

# 烟叶主要含氮化合物含量与感官质量的关系\*

沈 晗<sup>1</sup>, 江佳楠<sup>2</sup>, 汤朝起<sup>1</sup>, 刘百战<sup>1</sup>, 童亿刚<sup>1\*\*</sup>

(1. 上海烟草集团有限责任公司 技术中心, 上海 200082;

2. 云南农业大学 烟草学院, 云南 昆明 650201)

**摘要:** 为分析含氮化合物对烟叶感官质量的影响。本文综述了主要含氮化合物与烟叶感官质量的关系研究进展, 分析了2011—2014年国内主产区烤烟上部叶主要含氮化合物含量状况。本文分析认为, 总氮含量过高对烟叶感官质量的负面影响要大于烟碱含量过高。控制烟叶总氮含量, 尤其是非烟碱氮(粗蛋白)含量可能是提高上部叶可用性的途径之一。

**关键词:** 含氮化合物; 上部烟叶; 感官质量; 烤烟

**中图分类号:** TS 411    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1004-390X (2017) 03-0558-06

## Study on Relationship between the Main Nitrogen Compounds and Sensory Quality in Flue-cured Tobacco Leaves

SHEN Han<sup>1</sup>, JIANG Jianan<sup>2</sup>, TANG Zhaoqi<sup>1</sup>, LIU Baizhan<sup>1</sup>, TONG Yigang<sup>1</sup>

(1. Shanghai Tobacco Group Co., Ltd., Shanghai 200082, China;

2. College of Tobacco Science, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

**Abstract:** The objective of this paper is to study the effect of nitrogen compounds substances on the sensory quality of tobacco leaves. The effect of the main nitrogen compounds on tobacco sensory quality in flue-cured tobacco leaves were reviewed in the paper. The main nitrogen compounds of upper flue-cured tobacco leaves from main planting zones china in 2011—2014 were analyzed. The negative impact of the higher total nitrogen content on the sensory quality of tobacco was greater than the higher nicotine content. Reducing the non-nicotine nitrogen of content is one of the ways to improve the usability of the upper flue-cured tobacco.

**Keywords:** nitrogen compounds; upper flue-cured tobacco; sensory quality; flue-cured tobacco

总氮是对烟叶感官质量影响最大的化学成分之一<sup>[1]</sup>。烤烟中的含氮化合物包括生物碱、氨基酸和蛋白质、含氮杂环化合物、胺和N-亚硝胺、含氮色素、硝酸盐、Maillard反应物<sup>[2-3]</sup>。有研究表明<sup>[1,4-5]</sup>, 总氮对感官质量的影响程度大于烟

碱。目前, 国内多数文献认为烟碱含量过高是上部叶可用性较差的主要原因之一<sup>[6-8]</sup>, 关于烟碱的研究文献非常多, 尤其是关于通过降低烟碱含量来提高上部烟叶品质这一方面的研究<sup>[8-12]</sup>, 而对于总氮、蛋白质等含氮化合物的关注相对较少。

收稿日期: 2016-07-12    修回日期: 2016-09-23    网络出版时间: 2017-05-24 14:45:00

\* 基金项目: 上海烟草集团有限责任公司科技项目(K2015-1-017P)。

作者简介: 沈晗(1988—), 男, 湖南湘乡人, 硕士, 主要从事烟叶原料与配方研究。

E-mail: shenhan555@163.com

\*\* 通信作者Corresponding author: 童亿刚(1970—), 男, 上海人, 工程师, 主要从事烟叶原料研究。

E-mail: tongyg@sh.tobacco.com.cn

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20170524.1445.037.html>

本文就主要含氮化合物与烟叶感官质量关系进行了综述, 同时, 分析了近几年国内主产烟区烤烟上部烟叶主要含氮化合物含量状况, 旨在为提高上部烟叶可用性提供一定的参考。

