

杨 洋,符云鹏,刘新源,等. 豫西烟区上部叶成熟度与品质形成的关系[J]. 江苏农业科学,2023,51(8):79–85.
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2023.08.011

豫西烟区上部叶成熟度与品质形成的关系

杨 洋¹,符云鹏¹,刘新源²,王 俊³,李军正³,李致新²,蒋伟峰¹,姚鹏伟¹,王 静¹

(1. 河南农业大学烟草学院,河南郑州 450002; 2. 河南省烟草公司三门峡市公司,河南三门峡 472000;

3. 三门峡市烟草公司灵宝市分公司,河南灵宝 472500)

摘要:为确立豫西地区适宜的上部叶成熟度,以主栽品种云烟 87 为材料,研究不同成熟度处理(M1、M2、M3、M4)的外观成熟特征与 SPAD 值,通过烤后烟物理特性、化学成分、中性致香物质含量、感官评吸并结合代谢组学分析,确定适宜豫西烟区的采收成熟标准。结果表明,随着成熟度的提高,烟叶的油分、身份、叶质重有所降低;低成熟度(M1 和 M2)顶 1~3 和顶 4~6 叶位的糖碱比、氮碱比、中性致香物质含量、感官质量评价较高。此时 SPAD 值在 28~34 范围内,田间成熟特征表现为叶面落黄程度为 20%~50%、主脉 2/3 变白、支脉变亮、少量至有成熟斑、茸毛较少至部分脱落。代谢组筛选出苯丙氨酸、酪氨酸、苣荬亭、肉桂醛、芥子酸等香气前体物质在 M1 处理中含量较高,推测这些可能是优质上部烟叶中关键的代谢物。

关键词:上部叶;成熟度;SPAD 值;代谢组学;品质

中图分类号:S572.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002–1302(2023)08–0079–07

成熟度是烤烟质量形成的关键要素之一,烟叶的田间成熟度影响烤后烟外观质量和化学成分的协调性^[1]。刘国顺等研究发现,上部叶叶龄在 75 d 时,烤后烟叶的中性致香物质含量和感官质量评价较高^[2]。袁晓霞等研究发现,随着成熟度的提高,

烟叶外观质量较好、化学成分协调,经济效益提高^[3]。但也有研究发现,成熟度越高,总糖、还原糖含量及糖碱比越低^[4]。由此可见,烟叶生产中通过叶龄和鲜烟叶在田间的外观特征,无法准确地判断成熟度^[5]。李旭华等研究发现,SPAD 值能够较准确地反映不同成熟度烟叶中叶绿素的相对含量^[6];彭翠云等运用广靶代谢组学,通过比较不同大田生长时间的差异代谢物,定性、定量地判断烟叶成熟度,从而明确适宜采收时期^[7]。

豫西地区是河南省主要烤烟产区之一,所产烟叶具有浓透清的风格特征。近年来,受气候变化因素影响,烤烟成熟后期常出现多雨、低温寡照的天

收稿日期:2022–11–08

基金项目:中国烟草总公司河南省公司科技项目(编号:20204100002700020);河南省自然科学基金(编号:212300410159)。

作者简介:杨 洋(1998—),男,福建三明人,硕士研究生,主要从事栽培生理研究。E-mail:yy13067009119@163.com。

通信作者:王 静,博士,讲师,硕士生导师,主要从事烟草栽培与逆境生理研究。E-mail:jingwang040922@henau.edu.cn。

[10]戴翠荣,赵晓雁,余 力,等. 氟节胺化学打顶对新疆棉花农艺性状及产量的影响[J]. 新疆农业科学,2015,52(8):1394–1398.

[11]杨成勋,姚贺盛,杨延龙,等. 化学打顶对棉花冠层结构指标及产量形成的影响[J]. 新疆农业科学,2015,52(7):1243–1250.

[12]Zhu X G, Long S P, Ort D R. Improving photosynthetic efficiency for greater yield[J]. Annual Review of Plant Biology, 2010, 61: 235–261.

[13]Raines C A. Increasing photosynthetic carbon assimilation in C₃ plant to improve crop yield: current and future strategies[J]. Plant Physiology, 2011, 155: 36–42.

[14]徐守振,左文庆,陈民志,等. 北疆植棉区滴灌量对化学打顶棉花植株农艺性状及产量的影响[J]. 棉花学报, 2017, 29(4): 345–355.

[15]刘开宇,王蜜蜂,崔延楠,等. 化学封顶棉花高产诊断指标鉴定及产量形成的生育规律[J]. 新疆农业科学, 2019, 56(2): 216–225.

[16]韩 辉. 棉花机械与人工打顶对比试验[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(5): 179.

[17]娄善伟,康正华,赵 强,等. 化学封顶高产棉花株型研究[J]. 新疆农业科学, 2015, 52(7): 1328–1333.

[18]毛树春. 我国棉花种植技术的现代化问题[J]. 中国棉花, 2010, 37(3): 2–5.

