

# 烤烟物理特性与化学成分的典型相关分析

王建民<sup>1</sup>, 孙意然<sup>1</sup>, 李瑞丽<sup>1,2</sup>, 杜阅光<sup>3</sup>, 李永正<sup>3</sup>

(1. 郑州轻工业学院 烟草科学与工程学院, 河南 郑州 450001;

2. 郑州大学 化工与能源学院, 河南 郑州 450001;

3. 天昌国际烟草有限公司, 河南 许昌 461000)

**摘要:**为探索烤烟物理特性与化学成分的关系,检测了92种河南烤烟样品的6项物理指标和7项常规化学成分,并进行了简单相关分析和典型相关分析.结果表明:1)填充值与总糖、还原糖呈极显著负相关,与总氮、氯呈极显著或显著正相关;叶片厚度与总植物碱、总氮、氯呈极显著正相关,与总糖、还原糖呈极显著负相关;叶面密度与总植物碱、总氮呈极显著正相关,与总糖、还原糖呈极显著负相关;阴燃时间与还原糖、氯呈极显著或显著负相关;抗张强度与总植物碱、总氮、氯呈极显著或显著负相关,与总糖呈极显著正相关;平衡含水率与总糖、还原糖呈极显著正相关,与总植物碱呈极显著负相关.典型相关分析结果与简单相关分析基本一致,相关性显著的3对典型变量间的典型相关系数分别为0.817,0.538,0.524. 2)影响烤烟物理特性的常规化学成分主要有总植物碱、总糖、还原糖、总氮和氯,钾和淀粉的影响较小.

**关键词:**烤烟;物理特性;化学成分;典型相关

中图分类号:TS41<sup>+</sup>1 文献标志码:A DOI:10.3969/j.issn.2095-476X.2014.05.006

## Canonical correlation analysis between physical properties and chemical components of flue-cured tobacco

WANG Jian-min<sup>1</sup>, SUN Yi-ran<sup>1</sup>, LI Rui-li<sup>1,2</sup>, DU Yue-guang<sup>3</sup>, LI Yong-zheng<sup>3</sup>

(1. College of Tobacco Science and Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China;

2. School of Chemical Engineering and Energy, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China;

3. Tianchang International Tobacco Co., Ltd., Xuchang 461000, China)

**Abstract:**To explore the relationship between physical properties and chemical components about flue-cured tobacco, six physical properties and seven normal chemical components of 92 flue-cured tobacco samples were detected and these data were analyzed by simple correlation analysis, canonical correlation analysis and path analysis. The results showed as follows: 1) value had significant negative correlation with total sugar and reducing sugar filling, and had significant extremely positive correlation with total nitrogen and chlorine; leaf thickness had significant extremely positive correlation with total alkaloid, total nitrogen and chlorine; had significant negative correlation with total sugar and reducing sugar; leaf density had significant extremely positive correlation with total alkaloid and total nitrogen, had significant extremely negative correlation with total sugar and reducing sugar; chlorine had extremely or significant extremely negative correlation with reducing sugar and smoldering time; tensile strength had extremely or significant negative

收稿日期:2014-04-23

基金项目:河南省烟草专卖局资助项目(HYKJ201208)

作者简介:王建民(1963—),男,河南省安阳市人,郑州轻工业学院教授,主要研究方向为烟草加工技术与统计分析.

correlation with total alkaloid, total nitrogen and chlorine, had significant extremely positive correlation with total sugar; equilibrium moisture content had significant extremely positive correlation with total sugar, had significant extremely positive correlation total alkaloid and reducing sugar. The results of canonical correlation analysis was consistent with the simple correlation analysis, and the canonical correlation coefficients of three pairs of canonical variables were 0.817, 0.538, 0.524 respectively. 2) Total sugar, total alkaloid, reducing sugar, total nitrogen and chloride were closely related potassium and starch less with physical characteristics in routine chemical components.

