

打顶时期和留叶数对山东烤烟上部叶生长发育的影响

韩玉环 刘晨 杨龙 于涛

(山东农业大学, 271018, 山东泰安)

摘要 为探究打顶时期与留叶数对山东烤烟上部叶生长发育的影响,以中烟 100 为材料,设置 6 个不同的打顶时期与留叶数处理,并对上部叶农艺性状、光合特性、碳氮代谢、衰老特性、烤后烟叶化学成分、感官评吸质量及经济性状进行了分析。结果表明,同一打顶时期,多留叶有利于抑制成熟后期上部叶强盛的光合能力,留叶 18 及 20 片处理有利于上部叶开片,后期抗氧化酶及 NR 活性较低,NI 活性较高,落黄较快,烤后烟叶化学成分协调,经济性状优良。初花打顶以留叶 20 片处理品质较好,盛花打顶以留叶 18 片处理品质较好。同一留叶水平以初花打顶烟叶长宽比适宜,叶面积较大,开片较好,烟叶感官品质较好。综合来看,以初花打顶、留叶 20 片处理上部叶农艺性状较优,化学成分协调,感官质量较好。

关键词 烤烟; 打顶时期; 留叶数; 上部叶; 生长发育; 品质

烟草是一种收获叶片的特殊经济作物,上部叶一般为 6~7 片,其产量可达烟叶总产量的 40%,对于卷烟的吃味和风格具有很大影响,优质的上部叶是生产高级卷烟的主要原料^[1-2]。由于田间成熟度不够和烘烤不当等因素,烤烟上部叶长期存在着叶厚、组织结构紧密、叶片僵硬、化学成分不协调和采收成熟度差等问题,严重影响到了上部叶的工业可用性,使其不能大量用于生产一类和二类卷烟,销路不畅,致使库存积压,影响经济效益^[3-4]。因此,探究如何提高上部叶工业可用性是促进山东烟区烟叶发展的重要手段。

打顶是烟株生长过程中去除顶端优势的一种农事措施,有利于烟株内营养再分配,促使光合产物向烟叶内分配,增加干物质积累量,促进烟草根系生长发育,提高烟叶品质^[5-6]。前人^[7]研究表明,打顶时期显著影响烟株代谢水平,进而影响烟叶化学成分及感官质量。过早打顶,上部叶过大过厚,根系活力增强,烟碱合成积累量增加,对上部叶烟碱含量具有显著影响^[8];随着打顶时期的推迟,上部叶长宽比增加,烟碱含量降低,适当推迟打顶有利于形成“腰鼓形”烟株,烟叶落黄快,烘烤特性改善^[9-10],过迟打顶不利于内含物积累,烟叶产量及可用性降低^[10]。适宜的打顶时期可促进上部叶开片,协调化学成分,增香提质^[11]。留叶数的多少会

影响田间通风透光条件,改变烟株养分分配,对优化烟叶结构和提升烟叶品质具有重要意义^[12-13]。邵雪莲等^[14]研究指出,低留叶水平、推迟打顶时间可显著降低上部叶烟碱含量,而高留叶水平时打顶时期对其影响不显著。黄一兰等^[15]研究指出,留叶数偏少与打顶时间推迟对于烟叶产量具有一定影响,但同一打顶时期留叶数大于 18 片时处理间产量差异不显著。现有研究表明,打顶留叶技术对烟株的农艺性状及经济性状等具有显著影响,单一的打顶时期或留叶数的改变也会影响烟株的衰老特性及品质形成,但对不同打顶时期和留叶数对烤烟上部叶生长发育及品质特征的影响效应报道较少。本研究通过设置不同打顶时期与留叶数组合,重点探究其对烤烟上部叶农艺性状、光合特性、衰老特性、碳氮代谢、内在化学成分和烟叶产质量的影响,进一步揭示其影响上部烟叶质量的生理生化机理,为有效提高上部叶可用性、促进山东烟区烟叶发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2021 年在山东省日照市莒县烟草试验站(118°84'E, 35°58'N)进行,供试烤烟品种为中烟 100,由莒县试验站提供。大田土壤为棕

作者简介:韩玉环,研究方向为烟草栽培与调制, E-mail: hanyuhuan22@163.com

于涛为通信作者,研究方向为烟草栽培与调制, E-mail: yutaosdnd@163.com

基金项目:中国烟草总公司山东省公司科技重点项目(鲁烟科[2018]10号);中国烟草总公司湖北省公司项目(027Y2017-002);山东中烟工业有限责任公司重大专项项目(202102004)