## 1 主要含氮化合物与烟叶感官质量的关系

### 1.1 主要含氮化合物对烟叶感官质量及安全性的作用

在烟叶的含氮化合物中, 蛋白质氮和烟碱的主要作用是影响生理强度<sup>[13]</sup>。烟碱的作用是提供劲头和增加烟味, 其含量过高会产生刺激性<sup>[3]</sup>。而蛋白质可以增加烟气的劲头和苦味<sup>[14]</sup>; 烟叶蛋白质对烟气的抽吸质量影响不大, 并且还是烟气中有害物质的前体<sup>[13]</sup>。氨基酸是烟叶香气前体物, 同时也是 Maillard 反应物前体物, 对烟草香味有重要贡献, 总氨基酸含量提高有助于增加香气和得到适宜的劲头, 但是含量过高会使香气质变差, 刺激性增强, 杂气加重; 同时, 氨基酸的种类和组成的不同对烟叶评吸品质影响也会不同<sup>[15]</sup>; 另外, 部分氨基酸经高温处理会生成诱变剂<sup>[13,16]</sup>。许多含氮杂环化合物是烟叶重要的香气成分<sup>[15]</sup>; 氨、胺类、N-亚硝胺、硝酸盐等对烟叶的香味也有一定影响, 主要对烟气安全性不利<sup>[13]</sup>。此外, 研究表明: 烟气氢氰酸的释放量与烟叶中的含氮化合物关系最为密切<sup>[17]</sup>; 适当降低烟叶含氮化合物含量可能会降低烟叶的危害性指数<sup>[18]</sup>。

### 1.2 主要含氮化合物对烟叶感官质量的影响

不同产地烤烟化学成分存在差异<sup>[19]</sup>, 不同部位烟叶含氮化合物含量也不同<sup>[13]</sup>。研究对象不一致, 往往导致研究结论也不尽相同。

#### 1.2.1 主要含氮化合物对烟叶感官质量的影响程度

总体上, 以目前烟叶含氮化合物含量水平而言, 总氮等含氮化合物与烟叶感官质量呈负相关。常爱霞等<sup>[5]</sup>研究表明: 烤烟主要化学成分中, 总氮除与浓度和劲头呈显著或极显著正相关外, 与其余感官质量指标及总分呈显著或极显著负相关。包自超等<sup>[20]</sup>研究也发现: 上部叶片总植物碱、总氮含量与各项感官质量指标呈显著或极显著负相关。牛莉莉等<sup>[21]</sup>研究认为: 总植物碱、总氮、蛋白质、挥发碱与口感特性呈极显著的负相关关系。

多数研究表明: 总氮对烟叶的感官质量的负面效应大于烟碱。许安定等<sup>[4]</sup>研究表明: 烟叶化

学成分含量对烤烟评吸质量影响最重要的为含氮化合物(蛋白质、总氮和烟碱), 其次为碳水化合物和矿质元素, 而含氮化合物对烤烟评吸质量的影响顺序为蛋白质 > 总氮 > 烟碱。常爱霞等<sup>[5]</sup>以国内外上、中、下3个部位烟叶样品为材料, 分析表明, 烤烟主要化学成分中, 总氮与总体感官质量的负相关程度最大, 其次是烟碱。王彦亭等<sup>[1]</sup>分析表明: 总氮在主要化学成分中与感官质量总分的简单相关系数最大, 且呈负相关。夏冰冰等<sup>[22]</sup>研究表明: 总氮对各评吸指标有较大的负向直接效应, 总植物碱对香气质、香气量和余味有较大的正向直接效应。

