

引用格式:

邓小华, 周海宽, 张守荣, 金江华, 李旭, 郭伟, 于大鹏, 秦凌, 成勃松. 适合湘南烟稻复种区的上部烟叶一次性采烤叶片数量研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2024, 50(6): 22–30.

DENG X H, ZHOU H K, ZHANG S R, JING J H, LI X, GUO W, YU D P, QIN L, CHENG Q S. Study on the number of upper leaves harvested at one-time suitable for tobacco-rice rotation in southern Hunan[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2024, 50(6): 22–30.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



适合湘南烟稻复种区的上部烟叶一次性采烤叶片数量研究

邓小华¹, 周海宽¹, 张守荣², 金江华², 李旭^{2*}, 郭伟², 于大鹏², 秦凌³, 成勃松³

(1.湖南农业大学农学院, 湖南 长沙 410128; 2.吉林烟草工业有限责任公司, 吉林 延吉 130031; 3.湖南省烟草公司永州市公司, 湖南 永州 425099)

摘要: 为探寻湘南烟稻复种区烤烟上部烟叶一次性采收的适宜叶片数, 以云烟87和湘烟7号为材料, 设计一次性采收5片、6片、7片烟叶3个水平, 测定上部烟叶一次性采收叶片数的不同叶位的SPAD值, 分析不同采收叶片数的烤后烟叶经济性状和烟叶品质。结果表明: 随上部烟叶采收叶片数增加, 不同叶位的鲜烟叶SPAD值变异系数增加, 成熟度差异大, 烘烤后的正组烟叶比例、单叶质量、叶片厚度、单位叶面积质量、烟碱含量、绿原酸含量、评吸质量下降, 杂色烟叶和微带青烟叶比例增加, 淀粉含量和两糖比增加。采收5片烟叶较7片烟叶的正组烟叶比例提高9.6~11.7个百分点, 上等烟率提高9.1~21.2个百分点, 外观质量指数提高10.1%~10.6%, 感官质量指数提高4.6%。云烟87采收6片烟叶的综合效果指数较采收5片、7片烟叶的分别提高0.16%、3.52%; 湘烟7号采收6片烟叶的综合效果指数较采收5片、7片烟叶的分别提高3.97%、7.39%。综合烤后烟叶品质指标和经济指标, 湘南烟稻复种区的云烟87上部烟叶一次性采收的适宜叶片数为5~6片, 湘烟7号为6片。

关键词: 烤烟上部烟叶; 采收叶片数; 烟叶品质; 经济性状; 湘南烟稻复种区

中图分类号: S572.09

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2024)06-0022-09

Study on the number of upper leaves harvested at one-time suitable for tobacco-rice rotation in southern Hunan

DENG Xiaohua¹, ZHOU Haikuan¹, ZHANG Shourong², JING Jianghua², LI Xu^{2*},
GUO Wei², YU Dapeng², QIN Ling³, CHENG Qingsong³

(1.College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; 2.Jilin Tobacco Industry Company Limited, Yanji, Jilin 130031, China; 3.Hunan Yongzhou Municipal Tobacco Company, Yongzhou, Hunan 425099, China)

Abstract: To explore the appropriate number of leaves for one-time harvesting of upper tobacco leaves in the tobacco-rice rotation region in southern Hunan, using flue-cured tobacco varieties Yunyan87 and Xiangyan7 as materials, a 3-level(5 leaves, 6 leaves, and 7 leaves) one-time harvesting experiment was designed. The SPAD values of leaves from different leaf positions were determined, and the economic traits and the quality of flue-cured tobacco were analyzed. The results showed that as the number of harvested upper tobacco leaves increased, the coefficient of variation of SPAD values and the maturity differences among leaves from different leaf positions increased. The proportions of positive group tobacco leaves, single leaf weight, leaf thickness, leaf mass per unit area, nicotine content, chlorogenic acid content, and smoking quality of the cured tobacco leaves decreased, while the proportion of variegated tobacco leaves

收稿日期: 2024-06-19

修回日期: 2024-10-18

基金项目: 吉林烟草工业有限责任公司科技项目(KJXM-2023-15)

作者简介: 邓小华(1965—), 男, 湖南永州人, 博士, 教授, 主要从事烟草科学与工程技术研究, yzdxh@163.com; *通信作者, 李旭, 硕士, 工程师, 主要从事烟叶原料生产和管理研究, lixu@jilintobacco.com.cn

and slightly green tobacco leaves, as well as the starch content and the ratio of reducing sugar to total sugar increased. Harvesting 5 tobacco leaves instead of 7 could increase the proportion of positive group tobacco leaves by 9.6% to 11.7%, increase the rate of high-grade tobacco by 9.1% to 21.2%, increase the appearance quality index by 10.1% to 10.6%, and increase the sensory quality index by 4.6%. The comprehensive effect indexes of Yunyan87 harvested with 6 leaves were 0.16% and 3.52% higher than that of Yunyan87 harvested with 5 leaves and 7 leaves, respectively. The comprehensive effect indexes of Xiangyan7 harvested with 6 leaves were 3.97% and 7.39% higher than that of Yunyan87 harvested with 5 leaves and 7 leaves, respectively. Based on the comprehensive quality and economic indicators of the cured tobacco leaves, the appropriate number of leaves for one-time harvesting of upper tobacco leaves in tobacco-rice rotation region of southern Hunan is 5 to 6 leaves for Yunyan87 and 6 leaves for Xiangyan7.

