

刘溪溪, 刘刚, 鄢敏, 等. 打顶方式对不同烤烟品种中部叶产质量的影响[J]. 山西农业科学, 2025, 53(4):28-35.
LIU X X, LIU G, YAN M, et al. Effects of different topping methods on yield and quality of middle leaves of different flue-cured tobacco varieties[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2025, 53(4):28-35.

doi:10.26942/j.cnki.issn.1002-2481.2025.04.04

打顶方式对不同烤烟品种中部叶产质量的影响

刘溪溪¹, 刘刚², 鄢敏³, 王朝旭¹, 涂勇², 许康², 黄洋²,
杨杰², 王秀丽², 赵全志⁴, 年夫照¹, 王飞²

(1. 云南农业大学烟草学院, 云南昆明 650201; 2. 四川省烟草公司泸州市公司, 四川泸州 646000;
3. 四川省烟草公司宜宾市公司, 四川宜宾 644000; 4. 四川省烟草公司广元市公司, 四川广元 628000)

摘要:为提高川南烟叶与云产卷烟品牌的适配性, 优化主栽品种合理群体结构与提高烟叶产质量, 通过设置现蕾打顶、初花打顶和盛花打顶等不同打顶时间和保留16片叶子、保留20片叶子等不同打顶方式的双因素试验, 研究不同打顶方式下云烟87、湘烟7号、中川208中部叶生长发育、内在化学成分和经济性状的变化。结果表明, 云烟87、湘烟7号和中川208中部叶的叶长、叶宽和叶面积等农艺性状和硝酸还原酶、谷氨酰胺合成酶和蔗糖合成酶等活性在现蕾打顶+留叶16片处理下数值较大, 随着打顶时间的推迟和留叶数的增加逐渐降低, 在盛花打顶+留叶20片处理下数值最小; 在烤烟化学成分方面, 云烟87中部叶在初花打顶方式下较为协调, 湘烟7号和中川208中部叶在现蕾打顶方式下较为协调; 3个品种中部烟叶的产值、均价和上等烟比例均在现蕾打顶处理下达到较高水平, 且随着打顶时间的推迟和留叶数的增加逐渐降低。综上, 云烟87、湘烟7号和中川208在现蕾打顶并保留16片叶子下能促进中部烟叶生长发育, 提高碳氮代谢相关酶活性、经济性状以及协调烤后烟叶化学成分。

关键词: 烤烟; 打顶方式; 酶活性; 化学成分; 经济性状

中图分类号: S572 文献标识码: A 文章编号: 1002-2481(2025)04-0028-08

Effects of Different Topping Methods on Yield and Quality of Middle Leaves of Different Flue-Cured Tobacco Varieties

LIU Xixi¹, LIU Gang², YAN Min³, WANG Chaoxu¹, TU Yong², XU Kang², HUANG Yang²,
YANG Jie², WANG Xiuli², ZHAO Quanzhi⁴, NIAN Fuzhao¹, WANG Fei²

(1. College of Tobacco Science, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. Luzhou Branch Company of Sichuan Province Tobacco Company, Luzhou 646000, China; 3. Yibin Branch Company of Sichuan Province Tobacco Company, Yibin 644000, China; 4. Guangyuan Branch Company of Sichuan Province Tobacco Company, Guangyuan 628000, China)

Abstract: To enhance the compatibility between southern Sichuan tobacco leaves and Yunchuang cigarette brands, optimize the reasonable population structure of the main varieties and improve the yield and quality of tobacco leaves. In this study, the effects of different topping time (squaring topping, early flowering topping, and full flowering topping) and different topping methods (retaining 16 leaves and retaining 20 leaves) on the growth and development, change in internal chemical composition and economic traits of Yunyan 87, Xiangyan 7, and Zhongchuan 208 were studied by setting two-factor experiments of different topping time and topping methods. The results showed that the middle leaf agronomic traits (leaf length, leaf width, and leaf area) and enzyme activities (nitrate reductase, glutamine enzyme, and sucrose synthase) of Yunyan 87, Xiangyan 7, and Zhongchuan 208 were larger under the treatment of squaring topping + 16 leaves retained, and gradually

收稿日期: 2024-08-12

基金项目: 中国烟草总公司四川省烟草公司科技项目(SCYC202210)

作者简介: 刘溪溪, 在读硕士, 研究方向: 烟草质量评价与栽培, E-mail: 17869431862@163.com

通信作者: 王飞, 农艺师, 主要从事烟草栽培生理生化研究, E-mail: 19270668@qq.com

decreased with the delay of topping time and the increase of the number of leaves retained, and the values were the smallest under the treatment of full flowering topping + 20 leaves retained. In terms of chemical components of flue-cured tobacco, the middle leaves of Yunyan 87 was more coordinated under the early flower topping method, the middle leaves of Xiangyan 7 and Zhongchuan 208 were more coordinated under the squaring topping method. For the economic traits of flue-cured tobacco, the output value, average price, and proportion of superior tobacco of the three varieties all reached a higher level under the treatment of squaring topping treatment, and gradually decreased with the delay of topping time and the increase of the number of leaves retained. In summary, Yunyan 87, Xiangyan 7, and Zhongchuan 208 could promote growth and development of the middle leaves of tobacco, improve the activity of enzymes related to carbon and nitrogen metabolism, economic traits, and coordinate the chemical composition of flue-cured tobacco leaves under the condition of squaring topping and retaining 16 leaves.

