

# 烤烟烟碱含量与物理性状的关系分析

李东亮<sup>1</sup>, 许自成<sup>1</sup>, 毕庆文<sup>2</sup>, 蔡冰<sup>2</sup>, 何结望<sup>2</sup>

1 河南农业大学国家烟草栽培生理生化研究基地, 郑州文化路 95 号 450002;

2 武汉烟草(集团)有限公司, 武汉 430051

**摘要:** 以我国主产烟区的主栽烤烟品种 K326 为材料, 测定了 3 个等级 (C3F、B2F 和 X2F) 共计 391 份样品的烟碱含量和物理性状, 分析了烟碱含量与物理性状的相互关系。结果表明: 烟碱含量和物理性状在样品间存在着广泛的变异; 在一定范围内, 烟碱含量与上部叶单叶重呈显著正相关, 与上、下部叶长分别呈极显著正相关和显著负相关; 与中、下部叶宽分别呈显著负相关和极显著负相关, 与厚度和叶面密度均不相关; 烟叶烟碱含量与上部叶单叶重的关系可用 S 形曲线  $\hat{y} = e^{(1.484 - 2.041/x)}$  来描述, 与上、下部叶长的关系可分别用逆函数  $\hat{y} = 8.225 - 265.570/x$  和  $\hat{y} = 0.427 + 105.053/x$  来描述, 与中、下部叶宽的关系可分别用二次函数  $\hat{y} = 0.533 + 0.316x - 0.010x^2$  和  $\hat{y} = -0.157 + 0.307x - 0.009x^2$  来描述, 且均达到显著水平, 烟碱含量与其他物理性状的曲线回归不显著, 表明曲线回归一般较简单线性回归分析更有效。简单相关、曲线回归和次数分布 3 种方法结合可以较好地反映烟碱含量和物理性状的内在关系。

**关键词:** 烤烟; 烟碱; 物理性状; 关系分析

中图分类号: S572.01

文献标识码: A

文章编号: 1004-5708(2008)03-0036-04

## Relationship between nicotine content and physical property in flue-cured tobacco leaves

LI Dong-liang<sup>1</sup>, XU Zi-cheng<sup>1</sup>, BI Qing-wen<sup>2</sup>, CAI Bing<sup>2</sup>, HE Jie-wang<sup>2</sup>

1 Tobacco Cultivation & Physiology & Biochemistry Research Center, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

2 Wuhan Tobacco (Group) Ltd. Co., Wuhan 430051, China

**Abstract:** 391 samples including three grades (C3F, B2F and X2F) of K326, a flue-cured tobacco cultivar widely planted in main tobacco-growing areas of China, were selected to determine and analyze the relationship between nicotine content and physical properties. Results indicated that there existed extensive variation among samples for physical properties and the nicotine content. In the given range, the nicotine content had significant positive correlation with the single leaf weight of upper leaf, high positive correlation and negative correlation with leaf length of upper leaf and lower leaf respectively, negative correlation and high negative correlation with leaf width of cutters and lower leaf respectively, and no correlation with other physical properties. The relationship could be described by S equation  $\hat{y} = e^{(1.484 - 2.041/x)}$  between nicotine content and single leaf weight of upper leaf, by inverse equation  $\hat{y} = 8.225 - 265.570/x$  and  $\hat{y} = 0.427 + 105.053/x$  between nicotine content and leaf length of upper leaf and lower leaf respectively, by quadratic equation  $\hat{y} = 0.533 + 0.316x - 0.010x^2$  and  $\hat{y} = -0.157 + 0.307x - 0.009x^2$  between nicotine content and leaf width of cutters and lower leaf respectively. All above equations were

**作者简介:** 李东亮, 男, 在读博士生, 从事烟草质量评价研究。

许自成(通讯作者), 男, 博士, 教授, 研究方向为烟草品质生态与烟叶质量评价。Tel.: 0371-63555487, E-mail: zcxu@sohu.com

基金项目: 烟草行业栽培重点实验室基金项目(TCKL06003); 国家烟草专卖局重点科技攻关项目(110200401017)

收稿日期: 2006-11-15

significant at 5% level. However, the curve regression equation between nicotine content and other physical properties was not significant at 5% level, and were more efficient than simple linear regression. The relationship between nicotine and physical properties could be described by using the methods of linear correlation, curve regression and degree distribution.

