

# 广东烤烟总挥发碱、总挥发酸和pH的分析

刘春奎<sup>1</sup>, 贾琳<sup>2</sup>, 王晓宾<sup>3</sup>, 许嘉阳<sup>4</sup>, 王建民<sup>1</sup>, 田君同<sup>5</sup>, 李红星<sup>6</sup>

<sup>1</sup>郑州轻工业学院烟草科学与工程学院/烟草行业烟草工业生物技术重点实验室, 郑州 450001; <sup>2</sup>河南农业大学农学院, 郑州 450002; <sup>3</sup>中国烟草总公司广东省公司, 广州 510610; <sup>4</sup>华中农业大学资源与环境学院, 武汉 430070; <sup>5</sup>广东烟草梅州市有限公司, 广东梅州 514011; <sup>6</sup>广东烟草清远市有限公司连州市分公司, 广东连州 513400

**摘要:**【目的】研究广东主产区烤烟总挥发碱、总挥发酸和pH的特点,为广东烤烟的种植与生产利用提供理论依据。【方法】对广东不同产区、不同等级、不同品种烤烟的总挥发碱、总挥发酸和pH进行对比分析,并对三者间的关系进行偏相关分析。【结果】广东烤烟总挥发碱含量较低,为(0.27±0.09)%;总挥发酸含量偏低,为(0.11±0.04)%;pH均值为5.32±0.20。广东不同产区、不同等级和不同品种烤烟的总挥发碱、总挥发酸和pH均存在差异,以pH的差异最明显。广东烤烟总挥发碱和总挥发酸含量在不同产区、不同等级、不同品种间的差异均不显著( $P>0.05$ ),pH在不同产区和不同品种间的差异达极显著水平( $P<0.01$ ),不同等级间的pH无显著差异。广东烤烟总挥发酸含量与总挥发碱含量、pH呈极显著负相关,总挥发碱含量与pH呈显著负相关。【结论】生产上可通过提高烤烟的采收成熟度、合理施用铵态与硝态氮肥、科学陈化烟叶等措施,适当提高广东烤烟总挥发碱和总挥发酸含量。

**关键词:** 烤烟; 总挥发碱; 总挥发酸; pH; 广东

中图分类号: S572

文献标志码: A

文章编号: 2095-1191(2014)09-1647-05

## Analysis on content of total volatile alkali, total volatile acid and pH value in flue-cured tobacco leaves from Guangdong tobacco-growing areas

LIU Chun-kui<sup>1</sup>, JIA Lin<sup>2</sup>, WANG Xiao-bin<sup>3</sup>, XU Jia-yang<sup>4</sup>, WANG Jian-min<sup>1</sup>,  
TIAN Jun-tong<sup>5</sup>, LI Hong-xing<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Key Laboratory of Tobacco Industrial Biotechnology, College of Tobacco Science and Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China; <sup>2</sup>College of Agronomy, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; <sup>3</sup>Guangdong Tobacco Company, China National Tobacco Corporation, Guangzhou 510610, China; <sup>4</sup>College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; <sup>5</sup>Meizhou City of Guangdong Tobacco Company Limited, Meizhou, Guangdong 514011, China; <sup>6</sup>Lianzhou Branch, Qingyuan City of Guangdong Tobacco Company Limited, Lianzhou, Guangdong 513400, China

