

## 工 业

## 烟叶质量评价指标间的相关性研究

邓小华<sup>1,3</sup>, 周冀衡<sup>1</sup>, 陈新联<sup>2</sup>, 李晓忠<sup>2</sup>, 肖汉乾<sup>2</sup>, 杨虹琦<sup>1</sup>, 张一扬<sup>1</sup>

1 湖南农业大学烟草工程技术研究中心, 长沙市芙蓉区 410128;

2 湖南省烟草公司, 长沙市城南东路 305 号 410007;

3 永州职业技术学院, 湖南省永州市凤凰路 47 号 425100

**摘要:** 依据初步建立的烟叶外观质量、评吸质量量化评价体系和湖南主产烟区烟叶外观质量、物理特性、化学成分、评吸质量等评价指标进行的评定和检测, 研究了烟叶质量指标间的相互关系, 探索了烟叶质量评价指标间的定量相关关系, 探讨了关于烟叶质量评价指标间的一些定性和定量描述。

**关键词:** 烟叶质量; 评价指标; 相关性分析

中图分类号: TS412

文献标识码: A

文章编号: 1004-5708(2008)02-0001-08

## Correlation analysis on quality evaluating indexes in tobacco leaf

DENG Xiao-hua<sup>1,3</sup>, ZHOU Ji-heng<sup>1</sup>, CHEN Xin-lian<sup>2</sup>,LI Xiao-zhong<sup>2</sup>, XIAO Han-qian<sup>2</sup>, YANG Hong-qi<sup>1</sup>, ZHANG Yi-yang<sup>1</sup>

1 Research Center of Tobacco Engineering, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;

2 Hunan Province Tobacco Company, Changsha 410000, China;

3 Hunan Yongzhou Technical College, Yongzhou 425100, China

**Abstract:** Based on preliminary quantitative index system of tobacco sensory quality and smoking quality and results from assessing sensory quality, physical property, chemical components, and smoking quality of flue-cured tobacco samples from Hunan province, correlation analysis and quantitative relationship between any two quality evaluating indexes was studied. Qualitative and quantitative characters of tobacco leaf quality evaluating index were discussed.

**Key words:** quality of tobacco leaf; evaluating index; correlation analysis

烟叶是卷烟工业的基础, 烟叶质量的优劣直接影响卷烟产品的质量。烟叶质量包括外观质量、物理特性、化学成分、评吸质量和安全性等诸多方面, 它们分别又由相互关联的不同评价指标组成, 这些指标都程度不同地直接或间接影响烤烟的质量, 各项质量指标的平衡协调程度决定烟叶的工业使用价值<sup>[1-2]</sup>。目前烟叶外观质量主要靠分级来衡量, 通过眼看手摸能够直接接触和识别的外部特点来判断; 内在质量则通过

评吸靠人的感官来鉴别其品质特点, 这些难免存在主观性和随意性。但烟叶外观质量和内在质量是密切联系的, 都是其化学成分和物理特性在外观和烟气特征的表现, 况且这种表现具有规律性和普遍性, 因而烟叶质量指标间的相互关系一直备受关注。徐淑芬等<sup>[3]</sup>、王允白等<sup>[4]</sup>分析研究了烟叶化学成分间的相关性; 姜荣等<sup>[5]</sup>、王玉军等<sup>[6]</sup>、阎克玉等<sup>[7]</sup>分析研究了烟叶物理特性与化学成分和评吸质量的关系; 王允白等<sup>[4]</sup>、黄元炯等<sup>[8]</sup>、杜咏梅等<sup>[9]</sup>、胡建军等<sup>[10]</sup>、闫克玉等<sup>[7]</sup>、王树声等<sup>[11]</sup>、高家合等<sup>[12]</sup>、毕淑峰等<sup>[13,15]</sup>、于川芳等<sup>[14]</sup>、于建军等<sup>[16]</sup>采用相关性、灰色关联度和回归等分析方法研究了烟叶化学成分与评吸质量的关系; 蔡宪杰等<sup>[17]</sup>研究了烟叶成熟度与外观质量、物理特性、

作者简介: 邓小华, 男, 在读博士, 教授, 研究方向为烟草品质与生态。

周冀衡(通讯作者), 男, 教授, Tel: 0731-4635457,

E-mail: yzbxh@163.com

基金项目: 国家烟草专卖局资助项目“典型省份烟草种植区划技术平台的构建”(110200401017)

收稿日期: 2006-09-25

化学成分和评吸质量的关系。尽管研究者较多,也取得了一些研究进展,但主要是研究部分质量指标间或集中在某2组质量指标间(如化学成分与评吸质量)的关系,受样本数量的限制、样本来源以及检测方法的不同,研究结果差异较大,利用同批样本全面系统地研究烟叶的外观质量、物理特性、化学成分和评吸质量评价指标间相互关系还是空白。鉴此,本文以湖南省72个乡镇、3个等级共计757个初烤烟叶样本为研究材料,通过对外观质量和评吸质量的量化评定以及对物理特性和化学成分的测定,进行相关性分析研究,进一步探索烤烟质量评价指标间的相互关系,为中国烤烟质量评价体系的建立、品质区划、卷烟企业合理使用原料及优质烤烟生产提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

征集湖南省桂阳、永兴、嘉禾、宜章、临武、安仁、宁远、新田、蓝山、江华、江永、道县、龙山、永顺、花垣、凤凰、桑植、永定、慈利、石门、新晃、芷江、保靖、耒阳、衡南、常宁、新化、安化、隆回、邵阳、新宁、浏阳、宁乡、桃

源、临澧等35个县(市或区)的72个烤烟主产乡镇的初烤烟叶样品。每县2~3个乡镇,选择的乡镇能代表全县烟叶生产水平并代表一种典型的生态条件。在指定农户中于2001~2003、2005年连续征集在上、中、下部位烟叶具有代表性的B2F、C3F、X2F3个等级样本,其中B2F样本253个、C3F样本253个、X2F样本251个,每个样本取样量为5kg。品种为该县种植面积最大的主栽品种,主要为K326、云烟87、云烟85、湘烟一号、G80和9511。

