

网络出版时间:2019-01-14 09:36
网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20190114.0935.020.html>

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2019.07.010

烤烟叶片不同区位半挥发性有机酸含量的变化

刘 超,纪晓楠,陈泽少,贾国涛,杨永锋,王宝林,楚文娟,马一琼,
姚 倩,杨欣玲,彭玉富,刘向真,陈 伟
(河南中烟工业有限责任公司技术中心,河南 郑州 450000)

[摘 要] 【目的】研究烟叶不同区位半挥发性有机酸含量的差异,探索烟叶分切加工的化学物质基础,为烤烟原料的分切加工提供参考。【方法】以河南浓香型初烤烟叶为材料,从叶尖到叶基分切成 10 段(HN-1~HN-10),利用单因素方差分析、相关回归分析研究叶片不同区位半挥发性有机酸含量的变化,并基于半挥发性有机酸含量对不同区位进行聚类分析。【结果】烟叶不同区位半挥发性有机酸总量平均为 12.43 mg/g,变幅为 9.01~20.56 mg/g,各组分平均含量表现为:亚麻酸(5.59 mg/g)>棕榈酸(2.83 mg/g)>亚油酸(2.04 mg/g)>油酸(1.02 mg/g)>硬脂酸(0.89 mg/g)>十五酸(0.06 mg/g)。棕榈酸、亚油酸以及半挥发性有机酸总量在不同区位间的差异达到极显著水平。棕榈酸、亚油酸、亚麻酸以及半挥发性有机酸总量与区位(HN-1→HN-10)呈极显著负相关关系。从叶尖到叶基,亚油酸和亚麻酸呈逐渐降低的抛物线型变化,棕榈酸和半挥发性有机酸总量呈先增加后降低的抛物线型变化。基于半挥发性有机酸含量的不同区位聚类结果表明,不同区位聚为 3 段,第 1 段叶尖部(HN-1~HN-5)半挥发性有机酸含量为 12.83 mg/g,第 2 段叶中部(HN-6~HN-8)半挥发性有机酸含量为 12.30 mg/g,第 3 段叶基部(HN-9~HN-10)半挥发性有机酸含量为 11.61 mg/g。【结论】不同区位的半挥发性有机酸含量存在较大差异,且从叶尖到叶基呈规律性变化;烟叶 HN-2~HN-5 区位工业可用性相对较高。

[关键词] 烤烟;烟叶加工;半挥发性有机酸

[中图分类号] S572 [文献标志码] A [文章编号] 1671-9387(2019)07-0071-07

Variation of semi-volatile organic acids contents at different locations of flue-cured tobacco leaf

LIU Chao,JI Xiaonan,CHEN Zeshao,JIA Guotao,YANG Yongfeng,WANG Baolin,
CHU Wenjuan,MA Yiqiong,YAO Qian,YANG Xinling,PENG Yufu,
LIU Xiangzhen,CHEN Wei
(Technology Center of China Tobacco Henan Industrial Co.,Ltd.,Zhengzhou,Henan 450000,China)

Abstract: 【Objective】 This study analyzed the differences in semi-volatile organic acids contents at different locations of tobacco leaf to further explore chemical component basis for tobacco cutting and processing. 【Method】 Henan robust flavor style flue-cured tobacco leaves were cut into 10 sections (HN-1—HN-10) to study the variations of semi-volatile organic acids contents and clusters by means of single factor analysis of variance,correlation analysis,and regression analysis. 【Result】 The content of semi-volatile organic acids was 12.43mg/g on average,ranging from 9.01 mg/g to 20.56 mg/g. The contents of components were in the order of linolenic acid (5.59 mg/g)>palmitic acid(2.83 mg/g)>linoleic acid (2.04

〔收稿日期〕 2018-06-22
〔基金项目〕 河南中烟工业有限责任公司科技计划资助项目(HNZY012012347,ZW2016007)
〔作者简介〕 刘 超(1991—),女,河南新乡人,助理工程师,硕士,主要从事烟叶原料研究。E-mail:girlliuchao@163.com
〔通信作者〕 陈 伟(1972—),女,河南信阳人,高级工程师,硕士,主要从事烟叶原料研究。

mg/g)>oleic acid (1.02 mg/g)>stearic acid (0.89 mg/g)>pentadecylic acid (0.06 mg/g). The contents of palmitic acid,linoleic acid and linolenic acid and the total content of semi-volatile organic acids had extremely significant differences among different sections,and they had extremely significant negative correlation with sections from HN-1 to HN-10. The contents presented a parabolic trend from leaf tip to base area. The flue-cured tobacco leaves can be cut into three groups,the tip part (HN-1—HN-5),the middle part (HN-6—HN-8),and the base part (HN-9—HN-10) had semi-volatile organic acids concentrations of 12.83,12.30 and 11.61 mg/g,respectively. 【Conclusion】 The contents of semi-volatile organic acids were different among different sections and changed regularly from leaf tip to base area. The HN-2—HN-5 sections had high industrial availability.

