95.6	S94	93.0	80.6
S27	26.0	112.1	S61	60.0	95.0	S95	94.0	79.9
S28	27.0	111.8	S62	61.0	94.2	S96	95.0	79.3
S29	28.0	111.2	S63	62.0	94.0	S97	96.0	79.0
S30	29.0	110.8	S64	63.0	93.5	S98	97.0	78.6
S31	30.0	109.7	S65	64.0	93.1	S99	98.0	77.9
S32	31.0	108.8	S66	65.0	92.4	S100	99.0	77.5
S33	32.0	108.1	S67	66.0	92.1	S101	100.0	77.0
S34	33.0	107.0	S68	67.0	91.3			

表 4 回归模型的准确性验证结果

Table 4 Accuracy verification results of prediction model

样品编号	R	G	B	RGB 均值	预测值/%	实际值/%	差值/%	相对误差/%
S102	165	127	92	128.0	2.42	2.5	0.08	3.04
S103	160	123	89	124.0	7.34	7.5	0.16	2.07
S104	156	119	86	120.3	12.30	12.5	0.20	1.62
S105	153	114	83	116.7	17.67	17.5	0.17	0.98
S106	150	110	80	113.3	22.92	22.5	0.42	1.88
S107	147	108	77	110.7	27.38	27.5	0.12	0.45
S108	143	105	74	107.3	33.26	32.5	0.76	2.33

表 5 图像 RGB 均值法测定烟丝中梗丝比例的精确性验证结果

Table 5 Accuracy verification results of the image RGB average method for determining the proportion of shreds in cut tobacco

样品编号	1	2	3	4	5	6	平均值	标准偏差	变异系数/%
S21	19.6	19.8	20.3	19.5	19.7	19.2	19.68	0.37	1.86
S31	30.1	30.2	29.7	28.9	29.6	29.4	29.65	0.48	1.61
S41	38.6	40.5	39.8	39.7	39.2	39.4	39.53	0.64	1.61
S51	50.1	48.5	49.7	49.2	49.7	48.9	49.35	0.59	1.20
S104	12.6	12.3	12.5	12.7	12.8	12.4	12.55	0.19	1.49

表 6 图像 RGB 均值法测定烟丝中梗丝比例的重复性验证结果

Table 6 Repeatability verification results of the image RGB average method for determining the proportion of shreds in cut tobacco

测定时间	R	G	B	RGB 均值	预测值/%
第 1 天	149	109	78	112.0	25.12
第 2 天	151	108	76	111.7	25.68
第 3 天	148	108	80	112.0	25.12
第 4 天	148	108	78	111.3	26.24
第 5 天	147	111	78	112.0	25.12
第 6 天	147	110	79	112.0	25.12
平均值					25.40
标准偏差					0.47
变异系数					1.84

丝掺配比例的方法,梗丝掺配比例与图像 RGB 均值的多项式回归模型拟合度较高,相关性系数 $R^2=0.997\ 8$;模型准确性验证的相对误差介于 $0.45\%\sim 3.04\%$,精确性检测变异系数介于 $1.20\%\sim 1.86\%$,重复性检测变异系数为 1.84% ,均小于 5% ,符合定量检测要求。该方法简单可行,与传统的人工挑选的方法相比更具科学性和准确性。

研究只对某一加工工艺条件下的梗丝与叶丝的颜色差异进行了分析,而在实际生产中发现不同加工工艺条件下的梗丝之间的颜色同样存在一定的差异,有的甚至与叶丝颜色接近,这种条件下的通过此种方法进行梗丝掺配比例的预测也是后期可进一步研究的方向。

参考文献

[1] 张永良,周晓微,梁萌.烟梗综合利用研究进展[J].现代农业科技,2016(8):232-234.
ZHANG Yong-liang, ZHOU Xiao-wei, LIANG Meng. Research progress in comprehensive utilization of tobacco stems[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2016(8): 232-234.
[2] 赵科文,陈实,蒋浩,等.基于近红外光谱技术的烟丝掺配均匀度测定[J].食品与机械,2020,36(11):183-188.
ZHAO Ke-wen, CHEN Shi, JIANG Hao, et al. Determination of the uniformity of cut tobacco blending based on near-infrared spectroscopy technology[J]. Food & Machinery, 2020, 36(11): 183-188.
[3] 张亚平,郑丰,张晓宇,等.基于热分析技术的烟丝掺配均匀度测定方法[J].烟草科技,2019,52(7):83-88.

ZHANG Ya-ping, ZHENG Feng, ZHANG Xiao-yu, et al. Determination of the uniformity of cut tobacco blending based on thermal analysis technology[J]. Tobacco Science & Technology, 2019, 52(7): 83-88.
[4] 张娟利,宋朝阳,韩文霆,等.基于 RGB 图像处理的烟叶水分无损检测方法研究[J].中国农机化学报,2019,40(5):68-74.
ZHANG Juan-li, SONG Chao-yang, HAN Wen-ting, et al. Research on nondestructive testing method of tobacco leaf moisture based on RGB image processing [J]. Chinese Journal of Agricultural Machinery Chemistry, 2019, 40(5): 68-74.
[5] 甘露萍.基于机器视觉技术的鲜烟叶含水量模型研究[D].重庆:西南大学,2009:8-6.
GAN Lu-ping. Research on moisture content model of fresh tobacco based on machine vision technology[D]. Chongqing: Southwest University, 2009: 8-6.
[6] 童德文,陈钰,杜超凡,等.开放环境下烟叶等级 RGB 图像智能识别及判别模型的构建[J].贵州农业科学,2020,48(3):131-135.
TONG De-wen, CHEN Yu, DU Chao-fan, et al. Intelligent recognition of RGB image of tobacco leaf grade and construction of discriminant model in an open environment[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2020, 48(3): 131-135.
[7] 王戈,丁冉,徐玮杰,等.计算机视觉和智能识别技术在烤烟烟叶分级中的应用[J].计算机与应用化学,2019,36(5):548-553.
WANG Ge, DING Ran, XU Wei-jie, et al. Application of computer vision and intelligent recognition technology in the classification of flue-cured tobacco[J]. Computers and Applied Chemistry, 2019, 36(5): 548-553.
[8] 贾炳文.基于机器视觉与深度学习的烟叶定级研究[D].昆明:昆明理工大学,2019:24-23.
JIA Bing-wen. Research on tobacco grading based on machine vision and deep learning[D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2019: 24-23.
[9] 谢滨瑶,祝诗平,黄华.基于 BPNN 和 SVM 的烟叶成熟度鉴别模型[J].中国烟草学报,2019,25(1):45-50.
XIE Bin-yao, ZHU Shi-ping, HUANG Hua. Identification model of tobacco leaf maturity based on BPNN and SVM[J]. Journal of Chinese Tobacco, 2019, 25(1): 45-50.
[10] 高宪辉,王松峰,孙帅帅,等.鲜烟成熟度颜色值指标及其判别函数研究[J].中国烟草学报,2017,23(1):77-85.
GAO Xian-hui, WANG Song-feng, SUN Shuai-shuai, et al. Study on the color value index of fresh tobacco maturity and its discriminant function[J]. Journal of Chinese Tobacco, 2017, 23(1): 77-85.