

# 普洱生态烟叶特征性评价指标的筛选

杨 继,刘春波,唐石云,巩效伟,何 沛,张凤梅,朱瑞芝,司晓喜,蒋 薇,刘志华\*

云南中烟工业有限责任公司,昆明 650202

**摘要:**为了挖掘普洱生态烟叶特征性评价指标,构建简单、客观的评价方法,以普洱生态烟叶物理特性和常规化学成分主要指标为基础,以云南省内其他代表烟区烟叶为对照,采用主成分分析法(PCA)、偏最小二乘判别分析法(PLS-DA)及双样本  $t$  检验等统计方法联合应用进行普洱生态烟叶特征性评价指标的筛选及差异性分析。结果表明:筛选出叶面密度、抗张强度 2 个物理特性指标,总植物碱、氮碱比和钾离子 3 个常规化学指标作为普洱生态烟叶的特征性评价指标。差异性分析显示普洱生态烟叶叶面密度偏低,抗张强度偏小,总植物碱含量中等,氮碱比尤其是钾离子含量偏高。

**关键词:**烤烟;物理特性;常规化学成分;指标筛选

中图分类号:TS47

文献标识码:A

文章编号:1001-6880(2020)Suppl-0098-07

DOI:10.16333/j.1001-6880.2020.S.015

## Screening of the characteristic evaluation index in Pu'er ecological tobacco

YANG Ji, LIU Chun-bo, TANG Shi-yun, GONG Xiao-wei,

HE Pei, ZHAG Feng-mei, ZHU Rui-zhi, SI Xiao-xi, JIANG Wei, LIU Zhi-hua\*

*China Tobacco Yunnan Industrial Co., Ltd., Kunming 650202, China*

**Abstract:** In order to excavate the characteristic evaluation index of Pu'er ecological tobacco, at the same time, to establish a simple and objective evaluation method, the main indexes of physical properties and chemical compositions in Pu'er ecological tobacco were researched, the representative tobacco leaves from other areas of Yunnan Province were used as control groups. Principal component analysis (PCA), partial least squares discriminant analysis (PLS-DA) and double sample  $t$  test were used. And the same time, carry on the difference analysis. The results showed that leaf density, tensile strength, nicotine, nitrogen-alkali ratio and potassium ion were selected as the characteristic evaluation indexes of Pu'er ecological tobacco. The difference analysis showed that the leaf density of Pu'er ecological tobacco was low, the tensile strength was small, the content of nicotine was medium, and the ratio of total nitrogen to nicotine especially the content of potassium ion were high.

**Key words:** flue-cured tobacco; physical characteristics; chemical composition; indicators of screening

烟叶原料是支撑中式卷烟发展的基础,科学而准确地评价烟叶原料有助于指导其合理生产和工业应用。烟草行业的快速重组对我国烟叶原料产区的布局调整产生了重大影响,行之有效的烟叶质量评价体系便成为十分需要的研究内容。然而,烤烟质量是一个很复杂的概念,它既包括吸食品质、外观质量、物理特性、化学成分、安全性等共性质量特征,又包括工业企业所需要的个性质量特征<sup>[1]</sup>。烟叶原料质量评价更是一项复杂的系统工程,如何准确地

分析和认识烟叶质量的内在规律,找出符合卷烟品牌需求的烟叶原料并非易事<sup>[2]</sup>。目前,对于烟叶质量评价仍然主要集中在感官评价上,但感官评价具有较大的主观性和经验成分。烤烟质量与风格的形成是遗传因素、生态环境和栽培技术共同作用的结果,其中以生态环境影响最为明显<sup>[3-8]</sup>,这一特点在云南烟区表现得尤为明显。普洱地处烟草种植的“黄金走廊”,是云南生态特色烟叶的重要基地,因此,挖掘普洱生态烟区特征性评价指标,构建一种简单、客观的评价方法,对原料的合理评价和利用具有重要意义。另外,烟叶物理特性是烟叶加工性能的重要指标,直接影响烟叶品质和卷烟制造过程中产品风格、成本和其他经济指标,因而烟叶物理特性成