**Key words:** flue-cured tobacco; nicotine; physical property; relationship analysis

有研究表明:烟碱含量每提高1个标准单位可使吃味品质降低0.4422个标准单位,烟碱和还原糖是制约烤烟吃味品质的主要化学成分<sup>[1]</sup>。叶厚、叶质重、叶片密度均是烟叶的重要物理性状,在一定程度上反映了烟叶的发育状况和成熟程度。烟叶的物理性状与烟叶组织结构及内含物质的充实程度密切相关<sup>[2]</sup>,也与卷烟烟气焦油释放量关系密切<sup>[3]</sup>。已有研究认为烟碱分别与单叶重、叶片大小和厚度存在正相关关系<sup>[4-7]</sup>,有关烤烟叶厚、叶面密度以及烟叶长宽比变化规律的研究也有不少报道<sup>[8-12]</sup>。但总的看来,烟碱含量与物理性状之间的关系还缺乏全面系统的研究。本试验以我国主产烟区的主栽品种K326为供试材料,分析测定了大量代表性样品部分等级的烟碱含量、物理性状和外观指标,旨在为烟叶质量评价提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试烤烟品种为我国主产烟区的主栽品种K326。2003年在我国南方烟区(主要为武烟集团烟叶基地)采取定等级、定叶位方法取样391份,包括下部叶X2F(下橘二A-6叶位)、中部叶C3F(中橘三,8-12叶位)和上部叶B2F(上橘二,14-16叶位)等3个等级。样品等级由专职评级人员按照“GB 2635-92烤烟”标准进行,等级合格率达到85%以上。每个样品取3.0 kg,用于各项指标测定。

### 1.2 分析方法

烟碱含量的测定参考肖协忠<sup>[13]</sup>、王叔淳<sup>[14]</sup>介绍

的方法进行;烟叶物理性状(单叶重、叶长、叶宽、叶厚和叶面密度)的测定参考“GB2635-1992烤烟”标准进行,测定时随机抽取同等级内10片烟叶,分别测定各项指标,取其平均值。全部试验数据的统计分析方法<sup>[15]</sup>采用SPSS12.0软件完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 烤烟烟碱含量与物理性状的描述统计分析

对供试烤烟样品的烟碱含量和物理性状进行描述统计,结果见表1。由表1可见:烟碱含量和物理性状在样品间存在着广泛的变异。单叶重的变异系数为25.2%,在5个物理性状中最大,表明单叶重的稳定性最低,其中单叶重分布在6.4~12.6 g区域内的样本数占总样本数的77.6%;叶长的变异系数在5个物理性状中最小,为9.0%,表明稳定性最好,主要分布于52.2~64.5 cm区域内,在此区间的样本数占总样本数的77.8%。叶宽主要集中于17.4~24.5 cm区域内,占样本总数的78.6%;叶厚主要集中于0.071~0.130 mm区域内,占总样本数的73.1%;叶面密度主要集中于52.43~87.18 g/m<sup>2</sup>区域内,占样本总数的75.2%。由峰度系数可以看出,单叶重、叶长和宽度的峰度系数均大于0,说明这3个指标的数据大多集中于平均数附近,形成尖峭峰,其中叶宽更接近于正态峰;而叶面密度、叶厚和烟碱的峰度系数均小于0,说明这3个指标的分布形成平阔峰,比较之下叶厚更接近正态峰。烟碱和5个物理性状的偏度系数均大于0,表现为正向的偏态分布。

