



烤烟部位间叶面微观形态特征的差异及其与部分外观、物理指标的关系

过伟民¹, 尹启生¹, 张艳玲¹, 何斌², 王信民¹, 王广山¹

1 中国烟草总公司郑州烟草研究院, 河南郑州市高新区枫杨街2号, 450001;

2 湖南省烟草公司郴州市公司, 湖南郴州市北湖区, 423000

摘要: 为探索微观形态指标在烟叶品质评价中的应用, 采用扫描电镜结合图像分析的方法, 研究了不同部位烟叶微观形态的差异及与部分外观、物理指标的关系。结果表明: ①烤后烟叶表面细胞轮廓清晰, 中部向上凸起形成褶皱, 随部位上升细胞褶皱呈减弱趋势; ②不同部位烟叶表面微观形态差异明显, 下部叶表面细胞相对较大且形状不规则, 中部叶表面细胞相对较小且形状不规则, 上部叶表面细胞形状相对规则; ③不同叶片结构和厚度烟叶的细胞形状存在差异, 叶片结构相对疏松和厚度相对较薄烟叶的细胞形状相对不规则。④细胞形状的不规则程度对烟叶叶片结构疏松程度存在直接和间接(通过细胞周长)正向作用。烟叶表面细胞形状因子(表征细胞形状不规则程度)在量化评价叶片结构、成熟度等方面有较好应用前景。

关键词: 烤烟; 表面微观形态; 扫描电镜; 外观品质; 物理特性

引用本文: 过伟民, 尹启生, 张艳玲, 等. 烤烟部位间叶面微观形态特征的差异及其与部分外观、物理指标的关系 [J]. 中国烟草学报, 2017, 23 (1)

植物器官表皮提供的微形态学特征, 可用于植物系统发育和品质形成的相关研究。如李鸿雁等^[1]通过研究牧草叶片微观性状与抗寒性的关系, 筛选出可用于评价抗寒性的叶片微观结构指标, 林娇芬等^[2]研究了油柿茶加工过程中细胞组织的变化, 筛选出茶叶特征形成的关键细胞结构变化指标, 江泽慧等^[3]研究揭示了杉木微观结构参数与物理力学特性的关系。近年来, 随着扫描电镜(SEM)技术^[4]的快速发展, 众多学者将扫描电镜与图像数字化技术结合, 开展了更为精细化的微观形态结构研究。如Nishimoto等^[5]利用Photoshop软件对花岗岩的SEM图像进行了模式分析, Morse等^[6]定量分析了砂岩SEM图像中的空隙比例, 张学丰等^[7]定量分析了岩石SEM图像的颗粒百分含量、空隙率、沥青含量等指标。这些研究为深入开展烟叶微观形态特征分析提供了良好借鉴。

烤烟烟叶由于烘烤环节的特殊性(水分和营养双重胁迫), 细胞在烘烤过程中失水而引起皱缩, 微观

形态发生重大变化。目前对于烟叶微观形态特征的研究包括不同类型土壤^[8]、品种^[9]鲜烟叶显微/超显微结构的比较, 利用不同成熟度鲜烟叶的微观结构特征^[10]、烘烤过程中微观结构的变化^[11]确定采收成熟度等, 但对烤后烟叶表面微观形态的研究较少。朱尊权^[12]、于华堂^[13]等认为烟叶成熟度、叶片结构与细胞形态特征密切相关。前期研究^[14-15]中, 建立了烤后烟叶表面细胞形态特征指标的量化方法, 初步探讨了不同产地烟叶表面微观形态特征的相似性和差异性, 细胞形态特征指标与外观品质指标的关系。在此基础上, 本文通过同产区不同部位烟叶表面微观形态特征、外观品质(成熟度、叶片结构、身份)、物理特性(叶面密度、厚度)指标的分析评价, 探讨了烟叶表面微观形态特征的部位间差异, 并进一步筛选出了与烟叶外观、物理指标相关性强的微观形态指标, 为利用微观形态特征指标客观、量化评价烤后烟叶的外观品质提供方法参考, 同时也为鲜烟叶表面微观形态的分析和评价提供借鉴。