收稿日期:2020-05-07 接受日期:2020-05-12

基金项目:云南中烟工业公司科技开发计划(2019XY02);云南中烟工业公司科技开发计划(2020YL03)

\* 通信作者 E-mail: zhihualiu@163.com

为近年来烟叶质量评价的重要研究内容<sup>[9-12]</sup>,常规化学成分是决定烟叶质量的直接因素,其成分含量协调与否直接影响烤烟的品质好坏,Du等<sup>[13]</sup>用烟叶化学成分进行烟叶质量评价,计算和量化了烟叶质量一致性和化学成分合理性的评价得分。因此物理特性和常规化学成分是烟叶质量评价的重要指标,本文通过采用多种统计方法,筛选出普洱生态烟叶物理特性和常规化学成分评价指标,规避了感官评价的主观性,为烟叶原料客观科学评价提供一种新思路。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

选取2018年普洱景谷、墨江、思茅、宁洱、景东、镇沅6个烟区的初烤烟叶样品作为研究对象,对照为滇东南烤烟区A、滇东南烤烟区B、滇东烤烟区、滇西烤烟区、滇西南烤烟区5个烟区的初烤烟叶样品,样品的取样原则是:综合考虑各乡镇生态条件特点及种植面积,兼顾不同土壤类型及海拔段和当地主栽品种,每县选择3个代表取样点,每套样品包括B2F、C3F、X2F三个等级。对照烟区选择条件为普洱周边产区,包含老烟区(滇东烤烟区和滇西烤烟区)、新烟区(滇东南烤烟区A)、同一纬度“黄金走廊”内产区(滇东南烤烟区B和滇西南烤烟区)<sup>[14,15]</sup>进行对比的原则进行选定。样品合计99个。

### 1.2 指标测定

#### 1.2.1 物理特性

包括厚度、叶面密度、含梗率、抗张力、抗张强度、填充值、平衡含水率共7个指标,分别按照国标或烟草行业标准 GB451.3-2002;YC/T 142-1998、

GB/T 12914-2008、YC/T 31-1996 和 YC/T 152-2001 进行。

#### 1.2.2 常规化学成分

常规化学成分采用连续流动分析仪检测,依据烟草行业标准 YC/T159-2002、YC/T160-2002、YC/T161-2002、YC/T173-2003、YC/T162-2002 进行,所测指标包括总糖、还原糖、总植物碱、总氮、钾离子、氯离子共6个指标,以此为基础计算糖碱比、氮碱比、钾氯比等协调性指标。

### 1.3 数据分析

数据分析采用 SPSS21.0、SIMCA-P 12.0 Demo 和 Microsoft Excel 2003 进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 普洱优质生态烟叶特征性指标筛选

#### 2.1.1 基于PCA的指标筛选

采用主成分分析对普洱优质烟叶物理特性、常规化学成分、感官质量等指标进行优化筛选,采用公共因子在变量总方差中所占累计百分比大于85%,且特征根大于1的因子被选入的原则提取主成分。结果见表1。物理特性第一公因子主要为厚度>叶面密度>含梗率,主要反应烟叶的组织结构;第二公因子主要为抗张力>抗张强度,主要体现烟叶的耐加工性能;第三公因子主要为填充值,反应烟叶的填充性能。筛选出厚度、叶面密度、含梗率、抗张力、抗张强度和填充值6个指标作为普洱烟叶物理特性评价指标;常规化学成分第一公因子主要为还原糖>总糖>总氮,第二公因子氮碱比>糖碱比>总植物碱,第三公因子主要为钾离子。筛选出还原糖、总糖、总氮、氮碱比、糖碱比、总植物碱和钾离子7个指标作为普洱烟叶常规化学成分评价指标。

表1 旋转后因子载荷系数

Table 1 Factor loading coefficient after rotation

指标 Index	成分 Component			
	1	2	3	
物理特性 Physical property	厚度 Thickness(mm)	0.963	0.197	-0.033
	叶面密度 Leaf density(g/m <sup>2</sup> )	0.871	0.382	-0.168
	含梗率 Stem content(%)	-0.786	-0.288	0.303
	抗张力 Resistance to tension(N)	0.259	0.959	-0.079
	抗张强度 Tensile strength(kN/m)	0.269	0.956	-0.080

