

## 密集烘烤干筋期干球和湿球温度对烟叶香气质量的影响

詹军, 宫长荣\*, 李伟, 苏海燕, 刘建军, 王洁, 邵年

(河南农业大学 烟草学院, 河南 郑州 450002)

**摘 要:**为进一步优化密集烘烤工艺,以提高烟叶的香气质量,研究了密集烘烤干筋期干球和湿球温度对烟叶致香物质和感官评吸质量的影响。结果表明:采用干筋前期干球温度 54~<60 °C、湿球温度 38 °C,干筋后期干球温度 60~68 °C、湿球温度 41 °C 进行烘烤能极显著提高烟叶致香物质的含量,烟叶类胡萝卜素类、苯丙氨酸类、棕色化反应产物类、类西柏烷类致香物质和新植二烯的含量分别为 31.250、11.426、4.074、44.329、407.909 μg/g;对烟叶香气质量有重要作用的类胡萝卜素降解产物含量和巨豆三烯酮含量(11.161 μg/g)较对照分别增加了 25.88%、35.07%;烟叶的香韵较好,香气量充足,香气质纯净,烟气浓度和劲头适中,刺激性较小,杂气较少,口感较好,感官评吸质量得分最高。

**关 键 词:** 烤烟;密集烘烤;干筋期;干球温度;湿球温度;香气质量

中图分类号: TS41<sup>†1</sup> 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2011)05-0484-06

## Effects of dry and wet bulb temperature during stem-drying stage of bulk curing on aroma quality of flue-cured tobacco

ZHAN Jun, GONG Chang-rong\*, LI Wei, SU Hai-yan, LIU Jian-jun, WANG Jie, SHAO Nian

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

**Abstract:** To improve aroma quality of flue-cured tobacco leaf and optimize curing technology, effects of different dry and wet bulb temperatures during stem drying stage of bulk curing on tobacco aroma components and smoking quality were studied. Results showed that, when the dry bulb temperature was 54- <60 °C, wet bulb temperature was 38 °C before stem-drying stage and the dry bulb temperature was 60-68 °C, wet bulb temperature was 41 °C after stem-drying stage, it could remarkably increase the total contents of aroma components in tobacco leaves. And the leaves had higher contents of degradation products of carotenoid (31.250 μg/g), phenylalanine (11.426 μg/g), browning reaction (4.074 μg/g), cemdrenoid (44.329 μg/g), neophytadiene (407.909 μg/g). The content of carotenoid degraded products and megastigmatrienones (11.161 μg/g), which played important roles in improving tobacco aroma quality, increased 25.88%, 35.07% compared to CK. The leaves characterized by preferable flavor notes, clean and adequate volume of aroma, moderate taste concentration and physiological strength, little irritancy and good taste scored the highest by sensory evaluation. In conclusion, the wet bulb temperature of 38 °C in the earlier stem drying stage and 41 °C in the later could significantly improve the aroma quality of flue-cured tobacco leaves.

**Key words:** flue-cured tobacco; bulk curing; stem-drying stage; dry bulb temperature; wet bulb temperature; aroma quality

烘烤工艺直接影响烟叶香气成分的含量与组成,最终影响香气质量的形成和风格的彰显,而通过完善烘烤工艺来提高烟叶香气质量,已成为烟叶生产中亟待解决的问题。烘烤过程中的温、湿度在

收稿日期: 2011-03-06

基金项目: 国家烟草专卖局资助项目(3300806156)

作者简介: 詹军(1986—),男,陕西洛南人,硕士研究生,主要从事烟叶调制研究, zhanjun\_@126.com; \*通信作者, gongchr009@126.com

