

# 打顶高度与留叶数对豫烟11号农艺性状、化学成分及经济性状的影响

包正元 邱坤 宋锡军 王定斌 柳强\*

贵州省烟草公司黔东南州公司

DOI:10.12238/as.v8i11.3482

**[摘要]** 烟株结构优化是影响烟叶品质的关键因素之一,通过调整打顶高度、留叶数等措施,可以有效改善烟株的营养分配和光合作用效率,进而影响烟叶的化学成分和感官品质。本研究以高香气品种豫烟11号为对象,采用二因素随机区组设计,分析不同打顶高度和留叶数对烟叶质量的影响,旨在为优质烟叶栽培提供技术支撑。结果表明,打顶高度与留叶数对烟株农艺性状、干物质积累、外观质量、常规化学成分协调性、感官品质及经济效益均有显著影响。其中,T5处理(打顶高度1.3m,留叶18片)综合表现最优,烟株长势良好,干物质积累量最高,烤后烟叶外观品质佳,化学成分协调,感官质量高,亩产量和亩产值均最高,显著提升了烟叶品质与经济效益。以上研究为高香气烟叶的标准化生产提供了科学依据。

**[关键词]** 豫烟11号; 打顶高度; 留叶数; 烟叶质量

**中图分类号:** S572 **文献标识码:** A

## Effect of Topping Height and Leaf Number on Agronomic Traits, Chemical Composition, and Economic Characters of Yuyan 11

Zhengyuan Bao Kun Qiu Xijun Song Dingbin Wang Qiang Liu\*

Qiandongnan Prefecture Company, Guizhou Tobacco Company

**[Abstract]** Optimization of tobacco plant structure is one of the key factors affecting tobacco leaf quality. Adjusting topping height and leaf number can effectively improve nutrient allocation and photosynthetic efficiency of tobacco plants, thereby affecting the chemical composition and sensory quality of tobacco leaves. In this study, using the high-aroma variety Yuyan 11 as the subject, a two-factor randomized block design was adopted to analyze the effects of different topping heights and leaf numbers on tobacco leaf quality, aiming to provide technical support for high-quality tobacco leaf cultivation. The results showed that topping height and leaf number significantly affected agronomic traits, dry matter accumulation, appearance quality, coordination of conventional chemical components, sensory quality, and economic benefits of tobacco plants. Among them, the T5 treatment (topping height of 1.3 m, 18 leaves retained) showed the best comprehensive performance, with good plant growth, the highest dry matter accumulation, good appearance quality of cured tobacco leaves, coordinated chemical components, high sensory quality, and the highest yield and output value per mu, which significantly improved the quality and economic benefits of tobacco leaves. The above research provides a scientific basis for the standardized production of high-aroma tobacco leaves.

**[Key words]** Yuyan 11; Topping height; Leaf number; Tobacco leaf quality

### 引言

在全球经济快速发展的时代,烟草作为国际贸易中重要的经济作物<sup>[1]</sup>,其种植面积与总产量均居于世界前列。同时,烟草行业也是我国经济发展不可或缺的重要产业,是国民经济的重要组成部分。烟草税是我国地方政府财政收入的重要组成

部分<sup>[2]</sup>,它不仅在国家财政收入中发挥了积极的作用,也为国家农业发展提供了重要的资源,其产业链贯穿种植、生产加工和销售等多个环节,对世界经济格局与社会发展产生深远影响,并在工农领域创造大量就业岗位,有效缓解社会就业压力<sup>[3]</sup>,同时为生产和运输提供服务。烟草产业在实现自身增值的同时,对关联

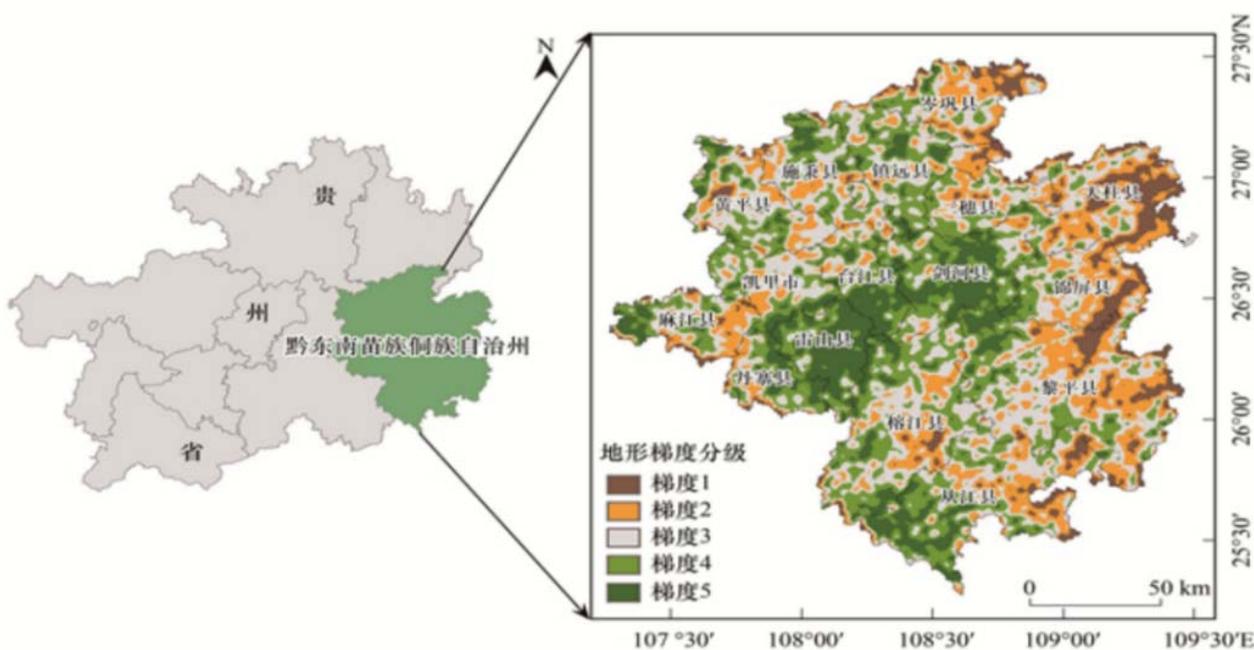


图1 黔东南州地理位置图(来源于网络)

