

烟叶烘烤过程中水分迁移干燥特性研究进展

李 峰¹, 邱 坤², 杨 鹏³, 王松峰⁴, 杨建春³, 魏 硕^{1*}

(1. 河南农业大学 烟草学院, 河南 郑州 450002; 2. 贵州省烟草公司 黔东南州公司, 贵州 凯里 556000;

3. 四川省烟草公司 攀枝花市公司, 四川 攀枝花 617026;

4. 中国农业科学院烟草研究所 农业部烟草生物学与加工重点实验室, 山东 青岛 266101)

摘要:烟叶烘烤是烟叶生产的重要环节, 烘烤过程是烟叶中水分不断散失的过程. 因此, 综述了烟叶在烘烤过程中水分迁移干燥规律的研究现状, 同时分析归纳不同品种、部位、成熟度、采收方式、烘烤工艺对烟叶烘烤过程中水分含量变化的影响, 并对烘烤过程中烟叶的失水特性以及水分和颜色变化之间的协调性进行总结. 此外, 认为关于烟叶烘烤过程中叶脉(茎秆)、叶肉之间失水干燥关系及烟叶水分的迁移效率和路径变化尚需进一步研究.

关键词:烟叶烘烤; 水分迁移; 干燥特性; 水分变化

中图分类号:S572 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-5639(2017)06-0037-05

DOI:10.14091/j.cnki.kmxyxb.2017.06.008

Research Progress of Moisture Migration and Drying Characteristics during Tobacco Flue-curing Process

LI Zheng¹, QIU Kun², YANG Peng³, WANG Songfeng⁴, YANG Jianchun³, WEI Shuo^{1*}

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

2. Qiandongnan Branch of Guizhou Province Tobacco Company, Kaili, Guizhou, China 556000;

3. Panzhihua Branch of Sichuan Province Tobacco Company, Panzhihua, Sichuan, China 617026;

4. Ministry of Agriculture of Key Laboratory of Tobacco Biology and Processing,

Chinese Academy of Agricultural Sciences of Tobacco Research Institute, Qingdao, Shandong, China 266101)

Abstract: Tobacco flue-curing process is an important part in tobacco production and in the process moisture loss continually happens. So it is necessary to summarize the present research situation of water transfer and drying rule in tobacco leaves during baking and meanwhile, to analyze the effects of variety, position, maturity, harvesting method and curing process on the moisture content of tobacco leaves so as to get the conclusion on the coordination between water loss and color change of tobacco leaves during flue-curing. But the migration efficiency and path change of tobacco leaves need further study in the process of tobacco curing.

Key words: tobacco flue-curing; moisture migration; drying characteristics; moisture variation

烟叶烘烤是采后烟叶在特定温湿度条件下的生理变化和物理变化的协调统一^[1-2], 烘烤过程中烟叶外观的形态变化和内含物的分解转化与烟叶的水分变化紧密相关, 也就意味着烘烤过程中烟叶水分影响甚至决定着烤后烟叶的品质. 对于水分的调控是烟叶烘烤中各项操作的核心, 也关系到烟叶烘烤的成败^[1-6]. 烟叶失水特性受生态条件、品种基因、

种植模式、成熟度、采收方式、烘烤工艺等因素^[2-3]的影响, 若烟叶烘烤过程中失水量和失水速度与内含物质生理生化变化不协调, 则最终会影响烤后烟叶质量, 进而限制烟叶可用性的提高, 不利于烟叶生产的可持续发展. 因此, 研究烟叶烘烤过程中的失水干燥特性对实现精益烘烤, 提升烟叶品质具有重要意义.

收稿日期: 2017-05-22

作者简介: 李峰(1994—), 男, 河南周口人, 在读硕士研究生, 主要从事烟草调制研究.

* 通讯作者: 魏硕(1991—), 男, 河南南阳人, 在读硕士研究生, 主要从事烟草调制研究, E-mail: 784016616@qq.com.

