

上部烟叶带茎烘烤过程中呼吸强度及水分、色素含量的变化

蒋博文¹,马留军²,陈小翔²,崔庆伟²,郑登峰³,曹廷茂³,张瑞亚³,刘 琮³,贺 帆^{1*}
(1. 河南农业大学 烟草学院,河南 郑州 450002; 2. 浙江中烟工业有限责任公司,浙江 杭州 310004;
3. 贵州省烟草公司毕节市公司,贵州 毕节 551700)

摘要: 为确定烤烟上部叶的最佳采烤方式,提高上部叶烘烤质量,以烤烟品种云烟 87 上部叶为材料,以不带茎烘烤为对照,研究了 2 片叶带茎、4 片叶带茎烘烤过程中烟叶呼吸强度及水分、色素含量的变化规律,并比较了烤后烟叶的化学成分和经济性状。结果表明,4 片叶带茎烘烤烟叶主变黄期(烘烤 24~48 h)呼吸强度高于对照烟叶,变黄后期和定色前期呼吸强度低于对照;带茎烘烤上部烟叶在变黄期失水慢,定色期失水快,4 片叶带茎烘烤的茎秆失水速率快于 2 片叶带茎烘烤;带茎烘烤烟叶变黄快,色素降解充分;4 片叶带茎烘烤的烤后烟叶总氮和烟碱含量低,糖含量高,糖碱比适宜,且中上等烟比例和均价最高,经济性状最好。综上所述,烤烟上部叶采烤时,4 片叶带茎烘烤在变黄期叶片含水率高,细胞生理代谢旺盛,内在化学成分降解转化充分;烟叶变黄快,色素降解迅速;叶片失水速度在变黄期慢、定色期快,烟叶失水与变黄、定色协调性好;烤后烟叶化学成分协调,经济性状较好,可作为提高上部叶产质量的最佳采烤模式。

关键词: 烤烟;带茎烘烤;呼吸强度;含水率;色素含量

中图分类号: S572;TS44 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2018)01-0145-05

Dynamic Changes of Respiration Intensity, Water and Pigment Contents in Flue-curing of Upper Tobacco Leaves with Stalk

JIANG Bowen¹, MA Liujun², CHEN Xiaoxiang², CUI Qingwei², ZHENG Dengfeng³,
CAO Tingmao³, ZHANG Ruiya³, LIU Qiong³, HE Fan^{1*}
(1. College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;
2. China Tobacco Zhejiang Industrial Co., Ltd., Hangzhou 310004, China;
3. Bijie Tobacco Company of Guizhou Province, Bijie 551700, China)

Abstract: Using upper leaves of Yunyan 87 as materials with the flue-curing of upper leaves as the control, the changes of respiration intensity, water content and pigment content in 2 leaves with stalk, 4 leaves with stalk of flue-cured tobacco leaves were studied, and the chemical composition and economic characteristics of flue-cured tobacco leaves were compared. The results showed that the respiration intensity of 4 leaves with stalk in the main yellowing stage (24—48 h) was higher than that of the control leaves, and was lower than that of the control at the late yellowing stage and the early color fixing stage. The flue-curing of tobacco leaves with stalk dehydrated slowly during the yellowing stage while faster at the color fixing stage, and the dehydration rate of the 4 leaves with stalk was faster than that of the 2 leaves. The flue-curing of tobacco leaves with stalk turned yellow fast, and the pigment was degraded sufficiently. The chemical composition and economic characteristics of 4 leaves with stalk were shown as follows: low con-

收稿日期:2017-07-08
基金项目:浙江中烟工业有限责任公司资助项目(2015330000341167)
作者简介:蒋博文(1991-),女,河南平顶山人,在读硕士研究生,研究方向:烟草调制与加工。
E-mail:15136467971@163.com
* 通讯作者:贺 帆(1975-),男,湖南常宁人,副教授,博士,主要从事烟草调制与加工研究。E-mail:hefanyc@163.com

tent of total nitrogen and nicotine, high content of sugar, suitable ratio of sugar to alkali, and the highest proportion and best economic characteristics of middle and upper tobacco. In summary, the flue-curing of 4 leaves with stalk can be used as the best model for improving the quality of upper leaves.

