

## 烤烟钾、氯质量分数及钾氯比 对致香物质含量的影响

李湘伟, 谢新乔, 杨继周, 陆俊平, 宛祥, 田阳阳, 田育天,  
王正旭, 邓邵文, 胡保文, 朱云聪  
(红塔烟草(集团)有限责任公司 原料部, 云南 玉溪 653100)

**摘要:** 为探究烟叶中钾、氯质量分数及钾氯比对致香物质含量的影响, 以玉溪烟区塔甸镇初烤烟叶样品为材料, 运用相关性分析、作图法和多重比较等方法分析钾、氯质量分数及钾氯比与 38 种致香物质的相互关系. 结果表明, 烟叶中氯质量分数在适宜范围内 (0.3% ~ 0.8%), 提高了烤烟钾质量分数, 增加致香物质的总量 (除新植二烯外), 尤其对苯丙氨酸、类胡萝卜素和西柏烷降解产物等致香物质含量的增加较为明显. 此外, 钾氯比的适宜范围为 6 ~ 15.

**关键词:** 烤烟; 钾; 氯; 钾氯比; 致香物质

**中图分类号:** S572 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674 - 5639 (2021) 06 - 0031 - 09

**DOI:** 10.14091/j.cnki.kmxyxb.2021.06.006

### Effects of Potassium Chlorine Quality Scores and Potassium-Chlorine Ratio on Aroma Content in Flue-cured Tobacco

LI Xiangwei, XIE Xinqiao, YANG Jizhou, LU Junping, WAN Xiang, TIAN Yangyang,  
TIAN Yutian, WANG Zhengxu, DENG Shaowen, HU Baowen, ZHU Yuncong

(Tobacco Raw Material Department, Hongta Tobacco (Group) Co., Ltd., Yuxi, Yunnan, China 653100)

**Abstract:** In order to explore the effects of Potassium Chlorine quality scores and Potassium-Chlorine ratio on aroma content in flue-cured tobacco, taking the sample of flue-cured tobacco leaves from Tadian county, Yuxi tobacco area as the material, the correlation analysis, mapping and multiple comparison were used to analyze the relationship between potassium, chlorine, potassium chloride ratio and 38 aroma components. The results showed that Chlorine content in tobacco leaves in an appropriate range (0.3%—0.8%) can increase potassium content in flue-cured tobacco and the total amount of aroma substances (except neophytadiene), especially the obvious increasing of the aroma content in degradation products of phenylalanine, carotenoid, and Cyperane. In addition, the appropriate potassium-chlorine ratio is 6—15.

**Key words:** flue-cured tobacco; potassium; chlorine; potassium chlorine ratio; aromatic components

烟草是一种喜钾忌氯作物, 而钾和氯又是烟草生长发育的必需营养元素, 也是公认的品质元素<sup>[1]</sup>. 此外, 二者的比值通常是衡量烟叶燃烧性及内在质量好坏的重要指标. 钾不仅是烟草吸收量最大的营养元素<sup>[2]</sup>, 还是影响烟叶产量和品质形成的重要因素<sup>[3]</sup>. 钾能改善烟叶结构、颜色, 增

进香气、吃味, 降低烟气有害成分, 使烤烟香气足、燃烧性好, 以及富有弹性和韧性, 因此钾对提高烟叶可用性具有重要作用<sup>[4-5]</sup>.

氯是烟草生长中不可替代的一种微量元素, 适当的氯能增加细胞膨压而提高烟草的抗旱能力, 并减少因干旱而造成的叶片枯斑. 此外,

收稿日期: 2021 - 06 - 24

基金项目: 红塔烟草(集团)有限责任公司资助项目“玉溪烟区烟叶产质量预测模型的构建及应用”(S-6019001).

作者简介: 李湘伟(1984—), 男, 河北沧州人, 农艺师, 硕士研究生, 主要从事烟草栽培与品质研究.

研究<sup>[6]</sup>表明, 适量施氯能减少烟叶中烟碱和总氮的含量, 增加总糖和还原性糖, 起到改善吃味的作用.

烟草的致香物质是形成卷烟香气风格的基础, 其含量虽然很少, 但其组分、比例及相互作用对烤烟香气和香气量的形成至关重要. 目前, 关于烤烟钾、氯质量分数(含量, 下同)及钾氯比与烟叶质量关系的研究已有许多报道<sup>[7-10]</sup>, 但研究大多集中于产值、产量、物理性状、化学成分, 以及感官质量等方面, 而其对烟叶致香物质影响的报道却较少. 玉溪烟叶不仅是全国清甜香型的典型代表, 还是红塔集团高端原料生产基地. 为此, 本试验以玉溪烟区的58份初烤烟叶样品为材料, 系统地分析了烤烟钾、氯质量分数及钾氯比与致香物质的关系, 以期进一步筛选出在烤烟氯质量分数的适宜范围及适宜的钾氯比, 为生产出吃味醇和、口感舒适的优质烟叶提供参考.

