

夜温升高对云南省高海拔烤烟理化特性及产、质量的影响*

周越^{1,2} 范幸龙³ 周冀衡^{1,2**} 贺丹锋² 李强²
刘晓颖² 程昌新⁴ 杨应明⁴

(1. 湖南农业大学生物科学技术学院 长沙 410128; 2. 湖南农业大学烟草研究院 长沙 410128;
3. 江苏中烟工业有限责任公司 南京 210019; 4. 红云红河烟草(集团)有限责任公司 昆明 650202)

摘要 以‘云烟 87’和‘K326’为材料,采用大田试验,研究了夜间温度升高对云南省高海拔不同烤烟品种烤后烟叶物理特性及常规化学成分、Cu、Zn、Fe、Mn 含量和经济性状、感官评吸质量的影响,旨在探讨温度对烤烟理化特性及内在品质的影响,为云南省烟区烤烟风格特色的形成机理研究提供理论依据。试验采用单因素随机区组设计,设置 2 个温度处理:①夜间保温,每日 18:00—次日 6:00 大棚封闭升温,试验期间大棚内夜间平均温度为 16.7 ℃;②自然夜温(对照),试验期间夜间平均温度为 15.5 ℃。研究表明:1)夜温升高使‘K326’和‘云烟 87’上部叶长宽、下部叶叶长,‘K326’上部叶单叶重和平衡含水率、中部叶单叶重均显著增加;‘K326’中上部叶、‘云烟 87’中下部叶叶片厚度以及‘K326’各部位、‘云烟 87’上部叶叶片含梗率均显著降低。2)‘K326’中上部叶总糖、还原糖、总氮,‘云烟 87’各部位叶总氮、钾均较对照显著增加;同时使‘K326’中上部叶烟碱和钾、下部叶总氮,‘云烟 87’上部叶总糖、还原糖和烟碱及中部叶烟碱和下部叶总糖、还原糖均显著降低。3)‘K326’上部和下部烟叶 Zn、Cu 含量较对照显著降低,Fe、Mn 含量较对照显著提高;‘云烟 87’上部叶 Zn、Cu、Fe、Mn 含量较对照均显著提高。4)‘K326’产量、产值、均价、上等烟比例分别较对照增加 252.5 kg·hm⁻²、7 290 元·hm⁻²、1.7 元·kg⁻¹、6.54%;‘云烟 87’分别增加 100.5 kg·hm⁻²、5 315 元·hm⁻²、2.1 元·kg⁻¹、4.65%。综上所述,夜温升高可以显著改善云南省高海拔地区烤后烟叶的物理特性,内在化学成分趋于协调,产值产量显著增加,烟叶工业可用性进一步提升。

关键词 烤烟 夜间温度升高 物化特性 化学成分 微量元素 经济性状 云南省高海拔区
中图分类号: S572 **文献标识码**: A **文章编号**: 1671-3990(2015)01-0061-08

Effects of nighttime temperature increase on physio-chemical properties, yield and quality of flue-cured tobacco in high-altitude region of Yunnan Province

ZHOU Yue^{1,2}, FAN Xinglong³, ZHOU Jiheng^{1,2}, HE Danfeng², LI Qiang²,
LIU Xiaoying², CHENG Changxin⁴, YANG Yingming⁴

(1. College of Bioscience and Biotechnology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. Institute of Tobacco, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 3. China Tobacco Jiangsu Industrial Co. Ltd., Nanjing 210019, China; 4. Hongyun Honghe Tobacco (Group) Co. Ltd., Kunming 650202, China)

Abstract This study used tobacco cultivars of ‘Yunyan 87’ and ‘K326’ to analyze the effect of nighttime temperature increase on physio-chemical properties, yield and quality of flue-cured tobacco in high altitude region of Yunnan Province. Through field experiment, the study evaluated the effects of nighttime temperature rise on the physical characteristics, chemical composition, micronutrients contents, economic characteristics, and sensory quality of tobacco. The study aimed to explore and improve the physical and chemical properties as well as inherent quality of flue-cured tobacco by the adjustment of ecological factors (temperature in this study). Based on the single factor randomized block design pot experiment, two temperature treatments were