**Abstract:** 【Objective】Characteristics of total volatile alkali, total volatile acid and pH value were researched in flue-cured tobacco samples from Guangdong tobacco-growing areas, in order to provide theoretical references for cultivation and utilization of Guangdong flue-cured tobacco. 【Method】Contents of total volatile alkali, total volatile acid and pH value in flue-cured tobacco leaves from Guangdong Province among different production areas, different tobacco grades and different tobacco cultivars were compared, and the relationship among total volatile alkali, total volatile acid and pH value was researched by partial correlation analysis. 【Result】Content of total volatile alkali in Guangdong flue-cured tobacco was low, with the mean content of (0.27±0.09)%, and total volatile acid content was very low, with the mean content of (0.11±0.04)%, and the average pH value was 5.32±0.20. Contents of total volatile alkali, total volatile acid and pH value in Guangdong flue-cured tobacco leaves had some differences among different tobacco-growing areas, different grades and different cultivars, and difference of pH value was bigger. Contents of total volatile alkali and total volatile acid of Guangdong flue-cured tobacco leaves had no significant difference ( $P>0.05$ ) among different tobacco-growing areas, different grades and different cultivars, and pH value had highly significant difference ( $P<0.01$ ) among different tobacco-growing areas and different cultivars, but there were not significant differences among different grades. Total volatile acid had highly significant negative correlation with total volatile alkali and pH value in Guangdong flue-cured tobacco leaves, and total volatile alkali had highly significant negative correlation with pH value. 【Conclusion】Total volatile alkali content is low, and total volatile acid contents are generally low in Guangdong flue-cured tobacco samples. Total contents of volatile alkali and volatile acid in flue-cured tobacco can be increased appropriately by improving maturity degree of tobacco harvest, applying ammonium and nitrate nitrogen reasonably and fermenting tobacco leaves scientifically.

**Key words:** flue-cured tobacco; total volatile alkali; total volatile acid; pH value; Guangdong

收稿日期: 2014-03-06

基金项目: 郑州轻工业学院科研基金项目(2010XJJ004)

作者简介: 刘春奎(1982-), 主要从事烟草原料初加工与烟草营养研究工作, E-mail: liuck2008@126.com

## 0 引言

【研究意义】烟叶是卷烟工业的基础,其质量好坏对卷烟品质起着重要作用(刘春奎等,2010b;王晓宾等,2012)。烟叶化学成分是影响烟叶质量与可用性的重要因素,总挥发碱和总挥发酸是烤烟中常见的化学成分,对烤烟的品质有重要影响(邵惠芳等,2010; Sun et al.,2011)。广东省烟草种植历史悠久,是我国重要的烤烟生产基地之一,其烤烟产区主要集中分布在韶关、梅州、清远等地区。因此,研究广东主产烟区烤烟总挥发碱、总挥发酸含量和pH的特点,对于提高广东烤烟质量有重要意义。【前人研究进展】目前对广东烤烟的研究主要集中在含氯农残总量、亚硝酸盐含量及主要化学成分的分析。刘春奎等(2007)对广东烤烟含氯农残总量进行分析,结果表明,广东烤烟样品含氯农残总量均值为0.29 mg/kg,相对较低(<0.50 mg/kg),含氯农残总量在0~2.88 mg/kg,存在较大的差异,其变异系数高达224.90%。陈泽鹏等(2008)对广东主要烟区烤烟亚硝酸盐含量进行比较分析,结果表明,烤烟亚硝酸盐含量在不同地区间存在一定差异,平均为1.3614  $\mu\text{g/g}$ 。左安建(2008)对广东不同生态烟区烤烟与巴西烤烟的主要化学成分进行比较分析,结果表明,广东烤烟各主要化学成分均处于较适宜范围,烤烟总氮、氯含量明显低于巴西烤烟,而还原糖含量、糖碱比和钾氯比明显高于巴西烤烟。刘春奎等(2010a)研究表明,广东烤烟样品总糖、还原糖含量和施木克值较高,总氮、烟碱含量、糖碱比、氮碱比适宜,蛋白质含量较低。刘春奎等(2011)对广东烟区烤烟钾氯硫元素含量进行变异分析,结果表明,广东烤烟样品钾、硫含量和钾氯比适宜,氯含量略低,氯含量的变异系数最大,钾含量的变异系数最小。李丹丹等(2011)对广东浓香型烤烟主要化学成分进行分析,结果表明,广东烤烟总糖、还原糖含量及糖碱比总体较高,氯含量较低,钾氯比较大。【本研究切入点】目前,有关广东主产烟区烤烟总挥发碱、总挥发酸含量和pH的研究鲜见报道。【拟解决的关键问题】对广东不同产区、不同等级、不同品种烤烟的总挥发碱、总挥发酸含量和pH进行对比分析,并对三者间的关系进行偏相关分析,了解广东烤烟总挥发碱和总挥发酸含量及pH的特点,以期广东烤烟的种植与生产利用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