Keywords: flue-cured tobacco; topping method; enzyme activity; chemical composition; economic traits

川南烟区是我国典型的清香型风格烟叶产区^[1],与云产卷烟品牌的香型风格类似,是很好的卷烟工业原料,同时中部叶以其化学成分(如蛋白质、烟碱、总氮、还原糖、总糖等)含量适中、比例协调,外观颜色均匀、叶片结构成熟、厚度适中、油分和色度良好,单叶质量较大和产量高等特性成为卷烟生产过程中的主要原料^[2-3],但川南烟叶品质不稳定、工业利用率低,与云产卷烟品牌适配性弱,为提高川南烟叶与云产卷烟品牌的适配性,通过研究不同打顶方式对不同烤烟品种产量和中部叶品质的影响,从而探索有利于川南烟株健康生长的打顶方法。

打顶是去除烟草顶端优势的一种农事措施,通过打顶可以改变烟株体内的生物合成过程,使烟株从生殖期转入营养期,从而改变烟碱生物合成、激素平衡、根系发育以及源库^[4]。已有研究表明,打顶对中部叶成熟程度、外观质量和感官质量影响较大,打顶时间较早的烟叶叶长、叶宽和叶面积较大,随着打顶时间的延后相关农艺性状指标降低^[5];适宜的打顶时间和打顶方式有利于烟叶可溶性糖与淀粉的积累,促进蛋白质降解,使烟叶内在化学成分协调,碳氮代谢合成途径增强,其关键酶活性有所提高,从而提升烟叶品质^[6];烟叶产量、产值、均价和上等烟比例都有所提升^[7]。当前,烟叶主栽品种云烟87、湘烟7号和中川208的合理群体结构尚未明确,3个烤烟品种在不同打顶方式下生长发育情况、产质量等相关研究,以及在同一打顶处理下,不同留叶数对3个品种的影响研究均鲜有。

本试验以云烟87、湘烟7号和中川208为研究对象,探索不同打顶方式和保留不同叶片数对烟株中部叶农艺性状、碳氮代谢关键酶活性、化学成分以及经济性性状的影响,以揭示主栽品种合理的

群体结构,进一步提高川南烟叶与云产卷烟品牌的适配性。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验在四川省泸州市叙永县的摩尼烟站试验田开展,其地理坐标为27°53′47″N,105°35′22″E,海拔1460 m。年均降水量约为1000 mm,主要集中在6—10月。年平均气温稳定在12℃,年均日照时长为993 h,无霜期长约200 d。

1.2 供试品种

云烟87、湘烟7号、中川208由泸州市烟草公司提供。

1.3 试验设计

3个品种(云烟87、湘烟7号、中川208)的烟苗于2023年4月15日移栽,每个品种设置6种打顶方式:D1A.现蕾期打顶+保留叶16片;D1B.现蕾期打顶+保留叶20片);D2A.初花期打顶+保留叶16片;D2B.初花期打顶+保留叶20片;D3A.盛花期打顶+保留叶16片;D3B.盛花期打顶+保留叶20片。小区面积为25 m²,每个处理10次重复。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 生育期的观察 烟苗移栽后,每隔5 d观察一次各处理烟苗的生长发育情况,保证至打顶开始前各处理烟株的正常生长,打顶期间做好挂牌标记。

1.4.2 农艺性状的测量 在烟株移栽后75 d,对烟株株高、茎围、节距、有效叶片数、最大叶片长度和宽度等关键指标进行测定。具体测定方法参照YC/T142—2010《烟草农艺性状调查》。

1.4.3 烟叶硝酸还原酶(NR)、谷氨酰胺合成酶

(GS)、蔗糖合成酶(SS)的测定 取样时,分别在打顶后的第5、15、25天,取中部烟叶5片进行混合并标记,混合样品置于-80℃液氮罐中进行冷冻保存,酶活通过购买试剂盒(苏州格锐思生物科技有限公司生产)进行测定。

1.4.4 烤后烟叶经济性状及化学成分的测定 每次烘烤前分别在各处理的烟株和烟秆上挂牌至烘烤结束,将相同处理挂牌的烟叶集中,然后称质量。按照国家烟草收购标准,向烟农收购各处理烟叶并统计数据。

烟叶初烤完成后,取各处理中部叶(C3F)各2 kg运送至实验室,用于化学成分的测定。烟叶中总糖、还原糖、总氮、烟碱、氯含量分别依据YC/T 159—2002、YC/T 161—2002、YC/T 160—2002、YC/T 162—2002,通过AA3连续流动分析仪进行分析测定,钾含量依据YC/T 274—2008用PE Analyst 300原子吸收光谱仪进行分析。

1.5 数据分析

使用Excel 2021处理数据和图表制作,采用SPSS 26.0软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同打顶方式对烤烟中部叶生长的影响

