

## 烤烟水溶性糖类物质含量与中性致香成分含量的关系

姬小明<sup>1</sup>, 叶金果<sup>2</sup>, 赵铭钦<sup>1\*</sup>, 翟欣<sup>3</sup>, 陈雪<sup>3</sup>, 彭洁<sup>1</sup>

(1.河南农业大学 烟草学院,河南 郑州 450002; 2.安徽中烟工业有限责任公司 芜湖卷烟厂,安徽 芜湖 241002; 3.贵州省烟草公司毕节地区公司,贵州 毕节 551700)

**摘 要:**采用多元统计分析方法,对烤烟 3 种水溶性糖类成分(果糖、葡萄糖、蔗糖)含量与中性致香成分含量进行典型相关分析和简单相关分析。结果表明:烤烟中的葡萄糖、果糖和蔗糖与质体色素类、棕色化产物类、芳香族中性致香成分的第 I 典型相关系数达 1%极显著水平,3 类中性致香成分的第 II 典型相关系数及类西柏烷类的第 I 典型相关系数达到 5%显著水平,其相关性主要表现在巨豆三烯酮 2、巨豆三烯酮 3、 $\beta$ -二氢大马酮、6-甲基-5-庚烯-2-酮、5-甲基糠醛、2-乙酰呋喃、4-乙烯基-2-甲氧基苯酚、6-甲基-5-庚烯-2-醇等与水溶性糖类物质含量的关系密切;水溶性糖类物质含量均与质体色素类、芳香族类和类西柏烷类物质含量呈负相关,与棕色化产物类物质含量呈正相关,烤烟中水溶性还原糖与类西柏烷类和芳香族类致香成分关系密切,其协调性有利于烤烟质量的改善。

**关 键 词:**烤烟;水溶性糖类;中性致香成分;典型相关分析

中图分类号:TS41<sup>+</sup>1

文献标志码:A

文章编号:1007-1032(2012)05-0555-07

### Analysis on the relationship between water-soluble carbohydrate content and neutral aroma ingredients in flue-cured tobacco

Ji Xiao-ming<sup>1</sup>, Ye Jin-guo<sup>2</sup>, Zhao Ming-qin<sup>1</sup>, Zhai Xin<sup>3</sup>, Chen Xue<sup>3</sup>, Peng Jie<sup>1</sup>

(1.College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 2. Wuhu Cigarette Factory of China Tobacco Anhui Industrial Company Limited, Wuhu, Anhui 241002, China; 3.Bijie Branch of Guizhou Tobacco Corporation, Bijie, Guizhou 551700, China)

**Abstract:** Multivariate methods were conducted to determine canonical and simple correlations between the water-soluble carbohydrate (fructose, glucose and sucrose) and the neutral aroma components in flue-cured tobacco. The results indicated that the first canonical correlation between the content of the three tested water-soluble sugars and plastid pigments, browning reaction products, aromatic catabolites aroma components achieved a remarkable level of 1%; the second canonical correlation coefficient of the three neutral aroma components and the first canonical correlation coefficient of cembratriendiol both achieved a remarkable level of 5%. These correlations depended mainly on the correlation between megastigmatrienone 2, megastigmatrienone3,  $\beta$ -dihydrodamascone, 6-methyl-5-hepten-2-one, 5-methyl furfural, 2-acetyl furan, 4-vinyl-2-methoxyphenol, 6-methyl-5-hepten-2-ol and the water-soluble carbohydrate. The water-soluble carbohydrate was negatively correlated with plastid pigments, aromatic catabolites and cembratriendiol, positively correlated with browning reaction products. Water-soluble reducing sugar showed close relationship with cembratriendiol and aroma components from aromatic catabolites, their coordination could be conducive to improving the quality of flue-cured tobacco.

**Key words:** flue-cured tobacco; water-soluble carbohydrate; neutral aroma components; canonical correlation

收稿日期:2012-04-20

基金项目:中国烟草总公司贵州省公司科学研究与技术开发项目(GY2010003)

作者简介:姬小明(1972—),女,河南舞钢人,博士,副教授,主要从事烟草质量评价研究,jxm0371@163.com; \*通信作者, zhaomingqin@126.com

