

徐昭梅, 谢新乔, 邓邵文. 基于激光扫描共聚焦显微技术的烤烟叶面组织粗糙度参比样研究和应用[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(24): 183–188. doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.24.043

# 基于激光扫描共聚焦显微技术的烤烟叶面组织粗糙度参比样研究和应用

徐昭梅, 谢新乔, 邓邵文

[红塔烟草(集团)有限责任公司, 云南玉溪 653100]

**摘要:**为量化表征初烤烟叶面组织粗糙度, 选用玉溪烟区 K326 品种为试验材料, 采用感官分析技术与激光扫描共聚焦显微技术相结合的方法, 对符合粗糙度参比样原则的样品进行筛选分档和感官分析, 观测初烤烟叶面的微观形貌和粗糙度参数( $S_a$ ), 并应用心理物理学定律验证参比样的合理性, 最后探讨不同烤烟品种中部烟的叶面组织粗糙度差异。结果表明: 烟叶表面存在大量的峰状隆起区域, 根据隆起程度可将粗糙度分为细腻、较细腻、稍细腻、中等、稍粗糙、较粗糙和粗糙 7 个档次, 其粗糙度参数( $X$ )分别为 2.95、3.60、4.54、5.56、6.67、8.26、10.34  $\mu\text{m}$ 。粗糙度感官标度值的自然对数( $Y$ )与仪器测量值  $S_a$  的自然对数之间存在线性关系:  $Y = 1.85X - 1.37$  ( $r^2 = 0.89$ ), 符合心理物理学定律。中烟 100 叶面组织粗糙度最大, 翠碧 1 号叶面组织粗糙度最小且叶表面隆起有直径 41.26  $\mu\text{m}$ 、高 16.83  $\mu\text{m}$  的空圆柱体结构。

**关键词:**烤烟; 叶面组织粗糙度; 激光扫描共聚焦显微技术; 心理物理学; 品种识别

**中图分类号:** S572.01

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-1302(2019)24-0183-05

激光扫描共聚焦显微技术由显微镜光学系统、激光光源、电子摄像和计算机图像处理系统 4 个部分组成, 其主要的技术优势是分辨率高、成像速度快、自动化程度高, 能获得连续的光学切片, 对较厚 ( $> 10 \mu\text{m}$ ) 样品的快速三维重建, 可全方位认识样品组织结构的形貌形态<sup>[1]</sup>。激光扫描共聚焦显微技术在冶金、化工、生物、医学领域应用十分广泛, 能观测样品表面的三维微观形貌特征, 并对微观的形貌参数(如深度、高度、长宽、体积、面积、粗糙度等)进行定量分析, 因而激光扫描共聚焦显微技术可以为烟叶外观特征的量化研究提供有效手段。

烟叶组织粗糙度与烟叶叶龄、着生部位、品种特性、栽培管理、调制技术、土壤环境和气候条件等密切相关<sup>[2]</sup>。王信民等将叶面组织作为外观区域特征的评价指标之一, 叶面组织指烟叶表面状态及木质化程度给予视觉、触觉的粒面精细程度和质感, 可分为粗糙、较粗糙、较细腻和细腻 4 个档次<sup>[3]</sup>。王亚平等认为, 叶片结构与粗糙度密切相关, 将叶片结构分解为粗糙度、充实度、弹性、柔软度等 4 个因子描述词, 对粗糙度的释义为通过视觉或触觉感受到叶片表面细腻、凹凸不平的程度, 正常成熟的烟叶, 部位越高, 细胞结构越紧密, 表皮的叶面组织越粗糙<sup>[4]</sup>。在感官分析技术中, 叶面组织的粗糙细腻程度属于表面几何质地特性的范畴<sup>[5]</sup>; 粗糙度是作为质地特性的因子之一<sup>[6]</sup>, 而现行标准<sup>[7]</sup>中对叶面组织粗糙度的规范相对模糊。在机械、纺织领域, 粗糙度的表征已取得实质性进

展, 而在烟叶评级领域<sup>[8-9]</sup>, 对叶面组织粗糙度的量化及量值确定至今仍未见报道<sup>[3,10]</sup>。因此, 本研究针对烟叶表皮的叶面组织参比样进行系统研究, 合理划分梯度并描述, 使用激光扫描共聚焦显微镜定量表征叶面微观形貌, 运用心理物理学定律<sup>[11]</sup>验证, 为烟叶评级从传统技艺走向科学、成为学科提供参考依据, 实现传统评级可传承和现代评级可量化。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