Key words: Flue-cured tobacco; Flue-curing of tobacco leaves with stalk; Respiration intensity; Water content; Pigment content

上部烟叶占烟株总产量的 30% ~ 45%, 是烤烟产量的重要组成部分。优质烤后上部叶劲头足、糖含量低, 在现代混合型卷烟和低焦油烤烟型卷烟叶组配方中起主导作用^[1-2]。因此, 提高上部叶的质量和工业可用性对提高烟叶整体经济效益、保障烟草行业可持续发展具有重要意义。上部 5 ~ 6 片烟叶充分成熟后一次性采烤^[3-4]及上部叶烘烤工艺^[5]的试验研究对改善上部烟叶质量起到了一定作用。顶部 2 片叶尚熟, 其余叶片完全成熟后带茎烘烤, 烤后烟叶化学成分协调, 品质优良, 经济性状最好^[6]。徐秀红等^[7]研究发现, 带茎采烤有利于色素和淀粉降解, 且带茎烘烤烟叶中引起烟叶褐变的多酚氧化酶 (PPO) 活性较低, 协同烟叶清除自由基的超氧化物歧化酶 (SOD) 活性较高, 有利于烟叶质量的形成。滕永忠等^[8]研究上部叶带茎烘烤水分运输和散失规律时发现, 茎秆中的水分通过叶脉向叶片运输, 烟叶位于茎秆顶部和中部的处理方式更有利于烟叶品质的提高。近年来, 上部叶带茎采烤技术已在大部分烟区推广应用, 但已有的研究^[9-11]主要集中在外观质量、化学成分和经济性状上, 对上部叶带茎采收烘烤过程中呼吸强度等生理生化机制的研究较少。鉴于此, 以云烟 87 上部叶为材料, 通过对比分析 2 片叶带茎、4 片叶带茎和不带茎烘烤过程中烟叶呼吸强度及水分、色素含量的变化及烤后烟叶的化学成分、经济性状, 确定上部叶的最佳采烤方式, 为提高上部叶烘烤质量提供理论依据和技术指导。

1 材料和方法

1.1 试验地概况与试验材料

试验于 2016 年 5—9 月在贵州省毕节市威宁彝族回族苗族自治县云贵乡进行, 试验田地处 104°6′41.3″E、27°18′30.3″N, 属于亚热带季风湿润气候, 年平均气温 13.2℃, 年积温 3 975.6℃, 无霜期 177 d, 常年降水量 953 mm, 冬冷夏凉, 四季分明, 日温差大, 雨热同季, 日照时数 1 526 h。试验田土壤为黄棕壤, 肥力中等, pH 值 7.23, 有机质含量 32.54 g/kg, 碱解氮含量 107.88 mg/kg, 速效磷含量 7.18 mg/kg, 速效钾含量 143.09 mg/kg, 规模化生产。供试烤烟品种为云烟 87, 产量中等, 品质优越, 抗逆性强, 耐肥性好, 适应性广。因当地土壤肥力条件较好, 成熟期阴雨降水较多, 中上部烟叶易出现明显的贪青晚熟

