

## 典型植烟区烤烟焦油与氢氰酸释放量差异分析

刘非, 余世科, 郭东锋\*, 邹鹏, 姚忠达, 舒俊生

(安徽中烟工业有限责任公司技术中心, 合肥 230088)

**摘要:** 为了分析我国典型区域烤烟不同部位烤烟烟叶氢氰酸和焦油释放量的差异, 采集了我国典型植烟区域的 60 个烤烟样品, 运用数理统计方差分析的方法对区域、部位和基因型间的氢氰酸和焦油释放量进行了分析。结果表明, 烤烟烟叶焦油和氢氰酸释放量在部位间存在显著差异, 且表现为上部叶 > 中部叶 > 下部叶的部位特征; 区域、基因型对氢氰酸释放量影响不显著, 但是焦油释放量在区域间差异显著, 其中以黄淮烟区焦油释放量最高, 区域、部位和基因型三因素的相互作用对焦油和氢氰酸释放量的影响不显著。因此, 工业企业在原料选择、叶组配方或库存优化等方面兼顾产地和品种因素, 可着重考虑原料部位特征。

**关键词:** 烤烟; 氢氰酸; 焦油

中图分类号: TS411

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2016)01-0151-04

### Differences in tar and hydrocyanic acid yields in the flue-cured tobacco leaf from the typical tobacco growing areas

LIU Fei, SHE Shike, GUO Dongfeng, ZOU Peng, YAO Zhongda, SHU Junsheng

(Technology Center of Anhui Cigarette Industrial Company Co., Ltd., Hefei 230088)

**Abstract:** To explore the difference in HCN and tar yields in the flue-cured tobacco leaf from different growing areas, leaves from different stem locations of 60 tobacco cultivars collected from the main tobacco growing areas were analyzed using the ANOVA method. The results showed that the yield of tar and HCN was influenced by the leaf location on the stem with a significant difference at the 0.05 level. The upper leaves contained the highest yield of tar and HCN, followed by the leaves in the middle and low portion of a stem. The difference of HCN in the flue-cured tobacco leaf from different growing areas was not significant; however, the difference in the tar yield was significant at the 0.05 level. The interaction among the growing area, leaf location, and cultivars was not significant for the yield of tar and HCN. Therefore, the flue-cured tobacco leaf location on the stem should be considered firstly and the growing area and cultivar should be also considered for the raw material selection, mixture and storage.

**Key words:** flue-cured tobacco; hydrocyanic acid; tar yield

随着社会控烟浪潮的日益高涨, 卷烟工业面临的“减害降焦”压力也越来越大。烟叶原料是卷烟品牌发展的战略性资源, 也是制约性因素之一。在农业生产环节围绕烟叶生产开展的“减害降焦”也有不少研究, 黎妍妍等<sup>[1]</sup>研究了晒对烟叶主流烟气有害成分释放量的影响, 李斌<sup>[2]</sup>研究了氮肥形态对比对烤烟焦油释放量的影响; 王唯唯等<sup>[3]</sup>研究了河南烟区烤烟焦油量的空间分布及与化学成分的关系。

同时围绕烟叶化学成分与卷烟主流烟气成分的关系已有不少研究, 例如常规化学与烟气成分<sup>[4-7]</sup>、氨基酸与氢氰酸<sup>[8-9]</sup>、淀粉与烟气成分<sup>[7,10-11]</sup>及不同燃烧裂解条件<sup>[12]</sup>等。而围绕烟叶原料本身的烟气成分和有害成分释放量的差异分析相对较少, 虽然陈敏等<sup>[13]</sup>研究了烟叶部位、产地与卷烟主流烟气 7 种有害成分释放量的关系, 王涛等<sup>[14]</sup>分析了卷烟主流烟气 7 种有害成分释放量与烟叶产地、年份之间的

收稿日期: 2015-06-30

作者简介: 刘非, 工程师。E-mail: afei19801105@163.com

\* 通信作者: 郭东锋, 博士, 高级农艺师。E-mail: gdf0221@163.com

关系, 蒯雁等<sup>[15]</sup>分析了烤烟主流烟气中氢氰酸释放量的差异性及其主要影响因素, 但是仍然略显单薄和不足。本研究即围绕产地、部位和品种三因素进一步分析三者对烟叶原料焦油和氢氰酸释放量的影响, 以期对烟叶原料生产和卷烟产品开发提供技术参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

