

网络出版时间:2019-11-27 15:19 DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2020.06.004
网络出版地址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.s.20191127.0922.008.html

不同配打模块中各尺寸片烟化学成分的变化

胡静宜¹,杨永锋²,刘茂林²,刘向真²,王宝林²,
周子方³,牛洋洋²,刘超²,陈红丽¹

(1 河南农业大学烟草学院,河南郑州 450002;2 河南中烟工业有限责任公司技术中心,河南郑州 450000;

3 江苏中烟工业有限责任公司,江苏南京 210019)

【摘要】【目的】明确不同配打模块烟叶在打叶后片烟质量的变化规律。【方法】以河南中烟工业有限责任公司 4 个浓香型多等级配打模块片烟为研究对象,从常规化学成分、糖类物质、多酚类物质、非挥发性有机酸 4 个方面进行分析,研究不同尺寸片烟化学成分的差异。【结果】①不同配打模块中,不同尺寸片烟的还原糖、总糖、烟碱含量存在一定差异,其中>25.40 mm 片烟和≤25.40~>12.70 mm 片烟的常规化学成分相对较为协调。②不同配打模块中,不同尺寸片烟的葡萄糖、果糖含量和糖类物质总量存在一定差异,其中>25.40 mm 片烟和≤25.40~>12.70 mm 片烟的糖类物质含量较高,≤2.36 mm 片烟的糖类物质含量最低。③不同配打模块中,不同尺寸片烟的绿原酸含量和多酚类物质总量存在一定差异,>25.40 mm 片烟和≤25.40~>12.70 mm 片烟的多酚类物质含量较高,≤2.36 mm 片烟的多酚类物质含量最低。④不同配打模块中,不同尺寸片烟的草酸、苹果酸、柠檬酸含量和非挥发性有机酸总量存在一定差异,其中>25.40 mm 片烟和≤25.40~>12.70 mm 片烟的非挥发性有机酸含量较低,≤2.36 mm 片烟的非挥发性有机酸含量最高。⑤由主成分分析可知,不同配打模块中,不同尺寸片烟主要化学成分综合得分的变化规律相同,均表现为>25.40 mm 片烟得分最高,≤25.40~>12.70 mm 片烟得分仅次于>25.40 mm 片烟,≤2.36 mm 片烟得分最低。【结论】不同尺寸片烟主要化学成分的变化规律不受地区和部位两个因素的影响,且在不同配打模块烟叶中变化规律表现一致,均以>25.40 mm 片烟的化学成分最协调,综合得分最高,可将该尺寸片烟作为中高档卷烟产品的原料;≤2.36 mm 片烟的内在化学品质较差,化学成分综合得分最低,在生产加工过程中可将该尺寸片烟筛分后用作烟草薄片的原料。

【关键词】 烟叶;打叶复烤;配打模块;片烟尺寸;化学成分

【中图分类号】 S572.092;TS452

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2020)06-0030-09

Changes of chemical composition with different batching modules among different sizes of tobacco

HU Jingyi¹, YANG Yongfeng², LIU Maolin², LIU Xiangzhen², WANG Baolin²,
ZHOU Zifang³, NIU Yangyang², LIU Chao², CHEN Hongli¹

(1 College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China;

2 Technology Center, China Tobacco Henan Industrial Co., Ltd., Zhengzhou, Henan 450000, China;

3 China Tobacco Jiangsu Industrial Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210019, China)

Abstract: 【Objective】 This study determined the changes of tobacco quality after beating with different modules. 【Method】 Four Luzhou-flavor flue-cured tobacco modules from China Tobacco Henan Industrial Limited Corporation were selected and the chemical composition of different sizes of tobacco leaves af-

【收稿日期】 2019-05-24

【基金项目】 河南中烟工业有限责任公司科技计划项目(ZW2014003,ZW2016007)

【作者简介】 胡静宜(1994—),女,河南郑州人,硕士,主要从事烟草加工研究。E-mail:hujingyisky@163.com

【通信作者】 陈红丽(1979—),女,河南新乡人,副教授,博士,主要从事烟叶质量评价研究。E-mail:chenhonglili06@163.com

ter beating was studied from four aspects including conventional chemical composition, sugars, polyphenols and non-volatile organic acids. 【Result】 ① There were significant differences in reducing sugar, total sugar and nicotinic contents of tobacco slices with different sizes. The chemical composition of >25.40 mm and $\leq 25.40 - >12.70$ mm tobacco was relatively consistent. ② There were significant differences in contents of glucose and fructose and total amount of carbohydrate in different sizes with different modules. The sugar contents of >25.40 mm and $\leq 25.40 - >12.70$ mm tobacco were higher, and that of ≤ 2.36 mm tobacco was the lowest. ③ There were significant differences in chlorogenic acid content and total polyphenolic substances of different sizes in different batching modules. The content of polyphenols in tobacco was higher in the range of >25.40 mm and $\leq 25.40 - >12.70$ mm, and that in tobacco ≤ 2.36 mm was the lowest. ④ The contents of oxalic acid, malic acid, citric acid and total non-volatile organic acid of different sizes of tobacco tablets in different modules were significantly different. The content of non-volatile organic acids in tobacco was lower in the range of >25.40 mm and $\leq 25.40 - >12.70$ mm, and that in tobacco ≤ 2.36 mm was the highest. ⑤ From the principal component analysis, the comprehensive score of main chemical components of tobacco leaves with different packaging modules had same changing pattern with different tobacco sizes. The tobacco with >25.40 mm had the highest score, followed by $\leq 25.40 - >12.70$ mm, while tobacco with ≤ 2.36 mm had the lowest score. 【Conclusion】 The changes of main chemical components in tobacco leaves with different sizes after leaf beating were not affected by region, module and position. The slice of >25.40 mm was the most harmonious with the highest comprehensive score, which can be used for medium and high-grade cigarettes. The internal chemical quality of ≤ 2.36 mm slice was poor with the lowest comprehensive score, which can be used for tobacco flakes after screening.

Key words: tobacco; tobacco threshing and redrying; batching module; strip size; chemical component

模块打叶又称配方打叶,是各烟草企业根据自身配方需要,将不同产地、不同部位,甚至不同等级的原烟按照预先设计好的打叶配方比例均匀的掺配到一起进行打叶复烤,形成一个理化特性均匀、质量相对稳定、适用性高的配方模块^[1-2]。片烟结构是指打叶后的烟叶经不同尺寸振动分选筛分离后不同尺寸片烟所占的比例,是衡量打叶复烤质量的关键指标,同时也关系到打叶复烤过程中烟叶原料的损耗^[3]。目前,合理的片烟结构成为卷烟工业对打后片烟追求的目标^[4]。同一片烟叶从叶尖到叶基的不同区位,受遗传因素、生理因素以及生长过程中光照等的影响,其化学成分存在较大差异,而化学成分是决定烟叶物理特性的内在因素,化学成分协调的烟叶其耐加工性能也相对较好^[5-9]。因此,在相同条件的打叶过程中,必然会出现尺寸不同的片烟。前人研究表明,同一片烟叶不同区位的非挥发性有机酸含量存在显著差异^[5];单等级烟叶打叶后,挥发性有机酸和挥发性香味物质在不同尺寸片烟间存在显著差异,挥发性有机酸总量和挥发性香味物质总量随片烟尺寸的增大而增加^[6]。然而,关于多等级混打配方模块打叶后不同尺寸片烟内主要化学成分的差异性研究报道较少,对不同配打模块烟叶打叶后不