现象。

1.2 试验设计

试验设置上部 4 ~ 6 片烟叶一次性采烤 (CK)、2 片叶带茎烘烤 (T1)、4 片叶带茎烘烤 (T2) 共 3 个处理。烤烟于 5 月 10 日移栽, 小苗膜下移栽, 移栽株行距为 0.6 m × 1.2 m, 7 月 8 日盛花打顶, 每株优化烟叶结构后留 18 ~ 20 片有效叶。7 月 18 日开始采烤, 中下部烟叶按照当地常规采烤方式进行, 在采收上部烟叶时, 暂停采收, 此时烟株上尚存 4 ~ 6 片叶 (视烟株长势而定)。8 月 29 日待顶部 2 片叶尚熟、其余叶片完全成熟时进行上部叶采烤。其中, CK 为上部 4 ~ 6 片烟叶一次性采收, 挂竿烘烤; T1 处理为一次性带茎割收, 2 片叶带茎, 挂竿烘烤; T2 处理为一次性带茎割收, 4 片叶带茎, 挂竿烘烤; T1、T2 处理茎切口距离最近叶柄 1 ~ 2 cm。不同处理的烟叶同时采收、编竿及装柜, 采用智能烟叶烘烤实验柜 (福州兴东辉自动化科技有限公司生产) 烘烤, 按照当地优质烟叶烘烤工艺进行, 并视烟叶变黄情况, 适当延长凋萎期 8 ~ 10 h。分别于烘烤过程中 0、12、24、36、48、60、72、84、96、108 h 时取样测定烟叶的呼吸强度、色素含量, 以及烟叶主脉、茎秆、叶片的含水率等指标, 重复 3 次, 其中烘烤 108 h 时叶片已干, 故未测定烟叶的呼吸强度、叶片含水率和色素含量 (此时烟叶已经定色, 色素含量低且基本稳定不变, 故未测定)。

1.3 测定项目与方法

烘烤过程中, 各处理每 12 h 取 12 片烟叶 (顶部烟叶 6 个叶位的混合样), 先测定烟叶呼吸强度, 再取每片烟叶第 6、7 支脉间 (从叶基部数起) 的叶肉混合, 测定色素 (总叶绿素、叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素) 含量, 剩余烟叶剪去叶尖和叶基部各 1/3 区域, 并将中间烟叶的主脉和叶片分离, 分别测定其茎秆、主脉和叶片含水率。呼吸强度测定采用气相色谱法^[12], 色素含量测定采用分光光度法^[13], 含水率测定采用烘干称质量法^[14]。各处理烤后烟叶按国标等级分级, 统计均价、上中等烟比例等, 各个处理取 B2F 初烤烟叶 3 kg, 于 50℃ 下烘干粉碎、过滤, 采用 AAⅢ型连续流动化学分析仪 (德国 BRAN + LUEBBE 公司生产) 测定化学成分^[15]。

1.4 数据分析

试验数据用 Microsoft Excel 2010 进行处理和作图, 用 SPSS 20.0 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 上部叶带茎烘烤过程中烟叶呼吸强度的变化

呼吸作用是烟叶烘烤质量形成的基础^[16]。由图 1 可知,上部叶带茎烘烤与不带茎烘烤的烟叶呼吸强度变化规律基本一致,均在变黄后期和定色前期出现呼吸峰。烘烤 12 h,呼吸强度较 0 h(鲜烟叶)略有下降,随后烟叶呼吸强度逐渐增强,烘烤 48 h 各处理烟叶的呼吸强度均达到最高,变黄末期(烘烤 60 h 时)又迅速下降。其中,T2 处理烟叶在烘烤 24~48 h(属变黄期)呼吸强度较高;T1 处理在烘烤 24~36 h 时呼吸强度中等,烘烤 48 h 时呼吸强度明显低于 T2 处理和 CK。在定色前期,3 个处理烟叶的呼吸强度再次升高,烘烤 72 h 时 CK 及 T1、T2 处理烟叶的呼吸强度分别较烘烤 60 h 增加 41.84%、51.40%、55.36%;烘烤 72 h 以后,烟叶呼吸强度逐渐下降,且 3 个处理烟叶的呼吸强度表现为 T2>T1>CK。因此,上部叶带茎烘烤过程中烟叶的呼吸强度较高,且 4 片叶带茎呼吸强度能够长时间维持在较高水平。