### 1.2 烤烟质量评价指标及分析方法

#### 1.2.1 外观质量量化评定方法

根据《GB2635—92》烤烟分级标准并采用专家咨询方法,初步确定了外观质量评价指标并建立了评分标准(表1)。各项外观质量指标统一最大标度为10。对外观质量指标各档次赋以不同分值,质量越高,分值越高。样品外观质量鉴定前,平衡到含水率16%~18%。由湖南省烟草质量监督检测站召集5~7名烤烟烟叶分级专家,对样品各单项外观质量指标逐项进行判断评分。然后以几何平均值作为该样品该项目的鉴定分值。

表1 烤烟烟叶外观质量评价指标及评分标准

成熟度	叶片组织结构	身分	油分	色度	发育状况	叶面状况	分值
好	疏松、弹性好	适中	足	色正、饱满、光泽强	营养协调、发育充分	均匀、色差小、无退色和斑块	10
较好	较疏松、弹性较好	稍厚	较足	色较正、尚饱满、光泽较强	营养协调、发育较好	均匀、色差较小、无退色和斑块	9
一般	尚疏松、有弹性	稍薄	有	色欠正、略饱满、有光泽	营养一般、发育一般	较均匀、色差明显、无退色、少有斑块	8
过熟	较僵硬、弹性较差	过厚	较差	色不正、欠饱满、尚有光泽	营养欠协调、发育不良	欠均匀、色差较大、略有退色、有斑块	7
欠熟	僵硬、弹性差	薄	差	色不正、饱满度差、色泽暗	营养失调、发育较差	均匀度差、色差大、退色、较多斑块	5

#### 1.2.2 物理特性测定指标及方法

物理特性测定指标主要有:开片度、厚度、单叶重、叶面积质量、密度、平衡含水率(吸湿性)、含梗率。在测定之前平衡水分到16%~18%,然后随机抽取50片烟叶制备鉴定样品。

(1)开片度(%):叶片长度逐片测量,不足1按1计算,叶片长度的平均数为该样品的长度;叶片宽度逐片测量,不足0.5按0.5计算,叶片宽度的平均数为该样品的宽度。开片度是指叶宽与叶长的百分比。

(2)厚度( $t_m$ ):随机抽取10片含水率为(16.5±0.5)%的烟叶,用电动厚度仪分别测量每片烟叶叶尖、

叶中及叶基的厚度,以30个点的厚度平均值作为该样品的厚度。

(3)单叶重(g)、叶面积质量( $g \cdot cm^{-2}$ )、密度( $mg \cdot cm^{-3}$ ):单叶重是指一片叶的重量。随机抽取10片含水率为15%左右的烟叶,每片烟叶任取1个半叶,沿着半叶的叶尖、叶中及叶基部等距离取5个点,用圆形打孔器打5片直径(D)为15mm的圆形小片,将50片圆形小片放入水分盒中,在100℃条件下烘2h,冷却30min后称重,根据公式:计算叶面积质量。密度是指单位体积的烟叶重量。

(4)平衡含水率(%):随机抽取10片烟叶,每叶

沿主脉剪开成 2 个半叶, 每片烟叶任取 1 个半叶, 切成宽度不超过 5 mm 的小片, 在标准空气条件下(温度  $(22 \pm 1) ^\circ\text{C}$ , 相对湿度  $(60 \pm 3)\%$ )平衡 7 d。混匀后用已知干燥重量的样品盒称取试样 5 g, 计下称得的试样重量。去盖后放入温度  $(100 \pm 2) ^\circ\text{C}$  的烘箱内, 自温度升至  $100 ^\circ\text{C}$  时算起, 烘 2 h, 加盖, 取出, 放入干燥器内, 冷却至室温, 再称重。按公式计算烟叶含水率: 叶面积质量  $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}) = (\text{烘后重量} - \text{水分盒重量}) \times [50\pi(D/2)^2]$ 。

(5) 含梗率(%): 随机抽取 20 片烟叶, 平衡含水率到  $(16.5 \pm 0.5)\%$ , 抽梗, 然后用 1/100 天平分别称烟片和烟梗的重量, 按公式计算含梗率。

### 1.2.3 化学成分测定指标及方法

化学成分测定指标主要有淀粉、总糖、还原糖、烟碱、总氮、钾、氯、硫。淀粉含量的测定采用碘—碘化钾比色—连续流动法, 总糖和还原糖按照 YC/T 159—2002、烟碱按照 YC/T 160—2002、总氮按照 YC/T 161—2002、钾按照 YC/T 173—2003、氯按照 YC/T 162—2002

采用连续流动分析法, 采用离子色谱法测定硫酸酸根含量再换算为硫含量<sup>[18]</sup>。所测化学成分含量换算成百分率。糖碱比是指总糖含量与烟碱含量的比值, 氮碱比是指总氮含量与烟碱含量的比值, 钾氯比是指钾含量与氯含量的比值, 有机钾指数是指钾含量减去氯含量和硫含量的差值。

### 1.2.4 评吸质量指标及量化方法

参照标准《YC/T138—1998》建立了单料烟评吸质量指标及评分标准(表 2)。由湖南省烟草质量监督检测站召集 5~7 名评烟委员, 根据制定的标准, 分别按香气质、香气量、杂气、浓度、劲头、刺激性、余味、燃烧性和灰色等 9 个单项指标进行打分, 然后取其平均值。采用专家咨询法并借鉴相关研究方法<sup>[5,19]</sup>, 对 9 个指标分别赋以 25%、15%、12%、10%、10%、13%、10%、2.5% 和 2.5% 的权重, 计算出香味分值(香气质、香气量、杂气)、吸味分值(浓度、劲头、刺激性、余味)、评吸质量总分。