产业具有显著的辐射带动效应,可进一步促进第一、第二及第三产业协同发展,从而推动地方经济整体提升<sup>[4]</sup>。中国作为全球最大的烟草生产、消费与销售国,卷烟工业的稳健发展高度依赖于优质烟叶的稳定供应。烟叶质量直接影响卷烟产品的最终品质,进而影响消费者的购买意愿,因此提升烟叶质量已成为行业共识<sup>[5]</sup>。随着消费者对烟草品质要求的不断提高,如何有效改善烟叶质量成为烟草种植与加工领域亟需解决的关键问题<sup>[6-7]</sup>。在我国烟草产业体系中,烟叶仓库现状与工业生产需求之间的结构性矛盾日益凸显。行业统计数据显示,全国烟叶库存中中下等级及劣质烟叶占比较高,致使中烟公司对高品质烟叶的长期需求难以得到充分满足<sup>[8]</sup>。作为重要经济作物,烟草产业除需创新种植模式与推行科学施肥外<sup>[9]</sup>,更应通过自身结构的优化实现产量与质量协同提升。烟叶的物理特性、化学成分、外观品质、感官质量及安全性等指标<sup>[10]</sup>,不仅直接影响到烟草制品的市场竞争力,也是决定其经济价值的重要因素<sup>[11-13]</sup>。烟叶的感官质量不仅反映其内在质量水平,也是当下卷烟产品配方设计的主要依据<sup>[14]</sup>,卷烟燃烧后产生的烟气特性(香气、杂气、劲头和余味)等多个指标构成了烟叶的感官质量<sup>[15]</sup>,而香气质量是人们抽吸时感官质量评价的重要指标。烟叶的质量会受外界人为和自然环境的干扰。豫烟11号是由河南农业大学烟草学院育种团队培育的高香气优质烤烟品种,该品种以K326为母本、8306为父本开展杂交选育,其香气量足、香气质优,是卷烟工业理想的调香烤烟品种,有效的契合了浙江中烟对原料的特定需求<sup>[16]</sup>。

优化田间烟株结构是提高高香气烟叶品种质量、保障烟叶品质和上等烟比例的重要措施之一<sup>[17]</sup>。在不同生育期采取相应的烟株结构调控方式,对烟叶的最终产量、品质及经济效益均具

有显著影响<sup>[18]</sup>。系统的烟株结构优化不仅有助于提升烟叶品质、增加烟农收入、改善田间微环境,还可增强土壤养分有效性,缓解土壤板结问题,并促进烟叶的光合与呼吸作用<sup>[19]</sup>。打顶后单株留叶数作为烟叶生产中的重要调控手段,直接影响烟株长势、发育进程、香气物质积累及烟叶品质形成,并与经济效益密切相关<sup>[20]</sup>。烟草在打顶前,西柏三烯二醇类香气物质含量随叶片着生部位升高而递增;打顶后,该类物质含量显著上升并持续积累,而未打顶植株则无此变化趋势。史宏志<sup>[21]</sup>等在研究自助烟时发现,打顶处理后,香气物质含量与留叶数呈正相关关系。对烟株留叶数和打顶高度进行合理优化,能有效提高烟叶的产量和品质。打顶技术是通过人工摘除烟株顶部的花序及幼叶,进而控制并消除烟株顶端生长优势<sup>[22]</sup>。留叶数量需综合考量烟草品种特性、田间种植密度以及土壤肥力状况等多方面因素进行科学确定。然而,如何在具体生产实践中确定最适宜的单株留叶数与打顶高度,仍是当前烟草栽培中需进一步研究的难点。

本试验以高香气品种豫烟11号为研究对象,通过调整打顶高度和控制留叶数改变群体结构和部位结构,改善烟株营养状况和生理状况,研究其对高香气品种烟叶质量形成的影响,明确豫烟11号最适宜的打顶高度和留叶数,丰富了豫烟11号的配套栽培技术。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

2024年在贵州省黔东南州施秉县杨柳塘镇试验田开展试验,该试验地位于贵州省东南部(图1),地处海拔526米,地势平坦开阔,排灌系统完善,土壤肥力分布均匀,位于东经108° 13' 7",北纬26° 52' 28"。作为亚热带湿润季风气候区,此地四季气候

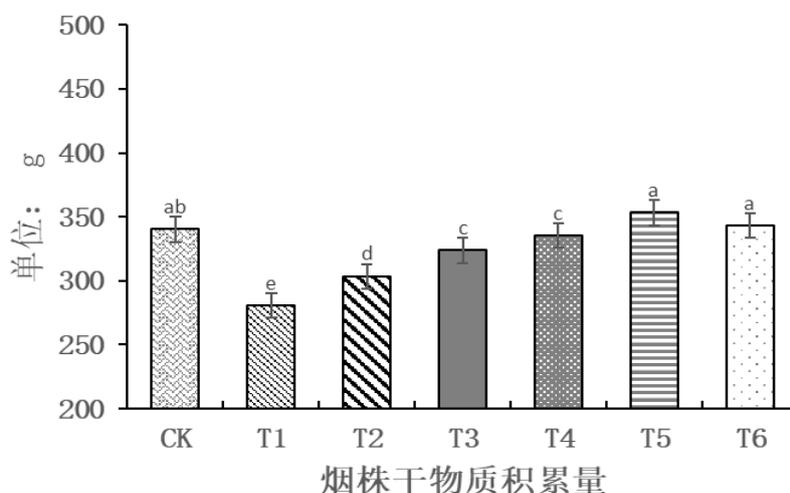


图2 不同烟株结构优化方式下烤烟豫烟11号烟株干物质积累量

温和,夏季无酷热,冬季无严寒,空气湿度较大,太阳辐射量低,年日照时数仅1197h。年均气温维持在14℃~16℃,年总积温5500℃,无霜期长达225~294D,年降水量处于1060~1200mm。土壤以黄壤、红壤为主导,在亚热带湿润气候与喀斯特地貌的双重影响下,土壤酸碱度偏酸,pH值普遍介于4.5~6.5之间,是优质烤烟生长的适宜区。试验田于2023年10月23日深翻,并于2024年4月12日移栽烟苗,施用基肥油枯15kg/667m<sup>2</sup>,4月30日追施专用肥(N:P:K=12:0:33)7.0kg/667m<sup>2</sup>和钾肥7.5kg/667m<sup>2</sup>。上一年度栽种烤烟、上一种烟季节烟田始终保持健康状态,未发生青枯病导致烟株萎蔫倒伏、黑胫病引发的茎基部腐烂及根结线虫病造成的根系瘤状畸变等常见且危害严重的病虫害现象。这不仅保障了烟叶的产量与品质,更为本年度烤烟产业的良性发展奠定了坚实基础。在病虫害防治工作中,严格遵循当地气候条件、土壤特性及烟株生长规律,采用经多年实践验证的最适宜防治方式,田间作业严格遵循当地优质烟叶生产技术规范执行,从整地起垄、烟苗移栽到成熟采收,各环节均制定了标准化操作流程。