表1 烟叶物理性状描述统计分析

| 指标名称                    | 变幅          | 样本数 | 平均值   | 标准偏差  | 峰度系数   | 偏度系数  |
|-------------------------|-------------|-----|-------|-------|--------|-------|
| 烟碱含量/%                  | 1.16~4.98   | 391 | 2.94  | 0.86  | -0.78  | 0.31  |
| 烟叶单叶重/g                 | 4.4~18.9    | 391 | 10.1  | 2.55  | 0.07   | 0.44  |
| 叶长/cm                   | 46.2~76.7   | 170 | 59.5  | 5.38  | 0.35   | 0.29  |
| 叶宽/cm                   | 14.5~27.3   | 172 | 21.4  | 2.97  | 0.498  | 0.181 |
| 叶厚/mm                   | 0.042~0.169 | 383 | 0.098 | 0.022 | -0.226 | 0.323 |
| 叶面密度(g/m <sup>2</sup> ) | 35.06~113.2 | 375 | 70.83 | 15.30 | -0.423 | 0.213 |

## 2.2 烤烟烟碱含量与物理性状的关系分析

### 2.2.1 烟碱与单叶重的关系分析

将上、中、下3个部位烟叶的单叶重与烟碱进行曲线回归分析,回归方程及其显著性检验结果见表2。然后将不同叶位烤烟样品单叶重的数据按照次数分布表的编制方法进行分组,结果见图1。

图1表明,烤烟烟碱含量总体趋势是上部叶>中部叶>下部叶,各部位烟碱含量变化范围分别为:上部叶2.06%~5.32%,中部叶1.46%~5.11%,下部叶1.16%~4.31%。需要说明的是,图1中烟碱含量为单叶重数据分组后,对应样本烟碱含量的平均值,代表的是该区段内烟碱含量的平均水平,而非样本个体值(下同)。由图1可以看出,上部叶与下部叶烟碱含量随单叶重的变化曲线相似,都是烟碱含量随单叶重增大到某一值后开始下降;中部叶烟碱含量随单叶重的

变化比较平缓。这与以往研究认为烟碱与单叶重之间存在简单的正相关关系<sup>[5]</sup>有一定差异。回归分析结果表明:上部叶单叶重和烟碱含量之间的关系可用S形曲线来描述。经F测验,回归关系达到显著水平;中、下部叶单叶重和烟碱含量的曲线回归方程不显著。

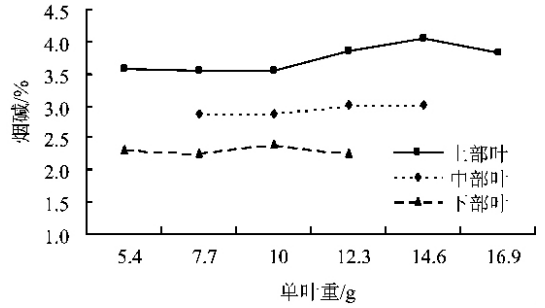


图1 烟碱含量与单叶重之间的关系

表2 烟碱含量与物理性状的回归分析

| 叶位  | 指标  | 回归方程                                   | F 值       | 显著水平   |
|-----|-----|--|-----------|--------|
| 上部叶 | 单叶重 | $\hat{y} = e^{(1.484 - 2.041/x)}$      | 5.008 *   | 0.0271 |
|     | 叶长  | $\hat{y} = 8.225 - 265.750/x$          | 14.572 ** | 0.0003 |
| 中部叶 | 叶宽  | $\hat{y} = 0.533 + 0.316x - 0.010x^2$  | 3.680 *   | 0.0321 |
| 下部叶 | 叶长  | $\hat{y} = 0.427 + 105.053/x$          | 5.532 *   | 0.0223 |
|     | 叶宽  | $\hat{y} = -0.157 + 0.307x - 0.009x^2$ | 5.366 **  | 0.0076 |

