

不同成熟度对鲜烟素质和烤后烟叶质量的影响

刘 辉^{1,2}, 祖庆学³, 王松峰¹, 杨双剑³, 黄 宁³, 仙立国^{1,2}, 周建云³,
蔡 武³, 高宪辉⁴, 张 焯⁵, 孙福山^{1*}

(1. 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, 青岛 266101; 2. 中国农业科学院研究生院, 北京 100081; 3. 贵州省烟草公司贵阳市公司, 贵阳 550001; 4. 云南烟草烟叶公司, 昆明 650000; 5. 福建中烟工业有限责任公司, 厦门 361000)

摘 要: 为进一步探讨贵阳烟区不同成熟度鲜烟叶素质特点和适宜成熟度特征指标, 以云烟 87 为试验材料, 研究了下中上 3 个部位由低到高 3 个成熟度鲜烟叶的含水量、色素、主要化学成分, 以及烤后烟叶等级结构、化学成分和感官质量的差异。结果表明, 不同部位随着成熟度的提高, 鲜烟叶片、叶脉和整叶含水量, 叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素、类胡萝卜素含量均呈逐渐降低趋势, 类胡萝卜素/叶绿素逐渐增高, 且达到显著差异; 总糖、还原糖含量逐渐增加, 总氮、烟碱、蛋白质含量逐渐降低。从不同成熟度的烤后烟叶等级结构、均价、外观质量、化学成分含量和感官质量综合分析表明, 下中上 3 个部位适宜成熟度为 XM2、CM2、BM2, 即下部烟适宜成熟度外观指标为叶面 60% 黄绿色, 主脉变白 1/3 以上; 中部烟为叶面 70% 黄绿色, 主脉变白 1/2 以上; 上部烟为叶面 80% 黄绿色, 主脉变白 2/3 以上。

关键词: 烤烟; 成熟度; 鲜烟素质; 烤后烟质量

Effect of Different Maturity on the Quality Features of Fresh and Cured Tobacco

LIU Hui^{1,2}, ZU Qingxue³, WANG Songfeng¹, YANG Shuangjian³, HUANG Ning³, XIAN Ligu^{1,2},
ZHOU Jianyun³, CAI Wu³, GAO Xianhui⁴, ZHANG Ye⁵, SUN Fushan^{1*}

(1. Institute of Tobacco Research of CAAS, Key Laboratory of Tobacco Biology and Processing, Ministry of Agriculture, Qingdao 266101, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 3. Guiyang Tobacco Company of Guizhou Province, Guiyang 550001, China; 4. Yunnan Tobacco Leaf Company, Kunming 650000, China; 5. Fujian Tobacco Industry Company, Xiamen 361000, China)

Abstract: In order to explore the quality characteristics of fresh tobacco with different maturity in Guiyang and to reveal indicators for their optimal maturity, using Yunyan 87 as the experimental material, the quality features (water content, pigment and major chemical components) of lower, middle and upper fresh tobaccos with three levels of maturity were investigated. Furthermore, the effects of position and maturity on the quality of cured tobacco were studied. The results showed that with the increase of maturity, the water content of fresh tobacco leaves, veins and whole leaves, as well as the content of chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll and carotenoid gradually reduced, while the ratio of carotenoid to chlorophyll significantly increased; the content of total sugar, reducing sugar and the total nitrogen gradually increased while the content of nicotine and protein decreased steadily. The comprehensive analysis of the leaf grade structure, average price, appearance quality, content and coordination of chemical components, as well as the sensory evaluation of the cured tobacco turned out that the appropriate maturity of the lower, middle and upper leaves are XM2, CM2 and BM2, respectively. Specifically, the appearance index for the lower leaves with optimal maturity is 60% yellowish green leaf area and 1/3 white main vein at least; the middle leaves can be harvested with 70% yellowish green leaf area and 1/2 white main vein; the upper leaves with appropriate maturity are those with 80% yellowish green leaf area and 2/3 white main vein at least.

Keywords: flue-cured tobacco; maturity; fresh tobacco quality; flue-cured tobacco quality

鲜烟采收成熟度是指烟叶在田间生长发育到适于调制加工的成熟程度^[1], 它与烤后烟的外观质量、评吸质量及香气质量等方面密切相关, 鲜烟素质不同, 烟叶质量不同^[2-5]。鲜烟素质是鲜烟叶自身

具备的特征特性, 主要体现在水分、色素含量、化学成分等方面^[6]。鲜烟素质可作为鲜烟采收成熟度的内在基础与成熟度形成对应关系^[7], 孙福山等^[8]、王春凯等^[9]根据烟叶的外观特征将不同部位鲜烟叶

基金项目: 中国农业科学院科技创新工程 (ASTIP-TRIC03); 贵州省烟草公司贵阳市公司科技项目“贵阳烟区蜜甜香型烟叶彰显烘烤精准技术研究与应用”(2018-09)