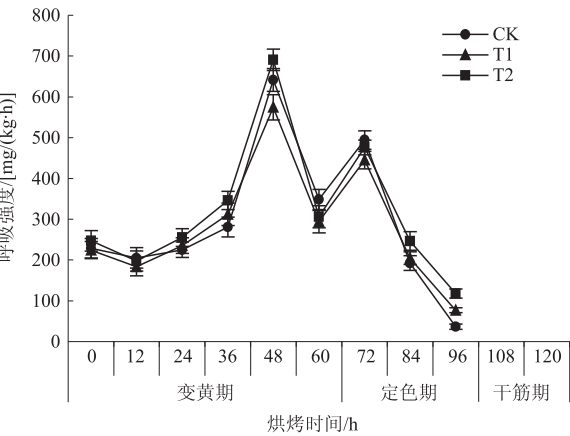


图 1 上部叶带茎烘烤过程中烟叶呼吸强度的变化

2.2 上部叶带茎烘烤过程中烟叶含水率的变化

水是细胞内各种生理生化反应和物质运输的介质,烘烤过程中烟叶水分变化与烟叶品质息息相关^[17]。由图 2 可知,烘烤过程中,烟叶含水率呈逐渐下降趋势,不同处理烟叶的含水率变化趋势一致,但存在一定的差异。由鲜烟(烘烤 0 h)各器官水分含量可知,含水率表现为主脉>茎>叶片。鲜烟主脉含水率高达 88.86%,T1、T2 处理主脉含水率在变黄期变化不大,烘烤 60 h 主脉含水率仅较烘烤 0 h 分别下降 7.32%、5.36%,定色期失水速率略有增加,烘烤 96 h 主脉含水率较烘烤 60 h 分别下降 8.88%、8.58%,干筋期主脉快速失水;CK 烘烤过程中主脉含水率不断下降,且失水速率不断增加,烘烤 60 h 主脉含水率较烘烤 0 h 下降 12.43%,烘烤 96 h 主脉含水率较烘烤 60 h 下降 35.13%。

烘烤过程中茎秆含水率不断下降,不同数量叶

片带茎烘烤处理的茎秆含水率下降趋势不同:T1 处理茎秆含水率变化趋势较平缓,进入干筋期开始快速下降;T2 处理烘烤过程中茎秆含水率下降快于 T1 处理。

鲜烟叶片含水率较低,T1、T2 处理变黄期叶片含水率下降较缓慢,烘烤 60 h 叶片含水率分别较烘烤 0 h 下降 8.42%、9.04%,定色期含水率大幅度下降,烘烤 96 h 叶片含水率分别较烘烤 60 h 下降 54.77%、55.53%;CK 叶片含水率下降较快,变黄期结束时(烘烤 60 h)叶片失水 23.17%。

