

朱雯慧, 梁增发, 黄瑞寅, 等. 留叶数与采收时间对上部烟叶成熟特征、产量及质量的影响[J]. 江苏农业学报, 2025, 41(10): 1946-1953.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2025.10.008

留叶数与采收时间对上部烟叶成熟特征、产量及质量的影响

朱雯慧¹, 梁增发², 黄瑞寅², 张震², 谢晋², 王媛媛¹, 王维¹, 杨天乐²

(1. 华南农业大学农学院, 广东 广州 510642; 2. 广东中烟工业有限责任公司, 广东 广州 510500)

摘要: 为明确云南省普洱市烟草种植区留叶数与采收时间对烟草上部叶片成熟特征及产量和质量的影响, 本研究设置上部不同留叶数与采收时间双因素试验。结果表明, 相同留叶数前提下, 随采收时间推迟烟草上部叶片叶绿素相对含量(*SPAD*值)逐渐减小, 留6片叶比留4片叶*SPAD*值高; 鲜烟叶总糖含量、还原糖含量随采收时间推迟呈先上升后下降趋势, 留6片叶比留4片叶总糖含量、还原糖含量高; 淀粉含量随采收时间推迟持续下降; 烤后烟叶还原糖含量、总氮含量、淀粉含量、钾含量随采收时间推迟整体呈下降趋势; 石油醚提取物含量随采收时间推迟呈先上升后下降的趋势; 烟叶成熟度逐渐提高, 油分评价得分、身份评价得分、色度评价得分、颜色评价得分呈先上升后下降趋势, 综合评价 A_2B_2 处理、 A_2B_3 处理分值较高, 分别为 7.70 分、7.93 分; 随采收时间推迟烟叶产量、产值、均价及上等烟比例呈先上升后下降趋势, 同一采收时间, 留6片叶比留4片叶烟草产量、产值更高, 其中 A_2B_2 处理、 A_2B_3 处理烟叶经济性状整体表现更优。根据本研究结果, 为提高烟叶质量和烟农收益, 建议云南省普洱烟区采用6片留叶数, 采收时间比正常采收时间延迟3~6 d。

关键词: 烤烟; 上部叶; 留叶数; 采收时间; 成熟度

中图分类号: S572 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2025)10-1946-08

Effects of leaf retention number and harvesting time on maturation characteristics, yield, and quality of upper tobacco leaves

ZHU Wenhui¹, LIANG Zengfa², HUANG Ruiyin², ZHANG Zhen², XIE Jin², WANG Yuanyuan¹,
WANG Wei¹, YANG Tianle²

(1. College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. China Tobacco Guangdong Industrial Co., Ltd., Guangzhou 510500, China)

Abstract: To clarify the effects of leaf retention number and harvesting time on the maturation characteristics, yield, and quality of upper tobacco leaves in the tobacco-growing areas of Pu'er City, Yunnan province, this study designed a two-factor experiment involving different upper leaf retention numbers and harvesting times. The results showed that, under the same leaf retention number, the relative chlorophyll content (*SPAD* value) of upper tobacco leaves gradually decreased with the delay of harvesting time. Additionally, retaining six leaves resulted in a higher *SPAD* value compared to retaining four leaves. The total sugar content and reducing sugar content in fresh tobacco leaves first increased and then decreased with the delay of harvesting time, and retaining six leaves resulted in higher total sugar and reducing sugar contents compared to retaining four leaves. The starch

收稿日期: 2024-08-07

基金项目: 广东中烟工业有限责任公司项目(2021440000340011)

作者简介: 朱雯慧(2005-), 女, 福建三明人, 本科, 研究方向为烟草

工程。(E-mail)2107763623@qq.com

通讯作者: 杨天乐, (E-mail)124194416@qq.com

content continuously decreased as the harvesting time was delayed. For cured tobacco leaves, the reducing sugar content, total nitrogen content, starch content, and potassium content showed an overall downward trend with the delay in harvesting time, whereas the petroleum ether extract content

first increased and then decreased. The maturity of tobacco leaves gradually improved, while the evaluation scores for oil content, body, color intensity, and color first increased and then decreased. Treatments A_2B_2 and A_2B_3 received relatively high comprehensive evaluation scores of 7.70 and 7.93, respectively. With the delay in harvesting time, the yield, output value, average price, and proportion of top-grade tobacco first increased and then decreased. At the same harvesting time, the yield and output value of tobacco with six retained leaves were higher than those of tobacco with four retained leaves. Treatments A_2B_2 and A_2B_3 showed better overall performance in economic traits of tobacco leaves. Based on the results of this study, to enhance tobacco leaf quality and increase farmers' income, it is recommended that tobacco-growing areas in Pu'er City, Yunnan province adopt a practice of retaining six leaves and delay harvesting by 3–6 days compared to the conventional harvesting period.