作者简介: 刘 辉 (1993-), 在读硕士, 研究方向为烟草调制与加工。E-mail: 641897544@163.com。*通信作者, E-mail: sunfushan@caas.cn

收稿日期: 2019-12-09

修回日期: 2020-02-03

分为欠熟、适熟、过熟，并通过研究不同成熟度与烤后烟质量的关系，表明适熟烟叶烤后烟质量最佳。这些研究结果在烤烟生产过程中应用较广，适宜成熟度烟叶可以提高烟农收益和工业可用性^[10-11]。但在生产中，由于地域不同，气候、土壤肥力、水分、栽培方式等有较大差异，适宜成熟度的标准不同^[12]，青烟早采的现象较为普遍，对于烤后烟质量也有不利的影响。赵铭钦等^[13]认为，较低成熟度烟叶采烤的烤后烟叶化学成分不协调，评吸质量表现为香气质差、香气量不足，刺激性明显，青杂气略重，潜在质量特征未充分彰显，烟叶内在品质有较大提升空间。陈颐等^[14]、孙阳阳等^[15]认为适熟处理初烤烟叶产质量最高、内在化学成分最协调、感官评吸质量最好。针对田间烟叶成熟鲜烟素质研究甚少，采收适宜成熟度掌握不准等问题，本文以贵阳烟区主栽品种云烟 87 为材料，研究了不同部位不同成熟度鲜烟素质差异和烤后烟质量，探讨不同部位不同成熟度鲜烟素质特点和适宜成熟度外观特征，以达到提高烤后烟质量的目的。

1 材料与方法

1.1 供试地点与材料

试验于 2018 年 7 月至 9 月在贵州省贵阳市开阳县龙岗镇进行，供试品种为云烟 87，土壤类型为黄壤，肥力中等，行距 120 cm，株距 50 cm，选取大田管理规范、长势均匀的烟田，选取下部（4~6 叶位），中部（9~11 叶位），上部（15~17 叶位）3 个部位烟叶为试验材料。

1.2 试验设计

依据烤烟生产实际分下(X)、中(C)、上(B) 3 个部位，按照叶色黄绿和主脉变白程度设置 3 个由低到高成熟度档次，即 M1、M2、M3，共 9 个处理，鲜烟外观特征详见表 1。每个成熟度处理分别选取具有代表性的完整鲜烟叶 5 片，重复 3 次。分别测定每片鲜烟水分、色素含量和主要化学成分。烘烤试验选取 3 竿鲜烟，重复 3 次。置于同一烤房中层进行烘烤，对烤后烟进行分级、外观鉴定、化学成分检测与评吸。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 鲜烟叶片、主脉、整叶含水量测定 鲜烟叶片水分含量的测定采用烘箱法^[16]，将叶片与叶脉分

表 1 不同部位烟叶不同成熟度梯度及主要外观特征

Table 1 Main appearance features of different parts of tobacco leaves of different maturity

部位	处理	外观特征
Leaf location	Treatment	Appearance characteristics
X	XM1	叶面 50%黄绿色，主脉开始变白
	XM2	叶面 60%黄绿色，主脉变白 1/3 以上
	XM3	叶面 70%黄绿色，主脉变白 1/2 以上
C	CM1	叶面 60%黄绿色，主脉变白 1/3 以上
	CM2	叶面 70%黄绿色，主脉变白 1/2 以上
	CM3	叶面 80%黄绿色，主脉变白 2/3 以上
B	BM1	叶面 70%黄绿色，主脉变白 1/2 以上
	BM2	叶面 80%黄绿色，主脉变白 2/3 以上
	BM3	叶面 90%黄绿色，主脉基本全白

离，分别称量鲜质量后放置于恒温干燥箱中，在 105 °C 下杀青 15 min，随后于 60 °C 下干燥至恒质量，分别称量干质量，以含水量=[(鲜质量-干质量)/鲜质量]×100%公式计算。

1.3.2 鲜烟色素含量的测定 鲜烟叶色素采用分光光度法，色素含量以每克鲜样含有的毫克数表示。

1.3.3 鲜烟主要化学成分测定 鲜烟经杀青烘干后磨碎，总糖、还原糖按照 YC/T 159—2002 方法测定，烟碱按照 YC/T 160—2002 方法测定，总氮按照 YC/T 161—2002 方法测定，淀粉按照 YC/T 216—2007 方法测定，蛋白质按照 YC/T 249—2008 方法测定。

1.3.4 烤后烟质量评价 感官质量评价由山东中烟工业有限责任公司技术中心 7 位感官评吸专家按照企业感官评价方法进行鉴评。主要指标定性描述包括香韵、劲头和浓度等，定量指标包括香气质（9 分）、香气量（9 分）、杂气（9 分）、余味（9 分）、燃烧性（5 分）、灰色（5 分）。

