

# 皖南砂壤土和水稻土烤烟叶片组织结构发育规律研究

张 国<sup>1</sup>, 时向东<sup>2</sup>, 季学军<sup>1</sup>, 沈思灯<sup>1</sup>, 马称心<sup>1</sup>

(1.安徽皖南烟叶有限责任公司, 安徽 宣城 242000; 2.国家烟草栽培生理生化研究基地, 郑州 450002)

**摘 要:**为了弄清烤烟叶片组织结构与皖南焦甜香特色风格的关系,对皖南砂壤土和水稻土烤烟叶片组织结构发育规律进行了研究。结果表明,土壤质地影响栅栏组织细胞快速分裂时期,对细胞总数的影响不明显。土壤质地间烟叶各组织厚度指标在叶肉细胞分裂期差异不大;叶肉细胞伸长前期,砂壤土烟叶栅栏组织细胞快速伸长较早,栅栏组织厚度与叶厚的比值和栅栏组织厚度与海绵组织厚度的比值也较大,而土壤质地引起的叶厚和海绵组织厚度发育差异规律在叶位间表现不一;但水稻土烟叶栅栏组织厚度、海绵组织厚度和叶厚均在叶长定长和成熟期达到或超过砂壤土水平。随着叶长的增加,皖南烤烟栅栏组织与海绵组织厚度比值和栅栏组织厚度与叶厚的比值均大体呈上升趋势。

**关键词:**砂壤土;黏土;烤烟;叶片;组织结构;发育

中图分类号:S572.061

文章编号:1007-5119(2011)06-0037-06

DOI:10.3969/j.issn.1007-5119.2011.06.008

## Study on Development of Leaf Tissue Structure of Flue-cured Tobacco Produced in Sandy Loam and Clay Loam in Wannan

ZHANG Guo<sup>1</sup>, SHI Xiangdong<sup>2</sup>, JI Xuejun<sup>1</sup>, SHEN Sideng<sup>1</sup>, MA Chenxin<sup>1</sup>

(1. Anhui Wannan Tobacco Co., Ltd., Xuancheng, Anhui 242000, China; 2. National Tobacco Cultivation and Physiological and Biochemical Center, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** The study results of development of leaf tissue structure of flue-cured tobacco produced in sandy loam soil and paddy soil in wannan area showed that: soil types could affect the time to cell rapid divisional of tobacco leaf palisade tissue, but not the total cell numbers. There were not obvious difference about leaf tissue thickness caused by soil types when the mesophyll cell divided; At the early stage of mesophyll cell elongation period, palisade tissue of tobacco leaf produced in sandy loam soil rapid elongated earlier, thus the thickness ratios of both palisade tissue to leaf and palisade tissue to sponge tissue were higher in this period, and the development changes in both palisade tissue thickness and leaf thickness caused by soil types were different between stalk positions; But palisade tissue thickness of the tobacco leaf produced in paddy soil reached or surpassed the levels of which produced in sandy loam soil, and so did the leaf thickness and the sponge tissue thickness. With the leaf growing, the thickness ratios of both palisade tissue to sponge tissue and palisade tissue to leaf approximately were rising in wannan area.

**Keywords:** sandy loam soil; paddy soil; flue-cured tobacco; leaf; tissue structure; development

烤烟叶片的组织结构形态直接反映了烤烟的营养状况和成熟特征<sup>[1]</sup>。研究发现,适熟烟叶栅栏组织和海绵组织内所含有的代谢产物和品质成分存在明显差异,而这些品质成分和产物正是叶肉细胞在发育过程中一步步代谢而来,因此,叶片细胞组织结构的发育变化必然对烟叶的最终品质有重要影响<sup>[2]</sup>。在影响烤烟香气质量的主要因素包括生态因素、基因型和栽培技术中,生态因素的权重就

达56%<sup>[3]</sup>。前人对于烟叶组织结构的研究主要集中在基因型<sup>[4-6]</sup>和栽培技术<sup>[7-10]</sup>等方面,而且多注重成熟期<sup>[11-13]</sup>的研究,对生态因素尤其是不同土壤质地条件下烟叶组织结构的发育规律鲜见报道。

皖南烟叶具有独特的焦甜香风格特征,但不同土壤质地间特色风格强弱存在一定差异。本研究探讨皖南砂壤土和水稻土烟叶组织结构的发育规律,旨在为探索皖南焦甜香特殊香气风格的形成机理

