

烤烟密集烘烤过程中阶梯升温变黄生理生化特性研究

王爱华¹, 王松峰¹, 管志坤², 杨斌², 王金亮², 孙福山^{1*}, 徐秀红¹, 王传义¹,
王世建², 管延斗², 訾莹莹^{1,3}

(1.农业部烟草类作物质量控制重点开放实验室,中国烟草总公司青州烟草研究所,青岛 266101;2.山东青岛烟草有限公司,青岛 266071;3.中国农业科学院研究生院,北京 100081)

摘要:用电热式温湿度自控密集烤烟箱,研究了烤烟密集烘烤过程中阶梯升温变黄生理生化特性。结果表明,阶梯升温变黄处理的淀粉酶活性在变黄期和定色期出现了2次活性高峰,且淀粉酶活性高于对照;多酚氧化酶(PPO)活性在烘烤过程中表现为先降低再升高又降低趋势,且其酶活性比对照变化幅度小,相对较稳定;叶绿素和类胡萝卜素含量下降幅度大于对照,降解较彻底。阶梯升温变黄处理淀粉降解较快,整个烘烤过程中其淀粉含量均低于对照;总糖和还原糖含量积累也较多;总氮和烟碱含量烤后略有升高,与对照差异不大。总的来看,阶梯升温变黄处理的生理生化表现更有利于烤后烟叶品质的提高。

关键词:烤烟;密集烘烤;阶梯升温变黄;生理生化

中图分类号:T44⁺1

文章编号:1007-5119(2012)01-0069-05

DOI:10.3969/j.issn.1007-5119.2012.01.015

Physiology and Biochemistry Characters of Step Temperature Yellowing during Bulk Curing Process of Tobacco Leaves

WANG Aihua¹, WANG Songfeng¹, GUAN Zhikun², YANG Bin², WANG Jinliang², SUN Fushan^{1*}, XU Xiuhong¹,
WANG Chuanyi¹, WANG Shijian², GUAN Yandou², ZI Yingying^{1,3}

(1. Key Laboratory of Tobacco Quality Control, Ministry of Agriculture; Qingzhou Tobacco Research Institute of CNTC, Qingdao 266101, China; 2. Qingdao Tobacco Company of Shandong Province, Qingdao 266071, China; 3. Graduate School of CAAS, Beijing 100081, China)

Abstract: The physiology-biochemistry characters of step-temperature yellowing treatment were studied during bulk curing process by using the electric-heated flue-curing barn. The results showed that two obvious amylase activity peaks of step-temperature yellowing treatment appeared in yellowing stage and leaf drying stage, and amylase activity of step-temperature yellowing treatment was higher than 38°C yellowing treatment. Polyphenol oxidase (PPO) activity of all the treatments decreased before 7-8 tenth yellow, then it displayed the trend with first increasing followed by decreasing after 7-8 tenth yellow for leaves during curing. And polyphenol oxidase activity of step-temperature yellowing treatment had a smaller variation range, and it was more relatively stable. chlorophyll and carotenoid content of step-temperature yellowing treatment declined more than 38°C Yellowing treatment. Starch of step-temperature yellowing treatment had a faster degradation, and its starch content was less than 38°C Yellowing treatment during curing process. The step-temperature yellowing treatment was beneficial to increase the accumulation of total sugar and reducing sugar. The total nitrogen and nicotine contents of cured leaves of step-temperature yellowing treatment rose slightly, which was similar to 38°C yellowing treatment. The step-temperature yellowing treatment was beneficial to improving the quality of tobacco leaf by the comprehensive performance of physiology-biochemistry.

