

纳米涂料在烤烟密集烘烤中的应用

宋朝鹏^{1,2}, 彭万师¹, 杨超³, 马啸³, 张卫建², 宫长荣¹

(1. 河南农业大学 烟草行业烟草栽培重点实验室, 河南 郑州 450002; 2. 南京农业大学 农学院,
江苏 南京 210095; 3. 重庆市烟草公司, 重庆 400002)

[摘要] **【目的】**探讨纳米涂料在烤烟密集烘烤过程中的节能提质效果。**【方法】**将纳米涂料喷涂于密集烤房装烟室内壁, 研究其对烘烤时间、耗煤量、耗电量、热能利用率、烟叶等级结构和经济效益等的影响。**【结果】**纳米涂料处理可缩短烘烤时间 16 h, 烘烤每 kg 干烟叶节煤 21.96%, 节电 12.5%, 烤房热效率提高 10.75%; 上中等烟比例增加 10.12%, 烟农增收 1 976.25 元/hm²。**【结论】**纳米涂料对密集烤房有明显的节能提质作用。

[关键词] 烤烟; 密集烤房; 纳米涂料; 热能利用率

[中图分类号] TS44⁺1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2009)08-0097-04

Application of nanometer paint during bulk curing of the flue-cured tobacco

SONG Zhao-peng^{1,2}, PENG Wan-shi¹, YANG Chao³, MA Xiao³,
ZHANG Wei-jian², GONG Chang-rong¹

(1. Key Laboratory for Tobacco Cultivation of Tobacco Industry, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China;
2. College of Agronomy, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095; 3. Tobacco Company of Chongqing, Chongqing 400002)

Abstract: **【Objective】** The study was to discuss the effects of nanometer paint on saving energy and improving quality during bulk curing of the flue-cured tobacco. **【Method】** After spraying the nanometer paint on the surface of tobacco loading room, its curing time, coal and power consumption, thermal efficiency, tobacco grading structure and economic benefit were studied by contrast of normal bulk barn when the curing began. **【Result】** Nanometer paint could reduce curing time by nearly 16 h, save coal by 21.96% and electricity by 12.5% when cured 1 kg tobacco leaf, improve thermal efficiency 10.75 percentage point; and the proportion of intermediately first class tobacco increased by 10.12%, and the growers income could increase 1 976.25 yuan every hectare. **【Conclusion】** Nanometer paint had better effects on the thermal efficiency and economic benefit, but its mechanism and supporting technology need to be further studied.

Key words: flue-cured tobacco; bulk barn; nanometer paint; thermal efficiency

近几年来,我国烤烟烘烤设备和技术取得了较大突破^[1-3],特别是密集烤房的出现,使烘烤能耗从原来的 2.5 kg/kg(标煤/干烟)降低到现在的 1.5~2.0 kg/kg(标煤/干烟)。但随着能源价格的持续上涨,如何有效利用现有烤房的设备条件,通过技术创

新提高烘烤热能利用率,并确保烟叶烘烤质量,增加经济效益,是当前研究的主要任务^[4-6]。

纳米科技是 20 世纪 80 年代末 90 年代初逐步发展起来的前沿、交叉性新兴科学^[7-8]。近年来,纳米材料开始在卷烟工业中得到初步应用,并已取得

* [收稿日期] 2008-10-27

[基金项目] 国家烟草专卖局科技攻关项目(3300806156);重庆市烟草专卖局资助项目(2006YY01017)

[作者简介] 宋朝鹏(1978—),男,河南邓州人,讲师,在读博士,主要从事烟叶烘烤研究。E-mail: ycszp@163.com

[通信作者] 宫长荣(1948—),男,河南荥阳人,教授,主要从事烟草调制生理研究。E-mail: gongchr009@126.com

了一些阶段性成果^[9-10],特别是在提高卷烟的安全性,解决卷烟产品“降害与保香”方面成效显著。但是纳米技术在烟草农业领域的应用还不多见,2007年湖南省烟草公司联合长沙瑞和新材料科技有限公司成功开发出烟叶烤房用纳米涂料。据报道,该产品具有改善烤房的烘烤性能,降耗减排,降低烘烤成本,明显提高烟叶质量的功效。本试验对纳米涂料在密集烤房中的应用进行了研究,旨在分析纳米涂料在烟叶烘烤中应用的可行性,并为其示范推广提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验于 2008-06~09 在重庆市丰都县都督乡现代化烟叶生产示范园区进行。供试烤烟品种为云烟 87。以中部叶(10~12 叶位)为试验材料,采用“重庆优质烟叶烘烤技术规程”烘烤。纳米功能涂料由长沙瑞和新材料科技有限公司提供。