Keywords: upper flue-cured tobacco leaves; number of harvested tobacco leaves; quality of tobacco leaf; economic character; multi-planting area of tobacco-rice in south of Hunan

上部烟叶在中式卷烟配方中具有重要作用^[1-2]。

上部烟叶传统采收方式是分2~3次采收, 导致顶部1~3片烟叶组织结构僵硬、化学成分协调性差^[3-4], 推广上部烟叶一次性采收技术对提升上部烟叶质量及工业可用性具有重要意义^[5-6]。上部烟叶一次性采收包括一次性逐叶采收^[7]和带茎砍烤^[8]。一次性逐叶采收有按叶位2~3片分置烘烤^[9-10]和同房烘烤^[2], 其采收叶片数^[11-13]、采收成熟度^[14-15]和烘烤工艺^[16]一直是研究热点。不同烟区烤烟种植品种不同、施肥方式不同、生态环境不同, 其上部烟叶烘烤特性^[17-18]和调制工艺不同, 采收的叶片数也不尽相同。目前推广4~6片上部烟叶一次性采收技术, 有的烟区一次性采收6~7片^[11], 有的烟区采收4~5片^[12], 还有的烟区采收4片^[13]。湘南烟稻复种区的烤烟施肥水平高^[19-20], 留叶数一般较少(16片左右), 为减少采烤用工和推广机械化采收, 正在推广3次采烤技术, 相关的烘烤工艺^[21-22]和采收成熟度^[23-24]研究较多, 但有关上部烟叶一次性采收的叶片数尚无定论。笔者以湘南烟稻复种区(蓝山县)烤烟云烟87和湘烟7号为材料, 研究稻茬烤烟上部烟叶一次性采收的适宜叶片数, 考察了不同采收叶片数的鲜烟叶SPAD值和烤后烟叶品质及经济性状指标, 并采用模糊评价方法确定了适宜的采收叶片数, 旨在为稻茬烤烟采烤技术标准的制定提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

试验烤烟品种为云烟87和湘烟7号。

1.2 试验设计

试验于2023年在湖南省永州市蓝山县(112°54'E ~ 112°2'E, 25°01'N ~ 25°37'N)进行。试验烟田位于海拔256 m的山地。土壤质地为粉砂质黏壤土, pH为7.68, 有机质含量51.68 g/kg, 全氮含量3.26 g/kg, 碱解氮含量211.31 mg/kg, 全磷含量1.32 g/kg, 有效磷含量43.67 mg/kg, 全钾含量7.49 g/kg, 速效钾含量329.82 mg/kg。烤烟漂浮育苗, 3月18日移栽, 种植密度16 500 株/hm², 烤烟氮肥施用总量为180 kg/hm², 留叶数为16~18片, 7月11日采收上部叶, 其他田间管理措施按照蓝山县烤烟生产技术规范进行。烤烟置于气流上升式密集烤房烘烤, 每烤房装烟量约为4 000 kg。2个品种上部烟叶一次性逐叶采收设3个采收叶片数水平, 共6个处理: YT5(云烟87, 采收叶片数5片), YT6(云烟87, 采收叶片数6片), YT7(云烟87, 采收叶片数7片), XT5(湘烟7号, 采收叶片数5片), XT6(湘烟7号, 采收叶片数6片), XT7(湘烟7号, 采收叶片数7片)。当采收中部烟叶时, 按试验设计的采收叶片数要求, 留足叶片数, 从上往下按D1至D7标记叶位。所有处理烟叶在同一烤房中采用中温中湿工艺^[2]烘烤。每个处理重复3次, 每个重复为5秆烟叶, 分别装在烤房的上、中、下层。当上部D3叶位的鲜烟叶叶面变黄50%~70%、叶尖变黄、茸毛部分脱落、主脉变白4/5、支脉变白1/3、叶缘卷曲、叶尖下勾、叶尖约1/3出现少量成熟斑(图1)时, 一次性逐叶采收上部烟叶。



图1 鲜烟叶成熟特征

Fig.1 Maturity characteristic on fresh tobacco leaf

1.3 测定项目及方法

1.3.1 鲜烟叶SPAD值的测定

每个处理选择5株烟,于上部烟叶采收时,在每片烟叶的主脉两侧约3 cm处各对称选择3个点,共6个点,用便携式SPAD-502 plus(日本Konica Minolta)叶绿素测定仪逐叶测定鲜烟叶的SPAD值。

1.3.2 烤后烟叶经济性状的检测

依照文献[25]中的方法,对试验烟叶进行分级,主要统计两类指标:一是数计正组(BL、BF、BR、HF等级)、杂色(烟叶表面杂色面积占比 $\geq 20\%$)和微带青(黄色烟叶上叶脉带青或叶片含微浮且面积占比 $\geq 10\%$)烟叶数量,计算它们所占比例;二是称量不同等级烟叶质量,计算上等烟的质量百分比(即上等烟率),按收购价计算烟叶均价。

1.3.3 烤后烟叶品质检测指标及方法

(1) 外观质量赋分。参照文献[25]的方法,选择D3和D4叶位烟叶,对烟叶颜色、成熟度、叶片结构、身份、油分、色度等,逐叶、逐项进行定量赋分评价。

(2) 烟叶物理性状测定。参照文献[26]的方法,以B2F等级烟叶(D3和D4叶位)作为代表性样品,各处理挑选20片烤后烟叶平衡水分,测定单叶质量、含梗率、平衡含水率、叶片厚度、单位叶面积质量等,计算叶宽与叶长比并将其转化为开片度。

