

曹国璠, 吴 雷, 张金龙. 不同海拔高度对烤烟品种云烟 87 叶片组织结构的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(2): 66–69.

# 不同海拔高度对烤烟品种云烟 87 叶片组织结构的影响

曹国璠, 吴 雷, 张金龙

(贵州大学农学院, 贵州贵阳 550025)

**摘要:**采用石蜡法和电镜化学法对烤烟品种云烟 87 主要生长阶段的烟叶组织结构进行测定, 研究不同海拔高度对云烟 87 不同叶位叶片组织结构的影响。结果表明: 3 个海拔高度下不同部位烟叶的厚度和组织比都随叶片的生长发育呈缓慢增长趋势; 3 个海拔高度处理的下部叶片厚度增加较均匀, 而中部叶片和上部叶片厚度为前期增加较缓慢, 后期增加较快; 3 个海拔处理下的成熟期叶片厚度顺序为  $H_1$  处理  $> H_3$  处理  $> H_2$  处理, 不同部位叶片厚度顺序为上部叶  $>$  中部叶  $>$  下部叶; 随着叶片长度的增加, 不同部位的叶片组织比从叶长 10 cm 到定长时呈增大趋势; 不同部位的叶片厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度都随叶片的伸长而增加。

**关键词:**烤烟; 海拔; 组织结构

**中图分类号:** S572.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2014)02–0066–04

烟草对环境条件有广泛的适应性, 几乎可以在所有从事种植业生产的农业区域生长, 然而烟草对环境变化十分敏感, 环境条件不仅影响烟草的形态特征和农艺性状, 还能直接影响烟叶的化学成分和质量<sup>[1–2]</sup>。海拔高度是影响作物布局及其生长发育和品质的重要因子, 不同海拔高度下的温度、湿度、光照等一系列生态因子都将发生变化。随着海拔高度由低到高, 植物叶片内部结构也发生了相应变化, 并且呈现一定的规律性。烤烟叶片形态结构直接反映了叶片组织和细胞的发育状况、营养状况、烟叶疏松程度和成熟特征等, 与烟叶质量密切相关, 因此有必要了解叶片发育过程中组织结构的变化过程, 从微观上确定烟叶的成熟度, 以此确定烟叶的最佳采收期<sup>[3–5]</sup>。

烟叶进入成熟期的组织结构变化实质是一个衰老变化过程。随着成熟度提高, 烟叶胞间层溶解和细胞解体使细胞间距离增大, 细胞因失水而干缩, 细胞间空隙率增大, 海绵组织细胞和栅栏组织细胞均有逐渐皱缩解体的趋势。叶片厚度、

栅栏组织厚度、海绵组织厚度、组织比、比叶重随烟叶成熟度的提高呈现下降趋势。因此, 如何促进烟草早生快发, 提高烟叶成熟度, 进而改善烟草叶片组织结构显得尤为重要<sup>[6]</sup>。本研究分析了烤烟生长发育过程中烟叶组织结构的变化规律, 从结构植物学的角度探讨烟叶质量形成的理论基础, 以期在生产上促进烟叶均衡生长、确定烟叶最佳采收期提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

以贵州省铜仁地区主推烤烟品种云烟 87 为供试材料。

### 1.2 试验设计

以铜仁烟区最低海拔 500 m 为起点, 每间隔 300 m 设置 3 个不同的海拔梯度处理:  $H_1$ : 500 m;  $H_2$ : 800 m;  $H_3$ : 1 100 m。每个处理选择 3 块供试烟田作为重复。试验地点分别设在贵州省江口县太平乡( $H_1$ )、贵州省石阡县坪山乡( $H_2$ )、贵州省德江县高山乡( $H_3$ )。

漂浮育苗, 移栽行株距为 110 cm  $\times$  55 cm, 施纯氮量 97.5 kg/hm<sup>2</sup>, N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O 为 1 : 2 : 3, 基肥施入 60%, 剩余 40% 分 2 次追肥。留叶数为 22 张,  $H_1$  处理于 4 月 25 日移栽完毕,  $H_2$  处理于 4 月 30 日移栽完毕,  $H_3$  处理于 5 月 4 日移栽完毕, 其他栽培措施按当地优质烟叶生产技术规范进行。为尽量避免其他因素的影响, 选择土壤质地相同和地力水平相