烤烟中的糖类物质和中性致香成分是影响烤烟香吃味的重要因素,两者含量的高低以及相互之间的协调程度对烤烟的质量和品质有很大的影响<sup>[1-2]</sup>。烤烟中的糖类除与氨基酸反应生成糖-氨基酸缩合物外,还可以直接作为某些香味成分的前体物,经热解形成香味物质<sup>[3-5]</sup>。烤烟中性致香成分含量与烤烟香气量和香气质有很大的相关性。烤烟糖类物质和中性致香成分含量受生长环境、栽培措施和品种遗传等因素的影响<sup>[6-7]</sup>。目前,有关烤烟的化学成分与烤烟感官质量、物理特性和外观质量等方面的研究较多<sup>[8-17]</sup>,但有关各类化学成分含量之间关系对烤烟品质的影响的研究较少。笔者对贵州省毕节地区典型烤烟样品的水溶性糖类物质和中性致香成分含量进行测定分析,运用典型相关分析法分析两者之间的关系,并找出显著性指标,旨在为完善烤烟质量评价方法及合理使用烤烟原料提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 烤烟样品的采集

2010年在贵州省毕节地区8个产烟区域(毕节市、大方县、黔西县、金沙县、织金县、纳雍县、威宁县、赫章县)选择有代表性的采样点62个,每个点选取当地10~14叶位的烤烟C3F样品共2.0 kg,由专职评级人员按照“GB2635—92烤烟”标准分级。

采样点确定:结合新一轮毕节烟草区划结果,选取风格特色鲜明、发展潜力大的样品。样品的选择采取点面结合的方式进行。

### 1.2 烤烟样品的测定

烤烟水溶性糖类成分含量采用液相色谱法(HPLC)进行测定。Alliance高效液相色谱仪包括液相分离系统(Waters-515系统),蒸发光散射检测器(Model 400 ELSD, softa corporation)和色谱专用空压机(Ap-Model 2006B,天津市琛航科技仪器有限公司)。分析条件:分析柱,waters carbohydrate柱(3.9 mm×25 mm,10 μm);流动相, $V_{乙腈} : V_{水} = 88 : 12$ ;流速1.0 mL/min;柱温30℃;进样量5 μL;ELSD的漂移管温度50℃(空气作载气)。

烤烟中性致香成分含量采用气相色谱法进行

测定。由GC/MS鉴定结果,并通过NIST库检索定性。采用Trace GC ULTRA-DSQ II型气质联用仪。分析条件:毛细管柱,DB-5MS(30 m×0.25 mm×0.25 μm);载气,He;流速,0.8 mL/min;传输线温度,250℃;离子源温度,280℃。升温程序:初温30℃,保持2 min后以20℃/min速率升到60℃,以2℃/min升到180℃,保持2 min,以10℃/min速度升到280℃,保持20 min。分流比为10:1;进样量为2 μL,电离能为70 eV;质量数范围50~500 amu;MS谱库,NIST08;采用内标法定量。

### 1.3 数据分析处理

按照水溶性糖类物质和中性致香成分的分类进行分类:质体色素类致香成分6-甲基-5-庚烯-2-酮( $x_1$ )、氧化异佛尔酮( $x_2$ )、β-二氢大马酮( $x_3$ )、β-大马酮( $x_4$ )、香叶基丙酮( $x_5$ )、β-紫罗兰酮( $x_6$ )、二氢猕猴桃内酯( $x_7$ )、巨豆三烯酮1( $x_8$ )、巨豆三烯酮2( $x_9$ )、巨豆三烯酮3( $x_{10}$ )、3-羟基-β-二氢大马酮( $x_{11}$ )、巨豆三烯酮4( $x_{12}$ )、新植二烯( $x_{13}$ )、法尼基丙酮( $x_{14}$ )为一组变量;棕色化产物类致香成分糠醛( $y_1$ )、糠醇( $y_2$ )、2-乙酰呋喃( $y_3$ )、5-甲基糠醛( $y_4$ )、2-乙酰基吡咯( $y_5$ )为一组变量;芳香族类致香成分苯甲醇( $z_1$ )、苯乙醛( $z_2$ )、芳樟醇( $z_3$ )、苯乙醇( $z_4$ )、苯甲醛( $z_5$ )为一组变量;西柏烷类及其他致香成分6-甲基-5-庚烯-2-醇( $w_1$ )、3,4-二甲基-2,5-呋喃二酮( $w_2$ )、4-乙氧基-2-甲氧基苯酚( $w_3$ )、茄酮( $w_4$ )、螺岩兰草酮( $w_5$ )为一组变量;水溶性糖类物质果糖( $t_1$ )、葡萄糖( $t_2$ )、蔗糖( $t_3$ )为一组变量。采用DPS6.65和SPSS14.0软件进行数据相关分析<sup>[18-20]</sup>。

