

## 四川主产烟区烤烟致香前体物质含量差异分析

鲁黎明<sup>1</sup>, 刘 燕<sup>1</sup>, 雷 强<sup>2</sup>, 王 勇<sup>3</sup>, 胡建新<sup>4</sup>, 信俊峰<sup>4</sup>

(1. 四川农业大学 农学院, 四川 成都 611130; 2. 四川省烟草公司, 四川 成都 610000;

3. 凉山州烟草公司, 四川 西昌 615000; 4. 攀枝花烟草公司, 四川 攀枝花 617026)

**摘要:** 为深入了解四川主产烟区烤烟致香前体物质含量变化的规律, 通过在凉山、攀枝花、宜宾三地设置田间试验, 分析了 2 个主栽烤烟品种云烟 85 及云烟 87 初烤烟叶的总酚、烟碱、色素、石油醚提取物及有机酸等致香前体物质的含量。结果表明: 烟叶总酚含量变化较大(27. 2~39. 7 mg/g), 其中, 最高含量与最低含量均出现在攀枝花。除宜宾下部叶外, 相同部位同一烟区云烟 85 的总酚含量略高于云烟 87。烟叶有机酸含量为 47. 5~72. 7 mg/g。相同部位同一烟区品种间烟叶的有机酸含量除凉山州上部叶和宜宾中、下部叶外, 均表现为云烟 85>云烟 87。烟叶烟碱含量为 8. 7~30. 4 mg/g。同一烟区上、中部叶的烟碱含量均表现云烟 87 高于云烟 85。在质体色素含量方面, 3 个烟区烟叶叶绿素 a 含量介于 0. 136 3~0. 778 6 mg/g, 同一烟区云烟 85 中、下部叶叶绿素含量 a 较云烟 87 为高; 叶绿素 b 含量为 0. 095 7~0. 770 2 mg/g; 类胡萝卜素含量为 0. 934 4~2. 946 8 mg/g。烟叶石油醚提取物含量为 37. 6~77. 0 mg/g, 同一品种同一烟区不同部位烟叶的石油醚提取物含量均表现为上部叶>中部叶>下部叶, 同一烟区同一部位品种间石油醚提取物含量除宜宾中下部叶外, 均表现为云烟 85>云烟 87。综合分析, 烟叶致香物质的含量受品种、地区以及部位等多重因素的影响, 其变化随品种、地区的变化而变化, 其中地区因素影响较大。

**关键词:** 四川烟区; 烤烟; 致香前体物质; 差异分析; 品种

**中图分类号:** S572      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2012)08-0052-05

## Analysis of Main Fragrant Precursor Content of Flue-cured Tobacco from Different Areas in Sichuan Province

LU Li-ming<sup>1</sup>, LIU Yan<sup>1</sup>, LEI Qiang<sup>2</sup>, WANG Yong<sup>3</sup>, HU Jian-xin<sup>4</sup>, XIN Jun-feng<sup>4</sup>

(1. College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China;

2. Sichuan Tobacco Company, Chengdu 610000, China; 3. Liangshan Tobacco Company, Xichang 615000, China;

4. Panzhihua Tobacco Company, Panzhihua 617026, China)

**Abstract:** In order to know the characteristics of aroma precursor content of flue-cured tobacco leaves in different areas of Sichuan province, field experiments of two varieties Yunyan 85 and Yunyan 87 were adopted to analyze the leaf content of main fragrant precursors in Liangshan, Panzhihua and Yibin. The result showed that, firstly, the total phenols content in tobacco leaf varied significantly from 27. 2 mg/g to 39. 7 mg/g, of which the highest and the lowest appeared both in Panzhihua. And its content in Yunyan 85 was slightly higher than that in Yunyan 87 from the same area and the same parts except for lower leaves from Yibin. Secondly, the organic acid content varied between varieties ranging from 47. 5 mg/g to 72. 7 mg/g. Generally, Yunyan 85 had a

收稿日期: 2012-03-17

基金项目: 四川省烟草专卖局科技项目(200703009; 200901015)