* 红云红河烟草集团科技项目“云南原料基地单元烤烟品种立体优化布局研究”(HYHH2012YL03)资助

** 通讯作者: 周冀衡, 研究方向为烟草栽培生理生化。E-mail: jhzhou2005@163.com

周越, 研究方向为烟草生理生化。E-mail: yuezoey518@foxmail.com

收稿日期: 2014-07-24 接受日期: 2014-11-20

established. The first temperature treatment was to artificially keep warm at nighttime (18:00–6:00) under greenhouse condition. During this treatment, average nighttime temperature in the greenhouse was maintained at 16.7 °C. The second temperature treatment was to keep a natural temperature in the greenhouse for purpose of comparison. In this treatment, the average natural temperature at night was 15.5 °C. The study showed that rising nighttime temperature broadened the upper leaves and lengthened the lower leaves of ‘K326’ and ‘Yunyan 87’. It also significantly increased single leaf weight and equilibrium moisture content of the upper leaves along with the single leaf weight of the middle leaves of ‘K326’. With the rise in nighttime temperature, leaf thickness significantly decreased for the middle and upper leaves of ‘K326’ and the middle and lower leaves of ‘Yunyan 87’. Also leaf stem content significantly decreased for all the leaves of ‘K326’ and the upper leaves of ‘Yunyan 87’. Compared with those under natural nighttime temperature treatment, the contents of total sugar, reducing sugar and total nitrogen increased drastically in the middle and upper leaves of ‘K326’ under increased nighttime temperature treatment. Also the contents of total nitrogen and potassium increased in all the leaves of ‘Yunyan 87’. However, decreases in the contents of nicotine and potassium in the middle and upper leaves of ‘K326’ were noted. Also the decreases in the total nitrogen in the lower leaves of ‘K326’, in the contents of total sugar, reducing sugar and nicotine in the upper leaves of ‘Yunyan 87’, in the content of nicotine in the middle leaves of ‘Yunyan 87’, and in the contents of total sugar and reducing sugar in the lower leaves of ‘Yunyan 87’ were observed too. Under nighttime temperature increase treatment, the contents of Zn and Cu significantly decreased while those of Fe and Mn increased in the upper and lower leaves of ‘K326’, compared with those under the natural temperature treatment. Also the contents of Zn, Cu, Fe and Mn increased in the upper leaves of ‘Yunyan 87’. Compared with the natural temperature treatment, nighttime temperature increase treatment improved output, output value, average price and fine tobacco proportion of ‘K326’ respectively by 252.5 kg·hm⁻², 7 290 Yuan·hm⁻², 1.7 Yuan·kg⁻¹ and 6.54%. Similarly, these variables of ‘Yunyan 87’ increased respectively by 100.5 kg·hm⁻², 5 315 Yuan·hm⁻², 2.1 Yuan·kg⁻¹ and 4.65%. Thus increasing nighttime temperature significantly improved the physical characteristics, chemical component, production output and industrial value of flue-cured tobaccos in high altitude region of Yunnan Province.

Keywords Flue-cured tobacco; Nighttime temperature increase; Physio-chemical property; Chemical component; Trace element; Economic characteristics; High altitude region of Yunnan Province

(Received Jul. 24, 2014; accepted Nov. 20, 2014)

近年来, 全球气候变暖对作物生产的影响已逐渐成为热点问题。烤烟生长及内在品质在很大程度上依赖于当地生态环境及气候, 而温度就是烤烟重要生态影响因素之一^[1-2]。一些高海拔烟区, 由于受环境温度偏低等因素的影响, 烟叶质量通常不甚理想^[3-9]。夜间温度(以下简称夜温)是温度生态因子重要的组成部分, 特别是在云南省烟区白天温度变幅相对较小的情况下, 夜温高低直接决定着烤烟生育期昼夜温差的大小和有效积温的多少, 对烤烟生长及香气风格特色的影响不容忽视。但前人就夜温单因素变化对高海拔烤烟内在品质的影响研究目前却鲜见报道。因此, 本研究利用温室大棚夜间是否关闭影响室内温度的原理, 对云南省高海拔不同烤烟品种烤后烟叶物理特性及常规化学成分、Cu、Zn、Fe、Mn含量和经济性状、感官评吸质量进行了研究, 旨在探讨并完善温度生态因子对烤烟理化特性及内在品质影响结果的全面性和系统性, 为云南省烟区烤烟风格特色的形成机理研究提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验区概况与试验材料

试验于 2013 年 4—9 月在云南省保山市腾冲县红云红河烟草集团凤凰山烤烟基地单元内进行。试验地海拔 2 050 m, 25.40°N, 98.52°E。前作玉米, 旱

地土。试验地土壤 pH 5.93, 有机质 39.50 g·kg⁻¹, 碱解氮 142.32 mg·kg⁻¹, 速效磷 15.42 mg·kg⁻¹, 速效钾 188.72 mg·kg⁻¹, 水溶性氯 20.58 mg·kg⁻¹, 有效镁 63.79 mg·kg⁻¹, 有效硼 0.36 mg·kg⁻¹, 有效锌 1.28 mg·kg⁻¹。供试烤烟品种为‘云烟 87’和‘K326’。烟苗均采用集约化漂浮育苗, 苗龄一致, 健壮无病, 由保山市烟草公司腾冲县分公司统一提供。栽培株行距 1.2 m×0.5 m, 4 月 20 日统一移栽。肥料种类为烤烟专用复合肥。纯氮用量为 99 kg·hm⁻², N : P₂O₅ : K₂O=6.8 : 10.1 : 20.1。纯氮的 70%于移栽前施用, 30%按当地追肥习惯于移栽后 21 d 采用兑水浇施。其他大田管理措施均按腾冲县优质烟生产规范进行。

1.2 试验设计

从移栽后至打顶结束, 试验设 2 个温度处理: ①夜间保温(夜温升高处理), 每日 18:00—次日 6:00 封闭保温; ②自然夜温(对照), 安装与保温处理相同形状的夜间防雨拱棚, 夜间四周敞开通风, 不保温, 仅起到防雨作用, 棚内烟株按当地生产条件自然生长。塑料薄膜保温拱棚及对照防雨拱棚尺寸均为 60 m(长)×5 m(宽)×2.5 m(高), 处理烟株全部种植在拱棚内。保温拱棚及防雨棚两侧分别固定 2 个手动卷膜器, 方便专人操作, 达到白天大棚全敞开、与外界保持通风, 夜间 18:00—次日 6:00 关棚封闭保温的效果。试验期间, 在处理大棚和自然对照防雨棚内各

放 1 台双金属自动记录温度仪, 每间隔 60 min 自动记录 1 次, 每 10 d 采集 1 次数据, 每天夜间平均温度取 2 台记录仪于 20:00、22:00、24:00 及次日 2:00、4:00 和 6:00 时刻的平均值。

烤烟移栽大田后 1~105 d, 夜温升高处理大棚内

夜间平均温度为 16.7 °C, 自然对照夜间环境平均温度为 15.5 °C, 处理较对照平均夜间温度高 1.2 °C。表明本次试验设计的夜间增温方式总体能有效提高烟株大田全生育期内夜间环境温度, 达到预期试验设计效果。各处理试验期间温度变化见图 1。