收稿日期: 2013–06–14

基金项目: 贵州省铜仁地区烟草公司项目(编号: 贵烟铜[2009] 02 号)。

作者简介: 曹国璠(1965—), 男, 甘肃定西人, 博士, 教授, 主要从事作物栽培研究。E-mail: cgf8933@126.com。

数方法, 该方法以 MATLAB 软件为基础, 利用摄像头连接电脑搭建获取图像平台, 快速获取图像, 调用软件或工具箱函数并进行适当修正组成图像处理程序, 程序开发简单且具有相对的固定性, 一次成型多次受益, 方便、实用, 只须放置稻谷, 拍照并运行程序就可完成计数工作。

利用该 MATLAB 图像处理程序处理水稻谷粒图像, 不管是单粒或粘连谷粒, 均能进行准确、自动计数, 准确率高达 100%。该方法大大减轻了考种劳动强度, 也弥补了人的精神及视觉容易疲劳等的不足, 极大地提高了考种效率。除水稻谷粒计数外, 该方法还适用于小麦、玉米、大豆等粒数计数, 具有很高的使用价值和重要的推广意义。

## 参考文献:

- [1] 段玲玲, 彭望媛. 水稻栽培技术 300 问[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- [2] 张 季, 杨亚平. Matlab 在医学图像处理中的应用[J]. 医学信息, 2008, 21(7): 1014–1017.
- [3] 巫伯舜. 快速测算水稻每穗粒数[J]. 农业科技通讯, 1983(7): 12.
- [4] 单春生. 称重法快速测算水稻每穗粒数[J]. 种子世界, 1986(2): 12.
- [5] 许桂玲, 纪洪亭, 潘 剑, 等. 水稻考种方法探析[J]. 中国农技推广, 2012, 28(6): 16–17.
- [6] 陈铭官. 在水稻考种中穗实粒数统计方法的研究[J]. 福建稻麦科技, 2001, 1(1): 12–13.

近的烟田作为供试烟田,土壤类型为黄壤,质地均偏黏。不同海拔高度的土壤养分状况见表 1。

表 1 不同海拔高度土壤基础肥力

处理	pH 值	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	碱解氮 (mg/kg)
H <sub>1</sub>	6.25	18.75	1.85	16.85	158.34	153.75
H <sub>2</sub>	5.87	22.08	1.88	15.89	148.41	143.68
H <sub>3</sub>	5.65	23.60	2.44	21.33	171.32	159.13

对各处理烟株选择上部叶(自下而上第 17~18 张叶)、中部叶(自下而上第 10~12 张叶)、下部叶(自下而上第 4~6 张叶)等 3 个叶位,分别在叶长 10、20、30、40 cm 以及定长和成熟时取样,所取材料用福尔马林-乙醛-乙醇(FAA)固定保存,留做石蜡切片观察组织结构。

1.3 测定项目和方法

利用 Olympus BX60-32FB2-A03 电动显微镜观察制好的切片,通过 Olympus CellSens Standard 显微影像分析软件分别测定烟叶厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度,并计算其比值。

表 2 不同海拔高度对上部叶组织结构的影响

取样时间	叶片厚度(μm)			栅栏组织厚度(μm)			海绵组织厚度(μm)			栅栏组织厚度/ 海绵组织厚度			栅栏组织厚度/叶片厚度		
	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>
叶长 10 cm	88.4	104.0	99.4	21.4	30.2	34.6	47.3	59.0	45.2	0.45	0.51	0.77	0.24	0.29	0.35
叶长 20 cm	107.6	106.6	102.0	40.2	33.4	37.2	49.3	61.6	54.4	0.82	0.54	0.68	0.37	0.31	0.36
叶长 30 cm	112.5	140.5	115.2	50.3	62.4	46.2	52.6	63.5	55.2	0.94	0.98	0.84	0.45	0.44	0.40
叶长 40 cm	132.4	147.2	140.0	60.7	65.6	44.4	62.0	67.3	70.8	0.98	0.97	0.63	0.46	0.44	0.32
叶片定长	281.2	207.4	227.8	120.2	83.0	90.8	140.2	110.6	98.8	0.86	0.75	0.92	0.43	0.40	0.40
叶片成熟	320.8	234.4	250.2	109.2	103.4	108.6	182.4	108.4	112.6	0.60	0.95	0.96	0.34	0.44	0.43