[19]董春玲,罗宏海,张亚黎,等. 喷施氟节胺对棉花农艺性状的影响及化学打顶效应研究[J]. 新疆农业科学, 2013, 50(11): 1985–1990.

[20]齐海坤,王 赛,徐东永,等. 不同棉区棉花 DPC 化学封顶技术研究[J]. 棉花学报, 2020, 32(5): 425–437.

气,导致上部叶普遍存在落黄困难、成熟采收晚、可用性不佳等情况。因此,本研究通过分析不同叶位上部叶田间采收成熟度的 SPAD 值、差异代谢物含量、采收的鲜烟叶外观特征、烤后烟叶质量评价等方面,以确定适宜的采收成熟度,为确立黄金叶品牌原料在该地区的优质上部叶采收标准、提高上部叶质量和可用性提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2021 年在河南省三门峡市灵宝市朱阳镇梁家庄村(110.41°E、34.19°N)进行。试验地土

壤类型为褐土,耕层土壤有机质含量 15.24 g/kg,速效钾含量 54.88 mg/kg,速效磷含量 15.36 mg/kg,碱解氮含量 66.50 mg/kg,pH 值为 8.05。

1.2 试验设计

供试品种为云烟 87。采用随机区组设计,设置 4 个成熟度梯度(M1、M2、M3、M4)和 2 个不同叶位(顶 1~3 和顶 4~6 叶位)(表 1)。4 个成熟度处理采收时间分别为移栽后 122、128、134、140 d。小区面积 0.033 hm²,每个处理 3 次重复。按照鲜烟叶成熟特征分别将顶 1~3(烤烟倒 1、2、3 叶位)与顶 4~6 叶位(倒 4、5、6 叶位)一次性采收并进行标记后编杆烘烤。

表 1 不同成熟度烟叶的外观特征

叶位	处理	叶面特征
顶 1~3	M1	叶面 30%~40% 变黄,叶尖发黄,主脉 2/3 变白,支脉变亮,少量成熟斑,茸毛较少脱落
	M2	叶面 40%~50% 变黄,叶尖黄白,主脉 2/3 变白,支脉变亮,有成熟斑,茸毛部分脱落
	M3	叶面 50%~60% 变黄,叶尖发白,主脉全白,支脉 1/3 变白,成熟斑稍多,茸毛大部分脱落
	M4	叶面 80%~90% 变黄,叶尖发白略枯,主脉全白发亮,支脉 2/3 变白,成熟斑较多,茸毛基本脱落
顶 4~6	M1	叶面 20%~30% 变黄,叶尖稍黄,主脉 2/3 变白,支脉部分变亮,少量成熟斑,茸毛较少脱落
	M2	叶面 30%~40% 变黄,叶尖黄白,主脉 2/3 变白,支脉变亮,有成熟斑,茸毛较少脱落
	M3	叶面 50%~60% 变黄,叶尖黄白,主脉全白,支脉变亮,成熟斑稍多,茸毛大部分脱落
	M4	叶面 70%~80% 变黄,叶尖发白略枯,主脉全白,支脉 1/3 变白,成熟斑较多,茸毛基本脱落

1.3 测定项目与方法

1.3.1 气象资料采集 气象资料为 2021 年 5 月 1 日至 9 月 30 日气象数据,由当地气象局提供。

1.3.2 鲜烟叶采收成熟特征判定 在烟叶采收时,在田间选取长势一致的鲜叶片,通过河南省三门峡市灵宝市公司的专家对叶色、叶脉变白程度、茸毛脱落程度、成熟斑点等进行测评。

1.3.3 鲜烟叶 SPAD 值测定 各处理于采收当日的 08:00—10:00,在各小区选取 10 株长势一致、产生具有相同成熟特征的烟株,用 SPAD-502 Plus 叶绿素测定仪(日本柯尼卡美能达仪器制造有限公司生产)测量烟叶的 SPAD 值,测量时将探头置于叶片主脉两侧的非叶梗部位,再对称取叶尖(第 3~4 支脉之间)、叶中(7~9 支脉之间)、叶基(12~13 支脉之间)6 个点,测定的 SPAD 值平均后得到该叶片的 SPAD 值。

1.3.4 代谢组学测定及分析 在烤烟打顶当天选择叶片长势一致的 50 株烟挂牌标记,取样部位为烤烟倒 1、2、3 叶位(顶 1~3)和倒 4、5、6 叶位(顶 4~6),5 张烟叶为 1 个生物学重复,共设 3 次重复。去除叶梗和较粗叶脉,将样品充分混合后用锡箔纸包

裹立即放于液氮中速冻,-80℃冰箱保存。利用超高效液相色谱-串联飞行时间质谱联用技术,对烟草不同处理样品进行代谢物测定。

1.3.5 烤后烟叶的外观质量评价 各处理取烟叶样品 2 kg 进行外观质量评价,根据烤烟分级国家标准 GB 2635—1992《烤烟》^[8]对各处理烤后 B2F 等级烟叶进行等级评定,对颜色、成熟度、叶片结构、身份、油分、色度进行赋分。