#### 1.2 试验材料

供试烤烟品种是豫烟11号。

#### 1.3 试验设计

本研究采用二因素随机区组试验设计,设置打顶高度(1.1m、1.2m、1.3m)与留叶数(14片、16片、18片、20片)两个试验因素,共组成7个处理组合,每个处理设3次重复,每个处理面积为66.7m<sup>2</sup>。具体试验设计如表1。其中不同打顶高度调控底叶数量以实现留叶数的精确控制,确保试验条件的一致性。试

验过程中,于烟株生长发育至相应打顶高度时,统一进行人工打顶操作,并于打顶后7日内完成留叶数的最终核定与调整。所有农艺管理措施均参照当地优质烟叶生产规范执行,以排除非试验因素的干扰。

#### 1.4 样品采集

在烟株移栽后90天进行破坏性取样,每个处理选取3株生长状态具有代表性的烟株,取样后立即于105℃条件下杀青处理30min,随后转入65℃烘箱中持续烘干至恒重,用于计算单株干物质积累量。烟叶采烤结束后,依据国家标准《GB 2635—92》对初烤烟叶进行分级,自各处理中统一选取C3F等级烟叶样品2kg,用于后续分析。分别开展烟叶外观质量评价与感官质量评定,并测定其常规化学成分含量。

#### 1.5 测定项目及方法

##### 1.5.1 烟株的农艺性状

烤烟农艺性状的测定参照丁博锐等建立的标准化调查方法<sup>[23]</sup>。于移栽后90天内,在各处理小区内分别选取10株生长状况一致的烟株作为测定对象,系统调查其株高、茎围、有效叶片数、节距、最大叶长及最大叶宽等关键农艺指标。对所获数据进行记录并计算各性状的平均值。叶面积采用如下公式计算:叶面积=叶长×叶宽×0.6345,其中0.6345为叶形校正系数。

##### 1.5.2 烟株干物质积累测定

在烟株移栽后90天,对各处理进行破坏性取样,分别选取3株具有代表性的烤烟植株(要求长势均匀、生理状态一致)。样品经过105℃杀青30min后,转入65℃烘箱持续烘干至恒重,随后分别称量单株干重,并计算3株植株干重的平均值,作为该处理

表1 试验设计

处理	打顶高度(m)	留叶数(片)
CK	1.2	20
T1	1.1	14
T2		16
T3	1.2	16
T4		18
T5	1.3	18
T6		20

表2 不同外观质量指标权重

指标	颜色	成熟度	结构	身份	油分	色度
权重	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.1

的干物质积累量<sup>[24]</sup>。

### 1.5.3 烟样外观质量评价

对C3F等级烟叶样品的外观质量评价严格依据国家标准《GB 2635—92》<sup>[25]</sup>执行。采用专家评估法,针对颜色、成熟度、叶片结构、油分、身份及色度等关键指标进行量化评分。各评价指标按其重要性被赋予相应权重(表2),评价总分满分为10.0分。外观质量综合得分按以下公式计算:外观质量总分=∑(各指标得分×对应权重)。

### 1.5.4 常规化学成分测定

常规化学成分的测定严格遵循中华人民共和国烟草行业标准。具体检测项目包括总糖、还原糖、总氮、钾、氯及烟碱含量,其分析方法分别依据以下标准执行:总糖和还原糖参照YC/T 159—2002<sup>[26]</sup>;烟碱参照YC/T 33—1996<sup>[27]</sup>;总氮参照YC/T 34—1996<sup>[28]</sup>;钾参照YC/T 173—2003<sup>[29]</sup>;氯参照YC/T 153—2001<sup>[30]</sup>。基于测定结果,进一步计算糖碱比、氮碱比与钾氯比等关键化学指标。

### 1.5.5 单料烟感官质量评价

将各个处理C3F等级烟叶取4—5叶片,经去梗处理后进行适度回潮,随后切丝并卷制为单料烟样品。再聘请浙江中烟有限责任公司5位评审专家按香气质、香气量、透发性、杂气、细腻度、柔和度、圆润感、刺激性、干燥感、余味等方面进行系统性感官质量评价。

### 1.5.6 经济性状计算

根据烤烟42级国标(GB 2635—92)对烘后烟叶进行分级,确定烤烟的产量、产值、均价、上等烟比例、中上等烟比例,各处连烟叶的均价均参照浙江中烟对黔东南豫烟11号品种实行的全收全调政策,统一按C3F等级进行收购计价,2024年贵州省烤烟C3F等级价格为36.80元·kg<sup>-1</sup>。

### 1.6 数据处理

采用Microsoft Excel 2017对所有试验数据进行初步整理与预处理,进一步利用SPSS 23.0统计软件进行数据分析,其中组间差异显著性检验采用Duncan新复极差法,显著性水平设定为 $\alpha=0.05$ 。所有图表均通过Origin 2024软件绘制完成。