在广东省韶关市、梅州市、清远市等主要烤烟产区采集烤烟样品。采样地区的植烟土壤类型为沙泥田,每公顷施纯N量105 kg, N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=2.5:1.0:2.0,统一按当地栽培技术进行管理,烤烟叶片成熟采收后采

用三段式烘烤工艺进行调制。由专职分级人员参照烤烟国家标准,有代表性地选取烤后烟叶样品B2F(上橘二)13份、C2F(中橘二)20份、C3F(中橘三)20份、X2F(下橘二)21份,共计74份样品。每份烤烟样品取1.5 kg,经烘干、去梗、粉碎、过60目筛备用。

### 1.2 测定项目及方法

采用水蒸气蒸馏—酸碱滴定法测定总挥发酸和总挥发碱含量(王瑞新,2003),采用YC/T 222-2007连续流动法测定pH(中华人民共和国烟草行业标准,2007)。

### 1.3 统计分析

采用SPSS 19.0软件进行试验数据处理,参照生物统计学相关方法进行方差分析和多重比较(李春喜等,2008)。

## 2 结果与分析

### 2.1 广东烟区烤烟总挥发碱、总挥发酸和pH的描述统计

由表1可知,广东烤烟样品中总挥发碱、总挥发酸含量和pH均存在广泛变异,总挥发酸含量的变异系数最大,为36.36%,而pH的最小,为3.76%。一般认为,优质烤烟中总挥发碱含量的适宜范围为0.30%~0.60%,总挥发酸含量应大于0.30%(王瑞新,2003)。广东烤烟样品的总挥发碱含量略低,总挥发碱含量小于0.30%的样品占总样品数的70.27%,而在适宜范围内的样品仅占29.73%;烤烟中总挥发酸含量也偏低,83.78%样品中的总挥发酸含量在0.07%~0.17%;烤烟pH分布在4.50~5.50的样品占总样品数的85.14%。从数据分布来看,烤烟总挥发碱和总挥发酸含量的峰度系数大于零,为尖峭峰;烤烟pH的峰度系数小于零,为平阔峰。烤烟总挥发碱含量的数据分布呈正偏态,烤烟总挥发酸含量和pH的数据分布呈负偏态,其中pH偏度系数的绝对值最小,数据呈正态分布。

由表1还可看出,广东烤烟pH在不同地区和不同品种间的差异达极显著水平( $P<0.01$ ),但在不同等级间的差异不显著( $P>0.05$ ,下同);总挥发碱和总挥发酸含量在不同地区、不同等级和不同品种间的差异均不显著。

### 2.2 不同产区烤烟总挥发碱、总挥发酸和pH的比较分析

由图1可知,广东不同产区烤烟总挥发碱、总挥发酸含量和pH均存在差异,其中以pH的差异最明显。清远烤烟的总挥发碱含量和pH最高,分别为0.29%和5.56,总挥发酸含量最低(0.10%);梅州烤烟的总挥发酸含量最高(0.12%),pH最低(5.21);韶关烤烟的总挥发碱含量最低,为0.26%。

表 1 广东烟区烤烟总挥发碱、总挥发酸和pH的统计分析结果

Tab.1 Statistical description of content of total volatile alkali, total volatile acid and pH value in flue-cured tobacco leaves from Guangdong tobacco-growing areas

