

2 种类型烤房烘烤过程中气体成分变化的差异

樊军辉¹, 陈江华², 宋朝鹏¹, 贺帆¹, 宫长荣¹

(1 河南农业大学烟草学院, 河南 郑州 450002; 2 中国烟叶公司, 北京 100055)

【摘要】【目的】研究烘烤过程中密集烤房和普通烤房内气体成分变化的差异, 探讨其原因及对烟叶质量的影响。【方法】以烟株中部烟叶为试验材料, 参照三段式烘烤工艺烘烤, 利用气体分析仪测定烘烤过程中关键温度点密集烤房和普通烤房 2 种烤房内气体成分的变化。【结果】烘烤过程中, 2 种烤房内 O₂ 体积分数和 O₂/CO₂ 均呈现出先降低后升高的趋势, 且在各温度点均未达到显著性差异。CO₂ 体积分数和 O₃ 含量均呈现出先升高后降低的趋势, 密集烤房中 CO₂ 气体分数变化较为剧烈, 且在 42 ℃ 止显著高于普通烤房; 在 38 ℃ 起、止密集烤房内 O₃ 含量分别极显著或显著低于普通烤房, 在 42 ℃ 起~54 ℃ 止极显著高于普通烤房。【结论】烘烤过程中 2 种烤房内气体成分相同, 变化趋势相似, 其中 CO₂ 体积分数和 O₃ 含量差异明显, 可以用作密集烤房气调指标, 以改善烟叶质量。

【关键词】 烤烟; 密集烤房; 普通烤房; 气体成分

【中图分类号】 TS41⁺1

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2011)02-0120-05

Difference analysis of gas composition changes in two types of curing barns during curing

FAN Jun-hui¹, CHEN Jiang-hua², SONG Zhao-peng¹,
HE Fan¹, GONG Chang-rong¹

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

2 China Leaf Tobacco Corporation, Beijing 100055, China)

Abstract: 【Objective】Difference of gas composition changes in bulk curing barn and conventional flue-curing barn was studied, and reasons and effects of which on tobacco leaf quality were discussed. 【Method】Gas compositions in two types of curing barns were detected at key temperature points of curing process by gas analyzer taking lumbar leaves as experimental material, referring to three-stage curing technology. 【Result】O₂ volume fraction and O₂/CO₂ in two types of barns first reduced and then increased, also had no significant difference at any temperature point. CO₂ volume fraction and O₃ contents first increased and then reduced. CO₂ volume fraction changed more greatly during bulk curing and was higher than that in conventional flue-curing barn significantly at the end of 42 ℃. O₃ content in bulk curing barn was extremely significantly or significantly lower at the beginning and the end of 38 ℃ respectively, and extremely significantly higher from the beginning of 42 ℃ to the end of 54 ℃ than that in conventional flue-curing barn. 【Conclusion】There were the same types of gas compositions with similar changing trend during curing, of which CO₂ and O₃ contents had sharp difference in two types of barns and could be used for atmosphere-controlled bulk curing to improve the quality of tobacco leaf.

Key words: flue-cured tobacco; bulk curing barn; conventional flue-curing barn; gas composition

* [收稿日期] 2010-07-12

[基金项目] 国家烟草专卖局资助项目(110200302007)