Key words: flue-cured tobacco; upper leaves; number of leaves retained; harvesting time; maturity

烟叶的采收成熟度与其化学成分、外观品质、感官体验以及经济特性等均紧密关联,其对烟叶整体质量的提升作用超过了生产流程中的三分之一^[1-2]。卷烟风味及风格与上部叶品质密切相关。近年来,提升烟草上部烟叶片品质及其可用性已成为确保优质原料供应的核心策略^[3]。生态环境是影响烟草栽培技术管理和调制工艺的重要因素,不同烟叶产区的气候和土壤条件存在差异,它们的采收成熟度也各不相同,采收时间是影响烟叶成熟度的关键因素^[4]。李跃武等^[5]的研究结果表明,当烟叶达到较高成熟度时,其上部叶片组织结构相对疏松,烘烤后上中等品质的烟叶所占比例较高,这对于烟叶的调制过程十分有利,并且能够提升烟叶的整体品质。石锦辉等^[6]的研究结果表明,随着烟叶采收成熟度提升,上部叶片叶绿素相对含量(*SPAD*值)下降,而总氮含量和烟碱含量则上升。因此成熟度对于上部烟叶的一次性采收具有重要意义。

云南省普洱烟区是中国优质烟叶产区之一,具备烟叶生产所需的独特的自然条件,日照充足、雨水丰沛、土壤优质^[7]。研究发现,普洱烟区不同县烟叶化学成分、香气物质及感官质量存在较大差异。因此,明确各产区适宜的田间采收成熟度对优质上部叶的生产至关重要。本试验通过设置不同留叶数及采收时间双因素试验,分析各处理对上部鲜烟叶成熟特征、*SPAD*值、内在化学成分及烤后烟叶致香物质、化学成分、经济性状的影响,探索普洱烟区云烟 87 上部叶片适宜采收技术,以期提升当地烟草品质提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

本试验于 2022 年在云南省普洱烟草基地进行,供试品种为云烟 87。试验地为海拔 1 750 m 的山

地,土壤为黄棕壤,烤烟移栽前土壤 pH 为 5.68,有机质含量 2.83%,碱解氮含量 86.56 mg/kg,速效磷含量 17.28 mg/kg,速效钾含量 115.34 mg/kg。

1.2 试验设计

试验采用完全随机裂区设计,主因素为烟草上部留叶数,设置 2 个水平,分别是留 4 片叶(A_1)、留 6 片叶(A_2);副因素为采收时间,设置 4 个水平,分别是正常采收(B_1)、比正常采收推迟 3 d 采收(B_2)、比正常采收推迟 6 d 采收(B_3)、比正常采收推迟 9 d 采收(B_4),其中正常采收是指达到当地成熟标准后采收,一次性采收完毕,其余按试验设计的采收时间依次采收。试验共 8 个处理,每个处理 3 次重复,共 24 个小区,每个小区面积 20.5 m²;种植密度为 1 hm² 1.5×10⁴株,其他田间管理措施参照当地优质烟叶生产技术进行。

1.3 测定指标

1.3.1 叶片外观形态 按照国家烟草局烟草行业标准《烟草农艺性状调查方法》对采收时鲜烟叶的叶色、叶脉颜色(包括主脉和支脉)、叶面茸毛、茎叶夹角、叶尖、叶边缘等外观形态指标进行描述并判定其成熟度(表 1)。

1.3.2 叶片叶绿素相对含量(*SPAD*值)测定 上部叶采收时,每个处理选择代表性烟草植株 3 株,用 *SPAD*-502 仪测定每片烟草叶片主脉两侧尖端、中部以及基部 6 个点的 *SPAD* 值,取其平均值作为该叶片的 *SPAD* 值。

1.3.3 烟叶常规化学成分及石油醚提取物含量测定 鲜烟叶田间取样后,置于鼓风干燥箱内 105 ℃ 杀青 15 min 后 80 ℃ 烘干至恒重,并粉碎过 60 目筛,用于常规化学成分分析,采用连续流动法测定淀粉含量,苯酚-硫酸法测定可溶性总糖含量,3,5-二硝基水杨酸(DNS)比色法测定还原糖含量,凯氏定氮法测定总氮含量,紫外分光光度法测定烟碱含量,火焰分光光度

法测定钾含量。烤后烟叶按照国家烤烟分级标准进行分级,取 B2F 等级烤后烟叶在 40 ℃ 条件下烘干至

恒重并粉碎过 60 目筛,用于常规化学成分的测定,并采用残余法测定石油醚提取物含量。

表 1 上部烟叶外观特征描述及成熟度分级标准

Table 1 Appearance characteristics and maturity grading standards for upper tobacco leaves