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验样品为2019年工商交接的58份初烤烟叶, 产地均为云南省玉溪市峨山县塔甸镇, 品种为NC297, 是该镇的主栽品种, 部位均为中部叶.

### 1.2 试验设计

按照玉溪市工商交接初烤烟叶测定的钾、氯质量分数以及钾氯比的数据, 将相近的钾氯比初烤烟叶混合, 组成一个小样, 58份初烤烟叶共组合成12个混合样品, 处理分别为JL1~JL12, 每个混合样品的质量均为1 kg. 样品等级按照《烤烟》(GB

2635—1992)标准, 由具备资质的专业检测机构进行检测, 测定项目为烟叶中钾、氯质量分数及致香物质.

### 1.3 测量方法

测量方法及检测单位列于表1.

表1 各指标测量方法

检测单位	测定指标	测定方法
云南佳汇检测技术有限公司	K	《烟草及烟草制品 钾的测定: 火焰光度法》(YC/T 173—2003)
	Cl	《烟草及烟草制品 氯的测定: 流动连续法》(YC/T 162—2011)
云南同创检测技术股份公司	致香物质	《烟草及烟草制品 致香成分的测定: 蒸馏萃取-GC/MS》

### 1.4 数据处理

试验数据使用 Excel 2010 进行整理, 采用 SPSS 19.0 软件对数据进行统计分析.

## 2 结果与分析

### 2.1 烟叶钾、氯质量分数及钾氯比描述性统计分析

初烤烟叶中钾、氯质量分数及钾氯比的描述性统计分析见表2和表3. 由表2可知, 烟叶钾、氯质量分数的平均值分别为1.69%和0.26%, 略低于正常范围. 由表3可以看出, 钾氯比的平均值为9.76, 说明塔甸镇的烟叶具有良好的燃烧性. 钾氯比的变异系数最大, 高达84.00%, 可能与氯质量分数的变幅较大有关; 钾的变异系数最小, 说明塔甸镇各村委会烟叶中的钾质量分数比较稳定. 除了钾呈负向偏态峰, 其余二者都为正向偏态峰. 峰度都为平阔峰, 数据相对分散.

表2 烤后烟叶钾、氯质量分数描述性统计

指标	样本数	极小值/%	极大值/%	均值/%	标准差/%	变异系数/%	偏度系数	峰度系数
钾	12	1.27	2.01	1.69	0.21	13.00	-0.69	0.17
氯	12	0.06	0.55	0.26	0.15	58.00	0.92	0.45

表3 烤后烟叶钾氯比描述性统计

指标	样本数	极小值	极大值	均值	标准差	变异系数/%	偏度系数	峰度系数
钾氯比	12	2.96	32.36	9.76	8.17	84.00	2.17	5.43

### 2.2 烟叶致香物质描述性统计分析

由表4可知, 在测定的38种致香物质中, 叶绿

素降解产物和生物碱各有1种, 有机酸类产物有2种, 苯丙氨酸降解产物、西柏烷降解产物各有4种,

棕色化反应产物有 12 种, 类胡萝卜素降解产物类有 14 种. 叶绿素降解产物在各类烟叶致香成分中最高, 西柏烷降解产物次之, 其后依次为类胡萝卜素降解产物、有机酸、苯丙氨酸降解产物、棕色化反应产物, 致香物质含量最低的是生物碱. 在 7 类致香成分中, 生物碱类的变异系数最大, 为 62.50%, 可能与生物碱测定因子数量少有关; 棕色化反应产物的变异系数最小, 为 13.70%, 表明其含量相对稳定. 从偏度系数来看, 类胡萝卜素类和西柏烷类

致香成分是负向偏态峰, 其余 5 类致香成分偏度系数均大于 0, 且为正态偏向峰. 由峰度系数可知, 西柏烷类和生物碱类致香物质为尖峭峰, 其余 5 类均为平阔峰, 前者数据相对集中, 后者较为分散. 此外, 由表 4 还可看出, 新植二烯平均含量最高, 达 404.821  $\mu\text{g/g}$ , 丁内酯最低, 仅为 0.087  $\mu\text{g/g}$ ; 2-环戊烯-1, 4-二酮含量在各村委会中最稳定, 变异系数仅为 9.70%; 面包酮含量则差异较大, 变异系数高达 63.10%.