#### 1.2.2 主要含氮化合物含量的适宜范围

总体上, 烟叶总氮含量的最适宜范围为2.0%~2.5%, 蛋白质含量不宜超过10%。一般而言, 总氮含量低吃味平淡, 总氮含量的增加有助于增加香气量、浓度、劲头, 但香气质变差, 刺激性增强, 杂气加重<sup>[2,15]</sup>, 当总氮含量超过2.5%时香气量分值基本不再增加<sup>[23]</sup>。邵惠芳等<sup>[24]</sup>认为, 烤烟总氮、蛋白质含量与主要挥发性香气物质含量之间存在一定的内在联系, 总氮与蛋白质含量并不是越高越好, 在追求烤烟高香气的同时, 还应注意平衡含氮类物质的含量, 以满足卷烟工业的使用要求; 一般烟叶总氮(1.53%~1.88%)、蛋白质含量(8.42%~10.34%)中等时, 烟叶劲头适中、刺激性小, 香气量充足, 可用性高。胡建军等<sup>[25]</sup>研究表明: 烤烟烟叶总氮含量为2.5%左右时评吸质量最佳, 低于1.5%或高于2.8%时评吸质量明显下降, 适宜区间为1.5%~2.8%; 而罗玲等<sup>[26]</sup>认为, 在总氮含量为1.7%~2.0%时, 烤烟的香味、吃味和评吸总分最高。另外, 烤后烟叶蛋白质含量一般为8%左右, 优质烟的蛋白质含量应小于10%, 蛋白质含量为10%~15%时烟叶品质较差, 蛋白质含量大于15%时烟叶品质差<sup>[2,27-28]</sup>。

在一定范围内, 控制含氮化合物有利于提高感官评吸质量。汤朝起等<sup>[29]</sup>以河南烟区上、中、下3部位19等级烟叶为材料研究表明, 对于河南烟叶的烟碱含量和总氮含量而言, “高碱高氮”烟叶的吸食品质通常欠佳。吴春等<sup>[30]</sup>以国内外中部烟叶为材料, 烟叶总氮均值为2.3%, 变幅为1.2%~3.5%, 通过化学成分与感官评吸质量进行通径分析表明: 总氮直接负向影响评吸总分, 认为在一定

范围内,控制含氮化合物有利于提高感官评吸质量。夏冰冰等<sup>[22]</sup>以遵义 B2F 为样品,总植物碱均值为 3.43%,变幅为 2.11%~4.82%,总氮均值为 2.12%,变幅为 1.65%~2.57%,认为在一定范围内上部叶降低含氮化合物含量将有利于提高烤烟的评吸质量。此外,江厚龙等<sup>[31]</sup>以重庆烟区 C3F 为样品,总氮均值为 1.94%,通过分析认为适当增加总氮,有利于提高烟叶香气质。

### 1.2.3 主要含氮化合物的适宜比例

多数学者均认为,氮碱比不宜低于 0.8。左天觉等<sup>[13]</sup>认为,对于质量较好的烤烟,总氮与烟碱的比率应该在 0.8~1.1 的范围内。王瑞新等<sup>[2]</sup>认为,质量好的烟叶氮碱比应小于 1,一般为 0.8~0.9 为好。有一些学者认为<sup>[15]</sup>,氮碱比一般以 1:1 较为合适,如果氮碱比增大,烟叶颜色变淡,烟气香味逐渐减少,接近 2:1 时,则香味严重不足,低于 1:1 时,烟味转浓,但刺激性逐渐加重。此外,研究表明:蛋白质氮/总氮一般在 0.4~0.6 为好<sup>[2]</sup>。高云才等<sup>[32]</sup>提出了非烟碱氮与总氮比值作为一项红塔集团烟叶化学目标要求指标,认为下部叶和中部叶非烟碱氮/总氮 $\leq 0.75$ ,上部叶非烟碱氮/总氮 $\leq 0.70$ 时,烟叶质量较好。