指标 Index	样本数 Sample number	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Average	标准 偏差 SD	变异 系数 CV	峰度 系数 Kurtosis	偏度 系数 Skewness	F		
									地区间 Areas	等级间 Grades	品种间 Cultivars
总挥发碱 Total volatile alkali	74	0.12%	0.50%	0.27%	0.09	33.33%	0.06	0.76	0.734	2.067	1.979
总挥发酸 Total volatile acid	74	0.02%	0.22%	0.11%	0.04	36.36%	0.21	-0.08	0.764	0.378	2.413
pH	74	4.79	5.75	5.32	0.20	3.76%	-0.11	-0.06	14.020**	0.531	9.018**

\*\*表示在1%水平下差异显著

\*\* indicated significant difference at 1% level

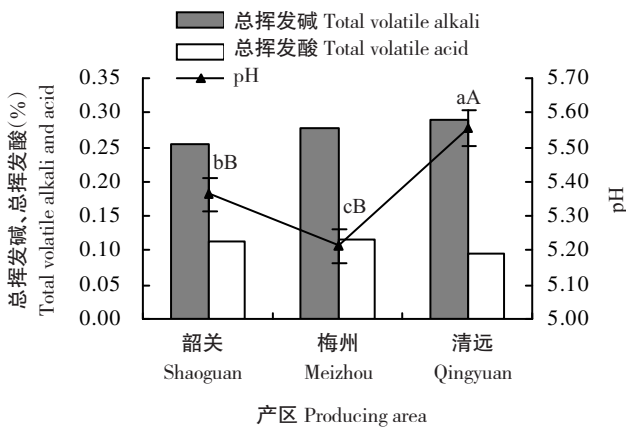


图 1 不同产区烤烟总挥发碱、总挥发酸和pH的比较

Fig.1 Comparison of content of total volatile alkali, total volatile acid and pH value in flue-cured tobacco samples among different areas of Guangdong

图中不同大、小写字母分别表示差异达极显著 ( $P < 0.01$ ) 或显著 ( $P < 0.05$ ) 水平。下同

Capital and lowercase letters above error bars in the figure represented significant difference at 0.01 and 0.05 level, respectively. The same was applied in the subsequent figures

### 2.3 不同等级烤烟总挥发碱、总挥发酸和pH的比较分析

由图2可知,广东不同等级烤烟总挥发碱、总挥发酸含量和pH也存在一定差异,其中B2F的总挥发碱和总挥发酸含量最高,分别为0.29%和0.12%,pH最低(5.28);X2F的pH最高(5.36),总挥发碱和总挥发酸含量最低,分别为0.23%和0.11%。不同等级烤烟总挥发碱含量表现为:B2F>C2F>C3F>X2F;烤烟总挥发酸含量表现为:B2F>C3F>C2F>X2F;烤烟pH表现为:X2F>C3F>C2F>B2F。

### 2.4 不同品种烤烟总挥发碱、总挥发酸和pH的比较分析

从图3可以看出,广东不同品种烤烟总挥发碱、总挥发酸含量和pH有差异。总挥发碱含量高低表现为:云烟85>K326>云烟87,但3者间差异不显著;总挥发酸含量高低表现为:云烟87>K326>云烟85,3者间差异也不显著;pH大小表现为:云烟85>K326>云烟87,云烟85的pH为5.66,极显著高于K326(5.33)和云烟87(5.21),但K326和云烟87间差异不显著。

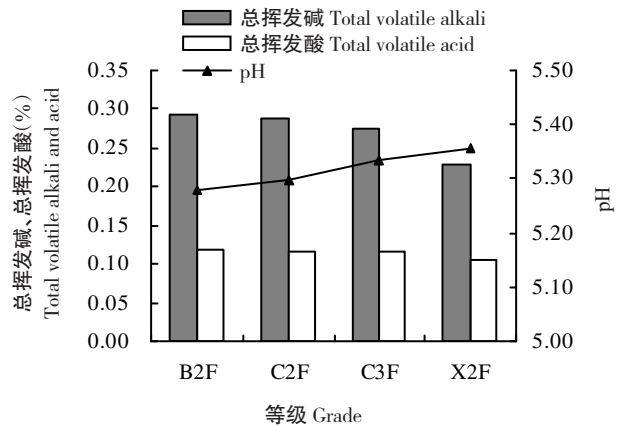


图 2 不同等级烤烟总挥发碱、总挥发酸和pH的比较

Fig.2 Comparison of content of total volatile alkali, total volatile acid and pH value in Guangdong flue-cured tobacco samples among different grades