选用云南玉溪地区的 K326 全叶位的初烤烟样品作为参比样品的供试材料; 选用云南玉溪世界烟草品种园种植的红花大金元、K326、KRK26、NC71、云烟 97、中烟 100、云烟 87 和福建三明种植的翠碧 1 号, 收集第 9 至第 10 有效叶位的初烤烟样品作为品种识别的供试材料。

所用仪器为 Olympus OLS4100 激光扫描共聚焦显微镜 (Olympus 公司, 日本)。

### 1.2 方法

**1.2.1 评价小组的成立** 依据 GB/T 16291.1—2012《感官分析 选拔、培训与管理评价员一般导则 第 1 部分: 优选评价员》<sup>[12]</sup>, 邀请 13 位获得中国标准化研究院感官分析优选评价员资格的评价员组成评价小组。

**1.2.2 评价样品的准备** 采集样品后, 将 1/3 的叶尖部、1/3 的叶基部和叶缘去除, 制作成 8 cm × 6 cm 的长方形叶片。依据 YC/T 291—2009《烟叶分级实验室环境条件》<sup>[13]</sup>, 进行 48 h 以上的温湿平衡, 使烟叶水分达到并保持在 16% ~ 18%。

**1.2.3 粗糙度评价** 评价小组通过感官分析技术对参比样进行多次测试, 确定参比样实物、档次、特征描述; 使用 15 cm 线性标度对样品粗糙度进行感觉强度的量化, 作为样品粗糙

收稿日期: 2018-09-14

基金项目: 红塔烟草(集团)有限责任公司科技项目(编号: S-6016010)。

作者简介: 徐昭梅(1974—), 女, 云南保山人, 烟叶分级技师, 主要从事烟草评级研究。E-mail: 01008860@hongta.com。

度的感官标度值;选取叶片中间离主脉约 2 cm 的位置,避开支脉、残伤、油印或病斑部分打孔取样,采用 Olympus OLS4100 激光扫描共聚焦显微镜,放大倍数为 20 × 50,扫描范围为 257 μm × 257 μm,对样品叶面进行 3D 形貌观察及粗糙度参数测量。

利用感官强度值与仪器测量值作斯蒂文心理物理功效回归分析,即  $\ln S = \ln K + n \ln I$ 。其中: $S$  为感觉响应强度(即感官标度值); $K$  为常数; $I$  为物理刺激强度(即仪器测量值)。验证粗糙细腻度的感官标度值与仪器测量值之间的相关性。采用 SPSS 21.0 软件进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 参比样的测试

表 1 为 13 位评价员对叶面组织粗糙度参比样品进行 Friedman 检验<sup>[14]</sup>的测试结果,评价小组经多次测试,将所有样品的粗糙度划分成 7 个档次。 $F_{\text{test}} = \frac{12}{jp(p+1)} \sum_{i=1}^p R_i^2 - 3j(p+1) = 74.26$ ( $F_{\text{test}}$  为联合假设检验, $j, p$  为自由度, $R$  为常数),查文献[15]中的表可知 $\alpha = 0.05, j = 13, p = 7$ 时对应的

表 1 叶面组织粗糙度参比样感官测试结果

评价员	样品粗糙度						
	A	B	C	D	E	F	G
1	3	4	1	2	5	7	6
2	3	4	1	2	5	6	7
3	3	4	1	2	5	6	7
4	3	5	1	2	4	6	7
5	4	3	1	2	5	6	7
6	3	4	1	2	5	7	6
7	3	4	2	1	6	5	7
8	3	4	1	2	5	6	7
9	3	4	2	1	5	6	7
10	3	4	1	2	5	6	7
11	3	5	1	2	4	6	7
12	3	4	1	2	5	6	7
13	2	4	1	3	5	6	7
秩和	39	53	15	25	64	79	89

注:A ~ G 表示不同样品。

临界值为 12.37,  $F_{\text{test}} = 74.26 > 12.37$ ,因此可以判断 7 个样品在整体上是存在显著差异的,参比样实物如图 1 所示。



图1 叶面组织粗糙度参比样实物

2.2 确定参比样

2.2.1 感官评价 叶面组织粗糙度的 7 个档次的描述词可用细腻、较细腻、稍细腻、中等、稍粗糙、较粗糙和粗糙进行表征;并对每个档次进行描述性分析;使用 15 cm 线性标度<sup>[16]</sup>对样品进行感觉强度的量化,如表 2 所示。