**Key words:** flue-cured tobacco; physical property; chemical components; canonical correlation

## 0 引言

烤烟烟叶品质的组成要素包括化学成分、外观质量、物理特性、内在质量及安全性,其中,化学成分的组成和比例是起决定作用的内在原因,外观质量、物理特性、内在质量及安全性都与化学成分有着密切关系.关于化学成分之间的关系<sup>[1-3]</sup>、化学成分与感官评吸质量之间的关系<sup>[4-10]</sup>、外观质量与感官评吸质量之间的关系<sup>[11-12]</sup>的研究报道相对较多,也有一些关于物理特性与化学成分、感官评吸质量及其他因素之间关系的研究<sup>[13-17]</sup>,但采用典型相关方法分析烤烟物理特性与常规化学成分的关系鲜见文献报道.鉴于此,本文拟以河南省多个植烟县的初烤烟叶为原料,在简单相关分析的基础上,采用典型相关法分析研究烤烟的填充值、叶片厚度、叶面密度、阴燃时间、抗张强度及平衡含水率等物理特性指标与常规化学成分的相关关系,旨在为卷烟工业合理地利用烟叶原料提供参考,同时为烤烟综合质量评价过程中指标的选取提供科学依据.

## 1 材料与方法

### 1.1 供试原料与主要仪器

原料:选取2012年份河南省多个植烟县的92种烤烟作为供试样品,其中30个B2F样品、32个C3F样品、30个X2F样品.

仪器:ZKW-3电脑测控抗张试验机,四川长江造纸仪器有限公司产;BZQ-1薄片抗张/耐折冲样器,四川长江造纸仪器有限公司产;BHZ-1型电脑测控厚度测定仪,四川长江造纸仪器有限公司产;DHG-9145A型电热鼓风干燥箱,深圳市高迪科技有限公司产;YDZ430型智能填充值测定仪,郑州烟草研究院提供.

### 1.2 实验方法及数据分析

河南烤烟叶面密度和叶片厚度的测定参照文献<sup>[18]</sup>,平衡含水率采用烘箱法测定,填充值和阴燃时间的测定分别参照YC/T 152—2001和YC 0004—92,抗张强度用电脑测控抗张试验机测定;试验样品常规化学成分总糖、还原糖、总氮、总植物碱、钾、氯及淀粉的含量用AA3连续流动分析仪测定.

对物理特性指标与常规化学成分之关系进行简单相关分析,并在此基础上进行典型相关分析.数据处理在SPSS 21.0和Excel 2007环境下完成.

## 2 结果与分析

### 2.1 河南烤烟物理特性与化学成分之关系的简单相关分析

简单相关分析是针对2个变量进行相关分析的统计方法.河南烤烟物理特性与常规化学成分之间的简单相关关系见表1.

表1 河南烤烟物理特性与常规化学成分的简单相关关系

指标	填充值	叶片厚度	叶面密度	阴燃时间	抗张强度	平衡含水率
总植物碱	0.167	0.459**	0.488**	0.109	-0.378**	-0.388**
总糖	-0.502**	-0.315**	-0.275**	-0.096	0.337**	0.420**
还原糖	-0.390**	-0.285**	-0.386**	-0.282**	0.139	0.436**
总氮	0.248*	0.280**	0.340**	0.164	-0.378**	-0.175
钾	0.016	-0.140	-0.107	0.042	0.051	0.056
氯	0.250*	0.047**	-0.014	-0.205*	-0.181*	0.149
淀粉	0.005	-0.018	-0.103	0.054	0.052	0.105

注:\*\*表示在0.01水平(双侧)上显著相关;\*表示在0.05水平(双侧)上显著相关.