Keywords: flue-cured tobacco; bulk curing; step-temperature yellowing; physiology biochemistry

我国烟草生产正在由传统烟叶生产向现代烟草展方向。密集烤房的快速推广,导致配套工艺研究农业转变,密集烤房已成为我国烟叶烘烤设备的发滞后。目前日本的烘烤工艺在变黄期与我国不同,

基金项目:国家烟草专卖局科技项目(110200902069);四川省烟草公司科技项目(200901014);山东省烟草公司科技项目(201011)

作者简介:王爱华,女,硕士,助理研究员,主要从事烟草调制加工研究。E-mail:wah0627@126.com。*通信作者,E-mail:sfshqd@163.com

收稿日期:2010-11-19

修回日期:2011-07-20

采用了阶梯升温变黄工艺,该工艺体现了温湿度自动化控制“渐进”原则,符合烟叶烘烤的生理生化原理,能较好地提高烟叶烘烤成熟度,是与密集型自动化烤房相配套的典型的烘烤工艺技术,在世界烘烤工艺技术领域中达到领先水平。烟叶烘烤的变黄阶段是增进和改进烟叶品质的重要时期^[1]。烘烤变黄温度对烟叶变黄期间生理生化变化的影响已有不少研究^[2-5],但国内对密集烘烤阶梯升温变黄条件下生理生化特性的研究尚未见报道。为借鉴利用国外先进烘烤技术,本研究以 38 °C 变黄作对照,对密集烘烤过程中阶梯升温变黄条件下的淀粉酶、多酚氧化酶活性,色素降解及糖、淀粉、氮、烟碱含量等进行了研究,旨在为我国密集烤房的应用提供工艺技术指标和理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2009 年在山东省胶南市宝山镇规范化栽培示范烟田进行。供试烤烟品种为中烟 100,选取生长成熟一致、落黄均匀的中部烟叶(9~11 叶位)为试验材料。试验田土壤肥力中等,行距 1.2 m,株距 0.5 m。采用电热式温湿度自控烤烟箱进行烘烤,烘烤时装烟密度为 70 kg/m³。

1.2 试验处理

设置 2 个处理。A:38 °C 变黄,作为对照。变黄期保持干球 38 °C,湿球 36 °C,稳温 20 h,达到烟叶变黄 7~8 成黄、片软。B:阶梯升温变黄。干球/湿球(稳温时间):①36/35 °C(10 h)达到叶尖变黄;②38/36 °C(14 h)达到叶片变黄 5~6 成;③40/38 °C(10 h),稳温至烟叶变黄 7~8 成黄、片软。其他阶段均按照三段式烘烤工艺进行。

1.3 试验要求

分别在烘烤过程中温度关键点(鲜烟、38、40、42、48、54、67 °C)等末期取样,每次取样 5~6 片,一部分用于生理指标测定,一部分杀青后用作常规化学指标含量的测定。

取样点在变片时,各处理烟叶变黄 7~8 成黄,处理 A、B 的干球温度分别处于 38 °C 末、40 °C 末。

1.4 测定内容和方法

淀粉酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸比色法^[6]测定;多酚氧化酶(PPO)活性采用邻苯二酚氧化法^[7]测定;色素采用分光光度法^[8],色素含量以每克鲜样含有的毫克数表示。

淀粉采用高氯酸提取-碘显色法;总糖和还原糖的测定采用 NY/YCT 002—2002 标准,费林液直接滴定法;总氮的测定采用 NY/YCT 001—2002 标准,半微量定氮法;总植物碱的测定采用 YC/T 34—1996 标准,分光光度法。

2 结果

2.1 密集烘烤过程中主要生理指标的变化

2.1.1 淀粉酶活性 温度是影响淀粉酶活性的主要因素之一。由图 1a 可知,随着烘烤的进行,处理 A 和 B 的淀粉酶活性变化规律趋势相同,均呈连续两个“升高-降低”的趋势。在变片时(烟叶变黄 7~8 成黄),两个处理均达到第 1 次高峰,随后又降低,于 54 °C 末达到第 2 次高峰,之后酶活性又迅速降低。整个烘烤过程中,处理 B 的淀粉酶活性高于处理 A(对照),尤其在变黄期,表现更明显。

2.1.2 多酚氧化酶活性 随着烘烤进程的推进,处理 A 和 B 的多酚氧化酶活性均表现为先降低再升高又降低趋势(图 1b),处理 B 的多酚氧化酶活性相对较低,也相对较稳定。在 42 °C 末达到最高值。处理 A 的 PPO 活性在烘烤过程中变化幅度较处理 B 大。比较处理 A 和 B 的 PPO 活性,48 °C 末之前,处理 B 显著低于处理 A;54 °C 末之后,各处理 PPO 活性均很微弱,差异较小,处理 B 略高于处理 A。其中在烟叶褐变的敏感时期 45~47 °C 时,处理 B 可能比处理 A 不易发生酶促棕色化反应。