表 2 单料烟评吸质量指标及评分标准

香气质	香气量	杂气	浓度	劲头	刺激性	余味	燃烧性	灰色
很差(1)	很少(1)	很重(1)	很淡(1)	很小、很大	很大(1)	不净、不舒适(1)	熄火(1~3)	黑灰(1~3)
差(2)	少(2)	重(2)	淡(2)	(1~2)	大(2)	略净、略舒适(2)		
较差(3)	较少(3)	较重(3)	较淡(3)	小、大	较大(3)	尚净、尚舒适(3)		
稍差(4)	稍有(4)	稍重(4)	稍淡(4)	(3~4)	稍大(4)	较净、稍舒适(4)	中等(4~6)	灰白(4~6)
中(5)	有(5)	有(5)	中(5)	较小、较大	有(5)	较净、尚舒适(5)		
稍好(6)	稍多(6)	略有(6)	稍浓(6)	(5~6)	略有(6)	较净、较舒适(6)		
较好(7)	较多(7)	稍有(7)	较浓(7)	稍小、稍大	稍有(7)	尚纯净、舒适(7)	强(7~9)	白(7~9)
好(8)	多(8)	似有(8)	浓(8)	(7~8)	似有(8)	较纯净、舒适(8)		
很好(9)	很多(9)	无(9)	很浓(9)	中(9)	无(9)	纯净、舒适(9)		

注: 括号内数字为分值。

### 1.3 数据处理方法

所有数据处理借助 SPSS12.0 (Statistics Package for Social Science) 统计分析软件。首先应用基本统计分析模块(Descriptive Statistics)对数据进行探索性分析(Explore), 清除极端值和异常值; 然后应用相关分析模块(Correlate)在评价指标间进行双变量相关分析(Bivariate)。双尾检测, “\*”表示显著水平为 5%, “\*\*”表示显著水平为 1%。相关系数  $|r| \geq 0.8$ , 视为高度相关;  $0.5 \leq |r| < 0.8$ , 视为中度相关;  $0.3 < |r| < 0.5$ , 视为弱相关<sup>[20]</sup>。

## 2 结果分析

### 2.1 烟叶质量评价指标的统计描述

表 3 为烟叶质量各项评价指标的基本统计特征值。除氯、氮碱比、劲头、燃烧性、灰色的偏度较大外, 其余评价指标基本上符合正态分布。氯含量向左偏离中心较远(偏度值大于  $2^{[21]}$ ), 是偏狭峰(峰度值大于  $3^{[21]}$ ), 说明湖南烤烟氯含量偏低。燃烧性和灰色分值向右偏离中心, 峰度值较大, 变异系数也较小, 中位数为 7.000, 说明湖南烟叶燃烧性和灰色分值变化不大, 分布比较集中, 且绝大多数大于 7.000。总氮、硫含量的变异系数在 90% 以上, 很不稳定, 说明它们受栽培、生态环境的影响较大。

表3 烟叶质量评价指标的基本统计特征

质量评价指标	平均值	置信区间(95%)	标准差	中位数	最小值	最大值	偏度	峰度	变异系数/%
成熟度	8.919	8.863—8.975	0.556	8.880	7.168	10.000	0.027	-0.575	6.233
叶片结构	8.734	8.676—8.793	0.584	8.667	7.167	10.000	0.021	-0.449	6.686
身份	8.855	8.794—8.915	0.602	8.830	7.000	10.000	-0.360	-0.060	6.795
油分	8.609	8.543—8.676	0.659	8.630	6.330	9.900	-0.263	-0.109	7.659
色度	8.586	8.524—8.648	0.618	8.630	6.500	10.000	-0.235	-0.100	7.199
发育状况	8.863	8.807—8.920	0.563	8.880	7.330	10.000	-0.209	-0.480	6.346
叶面状况	8.373	8.306—8.439	0.664	8.330	6.330	10.000	0.221	-0.039	7.925
开片度	34.288	33.761—34.816	3.637	34.269	24.653	46.154	0.351	0.733	10.607
单叶重	10.526	10.167—10.885	2.475	10.480	5.850	18.200	0.281	-0.646	23.516
含梗率	31.955	31.511—32.400	3.065	31.820	22.460	38.160	-0.285	-0.055	9.591
厚度	137.916	133.785—142.048	28.481	134.000	83.000	271.000	0.620	1.460	20.651
叶面积质量	109.018	105.711—112.325	22.799	107.010	62.420	174.520	0.394	-0.208	20.913
密度	806.549	783.297—829.801	160.302	828.000	434.797	1320.642	-0.038	0.187	19.875
平衡含水率	12.510	12.138—12.882	2.562	12.080	4.930	23.270	0.518	1.040	20.483
淀粉	4.543	4.288—4.797	1.734	4.420	1.010	8.900	0.316	-0.412	38.162
总糖	24.285	23.707—24.863	3.944	25.090	13.050	31.040	-0.683	-0.248	16.239
还原糖	21.349	20.814—21.884	3.648	21.780	11.890	27.650	-0.437	-0.459	17.087
烟碱	3.076	2.949—3.203	0.867	3.080	1.290	4.610	-0.147	-1.206	28.173
总氮	1.904	1.868—1.940	1.880	0.245	1.410	2.700	0.673	0.153	98.734
钾	2.309	2.235—2.384	0.510	2.250	1.340	3.630	0.459	-0.400	22.098
氯	0.259	0.246—0.272	0.087	0.250	0.100	0.730	2.183	7.297	33.744
硫	0.871	0.830—0.911	0.865	0.276	0.299	1.771	0.719	0.854	99.342
糖碱比	8.952	8.373—9.531	3.948	8.163	3.028	20.829	0.720	-0.192	44.102
氮碱比	0.660	0.636—0.684	0.165	0.618	0.418	1.279	1.160	1.407	25.023
钾氯比	9.655	9.163—10.146	3.350	8.938	3.809	21.286	0.837	0.732	34.702
有效钾指数	1.180	1.103—1.256	0.522	1.164	0.009	2.523	0.303	-0.404	44.265
香气质	6.492	6.472—6.512	0.283	6.500	5.800	7.300	0.060	-0.892	4.365
香气量	6.692	6.669—6.716	0.335	6.800	5.700	7.500	-0.754	-0.459	5.003
杂气	6.257	6.237—6.276	0.277	6.200	5.300	7.920	0.803	2.257	4.421
浓度	6.754	6.728—6.779	0.360	6.900	5.300	7.920	-0.606	0.512	5.332
劲头	6.636	6.604—6.667	0.439	6.700	3.800	7.900	-1.230	6.445	6.620
刺激性	6.465	6.442—6.487	0.312	6.500	5.300	7.300	-0.141	-0.673	4.829
余味	6.455	6.438—6.472	0.241	6.400	5.700	7.200	0.168	-0.204	3.728
燃烧性	6.994	6.991—6.997	0.047	7.000	6.600	7.300	-1.372	22.637	0.668
灰色	6.988	6.977—6.999	0.151	7.000	6.000	7.700	-1.832	12.257	2.159
香味	33.776	33.700—33.853	1.076	33.740	30.070	37.354	0.095	0.165	3.184
吸味	28.248	28.193—28.303	0.771	28.190	24.290	30.800	-0.156	2.650	2.728
评吸总分	65.520	65.399—65.641	1.691	65.380	59.365	71.434	0.319	0.682	2.581