成熟度分级	成熟度等级代码	烟叶外观特征描述
生叶	M ₀	主脉和支脉全青,叶色深绿,未落黄,茸毛未脱落
欠熟	M ₁	主脉、支脉开始变白发亮,叶色开始转黄,绿色为主
尚熟	M ₂	主脉变白发亮,支脉 1/2 变白,叶面 1/3 以上变黄,黄绿色相间
成熟	M ₃	主脉、支脉变白发亮,烟叶基本全黄色,仅余叶基部少量绿色,并呈黄中透白现象,叶尖开始枯焦,有较多成熟斑
过熟	M ₄	主脉、支脉全白发亮,叶面黄中透白,茸毛 2/3 以上脱落,叶耳全黄,有较多似赤星病斑块,枯尖焦边

1.3.4 烤后烟叶外观质量评价 烤后烟叶外观评价采取打分制,评价指标包括烤后烟叶的颜色、成熟度、叶片结构、身份、油分以及色度,各个评价指标的权重为:成熟度 30%,叶片结构 25%,油分 15%,身份 12%,色度 10%,颜色 8%。根据《烤烟》(GB 2635-1992)^[8]中的烟叶外观质量评分标准,对颜色、成熟度、油分、叶片结构、身份和色度分别进行定量评价,各品质因素均按 10 分制打分,各品质因素的分值以平均分计算,分值越高,代表烟叶样品该项品质越好。

1.3.5 经济性状 烤后上部烟叶按《烤烟》(GB2635-1992)分级标准进行分级,统计同等级烟叶的比例及收购均价,并计算各处理的产量与产值。

1.4 数据统计与分析

本研究采用 Microsoft Excel 2019 进行数据记录与基础分析;采用 IPM SPSS 20.0 软件进行数据统计和相关性分析;采用 Duncan's 法进行差异显著性分析;MATLAB 软件用于数据作图。

表 2 留叶数和采收时间对鲜烟叶成熟特征的影响

Table 2 Effects of the number of retained leaves and harvesting time on the maturation characteristics of fresh tobacco leaves

处理	外观特征						成熟度
	叶色	主脉颜色	支脉颜色	茸毛	茎叶夹角(°)	叶尖	
A ₁ B ₁	黄绿相间,60%~70%落黄	黄白,1/3 变白	绿	少	≤80	发白	M ₂
A ₁ B ₂	淡黄至黄色,70%落黄	黄白至发亮	1/2 变白	少	80~90	发白、枯焦	M ₃
A ₁ B ₃	全黄,黄中透白	发亮	白	无	90~100	枯焦	M ₃ ~M ₄
A ₁ B ₄	全黄,部分叶面泛白,有似赤星病斑块	寡白	全白发亮	无	≥100	枯焦	M ₄
A ₂ B ₁	黄绿色相间	黄白,1/3 变白	绿	少	≤80	发白	M ₂
A ₂ B ₂	淡黄色,叶基部余少量绿色	黄白至发亮	绿	少	80~90	发白	M ₃
A ₂ B ₃	全黄	发亮	全白	无	90~100	发白、枯焦	M ₃ ~M ₄
A ₂ B ₄	全黄,部分叶面泛白	寡白	发亮	无	≥100	枯焦	M ₄

A₁B₁:留 4 片叶、正常时间采收,A₁B₂:留 4 片叶、比正常时间推迟 3 d 采收,A₁B₃:留 4 片叶、比正常采收时间推迟 6 d 采收,A₁B₄:留 4 片叶、比正常采收时间推迟 9 d 采收,A₂B₁:留 6 片叶、正常时间采收,A₂B₂:留 6 片叶、比正常采收时间推迟 3 d 采收,A₂B₃:留 6 片叶、比正常采收时间推迟 6 d 采收,A₂B₄:留 6 片叶、比正常采收时间推迟 9 d 采收。M₂、M₃、M₄见表 1。

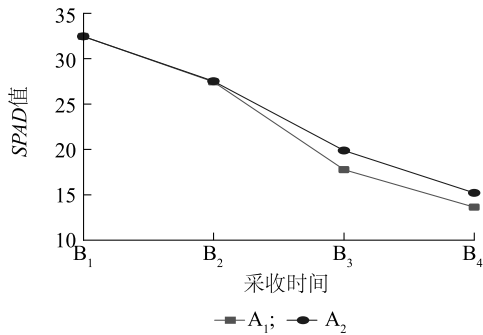
2 结果与分析

2.1 留叶数与采收时间对鲜烟叶成熟特征的影响

如表 2 所示,在留叶数不变的前提下,烟叶叶色随着采收时间的推迟逐渐趋向黄色,主脉颜色由黄白向黄白发亮转变最后变成寡白,支脉颜色由绿色向变白发亮逐步发展;茸毛脱落,从少到无;茎叶夹角逐渐增大;比正常采收时间推迟 6 d 和推迟 9 d 采收的烟叶叶面全黄,并且出现明显泛白现象,主脉发亮、寡白,支脉变白发亮,叶尖枯焦,表现过熟特征,其中,正常采收处理(A₁B₁处理和 A₂B₁处理)烟叶成熟度为尚熟;比正常采收时间推迟 3 d(A₁B₂处理和 A₂B₂处理)烟叶成熟度为成熟;比正常采收时间推迟 9 d(A₁B₄处理和 A₂B₄处理)烟叶成熟度为过熟;而比正常采收时间推迟 6 d 采收烟叶成熟度介于成熟和过熟之间。此外,留 4 片叶比留 6 片叶后期成熟速度更快。