2.1.2 不同海拔高度对中部叶组织结构的影响 由表 3 可知,3 个海拔高度处理的中部叶叶片厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度在叶长 20 cm 前增长缓慢,其中 H<sub>1</sub>、H<sub>2</sub> 处理到叶长 30 cm 以后快速增长,H<sub>3</sub> 处理在叶长 20 cm 时就开始快速增长。3 个海拔高度处理的中部叶叶片厚度从定长到成熟都有不同程度的增长,成熟时 H<sub>1</sub>、H<sub>2</sub>、H<sub>3</sub> 处理的中部叶叶片厚度分别比定长时升高 42.2%、10.7%、23.4%。定长时,3 个海拔高度处理的中部叶厚度差异不明显;成熟时中部叶厚度方面,以 H<sub>1</sub> 处理最大,H<sub>3</sub> 处理次之,H<sub>2</sub> 处理最小。在中部叶

2 结果与分析

2.1 不同海拔高度对烟叶组织结构的影响

2.1.1 不同海拔高度对上部叶组织结构的影响 由表 2 可知,在上部叶厚度方面,3 个海拔高度处理的叶片厚度从叶长 10 cm 到成熟一直呈上升趋势,到成熟时 H<sub>1</sub> 最大,H<sub>3</sub> 次之,H<sub>2</sub> 最小,H<sub>1</sub> 处理下的叶片厚度分别比 H<sub>2</sub>、H<sub>3</sub> 处理高 36.9%、28.2%。3 个海拔高度处理的上部叶栅栏组织厚度和海绵组织厚度也随叶片的生长而不断增加,其增长规律和叶厚类似。定长时的栅栏组织厚度和海绵组织厚度与叶长 40 cm 时相比,H<sub>1</sub>、H<sub>3</sub> 处理增长迅速,而 H<sub>2</sub> 处理增长较慢。成熟时,上部叶栅栏组织厚度以 H<sub>1</sub> 处理最大,H<sub>3</sub> 处理次之,H<sub>2</sub> 处理最小,其中 H<sub>1</sub> 处理下的栅栏组织厚度分别比 H<sub>2</sub>、H<sub>3</sub> 处理高 5.6%、0.6%;H<sub>1</sub> 处理下的海绵组织厚度分别比 H<sub>2</sub>、H<sub>3</sub> 处理高 68.3%、62.0%。在栅栏组织厚度与海绵组织厚度的比值方面,H<sub>1</sub> 处理在叶长 40 cm 时达最大值,H<sub>2</sub> 处理在叶长 30 cm 时达最大值,H<sub>3</sub> 处理在成熟时达最大值。栅栏组织厚度与叶片厚度比值的变化规律和栅栏组织厚度与海绵组织厚度比值类似。

栅栏组织厚度与海绵组织厚度的比值方面,3 个海拔高度处理总体都表现为前期缓慢增加后期降低的趋势,其中 H<sub>1</sub> 处理的最大值出现在定长时,H<sub>2</sub> 和 H<sub>3</sub> 处理的最大值出现在叶长 40 cm 时。在中部叶栅栏组织厚度与叶片厚度比值方面,H<sub>1</sub> 处理在定长前呈增长趋势,到定长时达到最大值,H<sub>2</sub>、H<sub>3</sub> 处理在叶长 40 cm 前呈增长趋势,到叶长 40 cm 达到最大值。3 个海拔高度处理在定长前相同叶长时栅栏组织厚度与叶片厚度比值变化不明显,在成熟时栅栏组织厚度与叶片厚度比值的高低顺序为:H<sub>3</sub> 处理>H<sub>1</sub> 处理>H<sub>2</sub> 处理。

表 3 不同海拔高度对中部叶组织结构的影响

取样时间	叶片厚度(μm)			栅栏组织厚度(μm)			海绵组织厚度(μm)			栅栏组织厚度/ 海绵组织厚度			栅栏组织厚度/叶片厚度		
	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>
叶长 10 cm	90.6	95.4	74.4	28.3	27.3	22.6	44.4	50.3	35.7	0.64	0.54	0.63	0.31	0.29	0.30
叶长 20 cm	94.0	104.1	118.8	30.1	33.6	35.0	46.3	50.4	59.0	0.65	0.67	0.59	0.32	0.32	0.29
叶长 30 cm	112.5	118.0	141.3	36.7	44.2	58.5	62.7	52.0	57.8	0.59	0.85	1.01	0.33	0.37	0.41
叶长 40 cm	142.3	148.3	147.8	50.6	70.3	67.4	68.4	54.1	60.0	0.74	1.30	1.12	0.36	0.47	0.46
叶片定长	190.0	187.6	188.3	76.9	73.3	74.0	85.3	83.6	88.4	0.90	0.88	0.84	0.40	0.39	0.39
叶片成熟	270.2	207.6	232.4	97.6	60.0	92.2	130.0	117.7	100.4	0.75	0.51	0.92	0.36	0.29	0.40