1.2 试验处理

选择 6 座规格相同、同时建造的气流下降式密集烤房(2.7 m×8 m×3 棚),其中 3 座按照要求在装烟室内壁均匀涂抹纳米涂料 2 遍,另 3 座不进行处理,作为对照。

1.3 测定项目及方法

选取同等肥力地块、质量相同的鲜烟叶,采用半叶法进行划片后分别编竿,选取 30 竿分别挂在纳米涂料处理和对照烤房的相应位置。烘烤过程中每隔 2 h 记载 1 次干湿球温度变化,并在点火到 42 ℃,43~54 ℃和 55~68 ℃ 3 个烘烤阶段分别记录烘烤时间、耗煤量、耗电量。

1.3.1 热效率 参照宫长荣^[1]的方法计算热效率。

1.3.2 等级结构 按照 GB 2635-92 烤烟分级标准进行外观质量评价。

1.4 数据处理

用 SPSS16.0 对试验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同烘烤处理对烘烤时间的影响

由图 1 可知,在烘烤的 3 个阶段(开始~42 ℃,43~54 ℃和 55~68 ℃),纳米涂料处理所用时间均低于对照,共缩短烘烤时间 16 h,与对照相比在烟叶烘烤中后期(43~54 ℃和 55~68 ℃)的效果达到显著水平。

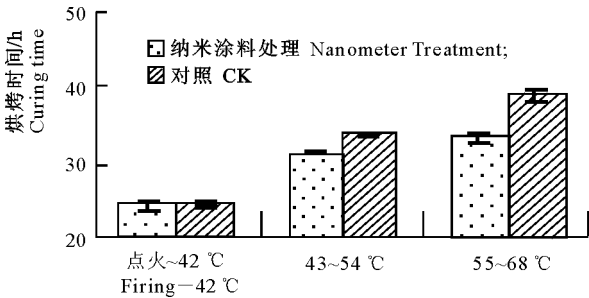


图 1 不同烘烤处理对烘烤时间的影响

Fig.1 Effects of different treatments on curing time

2.2 不同烘烤处理对烘烤能耗的影响

由图 2、图 3 可知,在烘烤各阶段,纳米涂料处理的耗电量和耗煤量均低于对照。与对照相比,纳米涂料处理在烘烤前期(开始~42 ℃)耗电量减少 6.35%,差异达显著水平,耗煤量减少 12.46%,达极显著水平;在烘烤中后期(43~54 ℃和 55~68 ℃)纳米涂料处理的耗电量分别减少 16.74%和 15.43%,耗煤量分别减少 24.28%和 27.10%,均达极显著水平。纳米涂料处理的总耗电量和耗煤量分别为 0.28 (kW·h)/kg 和 1.35 kg/kg,对照处理的总耗电量和耗煤量分别为 0.32 (kW·h)/kg 和 1.73 kg/kg,与对照相比,纳米涂料处理的总耗电量和耗煤量分别减少 12.5%和 21.96%。

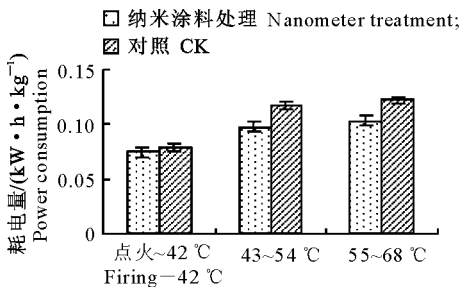


图 2 不同烘烤处理对耗电量的影响

Fig.2 Effects of different treatments on power consumption

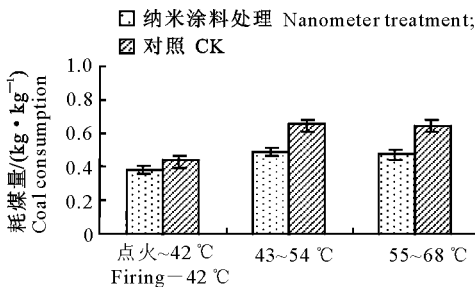


图 3 不同烘烤处理对耗煤量的影响

Fig.3 Effects of different treatments on coal consumption

2.3 不同烘烤处理对烘烤热效率的影响

试验通过对不同烘烤处理情况下标记烟叶的质量,估算出烤房烟叶总干烟量,并根据烤房的实际用煤量计算出烘烤 1 kg 干烟的实际耗煤量。通过计算,纳米涂料处理后的耗煤量为 1.35 kg/kg,对照