收稿日期:2022-01-20;修回日期:2022-07-25;网络出版日期:2022-10-09

壤土, 土壤理化性质 pH 6.47, 有机质 22.20g/kg, 碱解氮、有效磷及速效钾含量分别为 70、27.52 和 153.26mg/kg。大田管理中每公顷施纯氮 90kg, 氮 (N)、磷 (P_2O_5)、钾 (K_2O) 肥配比为 1:1.5:2.5。

1.2 试验设计

采用随机区组试验设计, 设置 6 个处理(表 1), 3 次重复, 共 18 个小区, 每小区植烟 4 行, 每行 15 株, 行株距为 120cm×50cm。烟株于 5 月 5 日移栽, 7 月 11 日初花打顶, 7 月 16 日盛花打顶。初花打顶方式为植株第 1 朵中心花开放时将主茎顶部和花轴、花序连同小叶一并摘去; 盛花打顶为植株 50%中心花开放时将主茎顶部和花轴、花序连同小叶一并摘去。留叶时去除底部不适烟叶, 其他技术措施和田间管理按常规生产。

表 1 试验处理具体打顶时间和留叶数
Table 1 Topping time and remained leaf numbers of each treatment

处理 Treatment	试验设计 Experimental design
T1	初花期打顶, 留 16 片叶
T2	初花期打顶, 留 18 片叶
T3	初花期打顶, 留 20 片叶
T4	盛花期打顶, 留 16 片叶
T5	盛花期打顶, 留 18 片叶
T6	盛花期打顶, 留 20 片叶

1.3 测定指标与方法

1.3.1 农艺性状 烟株打顶后第 15 天, 每小区选择 6 株代表性烟株的上部叶(自下而上第 15 片叶), 按照 YC/T 142-2010 烟草农艺性状调查测量方法测定叶长和叶宽, 计算长宽比与叶面积。

1.3.2 衰老特性 打顶后 30d 每小区选取 6 株代表性烟株的上部叶(第 15 叶位), 使用 3051D 植物光合作用测定仪参照任志广等^[6]的方法根据使用说明测定光合特性相关参数 (P_n 、 T_r 、 G_s 和 C_i)。

打顶后 45d, 各处理随机选取 6 片新鲜上部叶(第 15 叶位), 液氮速冻后按照试剂盒(北京索莱宝科技有限公司)说明测定超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性及丙二醛(MDA)含量。采用同样的方法测定硝酸还原酶(NR)、中性转化酶(NI)、 α 淀粉酶、 β 淀粉酶、总淀粉酶活性及蔗糖含量。

1.3.3 化学成分 烟叶烘烤结束后, 各处理选取 6 片 B2F 等级烟叶, 采用流动分析法测定烟碱、总糖和还原糖含量^[17-18]。

1.3.4 感官品质评价 由山东中烟工业有限责任公司评吸专家进行感官品质评价。将不同处理烟叶卷制成单料烟后, 根据 YC/T 138-1998 对各处理烤烟上部叶香气质、香气量、杂气、刺激性、余味、燃烧性和灰色等指标进行评分鉴定。

1.3.5 烤烟整株经济性状 各处理全部烟叶经常规烘烤调制后, 按照烤烟 42 级国家标准对其进行分级, 统计计算各个处理的整株上中等烟率、产量、产值和均价等经济性状。

1.4 数据处理

通过 Excel 2019 进行试验数据统计, 利用 SPSS 19.0 软件采用 Duncan 检验法进行显著性差异分析。

2 结果与分析

2.1 打顶时期与留叶数对烤烟上部叶农艺性状的影响

由表 2 可知, 打顶后 15d 打顶时期与留叶数显著影响上部叶长宽比及叶面积。打顶时期以初花打顶处理上部叶较长, 长宽比较适宜, 盛花期打顶处理叶片较为窄小, 长宽比大, 不利于上部叶开片。留叶数 18 或 20 片处理均可有效增加叶长和叶宽, 各处理间以 T2 处理上部叶叶面积最大, 长宽比适宜, 农艺性状最优。

表 2 打顶时期与留叶数对烤烟上部烟叶农艺性状的影响
Table 2 Effects of topping period and remained leaf number on agronomic traits of upper tobacco leaves