1 烟叶烘烤过程中水分变化规律研究基础

1.1 失水变化一般规律

烟叶中的水分在烘烤过程呈现规律性的变化. 研究表明^[4-7], 烟叶在烘烤过程中的失水速度规律表现为变黄期小、定色期大、干筋期再次减小, 自由水和结合水的散失速率为自由水快于结合水. 王正刚等^[8]研究表明, 营养物质积累较为充分的烟叶在烘烤过程中失水干燥特征曲线呈现出“近等速—减速—再减速”的规律. 任一鹏等^[9]研究表明, 烘烤过程中束缚水含量呈现先升高后降低的趋势, 自由水、总水含量则呈现不断下降的趋势. 李卫芳等^[10]研究表明, 刚采收的鲜烟叶, 水分占其质量的 85% 左右, 且分布于叶脉及叶肉细胞中; 失水速率有两个高峰期: 变黄中后期及定色中后期; 烘烤过程中的叶片脱水一般认为存在气孔蒸腾和叶表面蒸发两种形式. 实际蒸腾速率和脱水速率在烘烤进程中并不协调, 变黄期(0~48 h)蒸腾速率较为平稳, 脱水速率波动明显. 烘烤至 60 h 时叶片的蒸腾速率非常微弱, 而在此时脱水速率出现最大值. 鲜烟叶在烘烤过程中的变黄末期之前, 为细胞的存活期, 随着烘烤过程的推进, 细胞生理活动逐渐减弱, 也就意味着在 0~48 h 的烘烤期间内, 叶片会存在微弱的气孔蒸腾作用. 且叶片中气孔面积只占总面积 1% 左右, 加之烤烟所采用的密集烤房内没有光照, 随着水分不断散失, 细胞活性逐渐降低, 造成气孔开度减小. 而烘烤过程中烟叶水分主要通过叶表面蒸发这一物理过程散失(见图 1).



图1 烘烤过程中烟叶水分散失方式

1.2 烘烤过程中烟叶水分迁移运输通道

李合生的《现代植物生理学》^[11]认为, 水分在植物的地上部分运输主要是以集流的方式沿管胞和导管进行, 水分在植物体内的向上运输是由于水分的内聚力大于张力所致, 而水分运输的动力则是来自于蒸腾作用产生的强大拉力. 烟叶烘烤也是水分转移、蒸发、散失的过程. 谭青涛等^[12]研究表明, 带茎烘烤时的烟叶, 烘烤前期其茎秆质量会有所增加, 主要因为叶片中的水分和部分营养物质转移到其中, 由于内在养分的转移, 会降低烟叶产量, 而叶片

厚度由于养分的转移而变得适中, 满足烟叶生产的需要, 因此带茎烘烤可以提升烟叶的品质. 徐建平^[13-14]、滕永忠等^[15]研究表明, 烘烤过程中主脉中水分向叶片转移, 带茎烘烤过程中茎秆中水分向叶片转移, 并参与叶片水分代谢; 带茎烘烤过程中水分的运输途径为茎秆→叶脉→叶肉, 叶片中为叶基部先于叶中部及先于叶尖部(图 2). 王晓宾等^[16]研究表明, 由于茎秆中自由水向叶片转移, 带茎烟叶在烘烤 24~48 h 期间内自由水含量表现为增加的趋势. 通常蒸腾作用旺盛的部位叶片水分运输速率较快, 水分通道较为畅通, 这可能是不同部位、不同成熟度、不同类型烟叶失水特性存在差异^[2,6]的原因.



图2 烘烤过程中烟叶水分迁移路径

1.3 烟叶烘烤过程中水分通道变化

叶片叶肉组织细胞间隙和叶脉导管为水分运输的主要通道, 然而水溶液中会存在已经溶解的气体, 导致导管中水分的运输受到阻碍. 由于水柱的张力在阻碍作用下不断增大, 导管中溶解的气体会形成气泡逸出, 气泡进而在张力作用下继续扩大, 产生气穴现象(图 3), 从而造成水柱断裂影响水分的转移^[11]. 在实际过程中, 水分的横向运输可以绕过气泡的阻碍, 且导管相连处存在的纹孔可以将气泡局限在一条管道中, 从而保持水柱的连续性. 此外, 水流还可以通过微孔进行转移, 也就是说当大水柱受到阻碍或者完全中断时, 水流仍可通过小水柱的形式进行转移.