Key words: flue-cured tobacco;tobacco processing;semi-volatile organic acid

有机酸广泛存在于烟草中,其中半挥发性有机酸为生成油脂的高级脂肪酸,其组成和含量与烟叶香吃味的形成密切相关。饱和高级脂肪酸及其甲酯化产物通常具有脂肪或蜡味,有些高级脂肪酸的甲酯和乙酯甚至具有比酸类或醇类化合物更突出的芳香气息,并赋予烟气柔和的吸味,使烟气变得醇和舒适,在调制和醇化过程中,可转化形成挥发性致香物质,是烟叶重要的香气前体物之一。在燃烧过程中高级脂肪酸能与烟叶中的蔗糖反应,生成具有香味的蔗糖酯,改善烟叶吃味^[1-5]。由于受遗传、生理及生长过程中光照等生态因素的影响,烤烟同一叶片从叶尖到叶基不同区位的品质必然存在差异性^[6-7]。因此,将烟叶单叶切断后分类加工利用的烟叶分切技术,已成为提高烟叶可用性的有效手段而备受关注^[8-10]。目前,对烤烟不同区位的物理耐加工性、致香物质含量、常规化学成分、感官评吸质量、醇化品质等的变化^[11-18]已有研究,而同一叶片不同区位间半挥发性有机酸含量的差异性研究尚未见报道。本研究以河南不同烟叶产区、不同品种、不同等级的烟叶为材料,研究烟叶样品不同区位半挥发性有机酸含量的差异,旨在为烤烟原料的分切加工提供理论参考,以进一步实现原料的精细化加工,提高原料利用率。

1 材料与方法

1.1 材料

以河南浓香型初烤烟叶为研究材料。按照取样代表性原则,选取陕县、襄县、卢氏 3 个浓香型烤烟产区 2012 年初烤烟叶共计 18 份样品,具体采样信息见表 1。

1.2 试验仪器

ST-07B 型多功能粉碎机,上海树立仪器仪表有限公司;EL204 型电子天平(感量:0.0001 g),梅特

勒-托利多仪器有限公司;DHG-9145A 型电热恒温鼓风干燥箱,上海一恒科技有限公司;Agilent 6890GC/5973MS 气质联用仪,美国 Agilent 公司。

表 1 烟叶样品采集信息

Table 1 Information of tobacco leaf samples		
采集地区 Collection area	烟叶品种 Variety of tobacco leaf	烟叶等级 Grade of tobacco leaf
陕县 Shaan County	中烟 100 Zhongyan 100	B2F
		C3F
		X2F
	豫烟 10 号 Yuyan 10	B2F C3F X2F
襄县 Xiang County	中烟 100 Zhongyan 100	B2F
		C3F
		X2F
	豫烟 11 号 Yuyan 11	B2F C3F X2F
卢氏 Lushi County	云烟 87 Yunyan 87	B2F
		C3F
		X2F
	豫烟 11 号 Yuyan 11	B2F C3F X2F

1.3 烟叶分切方法

利用切刀将各样本每片烟叶的叶基部分切除 7 cm,其余部分平均分切 10 段,从叶尖到叶基依次编号 HN-1~HN-10,如图 1 所示。将分切后共计 180 份样品的梗叶分离,用粉碎机粉碎过筛后备用。

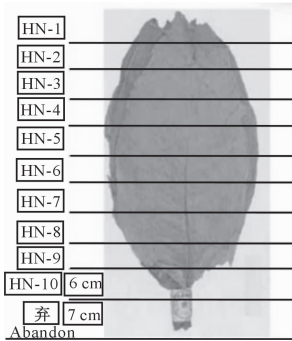


图 1 烟叶分切方法示意图

Fig. 1 Diagrammatic drawing of cutting method

1.4 有机酸测定方法

称取 2 g(精确至 0.000 1 g)烟末置于 500 mL 锥形瓶中,加入 100 mL 二氯甲烷,在室温条件下进行超声萃取 30 min。超声萃取液用体积分数 5% 氢氧化钠水溶液(30 mL×5)萃取,合并水相并用二氯甲烷(30 mL×1)反萃,以体积分数 20% 盐酸溶液将水相 pH 值调节至 1 后,用二氯甲烷(30 mL×5)萃取,合并有机相,无水硫酸钠干燥过夜,过滤后加入 1 mL 内标溶液(称取内标物反-2-己烯酸 32.46 mg,用二氯甲烷定容到 500 mL,得内标溶液),旋转蒸发(水浴 45 ℃)浓缩至 1.5 mL,加入 100 μL 衍生化试剂 N,O-双(三甲基硅基)三氟乙酰胺,在 60 ℃ 下反应 50 min 后待测。