作者简介: 鲁黎明(1965-), 男, 河南正阳人, 副教授, 博士, 主要从事烟草化学品质研究。E-mail: luliming@sicau.edu.cn

higher accumulation than Yunyan 87 with an exception of upper leaves in Liangshan and middle and lower leaves in Yibin. Thirdly, the nicotine content of tobacco leaves changed according to varieties as well, which ranged from 8.7 mg/g to 30.4 mg/g. In upper and middle leaves, the nicotine in Yunyan 87 were higher than that in Yunyan 85. Fourthly, the tobacco leaf content of chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids ranging from 0.136 3 mg/g to 0.778 6 mg/g, 0.095 7 mg/g to 0.770 2 mg/g and 0.934 4 mg/g to 2.946 8 mg/g, respectively. Finally, petroleum ether extraction contents of different leaf parts changed from 37.6 mg/g to 77.0 mg/g, ordered as follow: upper leaf > middle leaf > lower leaf. Yunyan 85 had a higher content of petroleum ether extract except for middle and lower leaves in Yibin. In summary, the result indicated that the content of aroma constituents of tobacco leaves was affected by multiple factors, such as varieties, area and position, especially regional factors.

**Key words:** Sichuan province; flue-cured tobacco; main fragrant precursor; difference analysis; variety

香气是评定烟叶及其制品品质的重要指标之一。烟叶香气的量、质、型状况由多种香气成分的组成、含量、比例及相互作用所决定<sup>[1-7]</sup>。烟叶的香气物质包括致香物质和致香前体物质 2 类<sup>[8]</sup>。烤烟致香前体物质的形成与其遗传背景、生态条件及栽培调制措施<sup>[9-17]</sup>有密切关系,其中,生态条件是较为重要的影响因素<sup>[18-20]</sup>。徐照丽<sup>[21]</sup>的研究表明,云南烤烟所处的高原生态条件(如海拔、光照等)有利于其香气物质的形成,是云南烤烟香气风格形成的重要基础。烤烟中性致香物质是一类重要的香气物质,对烤烟的香型及评吸结果影响较大。研究表明,生态条件对烟叶中性致香物质的含量有较大影响,同时,各产区有自身特有的致香成分<sup>[22-26]</sup>。在烟叶潜香物质方面,酚类、类胡萝卜素及烟碱的含量均与生态区域有关<sup>[27-28]</sup>。烟叶的石油醚提取物与其外观质量和内在质量有着密切的关系,研究表明,烤烟的石油醚提取物含量在不同产地、不同品种和不同年份间存在显著差异,而其主要影响因素为光照强度与降水量<sup>[29-31]</sup>。四川省地处我国西南腹地,气候复杂多样,光热资源丰富,土壤类型多样,所生产的烤烟地方特色明显,是我国优质烟叶生产基地,其中清香型“金攀西”优质特色烟叶享誉国内。虽然前人对不同区域烟叶致香前体物质进行了一定的研究,但对四川烤烟各主产区烟叶的致香前体物质及其变化尚缺乏深入的认识。鉴于此,分析了四川烤烟致香前体物质的含量,并探讨其变化规律,以期为四川地方性优质特色烤烟的生产布局提供一定的参考依据。

## 1 材料和方法

供试烤烟品种为云烟 85、云烟 87。试验于

2009 年在四川川南烟区(宜宾市兴文县大坝乡小寨村)及凉山烟区(攀枝花市仁和区大龙潭乡干坝子村、凉山州西昌市黄水乡双龙村)同时进行。试验地肥力中等,地面平整连块,排灌方便。小区面积 666.7 m<sup>2</sup>,行株距 1.2 m×0.5 m,重复 3 次。田间管理按当地优质烟叶生产要求进行。

在采收期,每个小区按照上部、中部、下部 3 个部位进行采收,并利用密集烤房按“三段式”烘烤工艺进行烘烤。烘烤完毕后,采集上部桔黄二级(B2F)、中部桔黄三级(C3F)和下部桔黄二级(X2F)烟叶样品,去除主脉,于 40℃ 烘干后粉碎,过 0.45 mm 筛后低温保存备用。烟叶总酚含量采用福林法测定<sup>[32]</sup>,有机酸含量采用酸碱中和法测定<sup>[32]</sup>,烟碱和色素含量均采用紫外分光光度法测定<sup>[32]</sup>,石油醚提取物含量采用残余法测定<sup>[32]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同烟区不同部位烟叶总酚含量差异