处理 Treatment	叶长 Leaf length (cm)	叶宽 Leaf width (cm)	长宽比 Length-width ratio	叶面积 Leaf area (cm ²)
T1	52.10±0.75c	24.43±0.44b	2.13±0.06ab	807.41±10.29bc
T2	60.17±0.93a	29.93±0.68a	2.01±0.04b	1143.12±37.47a
T3	58.27±2.78ab	29.20±2.49a	2.01±0.09b	1088.09±146.21a
T4	45.87±1.14d	19.47±1.64c	2.38±0.17a	568.52±59.48c
T5	52.33±0.71c	23.93±0.86b	2.19±0.06ab	795.33±37.21bc
T6	54.17±1.75bc	26.30±1.48ab	2.07±0.07b	906.69±75.78ab

不同小写字母表示处理间差异达到显著 ($P < 0.05$) 水平, 下同
Different lowercase letters represent significant difference ($P < 0.05$) in the same column, the same below

2.2 打顶时期与留叶数对烤烟上部叶衰老特性的影响

2.2.1 对上部叶光合特性的影响 由表 3 可知, 打顶时期与不同留叶数处理对烤烟上部叶打顶后 30d 光合特性具有一定的影响。同一打顶时期, 留叶数对上部烟叶 P_n 影响显著, 随着留叶数增加呈下降趋势, 留叶数 20 片处理显著低于留叶数 16 和 18

片处理；同一留叶数下，盛花期打顶处理 P_n 大多低于初花打顶处理，但差异不显著。各处理间以 T3 处理 P_n 最低，较最高处理 T1 低 16.91%。 T_r 与 G_s 均随光合速率升高呈上升趋势，以 T3 和 T6 处理较低。 C_i 随 P_n 呈下降趋势，各处理大小表现为 T3>T6>T2>T5>T4>T1。说明适宜的打顶留叶处理能够抑制成熟后期上部烟叶的光合性能，以 T3 处理抑制效果较强，该处理较优。

表 3 打顶时期与留叶数对上部烟叶光合特性的影响
Table 3 Effects of topping period and remained leaf number on photosynthetic characteristics of upper tobacco leaves

处理 Treatment	P_n [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$]	T_r [$\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$]	G_s [$\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$]	C_i [$\mu\text{mol}/\text{mol}$]
T1	10.23±0.35a	3.91±0.11a	0.23±0.01a	254.93±1.97b
T2	9.93±0.34a	3.83±0.39a	0.22±0.02ab	265.00±4.83b
T3	8.50±0.15b	3.06±0.16b	0.18±0.01b	279.07±3.90a
T4	10.03±0.12a	3.46±0.10ab	0.22±0.01ab	255.93±4.98b
T5	9.70±0.25a	3.57±0.28ab	0.20±0.01ab	257.43±3.53b
T6	8.55±0.34b	3.10±0.08b	0.18±0.01b	277.70±4.30a

2.2.2 对上部叶保护酶活性及 MDA 含量的影响
由表 4 可知，打顶时期与留叶数对上部烟叶保护酶活性及 MDA 含量影响显著。SOD 活性以 T3 处理最低，同一打顶时期，均以留叶数 16 片的处理活性最高；不同打顶时期与留叶数对 POD 活性的影响显著，各处理间 T3 和 T6 处理活性最小；同一留叶数水平下，以盛花期打顶处理 CAT 活性较低，同一打顶时期，随着留叶数的增多，CAT 活性呈逐渐降低趋势；而同一打顶时期下，MDA 含量则随留叶数增多而升高，以留叶数 20 片含量较高。总

体上，成熟后期各处理以 T3 处理抗氧化酶类活性较低，能够促进上部叶衰老，提高采收成熟度。

表 4 打顶时期与留叶数对上部烟叶保护酶活性及 MDA 含量的影响

Table 4 Effects of topping time and remained leaf number on protective enzyme activities and MDA content of upper leaves