2.2 留叶数与采收时间对鲜烟叶 SPAD 值的影响

从图 1 可知,相同采收时间,留 6 片叶比留 4 片叶 SPAD 值高;在留叶数不变的前提下,SPAD 值随采收时间推迟呈明显降低趋势。表明 SPAD 值明显受留叶数及采收时间的影响。



A₁:留 4 片叶,A₂:留 6 片叶,B₁:正常采收,B₂:比正常采收推迟 3 d,B₃:比正常采收推迟 6 d,B₄:比正常采收推迟 9 d。

图 1 留叶数和采收时间对上部烟叶绿素相对含量 (SPAD 值) 的影响

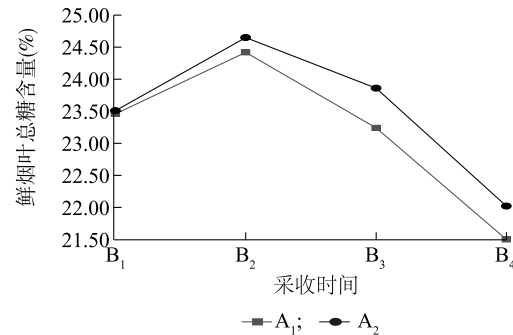
Fig.1 Effects of the number of retained leaves and harvesting time on relative chlorophyll content (SPAD value) of upper tobacco leaves

2.3 留叶数与采收时间对鲜烟叶内在化学成分的影响

2.3.1 不同处理对鲜烟叶总糖含量的影响 由图 2 可知,在同一采收时间,留 6 片叶比留 4 片叶鲜烟叶总糖含量更高;在同一留叶数条件下,鲜烟叶总糖含量随采收时间推迟呈先增加后持续下降的趋势,总糖含量最高的处理为 A₂B₂ 处理 (24.65%),较 A₂B₁ 处理显著增加了 4.30%;总糖含量最低的处理为 A₁B₄ 处理 (21.50%)。

2.3.2 留叶数与采收时间对鲜烟叶还原糖含量的影响 由图 3 可知,不同处理鲜烟叶还原糖含量的变化趋势与总糖含量基本一致。在同一采收时间,留 6 片叶比留 4 片叶还原糖含量高;在同一留叶数前提下,还原糖含量随采收时间推迟呈先上升后下降趋势。还原糖含量最高的处理为 A₂B₂ (20.93%),还原糖含量最低的处理为 A₁B₄ (18.00%)。

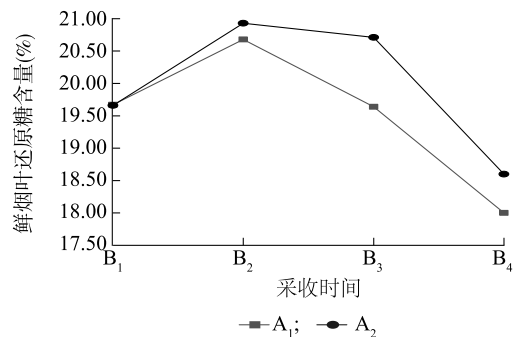
2.3.3 留叶数与采收时间对鲜烟叶淀粉含量的影响 如图 4 所示,在相同留叶数条件下,烟叶中淀粉含量随采收时间的推迟呈逐渐下降趋势;在正常采收时间 (B₁),留 4 片叶烟叶中淀粉含量高于留 6 片



A₁、A₂、B₁、B₂、B₃、B₄见图 1 注。

图 2 留叶数和采收时间对鲜烟叶总糖含量的影响

Fig.2 Effects of the number of retained leaves and harvesting time on the total sugar content of fresh tobacco leaves

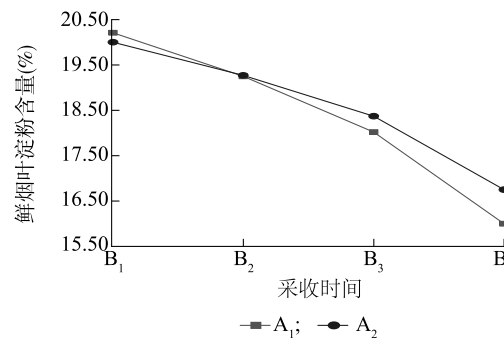


A₁、A₂、B₁、B₂、B₃、B₄见图 1 注。

图 3 留叶数和采收时间对鲜烟叶还原糖含量的影响

Fig.3 Effects of the number of retained leaves and harvesting time on the reducing sugar content of fresh tobacco leaves