2.1.3 色素含量 烟草叶片叶绿素含量在一定程度上代表着该叶片的活力。烘烤过程中各处理叶片内叶绿素的含量总体上呈逐步减少趋势(图 1c),说明叶绿素随着烘烤的进行而逐渐降解,尤其是在变黄期降解量最大。变黄期结束时(42 °C 末),处理 A 的平均降解量占鲜叶含量的 63.3%,处理 B 的平均降解量占鲜叶含量的 82.7%,这与李雪震等^[12]研究的变黄结束时,叶绿素含量减少 80%左右相吻

合。烟叶完成变黄后，叶绿素仍然缓慢降解，直至干筋时趋于稳定。在整个烘烤过程中，处理 B 的叶绿素降解幅度最大，干筋末期降解也较为彻底。

处理 A 的叶绿素 a/b 在烘烤过程中变化波动较大(图 1d)，而处理 B 变化较为平稳；处理 B 的叶绿素 a/b 在烘烤过程中具体表现为：从鲜烟叶降低至变片，之后升高至 42℃末，再呈逐渐下降趋势；除去 42℃末，在烘烤过程中处理 A 的叶绿素 a/b 高于处理 B。

由图 1e 可以看出，在烘烤过程中，两个处理的类胡萝卜素含量均呈降低的大致趋势，但比叶绿素含量下降的缓慢，且中间有起伏。除去 48℃末，

处理 B 的类胡萝卜素含量在烘烤过程中低于处理 A。说明烘烤过程中，处理 B 的类胡萝卜素降解量较处理 A 大。

烘烤过程中烟叶由绿变黄，叶绿素大量降解，而类胡萝卜素降解较慢，逐渐使类胡萝卜素占优势，黄色素逐渐显现的表现，即类胡萝卜素与叶绿素比值(以下简称类叶比)增加的结果(图 1f)。

烘烤开始时，各处理类叶比均表现为逐渐升高趋势，在 48℃末达最大值，烟叶也完全变黄，且黄色色度较深。其后，随温度升高，类胡萝卜素又以比叶绿素高的降解速度降解，类叶比下降，烟叶烤干后叶色转淡一些。