[作者简介] 樊军辉(1985—), 男, 河北大名, 在读硕士, 主要从事烟草调制研究。E-mail: fanjunhui1985@163.com

[通信作者] 宫长荣(1948—), 男, 河南濮阳人, 教授, 博士生导师, 主要从事烟草调制研究。E-mail: gongchr009@126.com

烤房是烟叶烘烤的专用设备。随着生产力的发展,烤房设备不断更新换代,生产上出现了各式各样的烤房,但总体而言只有普通烤房和密集烤房 2 种形式。自从密集烤房研制成功以来,2 种烤房的对比一直是研究的热点,尤其是在我国密集烤房快速发展的大背景下,密集烘烤烟叶颜色淡、结构紧密以及香味变差的现象较为普遍,2 种烤房的对比研究再次成为大家关注的焦点^[1-3]。密集烤房的烘烤原理与普通烤房基本相近,但是由于密集烤房装烟密度大,虽有风机进行强制通风循环,但其烘烤环境仍与普通烤房存在一定差异^[4]。以往的研究主要集中在烘烤过程中 2 种烤房的温湿度、叶间隙风速以及烤后烟叶质量的差异等方面,而对于烘烤过程中 2 种烤房内气体成分差异的研究鲜有报道^[5-7]。为了揭示密集烤房和普通烤房 2 种烤房烘烤环境的差异,本研究以烤烟“NC89”的中部烟叶为试验材料,分析了烘烤过程中 2 种烤房内气体成分的动态变化差异,探讨气体成分对烘烤中烟叶质量形成的影响,现将研究结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2009 年在河南汝阳进行,供试烤烟品种为“NC89”。试验田地势平坦,土壤质地为红粘土,肥力中等,纯氮用量 45.0 kg/hm²,N、P₂O₅、K₂O 的质量比为 1 : 2 : 3。05-05 移栽,种植株行距 50 cm×120 cm,田间管理按照优质烤烟栽培生产技术规范进行。供试烤房为气流下降卧式密集烤房和自然通风气流上升式普通烤房 2 种,各 3 座,2 种烤房的规格分别为:密集烤房 2.7 m×8 m,装烟 3 层 2 路;普通烤房 2.7 m×2.7 m,装烟 5 层 2 路。以中部叶(第 11~12 叶位)为试验材料,依据成熟标准采收,均采用干燥竹制烟竿编烟。

1.2 试验处理

试验共设 2 个处理:T1,密集烤房烘烤,装烟 3 500 kg,装烟密度为 52.27 kg/m³;T2,普通烤房烘烤,装烟 900 kg,装烟密度为 23.74 kg/m³。每处理重复 3 次,2 种烤房的烟叶每次重复在同一天内完成采收、装炕及开烤。2 种烤房均参照三段式烘烤工艺烘烤^[8],但稍有差异。变黄前期:T1 开烤后以 1 °C/h(T2 为 1 °C/2 h)的升温速度升温至 38 °C,湿球温度为 36 °C,稳温 18 h(T2 为 24 h),烟叶达到 8 成黄;变黄后期:以 1 °C/2 h 的升温速度升温至 42 °C,湿球温度为 37 °C,稳温 12 h(T2 为 16 h),

烟叶达到黄片青筋 9 成黄;定色前期:以 1 °C/2 h 的升温速度升温至 47 °C,湿球温度为 38 °C,稳温 16 h(T2 为 20 h),烟叶达到黄片黄筋,叶片半干;定色后期:以 1 °C/2 h 的升温速度升温至 54 °C,湿球温度为 39 °C,稳温 12 h,叶片全干;干筋期:以 1 °C/h 的升温速度升温至 68 °C,湿球温度为 42 °C,直至烟叶干筋。

1.3 测定项目及方法

用气体分析仪(法国 OLDHAM 公司生产,型号为 MX2100,配有 O₂、CO₂、O₃、NH₃、H₂S、SO₂ 和 CO 共 7 种探头)测量烤房内气体成分含量,测量的温度点分别为开烤、38 °C 起、38 °C 止、42 °C 起、42 °C 止、47 °C 起、47 °C 止、54 °C 起、54 °C 止与停火,烘烤中只测到了 O₂、CO₂ 和 O₃ 3 种气体成分。