1.3.5 数据分析 采用 Excel 2019 进行数据处理，用 SAS 9.4 进行方差分析。

2 结果

2.1 不同成熟度对鲜烟素质的影响

2.1.1 不同成熟度对鲜烟含水量的影响 由表 2 可知，下、中、上 3 个部位烟叶随着成熟度的提高，其整叶总含水量、叶脉含水量、叶片含水量呈下降趋势，表现为 M1>M2>M3。其中鲜烟下、中部叶的不同成熟度间叶片含水量，中、上部叶的不同成熟度间整叶水分含量均呈显著差异。说明随鲜烟成熟度的提高，鲜烟含水量显著减少，下、中、上 3 个

部位均为 M2 含水量中等。

2.1.2 不同成熟度对鲜烟色素含量的影响 由表 3 可知,随着成熟度升高,下、中、上 3 个部位的叶绿素(包含叶绿素 a、叶绿素 b)类胡萝卜素含量呈明显的下降趋势,且差异显著,表现为 $M1 > M2 > M3$,但类胡萝卜素下降的趋势相对叶绿素下降趋势较缓和,故随着同部位成熟度升高,类胡萝卜素/叶绿素比值逐渐升高,且呈显著性差异,表现为 $M3 > M2 > M1$ 。下、中、上 3 个部位均为 M2 色素含量中等。

2.1.3 不同成熟度对鲜烟化学成分的影响 由表 4 可知,随着成熟度提高,总糖、还原糖含量呈上升趋势,表现为 $M3 > M2 > M1$;总氮、烟碱、蛋白质呈下降趋势,表现为 $M1 > M2 > M3$,下、中、上 3 个部位均为 M2 主要化学成分含量中等;淀粉含量大致呈先上升后下降趋势。其中,下部、中部叶的总糖、还原糖、总氮、烟碱含量在不同成熟度间均呈显著性差异。上部叶的还原糖、蛋白质含量在不同成熟度间均呈显著差异。

表 2 不同成熟度鲜烟叶片、叶脉、整叶含水量

部位	处理	叶脉含水量	叶片含水量	整叶含水量
Leaf location	Treatment	Vein water content	Leaf water content	Total water content
X	XM1	89.75a	68.56a	80.77a
	XM2	87.90b	67.66b	78.43b
	XM3	87.14b	65.95c	78.33b
C	CM1	87.75a	70.58a	80.73a
	CM2	87.06a	68.67b	79.01b
	CM3	87.02a	67.91c	77.05c
B	BM1	86.09a	86.59a	78.83a
	BM2	85.13a	86.01b	78.05b
	BM3	84.07a	85.67b	77.11c

注:表中同列数字标有不同小写字母表示差异达到显著($p < 0.05$)水平;表中数字表示为平均数,下同。

Note: The numbers in the same column in the table are marked with different lowercase letters to indicate that the difference has reached a significant level($p < 0.05$) and the numbers in the table are expressed as averages. Same as below.

表 3 不同成熟度鲜烟色素含量

部位	处理	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素	类胡萝卜素	类叶比(类胡萝卜素/叶绿素)
Leaf location	Treatment	Chlorophyll a/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	Chlorophyll b/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	Chlorophyll/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	Carotenoids/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	Carotenoid/chlorophyll
X	XM1	0.97a	0.40a	1.30a	0.22a	0.16a
	XM2	0.63b	0.27b	0.91b	0.16b	0.18b
	XM3	0.47c	0.23c	0.70c	0.15c	0.22c
C	CM1	0.63a	0.28a	0.91a	0.18a	0.20a
	CM2	0.42b	0.19b	0.61b	0.15b	0.24b
	CM3	0.28c	0.10c	0.38c	0.11c	0.28c
B	BM1	0.56a	0.27a	0.83a	0.19a	0.23a
	BM2	0.35b	0.11b	0.46b	0.12b	0.25b
	BM3	0.22c	0.08c	0.30c	0.09c	0.29c

表 4 不同成熟度鲜烟化学成分

部位	处理	总糖	还原糖	总氮	烟碱	蛋白质	淀粉
Leaf location	Treatment	Total sugar	Reducing sugar	Total nitrogen	Nicotine	Protein	Starch
X	XM1	3.89c	3.03c	2.08a	1.55a	8.62a	34.9c
	XM2	4.13b	3.27b	1.73b	1.41b	6.75b	41.1a
	XM3	4.46a	3.54a	1.44c	1.27c	5.33b	38.8b
C	CM1	4.04c	3.13c	1.77a	1.61a	7.31a	41.6b
	CM2	4.38b	3.39b	1.42c	1.47b	5.66b	47.4a
	CM3	4.63a	3.71a	1.34b	1.33c	5.03b	47.1a
B	BM1	4.22b	3.55c	1.32a	1.88a	9.06a	30.5b
	BM2	4.57a	3.70b	1.31b	1.71a	6.65b	44.6a
	BM3	4.65a	3.94a	1.24a	1.68a	4.95c	45.1a