注: \* 表示5%显著性水平; \*\* 表示1%显著性水平

### 2.2.2 烟碱与叶长的关系分析

同样地,将不同部位叶长与烟碱含量进行回归分析,回归方程及其显著性检验见表2。然后按照次数分布表的编制方法,将上、中、下3个叶位烤烟样品的叶长数据进行分组后作图,结果见图2。

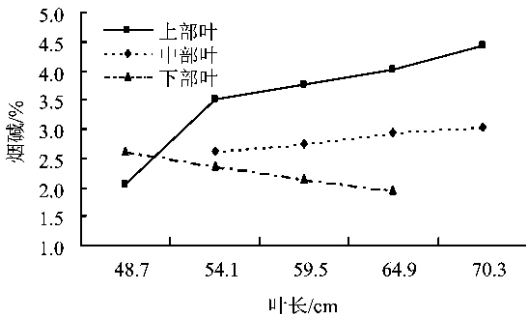


图2 烟碱含量与叶长之间的关系

图2表明,烤烟烟碱含量的总体趋势仍表现为上部叶>中部叶>下部叶,其中,上、中、下3个部位烟叶烟碱含量的变化范围分别是(3.77±0.75)%、(2.82±

0.73)%、(2.31±0.52)%。由图2可以看出,上部、中部叶烟碱含量随叶长的增加而增加,下部叶烟碱含量随叶长的增加而减少。上部叶当叶长在46.1~56.8 cm区域时,烟碱含量增加迅速,叶长超过56.8 cm后,烟碱含量增加变缓。

回归结果表明:上部、下部叶长和烟碱含量的关系表达式均遵循逆函数方程,经F测验,上部回归关系达到极显著水平,下部达到显著水平。中部叶长和烟碱含量的曲线回归不显著。

### 2.2.3 烟碱与叶宽的关系分析

不同部位叶宽与烟碱含量两者之间的回归方程及其显著性检验见表2,样品分组后的叶宽与烟碱含量的变化规律见图3。

图3说明,烤烟烟碱含量在叶宽分组后仍表现为上部叶>中部叶>下部叶的总体趋势,其中,上、中、下部叶样本烟碱含量的变化范围分别是2.06%~5.18%、1.46%~5.11%、1.44%~3.94%。由图3可以看出,中、下部叶烟碱含量随叶宽的增加而减少,这种变化规律可能与烟碱在叶片中的分布规律有关。有

研究表明,叶面积随叶长的增长而迅速扩大,平均叶长每增长 10 cm,叶面积扩大 40% 以上<sup>[6]</sup>。同一叶片上烟碱的分布是不均匀的,烟碱含量自叶片基部向叶尖渐次增加,自叶脉向叶边缘渐次增加<sup>[16]</sup>。即叶尖、叶边缘烟碱含量最为丰富。