表 4 烤后烟叶致香成分的描述性统计

致香成分	极小值 $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	极大值 $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	均值 $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	标准差 $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	变异系数/%	偏度系数	峰度系数	
棕色化反应产物	1-戊烯-3-酮	0.154	0.333	0.200	0.055	27.50	1.65	2.27
	3-羟基-2-丁酮	0.178	0.348	0.266	0.051	19.20	-0.12	-0.96
	3-甲基-1-丁醇	0.229	0.738	0.354	0.140	39.50	2.17	5.21
	3-甲基-2-丁烯醛	0.063	0.205	0.129	0.039	30.20	6.700	0.57
	己醛	0.076	0.172	0.095	0.026	27.40	2.82	8.86
	面包酮	0.134	0.580	0.198	0.125	63.10	3.03	9.54
	糠醛	0.915	2.093	1.263	0.324	25.70	1.62	3.25
	糠醇	0.409	0.650	0.486	0.069	14.20	1.11	1.62
	2-环戊烯-1,4-二酮	0.150	0.224	0.185	0.018	9.70	0.28	1.46
	丁内酯	0.066	0.109	0.087	0.015	17.20	0.28	-1.42
	2,6-壬二烯醛	0.189	0.313	0.257	0.040	15.60	-0.35	-0.70
	2,3-二氢苯并呋喃	0.167	0.371	0.236	0.063	26.70	1.25	0.87
	合计	3.083	4.617	3.756	0.513	13.70	0.27	-1.17
	苯丙氨酸降解产物	苯甲醛	0.048	0.142	0.088	0.025	28.70	0.49
苯甲醇		4.374	6.704	5.380	0.716	13.30	0.38	-0.63
苯乙醛		0.651	2.102	1.186	0.471	39.70	0.82	-0.48
苯乙醇		1.343	2.912	2.034	0.523	25.70	0.54	-0.84
合计		6.479	11.644	8.688	1.524	17.50	0.38	-0.39
类胡萝卜素降解产物	芳樟醇	0.178	0.301	0.230	0.039	17.10	0.79	-0.45
	氧化异佛尔酮 + 未知物	0.411	0.745	0.567	0.125	22.10	0.32	-1.32
	$\beta$ -大马酮	3.168	5.254	3.934	0.586	14.90	1.27	1.50
	$\beta$ -二氢大马酮	0.980	1.669	1.330	0.196	14.70	-0.19	-0.38
	香叶基丙酮	0.811	1.208	1.039	0.102	9.80	-0.69	1.54
	$\beta$ -紫罗兰酮 + 未知物	1.507	3.777	2.776	0.710	25.60	-0.44	-0.53
	二氢猕猴桃内酯	0.557	0.780	0.660	0.074	11.30	0.01	-1.14
	巨豆三烯酮 A	1.178	2.370	1.798	0.349	19.40	-0.32	-0.63
	巨豆三烯酮 B	2.823	7.687	5.357	1.529	28.60	-0.14	-0.39
	巨豆三烯酮 C	0.724	1.895	1.306	0.327	25.00	-0.17	-0.04
	巨豆三烯酮 D	2.845	8.168	5.406	1.543	28.50	-0.29	-0.09
	金合欢基丙酮 A	4.501	7.168	6.011	0.736	12.20	-0.50	0.36
	金合欢基丙酮 B	0.124	0.449	0.297	0.105	35.20	-0.12	-0.72
	茄那土酮	0.448	2.044	1.519	0.542	35.70	-1.29	0.57
合计	24.724	41.535	32.228	5.169	16.00	-0.08	-0.59	

续表 4

致香成分		极小值 $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	极大值 $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	均值 $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	标准差 $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	变异系数/%	偏度系数	峰度系数
西柏烷降解产物	寸拜醇	2.777	8.373	5.860	1.834	31.30	-0.57	-0.90
	西柏三烯二醇	1.136	18.439	12.978	5.966	46.00	-1.33	0.48
	降茄二酮	0.332	0.754	0.506	0.128	25.40	0.24	-0.45
	茄酮	7.036	18.776	14.280	3.807	26.70	-1.03	0.13
	合计	11.289	43.459	33.624	11.382	33.90	-1.25	0.31
有机酸	棕榈酸甲酯	0.930	1.690	1.210	0.220	18.00	0.84	0.67
	棕榈酸	4.340	24.400	11.560	5.530	48.00	1.28	1.76
	合计	5.270	25.770	12.760	5.680	44.00	1.21	1.53
叶绿素降解产物	新植二烯	328.081	530.799	404.821	68.653	17.00	1.10	-0.04
	合计	328.081	530.799	404.821	68.653	17.00	1.10	-0.04
生物碱	吡啶	0.107	0.598	0.208	0.130	62.50	2.81	8.84
	合计	0.107	0.598	0.208	0.130	62.50	2.81	8.84

### 2.3 烤烟钾、氯质量分数及钾氯比与致香物质的相关性分析

由表 5 可知, 烤后烟叶中钾质量分数除与新植二烯和有机酸呈显著负相关外, 与其他各类致香物质均呈正相关, 但未达显著程度; 烤后烟叶中氯质量分数除与新植二烯和有机酸呈正相关外, 与其他致香成分呈负相关, 且仅与类胡萝卜素降解产物含量呈显著负相关; 钾氯比除与新植二烯和有机酸呈