色谱柱 DB-FFAP 石英毛细管柱(60 m×0.25 mm×0.25 μm);载气氦气;流量 1.0 mL/min;进样量 1 μL;进样口温度 240 ℃;分流比 1:2;溶剂延迟 10 min。升温程序:50 ℃(2 min) 75 ℃(10 min) 105 ℃(15 min) 170 ℃(10 min) 200 ℃(4 min);离子源温度:250 ℃;电离方式:EI;电子能量:70 eV;扫描范围:35~550 amu。

1.5 数据处理与分析

试验数据采用“平均值±标准差”表示,采用

Excel 2010 图表统计,采用 SPSS 19.0 软件进行方差分析、相关性分析和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 烤烟叶片不同区位半挥发性有机酸含量整体分布

烤烟叶面不同区位半挥发性有机酸含量的整体分布结果见表 2。由表 2 可知,烤烟叶面半挥发性有机酸总含量为 9.01~20.56 mg/g,平均含量为 12.43 mg/g。半挥发性有机酸各组分含量及总含量的偏度系数均大于 0,数据分布呈正偏态。半挥发性有机酸各组分平均含量表现为:亚麻酸(5.59 mg/g)>棕榈酸(2.83 mg/g)>亚油酸(2.04 mg/g)>油酸(1.02 mg/g)>硬脂酸(0.89 mg/g)>十五酸(0.06 mg/g),其中亚麻酸、棕榈酸、亚油酸含量之和占半挥发性有机酸总量的 84.15%,而十五酸含量仅占半挥发性有机酸总量的 0.05%。半挥发性有机酸各组分和总量均存在广泛变异,以油酸含量的变异系数最大,棕榈酸含量的变异系数最小;从峰度系数来看,十五酸峰度系数小于 0,为平阔峰,数据分布较分散;其他组分峰度系数均大于 0,为尖峭峰,数据分布较集中。

表 2 烤烟叶片不同区位半挥发性有机酸含量的描述性统计

Table 2 Descriptive statistics of semi-volatile organic acids contents at different sections of tobacco leaves						
指标 Index	均值/(mg·g ⁻¹) Mean	标准差/ (mg·g ⁻¹) Standard deviation	变幅/ (mg·g ⁻¹) Range	变异系数/% Coefficient of variation	偏度系数 Coefficient of skewness	峰度系数 Coefficient of kurtosis
棕榈酸 Palmitic acid	2.83	0.179	2.26~3.41	6.35	0.263	1.463
硬脂酸 Stearic acid	0.89	0.199	0.68~2.92	22.42	6.796	6.521
油酸 Oleic acid	1.02	0.339	0.14~2.31	33.40	1.309	1.662
亚油酸 Linoleic acid	2.04	0.269	1.41~3.54	13.18	0.869	4.593
亚麻酸 Linolenic acid	5.59	0.886	3.67~8.73	15.84	0.735	0.415
十五酸 Pentadecylic acid	0.06	0.016	0.03~0.10	24.97	0.590	-0.483
总量 Total content	12.43	1.391	9.01~20.56	11.19	1.287	6.133

2.2 烤烟叶片不同区位半挥发性有机酸含量的差异

行方差分析和多重比较,统计结果见表 3。

对烤烟叶片不同区位的半挥发性有机酸含量进

表 3 烤烟叶片不同区位半挥发性有机酸组分的方差分析和多重比较

Table 3 Variance analysis and multiple comparison of semi-volatile organic acids contents among different sections of tobacco leaves							
烟叶区位 Portions of tobacco leaves	棕榈酸 Palmitic acid	硬脂酸 Stearic acid	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linoleic acid	亚麻酸 Linolenic acid	十五酸 Pentadecylic acid	总量 Total content
HN-1	2.83±0.17 abc	0.83±0.07 a	0.94±0.19 a	2.13±0.22 ab	5.82±0.85 a	0.07±0.01 a	12.61±1.05 ab
HN-2	2.84±0.12 abc	0.93±0.50 a	1.04±0.45 a	2.21±0.38 a	5.83±1.09 a	0.06±0.01 a	12.91±2.08 ab
HN-3	2.91±0.15 a	0.93±0.25 a	1.10±0.31 a	2.21±0.27 a	5.89±0.83 a	0.06±0.01 a	13.09±1.12 a
HN-4	2.91±0.16 a	0.85±0.11 a	1.09±0.34 a	2.15±0.23 ab	5.80±0.81 a	0.06±0.01 a	12.86±1.13 ab
HN-5	2.88±0.16 ab	0.86±0.08 a	1.07±0.36 a	2.08±0.21 abc	5.71±0.70 a	0.07±0.01 a	12.68±1.06 ab
HN-6	2.87±0.16 ab	0.89±0.09 a	1.08±0.35 a	2.02±0.19 abcd	5.58±0.84 a	0.06±0.01 a	12.49±1.19 ab
HN-7	2.82±0.19 abc	0.87±0.10 a	1.05±0.36 a	1.98±0.23 abcd	5.48±0.84 a	0.06±0.01 a	12.26±1.34 ab
HN-8	2.79±0.21 abc	0.90±0.11 a	1.01±0.33 a	1.94±0.21 bcd	5.44±0.94 a	0.07±0.01 a	12.14±1.41 ab