由表 1 可见,3 个烟区烤烟总酚含量表现为攀枝花云烟 87 中部叶最低(27.2 mg/g),攀枝花云烟 85 上部叶最高(39.7 mg/g),两者相差 12.5 mg/g。同一品种同一部位不同烟区之间烟叶总酚含量存在一定差异。云烟 85 上部叶表现为攀枝花>凉山州>宜宾;中部叶表现为宜宾和凉山州较高,均显著高于攀枝花;下部叶表现为凉山州>宜宾>攀枝花。云烟 87 上部叶表现为宜宾>凉山州>攀枝花;中部叶,凉山州和宜宾含量相同,均高于攀枝花;下部叶表现为凉山州>宜宾>攀枝花。相同部位同一烟区烟叶的总酚含量,除宜宾下部叶云烟 87 略高于云烟 85 外,均表现为云烟 85 高于云烟 87。

表 1 不同烟区烤烟不同部位叶片的总酚含量 mg/g

部位	地区	云烟 85	云烟 87
上部叶	凉山州	39.3aA	32.8bAB
	攀枝花	39.7aA	30.0cB
	宜宾	38.3aA	35.7aA
中部叶	凉山州	34.2aAB	32.2aA
	攀枝花	29.6bB	29.4bA
	宜宾	35.3aA	32.2aA
下部叶	凉山州	34.1aA	31.4aA
	攀枝花	30.3bA	27.2aA
	宜宾	30.7bA	30.9aA

注:差异显著性在同一品种同一部位不同地区间进行比较。不同小、大写字母分别表示在 0.05、0.01 水平上差异显著,下同。

## 2.2 不同烟区不同部位烟叶有机酸含量差异

由表 2 可见,3 个烟区烤烟有机酸含量表现为宜宾云烟 87 下部叶最高(72.7 mg/g),攀枝花云烟 87 上部叶最低(47.5 mg/g),两者相差 25.2 mg/g。同一品种同一部位不同烟区之间烟叶有机酸含量表现不一。云烟 85 上部叶表现为宜宾>凉山州>攀枝花;中部叶表现为凉山州>攀枝花>宜宾,其中,宜宾与凉山州差异显著;下部叶表现为凉山州>宜宾>攀枝花。云烟 87 上部叶表现为凉山州>宜宾>攀枝花;中部叶以凉山州>宜宾>攀枝花;下部叶表现为宜宾>凉山州>攀枝花。相同部位同一烟区品种间烟叶的有机酸含量存在一定差异,除凉山州上部叶和宜宾中、下部叶外,均表现为云烟 85>云烟 87。

表 2 不同烟区烤烟不同部位叶片的有机酸含量 mg/g

部位	地区	云烟 85	云烟 87
上部叶	凉山州	59.6aA	61.1aA
	攀枝花	58.6aA	47.5bB
	宜宾	62.4aA	56.3aAB
中部叶	凉山州	65.4aA	61.6aA
	攀枝花	62.6abA	54.9aA
	宜宾	56.6bA	58.3aA
下部叶	凉山州	68.7aA	63.3bB
	攀枝花	63.4aA	62.0bB
	宜宾	68.1aA	72.7aA

## 2.3 不同烟区不同部位烟叶烟碱含量差异

由表 3 可见,3 个烟区烤烟烟碱含量表现表现为宜宾云烟 87 上部叶最高(30.4 mg/g),宜宾云烟 85 下部叶最低(8.7 mg/g),两者相差 21.7 mg/g。同一品种同一部位不同烟区之间烟叶烟碱含量表现出一定的差异。云烟 85 上部叶以宜宾为高(20.1 mg/g),凉山州与攀枝花次之,均为 17.0 mg/g;中部叶表现为宜宾为高(17.1 mg/g),攀枝花次之(11.2 mg/g),凉山州最低(10.4 mg/g),三者之间