## 2 国内上部烟叶主要含氮化合物含量分析

在打叶复烤企业的原烟仓库或打叶线铺叶台

上随机抽取上海烟草集团采购的安徽、福建、贵州、河南、湖北、湖南、江西、山东、四川、云南 10 个省份 2011—2014 年生产的 B2F 上部初烤烟叶样品共计 6255 份,每份样品约 250~500 g,烟草品种为当地主栽品种。烟碱和总氮的测定方法参照文献 [29] 进行。

$$\text{非烟碱氮} = \text{总氮} - \text{烟碱} \times 17.28\% ;$$

$$\text{粗蛋白质} = \text{非烟碱氮} \times 6.25。$$

国内主产烟区 2011—2014 年 B2F 初烤烟叶主要含氮化合物及分布情况(表 1、2)分析表明,烟碱含量均值为 3.41%,大于 3.5% 的样本比例为 45.21%。总氮均值为 2.57%,总氮含量在最适宜范围(2.0%~2.5%)内的样本比例为 34.4%,低于最适宜范围的样本比例为 9.1%,高于最适宜范围的样本比例为 56.5%。氮碱比均值为 0.78,61.35% 的样本氮碱比低于 0.8。表 1、2 中,烟叶粗蛋白含量平均为 12.4%,低于 10% 的样本比例为 15.73%,10%~15% 的样本比例为 70.22%,高于 15% 的样本比例为 14.05%;根据已有研究<sup>[2,27-28]</sup>,烟叶品质属于较差和差的样本比例为 84.27%。非烟碱氮/总氮平均为 0.77,95.48% 的样本大于 0.70,与上部烟叶非烟碱氮/总氮 $\leq 0.70$  的要求<sup>[32]</sup>差距较大。上述分析说明,中国上部烟叶烟碱、总氮、粗蛋白含量以及非烟碱氮/总氮总体上均过高,氮碱比偏低。

表 1 国内主产烟区 2011—2014 年 B2F 初烤烟叶主要含氮化合物

Tab. 1 The main nitrogen compounds of B2F flue-cured tobacco in China in 2011—2014

指标 index	烟碱/% nicotine	总氮/% total nitrogen	氮碱比 nitrogen/nicotine	非烟碱氮/% non-nicotine nitrogen	非烟碱氮/总氮 non-nicotine nitrogen/total nitrogen	粗蛋白质/% rough protein
变幅 range	1.36~5.58	1.46~3.96	0.45~1.57	1.02~3.26	0.62~0.89	6.35~20.35
均值 average	3.41	2.57	0.78	1.98	0.77	12.40
标准差 SD	0.73	0.43	0.15	0.37	0.04	2.34
变异系数/% CV	21.41	16.78	19.56	18.86	5.53	18.86

表2 国内主产烟区 B2F 初烤烟叶主要含氮化合物分布情况  
Tab. 2 Distribution of the main nitrogen compounds of B2F flue-cured tobacco in China

烟碱 nicotine	区间/% range	< 2.0	≥2.0 ~ 2.5	≥2.5 ~ 3.0	≥3.0 ~ 3.5	≥3.5 ~ 4.0	≥4.0
	占比/% proportion	2.94	7.61	17.51	26.73	23.96	21.25
总氮 total nitrogen	区间/% range	< 1.5	≥1.5 ~ 2.0	≥2.0 ~ 2.5	≥2.5 ~ 3.0	≥3.0 ~ 3.5	≥3.5
	占比/% proportion	0.02	9.08	34.40	39.97	14.26	2.27
氮碱比 nitrogen/nicotine	区间 range	< 0.70	≥0.70 ~ 0.80	≥0.80 ~ 0.95	≥0.95 ~ 1.05	≥1.05 ~ 1.20	≥1.20
	占比/% proportion	32.60	28.75	25.42	7.40	4.59	1.25
非烟碱氮/总氮 non-nicotine nitrogen/total nitrogen	区间 range	< 0.65	≥0.65 ~ 0.70	≥0.70 ~ 0.75	≥0.75 ~ 0.80	≥0.80 ~ 0.85	≥0.85
	占比/% proportion	0.48	4.04	22.77	44.78	25.10	2.83
粗蛋白 rough protein	区间/% range	< 8.0	≥8.0 ~ 10.0	≥10 ~ 12.0	≥12.0 ~ 13.0	≥13.0 ~ 15.0	≥15.0
	占比/% proportion	1.71	14.02	29.53	17.25	23.44	14.05