很大程度上决定了烟叶内部各种生理生化变化和生物大分子的转化<sup>[1]</sup>, 其影响甚至决定着烤后烟叶的质量。有关温、湿度对烟叶生理生化特性及烤后烟叶品质的影响已有研究<sup>[2-9]</sup>, 但多集中在烘烤过程的变黄和定色阶段。关于干筋期干球和湿球温度与烟叶香气质量关系的研究目前鲜见报道。笔者以云烟 87 中部叶为材料, 探讨了密集烘烤干筋期不同干球和湿球温度条件对烟叶中性致香物质和感官评吸质量的影响, 旨在为提高烟叶的香气质量提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试烤烟

烤烟品种为云烟 87, 以中部叶(11~12 位叶)为试验材料。

### 1.2 主要仪器与设备

Agilent 6890N/5975 气质联用分析仪为美国安捷伦公司产品; 供试烤房为标准气流下降式密集烤房, 共 15 座。

### 1.3 试验设计

试验于 2010 年在云南省楚雄市子午镇进行。试验田土壤为红壤, 肥力中等。供试烤烟于 5 月 10 日移栽, 施纯氮 90.00 kg/hm<sup>2</sup>, N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 质量比为 1 1 1.8。田间管理按优质烤烟栽培生产技术规范进行。烟叶成熟时按照叶位单叶采收。挑选成熟度、大小基本一致的叶片, 按每竿 130 片绑竿标记, 分别挂置在各烤房底层、中层、上层距离装烟室门口各 2、4、6 m 处, 每层 6 竿。各处理烟叶均在同一天内完成采收、编烟、装炕与开烤, 装烟密度为 65 kg/m<sup>3</sup>。

于干筋期设 5 个处理(表 1), 其中对照采用当地常规烘烤工艺。干筋前期干球温度为 54~60 °C, 干筋后期干球温度为 60~68 °C。各处理除按表 1 中改变干筋期湿球温度外, 其他工艺均严格按三段式烘烤工艺进行。回潮后按文献[10]中的方法对标记烟叶进行分级, 取 C3F(中橘三)2.0 kg 用于分析, 各处理 3 次重复。

表 1 不同处理的湿球温度

处理	湿球温度/°C	
	干筋前期	干筋后期
T1	38	40
T2	39	40
T3	38	41
T4	39	41
CK	38	39

### 1.4 中性致香物质的提取及分析

样品处理: 烟叶样品除去主叶脉后, 粉碎过 0.250 mm 孔径筛, 在温度 22 °C、相对湿度 60% 的环境下平衡 24 h。采用同时蒸馏萃取法提取烟叶中的致香成分, 在同时蒸馏萃取装置一端接盛有 25.00 g 烟样、一定量内标化合物(乙酸苯甲酯)和 500 mL 蒸馏水的圆底烧瓶, 用电热套加热; 另一端接盛有 30 mL 二氯甲烷的 100 mL 烧瓶, 将该端烧瓶置于 60 °C 的恒温水浴锅中加热, 同时蒸馏萃取 2 h; 将二氯甲烷萃取液用适量无水硫酸钠干燥后浓缩至 1 mL。浓缩液采用气质联用分析仪进行分析, 所得图谱经计算机谱库(NIST98, Wiley275)检索, 并用内标校正归一化法计算各致香物质相对含量。

GC/MS 分析条件: 毛细管柱 HP-5MS(30 m×0.25 mm, 0.25 μm); 载气为 He; 流速 1 mL/min; 进样口温度 260 °C; 进样量 0.5 μL; 分流比 25:1; 接口温度 280 °C; 离子源为 EI; 电子能量 70 eV; 离子源温度 230 °C; 质量数 35~455 amu。升温程序: 初温 50 °C, 保持 1 min; 以 8 °C/min 的速率升至 160 °C, 保持 2 min; 再以 8 °C/min 的速率升至 280 °C, 保持 15 min。

### 1.5 烟叶评吸鉴定

将各处理烟叶切丝后卷制成长 70 mm、圆周 27.5 mm 的烟支, 经过挑选、平衡水分后, 由云南烟草科学研究院评吸专家按烟叶感官评吸质量标准统一评吸鉴定, 并采用百分制打分, 香韵、香气量、香气质、烟气浓度、刺激性、劲头、杂气、口感的满分分别为 10、15、15、10、15、5、10、20 分, 得分越高, 表明烟叶质量越好。