## 2 结果与分析

表 3 不同烟株结构优化方式对烤烟豫烟 11 号农艺性状的影响 单位: m 片 cm cm<sup>2</sup>

处理	打顶高度(m)	留叶数(片)	茎围(cm)	节距(cm)	最大叶长(cm)	最大叶宽(cm)	最大叶面积(cm <sup>2</sup> )
CK	1.2	20	12.05 <sup>ab</sup>	5.48 <sup>a</sup>	71.38 <sup>d</sup>	32.43 <sup>d</sup>	1468.77 <sup>c</sup>
T1	1.1	14	12.23 <sup>ab</sup>	6.25 <sup>a</sup>	78.56 <sup>e</sup>	36.24 <sup>b</sup>	1806.43 <sup>a</sup>
T2	1.1	16	11.80 <sup>b</sup>	5.76 <sup>bc</sup>	72.73 <sup>c</sup>	34.51 <sup>c</sup>	1592.54 <sup>b</sup>
T3	1.2	16	12.27 <sup>a</sup>	6.05 <sup>b</sup>	76.25 <sup>c</sup>	36.58 <sup>b</sup>	1769.76 <sup>c</sup>
T4	1.2	18	12.71 <sup>a</sup>	5.87 <sup>b</sup>	73.85 <sup>b</sup>	35.13 <sup>c</sup>	1646.12 <sup>c</sup>
T5	1.3	18	12.48 <sup>a</sup>	6.14 <sup>b</sup>	75.83 <sup>b</sup>	36.24 <sup>b</sup>	1743.66 <sup>c</sup>
T6	1.3	20	12.13 <sup>ab</sup>	5.98 <sup>cd</sup>	73.35 <sup>b</sup>	34.56 <sup>c</sup>	1608.44 <sup>b</sup>

注：字母标记法(a, b, c, d)表示组间显著性差异(p<0.05),相同字母表示无显著差异。下同

表 4 不同烟株结构优化方式下烤后豫烟 11 号烟叶外观质量 单位: %

处理	颜色	成熟度	叶片结构	身份	油分	色度	综合评价
CK	6.5 <sup>b</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.0 <sup>c</sup>	6.5 <sup>b</sup>	4.0 <sup>c</sup>	3.5 <sup>e</sup>	5.79 <sup>c</sup>
T1	7.2 <sup>a</sup>	6.5 <sup>b</sup>	7.0 <sup>ab</sup>	7.0 <sup>c</sup>	5.0 <sup>b</sup>	4.0 <sup>d</sup>	6.34 <sup>b</sup>
T2	6.8 <sup>a</sup>	6.3 <sup>b</sup>	6.5 <sup>b</sup>	6.8 <sup>a</sup>	4.5 <sup>c</sup>	3.8 <sup>e</sup>	6.00 <sup>c</sup>
T3	7.0 <sup>ab</sup>	7.0 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	6.52 <sup>b</sup>
T4	7.5 <sup>a</sup>	7.3a	7.5 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.5 <sup>d</sup>	6.86 <sup>b</sup>
T5	7.8 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	7.8 <sup>a</sup>	7.7 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	4.8 <sup>d</sup>	7.13 <sup>a</sup>
T6	7.0 <sup>ab</sup>	6.9 <sup>a</sup>	7.0 <sup>ab</sup>	7.0 <sup>c</sup>	5.0 <sup>b</sup>	4.0 <sup>d</sup>	6.38 <sup>b</sup>

表 5 不同烟株结构优化方式下烤后烟叶常规化学成分 单位: %

处理	总糖	还原糖	烟碱	总氮	钾	氯	蛋白质	淀粉
CK	24.54 <sup>a</sup>	21.82 <sup>c</sup>	1.87 <sup>a</sup>	1.95 <sup>c</sup>	1.78 <sup>a</sup>	0.23 <sup>b</sup>	9.27 <sup>a</sup>	3.55 <sup>a</sup>
T1	28.61 <sup>b</sup>	25.84 <sup>b</sup>	2.51 <sup>b</sup>	2.34 <sup>b</sup>	2.08 <sup>b</sup>	0.27 <sup>a</sup>	8.52 <sup>b</sup>	2.84 <sup>b</sup>
T2	26.75 <sup>c</sup>	23.45 <sup>c</sup>	2.12 <sup>c</sup>	2.17 <sup>b</sup>	1.92 <sup>c</sup>	0.25 <sup>ab</sup>	8.81 <sup>ab</sup>	3.27 <sup>a</sup>
T3	27.82 <sup>b</sup>	24.94 <sup>b</sup>	2.67 <sup>b</sup>	2.42 <sup>ab</sup>	2.15 <sup>b</sup>	0.22 <sup>b</sup>	8.32 <sup>b</sup>	2.54 <sup>b</sup>
T4	29.24 <sup>b</sup>	26.37 <sup>ab</sup>	2.81 <sup>b</sup>	2.51 <sup>a</sup>	2.30 <sup>b</sup>	0.20 <sup>b</sup>	8.01 <sup>c</sup>	2.02 <sup>c</sup>
T5	30.57 <sup>a</sup>	27.62 <sup>a</sup>	2.90 <sup>a</sup>	2.64 <sup>a</sup>	2.45 <sup>a</sup>	0.18 <sup>b</sup>	7.54 <sup>c</sup>	1.85 <sup>c</sup>
T6	27.02 <sup>c</sup>	24.14 <sup>c</sup>	2.44 <sup>b</sup>	2.32 <sup>b</sup>	2.10 <sup>c</sup>	0.21 <sup>b</sup>	8.67 <sup>ab</sup>	2.77 <sup>b</sup>

表 6 不同烟株结构优化方式下烤后烟叶常规化学成分协调性 单位: %

处理	两糖比	糖碱比	氮碱比	钾氮比
CK	0.89 <sup>a</sup>	11.67 <sup>a</sup>	1.04 <sup>a</sup>	7.74 <sup>a</sup>
T1	0.90 <sup>a</sup>	10.29 <sup>a</sup>	0.93 <sup>a</sup>	7.70 <sup>a</sup>
T2	0.88 <sup>a</sup>	11.06 <sup>ab</sup>	1.02 <sup>a</sup>	7.68 <sup>a</sup>
T3	0.90 <sup>a</sup>	9.35 <sup>a</sup>	0.91 <sup>bc</sup>	9.77 <sup>a</sup>
T4	0.90 <sup>a</sup>	9.39 <sup>a</sup>	0.89 <sup>a</sup>	11.50 <sup>a</sup>
T5	0.90 <sup>a</sup>	9.52 <sup>a</sup>	0.91 <sup>bc</sup>	13.61 <sup>a</sup>
T6	0.89 <sup>a</sup>	9.89 <sup>a</sup>	0.95 <sup>a</sup>	10.00 <sup>a</sup>