差异显著;下部叶表现为攀枝花>凉山州>宜宾。云烟 87 的烟碱含量在地区间表现出较强的规律性,3 个部位均表现为宜宾>凉山州>攀枝花。相同部位同一烟区烟叶品种间的烟碱含量存在一定差异,其中,上、中部叶的烟碱含量均表现为云烟 87 较高。

表 3 不同烟区烤烟不同部位叶片的烟碱含量 mg/g

部位	地区	云烟 85	云烟 87
上部叶	凉山州	17.0aA	19.4aA
	攀枝花	17.0aA	17.4aA
	宜宾	20.1aA	30.4aA
中部叶	凉山州	10.4cC	19.2bB
	攀枝花	11.2bB	12.7cC
	宜宾	17.1aA	25.5aA
下部叶	凉山州	9.6aA	9.6bB
	攀枝花	9.7aA	9.5bB
	宜宾	8.7aA	16.2aA

## 2.4 不同烟区不同部位烟叶色素含量差异

2.4.1 叶绿素 a 含量 由表 4 可见,3 个烟区烤烟叶绿素 a 含量表现为凉山州云烟 85 上部叶最高(0.778 6 mg/g),攀枝花云烟 85 上部叶最低(0.136 3 mg/g),两者相差 0.642 3 mg/g。同一品种同一部位不同烟区之间烟叶叶绿素 a 含量表现不一。云烟 85 上部叶表现为凉山州>宜宾>攀枝花;中部叶表现为凉山州>宜宾>攀枝花,其中,攀枝花与凉山州差异显著;下部叶表现为凉山州>攀枝花>宜宾。云烟 87 上部叶表现为宜宾>攀枝花>凉山州;中部叶表现为凉山州>宜宾>攀枝花;下部叶表现为宜宾>凉山州>攀枝花。相同部位同一烟区烟叶品种间的叶绿素 a 含量存在一定差异,其中,中、下部叶云烟 85 叶绿素 a 含量较云烟 87 为高。

2.4.2 叶绿素 b 含量 由表 4 可见,3 个烟区烤烟叶绿素 b 含量以凉山州云烟 85 上部叶最高(0.770 2 mg/g)、攀枝花云烟 85 上部叶最低(0.095 7 mg/g),两者相差 0.674 5 mg/g。同一品种同一部位不同烟区之间烟叶叶绿素 b 含量不同。云烟 85 叶绿素 b 含量表现出与叶绿素 a 相同的变化趋势。云烟 87 上部叶表现为宜宾>凉山州>攀枝花,中部叶表现为凉山州>宜宾>攀枝花,下部叶表现为宜宾>凉山州>攀枝花。相同部位同一烟区烟叶品种间的叶绿素 b 含量存在一定差异,但无明显规律性。

2.4.2 类胡萝卜素含量 由表 4 可见,3 个烟区烤烟类胡萝卜素含量表现为宜宾云烟 87 上部叶最高(2.946 8 mg/g),攀枝花云烟 85 中部叶最低(0.934 4 mg/g),两者相差 2.012 4 mg/g。同一品种同一部位不同烟区之间比较,云烟 85 上部叶的类

胡萝卜素含量表现为宜宾显著高于凉山州及攀枝花;中部叶表现为宜宾>凉山州>攀枝花,3个烟区间差异显著;下部叶表现为凉山州>攀枝花>宜宾。云烟 87 上部叶表现为宜宾>凉山州>攀枝花;中部