### 1.6 数据处理

采用 Microsoft Excel 2003 进行数据处理; 采用

SPSS 17.0 进行统计分析和方差分析;采用 LSD 法进行多重比较。

## 2 结果与分析

经 GC/MS 定性分析,共检测到 51 种中性致香物质,CK、T1、T2、T3、T4 的含量分别为 463.287、446.171、529.924、593.711、460.277  $\mu\text{g/g}$ , T3 处理极显著高于其他处理。按烟叶香气前体物分类方法进行分,其中,类胡萝卜素类 14 种,苯丙氨酸类 5 种,棕色化反应产物类 11 种,类西柏烷类 2 种,其他类 19 种。

### 2.1 各处理烟叶类胡萝卜素降解产物的含量

由表 2 可知,各处理烟叶类胡萝卜素降解产物的含量从大到小依次为 T3、T2、T4、CK、T1, T3 处理极显著高于其他处理,较对照增加了 25.88%;对烟叶香气贡献较大的香叶基丙酮、巨豆三烯酮 D、二氢猕猴桃内酯、金合欢基丙酮 A、6-甲基-5-庚烯-2-酮、3-氧代- $\alpha$ -紫罗兰醇的含量均极显著高于其他处理,巨豆三烯酮 A、巨豆三烯酮 C、金合欢基丙酮 B 的含量也以 T3 处理最高,表明 T3 处理能促进烟叶类胡萝卜素的代谢,形成较多的致香物质。

表 2 不同处理烟叶类胡萝卜素降解产物的含量

Table 2 Content of carotenoid degradation products of cured tobacco in different treatments

类胡萝卜素降解产物	含量/ $(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$				
	CK	T1	T2	T3	T4
$\beta$ -大马酮	3.652Cc	3.838Cc	5.003Aa	4.158Bb	4.777Aa
香叶基丙酮	0.653Bc	0.776Bbc	0.839Bb	1.094Aa	0.800Bc
$\beta$ -紫罗兰酮	2.304Cc	1.635Ee	3.131Aa	2.666Bb	1.992Dd
巨豆三烯酮 A	0.850Bb	0.678Bc	1.135Aa	1.227Aa	0.810Bbc
巨豆三烯酮 B	2.783Dd	2.662Dd	3.934Aa	3.609Bb	3.338Cc
巨豆三烯酮 C	1.215Bb	0.683Dd	1.558Aa	1.642Aa	0.971Cc
巨豆三烯酮 D	3.415Cc	2.954Dd	4.226Bb	4.683Aa	4.254Bb
$\beta$ -二氢大马酮	0.837Cd	0.971Bc	1.273Aa	1.181Ab	1.206Aab
金合欢基丙酮 A	6.436Bb	4.456Ee	5.866Cc	6.827Aa	5.084Dd
金合欢基丙酮 B	0.212Bb	0.166Cc	0.438Aa	0.462Aa	0.181BCc
6-甲基-2-庚酮	0.248Aa	0.094Cc	0.080Cc	0.173Bb	0.079Cc
二氢猕猴桃内酯	0.733Cc	0.660Cd	1.047Bb	1.374Aa	0.667Ccd
6-甲基-5-庚烯-2-酮	1.257Bb	0.427De	0.455Dd	1.665Aa	0.904Cc
3-氧代- $\alpha$ -紫罗兰醇	0.230Cc	0.135Dd	0.282Bb	0.489Aa	0.126Dd
合计	24.825Cc	20.135Dd	29.267Bb	31.250Aa	25.189Cc

