

# 不同类型烟草游离氨基酸组成和含量的差异分析

赵田<sup>1</sup>, 史宏志<sup>1</sup>, 姬小明<sup>1</sup>, 顾少龙<sup>1</sup>, 吴纯奎<sup>2</sup>, 侯留记<sup>2</sup>, 杨程<sup>3</sup>

1 河南农业大学烟草学院, 郑州文化路 95 号 450002;

2 四川省烟草公司, 成都 610041;

3 云南省烟草公司大理州公司, 大理 671000

**摘要:** 以四川 8 种烟草类型的调制后烟叶为材料, 对不同类型烟叶游离氨基酸的组成和含量差异进行了比较分析。结果表明: 烤烟和香料烟含量最高的两种氨基酸为脯氨酸和谷氨酸, 两者之和占到总量的 31.01% ~ 46.75%; 白肋烟、马里兰烟、晒烟中含量最高的氨基酸为天门冬氨酸和谷氨酸, 两者之和占总量的 34.43% ~ 38.69%; 脯氨酸、天门冬氨酸、蛋氨酸在不同类型烟草中含量变异度最大; 不同生态条件对白肋烟和晒烟氨基酸影响较大的分别是天门冬氨酸、蛋氨酸、酪氨酸和天门冬氨酸、酪氨酸、精氨酸。

**关键词:** 烟草; 类型; 游离氨基酸; 含量

doi: 10.3969/j.issn.1004-5708.2011.02.003

中图分类号: TS411

文献标识码: A

文章编号: 1004-5708(2011)02-0013-05

## Difference in composition and content of free amino acids among various tobacco types

ZHAO Tian<sup>1</sup>, SHI Hong-zhi<sup>1</sup>, JI Xiao-ming<sup>1</sup>, GU Shao-long<sup>1</sup>, WU Chun-kui<sup>2</sup>, HOU Liu-ji<sup>2</sup>, YANG Cheng<sup>3</sup>

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

2 Sichuan Provincial Tobacco Company, Chengdu 610041, China;

3 Yunnan Dali Municipal Tobacco Company, Dali 671000, China

**Abstract:** Eight cured tobaccos mainly produced from Sichuan province were used as materials to compare their composition and content of free amino acids. Results showed that the highest content of amino acids in flue-cured tobacco and oriental tobacco were Pro and Glu which accounted for 31.01% - 46.75% of total amino acids; while in burley, maryland and sun-cured tobacco, Asp and Glu were dominant amino acids which accounted for 34.43% - 38.69% of total. Level of variation of Pro, Asp, and Met was the highest among different types of tobacco. For burley tobacco, Asp, Met and Tyr were more likely to be influenced by ecological conditions than the others; while for sun-cured tobacco, Asp, Tyr and Arg showed more variation among different areas.

**Key words:** tobacco; types; free amino acids; content

氨基酸是烟草中的一类重要化合物, 对烟叶的香味品质有重要贡献。不同类型烟草香味风格有显著差异, 这是由烟叶中一系列化学成分含量和组成差异所造成的。游离氨基酸可在调制过程中直接转化为羰基

化合物<sup>[1]</sup>, 某些氨基酸还是烟碱合成的前体物质<sup>[2]</sup>。在烟草调制、醇化或发酵加工直至燃烧过程中, 游离氨基酸与还原糖(或羰基化合物)之间发生酶催化及非酶催化的棕色化反应, 生成多种具有烤香或爆米花香味特征的吡喃、吡嗪、吡咯、吡啶类等杂环化合物, 某些氨基酸如苯丙氨酸还可自身分解成香味化合物, 如苯甲醇、苯乙醇等<sup>[3-4]</sup>。近年来国内外已有较多人对氨基酸含量在烟叶成熟、调制、陈化过程中的变化进行了较系统的研究<sup>[5]</sup>。在不同游离氨基酸组成和含量对香气量的影响方面的研究也有一定进展。史宏志等<sup>[6]</sup>研究了不同施氮量和氮素来源条件下氨基酸含量的变化及其与烟叶评吸分值的的关系, 并且求出氨基酸对香味的