叶表现为凉山州>攀枝花>宜宾;下部叶表现为宜宾>凉山州>攀枝花。相同部位同一烟区品种间的烟叶类胡萝卜素含量表现出一定的差异,但无明显规律性。

表 4 不同烟区烤烟不同部位叶片的色素含量 mg/g

部位	地区	叶绿素 a		叶绿素 b		类胡萝卜素	
		云烟 85	云烟 87	云烟 85	云烟 87	云烟 85	云烟 87
上部叶	凉山州	0.778 6aA	0.399 4a	0.770 2aA	0.436 3aA	1.737 4bB	1.604 0bB
	攀枝花	0.136 3bA	0.401 5a	0.095 7bB	0.201 4bA	0.986 9bB	1.220 1bB
	宜宾	0.458 6bA	0.570 0a	0.342 3bA	0.656 9aA	2.833 6aA	2.946 8aA
中部叶	凉山州	0.595 2aA	0.482 1a	0.709 7aA	0.380 1aA	1.172 8bB	1.816 1aA
	攀枝花	0.277 7bA	0.269 7a	0.236 6bA	0.151 4bA	0.934 4cC	1.436 8aA
	宜宾	0.390 0bA	0.373 4a	0.256 8bA	0.320 5aA	2.834 2aA	1.294 5bA
下部叶	凉山州	0.633 4aA	0.312 9a	0.573 9aA	0.231 6aA	1.623 4aA	1.698 2aA
	攀枝花	0.532 2aA	0.261 2a	0.446 5aA	0.189 7aA	1.550 6aA	1.393 4bA
	宜宾	0.411 2aA	0.322 7a	0.159 5bA	0.354 0aA	1.447 2aA	1.782 2aA

2.5 烟叶石油醚提取物含量差异

由表 5 可见,3 个烟区烤烟石油醚提取物含量表现为宜宾云烟 85 上部叶最高(77.0 mg/g),凉山云烟 87 下部叶最低(37.6 mg/g),两者相差 39.4 mg/g。就地区而言,2 个品种的 3 个部位烟叶石油醚提取物含量均表现为宜宾>攀枝花>凉山州。同一烟区相同部位品种间烟叶的石油醚提取物含量,除宜宾中下部叶外,均表现为云烟 85>云烟 87。此外,同一品种同一烟区不同部位烟叶的石油醚提取物含量均表现为上部叶>中部叶>下部叶。

表 5 不同烟区烤烟不同部位叶片的石油醚提取物含量 mg/g

部位	地区	云烟 85	云烟 87
上部叶	凉山州	53.3bB	48.2bB
	攀枝花	54.2bB	52.1bB
	宜宾	77.0aA	74.1aA
中部叶	凉山州	48.5bA	39.7bB
	攀枝花	49.6bA	44.9bB
	宜宾	59.0aA	71.1aA
下部叶	凉山州	43.3aA	37.6bA
	攀枝花	48.4aA	44.7abA
	宜宾	50.0aA	58.0aA

3 结论与讨论

烟叶香气成分主要有酸类、醇类、酮类、醛类、酯类、内酯类、酚类、氮杂环类、呋喃类、酰胺类、醚类及烃类。同时,在烟叶燃烧过程中,有些物质如酚类物质、有机酸<sup>[33]</sup>、烟碱、色素以及西柏烷类化合物等,还可以降解产生香气物质,这些物质统称为致香前体物质<sup>[8]</sup>。优质烟叶在燃烧过程中产生的香气,要求量大、质纯、香型突出、吃味醇和。烟叶的香气质量与其化学成分含量密切相关<sup>[23,29,34-35]</sup>,其中,致香

物质的含量起着较为重要的作用<sup>[36-40]</sup>。烤烟致香物质的含量受诸多因素的影响,如遗传因素、生态条件、栽培措施、烘烤调制等,其中,生态环境对烟叶致香物质的组成与含量至关重要<sup>[41]</sup>。本研究结果表明,烟叶致香物质的含量受品种、地区以及部位等多重因素的影响,其变化随品种、地区的变化而变化,其中,地区因素影响较大。同一烟区,不同部位间酚类物质、烟碱、色素、石油醚提取物含量差异显著;同一品种同一部位不同烟区烟叶的致香物质含量差异则达到显著或极显著水平,这与前人的研究结果一致。由此说明,四川烟区不同地理生态环境对烤烟致香物质含量有较大的影响。

