

## 烤后原烟物理性状与化学成分的相关分析

杨庆民<sup>1</sup>, 刘大双<sup>1</sup>, 代惠娟<sup>1</sup>, 符云鹏<sup>2</sup>

(1.河北中烟工业有限责任公司, 石家庄 050051; 2.河南农业大学, 郑州 450002)

**摘要:**以烤烟品种云烟 85、云烟 87、南江 3 号、晚花 K326 为供试材料, 采用简单相关分析和典型相关分析方法研究了烤后原烟物理性状与化学成分之间的关系。结果表明, 叶片厚度与总氮含量 (相关系数为 0.936) 呈极显著正相关; 叶片厚度与烟碱含量 (0.674), 填充值与总糖含量 (0.645)、钾含量 (0.690), 单叶重与烟碱含量 (0.666)、总氮含量 (0.684) 均呈显著正相关; 含梗率与烟碱含量 (-0.687) 呈显著负相关。在一定范围内, 随着叶片厚度的增加和填充值的降低, 总糖、还原糖和钾含量呈降低趋势, 总氮含量呈升高趋势。

**关键词:**烤烟; 基因型; 物理性状; 化学成分; 典型相关分析

中图分类号: TS411

文章编号: 1007-5119 (2013) 02-0005-05

DOI: 10.3969/j.issn.1007-5119.2013.02.002

## Correlation Analysis between Chemical Components and Physical Properties in Flue-cured Tobacco Leaves

YANG Qingmin<sup>1</sup>, LIU Dashuang<sup>1</sup>, DAI Huijuan<sup>1</sup>, FU Yunpeng<sup>2</sup>

(1. China Tobacco Hebei Industrial Co., Ltd., Shijiazhuang 050051, China; 2. Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** The relationship among physical properties and chemical components of 12 samples with different leaf positions from four flue-cured tobacco varieties (Yunyan85, Yunyan87, Nanjiang3 and K326) was analyzed by using correlation analysis and canonical correlation analysis. The results indicated that there was a significant positive correlation between leaf thickness and total nitrogen content, the correlation coefficient being 0.936 ( $P<0.01$ ); leaf thickness and nicotine content, the correlation coefficient being 0.674 ( $P<0.05$ ); filling power and total sugar content, K content, the correlation coefficient being 0.645 and 0.690 ( $P<0.05$ ); weight per leaf and nicotine content, total nitrogen content, the correlation coefficient being 0.666 and 0.684 ( $P<0.05$ ); but a significant negative correlation between protein content of vein and nicotine content, the correlation coefficient being -0.687 ( $P<0.05$ ). The leaf thickness increased but filling power decreased with the increase of total nitrogen content and with the decrease of K content, total and reducing sugar contents.

**Keywords:** flue-cured tobacco; genotype; physical property; chemical component; canonical correlation analysis

烟叶化学成分是决定物理特性的内在因素, 物理特性则是烟叶化学成分的外在表现, 物理性状与化学成分的关系分析及综合评价是烟叶质量评价的重要研究内容<sup>[1-2]</sup>。随着烟叶原料加工精细化要求的不断提高, 烟叶物理特性和化学成分相关性已成为烟叶质量评价和卷烟配方设计中十分关注的问题<sup>[3]</sup>。已有研究表明, 物理性状之间, 以及物理性状与化学成分之间, 都存在着一定关联<sup>[4-5]</sup>。王玉军等<sup>[6]</sup>研究表明, 叶片厚度与总糖含量和还原糖含量

均呈负相关, 与总氮含量和烟碱含量均呈正相关; 李东亮等<sup>[7]</sup>选取 K326 为供试品种, 采用典型相关分析方法研究了烤烟相同部位烟叶主要物理性状和化学成分的关系。然而, 不同基因型烤烟的烟叶物理性状与化学成分的关系少有报道, 本试验以贵州安顺烟区 4 个烤烟品种为供试材料, 分析测定了上中下 3 个部位代表性等级烟叶物理性状和化学成分, 旨在探讨烤后原烟物理性状与化学成分的关系, 为烤烟质量评价体系完善提供参考。

基金项目: 河北中烟工业有限责任公司项目“贵州安顺优质烟叶开发”(111201110310)