**作者简介:** 赵田, 女, 在读研究生, 主要研究方向为烟草栽培, E-mail: zhaotian1126@163.com

史宏志(通讯作者), 男, 教授, 主要从事烟草栽培生理生化研究, E-mail: shihongzhi88@163.com

**基金项目:** 四川省烟草公司科技项目“四川优质白肋烟生产理论与技术的研究应用”(20070503)

**收稿日期:** 2010-09-19

贡献率。杨德廉<sup>[7]</sup>和王树声<sup>[8]</sup>的研究也表明多种烟草游离氨基酸与烟叶内在质量及香味呈显著相关性。四川省烟草资源丰富,类型齐全,通过研究不同类型烟草化学成分的差异性,对于分析烟叶化学成分对香味风格差异的影响有重要意义。本研究着重探索不同类型烟草氨基酸组成和含量的差异,并讨论其与不同风格烟叶形成的关系,为混合型卷烟配方和加香加料提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

本试验中所测样品除白肋烟包括有云南宾川样品外,均为2008年四川生产。烟叶样品均为调制后上二棚烟叶,样品和产地分别为:烤烟(四川凉山)、白肋烟(四川达州、云南宾川)、沙姆逊香料烟(四川攀枝花)、马里兰烟(四川达州)、毛烟(四川乐山、四川万源)、糊米烟(四川什邡)、巫烟(四川达州)和兰花烟(四川万源),样品来自各产地主烟区。

### 1.2 氨基酸的测定

采用德国 SYKAM 433D 全自动氨基酸分析仪测定。首先在水解管中加入 6 mol/L 盐酸 10 mL 和新蒸馏的苯酚 3~4 滴,将水解管放入冷冻剂中 3~5 min,再抽真空充入高纯氮气;重复 3 次后,在充氮气状态下封口或拧紧螺丝盖将已封口的水解管放在(110±1)℃的恒温干燥箱内,水解 22 h 后取出冷却。将水解液过滤后全部转移到 50 mL 容量瓶中定容。吸取滤液 1 mL 于 5 mL 容量瓶内,用真空干燥器在 40~50℃干燥,残留物用 1~2 mL 水溶解,再干燥,反复进行 2 次,最后蒸干,用 1 mL pH 2.2 的缓冲液溶解,供仪器测定用。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同类型烟草氨基酸组成分析

对不同类型烟草氨基酸的测定结果(表 1)表明,不同类型烟草在氨基酸组成与各氨基酸含量上有较大差异。总游离氨基酸含量趋势为晒烟>白肋烟>马里兰烟>香料烟>烤烟。其中白肋烟、马里兰烟、晒烟中含量最高的氨基酸为天门冬氨酸和谷氨酸,两者之和占到总量的 31.01%~46.75%;烤烟和香料烟含量最高的 2 种氨基酸为脯氨酸和谷氨酸,两者之和占总量的 34.43%~38.69%。

不同地区白肋烟相比较,云南白肋烟总游离氨基酸含量高出四川 26.8%。除丝氨酸和组氨酸外,其他游离氨基酸云南白肋烟含量均大于四川地区,以天门

冬氨酸、蛋氨酸和酪氨酸差幅最大,分别为 84.76%、50%和 26.32%。晒烟中,总游离氨基酸含量兰花烟、巫烟、糊米烟较高,毛烟较低;含量差异最大的氨基酸为脯氨酸和天门冬氨酸。不同地点毛烟相比较,天门冬氨酸、酪氨酸和精氨酸含量差异较大,变幅都超过 20%。

### 2.2 不同类型烟草氨基酸变异度分析

综合分析结果(表 2)可以看出,各氨基酸在不同类型烟草中含量变幅跨越度大。其中脯氨酸、天门冬氨酸、蛋氨酸变异度最大,酪氨酸、精氨酸、苯丙氨酸、甘氨酸、异亮氨酸、苏氨酸、亮氨酸、谷氨酸、丝氨酸、赖氨酸、缬氨酸、游离氨基酸总量、丙氨酸居中,组氨酸变异度最小,表明烟叶的氨基酸含量与烟草的类型、品种(系)、生态环境密切相关。从平均数得出,烟草氨基酸含量最高为天门冬氨酸、谷氨酸、脯氨酸,酪氨酸、蛋氨酸含量最少,其他氨基酸含量都在 3.71%~6.61%之间。