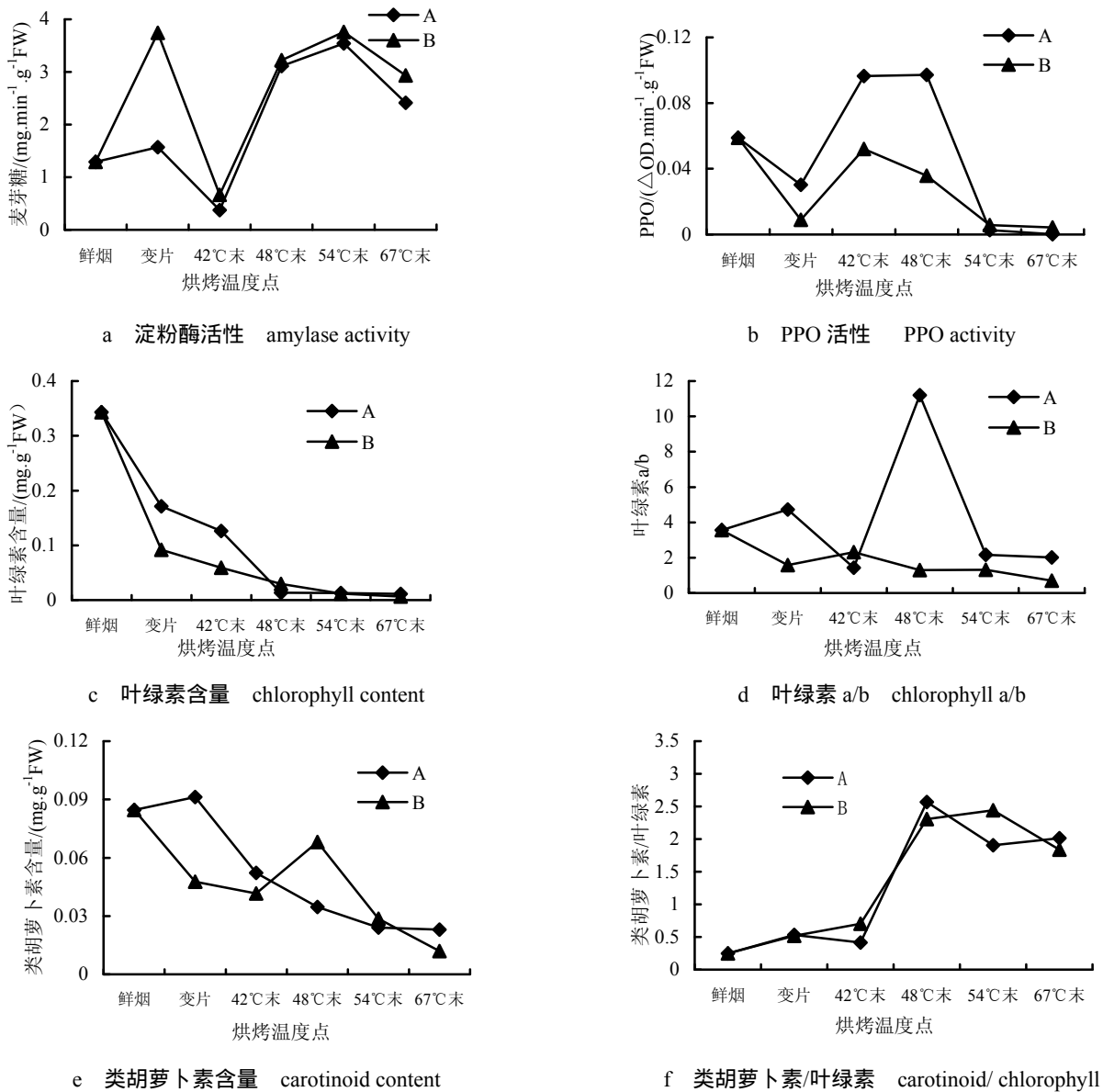


图 1 密集烘烤过程中烟叶主要生理指标的变化

Fig.1 Physiological index changes in tobacco leaves during bulk curing process

2.2 密集烘烤过程中主要化学成分的变化

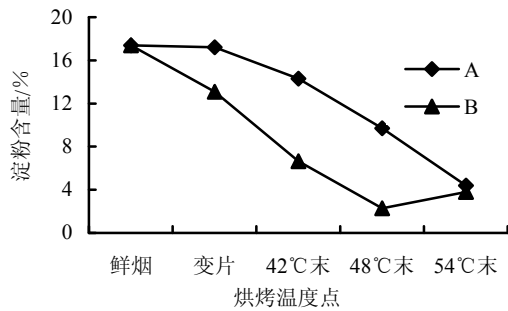
2.2.1 淀粉含量 随着烘烤进程，两个处理淀粉含量整体上呈降低趋势（图 2a），是因为在烘烤过程中大量淀粉发生水解而减少。水解主要集中在烘烤 48 °C 末以内，之后降解较少。处理 B 与处理 A 相比较，处理 B（阶梯升温变黄处理）淀粉含量降解较快，整个烘烤过程中其淀粉含量均低于处理 A。

2.2.2 总糖和还原糖含量 糖在烟叶烘烤过程中的变化具有两面性，一方面由于呼吸作用而消耗，另一方面由于淀粉的水解而不断的积累。由图 2b、2c 可知，在烘烤过程中，总糖和还原糖含量总体呈升高趋势，中间稍有波动。在 42 °C 前，处理 B 总

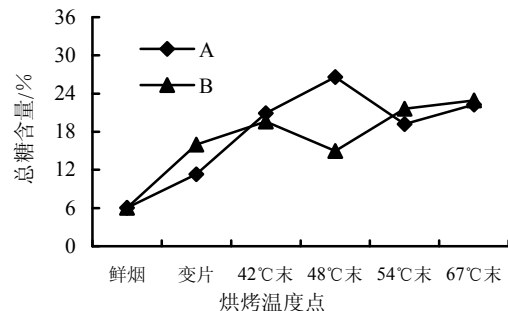
糖含量升高较处理 A 快；42 °C 之后，总糖变化波折；烘烤结束时处理 B 的总糖含量略高于处理 A。