从表1可以看出,云烟87、湘烟7号和中川208在D1A处理下中部叶叶长、叶宽和叶面积较大,在D3B处理下较小。云烟87、湘烟7号和中川208在D1A处理下相比于D3B处理中部叶叶长分别增加了18.03%、15.35%、9.22%,叶宽分别增加了17.67%、15.14%、20.62%,叶面积分别增加了39.16%、32.86%、31.81%。对于中部叶长宽比,云烟87在各处理条件下差异并不明显;湘烟7号在D1A和D3B处理下较优,与D3A处理间差异较大;中川208在D3B处理下较优,其他各处理间差异不显著。

表1 不同处理中部叶生长情况分析

Tab.1 Analysis of the growth of middle leaves under different treatments

品种 Variety	处理 Treatment	叶长/cm Leaf length	叶宽/cm Leaf width	叶面积/cm ² Leaf area	长宽比 Ratio of length and width
云烟87 Yunyan 87	D1A	76.33±2.52a	25.50±0.50a	1 235.27±54.59a	2.99±0.09a
	D1B	72.00±1.00bc	23.67±0.58abc	1 080.98±15.55bc	3.04±0.11a
	D2A	72.33±0.58b	24.00±1.00ab	1 101.70±53.81b	3.02±0.11a
	D2B	67.00±1.00de	23.00±1.73bc	978.40±86.06cd	2.92±0.19a
	D3A	69.33±1.53cd	23.00±1.00bc	1 012.24±61.47bc	3.02±0.10a
	D3B	64.67±2.08e	21.67±1.53c	887.67±34.93d	3.00±0.32a
湘烟7号 Xiangyan 7	D1A	82.67±2.52a	25.33±0.58a	1 328.85±52.88a	3.26±0.12a
	D1B	76.33±1.53b	24.67±0.58a	1 194.34±9.75b	3.10±0.13ab
	D2A	73.33±2.08bc	24.33±1.15a	1 133.22±84.45b	3.02±0.06ab
	D2B	73.67±2.52bc	24.33±1.15a	1 137.24±63.53b	3.03±0.19ab
	D3A	73.33±1.15bc	25.10±1.01a	1 167.52±35.20b	2.93±0.16b
	D3B	71.67±1.53c	22.00±1.00b	1 000.18±43.83c	3.26±0.19a
中川208 Zhongchuan 208	D1A	75.00±1.00a	25.33±0.58a	1 205.55±31.73a	2.96±0.08a
	D1B	72.67±1.53ab	23.67±0.58b	1 091.55±48.59b	3.07±0.03a
	D2A	72.67±2.08ab	23.33±0.58b	1 076.32±57.43b	3.11±0.02a
	D2B	71.33±2.52bc	23.50±0.87b	1 063.53±50.42b	3.04±0.16a
	D3A	70.00±2.65bc	22.67±1.53b	1 005.68±53.85b	3.10±0.30a
	D3B	68.67±0.58c	21.00±1.00c	914.74±37.02c	3.28±0.18a

注:同列不同小写字母表示不同处理在0.05水平差异显著。下表同。

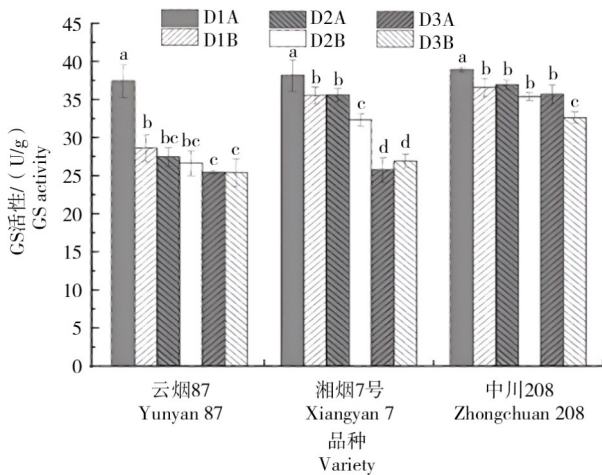
Note: The different lowercase letters indicated significant differences between treatments at the 0.05 level. The same as below.

2.2 不同打顶方式对烤烟中部叶酶活性的影响

对3个品种不同处理的中部叶GS、NR和SS活性进行测定,从图1可以看出,云烟87、湘烟7号

和中川208的中部叶GS活性均在D1A处理时达到最高,且与其他处理间差异显著($P<0.05$),同时3个品种的中部叶GS活性均随着打顶时间的延

长和留叶数的增加而降低。由图2可知,云烟87和中川208的中部叶NR活性在D1A处理时达到最高,与其他处理间差异显著($P<0.05$),且中部叶NR活性随打顶时间的延长和留叶数的增加而降低;而湘烟7号的中部叶NR活性在D1B处理时达到最高,D2B处理时最低,同时各处理间差异显著($P<0.05$)。由图3可知,云烟87和湘烟7号的中部叶SS活性在D1A处理时达到最高,D3B处理时最低,且与其他处理间差异显著($P<0.05$);而中川208的中部叶SS活性在D1B处理时达到最高,其他各处理间差异不显著。



不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。下图同
Different lowercase letters indicated significant difference($P<0.05$) between treatments. The same as below

图1 不同处理中部叶GS活性的变化
Fig.1 Changes of GS enzyme activity in middle leaves under different treatments