由表1可知,河南烤烟物理特性中的填充值与总糖、还原糖呈极显著负相关,与总氮、氯呈极显著正相关;叶片厚度与总植物碱、总氮、氯呈极显著正相关,与总糖、还原糖呈极显著负相关;叶面密度与总植物碱、总氮呈极显著正相关,与总糖、还原糖呈极显著负相关;阴燃时间与还原糖、氯呈极显著或显著负相关;抗张强度与总植物碱、总氮、氯呈极显著或显著负相关,与总糖呈极显著正相关;平衡含水率与总糖、还原糖呈极显著正相关,与总植物碱呈极显著负相关。

## 2.2 河南烤烟物理特性与化学成分之关系的典型相关分析

将烤烟的填充值( $y_1$ )、叶片厚度( $y_2$ )、叶面密度( $y_3$ )、阴燃时间( $y_4$ )、抗张强度( $y_5$ )及平衡含水率( $y_6$ )6项物理特性指标作为第1组变量,将烤烟的常规化学成分指标总植物碱( $x_1$ )、总糖( $x_2$ )、还原糖( $x_3$ )、总氮( $x_4$ )、钾( $x_5$ )、氯( $x_6$ )及淀粉( $x_7$ )含量作为第2组变量,对2组变量进行典型相关分析.河南烤烟物理特性与化学成分的典型相关系数及显著性检验结果见表2.

表2 河南烤烟物理特性与化学成分的典型相关系数及显著性检验

典型变量	典型相关系数	Wilk's 检验	卡方值	自由度	显著水平
I	0.817	0.135	168.208	42.000	0.000
II	0.538	0.405	75.895	30.000	0.000
III	0.524	0.570	47.193	20.000	0.001
IV	0.394	0.786	20.252	12.000	0.062
V	0.244	0.930	6.063	6.000	0.416
VI	0.104	0.989	0.918	2.000	0.632

由表2可知,河南烤烟物理特性与常规化学成分的第I典型相关系数为0.817,第II典型相关系数为0.538,第III典型相关系数为0.524,均比物理特性与常规化学成分指标2组之间任一个简单相关系数大,即典型相关分析效果优于简单相关分析.由检验结果可知,在 $\alpha=0.05$ 的情况下,第I典型相关系数、第II典型相关系数和第III典型相关系数否定典型相关系数为0的假设,说明这3对典型变量间的相关性是显著的,物理特性和常规化学成分相关性的研究可转化为研究第1对、第2对及第3对典型相关变量之间的关系.各对典型相关变量的表达式如下:

第1对典型变量的表达式为

$$U_1 = -0.359x_1 + 0.865x_2 + 0.243x_3 + 0.388x_4 + 0.175x_5 + 0.154x_6 - 0.079x_7$$

$$V_1 = -0.435y_1 - 0.350y_2 - 0.408y_3 + 0.157y_4 + 0.118y_5 + 0.542y_6$$

$U_1$ 中 $x_2$ 的系数最大, $V_1$ 中 $y_6, y_1, y_3, y_2$ 的系数较大,说明第1对典型相关主要取决于化学成分中的总糖与物理特性中的平衡含水率、填充值、叶面密度、叶片厚度的极显著或显著相关关系.总糖含量对物理特性各指标的影响载荷绝对值依次为平衡含水率>填充值>叶面密度>叶片厚度>阴燃时间>抗张强度.

第2对典型变量的表达式为

$$U_2 = -0.333x_1 - 0.913x_2 + 0.819x_3 + 0.096x_4 - 0.260x_5 + 0.615x_6 + 0.204x_7$$

$$V_2 = 0.584y_1 + 0.236y_2 - 0.375y_3 - 0.351y_4 - 0.514y_5 + 0.552y_6$$

$U_2$ 中 $x_2, x_3, x_6$ 的系数较大, $V_2$ 中 $y_1, y_6, y_5, y_3, y_4$ 的系数较大,说明第2对典型相关主要取决于化学成分中的总糖、还原糖、氯与物理特性中的填充值、平衡含水率、抗张强度、叶面密度、阴燃时间的极显著或显著相关关系.总糖、还原糖、氯含量对物理特性各指标的影响载荷绝对值依次为填充值>平衡含水率>抗张强度>叶面密度>阴燃时间>叶片厚度.