基金项目:国家烟草专卖局重点科技项目“皖南烟区烤烟特殊香气风格形成机理及配套栽培技术研究”(2006-2-2)

作者简介:张 国,男,硕士,主要从事烟草生产技术推广和研究工作。E-mail:zhangguo205@126.com

收稿日期:2011-05-24

修回日期:2011-11-23

提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与设计

试验于 2007—2008 年在安徽省宣城市文昌镇进行。供试品种为云烟 87, 采用常规栽培。选取 2 个有代表性的试验田取样, 取样地为砂壤土 (北纬 30°50', 东经 118°29', 海拔 17.1 m) 和水稻土 (北纬 30°53', 东经 118°35', 海拔 43 m)。

### 1.2 试验方法

还苗后, 选择试验田中生长发育一致的 90 株烟, 挂牌标记, 按上部叶 (第 15 片可收叶) 中部叶 (第 10 片可收叶) 和下部叶 (第 5 片可收叶) 3 个部位分别在叶长 0.5、1、3、5、10、15、20、30、40、50、60、70 cm 和成熟采收时取样 (下部叶未取 70 cm)。

取样标准: 5 cm 前取整片叶, 从 10 cm 起取叶片第 6~8 条侧脉间的叶肉组织。

取样大小: 0.5 cm × 1 cm, 含有一个小支脉, 每次取 3 株烟。取样后立即用 FAA 固定液固定并保存。后期用石蜡制片法制片, 切片厚度 10 μm, 番红-固绿对染, Olympus 摄影显微镜观察并拍照, 通过 Image-Pro Plus 6.0 专业图像分析软件测量组织厚度和单位长度栅栏组织细胞个数。每个处理分别制片 15~20 张。

栅栏组织细胞密度  $D = m/d$ , 其中  $D$  为单位长度栅栏细胞个数 (个/cm),  $m$  为栅栏组织细胞个数 (个),  $d$  为长度 (cm)。

## 2 结果

### 2.1 砂壤土和水稻土烤烟叶片叶龄变化

由表 1 可知, 水稻土烟叶成熟时叶龄较大, 造成叶龄差异主要是在叶长 60 cm 以后的叶肉细胞腔隙扩展期和成熟期, 而其他相邻叶长之间的叶龄在两种土壤质地间差异不大, 说明在叶长 60 cm 以前, 两种土壤质地上烤烟叶片生长到一定长度需要的时间大致相当, 也就是说叶长的生长速率差异不大, 但成熟期水稻土需要的时间较长, 便于烟叶落黄。

### 2.2 烤烟叶片发育过程中栅栏组织细胞密度变化

由图 1 可知, 栅栏组织细胞密度随着叶长的增长呈现先增加后降低的趋势, 上、中部叶在叶长 20 cm 时候达到最大, 这与高致明等<sup>[14]</sup>的研究一致; 下部叶在叶长 10 cm 时达到最大, 叶位间的差异可能与定长叶的长度不同有关。说明上、中部叶在叶长 20 cm 和下部叶在叶长 10 cm 之前栅栏组织细胞以分裂生长为主, 而后随着叶片的生长, 栅栏组织细胞逐渐加粗, 胞间隙逐步增大。

砂壤土和水稻土烟叶栅栏组织细胞分裂结束时的细胞密度差异不大, 但在分裂期间和细胞伸生长长期存在差别。水稻土烟叶栅栏组织细胞分裂速度相对均衡, 但砂壤土上部叶栅栏组织细胞快速分裂出现在 3 cm 到 15 cm 之间, 中部叶则在叶长 10 cm 时才出现, 而砂壤土下部叶快速分裂则在叶长 0.5 cm 便开始出现。水稻土上部叶在叶长 30 cm 到

表 1 砂壤土和水稻土烤烟叶片叶龄变化  
Table 1 The change of flue-cured tobacco leaf age in sandy loam and clay loam

叶位	土壤类型	叶长/cm											成熟	
		0.5	1	3	5	10	15	20	30	40	50	60		70
上部叶	砂壤土	0	1	3	5	7.5	10	11	13	16	18	21	33	72
	水稻土	0	1	3.7	6	9	11	12	14	17	19	22	45	82
中部叶	砂壤土	0	1	2.3	3.3	5.3	8.3	10	12	14	16	18	29	64
	水稻土	0	1	2.7	5.7	8	11	12	14	16	19	24	33	73
下部叶	砂壤土	0	1	2	4	6	8	10.3	12.3	14.3	17.3	20	-	47
	水稻土	0	1	2	5	7	10	10.3	12.3	15	18	23	-	51