1.4 数据处理

试验数据用 EXCEL 进行处理,并采用 SPSS 16.0 进行分析。

2 结果与分析

2.1 烘烤过程中不同烤房内 O₂ 体积分数的变化

烘烤过程中不同烤房内 O₂ 体积分数的变化见图 1。

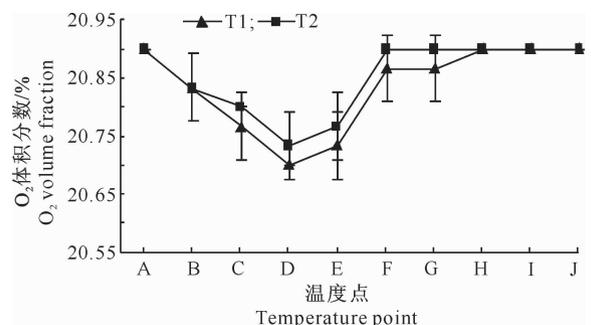


图 1 烘烤过程中不同烤房内 O₂ 体积分数的变化

A~J. 分别表示开烤、38 °C 起、38 °C 止、42 °C 起、42 °C 止、47 °C 起、47 °C 止、54 °C 起、54 °C 止与停火。下图同

Fig. 1 Changes of O₂ volume fraction in different barns during curing

A—J. Indicate the beginning of curing, the beginning of 38 °C, the end of 38 °C, the beginning of 42 °C, the end of 42 °C, the beginning of 47 °C, the end of 47 °C, the beginning of 54 °C, the end of 54 °C and the end of curing respectively.

The following figures are the same

由图 1 可以看出,烘烤开始时 2 个处理烤房内的 O₂ 体积分数均为 20.90%,与当地室外新鲜空气中 O₂ 体积分数相同,烘烤过程中 2 个处理烤房内 O₂ 体积分数均呈现先降低后升高的趋势,但整个烘烤过程中 2 个处理烤房内 O₂ 体积分数的变化不大,

一般在 20.70%~20.90%。从烘烤开始至 42℃起,2 个处理烤房内 O₂ 体积分数呈下降趋势,之后呈升高趋势,最后趋于稳定,其中 T2 处理烤房内 O₂ 体积分数在 47℃起达到常量 20.90%,之后维持稳定不再变化,T1 处理烤房内 O₂ 体积分数在 47℃稳温阶段仍然较低,至 54℃起才达到常量 20.90%。从 38℃起至 54℃起,T2 处理烤房内 O₂ 体积分数均大于 T1 处理烤房,但在各个温度点 2 个处理烤房内 O₂ 体积分数无显著性差异。与 T1 处理烤房相比,整个烘烤过程中 T2 处理烤房内 O₂ 体积分数变化相对平稳。

2.2 烘烤过程中不同烤房内 CO₂ 体积分数的变化

由图 2 可知,烘烤开始时,2 个处理烤房内的 CO₂ 体积分数均为 0.10%,比当地室外新鲜空气中 CO₂ 体积分数略高,随着烘烤的进行,2 个处理烤房内 CO₂ 体积分数均呈现出先升高后降低的趋势,但是整个烘烤过程中 T2 处理烤房内 CO₂ 体积分数的变化较平缓。烘烤开始后,T2 处理烤房内 CO₂ 体积分数开始升高,但升高速度一直减缓,至 42℃起达到最大值,在 42℃稳温阶段保持稳定;之后开始缓慢下降,在 54℃起达到 0.10%后不再变化。T1 处理烤房内 CO₂ 体积分数在开烤至 38℃起升高速度较慢,在从 38℃起至 38℃止有一个快速升高的过程,之后速度又减缓,在 42℃止达到最大值;随后急剧下降,在 47℃止达到最小值 0.10%。在 38℃起和 47℃止 2 个温度点,T2 处理烤房内 CO₂ 体积分数略高于 T1 处理烤房,但无显著性差异;在 38℃止至 47℃起时,T1 处理烤房内的 CO₂ 体积分数高于 T2