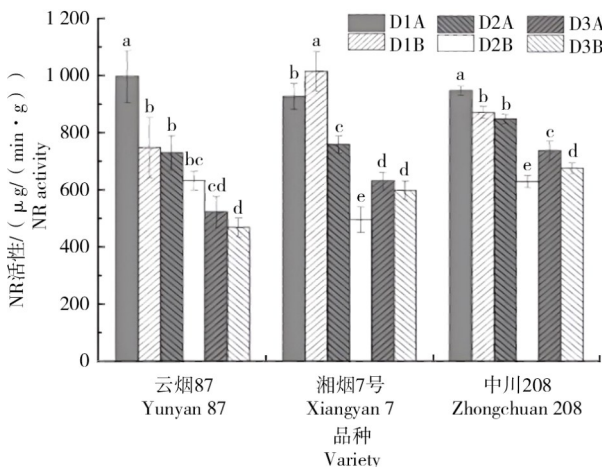


图2 不同处理中部叶NR活性的变化
Fig.2 Changes of NR activity in middle leaves under different treatments

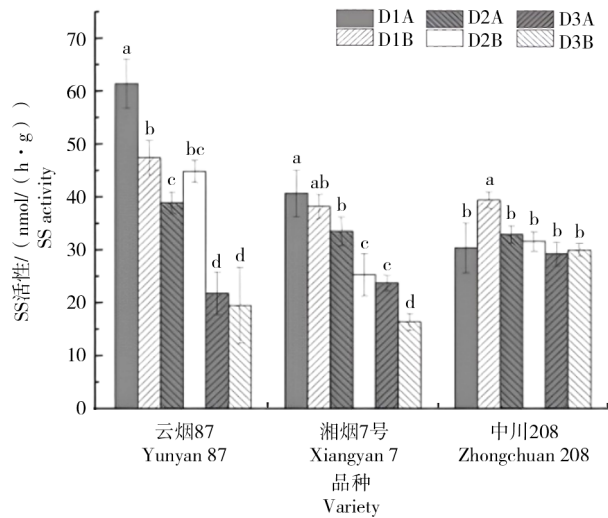


图3 不同处理中部叶SS的活性变化
Fig.3 Changes of SS enzyme activity in middle leaves under different treatments

2.3 不同打顶方式对3个烤烟品种化学成分的影响

一般来说,烟叶总糖含量在13%~22%,还原糖含量在10%~18%,烟碱含量在1.50%~3.45%,总氮含量在1.5%~3.5%,氯离子含量在1%以下,钾含量在2%以上较为适宜^[8]。对3个品种在不同打顶处理下烤后烟中部叶的化学成分进行检测,结果如表2所示,云烟87中部叶还原糖含量和总糖含量总体较高,还原糖含量均高于18%,总糖含量均高于22%,且在盛花打顶时期还原糖和总糖含量均显著低于初花打顶和现蕾打顶;中部叶烟碱、总氮含量随着打顶时期延后逐渐增加,中部叶钾含量随着打顶时期延后逐渐减少,且烟碱、总氮和钾含量均在适宜范围之内;中部叶氯离子含量在初花打顶下显著高于盛花打顶和现蕾打顶,且氯离子含量均低于1%。湘烟7号中部叶氯含量、总氮含量和钾含量均随着打顶时期的延后逐渐增加,其中氯含量和总氮含量在适宜范围之内,而钾含量较低;中部叶烟碱、还原糖和总糖含量均在初花打顶处理下达到较大值,且与现蕾打顶和盛花打顶处理间差异较大,其中烟碱含量在适宜范围之内,而还原糖和总糖含量远高于适宜范围。中川208中部叶烟碱、氯含量和总氮含量均随着打顶时期的延后逐渐增加,且均在适宜范围内;而中部叶钾含量随着打顶时期的延后有降低的趋势,且3个打顶方式处理下的钾含量均低于适宜范围;还原糖和总糖含量在初花打顶处理下达到最大值,略高于适宜范围。

表 2 不同烤烟品种在不同打顶方式下的中部叶化学成分分析
Tab.2 Analysis of chemical composition in middle leaves of different flue-cured tobacco varieties under different topping methods

品种 Variety	打顶时间 Topping time	烟碱含量 Nicotine content	氯含量 Chlorine content	还原糖含量 Reducing sugar content	总糖含量 Total sugar content	总氮含量 Total nitrogen content	钾含量 Potassium content
云烟 87 Yunyan 87	现蕾期	1.85±0.05c	0.26±0.01b	23.34±0.49a	30.00±0.12a	1.98±0.07c	1.83±0.16a
	初花期	2.06±0.03b	0.30±0.01a	23.63±0.44a	30.07±0.17a	2.05±0.05b	1.75±0.24a
	盛花期	2.15±0.02a	0.27±0.05b	19.66±0.28b	23.97±0.10b	2.33±0.01a	1.66±0.06a
湘烟 7 号 Xiangyan 7	现蕾期	2.24±0.03b	0.21±0.06a	22.38±0.27b	26.99±0.48b	1.68±0.01a	1.71±0.13a
	初花期	2.67±0.10a	0.23±0.06a	23.74±0.78a	29.53±0.72a	1.79±0.26a	1.83±0.09a
	盛花期	2.07±0.01c	0.27±0.05a	18.52±0.32c	23.76±0.16c	1.99±0.07a	1.85±0.20a
中川 208 Zhongchuan 208	现蕾期	2.39±0.04c	0.28±0.01b	20.10±0.34b	25.03±0.22ab	1.76±0.05b	1.85±0.09a
	初花期	2.68±0.02b	0.29±0.01ab	21.04±0.37a	25.95±0.59a	1.82±0.06b	1.68±0.09a
	盛花期	2.97±0.06a	0.31±0.02a	19.79±0.46b	24.68±0.59b	1.95±0.03a	1.70±0.14a