同尺寸片烟重要化学成分的变化规律,以及水溶性糖类物质在打叶后不同尺寸片烟间的差异性研究尚未见报道。为此,本试验以河南中烟工业有限责任公司浓香型多等级配打模块片烟为原料,从常规化学成分含量、糖类物质含量、多酚类物质含量、非挥发性有机酸含量4个方面,研究不同尺寸片烟重要化学成分之间的差异,分析不同配打模块烟叶打叶后片烟质量的变化规律,以期为卷烟工业企业合理选用烟叶原料及配方模块的调整提供指导,并为其工艺处理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与仪器

1.1.1 试验材料 选取河南中烟工业有限责任公司2017年4个浓香型烤烟模块多等级打叶后的片烟,分别为平顶山 B2F(A)、平顶山 C3F(B)、漯河 C3F(C)、三门峡 B2F(D)。每个模块取10 kg样品。将采集的样品均匀置于烟叶振动分选筛的输送皮带上,经叶片振动分选筛筛分,分别获得以下5层筛网上的片烟:大片 >25.40 mm、中片 $\leq 25.40 - >12.70$ mm、小片 $\leq 12.70 - >6.35$ mm、碎片 $\leq 6.35 - >2.36$ mm、碎末 ≤ 2.36 mm^[10]。未筛分

的样品作为混合片烟。采用四分法取部分样品,于 60 °C 下烘干,研磨过 60 目(孔径 25 μm)筛,用于常规化学成分、糖类物质含量、多酚类物质含量和非挥发性有机酸含量的检测。

1.1.2 试验仪器 振动分选筛:YQ-3 型,郑州嘉德机电公司;流动分析仪:AutoAnalyzer 3 型,德国 Seal Analytical 公司;离子色谱仪:Dionex ICS-300 型,美国戴安公司;液相色谱仪:Agilent 1100 型,美国 Agilent 公司;气相色谱仪:Agilent 6890 型,美国 Agilent 公司。

1.2 试验方法

1.2.1 常规化学成分的测定 测定的常规化学成分包括总糖、还原糖、钾、氯、总氮、烟碱,并计算糖碱比、氮碱比、钾氯比。常规化学成分参考王瑞新^[11]的方法测定,每个样品平行测定 3 次。

1.2.2 糖类物质含量的测定 糖类物质含量参考文献^[12]的方法采用离子色谱法测定。准确称取 0.1 g 样品(精确至 0.000 1 g)于 150 mL 磨口三角瓶中,加入 50.0 mL 去离子水,盖上塞子,超声振荡萃取 30 min。用定性滤纸过滤,弃去前几毫升滤液,收集后续滤液用于分析。移取 5 mL 滤液于 50 mL 容量瓶中,用去离子水稀释定容至刻度,溶液经 0.45 μm 滤膜过滤后进行离子色谱分析。每个样品平行测定 3 次。

1.2.3 多酚类物质含量的测定 采用 YC/T 202-2006^[13]方法测定烤烟中的绿原酸、芸香苷、萜荭亭。称取 0.1 g(精确至 0.000 1 g)样品置于 50 mL 锥形瓶内,再精确加入 20.0 mL 体积分数 50% 的甲醇水溶液,置于超声波振荡器超声(频率 40 kHz)提取 20 min。取约 2 mL 萃取液经 0.45 μm 的水相滤膜过滤后进行高效液相色谱分析。每个样品平行测定 3 次。

1.2.4 非挥发性有机酸含量的测定 非挥发性有机酸含量采用气相色谱法^[14]测定。准确称取 0.1 g(精确至 0.000 1 g)烟末于 15 mL 试管中,加入 2 mL 体积分数 10% 的硫酸-甲醇溶液和 100 μL 己二酸内标溶液,旋紧旋盖,振荡 5 min,室温放置过夜((24 \pm 2) h)进行甲酯化反应。然后加入 5 mL 去离子水和 5 mL 二氯甲烷,旋紧旋盖,振荡萃取后离心(3 000 r/min 离心 5 min),取下层清液进 GC 分析。每个样品平行测定 3 次。

1.3 数据处理

数据处理使用 Excel 2010,数据统计分析采用 SPSS 20.0 和 DPS 7.05。

2 结果与分析

2.1 不同配打模块各尺寸片烟常规化学成分的变化规律

不同配打模块不同尺寸片烟常规化学成分含量及其单因素方差分析的多重比较结果见表 1。由表 1 可以看出,还原糖含量在不同模块的不同尺寸片烟间存在一定差异。由 A 和 B 2 个模块可知,还原糖含量与片烟尺寸呈正相关关系,即片烟尺寸越大,还原糖含量越高,且均表现为 >25.40 mm 片烟的还原糖含量最高,其次是 $\leq 25.40 \sim >12.70$ mm 片烟,且均显著高于 ≤ 2.36 mm 片烟。由此可知,不同尺寸片烟还原糖含量的变化规律不受部位因素的影响,在不同部位间表现规律一致。由 A 和 D 2 个模块,以及 B 和 C 2 个模块可知,还原糖含量与片烟尺寸呈正相关关系,即片烟尺寸越大,还原糖含量越高,均表现为 >25.40 mm 片烟的还原糖含量最高,其次是 $\leq 25.40 \sim >12.70$ mm 片烟,且均显著高于 ≤ 2.36 mm 片烟。由此可知,不同尺寸片烟还原糖含量的变化规律不受地区因素的影响,在不同地区间表现规律一致。总糖含量在不同模块的不同尺寸片烟间存在一定差异。由 A 和 B 2 个模块可知,总糖含量与片烟尺寸呈正相关关系,即片烟尺寸越大,总糖含量越高,均表现为 >25.40 mm 片烟的总糖含量最高,其次是 $\leq 25.40 \sim >12.70$ mm 片烟,且均显著高于 ≤ 2.36 mm 片烟。由此可知,不同尺寸片烟总糖含量的变化规律不受部位因素的影响,在不同部位间表现规律一致。由 A 和 D 2 个模块可知,总糖含量与片烟尺寸呈正相关关系,即片烟尺寸越大,总糖含量越高,均表现为 >25.40 mm 片烟的总糖含量最高,其次是 $\leq 25.40 \sim >12.70$ mm 片烟,且均显著高于 ≤ 2.36 mm 片烟。C 模块 $\leq 12.70 \sim >6.35$ mm 片烟的总糖含量高于 $\leq 25.40 \sim >12.70$ mm 片烟,但差异不显著,其总糖含量随片烟尺寸的变化规律与 B 模块基本一致。由此可知,不同尺寸片烟还原糖含量的变化规律不受地区因素的影响,不同地区间表现的规律一致。不同模块中, ≤ 2.36 mm 片烟的烟碱含量与其他尺寸片烟几乎均存在显著差异。由 A 和 B 2 个模块可知,烟碱均表现为 ≤ 2.36 mm 片烟的烟碱含量最低,且显著低于除 A 模块 $\leq 6.35 \sim >2.36$ mm 片烟外的其他尺寸烟叶,而其他尺寸烟叶间无显著差异。由此可知,不同尺寸片烟烟碱含量的变化规律在不同部位间表现一致。由 A 和 D 2 个模块以及 B 和 C