2.1.3 不同海拔高度对下部叶组织结构的影响 由表 4 可知,3 个海拔高度处理的下部叶叶片厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度总体上随着叶片的生长和加长呈增加趋势,同一叶片的厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度增减趋势相同。H<sub>1</sub> 处理的下部叶片厚度到定长时达到最大值,到成熟时有所

下降;H<sub>2</sub> 处理叶片厚度前期增长较快,到叶片 40 cm 时达到最大值,从叶长 40 cm 到成熟时呈缓慢降低趋势;H<sub>3</sub> 处理下部叶片厚度随着生长发育到成熟时一直呈增长趋势。在下部叶栅栏组织厚度与海绵组织厚度的比值方面,总体上 H<sub>1</sub> 处理烟株随叶片长度的增加呈增加趋势;H<sub>2</sub> 处理在叶长 40 cm

前呈增长趋势,到叶长 40 cm 时达到最大值,随后又有所降低;H<sub>3</sub> 处理到叶长 30、40 cm 时达到最大值,随后下降。3 个

海拔高度处理在相同叶长时栅栏组织厚度与叶片厚度比值变化不明显。

表 4 不同海拔高度对下部叶组织结构的影响

取样时间	叶片厚度(μm)			栅栏组织厚度(μm)			海绵组织厚度(μm)			栅栏组织厚度/海绵组织厚度			栅栏组织厚度/叶片厚度		
	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>
叶长 10 cm	90.7	99.6	91.4	26.5	28.4	26.4	41.3	49.4	40.7	0.64	0.57	0.65	0.29	0.29	0.28
叶长 20 cm	142.3	148.4	118.4	43.3	55.4	46.2	78.1	64.4	42.8	0.55	0.86	1.08	0.30	0.37	0.39
叶长 30 cm	180.8	204.4	155.6	66.4	60.2	64.4	90.4	73.0	58.0	0.73	0.82	1.11	0.37	0.29	0.41
叶长 40 cm	206.7	205.4	162.8	81.4	90.3	72.5	103.0	82.6	65.2	0.79	1.09	1.11	0.39	0.44	0.45
叶片定长	225.9	190.0	180.8	92.4	72.4	75.0	110.2	94.3	75.6	0.84	0.77	0.99	0.41	0.38	0.41
叶片成熟	205.1	170.2	184.4	80.8	68.5	79.0	95.6	80.3	83.4	0.85	0.85	0.95	0.39	0.40	0.43

2.2 不同海拔高度烟株叶片组织结构的比较

随着叶片长度从 10 cm 到定长,不同部位的叶片组织呈上升趋势(表 2、表 3、表 4)。在 3 个海拔高度下不同部位的叶片厚度因叶位和生长时期的不同而稍有变化,但变化幅度不大,数值较稳定。上、中、下 3 个部位的叶片厚度都随叶片长度的增加而增加,其中下部烟叶厚度最小,上部叶片、中部叶片厚度较大,可能与下部叶片光照不足有关。

同一海拔高度处理的叶片从叶长 10 cm 到定长时叶片厚

度不断增加,3 个海拔高度处理的下部叶片厚度增加较均匀(图 1、图 2、图 3),而中部叶片和上部叶片厚度在前期增加较缓慢、后期增加较快。3 个海拔高度处理的不同部位叶片厚度高低顺序都为上部叶>中部叶>下部叶。在叶片厚度最大值方面,下部叶片出现在定长期,高低顺序为低海拔>中海拔>高海拔;中部叶片、上部叶片出现在成熟期,高低顺序为低海拔>高海拔>中海拔,这可能与不同部位叶片的光照强度有关。