## 2.2 外观质量与物理特性的相关性分析

从表4看,含梗率、厚度、平衡含水率与外观质量指标呈负相关,开片度、单叶重、叶面积质量、密度与外观质量指标呈正相关;其中,外观质量指标均与平衡含水率呈极显著的负相关,而均与密度呈极显著的正相关,与开片度不存在显著的相关。之外,含梗率与身份、油分、色度、发育状况,厚度与叶片结构、叶面状况,呈显著或极显著的负相关;单叶重与成熟度、叶片结构、身份、油分、色度、发育状况,叶面积质量与成熟度、身份、油

分、色度、发育状况,呈显著或极显著的正相关。

从相关系数大小看,物理特性与外观质量评价指标间的线性相关性弱,只有平衡含水率与成熟度、叶片结构、叶面状况,以及密度与成熟度、叶片结构、身份、油分是弱相关。成熟度与单叶重、叶面积质量、密度、平衡含水率的关系与蔡宪杰等<sup>[16,21]</sup>研究的结果不一致,是因为成熟度量化评分标准<sup>[19]</sup>不一致所导致的。从湖南烤烟成熟度基本统计特征值看,最大值为10.00,最小值为7.168,没有欠熟的烟叶样本。

表4 外观质量与物理特性指标间的相关系数

评价指标	开片度	单叶重	含梗率	厚度	叶面积质量	密度	平衡含水率
成熟度	0.005	0.231 <sup>**</sup>	-0.143	-0.128	0.201 <sup>**</sup>	0.313 <sup>**</sup>	-0.320 <sup>**</sup>
叶片结构	0.136	0.169 <sup>*</sup>	-0.057	-0.255 <sup>**</sup>	0.065	0.313 <sup>**</sup>	-0.322 <sup>**</sup>
身份	0.085	0.231 <sup>**</sup>	-0.205 <sup>**</sup>	-0.060	0.283 <sup>**</sup>	0.322 <sup>**</sup>	-0.245 <sup>**</sup>
油分	0.110	0.265 <sup>**</sup>	-0.234 <sup>**</sup>	-0.075	0.287 <sup>**</sup>	0.349 <sup>**</sup>	-0.245 <sup>**</sup>
色度	0.006	0.256 <sup>**</sup>	-0.160 <sup>*</sup>	-0.048	0.231 <sup>**</sup>	0.269 <sup>**</sup>	-0.269 <sup>**</sup>
发育状况	0.084	0.348 <sup>**</sup>	-0.151 <sup>*</sup>	-0.038	0.230 <sup>**</sup>	0.262 <sup>**</sup>	-0.237 <sup>**</sup>
叶面状况	0.009	0.122	-0.036	-0.231 <sup>**</sup>	0.052	0.282 <sup>**</sup>	-0.306 <sup>**</sup>

注: \*表示5%显著性水平; \*\*表示1%显著性水平,以下同。

### 2.3 外观质量与化学成分的相关性分析

从表5看,钾、氯、糖碱比、氮碱比与所有外观质量评价指标,淀粉与叶面状况,还原糖与成熟度、身份、发育状况,硫与叶面状况,钾氯比与身份,有效钾指数与色度、发育状况,呈显著或极显著的负相关;烟碱与所有的外观质量评价指标呈极显著的正相关;总糖、总氮与所有的外观质量评价指标不存在显著的正或负的相关。

从相关系数大小看,烟碱及跟烟碱有关的糖碱比、氮碱比与外观质量评价指标的相关系数相对较大(中度相关或弱相关),表明烟碱与外观质量的关系密切,且随外观质量评价指标分值的增加,烟碱含量也增加。

此外,钾与身份、色度是弱相关。成熟度与烟碱、还原糖、钾的关系与于川芳等<sup>[14]</sup>、蔡宪杰等<sup>[19]</sup>的研究结果不一致,但与Moseley等<sup>[22]</sup>、Hwang<sup>[23]</sup>等的研究结果是一致的,可能与各自研究用的烟叶的成熟度和分析方法不同有关。烤烟外观质量与烟碱、钾、氯、糖碱比、氮碱比含量关系密切。随着烤烟外观质量分值的提高,烟碱含量增高,钾、氯含量降低。钾在烤烟体内的移动性很大,老器官中的钾常向幼嫩器官进行再分配,而目前的烤烟打顶导致部分侧芽生长与成熟烟叶争夺钾素<sup>[24]</sup>,氯与钾又存在相伴离子效应,因而随着烟叶的进一步成熟,烟叶钾、氯含量降低。