基金项目: 国家烟草专卖局科技项目“蛋白质和游离氨基酸在烟叶质量评价中的应用及主要影响因素研究”(122014AA0610), 郑州烟草研究院院长基金项目“基于扫描电镜图像分析的烤烟烟叶微观结构特征研究”(112012CA0060)

作者简介: 过伟民(1984—), 硕士, 工程师, 主要从事烟叶栽培及烟叶质量评价研究, Tel:0371-67672308, Email: guoweimin1984@sina.com

通讯作者: 张艳玲(1972—), Tel:0371-67672315, Email: zhangyl@ztri.com.cn

收稿日期: 2016-05-18; **网络出版日期:** 2017-01-25

1 材料与方法

1.1 试验材料

采样点为湖南郴州, 品种为云烟 87。取样方法为采集栽培和烘烤条件一致的初烤烟叶, 每部位采集烟叶 50~100 片, 按照叶位自下而上依次制备底脚叶 (1 个, 叶位 3~4)、下二棚 (2 个, 叶位 5~6、6~7)、腰叶 (4 个, 叶位 8~9、10、11、12)、上二棚 (3 个, 叶位 13~14、15~16、17~18)、顶叶 (2 个, 叶位 19、20) 共 5 个部位代表性烟叶样品 12 个, 每样品 3~5 片烟叶。为排除采收或烘烤不当对烟叶表面微观形态的可能影响, 所制备烟叶的外观品质符合 GB2635—92^[16] 中正组烟叶的要求。

1.2 分析方法

1.2.1 烟叶微观形态指标

在每片烟叶的相同位置 (从叶基部至顶部 2/3, 左右两侧距离主脉 2cm) 截取无杂色、病斑、损伤、含青和支脉的叶片局部, 利用日立 TM3030 型扫描电子显微镜观测, 放大倍数为 400 倍, 每片烟叶共采集 8~12 个视野 (图像)。采用 PHOTOSHOP 16.0 软件, 基于像素比值近似等于面积比值的原理, 对每个图像中的细胞面积、细胞周长等指标进行量化, 具体方法参照文献 [14]。计算细胞形状因子指标, 细胞形状因子是反映细胞形状与圆相差的程度及不规则程度, 在医学领域中细胞生物学状态观测、病变发生评估等方面有较多应用, 计算公式为 $[\text{周长}^2 \div (4 \times \pi \times \text{面积} \times 1.064)]$, 数值越大, 表示形状偏离圆形越远, 形状越不规则^[17]。

1.2.2 烟叶物理特性指标

叶面密度: 每个样品所有烟叶在温度 $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $60\% \pm 3\%$ 条件下平衡水分 72h, 用圆形打孔器在每片烟叶主脉两侧平行于主脉的中线上均匀打取 6 个圆形小片, 将圆形小片放入水分盒中, 在烘箱 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下烘 2h 后取出, 放入干燥皿中冷却 30min 后称重, 计算叶面密度。

厚度: 每个样品所有烟叶在温度 $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、

相对湿度 $60\% \pm 3\%$ 条件下平衡水分 72h, 用电动厚度仪分别测量每片烟叶主脉两侧平行于主脉中线的 1/4、2/4、3/4 位置处的叶片厚度, 以所有测量点的平均厚度作为该片烟叶的厚度。

1.2.3 烟叶外观品质指标

由分级专家逐片对烟叶的成熟度、叶片结构、身份指标进行量化赋分, 以所有烟叶的平均分值作为该样品的分值。分值由低到高, 代表烟叶成熟度由低到高, 叶片结构由紧密到疏松, 身份由薄 (厚) 到中等, 具体参照文献 [18]。

1.3 数据处理

采用 SPSS18.0 软件进行数据的方差分析、相关分析和通径分析。方差分析前, 利用方差同质性检验方法对数据进行方差齐性检验, 满足方差齐性后采用最小显著差异法 (LSD) 进行多重比较。通径分析前采用 K-S 检验和 W 检验方法对数据进行正态性检验。