(3) 化学成分测定。以B2F等级烟叶作为代表性样品,测定烟碱、总氮、总糖、还原糖、淀粉、绿原酸、氯、钾含量,其中钾含量采用火焰光度法(英国Sherwood公司M410火焰光度计)测定,其他指标采

用连续流动分析仪(SKALAR San++)测定。两糖比为总糖与还原糖含量的比值,糖碱比为总糖与烟碱含量的比值。

(4) 单料烟感官赋分。以B2F等级烟叶作为代表性样品,参照YC/T 138—1998《烟草及烟草制品》的方法赋分鉴评,评价指标有香气质(满分20分)、香气量(满分18分)、透发性(满分6分)、杂气(满分8分)、细腻程度(满分6分)、柔和程度(满分6分)、圆润感(满分8分)、刺激性(满分10分)、干燥感(满分8分)、余味(满分10分)等。

1.4 数据处理

采用Microsoft Excel 2003和SPSS 17.0等软件进行数据分析及作图。一次性采收叶片数模糊综合评价采用如下方法。

(1) 经济性状指数构建与模糊评价。依据文献[25],将正组烟叶比例、上等烟率、均价、青杂烟叶比例(杂色烟叶和微带青烟叶比例之和)转换为无量纲化数值(0~1);赋予正组烟叶比例、上等烟率、均价、青杂烟叶比例的权重分配系数分别为25.4、32.8、19.9、21.9,计算这4个指标的加权值和,即为经济性状指数(ECI)。

(2) 外观质量指数构建与模糊评价。依据文献[25],将烟叶颜色、成熟度、油分、色度、叶片结构、身份等外观质量指标赋分,分别按2.0、3.0、1.2、1.0、1.6、1.2的权重分配系数,计算这些指标的加权值和,即为外观质量指数(AQI)。

(3) 物理性状指数构建与模糊评价。依据文献[25],将开片度、单叶质量、叶面积质量、含梗率、平衡含水率、叶片厚度等烟叶物理性状指标转换为

0~1的无量纲化数值,分别按16.4、10.6、19.3、21.8、12.8、19.1的权重分配系数,计算这些指标的加权和,即为烟叶物理性状指数(PPI)。

(4) 化学成分可用性指数构建与模糊评价。依照文献[25, 27]中的方法,将总糖、还原糖、烟碱、总氮、氯、钾含量等采用隶属函数法转换为0~1的无量纲化数值,分别按14.4、15.9、27.8、10.4、6.9、24.6的权重分配系数,计算这些指标的加权和,即为化学成分可用性指数(CCUI)。

(5) 感官质量指数构建与模糊评价。计算香气量、香气质、杂气、透发性、细腻程度、圆润感、柔和程度、刺激性、干燥感、余味等指标的和,即为烟叶感官质量指数(SQI)。

(6) 综合经济效果指数构建与模糊评价。分别赋予经济性状指数、外观质量指数、物理性状指数、化学成分可用性指数、感官质量指数的权重为0.2、0.1、0.1、0.2、0.4^[2],计算这些指标的加权和即为

综合经济效果指数(CEI)。

2 结果与分析

2.1 上部烟叶一次性采收数量对鲜烟叶SPAD值的影响

SPAD值与鲜烟叶的叶绿素含量有关,可用来表述鲜烟叶成熟度;其值越大,烟叶的成熟度越低^[6]。由表1可知,2种烤烟品种不同采收叶片数处理的D1至D4叶位的SPAD值均有显著差异,但平均值差异不显著。同一烤烟品种不同处理SPAD值的极差和变异系数随采收叶片数增加而增加。云烟87的YT5、YT6处理鲜烟叶SPAD值的变异系数较YT7分别低36.75%、13.62%;湘烟7号的YT5、YT6处理鲜烟叶SPAD值变异系数较XT7分别低54.09%、44.45%。可见,随一次性采收叶片数的增加,不同叶位的烟叶成熟度差异变大(湘烟7号表现更明显),给采用密集烤房所要求的同房同质烘烤带来较大困难。

表1 不同采收叶片数的鲜烟叶的SPAD值

Table 1 The SPAD values of fresh tobacco leaves from treatments with different number of harvested leaves

品种	处理	SPAD值							平均值	极差	变异系数/%
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7			
云烟87	YT5 (23.99±1.99)b	(20.22±1.85)b	(18.98±2.51)b	(15.23±4.33)b	15.11±1.50				18.71±3.72	8.88	19.88
	YT6 (24.85±2.65)b	(20.71±2.18)b	(18.99±4.74)b	(15.15±3.70)b	14.57±1.26	13.33±1.82			18.10±4.78	12.52	27.15
	YT7 (31.77±1.48)a	(27.75±2.38)a	(24.25±3.42)a	(19.75±3.11)a	18.49±2.21	15.65±2.42	12.85±1.15		21.49±6.76	18.92	31.43
湘烟7号	XT5 (22.41±2.13)c	(20.11±3.81)b	(18.23±2.17)b	(16.99±1.71)b	15.14±1.31				18.57±2.82	7.31	15.18
	XT6 (26.19±1.70)b	(23.09±1.54)ab	(21.36±2.59)ab	(18.52±2.63)ab	18.33±2.74	15.73±1.95			20.54±3.77	10.46	18.37
	XT7 (30.95±2.94)a	(26.07±1.34)a	(22.86±3.22)a	(20.95±2.44)a	15.66±1.98	14.46±2.71	12.22±0.75		20.45±6.76	18.73	33.07