表5 外观质量与化学成分指标间的相关系数

评价指标	淀粉	总糖	还原糖	烟碱	总氮	钾	氯	硫	糖碱比	氮碱比	钾氯比	有效钾指数
成熟度	-0.067	-0.087	-0.183 <sup>**</sup>	0.423 <sup>**</sup>	0.054	-0.198 <sup>**</sup>	-0.158 <sup>*</sup>	-0.022	-0.346 <sup>**</sup>	-0.454 <sup>**</sup>	-0.028	-0.108
叶片结构	-0.064	-0.003	-0.107	0.360 <sup>**</sup>	-0.013	-0.187 <sup>**</sup>	-0.197 <sup>**</sup>	-0.039	-0.306 <sup>**</sup>	-0.451 <sup>**</sup>	-0.002	0.016
身份	-0.029	-0.066	-0.143 <sup>*</sup>	0.485 <sup>**</sup>	0.097	-0.360 <sup>**</sup>	-0.137 <sup>*</sup>	-0.007	-0.446 <sup>**</sup>	-0.588 <sup>**</sup>	-0.151 <sup>*</sup>	-0.132
油分	-0.014	0.030	-0.064	0.394 <sup>**</sup>	-0.028	-0.279 <sup>**</sup>	-0.192 <sup>**</sup>	0.003	-0.349 <sup>**</sup>	-0.530 <sup>**</sup>	-0.063	-0.134
色度	-0.071	0.003	-0.099	0.413 <sup>**</sup>	-0.025	-0.308 <sup>**</sup>	-0.199 <sup>**</sup>	-0.028	-0.347 <sup>**</sup>	-0.520 <sup>**</sup>	-0.086	-0.192 <sup>**</sup>
发育状况	-0.015	-0.061	-0.162 <sup>*</sup>	0.422 <sup>**</sup>	0.037	-0.211 <sup>**</sup>	-0.187 <sup>**</sup>	0.108	-0.399 <sup>**</sup>	-0.537 <sup>**</sup>	-0.026	-0.140 <sup>*</sup>
叶面状况	-0.174 <sup>*</sup>	-0.003	-0.087	0.346 <sup>**</sup>	0.016	-0.256 <sup>**</sup>	-0.166 <sup>*</sup>	-0.139 <sup>*</sup>	-0.304 <sup>**</sup>	-0.428 <sup>**</sup>	-0.052	0.003

### 2.4 外观质量与评吸质量的相关性分析

从表6看,杂气与成熟度、叶片结构、身份、油分、色度、发育状况、叶面状况,刺激性与身份,余味与成熟度、叶片结构、身份、色度、发育状况,灰色与发育状况,呈显著或极显著的负相关;香气质与色度,香气量、浓度、劲头、评吸总分与成熟度、叶片结构、身份、油分、色度、发育状况、叶面状况,香味与成熟度、身份、油分、色度、发育状况、叶面状况,吸味与成熟度、叶片结构、油分、色度、发育状况、叶面状况,呈显著或极显著的正相关。

从总体上看,外观质量分值与香气质、香气量、浓度、劲头、香味、吸味、评吸总分分值呈正相关,而与杂气、刺激性、余味分值呈负相关。成熟度与杂气、刺激

性、余味的关系与蔡宪杰等<sup>[19]</sup>的研究结果不一致。但外观质量与评吸质量评价指标间相关系数小,表明外观质量与评吸质量的线性相关性弱,关系复杂。提高烟叶成熟度可使烟叶中香气质变好,香气量、浓度增加,杂气、刺激性减少,余味舒适,劲头适中,改善香味、吸味和评吸品质,但过分成熟的烟叶反而对评吸品质不利,因此,正确把握烤烟烟叶成熟度是提高烟叶内在质量的重要保证。

### 2.5 物理特性与化学成分的相关性分析

从表7看,开片度与烟碱(弱相关)、总氮(弱相关)、硫,单叶重与总糖(弱相关)、还原糖(弱相关)、钾(弱相关)、糖碱比(弱相关)、氮碱比(弱相关)、钾氯比

(弱相关)、有效钾指数(弱相关),叶片厚度与总糖(弱相关)、还原糖(弱相关)、钾(弱相关)、糖碱比(中度相关)、氮碱比、钾氯比(弱相关)、有效钾指数(弱相关),叶面积质量与总糖(弱相关)、还原糖(弱相关)、钾、糖碱比(弱相关)、氮碱比(弱相关)、钾氯比(弱相关)、有效钾指数(中度相关),平衡含水率与烟碱、钾氯比,呈显著或极显著的负相关;开片度与总糖、还原糖、钾、糖碱比(弱相关)、氮碱比、钾氯比、有效钾指数(弱相关),单叶重与烟碱(中度相关)、总氮(弱相关)、硫、含梗率与钾、有效钾指数,叶片厚度与烟碱(中度相关)、总氮(中度相关)、硫,叶面积质量与烟碱(中度相关)、总氮(弱相关)、氯(弱相关)、硫(弱相关),平衡含水率

与淀粉、总糖、还原糖、氯、糖碱比、氮碱比,呈显著或极显著的正相关。密度与化学成分评价指标间相关性不显著。

烟叶开片度是反映烟叶生长发育状况的物理性指标,生长发育好的烟叶开片度好,烟碱、总氮、硫含量低,而总糖、还原糖、钾含量高,糖碱比、氮碱比、钾氯比、有效钾指数大,因而提高烟叶开片度,对降碱提钾和化学成分协调有促进作用。单叶重、叶片厚度、叶面积质量与总糖、还原糖、糖碱比、氮碱比、钾氯比、有效钾指数呈负相关,与烟碱、总氮呈正相关,与王玉军等<sup>[6]</sup>的研究结果是一致的,它们之间相关性的性质符合于实际情况。