处理 Treatment	SOD 活性 SOD activity [U/(g·min)]	POD 活性 POD activity (U/g)	CAT 活性 CAT activity [U/(g·min)]	MDA 含量 MDA content (mmol/g)
T1	245.62±9.53a	268.69±2.61a	255.70±4.04a	56.36±0.56c
T2	239.99±9.37a	243.26±5.97b	237.21±6.72ab	59.18±0.90bc
T3	212.85±11.39b	212.60±8.21c	206.48±4.32c	69.70±1.02a
T4	241.11±5.46a	267.34±7.34a	237.03±7.67ab	57.05±1.95c
T5	226.57±3.59ab	260.89±4.57ab	232.44±8.06b	61.75±2.23b
T6	223.34±3.44ab	214.80±9.79c	210.87±3.71c	66.41±1.15a

2.2.3 对上部叶碳氮代谢指标的影响
由表 5 可知，打顶时期与留叶数对上部叶碳氮代谢活动具有显著影响。NR 活性在盛花期打顶处理整体比初花期打顶稍低，同一打顶时期下，均以留叶数 20 片处理 NR 活性最低；各处理间 α 淀粉酶活性以 T3 处理最高，比最低处理 T4 高 27.20%，同一打顶时期均以留叶数 16 片处理活性最低； β 淀粉酶活性各处理大小表现为 T3>T2>T5>T4>T1>T6，T3 处理显著高于 T4、T1 和 T6 处理；总淀粉酶活性表现为 T3>T2>T5>T1>T4>T6，T2 和 T3 处理显著高于其他处理；NI 活性表现为 T3>T2>T5>T6>T1>T4，T2 和 T3 处理显著高于其他处理；蔗糖含量 T3 处理显著低于其他处理。说明适宜的打顶留叶处理能够抑制上部叶 NR 活性，提高淀粉酶及 NI 活性，促进淀粉和蔗糖的代谢转化，提高烟叶

表 5 打顶时期与留叶数对上部烟叶碳氮代谢的影响

Table 5 Effects of topping period and remained leaf number on carbon and nitrogen metabolism of upper tobacco leaves

处理 Treatment	NR 活性 Nitrate reductase activity (U/g)	α 淀粉酶活性 Alpha amylase activity (U/g)	β 淀粉酶活性 Beta amylase activity (U/g)	总淀粉酶活性 Total amylase activity (U/g)	NI 活性 Neutral invertase activity (U/g)	蔗糖含量 Sucrose content ($\mu\text{mol}/\text{g}$)
T1	0.18±0.02ab	2.47±0.07c	9.36±0.44b	11.83±0.43b	46.94±0.75bc	92.25±1.21bc
T2	0.15±0.02bc	2.95±0.06a	11.15±0.47ab	14.09±0.44a	53.82±1.29a	89.48±1.07cd
T3	0.11±0.01c	3.04±0.08a	12.02±1.02a	15.06±1.10a	56.71±1.54a	88.41±1.31d
T4	0.21±0.01a	2.39±0.11c	9.40±0.62b	11.79±0.73b	46.21±0.66c	94.91±0.69ab
T5	0.13±0.01c	2.83±0.05ab	10.39±0.46ab	13.23±0.51ab	50.30±0.68b	92.20±0.87bc
T6	0.11±0.01c	2.56±0.13bc	9.00±0.73b	11.56±0.66b	48.16±1.17bc	96.19±0.67a

品质，以 T3 处理效果最优。

2.3 打顶时期与留叶数对烤烟上部叶化学成分含量的影响

由表 6 可知，盛花期打顶处理烟碱含量较初花

期打顶处理低，随着留叶数的增加，烟碱含量呈显著下降趋势；还原糖和总糖含量均以初花期打顶处理较高，还原糖含量以 T2 和 T3 处理高于或显著高于其他处理，总糖含量则以 T1 和 T2 处理高于或显

著高于其他处理。同一打顶时期，以留叶数 18 或 20 片处理糖碱比及两糖比较高。总体来说，推迟打顶能够有效降低烟碱含量，且在低留叶水平下降低

效果显著，但推迟打顶导致还原糖及总糖含量降低，化学成分不协调，而初花期打顶下，两糖含量高，随着留叶数的增加，烟碱含量降低，能够改善

表 6 打顶时期与留叶数对烤后上部烟叶化学成分含量的影响
Table 6 Effects of topping period and remained leaf number on chemical component of upper tobacco leaves