表 7 不同烟株结构优化方式下烤后烟叶感官质量 单位: 分

处理	香气质 (20分)	香气量 (18分)	透发性 (6分)	杂气 (8分)	细腻程度 (6分)	柔和度 (6分)	圆润感 (8分)	刺激性 (10分)	干燥感 (8分)	余味 (10分)	总分 (100分)
CK	9.25 <sup>a</sup>	7.20 <sup>a</sup>	2.80 <sup>a</sup>	4.10 <sup>a</sup>	2.90 <sup>a</sup>	3.20 <sup>a</sup>	3.70 <sup>a</sup>	4.50 <sup>a</sup>	3.50 <sup>a</sup>	4.60 <sup>a</sup>	49.55 <sup>a</sup>
T1	11.80 <sup>a</sup>	9.50 <sup>a</sup>	3.50 <sup>a</sup>	5.20 <sup>a</sup>	3.80 <sup>a</sup>	4.00 <sup>a</sup>	4.50 <sup>a</sup>	5.50 <sup>a</sup>	4.20 <sup>a</sup>	5.20 <sup>a</sup>	62.70 <sup>a</sup>
T2	10.30 <sup>a</sup>	8.20 <sup>a</sup>	3.00 <sup>a</sup>	4.80 <sup>a</sup>	3.20 <sup>a</sup>	3.50 <sup>a</sup>	4.00 <sup>a</sup>	5.00 <sup>ab</sup>	3.80 <sup>a</sup>	4.90 <sup>a</sup>	53.70 <sup>a</sup>
T3	12.50 <sup>ab</sup>	10.20 <sup>ab</sup>	4.00 <sup>a</sup>	5.50 <sup>ab</sup>	4.20 <sup>ab</sup>	4.50 <sup>ab</sup>	5.00 <sup>ab</sup>	6.00 <sup>a</sup>	4.80 <sup>ab</sup>	5.80 <sup>ab</sup>	68.50 <sup>a</sup>
T4	13.20 <sup>a</sup>	11.00 <sup>a</sup>	4.50 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	4.60 <sup>a</sup>	4.80 <sup>a</sup>	5.50 <sup>a</sup>	6.50 <sup>a</sup>	5.20 <sup>a</sup>	6.50 <sup>a</sup>	75.30 <sup>a</sup>
T5	14.50 <sup>a</sup>	12.80 <sup>a</sup>	4.80 <sup>a</sup>	6.50 <sup>a</sup>	4.60 <sup>a</sup>	4.70 <sup>a</sup>	5.80 <sup>a</sup>	7.50 <sup>a</sup>	6.20 <sup>a</sup>	7.00 <sup>a</sup>	85.63 <sup>a</sup>
T6	11.00 <sup>a</sup>	9.00 <sup>a</sup>	3.80 <sup>a</sup>	5.30 <sup>a</sup>	3.90 <sup>a</sup>	4.20 <sup>a</sup>	4.80 <sup>ab</sup>	5.80 <sup>a</sup>	4.50 <sup>ab</sup>	5.50 <sup>ab</sup>	60.80 <sup>a</sup>

表 8 不同烟株结构优化方式下对烤烟豫烟 11 号经济性状的影响 单位: %

处理	亩产量(kg/亩)	均价(元/kg)	亩产值(元/亩)	上等烟比例(%)	中上等烟比例(%)
CK	116.16	36.80 <sup>a</sup>	4274.69 <sup>a</sup>	57.60 <sup>a</sup>	83.60 <sup>a</sup>
T1	128.50 <sup>a</sup>	36.80 <sup>a</sup>	4728.80 <sup>a</sup>	62.40 <sup>a</sup>	89.00 <sup>ab</sup>
T2	120.80 <sup>a</sup>	36.80 <sup>a</sup>	4443.04 <sup>a</sup>	50.40 <sup>a</sup>	71.50 <sup>a</sup>
T3	135.20 <sup>ab</sup>	36.80 <sup>a</sup>	4973.76 <sup>ab</sup>	65.80 <sup>ab</sup>	92.50 <sup>a</sup>
T4	142.60 <sup>a</sup>	36.80 <sup>a</sup>	5246.88 <sup>a</sup>	68.50 <sup>a</sup>	95.20 <sup>a</sup>
T5	148.20 <sup>a</sup>	36.80 <sup>a</sup>	5453.76 <sup>a</sup>	72.30 <sup>a</sup>	98.50 <sup>a</sup>
T6	130.40 <sup>a</sup>	36.80 <sup>a</sup>	4799.52 <sup>a</sup>	60.20 <sup>a</sup>	85.70 <sup>ab</sup>

## 2.1 不同烟株结构优化方式对烤烟豫烟11号农艺性状的影响

根据表3数据分析可知,不同结构优化处理对烟株农艺性状有显著影响。在各处理中,T1、T4和T5的综合表现评定为优良等级,表明其在烟株生长态势、发育进程及产量潜力方面具有较优的表现。具体而言,T4与T5处理的茎围数值较大,T1与T5处理的节距较大;T1与T3处理的最大叶长和最大叶面积均最大;T5处理次之;T3处理的最大叶宽值最大,T1和T5处理紧随其后。综合各项指标,T5处理(打顶高度1.3m和留叶18片)烟株农艺性状综合表现最优。

## 2.2 不同烟株结构优化方式对烤烟豫烟11号干物质积累的影响

根据图2所示,不同结构优化方式对烟株干物质积累有明显影响,其中以T5处理(打顶高度1.3m和留叶18片)的干物质积累量最高,其值为353.22g,其次是T6处理(打顶高度1.3m和留叶数为20片),与T1、T2、T3、T4四个处理相比,T5与T6处理的烟株在干物质积累量上呈现明显的优势<sup>[36]</sup>。

## 2.3 不同烟株结构优化方式对烤后豫烟11号烟叶外观质量的影响

根据表4可知,不同结构优化方式对烤后烟叶外观质量有显著影响,其中T5处理(打顶高度1.3m和留叶数为18片)在外观质量各指标上表现最优,显著高于其他处理,其外观呈现为颜色鲜亮,成熟度均匀,叶片结构疏松适度,身份适中,油分充足,色彩饱和度高。而CK处理(打顶高度1.2m和留叶数为20片)可能颜色较暗,成熟度不均,油分不足。T1处理(打顶高度1.1m和留叶数为14片)可能因养分集中导致叶片较厚,但油分和色度较好。