2个模块可知,烟碱均表现为 ≤ 2.36 mm片烟的烟碱含量最低,且显著低于除A、C模块 $\leq 6.35 \sim > 2.36$ mm片烟外的其他尺寸烟叶,其他尺寸片烟间无显著差异。由此可知,不同尺寸片烟烟碱含量的

变化规律在不同地区间表现相同。钾、氯和总氮含量在不同配打模块的不同尺寸片烟间均无显著差异。

总体而言,在不同配打模块中,不同尺寸片烟还原糖、总糖以及烟碱含量的变化规律相同。

表1 不同配打模块各尺寸片烟常规化学成分的比较

Table 1 Comparison of chemical composition with different batching modules among different sizes of tobacco

片型尺寸 Sizes	还原糖/% Reducing sugar				总糖/% Total sugar			
	A	B	C	D	A	B	C	D
混合 Mix	15.98 b	12.46 c	21.41 a	12.15 b	17.67 a	14.37 b	19.92 b	14.25 ab
>25.40 mm	17.02 a	17.28 a	21.36 a	15.17 a	18.88 a	19.18 a	21.97 a	16.98 a
$\leq 25.40 \sim > 12.70$ mm	16.76 a	14.33 b	21.33 a	13.74 a	18.75 a	16.02 b	21.37 a	15.86 a
$\leq 12.70 \sim > 6.35$ mm	13.43 bc	13.08 b	20.59 a	11.74 c	15.38 b	14.49 b	21.56 a	13.40 b
$\leq 6.35 \sim > 2.36$ mm	10.70 c	10.72 c	13.46 b	8.55 d	12.61 c	12.20 c	16.18 c	9.97 c
≤ 2.36 mm	8.30 d	7.82 d	10.80 c	6.09 d	9.89 d	8.97 d	12.93 d	7.73 d
片型尺寸 Sizes	钾/% Potassium				氯/% Chlorine			
	A	B	C	D	A	B	C	D
混合 Mix	1.43 a	1.43 a	1.13 a	1.03 a	1.21 a	1.38 a	0.34 a	1.08 a
>25.40 mm	1.34 a	1.39 a	1.20 a	1.11 a	1.31 a	1.50 a	0.41 a	1.11 a
$\leq 25.40 \sim > 12.7$ mm	1.26 a	1.36 a	1.11 a	0.98 a	1.33 a	1.40 a	0.32 a	1.09 a
$\leq 12.70 \sim > 6.35$ mm	1.31 a	1.39 a	1.19 a	0.99 a	1.31 a	1.50 a	0.36 a	1.18 a
$\leq 6.35 \sim > 2.36$ mm	1.34 a	1.34 a	1.33 a	0.98 a	1.40 a	1.60 a	0.39 a	1.11 a
≤ 2.36 mm	1.31 a	1.27 a	1.38 a	0.97 a	1.42 a	1.60 a	0.44 a	1.07 a
片型尺寸 Sizes	烟碱/% Nicotine				总氮/% Total nitrogen			
	A	B	C	D	A	B	C	D
混合 Mix	2.52 a	2.99 a	2.75 a	2.86 a	2.22 a	2.40 a	2.31 a	3.10 a
>25.40 mm	2.56 a	2.69 a	2.66 a	2.80 a	2.12 a	2.23 a	2.20 a	2.29 a
$\leq 25.40 \sim > 12.70$ mm	2.55 a	2.90 a	2.77 a	2.90 a	2.02 a	2.33 a	2.28 a	2.36 a
$\leq 12.70 \sim > 6.35$ mm	2.53 a	2.84 a	2.76 a	2.82 a	2.18 a	2.39 a	2.29 a	2.44 a
$\leq 6.35 \sim > 2.36$ mm	2.37 ab	2.61 a	2.45 ab	2.67 a	2.24 a	2.47 a	2.33 a	2.76 a
≤ 2.36 mm	2.02 b	2.11 b	2.07 b	2.43 b	2.23 a	2.57 a	2.38 a	2.98 a

注:同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

Notes: Different lowercase letters indicate significant differences ($P < 0.05$). The same below.

2.2 不同配打模块各尺寸片烟糖类物质的变化规律

为进一步研究片烟中糖类物质的变化规律,对

不同配打模块不同尺寸片烟的葡萄糖、果糖、蔗糖含量进行测定,并进行单因素方差分析及多重比较,结果见表2。

表2 不同配打模块各尺寸片烟糖类物质的比较

Table 2 Comparison of sugars with different batching modules among different sizes of tobacco

片型尺寸 Sizes	葡萄糖/% Glucose				果糖/% Fructose			
	A	B	C	D	A	B	C	D
混合 Mix	8.42 a	6.70 ab	11.05 ab	5.86 bc	6.13 a	5.62 ab	7.38 ab	4.56 a
>25.40 mm	8.45 a	8.29 a	12.67 a	7.67 a	6.27 a	6.87 a	8.60 a	5.88 a
$\leq 25.40 \sim > 12.70$ mm	8.24 ab	6.37 bc	10.89 b	7.01 ab	5.72 ab	5.69 ab	7.36 ab	5.41 a
$\leq 12.70 \sim > 6.35$ mm	6.50 bc	5.46 bc	9.29 b	5.38 bc	5.28 bc	5.15 ab	6.25 bc	4.53 a
$\leq 6.35 \sim > 2.36$ mm	5.37 cd	4.60 cd	7.13 c	4.93 c	4.17 bc	4.17 bc	5.48 cd	4.23 ab
≤ 2.36 mm	4.31 d	3.49 d	5.65 c	2.99 d	3.64 c	3.15 c	4.39 d	2.60 b
片型尺寸 Sizes	蔗糖/% Sucrose				总量/% The total			
	A	B	C	D	A	B	C	D
混合 Mix	0.92 a	0.99 a	1.19 a	1.60 a	15.47 a	13.31 b	19.63 b	12.02 bc
>25.40 mm	1.72 a	1.20 a	1.13 a	0.92 a	16.44 a	16.37 a	22.39 a	14.48 a
$\leq 25.40 \sim > 12.70$ mm	1.22 a	1.14 a	1.76 a	0.87 a	15.18 a	13.20 b	20.02 b	13.29 ab
$\leq 12.70 \sim > 6.35$ mm	1.17 a	1.06 a	1.66 a	0.85 a	12.95 b	11.66 b	17.21 c	10.76 cd
$\leq 6.35 \sim > 2.36$ mm	0.72 a	0.95 a	0.94 a	0.81 a	10.26 c	9.72 c	13.55 d	9.97 d
≤ 2.36 mm	0.79 a	0.78 a	0.78 a	0.69 a	8.74 c	7.42 d	10.81 d	6.27 d