同列不同字母表示同一品种不同处理间的差异有统计学意义($P < 0.05$)。

2.2 上部烟叶一次性采烤数量的烤后烟叶经济效果评价

2.2.1 不同采收叶片数的烤后烟叶外观分组统计

烤后烟叶正组、杂色、微带青等3个组别的叶片数占比列于表2。从云烟87看, YT5处理正组烟叶比例较YT6、YT7处理分别高2.23个百分点、9.63个百分点, 杂色烟叶比例分别低0.86个百分点、6.42个百分点, 微带青烟叶比例分别低1.36个百分点、3.21个百分点。从湘烟7号看, XT6处理正组烟叶比例较XT5、XT7处理分别高4.62个百分点、11.73个百分点, 杂色烟叶比例较XT5低5.6个百分点, 较XT7低4.82个百分点, 微带青烟叶比例低较XT5高1.0个百分点, 较XY7低6.9个百分点。总体上看, 采收叶片数较多的处理, 其正组烟叶比例低, 杂色烟叶和

微带青烟叶比例高, 可能与采收叶片数较少处理的成熟度在叶位间差异大有关。云烟87以留叶数5片、湘烟7号以留叶数6片的正组烟叶比例最高。

2.2.2 不同采收叶片数对上等烟率和均价的影响

从云烟87看, YT5处理的上等烟率较YT6、YT7处理分别高1.32个百分点、9.13个百分点; 均价表现为YT6最高, YT7最低, 处理之间差异不显著。从湘烟7号品种看, XT5处理的上等烟率较XT6低7.68个百分点、较XT7处理高13.5个百分点; 均价表现为XT6最高, XT7最低, 处理之间差异不显著。总体上看, 采收叶片数较多处理的烟叶上等烟率低。2个品种也存在差异, 云烟87以留叶数5片、湘烟7号以留叶数6片的上等烟率比例最高。

表2 不同采收叶片数的上部烟叶的经济性状

品种	处理	正组烟叶比例/%	杂色烟叶比例/%	微带青烟叶比例/%	上等烟率/%	均价/(元·kg ⁻¹)
云烟87	YT5	(82.41±1.30)a	(16.21±1.14)b	(1.38±0.86)b	(69.72±1.30)a	34.14±0.69
	YT6	(80.18±1.93)a	(17.07±1.93)b	(2.74±0.57)ab	(68.40±1.08)a	34.39±1.05
	YT7	(72.78±1.09)b	(22.63±1.10)a	(4.59±0.42)a	(60.59±1.35)b	33.82±0.53
湘烟7号	XT5	(74.00±3.07)b	(16.00±0.85)a	(10.00±0.81)b	(56.01±1.38)b	32.91±1.27
	XT6	(78.62±1.96)a	(10.38±0.46)b	(11.01±0.66)b	(63.69±1.14)a	33.65±1.88
	XT7	(66.89±1.67)c	(15.20±0.98)a	(17.91±0.66)a	(42.51±2.08)c	31.77±1.10

同列不同字母表示同一品种不同处理间的差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.3 上部烟叶一次性采收数量对烟叶品质的影响

2.3.1 不同采收叶片数对烤后烟叶外观质量的影响

不同采收叶片数处理的烟叶外观质量得分列于表3。云烟87 YT6和YT7处理的叶片结构和身份的分值显著高于YT5处理的, YT7处理的油分和色度

分值显著高于YT5处理的。湘烟7号XT7处理的叶片结构和色度分值显著高于XT5处理的。采收叶片数较少处理的叶片结构略紧密(分值低)、身份相对较厚(分值低)、油分相对较少(分值低)、色度较深(分值低), 这可能与留叶数较少处理的后期养分集中供应有关。

表3 不同采收叶片数的烤后烟叶的外观质量得分

品种	处理	得分					
		颜色	成熟度	叶片结构	身份	油分	色度
云烟87	YT5	8.0±0.4	8.5±0.4	(5.5±0.3)b	(6.0±0.6)b	(6.0±0.4)b	(6.5±0.8)b
	YT6	8.0±0.8	8.5±0.4	(6.5±0.4)a	(8.0±0.1)a	(6.5±0.4)ab	(7.0±0.8)ab
	YT7	8.5±0.8	8.5±0.8	(6.5±0.2)a	(8.0±0.4)a	(7.0±1.1)a	(7.5±0.8)a
湘烟7号	XT5	8.0±0.5	7.5±0.4	(3.0±1.5)b	5.5±1.7	5.5±0.8	(5.5±1.2)b
	XT6	8.5±0.4	7.5±0.8	(3.5±0.4)ab	5.5±0.4	6.0±0.8	(6.5±1.3)ab
	XT7	8.0±0.8	8.0±0.4	(4.5±0.4)a	6.0±1.9	6.0±0.4	(7.0±0.8)a

同列不同字母表示同一品种不同处理间的差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.3.2 不同采收叶片数对烤后烟叶物理性状的影响

不同采收叶片数处理的烟叶物理性状检测值列于表4。不同留叶数处理之间差异主要表现在单叶质量、叶片厚度和单位叶面积质量上。随采收叶片数增加, 单叶质量、叶片厚度和单位叶面积质量下降。YT6、YT7处理的单叶质量较YT5处理的分

别低5.71%、18.4%, 叶片厚度分别低6.8%、12.8%, 单位叶面积质量分别低20.8%、21.6%; YT6、YT7处理的单叶质量较XT5处理分别低1.0%、15.2%, 叶片厚度分别低4.9%、7.2%, 单位叶面积质量分别低6.6%、8.7%。