2.2 不同成熟度对烤后烟等级结构的影响

由表 5 可知,不同部位鲜烟随着成熟度的提高,其烤后烟上等烟比例和均价先提高再下降,表现为 M2 > M3 > M1。下部烟以 XM2 的中等烟比例和均价最高,分别达到 85.54%和 17.86 元/kg,均显著高于 XM1、XM3;中部烟 CM2 处理上等烟比例和均价最高,分别为 76.77%和 28.87 元/kg,上等烟比例显著高于 CM1、CM3,均价显著高于 CM1;上部烟 BM2 处理上等烟比例和均价最高,分别为 62.79%和 23.23 元/kg,上等烟比例显著高于 BM1、BM3,

均价显著高于 BM1。说明掌握适宜采收成熟度有利于提高烤后烟等级结构和均价,鲜烟成熟度较低和较高都不利。

2.3 不同成熟度对烤后烟质量的影响

2.3.1 不同成熟度对烤后烟外观质量的影响
由表 6 可知,不同部位不同成熟度鲜烟烤后烟叶成熟度、结构、身份、油分和色度差异不大,但总分以 XM2、CM2、BM2 的最高,说明不同部位成熟度 M2 比 M1、M3 的外观质量有一定的改善。

表 5 不同成熟度烤后烟等级结构

Table 5 Grade structures of cured tobaccos with different maturity

部位	处理	上等烟比例	中等烟比例	均价/(元·kg ⁻¹)
Leaf location	Treatment	High grade leaf/%	Middle grade leaf/%	Average price/(Yuan·kg ⁻¹)
X	XM1	0.00a	76.13c	13.07c
	XM2	0.02a	85.52a	17.86a
	XM3	0.00a	83.89b	16.82b
C	CM1	70.23c	19.59a	24.94b
	CM2	76.77a	6.45c	28.87a
	CM3	75.52b	14.45b	27.80a
B	BM1	55.78c	40.62a	19.11b
	BM2	62.79a	31.78c	23.23a
	BM3	60.25b	38.12b	22.02a

表 6 不同成熟度烤后烟外观质量

Table 6 Appearance quality of flue-cured tobaccos with different maturity

部位	处理	颜色	成熟度	结构	身份	油分	色度	总分
Leaf location	Treatment	Color(10分)	Maturity(10分)	Structure(10分)	Thickness(10分)	Oil(10分)	Chroma(10分)	Composite score(10分)
X	XM1	橘(9.0)	成熟(9.0)	疏松-(8.5)	中等(9.0)	有-(6.5)	中-(4.5)	7.225
	XM2	橘(9.5)	成熟(9.0)	疏松(9.0)	中等(9.0)	有-(6.5)	中(5.0)	8.275
	XM3	橘(9.5)	成熟(9.0)	疏松(9.0)	中等(8.5)	稍有(5.0)	中+(5.5)	7.725
C	CM1	橘(9.5)	成熟-(8.5)	疏松(9.0)	中等-(8.5)	有(7.0)	中(5.0)	8.125
	CM2	橘(9.5)	成熟(9.0)	疏松(9.0)	中等(9.0)	有+(7.5)	强(7.0)	8.625
	CM3	橘(9.5)	成熟(9.0)	疏松(9.0)	中等(9.0)	有+(7.5)	中+(5.5)	8.375
B	BM1	橘(9.5)	成熟(9.0)	稍密(5.0)	稍厚(7.0)	有+(7.5)	弱+(3.5)	7.525
	BM2	橘(9.5)	成熟(9.0)	稍密-(5.5)	稍厚+(7.5)	有+(7.5)	弱+(3.5)	7.725
	BM3	橘+(9.0)	成熟(9.0)	稍密(5.0)	稍厚+(7.5)	有+(7.5)	弱(3.0)	7.225

2.3.2 不同成熟度对烤后烟主要化学成分的影响

由表 7 可知,不同部位鲜烟随着成熟度的提高,烤后烟总糖、还原糖、淀粉(除上部)含量呈上升趋势,表现为 M3 > M2 > M1;烟碱、总氮含量呈下降趋势,表现为 M1 > M2 > M3。说明 M2 处理的主要化学成分含量中等,趋于适宜。不同部位不同成熟度烤后烟的主要化学成分两糖比、氮碱比差异不大,而糖碱比差异较大,总体来看 M2、M3 的较高,趋于适宜。