钾氯比为钾离子和氯离子的比值,用于评判烟叶的燃烧性,钾氯比>4时燃烧性较好。糖碱比为水溶性总糖与烟碱含量的比值,用于评判烟气的吃味和劲头,优质烤烟的糖碱比在8~12最佳。氮碱比为总氮与烟碱的比值,在接近1的情况下烟叶质量较好^[9]。对3个品种在3种处理下中部叶化学成分协调性进行分析,由表3可知,云烟87中部叶钾氯比无显著性差异且均大于4;中部叶糖碱比随打顶时期的延后有降低的趋势,在现蕾打顶处理

下略高于适宜范围;中部叶氮碱比均接近1。湘烟7号中部叶钾氯比在盛花打顶处理下明显低于现蕾打顶和初花打顶处理,且3种处理方式下钾氯比均大于4;3种处理下中部叶糖碱比差异较小,且均在适宜范围内;中部叶氮碱比在盛花打顶处理下接近适宜范围,初花打顶和现蕾打顶处理下略低。中川208中部叶钾氯比、糖碱比和氮碱比均随打顶时期的延后逐渐降低,其中钾氯比在适宜范围内,而糖碱比和氮碱比略低于适宜范围。

表 3 不同烤烟品种在不同打顶方式下中部叶协调性分析
Tab.3 Analysis of coordination of chemical components in middle leaves of different flue-cured tobacco varieties under different topping methods

品种 Variety	打顶时间 Topping time	钾氯比 Ratio of potassium and chloride	糖碱比 Ratio of sugar and alkali	氮碱比 Ratio of nitrogen
云烟 87 Yunyan 87	现蕾期	6.91±0.54ab	12.60±0.56a	1.07±0.03a
	初花期	5.89±0.70ab	11.47±0.36b	0.99±0.02b
	盛花期	6.05±0.32ab	9.13±0.22c	1.08±0.02a
湘烟 7 号 Xiangyan 7	现蕾期	8.00±0.64a	9.98±0.15a	0.75±0.01b
	初花期	8.18±1.43a	8.92±0.54b	0.67±0.12b
	盛花期	6.88±0.72ab	8.94±0.21b	0.96±0.03a
中川 208 Zhongchuan 208	现蕾期	6.50±0.17ab	8.40±0.05a	0.74±0.01a
	初花期	5.81±0.36ab	7.84±0.20b	0.68±0.03b
	盛花期	5.53±0.67b	6.67±0.21c	0.66±0.01b

2.4 不同打顶方式对3个烤烟品种经济性状的影响

由表4可知,除云烟87的D3A和D3B处理外,云烟87、湘烟7号和中川208的产量在同一时间打顶下保留叶20的处理优于保留叶16的处理,云烟87和湘烟7号的产量顺序均为盛花>初花>现蕾,而中川208的产量在初花打顶条件下明显低于现

蕾打顶和盛花打顶。云烟87的产值在D1B处理下达到最高,与其他处理间差值较大;湘烟7号的产值在D2B和D3A处理下较低,其他处理间差异较小;中川208的产值在D1A和D1B处理下较高,且明显高于其云烟87和湘烟7号的各处理。对于上等烟比例,云烟87和湘烟7号均在现蕾打顶条件下较高,而中川208在盛花打顶条件下较高。

表4 不同处理的经济性状分析

Tab.4 Analysis of economic traits under different treatments

品种 Variety	处理 Treatment	产量/(kg/hm ²) Yield	产值/(元/hm ²) Output value	均价/(元/kg) Average price	上等烟比例/% Proportion of superior tobacco
云烟87 Yunyan 87	D1A	29 391.75	146 331.73	37.34	49.89
	D1B	37 258.88	190 368.01	38.32	55.60
	D2A	31 556.25	146 841.75	34.90	46.79
	D2B	33 568.88	142 063.48	31.74	47.82
	D3A	33 862.50	141 771.00	31.40	45.34
	D3B	32 516.25	132 232.75	30.50	47.26
湘烟7号 Xiangyan 7	D1A	29 404.50	140 200.66	35.76	51.38
	D1B	30 021.75	149 308.17	37.30	53.23
	D2A	28 600.05	141 246.11	37.04	45.56
	D2B	30 700.50	120 755.30	29.50	47.20
	D3A	31 442.63	124 764.34	29.76	46.87
	D3B	35 340.75	148 619.63	31.54	48.87
中川208 Zhongchuan 208	D1A	33 974.63	161 266.22	35.60	49.56
	D1B	34 621.88	169 878.00	36.80	52.84
	D2A	28 354.88	135 044.82	35.72	46.85
	D2B	32 263.50	136 711.20	31.78	49.96
	D3A	31 996.13	143 171.99	33.56	51.49
	D3B	35 506.13	138 047.81	29.16	52.87