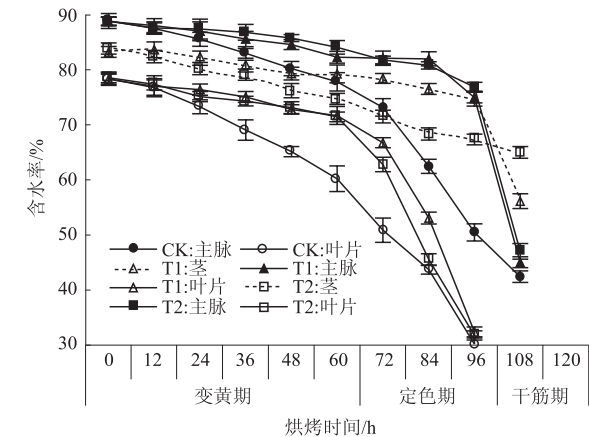


图 2 上部叶带茎烘烤过程中烟叶含水率的变化

2.3 上部叶带茎烘烤过程中烟叶色素含量的变化

上部叶不同采烤处理烘烤过程中烟叶色素含量的变化如图 3 所示,上部叶带茎烘烤和不带茎烘烤色素含量的变化规律基本一致。鲜烟叶中叶绿素含量较类胡萝卜素含量高,叶绿素降解主要集中在变黄期,降解速率大小为 T2>T1>CK,变黄结束时(烘烤 60 h)CK 及 T1、T2 处理叶绿素分别降解 86.58%、89.40%、92.52%,定色期叶绿素的降解量甚微。与叶绿素降解趋势相比,烟叶类胡萝卜素的降解缓慢,且降解量少,并且在变黄期和定色期均有降解,定色期结束(烘烤 96 h)时 CK 及 T1、T2 处理类胡萝卜素含量分别下降 64.90%、66.00%、68.18%。烘烤过程中,烟叶逐渐变黄,类叶比整体呈上升趋势;烘烤 0~12 h 内,各处理烟叶的类叶比无明显变化,烘烤 24 h 后,类叶比逐渐上升,烟叶变黄启动;在主变黄阶段,T2 处理的烟叶类叶比显著高于 CK 和 T1 处理,T2 处理在烘烤 0~24 h 烟叶类叶比上升趋势缓慢,烘烤 24~60 h 类叶比迅速上升,进入定色期后烟叶类叶比逐渐下降;T1 处理在烘烤过程中烟叶的类叶比整体处在中等水平,在烘烤 0~36 h 烟叶类叶比缓慢上升,烘烤 36~60 h 类叶比迅速增大,进入定色期后,类叶比缓慢下降;CK 变黄中后期类叶比明显低于其余 2 个处理,烘烤 36 h 类叶比开始迅速增加,烘烤 72 h 时类叶比达到峰值。

2.4 上部叶不同采烤方式烤后烟叶的化学成分

由表 1 可知,上部叶带茎烘烤对烤后烟叶化学

成分有较大影响。与 CK 相比,T1、T2 处理烤后烟叶总氮和烟碱含量显著降低,总糖和还原糖含量升高,其中 T2 处理烤后烟叶总氮和烟碱含量极显著低于 CK,还原糖含量极显著高于 CK;不同处理间烤后烟叶钾含量和氯含量差异不显著;氮碱比和糖碱比

均以 CK 最低,T2 处理最高,各处理间氮碱比差异不显著,糖碱比存在显著差异,且 T2 处理糖碱比极显著高于 CK 和 T1 处理;T1、T2 处理烟叶钾氯比低于 CK,且 T2 处理显著低于 CK,但各处理烟叶钾氯比 ≥ 4 ,均符合卷烟生产要求。