2 结果与分析

2.1 不同部位烟叶表面微观形态特征差异

烟叶样品表面扫描电镜的代表性图像见图 1。从图中看出, 烤后烟叶表面细胞轮廓清晰, 细胞中部向上凸起, 有褶皱, 细胞形状整体不规则, 气孔和腺毛可见。不同叶位烟叶表面细胞形态有所差异, 底脚叶和下二棚烟叶表面细胞的褶皱较强, 细胞中部向上凸起, 形似陡峭的山尖; 腰叶表面细胞的褶皱稍弱, 上二棚~顶叶表面细胞的褶皱较弱, 细胞形似平阔山包。总体而言, 随部位上升, 烟叶表面细胞褶皱存在减弱趋势。

采用最小显著差异法, 对不同部位烟叶的表面微观形态指标进行方差分析和多重比较 (表 1)。从表中看出, 下二棚烟叶的细胞面积相对较大, 细胞形状相对不规则; 腰叶的细胞面积相对较小, 细胞形状相对不规则; 上二棚、顶叶的细胞形状相对规则。下二棚、腰叶的细胞形状因子极显著大于上二棚和顶叶, 腰叶的细胞面积积极显著小于下二棚和上二棚烟叶。

表 1 不同部位烟叶表面微观形态指标量化结果

Tab. 1 Quantification of surface microscopic morphology indices of flue-cured tobacco leaves of different stalk position

部位	细胞面积 / μm^2	细胞周长 / μm	细胞形状因子
下二棚	5092.65 \pm 1481.09 Aa	443.89 \pm 76.62 Aa	2.95 \pm 0.38 Aa
腰叶	4044.49 \pm 993.20 Bb	407.29 \pm 75.02 Ab	3.11 \pm 0.54 Aa
上二棚	5014.45 \pm 1556.77 Aa	412.62 \pm 69.95 Aab	2.61 \pm 0.39 Bb
顶叶	4690.79 \pm 1216.77 ABab	403.63 \pm 76.47 Ab	2.62 \pm 0.44 Bb

注: 同列数字后未标有相同大写字母者表示差异达到显著 ($P < 0.01$) 水平, 未标有相同小写字母者表示差异达到显著 ($P < 0.05$) 水平, 下同。