叶,比正常采收时间推迟 3 d 至推迟 9 d 采收,留 4 片叶烟叶中淀粉含量低于留 6 片叶,表明,鲜烟叶淀粉含量主要受采收时间的影响,其次受留叶数量的影响。



A₁、A₂、B₁、B₂、B₃、B₄见图 1 注。

图 4 留叶数和采收时间对鲜烟叶淀粉含量的影响

Fig.4 Effects of the number of retained leaves and harvesting time on the starch content of fresh tobacco leaves

2.4 留叶数与采收时间对烤后烟叶内在化学成分的影响

2.4.1 留叶数与采收时间对烤后烟叶常规化学成分的影响 如表 3 所示,留叶数相同条件下,随采收时间推迟,烤后烟叶中总糖含量、还原糖含量、总氮含量、淀粉含量、钾含量整体呈下降趋势,烟碱含量在留 4 片叶时,随采收时间推迟呈升高趋势。采收时间不变的前提下, A_2B_1 处理总糖含量显著低于 A_1B_1 处理, A_2B_1 处理还原糖含量则显著高于 A_1B_1 处理; A_2B_1 处理烟碱含量显著高于 A_1B_1 处理, A_1B_3 处理烟碱含量显著高于 A_2B_3 处理, A_1B_4 处理烟碱

含量显著高于 A_2B_4 处理;总氮含量、淀粉含量及钾含量留 4 片叶处理和留 6 片叶处理之间差异大多不显著。相同留叶数前提下,随着采收时间推迟,氮碱比整体呈下降趋势, A_1B_4 处理和 A_2B_4 处理氮碱比低于 0.80,已不在优质烤烟协调性适宜范围内。协调性方面,当地优质烤烟糖碱比、氮碱比分别接近 10.00 和 0.90,本研究中 A_1B_1 处理糖碱比和氮碱比最接近优质烤后烟叶糖碱比和氮碱比,故当留叶数为 4 片,在正常时间采收时,烤后烟叶化学成分的整体协调性较好。

表 3 留叶数和采收时间对烤后烟叶常规化学成分的影响

Table 3 Effects of the number of retained leaves and harvesting time on the conventional chemical components of flue-cured tobacco leaves

处理	总糖含量 (%)	还原糖含量 (%)	总氮含量 (%)	淀粉含量 (%)	烟碱含量 (%)	钾含量 (%)	糖碱比	氮碱比
A_1B_1	26.97a	21.66b	2.64a	4.26a	2.82c	2.01a	8.93	0.87
A_1B_2	26.73ab	21.16bc	2.63a	4.23ab	3.04ab	1.91b	8.51	0.84
A_1B_3	25.80c	20.66c	2.56b	4.08c	3.08ab	1.83c	8.46	0.84
A_1B_4	24.89d	19.82c	2.30c	3.91d	3.18a	1.71d	8.64	0.79
A_2B_1	26.46b	22.68a	2.65a	4.26a	2.99ab	2.02a	8.56	0.86
A_2B_2	26.21bc	21.59b	2.63a	4.20b	3.05ab	1.93b	8.56	0.83
A_2B_3	25.68c	21.33bc	2.51c	4.10c	3.01c	1.81c	8.53	0.84
A_2B_4	24.86d	20.51c	2.31c	3.95d	3.15c	1.70d	8.43	0.78

A_1B_1 、 A_1B_2 、 A_1B_3 、 A_1B_4 、 A_2B_1 、 A_2B_2 、 A_2B_3 、 A_2B_4 见表 2 注;同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

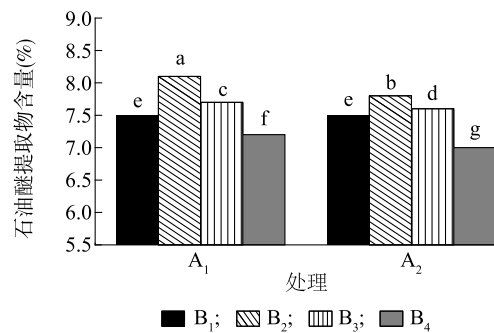
2.4.2 留叶数与采收时间对烤后烟叶石油醚提取物含量的影响 如图 5 所示,石油醚提取物含量除 A_1B_1 和 A_2B_1 两处理间无显著差异外,其余各处理间均表现显著差异。同一留叶数,烤后烟叶石油醚提取物含量随采收时间推迟呈先上升后下降趋势,均表现为 $B_2 > B_3 > B_1 > B_4$;在同一采收时间,除了 A_1B_1 处理和 A_2B_1 处理烤后烟叶石油醚提取物含量差异不显著外,其余采收时间石油醚提取物含量均表现为 $A_1 > A_2$ 。