### 2.3 各游离氨基酸含量分析

谷氨酸和天门冬氨酸属于酸性氨基酸,在各烟叶的测定结果中两者含量均较高,二者均与烟叶的氮素同化过程密切相关。因为天门冬氨酸是合成烟碱的底物之一,而谷氨酸在几乎所有的氨基酸生物合成过程中均提供氨基(-NH<sub>2</sub>)供体<sup>[9-10]</sup>。天门冬氨酸和谷氨酸都以白肋烟与晒烟含量最高,烤烟最低。按含量排序,天门冬氨酸为晒烟>白肋烟>马里兰烟>香料烟>烤烟,谷氨酸为晒烟>白肋烟>香料烟>马里兰烟>烤烟。烤烟和香料烟中天门冬氨酸较低,是烤烟和香料烟区别去其他类型烟草的一个特点。

赖氨酸、精氨酸、组氨酸为碱性氨基酸,脯氨酸是非极性氨基酸且与植物的抗逆性有关<sup>[11]</sup>。由表 1 可知,赖氨酸和精氨酸含量均为晒烟含量较高,白肋烟和马里兰烟次之,烤烟、香料烟最低。由表 2 可知,类型间烟草组氨酸含量差异不明显。脯氨酸香料烟与烤烟含量显著高于其它类型烟叶,分别是白肋烟、马里兰烟及晒烟的 3.75~5.1 倍。

丙氨酸、甘氨酸、苏氨酸都是侧链不带电荷的氨基酸。不同烟草类型间甘氨酸和苏氨酸相比较,晒烟>马里兰烟>白肋烟>香料烟>烤烟。丙氨酸含量晒烟最高,但彼此间差异不大。

苯丙氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸属于非极性脂肪族的氨基酸,酪氨酸的侧链也不带电荷。苯丙氨酸和酪氨酸是烟草中两种重要的芳香族类氨基酸,这两种氨基酸尤其是苯丙氨酸在烟叶品质的形成方面具有特殊的意义,因为苯丙氨酸是某些酚类化合物(如肉

桂酸、咖啡酸、阿魏酸、绿原酸等)生物合成途径中的重要中间产物,而这些酚类化合物(尤其是绿原酸)又对烟叶品质、色泽和烟气等方面有重要影响<sup>[12]</sup>。结果表明,除酪氨酸外,其他4种氨基酸含量均为晒烟最高,马里兰烟和白肋烟居中,香料烟、烤烟含量最少。酪氨酸差异较小,晒烟最高,白肋烟、马里兰烟、香料烟次

之,烤烟含量最少。

蛋氨酸是烟叶中含量最少的氨基酸,但在不同类型烟草间蛋氨酸含量差异明显,变异系数达43.34%。晒烟含蛋氨酸最多,其次为晾烟,马里兰烟、香料烟、烤烟中含量最少。

表1 不同类型烟草氨基酸含量

(10 mg/g)