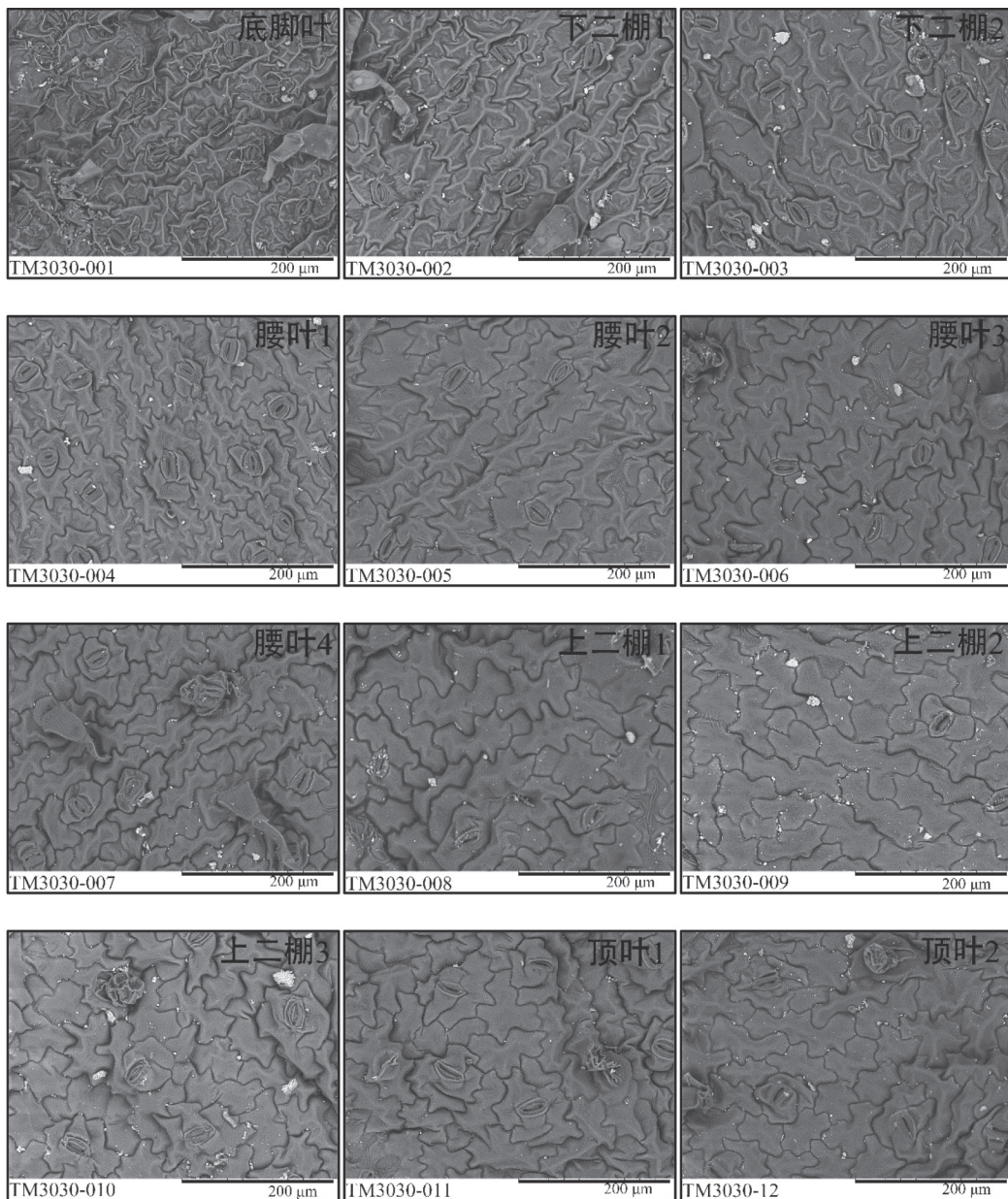


图1 不同部位烟叶表面微观形态

Fig. 1 Surface microscopic morphology of flue-cured tobacco leaves of different leaf stalk position

2.2 烟叶表面微观形态指标与外观、物理指标的关系

2.2.1 不同外观和物理指标烟叶表面微观形态指标的差异

根据烟叶样品外观品质评价和物理特性检测结果,采用最小显著差异法,对不同外观品质、物理特性烟叶的表面微观形态指标进行方差分析和多重比较(表2)。从表中看出,叶片结构疏松程度不同的烟叶,细胞形状因子存在显著差异,叶片结构较好(“疏松”档次中上限)烟叶的细胞形状因子极显著高于叶片结构稍差(“疏松”档次下限)的烟叶,显著高于叶片

结构中等(“疏松”档次中下限)烟叶,说明叶片结构相对疏松的烟叶表面细胞形状相对不规则。细胞面积和周长在不同外观品质指标各档次间差异不显著,成熟度较好的烟叶细胞面积稍小。不同叶面密度烟叶的细胞面积存在显著差异,叶面密度较大烟叶的细胞面积显著高于中等烟叶。不同厚度烟叶的细胞周长和细胞形状因子存在显著差异,厚度较薄的烟叶细胞周长和细胞形状因子相对较大。总体来看,细胞形状因子在不同叶片结构和厚度烟叶之间存在较明显差异。

表 2 不同外观品质和物理指标烟叶表面微观形态指标
Tab. 2 Surface microscopic morphology indices of different appearance quality and physical characteristics