50 cm 时的栅栏组织细胞密度大于砂壤土，但在其他叶位之间这种差异不明显。由此可知，土壤类型影响细胞快速分裂时期和增粗生长，并不影响栅栏组织细胞总数。砂壤土上、中部烟叶栅栏组织快速分裂的较晚，下部叶较早，水稻土烟叶的分裂速度

相对均衡，而且砂壤土上部叶栅栏组织细胞快速横向生长较早，中、下部叶土壤类型间的这种差异不明显。另外，同一叶位在成熟采收时土壤类型间烟叶栅栏组织细胞密度差别不大。

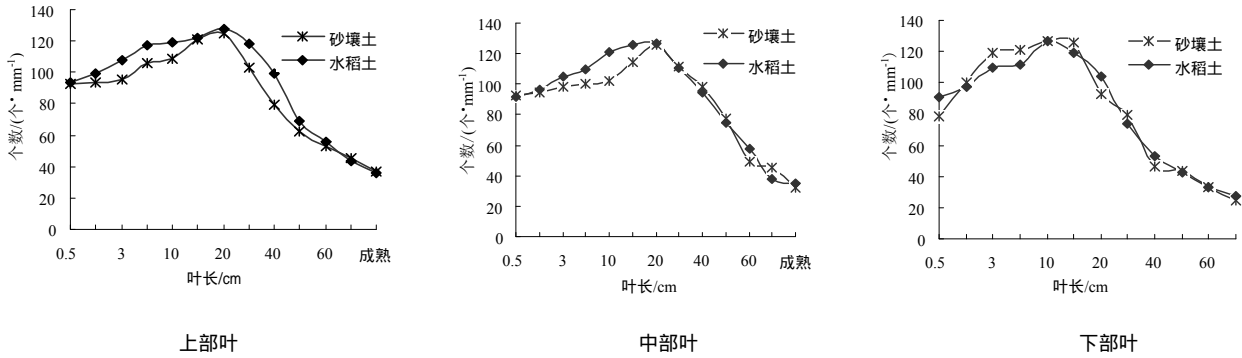


图 1 各部位烟叶发育过程中栅栏组织细胞密度变化

Fig.1 The change on cell density of palisade tissue of upper leaves

2.3 烤烟叶片栅栏组织和海绵组织厚度变化

烟草叶肉组织由栅栏组织和海绵组织组成，栅栏组织细胞排列整齐，含有大量叶绿体，是叶片进行光合作用的主要组成部分，而海绵组织空隙较大，细胞排列疏松，是叶肉干物质的主要贮存场所<sup>[15]</sup>。烟叶栅栏组织和海绵组织发育与烟叶的品质有一定关系。由图 2 可以看出，任何叶位，叶片栅栏组织厚度和海绵组织厚度随着叶长的增加呈现先缓慢后快速增加的趋势，这与张贵峰等<sup>[16]</sup>的研究一致。上、中部叶叶长 20 cm，下部叶叶长 10 cm 以前，栅栏组织厚度和海绵组织厚度增幅较小，因为这个时期叶肉细胞以分裂生长为主，随后细胞进入伸长生长阶段，栅栏组织厚度迅速增加，直到叶片定长，叶长 60 cm 后的第 2 次快速增加可能与打顶有关。在上、中部叶长 30 cm、下部叶长 15 cm 后，海绵组织厚度迅速增加，这是海绵组织的胞间隙逐步增大的结果。

由图 2 可知，砂壤土和水稻土烤烟上部叶栅栏组织厚度在叶长 30 cm 之前差异不明显，其后砂壤土烤烟栅栏组织厚度快速增加，直到叶长 40 cm。而水稻土烤烟栅栏组织厚度在叶长 40 cm 后快速增加，到叶长 50 cm，且在成熟期又有一定程度的增