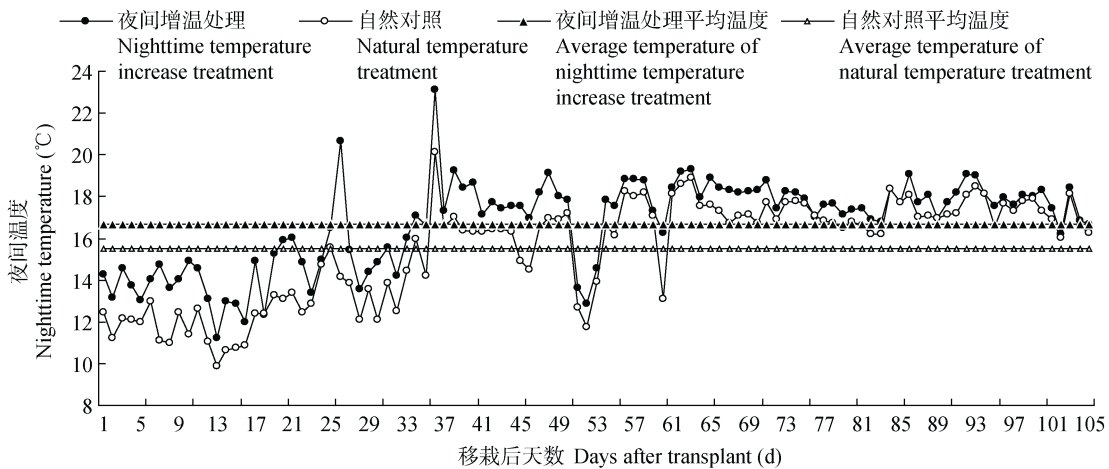


图 1 烟株移栽后 1~105 d 不同处理的夜间平均温度

Fig. 1 Nighttime temperature changes of different treatments after 1–105 days of tobacco transplant during the experiment

试验采用单因素随机区组设计, 每个处理 3 个重复, 每个重复 45 株(取样 15 株), 两端为保护株。棚内处理与棚外对照土壤含水量伸根期保持在 60%~70%, 旺长期 75%~85%, 成熟期 75%~80%, 每 5 d 用土壤水分快速测定仪测量土壤水分, 使其达到相应的土壤相对含水率; 若未达到, 及时采用人工灌水。试验小区设 3 垄保护行相隔, 以防产生水分侧渗效应, 所有栽培措施与环境调控措施严格保持一致。

1.3 样品采集和制备

烤烟生长进入工艺成熟期后, 按处理分开标记并置于同一烤房, 采用标准化烤房三段式烘烤, 烤后烟叶由试验地专职评级人员按照烤烟 YC/T 138—1998^[10]的方法分级, 各处理选取 1.5 kg 成熟度好、身份适中的上部叶(B2F)、中部叶(C3F)和下部叶(X2F)。

1.4 测定项目及方法

经济性状的测定: 由湖南农业大学烟草研究院试验地工作人员分区计产, 统计烟叶产量、产值、均价和上中等烟比例, 每公顷烟叶产量、产值由小区产量、产值折算。

物理性状的测定: 叶片厚度用 BHZ-1 型薄片厚度计测定, 含梗率用称重法测定, 平衡含水率和叶重用平衡水分称重法测定。

常规化学成分的测定: 烟叶总糖、还原糖、烟碱、总氮、氯离子的测定依据 YC/T159—2002^[11], 采用连续流动法进行测定; 钾离子的含量按照王瑞新^[12]的

方法测定。

微量元素的测定: 精确称取制备好的烟叶样品 0.500 g, 精确至 0.001 g, 将样品放入 PET 消解罐中, 加硝酸 8.0 mL, 盖好罐盖, 在微波消解仪中进行消解。消解后取出, 放入通风橱中赶酸, 赶酸完毕用去离子水洗入 50 mL 容量瓶, 定容后摇匀, 各元素应用原子吸收光谱仪进行分析测定。

1.5 感官评吸

按照文献[13]规定的方法, 由红云红河(烟草)集团有限责任公司召集 5 名省级卷烟评吸委员和 5 名本集团技术中心评吸专家共同进行感官评吸。

1.6 数据处理

采用 Excel 2007、DPS 7.05 等软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 夜温升高对烤后烟叶物理特性的影响

由表 1 可知, ‘K326’和‘云烟 87’的上部叶和下部叶叶长在夜温升高处理与对照之间差异均达显著水平, ‘K326’上部叶、下部叶叶长分别较对照增加 5.50 cm、3.35 cm, ‘云烟 87’分别增加 4.45 cm、4.75 cm。‘K326’和‘云烟 87’上部叶叶宽分别较对照增加 3.45 cm 和 1.10 cm, 且差异均达显著水平; 中部叶和下部叶叶宽两处理间差异不显著。夜温升高对‘K326’中上部叶单叶重影响较大, 达到显著水平, 上部叶和中部叶分别较对照增加 3.00 g 和 1.98 g; 而对‘K326’下部叶和‘云烟 87’各部位叶单叶重无显著影响。‘K326’

表 1 夜温升高对不同烤烟品种烤后烟叶物理特性的影响
Table 1 Effect of nighttime temperature increase on leaves physical properties of different tobacco varieties