氨基酸名称	烤烟	白肋烟		香料烟	马里兰烟	地方晒烟				
		四川	云南			万源毛烟	乐山毛烟	糊米烟	巫烟	兰花烟
天门冬氨酸	0.70	2.10	3.88	0.94	1.92	1.48	2.58	2.34	3.59	2.82
苏氨酸	0.26	0.40	0.40	0.30	0.42	0.46	0.36	0.58	0.46	0.49
丝氨酸	0.29	0.43	0.42	0.36	0.48	0.51	0.47	0.62	0.56	0.57
谷氨酸	0.82	1.14	1.30	1.31	1.04	1.37	1.16	1.54	1.63	1.78
脯氨酸	1.50	0.40	0.40	2.04	0.44	0.46	0.60	0.68	0.90	1.14
甘氨酸	0.32	0.50	0.50	0.38	0.58	0.59	0.46	0.76	0.59	0.62
丙氨酸	0.43	0.44	0.52	0.52	0.51	0.52	0.44	0.70	0.61	0.68
缬氨酸	0.30	0.40	0.44	0.36	0.47	0.48	0.39	0.62	0.50	0.54
蛋氨酸	0.03	0.04	0.06	0.03	0.03	0.06	0.06	0.10	0.05	0.06
异亮氨酸	0.24	0.34	0.35	0.26	0.37	0.41	0.31	0.53	0.40	0.45
亮氨酸	0.44	0.58	0.64	0.50	0.66	0.71	0.57	0.92	0.74	0.84
酪氨酸	0.16	0.19	0.24	0.20	0.19	0.27	0.20	0.36	0.26	0.32
苯丙氨酸	0.29	0.42	0.51	0.37	0.45	0.46	0.50	0.65	0.66	0.63
组氨酸	0.42	0.56	0.52	0.55	0.60	0.56	0.48	0.56	0.56	0.56
赖氨酸	0.30	0.46	0.50	0.28	0.51	0.45	0.42	0.52	0.53	0.56
精氨酸	0.24	0.34	0.40	0.26	0.36	0.40	0.30	0.53	0.42	0.50
合计	6.74	8.74	11.08	8.66	9.03	9.19	9.30	12.01	12.46	12.56

表2 不同类型烟草氨基酸含量差异分析

(10 mg/g)

氨基酸名称	平均值	标准差	变异系数/%	变幅	极差
天门冬氨酸	2.24	1.04	46.53%	0.70 ~ 3.88	3.18
苏氨酸	0.41	0.09	22.48%	0.26 ~ 0.58	0.32
丝氨酸	0.47	0.10	21.34%	0.29 ~ 0.62	0.33
谷氨酸	1.31	0.29	21.97%	0.82 ~ 1.78	0.96
脯氨酸	0.86	0.55	64.48%	0.4 ~ 2.04	2.00
甘氨酸	0.53	0.13	23.87%	0.32 ~ 0.76	0.44
丙氨酸	0.54	0.10	18.01%	0.43 ~ 0.70	0.27
缬氨酸	0.45	0.09	20.63%	0.30 ~ 0.62	0.32
蛋氨酸	0.05	0.02	41.34%	0.03 ~ 0.10	0.07
异亮氨酸	0.37	0.09	23.79%	0.24 ~ 0.53	0.29
亮氨酸	0.66	0.15	22.46%	0.44 ~ 0.92	0.48
酪氨酸	0.24	0.06	26.71%	0.16 ~ 0.36	0.20
苯丙氨酸	0.49	0.12	24.91%	0.29 ~ 0.66	0.37
组氨酸	0.54	0.05	9.62%	0.42 ~ 0.60	0.18
赖氨酸	0.45	0.10	21.05%	0.28 ~ 0.56	0.28
精氨酸	0.38	0.10	25.37%	0.24 ~ 0.53	0.29
合计	9.98	1.94	19.45%	6.74 ~ 12.56	5.82

## 2.4 不同类型烟叶味觉氨基酸含量比较

一般认为,大多数氨基酸都有一定的味感,对味觉产生影响,食品工业上已有大量不同氨基酸对食品风格特色形成影响的研究。根据对味觉产生的影响,可将氨基酸分为鲜味类、甜味类和芳香族三类<sup>[13]</sup>,见表3。

(1)鲜味类氨基酸 鲜味类氨基酸总量以巫烟、云南白肋烟含量最高,分别为52.2 mg/g和51.8 mg/g,香料烟与烤烟含量最低,仅为20.8 mg/g、15.2 mg/g,这主要由于香料烟与烤烟中缺乏天门冬氨酸。总体来说晒烟>白肋烟>马里兰烟>香料烟>烤烟,其中白肋