表 3(续) Continued Table 3

烟叶区位 Portions of tobacco leaves	棕榈酸 Palmitic acid	硬脂酸 Stearic acid	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linoleic acid	亚麻酸 Linolenic acid	十五酸 Pentadecylic acid	总量 Total content
HN-9	2.73±0.15 bc	0.90±0.10 a	0.93±0.28 a	1.85±0.17 cd	5.25±0.85 a	0.06±0.01 a	11.73±1.24 ab
HN-10	2.69±0.17 c	0.92±0.13 a	0.86±0.31 a	1.82±0.16 d	5.14±0.89 a	0.07±0.01 a	11.50±1.42 b
F 值 F value	3.439 **	0.444	0.989	6.090 **	1.609	0.487	2.728 **

注:各个指标样本量为 18;同列数据后标不同小写字母表示差异达到显著水平($P<0.05$)。表中 ** 表示达到 $\alpha=0.01$ 极显著水平。
Note:The sample number is eighteen. Different lowercases in column indicate significant difference at ($P<0.05$) level. ** indicates extremely significant difference at $\alpha=0.01$ level.

由表 3 可知,棕榈酸、亚油酸及半挥发性有机酸总量在不同区位间的差异达到极显著水平,其他指标的差异不显著。棕榈酸含量在区位 HN-3~HN-4 最高,且显著高于 HN-9~HN-10,区位 HN-5~HN-6 显著高于 HN-10,与其他区位的差异均不显著。亚油酸在区位 HN-2~HN-3 含量显著高于 HN-8~HN-10,与其他区位差异不显著。半挥发性有机酸总量在区位 HN-3 最高,且显著高于 HN-10,与其他区位的差异均未达到显著水平。

2.3 烤烟叶片不同区位半挥发性有机酸含量的变化趋势

为分析不同区位半挥发性有机酸的变化趋势,对半挥发性有机酸各组分与区位采用 SPSS 19.0 的双变量相关进行 Pearson 简单相关分析和双侧检验,结果见表 4。由表 4 可知,硬脂酸和十五酸均与

区位(HN-1→HN-10)呈正相关,棕榈酸、油酸、亚油酸、亚麻酸和半挥发性有机酸总量与区位呈负相关,其中棕榈酸、亚油酸、亚麻酸和半挥发性有机酸总量与区位的负相关关系达到极显著水平。

在相关性分析的基础上,对相关性显著的指标进行回归方程拟合,结果如图 2~5 所示。由图 2~5 可知,从叶尖到叶基(HN-1→HN-10),棕榈酸、亚油酸、亚麻酸和半挥发性有机酸总量均呈先增加后降低的二项式分布;其中亚油酸和亚麻酸呈逐渐降低的抛物线型变化,最高值出现在 HN-1;而棕榈酸和半挥发性有机酸总量呈先增加后降低的抛物线型变化,最高值出现在 HN-2~HN-4;各类半挥发性有机酸含量变化趋势的回归方程拟合度均较高($R^2>0.90$)。

表 4 烤烟叶片半挥发性有机酸含量与区位的相关性分析

Table 4 Correlation analysis between acid contents and sections of tobacco leaves

指标 Index	相关系数 Correlation coefficient	显著性 Significance	指标 Index	相关系数 Correlation coefficient	显著性 Significance
棕榈酸 Palmitic acid	-0.283 **	0.000	亚麻酸 Linolenic acid	-0.267 **	0.000
硬脂酸 Stearic acid	0.044	0.557	十五酸 Pentadecylic acid	0.045	0.551
油酸 Oleic acid	-0.100	0.183	总量 Total content	-0.314 **	0.000
亚油酸 Linoleic acid	-0.466 **	0.000			

注: $n=180$ 时, $|r|_{0.05}=0.146$, $|r|_{0.01}=0.192$; ** 表示相关关系达到极显著水平。
Note: $|r|_{0.05}=0.146$, $|r|_{0.01}=0.192$ when sample number is 180; ** indicates extremely significant correlation.