处理 Treatment	烟碱 Nicotine (%)	还原糖 Reducing sugar (%)	总糖 Total sugar (%)	糖碱比 Sugar/alkaloid	两糖比 Reducing sugar/total sugar
T1	3.00±0.12a	28.24±0.58b	34.48±0.33a	9.44±0.17b	0.82±0.01b
T2	2.79±0.05b	30.98±1.00a	34.64±0.38a	11.11±0.35a	0.89±0.02a
T3	2.59±0.04c	30.54±0.50a	33.87±0.41ab	11.82±0.37a	0.90±0.02a
T4	2.87±0.05ab	28.05±0.58b	31.80±0.29c	9.78±0.14b	0.88±0.01a
T5	2.60±0.04c	29.20±0.41ab	32.83±0.29bc	11.25±0.28a	0.89±0.01a
T6	2.43±0.03c	27.69±0.58b	33.42±0.79ab	11.41±0.26a	0.83±0.01b

糖碱比，进而改善上部叶可用性，以 T3 处理最优。

2.4 打顶时期与留叶数对烤烟上部叶感官质量的影响

由表 7 可知，打顶时期与留叶数能够显著影响上部烟叶的感官质量。初花期打顶有利于提高烤后

上部叶香气质及香气量，提升感官质量总分，初花期打顶处理其平均感官质量总分比盛花处理高 1.25 个百分点；随着留叶数的增多，香气质增加，余味改善。各处理间杂气、刺激性和燃烧性等差异不显著。说明初花期打顶与适当的留叶数有利于提

表 7 打顶时期与留叶数对烤后上部烟叶感官质量的影响
Table 7 Effects of topping period and remained leaf number on sensory quality of upper tobacco leaves

处理 Treatment	香气质 Aroma quality (18)	香气量 Aroma quantity (16)	杂气 Miscellaneous (16)	刺激性 Irritating (20)	余味 After taste (22)	燃烧性 Flammability (4)	灰色 Grey (4)	合计 Total (100)
T1	16.13±0.15b	14.10±0.06b	14.53±0.09a	16.43±0.03a	16.50±0.06c	4.00±0.00a	4.00±0.00a	85.27±0.15b
T2	16.77±0.18a	14.47±0.03a	14.30±0.06a	16.63±0.12a	17.43±0.19a	4.00±0.00a	4.00±0.00a	87.60±0.21a
T3	16.60±0.10a	14.33±0.12ab	14.33±0.13a	16.43±0.24a	17.17±0.15ab	4.00±0.00a	4.00±0.00a	86.87±0.46a
T4	16.10±0.10b	14.13±0.03b	14.37±0.09a	16.20±0.15a	16.47±0.03c	4.00±0.00a	4.00±0.00a	85.27±0.20b
T5	15.97±0.12b	14.13±0.03b	14.30±0.12a	16.30±0.12a	16.90±0.12b	4.00±0.00a	4.00±0.00a	85.60±0.31b
T6	15.90±0.12b	14.27±0.09ab	14.23±0.09a	16.37±0.09a	16.90±0.12b	4.00±0.00a	4.00±0.00a	85.67±0.09b

升烤后上部叶感官品质，以 T2 和 T3 处理最优。

2.5 打顶时期与留叶数对烤烟整株经济性状的影响

由表 8 可知，打顶时期与留叶数对烤烟整株经济性状具有一定的影响。打顶时期对烤烟产量及上中等烟比例影响较为显著，以初花期打顶处理产量及上中等烟比例较高，平均较盛花期打顶处理分别

高 2.32% 和 2.13%，并且初花期打顶下随着留叶数的增加，上中等烟比例呈上升趋势，盛花期打顶则呈先升高后下降趋势。留叶数对上等烟比例及产值具有一定影响，留叶 18 和 20 片处理上等烟比例及产值较高，以 T2 和 T3 处理较优。均价在各处理表现为 T3>T2>T5>T6>T1>T4，T3 处理显著高于 T1 和 T4 处理。总体来说，以 T3 处理上中等烟比

表 8 打顶时期与留叶数对烤烟整株经济性状的影响
Table 8 Effects of topping period and remained leaf number on economic traits of flue-cured tobacco