选取 2012 年度贵州黔西南、辽宁凤城、云南大理、江西赣州、陕西商洛、陕西安康、湖南湘西、湖南郴州、河南宜阳、广西百色、云南石林、湖北宜昌、贵州贵阳、湖南长沙、安徽宣城、重庆黔江、河南三门峡、福建南平、四川凉山和云南玉溪标准等级 B2F、C3F 和 X2F 样品, 共计 60 个样品, 统一辅材进行单料烟的卷制。

### 1.2 方法

**1.2.1 烟叶氢氰酸释放量测定** 氢氰酸测定方法及相关参数设置按照 YC/T 403-2011《卷烟 主流烟气中氰化氢的测定 离子色谱法》进行。

**1.2.2 焦油释放量测定** 采用同一规格辅材(“三纸一棒”)按照成品卷烟标准, 将每种烟叶样品卷制成试验卷烟。样品的制备按 GB/T 606.1-2004《卷烟

第 1 部分: 抽样》进行。按 GB/T 6447-2004《烟草及烟草制品 调节和测试的大气环境》调节卷烟水分。按 GB/T 9069-2004《卷烟 用常规分析用吸烟机测定总颗粒物 and 焦油》测定焦油量。

**1.2.3 数据处理方法** 数据整理在 Excel 2007 中进行, 统计分析及作图在 R3.1 开源软件平台进行。采用拉达准则对数据进行了清洗整理, 对整理后数据出现的缺失值采取 KNN(最近邻法)补缺。采用 aov()函数进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 焦油及氢氰酸释放量数据统计描述

通过对所卷制样品的主流烟气成分焦油以及氢氰酸释放量的测定, 结果见表 1。由表可知, 60 个样品的焦油释放量变幅为 10.56~21.83 mg cig<sup>-1</sup>, 均值为 16.65 mg cig<sup>-1</sup>, 变异系数达到了 16.81%, 焦油释放量的变异较大; 氢氰酸释放量的变幅为 181.0~238.0 μg·cig<sup>-1</sup>, 均值为 211.0 μg·cig<sup>-1</sup>, 氢氰酸的变异仅为 5.76%, 变异相对较小。焦油和氢氰酸释放量的数据分布形态均呈现右偏态平顶峰, 且均通过 Levene 齐性检验符合进一步统计分析的要求。

表 1 烟叶焦油及氢氰酸释放量统计描述

Table 1 Description of tar and HCN yields from flue-cured tobacco leaf

| 指标<br>Index                           | 极小值<br>Minimum | 极大值<br>Maximum | 均值<br>Average | 标准差<br>SD | 偏度<br>Skewness | 峰度<br>Kurtosis | 变异/%<br>CV | 方差齐性检验<br>Levene's test |
|---------------------------------------|----------------|----------------|---------------|-----------|----------------|----------------|------------|-------------------------|
| 焦油量/mg cig <sup>-1</sup><br>Tar yield | 10.56          | 21.83          | 16.65         | 2.80      | -0.08          | -1.05          | 16.81      | 0.76                    |
| 氢氰酸/μg·cig <sup>-1</sup><br>HCN       | 181.0          | 238.0          | 211.0         | 15.56     | -0.02          | -0.02          | 5.76       | 0.25                    |

表 2 区域、基因型和部位三因素焦油释放量方差分析

Table 2 ANOVA of tar yield based on areas, gene types and locations of flue-cured tobacco leaf

| 方差来源<br>Source of variation  | 自由度<br>DF | 平方和<br>SS | 均方<br>MS | F 值<br>F-statistics | Sig.<br>P-value |
|------------------------------|-----------|-----------|----------|---------------------|-----------------|
| 区域 Area                      | 4         | 26.21     | 6.55     | 4.76*               | 0.012           |
| 基因型 Gene type                | 4         | 12.44     | 3.11     | 2.26                | 0.11            |
| 部位 Location                  | 2         | 288.05    | 144.02   | 104.53**            | <0.01           |
| 区域×部位 Area×Location          | 8         | 21.58     | 2.70     | 1.96                | 0.13            |
| 部位×基因型 Gene×Location         | 8         | 14.76     | 1.85     | 1.34                | 0.30            |
| 区域×基因型 Gene×Area             | 3         | 0.25      | 0.08     | 0.06                | 0.98            |
| 区域×部位×基因型 Area×Location×Gene | 6         | 1.26      | 0.21     | 0.15                | 0.98            |
| 残差 Residual                  | 14        | 19.29     | 1.38     |                     |                 |

注: “\*”表示 P≤0.05 达到显著水平, “\*\*”P≤0.01 达到极显著水平。下同。

Note: “\*”indicates significant difference at the 0.05 level; “\*\*”indicates significant difference at the 0.01 level. The same below.