典型相关分析的步骤如下:使用软件,将水溶性糖类物质变量分别与其他4组中性致香成分变量进行分析,获得3组典型相关系数及其对应的显著性检验结果。计算具有显著性的几对典型变量特征根的贡献率,考察其是否能够有效地反映水溶性糖类物质含量与各组中性致香成分含量的相关关系<sup>[21]</sup>。

对筛选出的典型变量进行分析,采用标准化变量的典型相关变量的系数给出典型相关模型,即标准化典型系数 $m_i$ 和 $l_i$ ,并计算出原始变量与典型变量之间的相关系数(典型负载系数) $r_{ui}$ 和 $r_{vi}$ ,确定各变量的影响水平,获得典型变量结构式。

最后由各对典型变量( $u_m, v_m$ )与原始数据 ( $x_i, y_i, z_i, w_i, t_i$ ) 的相关系数( $r_{ui}$ )筛选出相关程度高的原始变量,  $u_m$  和  $v_m$  便可以理解为描述这些原始变量的综合性状。这对典型变量的线性组合也主要由具有代表性的原始变量起主要作用, 即可以作为烤烟糖类物质与相关类别中性香气成分分析的指标。

## 2 结果与分析

### 2.1 烤烟水溶性糖类物质含量与中性致香成分含量的典型相关分析

#### 2.1.1 烤烟水溶性糖类物质含量与质体色素类物质含量的典型相关分析

由表 1 可知, 第 I 组和第 II 组典型变量的相关系数均达到显著水平以上。这 2 组典型变量所包含的相关信息占 2 组变量间总信息的 90.32%, 能够有效的解释和反映烤烟水溶性糖类物质含量与质体色素类物质含量之间的相关关系。

表 1 烤烟中的水溶性糖类物质含量与质体色素类物质含量的典型相关分析结果

Table 1 Canonical correlation between contents of water-soluble carbohydrate and plastid pigments in flue-cured tobacco

| 典型变量 | 典型相关系数    | Wilk's  | 卡方值      | 自由度 | P       |
|------|-----------|---------|----------|-----|---------|
| I    | 0.825 2** | 0.072 1 | 70.986 8 | 42  | 0.003 4 |
| II   | 0.761 1*  | 0.226 1 | 40.139 7 | 26  | 0.037 8 |
| III  | 0.680 1   | 0.537 5 | 16.761 9 | 12  | 0.158 8 |

由表 2、表 3 可得, 第 I 典型变量结构式如下:

$$u_1 = -0.161x_1 + 0.722x_2 - 0.869x_3 + 0.263x_4 - 0.675x_5 + 0.372x_6 + 0.09x_7 + 0.138x_8 + 0.601x_9 + 0.459x_{10} + 0.042x_{11} - 0.165x_{12} + 0.086x_{13} - 0.186x_{14}; v_1 = 0.084t_1 - 0.844t_2 - 0.472t_3。$$

$u_1$  与巨豆三烯酮 2( $x_9$ )和巨豆三烯酮 3( $x_{10}$ )含量存在较高的正相关,  $v_1$  与葡萄糖( $t_2$ )和蔗糖( $t_3$ )含量存在较高的负相关。由此可知, 烤烟巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 3 含量与葡萄糖和蔗糖含量关系密切, 可以作为烤烟糖类物质与质体色素类中性香气成分分析的指标。典型相关系数平方(0.681 0)表明, 第 I 典型变量之间的共享方差为 68.10%。

第 II 典型变量结构式为:

$$u_2 = 0.499x_1 - 0.158x_2 + 0.415x_3 + 0.173x_4 - 0.054x_5 + 0.207x_6 - 0.499x_7 - 0.117x_8 - 0.211x_9 + 1.551x_{10} + 0.153x_{11} - 1.030x_{12} + 0.110x_{13} - 0.586x_{14}; v_2 = -0.598t_1 - 0.159t_2 + 0.724t_3。$$

表 2 质体色素类物质含量与典型变量间的标准化典型系数和典型负载系数

Table 2 Standardized coefficient and canonical loading between the canonical correlation variables and contents of plastid pigments