负相关外, 与其他致香成分均呈正相关, 但是相关性均未达显著程度。

此外, 7 种致香成分部分之间相关性达到显著与极显著水平, 其中: 苯丙氨酸降解产物含量与类胡萝卜素降解产物含量呈极显著正相关; 新植二烯含量与西柏烷降解产物含量呈极显著负相关, 与有机酸含量呈极显著正相关; 西柏烷降解产物含量与有机酸含量呈显著负相关。

表 5 烤烟钾、氯质量分数及钾氯比与致香物质大类含量相关性

指标	钾	氯	钾氯比	苯丙氨酸降解产物	棕色化反应产物	类胡萝卜素降解产物	新植二烯	生物碱	西柏烷降解产物	有机酸
钾	1.000									
氯	-0.340	1.000								
钾氯比	0.596*	-0.742**	1.000							
苯丙氨酸降解产物	0.460	-0.300	0.390	1.000						
棕色化反应产物	0.090	-0.390	0.180	-0.090	1.000					
类胡萝卜素降解产物	0.510	-0.592*	0.490	0.721**	0.250	1.000				
新植二烯	-0.599*	0.020	-0.320	-0.470	0.530	-0.320	1.000			
生物碱	0.350	-0.330	0.220	0.060	0.460	0.420	-0.250	1.000		
西柏烷降解产物	0.550	-0.140	0.010	0.450	-0.140	0.470	-0.715**	0.410	1.000	
有机酸	-0.668*	0.260	-0.550	-0.597*	0.350	-0.480	0.881**	-0.27	-0.675*	1.000

注: 表中\*表示在 0.05 水平上显著相关,\*\*表示 0.01 水平上极显著相关。下同。

由表6可知, 烤后烟叶钾质量分数与1-戊烯-3-酮、 $\beta$ -大马酮、新植二烯等3种致香物质呈显著负相关, 与巨豆三烯酮A、巨豆三烯酮D、3-甲基-1-丁醇、苯乙醇、茄那士酮呈显著正相关, 与2, 6-壬

二烯醛、巨豆三烯酮B呈极显著正相关. 而与其余物质没有显著相关性. 在这10种物质中, 有5种属于类胡萝卜素类, 说明钾质量分数对类胡萝卜素类致香物质影响较大.

表6 烤烟钾、氯质量分数及钾氯比与致香物质各成分含量相关性

分类	致香物质	钾	氯	钾氯比
棕色化反应产物	1-戊烯-3-酮	-0.691*	0.124	-0.360
	3-羟基-2-丁酮	-0.420	0.189	-0.374
	3-甲基-1-丁醇	0.690*	-0.501	0.858**
	3-甲基-2-丁烯醛	0.516	-0.199	0.102
	己醛	-0.081	-0.031	-0.073
	面包酮	-0.001	-0.093	-0.052
	糠醛	-0.154	-0.217	-0.025
	糠醇	-0.121	-0.261	-0.066
	2-环戊烯-1, 4-二酮	-0.296	-0.039	-0.382
	丁内酯	-0.459	-0.226	-0.067
	2, 6-壬二烯醛	0.725**	-0.156	0.334
	2, 3-二氢苯并呋喃	0.010	-0.369	0.626*
	苯丙氨酸降解产物	苯甲醛	0.543	-0.186
苯甲醇		0.492	-0.300	0.314
苯乙醛		0.303	0.032	-0.103
苯乙醇		0.577*	-0.461	0.649*
芳樟醇		0.353	-0.600*	0.672*
类胡萝卜素降解产物	氧化异佛尔酮 + 未知物 (类胡萝卜素及其降解产物)	0.406	-0.408	0.332
	$\beta$ -大马酮	-0.664*	-0.143	-0.100
	$\beta$ -二氢大马酮	-0.080	-0.457	0.383
	香叶基丙酮	-0.160	-0.630*	0.562
	$\beta$ -紫罗兰酮 + 未知物	0.480	-0.415	0.258
	二氢猕猴桃内酯	-0.479	-0.193	-0.236
	巨豆三烯酮A	0.613*	-0.663*	0.591*
	巨豆三烯酮B	0.729**	-0.623*	0.735**
	巨豆三烯酮C	0.556	-0.534	0.444
	巨豆三烯酮D	0.615*	-0.554	0.561
	金合欢基丙酮B	0.156	-0.382	-0.045
	茄那士酮	0.688*	-0.478	0.455
	金合欢基丙酮A	-0.151	-0.583*	0.247
西柏烷降解产物	寸拜醇	0.401	-0.155	-0.113
	西柏三烯二醇	0.540	-0.082	-0.013
	降茄二酮	0.283	-0.284	0.059
	茄酮	0.537	-0.109	0.008
有机酸	棕榈酸甲酯	-0.259	0.248	-0.488
	棕榈酸	-0.367	0.257	-0.540
叶绿素降解产物	新植二烯	-0.608*	-0.058	-0.227
生物碱	吡啶	0.261	-0.194	0.118