### 3 讨论

国内多数文献认为烟碱含量过高是上部烟叶可用性较差的主要原因之一<sup>[6-7,12,33]</sup>, 杜咏梅等<sup>[34]</sup>认为烟碱为目前制约烤烟吸味品质的主要化学成分, 降低烟碱能有效提高烤烟吸味品质。近年许多研究工作试图从降低烟碱含量方面入手来解决上部烟叶可用性较低的问题, 并未取得明显的成效。研究表明: 当烟碱含量大于 2% 左右时, 烟碱与总氮呈正相关关系<sup>[35]</sup>, 因而烟碱含量较高时, 总氮含量往往也较高; 而总氮可以影响烟气总粒相物 pH, 从而影响游离烟碱占总烟碱的比例, 进而影响烟气感官质量<sup>[36]</sup>。本文分析认为, 总氮含量过高对烟叶感官质量的负面影响要大于烟碱含量过高, 目前国内上部烟叶总氮、非烟碱氮(粗蛋白)以及非烟碱氮/总氮总体上均处于过高水平, 其中, 非烟碱氮(粗蛋白)占总氮的 70% 以上, 这可能是上部烟叶品质较差的重要原因。因此, 要提高上部烟叶品质, 需要控制烟叶总氮含量, 尤其是非烟碱氮(粗蛋白)含量, 这也与已有观点基本一致<sup>[22,29-30,37]</sup>。

早在 20 世纪八九十年代, 左天觉<sup>[13]</sup>就提出了均质烟叶调制(HLC), 认为低蛋白质的烟草是合乎要求的吸烟材料, 在均质烟叶调制过程中, 可溶性蛋白等许多物质都可以去除, 然而均质烟叶调制并不现实。王继莲等<sup>[38]</sup>利用细菌酶制剂降解烟叶中的残留蛋白质具有一定可行性。研究发现, 要降低烤后烟叶蛋白质含量, 关键在于降低采收成熟时鲜烟叶的蛋白质含量<sup>[27]</sup>; 在生产实际上, 控制施氮量, 保持合理移栽密度和留叶数<sup>[39-40]</sup>, 通过施肥和水分调控等方法减少烤烟生长后期氮素供应<sup>[41]</sup>, 适当提高烟叶采收成熟度等措施均可以降低上部烟叶总氮和蛋白质含量, 从而提高烟叶品质。然而, 总氮包括的含氮化合物较复杂, 在总氮中占有较大比重的蛋白质还缺乏直接测定的准确方法, 烟叶中蛋白质含量准确数据相对较少; 此外, 氮素在主要含氮化合物中是如何分配的, 非烟碱含氮化合物的组成及比例对烟叶感官质量的影响, 都还有待进一步探索和研究。