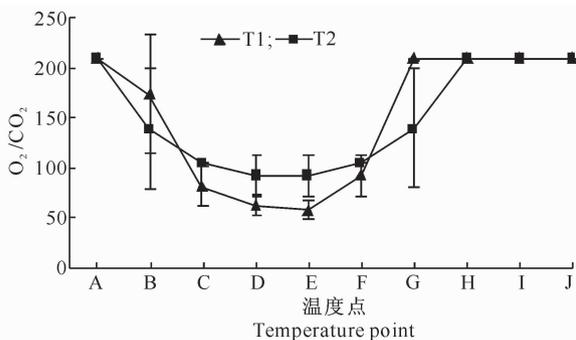


图 3 烘烤过程中不同烤房内 O₂/CO₂ 的变化

Fig. 3 Changes of O₂/CO₂ in different barns during curing

2.4 烘烤过程中不同烤房内 O₃ 含量的变化

图 4 表明,烘烤开始时 2 个处理烤房内 O₃ 含量为 0 mL/L,整个烘烤过程中 2 个处理烤房内 O₃ 含

量均呈现出先升高后降低的趋势。从开烤至 38℃起,T2 处理烤房内的 O₃ 含量急剧升高到一个相对较高的水平,在 38℃稳温过程中又有一个小幅度的

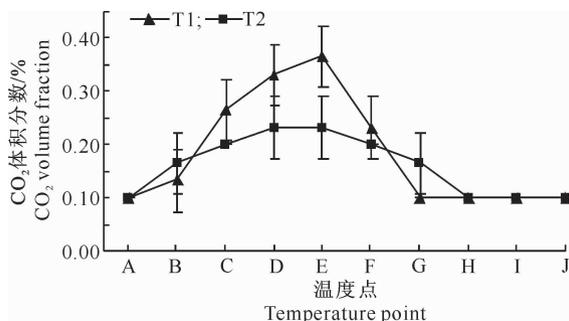


图 2 烘烤过程中不同烤房内 CO₂ 体积分数的变化

Fig. 2 Changes of CO₂ volume fraction in different barns during curing

2.3 烘烤过程中不同烤房内 O₂ 与 CO₂ 体积分数比值(O₂/CO₂)的变化

由图 3 可以看出,烘烤过程中,2 个处理烤房内 O₂/CO₂ 均呈现出先降低后升高的趋势。烘烤开始后,T2 处理烤房内 O₂/CO₂ 迅速降低,之后降低速度逐渐减缓,并于 42℃起达到最小值;之后逐渐增大,变化速度也逐渐加剧,在 54℃起达到开烤时的水平。随着烘烤的进行,T1 处理烤房内 O₂/CO₂ 逐渐降低,在 38℃稳温阶段降低速度加剧,之后降低速度减缓,并在 42℃止达到最小值;之后逐渐增大,并于 47℃止达到开烤时的水平。T1 烤房内 O₂/CO₂ 在 38℃起和 47℃止 2 个温度点稍大于 T2 处理烤房,但差异不显著。当温度在 38℃止至 47℃起时,T2 处理烤房内 O₂/CO₂ 大于 T1 处理烤房,且差异不显著。