烟叶氯质量分数与33种致香物质均呈负相关,其中与巨豆三烯酮A、巨豆三烯酮B、芳樟醇、香叶基丙酮、金合欢基丙酮A等5种类胡萝卜素降解产物呈显著负相关,与1-戊烯-3-酮、3-羟基-2-丁酮、苯乙醛、棕榈酸甲酯和棕榈酸等5种致香物质呈正相关,说明烤烟氯质量分数对致香物质具有不良影响,提高氯质量分数,在一定程度上则会降低致香物质的含量,尤其对类胡萝卜素类影响较大。

烟叶钾氯比与2,3-二氢苯并呋喃、苯乙醇、芳樟醇、巨豆三烯酮A等4种致香物质呈显著正相关,与3-甲基-1-丁醇、巨豆三烯酮B等2种致香物质呈极显著正相关,相关系数分别高达0.858和0.735,说明提高烤后烟叶钾氯比能增加以上6种致香物质的含量,尤其对3-甲基-1-丁醇和巨豆三烯酮B的影响较大。

从表6还可看出:巨豆三烯酮D、1-戊烯-3-酮、2,6-壬二烯醛、新植二烯、 $\beta$ -大马酮和茄那士酮等6种致香物质的含量只与烤烟钾质量分数呈显著相关;仅与氯质量分数呈显著相关的致香物质有2种,分别是金合欢基丙酮A、香叶基丙酮;只与钾氯比呈显著相关的致香物质仅有2,3-二氢苯并呋喃。

此外,有5种致香物质与钾、氯质量分数及钾氯比中的两个或两个以上指标均呈显著相关关系,分别是3-甲基-1-丁醇、苯乙醇、芳樟醇、巨豆三烯酮A、巨豆三烯酮B。

#### 2.4 烟叶中钾、氯质量分数及钾氯比与致香物质含量的变化趋势

烟叶中致香物质总量(除新植二烯外)随烟叶中钾、氯质量分数及钾氯比升高的变化趋势如图1~图3所示。由图1可看出,随着烟叶钾质量分数的升高,致香物质总量(除新植二烯外)呈现出先升高,然后趋于稳定,再降低的趋势,说明单独提高钾质量分数并不能提高致香物质总量。从图2可知,随着烟叶中氯质量分数的升高,致香物质总量(除新植二烯外)先升高,然后趋于稳定。当烟叶中氯质量分数达到0.3%时,致香物质总量(除新植二烯外)增长缓慢,逐渐趋于稳定。由图3可知,随着烟叶中钾氯比的升高,致香物质总量(除新植二烯外),呈现先降低后升高,然后趋于稳定,再降低的趋势,特别是钾氯比在6~15的范围内,致香物质总量(除新植二烯外)处于较

高值,并保持稳定,钾氯比高于15时,则呈急剧下降趋势。

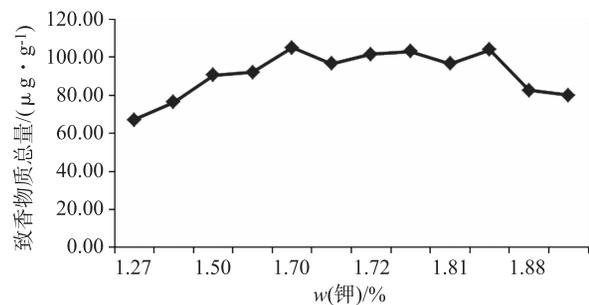


图1 致香物质总量(除新植二烯外)随钾质量分数增加的变化趋势

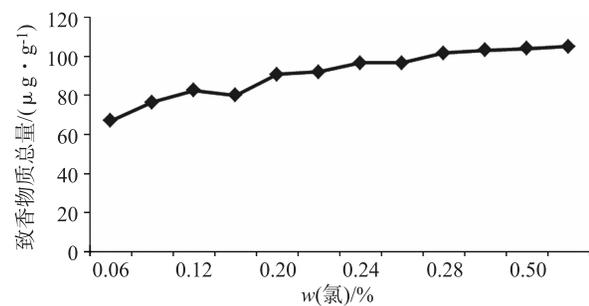


图2 致香物质总量(除新植二烯外)随氯质量分数增加的变化趋势

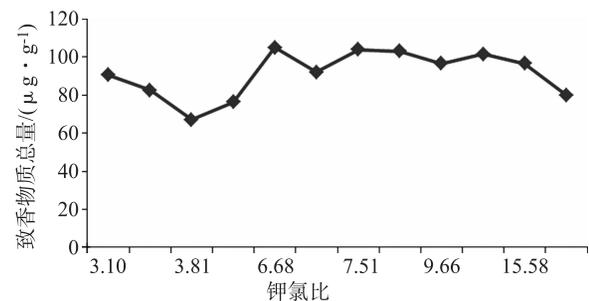


图3 致香物质总量(除新植二烯外)随钾氯比增加的变化趋势

需要说明的是,若烟叶氯质量分数小于0.3%,则叶片干燥且粗糙,身份薄,碎片率高,成丝率低;当氯质量分数超过0.8%,则会导致烟叶外观质量和内在品质明显降低,影响叶片中糖类化合物的代谢,使蔗糖合成受到影响,并阻碍光合作用的进行,导致烟叶产量降低;当氯质量分数超1.0%,会降低燃烧性,吸食时有海藻腥味<sup>[11]</sup>,从而降低香吃味。而氯质量分数为0.3%~0.8%,且钾质量分数较高时,则叶片具有弹性好、油润度佳、身份适中等物理特性,并能很好地协调烟叶化学成分。