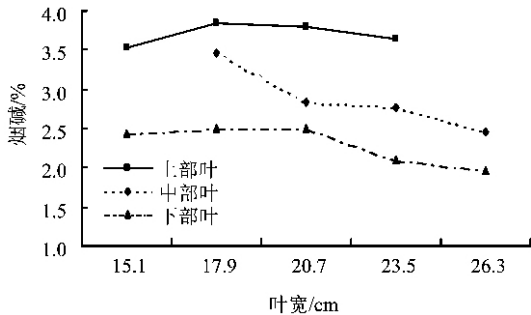


图3 烟碱含量与叶宽之间的关系

回归结果表明:中、下部叶宽和烟碱含量之间的关系可以很好地拟合二次函数方程,中部叶回归方程达到显著水平,下部叶达到极显著水平,上部叶宽和烟碱含量曲线回归不显著。

#### 2.2.4 烟碱与叶厚的关系分析

不同叶位样品分组后的叶厚与烟碱含量的变化规律见图4。图4说明,烤烟烟碱含量总体趋势是上部叶 > 中部叶 > 下部叶,上部叶烟碱含量的变异系数在3个叶位中最小,为 20.1%;中部叶与下部叶烟碱含量的变异系数比较接近,分别为 25.0%和 24.0%。由图4可以看出,中、下部叶烟碱含量随叶厚的变化曲线相似,2个部位烟碱含量都是随叶厚增加而平缓变化,在中部叶厚大于 0.126 mm、下部叶厚超过 0.107 mm后,烟碱含量突然迅速增加。回归结果表明:上、中、下3个部位叶厚和烟碱含量之间的曲线回归关系都不显著。

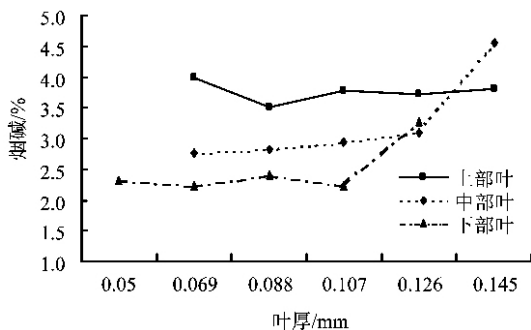


图4 烟碱含量与叶厚之间的关系

#### 2.2.5 烟碱与叶面密度的关系分析

不同部位样品分组后的叶面密度与烟碱含量的变化规律见图5。图5表明,叶面密度分组后,烤烟烟碱含量的总体趋势是上部叶 > 中部叶 > 下部叶,其中,上部叶样本烟碱含量的变化范围为  $(3.73 \pm 0.75)\%$ ,中、下部叶分别为  $(2.92 \pm 0.73)\%$ 、 $(2.30 \pm 0.55)\%$ 。由图5可以看出,上、中部叶烟碱含量与叶面密度的关系不明显,下部叶烟碱含量随叶面密度的增加而增加,当叶面密度超过  $74.14 \text{ g/m}^2$ 后,烟碱含量增加迅速。不同部位叶面密度和烟碱含量之间无显著的曲线回归关系。

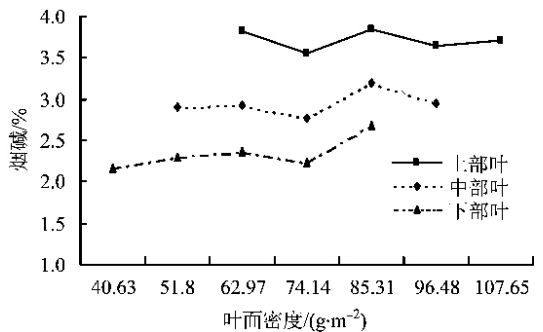


图5 烟碱含量与叶面密度之间的关系

### 3 结论与讨论

我国主产烟区的主栽烤烟品种 K326 的烟碱含量和物理性状在样品间存在着广泛的变异。将不同部位烟碱含量分别与 5 个物理性状进行简单相关分析,结果表明,烟碱含量与上部叶单叶重呈显著正相关,相关系数为  $0.183^*$ ;与上部叶长呈极显著正相关 ( $0.455^{**}$ ),与下部叶长呈显著负相关 ( $-0.300^*$ );与中部叶宽呈显著负相关 ( $-0.347^*$ ),与下部叶宽呈极显著负相关 ( $-0.366^{**}$ );与厚度和叶面密度均不相关。这种相关关系与分组后烟碱含量和物理性状的变化规律大体是一致的。简单相关描述烟碱含量和物理性状关系中的线性变化规律,曲线回归描述关系中的非线性变化规律,而按照次数分布编组的关系分析则可以描述数据的整体分布规律。3 种方法的有机结合可以比较好地反映烟碱含量和物理性状的内在关系。