作者简介: 杨庆民, 男, 农艺师, 主要从事烟草栽培生理及品质评价研究。E-mail: hbzyym@163.com

收稿日期: 2012-03-24

修回日期: 2012-06-26

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验于 2010 年在安顺市西秀区双堡镇张溪村进行, 试验地土壤为黄壤土, 肥力中等。参试品种为云烟 85、云烟 87、南江 3 号、晚花 K326。采取随机区组排列, 3 次重复, 小区面积 100 m<sup>2</sup>。各品种均采取漂浮育苗, 播种时间 2 月 22 日; 移栽时间 5 月 4 日, 行距 110 cm, 株距 55 cm。各处理施基肥为烤烟专用基肥 [ $m(\text{N})$   $m(\text{P}_2\text{O}_5)$   $m(\text{K}_2\text{O})=10$  10 23]750 kg/hm<sup>2</sup>, 油饼 150 kg/hm<sup>2</sup>, 追肥用量为烤烟专用追肥 [ $m(\text{N})$   $m(\text{P}_2\text{O}_5)$   $m(\text{K}_2\text{O})=13$  0 26]225 kg/hm<sup>2</sup>, 基肥及充分腐熟后的油饼于移栽时施用, 追肥结合中耕除草环施。云烟 85、云烟 87 实行中心花开放时一次性打顶, 南江 3 号、晚花 K326 结合烟株长势, 足叶打顶, 全部实行化学抑芽。烤后烟叶分别取每个品种 B2F、C3F、X2F 三个等级, 每个等级 3 kg。

### 1.2 测定方法

总糖、还原糖、烟碱、总氮、钾、氯的测定参考王瑞新<sup>[8]</sup>的方法, 烟叶物理性状的测定参照文献<sup>[9-10]</sup>的方法。

### 1.3 统计分析方法

利用 spss15.0 软件进行简单相关分析和典型相关分析。

## 2 结果

### 2.1 烤后原烟物理性状与化学成分的数量特征

将 4 个烤烟品种的物理性状与化学成分, 按照上中下部位分别进行描述统计。从表 1 可知, 上部叶变异系数依次为填充值>含梗率>叶片厚度>叶长>叶宽>单叶重, 中部叶变异系数依次为填充值>单叶重>叶宽>含梗率>叶片厚度>叶长, 下部叶变异系数依次为填充值>单叶重>含梗率>叶宽>叶片厚度>叶长; 其中填充值变异系数最大, 其他物理性状变异系数位次在不同部位间略有不同, 表明在一定范围内, 填充值易受品种的影响, 不同部位的其他物理性状受品种影响的难易程度有一定差异。

从表 2 可知, 同一部位不同品种的绝大部分化学成分变异系数都在 10% 以上, 因此, 可以通过品种布局试验, 选择适宜品种, 进一步彰显本地区烟叶特色, 满足不同卷烟品牌配方需求。其中上中下部位最大变异系数为氯, 上下部位最小变异系数为总氮, 中部叶最小变异系数为还原糖。表明在一定范围内, 钾含量、氯含量易受品种影响, 总氮含量受品种影响较小。

表 1 烤后原烟物理性状的描述统计分析

Table 1 Descriptive statistics of physical properties in flue-cured tobacco leaves

指标	等级	极小值	极大值	均值	标准差	变异系数
叶长/cm	B2F	57.71	64.44	60.13	2.99	4.98
	C3F	60.31	65.55	63.31	2.25	3.55
	X2F	53.65	58.89	57.32	2.46	4.29
叶宽/cm	B2F	17.33	19.30	18.37	0.91	4.96
	C3F	19.20	24.75	20.77	2.66	12.81
	X2F	15.93	19.36	18.41	1.65	8.99
单叶重/g	B2F	9.56	10.28	9.88	0.32	3.21
	C3F	7.66	11.68	9.15	1.75	19.12
	X2F	5.36	7.62	6.48	0.98	15.13
叶片厚度/ $\mu\text{m}$	B2F	83.10	95.30	91.13	6.96	7.64
	C3F	62.30	69.30	64.67	4.01	6.20
	X2F	55.00	63.00	60.10	4.48	7.45
含梗率/%	B2F	24.96	30.35	27.89	2.65	9.49
	C3F	28.64	34.55	30.63	2.66	8.68
	X2F	29.10	36.85	33.26	3.20	9.63
填充值/(cm <sup>3</sup> ·g <sup>-1</sup> )	B2F	2.20	3.95	2.90	0.75	25.74
	C3F	2.33	3.73	2.82	0.62	21.97
	X2F	2.35	3.81	2.80	0.68	24.33

表 2 烤后原烟化学成分的描述统计分析

Table 2 Descriptive statistics of chemical components in flue-cured tobacco leaves