表 8 可知,下部烟感官质量主体香韵均为蜜甜香, XM3 有吸食者不喜好的干草香, XM2 浓度中偏浓,好于 XM1、XM3;总分表现为 XM2 > XM3 > XM1,主要表现在香气质、香气量较好,杂气较小,其他差异不大,综合评价 XM2 较好。中部烟主体香韵均为蜜甜香, CM3 有吸食者不喜好的木香; CM2 劲头适中,浓度中偏浓,均好于 CM1、CM3,总分表现为 CM2 > CM3 > CM1,主要表现在香气质、香气量较好,余味较舒适,杂气和刺激性较小,综合评价 CM2 较好。上部烟主体香韵均为蜜甜香, BM2

2.3.3 不同成熟度对烤后烟感官质量的影响

由

表7 不同成熟度烤后烟主要化学成分

Table 7 Major chemical components of flue-cured tobaccos with different maturity

部位 Leaf location	处理 Treatment	烟碱 Nicotine/ %	总糖 Total sugar/ %	还原糖 Reducing sugar/%	总氮 Total nitrogen/%	淀粉 Starch/ %	两糖比 Reducing sugar/ total sugar	糖碱比 Reducing sugar/ nicotine	氮碱比 Total nitrogen/ nicotine
X	XM1	2.13	22.57	15.24	2.18	1.00	0.68	7.15	1.02
	XM2	1.85	31.72	22.62	1.83	2.63	0.71	12.22	0.99
	XM3	1.83	33.70	22.91	1.80	2.89	0.68	12.51	0.98
C	CM1	3.04	24.39	23.60	2.04	2.87	0.97	7.76	0.67
	CM2	2.82	29.43	27.24	1.88	4.48	0.93	10.64	0.67
	CM3	2.75	30.33	28.39	1.84	5.50	0.94	10.70	0.67
B	BM1	4.76	16.46	15.77	2.87	4.04	0.96	3.31	0.60
	BM2	4.35	19.63	18.82	2.73	3.91	0.96	4.51	0.63
	BM3	4.29	20.51	20.06	2.30	5.45	0.98	4.78	0.54

表8 不同成熟度烤后烟感官质量

Table 8 Sensory evaluation of flue-cured tobaccos with different maturity

处理 Treatment	香韵 Fragrance	劲头 Strength	浓度 Concentration	香气质 Aroma quality (9)	香气量 Aroma amount (9)	杂气 Miscellaneous gas(9)	余味 Aftertaste (9)	刺激性 Irritation (9)	燃烧性 Combustibility (5)	灰色 Cigarette ash(5)	总分 Score (100)
XM1	蜜甜香	适中	中等	6.50	6.57	6.50	6.00	6.50	4.00	4.29	64.06
XM2	蜜甜香	适中	中偏浓	6.86	6.71	6.86	6.43	6.57	4.00	4.00	65.76
XM3	蜜甜香、干草香	适中	中等	6.50	6.64	6.43	6.43	6.71	4.00	4.00	64.62
CM1	蜜甜香	较大	中等	6.14	6.14	6.07	6.14	6.29	4.00	4.00	61.57
CM2	蜜甜香	适中	中偏浓	6.50	6.50	6.36	6.25	6.36	4.00	4.00	62.02
CM3	蜜甜香、木香	较大	中等	6.29	6.36	6.14	6.07	6.14	4.00	4.00	61.90
BM1	蜜甜香、木香	适中	中等	5.00	5.57	5.00	5.21	5.00	4.00	4.00	53.63
BM2	蜜甜香、清香	适中	中等	5.64	6.07	5.43	5.43	5.07	3.93	4.00	56.46
BM3	蜜甜香	适中	中等	5.93	6.29	5.86	5.79	5.21	3.93	4.00	58.73

还有吸食者喜好的清香 ;总分表现为 BM3 > BM2 > BM1, 主要表现在香气质、香气量较好, 杂气和刺激性较小, 说明 BM2 香韵较好, BM3 总分较高。

3 讨论

不同烟叶成熟度, 其鲜烟含水量、色素和主要化学成分等素质不同, 本文试验结果表明, 随着烟叶成熟度的提高, 鲜烟含水量、色素含量逐渐减少, 类胡萝卜素/叶绿素逐渐增高, 总糖、还原糖含量逐渐增加, 总氮、烟碱、蛋白质含量逐渐减少。这与高宪辉等^[7]、张焯等^[17]研究结果基本一致。但不同烟区不同成熟度鲜烟素质指标也有一定差异。

不同鲜烟素质与烟叶质量有密切相关, 一般认为成熟鲜烟含水量 80%~90% ,鲜烟含水量过高易挂灰, 过低易出现青筋青片, 故含水量适中有利于提高烤后烟质量^[1]。苏宇等^[18]认为成熟期叶绿素 a、类胡萝卜素与游离氨基酸的含量变化显著负相关, 但类胡萝卜素与还原糖的含量变化显著正相关, 叶绿素含量较高对烟叶品质不利, 类胡萝卜素含量较高有利于烟叶品质形成^[19]。贾琪光等^[20]认为, 鲜烟化学成分适中, 烤后烟叶质量最好。相关研究认为^[21-22],