#### 2.5 致香物质聚类分析及不同钾氯比多重比较

针对致香物质7个大类,采用离差平方和方法

进行聚类, 结果如图4. 根据结果和实际样品情况, 将不同处理分为3个大类: JL2和JL6处理为第1类, 即低钾中氯; JL4和JL11为第2类, 即高钾中氯; 其他处理为第3类, 即高钾低氯.

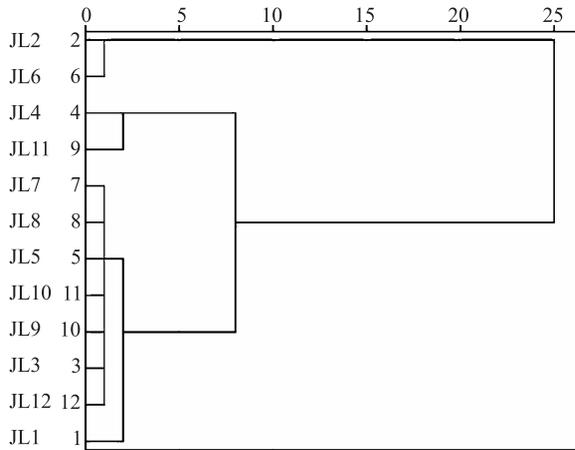


图4 烟叶致香物质聚类分析图

对上述3类不同钾氯比进行多重比较, 结果如下表7所示. 由表7可知, 在第2类中, 苯丙氨酸降解产物、类胡萝卜素降解产物和西柏烷降解产物含量均达到最高值, 且与第3类之间差异无统计学意义, 但是上述第2类和第3类致香物质含量均显著高于第1类. 不同钾氯比中: 有机酸和新植二烯

含量表现为:  $w(\text{第1类}) > w(\text{第2类}) > w(\text{第3类})$ , 并且这2种物质在3类间的差异均有统计学意义; 致香物质总量(除新植二烯外)表现为:  $w(\text{第2类}) > w(\text{第3类}) > w(\text{第1类})$ , 并且3类之间差异均有统计学意义; 而棕色化反应产物和生物碱在3类之间差异均无统计学意义. 综上, 单独提高烟叶钾质量分数, 并不能提高烟叶致香物质的总量, 但是烟叶中氯离子在适宜范围内(0.3%~0.8%), 提高了烟叶中钾质量分数, 并显著增加苯丙氨酸降解产物、类胡萝卜素降解产物、西柏烷降解产物含量, 且显著增加了致香物质总量(除新植二烯外), 同时提高烟叶香吃味, 进而提高烟叶评吸质量. 此外, 适宜的钾氯比范围为6~15.

### 3 讨论与结论

#### 3.1 讨论

##### 3.1.1 烟叶钾、氯质量分数状况

云南省玉溪市峨山县塔甸镇烟叶中钾、氯质量分数均偏低, 这与刘杰等<sup>[12]</sup>得出的玉溪烟区烤烟钾质量分数(均值为1.77%)偏低一致, 与高云才等<sup>[13]</sup>对于NC297在玉溪烟区表现为低氯的判断相符.

表7 不同钾氯比致香物质的多重比较

处理	钾氯比	苯丙氨酸 降解产物 /( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	棕色反 应产物 /( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	类胡萝卜 素降解 产物 /( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	新植二 烯 /( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	生物碱 /( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	西柏烷 降解 产物 /( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	有机酸 /( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	总量(除新 植二烯外) /( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )
第1类	<6	6.63 b	3.98 a	25.58 b	530.35 a	0.11 a	12.22 b	23.18 a	71.70 c
第2类	6~15	10.07 a	4.21 a	37.93 a	445.88 b	0.19 a	38.01 a	14.01 b	104.41 a
第3类	>15	8.86 a	3.59 a	32.47 a	363.17 c	0.24 a	37.88 a	9.85 c	92.87 b

注: 表中同列数字后的不同小写字母表示差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ).