1.3.6 烤后烟叶的物理特性测定 各成熟度处理烤后 B2F 等级烟叶物理特性指标包括叶长、宽、厚度、单叶质量、拉力、叶质重及含梗率。叶片厚度利用 BHZ-1 型薄片厚度器测定;叶质重用 1 cm 打孔器打 20 个小圆片用铝盒承装后烘干称质量;叶长、宽采用测量法;单叶质量与含梗率采用称质量法;拉力使用 ZKW-3 型烟草薄片抗张试验机测定。

1.3.7 烤后烟叶的化学成分测定 各处理取调制后 B2F 烟叶样品各 1.0 kg 分析其化学成分。化学成分测定指标包括总糖、还原糖、钾、烟碱、总氮、淀粉,采用 AAⅢ型连续流动化学分析仪,按照 YC/Z 240—2008《烟草及烟草制品标准体系》^[9]测定。

1.3.8 烤后烟叶的中性致香物质含量测定 中性

致香物质的提取采用同时蒸馏萃取法;定性定量分析通过 GC/MS 鉴定和 NIST 库检索定性,采用内标法定量。

1.3.9 烤后烟叶的感官评吸质量测定 各处理取调制后 B2F 烟叶样品进行感官质量评价。烟叶感官质量参照 YC/T 138—1998《烟草及烟草制品感官评价方法》^[10] 进行,由河南中烟工业有限责任公司技术中心 5 名专家进行评吸,各指标最大标度为 9。

感官质量总分 = (香气质 × 0.3 + 香气量 × 0.3 + 杂气 × 0.08 + 刺激性 × 0.15 + 余味 × 0.17) × 11.1。

1.4 数据处理与统计分析

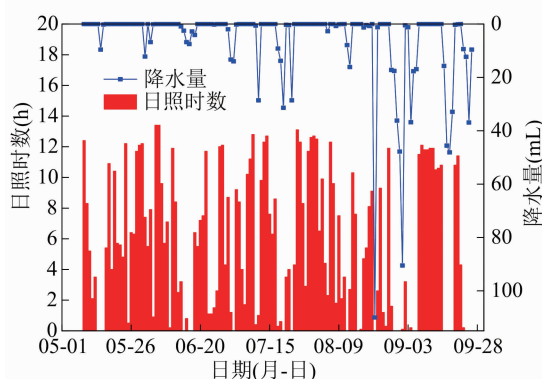
采用 SPSS 25.0 对统计后的数据进行显著性分析,并运用 Duncan's 法多重比较。运用 Origin 2018 与 Excel 2016 进行绘图和数据统计;采用 SimcaP v13.0 和 EZinfo 3.0 进行多维统计分析,筛选差异

代谢物。

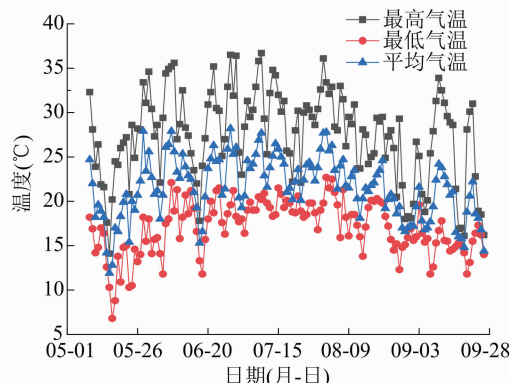
2 结果与分析

2.1 全生育期内气象变化情况

图 1 所示为生育期内试验地的气象变化情况,各成熟度处理的还苗期、伸根期、旺长期、成熟期的降水量分别占全生育期的 1.19% ~ 1.58%、2.33% ~ 3.08%、6.59% ~ 8.73%、86.60% ~ 89.89%。日均温在生育期内呈现先上升后下降的趋势,且随着采收时间的延迟,日均温先上升后下降。日均日照时数在 M1 处理的生育期内表现为生根期 > 现蕾 - 圆顶 > 旺长期 > 圆顶 - 采收 > 还苗期,而在 M2、M3、M4 处理的生育期内表现为伸根期 > 现蕾 - 圆顶 > 圆顶 - 采收 > 旺长期 > 还苗期,由此可以看出,三门峡烟区上部叶成熟期(圆顶 - 采收)多雨、气温低、日照时数较短。