适宜成熟度烟叶的烤后烟化学成分最协调, 感官质量最好, 均价最高。崔国民等^[23]、赵石兰等^[24]、彭玉富等^[25]研究表明, 随着采收成熟度的提高, 烤后烟的等级结构、感官质量呈先提高后下降趋势, 达到适熟标准时, 烤后烟质量最好。本试验中, 下、中、上 3 个部位以 XM2、CM2、BM2 适宜成熟度鲜烟含水量、色素和主要化学成分含量在中等值, 烤后烟等级结构和感官质量评价也为最好。说明了鲜烟成熟度偏低、偏高, 鲜烟素质不协调, 对烟叶品质的形成也不利, 这对根据不同鲜烟素质特点预判烤后烟质量提供了一定理论基础。

4 结论

本试验研究表明, 不同部位不同成熟度鲜烟素质特点有一定差异, 同一部位随着成熟度提高, 鲜烟叶片、叶脉、整叶含水量, 以及叶绿素 (叶绿素 a、叶绿素 b) 和类胡萝卜素含量均呈下降趋势, 类胡萝卜素与叶绿素叶比值呈上升趋势; 鲜烟主要化学成分中总糖、还原糖含量呈上升趋势, 总氮、烟碱、蛋白质含量呈下降趋势。不同成熟度烤后烟质量有一定差异, 以烤后烟等级结构、均价和感官评

吸为主综合分析，不同部位鲜烟采收适宜成熟度主要外观指标下部烟为叶面 60 %黄绿色，主脉变白 1/3 以上；中部烟为叶面 70 %黄绿色，主脉变白 1/2 以上；上部烟为叶面 80 %黄绿色，主脉变白 2/3 以上。这对烤烟不同部位鲜烟素质分类和适宜成熟度外观特征指标有一定指导和应用价值。针对鲜烟素质的评价指标尚有待于深入研究，这也是今后研究的重点。