##### 3.1.2 钾质量分数与新植二烯的关系

新植二烯是烤烟重要的叶绿素降解产物. 本研究表明, 烤后烟叶钾质量分数除与新植二烯和有机酸呈显著负相关外, 与其他各类致香物质均呈正相关, 这与高娟娟<sup>[14]</sup>的高钾类烤烟中除叶绿素降解产物(新植二烯)外, 其他6种致香物质含量均高于中、低钾类烤烟的研究结果一致, 还与叶协锋等<sup>[15]</sup>、李强等<sup>[16]</sup>研究结果大致相同. 而本研究得出的钾质量分数与新植二烯呈显著负相关的结果则与之相悖, 原因可能是烟叶中新植二烯的含量受多

种因素影响: 一是品种间基因型差异. 烤烟的香型和致香物质含量受遗传基因控制, 基因型不同, 香味前体物质的种类和含量也各有不同<sup>[17]</sup>. 有研究<sup>[18]</sup>表明, 鲜烟叶中叶绿质量分数NC89高于NC297, 烤后烟叶中NC89的钾质量分数以及钾氯比也高于NC297, 因此本试验采用的品种NC297与叶协锋等<sup>[15]</sup>的品种NC89在新植二烯含量上存在品种间差异. 二是生态环境不同. 研究<sup>[17]</sup>表明, 产地、海拔、光照强度均能影响新植二烯含量, 尤其是海拔与新植二烯含量密切相关. 三是栽培措施

不同. 施肥种类与施肥量均会影响新植二烯的含量, 研究<sup>[19-20]</sup>表明, 合理进行氮肥及钾肥运筹对烟草新植二烯的含量影响很大, 施钾 5.0 g/株时烟叶新植二烯含量最高. 此外, 还可能因为本试验的烟株生长前期因持续干旱迫使其叶绿素含量减少<sup>[21]</sup>, 降低了新植二烯的含量.

### 3.1.3 钾、氯质量分数及钾氯比与类胡萝卜素类致香物质的相关性

类胡萝卜素降解产物类致香物质是重要的香气前体物, 其中含量较大的有巨豆三烯酮、金合欢基丙酮、 $\beta$ -大马酮等物质, 能赋予烟气高雅谐调、清透的清香型特征, 对烟叶香气的影响较大.

烤后烟叶钾质量分数与类胡萝卜素降解产物类的巨豆三烯酮等多种致香物质呈显著正相关, 但与类胡萝卜素降解产物类致香物质总量相关性并不显著. 氯质量分数与类胡萝卜素降解产物类致香物质总量分别呈显著负相关, 这与刘琳琳<sup>[22]</sup>的研究结果一致.

### 3.1.4 钾氯比与致香物质的关系

张渝婕等<sup>[23]</sup>研究表明, 钾氯比与致香物质总量呈极显著负相关, 而提高钾氯比会降低香气物质含量. 另有研究<sup>[24]</sup>表明, 二者间呈极显著正相关关系. 此外, 相关研究<sup>[14]</sup>显示, 烤烟钾、氯质量分数与致香物质具有一定联系, 高钾、中氯类烤烟致香物质含量较高, 本研究结果与之一致. 本试验表明, 提高烤后烟叶钾氯比能有效提高 2, 3-二氢苯并呋喃、苯乙醇、芳樟醇、3-甲基-1-丁醇、巨豆三烯酮 B 等 5 种致香物质的含量, 但是单独提高钾氯比并不能增加致香物质的总量. 本试验还发现, 当烟叶中氯离子质量分数处于适宜水平时, 烟叶中钾质量分数很难超过 2%, 当烟叶中钾质量分数较高时, 烟叶中氯离子质量分数一般都低于适宜值, 这可能与试验品种 NC297 的特性有关.

### 3.1.5 新植二烯与致香物质总量的关系

新植二烯在烟草燃烧时可直接进入烟气, 具有减轻刺激、柔和烟气的作用. 新植二烯还是一种烟草增香剂, 起到捕集烟气气溶胶中挥发性香味物质的载体作用, 具有携带烟叶中挥发性香气物质进入烟气的的能力. 此外, 烤烟香吃味品质是其各种内在化学成分平衡协调的结果, 不仅与致香物质的绝对含量有关, 还与各种香气成分之间的相互作用有关. 本试验中, 烤后烟新植二烯含量占致香物质总

量的 70% 以上, 而单独提高烤后烟中的钾质量分数并不能提高新植二烯的含量.

### 3.2 结论

烟叶钾、氯质量分数及钾氯比对致香物质含量有一定程度的影响, 烤后烟叶钾质量分数对致香物质含量影响较大. 通过上述研究得出以下结论:

1) 烟叶钾质量分数与 1-戊烯-3-酮、 $\beta$ -大马酮、新植二烯含量呈显著负相关; 2) 烟叶氯质量分数与金合欢基丙酮 A、芳樟醇、香叶基丙酮、巨豆三烯酮 A、巨豆三烯酮 B 等 5 种类胡萝卜素降解产物呈显著负相关, 对类胡萝卜素类致香物质的形成有抑制作用; 3) 烟叶钾氯比与 2, 3-二氢苯并呋喃、苯乙醇、芳樟醇、巨豆三烯酮 A 呈显著正相关, 与 3-甲基-1-丁醇、巨豆三烯酮 B 呈极显著正相关, 对类胡萝卜素类致香物质的形成具有促进作用; 4) 烟叶中氯离子在适宜范围内 (0.3% ~ 0.8%), 提高了烤烟钾质量分数, 增加了致香物质的总量 (除新植二烯外), 尤其对苯丙氨酸降解产物、类胡萝卜素降解产物、西柏烷降解产物等致香物质含量的增加较为明显. 此外, 适宜钾氯比范围为 6 ~ 15.