表6 外观质量与评吸质量的相关系数

评价指标	香气质	香气量	杂气	浓度	劲头	刺激性	余味	燃烧性	灰色	香味	吸味	评吸总分
成熟度	0.083	0.185**	-0.149**	0.179**	0.107*	-0.025	-0.137*	-0.020	-0.101	0.110*	0.108*	0.119**
叶片结构	0.081	0.132**	-0.116*	0.136**	0.167**	0.017	-0.127*	0.013	-0.056	0.092	0.151**	0.126*
身份	0.066	0.293**	-0.271**	0.278**	0.169**	-0.158**	-0.210**	0.026	-0.089	0.115*	0.086	0.114*
油分	0.097	0.206**	-0.165**	0.206**	0.168**	-0.040	-0.100	0.002	-0.079	0.127*	0.166**	0.156**
色度	0.127*	0.209**	-0.158**	0.207**	0.173**	-0.026	-0.124*	0.011	-0.087	0.153**	0.170**	0.176**
发育状况	0.091	0.222**	-0.171**	0.223**	0.197**	-0.063	-0.146**	-0.026	-0.135**	0.129*	0.160**	0.153**
叶面状况	0.102*	0.146**	-0.096	0.158**	0.132**	-0.065	-0.085	0.079	0.076	0.122*	0.102**	0.131*

表7 物理特性与化学成分指标间的相关系数

评价指标	淀粉	总糖	还原糖	烟碱	总氮	钾	氯	硫	糖碱比	氮碱比	钾氯比	有效钾指数
开片度	-0.046	0.240**	0.228**	-0.346**	-0.383**	0.158*	-0.069	-0.299**	0.317**	0.242**	0.199**	0.325**
单叶重	0.070	-0.344**	-0.342**	0.517**	0.351**	-0.385**	0.086	0.178*	-0.489**	-0.476**	-0.328**	-0.464**
含梗率	-0.099	0.023	-0.028	-0.134	-0.046	0.234**	0.095	-0.008	0.096	0.124	0.115	0.215**
厚度	0.115	-0.453**	-0.467**	0.549**	0.571**	-0.339**	0.085	0.236**	-0.524**	-0.400**	-0.354**	-0.465**
叶面积质量	0.074	-0.365**	-0.336**	0.537**	0.443**	-0.369**	0.186*	0.304**	-0.484**	-0.431**	-0.428**	-0.542**
密度	-0.083	0.068	0.107	-0.006	-0.110	-0.011	0.109	0.065	0.080	-0.081	-0.080	-0.069
平衡含水率	0.200**	0.162*	0.288**	-0.209**	-0.060	0.010	0.195*	-0.102	0.195*	0.239**	-0.152*	0.042

## 2.6 物理特性与评吸质量的相关性分析

从表8看,开片度与香气量(弱相关)、浓度(弱相关),单叶重与杂气、刺激性(弱相关)、灰色,厚度与杂气(弱相关)、刺激性(弱相关)、燃烧性、灰色,叶面积质量与杂气(弱相关)、刺激性(弱相关)、燃烧性、灰色、吸味,平衡含水率与灰色,呈显著或极显著的负相关;开片度与杂气、刺激性,单叶重与香气质、香气量(弱相关)、浓度(弱相关)、香味、评吸总分,厚度与香气量(中度相关)、浓度(中度相关),叶面积质量与香气量(弱相关)、浓度(弱相关),平衡含水率与杂气,呈显著或极显著的正相关。

含梗率、密度与评吸质量指标相关性不显著,劲头、余味与物理特性指标相关性也不显著。厚度、叶面积质量与香气量、刺激性的关系与闫克玉等<sup>[7]</sup>的研究结果是一致的。本研究中平衡含水率与香气质、评吸总分虽然呈正相关,但不显著,这与闫克玉等<sup>[7]</sup>的研究结果不一致,可能与湖南烤烟平衡含水率(见表3)较低有关。烟叶的开片度好,使单叶重轻、厚度小、叶面积质量小,虽然能降低烟气中的杂气、刺激性,提高烟气香气质和烟叶燃烧性,但也会降低烟气中的香气量和浓度,因此,烟叶开片必须适当。

表 8 物理特性与评吸质量指标间的相关系数

评价指标	香气质	香气量	杂气	浓度	劲头	刺激性	余味	燃烧性	灰色	香味	吸味	评吸总分
开片度	0.025	-0.386**	0.230**	-0.347**	0.078	0.277**	0.109	0.018	0.120	-0.098	0.055	-0.043
单叶重	0.155*	0.381**	-0.222**	0.393**	0.107	-0.414**	-0.047	-0.186	-0.202**	0.222**	0.015	0.152*
含梗率	-0.003	-0.082	0.045	-0.062	-0.041	0.063	0.028	0.091	0.141	-0.028	-0.011	-0.018
厚度	-0.002	0.548**	-0.440**	0.528**	-0.095	-0.493**	-0.117	-0.190**	-0.197**	0.132	-0.100	0.045
叶面积质量	-0.020	0.429**	-0.319**	0.395**	-0.070	-0.494**	-0.092	-0.200**	-0.281**	0.097	-0.156*	-0.004
密度	-0.041	-0.130	0.108	-0.129	0.011	-0.008	-0.001	0.011	-0.049	-0.059	-0.076	-0.072
平衡含水率	0.060	-0.089	0.181*	-0.115	0.023	0.108	0.066	-0.132	-0.203**	0.049	0.037	0.041