A. 生育期内的日照时数及降雨情况



B. 生育期内的气温情况

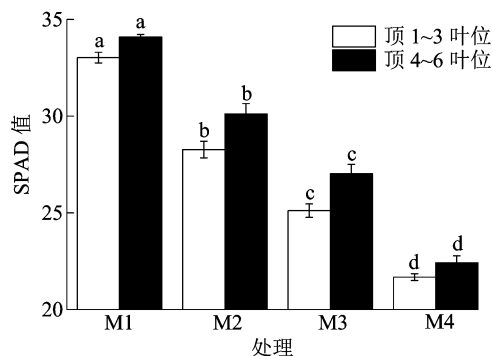
图1 2021 年生育期内的气象条件

2.2 不同成熟度对上部叶 SPAD 值的影响

由图 2 可知,随着成熟度的提高不同叶位的叶片 SPAD 值均下降,顶 1 ~ 3 叶位和顶 4 ~ 6 叶位的各成熟度处理间的 SPAD 值存在显著差异。不同叶位间的 SPAD 值表现为顶 1 ~ 3 叶位的 SPAD 值低于顶 4 ~ 6 叶位。

2.3 不同成熟度对上部叶次生代谢物的影响

由图 3 可以看出,苯丙烷合成通路中的苯丙氨酸(phenylalanine)、酪氨酸(tyrosine)、4-乙烯基苯酚(4-vinylphenol)、茛菪亭(scopoletin)、芥子酸(sinapic acid)、4-羟基肉桂酸(4-hydroxycinnamic acid)、肉桂醛(cinnamaldehyde)在 4 个成熟度叶片中的含量依次为 M1 > M2 > M4 > M3。芥子醇、香豆素含量均表现为成熟度较高的 M3、M4 高于成熟度较低的 M1、M2 处理。由图 4 可以看出,苯丙氨酸代



柱上不同小写字母表示同一叶位不同处理间在 0.05 水平差异显著(P<0.05)

图2 不同成熟度的 SPAD 值

谢通路中较低成熟度 M1 处理的 3-羟基苯乙酸(3-hydroxyphenylacetic acid)、苯乙胺(phenethylamine)、苯丙氨酸(phenylalanine)、酪氨酸(tyrosine)这 4 种香气前体物质含量显著高于其

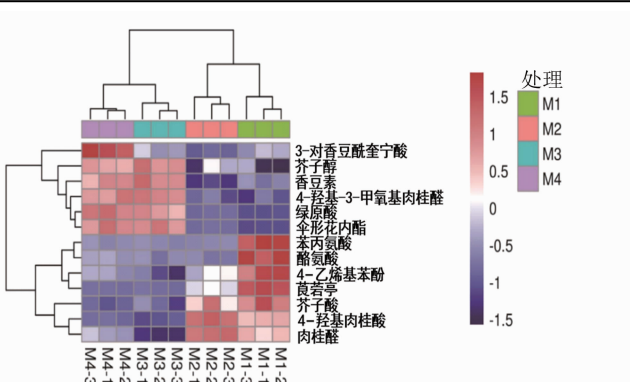


图3 不同成熟度的差异代谢物中苯丙烷合成通路物质聚类分析

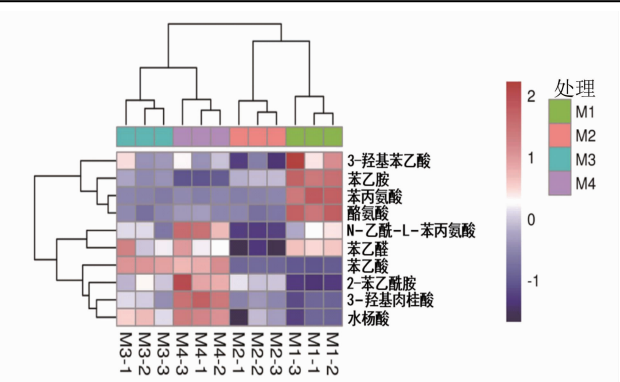


图4 不同成熟度的差异代谢物中苯丙氨酸代谢通路物质聚类分析

他处理。

2.4 不同成熟度对上部叶烤后烟叶外观质量的影响

由表 2 可以看出,不同成熟度对烤后烟叶外观质量有一定影响,不同采收成熟度的顶 1~3 叶位和顶 4~6 叶位的各处理随着采收成熟度的增加,颜色、成熟度、疏松度、色度得分均有所提高,叶面颜色均在桔黄范围;成熟度为尚熟至成熟;疏松度稍密至尚疏松;身份稍厚趋稍薄;油分有至稍有;色度中至强。顶 1~3 叶位和顶 4~6 叶位随着成熟度增加,身份与油分有所降低。整体上,顶 1~3 叶位和顶 4~6 叶位均以 M3 处理的外观质量较好。

表 2 不同成熟度的烤后烟叶外观质量

部位	处理	得分						总分
		颜色	成熟度	疏松度	身份	油分	色度	
顶 1~3 叶位	M1	7.5	7.0	5.0	6.7	7.2	5.8	39.2
	M2	8.0	7.5	5.5	6.5	7.2	6.0	40.7
	M3	8.5	8.5	5.7	6.5	7.0	7.5	43.7
	M4	8.2	8.5	5.7	6.2	7.0	7.2	42.8
顶 4~6 叶位	M1	8.0	7.5	5.2	6.7	7.2	6.0	40.6
	M2	8.0	7.5	5.5	6.7	7.2	6.5	41.4
	M3	8.5	8.2	6.0	6.5	7.0	7.5	43.7
	M4	8.2	8.5	5.7	6.2	7.0	7.2	42.8