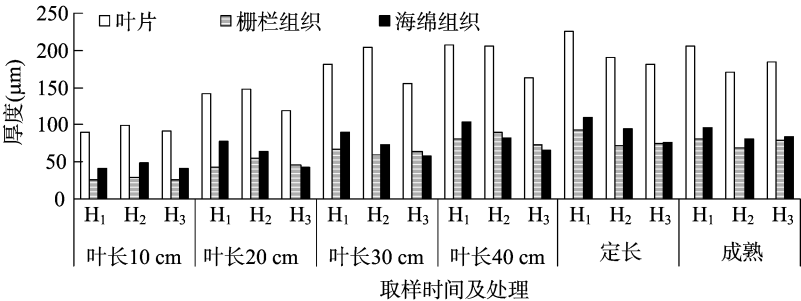


图 1 不同海拔高度下部叶组织结构比较

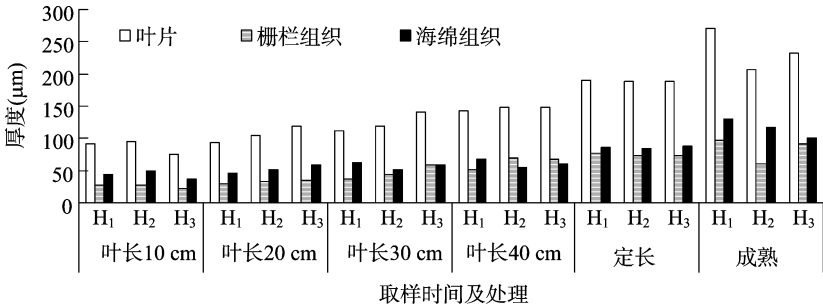


图 2 不同海拔高度中部叶组织结构比较

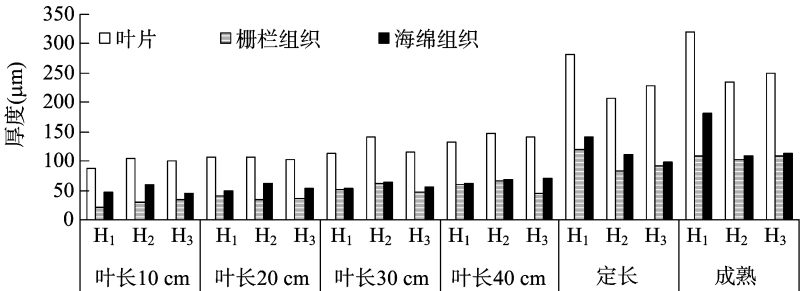


图 3 不同海拔高度上部叶组织结构比较

在海绵组织厚度最大值方面,下部叶片多出现在定长期,中部叶片和上部叶片多出现在成熟期,这可能与大田后期下部叶片的营养物质容易向中上部运输,使下部叶成熟时海绵组织内含物减少、叶片变薄有关。

由表 2、表 3、表 4 可知,3 个海拔高度处理不同部位的烟叶都有厚度和组织比在叶定长前随叶片的生长发育呈缓慢增长的趋势。

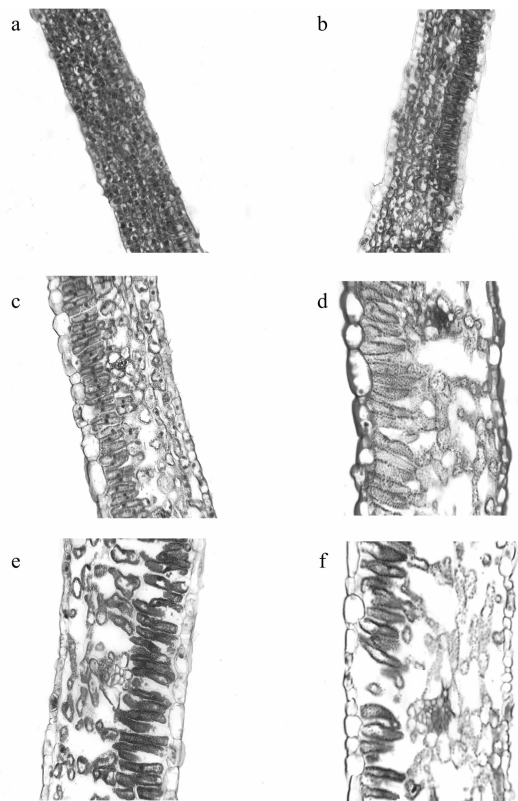
### 2.3 不同发育阶段中部叶的组织结构变化

中部叶长 10 cm 时,细胞排列紧密,叶肉组织出现栅栏组织和海绵组织的分化(图 4-a)。

中部叶长 20 cm 时,海绵组织细胞形状不规则,细胞间产生了较大的胞间隙,栅栏组织细胞间有较少的三角形胞间隙,叶片结构较叶长 10 cm 时疏松,栅栏组织和海绵组织分化明显(图 4-b)。