指标	等级	极小值	极大值	均值	标准差	变异系数
还原糖/%	B2F	16.04	20.85	19.06	2.16	11.33
	C3F	21.65	24.90	23.06	1.48	6.40
	X2F	15.77	27.44	20.20	5.08	25.14
总糖/%	B2F	20.86	27.03	23.25	2.65	11.42
	C3F	24.03	35.65	29.49	4.79	16.26
	X2F	17.19	33.68	25.55	7.13	27.90
烟碱/%	B2F	2.50	3.73	3.28	0.56	17.01
	C3F	2.20	3.02	2.60	0.39	15.15
	X2F	1.28	2.27	1.73	0.41	23.50
总氮/%	B2F	1.72	2.00	1.86	0.13	7.08
	C3F	1.25	1.60	1.42	0.17	12.11
	X2F	1.14	1.28	1.23	0.07	5.56
钾/%	B2F	1.06	1.69	1.33	0.27	20.02
	C3F	1.25	1.87	1.54	0.26	16.82
	X2F	1.49	1.92	1.68	0.20	11.76
氯/%	B2F	0.06	0.49	0.24	0.19	81.52
	C3F	0.09	0.24	0.14	0.07	48.45
	X2F	0.04	0.18	0.12	0.06	48.59

## 2.2 烤后原烟物理性状与化学成分的简单相关分析

将 4 个烤烟品种, 共计 12 个样本的物理性状及化学成分进行相关分析。从表 3 可知, 物理性状之间, 叶长与叶宽呈极显著正相关, 单叶重与叶长、叶片厚度均呈显著正相关, 含梗率与叶片厚度呈显著负相关; 化学成分之间, 总糖含量与还原糖含量、钾含量均呈极显著正相关, 总氮含量与烟碱含量呈显著正相关, 钾含量与氯含量呈显著负相关; 物理性状与化学成分之间, 叶片厚度与总氮含量呈极显著正相关, 叶片厚度与烟碱含量, 填充值与总糖含量、钾含量, 单叶重与烟碱含量、总氮含量均呈显著正相关, 含梗率与烟碱含量呈显著负相关。

## 2.3 烤后原烟主要物理性状与化学成分的典型相关分析

从表 3 可知, 物理性状中的叶长和叶宽与化学成分之间无显著相关, 其他 4 个指标都与 1 种或 2 种化学成分呈显著相关, 因此, 选择单叶重 ( $x_1$ )、叶片厚度 ( $x_2$ )、含梗率 ( $x_3$ )、填充值 ( $x_4$ ) 为代表烟叶主要物理特性的一组变量, 还原糖 ( $y_1$ )、总糖 ( $y_2$ )、烟碱 ( $y_3$ )、总氮 ( $y_4$ )、钾 ( $y_5$ )、氯 ( $y_6$ ) 为代表烟叶化学成分的一组变量, 进行典型相关分析, 结果见表 4。

从表 4 可以看出, 只有第一组典型变量极显著, 其他 3 组变量均未达显著水平。这里主要对第一组

表 3 烤后原烟物理性状与化学成分的相关系数矩阵

Table 3 Correlation coefficient matrix of physical properties and chemical components in flue-cured tobacco leaves

	叶长	叶宽	单叶重	叶片厚度	含梗率	填充值	还原糖	总糖	烟碱	总氮	钾	氯
叶长	1.000											
叶宽	0.731**	1.000										
单叶重	0.665*	0.554	1.000									
叶片厚度	0.138	-0.179	0.678*	1.000								
含梗率	0.013	0.158	-0.484	-0.581*	1.000							
填充值	-0.075	-0.260	-0.020	0.064	-0.239	1.000						
还原糖	0.174	0.400	0.055	-0.386	-0.106	0.363	1.000					
总糖	0.012	0.095	-0.137	-0.390	-0.149	0.645*	0.775**	1.000				
烟碱	0.380	0.035	0.666*	0.674*	-0.687*	0.180	-0.128	-0.121	1.000			
总氮	0.278	-0.071	0.684*	0.936**	-0.493	0.027	-0.294	-0.282	0.670*	1.000		
钾	-0.337	-0.192	-0.501	-0.500	0.228	0.690*	0.417	0.726**	-0.504	-0.476	1.000	
氯	0.425	0.086	0.338	0.378	-0.081	-0.130	-0.397	-0.362	0.513	0.412	-0.593*	1.000