参考文献

- [1] 官长荣, 杨焕文, 艾复清, 等. 烟草调制学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 42-47.
GONG C R, YANG H W, AI F Q, et al. Tobacco curing [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003: 42-47.
- [2] 陈刚, 周清明, 杨姣弟, 等. 采收方式和成熟度对上部烟叶细胞结构及品质的影响[J]. 中国烟草科学, 2016, 37(5): 34-39.
CHEN G, ZHOU Q M, YANG J D, et al. Study on the effect of plucking methods and maturity on the cellular structure and quality of tobacco upper leaves [J]. Chinese Tobacco Science, 2016, 37(5): 34-39.
- [3] 许自成, 赵瑞蕊, 王龙宪, 等. 烟叶成熟度的研究进展[J]. 东北农业大报, 2014, 45(1): 123-128.
XU Z C, ZHAO R R, WANG L X, et al. Research progress of tobacco maturity[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2014, 45(1): 123-128.
- [4] 王小东, 汪孝国, 许自成, 等. 对烟叶成熟度的再认识[J]. 安徽农业科学, 2007(9): 2644-2645.
WANG X D, WANG X G, XU Z C, et al. Recognition of Tobacco Maturity [J]. Anhui Agricultural Science, 2007(9): 2644-2645.
- [5] 李卫, 周冀衡, 杨荣生, 等. 烟叶成熟度的研究进展[J]. 作物研究, 2008, 22(5): 470-474.
LI W, ZHOU J H, YANG R S, et al. Research progress of tobacco maturity[J]. Crop Research, 2008, 22(5): 470-474.
- [6] 董淑君. 烟叶分割烘烤技术研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2015.
DONG S J. Research on tobacco leaf split curing technology[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2015.
- [7] 高宪辉. 四川烟区不同鲜烟素质特点及采收关键技术研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2017.
GAO X H. Study on the quality characteristics of different fresh tobacco and the key technology of picking and baking in Sichuan tobacco area[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2017.
- [8] 孙福山. 成熟采收和烘烤与烟叶质量关系的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2006.
SUN F S. Study on the relationship between mature harvesting and curing and tobacco quality [D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2006.
- [9] 王春凯, 王英俊, 矫海楠, 等. 不同采收成熟度烤后烟叶香气质量评价[J]. 中国烟草科学, 2016, 37(3): 22-28.
WANG C K, WANG Y J, JIAO H N, et al. Evaluation of aroma quality of flue-cured tobacco with different harvesting maturity[J]. Chinese Tobacco Science, 2016, 37(3): 22-28.
- [10] 石磊, 王林虹. 提高烤烟成熟度的有效途径探析[J]. 现代农业科技, 2017(15): 55-57.
SHI L, WANG L H. Analysis of effective ways to improve the maturity of flue-cured tobacco[J]. Modern agricultural science and technology, 2017(15): 55-57.
- [11] 赵瑞蕊. 曲靖烟区生态因素对烤烟成熟度的影响及成熟度与品质的关系[D]. 郑州: 河南农业大学, 2012.
ZHAO R R. The influence of ecological factors on the maturity of flue-cured tobacco in Qujing and the relationship between maturity and quality[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2012.
- [12] 刘素参, 欧明毅, 马坤, 等. 烟叶成熟度与品质关系及其影响因素研究进展[J]. 江西农业学报, 2016, 28(12): 75-79.
LU S C, OU M Y, MA K, et al. Research progress on relationship between maturity and quality of tobacco leaves and its influencing factors[J]. Journal of Jiangxi agriculture, 2016, 28(12): 75-79.
- [13] 赵铭钦, 苏长涛, 姬小明, 等. 不同成熟度对烤后烟叶物理性状、化学成分和中性香气成分的影响[J]. 华北农学报, 2008(3): 146-150.
ZHAO M Q, SU C T, JI X M, et al. Effects of different maturity on physical properties, chemical composition and neutral aroma components of flue-cured tobacco[J]. Journal of North China Agriculture, 2008(3): 146-150.
- [14] 陈颀, 赵应伟, 徐安传, 等. 采收成熟度对 K326 鲜烟叶素质及产质量的影响[J]. 西南农业学报, 2019, 32(3): 659-664.
CHEN Y, ZHAO Y W, XU A Z, et al. Effect of harvesting maturity on quality and yield of K326 fresh tobacco leaves[J]. Journal of Southwest Agriculture, 2019, 32(3): 659-664.
- [15] 孙阳阳, 靳志伟, 黄明迪, 等. SPAD 值与鲜烟叶成熟度及烤后烟叶质量的关系[J]. 中国烟草科学, 2016, 37(2): 42-46.
SUN Y Y, JIN Z W, HUANG M D, et al. The relationship of SPAD value, maturity of fresh tobacco leaves and quality of flue-cured tobacco leaves[J]. Chinese Tobacco Science, 2016, 37(2): 42-46.
- [16] 国家烟草专卖局. YC/T 31—1996 烟草及烟草制品试样的制备和水分的测定-烘箱法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
State Tobacco Monopoly Administration. YC/T 31—1996 preparation of tobacco and tobacco products samples and determination of water content-oven method[S]. Beijing: Standards Press of China, 1996.
- [17] 张焯. 特色品种翠碧一号鲜烟素质及烘烤关键指标研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2019.
ZHANG Y. Study on quality and key baking indexes of characteristic CB-1 fresh tobacco[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2019.
- [18] 苏宇, 张文军, 杨虹琦, 等. 成熟期烟叶质体色素与美拉德反应物含量变化及相关性分析[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(14): 14-17.
SU Y, ZHANG W J, YANG H Q, et al. The change and correlation analysis of plastid pigment and Maillard reactant content in mature tobacco leaves [J]. Anhui Agricultural Science, 2017, 45(14): 14-17.
- [19] 危月辉. 促进贵州毕节烟叶成熟期色素降解技术研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2015.
WEI Y H. Study on the technology of promoting pigment degradation of Bijie tobacco leaves at maturity[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2015.
- [20] 贾琪光, 官长荣. 烟叶生长发育过程中主要化学成分含量与成熟度关系的研究[J]. 烟草科技, 1988(6): 42-46.
JIA Q G, GONG C R. Study on the relationship between the content of main chemical components and maturity in the process of tobacco growth and development[J]. Tobacco science and technology, 1988(6): 42-46.
- [21] 刘伟, 雷东锋, 黄飞燕, 等. 采收成熟度对 K326 烟叶内在质量和经济性状的影响[J]. 湖南农业科学, 2016(10): 41-44.
LIU W, LEI D F, HUANG F Y, et al. The effect of harvest maturity on the internal quality and economic characters of K326 tobacco leaves[J]. Hunan Agricultural Science, 2016(10): 41-44.