外观、物理指标	档次	细胞面积 / μm^2	细胞周长 / μm	细胞形状因子
成熟度	“成熟”中下限	4594.55 ± 641.34 a	412.48 ± 41.57 a	2.81 ± 0.26 a
	“成熟”中限	4852.92 ± 652.29 a	418.04 ± 22.83 a	2.78 ± 0.29 a
	“成熟”中上限	3934.25 ± 330.57 a	402.35 ± 42.78 a	3.10 ± 0.39 a
叶片结构	“疏松”下限	4895.58 ± 737.08 a	407.95 ± 37.32 a	2.60 ± 0.14 B b
	“疏松”中下限	4202.83 ± 506.55 a	393.37 ± 18.42 a	2.81 ± 0.14 AB b
	“疏松”中上限	4580.13 ± 654.27 a	433.23 ± 23.83 a	3.13 ± 0.24 A a
身份	“中等”下限	4727.90 ± 714.33 a	415.47 ± 50.38 a	2.77 ± 0.31 a
	“中等”中下限	4525.70 ± 475.10 a	422.35 ± 13.24 a	3.02 ± 0.36 a
	“中等”上限	4556.20 ± 908.30 a	402.25 ± 31.74 a	2.74 ± 0.18 a
叶面密度	较小	5020.80 ± 711.21 ab	440.10 ± 37.90 a	2.94 ± 0.13 a
	中等	4171.58 ± 322.70 b	399.83 ± 26.15 a	2.92 ± 0.36 a
	较大	5146.73 ± 660.65 a	421.87 ± 30.44 a	2.65 ± 0.11 a
厚度	较薄	4580.13 ± 654.27 a	433.23 ± 23.83 a	3.13 ± 0.24 A a
	中等	4707.55 ± 946.56 a	413.40 ± 32.70 ab	2.79 ± 0.14 AB b
	较厚	4453.53 ± 289.16 a	386.10 ± 19.19 b	2.55 ± 0.12 B b

2.2.2 烟叶外观和物理指标与表面微观形态指标的相关分析

对烟叶外观和物理指标与表面微观形态指标进行了相关分析和检验（表 3）。从表中看出，烟叶表面

细胞形状因子与外观和物理指标的相关性较强，细胞形状因子与叶片结构分值呈极显著正相关，与厚度呈极显著负相关。说明烟叶表面的细胞形状越不规则，叶片结构相对疏松，厚度相对较薄。

表 3 烟叶表面微观形态指标与外观、物理指标的相关性
Tab. 3 Correlation analysis between microscopic morphology indices and appearance quality and physical characteristics

指标	外观品质分值			物理特性	
	成熟度	叶片结构	身份	叶面密度	厚度
细胞面积	-0.21	-0.13	-0.12	0.14	0.12
细胞周长	-0.06	0.43	-0.29	-0.35	-0.45
细胞形状因子	0.32	0.80**	-0.16	-0.59	-0.75**

注：“**”表示在 0.01 水平上显著相关，“*”表示在 0.05 水平上显著相关。

2.2.3 烟叶外观和物理指标与表面微观形态指标的通径分析

利用通径分析对细胞形状因子与叶片结构和厚度的相关性进行了分解。通径分析的前提条件为因变量

符合正态分布，首先对叶片结构和厚度数据实施正态性检验。从表 4 中看出，两种检验方法的显著性水平均大于 0.05，数据符合正态分布。从表 5 中看出，细胞形状因子对叶片结构存在直接正向作用的同时，

还通过细胞周长对叶片结构存在较大的间接正向作用, 因此细胞形状因子与叶片结构表现出较强正相关 (0.80, $P < 0.01$)。细胞周长对叶片结构存在直接正向作用, 但通过细胞面积对叶片结构的间接负向作用较强; 细胞面积对叶片结构存在直接负向作用, 但通过细胞周长的间接正向作用较强, 因此细胞周长、细胞面积与叶片结构的相关系数相对较低。对于厚度指标, 细胞形状因子存在直接正向作用的同时, 还通

过细胞周长和细胞面积存在较强的间接负向作用, 因此细胞形状因子与叶片厚度表现出较强负相关 (0.75, $P < 0.01$)。细胞周长对厚度存在直接负向作用, 但通过细胞面积和细胞形状因子的间接正向作用较强; 细胞面积对厚度存在直接正向作用, 但通过细胞周长的间接负向作用较强, 因此细胞周长、细胞面积与厚度的相关系数相对较低。

表 4 叶片结构和厚度数据的正态性检验结果
Tab. 4 Normality test of leaf structure and leaf thickness

指标	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	统计量	df	Sig.	统计量	df	Sig.
叶片结构	0.21	11	0.18	0.89	11	0.12
厚度	0.20	11	0.20	0.89	11	0.14

表 5 叶片结构、厚度与细胞形态特征的通径分析结果
Tab. 5 Path analysis between leaf structure, leaf thickness and cell morphology indices