2.7 化学成分与评吸质量的相关性分析

从表 9 看, 淀粉与燃烧性、灰色, 总糖、还原糖与香气量、浓度, 烟碱与杂气、刺激性、余味、燃烧性、灰色、吸味, 总氮与杂气、劲头、刺激性、余味、灰色、吸味, 钾与香气质、香气量、浓度、劲头、香味、评吸总分, 硫与香气质、杂气、劲头、刺激性、余味、燃烧性、灰色、香味、吸味、评吸总分, 糖碱比与香气质、香气量、浓度、香味、评吸总分, 氮碱比与香气质、香气量、浓度、劲头、香味、吸味、评吸总分, 钾氯比与香气量、浓度、香味、评吸总分, 有效钾指数与香气质、香气量、浓度、香味、评吸总分, 呈显著或极显著的负相关; 淀粉与香气量, 总糖、还原糖与香气质、杂气、劲头、刺激性、余味、燃烧性、灰色、

吸味、评吸总分, 烟碱与香气量、浓度、香味, 总氮与香气量、浓度, 钾与杂气、刺激性、余味, 氯与余味, 硫与浓度, 糖碱比与杂气、刺激性、余味、燃烧性、灰色, 氮碱比与杂气、刺激性、燃烧性、灰色, 钾氯比与刺激性、灰色, 有效钾指数与杂气、刺激性、余味、燃烧性、灰色, 呈显著或极显著的正相关。其中, 总糖、还原糖与刺激性, 烟碱、糖碱比与香气量、浓度、刺激性, 氮碱比与香气量、浓度, 有效钾指数与香气量, 是中度线性相关; 淀粉与灰色, 总糖、还原糖与香气量、杂气、浓度、吸味, 烟碱与杂气, 总氮与香气量、杂气、浓度、刺激性, 钾与香气量, 硫与灰色, 糖碱比与杂气, 氮碱比与刺激性, 有效钾指数与浓度、刺激性, 是弱相关。

表 9 化学成分与评吸质量指标间的相关系数

评价指标	淀粉	总糖	还原糖	烟碱	总氮	钾	氯	硫	糖碱比	氮碱比	钾氯比	有效钾指数
香气质	0.081	0.168**	0.159**	0.042	-0.057	-0.156**	0.080	-0.229**	-0.105*	-0.179**	-0.092	-0.108*
香气量	0.111*	-0.454**	-0.442**	0.640**	0.415**	-0.433**	0.065	0.081	-0.640**	-0.531**	-0.268**	-0.518**
杂气	0.021	0.436**	0.432**	-0.393**	-0.343**	0.192**	-0.012	-0.234**	0.373**	0.226**	0.131*	0.282**
浓度	0.102	-0.483**	-0.474**	0.642**	0.429**	-0.415**	0.001	0.129*	-0.633**	-0.515**	-0.226**	-0.495**
劲头	-0.006	0.261**	0.242**	-0.072	-0.164**	-0.107*	0.011	-0.188**	-0.026	-0.132*	-0.043	-0.012
刺激性	-0.022	0.597**	0.564**	-0.585**	-0.461**	0.301**	0.027	-0.273**	0.564**	0.385**	0.168**	0.426**
余味	0.018	0.290**	0.285**	-0.170**	-0.262**	0.118*	0.158**	-0.219**	0.182**	0.037	-0.041	0.143**
燃烧性	-0.224**	0.182**	0.152**	-0.158**	-0.112*	-0.014	0.015	-0.219**	0.158**	0.112*	-0.005	0.123*
灰色	-0.338**	0.197**	0.196**	-0.256**	-0.164**	0.023	-0.104	-0.330**	0.209**	0.181**	0.145**	0.259**
香味	0.078	0.034	0.032	0.205**	0.050	-0.245**	0.079	-0.175**	-0.252**	-0.296**	-0.145**	-0.212**
吸味	0.049	0.328**	0.303**	-0.103*	-0.217**	-0.060	0.070	-0.248**	0.043	-0.102*	-0.055	0.025
评吸总分	0.061	0.177**	0.164**	0.077	-0.072	-0.183**	0.080	-0.232**	-0.135**	-0.230**	-0.114*	-0.115*

淀粉主要影响燃烧性和灰色, 淀粉含量高, 燃烧性和灰色分值低。随着总糖、还原糖含量的增加, 烟气的香气量、浓度减少, 杂气、刺激性也减少, 劲头适中, 燃烧性和灰色好, 香气质变好, 余味逐渐舒适, 使吸味和评吸质量分值增加。总糖、还原糖与烟气浓度的关系与毕淑峰等<sup>[13]</sup>对云南烟叶的研究结果不一致(显著正相关), 但与高家合等<sup>[12]</sup>对云南烟叶的研究结果一致。烟碱、总氮含量高, 可增加烟气的香气量和浓度, 但杂

气、刺激性增加, 余味、燃烧性和灰色变差, 虽使吸味分值下降, 但可增加香味分值, 与王允白等<sup>[4]</sup>、闫克玉等<sup>[7]</sup>、高家合等<sup>[12]</sup>、毕淑峰等<sup>[13]</sup>的研究结果基本一致。烟叶钾含量高, 会给烟叶品质带来好的作用, 但湖南烟叶钾含量与香气质、香气量、浓度、劲头、香味、评吸总分呈负相关, 其主要原因是湖南烤烟硫含量高(见表 3)抵消了钾对烟叶品质的积极作用(钾与硫呈极显著的正相关)。湖南烤烟氯含量低(见表 3), 与评吸质

量的相关性小。硫对烤烟评吸质量的影响大,除与香气量相关性小外,对其他评吸质量指标均产生不良影响,说明湖南控制施用含硫肥料刻不容缓。

### 3 小结

3.1 烟叶不同于其他作物,它强调的是综合品质,本研究分析了4组烟叶质量评价指标的38个单项指标,都程度不同地存在着一定的相互关系,这些相关分析结果验证了关于烟叶质量方面许多定性描述,不同的研究者由于样本来源、评价方法的不同,研究结果也不完全相同,表明烟叶质量评价指标间的相互关系具有区域特征。