### [参考文献]

- [1] 张恩仁. 福建特色烤烟品种的采摘成熟度研究 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38 (24): 13004 - 13007, 13025.
- [2] 中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987: 56 - 61.
- [3] YANG T Z, LU L M, XIA W, et al. Effect of potassium-enriched, flue-cured tobacco genotype in potassium absorption, accumulation, and inward potassium currents of root cortex [J]. Agricultural Sciences in China, 2007, 6 (12): 1479 - 1486.
- [4] 陈彦春, 苏永土, 许自成, 等. 三门峡烤烟主要化学成分的变异分析 [J]. 河北农业科学, 2010, 14 (12): 69 - 73.
- [5] 苏德成. 中国烟草栽培学 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005.
- [6] 石孝均. 重庆市烤烟氯素营养研究 [J]. 西南大学学报 (自然科学版), 2007, 29 (3): 74 - 80.
- [7] 阳苇丽, 王龙宪, 许自成, 等. 烤烟钾、氯含量及钾氯比与烟气指标的关系分析 [J]. 江西农业学报, 2011, 23 (13): 109 - 112.
- [8] 许自成, 秦璐, 邵惠芳, 等. 烤烟钾含量与多酚、有机酸含量及评吸品质的关系 [J]. 河南农业大学学

- 报, 2010, 44 (4): 383-386.
- [9] 田飞, 罗建新, 刘建国, 等. 湖南贫氯烟区施氯对烤烟产量和品质的影响 [J]. 作物研究, 2019, 33 (2): 125-129.
- [10] 冉法芬, 许自成, 李东亮, 等. 我国主产烟区烤烟钾、氯、钾氯比与评吸质量的关系分析 [J]. 西南农业学报, 2010, 23 (4): 1147-1150.
- [11] 周冀衡, 王勇, 邵岩, 等. 进口烤烟与与部分国产烤烟的品质特性分析及工业可用性比较研究 [C] // 国家烟草专卖局办公室. 全国部分替代进口烟叶工作会议论文集. 北京: 国家烟草专卖局, 2005.
- [12] 刘杰, 周清明, 彭新辉, 等. 云南烟区烤烟中部烟叶化学成分比较分析 [J]. 作物研究, 2009, 23 (2): 104-107.
- [13] 高云才, 刘玲, 徐昭梅, 等. 玉溪市不同品种烤烟烟叶化学指标差异及品质分析 [J]. 烟草科技, 2015 (6): 34-39.
- [14] 高娟娟. 环秦岭烤烟致香物质与化学品质的关系研究 [D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2017.
- [15] 叶协锋, 朱海滨, 喻奇伟, 等. 钾肥运筹对烤烟叶片钾和香气成分含量影响研究 [C] // 中国烟草学会. 2006年学术年会论文集. 北京: 中国烟草学会, 2007: 371-378.
- [16] 李强, 周冀衡, 程昌新, 等. 云南烤烟钾含量特征及其与致香物质的关系 [J]. 中国烟草科学, 2015, 36 (6): 49-55.
- [17] 胡皓月, 许自成, 苏永士, 等. 影响烟草新植二烯含量因素的研究进展 [J]. 江西农业学报, 2010, 22 (1): 17-20.
- [18] 顾少龙, 史宏志, 张国显, 等. 平顶山烟区主要种植烤烟品种光合生理特性研究 [J]. 中国烟草科学, 2012, 33 (4): 37-41.
- [19] 刘国顺, 叶协锋, 王彦亭, 等. 不同钾肥施用量对烟叶香气成分含量的影响 [J]. 中国烟草科学, 2004 (4): 1-4.
- [20] 盖亚波, 娄翼来, 王玲莉, 等. 腐殖酸钾肥对烤烟烟叶产量和质量的影响 [J]. 现代农业科技, 2008 (8): 117.
- [21] 韩锦峰, 汪耀富, 岳翠凌, 等. 干旱胁迫下烤烟光合特性和氮代谢研究 [J]. 华北农学报, 1994 (2): 39-45.
- [22] 刘琳琳. 重庆烟区烤烟氯含量与致香物质的关系 [J]. 山西农业科学, 2014, 42 (6): 554-556.
- [23] 张渝婕, 赵铭钦, 李燕, 等. 不同密度和施氮量下烤烟化学成分与致香物质关系的研究 [J]. 江西农业学报, 2016, 28 (4): 43-47.
- [24] 刘阳. 烤烟烟叶化学成分与中性香气成分含量关系研究 [J]. 农家科技, 2019 (2): 237-239.