处理 Treatment	上中等烟比例 Superior and secondary tobacco rate (%)	上等烟比例 Superior tobacco rate (%)	产量 Yield (kg/hm ²)	均价 (元/kg) Average price (yuan/kg)	产值 (元/hm ²) Output value (yuan/hm ²)
T1	94.83±0.41b	35.61±0.54b	2570.43±56.45b	27.35±0.58b	70 303.33±2040.45c
T2	95.16±0.23ab	38.82±0.44a	2754.85±20.59a	29.82±0.97ab	82 112.81±2085.48ab
T3	96.76±0.27a	39.11±1.11a	2715.42±28.46a	30.90±0.81a	83 925.37±2688.23a
T4	93.70±0.47bc	35.73±0.60b	2561.23±22.92b	27.25±0.64b	69 770.54±1445.73c
T5	94.16±0.76bc	36.81±0.65ab	2658.70±40.57ab	28.54±0.47ab	75 910.53±2286.78bc
T6	92.92±0.80c	37.10±0.79ab	2638.25±35.35ab	28.48±0.98ab	75 186.92±3471.88bc

例及均价最高，产量和产值较高。

3 讨论

烤烟上部叶与中下部叶片相比，往往出现开片较差、叶片窄而厚等问题，影响其可用性^[19-20]。前人^[21-22]研究发现，适宜的打顶留叶处理可改善烟株生长的光温资源条件，协调烟株营养分配。当烟株留叶数一致时，随着打顶时期的推迟，上部叶最大叶长叶宽均减小，产量和产值呈先增加后降低的趋势^[23-24]，以初花打顶烟株农艺性状优良，上等烟比例较高^[25-26]。本试验中，初花期打顶处理整体性状优于盛花期打顶处理，与前人结果一致，这可能是由于盛花期打顶较迟，外界环境条件改变无法提供烟株生长所需养分，烟株消耗过多自身养分所致^[26]。当打顶时期一致时，随着留叶数的增加，烟叶叶面积减小，产量增加^[27-28]，本试验结果显示，打顶后 15d 随着留叶数增加，上部叶叶面积在一定范围内有增大趋势，与前人研究结果不同，这可能是由于本试验测定的是打顶留叶对前期上部叶发育的影响，各处理上部叶在生长前期的开片程度影响有所不同。此外，李宙文等^[29]的研究也表明，在同等密度条件下，烟株随着留叶数的增多，生长发育状况明显提高，在叶长和叶宽方面都表现出增长的趋势，说明由于品种特性、自然条件及大田管理措施的不同，对上部叶的开片效果存在一定的差异性。

烤烟上部叶采收成熟度较差及内部化学成分不协调也是影响其工业可用性的重要原因^[30]。烟叶的成熟过程与衰老特性有关，且内部化学成分协调性及最终烟叶品质与碳氮代谢关系密切^[31-32]。前人^[33-34]研究发现，烟叶衰老特性及碳氮代谢与相关酶活性有关，适宜栽培措施可通过调控相关酶活性改善烟叶衰老特性及碳氮代谢过程。本试验中，初花期打顶与盛花期打顶的保护酶活性总体差异不显著，但化学成分方面差异较大，初花期打顶处理有利于可溶性糖的积累，香气质和香气量显著提升，盛花期打顶处理烟碱含量较低，可能是由于打顶过迟对根系影响较小，烟碱合成积累量少^[8]，这与陈爱国等^[35]研究中打顶时间对烟叶膜脂过氧化作用没有明显影响结果一致。而留叶数增加可显著降低保护酶活性，促进烟叶落黄衰老，这可能与留叶数增加及叶片之间相互遮蔽，能够有效抑制上部叶光合作用有关^[36]，留叶数的增加显著影响了上部叶碳氮代谢，NR 活性降低，还原糖含量先增加后

降低，烟碱含量降低，这与宋淑芳等^[37]的研究结果一致。在本试验条件下，初花期打顶且留叶 20 片处理不仅能抑制烟株保护酶及 NR 活性和氮代谢，同时提高淀粉酶及 NI 活性，改善上部叶碳氮代谢过程，有利于协调其化学成分，提高工业可用性。

烟叶感官质量是决定工业可用性的关键因素，其好坏与烟叶内在化学成分协调性密切相关，研究表明，烟叶感官质量与还原糖和糖碱比等呈显著正相关^[38]，适宜的打顶时期与留叶数能够增加香气物质，协调化学成分，提升烟叶内在质量^[11,39]。本试验结果表明初花打顶且留叶 20 片的打顶留叶组合可使烤烟上部叶化学成分更加协调，香气质和香气量增加，余味改善，感官质量提高，进而提升烟叶经济性状。