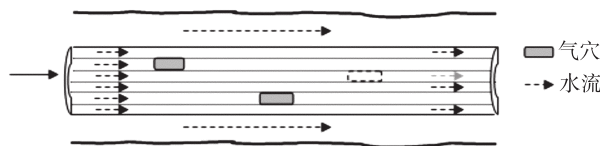


图3 导管气穴(栓塞)现象

烘烤过程中由于烟叶发生失水干燥、物质降解、细胞溶解、形态收缩等变化^[2,6], 导致叶片蒸发面积逐渐减小, 尤其是叶肉组织间隙缩小、细胞透性增加, 则可能导致烟叶水分运输状况的改变. 李卫芳等^[17]研究表明, 定色后期部分栅栏组织已分解, 干筋初期上下表皮细胞内侧破裂, 与已破裂的栅栏组

织、海绵组织相混合,内部组织结构基本瓦解破碎,呈细条状;烟叶主脉和支脉维管束外围的维管束鞘,随着烘烤进行逐渐变细,维管束的结构也愈简化,烟叶在烘烤过程中叶片变化较为剧烈,且烘烤操作人员一般以叶片变化为烘烤温湿度控制的标准之一。整个烘烤过程中,叶脉的变化程度相对于叶片较为平缓,叶脉的薄壁细胞直至烘烤过程中的定色后期才产生微小的皱缩,此时叶脉在表观才会出现明显的变化。叶片中叶脉可分为主脉、侧脉(支脉)和细脉,在烘烤过程中的干筋阶段初期,已经破裂的海绵组织和栅栏组织与细脉外围开始破裂溶解的薄壁细胞相融合,维管束部分逐渐分解,此时主、支脉外围的薄壁细胞也已开始破裂皱缩,与细脉相比较,其差异是主脉、支脉的维管束结构保持完好,基本没有破损。王亚辉等^[18]研究表明,烘烤过程中栅栏细胞间隙和海绵细胞间隙的收缩以过熟烟叶>适熟烟叶>初熟烟叶;在烟叶干燥收缩过程中各组织的收缩以过熟烟叶较剧烈,适熟烟叶居中,初熟烟叶较平缓;无论是何种成熟的烟叶,其栅栏细胞间隙的收缩率均高于海绵细胞间隙。王能如等^[19]研究表明,烤烟上部叶解剖结构的变化主要发生在变黄期和定色前期,但因品种特性不同,不同烤烟品种烘烤过程中叶片结构变化“敏感期”存在差异;快速定色可以促进烟叶栅栏组织和海绵组织收缩,外在表现为叶片厚度明显减小。赵铭钦等^[5]研究表明,烘烤初始温湿度较低,且烘烤升温速度最慢的处理中叶片的横向、纵向和总面积收缩率均最低。而烘烤过程中温湿度最高,升温速度最快的处理,叶片的各项收缩率指标均表现为最高。徐建平等^[13-14]、滕永忠等^[15]、王晓宾等^[16]和张丽英等^[20]研究表明,烘烤过程中带茎采收的烟叶含水率高于常规逐片采收烟叶。

2 影响烘烤过程中烟叶水分迁移干燥特性的因素

2.1 不同品种烟叶烘烤过程中水分变化

烘烤过程中烟叶水分迁移干燥特性受遗传因素影响,不同烤烟品种基因型不同,相应的其烘烤特性会出现差异,进而影响烘烤过程中烟叶水分变化。张树堂等^[21]、曾建敏等^[22]研究表明,烤烟品种红花大金元烘烤特性较差,且容易挂灰,主要因为其在烘烤过程的变黄期烟叶变化较慢,而水分散失较快,叶片黄软不协调,烟叶在定色期时需要快速排湿以将叶片颜色固定,红花大金元在此时期脱水较慢。而

K326变黄速度适中,脱水平缓,容易烘烤。任一鹏等^[9]研究表明,烘烤过程中红花大金元自由水和总水含量下降速率快于云烟85,而对于束缚水含量,红花大金元最先升高,且最先达到最大值。訾莹莹等^[23]研究表明,红花大金元烘烤过程中水分散失速度慢,变黄阶段水分含量高,自由水散失慢。定色期束缚水散失较快,自由水束缚水比值高于K326。而K326烘烤过程失水快,自由水束缚水比值低。

2.2 不同部位、成熟度烟叶烘烤过程中水分变化

由于着生部位不同,以及所处不同叶位的烟叶在田间生长过程所处生态环境存在差异^[24],因此不同部位鲜烟叶总水含量和自由水含量表现为下部叶最高,中部叶次之,上部叶最低,而束缚水含量表现为上部叶>中部叶>下部叶,随烟叶部位上升束缚水与自由水比值不断增大^[24-26]。聂荣邦和唐建文^[26]研究表明,上部叶在烘烤过程中脱水速率较慢,脱水较难;中部叶水分含量适中,易烤性最好;下部叶脱水速率较快。