因变量	自变量	相关系数	直接通径系数	间接通径系数			
				X ₁	X ₂	X ₃	合计
叶片结构	细胞面积 X ₁	-0.13	-0.59	—	0.53	-0.08	0.46
	细胞周长 X ₂	0.43	0.71	-0.44	—	0.17	-0.28
	细胞形状因子 X ₃	0.80	0.35	0.13	0.33	—	0.45
厚度	细胞面积 X ₁	0.12	4.16	—	-4.82	-0.79	-4.04
	细胞周长 X ₂	-0.45	-4.68	3.14	—	1.09	4.23
	细胞形状因子 X ₃	-0.75	2.37	-0.91	-2.21	—	-3.12

3 讨论

烤后烟叶表面细胞轮廓清晰, 中部向上凸起形成褶皱, 随部位上升, 细胞褶皱呈减弱趋势。底脚叶~下二棚烟叶的褶皱明显较强, 这可能由于田间下部烟叶含水量相对较高且失水相对容易^[19], 烘烤过程中大量失水而引起细胞的强烈皱缩, 从而形成烤后烟叶形似陡峭山尖的细胞形态特征, 上部烟叶含水量相对较少且失水相对困难, 失水皱缩的变化过程相对较弱, 从而形成烤后烟叶形似平阔山包的细胞形态特征。上部烟叶的表面细胞形状因子极显著较低, 细胞形状相对规则, 这可能与上部烟叶烘烤过程中细胞形态变化的剧烈程度相对小于中下部烟叶有关, 与齐娜等^[20]

研究不同部位烟叶烘烤过程中宏观形态变化(叶长、宽、厚度)的规律相吻合, 即上部烟叶变化的剧烈程度明显小于中下部烟叶。

关于烟叶表面微观形态与外观品质的关系, 本文发现, 不同叶片结构烟叶的细胞形状因子差异显著, 且细胞形状因子与叶片结构分值呈极显著正相关, 即烟叶表面细胞形状越不规则, 叶片结构的疏松程度越高。烤烟分级国标^[16]将叶片结构定义为细胞排列的疏密程度, 分为疏松、尚疏松、稍密、紧密 4 个档次, 细胞排列间隙大, 则叶片结构相对疏松。细胞形状越不规则, 可能使细胞与细胞之间接触的区域较大, 则细胞的间隙可能越大, 叶片结构表现为相对疏松。一般认为, 烟叶叶片结构与成熟度高度正相关^[13,21], 朱

尊权^[12]、于华堂^[13]等认为,烟叶组织细胞在田间达到成熟时慢慢变大,烘烤过程中由于水分消失而收缩,田间成熟且烘烤后熟充分的烟叶细胞疏开状态较好,细胞间隙或孔度较大。烟叶细胞的疏开与本文所发现的细胞形状不规则程度提高相一致。此外,前期研究^[15]发现,不同成熟度档次的烤后烟叶,成熟度好的烟叶细胞形状相对不规则,本文中成熟度分值与细胞形状因子也表现出一定的正相关性。从物理指标来看,细胞形状因子与厚度、叶面密度呈负相关性,即细胞形状越趋向于规则,烟叶的厚度越厚,叶面密度越大,这可从烟叶成熟采烤过程中物质转化的充分程度、细胞变化的剧烈程度加以解释。

4 结论

不同部位烤后烟叶的表面细胞形态差异明显,下部烟叶细胞褶皱强,细胞相对较大且形状相对不规则;中部烟叶细胞褶皱一般,细胞相对较小且形状不规则;上部烟叶细胞褶皱较弱,细胞形状相对规则。

细胞形状因子反映了细胞形状的不规则程度,一定程度体现了烟叶成熟采烤过程中物质转化的剧烈程度,与烤后烟叶的外观和物理指标相关性强,在量化评价烤后烟叶叶片结构、成熟度等方面有较好的应用前景。