注: \*, \*\*分别代表 5%和 1%的显著水平。

表4 烤后原烟物理性状与化学成分的典型相关分析

Table 4 Canonical correlation analysis of physical properties and chemical components in flue-cured tobacco leaves

编号	相关系数	卡方值	自由度	相伴概率
1	0.997	46.214	24	0.004
2	0.929	18.655	15	0.230
3	0.829	7.725	8	0.458
4	0.468	1.357	3	0.716

典型变量进行分析。由于原始变量的计量单位不同,不宜进行直接比较,这里主要采用标准化的典型系数相关模型  $m_i$  和  $l_i$ ,并计算原始变量与典型变量之间的相关系数  $r_i$ ,结果见表5。由表5可知,第一典型变量的构成如下:

$$u_1 = -0.117x_1 + 0.87x_2 + 0.151x_3 - 0.715x_4$$

$$v_1 = -0.295y_1 + 0.057y_2 - 0.434y_3 + 0.555y_4 - 0.852y_5 - 0.237y_6$$

在达到极显著水平的第一对典型变量 ( $u_1, v_1$ ) 中,由  $u_1$  与原始数据  $x_i$  的相关系数可以看出,它与叶片厚度和填充值呈显著相关,故  $u_1$  可以理解为主要描述叶片厚度、填充值大小的综合性状;由  $v_1$  与原始数据  $x_i$  的相关系数可以看出,它与总糖和钾均呈极显著相关,与还原糖和总氮均呈显著相关,故  $v_1$  可以理解为主要描述还原糖含量、总糖含量、总氮含量和钾含量的综合性状。 $u_1$  与  $v_1$  表明,烤烟的叶片厚度和填充值与总糖含量、还原糖含量、总氮含量和钾含量关系密切,这些指标可以分别作为物理特性与化学成分关系分析中的显著性指标。典型相关系数平方表明,第一典型变量之间的共享方差为 99.4%<sup>[7]</sup>。

表5 典型变量和与典型变量有关性状的相关系数

Table 5 Canonical variable and their correlation coefficients with related traits

性状	典型变量 I		典型变量 II		典型变量 III		典型变量 IV	
	$\lambda_1 = 0.997^{**}$		$\lambda_2 = 0.929$		$\lambda_3 = 0.829$		$\lambda_4 = 0.468$	
	$m_i$	$r_{ui}$	$m_i$	$r_{ui}$	$m_i$	$r_{ui}$	$m_i$	$r_{ui}$
$x_1$	-0.117	0.414	0.124	0.508	0.665	0.557	-1.206	-0.510
$x_2$	0.870	0.657*	0.693	0.735**	-0.869	0.139	0.447	0.088
$x_3$	0.151	-0.128	0.148	-0.483	-0.985	-0.742**	-0.805	-0.447
$x_4$	-0.715	-0.693*	0.703	0.710**	-0.245	-0.079	-0.148	0.097
	$l_i$	$r_{vi}$	$l_i$	$r_{vi}$	$l_i$	$r_{vi}$	$l_i$	$r_{vi}$
$y_1$	-0.295	-0.620*	0.356	-0.023	-0.004	0.467	-1.699	-0.443
$y_2$	0.057	-0.809**	-0.647	0.155	0.963	0.285	1.445	0.032
$y_3$	-0.434	0.277	0.579	0.618*	0.590	0.591*	0.342	0.053
$y_4$	0.555	0.642*	0.751	0.731**	-0.346	0.145	-0.272	-0.027
$y_5$	-0.852	-0.839**	1.238	0.119	-1.233	-0.352	-0.645	0.202
$y_6$	-0.237	0.371	0.250	0.215	-0.533	0.010	-0.926	-0.329

注: \*; \*\*分别代表 5% 和 1% 的显著水平。

### 3 讨论

烟叶的物理特性在一定程度上反映了烟叶的内在品质<sup>[11]</sup>。从简单相关分析可知,叶片厚度与总氮、烟碱含量,单叶重与烟碱、总氮含量均呈显著正相关,含梗率与烟碱含量呈显著负相关,与已往的研究结果相同<sup>[3,6,12]</sup>。填充值与总糖含量呈显著正相关,与王东等<sup>[3]</sup>研究的结果相反,主要是由于 12 个分析样本中,只有云烟 85 三个样本的填充值大于 3.5 cm<sup>3</sup>/g,且为上中下 3 个部位的最大值,这 3 个样本符合填充值与总糖含量成反比的规律,其他 9 个样本的填充值小于 3 cm<sup>3</sup>/g,相对较小。据此推测,当填充值较小时,填充值与总糖含量成正比;