2.5 烤后烟叶外观质量评价

由表 4 可知,同一留叶数条件下,随采收时间推迟烟叶成熟度逐渐提高,油分评价得分、身份评价得分、色度评价得分及颜色评价得分均呈先升后降趋势。综合表现为 A_1B_2 处理、 A_1B_3 处理、 A_2B_2 处理、 A_2B_3 处理处理外观质量总分较高,其中 A_1B_3 分值最高,为 7.94 分。

2.6 留叶数和采收时间对烤后烟叶经济性状的影响

如表 5 和表 6 所示,除留叶数对产值无显著性



A_1 、 A_2 、 B_1 、 B_2 、 B_3 、 B_4 见图 1 注。图柱上不同小写字母表示处理间差异显著。

图 5 留叶数和采收时间对烤后烟叶石油醚提取物含量的影响

Fig.5 Effects of the number of retained leaves and harvesting time on petroleum ether extract content in flue-cured tobacco leaves

影响外,留叶数、采收时间及二者交互效应对经济性状均有极显著影响。在同一留叶数前提下,随采收时间推迟,产量、产值、均价及上等烟比例呈现先上

升后下降的趋势,下等烟比例呈现先下降后上升的趋势。在同一采收时间前提下,随留叶数增加,产量、产值呈上升趋势,而上等烟比例表现有降有升。由此可见,留叶数和采收时间均影响上部叶经济性

状,且采收时间对其影响更大。综上所述,当留叶数为6片(A2)、正常采收时间基础上延迟3~6 d采收时,烟叶各经济性状表现较好。

表4 留叶数和采收时间对烤后烟叶外观质量的影响

Table 4 Effects of the number of retained leaves and harvesting time on the appearance quality of cured tobacco leaves

处理	成熟度评价得分(分)	叶片结构评价得分(分)	油分评价得分(分)	身份评价得分(分)	色度评价得分(分)	颜色评价得分(分)	总分(分)
A ₁ B ₁	6.94	4.78	7.12	5.78	7.06	8.22	6.89
A ₁ B ₂	8.06	5.22	7.94	6.53	7.94	9.00	7.71
A ₁ B ₃	8.83	5.67	7.78	6.33	7.89	9.06	7.94
A ₁ B ₄	9.11	5.28	7.00	6.06	7.72	8.17	7.56
A ₂ B ₁	7.00	4.94	7.11	5.84	6.72	8.17	6.89
A ₂ B ₂	8.84	5.17	7.67	6.33	7.33	8.67	7.70
A ₂ B ₃	8.94	5.67	7.61	6.56	7.39	9.00	7.93
A ₂ B ₄	9.11	5.94	7.06	6.17	7.22	8.17	7.64

A₁B₁、A₁B₂、A₁B₃、A₁B₄、A₂B₁、A₂B₂、A₂B₃、A₂B₄见表2注。

表5 不同留叶数与采收时间处理烟叶经济性状

Table 5 Tobacco economic characteristics under different leaf retention numbers and harvesting times

处理	产量(kg/hm ²)	产值(元,1 hm ²)	均价(元,1 kg)	上等烟比例(%)	中等烟比例(%)	下等烟比例(%)
A ₁ B ₁	919.94±0.89c	22 296.31±26.32d	24.24±0.01b	63.95±0.12d	17.81±0.12d	18.25±0.03b
A ₁ B ₂	923.21±2.48c	23 250.39±71.84c	25.18±0.01b	69.42±0.03c	16.39±0.07f	14.46±0.05cd
A ₁ B ₃	928.56±0.79bc	25 120.09±8.77b	27.05±0.01a	78.46±0.03a	10.43±0.05g	11.10±0.05f
A ₁ B ₄	734.28±6.97e	13 953.59±64.19f	19.01±0.15e	43.93±0.60g	21.53±0.15b	34.54±0.73a
A ₂ B ₁	945.53±0.82b	22 560.08±35.19d	23.86±0.02d	54.79±0.04e	30.76±0.03a	14.19±0.07d
A ₂ B ₂	966.22±4.87a	26 003.80±122.07a	26.91±0.01a	77.56±0.10b	17.50±0.09e	4.94±0.03g
A ₂ B ₃	976.91±13.99a	26 505.19±510.57a	27.13±0.14a	77.82±0.32ab	8.74±0.79a	13.44±0.26e
A ₂ B ₄	864.26±3.19d	16 335.56±98.13e	18.90±0.04e	46.13±0.11f	18.53±0.13c	35.34±0.18a

A₁B₁、A₁B₂、A₁B₃、A₁B₄、A₂B₁、A₂B₂、A₂B₃、A₂B₄见表2注;表中数据为平均值±标准差;同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。

表6 不同留叶数与采收时间对烟叶经济性状影响的显著性检验

Table 6 Significance test on the effects of different leaf retention numbers and harvesting times on the economic traits of tobacco leaves