烟叶中的香气物质是烤烟生长发育过程中进行次生代谢的产物,其种类和数量与其基础代谢密切相关。因此,温度、光照及降水等气候因素均会影响到烤烟致香物质的积累<sup>[21,24,30,41]</sup>。就四川烟区而言,凉山、攀枝花及宜宾三地的气候条件均有所不同,其中,凉山与攀枝花地区具有光照充足、日照时数长、昼夜温差大等特点,非常有利于烤烟致香物质的形成与积累<sup>[21]</sup>。所以,凉攀地区独特的气候条件是清香型“金攀西”优质特色烟叶形成的生态基础。因此,从有利于烤烟致香物质积累的角度分析,四川的烤烟生产应当向凉攀地区优先发展。

类胡萝卜素是一类重要的致香前体物质。本研究结果显示,四川烟区烤烟的类胡萝卜素含量较高(0.933 4~2.946 8 mg/g),这是四川烤烟的一大特点,也是四川烟区独特的自然生态环境影响的结果。同时,本研究还发现,宜宾烟区烤烟中的烟碱、色素、石油醚提取物含量均显著高于公认的优质烟叶产区——凉攀烟区。由此可见,单独从烟叶致香物质

的含量尚不能准确判断烟叶的感官质量,烟叶的感官质量必须从外观质量、感官评吸、物理特性分析等多方面加以综合评判。

#### 参考文献:

- [1] 李东亮,周学政,戴亚,等. 烤烟化学成分与感官质量中香气指标的灰色优势分析[J]. 河南农业大学学报, 2010, 44(4): 378-382.
- [2] 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): 383-389.
- [3] 周辉,刘国顺,江厚龙,等. 延长变黄时间对烤烟石油醚提取物和中性致香成分及非挥发性有机酸含量的影响[J]. 河南农业大学学报, 2010, 44(6): 619-624.
- [4] 常爱霞,贾兴华,郝廷亮,等. 特香型烤烟挥发性致香物质的测定与分析[J]. 中国烟草科学, 2002, 23(1): 1-5.
- [5] 杨虹琦,周冀衡,罗泽民. 不同产区烤烟中质体色素及降解产物的研究[J]. 西南农业大学学报, 2004, 26(5): 121-125.
- [6] 朱小茜,徐晓燕,黄义德,等. 多酚类物质对烟草品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(8): 1910-1911.
- [7] 席元肖,宋纪真,李锋,等. 不同香型烤烟香气前体物及香味成分含量的差异分析[J]. 浙江农业科学, 2011(2): 355-361.
- [8] 史宏志,刘国顺. 烟草香味学[M]. 北京:中国农业出版社, 1998: 45-50.
- [9] 胡娟,邱慧珍,何秀成,等. 施钾水平对甘肃烤烟钾含量及经济效益的影响[J]. 草业学报, 2010, 19(5): 156-160.
- [10] 李正,刘国顺,敬海霞,等. 翻压绿肥对植烟土壤微生物量及酶活性的影响[J]. 草业学报, 2011, 20(3): 225-232.
- [11] 王勇,吴树成,赵俊杰,等. 不同基因型烤烟不同肥力下中性致香物质含量比较分析[J]. 河南农业科学, 2011, 40(8): 98-103.
- [12] 王伦梅,潘锋,王定斌,等. 不同移栽密度对云烟 85 生长及产量和品质的影响[J]. 天津农业科学, 2010, 16(6): 33-35.
- [13] 黄昌祥,田景先,吴峰,等. 生态栽培因素对特色烟叶的影响[J]. 天津农业科学, 2009, 15(6): 39-40.
- [14] 张保占,孟智勇,马浩波,等. 密集烘烤定色阶段不同湿球温度对烤后烟叶品质的影响[J]. 河南农业科学, 2012, 41(1): 56-61.
- [15] 王战义,宋朝鹏,代丽,等. 喷施不同植物生长调节剂对烤烟色素的影响[J]. 河南农业科学, 2009(10): 70-72.
- [16] 曾庆武,张吉立,孟蕾,等. 肇州烟区 2008~2010 年烤烟干物质积累及产值比较[J]. 山西农业科学, 2012, 40(2): 107-109, 125.
- [17] 张广富,赵铭钦,赵进恒,等. 种植密度和顶端调节剂对烤烟质体色素及其降解产物的影响[J]. 华北农学报, 2011, 26(1): 151-156.
- [18] 刘宇,颜合洪. 烟草致香物质的研究进展[J]. 作物研究, 2006(5): 470-474.