续表 1 (Continued Tab. 1)

指标 Index	成分 Component			
	1	2	3	
填充值 Filling ability (cm <sup>3</sup> /g)	-0.165	-0.099	0.967	
平衡含水率 Equilibrium moisture content (%)	-0.107	-0.103	-0.152	
常规化学成分 Chemical composition	还原糖 Reducing sugar (%)	0.956	0.161	-0.060
	总糖 Total sugar (%)	0.949	0.200	-0.011
	总氮 Total nitrogen (%)	-0.709	-0.310	-0.190
	氮碱比 Nitrogen-alkali ratio	0.110	0.959	0.244
	糖碱比 Sugar-alkali ratio	0.506	0.796	0.187
	总植物碱 Nicotine (%)	-0.522	-0.653	-0.335
	钾离子 Potassium ion (%)	-0.024	0.375	0.905
	氯离子 Chloride ion (%)	0.013	0.010	-0.020
	钾氯比 Potassium-chloride ratio	0.010	0.064	0.176

### 2.1.2 基于 PLS-DA 法的指标筛选

采用偏最小二乘判别分析 (PLS-DA) 对各指标进行进一步的筛选和验证。在进行分析时, 为了便于比较, 以普洱以外的云南省内其他 5 个对照点的烟叶原料作为对照。

由图 1 可以看出, 经 PLS-DA 判别分析, 普洱烟区与对照烟区烟叶原料在物理特性和常规化学成分上均能得到较好的区分。

图 2 载荷系数图反映了普洱烤烟与对照烟区烤烟得以区分特性指标贡献率大小, 载荷系数绝对值越高表明该成分对模型区分效果的贡献越大。物理

特性方面, 贡献度大小次序为: 叶面密度 > 抗张力 > 抗张强度 > 含梗率 > 厚度 > 填充值 > 平衡含水率。结合主成分分析结果, 最终筛选出叶面密度、抗张力、抗张强度、含梗率和厚度 5 个指标作为普洱烟叶物理特性评价指标; 常规化学成分方面, 贡献度大小次序为: 钾离子 ≥ 总植物碱 ≥ 氮碱比 > 糖碱比 > 总氮 > 总糖 > 钾氯比 > 还原糖 > 氯离子。结合主成分分析结果, 最终筛选出钾离子、总植物碱、氮碱比、糖碱比、总氮、总糖 6 个指标作为普洱烟叶常规化学成分评价指标。

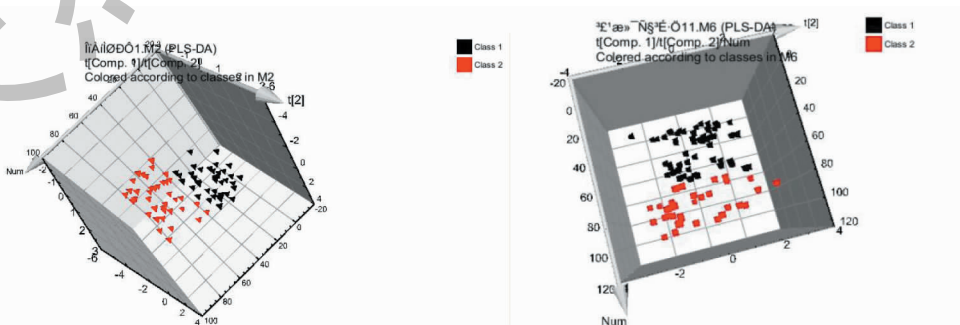


图 1 普洱与云南其他对照烟区烟叶原料 PLS-DA 判别分析得分图

Fig. 1 PLS-DA discriminant analysis score of Pu'er and other representative tobacco leaves from Yunnan

注: Class 1: 普洱; Class 2: 对照区。Note: Class 1: Pu'er; Class 2: The contrast area.