## 2.4 不同烟株结构优化方式对烤后烟叶常规化学成分及协调性的影响

### 2.4.1 不同烟株结构优化方式对烤后烟叶常规化学成分的影响

根据表5可知,不同结构优化方式对烤后烟叶常规化学成分有显著影响。T5处理(打顶高度1.3m和留叶数为18片)烤后烟叶的糖类物质(总糖、还原糖)含量最高,其含量分别为30.57%和27.62%,相比对照组增幅为6.03、5.80个百分点,而淀粉含量最低,比对照组降低了1.70个百分点;氮类物质(烟碱、总氮)含量显著高于其他处理,而蛋白质含量最低;矿质元素钾含量最高,而氯含量最低。

### 2.4.2 不同烟株结构优化方式对烤后烟叶协调性的影响

根据表6可知,不同结构优化方式烤后烟叶两糖比均无显著差异,糖碱比均在8-12的优质烤烟适宜范围内,氮碱比以对照最大,以T4(打顶高度1.2m和留叶数为18片)处理最小,钾氯比以T5处理(打顶高度1.3m和留叶数为18片)最高,综合而言,T5处理(打顶高度1.3m和留叶数为18片)烤后烟叶常规化学成分含量适宜,协调性好。

## 2.5 不同烟柱结构优化方式对烤后豫烟11号感官质量的影响

根据表7可知,烟株结构优化方式对烤后烟叶的感官质量有显著影响,在各个处理中T5处理(打顶高度1.3m和留叶数为18片)表现最为突出,其烤后烟叶感官质量总分为85.63分,较对照组高了36.08分,其次是T4处理(打顶高度1.2m和留叶数为18片),其总分为75.30分。同一留叶数,随着打顶高度的增加,烤后烟叶感官质量逐渐提升,在打顶高度设定为1.1m和1.3m时,在各个处理中留叶数较低的烤后烟叶感官质量表现较好,而打顶高度1.2m时,较高留叶数的烟叶感官质量较好。

## 2.6 不同结构优化方式对烤烟豫烟11号经济性状的影响

根据表8可知,烟株结构优化方式对亩产量有显著影响,尤其是T5处理(打顶高度1.3m和留叶数为18片)表现最佳,T5处理不仅产量高,而且亩产值也最高,经济效益显著,烟叶质量较高,上等烟比例和中上等烟比例显著高于其他处理。

## 3 讨论与结论

烟株打顶留叶作为一项关键农艺措施,显著调节植株体内物质的分配与转化过程<sup>[31]</sup>,该操作不仅促进根系发育,还对多项农艺性状产生显著影响,如株高、节距及叶面积等<sup>[32]</sup>,从生理调控机制来看,打顶可有效抑制烟株的生殖生长,促使光合产物向叶片集中,从而显著提高叶片中香气物质的积累,最终产出香气浓郁的优质烟叶<sup>[33]</sup>。在形态发育方面,打顶高度对烟株茎围具有显著影响。较高的打顶高度通常有利于茎秆增粗,其原因可能在于植株为维持形态稳定性而增强了机械支撑结构。留叶数量则调控烟叶的代谢过程<sup>[34]</sup>,影响光合产物的分配格局。当留叶数较少时,更多资源倾向于向茎秆与叶片分配,进而促使茎围增加。就节距而言,留叶数较少可能导致节间伸长,从而使节距增大;而打顶高度亦可能调节节距,较高打顶在解除顶端优势后,可能促进中下部节间的伸展。叶片的形态特征,如叶长与叶宽,受留叶数的显著调控。留叶较少时,单叶可获取更多资源,从而促进其扩展。打顶高度则影响叶片的空间分布与形态发育,较高打顶有助于中上部叶片的充分发育。叶面积作为叶长与叶宽的综合体现,同样受留叶数的调节,适宜的留叶数有助于协调个体与群体水平的光合效率。打顶高度与留叶数之间存在显著互作效应,共同影响烟株的农艺性状。打顶通过去除顶端分生组织,解除生长素的抑制效应,促进侧芽萌发与茎秆增粗,同时重新调配光合产物向叶片与茎部的运输。留叶数则决定了“源”(叶片)与“库”(烟杈与花蕾)之间的平衡关系。不同处理组合表现出不同的农艺响应,在本试验所设处理中,T5处理(打顶高度1.3m,留叶18片)在农艺性状上表现最佳,群体通风透光性良好,茎秆粗壮,光合性能稳定,干物质积累高效,与李淼等<sup>[32]</sup>的研究结果一致。其生理机制可能在于该处理延缓了顶端优势,促使中上部叶片均衡发展,协调碳氮代谢进程:较高打顶延缓生殖生长,延长氮代谢持续时间,促进烟碱合成;而留叶18片则通过维持合理叶面积,保障碳代谢正常进行,避免糖类物质过度消耗。

干物质积累与光合作用密切相关,其中叶面积、叶片空间分布及群体结构均对光合效能产生重要影响。打顶高度与留叶数作为关键农艺措施,不仅直接决定烟株的形态构建,进而调控光

能利用效率与同化产物的分配格局,还可显著扩大有效叶面积,促进干物质快速积累,最终提高烟叶产量<sup>[35]</sup>。豫烟11号作为典型的大叶型烟草品种,其光合作用依赖于较大叶面积,但群体结构过密易导致下层叶片受光不足,呼吸消耗增强,从而降低净同化积累。贵州黔东南地区气候湿润、降雨频繁,群体通风透光对减轻病害发生尤为关键。本试验中,T5处理(打顶高度1.3m,留叶18片)的干物质积累量最高,达353.22g。该结果可能归因于较高打顶促进茎围增大,增强支撑能力,同时适中留叶数在保证充足光合面积的基础上,优化了冠层光分布与通风条件,减轻病害发生,从而提升光合效率与干物质积累。相比之下,T1处理(打顶高度1.1m,留叶14片)虽单叶面积最大,但由于留叶数较少,总叶面积受限,整体光合产物合成能力下降,干物质积累量仅为281.52g。而T6处理(打顶高度1.3m,留叶20片)尽管打顶较高、茎围较大,但留叶数过多造成群体拥挤,叶面积指数偏高,下层叶片光竞争加剧,呼吸消耗上升,最终净积累量低于T5处理。在T3(打顶高度1.2m,留叶16片)与T4(打顶高度1.2m,留叶18片)处理中,干物质积累随留叶数增加呈上升趋势,说明在适宜打顶高度下适当增加留叶数有助于扩大光合面积;然而,当打顶高度过高且留叶数过多时,则可能对群体结构和物质积累产生不利影响,该结果与郭芳军等<sup>[37]</sup>的研究结论基本一致。