品种 Variety	等级 Level	处理 Treatment	叶长 Leaf length (cm)	叶宽 Leaf width (cm)	单叶重 Weight per leaf (g)	叶片厚度 Leaf thickness (mm)	含梗率 Stem content (%)	平衡含水率 Equilibrium mois- ture content (%)	开片度 Opening film degree
K326	B2F	NIT	70.15±1.06a	19.05±1.95a	12.60±0.57a	0.35±0.51b	28.39±0.45b	11.19±0.11a	0.27
		CK	64.65±0.76b	15.60±1.36b	9.60±0.77b	0.49±0.67a	29.71±0.22a	10.51±0.12b	0.23
	C3F	NIT	74.90±0.58a	20.70±0.86a	14.05±1.23a	0.34±0.12b	29.58±0.14b	11.73±0.32a	0.28
		CK	72.75±0.93a	19.45±1.26a	12.07±1.76b	0.40±0.23a	30.70±0.18a	11.18±0.15a	0.27
	X2F	NIT	57.35±1.26a	16.85±1.52a	5.60±0.96a	0.34±0.56b	33.64±0.23b	9.71±0.43a	0.29
		CK	54.00±1.45b	16.10±1.09a	5.00±1.06a	0.39±0.34b	38.54±0.21a	9.88±0.32a	0.30
云烟 87 Yunyan 87	B2F	NIT	72.55±1.33a	19.70±2.03a	13.40±1.22a	0.32±0.21a	24.74±0.33b	10.96±0.22a	0.27
		CK	68.10±1.09b	18.60±1.76b	12.55±0.56a	0.34±0.28a	26.74±0.32a	10.51±0.11a	0.27
	C3F	NIT	75.00±0.96a	21.40±1.13a	12.90±1.87a	0.32±0.52b	26.51±0.15a	11.64±0.10a	0.29
		CK	73.45±1.56a	20.55±1.82a	12.70±1.56a	0.35±0.43a	26.73±0.19a	11.25±0.08a	0.28
	X2F	NIT	65.75±1.44a	22.10±0.86a	7.80±0.88a	0.32±0.15b	28.96±0.21a	11.14±0.13a	0.34
		CK	61.00±1.07b	21.30±1.16a	6.75±1.39a	0.34±0.24a	29.67±0.18a	11.38±0.15a	0.30

NIT: 夜温升高处理; CK: 自然对照。同一品种同一等级不同大、小写字母分别表示两处理间在 $P<0.01$ 和 $P<0.05$ 水平差异显著, 下同。
NIT is the treatment of nighttime temperature increase, CK is the control of natural nighttime temperature. For the same varieties of the same level, different small and capital letters stand for significant difference in 0.05 and 0.01 levels, respectively, between two treatments. The same below.

中上部叶、‘云烟 87’中下部叶叶片厚度与对照达到显著差异, ‘K326’上、中、下部位烟叶分别较对照降低 0.14 mm、0.06 mm、0.05 mm, ‘云烟 87’分别降低 0.02 mm、0.03 mm、0.02 mm。‘K326’各部位、‘云烟 87’上部位叶片含梗率在夜温升高处理与对照之间差异显著, 其中‘K326’上、中、下部位烟叶含梗率较对照分别降低 1.32%、1.12%、4.90%, ‘云烟 87’上部叶较对照降低 2.00%。平衡含水率除‘K326’上部叶较对照增加 0.58%, 达到显著差异外, 其他各部位烟叶及‘云烟 87’各烟叶均无显著差异。‘K326’上部叶和‘云烟 87’下部叶开片度表现为夜温升高处理较对照有较大提高, 但无显著差异。

2.2 夜温升高对烤后烟叶常规化学成分的影响

烟叶中化学成分是决定评吸质量和烟气特性等质量特性的内在因素^[14-15], “国际型优质烟叶”化学成分指标为: 总糖 18%~24%, 还原糖 16%~22%, 烟碱 1.5%~3.5%, 总氮 1.5%~3.0%, 钾离子 2.0%~3.5%, 氯离子 0.3%~0.8%, 糖碱比 $\approx 8\sim 12$, 氮碱比 ≤ 1 , 钾氯比 ≥ 4 , 两糖差越小越好。由表 2 可知, 生育期夜间温度升高显著影响云南省高海拔地区烤后各部位烟叶化学成分及内在协调性, 但不同品种不同部位烟叶对夜温响应有所差异。‘K326’中上部叶总糖、还原糖、总氮、烟碱、钾离子含量在夜温升高处理与对照之间有显著差异, 表现为上部叶总糖、还原

表 2 夜温升高对不同烤烟品种烤后烟叶常规化学成分的影响
Table 2 Effect of nighttime temperature increase on leaves chemical properties of different tobacco varieties