由表 2 可以看出,葡萄糖、果糖含量在不同配打模块的不同尺寸片烟间存在一定差异。由 A 和 B 2 个模块可知,葡萄糖、果糖含量与片烟尺寸呈正相关关系,即片烟尺寸越大,葡萄糖、果糖含量越高,均表现为 >25.40 mm 片烟的葡萄糖和果糖含量最高,其次是混合片烟和 $\leq 25.40 \sim >12.70$ mm 片烟,且均显著高于 ≤ 2.36 mm 片烟。由此可知,不同尺寸片烟葡萄糖、果糖含量的变化规律不受部位因素的影响,在不同部位间表现一致。由 A 和 D 2 个模块及 B 和 C 2 个模块可知,葡萄糖、果糖含量与片烟尺寸呈正相关关系,即片烟尺寸越大,葡萄糖、果糖含量越高,均表现为 >25.40 mm 片烟的葡萄糖和果糖含量最高,其次是混合片烟和 $\leq 25.40 \sim >12.70$ mm 片烟,且均显著高于 ≤ 2.36 mm 片烟。由此可知,不同尺寸片烟葡萄糖、果糖含量的变化规律不受地区因素的影响,在不同地区间表现一致。蔗糖含量在不同配打模块的不同尺寸片烟间无显著差异。糖类物质总量在不同配打模块的不同尺寸片烟间存在一定差异,不同尺寸片烟糖类物质总量与葡萄糖、果糖含量的变化在不同配打模块间表现一致。

总体来看,在不同配打模块中,不同尺寸片烟葡萄糖、果糖含量以及糖类物质总量的变化规律相同。

2.3 不同配打模块各尺寸片烟多酚类物质的变化规律

不同配打模块不同尺寸片烟多酚类物质含量及单因素方差分析的多重比较结果见表 3。由表 3 可

表 3 不同配打模块各尺寸片烟多酚类物质的比较

Table 3 Comparison of polyphenols with different batching modules among different sizes of tobacco mg/g

片型尺寸 Sizes	绿原酸 Chlorogenic acid				萹蓄亭 Scopoletin			
	A	B	C	D	A	B	C	D
混合 Mix	13.65 bc	11.88 a	13.42 a	9.82 ab	0.19 a	0.30 a	0.29 a	0.26 a
>25.40 mm	16.09 a	12.44 a	13.51 a	10.83 a	0.17 a	0.26 a	0.30 a	0.29 a
$\leq 25.40 \sim >12.70$ mm	15.28 ab	11.81 a	12.97 a	10.62 a	0.17 a	0.29 a	0.26 a	0.30 a
$\leq 12.70 \sim >6.35$ mm	13.34 cd	10.89 a	13.32 a	10.00 ab	0.17 a	0.30 a	0.27 a	0.29 a
$\leq 6.35 \sim >2.36$ mm	11.70 d	7.57 b	12.61 a	8.78 bc	0.19 a	0.25 a	0.25 a	0.28 a
≤ 2.36 mm	9.28 d	7.03 b	10.28 b	7.39 c	0.18 a	0.25 a	0.23 a	0.24 a
片型尺寸 Sizes	芸香苷 Rutin				总量 The total			
	A	B	C	D	A	B	C	D
混合 Mix	5.66 a	4.86 a	7.18 a	5.00 a	19.50 bc	17.03 a	20.89 ab	15.07 ab
>25.40 mm	6.01 a	5.64 a	8.29 a	5.72 a	22.27 a	17.50 a	22.09 a	16.63 a
$\leq 25.40 \sim >12.70$ mm	5.65 a	5.31 a	6.87 ab	5.67 a	21.10 ab	17.41 a	20.11 b	16.79 a
$\leq 12.70 \sim >6.35$ mm	5.13 a	4.82 a	6.77 ab	5.35 a	18.64 cd	16.01 a	20.36 ab	15.64 ab
$\leq 6.35 \sim >2.36$ mm	5.46 a	3.98 a	7.15 ab	5.63 a	17.35 d	11.81 b	20.02 b	14.69 b
≤ 2.36 mm	4.80 a	3.84 a	6.14 b	4.69 a	14.25 d	11.12 b	16.64 c	12.32 c

2.4 不同配打模块各尺寸片烟非挥发性有机酸的变化规律

不同配打模块不同尺寸片烟非挥发性有机酸含

以看出,绿原酸含量在不同配打模块的不同尺寸片烟间均存在显著差异。由 A 和 B 2 个模块可知,绿原酸含量与片烟尺寸呈正相关关系,即片烟尺寸越大,绿原酸含量越高,均表现为 >25.40 mm 片烟的绿原酸含量最高,其次是混合片烟和 $\leq 25.40 \sim >12.70$ mm 片烟,且均显著高于 ≤ 2.36 mm 片烟。由此可知,不同尺寸片烟绿原酸含量的变化规律不受部位因素的影响,在不同部位间表现规律一致。由 A 和 D 2 个模块及 B 和 C 2 个模块可知,片烟尺寸越大,绿原酸含量越高,均表现为 >25.40 mm 片烟的绿原酸含量最高,其次是混合片烟和 $\leq 25.40 \sim >12.70$ mm 片烟,且均显著高于 ≤ 2.36 mm 片烟。由此可知,不同尺寸片烟绿原酸含量的变化规律不受地区因素的影响,在不同地区间表现规律一致。萹蓄亭含量在不同配打模块的不同尺寸片烟间无显著差异。芸香苷含量在 A、B、D 模块的不同尺寸片烟间均无明显差异,但均以 >25.40 mm 片烟含量最高, ≤ 2.36 mm 片烟最低;在 C 模块的不同尺寸片烟间,以 ≤ 2.36 mm 片烟的芸香苷含量最低,且显著低于 >25.40 mm 片烟。多酚类物质总量在不同配打模块的不同尺寸片烟间存在一定差异,不同尺寸片烟多酚类物质总量与绿原酸含量的变化在不同配打模块间表现规律一致。

总体上,不同配打模块中,不同尺寸片烟的绿原酸及多酚类物质总量的变化规律相同。

量及单因素方差分析的多重比较结果见表 4。由表 4 可以看出,草酸含量在不同配打模块的不同尺寸片烟间均存在一定差异。由 A、B 2 个模块可知,均

表现为 ≤ 2.36 mm 片烟的草酸含量最高, >25.40 mm 片烟含量最低,且两者存在显著差异。由此可知,不同尺寸片烟草酸含量的变化规律在不同部位间表现一致。由 B、C 2 个模块可知,草酸含量与片烟尺寸呈负相关关系,即片烟尺寸越大,草酸含量越低,均表现为 ≤ 2.36 mm 片烟的草酸含量最高,且显著高于 >25.40 mm 片烟。D 模块以 $\leq 25.40 \sim >12.70$ mm 片烟的草酸含量最低,除与 ≤ 2.36 mm 片烟有显著差异外,与其他处理的差异均不显著,且与 A 模块一样均表现为 ≤ 2.36 mm 片烟的草酸含量最高。由此可知,不同尺寸片烟草酸含量的变化规律不受地区因素的影响,在不同地区间表现一致。丙二酸、丁二酸在不同配打模块的不同尺寸烟叶间无显著性差异,苹果酸、柠檬酸含量在不同配打模块的不同尺寸片烟间存在一定差异。由 A 和 B 2 个模块可知,苹果酸、柠檬酸含量与片型大致呈负相关关系,即片烟尺寸越大,苹果酸、柠檬酸含量越低,2 个模块均表现为 >25.40 mm 片烟的苹果酸、柠檬酸