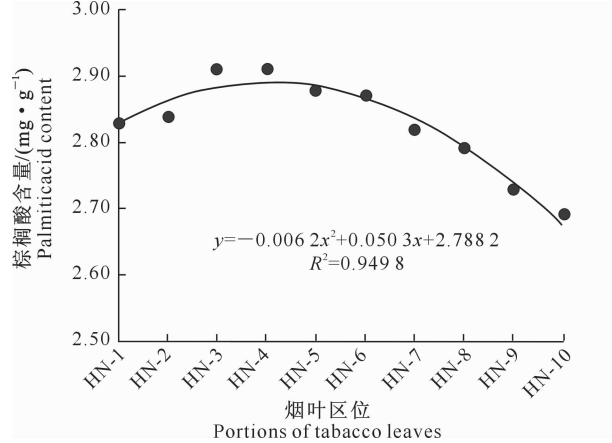


图 2 烤烟叶片不同区位棕榈酸含量的变化趋势
Fig. 2 Variation of palmitic acid among different sections of tobacco leaves

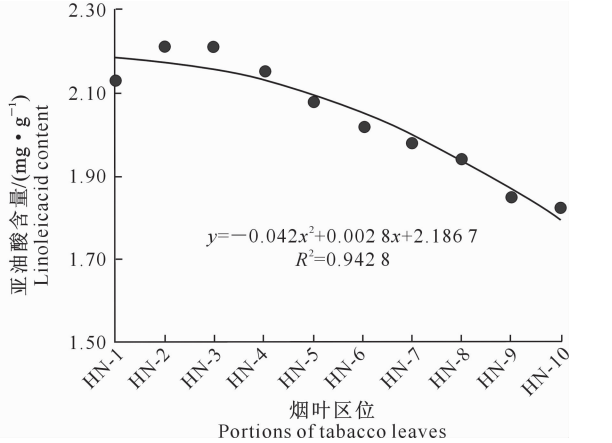


图 3 烤烟叶片不同区位亚油酸含量的变化趋势
Fig. 3 Variation of linoleic acid content among different sections of tobacco leaves

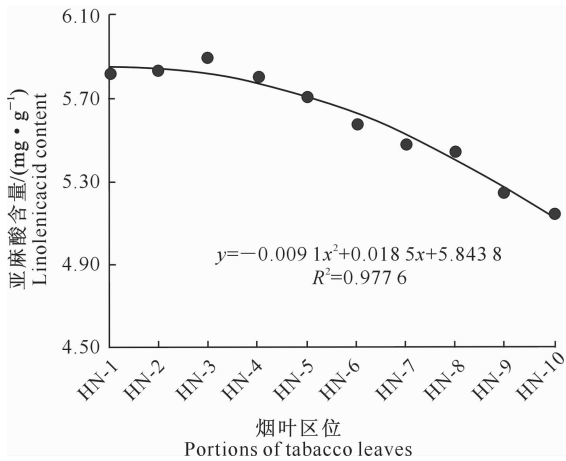


图 4 烤烟叶片不同区位亚麻酸含量的变化趋势
Fig. 4 Variation trend of linolenic acid content among different sections of tobacco leaves

2.4 基于半挥发性有机酸含量的烤烟叶片不同区位聚类结果

以分切样品半挥发性有机酸各组分含量作为不同区位差异性的考量因素确定聚类方案,采用欧氏距离平方度量两样本之间的距离,离差平方和法进行系统聚类分析,聚类分析树见图 6。由图 6 可知,综合考虑分切的连续性和加工的精细度,优先选择 3 段式分类,半挥发性有机酸含量特征为:第 1 段叶尖部(HN-1~HN-5),烟叶半挥发性有机酸含量为 10.38~20.56 mg/g,均值为 12.83 mg/g;第 2 段叶中部(HN-6~HN-8),烟叶半挥发性有机酸含量为 9.57~16.00 mg/g,均值为 12.30 mg/g;第 3 段叶基部(HN-9~HN-10),烟叶半挥发性有机酸含量为 9.01~15.94 mg/g,均值为 11.61 mg/g。

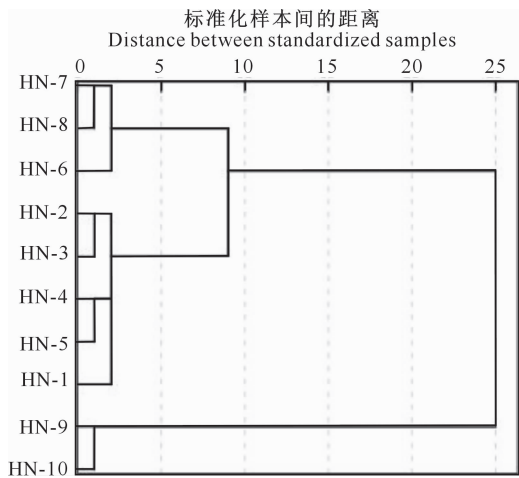


图 6 基于半挥发性有机酸含量的烤烟叶片系统聚类分析
Fig. 6 Phylogenetic tree based on contents of semi-volatile organic acids