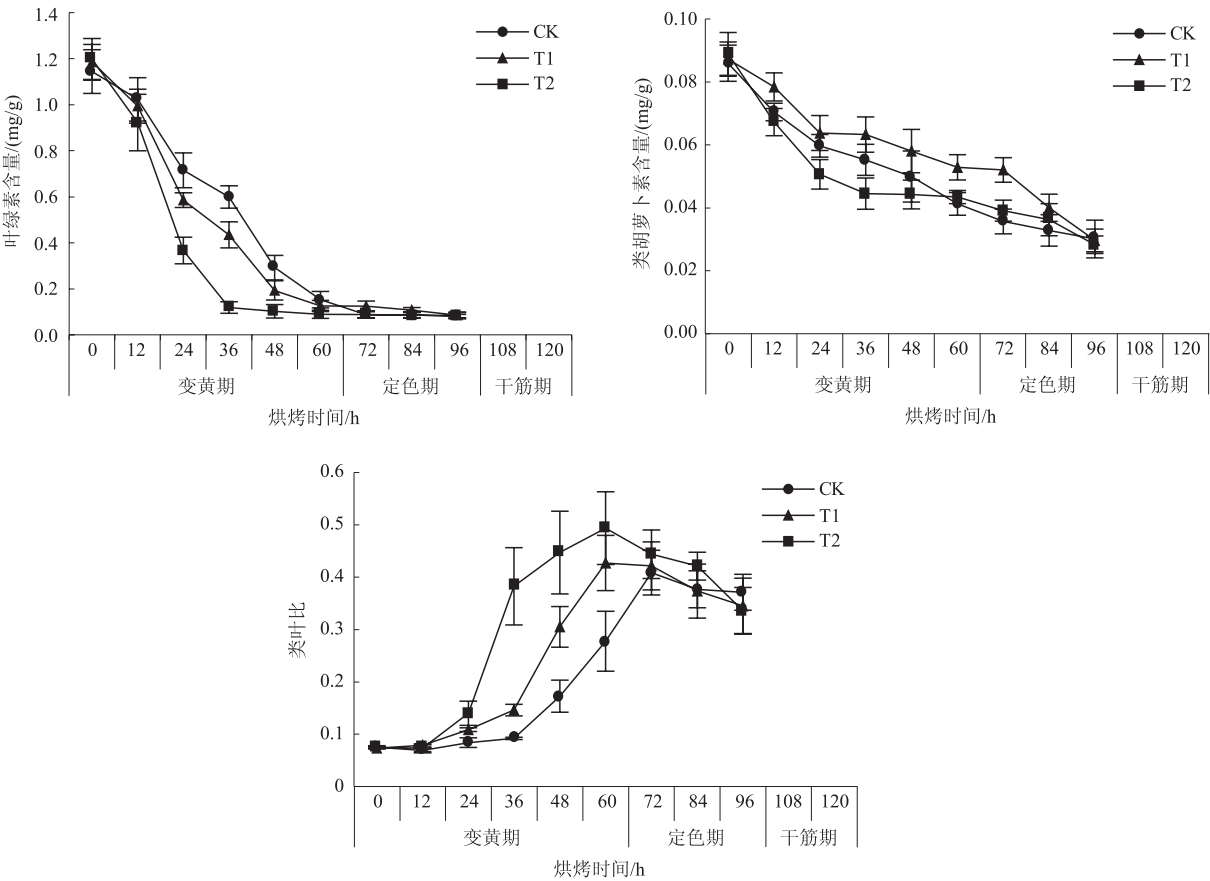


图 3 上部叶带茎烘烤过程中烟叶色素含量的变化

表 1 上部叶不同采烤方式烤后烟叶的化学成分

处理	总氮含量/%	烟碱含量/%	总糖含量/%	还原糖含量/%	钾含量/%	氯含量/%	氮碱比	糖碱比	钾氯比
CK	2.84±0.08aA	3.32±0.15aA	23.60±1.26aA	16.96±0.36bB	1.79±0.22aA	0.20±0.02aA	0.85±0.05aA	5.10±0.13cB	9.11±1.49aA
T1	2.57±0.12bA	2.96±0.16bA	24.06±0.70aA	16.99±0.23bB	1.73±0.15aA	0.23±0.02aA	0.87±0.02aA	5.75±0.28bB	7.50±0.53abA
T2	2.18±0.15cB	2.41±0.12cB	25.36±0.98aA	18.83±0.36aA	1.59±0.14aA	0.25±0.04aA	0.90±0.05aA	7.82±0.22aA	6.55±0.85bA

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$),下同。

2.5 上部叶不同采烤方式烤后烟叶的经济性状

由表 2 可知,与常规采烤(CK)相比,上部叶带茎烘烤处理的烟叶均价、上中等烟比例、黄烟率均较高,杂烟率较低。其中,与 CK 相比,T1、T2 处理烤后烟叶均价分别极显著提高 22.12%、39.25%;烤后烟叶上中等烟比例分别提高 1.13、4.80 个百分点,且 T2 处理显著高于 CK 和 T1 处理;烤后烟叶黄烟率极显著提高 4.43、12.84 个百分点,杂色烟比例