2.5 不同成熟度对上部叶烤后烟叶物理特性的影响

由表 3 可知,随着成熟度的增加,顶 1~3 叶位和顶 4~6 叶位除含梗率外其余指标均呈现下降趋势;叶宽和叶面积表现基本一致,各叶位均以 M1、M2 处理的显著高于其余处理。顶 1~3 叶位和顶 4~6 叶位较低成熟度的 M1 和 M2 处理含梗率相对较低,单叶质量、叶质重适宜,工业可用性较强。

表 3 不同成熟度的烤后烟叶物理特性

部位	处理	叶长 (cm)	叶宽 (cm)	叶面积 (cm ²)	单叶质量 (g)	含梗率 (%)	叶厚 (mm)	拉力 (N)	叶质重 (g/m ²)
顶 1~3 叶位	M1	71.30a	22.10a	999.78a	18.90a	20.79c	0.106a	3.81a	106.53a
	M2	70.73ab	22.03a	988.90a	18.35a	23.56b	0.097b	3.73a	97.38b
	M3	70.03bc	21.13b	939.09b	17.64b	25.50a	0.089c	3.44b	81.75c
	M4	69.80c	20.63b	913.81b	16.65c	24.39b	0.082d	3.25b	75.94d
顶 4~6 叶位	M1	72.23a	23.23a	1 064.86a	18.97a	21.00c	0.097a	3.91a	104.07a
	M2	71.83a	22.93a	1 045.25a	18.46ab	21.81c	0.093ab	3.78a	96.44b
	M3	71.00b	22.30b	1 004.57b	17.90b	25.94a	0.087b	3.46b	81.73c
	M4	70.17c	21.53c	958.74c	16.95c	24.70b	0.080c	3.26c	77.38d

注:同一叶位同列数据后不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著(P<0.05)。表 4、表 6 同。

2.6 不同成熟度对上部叶烤后烟叶化学成分的影响

由表 4 所示,各叶位的总糖、还原糖、淀粉、总氮含量及糖碱比、氮碱比均随着成熟度的增加而降低,烟碱含量则有所增加。顶 1 ~ 3 叶位各处理间的还

原糖含量及糖碱比间存在显著差异;M2 处理的总糖、还原糖、淀粉含量较高,钾、总氮含量也较高,糖碱比、氮碱比、两糖比适宜,化学成分较为协调,M3 次之。顶 4 ~ 6 叶位各处理中 M2 的钾和总氮含量较高,两糖比、氮碱比适宜,化学成分更加协调。

表 4 不同成熟度的烤后烟叶化学成分

部位	处理	总糖含量 (%)	还原糖含量 (%)	烟碱含量 (%)	钾含量 (%)	淀粉含量 (%)	总氮含量 (%)	糖碱比	两糖比	氮碱比
顶 1 ~ 3 叶位	M1	31.62a	28.68a	1.98d	1.33b	8.83a	2.05a	14.48a	0.91b	1.03a
	M2	28.30b	27.24b	2.30c	1.42a	7.63b	1.95b	11.84b	0.96a	0.85b
	M3	26.00c	24.44c	2.84b	1.33b	5.84c	1.89c	8.37c	0.94ab	0.66c
	M4	24.86c	22.69d	2.92a	1.26c	5.29c	1.86c	7.98d	0.91b	0.64c
顶 4 ~ 6 叶位	M1	33.11a	30.88a	1.84d	1.16c	8.46a	2.02a	16.81a	0.93a	1.10a
	M2	28.66b	27.10b	2.23c	1.29a	7.77b	1.93b	12.14b	0.95a	0.86b
	M3	26.87c	25.30c	2.72b	1.22b	5.77c	1.86c	9.30c	0.94a	0.68c
	M4	25.29d	23.41d	2.83a	1.20bc	5.10d	1.84c	8.28d	0.93a	0.65d

2.7 不同成熟度对上部叶烤后烟叶中性致香物质的影响

由表 5 可以看出,随着成熟度的提高,顶 1 ~ 3 叶位和顶 4 ~ 6 叶位各成熟度处理的类胡萝卜素降解产物、叶绿素降解产物、棕色化降解产物、苯丙氨酸降解产物、西柏烷类降解产物的含量及中性致香物质总量呈下降趋势;差异显著性表明,除顶 4 ~ 6 叶位的棕色化降解产物含量及苯丙氨酸降解产物外,顶 1 ~ 3 与顶 4 ~ 6 叶位的其余不同处理的各指标间均具有显著差异。