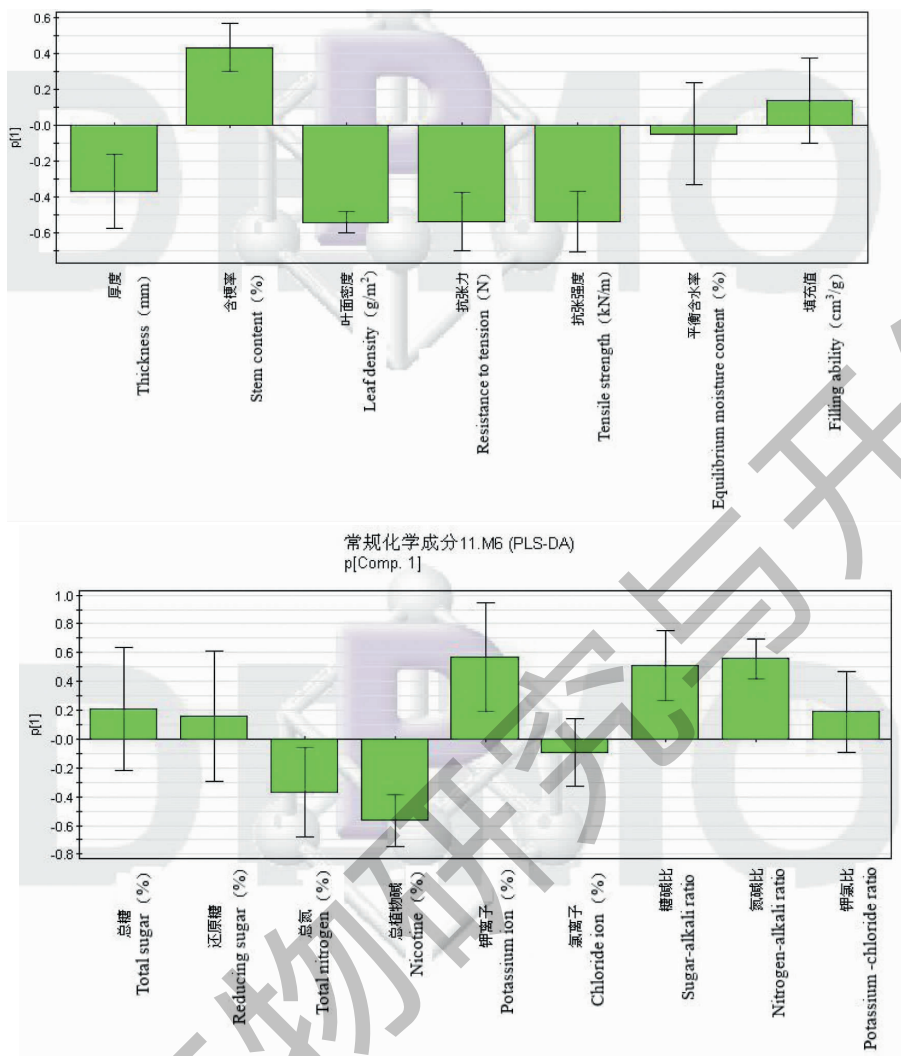


图2 PLS-DA 判别分析载荷系数图

Fig. 2 PLS-DA discriminant analysis load coefficient diagram

### 2.1.3 双样本 T 检验进一步筛选特征性指标

为了进一步对比普洱优质烟叶与云南省内其他对照区烟叶在以上筛选到的指标之间是否存在显著差异,对筛选到的 5 个物理特性指标和 6 个常规化学成分指标进行双样本 T 检验,结果见表 2。由分析结果可知:叶面密度、抗张力和抗张强度双样本方差是否相等检验的结果为统计量  $F$  大于对应的置信水平,即接受原假设,两样本方差相等。采用双样本等方差 T 检验,对应的临界置信水平远远小于设置的置信水平 0.05,表明普洱烟叶与云南省内其他对照烟叶在叶面密度、抗张力和抗张强度这 3 个指标间存在显著差异。又由于抗张力与抗张强度两者之间可以通过公式换算,成显著相关关系,固选取其中的抗张强度作为评价指标。通过系列分析,最终