分别极显著降低 9.82、16.01 个百分点,上部叶经济性状显著提高。可见,4 片叶带茎烘烤的烟叶经济性状最好。

3 结论与讨论

烟叶烘烤过程中,细胞结构、色泽变化及内在的各种生理变化与烟叶呼吸作用密切相关,呼吸作用的强弱直接影响烟叶的理化特性,最终影响烟叶品质^[18]。本研究中,3 种烘烤方式下烟叶呼吸强度的变化趋势基本一致,均在变黄后期和定色前期出现 2 个呼吸峰,这与李卫芳等^[19]的研究结果一致。烘烤过程中烟叶呼吸代谢越旺盛,其内含物质降解转化越充分^[20],本研究结果发现,4 片叶带茎烘烤在主变黄期呼吸强度较高,

表 2 上部叶不同采烤方式烤后烟叶的经济性状

处理	均价/(元/kg)	上中等烟比例/%	黄烟率/%	杂色烟比例/%
CK	12.84±0.32cB	85.14±1.90bA	75.68±1.47cC	18.37±1.13aA
T1	15.68±0.83bA	86.27±2.02bA	80.11±1.40bB	8.55±0.62bB
T2	17.88±1.06aA	89.94±1.40aA	88.52±1.10aA	2.36±0.37cC

细胞内生理代谢旺盛;在变黄末期至定色前期(烘烤60~72 h),带茎烘烤烟叶呼吸强度较低,有利于定色期对叶片定色的控制;定色后期呼吸强度表现为4片叶带茎烘烤>2片叶带茎烘烤>不带茎烘烤,此时叶片已基本已干,失去生理代谢能力。

水分的存在是烟叶中各种酶保持活性状态的前提,而水分本身又是酶的活化剂,烘烤过程中烟叶的水分含量和环境湿度决定酶活性,对烟叶内物质降解起限制作用,烟叶失水干燥既是烘烤目的又是烘烤手段^[21]。本研究结果表明,与不带茎烘烤相比,带茎烘烤叶片变黄期失水慢,定色期失水快,这可能是因为烘烤前期茎秆中的部分水分通过叶脉向叶片逐渐转移,导致叶片和主脉中水分散失缓慢,这与滕永忠等^[8]、王晓宾等^[9]的研究结果一致。本研究还发现,4片叶带茎烘烤的茎秆失水速率较2片叶带茎快,这可能是因为4片叶带茎烘烤处理的叶片表面积大,失水速率快,茎秆为维持叶片水分含量,参与叶片水分代谢,不断向4片烟叶运输水分所致。

烘烤过程中,烟叶的色素逐渐降解,但上部叶带茎烘烤处理烟叶色素的降解更加充分。叶绿素在变黄期大量降解,且上部叶带茎烘烤处理的烟叶叶绿素含量较CK(不带茎烘烤)下降更为迅速,尤其是4片叶带茎烘烤处理的烟叶叶绿素下降最快;类胡萝卜素的充分降解有利于形成较多的香气前体物质^[22],烘烤过程中类胡萝卜素的降解趋势较叶绿素降解平缓,且在变黄期和定色期均有一定量降解。在烘烤过程中,叶绿素的降解和类胡萝卜素等黄色素比例的增加使烟叶逐渐显现黄色,类胡萝卜素和叶绿素含量的比值可以代表烘烤过程中烟叶的变黄情况^[23]。本研究发现,上部叶带茎烘烤处理的烟叶主变黄期类叶比增长较快,即带茎烘烤烟叶变黄快。

根据黄崇峻等^[24]烤后烟叶化学成分评价体系可知,与不带茎烘烤相比,上部叶带茎烘烤处理烤后烟叶总糖和还原糖含量较高,烟碱、总氮含量较低,糖碱比适宜,化学成分协调;同时,带茎烘烤烟叶变黄快,叶片失水速度和变黄特性相协调,烤后烟叶黄烟率高,杂色烟比例小。上部叶带茎烘烤,特别是4片叶带茎烘烤,烤后烟叶的上中等烟比例和均价均有明显提高,经济性状较好。