4 结论

打顶时期与留叶数对上部烟叶农艺性状、产质量和经济性状影响显著，本试验中，初花打顶且留叶数 20 片处理在改善上部叶农艺性状、促进成熟、协调碳氮代谢与化学成分、提高感官质量等方面效果较好。本研究发现打顶时期与留叶数对上部烟叶产质量的影响机制是降低烟株生育后期光合作用与抗氧化酶活性，协调碳氮代谢，促进烟叶落黄衰老。

参考文献

- [1] 王涛, 贺帆, 徐成龙, 等. 提高烤烟上部叶可用性技术的研究进展. 南方农业学报, 2011, 42(9): 1127-1131.
- [2] 廖成松, 陈懿, 潘文杰, 等. 烤烟上部烟叶质量提升技术研究进展. 贵州农业科学, 2013, 41(11): 38-41.
- [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. 烟草科技, 2010(6): 5-9, 31.
- [4] 唐丽, 罗丽琼. 上部烟叶存在的问题及可用性分析. 现代农业科技, 2016(2): 79-81.
- [5] 胡勇, 魏光钰, 吴永琴, 等. 二次打顶方式对烤烟生长和产质量的影响. 耕作与栽培, 2020, 40(5): 45-46, 49.
- [6] 黄泽春, 彭海峰, 屠乃美, 等. 不同农艺措施对烟草根系生长影响的研究进展. 作物研究, 2008, 22(增 1): 466-469.
- [7] 祝利, 宁尚辉, 徐坚强, 等. 桃源烤烟不同打顶时期对烟叶质量的影响. 湖南农业科学, 2020(2): 19-21, 26.
- [8] 张丹, 刘国顺, 章建新, 等. 打顶时期对烤烟根系活力及烟碱积累规律的影响. 中国烟草科学, 2006, 24(1): 38-41.
- [9] 曹志强, 范雄, 雷捌金. 不同打顶期对烤烟 NC297 性状的影响. 现代农业科技, 2015(23): 9, 11.
- [10] 陈志强, 朱文格, 朱志军, 等. 打顶时期与采收方式互作对烤烟烟叶结构及经济性状的影响. 现代农业科技, 2021(8): 6-8.
- [11] 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. 山东农业科学, 2019, 51(12): 20-25.
- [12] 刘泓, 熊德中, 许茜. 氮肥用量与留叶数对烤烟氮吸收及烟碱含量的影响研究. 中国生态农业学报, 2006, 14(2): 85-87.
- [13] 信俊峰, 范晓琪, 杜卫民, 等. 留叶数对烤烟新品系 09011 生