含量最低,其次是混合片烟和 $\leq 25.40 \sim >12.70$ mm 片烟,且显著低于其他尺寸片烟。由此可知,不同尺寸片烟苹果酸、柠檬酸含量的变化规律不受部位因素的影响,在不同部位间变化规律一致。由 A 和 D 2 个模块及 B 和 C 2 个模块可知,苹果酸、柠檬酸含量均以 >25.40 mm 片烟最低,其次是混合片烟和 $\leq 25.40 \sim >12.70$ mm 片烟,且显著低于其他处理。片烟尺寸越小,苹果酸、柠檬酸含量越高。由此可知,不同尺寸片烟苹果酸、柠檬酸含量的变化规律在不同地区间表现一致。非挥发性有机酸总量在不同配打模块的不同尺寸片烟间存在一定差异,不同尺寸片烟非挥发性有机酸总量与草酸、苹果酸、柠檬酸含量的变化在不同配打模块之间表现规律基本一致。

总体上来看,在不同配打模块中,不同尺寸片烟草酸、苹果酸、柠檬酸及非挥发性有机酸总量的变化规律相同。

表4 不同配打模块各尺寸片烟主要非挥发性有机酸的比较

Table 3 Comparison of nonvolatile organic acids with different batching modules among different sizes of tobacco

片型尺寸 Sizes	草酸/(mg·g ⁻¹) Oxalic acid				丙二酸/(mg·g ⁻¹) Malonic acid			
	A	B	C	D	A	B	C	D
混合 Mix	13.65 ab	11.86 ab	14.90 b	12.86 b	3.92 a	3.55 a	4.44 a	4.81a
>25.40 mm	12.06 b	10.24 b	13.18 b	13.27 b	3.33 a	3.07 a	4.04 a	5.00 a
$\leq 25.40 \sim >12.70$ mm	13.12 ab	12.02 a	13.51 b	12.72 b	3.72 a	3.86 a	4.57 a	4.72 a
$\leq 12.70 \sim >6.35$ mm	13.65 ab	11.70 ab	14.92 b	13.26 b	3.87 a	3.47 a	4.78 a	4.90 a
$\leq 6.35 \sim >2.36$ mm	13.56 ab	12.17 a	14.94 b	13.18 b	4.06 a	3.83 a	4.70 a	4.94 a
≤ 2.36 mm	13.94 a	12.47 a	15.89 a	13.99 a	3.80 a	3.54 a	5.10 a	5.05 a
片型尺寸 Sizes	丁二酸/(mg·g ⁻¹) Succinic acid				苹果酸/(mg·g ⁻¹) Malic acid			
	A	B	C	D	A	B	C	D
混合 Mix	0.69 a	0.66 a	0.62 a	0.73 a	100.34 c	100.01 a	75.69 d	111.79 c
>25.40 mm	0.65 a	0.61 a	0.63 a	0.80 a	88.90 d	84.98 d	66.71 f	107.08 d
$\leq 25.40 \sim >12.70$ mm	0.64 a	0.66 a	0.60 a	0.72 a	100.85 c	87.65 d	70.40 d	111.65 c
$\leq 12.70 \sim >6.35$ mm	0.68 a	0.65 a	0.64 a	0.77 a	108.07 b	94.45 c	79.52 c	118.19 a
$\leq 6.35 \sim >2.36$ mm	0.71 a	0.71 a	0.64 a	0.79 a	115.79 a	101.71 a	90.66 b	115.96 b
≤ 2.36 mm	0.82 a	0.78 a	0.73 a	0.89 a	117.46 a	97.74 b	104.57 a	119.64 a
片型尺寸 Sizes	柠檬酸/(mg·g ⁻¹) Citric acid				总量/(mg·g ⁻¹) The total			
	A	B	C	D	A	B	C	D
混合 Mix	12.31 c	14.52 c	14.12 c	17.56 c	130.91 d	130.62 c	109.76 d	147.76 c
>25.40 mm	11.55 c	12.43 d	14.01 d	16.58 c	116.48 d	111.32 f	98.57 f	142.93 d
$\leq 25.40 \sim >12.70$ mm	13.24 c	16.63 b	15.28 b	16.76 c	131.57 d	120.82 d	104.36 d	146.58 c
$\leq 12.70 \sim >6.35$ mm	14.84 b	16.03 c	15.89 b	19.76 b	141.40 c	126.31 d	115.75 c	157.87 b
$\leq 6.35 \sim >2.36$ mm	17.36 a	18.73 a	17.04 b	21.29 b	151.48 b	137.16 a	127.98 b	156.16 b
≤ 2.36 mm	17.63 a	19.05 a	18.99 a	23.99 a	153.36 a	133.57 b	146.28 a	162.56 a

2.5 不同配打模块不同尺寸片烟内在化学成分综合评价

4 个模块 4 类化学指标综合主成分相关矩阵的特征值、贡献率及累积贡献率的计算结果见表 5。4 个模块烟叶 4 类化学指标综合主成分分析得到的前

3 个主成分 5 的累积贡献率均达到 91% 以上。已有研究表明,主成分分析综合得分可作为判定化学品质高低的依据^[15]。为进一步分析不同配打模块的不同尺寸片烟化学品质的高低,根据主成分计算公式可获得前 3 个主成分与 4 类化学指标综合的线性

组合,计算出 4 个模块的 6 个尺寸片烟主成分综合得分及排名如表 6 所示。分析相同地区的 A 和 B 2 个模块可知,主成分综合得分与片烟尺寸均呈正相关关系,即片烟尺寸越大,主成分综合得分越高,均表现为 >25.40 mm 片烟的得分最高, $\leq 25.40 \sim >12.70$ mm 片烟的得分仅次于 >25.40 mm 片烟。由此可知,不同尺寸片烟内在化学成分主成分综合得分的变化规律不受部位因素的影响。分析相同部位不同地区的 B 和 C 2 个模块及 A 和 D 2 个模块

表 5 不同尺寸片烟各类化学成分含量主成分分析的特征值及方差贡献率

Table 5 Characteristic values and variance contribution rates of principal component analysis of chemical indexes among different sizes

模块 Module	第 1 主成分 First principal component			第 2 主成分 Second principal component			第 3 主成分 Third principal component		
	特征值 The eigenvalue	贡献率/% Contribution rate	累积贡献率/% Cumulative contribution rate	特征值 The eigenvalue	贡献率/% Contribution rate	累积贡献率/% Cumulative contribution rate	特征值 The eigenvalue	贡献率/% Contribution rate	累积贡献率/% Cumulative contribution rate
A	11.620	68.350	68.350	3.125	18.382	86.732	1.363	8.016	94.749
B	10.705	62.971	62.971	4.691	27.591	90.562	1.489	6.323	96.895
C	12.562	73.896	73.896	1.805	10.619	84.514	1.664	9.791	94.305
D	10.892	64.069	64.069	2.804	16.492	80.561	1.896	11.155	91.716