中部叶长 30 cm 时,叶片结构较叶长 20 cm 时疏松,栅栏组织继续纵向伸长,细胞间隙增大,海绵组织横向伸长,形状无规则(图 4-c)。

中部叶长 40 cm 时,海绵组织细胞横向伸长呈明显的多臂形,细胞间产生了较大胞间隙,并且这些胞间隙开始相互贯通(图 4-d)。



a—中部叶10 cm; b—中部叶20 cm; c—中部叶30 cm; d—中部叶40 cm; e—中部叶定长; f—中部叶成熟

图4 烤烟中部叶不同发育阶段的组织结构变化

中部叶定长时,海绵组织细胞继续横向伸长,形状越来越不规则,成层现象也不明显,细胞间隙在横切面上完全相互贯通呈海绵状,细胞核消失,细胞质变稀,染色浅,海绵细胞甚至开始收缩裂解,叶片结构较疏松(图 4-e)。

中部叶成熟时,叶肉细胞排列疏松,海绵组织细胞形状不规则,细胞排列较疏松,细胞间隙进一步扩大(图 4-f)。

### 3 结论与讨论

3 个海拔高度处理的下部叶叶片厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度总体上随着叶片的生长发育呈上升趋势。 $H_1$  处理的下部叶叶片厚度到定长时达到最大值,到成熟时有所下降; $H_2$  处理下部叶叶片厚度到叶长 40 cm 时达到最大值,从叶长 40 cm 到成熟时呈缓慢降低趋势; $H_3$  处理下部叶叶片厚度随着叶片生长发育一直呈增长趋势。3 个海拔高度处理的中部叶叶片厚度从定长到成熟时都有不同程度的增长,定长时 3 个海拔高度处理的中部叶厚度差异不明显,成熟时中部叶厚度的大小顺序为  $H_1 > H_3 > H_2$ 。在中部叶栅栏组织厚度与叶片厚度比值方面,3 个海拔高度下都表现为前期缓慢增加后期又降低的趋势,其中  $H_1$  处理的最大值出现在定长时, $H_2$ 、 $H_3$  处理的最大值出现在叶长 40 cm 时。3 个海拔高度处理的叶片上部叶厚度从叶长 10 cm 到成熟一直呈增加趋势,成熟时  $H_1$  最大, $H_3$  次之, $H_2$  最小;3 个海拔高度处理的上部叶栅栏组织厚度和海绵组织厚度也随叶片的生长而不断增加,其增长规律和叶片厚度类似。

不同部位的叶片厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度都随叶片的伸长而增厚,其中下部叶厚度最大值多出现在叶片定长时,中部叶、上部叶厚度最大值出现在叶片成熟时。成熟期厚度大的叶片,其烤后叶片的烟碱含量相对较高。而 3 个海拔高度处理成熟期的叶片厚度大小顺序是  $H_1 > H_3 > H_2$ ,也就是说,烤后叶的烟碱含量高低顺序为  $H_1 > H_3 > H_2$ 。

在 3 个海拔高度下,叶片组织比在叶定长前呈增大趋势,定长后呈减小趋势,表明在叶片定长前对叶片厚度贡献较大的是海绵组织厚度,成熟时对叶片厚度贡献较大的是栅栏组织厚度。

### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [3] 刘国顺. 国内外烟叶质量差距分析和提高烟叶质量技术途径探讨[J]. 中国烟草学报,2003,9(增刊):54-58.
- [4] 马剑雄,徐兴阳,罗华元,等. 不同品种烤烟对种植海拔的敏感性[J]. 烟草科技,2009(3):53-55.
- [5] 胡国松,郑 伟,王震东. 烟草营养原理[M]. 北京:科学出版社,2000.
- [6] 闫克玉. 烟草化学[M]. 郑州:郑州大学出版社,2002.