加，这可能与水稻土较强的保肥能力和后期的梅雨有关；而在叶长 30 cm 后，砂壤土烤烟上部叶海绵组织厚度迅速增加，超过了水稻土，直到叶长 60 cm 后两者才保持了相当的水平。图 2 表明，中部叶叶长 30 cm 后，栅栏组织厚度迅速增加。砂壤土烤烟中部叶栅栏组织细胞在叶长 40 cm 时伸长生长速度超过水稻土，但水稻土烤烟栅栏组织在叶长 50 cm 后快速增加，直到叶长 60 cm，使其栅栏组织厚度超过砂壤土；两种土壤类型下中部叶海绵组织厚度的差异也从叶长 30 cm 后开始出现，水稻土烤烟海绵组织厚度在叶长 30 cm 后明显大于砂壤土。由图 2 还可以看出，自下部叶叶长 20 cm 以后，砂壤土烤烟栅栏组织伸长生长速度超过水稻土，使得其厚度保持在较高水平，但叶长 50 cm 后，水稻土栅栏组织厚度又迅速增加，其厚度又超过砂壤土；而水稻土海绵组织厚度在叶长 50 cm 后也快速增加，超过砂壤土。

由此可知，砂壤土和水稻土烟叶栅栏组织厚度和海绵组织厚度的差异主要体现在叶肉细胞伸长期。砂壤土烤烟叶片栅栏组织快速增厚的较早，水稻土虽晚，但最终其栅栏组织厚度达到或者超过砂壤土水平。砂壤土和水稻土烟叶海绵组织厚度发育

差异在叶位间规律不一，但叶片定长时水稻土海绵组织厚度也达到或者超过砂壤土水平。

### 2.4 烤烟叶片厚度变化

由图3看出，叶片厚度受栅栏组织和海绵组织厚度的影响，上、中部叶叶长20 cm，下部叶叶长15 cm之前，叶厚变化不明显，而后迅速增加，这与张贵峰等<sup>[16]</sup>的研究一致。不同土壤类型下烤烟叶片厚度的差异也主要体现在细胞伸长生长阶段。上部叶叶厚的发育规律差异与栅栏组织一致；水稻土烤烟中部叶叶厚自叶长20 cm后超过砂壤土；水稻土烤烟下部叶叶厚在叶长50 cm后也超过砂壤土。但无论哪个叶位，成熟采收期水稻土烤烟叶片厚度均比砂壤土大。由此可见，砂壤土烤烟仅上部叶叶厚有快速早发之势，而且最终无论任何叶位，水稻土的叶厚在成熟期均达到较高水平。

### 2.5 烤烟叶片发育过程中栅栏组织厚度与叶厚比

### 值和栅栏组织与海绵组织厚度比值变化

由图4看出，无论砂壤土还是水稻土，烤烟叶片栅栏组织厚度和叶厚的比值都呈现缓慢增加的趋势；而栅栏组织厚度和海绵组织厚度的比值也呈现波浪式增加的趋势，在细胞分裂结束后开始出现大幅度的升高，这与赵光伟<sup>[17]</sup>的研究结论无明显变化规律不一致。

无论任何叶位，砂壤土烤烟烟叶栅栏组织厚度与叶厚的比值和烤烟栅栏组织厚度与海绵组织厚度比值在其他叶长时差别不明显，仅在叶长30 cm到50 cm之间大于水稻土，这是砂壤土烟叶栅栏组织细胞伸长期及早快速增加的结果。成熟采收期，除了水稻土烤烟上部叶栅栏组织厚度和叶厚的比值大于砂壤土外，其他无论任何叶位，不同土壤类型烟叶栅栏组织厚度和叶厚的比值以及栅栏组织厚度和海绵组织厚度的比值差异均不明显。