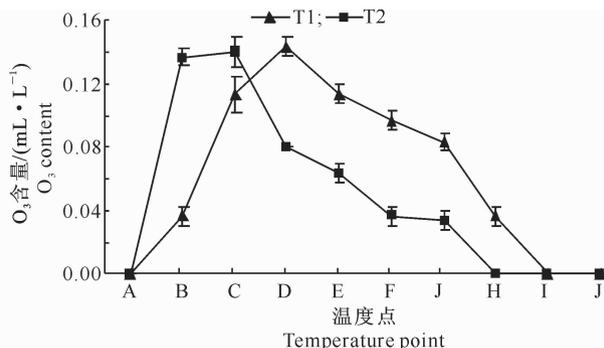


图 4 烘烤过程中不同烤房内 O₃ 含量的变化

Fig. 4 Changes of O₃ content in different barns during curing

升高,并在 38 ℃ 止达到最大值;之后急剧下降,至 54 ℃ 起降低至 0 mL/L。从开烤至 38 ℃ 起,T1 处理烤房内 O₃ 含量缓慢上升,在 38 ℃ 稳温阶段升高速率加剧,之后又减缓,在 42 ℃ 起达到最大值;之后缓慢降低,47 ℃ 止以后急剧降低,并于 54 ℃ 止达到 0 mL/L。T2 处理烤房内 O₃ 含量在变黄前期保持较高的水平,T1 处理烤房在变黄后期保持较高水平,而且在整个定色期均相对较高。方差分析结果表明,从 38 ℃ 起至 54 ℃ 起各温度点,2 个处理烤房内 O₃ 含量均存在显著差异,且除 38 ℃ 止外均达到了极显著水平。

3 结论与讨论

O₂ 是生物有氧呼吸的重要介质,生活细胞只有在 O₂ 的参与下才能将有机物彻底氧化分解,最终形成 CO₂ 和 H₂O,呼吸作用过程中释放的能量一部分以热量的形式散失掉,另一部分则以 ATP、NAD(P)H 等形式储存以备生命活动的需要^[9]。烘烤前期,处于生命状态的烟叶不断进行饥饿代谢吸收烤房内的 O₂,同时释放 CO₂,其产生的能量主要用来保证细胞膜系统的完整性,防止棕色化反应的发生,使细胞内部生理生化变化得以合理有序进行^[10]。根据呼吸作用的用途可将其分为 2 类,一类是维持呼吸,其作用仅仅是保持细胞的活性;另一类是生长呼吸^[11]。从烟叶烘烤的特点来看,烘烤过程中烟叶的呼吸类型属于前者。

由于在变黄期烤房密闭性较好,随着烟叶呼吸作用的进行,烤房内 O₂ 不断被消耗,同时不断积累 CO₂。李卫芳等^[12]的研究结果显示,烘烤开始后 12 h 内,烟叶呼吸速率明显下降,之后迅速升高到最高值后又不断下降。本试验结果表明,开烤至 38 ℃ 起时普通烤房内 CO₂ 体积分数大于密集烤房,这可能是由于在变黄前期普通烤房升温慢、烘烤时间长所致。本试验中,密集烤房装烟密度大,其装烟密度是普通烤房的 2.20 倍,且密集烤房密闭性能较好,在变黄结束(42 ℃ 止)时密集烤房内 CO₂ 体积分数达到最大值,且显著高于普通烤房,是普通烤房的 1.57 倍。与普通烤房相比,密集烤房排湿顺畅,进入定色期,随着排湿的不断加强,密集烤房内 CO₂ 体积分数迅速下降,普通烤房则下降比较平稳。

影响呼吸作用的因素主要有温度、气体成分和空气流动速率等,降低环境中 O₂ 体积分数或升高 CO₂ 体积分数,对抑制呼吸速率有明显的作用^[13]。刘洪祥等^[14]认为,在烘烤过程中增加 CO₂ 体积分

数,可对鲜烟叶呼吸起到抑制作用,从而提高烟叶质量。韩锦锋等^[15]研究表明,在烘烤过程中补充一定量的 CO₂,当其体积分数为 0.9%~1.35% 时,能加速烟叶失水变黄,提高淀粉酶活性,促进叶绿素降解,抑制棕色化反应,有利于提高烟叶烘烤质量;但 CO₂ 体积分数过高会导致烟叶 CO₂ 中毒,对烤后烟叶造成不利的影响。本试验结果表明,2 种烤房内的 CO₂ 体积分数只有在 42 ℃ 止时存在显著性差异,而且 CO₂ 体积分数均未达到 0.9%~1.35%,对烟叶质量是否产生显著影响还有待于进一步研究。

本研究中,烤房内 O₂ 与 CO₂ 体积分数比值一直在发生变化,其变化趋势与 CO₂ 体积分数相反,在烘烤过程中 O₂ 体积分数变化不大,一直保持在一个相对较高的水平。由此可以推断,在 O₂ 体积分数较高条件下,CO₂ 对烟叶烘烤的影响更大。