表 6 不同配打模块各尺寸片烟主成分综合得分

Table 6 Composite scores of principal components among different sizes

片型尺寸 Size	A	B	C	D
混合 Mix	1.56	1.56	1.89	0.21
>25.40 mm	2.71	1.86	1.96	2.22
$\leq 25.40 \sim >12.70$ mm	1.62	1.59	1.91	1.90
$\leq 12.70 \sim >6.35$ mm	-0.12	0.78	0.77	0.38
$\leq 6.35 \sim >2.36$ mm	-1.92	-1.83	-1.57	-0.94
≤ 2.36 mm	-3.85	-3.96	-4.97	-3.77

3 讨 论

已有研究表明,烟叶常规化学成分中的总糖、还原糖和烟碱主要影响感官评吸指标中的香气质、香气量等指标,钾和氯主要影响烟叶的燃烧性,烟叶的常规化学成分很大程度上直接影响烟气的特性^[16-18]。刘超等^[19]研究表明,尺寸较大片烟的常规化学成分总得分较高,本研究结果与其基本一致,这可能是因为不同配打模块烟叶烟碱含量与叶面密度呈正相关关系,烟碱含量高则其叶面密度也相对较大;其次,总糖含量与烟叶抗张强度也呈正相关关系,总糖含量高,则其抗张强度大^[20-21]。

在本研究中,尺寸较大的片烟,糖类物质含量较高,这可能是因为不同配打模块烟叶中均含有较多能与水分子合成氢键的亲水基团,糖类物质与烟叶的保湿能力呈正相关关系,糖类物质含量高,烟叶保湿能力和抗击打能力均较强^[22-23]。水溶性糖与烟叶的质量密切相关,水溶性糖能在烟草燃烧时生成酸

可知,主成分综合得分与片烟尺寸呈正相关关系,即片烟尺寸越大,主成分综合得分越高,均表现为 >25.40 mm 片烟的得分最高, $\leq 25.40 \sim >12.70$ mm 片烟的得分仅次于 >25.40 mm 片烟。由此可知,不同尺寸片烟内在化学成分主成分综合得分的变化规律不受地区因素的影响。对 4 个模块烟叶相互对比可知,不同尺寸片烟内在化学成分主成分综合得分在不同配打模块之间变化规律一致,不受地区和部位两个因素的影响。

性物质,由此中和部分碱性物质,从而使烟气更醇和。此外,水溶性糖还能发生美拉德反应生成香味物质,从而使烟气的香气质、香气量更好;水溶性糖中的葡萄糖与细柔度、刺激性密切相关,果糖与烟气浓度和劲头有较大的相关性^[24-25]。由此可知,尺寸较大的片烟,糖类物质含量较高,烟叶感官品质较好。

唐军等^[26]研究表明,随片烟尺寸由小到大,多酚类物质含量呈先降低后升高的趋势。本试验结果与其不同,这可能是因为不同配打模块烟叶的多酚类物质与厚度有一定的内在联系,叶片厚则耐加工性较好,易形成尺寸较大的烟叶^[27]。杨慧芹等^[28]认为,烟叶的多酚类物质含量与烟叶等级呈正相关关系,多酚类物质含量越高则烟叶质量越好,等级越高;同时,多酚类物质与烟叶的香吃味也呈显著正相关关系^[29]。因此,片烟尺寸越大,其多酚类物质含量越高,烟叶的品质相对较好。在本试验中,C 模块芸香苷含量在不同尺寸片烟间存在较大差异,这可

能与C模块所在地区的海拔有关,该地区海拔较高,其烟叶多酚类物质含量偏高^[27]。

非挥发性有机酸与烟叶的香吃味密切相关。草酸、丙二酸、苹果酸和柠檬酸是主要的非挥发性有机酸,草酸与香气质、香气量呈极显著负相关关系,丙二酸与香气量、杂气呈显著负相关关系,苹果酸与香气质、香气量、杂气呈极显著负相关关系,柠檬酸与香气量呈显著负相关^[30-31]。在本试验中,不同尺寸片烟非挥发性有机酸含量的变化规律与唐军等^[26]的研究结果不同。唐军等^[26]认为,烟叶非挥发性有机酸含量与片烟尺寸呈正相关关系。这可能是因为不同配打模块烟叶的非挥发性有机酸与物理特性中的厚度呈显著负相关关系,非挥发性有机酸含量越低其耐加工性越好^[32]。罗琼等^[33]认为,质量较好烟叶的非挥发性有机酸含量较低。因此尺寸较大的片烟,其非挥发性有机酸含量较低,烟叶质量相对较好。

对不同配打模块烟叶主要化学成分进行的主成分分析表明,不同尺寸片烟间综合得分规律一致,均表现为尺寸 $>25.40\text{ mm}$ 和 $\leq 25.40\sim >12.70\text{ mm}$ 片烟的综合得分较高,与前人研究结果^[19]基本一致。烟叶的化学成分决定其物理特性,因此烟叶内在化学成分越协调,烟叶耐加工性越好,在打叶复烤过程中更易形成尺寸较大的片烟。

4 结 论

利用差异性分析法和主成分分析法,研究了河南中烟工业有限责任公司浓香型烤烟多等级打叶后不同配打模块片烟内在化学成分的差异,结果表明,不同配打模块不同尺寸片烟常规化学成分、糖类物质、多酚类物质及非挥发性有机酸的变化规律基本相同,不同尺寸片烟的还原糖、总糖、烟碱、葡萄糖、果糖、糖类物质总量、绿原酸、多酚类物质总量和草酸、苹果酸、柠檬酸、非挥发性有机酸总量均存在一定的差异。由主成分分析可知,不同配打模块中,不同尺寸片烟主要化学成分综合得分的变化规律相同,均表现为 $>25.40\text{ mm}$ 片烟得分最高,其次是 $\leq 25.40\sim >12.70\text{ mm}$ 片烟, $\leq 2.36\text{ mm}$ 片烟的得分最低。综上所述,在试验范围内,不同尺寸片烟内在主要化学成分的变化规律不受地区和部位两个因素的影响,其在不同配打模块间表现一致。

在不同配打模块中, $>25.40\text{ mm}$ 片烟的化学成分最协调,综合得分最高,可将该尺寸片烟作为中高档卷烟产品的原料; $\leq 25.40\sim >12.70\text{ mm}$ 片烟

的得分仅次于 $>25.40\text{ mm}$ 片烟; $\leq 2.36\text{ mm}$ 片烟的内在化学品质较差,化学成分综合得分最低,在生产加工过程中可将该尺寸片烟筛分后单独装箱,用作烟草薄片的原料,从而拓宽片烟使用范围,提高烟叶使用价值。另外,该研究结论可为行业追求的“提高大中片率,降低小片率”的目标提供理论依据和数据支撑,同时可以将片烟尺寸作为烟叶原料用途划分标准的补充,使卷烟工业企业对不同尺寸片烟的使用定位更加精准,从而提高烟叶原料的利用率。

[参考文献]