处理的耗煤量为 1.73 kg/kg。根据烘烤热效率计算公式^[1]($\eta=Q_{\text{yr}}/Q_{\text{rg}}\times100\%$;式中: Q_{yr} 为有效能量,kJ; Q_{rg} 为供给能量,kJ)计算出各处理烤房的热效率(表 1)。

表 1 不同烘烤处理对烤房热效率的影响

Table 1 Effects of different treatments on thermal efficiency

处理 Treatment	鲜烟含水率/% Water content of fresh tobacco	理论耗煤量/ (kg·kg ⁻¹) Theoretical coal consumption	实际耗煤量/(kg·kg ⁻¹) Actual coal consumption	烤房热效率/% Thermal efficiency
纳米涂料 Nanometer treatment	86	0.65	1.35	48.20
对照 CK			1.73	37.45

注:本试验默认鲜烟含水率为 86%。
Note:The water content of fresh tobacco was supposed to be 86%.

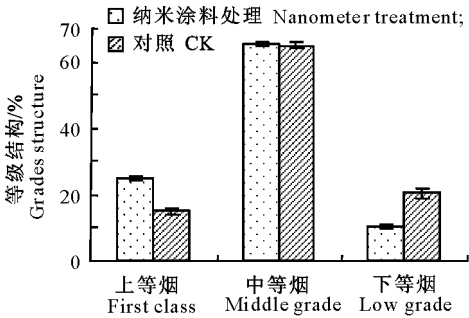


图 4 不同烘烤处理对烤烟等级结构的影响

Fig. 4 Effects of different treatments on grades structure

表 2 不同烘烤处理的经济效益比较

Table 2 Analysis of economic benefit of different treatments

处理 Treatment	建造成本/ (元·室 ⁻¹) Cost of construction		均价/ (元·kg ⁻¹) Average price	产值/ (元·hm ⁻²) Production value	烘烤运行成本 Dye tobaccorunning cost				经济 效益/ (元·hm ⁻²) Economic benefit
	造价 Cost	折旧 Depreciation			煤/kg Coal	电/ (kW·h) Power	工费 /元 Labor	合计/元 Total	
纳米涂料 Nanometer treatment	16 000	2 000	13.36	31 062.00	1.35	0.28	0.32	1.21	28 248.75
对照 CK	16 000	2 000	12.85	29 876.25	1.73	0.32	0.43	1.55	26 272.50

注:①电价 0.52 元/(kW·h),煤价 550 元/t,纳米涂料(试用期)费用未计算入内;②烤房建造成本折旧费按使用 8 年计,经济效益=总产值-运行成本-折旧。
Note:①The price of power was 0.52 yuan/(kW·h), the price of coal was 550 元/t, the cost of nanometer paint was not included in this table;②The cost of bulk construction was calculated by 8 years, and the economic = production value - running cost - depreciation.

3 结 论

本试验结果表明,在密集烤房装烟室内壁喷涂纳米涂料:①可以缩短烘烤时间 16 h,在烘烤中后期(43~54℃和 55~68℃)效果显著;②降低烘烤能耗,每 kg 干烟节煤 21.96%,节电 12.5%,热能利用率提高 10.75%,节能效果明显;③提高烟叶质量,上中等烟比例增加 10.12%,烟农纯收入增加

1 976.25 元/hm²。

4 讨 论

(1)纳米涂料提高烤房热能利用率的机理分析。密集烤房采用热风循环对流传热原理,而对流加热必须依赖于传热中间介质,如空气、水蒸气、气体分子等,只有很少一部分热量传递给烟叶,大部分热能被中间介质以无效的热扩散形式所消耗^[1]。在密集

烘烤的对流加热过程中,也存在着极低的辐射传热能力。

烤房使用纳米涂料后,当温度较低时,对流传热在总热量中仍占一定比例,伴随着烤房的升温过程,电磁辐射传热大幅增加。当有足够大的温差时,辐射传热将占主导地位。由于辐射传热能在烟叶表面和深处均产生较强烈的共振吸收和透过^[11],特别是能极大地穿入到烟层内部和烟梗内部,促使烟梗内部分子和原子的共振,使烟梗内部的温度高于表面温度,从而使热扩散与湿扩散的方向一致,使内部水分连续不断排出,有助于全面提高烟叶干燥速度。采用纳米涂料后烘烤烟叶实现了对流传热与辐射传热的有机结合,使对流传热过程中无效热扩散的能量得到重复利用,有效提高了烤房的热效率。