### 2.2 焦油释放量多因素方差分析

根据《中国烟草种植区划(单行本)》<sup>[16]</sup>对于我国烟区的划分(一级区域), 将本研究样本来源划分

为北方烟区、东南烟区、黄淮烟区、西南烟区、长江中上游烟区 5 个区域, 作为方差分析因素之一进行分析。将区域、基因型和部位三因素作为主要的

影响因子,对焦油释放量进行方差分析,结果见表 2。由表 2 可知,区域间焦油释放量差异达到了显著水平 ( $P<0.05$ ),部位间焦油释放量差异达到了极显著水平 ( $P<0.01$ ),基因型间焦油释放量差异不显著,而且区域、部位、基因型三因素之间的交互作用对焦油释放量的影响也未达到统计显著水平。说明影响焦油释放量差异的因素主要表现为烟叶原料的部位差异和区域差异,而品种对焦油释放量的影响则不甚明显,这与陈敏等<sup>[13]</sup>研究结论较为一致。

### 2.3 氢氰酸释放量多因素方差分析

按照同样的区域划分方法<sup>[16]</sup>,对氢氰酸释放量

进行方差分析,结果见表 3。由方差分析结果可知,部位对氢氰酸释放量的影响达到了极显著水平 ( $P<0.01$ ),而区域、基因型两者则对氢氰酸释放量影响不显著,同时区域、部位和基因型三因素之间的交互作用对氢氰酸释放量的影响也未达到统计显著水平。说明从烟叶原料角度来看,影响氢氰酸释放量的主要为烟叶的部位因素。部位间的差异与蒯雁等<sup>[15]</sup>、陈敏等<sup>[13]</sup>研究结论较为一致,但是本研究样本区域间氢氰酸释放量差异不显著,与蒯雁等的研究结论不同,分析原因可能是样本来源以及区域选择略有差异所致。

表 3 区域、基因型和部位三因素氢氰酸释放量方差分析

Table 3 ANOVA analysis of HCN based on areas, gene types and locations of flue-cured tobacco leaf

| 方差来源<br>Source of variation  | 自由度<br>DF | 平方和<br>SS | 均方<br>MS | F 值<br>F-statistics | Sig.<br>P-value |
|------------------------------|-----------|-----------|----------|---------------------|-----------------|
| 区域 Area                      | 4         | 113.2     | 28.3     | 0.21                | 0.93            |
| 基因型 Gene type                | 4         | 316.5     | 79.1     | 0.59                | 0.67            |
| 部位 Location                  | 2         | 2910.3    | 1455.1   | 10.88**             | <0.01           |
| 区域×部位 Area×Location          | 8         | 328.4     | 41.1     | 0.31                | 0.95            |
| 部位×基因型 Gene×Location         | 8         | 688.7     | 86.1     | 0.64                | 0.73            |
| 区域×基因型 Gene×Area             | 3         | 258.1     | 86.0     | 0.64                | 0.73            |
| 区域×部位×基因型 Area×Location×Gene | 6         | 761.5     | 126.9    | 0.95                | 0.49            |
| 残差 Residual                  | 14        | 1873.1    | 133.8    |                     |                 |

表 4 不同区域、部位条件下焦油和氢氰酸释放量差异多重比较

Table 4 Multiple comparisons of tar and HCN based on areas and locations of flue-cured tobacco