在综合考虑 F 值、相伴概率与决定系数的基础上,参考曲线图形的拟合程度分别建立了不同叶位单一物理性状与烟碱含量的曲线回归方程,表明曲线回归较简单线性回归分析更有效。

(下转第 45 页)

量就达到了优质烟标准,而普通施肥处理在高施肥水平下烟叶钾含量才能达到优质烟的标准。

(4)施用控释肥能够提高烤后烟叶、特别是上部叶的钾含量,普通施肥处理3个施肥水平上部烤后烟叶钾含量皆没有达到优质烟标准,控释肥处理中等施肥水平下上部烤后烟叶钾含量都达到了优质烟钾含量2.5%的标准,而SRPF处理低施肥水平上部烤后烟叶钾含量就达到3.15%,因此,施用控释肥不但可以提高烟叶的钾含量,而且可以节约1/3~2/3的肥料资源。

#### 参考文献

[1] 鲁如坤.我国土壤氮磷钾的基本状况[J].土壤学报,1989,

26(3):280-286.

- [2] 胡国松,张国显,曹志洪,等.河南烟区烤烟叶片含钾量低的原因初探[J].中国烟草学报,1996,3(1):12-14.
- [3] 曹志洪,周秀如,李仲林,等.我国烟叶含钾状况及其植烟土壤环境条件的关系[J].中国烟草,1990(3):6-13.
- [4] 曹之藻,王钊.钾肥不同施用时期对烤烟产量品质影响的试验.耕作与栽培[J].1992(6):32-33.
- [5] Leymonie J P, Etoumeaud F. Fertilizer and tobacco[J]. Tob Reporter, 1990(4):69-72.
- [6] 曹志洪.优质烤烟生产的土壤与施肥[M].南京:江苏科学技术出版社,1991.
- [7] 刘国顺,叶协锋,王英元,等.褐土区不同钾肥使用量对烟株钾含量的影响[J].中国烟草学报,2005,11(1):18-22.

[上接第39页]

#### 参考文献

[1] 杜咏梅,郭承芳,张怀宝,等.水溶性糖、烟碱、总氮含量与烤烟吃味品质的关系研究[J].中国烟草科学,2000(1):7-10.

[2] 阎克玉,王海燕,李兴波,等.烤烟国家标准(40级)河南烟叶叶厚、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.

[3] 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.

[4] 肖吉中,江锡瑜,黄立栋,等.烤烟叶片重量与质量关系的初步研究[J].烟草科技,1995(2):30-32.

[5] 曹志洪,李仲林,周秀如,等.烤烟干物质的累积及土壤环境对烟碱含量的影响[J].烟草科技,1989(5):29-33.

[6] 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].中国烟草科学,1991(2):13-17.

[7] 王玉军,谢胜利,邢淑华,等.烤烟叶厚与主要化学组成相关性研究[J].中国烟草科学,1997(1):11-13.

[8] 招启柏.烟草叶片生长的动态分析[J].中国烟草学报,2004,10(2):12-20.

[9] 高家合,秦西云,李金平,等.烤烟不同叶位叶片的化学成分变化规律研究[J].中国农学通报,2005,21(3):183-186.

[10] 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.

[11] 李东亮,许自成.烤烟钾素和氯素含量及其比值与物理性状的关系分析[J].江西农业大学学报,2007,29(3):341-346.

[12] 王世济,刘炎红,韩永镜,等.皖南烟区烤烟干物质及养分吸收和烟碱积累规律研究[J].中国农业科学,2004,37(增刊):1-5.

[13] 肖协忠.烟草化学[M].北京:中国农业科技出版社,1997.

[14] 王叔淳.食品卫生检验技术手册[M].北京:化学工业出版社,1996:132-133.

[15] 李东亮,王红旗,许自成.统计技术在烟草农业研究中的应用综述[J].烟草科技,2007(4):54-61.

[16] 韩锦峰.烟草栽培生理[M].北京:中国农业出版社,2003:165-166.