烟叶及其制品的烟气特性主要取决于其中关键化学成分的含量及其比例,这些因素直接决定烟叶的品质水平<sup>[32]</sup>。养分供应充足的条件下,烟叶通常表现出更为鲜亮的颜色和均匀的成熟状态。烟叶的成熟度与采收时期密切相关,其组织结构的疏密程度直接影响燃烧过程中的通气状况,进而调控燃烧性能<sup>[37]</sup>。优质烟叶通常具备疏松的组织结构,有助于改善燃烧特性;而烟叶的身份(厚度)常受氮素供应水平影响,适量氮素可增加叶片厚度,但过量则可能导致叶片过厚,阻碍燃烧过程。此外,烟叶的油分与色度特征与总糖、烟碱和钾等化学成分密切相关<sup>[38]</sup>,油分充足的烟叶通常糖分含量较高,烟碱处于适宜范围,并含有充足的钾元素。本试验中,T5处理(打顶高度1.3m,留叶18片)烤后烟叶在外观质量方面表现最佳,具体体现为色泽鲜亮、饱满度佳,成熟度均匀,叶片组织结构疏松,厚度适中一致,油分充足且色度良好。该结果可能归因于较高的打顶高度与适中的留叶数配合,优化了群体通风透光条件,促进烟叶成熟一致,协调碳氮代谢进程;同时,较为粗壮的茎围为叶片舒展提供了良好的支撑结构,有助于形成排列疏松的海绵组织,从而显著改善燃烧性能。

不同结构优化方式对烟株个体与群体发育具有重要影响,适宜的打顶高度与留叶数能够显著改善烟株农艺性状,促进干物质积累,并最终影响烤后烟叶常规化学成分的含量及其协调性。在本试验中,5处理(打顶高度1.3m,留叶18片)表现出最高的总糖与还原糖含量,淀粉含量则为各处理中最低。这可能归因于较高的打顶配合适中留叶,优化了群体透光条件,促进光合产物(淀粉)向还原糖的有效转化。同时,该处理的烟碱与总氮含量亦为最高,蛋白质含量最低,但所有指标均处于优质烤烟的适宜范

围内。这一结果可能与高打顶延缓生殖生长,并协同增强硝酸还原酶与谷氨酰胺合成酶活性,从而促进氮素向烟碱转化有关。此外,T5处理的钾含量最高,推测与优化的群体结构及分次施肥策略减少钾素淋失有关。就化学成分协调性而言,中高打顶(1.2-1.3m)配合中等留叶数(16-18片)有助于延长碳代谢周期,增强淀粉酶活性,促进淀粉充分降解(如T5处理淀粉含量仅为1.85%)。高打顶(1.3m)则可延长氮代谢窗口期,硝酸还原酶活性升高有助于推动氮素向烟碱转化,提高总氮利用效率。T5处理中钾含量达2.45%,氯含量最低(0.18%),进一步说明分次施肥在减少淋失方面的积极作用。本研究中打顶高度与留叶数对硝酸还原酶(NR)活性及烟碱含量变化的影响,与薛宇的研究结果存在差异。其研究指出,打顶与留叶措施显著增强了烤烟的过氧化物酶(POD)活性,而硝酸还原酶(NR)酶活性和腺苷三磷酸(ATP)酶活性则呈现下降趋势,本试验则观察到NR活性上升。造成该差异的原因可能包括:过高打顶可能改变植株整体生长状态,打破内源激素平衡与养分分配模式,进而影响根系发育与氮素吸收转运,最终导致NR活性下降;同时,留叶数偏多可能导致养分分散,单叶氮素供应不足,为维持整体生长平衡,NR活性可能相应调低;此外,叶片过多引起冠层遮荫,也会影响光合作用及氮代谢过程,抑制NR活性。在薛宇的研究中,相同打顶高度下,烟碱含量随留叶数增加而降低;而本试验则呈相反趋势。此差异的可能机制包括:留叶数较多时光合作用增强,为烟碱合成提供更充足的碳架与能量;同时,留叶数变化可能调控内源激素分布,促进根系发育与氮素吸收,从而为烟碱合成提供更多底物。本试验中,同一打顶高度下,糖类和钾含量随留叶数的增加而增强,该结果与薛宇的研究结论一致。

不同结构优化方式对烤后烟叶感官质量具有显著影响。本试验中,T5处理(打顶高度1.3m,留叶18片)烤后烟叶感官质量总体表现均较好,这是因为适宜的打顶高度和留叶数能改善烟株的生长环境,促进了干物质的积累,并实现了烟叶内部化学成分的协调分配。烟叶中的烟碱、糖、钾、氮等成分比例适中,这些成分对烟叶的香气、口感和燃烧性等感官特性有重要影响,同时,烤后烟叶在外观质量上表现出色,反映了其内部化学成分的适宜性和协调性,这与薛宇的研究结果相似<sup>[39]</sup>。

T5处理(打顶高度1.3m,留叶18片)在亩产量、亩产值、上等烟比例和中上等烟比例等多个关键指标上均表现最佳,烟株的经济性状表现最优,综合评级为综合最优,这与董祥立等的研究结论一致<sup>[40]</sup>。其优越性主要源于该处理所采用的打顶高度与留叶数组合实现了烟株结构的合理优化,有效改善了群体通风透光条件,促进了烟叶充分发育与干物质积累,从而提高了单产水平与烟叶质量。同时,该处理烟叶内部化学成分协调性良好,烟碱、糖类、钾和氮等关键组分的比例均衡,共同促进了烟叶在香气特征、口感品质与燃烧性能等感官特性方面的综合提升。

综合而言,T5处理(打顶高度1.3m,留叶18片)表现最优,其茎秆粗壮,群体通风透光性好,干物质积累量最高,烤后烟叶外观质量佳,化学成分协调,感官质量好,亩产量和亩产值均最高。

**[基金项目]**

贵州省黔东南州科学技术局科技项目“基于浙江中烟原料需求的高香气品种配套栽培调制技术研究”黔东南科合J字【2023】26号。

**[参考文献]**

[1]Xue Y.Smoking cessation programmes in China[J].The Lancet,2020,395(10223):e28.