2.8 不同成熟度对上部叶烤后烟叶感官质量的影响

由表 6 可知,上部叶的感官质量总体表现为随成熟度的增加而下降,在顶 1 ~ 3 叶位中 M1 和 M2 处理的香气质好、香气量足,总体表现为 M1 > M2 > M3 > M4;顶 4 ~ 6 叶位中除了香气量、杂气、余味、回甜外其余各项指标在处理间的规律与顶 1 ~ 3 叶位大致相同,刺激性得分随着采收成熟度的增加而降低,M1 处理的感官质量评价总得分最高,高成熟度处理 M4 的总得分最低,且各处理间具有显著差异。对比顶 1 ~ 3 叶位与顶 4 ~ 6 叶位的感官评价结果,能够看出顶 1 ~ 3 叶位的浓度、余味略欠于顶 4 ~ 6 叶位,总体得分以顶 4 ~ 6 叶位更佳。

3 讨论与结论

光、温、水对于烟草的质量及风格特色的形成至关重要,优质烤烟上部叶的形成是合理的气候条

件与适宜的栽培技术的集成。有研究表明,成熟期低温寡照会造成烤后烟叶总糖、还原糖含量降低,品质下降^[11-12]。本试验通过比较不同成熟度处理的化学成分,发现随着采收成熟度的提高,糖碱比、氮碱比等有所降低,化学成分协调性变差,这与席奇亮等的研究结果^[4,13]一致,可能低温寡照条件致使转化酶等催化形成单糖的酶活性降低,从而导致糖类物质合成减少^[14]。本研究呼吸结果显示,随着成熟度的提高,顶 1 ~ 3 叶位与顶 4 ~ 6 叶位的回甜感降低,刺激性增强,香气特性、烟气特性、口感特性逐渐降低,同时还导致枯焦味渐显,烟气变粗糙,焦甜香、正甜香风格特征减弱。通过气象资料分析,发现该地区主要存在旺长期高温干旱,成熟期低温、寡照、多雨,导致烤烟生育期延长,且后期病害多,推测可能是因为成熟度较高的烟叶在田间生长周期较长且后期遭受到不良环境因子胁迫后香气前体物质含量逐渐减少,油分降低的结果。

此外,本研究通过广靶代谢组学分析发现,不同成熟度的差异代谢物芥子醇、香豆素的含量在 M3、M4 处理中高于 M1、M2 处理,推测可能由于这些物质与木质素合成密切相关^[15],而木质素与油分和吸食品质呈显著负相关^[16],从而导致成熟度越高,油分及吸食品质反而降低。苯丙氨酸代谢通路中的差异代谢物苯甲醇、苯乙醇、苯乙醛等是重要的烟草香味物质的前体物^[17],酪氨酸在烟叶香气品质较好的烟叶中含量较高^[18]。本研究发现,鲜烟叶中的酪氨酸、苯丙氨酸在 M1 处理上调,同时中性致