品种 Variety	等级 Level	处理 Treatment	总糖 Total sugar (%)	还原糖 Reduced sugar (%)	总氮 Total nitrogen (%)	烟碱 Nicotine (%)	钾 Potassium (%)	氯 Chlorine (%)	糖碱比 Sugar/ nicotine ratio	氮碱比 Total nitrogen/ nicotine ratio	钾氯比 Potassium/ chlorine ratio
K326	B2F	NIT	26.48±1.26a	24.50±1.39a	2.19±0.77a	3.52±0.12b	1.94±0.23b	0.47±0.04a	6.96	0.62	4.13
		CK	24.58±0.83b	22.09±1.86b	0.99±0.82b	4.27±0.09a	2.28±0.13a	0.50±0.02a	5.17	0.23	4.56
	C3F	NIT	30.70±2.11a	28.59±0.77a	1.83±0.51a	3.73±0.05b	1.96±0.16b	0.41±0.05a	7.66	0.49	3.84
		CK	28.68±0.96b	26.74±0.23b	1.20±0.32b	3.97±0.11a	2.12±0.09a	0.45±0.01a	6.74	0.30	4.71
	X2F	NIT	12.23±1.11a	10.88±1.89a	1.86±0.11a	2.79±0.14b	4.16±0.12a	0.93±0.10a	3.90	0.67	4.47
		CK	11.64±0.73a	10.13±1.27a	0.95±0.14b	3.67±0.21a	4.30±0.08a	0.87±0.07a	2.76	0.26	4.94
云烟 87 Yunyan 87	B2F	NIT	24.66±2.35b	23.87±0.55b	1.84±0.17a	3.98±0.08b	2.22±0.21a	0.43±0.02a	6.00	0.46	5.16
		CK	29.09±1.96a	27.24±0.87a	1.06±0.22b	4.26±0.06a	1.98±0.17b	0.53±0.01a	6.39	0.25	3.74
	C3F	NIT	29.60±0.24a	27.75±0.31a	1.54±0.28a	3.55±0.12b	2.14±0.13a	0.47±0.03a	7.82	0.43	4.55
		CK	29.81±0.86a	28.15±0.19a	1.00±0.32b	3.97±0.17a	1.86±0.08b	0.50±0.02a	7.09	0.25	3.72
	X2F	NIT	20.45±0.75b	18.74±0.65b	2.00±0.39a	2.89±0.16a	3.78±0.12a	0.87±0.05a	6.48	0.69	4.34
		CK	25.32±1.37a	22.20±0.21a	1.48±0.24b	2.82±0.11a	3.00±0.07b	0.74±0.04a	7.87	0.52	4.05

糖、总氮含量分别较对照升高 1.90 个、2.41 个、1.20 个百分点, 中部叶分别升高 2.02 个、2.12 个、0.63 个百分点; 上部叶烟碱、钾含量较对照分别降低 0.75 个、0.34 个百分点, 中部叶分别降低 0.24 个、0.16 个百分点。但与此同时, 内在协调性有所提升, 主要表现为糖碱比、氮碱比等品质协调性指标与优质烟更为接近。而下部叶仅总氮含量降低, 与对照差异显著; 但协调性方面同样有所提升, 与中上部叶表现一致。因此, 夜温升高对‘K326’中上部烟叶的影响大于下部叶, 中上部叶随着夜温升高, 化学成分及协调性得到显著改善。

‘云烟 87’各部位烟叶化学成分对夜温升高响应表现为: 上部叶总糖、还原糖、总氮、烟碱、钾含量与对照均有显著差异, 总糖、还原糖、烟碱分别较对照降低 4.43 个、3.37 个、0.28 个百分点, 总氮、钾分别较对照升高 0.78 个、0.24 个百分点。氮碱比和钾氯比更接近优质烟标准, 协调性显著提升。中部叶总氮、烟碱、钾含量与对照相比达到显著差异水平, 其中总氮和钾含量分别较对照升高 0.54 个和 0.28 个百分点, 烟碱较对照降低 0.42 个百分点, 并且糖碱比、氮碱比和钾氯比均不同程度高于对照, 协调性显著改善。下部叶总糖、还原糖、总氮和钾含量夜温处理较对照均达到显著差异水平, 表现为

总糖和还原糖分别较对照降低 4.87 个、3.46 个百分点, 总氮、钾分别较对照增加 0.52 个、0.78 个百分点, 协调性同样得到有效改善, 体现为氮碱比和钾氯比更接近于优质烟范围。

2.3 夜温升高对烤后烟叶微量营养元素含量的影响

由表 3 可知, 夜温升高对云南省高海拔区不同烤烟品种烟叶微量元素含量有显著或极显著影响。Cu 含量除‘云烟 87’中部叶外, 其他品种及部位叶片均与对照差异显著, Zn、Fe、Mn 含量两品种各部位叶片与对照均达极显著差异水平。同时夜温升高处理两品种烟叶 Cu 含量均位于优质烟 Cu 含量^[16]范围(4.02~32.86 mg·kg⁻¹)的中限, Zn 含量^[16]均位于优质烟范围(6.99~72.58 mg·kg⁻¹)的中上限, Fe 含量^[16]均位于优质烟范围(57.69~295.19 mg·kg⁻¹)的中上限, Mn 含量^[16]均位于优质烟范围(22.96~550.03 mg·kg⁻¹)的中限。以上元素含量适宜, 但不同品种对夜温响应存在差异。与对照相比, 夜温升高使‘K326’上部叶和下部叶 Cu、Zn 含量显著或极显著降低, Fe、Mn 含量极显著提高; 中部叶 Cu、Zn、Fe 含量显著或极显著降低, Mn 含量极显著提高。而‘云烟 87’上部叶 Cu、Zn、Fe、Mn 含量在夜温升高下均极显著提高, 中部叶 Zn、Fe、Mn 含量均极显著提高, 下部叶 Cu、Zn 含量显著提高, Fe、Mn 含量极显著降低。

表 3 夜温升高对不同烤烟品种烤后烟叶微量营养元素含量的影响

Table 3 Effect of nighttime temperature increase on leaves micronutrients contents of different tobacco varieties mg·kg⁻¹