3 结论与讨论

烟草打顶是调控烟草营养分配的关键措施,重塑植株的生长重心和物质代谢路径,显著改变烟株的养分输送关系,对提升烟叶的产量和品质有非常重要的作用^[10]。同时保留适当的叶片数量是调整烟叶营养状态的关键步骤,烟草的留叶数量会直接影响烟株的生长形态和发育状况,因此,确保适宜的留叶数对于平衡烟叶的产量和质量至关重要^[11]。已有研究表明,烤烟上部叶片的长度和宽度会随着保留叶片数的增多而逐渐减小,保留较多的叶片数有利于抑制烤烟成熟后期上部叶的光合作用,适当减少留叶数可以在一定程度上提高叶片的柔韧性^[12]。杨楠等^[13]研究也认为,叶片的有效长度和宽度等指标是形成烟叶产质量的基础。本研究表明,云烟87、湘烟7号和中川208在保留16片叶子的处理下中部叶叶长、叶宽和叶面积明显高于保留20片叶子的处理,这是因为减少叶片数可增加养分的供应,改善光分布特征,增强烟叶光合特性,调控碳氮代谢及营养资源的分配^[14]。同时在现蕾打顶处理下中部叶的叶长、叶宽和叶面积优于初花打顶和盛花打顶处理,且在初花打顶处理下中部叶的叶长、叶宽和叶面积也优

于盛花打顶处理,可以看出,随着打顶时期的延后中部叶叶长、叶宽和叶面积等指标逐渐降低,这与王潇然等^[15]研究结果相似。该研究表明,打顶时间的推后会增加烤烟的株高和节距,同时叶片的有效长度和宽度逐渐降低。据推测,可能是由于提前打顶能改善烟株下部叶之间的光照和通风状况,进而提升烟株的农艺性状。

碳氮代谢是烟草生长发育中的关键代谢之一,其代谢强弱和协调一致性对生产优质烟叶起到重要的调节作用^[16]。在氮代谢过程中,NR和GS起到重要的调节作用。NR是植物将体内的硝态氮转化为氨态氮的关键酶,通过将NO₃⁻转化为NO₂⁻来调控硝酸盐的分解和NH₄⁺的转化^[17]。GS是氨同化的关键酶,该酶及其同工酶在植物氮素运转、分配中起到重要作用^[18]。在碳代谢过程中,SS是一种可逆酶,可作用于蔗糖合成,也可催化蔗糖分解,SS直接影响烤烟碳代谢水平的强弱,同时还可以调控烤烟体内碳同化物的分配及流向^[19]。植物的氮素营养状况在很大程度上可以通过NR和GS活性的变化体现出来,因此,氮代谢的动态变化对烟株的品质影响较大。通过打顶可以去除烟株的顶端优势,促进烟株养分调控再分配,进而影响烟叶碳氮代谢,影响烟叶氮素积累^[20]。试验研

究结果表明,云烟 87、湘烟 7 号和中川 208 的中部叶 NR、GS 和 SS 活性在现蕾打顶处理下均高于初花打顶和盛花打顶处理。这主要是因为,在现蕾期打顶后,养分重分配,促进根系吸收氮素,氮代谢能力增强,随着烟株逐渐成熟衰老,整体酶活性减弱,进而导致氮代谢能力随之减弱,这与张嘉雯等^[21]研究结果相似。在中部叶 NR 活性中,除了湘烟 7 号现蕾打顶处理,其余处理保留叶片数 16 的 NR 活性均高于保留叶片数 20 的处理;对于中部叶 GS 活性,在所有处理中保留叶片数 16 的 GS 活性均高于保留叶片数 20 的处理;在 SS 活性中,除了中川 208 现蕾打顶处理,其余处理保留叶片数 16 的 SS 活性均高于保留叶片数 20 的处理。这主要是由于留叶数增多时影响了氮素的分配及流向,减弱了氮代谢,同时碳代谢的合成也随之减弱,这与留叶数的“稀释作用”相似^[22]。

不同的打顶时期以及留叶数的多少在影响烟株体内碳氮代谢的同时也会影响烟株体内的化学成分^[23]。已有研究表明,烤后烟叶中的化学成分含量与碳氮代谢以及相关酶活性相关^[24]。本研究发现,初花打顶处理中相关酶活性显著高于盛花打顶处理,同时中部叶还原糖、总糖、总氮和钾等相关化学成分在盛花打顶处理中含量较低,这可能是因为打顶过迟对碳氮代谢影响较小,酶活性较低,导致相关化学成分积累量较少。在盛花打顶处理下中部叶烟碱含量偏高,这可能是因为烟株在盛花期间氮素营养充足或过量,延迟打顶造成烟碱合成量较高^[25]。化学成分比例对生产优质烟叶起到关键作用。通常优质烟叶的钾氯比 >4 ,糖碱比在 8~12,氮碱比接近 1^[9]。本研究表明,对于云烟 87、湘烟 7 号和中川 208 在现蕾打顶处理下中部叶各化学成分比例接近优质烟化学成分比例,这与李文卿等^[26]的研究结果一致;此外,云烟 87 和中川 208 在现蕾打顶处理下产量达到最大,同时在保留 20 片叶子的处理中产值、均价以及上等烟比例都较高;而湘烟 7 号在盛花打顶处理下产量达到最大,但产值、均价以及上等烟比例在现蕾打顶保留 20 片叶子处理中达到最大,随着打顶时间的推迟和保留较低叶片数,产值、均价以及上等烟比例逐渐降低。