表 5 不同成熟度的烤后烟叶中性致香物质含量

μg/g

香气种类	香气成分	顶 1 ~ 3 叶位				顶 4 ~ 6 叶位			
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
类胡萝卜素降解产物	6 - 甲基 - 5 庚烯 - 2 - 醇	1. 651c	1. 806bc	1. 912b	2. 127a	1. 917b	2. 114a	1. 825bc	1. 724c
	芳樟醇	0. 610c	0. 636c	0. 722b	0. 779a	0. 577c	0. 738a	0. 678b	0. 701b
	氧化异佛尔酮	0. 177a	0. 165b	0. 130c	0. 116d	0. 162a	0. 136b	0. 115c	0. 109c
	β - 大马酮	16. 840a	15. 780b	15. 052c	15. 649b	16. 520b	16. 853a	15. 915c	15. 664d
	β - 二氢大马酮	11. 813a	9. 372b	8. 427c	9. 033b	9. 442a	7. 232c	8. 390b	7. 376c
	香叶基丙酮	2. 079c	2. 266b	2. 391b	2. 604a	1. 778d	2. 487a	2. 011c	2. 281b
	二氢猕猴桃内酯	2. 568a	2. 095b	1. 593c	1. 453c	0. 911b	0. 590c	0. 986a	0. 994a
	巨豆三烯酮 1	1. 532a	1. 320b	0. 992c	0. 863d	1. 118a	0. 818c	0. 970b	0. 721d
	巨豆三烯酮 2	6. 223a	4. 227b	3. 740c	3. 931bc	5. 245a	3. 305c	3. 565b	3. 248c
	巨豆三烯酮 3	7. 353b	11. 235a	11. 443a	7. 639b	7. 109b	8. 467a	8. 083a	7. 146b
	3 - 羟基 - β - 二氢大马酮	1. 390a	1. 205b	0. 976c	0. 911c	1. 181a	0. 975b	0. 882c	0. 739d
	巨豆三烯酮 4	8. 212b	8. 688a	7. 137d	7. 758c	8. 159a	6. 082c	7. 317b	5. 257d
	螺岩兰草酮	1. 198b	1. 576a	0. 761c	0. 710c	0. 866a	0. 939a	0. 575b	0. 605b
	法尼基丙酮	7. 370a	6. 242c	7. 324a	6. 730b	6. 459b	8. 475a	6. 534b	5. 527c
	总量	69. 015a	66. 615b	62. 600c	60. 303d	61. 445a	59. 209b	57. 845c	52. 092d
叶绿素降解产物	新植二烯	529. 200a	513. 875b	444. 286c	422. 207d	550. 922a	522. 146b	476. 862c	436. 232d
棕色化产物	糠醛	22. 937a	21. 873a	15. 782b	13. 482c	21. 766a	20. 504b	15. 142c	13. 662d
	糠醇	1. 459a	1. 333bc	1. 255c	1. 347b	1. 124c	1. 712a	1. 222b	0. 935d
	2 - 乙酰基呋喃	1. 060a	0. 727b	0. 653c	0. 575d	0. 865a	0. 492c	0. 632b	0. 569bc
	5 - 甲基糠醛	1. 481b	1. 484b	1. 772a	1. 333c	1. 153b	1. 160b	1. 397a	1. 112bc
	6 - 甲基 - 5 庚烯 - 2 - 酮	1. 898c	3. 269a	2. 140bc	2. 522b	1. 702c	2. 068b	2. 302a	2. 368a
	3, 4 - 二甲基 - 2, 5 - 呋喃二酮	0. 558b	0. 720a	0. 749a	0. 705a	0. 495c	0. 762a	0. 641b	0. 632b
	2 - 乙酰基吡咯	0. 302a	0. 192c	0. 170d	0. 262b	0. 251a	0. 206b	0. 145d	0. 171c
	2, 6 - 壬二烯醛	3. 543a	1. 708b	0. 975c	0. 683d	3. 348a	2. 939b	0. 937c	0. 930c
	藏花醛	0. 067b	0. 068b	0. 098a	0. 067b	0. 062b	0. 060b	0. 076a	0. 065b
	β - 环柠檬醛	0. 709c	0. 783b	0. 872a	0. 826ab	0. 701d	0. 994a	0. 798c	0. 899b
	总量	34. 005a	32. 165b	24. 482c	22. 849d	31. 473a	30. 896a	23. 291b	21. 374c
苯丙氨酸类降解产物	苯甲醛	0. 253c	0. 247c	0. 350a	0. 306b	0. 228c	0. 300b	0. 325a	0. 337a
	苯甲醇	9. 144a	7. 880b	7. 283c	7. 375c	9. 630a	7. 312b	7. 101b	7. 043b
	苯乙醛	1. 246a	1. 072b	1. 220a	1. 184a	1. 416a	1. 224b	1. 396a	1. 392a
	苯乙醇	1. 759a	1. 608b	1. 503c	1. 443c	1. 888a	1. 746b	1. 672b	1. 283c
	总量	12. 402a	10. 808b	10. 357c	10. 309c	13. 162a	10. 582b	10. 494b	10. 055c
西柏烷类降解产物	茄酮	104. 576a	88. 517b	77. 034c	67. 920d	119. 669a	102. 229b	91. 212c	82. 913d
中性致香成分总量		749. 198a	711. 981b	618. 759c	583. 588d	776. 671a	725. 062b	659. 704c	602. 666d

注:同一叶位同行数据后不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著($P<0.05$)。

香物质总量均以 M1 处理最高。上部叶各叶位的类胡萝卜素降解产物、叶绿素降解产物、棕色化降解产物、苯丙氨酸降解产物、西柏烷类降解产物含量均随成熟度的提高而降低。这和高真真等的研究结果^[19-20]不一致。推测可能是豫西烟区成熟期的长时间降雨,导致土壤水分含量较高,较迟采收的成熟度处理受水分胁迫细胞器受损的同时叶片衰

老加剧,造成烤烟物质代谢紊乱,阻碍了部分致香前体物质的合成^[21-23]。西柏烷类物质降解产物含量降低,则可能与雨水冲刷导致腺毛分泌物的含量减少有关^[24-25]。由于烟叶产质量受生态因子影响显著,建议豫西烟区在后期降雨较多时适时早采,保产量的同时提高烤烟上部叶质量。

本研究综合生态因子、差异代谢物以及各项品

表 6 不同成熟度的烤后烟叶感官质量评价

部位	处理	香气特性得分			烟气特性得分		口感特性得分			总分
		香气质	香气量	杂气	浓度	劲头	余味	刺激性	回甜	
顶 1 ~3 叶位	M1	6.50a	6.33a	6.50a	6.33a	中	6.33a	6.30a	6.40a	70.95a
	M2	6.50a	6.30a	6.30a	6.10b	中	6.13b	6.37a	6.40a	70.39b
	M3	6.23b	6.03b	6.03b	6.03b	中	5.97c	6.17b	6.27b	67.73c
	M4	5.97c	5.87c	5.87c	5.87c	中	5.90c	5.93c	6.00c	65.63d
顶 4 ~6 叶位	M1	6.53a	6.53a	6.43a	6.50a	中	6.50a	6.30a	6.47a	71.98a
	M2	6.43a	6.33b	6.30b	6.33b	中	6.40b	6.35a	6.23b	70.73b
	M3	6.17b	6.17c	6.20c	6.30b	中	6.27c	6.17b	6.20b	68.67c
	M4	5.97c	5.97d	6.03d	6.00c	中	6.03d	5.93c	6.00c	66.36d