| 烟区<br>Area   | 焦油释放量/mg cig <sup>-1</sup><br>(Mean±SD) Tar yield |                         |                         | 氢氰酸释放量/μg·cig <sup>-1</sup><br>(Mean±SD) HCN yield |                           |                           |
|--|---|-------------------------|-------------------------|--|---------------------------|---------------------------|
|  | 上部叶   | 中部叶                     | 下部叶                     | 上部叶  | 中部叶                       | 下部叶                       |
|  | B2F   | C3F                     | X2F                     | B2F  | C3F                       | X2F                       |
| 北方烟区<br>Northern tobacco-growing area                                      | 17.81   | 17.32                   | 10.56                   | 218.75   | 207.00                    | 201.00                    |
| 东南烟区<br>Southeast tobacco-growing area                                     | 19.39±0.94 <sup>a</sup>                           | 14.98±0.99 <sup>b</sup> | 12.94±0.97 <sup>b</sup> | 223.67±12.42 <sup>a</sup>                          | 204.67±4.51 <sup>a</sup>  | 196.83±12.96 <sup>a</sup> |
| 黄淮烟区<br>Huanghuai tobacco-growing area                                     | 19.55±0.71 <sup>a</sup>                           | 17.91±2.35 <sup>a</sup> | 16.08±1.44 <sup>a</sup> | 216.33±12.06 <sup>a</sup>                          | 208.00±8.19 <sup>a</sup>  | 209.67±3.79 <sup>a</sup>  |
| 西南烟区<br>Southwest tobacco-growing area                                     | 19.72±1.35 <sup>a</sup>                           | 16.02±1.06 <sup>b</sup> | 13.60±1.08 <sup>b</sup> | 223.04±7.79 <sup>a</sup>                           | 207.00±9.32 <sup>a</sup>  | 206.40±14.52 <sup>a</sup> |
| 长江中上游烟区<br>Tobacco-growing areas in the upper reaches of the Yangtze River | 20.26±1.01 <sup>a</sup>                           | 16.52±0.71 <sup>b</sup> | 13.68±1.01 <sup>b</sup> | 222.63±6.02 <sup>a</sup>                           | 206.25±18.54 <sup>a</sup> | 204.63±3.09 <sup>a</sup>  |

注: 同列小写字母表示  $P\leq 0.05$  达到显著水平。

Note: lower case letters in the same column indicate significant difference at the 0.05 level.

### 2.4 焦油、氢氰酸释放量多重比较分析

为了比较不同区域间焦油、氢氰酸释放量在区域、部位间的差异,进一步对两者进行了多重比较,结果见表 4 和图 1。由表 4 可知,在同一部位下氢氰酸释放量在烟叶种植区域间差异不显著,中、下部烟叶焦油释放量均已黄淮烟区最高,显著高于其他植烟区域,而东南烟区、西南烟区、长江中上游烟区之间差异不显著(北方烟区仅一套样本),上部

叶焦油释放量区域间差异不显著。由图 1 可以看出,上部叶氢氰酸释放量显著 ( $P<0.05$ ) 高于中部叶和下部叶,而中部叶和下部叶之间氢氰酸释放量差异不显著;上、中、下 3 个部位间焦油释放量均存在显著性的差异 ( $P<0.05$ ),即上部叶显著高于中部叶,中部叶显著高于下部叶。因此,氢氰酸释放量在区域间差异不明显,其释放量的差异主要表现为部位间差异,主要是上部烟叶与中下部烟叶之间存

在显著的差异；焦油释放量区域间以黄淮烟区释放量相对较高，显著高于其他植烟区域，同时焦油释

放量在部位间存在显著差异，表现为自上而下显著降低的趋势。

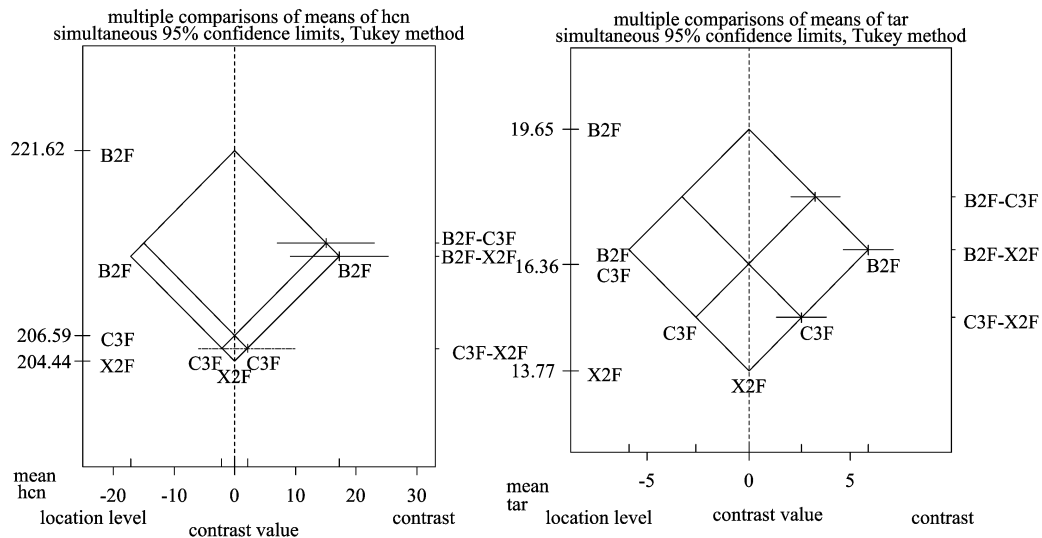


图 1 不同部位焦油与氢氰酸释放量方差分析对比

Figure 1 Contrast analysis of tar and HCN yields based on locations of flue-cured tobacco