品种 Variety	等级 Level	处理 Treatment	Cu	Zn	Fe	Mn
K326	B2F	NIT	16.0±0.13bA	28.1±0.21bB	192.0±0.33aA	238.0±0.55aA
		CK	20.0±0.08aA	35.5±0.18aA	168.0±1.12bB	160.0±0.37bB
	C3F	NIT	12.0±0.09bA	36.2±0.07bB	138.0±0.10bB	372.0±0.28aA
		CK	16.0±0.05aA	45.5±0.10aA	182.0±0.09aA	346.0±1.03bB
	X2F	NIT	16.0±0.06bA	25.2±0.06bB	434.0±1.17aA	140.0±4.03aA
		CK	20.0±0.21aA	44.9±0.27aA	412.0±0.25bB	84.0±3.23bB
云烟 87 Yunyan 87	B2F	NIT	20.0±0.32aA	35.0±0.11aA	200.0±0.08aA	170.0±3.05aA
		CK	14.0±0.11bB	29.7±0.13bB	176.0±2.12bB	160.0±4.23bB
	C3F	NIT	18.0±0.09aA	64.3±0.28aA	286.0±3.23aA	268.0±2.08aA
		CK	18.0±0.12aA	48.9±0.06bB	210.0±0.10bB	208.0±1.23bB
	X2F	NIT	18.0±0.33aA	30.8±0.14aA	320.0±2.04bB	132.0±1.28bB
		CK	16.0±0.23bA	28.1±0.12bA	330.0±1.09aA	200.0±1.66aA

2.4 夜温升高对烤后烟叶经济性状的影响

由表 4 可知, 各品种烟叶产量、产值、均价和上等烟比例均随夜间温度的升高呈上升趋势, 但不同品种对夜温响应有所差异。与对照相比, 夜温升高处理下‘K326’产量、产值、均价、上等烟比例分别增加 252.5 kg·hm⁻²、7 290 元·hm⁻²、1.7 元·kg⁻¹、6.54%; ‘云烟 87’分别增加 100.5 kg·hm⁻²、5 315 元·hm⁻²、2.1 元·kg⁻¹、4.65%; ‘K326’各经济性状指标

较对照增加幅度大于‘云烟 87’。夜温升高对‘K326’和‘云烟 87’产值、产量及上等烟比例影响均达到显著差异水平。

2.5 夜温升高对烟叶评吸质量的影响

由表 5 可知, 夜温升高处理下, ‘云烟 87’上部叶较对照在愉悦性、丰富性、细腻度、甜度和柔性和上有所提升, 劲头略有下降; 而‘K326’较对照在愉悦性、丰富性、透发性、香气量、甜度、绵延性、

表 4 夜温升高对不同烤烟品种烤后烟叶经济性状的影响

Table 4 Effect of nighttime temperature increase on leaves economic characters of different tobacco varieties

品种 Variety	处理 Treatment	产量 Yield (kg·hm ⁻²)	产值 Output value (Yuan·hm ⁻²)	均价 Mean price (Yuan·kg ⁻¹)	上等烟比例 Proportion of high grade tobacco leaves (%)	中等烟比例 Proportion of mid-high grade tobacco leaves (%)
K326	NIT	1 390.50±103.56a	29 265.00±205.34a	21.0a	32.84a	61.10b
	CK	1 138.00±70.43b	21 975.00±187.09b	19.3b	26.30b	66.18a
云烟 87 Yunyan 87	NIT	1 621.50±85.12a	35 595.00±177.08a	22.0a	29.45a	65.46b
	CK	1 521.00±73.06b	30 280.00±108.65b	19.9b	24.80b	70.55a

表 5 夜温升高对不同烤烟品种烤后烟叶评吸结果的影响

Table 5 Effect of nighttime temperature increase on leaves smoking results of different tobacco varieties

指标 Index	云烟 87 Yunyan 87				K326			
	B2F		C3F		B2F		C3F	
	NIT	CK	NIT	CK	NIT	CK	NIT	CK
愉悦性 Enjoyment	7.0	6.0	6.0	6.0	6.5	6.0	7.0	7.0
丰富性 Richness	7.0	6.5	6.0	6.0	6.5	6.0	7.0	7.0
透发性 Sending sexual	7.0	7.5	6.5	6.0	7.5	6.5	7.0	7.0
香气量 Aroma	7.0	7.0	6.0	5.5	7.0	6.0	7.0	7.0
细腻度 Smooth	6.5	6.0	6.5	6.5	6.5	6.5	7.5	6.5
甜度 Sweetness	6.5	6.0	6.0	6.0	6.5	6.0	7.0	7.0
绵延性 Continuity	7.0	7.0	6.0	5.0	7.0	6.5	6.5	7.0
成团性 Agglomeration	7.0	7.0	6.0	6.0	7.0	6.0	6.5	7.0
柔和性 Gentle nature	6.5	6.0	6.0	6.5	6.0	6.0	6.5	6.5
浓度 Concentration	7.0	7.0	6.5	6.0	7.5	6.5	7.0	7.0
杂气 Mixed gas	6.5	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.5	7.0
刺激性 Irritating	6.5	6.0	6.5	6.5	6.0	6.0	6.5	6.5
余味 Aftertaste	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.0	6.5	6.5
劲头 Momentum	7.0	7.5	7.0	5.0	7.5	6.0	6.5	6.5
总分(除劲头) Total score (except momentum)	88.0	84.5	80.5	78.5	86.5	80.0	88.5	89.0

各指标的满分为 9。The full mark of every index is 9.