综上,云烟 87、湘烟 7 号和中川 208 在现蕾打顶并保留 16 片叶子的处理下能促进中部烟叶生长发育,且随打顶时期的推迟和留叶数的增多对烟

叶的促进效果逐渐降低;同时在现蕾打顶并保留 16 片叶子的处理下还能提高中部叶碳氮代谢相关酶活性、经济性状以及协调烤后烟叶化学成分。

参考文献:

- [1] 肖勇,杨兴有,靳冬梅,等. 四川三种香型风格产区烟叶化学成分特征分析[J]. 南方农业, 2020, 14(31): 6-11.
XIAO Y, YANG X Y, JIN D M, et al. Analysis on the characteristics of chemical constituents of tobacco leaves in three flavor types of producing areas in Sichuan[J]. South China Agriculture, 2020, 14(31): 6-11.
- [2] 范幸龙,周子方,张建强,等. 不同烤烟品种中部叶主要品质性状差异分析[J]. 中国烟草科学, 2019, 40(2): 73-79.
FAN X L, ZHOU Z F, ZHANG J Q, et al. Variation analysis of main quality traits on middle leaves of different flue-cured tobacco varieties[J]. Chinese Tobacco Science, 2019, 40(2): 73-79.
- [3] 高远,蔡宪杰,张伟峰,等. 基于品牌需求的烤烟中部烟叶适宜单叶质量研究[J]. 中国烟草科学, 2021, 42(5): 102-108.
GAO Y, CAI X J, ZHANG W F, et al. Study on the suitable single leaf mass for middle flue-cured tobacco leaves based on brand demand[J]. Chinese Tobacco Science, 2021, 42(5): 102-108.
- [4] 黄帮全,张芯丽,向兴菊. 冬春季烤烟打顶时期和留叶数对烤烟产质量的影响[J]. 农村实用技术, 2023(10): 107-109.
HUANG B Q, ZHANG X L, XIANG X J. Influence of topping time and leaf number retention on yield and quality of flue-cured tobacco during winter-spring seasons[J]. Rural Practical Technology, 2023(10): 107-109.
- [5] 赵唯琦,桑应华,黄泽坤,等. 不同打顶时期对烤烟及其上部烟叶产质量的影响[J]. 山东农业科学, 2019, 51(12): 20-25.
ZHAO W Q, SANG Y H, HUANG Z K, et al. Effects of different topping time on yield and quality of flue-cured tobacco and its upper leaves[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2019, 51(12): 20-25.
- [6] 耿素祥,王树会,刘卫群. 不同施氮条件对烤烟打顶前后代谢及物质积累的影响[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(6): 1250-1254.
GENG S X, WANG S H, LIU W Q. Effects of nitrogen on metabolism and dry matter accumulation of flue-cured tobacco before and after topping[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2011, 19(6): 1250-1254.
- [7] 陈志强,朱文格,朱志军,等. 打顶时期与采收方式交互对烤烟烟叶结构及经济性状的影响[J]. 现代农业科技, 2021(8): 6-8.
CHEN Z Q, ZHU W G, ZHU Z J, et al. Effects of interaction between topping time and harvesting methods on structure and economic characters of flue-cured tobacco leaves[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2021(8): 6-8.
- [8] 雷永和,杨士富,冉邦定,等. 云南烟草栽培学[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 74-82.
LEI Y H, YANG S F, RAN B D, et al. Tobacco cultivation in Yunnan[M]. Beijing: Science Press, 2006: 74-82.
- [9] 常爱霞,杜咏梅,付秋娟,等. 烤烟主要化学成分与感官质量的相关性分析[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(6): 9-12.
CHANG A X, DU Y M, FU Q J, et al. Correlationship be-