3.2 相关分析方法要求样本容量大,如果烟叶样本容量小,其分析结果往往不能真实体现烟叶评价指标间的关系,容易产生误导。样本容量也影响显著相关的相关系数,一般样本容量越大,显著相关的相关系数就越小,如本研究中,由于样本容量大,达到显著相关的相关系数就较小。不同研究者的结果中,显著相关的相关系数差异大,主要是样本数量不同所导致。

3.3 相关分析是描述两个变量间的线性关系程度和方向的统计方法。当两变量间的关系是非线性时或不具有典型的理论概率分布时,其结果往往与实际不一致,如本研究中的氮含量、燃烧性分值、灰色分值等不具有典型的理论概率分布,劲头分值与烟碱的关系是非线性的等等,如果只是从相关系数来判断(相关系数很小),只能说明它们之间的线性相关性非常弱,而不能说明它们之间没有关系,要判断它们之间的真正关系,还需进一步论证。因此,完全通过相关系数来判断2个变量的关系程度要注意适用范围。

3.4 本研究的样本来自湖南不同烤烟产区、不同的品种、不同的等级、不同的年份,扩大样本来源的目的是使样本数据分布的范围广,分析结果更具有代表性。为消除不同年份样本质量分析误差,在样本质量评定和检测中,尽量保持分析仪器、分析人员的稳定,增加分析次数,并在数据处理时采用探索性数据分析软件对数据进行处理。

### 参考文献

- [1] 朱尊权. 烟叶的可用性与卷烟的安全性[J]. 烟草科技, 2000(8): 3-6
- [2] 周冀衡, 朱小平, 王彦亭, 等. 烟草生理与生物化学[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1996: 107-109.
- [3] 徐淑芬, 史芝文, 依春生, 等. 烤烟品质性状相关研究[J]. 黑龙江农业科学, 1996(1): 46-47.
- [4] 王允白, 王宝华, 郭承芳, 等. 影响烤烟评吸质量的主要化学成分研究[J]. 中国农业科学, 1998, 31(1): 89-91.
- [5] 姜荣, 谢胜利, 范洪慈, 等. 烤烟叶片大小与烟叶化学成分的关系研究初报[J]. 中国烟草, 1991, 13(2): 13-17.
- [6] 王玉军, 谢胜利, 姜荣, 等. 烤烟叶片厚度与主要化学组成相关性研究[J]. 中国烟草科学, 1997, 19(1): 11-14.
- [7] 闫克玉, 王建民, 屈剑波, 等. 河南烤烟评吸质量与主要理化指标的相关分析[J]. 烟草科技, 2001(1): 5-9.
- [8] 黄元炯, 傅瑜, 董志坚, 等. 河南烟叶营养元素和还原糖、烟碱含量及其与评吸质量的相关关系研究[C]//国家烟草专卖局科技教育司. 跨世纪烟草农业科技展望和持续发展战略研讨会论文集. 北京: 中国商业出版社, 1999: 107-110.
- [9] 杜咏梅, 郭承芳, 张怀宝, 等. 水溶性糖、烟碱、总氮含量与烤烟吸味品质的关系研究[J]. 中国烟草科学, 2000(1): 7-10.
- [10] 胡建军, 马明, 李耀光, 等. 烟叶主要化学指标与其感官评吸质量的灰色关联分析[J]. 烟草科技, 2001(1): 3-7.
- [11] 王树声, 王宝华, 李雪震, 等. 烤烟烟叶游离氨基酸与内在质量关系的研究[J]. 中国烟草科学, 2002(4): 4-7.
- [12] 高家合, 秦西云, 谭仲夏, 等. 烟叶主要化学成分对评吸质量的影响[J]. 山地农业生物学报, 2004, 23(6): 497-501.
- [13] 毕淑峰, 朱显灵, 马成泽. 云南烤烟化学成分与香气品质的关系研究[J]. 中国农学通报, 2004, 20(6): 67-68.
- [14] 于川芳, 李晓红, 罗登山, 等. 玉溪烤烟外观质量因素与其主要化学成分之间的关系[J]. 烟草科技, 2005(1): 5-7.
- [15] 毕淑峰. 云南烤烟评吸质量与化学成分的关系研究[J]. 黄山学院学报, 2005, 7(3): 61-63.
- [16] 于建军, 庞天河, 刘国顺, 等. 烤烟香气质与化学成分的相关和通径分析[J]. 中国农学通报, 2006, 22(1): 71-74.
- [17] 蔡宪杰, 王信民, 尹启生. 成熟度与烟叶质量的量化关系研究[J]. 中国烟草学报, 2005, 11(4): 42-47.
- [18] 罗华云, 周冀衡, 杨虹琦, 等. 离子色谱法测定烤烟中氯离子和硫酸根离子及氟离子[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2005, 31(6): 620-622.
- [19] 杨虹琦, 周冀衡, 杨述元, 等. 不同产区烤烟中主要潜香型物质对评吸质量的影响研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2005, 31(1): 11-14.
- [20] 王苏斌, 郑海陶, 邵谦谦. SPSS统计分析[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003: 113-230.
- [21] 闫克玉, 刘江豫, 徐传贵. 烤烟国家标准(40级)烟叶平衡含水率测定报告[J]. 烟草科技, 1993(2): 16-18.
- [22] Moseley J M. The relationship of maturity of the leaf at harvest and certain properties of the cured leaf of flue-cured tobacco[J]. Tobacco Science, 1963, 7: 67-75.
- [23] Hwang K J, Kim C W, Kim C H. Studies on the change of chemical components of flue-cured tobacco with maturity[C]. Coresta Congress, Agro-Photo Groups 1981; 10.
- [24] 洪丽芳, 付丽波, 赵宗胜, 等. 烤烟钾素库源关系生理调控措施研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(4): 404-409.