- [1] 姚小龙. 打叶复烤模块化加工的探索 [J]. 质量探索, 2016, 13(2): 32, 31.
Yao X L. Exploration on modular processing of beating leaf re-baking [J]. Quality Exploration, 2016, 13(2): 32, 31.
- [2] 罗思维, 林锐峰. 配方模块打叶技术对提高吉林烟叶工业适用性的作用 [J]. 广东化工, 2013, 40(16): 47-48.
Luo S W, Lin R F. Effect of leaf-cutting technology with formula module on improving industrial applicability of tobacco leaves in Jilin [J]. Guangdong Chemical Industry, 2013, 40(16): 47-48.
- [3] 国家烟草专卖局. 卷烟工艺规范 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2016.
State Tobacco Monopoly Administration. Cigarette process specification [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2016.
- [4] 吴芳, 喻文蓉, 李德综, 等. 不同工艺参数的设定与打叶复烤质量的关系 [J]. 科技与企业, 2012(14): 324-326.
Wu F, Yu W R, Li D Z, et al. Relationship between setting of different process parameters and the quality of beating and re-baking [J]. Science and Technology & Enterprise, 2012(14): 324-326.
- [5] 刘超, 陈伟, 杨永锋, 等. 河南浓香型烤烟叶面不同分切区位非挥发性有机酸含量和感官质量的变化 [J]. 中国农业科技导报, 2018, 20(12): 122-129.
Liu C, Chen W, Yang Y F, et al. Changes of nonvolatile organic acid content and sensory quality in different cutting locations of leaves of henan luzhou-flavor flue-cured tobacco [J]. China Agricultural Science and Technology Guide, 2018, 20(12): 122-129.
- [6] 刘继辉, 王玉真, 李思源, 等. 打叶后不同尺寸片烟挥发性化学物质的差异性分析 [J]. 中国烟草科学, 2018, 39(5): 99-103.
Liu J H, Wang Y Z, Li S Y, et al. Analysis of volatile chemicals in different sizes of tobacco after leaf beating [J]. China Tobacco Science, 2018, 39(5): 99-103.
- [7] 贺帆, 王涛, 孙建锋, 等. 烟叶不同区位主要化学成分差异分析 [J]. 江西农业学报, 2013, 25(12): 49-52.
He F, Wang T, Sun J F, et al. Difference analysis of main chemical components in different regions of tobacco leaves [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2013, 25(12): 49-52.
- [8] 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 beta carotene in different loci of tobacco leaves [J]. China Tobacco Science, 2013, 34(2): 59-63.
- [9] 龙明海, 资文华, 华一崑, 等. 主成分分析结合 Fisher 最优分割法在烟叶分切中的应用 [J]. 烟草科技, 2016, 49(8): 83-88.
- Long M H, Zi W H, Hua Y Q, et al. Application of principal component analysis combined with Fisher's optimal segmentation method in tobacco leaf segmentation [J]. Tobacco Science and Technology, 2016, 49(8): 83-88.
- [10] 国家烟草专卖局. GB/T 21137—2007 烟叶片烟大小的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- State Tobacco Monopoly Administration. GB/T 21137—2007 Determination of the size of tobacco leaf tobacco [S]. Beijing: Standards Press of China, 2007.
- [11] 王瑞新. 烟草化学品质分析法 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1999: 43-120.
- Wang R X. Chemical quality analysis of tobacco [M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 1999: 43-120.
- [12] 吴玉萍, 陈萍, 李应金, 等. 超声波提取-离子色谱法测定烟草中葡萄糖、果糖和蔗糖 [J]. 分析实验室, 2008(S1): 138-140.
- Wu Y P, Chen P, Li Y J, et al. Determination of glucose, fructose and sucrose in tobacco by ultrasonic extraction and ion chromatography [J]. Analytical Laboratory, 2008(S1): 138-140.
- [13] 国家烟草专卖局. YC/T 202—2006 烟草及烟草制品多酚类化合物绿原酸、萜萜亭和芸香苷的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- State Tobacco Monopoly Administration. YC/T 202—2006 Determination of chlorogenic acid, scopolamine and rutin, polyphenols in tobacco and tobacco products [S]. Beijing: Standards Press of China, 2006.
- [14] 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, 47(8): 62-67.
- Liu C K, Jia L, Wu L L, et al. Content of nonvolatile organic acids in flue-cured tobacco in main tobacco producing areas of Henan province [J]. Tobacco Science and Technology, 2014, 47(8): 62-67.
- [15] 许美玲, 肖炳光, 焦芳婵. 基于主成分和系统聚类分析的烤烟种质资源化学品质评价 [J]. 南方农业学报, 2017, 48(11): 1937-1947.
- Xu M L, Xiao B G, Jiao F C. chemical quality evaluation of flue-cured tobacco germplasm resources based on principal component and systematic cluster analysis [J]. Journal of Southern Agriculture, 2017, 48(11): 1937-1947.
- [16] 沈建平, 郭建华, 曾强, 等. 邵武烟叶常规化学成分质量评价 [J]. 土壤, 2017, 49(6): 1221-1228.
- Shen J P, Guo J H, Zeng Q, et al. Quality evaluation of conventional chemical components in Shaowu tobacco leaves [J]. Soil, 2017, 49(6): 1221-1228.
- [17] 杜文, 谭新良, 易建华, 等. 用烟叶化学成分进行烟叶质量评价 [J]. 中国烟草学报, 2007(3): 25-31.
- Du W, Tan X L, Yi J H, et al. Quality evaluation of tobacco leaves using chemical components of tobacco leaves [J]. Chinese Journal of Tobacco, 2007(3): 25-31.
- [18] 薛超群, 尹启生, 王信民, 等. 烤烟烟叶香气质量与其常规化学成分的相关性 [J]. 烟草科技, 2006, 39(9): 27-30.
- Xue C Q, Yin Q S, Wang X M, et al. Correlation between aroma quality of flue-cured tobacco and its conventional chemical components [J]. Tobacco Science and Technology, 2006, 39(9): 27-30.
- [19] 刘超, 赵阔, 杨永锋, 等. 打叶后浓香型烤烟不同尺寸片烟质量变化特征 [J]. 食品与机械, 2018, 34(11): 50-54.
- Liu C, Zhao K, Yang Y F, et al. Quality change characteristics of different sizes of flue-cured tobacco after beating leaves [J]. Food and Machinery, 2018, 34(11): 50-54.
- [20] 马红辉, 许安定, 宋文峰, 等. 重庆烤烟化学成分及其协调性对物理特性的影响 [J]. 西南农业学报, 2014, 27(4): 1751-1755.
- Ma H H, Xu A D, Song W F, et al. Effects of chemical composition and its coordination on physical properties of flue-cured tobacco in Chongqing [J]. Journal of Southwest Agriculture, 2014, 27(4): 1751-1755.
- [21] 王建民, 孙意然, 李瑞丽, 等. 烤烟物理特性与化学成分的典型相关分析 [J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版), 2014, 29(5): 28-31.
- Wang J M, Sun Y R, Li R L, et al. Canonical correlation analysis of physical properties and chemical components of flue-cured tobacco [J]. Journal of Zhengzhou Institute of Light Industry (Natural Science Edition), 2014, 29(5): 28-31.
- [22] 闫克玉. 烟草化学 [M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2002.
- Yan K Y. Tobacco chemistry [M]. Zhengzhou: Zhengzhou University Press, 2002.
- [23] 马林, 张相辉, 刘强, 等. 烟丝中糖组分含量对平衡含水率的影响 [J]. 中国烟草学报, 2010, 16(6): 10-13.
- Ma L, Zhang X H, Liu Q, et al. Effects of sugar content in tobacco on equilibrium moisture content [J]. Acta Tobacconica Sinica, 2010, 16(6): 10-13.
- [24] 陈剑明, 杨式华, 冯洪涛, 等. 云南主产烟区烟叶水溶性糖与感官质量相关及通径分析 [J]. 西南农业学报, 2017, 30(11): 2506-2511.
- Chen J M, Yang S H, Feng H T, et al. Correlation and path analysis of water-soluble sugar in tobacco leaves with sensory quality in main tobacco growing areas in yunnan [J]. Journal of Southwest Agriculture, 2017, 30(11): 2506-2511.
- [25] 谢笑天, 郑萍, 朱伟明, 等. 高效液相色谱法测定卷烟烟气总颗粒物中的烟碱 [J]. 分析化学, 2000(9): 1085-1087.
- Xie X T, Zheng P, Zhu W M, et al. Determination of nicotine in total particulate matter of cigarette smoke by high performance liquid chromatography [J]. Analytical Chemistry, 2000(9): 1085-1087.