第3对典型变量的表达式为

$$U_3 = -1.261x_1 - 1.064x_2 - 0.531x_3 - 0.492x_4 - 0.127x_5 - 0.247x_6 - 0.026x_7$$

$$V_3 = -0.628y_1 - 0.242y_2 - 0.357y_3 + 0.458y_4 + 0.446y_5 - 0.025y_6$$

$U_3$ 中 $x_1, x_2, x_3, x_4$ 的系数较大, $V_3$ 中 $y_1, y_4, y_5, y_3$ 的系数较大,说明第3对典型相关主要取决于化学成分中的总植物碱、总糖、还原糖、总氮与物理特性中的填充值、阴燃时间、抗张强度、叶面密度的极显著或显著相关关系.总植物碱、总糖、还原糖、总氮的含量对物理特性各指标的影响载荷绝对值依次为填充值>阴燃时间>抗张强度>叶面密度>叶片厚度>平衡含水率.

典型变量解释能力的分析结果见表3.由表3可知,常规化学成分的第I典型变量 $U_1$ 可以解释相应的常规化学成分组33.9%的组内变差及对立的物理特性组15.9%的变差;第II典型变量 $U_2$ 可以解释常规化学成分组11.4%的组内变差及物理特性组4.5%的变差;第III典型变量 $U_3$ 可以解释7.2%的组内变差,5.6%的组间变差.物理特性组的第I典型变量 $V_1$ 可以解释23.9%的组内变差,第II典型变量 $V_2$ 可以解释15.6%的组内变差,第III典

型变量  $V_3$  可以解释 20.6% 的组内变差. 由于烟叶内的化学成分含量及比例在很大程度上决定了其物理特性, 因此, 物理特性组的典型变量显然不能用于解释化学成分组的变差. 从表 3 可以看出, 第Ⅲ典型变量  $U_3$  不管是对常规化学成分组还是物理特性组的解释能力都不够强, 说明这一典型相关模型的效果不够理想. 从典型相关模型中可以看出,  $x_5$ ,  $x_7$  在 3 个典型变量中的影响都很小, 建议对其进行调整, 并补充新的化学成分指标, 以使典型相关模型的效果得到改善.

表 3 典型变量解释能力的分析结果

典型变量	组内变差解释	组间变差解释	典型变量	组内变差解释	组间变差解释
$U_1$	0.339	0.159	$V_1$	0.239	0.226
$U_2$	0.114	0.045	$V_2$	0.156	0.033
$U_3$	0.072	0.056	$V_3$	0.206	0.020

### 3 结论

本文以河南省初烤烟叶为原料, 在简单相关分析的基础上, 采用典型相关法分析研究烤烟的物理特性指标与常规化学成分的相关关系, 结果如下.

1) 河南烤烟物理特性与化学成分存在一定的相关关系, 其中, 填充值与总糖、还原糖呈极显著负相关, 与总氮、氯呈极显著或显著正相关; 叶片厚度与总植物碱、总氮、氯、总糖、还原糖呈极显著正相关; 叶面密度与总植物碱、总氮、总糖、还原糖呈极显著正相关; 阴燃时间与还原糖、氯呈极显著或显著负相关; 抗张强度与总植物碱、总氮、总糖、氯呈极显著或显著正相关; 平衡含水率与总糖、还原糖、总植物碱呈极显著正相关. 典型相关分析与简单相关分析的结果基本一致, 相关性显著的 3 对典型变量间的典型相关系数分别为 0.817, 0.538, 0.524, 第 1 对典型变量中, 总糖对物理特性各指标的影响载荷绝对值依次为平衡含水率 > 填充值 > 叶面密度 > 叶片厚度 > 阴燃时间 > 抗张强度; 第 2 对典型变量中, 总糖、还原糖、氯含量对物理特性各指标的影响载荷绝对值依次为填充值 > 平衡含水率 > 抗张强度 > 叶面密度 > 阴燃时间 > 叶片厚度; 第 3 对典型变量中, 总植物碱、总糖、还原糖、总氮的含量对物理特性各指标的影响载荷绝对值依次为填充值 > 阴燃时间 > 抗张强度 > 叶面密度 > 叶片厚度 > 平衡含水率.