在烘烤过程中，各处理还原糖含量均表现为先升高后降低再升高的趋势。在 42 °C 之前和 54 °C 之后两个阶段，均以处理 B 高于处理 A；42~54 °C，处理 B 下降最快，还原糖含量较低。烘烤过程中处理 B 的总糖和还原糖含量积累的较处理 A 多。

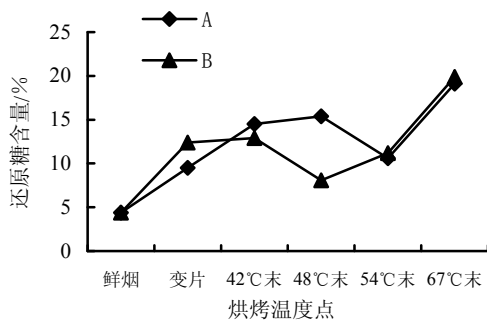
2.2.3 总氮和烟碱含量 由图 2d、2e 可知，总氮和烟碱含量在烘烤过程中变化不大，烤后略有升高。67 °C 末，总氮含量以处理 B 较低，烟碱含量则以处理 A 较低。各处理的总氮和烟碱均在 1.5%~3.5% 适宜的范围。



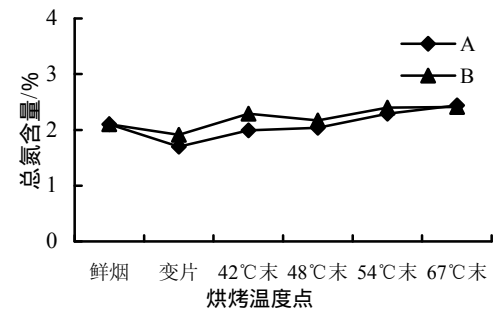
a 淀粉含量 starch content



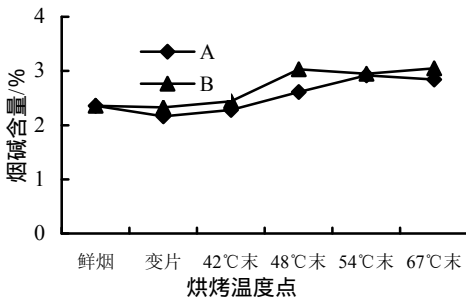
b 总糖含量 total sugar content



c 还原糖含量 Reducing sugar content



d 总氮含量 total nitrogen content



e 烟碱含量 nicotine content

图 2 密集烘烤过程中主要化学成分的变化

Fig. 2 Variation of major chemical component contents in tobacco leaves during bulk curing process

3 讨 论

淀粉酶活性高有利于淀粉的降解。杨立均等^[9]报道, 淀粉变化主要在变黄期, 定色期降解缓慢, 干筋期降解量更小。因此, 变黄期淀粉酶活性高低对淀粉降解较重要, 其次为定色期, 干筋期影响更小。本研究结果表明, 烘烤过程中阶梯升温变黄处理淀粉含量降解快, 残留量低; 阶梯升温变黄处理的淀粉酶活性高于 38 °C 变黄处理 (对照), 尤其在变黄期其酶活性显著高于对照, 这可能由于阶梯升温处理延长了变黄时间, 淀粉酶在有效的关键时期保持较长的时间, 从而使淀粉降解更彻底一些。

多酚氧化酶对多种香气物质的形成起着重要作用, 烘烤过程中多酚氧化酶的活性过高会造成烟叶质量的下降^[10]。阶梯升温变黄处理的多酚氧化酶活性在烘烤过程中表现为先降低再升高又降低趋势。阶梯升温变黄处理的多酚氧化酶活性比对照变化幅度小, 相对较稳定, 在烟叶褐变的敏感时期 45~47 °C 时, 可能比对照不易发生酶促棕色化反应。