- [42] Kumar S, Asif M H, Chakrabarty D, et al. Expression of a rice Lambda class of glutathione S-transferase, OsGSTL2, in *Arabidopsis* provides tolerance to heavy metal and other abiotic stresses [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2013, 248/249: 228-237.
- [43] Jakobsson P J, Morgenstern R, Mancini J, et al. Common structural features of MAPEG-a widespread superfamily of membrane associated proteins with highly divergent functions in eicosanoid and glutathione metabolism [J]. *Protein Science*, 2010, 8(3): 689-692.
- [44] Dixon D P, Davis B G, Edwards R. Functional divergence in the glutathione transferase superfamily in plants [J]. *Journal of Biological Chemistry*, 2002, 277(34): 30859-30869.
- [45] Moons A. Regulatory and functional interactions of plant growth regulators and plant glutathione S-transferases (GSTs) [J]. *Vitamins & Hormones*, 2005, 72: 155-202.
- [46] Dixon D P, Steel P G, Edwards R. Roles for glutathione transferases in antioxidant recycling [J]. *Plant Signaling & Behavior*, 2011, 6(8): 1223-1227.
- [47] Hernandez I, Alegre L, Munne-Bosch S. Drought-induced changes in flavonoids and other low molecular weight antioxidants in *Cistus clusii* grown under Mediterranean field conditions [J]. *Tree Physiology*, 2004, 24(11): 1303-1311.
- [48] Misra P, Pandey A, Tiwari M, et al. Modulation of transcriptome and metabolome of tobacco by *Arabidopsis transcription* factor, AtMYB12, leads to insect resistance [J]. *Plant Physiology*, 2010, 152: 2258-2268.
- [49] Pandey A, Misra P, Chandrashekar K, et al. Development and optimization of *AtMYB12* expressing transgenic tobacco callus culture for large scale production of rutin with biopesticidal potential [J]. *Plant Cell Rep*, 2012, 31: 1867-1876.
- [50] Kumar S, Asif M H, Chakrabarty D, et al. Differential expression of rice lambda class GST gene family members during plant growth, development, and in response to stress conditions [J]. *Plant Molecular Biology Reporter*, 2013, 31(3): 569-580.
- [51] Chan C, Lam H. A putative lambda class glutathione S-transferase enhances plant survival under salinity stress [J]. *Plant Cell Physiol*, 2014, 55: 570-579.
- [52] Gowrishankar J. Identification of osmoreponsive genes in *Escherichia coli*; evidence for participation of potassium and proline transport systems in osmoregulation [J]. *Journal of Bacteriology*, 1985, 164(1): 434-445.
- [53] Chaurasia N, Mishra Y, Rai L C. Cloning expression and analysis of phytochelatin synthase (pcs) gene from *Anabaena* sp. PCC 7120 offering multiple stress tolerance in *Escherichia coli* [J]. *Biochemical & Biophysical Research Communications*, 2008, 376(1): 225-230.
- [54] 刘娜,倪志勇,芮存,等.棉花 *GhVHA-A* 基因的原核表达及其重组大肠杆菌的抗逆性分析 [J]. *西北植物学报*, 2018(1): 41-47.
- Liu N, Ni Z Y, Rui C, et al. Prokaryotic expression and stress tolerance of *E. coli* expressing *GhVHA-A* gene from cotton [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2018(1): 41-47.

(上接第 38 页)

- [26] 唐军,邱昌桂,周冰,等.不同尺寸片烟及不同长度成品烟丝化学成分的变化 [J]. *烟草科技*, 2016, 49(11): 42-55.
- Tang J, Qiu C G, Zhou B, et al. Changes of chemical composition of finished tobacco with different sizes and lengths [J]. *Tobacco Science and Technology*, 2016, 49(11): 42-55.
- [27] 韩富根.烟草化学 [M].北京:中国农业出版社,2010.
- Han F G. Tobacco chemistry [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2010.
- [28] 杨慧芹,王莎莎,金云峰,等.生长温度对不同生育期烟草多酚物质代谢的影响 [J]. *基因组学与应用生物学*, 2015, 34(9): 1957-1974.
- Yang H Q, Wang S S, Jin Y F, et al. Effects of growth temperature on polyphenol metabolism in tobacco during different growth stages [J]. *Genomics & Applied Biology*, 2015, 34(9): 1957-1974.
- [29] Nagasawa M. Chlorogenic acid in the tobacco leaf during flue-curing [J]. *Journal of the Agricultural Chemical Society of Japan*, 1958, 22(1): 21-23.
- [30] 穆童,李东亮,姚倩,等.不同部位烤烟非挥发性有机酸含量与品质指标的关系分析 [J]. *南方农业学报*, 2018, 49(5): 963-970.
- Mu T, Li D L, Yao Q, et al. Analysis on the relationship between content of non-volatile organic acids and quality indexes of flue-cured tobacco in different parts [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2008, 49(5): 963-970.
- [31] 王瑞新.烟草化学 [M].北京:中国农业出版社,2003.
- Wang R X. Tobacco chemistry [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2003.
- [32] 邓小华.湖南烤烟区域特征及质量评价指标间关系研究 [D].长沙:湖南农业大学,2007.
- Deng X H. Study on the relationship between regional characteristics and quality evaluation indexes of flue-cured tobacco in Hunan [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2007.
- [33] 罗琼,薛冬,杨俊,等.不同卷烟和烟叶中主要非挥发性有机酸含量的差异 [J]. *烟草科技*, 2009, 42(12): 33-37, 64.
- Luo Q, Xue D, Yang J, et al. Differences of main nonvolatile organic acids in different cigarettes and tobacco leaves [J]. *Tobacco Science and Technology*, 2009, 42(12): 33-37, 64.