质指标分析得出,上部叶成熟度为 M1、M2 时,SPAD 值在 28 ~34 范围内,叶面落黄程度为 20% ~50%、主脉 2/3 变白,支脉变亮,少量至有成熟斑,茸毛较少至部分脱落。此时烤后烟叶化学成分协调,中性致香物质含量、感官质量评价较好,工业可用性强。

参考文献:

[1]金亚波,李天福,屈 冉. 烤烟成熟度研究现状与展望[J]. 云南农业大学学报,2006,21(2):196-200.

[2]刘国顺,张晓远,毕庆文,等. 采收时间对烤烟烟叶中性致香物质和感官质量的影响[J]. 中国农学通报,2010,26(22):132-136.

[3]袁晓霞,李舒雯,王生才,等. 不同采收方式和成熟度对烤烟上部叶质量和经济效益的影响[J]. 江西农业学报,2013,25(12):53-56.

[4]席奇亮,章 程,菅攀峰,等. 延迟采收时间对稻茬烤烟上部烟叶产质量的影响[J]. 作物研究,2021,35(3):225-231.

[5]彭海峰,王怡明,刘如春,等. 成熟度对烟叶质量的影响[J]. 湖南农业科学,2009(4):31-35.

[6]李旭华,扈 强,潘义宏,等. 不同成熟度烟叶叶绿素含量及其与 SPAD 值的相关分析[J]. 河南农业科学,2014,43(3):47-52,58.

[7]彭翠云,汪海燕,史宏志,等. 延迟采收对豫中烤烟上部叶生理指标和代谢组学的影响[J]. 核农学报,2021,35(11):2655-2663.

[8]国家技术监督局. 烤烟:GB 2635—1992[S]. 北京:中国标准出版社,1992.

[9]国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品标准体系:YC/Z 240—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.

[10]国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 感官评价方法:YC/T 138—1998[S]. 北京:中国标准出版社,1998.

[11]杨兴有,刘国顺,伍仁军,等. 不同生育期降低光强对烟草生长发育和品质的影响[J]. 生态学杂志,2007,26(7):1014-1020.

[12]陈芊如,丁蓬勃,胡希好,等. 外源壳寡糖对低温胁迫条件下烟草幼苗的保护作用[J]. 江苏农业科学,2022,50(1):80-85.

[13]朱 忠,洗可法,尚希勇. 中上部不同成熟度烤烟烟叶与主要化学成分和香味物质组成关系的研究[J]. 中国烟草学报,2008,14(1):6-12.

[14]王红丽. 遮阴对浓香型烤烟光合生理及质量风格的影响[D]. 郑州:河南农业大学,2015:37-38.

[15]黎旺姐,李 勇,崔明昆,等. 烟草氨基酸代谢及其调控机制[J]. 安徽农业科学,2016,44(21):15-19.

[16]刘晓冰,孟 霖,梁 盟,等. 武陵山区烤烟上部叶片纤维素、木质素含量与质量指标间相关性研究[J]. 中国农学通报,2015,31(7):235-240.

[17]赵铭钦. 卷烟调香学[M]. 北京:中国农业出版社,2013:200-201.

[18]王树声,王宝华,李雪震,等. 烤烟烟叶中游离氨基酸与内在质量关系的研究[J]. 中国烟草科学,2002,23(4):4-7.

[19]高真真,李建华,杨明坤,等. 移栽期和采收期对豫中烤烟上六片叶经济性状和品质特性的影响[J]. 河南农业科学,2019,48(10):54-63.

[20]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,2008,23(3):146-150.

[21]蔺万煌,李艳红,萧浪涛,等. 淹水对烟草生理特性的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2001,27(5):339-342.

[22]李祖良,刘国顺,张庆明,等. 成熟期淹水对烤烟石油醚提取物、主要化学成分及致香物质含量的影响[J]. 核农学报,2012,26(2):369-374.

[23]邵 岩,李鹏飞,周冀衡,等. 土壤水分状况对成熟期烤烟致香成分影响的研究[C]//中国烟草学会 2006 年学术年会论文集. 广州,2007:292-298.

[24]孔光辉,宗 会. 不同部位成熟烟叶腺毛密度及其分泌物的研究[J]. 中国农学通报,2006,22(12):108-110.

[25]李鹏飞. 腺毛分泌物对烤烟香味物质影响及水分调控作用的研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2006:32-40.