效应	产量(kg/hm ²)	产值(元,1 hm ²)	均价(元,1 kg)	上等烟比例(%)	中等烟比例(%)	下等烟比例(%)
P _A	0.008 00**	0.347 00	0.002 00**	0**	0.000 10**	0.000 10**
P _B	0.000 20**	0.000 80**	0.000 10**	0.000 10**	0.000 10**	0.000 10**
P _{A×B}	0.000 10**	0.000 10**	0.000 10**	0.000 05**	0.000 07**	0.000 06**

P_A:留叶数为主效应,P_B:采收时间为副效应,P_{A×B}:留叶数与采收时间交互效应。**表示留叶数、采收时间及其交互作用对烟叶经济性状的影响达极显著水平(P<0.01)。

3 讨论

确定适宜的采收成熟度对于提高烟草上部叶片产量和质量至关重要。本研究通过设置不同留叶数和不同采收时间,发现云南省普洱烟区在正常采收

时间基础上延迟3~6 d采收,其烟叶成熟度能够达到优质烤烟成熟度要求,此时上部烟叶的SPAD值为19.09~27.86。由于试验地位于海拔1 750 m的山地,该地区烟草上部叶片普遍较厚,且组织结构较紧密^[9],加之成熟期雨水丰沛,因此与前人研究结

果^[10]相比,在相同成熟度下其 *SPAD* 值偏大。同时,采收时间在正常采收基础上推迟 3 d 后上部烟叶的成熟速度加快,表现为 *SPAD* 值下降速度加快,烟叶迅速变黄衰老。这可能是因为试验年份烟草植株旺长期时干旱少雨,导致其成熟期较往年延迟,使得上部烟叶采收时已是寒露节气有关,较长的生长时间导致烟叶后期衰老速度加快。

烟叶的质量与其鲜烟素质紧密相关,烟叶化学成分是决定感官质量的关键因素之一^[11]。前人研究结果显示,香气质量、杂气、细腻度、刺激性、干燥感、甜度及余味等感官指标与烟叶中的糖含量、氮含量和碱含量显著相关^[12]。本研究中,不同留叶数及采收时间均影响鲜烟叶化学成分,总糖含量和还原糖含量随烟叶成熟度的提高呈先上升后下降趋势,且均在比正常采收时间推迟 3 d 采收 (B_2) 达到峰值,说明此时采收烟叶物质积累更充分,有助于后期烘烤时物质的有效转化^[13];相同采收时间,留 6 片叶还原糖含量总体上高于留 4 片叶, $B_2 \sim B_4$ 期间糖类物质下降速度表现为留叶 4 片处理 (A_1) 较留叶 6 片处理 (A_2) 更快;留叶数相同的前提下,烟叶淀粉含量随采收时间推迟处于持续下降状态,以上研究结果表明,留 6 片叶比留 4 片叶鲜烟叶中淀粉和糖分积累更多,随采收时间推迟成熟度增加,叶绿体开始分解,淀粉迅速降解^[14]。罗思维^[15] 研究发现,云南普洱地区烟草上部烟叶总糖含量适宜范围为 25%~26%,糖碱比适宜范围为 8.5~9.5,氮碱比适宜范围为 0.70~1.35。本研究中 A_1B_2 处理、 A_1B_3 处理、 A_1B_4 处理烤后烟叶糖碱比均低于 A_1B_1 处理, A_2B_3 处理、 A_2B_4 处理烤后烟叶糖碱比低于 A_2B_1 处理和 A_2B_2 处理,这可能与过熟烟叶中水溶性糖含量较低有关^[16]。因此,适宜的留叶数及采收时间有助于改善烟草烤后上部叶片化学成分的协调性。烟叶中石油醚提取物是以石油醚为溶剂,经萃取、烘干后得到的物质,烟叶的综合质量及香气质量与其呈正相关^[17-18]。本研究结果表明,相同留叶数前提下,比正常时间推迟 3 d 采收 (B_2) 烟叶中石油醚提取物含量显著高于其他处理,其次是比正常采收时间推迟 6 d 采收 (B_3),说明适当延迟采收有利于提高烟叶中香气物质的形成,进而提升其感官品质。

外观质量方面,本研究发现比正常采收推迟 3 d 采收 (B_2) 和推迟 6 d 采收 (B_3) 可有效改善烤后烟叶的叶片结构、油分、身份及色度,这可能与烟叶内

部干物质呼吸消耗以及质体色素降解过多有关。吴有祥等^[19] 等认为,推迟采收可有效增加烟叶油分,与本研究结果一致。烟草植株个体发育和群体发育受留叶数量直接影响,并最终对烟叶产量和可用性产生影响^[20-21]。本试验发现,留叶数和采收时间的交互项对各个经济性状指标均呈现出极显著影响,且采收时间对烟叶经济性状的影响更大。烟叶产值、均价及上等烟比例随采收时间推迟呈先增加后降低的趋势,这与成明珠等^[22] 等的研究结果一致。其中 A_2B_2 处理、 A_2B_3 处理烟叶经济性状整体表现更优,这可能是因为比正常采收时间推迟 3~6 d 烟叶内化学物质相互转换,淀粉、蛋白质等大分子成分含量降低。