表4 不同采收叶片数烤后烟叶的物理性状

品种	处理	开片度/%	单叶质量/g	含梗率/%	叶片厚度/ μm	平衡含水率/%	单位叶面积质量/($\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$)
云烟87	YT5	30.74±4.69	(16.57±0.88)a	31.10±3.63	(203.08±17.20)a	16.93±3.13	(114.83±3.97)a
	YT6	31.88±2.96	(15.39±1.02)a	31.81±2.14	(189.20±11.40)b	16.37±1.49	(90.99±3.26)b
	YT7	32.81±5.95	(13.52±1.05)b	29.05±3.60	(177.04±3.21)c	15.34±2.44	(90.05±5.43)b
湘烟7号	XT5	34.60±3.60	(13.74±1.82)a	27.88±2.65	(232.32±3.47)a	17.40±1.60	(93.95±2.85)a
	XT6	30.68±3.68	(13.60±2.60)a	26.58±3.95	(220.84±4.49)b	17.15±1.45	(87.75±1.31)b
	XT7	31.24±0.47	(11.65±1.53)b	28.43±2.84	(215.68±3.36)c	17.40±1.60	(85.76±4.31)b

同列不同字母表示同一品种不同处理间的差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.3.3 不同采收叶片数对烤后烟叶常规化学成分的影响

由表5可知，随采收叶片数增加，云烟87和湘烟7号还原糖含量和两糖比、糖碱比有增加趋势，烟碱、总氮、钾含量有下降趋势。不同处理之间，有显著差异的是烟碱含量和两糖比，YT6、YT7处理的烟碱含量较YT5处理的分别低3.0%、6.3%，

XT6、XT7处理的烟碱含量较XT5处理分别低3.6%、10.9%；YT6、YT7处理的两糖比较YT5处理分别高2.3%、4.9%，XT6、XT7处理的两糖比较XT5处理分别高1.2%、3.7%。可见，上部烟叶一次性采收叶片数较多，有利于降低上部烟叶的烟碱含量，提高烟叶两糖比。

表5 不同采收叶片数的烤后烟叶化学成分

Table 5 Chemical composition of cured leaves from treatments with different number of harvested leaves

品种	处理	总糖含量/%	还原糖含量/%	烟碱含量/%	总氮含量/%	钾含量/%	氯含量/%	淀粉含量/%	绿原酸含量/%	两糖比	糖碱比
云烟 87	YT5	21.51±0.46	17.32±0.60	(3.32±0.04)a	(2.26±0.03)a	2.50±0.19	0.26±0.07	(3.22±0.28)b	(0.92±0.02)a	(0.81±0.01)b	5.22±0.29
	YT6	22.65±1.44	18.47±1.39	(3.22±0.05)a	(2.23±0.04)a	2.39±0.18	0.26±0.11	(3.23±0.36)b	(0.90±0.04)ab	(0.82±0.01)ab	5.74±0.76
	YT7	21.69±0.41	18.54±0.26	(3.11±0.04)b	(2.18±0.02)b	2.26±0.13	0.22±0.01	(3.77±0.07)a	(0.83±0.04)b	(0.85±0.01)a	5.97±0.17
湘烟 7 号	XT5	26.46±1.60	21.71±1.42	(3.02±0.09)a	(2.02±0.09)a	1.95±0.08	0.26±0.08	6.61±0.09	(0.77±0.12)a	(0.82±0.07)b	7.18±1.11
	XT6	26.34±1.81	21.86±1.51	(2.91±0.04)a	(2.00±0.09)a	1.88±0.04	0.40±0.12	6.94±0.29	(0.58±0.07)b	(0.83±0.01)ab	7.51±0.90
	XT7	26.21±0.74	22.22±0.42	(2.69±0.06)b	(1.85±0.01)b	1.84±0.11	0.22±0.11	7.22±0.30	(0.56±0.02)b	(0.85±0.01)a	8.27±0.57

同列不同字母表示同一品种不同处理间的差异有统计学意义(P<0.05)。

2.3.4 不同采收叶片数对烤后烟叶淀粉和绿原酸含量的影响

由表5还可知，随采收叶片数增加，烟叶淀粉含量增加，绿原酸含量降低。从云烟87看，YT6、YT7处理淀粉含量较YT5处理分别高0.3%、17.1%，绿原酸含量分别低2.2%、9.8%。从湘烟7号看，XT6、XT7处理的淀粉含量较XT5处理的分别高5.0%、9.3%，绿原酸含量分别低24.7%、27.3%。

2.3.5 不同采收叶片数对烤后烟叶感官评价的影响

表6为不同处理的烤后烟叶感官评价指标分值，YT5处理的香气质、透发性、刺激性和余味分值相对较高，YT7处理的香气量和圆润感分值相对较低，YT5处理的刺激性分值高于YT6、YT7处理的；XT5处理的圆润感、刺激性分值相对较高，XT6处理的香气质分值相对较低，XT7处理的香气量、透发性、刺激性和余味分值相对较低，XT5处理的刺激性分值显著高于XT7处理。

表6 不同采收叶片数的烤后烟叶的感官质量得分

Table 6 Smoking quality of cured leaves from treatments with different number of leaves harvested