烟鲜味类氨基酸含量是烤烟的2.13-3.4倍。晒烟中毛烟鲜味类氨基酸含量较巫烟、兰花烟低。

(2)甜味类氨基酸 香料烟、晒烟、烤烟甜味类氨基酸含量较高,白肋烟含量最低。晒烟中兰花烟甜味类氨基酸含量最高,毛烟含量最低。

(3)芳香族氨基酸 苯丙氨酸和酪氨酸在烟叶的品质方面具有重要的意义。晒烟中糊米烟芳香族氨基酸含量最高,为10.1 mg/g,其次为兰花烟、巫烟,毛烟最低。不同烟草类型间,晒烟>白肋烟>马里兰烟>香料烟>烤烟。

表3 不同类型烟草味觉氨基酸含量组成

(10 mg/g)

类型	氨基酸名称	烤烟	白肋烟		香料烟	马里兰烟	地方晒烟				
			四川	云南			万源毛烟	乐山毛烟	糊米烟	巫烟	兰花烟
鲜味类	天门冬氨酸	0.70	2.10	3.88	0.94	1.92	1.48	2.58	2.34	3.59	2.82
	谷氨酸	0.82	1.14	1.30	1.14	1.04	1.37	1.16	1.54	1.63	1.78
	合计	1.52	3.24	5.18	2.08	2.96	2.85	3.74	3.88	5.22	4.60
甜味类	丙氨酸	0.43	0.44	0.52	0.52	0.51	0.52	0.44	0.7	0.61	0.68
	甘氨酸	0.32	0.50	0.50	0.38	0.58	0.59	0.46	0.76	0.59	0.62
	脯氨酸	1.50	0.40	0.40	2.04	0.44	0.46	0.60	0.68	0.90	1.14
	丝氨酸	0.29	0.43	0.42	0.36	0.48	0.51	0.47	0.62	0.56	0.57
	合计	2.54	1.77	1.84	3.30	2.01	2.08	1.97	2.76	2.66	3.01
芳香族	苯丙氨酸	0.29	0.42	0.51	0.37	0.45	0.46	0.50	0.65	0.66	0.63
	酪氨酸	0.16	0.19	0.24	0.20	0.19	0.27	0.20	0.36	0.26	0.32
	合计	0.45	0.61	0.75	0.57	0.64	0.73	0.70	1.01	0.92	0.95

## 3 结论与讨论

(1)本研究发现总游离氨基酸含量晒烟>白肋烟>马里兰烟>香料烟>烤烟。史宏志等<sup>[6]</sup>研究表明,总游离氨基酸含量与香气量和劲头得分正相关,与香气质和刺激性及杂气得分负相关,表明氨基酸含量提高有助于增加香气和得到适宜的劲头,但香气质变差、刺激性增强、杂气加重。聂荣邦等<sup>[14]</sup>研究表明,烟叶中氨基酸含量适当高一些,对增进品质、提高香吃味是必要的。这显然与某些氨基酸是烟叶陈化、燃吸过程中的非酶棕色化反应的前体物质有关。但是无论是鲜烟叶,还是烤后烟叶,在各成熟度档次中,适熟烟叶氨基酸含量并不是最高,而是较低,这说明烟叶香吃味的形成是一个复杂的过程。我们可得出烟叶氨基酸总量在一定范围内升高对烟叶香吃味能产生优良影响的结论。刘敬业等<sup>[15]</sup>研究得出烤后烟叶的总氨基酸(包括氮)的含量在60-80 mg/g之间烟叶品质较佳。其他烟草类型总氨基酸含量适宜范围有待进一步研究。

(2)研究表明白肋烟、马里兰烟、晒烟中含量最高的氨基酸为天门冬氨酸和谷氨酸;烤烟和香料烟含量

最高为脯氨酸和谷氨酸。不同类型烟草氨基酸含量在含量组成中脯氨酸、天门冬氨酸、蛋氨酸变异度最大,可推测这三种氨基酸对不同类型烟草表现的内在质量有一定影响。云南白肋烟氨基酸含量普遍高于四川白肋烟,以天门冬氨酸、蛋氨酸和酪氨酸差幅最大。不同种类晒烟中,总氨基酸含量兰花烟>巫烟>糊米烟>毛烟,各氨基酸组成含量无规律。不同地点的毛烟中,造成含量差异的主要来源为天门冬氨酸、酪氨酸和精氨酸。