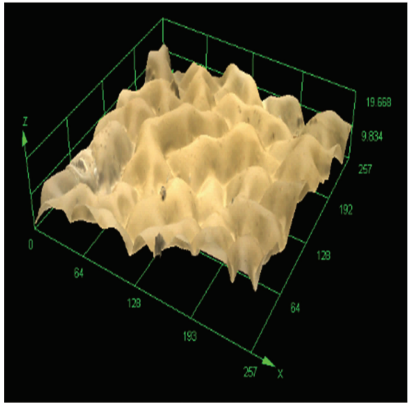
2.2.2 形貌观察 由图 2 可知,烟叶表面主要为峰状隆起,其中 7 档粗糙,6 档较粗糙,6、7 档表面均有尖锐的针状隆起,5 档稍粗糙,4 档中等,且 4、5 档表面有粒状隆起,3 档稍细腻,2 档较细腻,1 档细腻,且 1、2、3 档表面波状脊隆起较为平

缓。1 档细腻,隆起最大高值为 18.31 μm;2 档较细腻,隆起最高值为 29.18 μm;3 档稍细腻,隆起最高值为 39.12 μm;4 档中等,隆起最高值为 57.45 μm;5 档稍粗糙,隆起最高值为 81.65 μm;6 档较粗糙,隆起最高值为 120.77 μm;7 档粗糙,隆起最高值为 213.48 μm。

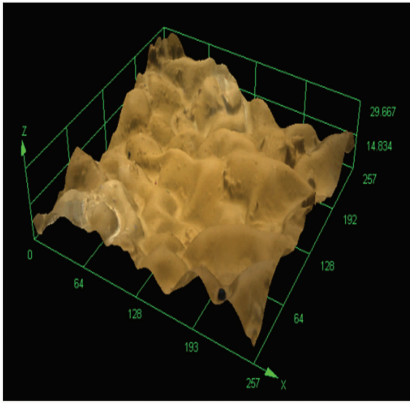
由表 3 可知,7 种不同档次粗糙度的烟叶表面形貌特征参数  $S_a$  差异明显,随着粗糙度的增强,表面形貌平均高度  $S_a$  有上升的趋势, $S_a$  大小排序如下:7 档(粗糙) > 6 档(较粗糙) > 5 档(稍粗糙) > 4 档(中等) > 3 档(稍细腻) > 2 档(较

表 2 叶面组织粗糙度感官评价

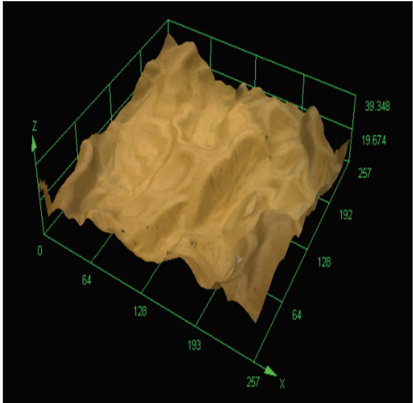
粗糙度档次	描述词	主要特征	非烟参比样	感官强度值 $M$
1	细腻	眼观叶面细致,无粒感;手摸柔顺、滑腻	绸缎布料	1.14
2	较细腻	眼观叶面细致,微有细粒感;手摸较柔顺,滑腻感略缺	真丝布料	3.23
3	稍细腻	眼观叶面较细致,有细粒感;手摸柔顺度一般,滑腻感稍差	莫代尔布料	5.47
4	中等	眼观叶面有少量颗粒感;手摸叶片柔软,滑腻感、柔顺感较差	纯棉布料	7.51
5	稍粗糙	眼观叶面颗粒感明显;手摸叶片稍紧实,有毛刺感,略滞手但不拉手	毛呢布料	9.76
6	较粗糙	眼观叶面有较明显的突起颗粒感;手摸较紧实,有毛刺感,拉手感明显	亚麻布料	11.84
7	粗糙	眼观叶面有明显突起颗粒感;手摸叶面硬实,毛刺感、拉手感强	麻布布料	14.06