2) 简单相关与典型相关分析结果一致, 这表明, 烤烟常规化学成分中, 对物理特性影响较大的有总植物碱、总糖、还原糖、总氮和氯, 而钾和淀粉

对各物理特性的影响相对较小.

### 参考文献:

- [1] 王浩雅, 王毅, 孙力, 等. 晒黄烟主要化学成分与致香成分的相关性[J]. 烟草科技, 2012(8): 34.
- [2] 姬小明, 叶金果, 赵铭钦, 等. 烤烟水溶性糖类物质含量与中性致香成分含量的关系[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2012, 38(5): 555.
- [3] 赵会纳, 卢秀萍, 许自成, 等. 不同基因型烤烟主要化学成分与香味物质的多变量分析[J]. 郑州轻工业学院学报: 自然科学版, 2009, 24(1): 11.
- [4] 王丽丽, 汤朝起, 丁以慧, 等. 贺州晒黄烟主要生物碱含量与其评吸质量的相关性研究[J]. 中国烟草学报, 2013, 19(3): 23.
- [5] 胡建军, 周冀衡, 李文伟, 等. 烤烟香味成分与其感官质量的典型相关分析[J]. 烟草科技, 2007(3): 9.
- [6] 吴文斗, 杨志雷, 王超, 等. 烟叶氨基酸、质体色素和多酚含量与评吸质量的相关性分析[J]. 云南农业大学学报, 2013, 28(3): 353.
- [7] 曹敏健, 刘帅帅, 邱军, 等. 烤烟重要致香物质与评吸质量的相关性研究[J]. 中国烟草科学, 2012, 33(6): 75.
- [8] 王聪, 于建军, 叶协锋, 等. 四川凉山烟叶淀粉含量与品质的关系[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(10): 270.
- [9] 陈志燕, 李小兰, 王政, 等. 烤烟非挥发酸与其感官质量的相关性分析[J]. 郑州轻工业学院学报: 自然科学版, 2013, 28(3): 29.
- [10] 朱保昆, 王明锋, 韩毅, 等. 烤烟主要烟气化学成分对卷烟感官舒适度的影响研究[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2012, 34(1): 77.
- [11] 陈津. 烤烟烟叶内在质量与外观特征相关性的分析[J]. 科学技术与工程, 2010, 10(10): 2543.
- [12] 闫洪洋, 闫洪喜, 吉松毅, 等. 河南烤烟外观质量与感官质量的相关性[J]. 烟草科技, 2012(7): 17.
- [13] 李东亮, 许自成, 毕庆文, 等. 烤烟烟碱含量与物理性状的关系分析[J]. 中国烟草学报, 2008, 14(3): 36.
- [14] 孙建生, 金亚波, 屈冉, 等. 烤烟化学指标和物理特性间的关系研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(30): 14927.
- [15] 薛超群, 尹启生, 王广山, 等. 烤烟烟叶物理特性的变化及其与评吸质量的关系[J]. 烟草科技, 2008(7): 52.
- [16] 王超, 程昌新, 杨应明, 等. 云南烟区烟叶致香物质与土壤养分的关系分析[J]. 郑州轻工业学院学报: 自然科学版, 2013, 28(3): 33.
- [17] 邓小华, 陈冬林, 周冀衡, 等. 烤烟物理性状与焦油量的相关、通径及回归分析[J]. 烟草科技, 2009(7): 53.
- [18] 付秋娟, 杜咏梅, 常爱霞, 等. 烤烟叶片身份和结构与化学成分的关系及其近红外模型研究[J]. 中国烟草学报, 2009, 15(6): 41.