- [11] 刘振林, 柯丽萍, 何海燕, 等. 甘蓝型油菜雄性不育基因 *BnaX.MS1.a* 的克隆及其 amiRNA 载体的构建[J]. 浙江农业学报, 2010, 22(5): 552-557.
LIU Z L, KE L P, HE H Y, et al. Molecular cloning of male sterile gene *BnaX.MS1.a* in *Brassica napus* and construction of a vector with MS1 amiRNA[J]. Journal of Zhejiang Agriculture, 2010, 22(5): 552-557.
- [12] KYUMI J, DOIL C, JUNDAE L. Fine mapping of the genic male-sterile *ms1* gene in *Capsicum annuum* L.[J]. Theor Appl Genet, 2018, 131: 183-191.
- [13] 田茂竹. 应用 CRISPR/Cas9 技术定向突变烟草 *CYP71D16* 基因的研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2019.
TIAN M Z. Study on the gene of *CYP71D16* directed mutation by CRISPR/Cas9 technology in tobacco[D]. Guiyang: Guizhou University, 2019.
- [14] HORSCH R B, FRY J, HOFFMANN N, et al. Leaf disc transformation[M]//GELVIN S B, SCHILPEROORT R A, VERMA D P S. Plant Molecular Biology Manual, Dordrecht: Springer, 1989: 63-71.
- [15] 周东洁, 王国平, 索文龙, 等. 烟草雄性不育系与其同型可育品种雌蕊性状比较[J]. 种子, 2018, 37(3): 71-75.
ZHOU D J, WANG G P, SUO W L et al. Comparison of the pistil character of the male sterile lines and the same type of conventional variety of tobacco [J]. Seed, 2018, 37(3): 71-75.
- [16] WEI G, TAO Y, LIU G, et al. A transcriptomic analysis of super hybrid rice LYP9 and its parents Proc[J]. Natl Acad Sci, 2009, 106(19): 7695-7701.
- [17] 龚达平. 烟草基因组学研究方法篇: 6. 生物信息学在烟草基因组研究中的应用[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(6): 94-95.
GONG D P. Research methods of tobacco genomics: 6. Application of bioinformatics in tobacco genomics [J]. Chinese Tobacco Science, 2011, 32(6): 94-95.
- [18] 周辉, 宋莉, 赵德刚. 大肠杆菌 *HspQ* 基因的生物信息学分析[J]. 山地农业生物学报, 2018, 37(5): 57-61.
ZHOU H, SONG L, ZHAO D G. Bioinformatics analysis of *HspQ* gene in *Escherichia coli*[J]. Journal of Mountain Agricultural Biology, 2018, 37(5): 57-61.
- [19] 张长静, 李凤霞, 贾兴华, 等. 烟草细胞质雄性不育线粒体基因 *sdh3* 和 *sdh4* 的生物信息学分析[J]. 中国烟草科学, 2013, 34(3): 42-47.
ZHANG C J, LI F X, JIA X H, et al. Bioinformatics analysis of mitochondrial genes *sdh3* and *sdh4* in cytoplasmic male sterility of tobacco [J]. Chinese Tobacco Science, 2013, 34(3): 42-47.
- [20] KIM Y A, MOON H, PARK C J. CRISPR/Cas9-targeted mutagenesis of Os8N3 in rice to confer resistance to *Xanthomonas oryzae*, pv. *oryzae*[J]. Rice, 2019, 12(1): 67.
- [21] SHI J, GAO H, WANG H, et al. ARGOS8 variants generated by CRISPR-Cas9 improve maize grain yield under field drought stress conditions[J]. Plant Biotechnology Journal, 2017, 15(2): 207-216.
- [22] 常爱霞, 郭利杰, 刘旦, 等. 拟南芥花期基因转化烟草及其早花反应特性研究[J]. 中国烟草科学, 2016, 37(1): 1-7.
CHANG A X, GUO L J, LIU D, et al. Study on the response characteristics of *Arabidopsis* early flowering transgenic tobacco [J]. Chinese Tobacco Science, 2016, 37(1): 1-7.
- [23] DASKALOFF S. Two new male sterile pepper (*Capsicum annuum* L) mutants[J]. Akad Selskostop Nauki Dokl C R, 1971, 4: 291-294.

(上接第 71 页)

- [22] 汪季涛. 采收成熟度对 K326 烟叶品质和烟气指标的影响[C]//中国烟草学会 2016 年度优秀论文汇编—烟草农业主题. 北京: 中国烟草学会, 2016: 344-351.
WANG J T. Effect of harvest maturity on quality and smoke index of K326 tobacco leaves[C]//2016 excellent paper collection of China Tobacco Society - theme of tobacco agriculture. Beijing: China Tobacco Society, 2016: 344-351.
- [23] 崔国民, 黄维, 赵高坤, 等. 不同成熟度对原烟外观等级质量及关键化学成分的影响[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(26): 10819-10822.
CUI G M, HUANG W, ZHAO G K, et al. Effect of different maturity on appearance grade quality and key chemical composition of original tobacco[J]. Anhui Agricultural Science, 2013, 41(26): 10819-10822.
- [24] 赵石兰, 张爱伟. 成熟度对烤烟产质量的影响[J]. 云南农业科技, 2019(2): 8-10.
ZHAO S L, ZHANG A W. Effect of maturity on Yield and quality of flue-cured tobacco[J]. Yunnan Agricultural Science And Technology, 2019(2): 8-10.
- [25] 彭玉富, 张书伟, 蔡宪杰, 等. 不同成熟度对河南烤烟上部叶品质的影响[J]. 中国烟草学报, 2011, 17(4): 62-66.
PENG Y F, ZHANG S W, CAI X J, et al. Effect of different maturity on the quality of upper leaves of flue-cured tobacco in Henan Province [J]. Acta Tabacarla Sinica, 2011, 17(4): 62-66.