| 变量       | 典型变量 I |          | 典型变量 II |          |
|----------|--------|----------|---------|----------|
|          | $m_i$  | $r_{ui}$ | $m_i$   | $r_{ui}$ |
| $x_1$    | -0.161 | 0.04     | 0.499   | 0.388    |
| $x_2$    | 0.722  | 0.484    | -0.158  | -0.016   |
| $x_3$    | -0.869 | 0.061    | 0.415   | 0.417    |
| $x_4$    | 0.263  | 0.121    | 0.173   | 0.376    |
| $x_5$    | -0.675 | -0.175   | -0.054  | -0.021   |
| $x_6$    | 0.372  | 0.050    | 0.207   | -0.056   |
| $x_7$    | 0.090  | 0.311    | -0.499  | -0.198   |
| $x_8$    | 0.138  | 0.311    | -0.117  | -0.014   |
| $x_9$    | 0.601  | 0.519    | -0.211  | 0.289    |
| $x_{10}$ | 0.459  | 0.516    | 1.551   | 0.303    |
| $x_{11}$ | 0.042  | 0.089    | 0.153   | -0.080   |
| $x_{12}$ | -0.165 | 0.454    | -1.030  | 0.147    |
| $x_{13}$ | 0.086  | 0.197    | 0.110   | 0.089    |
| $x_{14}$ | -0.186 | 0.130    | -0.586  | -0.377   |

表 3 水溶性糖类物质含量与典型变量间的标准化典型系数和典型负载系数

Table 3 Standardized coefficient and canonical loading between the canonical correlation variables and contents of water-soluble carbohydrate

| 变量    | 典型变量 I |          | 典型变量 II |          |
|-------|--------|----------|---------|----------|
|       | $l_i$  | $r_{vi}$ | $l_i$   | $r_{vi}$ |
| $t_1$ | 0.084  | -0.549   | -0.598  | -0.716   |
| $t_2$ | -0.844 | -0.878   | -0.159  | -0.458   |
| $t_3$ | -0.472 | -0.645   | 0.724   | 0.690    |

$u_2$  与  $\beta$ -二氢大马酮( $x_3$ )和 6-甲基-5-庚烯-2-酮( $x_1$ )存在较高的正相关;  $v_2$  与果糖( $t_1$ )和蔗糖( $t_3$ )存在较高的正相关, 即烤烟  $\beta$ -二氢大马酮和 6-甲基-5-庚烯-2-酮含量与果糖和蔗糖含量关系密切, 可以作为烤烟糖类物质与质体色素类中性香气成分分析的指标。典型相关系数平方(0.579 3)表明, 第 II 典型变量之间的共享方差为 57.93%。

#### 2.1.2 烤烟水溶性糖类物质含量与棕色化产物类物质含量的典型相关分析结果

由表 4 可知, 第 I 组和第 II 组典型变量的相关系数均达到了显著水平以上, 这 2 组典型变量所包含的相关信息占 2 组变量间总信息的 85.50%, 因此选择对这 2 组典型变量进行分析。

表 4 烤烟水溶性糖类物质含量与棕色化产物类物质含量的典型相关分析结果

Table 4 Canonical correlation between contents of water-soluble carbohydrate and browning reaction in flue-cured tobacco

| 典型变量 | 典型相关系数    | Wilk's  | 卡方值      | 自由度 | P       |
|------|-----------|---------|----------|-----|---------|
| I    | 0.627 3** | 0.360 0 | 32.184 7 | 15  | 0.006 1 |
| II   | 0.546 2*  | 0.593 5 | 16.434 6 | 8   | 0.036 6 |
| III  | 0.392 6   | 0.845 9 | 5.272 5  | 3   | 0.152 9 |

从表 5、表 6 中可得,第 I 典型变量结构式为:

$$u_1=0.772y_1-0.517y_2-1.334y_3+0.335y_4+0.709y_5;$$

$$v_1=0.537t_1-0.318t_2-0.876t_3。$$

表 5 棕色化产物类物质含量与典型变量间的标准化典型系数和典型负载系数

Table 5 Standardized coefficient and canonical loading between the canonical correlation variables and contents of browning reaction products

| 变量    | 典型变量 I |          | 典型变量 II |          |
|-------|--------|----------|---------|----------|
|       | $m_i$  | $r_{ui}$ | $m_i$   | $r_{ui}$ |
| $y_1$ | 0.772  | -0.360   | -1.530  | 0.033    |
| $y_2$ | -0.517 | -0.260   | 0.894   | 0.276    |
| $y_3$ | -1.334 | -0.506   | 1.050   | 0.356    |
| $y_4$ | 0.335  | 0.550    | -0.015  | 0.116    |
| $y_5$ | 0.709  | 0.401    | 0.552   | 0.781    |

表 6 水溶性糖类物质含量与典型变量间的标准化典型系数和典型负载系数

Table 6 Standardized coefficient and canonical loading between the canonical correlation variables and contents of water-soluble carbohydrate

| 变量    | 典型变量 I |          | 典型变量 II |          |
|-------|--------|----------|---------|----------|
|       | $l_i$  | $r_{vi}$ | $l_i$   | $r_{vi}$ |
| $t_1$ | 0.537  | 0.270    | 1.018   | -0.129   |
| $t_2$ | -0.318 | -0.120   | -1.554  | -0.675   |
| $t_3$ | -0.876 | -0.932   | 0.494   | 0.166    |