### 3 结论

通过对不同区域、不同部位烟叶样品焦油和氢氰酸释放量的差异分析，可以看出焦油和氢氰酸释放量均在烟叶部位间表现出显著差异，均表现出上部烟叶显著高于中部烟叶，中部烟叶显著高于下部烟叶的部位特征。

焦油释放量在区域间差异显著，其中黄淮烟区中下部烟叶焦油释放量显著高于其他烟区，而其它烟区之间差异不显著；但是氢氰酸释放量在区域间差异不显著，此结论与蒯雁等研究认为氢氰酸区域间存在显著差异不同，不能排除样品来源带来的差异，因此，氢氰酸区域间差异有待进一步深入分析。

区域、部位和基因型间三因素交互作用对于氢氰酸和焦油释放量影响并未达到显著水平，综合分析结果，影响氢氰酸和焦油释放量的主要因素可以理解为烟叶的部位占主导作用，但是本研究不排除区域、基因型对焦油和氢氰酸释放量的影响作用。

由于焦油、氢氰酸释放量不仅受到烟叶产地、部位、品种等因素的影响，同时还有烟叶内在化学成分含量、燃烧状态、物理特性等因素影响，因此，对于焦油和氢氰酸释放量的研究需要综合考虑进一步深入研究。

### 参考文献:

[1] 黎妍妍, 李锡宏, 王林, 等. 富硒烟叶对烟气有害成分释放量作用分析[J]. 中国烟草学报, 2013(2): 7-11.

[2] 李斌. 氮肥形态配比对烤烟焦油释放量影响的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.

[3] 王唯唯, 赵铭钦, 周伏叶, 等. 河南烟区烤烟焦油量的空间分布及与化学成分的关系[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2014(6): 604-607.

[4] 黄朝章, 蔡国华, 赵艺强, 等. 单料烟主流烟气 HCN 与烟叶常规化学成分的相关性[J]. 烟草科技, 2013(2): 62-64.

[5] 蔡长春, 李进平, 李锡宏, 等. 烤烟化学成分与焦油的相关性分析[J]. 浙江农业科学, 2014(12): 1902-1905.

[6] 舒俊生, 姚忠达, 郭东锋. 烤烟常规化学成分与烟气成分关系分析[J]. 安徽农业大学学报, 2013, 40(1): 149-154.

[7] 郭东锋, 姚忠达, 舒俊生. 烤烟淀粉含量与卷烟主流烟气常规指标关系分析[J]. 中国烟草学报, 2013, 19(3): 7-10.

[8] 郑宏伟, 刘新建, 崔伟, 等. 天门冬氨酸热裂解行为对卷烟烟气成分的影响[J]. 湖北农业科学, 2014(9): 2149-2152.

[9] 王晶, 胡立中, 朱栋梁, 等. 烟叶中游离态氨基酸与卷烟主流烟气中氢氰酸的相关关系[J]. 光谱实验室, 2012, 29(6): 3793-3797.

[10] 胡海洲, 姚忠达, 舒俊生, 等. 烤烟淀粉含量对主流烟气成分的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2014(2): 329-332.

[11] 郭东锋, 姚忠达, 汪季涛, 等. 烤烟烟叶常规化学成分与主流烟气成分的关系[J]. 烟草科技, 2013(2): 46-51.

[12] 郝菊芳, 郭吉兆, 谢复炜, 等. 不同裂解条件对天冬酰胺主要裂解产物的影响[J]. 分析测试学报, 2013(5): 519-526.

[13] 陈敏, 郭吉兆, 郑赛晶, 等. 烟叶部位、产地与卷烟主流烟气 7 种有害成分释放量关系研究[J]. 中国烟草学报, 2012(5): 16-22.

[14] 王涛, 鲍峰伟, 王刘胜, 等. 卷烟主流烟气七种有害成分释放量与烟叶产地、年份之间的关系[J]. 湖北农业科学, 2014(6): 1330-1333.

[15] 蒯雁, 杜咏梅, 张怀宝, 等. 烤烟主流烟气中氢氰酸释

放量的差异性及其主要影响因素分析[J]. 中国烟草科学, 2014(3): 85-89.

[16] 王彦亭, 谢剑平, 李志宏. 中国烟草种植区划[M]. 北京: 科学出版社, 2010.