品种	处理	得分									
		香气质	香气量	透发性	杂气	细腻程度	柔和程度	圆润感	刺激性	干燥感	余味
云烟 87	YT5	12.5±0.6	12.0±0.6	5.0±0.3	5.0±0.3	5.0±0.5	5.0±0.3	5.0±0.5	(5.5±0.5)a	5.0±0.6	5.5±0.5
	YT6	12.0±0.6	12.0±0.5	4.5±0.3	5.0±0.5	5.0±0.5	5.0±0.3	5.0±0.6	(5.0±0.3)b	5.0±0.3	5.0±0.3
	YT7	12.0±0.5	11.5±0.5	4.5±0.3	5.0±0.5	5.0±0.3	5.0±0.5	4.5±0.3	(5.0±0.5)b	5.0±0.5	5.0±0.3
湘烟 7 号	XT5	12.0±0.6	12.0±0.3	5.0±0.5	5.0±0.5	5.0±0.3	5.0±0.5	5.0±0.5	(5.5±0.5)a	5.0±0.3	5.5±0.6
	XT6	11.5±0.5	12.0±0.6	5.0±0.3	5.0±0.5	5.0±0.5	5.0±0.3	4.5±0.5	(5.0±0.3)ab	5.0±0.5	5.5±0.5
	XT7	12.0±0.3	11.5±0.6	4.5±0.5	5.0±0.6	5.0±0.3	5.0±0.6	4.5±0.3	(4.5±0.3)b	5.0±0.3	5.0±0.3

同列不同字母表示同一品种不同处理间的差异有统计学意义(P<0.05)。

从云烟87定性评价看，YT5处理为质感尚好，类似中部叶特征，整体较协调；YT6处理为香气量中等，微有枯焦，烟气尚柔细，口腔毛刺感略显，余味稍显干涩；YT7处理为烟香中等偏弱，略有枯焦，口腔稍显毛刺，余味稍干。从湘烟7号定性评价看，XT5处理为尚透发，尚清晰，烟气柔和中等，

余味尚适，整体尚协调；XT6处理为稍显木质气，烟气尚平衡，刺激略显，余味稍显涩口；XT7处理为烟香满足感中等，尚清晰，烟气柔和中等，口腔稍干。

定量和定性评价总体表现为随采用叶片数增加，烟叶的评吸质量有所下降，主要是烟香满足感

和厚实度稍有下降趋势,同时口腔刺激性略有增加,整体表现采收5片烟叶处理的感官评价最好。

2.4 上部烟叶一次性采烤数量模糊综合评价

由表7可知,云烟87的经济性状指数(ECI)随留叶数增加而减少, YT6、YT7处理的较YT5处理分别低3.77%、17.97%, YT5和YT6处理的显著高于YT7的;湘烟7号的经济性状指数以XT6处理最高,较XT5、XT7处理分别高10.43%、29.79%, 3个处理差异显著。

随采收叶片数增加,烤后烟叶外观质量指数(AQI)增加。从云烟87看, YT6、YT7处理的较YT5处理分别高7.2%、10.1%, YT6、YT7处理的显著高于YT5处理的;从湘烟7号看, XT6、XT7处理较XT5处理分别高5.5%、10.6%, XT7处理显著高于XT5处理。

云烟87的物理性状指数(PPI)随留叶数增加而增加, YT5、YT6处理的PPI较YT7处理分别低6.29%、2.69%, YT7处理的显著高于YT5的;湘烟7

号的以XT6处理最高, 3个处理差异不显著。

云烟87的化学成分可用性指数(CUUI)以YT6处理的最高,较YT5、YT7处理的分别高5.95%、2.26%, YT6处理的显著高于YT5的;湘烟7号XT6处理的最高,较XT5、XT7处理分别高8.84%、4.21%, XT6处理的显著高于XT5处理的。

随着采收叶片数增加,烟叶感官质量指数(SQI)下降, YT6、YT7处理较YT5分别低3.1%、4.6%, XT6、XT7处理较XT5分别低2.3%、4.6%。

从云烟87的综合经济效果指数(CEI)看,以YT6处理的最高,较YT5、YT7处理分别高0.16%、3.52%; YT5和YT6处理的差异不显著,但它们均显著高于YT7。从湘烟7号看, XT6处理的最高,较XT5、XT7处理的分别高3.97%、7.39%; XT5和XT7处理的差异不显著,但它们均显著低于XT6处理的。这些结果都表明,云烟87上部烟叶一次性采收以5~6片为好,采收6片最佳;湘烟7号上部烟叶一次性采收以6片最佳。

表7 不同采收叶片数的烤后烟叶的综合评价指数

Table 7 Comprehensive evaluation indexes for cured leaves from treatments with different number of harvested leaves							
品种	处理	经济性状指数	外观质量指数	物理性状指数	化学成分可用性指数	感官质量指数	综合经济效果指数
云烟 87	YT5	(99.85±1.24)a	(71.25±1.53)b	(86.81±2.01)b	(69.95±0.97)b	(65.53±0.80)a	(75.96±1.62)a
	YT6	(96.22±1.06)a	(76.30±2.20)a	(89.85±2.42)ab	(74.11±1.20)a	(63.53±0.62)ab	(76.08±1.06)a
	YT7	(84.65±1.28)b	(78.40±1.65)a	(92.27±2.56)a	(72.47±1.48)ab	(62.55±1.05)b	(73.49±1.35)b
湘烟 7 号	XT5	(83.01±2.47)b	(62.05±2.03)b	87.21±1.28	(80.10±2.01)b	(65.06±0.62)a	(73.54±1.04)b
	XT6	(91.67±0.94)a	(65.40±1.52)ab	87.52±1.05	(87.18±1.67)a	(63.53±0.55)ab	(76.46±1.16)a
	XT7	(70.63±3.20)c	(68.65±1.75)a	86.83±1.19	(83.66±1.35)ab	(62.06±0.50)b	(71.20±1.18)b