- 长及产质量的影响. 现代农业科技, 2018(22): 1-2, 4.
- [14] 邵雪莲, 刘润生, 曾浩, 等. 不同打顶时间及留叶数对云烟87产质量的影响. 农业科技通讯, 2017(6): 130-134.
- [15] 黄一兰, 王瑞强, 王雪仁, 等. 打顶时间与留叶数对烤烟产质量及内在化学成分的影响. 中国烟草科学, 2004(4): 18-22.
- [16] 任志广, 张勇刚, 刘化冰, 等. 赤霉素和钾肥及其互作对烤烟光合特性和有机钾指数的影响. 中国烟草科学, 2019, 40(6): 19-25.
- [17] 国家烟草专卖局. YC/T 160-2002 烟草及烟草制品总植物碱的测定连续流动法. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [18] 国家烟草专卖局. YC/T 159-2002 烟草及烟草制品水溶性糖的测定连续流动法. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [19] 刘领, 李冬, 周俊学, 等. 摘除不适用叶与喷施微肥对烤烟上部叶生理特性及产质量的影响. 土壤, 2019, 51(6): 1078-1085.
- [20] 武圣江, 周义和, 宋朝鹏, 等. 密集烘烤过程中烤烟上部叶质地和色度变化研究. 中国烟草学报, 2010, 16(5): 72-77.
- [21] 余志虹, 陈建军, 林锐锋, 等. 不同打顶方式对烤烟农艺性状及上部叶可用性的影响. 华南农业大学学报, 2012, 33(4): 429-433.
- [22] 贺凌霄, 张谦, 彭玉富, 等. 种植密度、施氮量和留叶数对烤烟生长特性及产质量的影响. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2020, 41(2): 40-45.
- [23] 薛琳, 郭建, 王丽萍, 等. 不同打顶时间和留叶数对云烟97产质量的影响. 中国烟草科学, 2015, 36(3): 40-45.
- [24] 王柱石, 王铮, 范文彪, 等. 打顶时期与有效留叶数对烤烟产量及质量的影响. 贵州农业科学, 2017, 45(1): 39-43.
- [25] 侯方舟, 屠乃美, 何康, 等. 不同打顶时期与 α -萘乙酸棉球扎顶对烤烟产质量的影响. 作物研究, 2016, 30(1): 41-44, 49.
- [26] 和占辉, 尹浩, 张雪奇, 等. 打顶时间和留叶数对丽江烟叶等级结构及品质的影响. 现代农业科技, 2019(3): 12-14.
- [27] 陈建锋, 杨杰, 唐波, 等. 不同留叶数和打顶时间对烟叶产质量的影响. 安徽农学通报, 2018, 24(增1): 36-38.
- [28] 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. 作物研究, 2008, 22(增1): 476-479.
- [29] 李宙文, 宋亮, 张黎明, 等. 群体密度与留叶数对湘西山地烟叶品质的影响. 贵州农业科学, 2017, 45(9): 34-37.
- [30] 陈刚, 周清明, 杨姣弟, 等. 采收方式和成熟度对上部烟叶细胞结构及品质的影响. 中国烟草科学, 2016, 37(5): 34-39.
- [31] 凌寿军, 凌午舟, 傅献忠, 等. 烤烟田间成熟度与烟叶程序化衰老特征的关系研究. 广东农业科学, 2010, 37(6): 42-44.
- [32] 顾永丽, 胡勇, 周建云, 等. 烟叶成熟过程主要生理生化指标鉴定及相关性分析. 分子植物育种, 2021, 19(15): 5137-5142.
- [33] 杨趁义, 孙光伟, 陈振国, 等. 不同时期环割对上部烟叶生长发育及质量的影响. 中国烟草科学, 2021, 42(2): 22-27.
- [34] 刘迎超, 于涛, 孙光伟, 等. 保水剂施用对恩施烟区上部烟叶生长发育的影响. 中国烟草科学, 2020, 41(3): 53-57.
- [35] 陈爱国, 王树声, 申国明, 等. 打顶时间与外源生长素对烟叶成熟衰老及产质量的影响. 中国烟草科学, 2006, 27(4): 27-30.
- [36] 易迪, 易镇邪, 屠乃美. 施氮量与留叶数对烤烟光合特性的影响. 中国农学通报, 2014, 30(10): 99-104.
- [37] 宋淑芳, 陈建军, 周冀衡. 留叶数对烤烟品质形成的影响. 中国烟草科学, 2012, 33(6): 39-43, 47.
- [38] 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. 中国烟草学报, 2019, 25(6): 18-26.
- [39] 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. 安徽农业科学, 2019, 47(20): 31-33, 72.

Effects of Topping Period and Number of Remained Leaves on Growth and Development of Upper Leaves of Flue-Cured Tobacco in Shandong Province

Han Yuhuan, Liu Chen, Yang Long, Yu Tao

(Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong, China)

Abstract In order to explore the effects of topping period and numbers of remained leaves on the growth and development of upper leaves of flue-cured tobacco in Shandong province, Zhongyan 100 was used as material, and six different topping periods and number of remained leaves treatments were set up to analyze the agronomic traits, photosynthetic characteristics, carbon and nitrogen metabolism, senescence characteristics, chemical composition of flue-cured tobacco leaves, sensory smoking quality and economic traits of upper leaves. The results showed that, more remained leaves in the same topping period were beneficial to inhibit the strong photosynthetic capacity of upper leaves in the later stage of maturity. Treatment of 18 and 20 remained leaves were beneficial to the opening of upper leaves. In the later stage, the activities of antioxidant enzymes and NR were lower, and the activity of NI was higher, which could promote the yellowing of upper leaves, coordinate the chemical components of flue-cured tobacco leaves, and have good economic traits. The treatment with 20 remained leaves for the first flower topping and 18 leaves for the full flower topping had better quality. Under the same remained leaves level, the length-width ratio of topping tobacco with first flower was appropriate, the leaf area was larger and the opening of leaves was better, which was conducive to improve the sensory quality of tobacco leaves. In generally, the treatment of topping with first flower and 20 leaves remained had better agronomic characteristics, coordinated chemical composition and sensory quality.

Key words Flue-cured tobacco; Topping period; Numbers of remained leaves; Upper leaves; Growth and development; Quality