筛选出了叶面密度和抗张强度这 2 个指标作为普洱优质烟叶物理特性特征性评价指标。以同样方法筛选出总植物碱、氮碱比和钾离子这 3 个指标作为常规化学成分的特征性评价指标。

### 2.2 普洱与其他烟区烟叶差异定量对比

以筛选到的 2 个物理特性指标和 3 个常规化学成分指标为基础,将普洱生态烟叶与云南省内其他代表性烟区烟叶进行方差分析。结果见表 3 和表 4。由表 3 可以看出,普洱生态烟叶叶面密度偏低,与其他烟区差异显著,抗张强度偏小。由表 4 可以看出,普洱生态烟叶总植物碱含量中等,氮碱比尤其是钾离子含量偏高。

### 3 结论与讨论

利用主成分分析法 (PCA)、偏最小二乘判别分

表 2  $t$  检验结果  
Table 2 The results of  $t$ -test

指标 Index	方差方程的 Levene 检验 Levene's test for equality of variances		均值方程的 $t$ 检验 $t$ -Test for equality of means			
	统计量 $F$	置信水平 Significance	统计量 $t$	自由度 $df$	临界置信水平 Sig. (2-tailed)	
叶面密度 Leaf density( $\text{g}/\text{m}^2$ )	假设方差相等 Equal variances assumed	0.499	0.482	-3.979	77	0.000
	假设方差不相等 Equal variances not assumed					
抗张力 Resistance to tension (N)	假设方差相等 Equal variances assumed	1.405	0.240	-2.771	77	0.007
	假设方差不相等 Equal variances not assumed					
抗张强度 Tensile strength ( $\text{kN}/\text{m}$ )	假设方差相等 Equal variances assumed	1.405	0.240	-2.763	77	0.007
	假设方差不相等 Equal variances not assumed					
含梗率 Stem content(%)	假设方差相等 Equal variances assumed	0.484	0.489	1.684	77	0.096
	假设方差不相等 Equal variances not assumed					
厚度 Thickness(mm)	假设方差相等 Equal variances assumed	4.096	0.046	-0.817	77	0.417
	假设方差不相等 Equal variances not assumed					
钾离子 Potassium ion(%)	假设方差相等 Equal variances assumed	1.241	0.268	4.982	106	0.000
	假设方差不相等 Equal variances not assumed					
总植物碱 Nicotine(%)	假设方差相等 Equal variances assumed	4.347	0.039	-2.904	106	0.004
	假设方差不相等 Equal variances not assumed					
氮碱比 Nitrogen-alkali ratio	假设方差相等 Equal variances assumed	1.033	0.312	2.410	106	0.018
	假设方差不相等 Equal variances not assumed					
糖碱比 Sugar-alkali ratio	假设方差相等 Equal variances assumed	1.187	0.278	1.240	106	0.218
	假设方差不相等 Equal variances not assumed					
总氮 Total nitrogen(%)	假设方差相等 Equal variances assumed	8.189	0.005	-1.353	106	0.179
	假设方差不相等 Equal variances not assumed					
总糖 Total sugar(%)	假设方差相等 Equal variances assumed	17.622	0.000	0.669	106	0.505
	假设方差不相等 Equal variances not assumed					

析(PLS-DA)并结合双样本  $t$  检验筛选出普洱生态烟叶特征性评价指标为叶面密度、抗张强度、总植物

碱、氮碱比和钾离子。进一步以这 5 个指标为基础,对比分析普洱生态烟叶与云南省内其他代表性烟区

烟叶之间的差异,结果表明:普洱生态烟叶叶面密度偏低,抗张强度偏小,总植物碱含量中等,氮碱比尤其是钾离子含量偏高。本文基于主成分分析,联合偏最小二乘判别分析、双样本  $t$  检验筛选等多种方法进行特征性评价指标筛选,克服了仅采用一种方法评价带来的片面性,使结果更加科学客观,目前在

烟草领域中未见相关报道。此外,本文以物理特性和常规化学成分作为研究对象,克服了感官质量评价所带来的主观性。鉴于该研究对 99 个样品进行的统计分析,样品容量中等,因此研究结果还有待于后续大容量样本的进一步完善和验证。