综上所述,适宜的留叶数及采收时间有助于提高烟叶品质,协调烤后烟叶总糖含量、还原糖含量和糖碱比等,改善烟叶油分和色度等外观品质,并提高烤烟经济性状,其中上部烟叶适宜留叶数为 6 片,适宜采收时间比正常采收时间延迟 3~6 d。

4 结论

综合分析认为,当云南省普洱烟区烟草上部叶留叶数为 6 片、比正常采收时间延迟 3~6 d 采收,烟叶成熟度达到优质烤烟标准,改善烟叶的内在化学成分及外观品质,提高烤后烟叶品质协调性,提高经济效益,增加烟农收入。

参考文献:

- [1] 宫长荣. 烟草调制学[M]. 北京:中国农业出版社,2011.
- [2] 贾中林,尹启生,戴华鑫,等. 烤烟上部烟叶成熟生理特性研究进展[J]. 烟草科技,2022,55(7):99-112.
- [3] 朱尊权. 提高上部烟叶可用性是促“卷烟上水平”的重要措施[J]. 烟草科技,2010,43(6):5-9,31.
- [4] 符昌武,杨明,张如阳,等. 普洱市不同生态区域的烟叶质量特征研究[J]. 中国农学通报,2010,26(24):247-256.
- [5] 李跃武,陈朝阳,江豪,等. 烤烟品种云烟 85 烟叶的成熟度 I. 成熟度与叶片组织结构、叶色、化学成分的关系[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2002,31(1):16-21.
- [6] 石锦辉,黄景崇,陈建军,等. 指示叶片成熟度对一次性采收的上部烟叶可用性的影响[J]. 湖北农业科学,2017,56(21):4101-4105,4145.
- [7] 李蒙,杨明,王伟,等. 云南普洱市烤烟种植气候适宜性精细化区划[J]. 作物杂志,2010(6):75-79.
- [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] 宋绍森,杨杰,段旺军,等. 海拔高度对烟叶生长代谢及烤后

- 品质的影响[J]. 河南农业科学,2024,53(3):53-67.
- [10] 和翌辉,张文先,范幸龙,等. 丽江烟区烤烟高可用性上部叶适宜采收期研究[J]. 安徽农业科学,2024,52(8):47-50,57.
- [11] 高家合,秦西云,谭仲夏,等. 烟叶主要化学成分对评吸质量的影响[J]. 山地农业生物学报,2004,23(6):497-501.
- [12] 王允白,王宝华,郭承芳,等. 影响烤烟评吸质量的主要化学成分研究[J]. 中国农业科学,1998,31(1):89-91.
- [13] 徐兴阳,廖孔凤,代瑾然,等. 不同鲜烟叶成熟度的组织结构和生理生化研究[J]. 云南大学学报(自然科学版),2017,39(2):313-323.
- [14] 徐梦晓,杨永锋,段史江,等. 烤烟不同成熟度上部叶中抗性淀粉与淀粉组分的变化及其与基因表达的关系[J]. 中国烟草学报,2022,28(4):39-47.
- [15] 罗思维. 关于云南普洱烟叶化学成分适宜范围的探讨[J]. 科技信息,2013(25):430,437.
- [16] 刘心亚,陈小龙,冯亚克,等. 黔西南州烟区烤烟高可用性上部叶适宜采收期研究[J]. 作物杂志,2022(4):227-235.
- [17] 刘典三,刘国顺,杨永峰,等. 不同类型有机肥对烤烟石油醚提取物及香气物质含量的影响[J]. 中国土壤与肥料,2013(1):74-79.
- [18] 肖艳霞,朱金峰,许自成,等. 烤烟石油醚提取物含量影响因素的研究概况[J]. 江西农业学报,2011,23(11):85-88.
- [19] 吴有祥,胡世龙,欧明毅,等. 采收时期对烤烟成熟度和感官质量的影响[J]. 广东农业科学,2017,44(7):13-18.
- [20] 唐永红. 烤烟产质量与施钾量及留叶数变化规律的研究[J]. 陕西农业科学,1998,44(3):24-25,30.
- [21] 易迪,彭海峰,屠乃美. 施氮量及留叶数与烤烟产质量关系的研究进展[J]. 作物研究,2008,22(5):476-479.
- [22] 成明珠,毕一鸣,王浩然,等. 留叶数对烤烟经济性状和烟叶品质的影响[J]. 作物研究,2023,37(6):588-593.

(责任编辑:黄克玲)