### 2.2 各处理烟叶苯丙氨酸类物质的含量

由表 3 可知,5 种致香物质的含量均以 T3 处理最高,其中苯甲醇、苯甲醛、苯乙醛的含量极显著高于其他处理,而苯乙醇含量与 T2 处理差异显著,

与其他处理差异极显著,芳樟醇含量也较 CK 和 T1 极显著增加。总体而言,苯丙氨酸类致香物质的含量以 T3 处理最高,较对照增加了 49.79%。

表 3 不同处理烟叶苯丙氨酸类物质的含量

Table 3 Content of phenylalanine degradation products of cured tobacco in different treatments

苯丙氨酸类物质	含量/ $(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$				
	CK	T1	T2	T3	T4
苯甲醇	5.037Dd	5.935Cc	6.634Bb	7.275Aa	5.165Dd
苯乙醇	1.688Cc	2.111Bd	2.516Ab	2.653Aa	2.146Bc
苯甲醛	0.089Cc	0.128Bb	0.139Bb	0.232Aa	0.133Bb
苯乙醛	0.666Cc	0.523Dd	0.826Bb	1.073Aa	0.648Cc
芳樟醇	0.148Cc	0.165BCb	0.177ABab	0.193Aa	0.175ABb
合计	7.628Bc	8.862Bb	10.292Aa	11.426Aa	8.267Bbc

### 2.3 各处理烟叶棕色化反应产物的含量

由表 4 可知,各处理烟叶棕色化反应产物含量从大到小依次为 T3、T4、T2、T1、CK, T3 与 T4 差异不显著,但极显著高于其他 3 个处理。吡啶、己醛、5-甲基-2-糠醛、2-戊基呋喃、2-乙基吡啶、

2-乙酰基-3,4,5,6-四氢吡啶含量均以 T3 处理最高;糠醛、糠醇、2-环戊烯-1,4-二酮含量以 T4 处理最高;吡咯和 2-乙酰基-1,4,5,6-四氢吡啶以 T2 处理最高。

表 4 不同处理烟叶棕色化反应产物的含量

Table 4 Content of browning reaction products of cured tobacco in different treatments

棕色化反应产物	含量/( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )				
	CK	T1	T2	T3	T4
糠醛	1.087Cc	1.600ABab	1.165BCc	1.253BCbc	1.864Aa
糠醇	0.536Bb	0.439Cc	0.539Bb	0.571Aa	0.578Aa
吡啶	0.062Dd	0.104Bb	0.041Ee	0.239Aa	0.083Cc
吡咯	0.098De	0.173Bb	0.194Aa	0.132Cd	0.163Bc
己醛	0.063Dd	0.060Dd	0.181Bb	0.214Aa	0.108Cc
5-甲基-2-糠醛	0.038Dd	0.042Dd	0.135Bb	0.542Aa	0.081Cc
2-戊基呋喃	0.181Aa	0.097Cc	0.059Dd	0.189Aa	0.124Bb
2-乙基吡啶	0.053Cc	0.054Cc	0.154ABa	0.159Aa	0.132Bb
2-环戊烯-1,4-二酮	0.149Cc	0.180Bb	0.113Dd	0.120Dd	0.208Aa
2-乙酰基-3,4,5,6-四氢吡啶	0.131Cd	0.115Ce	0.207Ab	0.225Aa	0.168Bc
2-乙酰基-1,4,5,6-四氢吡啶	0.312Dd	0.241Ee	0.554Aa	0.430Bb	0.355Cc
合计	2.710Cc	3.105BCb	3.342Bb	4.074Aa	3.864Aa

### 2.4 各处理烟叶类西柏烷类物质的含量

由表 5 可知,茄酮含量以 T2 处理最高, T3 处理次之,但二者之间差异不显著;西柏三烯二醇以 T3 处理含量最高,CK 最低。各处理烟叶类西柏烷

类致香物质含量从大到小依次为 T3、T2、T1、T4、CK,表明 T3 处理能够极显著增加烟叶类西柏烷类致香物质的含量,其较对照增加了 167.41%。

表 5 不同处理烟叶类西柏烷类物质的含量

Table 5 Content of cemdrenoid degradation products of cured tobacco in different treatments