(3)按味觉影响分类,鲜味类和芳香族氨基酸均为晒烟>白肋烟>马里兰烟>香料烟>烤烟。甜味类氨基酸香料烟、烤烟、晒烟含量最高,白肋烟含量最低。这可能是造成不同类型烟草香味风格差异的原因之一。在卷烟配方中,从氨基酸角度来看,为弥补烤烟香气量的不足,加入晒烟能增加较大香气量,但香气质变差;加入白肋烟、马里兰烟因其氨基酸总量适中可能效果较好,不会产生太大刺激性;香料烟虽芳香族氨基酸含量较其它低,但刺激性也小。烤烟和香料烟能表现出较多甜味口感,对卷烟味感有明显的贡献。

(4)殷延齐等<sup>[16]</sup>通过研究国内外卷烟氨基酸组成

得出,进口知名品牌卷烟的氨基酸总量明显高于国产卷烟,尤其是丝氨酸和天冬氨酸的含量明显高于国产烤烟型卷烟,同时谷氨酸和丙氨酸含量也高于国产知名品牌。杨德廉等<sup>[7]</sup>研究了氨基酸与化学派生值之间的关系,结果表明丝氨酸、甘氨酸、缬氨酸含量较高,钾/氯比值较高,则烟叶品质较好。还有研究表明,天门冬氨酸、谷氨酸、赖氨酸、精氨酸、脯氨酸等5种氨基酸直接参与烟草根系烟碱合成代谢,这5种氨基酸含量高低对烟碱合成有较大的影响<sup>[17]</sup>。通过对不同类型烟草游离氨基酸组成和含量进行对比,可以进一步研究大田生产中氮肥施用量、留叶数、打顶时期、调制方式、陈化时间和温度及不同香料的添加等因素对各氨基酸含量变化的影响,有的放矢地提高烟草中含量较低的对烟草品质有利的氨基酸。

#### 参考文献

- [1] Pranghu S R, Chakraborty M K, Nagaraj G. Radioactive tracer studies on carbonyl generation in flue-cured tobacco [J]. *Tob Int*, 1984, 186(3): 45-50.
- [2] Jomita H, Nogvechi M, Tamaki E. Chemical studies on positive compounds in cured tobacco leaves II -Further isolation and identification of some amino acid-sugar compounds [J]. *Agr Biol Chem*, 1965, 29: 959-961.
- [3] Kato H. Chemical studies on amino-carbonyl reactions III-Formation of substituted pyrrole-2-aldehydes by reaction of aldoses with alkylamines[J]. *Agr Biol Chem*, 1967, 31: 1086-1096.
- [4] Kato H, Fujimaki M. Formation of 1-alkyl-5-(hydroxymethyl)-pyrrole-2-aldehydes in the browning reaction between hexoses and alkylamines[J]. *Agr Bid Chem*, 1970, 34: 1071-1077.
- [5] 官长荣,等. 烟叶烘烤原理[M]. 北京:科学出版社,1994.
- [6] 史宏志,韩锦峰. 不同氮素营养的烟叶氨基酸含量与香吃味品质的关系[J]. *河南农业大学学报*,1997(4):319-322.
- [7] 杨德廉,李更新,王树声,等. 烟叶中游离氨基酸与化学成分派生值之间的关系[J]. *中国烟草科学*,1999(2):36-41.
- [8] 王树声,王宝华,李雪震,等. 烤烟烟叶中游离氨基酸与内在质量关系的研究[J]. *中国烟草科学*,2002(4):4-7.
- [9] 韩锦峰. 植物生理生化[M]. 北京:高等教育出版社,1991:284-286.
- [10] 曹宗巽. 植物生理学(上册)[M]. 北京:人民教育出版社,1979:211-241.
- [11] 李天福,冉邦定,陈萍,等. 云南烤烟主要栽培品种的耐肥特性研究[J]. *烟草科技*,1995(2):32-34.
- [12] 白宝璋,赵景阳,田文勋,等. 烟草旺长期叶片游离氨基酸含量[J]. *中国烟草*,1995,16(1):9-10.
- [13] 武彦文,欧阳杰. 氨基酸和肽在食品中的呈味作用[J]. *中国调味品*,2001(1):21-23.
- [14] 聂荣邦,周建平. 烤烟叶片成熟度与 $\alpha$ -氨基酸含量的关系[J]. *湖南农学院学报*,1994, 20(1): 21-26.
- [15] 刘敬业,李天福,冉邦定,等. 烤烟氨基酸含量变化规律研究[J]. *中国烟草学报*,1996,3(1):36-42.
- [16] 殷延齐,刘惠民,夏巧玲,等. 卷烟烟丝中游离态氨基酸的主成分分析和聚类分析[J]. *烟草科技*,2007(10):36-40.
- [17] 齐群钢,郭月清,韩锦峰. 植物激素和无机营养元素对烟草根系内烟碱生物合成调节机理的研究[J]. *河南农业大学学报*,1990(3).