同列小写字母表示同一品种不同处理差异有统计学意义($P < 0.05$)。

3 讨论

在湘南烟稻复种区,烤烟采收完毕后,因需抢抓季节种植晚稻,常常出现采青现象,致使上部烟叶成熟度不够,组织结构僵硬,烟叶可用性下降,而一次性成熟采收上部叶有利于顶部烟叶发育成熟^[2,28],从而避免上部烟叶采青问题。本研究结果表明,随上部烟叶采收叶片数的增加,不同叶位的鲜烟叶SPAD值极差和变异系数大(成熟度差异大),烤后正组烟叶比例下降,而青杂(杂色烟叶和微带青烟叶)烟叶比例增加,这主要与上部烟叶留叶数多,叶片之间的组织结构与成熟度差异大有关^[29]。不同成熟度烟叶的烘烤特性不同^[30],装炕在同一烤房同一烘烤参数设置下,过熟烟叶营养物质过度消耗而

烘烤过度,欠熟烟叶营养物质未能充分降解和转化;而烘烤不够,势必导致杂色和微带青烟叶多,影响上等烟率,可收购的烟叶数量少,烟叶产量低,烟农收入降低。本研究结果还表明,上部烟叶采收叶片数过多,导致上部烟叶的单叶质量降低,可能降低上部烟叶产量,这主要与D4至D7叶位的烟叶成熟度过高有关。虽然采收叶片数多的处理外观质量指数高、烟碱含量相对低,但感官评价中刺激性增加、烟香满足感和厚实度下降,感官评价总分低,因此,上部烟叶一次性采收的叶片数不能过多。

烤烟上部烟叶采收方式研究表明,传统的成熟一片采收一片的方式,对把握成熟采收标准有好处^[31],但采收次数过多,最后一次采收的顶部烟叶发育不正常,导致上部烟叶组织结构僵硬和烟叶可用性降

低^[3,31]。上部叶成熟后一次性采收,能够改善烟叶的碳氮比,顶部烟叶也能充分发育,烤后烟叶化学组分协调性好^[32]。烤烟上部烟叶成熟受到品种、气候、土壤、栽培措施的影响,有的上部烟叶耐熟性好,可以养熟后采收,但有的上部烟叶耐熟性差,难以养熟,这种差异与烟区、品种的不同而不同。难以养熟的上部烟叶,如果采收叶片数过多,各叶位的烟叶组织结构、成熟度、烘烤特性差异就会变大^[30],将难以保证同一烤房中的所有烟叶都烘烤好。因此,不同烟区在推广上部4~6片叶一次性采收技术时,都是依据烟区生态、品种、栽培特点来进行的,陕西陇县烟区辽烟19采取上部6片或7片叶一次性逐叶采收,可提高烤后烟叶的质量及可用性^[11];江西吉安烟区云烟87以4~5片上部烟叶一次性采收的烟叶品质较好^[12];对福建永安烟区的翠碧一号上部叶一次性采收2、3、4、5、6片的研究结果表明,4片叶一次性采收烤后烟叶的化学成分协调性最好^[13]。由于湘南烟稻复种区的烤烟留叶数少,而目前传统的采收方法是上部烟叶3~4片最后一次采烤,所以本研究的试验设计中没有设计上部烟叶一次性采收3片、4片的处理,结果表明,湘南烟稻复种区云烟87上部烟叶一次性采收以5~6片为适宜,湘烟7号以采收6片烟叶相对较好。这种差异可能与品种的叶片数有关,云烟87在湘南烟稻复种区的叶片数一般为18片左右,优化烟叶结构后的叶片数大都在14~16片;而湘烟7号在湘南烟稻复种区的叶片数一般为20片左右,优化烟叶结构后的叶片数大都在16~18片。由此可见,要依据各地种植品种、栽培管理水平和烟叶长势、长相,确定本地上部烟叶一次性采收叶片数,以提高上部烟叶品质和可用性。

上部烟叶一次性采收叶片数量,既影响烟叶经济性状,也影响烟叶品质。因此,笔者采用多组研究指标共同验证试验结果。在每一组指标中,不同指标的指向性往往不一致,采用模糊评价方法构建了经济性状指数、外观质量指数、物理特性指数、化学成分可用性指数、感官质量指数等5个指数来弥补多指标的指向性不明问题,对每一组指标的综合评价更加直观。在所构建的5个指数中,由于不同指数的表述意义不同,其指向性也有差异,如云烟87的经济性状指数、外观质量指数、物理特性指

数与感官质量指数的指向性完全相反,解决问题的方法就是在5个指数的基础上,再构建一个综合效果指数,依据综合效果指数大小判断采收叶片数。

综合烤后烟叶品质指标和经济指标,湘南烟稻复种区;云烟87上部烟叶采收叶片数以5~6片为适宜,以采收5片烟叶最好,湘烟7号以6片为宜。

参考文献:

- [1] 朱尊权. 烟叶的可用性与卷烟的安全性[J]. 烟草科技, 2000, 33(8): 3-6.
- [2] 邓小强, 李思军, 侯建林, 等. 烤烟上部6片烟叶一次性采收成熟度的模糊综合评价[J]. 中国农学通报, 2024, 40(1): 118-127.
- [3] 蔡宪杰, 刘茂林, 谢德平, 等. 提高上部烟叶工业可用性技术研究[J]. 烟草科技, 2010, 43(6): 10-17.
- [4] 沈晗, 杨凯, 任伟, 等. 影响上部烟叶感官质量的主要化学成分分析[J]. 中国烟草学报, 2019, 25(6): 18-26.
- [5] 张文军, 郭松, 杨柳, 等. 上部烟叶一次性采收成熟度对烟叶物理特性的影响[J]. 农学学报, 2023, 13(6): 80-85.
- [6] 孟智勇, 周雨, 杨坤, 等. 推迟采收对永州烤烟上部6片叶 SPAD 值及焦甜醇甜型风格的影响[J]. 河南农业科学, 2022, 51(10): 142-150.
- [7] 彭玉富, 郜海民, 王根发, 等. 一次采收对烤烟上部叶成熟度及烟碱和去甲基烟碱含量的影响[J]. 河南农业大学学报, 2016, 50(3): 295-298.
- [8] 杨秀军, 刘峰峰, 黄建, 等. 带茎采收上部烟叶烘烤过程中呼吸强度和能量代谢研究[J]. 中国烟草科学, 2022, 43(5): 68-73.
- [9] 赵振祥, 周东波, 简永兴, 等. 上部烟叶一次性采摘按叶位分置烘烤对烟叶质量的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2021, 47(6): 636-641.
- [10] 杨明坤, 李建华, 刘扣珠, 等. 豫中上六片烤烟不同采收期对烤后烟叶品质的影响[J]. 中国农业科技导报, 2020, 22(12): 163-171.
- [11] 张喜峰, 刘伟, 李东阳, 等. 上部叶采收方式对烤后烟叶品质及可用性的影响[J]. 贵州农业科学, 2020, 48(9): 47-51.
- [12] 段史江, 陈飞程, 韩助君, 等. 采收方式对烟叶品质和烤烟经济性状的影响[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(24): 34-38.
- [13] 张炳辉, 张秀衢, 周挺, 等. 翠碧一号上部叶不同采收方式对烟叶质量的影响[J]. 江西农业学报, 2020, 32(12): 87-93.
- [14] 李齐霖, 金江华, 李旭, 等. 采收成熟度对稻茬烤烟上部6片烟叶质量的影响[J]. 作物研究, 2023, 37(1): 41-48.
- [15] 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.
- [16] 张佳佳, 过伟民, 段卫东, 等. 上 6 片烟叶烘烤过程中水分与颜色及化学成分的协同变化[J]. 烟草科技, 2021, 54(3): 17-23.
- [17] 朱林, 曹想, 邓小华, 等. 湘烟 7 号烘烤过程中烟叶失水和色素降解特性[J]. 作物杂志, 2022(5): 174-179.
- [18] 高娅北, 姜晓平, 张保全, 等. 烤烟红花大金元不同素质上部烟叶烘烤特性研究[J]. 西南农业学报, 2019, 32(10): 2459-2465.
- [19] 邓小华, 肖汉乾. 烤烟生产氮肥减施增效理论与模式[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2023.
- [20] 邓小华, 王新月, 王灿, 等. 控水促根和延迟移栽对烤烟产量和品质的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2024, 45(4): 96-106.
- [21] 李思军, 毕一鸣, 侯建林, 等. 适宜稻茬烤烟中部 6 片烟叶一次性采收的密集烤房烘烤工艺研究[J]. 作物杂志, 2024(2): 158-164.
- [22] 侯建林, 江智敏, 胡庆辉, 等. 稻茬烤烟云烟 87 上部 6 片烟叶一次性采收的烘烤工艺研究[J]. 安徽农业大学学报, 2023, 50(1): 183-190.
- [23] 邓小华, 朱林, 李思军, 等. 稻茬烤烟中部 6 片烟叶一次性采收的成熟度综合评价[J]. 核农学报, 2023, 37(4): 854-864.
- [24] 江智敏, 张仲文, 章程, 等. 稻茬烤烟下部 4 片烟叶一次性采收成熟度研究[J]. 作物杂志, 2024(2): 129-138.
- [25] 江智敏, 邓小华, 张仲文, 等. 基于多指标模糊综合评价的烤烟采收成熟度研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2022, 37(3): 455-463.
- [26] 邓小华, 陈冬林, 周冀衡, 等. 湖南烤烟物理性状比较及聚类评价[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(3): 63-68.
- [27] 李伟, 邓小华, 周清明, 等. 基于模糊数学和 GIS 的湖南浓香型烤烟化学成分综合评价[J]. 核农学报, 2015, 29(5): 946-953.
- [28] 韩毅, 郭伟, 贺兆伟, 等. 上部叶一次采收对烟叶质量的影响[J]. 湖北农业科学, 2017, 56(3): 494-496.
- [29] 韦克苏, 涂永高, 张念, 等. 采收成熟度对烘烤过程烟叶色素降解及抗氧化系统的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(13): 176-180.
- [30] 李峥, 王涛, 高娅北, 等. 不同素质烟叶叶片发育规律与烘烤特性[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(13): 75-80.
- [31] 宫长荣, 刘霞, 宋朝鹏, 等. 影响烤烟上部叶质量的因素及提高其可用性的措施[J]. 中国农学通报, 2007, 23(3): 103-108.
- [32] 王行, 张敏坚, 何振峰. 采收成熟度对烟叶烤后质量的影响[J]. 中国农学通报, 2017, 33(4): 161-164.

责任编辑: 罗慧敏
英文编辑: 罗维