$u_1$  与 5-甲基糠醛( $y_4$ )和 2-乙酰呋喃( $y_3$ )存在较高的相关性, $v_1$  与蔗糖( $t_3$ )存在较高的负相关,即烤烟 5-甲基糠醛和 2-乙酰呋喃含量与蔗糖含量关系密切,可以作为烤烟糖类物质与棕色化产物类中性香气成分分析的指标。典型相关系数平方(0.393 5)表明,第 I 典型变量之间的共享方差为 39.35%。

第 II 典型变量结构式为:

$$u_2=-1.53y_1+0.894y_2+1.05y_3-0.015y_4+0.552y_5;$$

$$v_2=1.018t_1-1.554t_2-0.494t_3。$$

$u_2$  与 2-乙酰基吡咯( $y_5$ )存在较高的正相关, $v_2$  与葡萄糖( $t_2$ )存在较高的负相关。烤烟 2-乙酰基吡

咯与葡萄糖含量关系密切,可以作为烤烟糖类物质与棕色化产物类中性香气成分分析的指标。典型相关系数平方(0.298 3)表明,第 II 典型变量之间的共享方差为 29.83%。

2.1.3 烤烟水溶性糖类物质含量与芳香族类物质含量的典型相关分析

由表 7 可知,第 I 组和第 II 组典型变量的相关系数均达到了显著水平以上,这 2 组典型变量所包含的相关信息占 2 组变量间总信息的 93.27%,因此选择对前 2 组典型变量进行分析。

表 7 烤烟水溶性糖类物质含量与芳香族类物质含量的典型相关分析结果

Table 7 Canonical correlation between contents of water-soluble carbohydrate and aromatic catabolites in flue-cured tobacco

| 典型变量 | 典型相关系数    | Wilk's  | 卡方值      | 自由度 | P       |
|------|-----------|---------|----------|-----|---------|
| I    | 0.676 7** | 0.308 7 | 37.025 9 | 15  | 0.001 3 |
| II   | 0.609 6*  | 0.569 5 | 17.736 0 | 8   | 0.023 3 |
| III  | 0.306 3   | 0.906 2 | 3.103 9  | 3   | 0.375 9 |

从表 8、表 9 中可得,第 I 典型变量结构式为:

$$u_1=0.951z_1+1.358z_2+0.074z_3+0.712z_4-0.53z_5;$$

$$v_1=-0.112t_1-0.84t_2-0.241t_3。$$

表 8 芳香族类物质含量与典型变量间的标准化典型系数和典型负载系数

Table 8 Standardized coefficient and canonical loading between the canonical correlation variables and contents of aromatic catabolites

| 变量    | 典型变量 I |          | 典型变量 II |          |
|-------|--------|----------|---------|----------|
|       | $m_i$  | $r_{ui}$ | $m_i$   | $r_{ui}$ |
| $z_1$ | -0.951 | 0.275    | 0.884   | 0.081    |
| $z_2$ | 1.358  | 0.823    | 0.121   | 0.360    |
| $z_3$ | 0.074  | 0.154    | -0.660  | -0.178   |
| $z_4$ | 0.712  | 0.367    | -1.342  | -0.141   |
| $z_5$ | -0.530 | 0.244    | 1.028   | 0.562    |

表 9 水溶性糖类物质含量与典型变量间的标准化典型系数和典型负载系数

Table 9 Standardized coefficient and canonical loading between the canonical correlation variables and contents of water-soluble carbohydrate

| 变量    | 典型变量 I |          | 典型变量 II |          |
|-------|--------|----------|---------|----------|
|       | $l_i$  | $r_{vi}$ | $l_i$   | $r_{vi}$ |
| $t_1$ | -0.112 | -0.741   | 0.587   | -0.068   |
| $t_2$ | -0.840 | -0.973   | -0.876  | -0.229   |
| $t_3$ | -0.241 | -0.413   | 1.010   | 0.831    |

$u_1$  与苯乙醛( $z_2$ )存在较高的正相关, $v_1$  与葡萄糖

( $t_2$ )和果糖( $t_1$ )存在较高的负相关。烤烟苯乙醛含量与葡萄糖和果糖含量关系密切,可以作为烤烟糖类物质与芳香族类中性香气成分分析中的指标。典型相关系数平方(0.457 9)表明,第 I 典型变量之间的共享方差为 45.79%。