参考文献

- [1] 李鸿雁,李志勇,师文贵,等. 6种豆科牧草叶片解剖性状与抗寒性关系研究[J]. 西北植物学报, 2010, 30(10): 1989-1994.
LI Hongyan, LI Zhiyong, SHI Wengui, et al. Leaf Anatomic Indexes and the Relations with Drought Resistance of the Six Forage of Leguminosae[J]. Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin. 2010, 30(10):1989-1994.
- [2] 林娇芬, 林河通, 林艺芬, 等. 安溪油柿茶叶加工过程中叶片形态和细胞组织结构变化[J]. 热带作物学报, 2010, 31(9): 1611-1613.
LIN Jiaofen, Lin Hetong, Lin Yifen, et al. Changes of Leaf Morphology and Cell Tissue Structure of An'xi Persimmon Leaf Tea during Processing [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2010, 31(9):1611-1613.
- [3] 江泽慧, 姜笑梅, 周玉成, 等. 杉木微观结构与其品质特性关系模型的一类神经网络建模方法[J]. 林业科学, 2005, 41(4): 133-139.
JIANG Zehui, JIANG Xiaomei, ZHOU Yucheng, et al. A Kind of NN Modeling Method of Relational Model of Chinese Fir Microstructure and Its Material Characteristic [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2005, 41(4):133-139.
- [4] Oliver C, David C. The early history and future of the SEM [J]. Surf. Interface Anal. 2006, 38: 1738-1742.
- [5] Nishimoto S. Modal Analysis of Granitic Rocks by a Personal Computer-using Image Processing Software Adobe Photoshop TM[J]. Ganko, 1996, 91(6):235-241.
- [6] Morse M J, Boles J R. Can Adobe Photoshop be used to quantify sandstone porosity [J]. AAPG Bulletin, 1998, 85(5A):854.
- [7] 张学丰, 蔡忠贤, 胡文璋, 等. 应用 Adobe Photoshop 定量分析岩石结构[J]. 沉积学报, 2009, 27(4): 667-673.
ZHANG Xuefeng, CAI Zhongxian, HU Wenxuan, et al. Using Adobe Photoshop to Quantify Rock Textures[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(4):667-673.
- [8] 邱立友, 李富欣, 祖朝龙, 等. 皖南不同类型土壤植烟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.
QIU Liyou, LI Fuxin, ZU Chaolong, et al. Comparison on Gene Expression and Microstructure of Tobacco Leaves at Maturity Stage in Different Types of Soil in Southern Anhui Province, China [J]. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(4):749-754.
- [9] 柴家荣, 黄学跃, 雷丽萍, 等. 不同品种白肋烟叶片的组织结构比较[J]. 烟草科技, 2004(12):33-35.
CHAI Jiarong, HUANG Xueyao, LEI Liping, et al. Comparison of Tissue of Lamina among Different Burley Tobacco Cultivars [J]. Tobacco science & Technology, 2004(12):33-35.
- [10] 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): 28-40.
ZHANG Shutang, YANG Xuebiao, WANG Yahui, et al. Comparison of Tissue of Fresh Flue-cured Tobacco Leaves with Different Maturity. [J]. Tobacco Science & Technology, 2005(1):28-40.
- [11] 王亚辉, 张树堂, 杨雪彪, 等. 不同成熟烟叶在烘烤过程中的叶片组织结构变化研究[J]. 中国农学通报, 2007, 23(9): 171-175.
WANG Yahui, ZHANG Shutang, YANG Xuebiao, et al. Tobacco Leaves Maturity Decided in order to Investigate Structure of Different Maturity Leave Tissue [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(9): 171-175.
- [12] 朱尊权. 提高烤烟质量与分级标准的相互关系[J]. 烟草科技, 1988(2):2-5.
ZHU Zunquan. The Correlation between the Quality of Flue-cured Tobacco and the Standard of Grading [J]. Tobacco Science & Technology, 1988(2):2-5.
- [13] 于华堂, 李亚龙, 等. 烤烟分级标准教材[M]. 郑州: 中国烟草科技信息中心, 1988.
YU Huatang, LI Yalong, et al. Flue-cured Tobacco Grading Standard Teaching Material [M]. Zhengzhou: China Tobacco Science and Technology Information Center, 1988.
- [14] GUO Weimin, ZHANG Yanling, CAI Xianjie, et al. Studies on Surface Microstructure Characteristics of Flue-cured Tobacco Leaves in Different Areas in China [C]. 2012