类西柏烷类物质	含量/( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )				
	CK	T1	T2	T3	T4
茄酮	5.608Dd	7.098Cc	9.144Aa	8.798ABab	8.442Bb
西柏三烯二醇	10.969Cc	18.276Bb	32.876Aa	35.531Aa	15.606Bb
合计	16.577Cc	25.374Bb	42.020Aa	44.329Aa	24.048Bb

### 2.5 各处理烟叶新植二烯及其他类致香物质的含量

由表 6 可知, T3 处理的新植二烯含量极显著高于其他处理,较对照增加了 11.72%; T2 处理与对照差异不显著, T1 和 T4 处理的新植二烯含量较对照有所降低;各处理下醛类致香物质含量从大到小依次为 T2、T1、CK、T3、T4, T3 处理不利于醛类致香物质含量的增加;各处理下酮类致香物质含量从大到小依次为 T3、T2、T4、CK、T1,其中,

T3 处理的以 3-羟基-2-丁酮、薄荷酮含量最高, T2 处理次之;各处理下酯类化合物含量从大到小依次为 T3、T2、T4、T1、CK,其中, T3 处理的丁内酯、亚麻酸甲酯含量极显著高于其他处理,邻苯二甲酸二异丁酯、十六酸乙酯含量显著高于其他处理,亚麻酸甲酯含量最高,较对照增加了 207.79%;醇类致香物质含量以 T3、T2 处理较高,对照最低,其中 3-甲基-1-丁醇和寸拜醇含量极显著高于其他处理;十六酸含量以 T3 处理最高,较 CK 增加了

95.60%。各处理烟叶的中性致香物质含量以 T3 处理最高, T2 处理次之, 分别较对照增加 28.15%、14.38%, T1、T4 处理均较对照降低。

表 6 不同处理烟叶新植二烯和其他类致香物质的含量

Table 6 Content of neophytadiene and other aroma components of cured tobacco in different treatments

致香物质	含量/( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )				
	CK	T1	T2	T3	T4
新植二烯	365.128Aa	345.351Ab	368.239Aa	407.909Bc	349.952Aab
其他类: 吡咯	0.305Aa	0.231Bb	0.322Cc	0.255Dd	0.292Aa
2,4-庚二烯醛 A	0.094Aa	0.101Aa	0.224Bb	0.061Cc	0.089Aa
2,4-庚二烯醛 B	0.136Aa	0.135Aa	0.326Bb	0.170Cc	0.128Aa
十四醛	0.757Aa	0.462Bb	0.684Ac	0.587Cd	0.481Be
2,6-壬二烯醛	0.162Aa	0.457Bb	0.728Cc	0.285Dd	0.275Dd
1-戊烯-3-酮	0.229Aa	0.396BDb	0.274BCc	0.304Cd	0.396Db
3-羟基-2-丁酮	0.408Aa	0.250Bb	0.462Cc	0.571Dd	0.303Ee
面包酮	0.201Aa	0.224Bb	0.445Cc	0.441Cc	0.264Dd
薄荷酮	0.115ACa	0.081Bb	0.123Aac	0.128Ac	0.100Cd
丁内酯	0.125Aa	0.086Bb	0.071Cc	0.140Dd	0.116Ae
邻苯二甲酸二异丁酯	0.495ABab	0.534ABa	0.344Bb	0.715Ad	0.577ABa
十六酸甲酯	2.376Aa	3.719BDdb	4.797Cc	3.462Dd	4.305BCc
十六酸乙酯	2.332ACa	1.477Bb	1.716Bb	2.709Cc	1.380Bd
亚麻酸甲酯	7.290Aa	13.488Bb	17.976Cc	22.438Dd	13.652Bb
3-甲基-1-丁醇	0.544Aa	0.395Bb	0.178Cc	0.452Dd	0.356Bb
寸拜醇	3.646Aa	4.614Bb	6.802Cc	8.705Dd	6.100Ee
植醇	2.831Aa	3.268Ab	6.372Bc	5.626Cd	3.838De
十六酸	24.373Aa	13.426Bb	34.920Cc	47.674Dd	16.305Bb
合计	46.419Aa	43.344Aa	76.764Bb	94.723Cc	48.957Aa