[2]杜磊.我国地方税收对烟草产业的依赖性研究[J].今日财富(中国知识产权),2021,(06):155-156.

[3]孟枫.云南省烟草产业对经济增长的效应分析[J].合肥工业大学学报(社会科学版),2011,25(02):33-37.

[4]中华人民共和国国家金库常德市中心支库调研课题组,吕北回.卷烟产业发展对常德经济影响的实证分析[J].金融经济,2008,(04):26-27.

[5]朱尊权.烟叶的可用性与卷烟的安全性[J].烟草科技,2000,(08):3-6.

[6]陈二龙,范志勇,宋朝鹏,等.烘烤期烟叶霉变发生规律及关键影响因素[J].江西农业大学学报,2017,39(05):877-883.

[7]Zhang LY,Mai J,Shi J F,et al.Study on tobacco quality improvement and bacterial community succession during microbial co-fermentation[J].Industrial Crops and Products,2024,208:117889.

[8]田喜峰.优化田间烟叶结构提高烤烟产质量[J].科技创新与应用,2017,(22):187-188.

[9]Wang S,Zhang B,Ma S, et al. Effects of microbial organic fertilizers on soil microbial communities and physicochemical properties in tobacco cultivation[J]. Frontiers in Environmental Science,2025,13:1555622.

[10]尹启生,陈江华,王信民,等.2002年度全国烟叶质量评价分析[J].中国烟草学报,2003,9(B11):59-70.

[11]Salsabila N N,Ibrahim J T,Ningsih G M.Analysis The Competitiveness of Indonesian Tobacco Exports to International Markets 2003-2022[J]. Valley International Journal Digital Library,2024:479-487.

[12]Puljević C,King M,Meciar I,et al.Smoking out Australia's growing illicit tobacco market: Current trends and future challenges[J]. International Journal of Drug Policy, 2024,127:104424.

[13]Cummings K M,Roberson A,Levy D T,et al. Transformation of the tobacco product market in Japan,2011-2023[J]. Tobacco Control,2024.

[14]王强,李孟军,陈英武.卷烟配方数据挖掘技术研究进展[J].中国烟草科学,2007,(04):14-17.

[15]邵惠芳,赵昕宇,许自成,等.基于Fisher判别分析的烤烟感官质量与工业应用价值的关系研究[J].中国烟草学报,2011,17(06):13-18.

[16]张继帅.高香气烤烟品种豫烟11号优质栽培调制技术[J].河南农业,2014,(03):43.

[17]李丽华,岳修强,宋正熊,等.不同结构优化方式对烤烟LY1306质量的提升[J].浙江农业科学,2024,65(10):2461-2469.

[18]李军,张渐隆,曲鹏.不同优化结构方式对烤烟生长的影响[J].现代农业科技,2016,(03):41+43.

[19]王正旭,向德恩,孟贵星,等.施氮量和留叶数对中烟100产质量的影响[J].中国烟草科学,2011,32(S1):45-49.

[20]张景华.豫烟11号高香气特性分析与彰显技术研究[D].河南农业大学,2016.

[21]史宏志,李志,谢子发,等.白肋烟留叶数对叶片中性香气成分和生物碱含量的影响[J].河南农业大学学报,2008,(4):375-379.

[22]林桂华,周冀衡,范启福,等.打顶技术对烤烟产质量和生物碱组成的影响[J].中国烟草科学,2002,(04):9-13.

[23]全国烟草标准化技术委员会农业分技术委员会(SAC/TC 144/SC 2).烟草农艺性状调查测量方法:YC/T 142-2010[S].中国标准出版社,2010.

[24]陈成立,王静,付全善,等.蛟河晒红烟移栽期和覆盖方式对烟株干物质积累和烟叶经济性状的影响[J].作物杂志,2021,(03):126-132.

[25]全国烟草标准化技术委员会.烤烟:GB 2635-1992[S].北京:中国标准出版社,1992.

[26]国家烟草专卖局.烟草及烟草制品水溶性糖的测定连续流动法:YC/T159-2002[S].北京:中国标准出版社,2004.

[27]全国烟草标准化技术委员会烟草及烟草制品总植物碱的测定连续流动法:YC/T 160-2002[S].北京:中国标准出版社,2002.

[28]全国烟草标准化技术委员会.烟草及烟草制品总氮的测定连续流动法:YC/T 161-2002[S].北京:中国标准出版社,2002.

[29]国家烟草专卖局.烟草及烟草制品钾的测定连续流动法:YC/T217-2007[S].北京:中国标准出版社,2007.

[30]国家烟草专卖局.烟草及烟草制品氯的测定连续流动法:YC/T162-2011[S].北京:中国标准出版社,2011.

[31]李彦平,阎小毛,孟智勇,等.提高烤烟上部烟叶可用性研究进展[J].安徽农业科学,2020,48(07):4-6.

[32]李森,屠乃美.打顶对烟叶产质量的影响研究进展[J].作物研究,2013,27(01):86-90.

[33]H. D. P a p e n f u s.运用打顶和控制腋芽技术调节烟叶可用性[J].烟草科技,1997,(01):37-39.

[34]宋淑芳,陈建军,周冀衡.留叶数对烤烟品质形成的影响[J].中国烟草科学,2012,33(06):39-43+47.

[35]周冀衡,朱小平,王彦亭,等.烟草生理与生物化学[Z].合肥经济技术学院,2005.

[36]郭芳军,张世强,叶想青,等.不同时间打顶和去除底脚叶

对烤烟产质量的影响[J].贵州农业科学,2017,45(10):61-65.

[37] 闰克玉,李兴波,张勇,等.河南烤烟(40级)自由燃烧速度研究[J].郑州轻工业学院学报,1995,(03):73-78.

[38] 谢利丽.曲靖烟区烤烟油分的影响因素及与烟叶品质的关系分析[D].河南农业大学,2016.

[39] 薛宇.打顶高度和留叶数对烤烟河洛1号工业可用性的影响[D].河南农业大学,2024.

[40] 董祥立,罗玉英,张维军,等.不同打顶时期及留叶数对遵义市烤烟产质量的影响[J].安徽农业科学,2019,47(20):31-33+72.

#### 作者简介:

包正元(1984--),男,汉族,贵州凯里人,本科,农学(烟草专门化方向),农艺师,从事烤烟栽培、调制研究和技术推广工作。