本研究在烘烤开始时,烤房内及烤房外的空气中均测不到 O₃,但烘烤开始后烤房内 O₃ 含量不断发生变化,可见烘烤过程中产生了 O₃。一般认为,近地面 O₃ 是由氮氧化物(NO_x)与挥发性有机物质(VOCs)在太阳光作用下发生光化学反应造成的^[16]。烘烤过程中烟叶中虽有 NO_x、VOCs 以及超氧自由基等物质,但无光照的参与,因此对于烘烤过程中 O₃ 的产生途径还有待于进一步研究证实。程传策等^[17]的研究结果表明,鲜烟叶烘烤前经 O₃ 熏蒸 1 d,可以明显降低烤后烟叶中绿原酸、尼古丁、茄呢醇、新植二烯、C18 酸等物质的含量,有效减少卷烟烟气中令人不愉快的化学组分前体物。本试验结果表明,变黄前期普通烤房内 O₃ 含量迅速升高到一个较高水平,并分别在 38 ℃ 起和 38 ℃ 止极显著和显著大于密集烤房,而在变黄后期及定色期均极显著小于密集烤房,2 种烤房内 O₃ 含量的不同可能是造成二者烟叶质量差异的重要原因。

本研究中,烘烤过程中 2 种烤房内气体成分相同,变化趋势相似,但是在个别温度点尤其是变黄前期有较大差异,特别是 CO₂ 体积分数和 O₃ 含量的差异较明显,这可能是造成 2 种烤房烤后烟叶质量差异的重要原因。密集烤房变黄阶段密封性好,烘烤环境容易控制,以后应进一步研究密集烤房中 CO₂ 体积分数和 O₃ 含量变化对烟叶质量的影响机理,为提高密集烘烤烟叶质量提供一个全新的途径。

[参考文献]

- [1] 宋朝鹏,陈江华,许自成,等.我国烤房的建设现状与发展方向[J].中国烟草学报,2009,15(3):83-86.