## 2.6 各处理烟叶的感官评吸结果

从表 7 可知, 各处理烟叶的感官评吸质量以 T3 处理的得分最高, T2 次之, T4 最低, 表明 T3 处理

能较好地改善烤后烟叶的香气量、香气质、刺激性和口感; T3 处理对烤后烟叶杂气无明显改善作用。

表 7 不同处理烟叶的感官评吸质量得分

Table 7 Sensory evaluation score of tobacco leaves from different treatments

处理	感官评吸质量得分/分								
	香韵	香气量	香气质	浓度	刺激性	劲头	杂气	口感	总分
CK	7.0	11.0	11.4	7.0	11.6	3.5	7.0	16.0	74.5
T1	6.8	11.4	11.3	7.4	11.4	3.9	6.7	15.6	74.5
T2	7.0	11.7	11.6	7.1	11.0	3.9	6.7	15.9	74.9
T3	7.1	11.7	11.7	7.2	12.0	3.6	6.9	16.1	76.3
T4	7.0	10.9	11.3	6.8	11.3	3.5	6.4	15.7	72.9

## 3 结论与讨论

烟叶香气质量是由多种香气成分的组成、含量、比例及相互作用所决定的<sup>[11]</sup>。史宏志等<sup>[12]</sup>认为, 烟叶成熟和调制过程是香气前提物降解、致香物质

形成和转化的主要时期。国内外研究结果<sup>[13]</sup>表明, 烤烟致香物质大部分在烘烤的变黄和定色期形成, 到干筋后期致香物质可能分解, 因此, 变黄、定色和干筋期干球、湿球温度条件对烟叶的香吃味具有决定性影响。本研究结果表明, 干筋期不同干球和

湿球温度条件对烟叶致香物质的含量有较大影响,在干筋前期干球温度 54 ~ < 60 °C、湿球温度 38 °C 和干筋后期干球温度 60~68 °C、湿球温度 41 °C 的烘烤条件下,烟叶的致香物质含量较高,其中主要是对烟叶香气有重要影响的香叶基丙酮、巨豆三烯酮 A、巨豆三烯酮 C、巨豆三烯酮 D、二氢猕猴桃内酯、苯甲醇、苯乙醇、苯甲醛、苯乙醛、吡啶、己醛、5-甲基糠醛、2-戊基咪喃、2-乙基吡啶、十六酸、2-乙酰基-3,4,5,6-四氢吡啶、西柏三烯二醇和酯类化合物的含量较高。这可能是因为相对于其他物质来说,这些物质属于大分子物质,在干筋期适宜的干球、湿球温度条件下,降解挥发得较少。

烟叶中很大一类致香物质是类胡萝卜素物质氧化分解产生的。在胡萝卜素侧链不同部位氧化降解产生的化合物中,大部分在烘烤前都存在,在烤后含量增加<sup>[14]</sup>,并且类胡萝卜素含量在调制期间降解加速<sup>[15]</sup>。Enzell 等<sup>[16-17]</sup>认为,在高等级烟叶中通常类胡萝卜素及其降解产物含量较高。Weeks<sup>[18]</sup>发现,在烟叶质量提高的同时,类胡萝卜素类降解产物的含量明显增加。本研究结果表明,T3 处理烟叶的类胡萝卜素类降解产物含量最高,T2 次之,在感官评吸中也以 T3 的总分最高,T2 次之,表明类胡萝卜素类降解产物的含量与烟叶香气质量密切相关。巨豆三烯酮是烟叶中存在的一类致香物质,添加该类化合物对卷烟的增香提质、去除杂气有明显作用<sup>[19]</sup>。本试验结果表明,T3 处理能明显提高烟叶巨豆三烯酮含量,较对照增加了 35.07%。