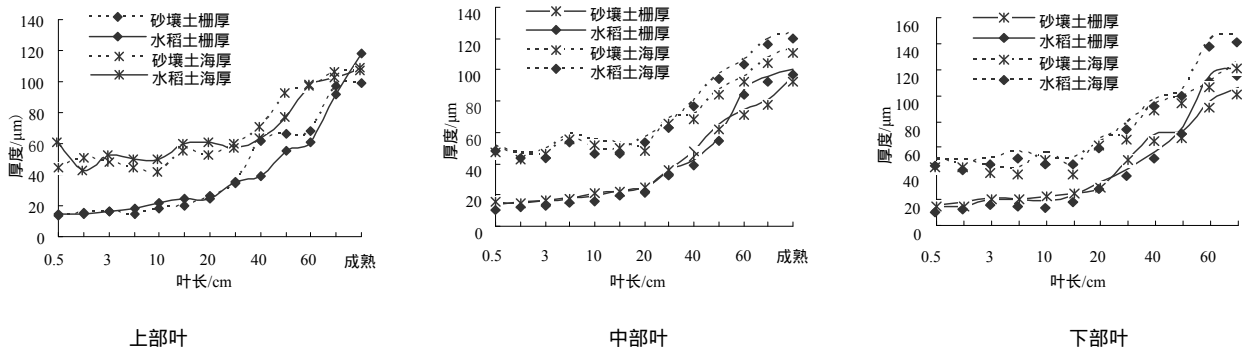


图2 各部位烟叶栅栏组织和海绵组织厚度变化

Fig.2 The variation on thickness of palisade tissue and sponge tissue of upper leaves  
注：栅栏组织厚度用栅厚表示；海绵组织厚度用海厚表示。

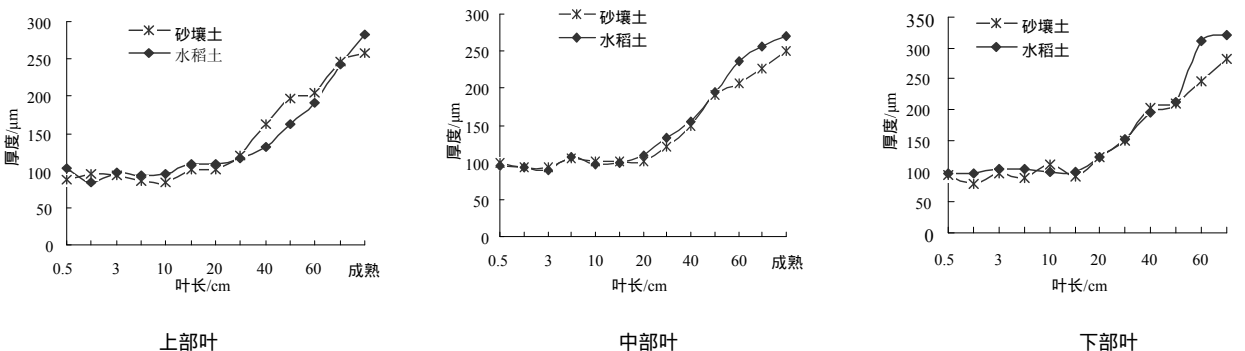


图3 砂壤土和水稻土烤烟各部位烟叶厚度变化

Fig.3 The change on thickness of upper leaves in sandy loam soil and paddy soil

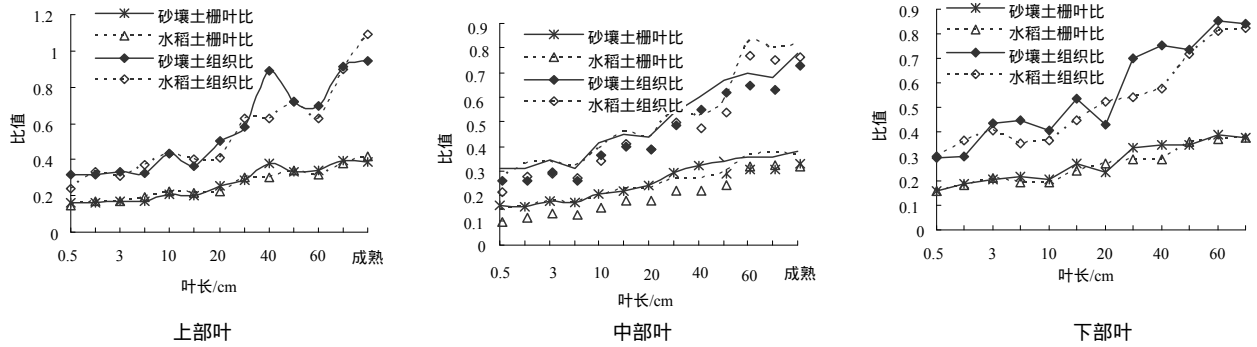


图 4 砂壤土和水稻土烤烟各部位栅叶比和组织比

Fig.4 The ratios on both palisade tissue to leaf and palisade tissue to sponge tissue in sandy loam soil and paddy soil