(2)纳米涂料提高烤烟等级结构及经济效益的原因分析。由于纳米材料的晶粒尺寸、晶界尺寸、缺陷尺寸均在 100 nm 以下,因此纳米涂料具有独特的电学、磁学和光学性能^[11]。推测纳米材料的独特性能,可能是提高烟叶等级结构的重要原因。在烘烤过程中,纳米涂料所辐射的电磁波可能与烟叶中水分子达成匹配吸收,使烟叶表里温度一致,并与烟叶内的色素产生共振,促进其分解变黄,最终使烤房内烟叶的变黄干燥均匀一致,有效提高了黄烟率,烟叶外观质量得到改善,这有待进一步研究证实。

纳米技术的应用为纳米涂料在烟叶烘烤上的应用提供了新的机遇,然而作为一种新事物,其在烟叶烘烤方面的研究与开发还很不成熟。本研究结果只是表明,在密集烤房装烟室内壁喷涂纳米涂料具有一定的节能、提质效果,但由于评价效果的指标尚不够全面。因此,有关纳米涂料对烤烟化学成分、安全性、吸食品质等重要指标的影响,还有待进一步深入研究,以便较全面地评价其应用效果。

[参考文献]

[1] 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)

[2] 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 automatic control bulk curing barn for tobacco leaf [J]. Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry:Natural Science Edition,2006,34(1):25-29. (in Chinese)

[3] 潘建斌,宋朝鹏,王卫峰,等. 氮素形态和烘烤处理对烟草特有亚硝胺及其前体物的影响 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2005,33(11):9-12.
Pan J B,Song Z P,Wang W F,et al. Effects of nitrogen form and baking on tobacco specific-nitrosamine (TSNA) and precursor [J]. Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry:Natural Science Edition,2005,33(11):9-12. (in Chinese)

[4] 宫长荣,潘建斌,宋朝鹏. 我国烟叶烘烤设备的演变与研究进展 [J]. 烟草科技,2005(11):34-36.
Gong C R,Pan J B,Song Z P. Evolution of tobacco leaf flue-curing equipment in China [J]. Tobacco Science & Technology, 2005(11):34-36. (in Chinese)

[5] 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(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(3):12-14. (in Chinese)

[6] 宋朝鹏,贺帆,王战义,等. 提高烤房热能利用率的途径初探 [J]. 安徽农业科学,2008,36(18):7743-7744,7751.
Song Z P,He F,Wang Z Y,et al. Preliminary research on the heat energy utilization of the flue-cured tobacco curing barn [J]. Journal of Anhui Agriculture Science,2008,36(18):7743-7744,7751. (in Chinese)

[7] 胡涛,金叶玲,谭桂芳. 纳米涂料应用进展 [J]. 应用化工, 2005,34(4):197-199.
Hu T,Jin Y L,Tan G F. Application development of nano-particles coating [J]. Applied Chemical Industry, 2005,34(4): 197-199. (in Chinese)

[8] 易锦满,文俊,杨庆. 纳米材料在卷烟工业中的应用研究进展 [J]. 烟草科技,2007(2):8-10.
Yi J M,Wen J,Yang Q. Advance in application of nanometer materials in cigarette industry [J]. Tobacco Science & Technology,2007(2):8-10. (in Chinese)

[9] 李玉娥,黄顺利,陈永森,等. 纳米材料的性质及其在卷烟工业上的应用 [J]. 河南化工,2007,24(10):11-13.
Li Y E,Huang S L,Chen Y S,et al. Properties of nano materials and application in tobacco industry [J]. Henan Chemical Industry,2007,24(10):11-13. (in Chinese)

[10] 吕功煊,聂聪,赵明月,等. 应用含纳米贵金属催化材料降低卷烟烟气中 CO 技术研究 [J]. 中国烟草学报,2003(3):18-27.
Lu G X,Nie C,Zhao M Y,et al. Studies on the removal of Carbon monoxide in cigarette smoke by using dual-filters contained nano-catalyst materials [J]. Acta Tabaracia Sinica, 2003(3):18-27. (in Chinese)

[11] 张立德,解思深. 纳米材料和纳米结构 [M]. 北京:化学工业出版社,2005.
Zhang L D,Xie S S. Nanometer material and structure [M]. Beijing:Chemical Industry Press,2005. (in Chinese)