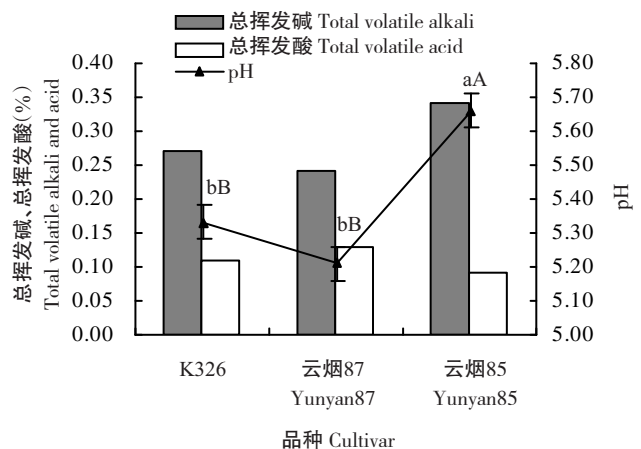


图 3 不同品种烤烟总挥发碱、总挥发酸和pH的比较

Fig.3 Comparison of content of total volatile alkali, total volatile acid and pH value in Guangdong flue-cured tobacco samples among different cultivars

### 2.5 广东烤烟总挥发碱、总挥发酸和pH的偏相关分析

为研究广东烤烟样品总挥发碱、总挥发酸和pH之间的关系,对三者进行偏相关分析。由表2可知,广东烤烟样品中总挥发酸含量与总挥发碱含量、pH均呈极显著负相关 ( $P < 0.01$ ),总挥发碱含量与pH呈显著负相关。

表 2 广东烤烟样品总挥发碱、总挥发酸和pH的偏相关分析  
Tab.2 Partial correlation coefficient of total volatile alkali, total volatile acid and pH value in Guangdong flue-cured tobacco samples

指标 Index	总挥发碱 Total volatile alkali	总挥发酸 Total volatile acid	pH
总挥发碱 Total volatile alkali	1		
总挥发酸 Total volatile acid	-0.522**	1	
pH	-0.264*	-0.638**	1

\*和\*\*分别表示两指标间呈显著( $P<0.05$ )或极显著( $P<0.01$ )相关

\* and \*\* represented significant difference at 0.05 and 0.01 level, respectively

### 3 讨论

总挥发碱、总挥发酸和pH是影响烤烟感官质量的重要因素。总挥发碱含量过高,则烟气碱性较强,刺激性较大;含量过低,则烟气强度不足,吸味平淡,影响烟气的丰满度和满足感(王瑞新,2003)。总挥发酸可调节烟草pH,影响烟叶的吃味和香气,总挥发酸含量适宜时,烟气吃味醇和,香气浓郁,清爽润喉;过高或过少,烟气则辛辣刺喉、涩口滞舌、口感不适(刘百战等,2002)。烟叶pH反映烟叶有机和无机组分的酸碱平衡状态,pH适宜的烟叶吸味醇和,口感舒适(王瑞新,2003)。本研究结果表明,广东烤烟总挥发碱、总挥发酸含量和pH存在广泛变异,总挥发碱含量略低,总挥发酸含量偏低,pH主要分布在4.50~5.50,pH变异系数较小,数据呈正态分布,与闫金玉等(2007)、邵惠芳等(2010)的研究结论相似。对广东不同产区、不同等级和不同品种烤烟的总挥发碱、总挥发酸含量和pH进行对比分析,发现不同产区、不同等级和不同品种烤烟的总挥发碱、总挥发酸含量和pH均存在差异,且以pH的差异最明显。广东烤烟总挥发碱和总挥发酸含量在不同产区、不同等级、不同品种间的差异均不显著,不同等级间的pH无显著差异,而pH在不同产区和不同品种间的差异达极显著水平,可能与当地生态因素有密切关系(郑荣豪,2001;罗战勇等,2004;张金霖等,2009;Wu et al.,2013)。