表 3 不同烟区物理特性差异分析

Table 3 Difference analysis of physical characteristics in different areas

地区 Areas	叶面密度 Leaf density ( $\text{g}/\text{m}^2$ )			抗张强度 Tensile strength ( $\text{kN}/\text{m}$ )		
	上部 Top	中部 Middle	下部 Bottom	上部 Top	中部 Middle	下部 Bottom
普洱烟区 Pu'er tobacco region	86.71 <sup>bcBC</sup>	64.94 <sup>cC</sup>	53.00 <sup>cB</sup>	0.15	0.13	0.13 <sup>bAB</sup>
滇东南烤烟区 A Southeast of yunnan tobacco region A	97.18 <sup>abAB</sup>	67.83 <sup>cC</sup>	55.61 <sup>bcB</sup>	0.17	0.15	0.13 <sup>bAB</sup>
滇东南烤烟区 B Southeast of yunnan tobacco region B	87.03 <sup>bcBC</sup>	102.99 <sup>aA</sup>	65.83 <sup>bcB</sup>	0.14	0.17	0.15 <sup>abAB</sup>
滇东烤烟区 East of yunnan tobacco region	107.82 <sup>aA</sup>	92.81 <sup>abAB</sup>	94.09 <sup>aA</sup>	0.18	0.17	0.18 <sup>aA</sup>
滇西烤烟区 West of yunnan tobacco region	98.09 <sup>abAB</sup>	78.54 <sup>bcBC</sup>	69.34 <sup>bb</sup>	0.16	0.14	0.16 <sup>abAB</sup>
滇西南烤烟区 Southwest of yunnan tobacco region	75.60 <sup>cC</sup>	72.81 <sup>cBC</sup>	60.59 <sup>bcB</sup>	0.14	0.14	0.12 <sup>bb</sup>

注:大写字母表示 0.01 水平差异显著;小写字母表示 0.05 水平差异显著,下同。

Note: Uppercase means significant difference at 0.01 level; Lowercase means significant difference at 0.05 level, the same below.

表 4 不同烟区常规化学成分差异分析

Table 4 Difference analysis of chemical composition in different areas

地区 Areas	总植物碱 Nicotine (%)			氮碱比 The ratio of total nitrogen to nicotine			钾离子 Potassium ion (%)		
	上部 Top	中部 Middle	下部 Bottom	上部 Top	中部 Middle	下部 Bottom	上部 Top	中部 Middle	下部 Bottom
普洱烟区 Pu'er tobacco region	2.92 <sup>bAB</sup>	2.14 <sup>bB</sup>	1.42 <sup>cBC</sup>	0.75 <sup>aAB</sup>	0.88 <sup>aA</sup>	1.22 <sup>abAB</sup>	1.70 <sup>aAB</sup>	2.22 <sup>aA</sup>	2.54 <sup>abAB</sup>
滇东南烤烟区 A Southeast of yunnan tobacco region A	3.35 <sup>abA</sup>	2.55 <sup>bAB</sup>	2.07 <sup>bAB</sup>	0.75 <sup>aAB</sup>	0.79 <sup>abAB</sup>	0.87 <sup>bcAB</sup>	1.52 <sup>abAB</sup>	1.40 <sup>bB</sup>	2.16 <sup>bcABC</sup>
滇东南烤烟区 B Southeast of yunnan tobacco region B	4.30 <sup>aA</sup>	2.60 <sup>bAB</sup>	2.44 <sup>abA</sup>	0.75 <sup>aAB</sup>	0.78 <sup>abAB</sup>	0.83 <sup>bcAB</sup>	1.80 <sup>aAB</sup>	1.66 <sup>b AB</sup>	1.82 <sup>cdBC</sup>
滇东烤烟区 East of yunnan tobacco region	4.19 <sup>aA</sup>	3.45 <sup>aA</sup>	2.89 <sup>aA</sup>	0.56 <sup>bB</sup>	0.57 <sup>cB</sup>	0.63 <sup>cB</sup>	1.00 <sup>cC</sup>	1.21 <sup>bB</sup>	1.44 <sup>dC</sup>
滇西烤烟区 West of yunnan tobacco regio	3.37 <sup>abA</sup>	2.02 <sup>bB</sup>	1.32 <sup>cBC</sup>	0.68 <sup>abAB</sup>	0.89 <sup>aA</sup>	1.17 <sup>abAB</sup>	1.30 <sup>bcBC</sup>	1.43 <sup>bB</sup>	1.85 <sup>cdBC</sup>
滇西南烤烟区 Southwest of yunnan tobacco region	1.74 <sup>cB</sup>	2.61 <sup>bAB</sup>	1.00 <sup>cC</sup>	0.82 <sup>aA</sup>	0.62 <sup>bcAB</sup>	1.37 <sup>aA</sup>	1.89 <sup>aA</sup>	1.60 <sup>bAB</sup>	2.88 <sup>aA</sup>