- [19] 冀浩,刘永强,张晓海,等. 景东烟区生态因素与烤烟质量特点分析[J]. 天津农业科学, 2010, 10(6): 42-47.
- [20] 景延秋,宫长荣,张月华,等. 烟草香味物质分析研究进展[J]. 中国烟草科学, 2005, 26(2): 44-48.
- [21] 徐照丽. 云南生态环境与云南烤烟香气品质关系的探讨[J]. 中国农学通报, 2008, 24(8): 196-200.
- [22] 甄才红,刘国顺,王彦亭,等. 海拔对恩施州烤烟中性致香物质含量的影响[J]. 河南农业科学, 2010(6): 49-53.
- [23] 王冬,赵铭钦,王森,等. 典型浓香型产区不同生态条件对烤烟化学成分和香气物质含量的影响[J]. 河南农业科学, 2011, 40(1): 69-73.
- [24] 周淑平,肖强,陈叶君,等. 不同生态地区初烤烟叶中重要致香物质的分析[J]. 中国烟草学报, 2004, 10(1): 9-16.
- [25] 周冀衡,杨虹琦,林桂华,等. 不同烤烟产区烟叶中主要挥发性香气物质的研究[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版, 2004, 30(1): 20-23.
- [26] 廖惠云,甘学文,陈晶波,等. 不同产地烤烟复烤烟叶 C3F 致香物质与其感官质量的关系[J]. 烟草科技, 2006(7): 46-50.
- [27] 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.
- [28] 周翔,梁洪波,董建新,等. 山东烟区烤烟化学成分含量变化及聚类分析[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(6): 13-17.
- [29] 倪克平,甄焕菊,李同泉. 河南烟区烤烟石油醚提取物含量分布特点及与其他化学成分的关系[J]. 现代农业科技, 2011(13): 45-46, 52.
- [30] 温永琴,徐丽芬,陈宗瑜,等. 云南烤烟石油醚提取物和多酚类与气候要素的关系[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版, 2002, 28(2): 103-105.
- [31] 闫克玉,闫洪洋,闫洪喜. 不同产区烤烟石油醚提取物含量对比分析[J]. 河南农业大学学报, 2007, 41(5): 498-501.
- [32] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京:中国农业出版社, 2003.
- [33] 刘永红,张丽静,张洪荣,等.  $\Delta 12$  脂肪酸脱氢酶及其编码基因研究进展[J]. 草业学报, 2011, 20(3): 256-267.
- [34] 高家合,秦西云,谭仲夏,等. 烟叶主要化学成分对评吸质量的影响[J]. 山地农业生物学报, 2004, 23(6): 497-501.
- [35] 常剑波,祁春苗,李致新. 微生物有机肥对烤后烟叶化学成分和致香物质含量的影响试验[J]. 现代农业科技, 2011(2): 60-61.
- [36] 赵铭钦,刘金霞,黄永成,等. 烟草质体色素与烟叶品质的关系综述[J]. 中国农学通报, 2007, 23(7): 135-138.
- [37] 王轶,任学良,石俊雄,等. 产地、部位和颜色对初烤烟叶石油醚提取物的影响[J]. 中国烟草学报, 2008, 14(2): 15-19.
- [38] 郭灵燕,袁红星,海洋,等. 河南省不同香型烟叶香气成分比较分析[J]. 河南农业科学, 2010(6): 40-44.
- [39] 苏强,刘阳,过为民,等. 国内烤烟多酚类物质含量组成及其与香气质量的关系[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(24): 13083-13085, 13091.
- [40] 过伟民,李伟观,刘阳,等. 烤烟类胡萝卜素含量与香气质量的关系[J]. 烟草科技, 2010(1): 51-55.
- [41] 李军萍. 影响烤烟香气物质综合因素的研究进展[J]. 河北农业科学, 2009, 13(12): 56-59.