第 II 典型变量结构式为:

$$u_2=0.884z_1+0.121z_2-0.66z_3-1.342z_4+1.028z_5;$$

$$v_2=0.587t_1-0.876t_2+1.01t_3。$$

$u_2$ 与苯甲醛( $z_5$ )存在较高的正相关, $v_2$ 与蔗糖( $t_2$ )存在较高的正相关,即苯甲醛与蔗糖含量可以作为烤烟糖类物质与芳香族类中性香气成分分析中的指标。典型相关系数平方(0.368 3)表明,第 II 典型变量之间的共享方差为 36.83%。

### 2.1.4 烤烟水溶性糖类物质含量与类西柏烷类及其他物质含量的典型相关分析结果

由表 10 可知,第 I 组典型变量的相关系数达到了显著水平。这组变量所包含的相关信息占两组变量间总信息的 68.87%,因此选择对第 I 组典型变量进行分析。

表 10 烤烟水溶性糖类物质含量与类西柏烷类及其他致香物质含量的典型相关分析结果

Table 10 Canonical correlation between contents of water-soluble carbohydrate and cembratriendiol and other aroma in flue-cured tobacco

| 典型变量 | 典型相关系数   | Wilk's  | 卡方值      | 自由度 | P       |
|------|----------|---------|----------|-----|---------|
| I    | 0.654 2* | 0.419 9 | 27.336 7 | 15  | 0.026 1 |
| II   | 0.438 3  | 0.734 1 | 9.738 1  | 8   | 0.283 9 |
| III  | 0.302 3  | 0.908 6 | 3.019 5  | 3   | 0.388 6 |

从表 11、表 12 中可得,第 I 组典型变量结构式为:

$$u_1=0.339w_1+0.32w_2+0.759w_3-0.114w_4-0.313w_5;$$

$$v_1=-0.461t_1-0.296t_2-0.624t_3。$$

表 13 烤烟水溶性糖类物质含量与中性致香成分含量间的简单相关系数

Table 13 Correlation analysis on water-soluble carbohydrate and neutral aroma components in flue-cured tobacco

| 成分     | 相关系数    |       |        |         |         |              |
|--------|---------|-------|--------|---------|---------|--------------|
|        | 葡萄糖     | 蔗糖    | 质体色素类  | 芳香族类    | 棕色化产物类  | 类西柏烷类及其他致香成分 |
| 果糖     | 0.749** | 0.033 | -0.111 | -0.118  | 0.002   | -0.400*      |
| 葡萄糖    |         | 0.233 | -0.187 | -0.359* | 0.022   | -0.396*      |
| 蔗糖     |         |       | -0.078 | -0.191  | 0.226   | -0.070       |
| 质体色素类  |         |       |        | 0.519** | 0.234   | 0.176        |
| 芳香族类   |         |       |        |         | 0.504** | 0.150        |
| 棕色化产物类 |         |       |        |         |         | 0.214        |

$u_1$ 与 4-乙炔基-2-甲氧基苯酚( $w_3$ )和 6-甲基-5-庚烯-2-醇( $w_1$ )存在较高的正相关, $v_1$ 与葡萄糖( $t_2$ )、蔗糖( $t_3$ )和果糖( $t_1$ )存在较高的负相关。烤烟 4-乙炔基-2-甲氧基苯酚和 6-甲基-5-庚烯-2-醇含量与葡萄糖、蔗糖和果糖含量可以作为烤烟糖类物质与类西柏烷类中性香气成分分析中的指标。典型相关系数平方(0.428 0)表明,第 I 典型变量之间的共享方差为 42.80%。

表 11 类西柏烷类物质含量与典型变量间的标准化典型系数和典型负载系数

Table 11 Standardized coefficient and canonical loading between the canonical correlation variables and contents of cembratriendiol and other aroma

| 变量    | 典型变量 I |          |
|-------|--------|----------|
|       | $m_i$  | $r_{ui}$ |
| $w_1$ | 0.339  | 0.775    |
| $w_2$ | 0.320  | 0.544    |
| $w_3$ | 0.759  | 0.849    |
| $w_4$ | -0.114 | 0.507    |
| $w_5$ | -0.313 | 0.072    |

表 12 水溶性糖类物质含量与典型变量间的标准化典型系数和典型负载系数

Table 12 Standardized coefficient and canonical loading between the canonical correlation variables and contents of water-soluble carbohydrate

| 变量    | 典型变量 I |          |
|-------|--------|----------|
|       | $l_i$  | $r_{vi}$ |
| $t_1$ | -0.461 | -0.704   |
| $t_2$ | -0.296 | -0.787   |
| $t_3$ | -0.624 | -0.709   |