成团性、浓度、余味和劲头上均有所提升。夜温升高处理下,‘云烟 87’中部叶较对照在透发性、香气量、绵延性、浓度和劲头上均有所提升,而‘K326’较对照仅在细腻度有所提升。感官评吸表明:‘K326’和‘云烟 87’上部叶总分增加幅度大于中部叶,上部叶经夜温升高处理后烟气改善效果好于中部叶。

3 讨论与结论

本研究表明,夜间温度升高使参试品种各部位烟叶烟碱、氯含量降低,总氮、钾含量提高,同时夜温升高促进了‘K326’各部位烟叶中总糖和还原糖的合成积累,却降低了‘云烟 87’各部位叶中的双糖含量,这与黄中艳等^[17]研究认为较高的夜间温度(昼夜温差小)使得烟株有效钾含量提高,一定程度上提高了烟叶内在品质一致;李天福等^[5]研究发现:5—8月份的气温是影响化学成分积累的重要因素,其中烟碱和还原糖对气候条件反应最为显著,本研究也进一步证明了这一结论。

烟叶品质的好坏不仅取决于主要化学成分含量的多少,还在于各成分之间是否协调平衡^[18]。烟叶中还原糖与烟碱的比值常被作为评价烟气强度和柔和性的基础,二者的平衡是形成均衡烟气的重要因素^[19-21]。本研究表明,夜温升高使‘K326’各部位烟叶及‘云烟 87’中部叶较对照协调性均得到明显改善,化学成分协调性提高,这与陆永恒^[22]认为的云南省大部分烤烟区,白天气温相对较高,而夜间气温低,呼吸作用弱,有机物质消耗少,干物质积累多,特别是糖分积累多,导致烟叶内含物质协调的结论存在差异,原因可能是由于试验地高海拔生态环境及品种响应差异所致。另外,‘云烟 87’中上部烟叶钾与氯比值夜温处理较对照明显提高,这对于降低烟叶杂气和刺激性,改善烟叶香气质量和燃烧性较为有利,也有利于烟叶安全性的提升。

微量营养元素对改善烟叶香气极为重要,科学研究^[23-25]及生产实践证明,烟叶中 K、Mg、Cu、Mn、Zn 等营养元素对烟叶香气质、香气量及杂气有

显著的影响。本研究表明, 夜温升高使‘K326’上部叶和下部叶 Cu、Zn 含量显著降低, Fe、Mn 含量显著提高; 中部叶 Cu、Zn、Fe 含量显著降低, Mn 含量显著提高。而‘云烟 87’上部叶 Cu、Zn、Fe、Mn 含量显著提高; 中部叶 Zn、Fe、Mn 含量显著提高; 下部叶 Cu、Zn 含量显著提高, Fe、Mn 含量显著降低。后经感官评吸验证夜温处理烟叶总体得分高于对照, 这与徐雪芹等^[25]认为的当烟叶中各营养元素含量适宜时, 烟叶中香气物质含量较高的结论一致。

综上所述, 夜温升高显著提升了‘K326’和‘云烟 87’烤后烟叶的物理特性, 并使各部位烟叶内在化学成分趋于协调, 产值产量及等级结构显著提升, 烟叶工业可用性得到有效改善。因此, 高海拔烟区只有以充分了解并掌握当地生态条件因子对烤烟生产及品质的影响效应, 才能最大限度地发挥当地烤烟品种的生产潜能, 生产出符合卷烟工业要求的优质烟叶。

参考文献

- [1] 倪霞, 鲁韦坤, 查宏波, 等. 生态因子对烟叶化学成分影响的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(3): 1355-1359
Ni X, Lu W K, Cha H B, et al. Research progress of the effects of ecological factors on the leaf chemical components of tobacco[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2012, 40(3): 1355-1359
- [2] 张家智. 云烟优质适产的气候条件分析[J]. 中国农业气象, 2005, 21(2): 17-21
Zhang J Z. Study on the climatic conditions for production of high quality and moderate yield of tobacco in Yunnan Province[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2005, 21(2): 17-21
- [3] 简永兴, 董道竹, 李连利, 等. 湘西北海拔高度与烤烟中性挥发性香气物质关系的研究[J]. 湖南烟草, 2009(S1): 152-158
Jian Y X, Dong D Z, Li L L, et al. Effects of planting altitude on content of neutral volatile aroma components in flue-cured tobacco[J]. Hunan Tobacco, 2009(S1): 152-158
- [4] 钟楚, 张明达, 胡雪琼, 等. 温度变化对烟草光合作用光响应特征的影响[J]. 生态学杂志, 2012, 31(2): 337-341
Zhong C, Zhang M D, Hu X Q, et al. Effects of temperature variation on the light-response characteristics of tobacco leaf photosynthesis[J]. Chinese Journal of Ecology, 2012, 31(2): 337-341
- [5] 李天福, 王彪, 杨焕文, 等. 气象因子与烟叶化学成分及香味间的典型相关分析[J]. 中国烟草学报, 2006, 12(1): 23-26
Li T F, Wang B, Yang H W, et al. Analysis of canonical correlation between weather factor, chemical constitutions and aroma and flavor of tobacco leaves[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2006, 12(1): 23-26
- [6] 肖金香, 刘正和, 王燕, 等. 气候生态因素对烤烟产量与品质的影响及植烟措施研究[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(4): 158-160
Xiao J X, Liu Z H, Wang Y, et al. The influence of climatic ecology factors on the yield and quality of flue-cured tobacco and the countermeasures of planting tobacco in Jiangxi[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2003, 11(4): 158-160
- [7] 王彪, 李天福. 气象因子与烟叶化学成分关联度分析[J]. 云南农业大学学报, 2005, 20(5): 742-745
Wang B, Li T F. Relevance analyses between different weather factors and tobacco chemical constitutions[J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2005, 20(5): 742-745
- [8] 孙建锋, 刘霞, 李伟, 等. 不同生态条件下烤烟化学成分的相似性研究[J]. 中国烟草科学, 2006, 27(3): 22-24
Sun J F, Liu X, Li W, et al. A similarity analysis of chemical components of flue-cured tobacco under different ecological conditions[J]. Chinese Tobacco Science, 2006, 27(3): 22-24
- [9] 王浩雅, 孙力, 简彬. 海拔高度对烤烟品质影响的研究进展[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2010, 32(S1): 222-226
Wang H Y, Sun L, Jian B. Research advances in effect of altitude on the quality of flue-cured tobacco[J]. Journal of Yunnan University, 2010, 32(S1): 222-226
- [10] 国家烟草专卖局. YC/T 138—1998 烟草及烟草制品感官评吸方法[S]. 北京: 中国标准出版, 1998
Tobacco Monopoly Administration of the People's Republic of China. C/T 138—1998 Tobacco and tobacco sensory evaluation methods[S]. Beijing: China Standard Publishing, 1998
- [11] 国家烟草专卖局. YC/T159—2002 烟草及烟草制品 水溶性糖的测定 连续流动法[S/OL]. <http://news.40777.cn/standard-11383/>
Tobacco Monopoly Administration of the People's Republic of China. YC/T159—2002 Tobacco and tobacco products — Determination for water soluble sugars — Continuous flow method[S/OL]. <http://news.40777.cn/standard-11383/>
- [12] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003
Wang R X. Tobacco Chemistry[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003
- [13] 张立军, 樊金娟. 植物生理学实验教程[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2007: 36-39
Zhang L J, Fan J J. Plant Physiology Experiment Tutorial[M]. Beijing: China Agriculture University Press, 2007: 36-39
- [14] 赵铭钦, 赵辉, 王文基, 等. 不同基因型烤烟化学成分和致香物质间的相关和通径分析[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(3): 7-12
Zhao M Q, Zhao H, Wang W J, et al. Correlation and path analysis on chemical components and aroma components in different flue-cured tobacco[J]. Chinese Tobacco Science, 2009, 30(3): 7-12
- [15] 邓小华, 周清明, 周冀衡, 等. 烟叶质量评价指标间的典型相关分析[J]. 中国烟草学报, 2011, 13(3): 17-22
Deng X H, Zhou Q M, Zhou J H, et al. Canonical correlation analysis between quality evaluating indices of tobacco leaf[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2011, 13(3): 17-22
- [16] 祖朝龙, 季学军, 马称心, 等. 皖南土壤和烟叶中矿质元素含量与烟叶焦甜香特色风格的关系[J]. 土壤, 2010, 42(1): 26-32
Zu C L, Ji X J, Ma C X, et al. Relationship between mineral elements in flue-cured tobacco leaves, cultivated soils and burnt-sweet smelling formation in south Anhui[J]. Soils, 2010,