- Song Z P, Chen J H, Xu Z C, et al. Current situation and development trend of flue-cured tobacco curing barn in China [J]. *Acta Tabacaria Sinica*, 2009, 15(3): 83-86. (in Chinese)
- [2] 王卫峰, 陈江华, 宋朝鹏, 等. 密集烤房的研究进展 [J]. *中国烟草科学*, 2005, 26(3): 12-14.
Wang W F, Chen J H, Song Z P, et al. The research progress on bulk curing barn [J]. *Chinese Tobacco Science*, 2005, 26(3): 12-14. (in Chinese)
- [3] 徐秀红, 孙福山, 王永, 等. 我国密集烤房研究应用现状及发展方向探讨 [J]. *中国烟草科学*, 2008, 29(4): 54-56, 61.
Xu X H, Sun F S, Wang Y, et al. Current situation and further direction on research and application of bulk curing barn in China [J]. *Chinese Tobacco Science*, 2008, 29(4): 54-56, 61. (in Chinese)
- [4] Davis D L, Nielsen M T. 烟草·生产、化学和技术 [M]. 国家烟草专卖局科技教育司, 中国烟草科技信息中心, 译. 北京: 化学工业出版社, 2003.
Davis D L, Nielsen M T. Tobacco·production, chemistry and technology [M]. Translated by Sci-tech and Education Department of State Tobacco Monopoly Bureau, Center of China Tobacco Sci-tech Information. Beijing: Chemical Industry Press, 2003. (in Chinese)
- [5] 聂荣邦. 烤烟新式烤房研究 II. 燃煤型密集烤房的研制 [J]. *湖南农业大学学报*, 2000, 26(4): 258-260.
Nie R B. Studies of a new-type curing barn II. Trial-manufacture of the bulk curing barn fuelled by coal [J]. *Journal of Hunan Agricultural University*, 2000, 26(4): 258-260. (in Chinese)
- [6] 潘建斌, 王卫峰, 宋朝鹏, 等. 热泵型烟叶自控密集烤房的应用研究 [J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2006, 34(1): 25-29.
Pan J B, Wang W F, Song Z P, et al. Applied research on heat pump type of autocontrol bulk curing barn for tobacco leaf [J]. *Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed*, 2006, 34(1): 25-29. (in Chinese)
- [7] 普匡, 飞鸿, 潘国旺. YM-A 型卧式密集烤房与普通烤房烘烤对比试验 [J]. *安徽农业科学*, 2008, 36(5): 1899-1901.
Pu K, Fei H, Pan G W. Experiment of comparison on curing effect between the YM-A type horizontal bulk curing barn and commoncuring barn [J]. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 2008, 36(5): 1899-1901. (in Chinese)
- [8] 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.
Gong C R, Zhou Y H, Yang H W. Introduction for three stages curing of flue-cured tobacco [M]. Beijing: Science Press, 2006. (in Chinese)
- [9] 萧浪涛, 王三根. 植物生理学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
Xiao L T, Wang S G. Plant physiology [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2003. (in Chinese)
- [10] 宫长荣. 烟草调制学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
Gong C R. Tobacco curing [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2003. (in Chinese)
- [11] 张丽娜. 呼吸作用的类型及其在农业生产与生活中的应用 [J]. *现代农业科技*, 2009(3): 253, 255.
Zhang L N. Types of respiration and its application in agricultural production and life [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2009(3): 253, 255. (in Chinese)
- [12] 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变化的研究 [J]. *烟草科技*, 2000(11): 34-36.
Li W F, Zhang M N, Lin P Z, et al. Study on respiration rate and dehydration rate during the curing of flue-cured tobacco [J]. *Tobacco Science*, 2000(11): 34-36. (in Chinese)
- [13] Fonseca S C, Oliveira F A R, Frias J M, et al. Modeling respiration rate of shredded Galega kale for development of modified atmosphere packaging [J]. *Journal of Food Engineering*, 2002, 54(4): 299-307.
- [14] 刘洪祥, 曹玉坤, 陈刚, 等. 烟熏型烟叶烘烤剂研制及其可用性评价研究 I. 烟熏型烟叶烘烤剂研制及其农业可用性评价 [J]. *中国烟草科学*, 2003, 24(4): 1-6.
Liu H X, Cao Y K, Chen G, et al. Development of the curing preparation for fire-cured tobacco and its usability appraisalment I. Development of the curing preparation for fire-cured tobacco and its usability appraisalment in agriculture [J]. *Chinese Tobacco Science*, 2003, 24(4): 1-6. (in Chinese)
- [15] 韩锦峰, 宫长荣. 改善烘烤环境的气体成分对烘烤的效应 [J]. *河南农业大学学报*, 1986, 20(4): 389-396.
Han J F, Gong C R. Effects of changing gas compositions of environment on flue-curing [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Henanensis*, 1986, 20(4): 389-396. (in Chinese)
- [16] 余应新, 文晟, 吕辉雄, 等. 广州森林大气中 VOCs 昼夜变化特征及对 O₃ 的影响 [J]. *环境科学与技术*, 2009(3): 94-98.
Yu Y X, Wen C, Lü H X, et al. Diurnal variations of VOCs and relative contribution to ozone in forest of Guangzhou [J]. *Environmental Science & Technology*, 2009(3): 94-98. (in Chinese)
- [17] 程传策, 李广才, 程占省. 臭氧处理对烤烟主要化学成分的影响 [J]. *河南农业大学学报*, 1999, 33(增刊): 30-32.
Cheng C C, Li G C, Cheng Z S. Effects of ozone treatment on the chemical composition of flue-cured tobacco [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Henanensis*, 1999, 33(Suppl.): 30-32. (in Chinese)