#### [参考文献]

[1] 王彦亭, 谢剑平, 李志宏, 等. 中国烟草种植区划

- [M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [2] 王瑞新. 烟草化学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [3] 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.
- [4] 许安定, 杜国伟, 刘洪斌. 基于 CART 模型的烤烟评吸质量影响因子研究 [J]. 西南农业学报, 2013, 26(4): 1356. DOI:10.3969/j.issn.1001-4829.2013.04.012.
- [5] 常爱霞, 杜咏梅, 付秋娟, 等. 烤烟主要化学成分与感官质量的相关性分析 [J]. 中国烟草科学, 2009, 30(6): 9. DOI:10.3969/j.issn.1007-5119.2009.06.003.
- [6] 纪成灿, 王胜雷, 许锡祥. 提高上部叶可用性和降低上部叶比例的农业措施 [J]. 中国烟草科学, 2001, 22(4): 19. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5119.2001.04.013.
- [7] 周冀衡, 张永安, 杨虹琦, 等. 提高上部烟叶可用性和调控烟碱含量的研究进展 [C] //中国烟叶学术论文集, 北京: 科学技术文献出版社, 2004: 169.
- [8] 招启柏, 汤一卒, 王广志. 烤烟烟碱合成及农艺调节效应研究进展 [J]. 中国烟草科学, 2005, 26(4): 19. DOI:10.3969/j.issn.1007-5119.2005.04.007.
- [9] 简永兴, 郭紫明, 董道竹, 等. 植物生长调节剂 GA<sub>3</sub> 喷施对烤烟上部叶生物碱的影响 [J]. 烟草科技, 2008(10): 39.
- [10] 汪健, 杨云高, 王松峰, 等. 烤烟红花大金元上部叶采收方式研究 [J]. 中国烟草科学, 2010, 31(2): 15. DOI:10.3969/j.issn.1007-5119.2010.02.004.
- [11] 高卫锴, 史宏志, 刘国顺, 等. 上部叶采收方式对烤烟理化和经济性性状的影响 [J]. 烟草科技, 2010(9): 57. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0861.2010.09.013.
- [12] 邵惠芳, 焦桂珍, 刘金霞, 等. 烟碱含量的影响因素及其调控技术 [J]. 中国农学通报, 2007, 23(8): 84. DOI:10.3969/j.issn.1000-6850.2007.08.019.
- [13] 左天觉. 烟草的生产, 生理和生物化学 [M]. 上海: 上海远东出版社, 1994.
- [14] DAVIS D L, MARK T. NIELSEN M T. 烟草 - 生产, 化学和技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [15] 史宏志, 刘国顺. 烟草香味学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [16] 张启东, 李鹏, 柴国璧, 等. 烟叶蛋白研究进展 [J]. 化学通报 (印刷版), 2013, 76(7): 605.
- [17] 薛宝燕, 郭东锋, 邵伏文, 等. 基于 MINE 算法的烤烟含氮化合物与 HCN 关系分析 [J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2015, 41(5): 496. DOI: 10.13331/j.cnki.jhau.2015.05.008.
- [18] 耿召良, 张婕, 葛永辉, 等. 烤烟主流烟气内源有害成分与烟叶化学成分相关性 [J]. 应用生态学报, 2015, 26(5): 1447.
- [19] 李勇, 逢涛, 师君丽, 等. 国内外主产烟区烤烟化学成分分析 [J]. 中国烟草科学, 2013(1): 12. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5119.2013.01.003.
- [20] 包自超, 宋文静, 徐宜民, 等. 烤烟上部叶片质量指标间的相关性研究 [J]. 中国烟草科学, 2013(5): 23. DOI:10.3969/j.issn.1007-5119.2013.05.005.
- [21] 牛莉莉, 耿宗泽, 许自成, 等. 烤烟口感特性与化学成分的关系 [J]. 甘肃农业大学学报, 2014(1): 83. DOI: 10.3969/j.issn.1003-4315.2014.01.016.
- [22] 夏冰冰, 梁永江, 张扬, 等. 遵义烟区上部烟叶化学成分与感官评吸的相关性 [J]. 中国烟草科学, 2015(1): 30. DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2015.01.007.
- [23] 李广才, 余玉梅, 胡建军, 等. 湖南烤烟主要化学成分与评吸质量的非线性关系解析 [J]. 中国烟草学报, 2012, 18(4): 17. DOI: 10.3969/j.issn.1004-5708.2012.04.003.
- [24] 邵惠芳, 许自成, 刘丽, 等. 烤烟总氮和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, 36(12): 69. DOI: 10.3321/j.issn:1671-9387.2008.12.013.
- [25] 胡建军, 李广才, 李耀光, 等. 基于广义可加模型的烤烟常规化学成分与感官评价指标非线性关系解析 [J]. 烟草科技, 2014(12): 36. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0861.2014.12.008.
- [26] 罗玲, 杨杰, 许自成, 等. 四川烤烟烟碱和总氮含量分布特点及对评吸质量的影响 [J]. 郑州轻工业学院学报 (自然科学版), 2012, 27(1): 33. DOI: 10.3969/j.issn.1004-1478.2012.01.009.
- [27] 闫克玉. 烟草化学 [M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2002.
- [28] 邓云龙, 孔光辉, 武锦坤. 云南烤烟中上部叶片含氮化合物代谢规律研究 [J]. 云南大学学报 (自然科学版), 2001, 23(1): 65. DOI: 10.3321/j.issn:0258-7971.2001.01.017.
- [29] 汤朝起, 王平, 窦玉青, 等. 河南烤烟主要化学成分与吸食品质的关系 [J]. 中国烟草科学, 2009, 30(5): 41, 49. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5119.2009.05.009.
- [30] 吴春, 王志红. 烤烟评吸质量与主要化学成分相关及通径分析 [J]. 贵州农业科学, 2010, 38(11): 63. DOI: 10.3969/j.issn.1001-3601.2010.11.019.
- [31] 江厚龙, 陈涛, 马红辉, 等. 重庆烟区烤烟感官品质主要影响因子分析 [J]. 烟草科技, 2014(6): 87. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0861.2014.06.018.