- 42(1): 26–32
- [17] 黄中艳, 朱勇, 王树会, 等. 云南烤烟内在品质与气候的关系[J]. 资源科学, 2007, 29(2): 84–90
Huang Z Y, Zhu Y, Wang S H, et al. Relationship between tobacco quality and climates in Yunnan[J]. Resources Science, 2007, 29(2): 84–90
- [18] 张建国, 聂俊华, 杜振宇. 施用复合生物有机肥对烤烟产量和品质的效应[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2004, 30(2): 115–119
Zhang J G, Nie J H, Du Z Y. On the effects of compound bio-organic fertilizer on yield and quality of flue-cured tobacco[J]. Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences, 2004, 30(2): 115–119
- [19] 左天觉. 烟草的生产、生理和生物化学[M]. 上海: 上海远东出版社, 1993: 450–451
Zuo T J. The Production of Tobacco, Physiology and Biochemistry[M]. Shanghai: Shanghai Far East Press, 1993: 450–451
- [20] 金闻博, 戴亚. 烟草化学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1994: 53–64
Jin W B, Dai Y. Tobacco Chemistry[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1994: 53–64
- [21] 林彩丽, 杨铁钊, 杨述元, 等. 不同基因型烟草生长过程中主要化学成分的变化[J]. 烟草科技, 2003(1): 30–34
Lin C L, Yang T Z, Yang S Y, et al. Changes of major chemical components in tobacco leaf during the growth of different genotypes[J]. Tobacco Science & Technology, 2003(1): 30–34
- [22] 陆永恒. 生态条件对烟叶品质影响的研究进展[J]. 中国烟草科学, 2007, 28(3): 43–46
Lu Y H. Research advance in effects of ecological conditions on tobacco leave quality[J]. Chinese Tobacco Science, 2007, 28(3): 43–46
- [23] 周正红, 高孔荣, 张水华. 烟草中化学成分对卷烟色香味品质的影响及其研究进展[J]. 烟草科技, 1997(2): 22–25
Zhou Z H, Gao K R, Zhang S H. The effect of chemical composition on cigarette flavor quality in the tobacco and its research progress[J]. Tobacco Science & Technology, 1997(2): 22–25
- [24] 曹槐, 张晓, 荆世原, 等. 烟草及植烟土壤中钾和微量元素的关系[M]//何邦平. 微量元素研究进展(第三辑). 北京: 中国林业出版社, 1999: 174–181
Cao H, Zhang X, Ji S Y, et al. Tobacco and planting tobacco soil potassium and trace elements in the relationship[M]//He B P. Trace Elements is Reviewed (The Third Album). Beijing: China Forestry Publishing House, 1999: 174–181
- [25] 徐雪芹, 李小兰, 陈志燕, 等. 土壤-烟叶中微量营养元素对烤烟吸食品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(30): 14922–14924, 14943
Xu X Q, Li X L, Chen Z Y, et al. Effects of medium and micronutrient elements in soil and tobacco leaves on smoking quality of flue-cured tobacco[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2012, 40(30): 14922–14924, 14943