[上接第 12 页]

#### 参考文献

- [1] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [2] 周冀衡,朱小平,王彦亭,等. 烟草生理与生物化学[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,1996.
- [3] 胡国松,傅建政,刘永中,等. 烤烟中全氮烟碱和还原糖之间关系的统计学研究[J]. *黑龙江烟草*,2000(1):9-11.
- [4] 李东亮,许自成. 还原糖含量、还原糖烟碱比与烤烟形态特征的相关分析[J]. *安徽农业大学学报*,2007, 34(4): 481-485
- [5] 王东胜,刘贯山,李章海. 烟草栽培学[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社:2002:74-75.
- [6] 王允白,王宝华,郭承芳,等. 影响烤烟评吸质量的主要化学成分研究[J]. *中国农业科学*,1998, 31(1): 89-91.
- [7] 黄元炯,傅瑜,董志坚,等. 河南烟叶营养元素和还原糖、烟碱含量及其与评吸质量的相关关系研究[C]//国家烟草专卖局科技教育司. 跨世纪烟草农业科技展望和持续发展战略研讨会论文集. 北京:中国商业出版社,1999:107-110.
- [8] 胡建军,马明,李耀光,等. 烟叶主要化学指标与其感官评吸质量的灰色关联分析[J]. *烟草科技*,2001(1):3-7.
- [9] 闫克玉,王建民,屈剑波,等. 河南烤烟评吸质量与主要理化指标的相关分析[J]. *烟草科技*,2001(1):5-9.
- [10] 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.
- [11] 毕淑峰,朱显灵,马成泽. 云南烤烟化学成分与香气品质的关系研究[J]. *中国农学通报*,2004, 20(6): 67-68.
- [12] 毕淑峰. 云南烤烟评吸质量与化学成分的关系研究[J]. *黄山学院学报*,2005, 7(3): 61-63.
- [13] 陈江华,刘建利,龙怀玉. 中国烟叶矿质营养及主要化学成分含量特征研究[J]. *中国烟草学报*,2004, 10(5): 20-27.
- [14] 周昆,周清明,胡小兰. 烤烟香气物质研究进展[J]. *中国烟草科学*,2008, 29(2): 58-61.
- [15] 邵惠芳,许自成,刘丽,等. 烤烟总氮、蛋白质含量与主要挥发性香气物质的关系[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*,2008(12):69-76.
- [16] 许自成,李丹丹,毕庆文,等. 烤烟氯含量与挥发性香气物质及感官质量的关系研究[J]. *中国烟草学报*,2008(5):27-32.
- [17] 邓小华,周冀衡,陈东林,等. 湖南烤烟还原糖含量区域特征及其对评吸质量的影响[J]. *烟草科技*,2008, (6):14-19.