- [32] 高云才, 刘玲, 徐昭梅, 等. 玉溪市不同品种烤烟烟叶化学指标差异及品质分析 [J]. 烟草科技, 2015(6): 34. DOI:10.16135/j.issn1002-0861.20150607.
- [33] 谢志坚, 涂书新, 张嵌, 等. 影响烤烟烟碱合成与代谢的因素及其机理分析 [J]. 核农学报, 2014, 28(4):714. DOI:10.11869/j.issn.100-8551.2014.04.0714.
- [34] 杜咏梅, 郭承芳, 张怀宝. 水溶性糖、烟碱、总氮含量与烤烟吃味品质的关系研究 [J]. 中国烟草科学, 2000, 21(1):7. DOI:10.3969/j.issn.1007-5119.2000.01.008.
- [35] 招启柏, 王广志, 王宏武, 等. 烤烟烟碱含量与其他化学成分的相关关系及其阈值的研究 [J]. 中国烟草学报, 2006, 12(2):26. DOI:10.3321/j.issn:1004-5708.2006.02.008.
- [36] 卢斌斌, 谢剑平, 刘惠民. 卷烟烟气 pH 与烟气总颗粒物中游离烟碱的关系 [J]. 中国烟草学报, 2005, 11(6):7. DOI:10.3321/j.issn:1004-5708.2005.06.003.
- [37] 李朝建, 李晓刚. 烤烟主要化学成分与吸味品质的相关性 [J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2009, 35(3):252.
- [38] 王继莲, 李明源, 马永凯, 等. 细菌酶制剂对烟叶中蛋白质的降解作用研究 [J]. 农业生物技术学报, 2014, 22(4):486. DOI:10.3969/j.issn.1674-7968.2014.04.012.
- [39] 许东亚, 段卫东, 李亚伟, 等. 烤烟不同留叶数对上部叶质量和中性香气物质含量的影响 [J]. 贵州农业科学, 2015, 43(10):90. DOI:10.3969/j.issn.1001-3601.2015.10.023.
- [40] 张渝婕, 赵铭钦, 贺凡, 等. 密度和氮用量对烤烟上部叶中性致香物质和感官质量的影响 [J]. 中国烟草科学, 2015, 36(6):37. DOI:10.13496/j.issn.1007-5119.2015.06.007.
- [41] 许东亚, 焦哲恒, 孙楦淑, 等. 烤烟成熟期氮素灌淋调亏对烟叶生长发育及质量的影响 [J]. 土壤, 2015(4):658.