烟叶在成熟过程中物理性状和化学成分不断变化,采收时烟叶成熟度和烘烤特性密切相关,不同成熟度烟叶在烘烤过程中的失水特性不同。张丽英^[27]研究表明,鲜烟叶由尚熟至过熟,水分含量逐渐降低,从烟叶烘烤开始至定色结束时,失水速度和失水量表现为:尚熟>适熟>过熟。宋洋洋等^[28]研究表明,在烘烤48~66 h区间,烟叶水分含量表现为成熟采收处理略低于未熟采收处理,而过熟采收处理始终低于其他两个处理。过熟时采收处理的烟叶在烘烤48 h之后失水量增大,而未熟、成熟烟叶在第54 h时才开始大量失水。

2.3 带茎烘烤过程中烟叶的水分变化

徐建平等^[13-14]、滕永忠等^[15]研究表明,带茎烘烤过程中烟叶各部位的水分基本散失之前含水率均呈茎秆>叶脉>叶基部>叶中部>叶尖部的趋势;叶片位于茎秆形态学的底部比叶片位于顶部和中部含水率高,而茎秆含水率低。王晓宾等^[16]研究表明,逐片采收烟叶烘烤至24 h时总水含量开始急剧下降,而带茎烟叶则在48 h时开始大量减少,且烘烤期间带茎烟叶的失水高峰晚于逐片采收的烟叶,烘烤期间带茎采收处理烟叶的自由水含量表现为“下降—上升—下降”的变化趋势,而常规逐片采收处理烟叶的自由水含量则一直表现为缓慢下降的趋势。定色阶段带茎烘烤的烟叶组织内自由水含量相

对较高,且定色时间相对较长.在烘烤过程中两个处理的束缚水含量变化均呈现缓慢下降趋势,但自由水含量降低幅度高于束缚水含量,且差异逐渐增大.张丽英等^[19]研究表明,烤烟品种红花大金元采用带茎烘烤,可以加快烘烤过程中烟叶变黄速度,减少烟叶变黄耗,同时可以减缓变黄期烟叶失水速度,加快烟叶定色期的失水速度,使烟叶变黄失水趋于协调.

2.4 不同烘烤工艺条件下烟叶水分变化

赵铭钦等^[5]研究表明,38℃条件下变黄、变色所需时间短,烟叶失水速度快、失水量大;35℃条件下变黄及叶片颜色变化所需时间长,烟叶失水速度慢、失水量小.在定色期快速烘烤可显著加快烟叶的失水速度,各处理中以35℃初温、慢速升温定色的处理烟叶失水过程与叶内的生理生化变化过程最为协调;伍优等^[29]研究了常规烘烤工艺下烟叶水分变化规律,发现变黄前期烟叶失水率在整个烘烤过程中达到最快,在变黄中期和变黄后期烟叶失水速率呈不断增加的趋势,但增加并不明显,在定色期和干筋期的失水速率大致保持稳定,甚至有略微降低的趋势;内、外动力排湿处理下烟叶的失水速率整体表现为,在整个变黄期较为缓慢,至定色期时显著增大;内动力排湿处理相对于外动力排湿处理在变黄前期烟叶的失水速率要大,而在变黄后期内动力排湿处理烟叶的失水速率比外动力排湿小;进入定色期之后内动力排湿处理烟叶失水速率则显著快于外动力排湿处理的烟叶,且水分散失的速率增加更快.孙帅帅等^[30]研究了变筋温度对烤烟新品种 NC55 生理指标及烟叶质量的影响,结果表明,进入变筋期 49℃ 处理的烟叶水分散失明显快于 45℃ 和 47℃ 处理.张崇范^[31]提出:“双低烘烤法”,认为低温低湿可以保证烟叶物质的代谢转化及适宜的失水速度.宫长荣^[2]提出了慢升温定色的措施,认为延长凋萎期,提高烟叶凋萎程度,有利于烟叶物质充分代谢转化与失水的协调;并指出下部叶或水分大的烟叶提倡“先拿水后拿色”,上部叶或含水量小的烟叶提倡“先拿色后拿水”的烘烤策略.崔国民^[6]针对顶叶采用升降温度的方法使烟叶发软后再烘烤,从而提高烟叶变黄期失水程度.罗定棋等^[32]采用分段控水的方法,在变黄至凋萎期各温度未降低湿球温度,并调整烟叶失水程度,使烘烤过程间歇排湿,从而实现烟叶含水率有序降低.