### 2.2 烤烟水溶性糖类物质含量与中性致香成分含量间的相关分析结果

由表 13 可知,果糖与葡萄糖呈极显著正相关,

并且其相关系数最大,相关性最高。果糖、葡萄糖和蔗糖与中性致香成分的相关性一致,与棕色化产物类呈正相关,与另外三类致香成分呈负相关,其中果糖和葡萄糖与类西柏烷类及其他致香成分达到显著水平,葡萄糖与芳香族类达到显著水平。

### 3 结论与讨论

本研究结果表明,糖与质体色素类物质含量中有2组典型变量系数达到显著水平以上,其中巨豆三烯酮2和巨豆三烯酮3含量与葡萄糖和蔗糖含量关系密切, $\beta$ -二氢大马酮和6-甲基-5-庚烯-2-酮含量在一定范围内变化对烤烟果糖和蔗糖有一定影响。糖类与质体色素类含量呈一定的负相关性,这与邵惠芳等<sup>[22]</sup>的研究结果一致。韩富根等<sup>[23]</sup>认为随着烟叶成熟度的提高,糖类和类胡萝卜素类总量均有一定幅度的升高。烤烟中的糖与氨基酸发生非酶棕色化反应,形成的产物既具有香气,而且对烤烟的色泽也有很大的影响。糖与棕色化产物类物质关系中,5-甲基糠醛和2-乙酰呋喃含量与蔗糖含量关系密切;葡萄糖是美拉德反应的前体物,其产生的香气物质对烟香气味有重要的贡献。在烟叶的成熟过程中,干物质的消耗大于积累,使得棕色化类中性致香成分含量相对有所提高,这与赵铭钦<sup>[24]</sup>、韩富根等<sup>[23]</sup>的研究结果一致。

糖与芳香族类物质含量关系中,苯乙醛的含量在第I典型变量中与葡萄糖和果糖含量关系密切;苯甲醛与蔗糖含量关系较为密切,并呈负相关。糖与类西柏烷类及其他物质含量关系中,4-乙烯基-2-甲氧基苯酚和6-甲基-5-庚烯-2-醇含量与水溶性糖类含量呈显著负相关。在简单相关分析结果中,葡萄糖含量与芳香族类含量呈显著负相关,果糖和葡萄糖与类西柏烷类及其他物质的相关程度均达到显著水平,这与张小兵等<sup>[25-26]</sup>的研究结果相似。

水溶性糖类和中性致香成分是烤烟香吃味形成的关键因素,两者关系密切,对提高烟叶内在品质的协调性和工业可用性具有重要的影响。通过典

型相关分析获得烤烟糖类成分和中性香气成分这两类物质的相互协调性关系,有助于对烤烟质量进行综合评价和对优质烤烟特征成分的进一步研究。

### 参考文献:

- [1] 王瑞新.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003:16-34.
- [2] 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):9-15,22.
- [3] 史宏志,刘国顺.烟草香味学[M].北京:中国农业出版社,1998:56-82.
- [4] 左天觉.烟草的生产、生理和生物化学[M].上海:上海远东出版社,1993:115-138.
- [5] 许自成,郑聪,李丹丹,等.烤烟钾含量与主要挥发性香气物质及感官质量的关系分析[J].河南农业大学学报,2009,43(4):354-358.
- [6] 周冀衡,朱小平,王彦亭,等.烟草生理与生物化学[M].合肥:中国科技大学出版社,1996:258-266.
- [7] Weeks W W. Chemistry of tobacco constituents influencing flavor and aroma[J]. Rec Adv Tob Sci, 1986(11):175-200.
- [8] 邓小华,周冀衡,陈冬林,等.烤烟烟气粒相组分与评吸质量的关系[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2008,34(1):29-32.
- [9] 秦松,王正银,石俊雄,等.贵州省不同香气类型烟叶质量特征研究[J].中国农业科学,2006,39(11):2319-2326.
- [10] 王能如,李章海,王冬胜,等.我国烤烟主体香味成分研究初报[J].中国烟草科学,2009,3(3):1-6.
- [11] 杨虹琦,周冀衡,杨述元,等.不同产区烤烟中主要潜香型物质对评吸质量的影响研究[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2005,31(1):11-14.
- [12] 汤朝起,王平,窦玉青,等.河南烤烟主要化学成分与吸食品质的关系[J].中国烟草科学,2009,30(5):41-45,49.
- [13] 王允白,王保华,郭承芳,等.影响烤烟品质吸质量的主要化学成分研究[J].中国农业科学,1998,31(1):89-91.
- [14] 李朝建,李晓刚.烤烟主要化学成分与吸味品质的相关性[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2009,35(3):252-256.
- [15] 李东亮,张水成,许自成.烤烟不同部位烟叶主要化学成分与叶长的关系[J].作物学报,2008,34(5):914-918.