对广东烤烟总挥发碱、总挥发酸含量和pH进行偏相关分析,结果表明,广东烤烟总挥发酸含量与总挥发碱含量、pH呈极显著负相关,与章平泉等(2008)、Sun等(2011)的研究结果一致;总挥发碱含量与pH呈显著负相关,与周恒等(2009)的研究结果有差异,可能与烤烟种植地不同有关。

在烤烟生产上,烟叶的采收成熟度对烤烟挥发酸含量影响较大,适熟采收的烟叶经正常调制后其总挥发酸含量较高,过熟或未熟采收的烟叶经正常调制后其总挥发酸含量较低(王勇等,2007)。烤烟经过陈化后,其挥发酸总量会显著增加(Prabhu and Chakraborty,

1986)。施用不同形态及比例的氮肥会对烤烟总挥发碱含量产生较大影响,烤烟挥发碱含量随着铵态氮与硝态氮比值的增加而增大(张延春等,2005)。成熟度也会对烤烟总挥发碱含量产生较大影响,烤烟挥发碱含量随着烟叶成熟度的提高而逐渐增大(王勇等,2007)。

本研究仅对广东烤烟总挥发碱、总挥发酸含量和pH进行测定与分析,感官评吸质量作为衡量烟叶质量的一项重要指标,下一步应对烤烟总挥发碱、总挥发酸、pH与感官评吸质量的关系进行深入研究,为提高广东烤烟品质提供科学依据。

### 4 结论

广东烤烟总挥发碱含量较低,总挥发酸含量偏低,生产上可通过提高烤烟的采收成熟度、合理施用铵态与硝态氮肥、科学陈化烟叶等措施,适当提高烤烟总挥发碱和总挥发酸含量。

#### 参考文献:

- 陈泽鹏,龚忠年,万树青,詹振寿,黄福珍,黄晓薇. 2008. 广东主要烟区烤烟亚硝酸盐含量的比较分析[J]. 广东农业科学, (9): 23-25.
- Chen Z P, Gong Z N, Wan S Q, Zhan Z S, Huang F Z, Huang X W. 2008. Comparing analysis of the nitrite content in the tobacco of Guangdong[J]. Guangdong Agricultural Sciences, (9): 23-25.
- 李春喜,邵云,姜丽娜. 2008. 生物统计学[M]. 第4版. 北京: 科学出版社:90-121.
- Li C X, Shao Y, Jiang L N. 2008. Biostatistics[M]. The fourth edition Beijing: Science Press: 90-121.
- 李丹丹,文俊,叶为民,张延军. 2011. 广东浓香型烤烟主要化学成分的变异分析[J]. 郑州轻工业学院学报:自然科学版,26(1):17-21.
- Li D D, Wen J, Ye W M, Zhang Y J. 2011. The variation analysis of main chemical components of flue-cured tobacco with full aroma style in Guangdong Province[J]. Journal of Zhengzhou University of Light Industry: Natural Science, 26(1): 17-21.
- 刘百战,蔡继宝,朱立军,杜启云,王海龙,张映,庄亚东,孙磊,仇方忻. 2002. 国内外部分白肋烟烟叶中非挥发性有机酸、高级脂肪酸、生物碱及pH值的对比分析[J]. 中国烟草学报, 8(2): 1-5.
- Liu B Z, Cai J B, Zhu L J, Du Q Y, Wang H L, Zhang Y, Zhuang Y D, Sun L, Qiu F Y. 2002. Analysis of non-volatile organic acids, high fatty acids, alkaloids and pH values of some domestic and foreign burly tobaccos[J]. Acta Tabacaria Sinica, 8(2): 1-5.
- 刘春奎,陈飞,许自成,王晓宾,孙树林,郑聪. 2011. 广东烤烟钾氯硫含量的变异分析[J]. 甘肃农业大学学报,46(1): 89-92.
- Liu C K, Chen F, Xu Z C, Wang X B, Sun S L, Zheng C. 2011. Variance analysis on contents of potassium, chlorine and sulfur of flue-cured tobacco leaves in Guangdong tobacco-growing areas[J]. Journal of Gansu Agricultural U-