综上,与不带茎烘烤相比,上部叶带茎烘烤变黄期叶片含水率高,细胞生理代谢旺盛,内在化学成分降解转化充分;色素降解迅速,烟叶变黄快;叶片失水速度在变黄期慢,定色期快,烟叶失水和变黄、定色协调性好;烤后烟叶化学成分协调,有利于提高上部叶的产质量,且以4片叶带茎烘烤的效果最佳。

参考文献:

[1] 王涛,贺帆,徐成龙,等.提高烤烟上部叶可用性技术的研究进展[J].南方农业学报,2011,42(9):

1127-1131.

- [2] 杨磊,易克,简永兴,等.提高烤烟上部叶可用性研究进展[J].作物研究,2011,25(1):71-75.
- [3] 朱尊权.生产优质烤烟特别是上部完熟烟的窍门[J].烟草科技,1995(5):33.
- [4] 成本喜,侯留记,熊向东.烤烟上部叶一次采收方法研究[J].烟草科技,1996(6):35-36.
- [5] 宫长荣,赵铭钦,汪耀富,等.上部烟叶烘烤工艺研究[J].河南农业科学,1997(8):13-15.
- [6] 阴长林.烤烟上部叶带茎烘烤留叶数、成熟度和烘烤工艺对烟叶质量的影响[D].长沙:湖南农业大学,2007.
- [7] 徐秀红,王爱华,王传义,等.烘烤期间带茎采收的烤烟顶部叶某些生理生化特性变化[J].烟草科技,2006(9):51-54.
- [8] 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.
- [9] 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,2008,29(6):12-16.
- [10] 黄浩,周冀衡,王卫民,等.带茎烘烤对宁乡烟区烤烟上部叶产量和质量的影响[J].南方农业学报,2014,45(8):1457-1460.
- [11] 赖秀清,林桂华,童旭华,等.烤烟上部叶带茎烘烤的技术研究[J].中国烟草科学,2006,27(1):29-31.
- [12] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007:46-51.
- [13] 邹琦.植物生理生化实验指导[M].北京:中国农业出版社,1995:31-39.
- [14] 时向东,刘艳芳,文志强,等.雪茄外包皮烟根系伤流液中激素变化与烟株干物质积累的关系[J].河南农业大学学报,2006,40(6):584-587,596.
- [15] 杜瑞华,周明松.连续流动分析法在烟草分析中的应用[J].中国测试技术,2007,33(3):76-78.
- [16] 宫长荣.烟草调制学[M].北京:中国农业出版社,2011:164-168.
- [17] 谢鹏飞,邓小华,周清明,等.密集烘烤过程中烟叶颜色、形态和水分变化及相互关系[J].作物研究,2012,26(5):486-490.
- [18] 张晓远,毕庆文,汪健,等.变黄期温湿度及持续时间对上部烟叶呼吸速率和化学成分的影响[J].烟草科技,2009(6):56-59.
- [19] 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.
- [20] 刘建军,韩晓燕.烘烤过程中烟叶呼吸代谢的生理生化反应[J].安徽农业科学,2015,43(13):274-275.
- [21] 宫长荣,袁红涛,陈江华.烘烤过程中环境湿度和烟叶水分与淀粉代谢动态[J].中国农业科学,2003,36(2):155-158.
- [22] 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,2005,38(9):1882-1889.
- [23] 张丽英,许自成,鲜兴明,等.“红花大金元”带茎采收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.
- [24] 黄崇峻,王政,张晓龙,等.不同形态有机肥替代无机肥对烤烟生长发育及产质量的影响[J].河南农业科学,2017,46(5):51-55.