- [16] 高家合, 秦西云, 谭仲夏, 等. 烟叶主要化学成分对呼吸质量的影响[J]. 山地农业生物学报, 2004, 23(6): 497-501.
- [17] 彭新辉, 易建华, 周清明, 等. 同部位不同等级烤烟的色泽和化学成分及其关系[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2008, 34(1): 39-43.
- [18] 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.
- [19] 唐启义, 冯明光. 使用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 358-443.
- [20] 张文彤, 董伟. SPSS 统计分析高级教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 278-289.
- [21] 叶协锋, 刘国顺, 凌爱芬, 等. 烤烟巨豆三烯酮含量与土壤理化性状的典型相关分析[J]. 生态学报, 2009, 29(8): 4223-4230.
- [22] 邵惠芳, 许自成, 李东亮, 等. 烤烟还原糖含量与主要挥发性香气物质及感官质量关系的统计学分析[J]. 中国烟草学报, 2011(17): 8-9, 17.
- [23] 韩富根, 王校辉, 张凤侠, 等. 不同成熟度对延边烤烟主要化学成分和香气质量的影响[J]. 河南农业大学学报, 2009, 43(1): 30-34.
- [24] 赵铭钦. 卷烟调香学[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 90-105.
- [25] 赵铭钦, 赵辉, 王文基, 等. 不同基因型烤烟化学成分和致香物质间的相关和通径分析[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(3): 7-12.
- [26] 张小兵, 卢秀萍, 许自成, 等. 不同基因型烤烟化学成分与中性香气成分含量的相关分析[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(31): 9947-9948, 9950.

责任编辑: 杨盛强

(上接第 541 页)

- [12] Maria H Z, Michaloudi E, Bobori D C, et al. Zooplankton abundance in the Aliakmon river, Greece[J]. Belg J Zool, 2000, 130(Supple 1): 29-33.
- [13] Wang S B, Xie P, Wu S K, et al. Crustacean zooplankton distribution patterns and their biomass as related to trophic indicators of 29 shallow subtropical lakes[J]. Limnologia, 2007, 37: 242-249.
- [14] 刘冬燕. 苏州河浮游生物群落特征及动态变化可持续发展[M]. 经济与环境: 下册. 上海: 同济大学出版社, 2005: 125-130.
- [15] 田洁莉, 李庆东, 刘万学, 等. 龙头桥水库浮游生物状况调查[J]. 黑龙江水产, 2008(4): 37-43.
- [16] 杨文生, 张玉, 王志新, 等. 内蒙古乌兰诺尔湖浮游生物的调查研究[J]. 内蒙古农业大学学报, 2008, 29(2): 8-11.
- [17] 刘年猛, 黄琼瑶, 胡自强, 等. 湘江长沙段洲滩钉螺防治后的种群动态[J]. 水生生物学报, 2009, 33(6): 1145-1151.
- [18] 秦普丰, 雷鸣, 郭雯, 等. 湘江湘潭段水环境主要污染物的健康风险评估[J]. 环境科学研究, 2008, 21(4): 190-195.
- [19] 朱毅. 湘江流域水资源安全问题分析[J]. 水资源调度与利用, 2009(4): 35-43.
- [20] Serra T, Colomen J, Baserba C, et al. Quantified distribution of diatoms during the stratified period of Boadella reservoir[J]. Hydrobiologia, 2002, 589: 235-244.
- [21] 王家楫. 中国淡水轮虫志[M]. 北京: 科学出版社, 1961.
- [22] 胡鸿均, 魏印心. 中国淡水藻类系统分类及生态[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005.
- [23] 韩茂森, 束蕴芳. 中国淡水生物图谱[M]. 北京: 海洋出版社, 1995.
- [24] 张觉民, 何志辉. 内陆水域渔业自然资源调查手册[K]. 北京: 中国农业出版社, 1991.
- [25] Sun J, Liu D Y, Xu J, et al. The netz-phytoplankton community of the Central Bohai Sea and its adjacent waters in spring 1999 [J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(9): 2003-2016.
- [26] 刘丽, 廖伏初, 邓时铭, 等. 湘江干流水体无机氮污染现状分析[J]. 环境保护科学, 2011, 37(2): 14-33.

责任编辑: 王赛群