3 烘烤过程中烟叶失水协调性研究

赵铭钦等^[5]研究表明,4.81 g/(kgFW·h)为烟叶烘烤过程中变黄期水分散失速度的临界值,当失水速度高出此数值时,叶片的颜色变化较难进行;在定色期烟叶失水速度高于 10.74 g/(kgFW·h)时,烟叶则会出现烤青现象.徐秀红等^[33]、王行等^[34-35]用失水均衡性评价品种的失水特性,认为上部烟叶失水均衡性在 0.4~0.5 较好.唐经祥等^[36]定义: $K_1 = (\text{失水 } 30\% \text{ 时间} / \text{变黄十成时间})$, K_1 小表明变黄期烟叶失水速度快而变黄速度慢, K_1 大表明变黄期烟叶失水速度慢而变黄速度快;定义: $K_2 = (\text{烟叶失水 } 30\% \text{ 时间至烟叶失水 } 50\% \text{ 时间}) / (\text{烟叶全黄时间至叶片褐化三成时间})$, K_2 大表明定色期失水速度慢,定色所需时间长,而此时烟叶褐变较快; K_2 小表明定色期耗时短,且水分散失速度快,此时烟叶褐变较慢,有利于叶片颜色的固定.王正刚等^[8]研究表明,充分发育的成熟烟叶采用低温低湿烘烤的方式进行烘烤,位于烤房中各个层次烟叶的失水量和失水速度均可控制在适宜的范围内.烤房中最下层烟叶的适宜失水量和失水速度因烟叶部位不同,可以采用上部叶 27%, 6.8 g/(kgFW·h);中部叶 30%, 7.5 g/(kgFW·h);下部叶 40%, 11.0 g/(kgFW·h)的标准进行调控.

4 展望

烘烤过程中需要对烟叶的失水速率和失水干燥程度进行合理调控,使其保持在适宜的范围内,以保证烟叶的生理代谢及品质的形成.烟叶并不是匀质物料,烟叶叶片水分主要分布于叶肉、叶脉两个部分,叶肉部分是烟叶质量的核心所在,其失水干燥不仅与自身因素有关,还与叶脉的失水特性有关,由于叶肉、叶脉两部分在空间上相互连接,因此叶肉与叶脉之间也就存在水分转移,烘烤过程中烟叶失水干燥程度表现为:叶肉 > 叶脉,而叶肉失水干燥必然导致叶脉水分的转移发生转变,叶脉中支脉失水干燥又会影响到主脉水分的转移,进而影响烟叶的定色与干筋.综上所述,通过采收、烘烤措施调控烟叶的失水干燥特性,从而提高烟叶品质的研究较多,但关于烘烤过程中叶脉(茎秆)、叶肉之间失水干燥关系及烟叶水分的迁移效率和路径变化有待进一步研究.而关于烟叶(叶脉)水分散失方面的研究对于烘烤工艺的优

化、烟叶品质的提升具有重要意义。

[参考文献]