- niversity, 46(1): 89-92.
- 刘春奎, 王晓宾, 许自成, 王建民, 李晓, 李瑞丽. 2010a. 广东烤烟糖含量和氮含量分析[J]. 西南农业学报, 23(5): 1468-1470.
- Liu C K, Wang X B, Xu Z C, Wang J M, Li X, Li R L. 2010a. Analysis of contents of sugar and nitrogen in flue-cured tobacco leaves from Guangdong Province[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 23(5): 1468-1470.
- 刘春奎, 许自成, 王晖, 焦敬华. 2007. 中国烤烟含氯农残总量状况及其控制措施探讨[J]. 中国农学通报, 23(11): 126-129.
- Liu C K, Xu Z C, Wang H, Jiao J H. 2007. The status of the residues of pesticides with chlorine of flue-cured tobacco leaves of China and the controlling measures[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 23(11): 126-129.
- 刘春奎, 朱杰, 郭松, 刘艳芳, 毛福利, 刘彦岭. 2010b. 烤烟质量评价研究进展[J]. 安徽农学通报, 16(19): 169-170.
- Liu C K, Zhu J, Guo S, Liu Y F, Mao F L, Liu Y L. 2010b. Research advances on evaluation of flue-cured tobacco quality[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 16(19): 169-170.
- 罗战勇, 吕永华, 李淑玲, 郑荣豪. 2004. 广东省生态烟区的划分及其烟叶质量评价[J]. 广东农业科学, (1): 18-20.
- Luo Z Y, Lv Y H, Li S L, Zheng R H. 2004. Division of Guangdong tobacco-growing areas and quality evaluation of tobacco leaves[J]. Guangdong Agricultural Sciences, (1): 18-20.
- 邵惠芳, 郑聪, 许自成, 李东亮, 秦璐, 孙树林, 周恒. 2010. 西南烟区烤烟 pH 分布特点及与感官品质的关系[J]. 中国烟草科学, 31(3): 18-22, 32.
- Shao H F, Zheng C, Xu Z C, Li D L, Qin L, Sun S L, Zhou H. 2010. The pH distribution of flue-cured tobacco leaves in Southwest China and its relationship with sensory quality [J]. Chinese Tobacco Science, 31(3): 18-22, 32.
- 王瑞新. 2003. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业出版社: 99-280.
- Wang R X. 2003. Tobacco Chemistry[M]. Beijing: China Agriculture Press: 99-280.
- 王晓宾, 周亮, 刘春奎, 郑荣豪, 贺广生, 陈泽鹏. 2012. 新形势下烟叶原料供需结构性矛盾分析[J]. 现代农业科技, (17): 284-285, 289.
- Wang X B, Zhou L, Liu C K, Zheng R H, He G S, Chen Z P. 2012. Analysis of structural contradiction between supplying and demanding of tobacco raw material under new situation[J]. Modern Agricultural Science and Technology, (17): 284-285, 289.
- 王勇, 周冀衡, 肖志新, 杨虹琦, 毛建华, 郭紫明. 2007. 不同成熟度对烤烟烟叶品质和安全性指标的影响[J]. 中国烟草科学, 28(3): 26-29.
- Wang Y, Zhou J H, Xiao Z X, Yang H Q, Mao J H, Guo Z M. 2007. Influence of the different maturity on indexes of quality and security for flue-cured tobacco leaves[J]. Chinese Tobacco Science, 28(3): 26-29.
- 闫克玉, 龚珍林, 张映. 2007. 烤烟烟叶 pH 值的对比分析[J]. 烟草科技, (6): 49-51.
- Yan K Y, Gong Z L, Zhang Y. 2007. Contrastive analysis of pH values of flue-cured tobacco leaves[J]. Tobacco Science & Technology, (6): 49-51.
- 张金霖, 何光兰, 林雄文, 黄日伟, 刘志灵. 2009. 广东不同烟区烤烟化学成分与地理生态特点的关系[J]. 中国农学通报, 25(22): 267-269.