T3 处理能够增加烟叶致香物质含量的原因可能有以下几个方面:一是在变黄和定色阶段(干球温度低于 54 °C)烟叶内含物质降解转化充分,形成了更多的香气前体物质和致香物质;二是在 54 °C 稳温时保持较低的湿球温度有利于烟叶尽快失水,抑制酶促棕色化反应的进行,促进非酶促棕色化反应的进行,使糖和氨基酸生成更多致香物质;三是 60 °C 及其以后保持较高的湿球温度,使烟叶脱水不至于过快,减少了致香物质在高温下的降解和挥发,还可能使一些小分子物质发生聚缩,形成更多的致香物质。

#### 参考文献:

[1] 王怀珠,杨焕文,郭红英.烘烤过程中温湿度对烤烟

淀粉降解及相关酶活性的影响[J].作物学报,2006,32(2):313-316.

- [2] 高玉珍,王卫峰,张骏,等.密集烘烤不同变黄温湿条件对烟叶中性致香物质的影响[J].云南农业大学学报,2008,23(2):215-219.
- [3] 代丽,黄永成,宫长荣,等.密集式烘烤条件下不同变黄温湿度对烤后烟叶致香物质的影响[J].华北农学报,2008,23(6):148-152.
- [4] 王松峰,王爱华,毕庆文,等.烘烤过程中湿度条件对烤烟生理指标及烤后质量的影响[J].中国烟草科学,2008,29(5):52-56.
- [5] 黄山,杨虹琦,张发明,等.烘烤温湿度变化对不同烤烟品种烟叶膜脂过氧化作用的影响[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2009,35(5):485-492.
- [6] 宫长荣,袁红涛,陈江华.烤烟烘烤过程中烟叶淀粉酶活性变化及色素降解规律的研究[J].中国烟草学报,2009,8(2):16-20.
- [7] 宫长荣,刘霞,王卫峰.密集烘烤温湿度条件对烟叶生理生化特性和品质的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2007,35(6):77-82,88.
- [8] 张晓远,毕庆文,汪健,等.变黄期温湿度及持续时间对上部烟叶呼吸速率和化学成分的影响[J].烟草科技,2009(9):56-59.
- [9] 师会勤,艾复清,万红友.烘烤变黄环境对烤后烟叶化学组分的影响[J].江西农业大学学报,2004,26(5):749-753.
- [10] GB/T 2635—92 烤烟[S].
- [11] 宫长荣,张学伟,景延秋,等.氨基酸和壳聚糖对烤烟生理特性及香味品质的影响[J].土壤,2010,42(1):59-64.
- [12] 史宏志,韩锦峰,官春云.烟叶香气前体物在成熟和调制过程中的变化[J].作物研究,1996,10(2):22-25.
- [13] 史宏志,刘国顺.烟草香味学[M].北京:中国农业出版社,1998:4-13.
- [14] 宫长荣.烟叶烘烤原理[M].北京:科学出版社,1994:159-160.
- [15] Forrest G, Vilcins G. Determination of tobacco carotenoids by resonance raman spectroscopy[J]. J Agric Food Chem, 1979, 27: 609-612.
- [16] Enzell C R, Wahlberg I. Leaf composition in relation to smoking quality and aroma[J]. Rec Avd Tob Sci, 1980, 6: 64-122.
- [17] Lefingwell J C, Lefingwell D. Chemical and sensory aspects of tobacco flavor[J]. Rec Avd Tob Sci, 1988, 14: 169-218.
- [18] Week W W. Chemistry of tobacco constituents influencing flavor and aroma[J]. Rec Avd Tob Sci, 1985, 11: 175-200.
- [19] 王建林,杨少龙,许炎妹,等.巨豆三烯酮的合成及表征[J].光谱学与光谱分析,2005,25(3):467-469.

责任编辑:杨盛强