研究表明^[11-13], 烟叶中残留的叶绿素过多, 将使烟叶产生青杂气, 对品质不利。在整个烘烤过程中, 阶梯升温变黄处理的叶绿素降解幅度最大, 干筋末期降解也较为彻底。阶梯升温变黄处理的叶绿素 a/b 在烘烤过程中表现为先降低后升高再缓慢降低的趋势; 除 42 °C 末, 在烘烤过程中 38 °C 变黄处理的叶绿素 a/b 高于阶梯升温变黄处理。类胡萝卜素降解产生的香味物质是影响烟叶香气质和香气量的重要组分^[14]。试验结果表明, 阶梯升温变黄处理的类胡萝卜素降解量高于 38 °C 变黄处理, 致使烘烤过程中产生的类胡萝卜素降解物增多, 从而有利于烤后烟叶香气质量的提高。变片之前, 38 °C 变黄处理的类叶比略高于阶梯升温变黄处理。

淀粉在烘烤过程中大量发生水解而减少, 淀粉水解主要集中在定色中期之前, 之后降解较少; 阶梯升温变黄处理淀粉含量降解较快, 整个烘烤过程中其淀粉含量均低于 38 °C 变黄处理。阶梯升温变黄处理的总糖和还原糖含量积累的较多, 特别在变片之前其糖含量均较高。各处理总氮和烟碱含量烤

后略有升高; 干筋末期总氮含量以阶梯升温变黄处理最低, 烟碱含量则以 38 °C 变黄处理最低。

总之, 阶梯升温变黄处理与对照相比, 烘烤过程中其淀粉酶活性较高、发生棕色化反应的可能性较小、叶绿素和类胡萝卜素降解彻底, 阶梯升温变黄处理淀粉含量降解较快, 总糖和还原糖含量积累的较多, 烟叶总氮含量低, 这些生理生化指标表明阶梯升温变黄处理更有利于烤后烟叶品质的提高。

参考文献

- [1] 宫长荣. 烟草调制学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [2] 赵铭钦, 宫长荣, 王瑞新, 等. 不同烘烤条件下烟叶中有机物质含量变化的研究[J]. 河南农业大学学报, 1996 (3): 227-235.
- [3] 宫长荣, 汪耀富, 赵铭钦, 等. 烟叶烘烤过程中变黄和定色条件对香气特征的影响[J]. 华北农学报, 1996 (3): 106-111.
- [4] Burton H R, Bush L P, Hamilton J L. Effect of curing on the chemical composition of Burley tobacco[J]. Recent Adv. Tobacco Science, 1983, 9: 91-153.
- [5] 王爱华, 徐秀红, 王松峰, 等. 变黄温度对烤烟烘烤过程中生理指标及烤后质量的影响[J]. 中国烟草学报, 2008, 14 (1): 27-31.
- [6] 白宝璋, 植物生理学测试技术[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990.
- [7] 朱广廉, 钟文海, 张爱琴. 植物生理学实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1991.
- [8] 赵世杰, 刘华山, 董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990.
- [9] 杨立均, 宫长荣, 陈江华, 等. 烘烤过程中烟叶淀粉含量及烤后化学成分分析[J]. 河南农业大学学报, 2001, 35 (2): 152-155.
- [10] 宫长荣, 李巍, 司辉. 下部烟叶采收时间对上部叶生理生化变化及烤后质量的影响[J]. 烟草科技, 2003 (9): 36-38, 41.
- [11] 王树声. 烟叶色素与化学成分及评吸结果的相关关系[J]. 中国烟草, 1990 (4): 21-24.
- [12] 李雪震, 张希杰, 李念胜, 等. 烤烟烟叶色素与烟叶品质的关系[J]. 中国烟草, 1988 (2): 23-27.
- [13] 宫长荣, 赵铭钦, 汪耀富, 等. 不同烘烤条件下烟叶色素降解规律的研究[J]. 烟草科技, 1997 (2): 33-34.
- [14] 韦凤杰, 刘国顺, 杨永锋, 等. 烤烟成熟过程中类胡萝卜素变化与其降解香气物质关系[J]. 中国农业科学, 2005 (9): 1882-1889.