注：栅栏组织厚度与叶厚比值：栅叶比，栅栏组织与海绵组织厚度比值：组织比。

### 3 讨论

砂壤土质地偏轻，土壤透气性好，肥效较快，而水稻土质地偏黏，肥劲稳，肥效长。在叶肉细胞进入伸长生长以后，砂壤土烟叶栅栏组织较早的快速发育，而水稻土相对较晚，但到叶片定长时，其栅栏组织厚度也达到或者超过砂壤土烟叶的水平，这可能与土壤质地之间的肥效尤其是氮素的供应差异有关，这与徐光辉等<sup>[18]</sup>、朱英华等<sup>[19]</sup>的研究结果一致。海绵组织在叶肉细胞伸长生长期后出现胞间隙，其厚度的增加主要受胞间隙的增大影响，土壤质地所造成的肥效差异在此时的影响相对较小，因此，土壤质地所引起的海绵组织厚度差异规律与栅栏组织的规律在叶位间表现不太一致。由于叶厚主要受海绵组织厚度和栅栏组织厚度共同影响，也由此使土壤质地造成叶厚的差异规律与栅栏组织的规律在叶位之间表现也不一致，与时向东等<sup>[20-21]</sup>、邱立友等<sup>[22]</sup>的研究规律吻合。

砂壤土烤烟栅栏组织快速增厚的时期较早，以便合成和储存较多光合物质以尽早供给烟株生长需要和细胞内部的生理生化代谢活动，虽然水稻土烤烟叶片栅栏组织厚度、海绵组织厚度和叶厚最终也达到甚至超过了砂壤土水平，但此时叶片即将进入成熟阶段，成熟期是烟叶进行物质转化的重要阶段，若光合产物太多，降解不充分，不利于烟叶品质<sup>[23-26]</sup>。由此推测，砂壤土烟叶栅栏组织厚度及早快速增厚，和水稻土烟叶叶片组织结构后期较厚，以及他们所引起的细胞内部生理生化代谢差异，可

能是这两种土壤类型烤烟形成不同香气风格的原因之一。

随着叶长的增长，烤烟叶片栅栏组织厚度与叶厚比值和栅栏组织厚度与海绵组织厚度比值都大体呈现增加的趋势，说明在皖南烟叶在发育过程中，烟叶栅栏组织厚度增加幅度比海绵组织大，栅栏组织对叶厚的贡献度比海绵组织高。另外，皖南烟叶栅栏组织厚度与海绵组织厚度比值比云南<sup>[4]</sup>、黑龙江<sup>[6]</sup>和湖南<sup>[10]</sup>的云烟 87 都大，说明皖南生态条件下烤烟叶片栅栏组织相对发达，有助于光合产物的合成和积累，可能是皖南烟叶能够形成焦甜香风格的前提。

### 4 结论

(1) 栅栏组织细胞密度随叶长的增长呈现先增加后降低的趋势，土壤类型影响烤烟叶片栅栏组织细胞快速分裂时期和增粗生长，并不影响栅栏组织细胞总数。砂壤土上、中部烟叶栅栏组织快速分裂的较晚，下部叶较早；水稻土烟叶的分裂速度相对均衡，而且砂壤土上部叶栅栏组织细胞快速横向生长较早，中、下部叶土壤类型间的这种差异不明显。

(2) 叶片栅栏组织厚度、海绵组织厚度和叶厚均随着叶长的增加呈现先缓慢后快速增加的趋势，两种土壤类型下栅栏组织厚度和海绵组织厚度在叶肉细胞分裂期差异不大，其差异主要体现在叶肉细胞伸长期。砂壤土烤烟叶片栅栏组织快速增厚的较早，而不同土壤类型烟叶海绵组织厚度和叶厚

的发育差异规律在叶位之间表现不一,且最终叶片定长时水稻土烟叶的栅栏组织厚度、海绵组织厚度和叶厚都达到或者超过砂壤土水平。

(3) 随着叶长的增长,皖南烤烟叶片栅栏组织厚度与叶厚比值和栅栏组织厚度与海绵组织厚度比值都大体呈现增加的趋势。在叶肉细胞伸长前期,栅栏组织厚度与叶厚的比值和栅栏组织厚度与海绵组织厚度比值也较大。