- Zhang J L, He G L, Lin X W, Huang R W, Liu Z L. 2009. The relationship between the chemical compositions of flue-cured tobacco in Guangdong and geographical, ecological characteristics[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 25(22): 267-269.
- 章平泉, 金岚峰, 俞京, 杜秀敏. 2008. 烤烟中总挥发碱含量与其他化学成分关系的研究[J]. 江西农业学报, 20(10): 10-13.
- Zhang P Q, Jin L F, Yu J, Du X M. 2008. Study on correlations between total volatile alkali content and other chemical components in flue-cured tobacco[J]. Acta Agriculurae Jiangxi, 20(10): 10-13.
- 张延春, 陈治锋, 龙怀玉, 罗春燕. 2005. 不同氮素形态及比例对烤烟长势、产量及部分品质因素的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 11(6): 787-792.
- Zhang Y C, Chen Z F, Long H Y, Luo C Y. 2005. Effect of different nitrogen forms and their ratio on agronomical character, economic and quality of flue-cured tobacco [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 11(6): 787-792.
- 郑荣豪. 2001. 气温对广东烤烟产量和质量的影响[J]. 广东农业科学, (1): 13-14.
- Zheng R H. 2001. Effect of temperature on yield and quality of flue-cured tobacco[J]. Guangdong Agricultural Sciences, (1): 13-14.
- 周恒, 许自成, 毕庆文, 汪健. 2009. 我国烤烟烟叶 pH 值的分布状况及与化学成分的相关分析[J]. 江西农业大学学报, 31(3): 461-466.
- Zhou H, Xu Z C, Bi Q W, Wang J. 2009. Distribution of pH value in flue-cured tobacco leaves of in China and the correlation analysis of their chemical components[J]. Acta Agriculurae Universitatis Jiangxiensis, 31(3): 461-466.
- 左安建. 2008. 广东烤烟主产区烤烟化学成分分析[J]. 安徽农业科学, 36(2): 578-580.
- Zuo A J. 2008. Analysis of main chemical components of flue-cured tobacco in main producing areas in Guangdong[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 36(2): 578-580.
- 中华人民共和国烟草行业标准. 2007. 烟草及烟草制品 pH 的测定(YC/T 222-2007)[S]. 北京: 中国标准出版社.
- Tabacco Industry Standard of People's Republic of China. 2007. Tobacco and tobacco products-Determination of pH (YC/T 222-2007)[S]. Beijing: China Standand Press.
- Prabhu S R, Chakraborty M K. 1986. Development of aroma-bearing compounds and their precursors in flue-cured tobacco during curing and post curing operation[J]. Tobacco Research, (12): 175-185.
- Sun J G, He J W, Wu F G, Tu S X, Yan T J, Si H, Xie H. 2011. Comparative analysis on chemical components and sensory quality of aging flue-cured tobacco from four main tobacco areas of China[J]. Agricultural Sciences in China, 10(8): 1222-1231.
- Wu W, Tang X P, Yang C, Liu H B, Guo N J. 2013. Investigation of ecological factors controlling quality of flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) using classification methods [J]. Ecological Informatics, (16): 53-61.