填充值达到一定数值后,填充值与总糖含量成反比。

烟叶质量评价指标虽然存在着一定的关联,但密切程度不同,因而可以利用典型相关分析方法找出影响烟叶质量的主要评价指标来反映烟叶品质特征<sup>[13]</sup>。从典型相关分析可知,物理特性的显著性指标为叶片厚度和填充值,这符合以往的理论研究,即叶片厚度与主要化学成分之间有很好的相关性<sup>[6]</sup>,烟叶化学成分能够预测烟叶填充值<sup>[14]</sup>;化学成分的显著性指标为总糖含量、还原糖含量、总氮含量和钾含量,表明烤烟的叶片厚度和填充值与总糖含量、还原糖含量、总氮含量和钾含量关系密切。

因此,可以根据烟叶物理特性显著性指标,间接的了解烟叶的化学品质特征。

## 4 结 论

(1) 烤烟物理性状与化学成分之间关系密切,叶片厚度与总氮含量呈极显著正相关,相关系数为0.936;叶片厚度与烟碱含量,填充值与总糖含量、钾含量,单叶重与烟碱含量、总氮含量均呈显著正相关,相关系数分别为0.674、0.645、0.690、0.666、0.684;含梗率与烟碱含量呈显著负相关,相关系数为-0.687。

(2) 研究表明,物理特性的显著性指标为叶片厚度和填充值,化学成分的显著性指标为总糖含量、还原糖含量、总氮含量和钾含量;在一定范围内,随着叶片厚度的增加和填充值的降低,总糖含量、还原糖含量和钾含量呈现降低的趋势,总氮含量呈现升高的趋势。

本试验基于一个地区4个烤烟品种,初步探讨了烟叶物理性状与化学成分的关系,但由于样本取自同一地区,未考虑生态环境的影响,这是否会对结果产生影响,有待深入分析加以验证,另外是否可采用适当的统计方法建立烟叶物理性状与化学成分的数学模型,有待进一步收集不同年份的数据加以研究。

### 参考文献

- [1] 李东亮,许自成. 烟草试验数据信息提取的统计学方法 I.多元统计分析技术[J]. 烟草农业科学,2006,2(2): 118-122.
- [2] 李东亮,许自成. 烟草试验数据信息提取的统计学方法. 综合评价分析方法[J]. 烟草农业科学,2006,2(3): 224-229.
- [3] 王冬,赵铭钦,张学杰,等. 烤烟物理特性与化学成分的相关及逐步回归分析[J]. 中国农业大学学报,2010,15(6): 52-58.
- [4] 阎克玉,王海燕,李兴波,等. 烤烟国家标准(40级)河南烟叶叶片厚度、叶质重及叶片密度研究[J]. 郑州轻工业学院学报,1999,14(2): 45-50.
- [5] 阎克玉,李兴波,赵海亮,等. 河南烤烟理化指标间的相关性研究[J]. 郑州轻工业学院学报:自然科学版,2000,15(3): 20-24.
- [6] 王玉军,谢胜利,刑淑华,等. 烤烟叶厚与主要化学成分相关性研究[J]. 中国烟草科学,1997(1): 11-13.
- [7] 李东亮,许自成,陈景云. 烤烟主要物理性状与化学成分的典型相关分析[J]. 河南农业大学学报,2007,41(5): 492-497.
- [8] 王瑞新,韩富根,杨素勤. 烟草化学品质分析方法[M]. 郑州:河南科学技术出版社,1990.
- [9] 吉文书,腾兆波. 烟草物理检测[M]. 郑州:河南科学技术出版社,1997.
- [10] 邓小华,陈冬林,周冀衡,等. 湖南烤烟物理性状比较及聚类评价[J]. 中国烟草科学,2009,30(3): 63-68.
- [11] 阎克玉,袁志永,吴殿信,等. 烤烟质量评价体系研究[J]. 郑州轻工业学院学报,2001,16(12): 57-60.
- [12] 顾毓敏,程森,窦玉青,等. 云南宣威初烤烟叶叶形特征与内在品质的关系研究[J]. 中国烟草科学,2011,32(4): 6-13.
- [13] 邓小华,周清明,周冀衡,等. 烟叶质量评价指标间的典型相关分析[J]. 中国烟草学报,2011,17(3): 17-22.
- [14] 严浩然. 以烟叶化学成分予测烟丝的填充力:第一部分[J]. 烟草科技,1981(3): 49-52.