### 参考文献

- [1] 刘卫群,郭红祥,石永春,等. 配施饼肥对烤烟叶片组织结构的影响[J]. 中国农业科学, 2004, 37(增刊): 6-10.
- [2] 黄勇,周冀衡,刘建利,等. 不同部位烟叶海绵与栅栏细胞中主要化学成分研究[J]. 中国农业科学, 2007, 40(10): 2289-2295.
- [3] 黄勇. 烟叶结构与代谢产物差异及光因素影响的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2007: 1-3.
- [4] 段凤云,张锦韬,李丽. 不同烤烟品种叶片组织结构的比较研究[J]. 昆明师范高等专科学校学报, 2006, 28(4): 38-41.
- [5] 黄勇,周冀衡,周义和,等. 五个烤烟品种叶片栅栏组织和海绵组织化学成分研究[J]. 中国烟草学报, 2007, 13(3): 57-61.
- [6] 蔡敦江. 不同烤烟品种之间叶片解剖结构的差异[J]. 科技咨询, 2007(21): 169.
- [7] 赵光伟,孙广玉. 揭膜和不揭膜对烤烟叶片结构的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(11): 110-113.
- [8] 刘国顺,高致明,符云鹏,等. 氮对烤烟叶片发育及结构的影响[J]. 河南农业大学学报, 1994, 4(增刊): 71-75.
- [9] 时向东,刘国顺,袁秀云,等. 不同肥料对烤烟叶片组织结构的影响[J]. 河南农业大学学报, 1998, 8(增刊): 101-106.
- [10] 李荣春,李佛琳,徐琼华,等. 钾对烤烟叶片解剖结构的效应及其品种差异[J]. 中国烟草科学, 2001, 22(2): 39-41.
- [11] 夏凯,齐绍武,周冀衡. 烤烟的成熟度与叶片组织结构及叶绿素含量的关系[J]. 作物研究, 2005, 19(2): 102-106.
- [12] 张树堂,杨雪彪,王亚辉,等. 不同成熟度烤烟鲜烟叶的组织结构比较[J]. 烟草科技, 2005(1): 38-41.
- [13] 李跃武,陈朝阳,江豪. 烤烟品种云烟85烟叶的成熟度I. 成熟度与叶片组织结构叶色、化学成分的关系[J]. 福建农林大学学报, 2002, 31(1): 16-21.
- [14] 高致明,刘国顺. 烤烟叶片结构与叶长度关系的研究[J]. 烟草科技, 1991(6): 32-37.
- [15] 郭月清,刘国顺,汪耀富,等. 氮素用量对烤烟生长发育和成熟度影响的研究[C]//河南省烟草优质高效益综合技术研究总结及论文汇编, 1987: 136-147.
- [16] 张贵峰,李恒全,赵光伟,等. 烤烟叶片栅栏组织与叶片厚度比值的变化[J]. 中国烟草科学, 2006, 27(4): 31-34.
- [17] 赵光伟. 烤烟叶片生长发育的生物学和质量特性研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2007: 23-31.
- [18] 徐光辉,熊淑萍,李春明,等. 氮素形态对烤烟成熟期叶片组织结构及叶绿素含量的影响[J]. 中国农学通报, 2008, 27(9): 233-236.
- [19] 朱英华,屠乃美,肖汉乾,等. 酸性pH条件对烤烟生理指标及叶片组织结构的影响[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(4): 46-50.
- [20] 时向东,焦枫,范豪杰,等. 烤烟叶片发育过程中栅栏细胞超微结构的变化[J]. 烟草科技, 2010(5): 46-50.
- [21] 时向东,焦枫,叶红朝,等. 黏土和砂壤土对烟叶发育过程中栅栏细胞超微结构的影响[J]. 河南农业大学学报, 2010, 44(3): 249-254.
- [22] 邱立友,李富欣,祖朝龙,等. 皖南不同类型植烟土壤成熟期烟叶的基因差异表达和显微结构的比较[J]. 作物学报, 2009, 35(4): 749-754.
- [23] 时向东,方圆,杨双剑,等. 烤烟叶片发育过程中的组织学和细胞学研究[J]. 烟草科技, 2009(7): 48-54.
- [24] 王程栋,王树声,申国明,等. 不同成熟度烟草叶片细胞超微结构变化规律研究[J]. 中国烟草科学, 2007, 28(3): 30-34.
- [25] 黄勇,周冀衡,郑明,等. 不同成熟度烟叶结构显微分析[J]. 中国烟草科学, 2008, 29(2): 5-8.
- [26] 黄勇,周冀衡,杨虹琦,等. 烤烟成熟过程中叶片和叶绿体的细胞学观察[J]. 作物学报, 2006, 32(11): 1767-1770.