- COTESTA Sapporo, Japan.
- [15] 过伟民, 程森, 张骏, 等. 烤烟表面微观结构特征与外观品质的关系 [J]. 烟草科技, 2015(08):1-8.
GUO Weimin, CHENG Sen, ZHANG Jun, et al. Relationship between Surface Microstructure Characteristics and Appearance Quality of Flue-cured Tobacco Leaves [J]. Tobacco science & Technology, 2015(08):1-8.
- [16] GB2635-1992 烤烟 [S].
GB2635-92 Flue-cured tobacco [S].
- [17] 杨建茹, 陈跃, 管增伟, 等. 对乳腺癌细胞形态定量分析中形状因子参数的研究 [J]. 中国医学影像技术, 2000, 16(2):130-131.
YANG Jianru, CHEN Yue, GUAN Zengwei, et al. Study on Shape Factor Parameters in Quantitative Analysis of Breast Cancer Cells [J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2000, 16(2):130-131.
- [18] 王彦亭, 谢剑平, 李志宏, 等. 中国烟草种植区划 [M]. 北京: 科学出版社, 2009: 28-38.
WANG Yanting, XIE Jianping, LI Zhihong, et al. Tobacco Planting Division in China [M]. Beijing: Science Press, 2009: 28-38.
- [19] 聂荣邦, 唐建文. 烟叶烘烤特性研究 I 烟叶自由水和束缚水含量与品种及烟叶着生部位和成熟度的关系 [J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2002, 28(4):209-292.
NIE Rongbang, TANG Jianwen. Studies on the Leaf Curing Characteristics of Flue-Cured Tobacco. I Relationships between the Free Water, Bound Water, and the Variety, Stalk Position, Maturity [J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences), 2002, 28(4):209-292.
- [20] 齐娜. 烟叶烘烤过程中主要物理参数及化学物质变化动态研究 [D]. 山东农业大学, 2015.
QI Na. Study on the Main Physical Parameters and the Changes of Chemical Substances in Tobacco Leaves during Curing Process [D]. Shandong Agricultural University, 2015.
- [21] 蔡宪杰, 王信民, 尹启生. 烤烟外观质量指标量化分析初探 [J]. 烟草科技, 2004(6):37-40.
CAI Xianjie, WANG Xinmin, YIN Qisheng. Preliminary Study on Quantitative Analysis of Flue-cured Tobacco Appearance Quality Indices [J]. Tobacco science & Technology, 2004(6):37-40.

Surface microscopic morphology characteristics of flue-cured tobacco from different stalk positions and their relationships with selected apparent and physical quality indexes

GUO Weimin¹, YIN Qisheng¹, ZHANG Yanling^{1*}, HE Bin², WANG Xinmin¹, WANG Guangshan¹

¹ Zhengzhou Tobacco Research Institute, China National Tobacco Corporation, Zhengzhou 450001, China;

² Hunan Chenzhou Municipal Tobacco Company, Chenzhou 423000, Hunan, China

Abstract: In order to study the effect of micro morphological characteristics in quality evaluation, flue-cured tobacco leaves of different stalk positions were prepared and investigation was made into differences of microscopic morphology and its relationship with apparent quality and physical index based on SEM combined with image analysis. Results showed that: (1) Cell outline of flue-cured leaves was clear with central part bulged and wrinkled, and the wrinkle declined with the rising of stalk position. (2) Micro-morphological characteristics of different leaf positions showed obvious difference. Lower position leaves had large cell area and irregular cell shapes, while middle position leaves had relatively small cell area and irregular cell shape, and upper position leaves had regular cell shape. (3) Cell shape showed difference among leaves of different leaf structure and thickness, in which cell shape was relatively irregular in leaves with relatively loose structure and thin thickness. (4) The degree of irregularity of cell shape had a direct and indirect (by cell circumference) positive effect on leaf structure. The cell shape factor which characterized the degree of irregularity of cell shape had a better application prospect for evaluating leaf structure and maturity of flue-cured tobacco leaves.

Keywords: flue-cured tobacco; surface microstructure; scanning electron microscope; appearance quality; physical character

Citation: GUO Weimin, YIN Qisheng, ZHANG Yanling, et al. Surface microscopic morphology characteristics of flue-cured tobacco from different stalk positions and their relationships with selected apparent and physical quality indexes [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2017, 23(1)

*Corresponding author. Email: zhangyl@ztri.com.cn