- tween main chemical components and sensory quality of flue-cured tobacco[J]. Chinese Tobacco Science, 2009, 30(6): 9-12.
- [10] 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. DONG X L, LUO Y Y, ZHANG W J, et al. Effects of different topping stage and leaf population on yield and quality of flue-cured tobacco in Zunyi City[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2019, 47(20): 31-33.
- [11] 冯吉, 孙光伟, 刘丹, 等. 不同海拔、打顶时期及留叶数对烤烟产量和品质的影响[J]. 山西农业科学, 2019, 47(11): 1937-1940, 1946. FENG J, SUN G W, LIU D, et al. Effects of different altitude, topping period and remained leaf number on yield and quality of flue-cured tobacco[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2019, 47(11): 1937-1940, 1946.
- [12] 钱宇, 蒋旭, 郭群召, 等. 高海拔烟区烤烟小苗膜下早栽对烟叶产质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2013, 34(5): 18-22. QIAN Y, JIANG X, GUO Q Z, et al. The effects of transplanting dates with plastic film on tobacco yield and leaf quality in high altitude region[J]. Chinese Tobacco Science, 2013, 34(5): 18-22.
- [13] 杨楠, 王晓强, 王明鑫, 等. 平顶山烟区烤烟品种 Y2001 农艺性状及烤后烟叶化学成分初步研究[J]. 甘肃农业大学学报, 2023, 58(5): 156-162. YANG N, WANG X Q, WANG M X, et al. Preliminary study on agronomic characters and chemical components of flue-cured tobacco variety Y2001 in Pingdingshan tobacco region[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2023, 58(5): 156-162.
- [14] 金佳威, 刘咏艳, 王惠, 等. 施氮量和留叶数对烤烟 LY1306 上部叶生理特性及产质量的影响[J]. 山东农业科学, 2023, 55(4): 56-64. JIN J W, LIU Y Y, WANG H, et al. Effects of nitrogen application rate and retained leaf number on physiological characteristics, yield and quality of upper leaves of flue-cured tobacco LY1306[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2023, 55(4): 56-64.
- [15] 王潇然, 王新中, 金东峰, 等. 打顶时间影响烤烟上部叶品质的分子机制[J/OL]. 分子植物育种, 2023: 1-10(2023-03-01). <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20230301.1117.013.html>. WANG X R, WANG X Z, JIN D F, et al. Molecular mechanism of topping time affecting the quality of upper leaves of flue-cured tobacco[J/OL]. Molecular Plant Breeding, 2023: 1-10(2023-03-01). <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20230301.1117.013.html>.
- [16] 张思唯, 李金奥, 刘博远, 等. 打顶方式对雪茄烟叶氮素积累及品质的影响[J]. 作物杂志, 2022(1): 184-189. ZHANG S W, LI J A, LIU B Y, et al. Effects of topping method on nitrogen accumulation and quality of cigar tobacco leaves[J]. Crops, 2022(1): 184-189.
- [17] 黄人杰, 王娇, 龙尚沅, 等. 不同烤烟品种间碳氮代谢关键酶及其产物的差异[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(5): 102-107. HUANG R J, WANG J, LONG S Y, et al. Differences between key enzymes and their products of carbon and nitrogen metabolism among different flue-cured tobacco varieties[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2024, 52(5): 102-107.
- [18] 周健飞, 武云杰, 薛刚, 等. 烤烟成熟期烟叶 GS 同工酶活性与氮素运转的关系[J]. 作物学报, 2019, 45(1): 111-117. ZHOU J F, WU Y J, XUE G, et al. Relationship between GS isoenzyme activity and nitrogen transportation in flue-cured tobacco leaves[J]. Acta Agronomica Sinica, 2019, 45(1): 111-117.
- [19] 潘飞龙. 烤烟成熟期和调制过程中碳代谢酶活性及基因表达的研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2020. PAN F L. Study on carbon metabolic enzyme activity and gene expression in flue-cured tobacco during maturity and modulation[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2020.
- [20] 宫香伟, 韩浩坤, 张大众, 等. 氮肥运筹对糜子生育后期干物质积累与转运及叶片氮素代谢的调控效应[J]. 中国农业科学, 2018, 51(6): 1045-1056. GONG X W, HAN H K, ZHANG D Z, et al. Effects of nitrogen fertilizer on dry matter accumulation, transportation and nitrogen metabolism in functional leaves of broomcorn millet at late growth stage[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2018, 51(6): 1045-1056.
- [21] 张嘉雯, 卢绍浩, 赵铭钦, 等. 植烟密度对雪茄烟叶碳氮代谢及品质的影响[J]. 中国烟草科学, 2020, 41(4): 95-100. ZHANG J W, LU S H, ZHAO M Q, et al. Effects of planting density on carbon and nitrogen metabolism and quality of cigar leaves[J]. Chinese Tobacco Science, 2020, 41(4): 95-100.
- [22] 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(6): 39-43. SONG S F, CHEN J J, ZHOU J H. Effects of leaf population on quality formation in flue-cured tobacco[J]. Chinese Tobacco Science, 2012, 33(6): 39-43.
- [23] 韩玉环, 刘晨, 杨龙, 等. 打顶时期和留叶数对山东烤烟上部叶生长发育的影响[J]. 作物杂志, 2023(2): 157-162. HAN Y H, LIU C, YANG L, et al. Effects of topping period and number of remained leaves on growth and development of upper leaves of flue-cured tobacco in Shandong Province[J]. Crops, 2023(2): 157-162.
- [24] 蔡超群, 胡裕阔, 杜宇峰. 施氮量与打顶时期对翠碧 1 号农艺性状及产质量的影响[J]. 贵州农业科学, 2019, 47(11): 48-53. CAI C Q, HU Y K, DU Y F. Effect of different nitrogen application amount and topping period on agronomic traits, yield and quality of tobacco cultivar cui bi 1[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2019, 47(11): 48-53.
- [25] 王玉华, 王德权, 王玉林, 等. 打顶和激素对上部烟叶烟碱的影响及源库关系分析[J]. 河南农业科学, 2024, 53(7): 44-53. WANG Y H, WANG D Q, WANG Y L, et al. Effects of topping and hormone on nicotine in upper tobacco leaves and analysis of source sink relationship[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2024, 53(7): 44-53.
- [26] 李文卿, 陈顺辉. 不同氮肥水平及打顶时间对烤烟产质量的影响[J]. 南方农业学报, 2016, 47(2): 206-211. LI W Q, CHEN S H. Effects of nitrogen application rate and topping time on yield and quality of flue-cured tobacco[J]. Journal of Southern Agriculture, 2016, 47(2): 206-211.