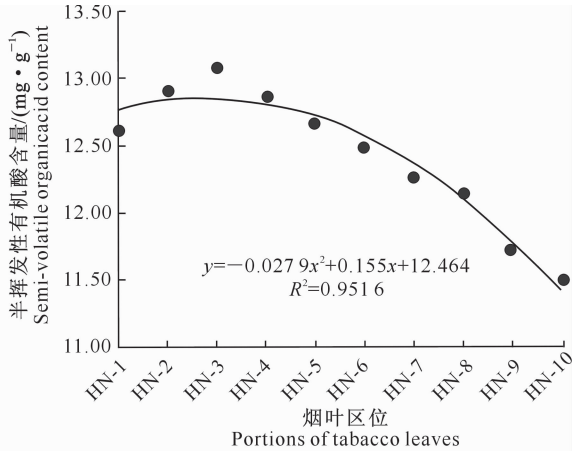


图 5 烤烟叶片不同区位半挥发性有机酸总量的变化趋势
Fig. 5 Variation of semi-volatile organic acids content among different sections of tobacco leaves

3 结论和讨论

烤烟叶面不同区位半挥发性有机酸总量平均为 12.43 mg/g,变幅在 9.01~20.56 mg/g,各组分平均含量表现为:亚麻酸(5.59 mg/g)>棕榈酸(2.83 mg/g)>亚油酸(2.04 mg/g)>油酸(1.02 mg/g)>硬脂酸(0.89 mg/g)>十五酸(0.06 mg/g),不同组分排序与刘春奎等^[19]、卢秀萍等^[20]、彭艳等^[21-22]等的研究结果不完全一致,这是因为不同产区生态条件、品种以及施肥因素等都会对烤烟半挥发性有机酸各组分含量产生影响^[1],但均以亚麻酸、棕榈酸和亚油酸的含量相对较高。

叶面不同区位间棕榈酸、亚油酸及半挥发性有机酸总量达到极显著差异水平,其他指标差异不显著。棕榈酸、亚油酸、亚麻酸以及半挥发性有机酸总量与分切区位(HN-1→HN-10)呈极显著负相关关系,且进一步回归分析表明从叶尖到叶基(HN-1→HN-10),棕榈酸、亚油酸、亚麻酸以及半挥发性有机酸总量均呈先增加后降低的二项式分布,其中亚油酸和亚麻酸呈逐渐降低的抛物线型变化,棕榈酸和半挥发性有机酸总量呈先增加后降低的抛物线型变化,回归方程拟合度均较高,说明半挥发性有机酸从叶尖到叶基变化规律明显。

基于半挥发性有机酸各组分含量的聚类分析,将烤烟烟叶连续分为 3 段,半挥发性有机酸含量表现为叶尖部(HN-1~HN-5)>叶中部(HN-6~HN-8)>叶基部(HN-9~HN-10),变化规律符合烟叶 HN-1~HN-5 区位内含物丰富的规律^[12-14],这可能是由于一方面烟叶在大田生长过程中叶片之间会

相互遮挡,烟叶从叶基到叶尖接受到的光照逐渐增加,有利于物质的形成与积累^[23-24];另一方面,单片烟叶成熟规律为从叶尖到叶基逐渐落黄^[25],叶尖部随着成熟度增加,叶内物质降解转化更加充分,腺毛分泌物增加^[1],烟叶内含物质更加丰富,内在化学成分更趋协调。这一规律在河南烤烟烟叶样品中表现明显,可能是因为河南烟区土壤中养分充足,有利于烟株开秸开片,造成烟株遮光明显,而成熟期高温、强光、昼夜温差较小^[26-27]的气候特点,促进了叶片细胞结构的降解和内含物质的积累^[28-29]。在实际工业应用中,烟叶 HN-1 区位往往多枯斑,烟叶品质不好,烟气枯焦气明显,使用价值较低,因此烟叶 HN-2~HN-5 区位工业可用性相对更高。

烤烟叶面不同分切区位的半挥发性有机酸含量存在较大的差异,且从叶尖到叶基呈规律性变化,结合前期开展的研究^[12-14],认为以烟叶 HN-2~HN-5 区位工业可用性相对较高,可以为烤烟原料的分切加工和分类使用提供参考依据。

[参考文献]