- [1] 宫长荣,周义和,杨焕文. 烤烟三段式烘烤导论[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [2] 宫长荣. 烟草调制学[M]. 北京:中国农业出版社,2010.
- [3] 韩锦峰,王彦亭,陈海如. 烟草栽培生理[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [4] 宫长荣,王晓剑,马京民,等. 烘烤过程中烟叶的水分动态与生理变化关系的研究[J]. 河南农业大学学报,2000,34(3):229-231.
- [5] 赵铭钦,宫长荣,汪耀富,等. 不同烘烤条件下烟叶失水规律的研究[J]. 河南农业大学学报,1995,29(4):282-287.
- [6] 崔国民. 烤烟密集型自动化烤房及烘烤工艺技术[M]. 北京:科学出版社,2012.
- [7] 迟飞,罗红香,黄刚,等. 网式散叶密集烘烤下部烟叶失水规律与烘烤效应关系研究[J]. 热带作物学报,2015(2):417-425.
- [8] 王正刚,孙敬权,唐经祥,等. 充分发育烟叶失水特性及烘烤失水调控初报[J]. 中国烟草科学,1999(2):1-4.
- [9] 任一鹏,简彬,方力,等. 3个烤烟品种在烘烤过程中色素和水分含量的变化[J]. 安徽农学通报,2010,16(3):79-81.
- [10] 李卫芳,张明农,林培章,等. 烟叶烘烤过程中呼吸速率和脱水速率的变化[J]. 南京师大学报(自然科学版),2000,23(4):112-115.
- [11] 李合生. 现代植物生理学[M]. 北京:高等教育出版社,2002.
- [12] 谭青涛,刘光亮,薛焕荣,等. 上部烟叶带茎割收一起烘烤的研究[J]. 中国烟草科学,1997(2):47-48.
- [13] 徐建平,强继业,滕永忠,等. 烤烟上部叶不同烘烤工艺应用:32P测定水分运输规律的研究[J]. 安徽农业科学,2008,36(25):11066-11068.
- [14] 徐建平,夏开宝,刘加红,等. 烤烟上部叶带茎烘烤研究[J]. 安徽农业科学,2007,35(1):123-125.
- [15] 滕永忠,胡从光,徐建平,等. 带茎烘烤的烤烟上部叶的水分散失[J]. 烟草科技,2007(2):53-57.
- [16] 王晓宾,孙福山,徐秀红,等. 上部烟叶带茎烘烤中主要化学成分变化[J]. 中国烟草科学,2008(6):12-16.
- [17] 李卫芳,张明农,刘萍南. 烟叶烘烤过程中叶片组织结构变化的研究[J]. 安徽农业科学,1999(1):73-75.
- [18] 王亚辉,张树堂,杨雪彪. 不同成熟烟叶在烘烤过程中的叶片组织结构变化研究[J]. 中国农学通报,2007,23(9):171-175.
- [19] 王能如,李章海,徐增汉,等. 烘烤过程中上部叶片厚度及解剖结构的变化[J]. 烟草科技,2005(9):30-32.
- [20] 张丽英,许自成,鲜兴明,等. 红花大金元带茎采烤上部叶色素和水分的动态变化[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2012,40(1):43-48.
- [21] 张树堂,崔国民,杨金辉. 不同烤烟品种的烘烤特性研究[J]. 中国烟草科学,1997(4):39-43.
- [22] 曾建敏,王亚辉,肖炳光,等. 不同烤烟品种经济烘烤效率和叶片失水特性差异研究[J]. 江西农业学报,2011(1):1-5.
- [23] 訾莹莹,韩志忠,孙福山,等. 烤烟烘烤过程中品种间的生理生化反应差异研究[J]. 中国烟草科学,2011(1):61-65.
- [24] 聂荣邦,韦建玉. 烤烟栽培与调制研究[M]. 北京:中国农业出版社,2016.
- [25] 黄维. 不同品种及部位烟叶烘烤过程中水分变化规律研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2009.
- [26] 聂荣邦,唐建文. 烟叶烘烤特性研究:I. 烟叶自由水和束缚水含量与品种及烟叶着生部位和成熟度的关系[J]. 湖南农业大学学报(自科版),2002,28(4):290-292.
- [27] 张丽英. 采收成熟度对红花大金元烟叶烘烤品质的影响[D]. 郑州:河南农业大学,2012.
- [28] 宋洋洋,张小全,杨铁钊,等. 烟叶采收成熟度对烘烤过程中酶促棕色化反应相关指标的影响[J]. 西北植物学报,2014,34(12):2459-2466.
- [29] 伍优,罗以贵,崔国民,等. 重庆烟区 K326 上部烟叶烘烤工艺研究[J]. 中国农学通报,2013,29(9):213-220.
- [30] 孙帅帅,孙福山,王爱华,等. 变筋温度对烤烟新品种 NC55 生理指标及烟叶质量的影响[J]. 中国烟草科学,2012(3):72-76.
- [31] 张崇范. 烤烟烘烤技术改革初探[J]. 中国烟草,1987(2):36-39.
- [32] 罗定棋,魏硕,胡战军,等. 不同控水方法对多雨条件下烤烟下部叶烘烤效果的影响[J]. 河南农业科学,2015(10):156-159.
- [33] 徐秀红,许家来,杨永花,等. 烤烟烘烤性状与烟叶化学成分的相关性[J]. 中国烟草学报,2014(6):103-106.
- [34] 国家烟草专卖局. 烤烟品种烘烤特性评价:YC/T 311—2009[S]. 北京:中国标准出版社,2009.
- [35] 王行,周亮,柯油松,等. 不同烤烟品种上部烟叶烘烤特性研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学),2014,29(4):619-622.
- [36] 唐经祥,孙敬权,任四海,等. 烤烟不同品种烘烤特性的研究初报[J]. 安徽农业科学,2001,29(2):250-252.