## 参考文献

- 1 Tang YJ. Orientation of style and characteristics of tobacco leaves[J]. Chin Tob Sci(中国烟草科学),2008,29(3):1-5.
- 2 Bi YM, Li ST, Zhang LL, et al. Quality evaluation of flue-cured tobacco by near infrared spectroscopy and spectral similarity method[J]. Spectrochim Acta A: Mol Biomol Spectrosc.,2019,215:398-404.
- 3 Chang SR, Wu T, Luo HY, et al. Influence of cured-tobacco variety, position and ecological factors on aroma components of tobacco leaf[J]. J Yunnan Agr Univ(云南农业大学学报),2010,1:58-62.
- 4 Yu LX, Zhu Y, Zhong C, et al. Effects of ecological environment on agronomic characters and chlorophyll fluorescence of tobacco[J]. Chin J Agrometeorol(中国农业气象),2015,36:149-154.
- 5 Gao JH, Yang YH. Influence of different ecological environment on flue-cured tobacco internal quality[J]. Chin Agr Sci Bull(中国农学通报),2016,22(5):168-170.
- 6 Lai P, Wen CG. Relationship analysis between ecological environment and quality style formation of flue-cured tobacco[J]. Mod Agr Sci Techno(现代农业科技),2018(4):51-52.
- 7 Wu W, Tang XP, Yang C, et al. Investigation of ecological factors controlling quality of flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) using classification methods[J]. Ecol Inform, 2013,16:53-61.
- 8 Fu B, Ji XM, Zhao MQ, et al. The influence of light quality on the accumulation of flavonoids in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) leaves[J]. J Photochem Photobiol B: Biol, 2016,162:544-549.
- 9 Xu WB, Lu J, Deng XH, et al. Analysis and comprehensive evaluation of physical properties of tobacco leaves from Guiyang county of Hunan Province[J]. Crop Res(作物研究),2015,29:627-629.
- 10 Tian MC, Deng XH, Lu ZS et al. Gray effect measure and principal component analysis-based comprehensive evaluation for physical properties of flue-cured tobacco leaves from Xiangxi area[J]. Acta Agr Nucl Sin(核农学报),2017,1:187-193.
- 11 Guo DF, Zhou P, Liu F, et al. Study on the relationship between physical characteristics and meteorological factors of flue-cured tobacco leaves[J]. Acta Agr Jiangxi(江西农业学报),2017,29(2):79-84.
- 12 Yang W, Zhang Q, Dong GF, et al. Factor analyses and comprehensive evaluations of main physical characteristics of flue-cured tobacco in Zhaotong City[J]. Hubei Agr Sci(湖北农业科学),2014,53:1078-1082.
- 13 Du W, Tan XL, Yi JH, et al. Evaluation of leaf tobacco quality using chemical composition data[J]. Acta Tobacaria Sin(中国烟草学报),2007,13(3):25-31.
- 14 Feng T, Lin Q, Li Y, et al. Quality characteristics analysis of tobacco leaf in Yunnan 'Golden Corridor' tobacco growing areas[J]. Southwest China J Agr Sci(西南农业学报),2016,29(1):180-184.
- 15 Ma JH, Li JY, Ma ED, et al. Research on climate type distribution in Yunnan golden corridor tobacco area[J]. Chin Agr Sci Bull(中国农学通报),2013,29(7):70-75.