- [1] 王瑞新. 烟草化学 [M]. 北京:中国农业出版社,2003:118-121.
Wang R X. Tobacco chemistry [M]. Beijing:China Agriculture Press,2003:118-121.
- [2] 于建军,宫长荣. 烟草原料初加工 [M]. 北京:中国农业出版社,2009:51-54.
Yu J J, Gong C R. Primary processing of tobacco material [M]. Beijing:China Agriculture Press,2009:51-54.
- [3] 史宏志,刘国顺. 烟草香味学 [M]. 北京:中国农业出版社,1998:38-41.
Shi H Z, Liu G S. Tobacco aromatics [M]. Beijing:China Agriculture Press,1998:38-41.
- [4] 王利杰,卢红. 烟草有机酸研究进展 [J]. 贵州农业科学,2007,35(3):142-144.
Wang L J, Lu H. Research progress on organic acids in tobacco [J]. Guizhou Agricultural Sciences,2007,35(3):142-144.
- [5] 杨利云,杨双龙,李军营,等. 烟草高级脂肪酸代谢及影响因素研究进展 [J]. 生物技术通报,2017,33(12):51-60.
Yang L Y, Yang S L, Li J Y, et al. Research advances on metabolism of higher fatty acids in *Nicotiana tabacum* and its affecting factors [J]. Biotechnology Bulletin,2017,33(12):51-60.
- [6] 刘良教,段淑辉,刘天波,等. 烤烟叶片不同类型的组织结构及相关因素对生长影响分析 [J]. 农业开发与装备,2016(10):48-50.
Liu L J, Duan S H, Liu T B, et al. Analysis on the influence of different types of tissue structure and related factors on the growth of flue-cured tobacco leaf [J]. Agricultural Development & Equipment,2016(10):48-50.
- [7] 孙建锋. 烤烟叶片不同区位生理特性及理化指标的比较研究

- [D]. 郑州:河南农业大学,2016.
- Sun J F. Studies on physiological characteristics and physical-chemical items of different leaf positions in flue-cured tobacco [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University,2016.
- [8] 王晓耕,王家洪,冉宁,等. 烟叶分切工艺在打叶复烤生产中的应用 [J]. 烟草科技,2005(2):3-4,40.
Wang X G, Wang J H, Ran N, et al. Leaf cutting before threshing and redrying [J]. Tobacco Science & Technology,2005(2):3-4,40.
- [9] 张忠峰,张世成,齐海涛. 分切打叶工艺设备的研究与应用 [J]. 烟草科技,2011(6):16-19.
Zhang Z F, Zhang S C, Qi H T. Improvement of tipping and threshing equipment [J]. Tobacco Science & Technology,2011(6):16-19.
- [10] 郑宏斌,刘江豫,杜阅光,等. 浓香型烟叶分切不同段位质量变化研究 [J]. 湖北农业科学,2014(16):2824-2826.
Zheng H B, Liu J Y, Du Y G, et al. Quality changes of different cutting segments of robust flavor style flue-cured tobacco leaves [J]. Hubei Agricultural Sciences,2014(16):2824-2826.
- [11] 毛志伟,李忠寿,武凯. 初烤烟叶不同区位的物理耐加工性对比研究 [J]. 当代化工研究,2017(5):161-163.
Mao Z W, Li Z S, Wu K. Comparative study of the physical machinability resistance of originally-baked tobacco in different location [J]. Chemical Intermediate,2017(5):161-163.
- [12] 徐安传. 烟叶不同区位多酚主要组分的分布特征研究 [J]. 云南农业大学学报,2013,28(6):819-824.
Xu A C. Distribution characteristics of polyphenol components in different leaf positions of flue-cured tobacco [J]. Journal of Yunnan Agricultural University,2013,28(6):819-824.
- [13] 徐安传,胡巍耀. 烟叶不同区位叶黄素和 β -胡萝卜素分布特征的研究 [J]. 中国烟草科学,2013,34(2):59-63.
Xu A C, Hu W Y. Distribution characteristics of lutein and β -carotene in different leaf positions of flue-cured tobacco [J]. Chinese Tobacco Science,2013,34(2):59-63.
- [14] 祁林,陈伟,王政,等. 浓香型烟叶不同分切区位石油醚提取物的含量 [J]. 烟草科技,2014(1):53-55,76.
Qi L, Chen W, Wang Z, et al. Contents of petroleum ether extracts in different portions of robust flavor style flue-cured tobacco leaf [J]. Tobacco Science & Technology,2014(1):53-55,76.
- [15] 陈伟,杨树林,田海英,等. 基于致香成分含量为评价指标的烟叶分切方法 [J]. 广州化工,2016(23):89-91,112.
Chen W, Yang S L, Tian H Y, et al. Study on tobacco leaf cutting based on content of aroma components in different portions [J]. Guangzhou Chemical Industry,2016(23):89-91,112.
- [16] 陈伟,张玉,王根发,等. 浓香型烟叶分切烟片的综合质量研究 [J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版),2013(5):26-29.
Chen W, Zhang Y, Wang G F, et al. Study on the comprehensive quality evaluation of different leaf parts in robust flavor

- style flue-cured tobacco [J]. Journal of Zhengzhou University of Light Industry (Natural Science), 2013(5):26-29.
- [17] 颜克亮,武怡,曾晓鹰,等. “三段式”分切烟叶醇化品质差异性比较与分析 [J]. 中国烟草科学, 2011, 32(4):23-27.
Yan K L, Wu Y, Zeng X Y, et al. Quality difference of aging tobacco leaf by three section cutting [J]. Chinese Tobacco Science, 2011, 32(4):23-27.
- [18] 符再德,张其龙,张晖,等. 张家界桑植浓香型烤烟烟叶分切研究 [J]. 烟草科技, 2012(5):51-55.
Fu Z D, Zhang Q L, Zhang H, et al. Study on chemistry of different portions of robust flavor style flue-cured tobacco leaf from Sangzhi in Zhangjiajie [J]. Tobacco Science & Technology, 2012(5):51-55.
- [19] 刘春奎,贾琳,毋丽丽,等. 河南主产烟区烤烟非挥发性有机酸含量 [J]. 烟草科技, 2014(8):62-67.
Liu C K, Jia L, Wu L L, et al. Contents of nonvolatile organic acids in flue-cured tobacco from main tobacco growing areas in Henan [J]. Tobacco Science & Technology, 2014(8):62-67.
- [20] 卢秀萍,许仪,许自成,等. 不同烤烟基因型非挥发性有机酸和高级脂肪酸含量的变异分析 [J]. 中国烟草学报, 2007, 13(6):47-51.
Lu X P, Xu Y, Xu Z C, et al. Analysis of variation of the contents of non-volatile organic acids and senior fatty acids in different flue-cured tobacco genotypes [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2007, 13(6):47-51.
- [21] 彭艳,周冀衡,杨虹琦,等. 不同部位烟叶和烟梗中主要挥发性、半挥发性有机酸的分析研究 [J]. 湖南农业科学, 2009(12):43-46.
Peng Y, Zhou J H, Yang H Q, et al. Analysis of volatile and semi-volatile organic acids in tobacco leaves and stems at different positions [J]. Hunan Agricultural Sciences, 2009(12):43-46.
- [22] 彭艳,周冀衡,樊再斗,等. 不同烟区和烟田烤烟挥发和半挥发性有机酸含量的差异分析 [J]. 中国烟草学报, 2010, 16(5):19-23.
Peng Y, Zhou J H, Fan Z D, et al. Analysis of volatile and semi-volatile acid content in tobacco in different growing area and soil [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2010, 16(5):19-23.
- [23] 蒋高明. 植物生理生态学 [M]. 北京:高等教育出版社, 2005:81-92.
- Jiang G M. Plant ecophysiology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2005:81-92.
- [24] 杨惠娟,王红丽,史宏志,等. 光强衰减对烟草叶片碳氮代谢关键基因表达的影响 [J]. 中国烟草学报, 2015, 21(5):99-103.
Yang H J, Wang H L, Shi H Z, et al. Effects of light attenuation on expression of pivotal genes in carbon and nitrogen metabolism in tobacco leaves [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2015, 21(5):99-103.
- [25] 廖和明. 山东烟区烟叶成熟特性研究 [D]. 北京:中国农业科学院, 2013.
Liao H M. Studies on maturity characteristics of tobacco leaves in Shandong tobacco-growing area [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences Dissertation, 2013.
- [26] 杨园园,杨军杰,史宏志,等. 浓香型产区不同移栽期气候配置及对烟叶质量特色的影响 [J]. 中国烟草学报, 2015, 21(2):40-52.
Yang Y Y, Yang J J, Shi H Z, et al. Effect of climate conditions during transplanting on quality of strong-flavored leaf tobacco [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2015, 21(2):40-52.
- [27] 李亚伟,史宏志,梁晓芳,等. 国内主要浓香型烟区烟草生长期气候时空变化分析 [J]. 烟草科技, 2017, 50(7):22-30.
Li Y W, Shi H Z, Liang X F, et al. Spatial-temporal climate variability analysis in typical robust flavor style tobacco-planting areas during growth period [J]. Tobacco Science & Technology, 2017, 50(7):22-30.
- [28] 杨永霞,张嘉炜,贾宏昉,等. 成熟期温度对烟叶质体色素积累及香气成分的影响 [J]. 烟草科技, 2016, 49(5):16-22.
Yang Y X, Zhang J W, Jia H F, et al. Effects of temperature on plastid pigment accumulation and aroma components in tobacco leaves at mature stage [J]. Tobacco Science & Technology, 2016, 49(5):16-22.
- [29] 黄跃鹏,陈永明,谢晓斌,等. 成熟期光照强度对烤烟农艺性状及产质量的影响 [J]. 安徽农业科学, 2014, 42(9):2581-2583.
Huang Y P, Chen Y M, Xie X B, et al. Effects of light intensity during maturity stage on agronomical character, yield and quality of flue-cured tobacco [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2014, 42(9):2581-2583.