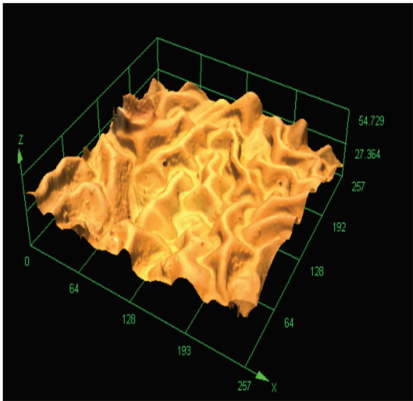
a. 细腻



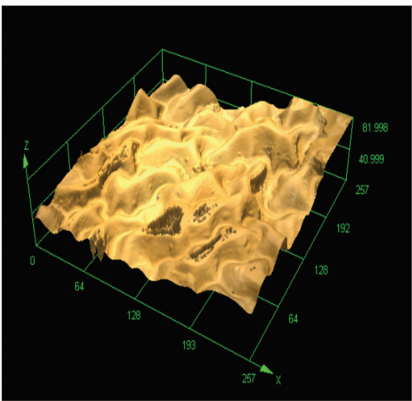
b. 较细腻



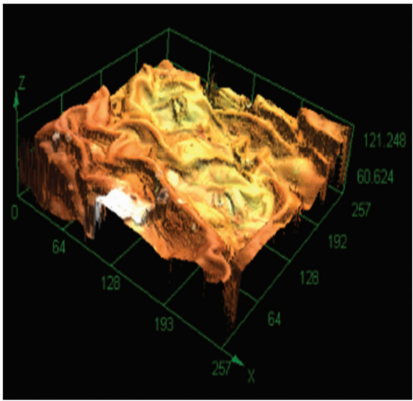
c. 稍细腻



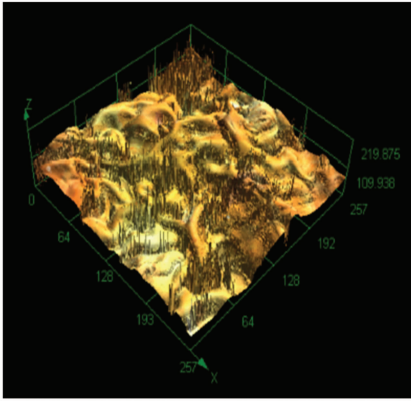
d. 中等



e. 稍粗糙



f. 较粗糙



g. 粗糙

图2 烟叶上表面各粗糙度档次的 3D 形貌

细腻) >1 档(细腻),与样品粗糙度感官评价结果的顺序一致。表面形貌高度的尖峭度  $S_{ku}$  在各粗糙度档次之间无显著

差异,3 档(稍细腻)、6 档(较粗糙)和 7 档(粗糙)的  $S_{ku} < 3$ ,表示表面形貌脊状隆起多为较钝化的类型;1 档(细腻)、2 档

表 3 叶面组织粗糙度主要物理参数分析

粗糙度档次	描述词	$S_a$ ( $\mu\text{m}$ )	表面形貌高度的尖峭度 ( $S_{ku}$ )
1	细腻	$2.95 \pm 0.32\text{aA}$	$3.03 \pm 0.54\text{aA}$
2	较细腻	$3.60 \pm 0.17\text{bA}$	$3.05 \pm 0.44\text{aA}$
3	稍细腻	$4.54 \pm 0.24\text{cB}$	$2.61 \pm 0.39\text{aA}$
4	中等	$5.56 \pm 0.23\text{dC}$	$3.35 \pm 0.95\text{aA}$
5	稍粗糙	$6.67 \pm 0.26\text{eD}$	$3.09 \pm 0.43\text{aA}$
6	较粗糙	$8.26 \pm 0.34\text{fE}$	$2.85 \pm 0.47\text{aA}$
7	粗糙	$10.34 \pm 0.62\text{gF}$	$2.57 \pm 0.28\text{aA}$

注:同一列数据后不同大、小写字母的分别表示差异极显著( $P<0.01$ )、差异显著( $P<0.05$ ),标有不同大写字母的表示经方差分析。表下同。

(较细腻)和 5 档(稍粗糙)的  $S_{ku}$  值接近 3,表示表面形貌脊状隆起较尖锐的类型和较钝化的类型几乎一样多;4 档(中等)的  $S_{ku}>3$ ,表示表面形貌脊状隆起多为较尖锐的类型。

综上所述,在 4 档(中等)、5 档(稍粗糙)、6 档(较粗糙)和 7 档(粗糙)的样品里,随着粗糙度的增加,隆起最大高度也有变大的趋势,说明叶面的隆起最大高度和平均高度  $S_a$  对粗糙度贡献率较大,蜡质层和角质层也起一定的影响作用;在 1 档(细腻)、2 档(较细腻)和 3 档(稍细腻)的样品里,由于叶表面无明显颗粒物,隆起最高值的变化梯度不大,说明叶面的隆起最大高度对粗糙度影响不大,主要是表面形貌平均高度  $S_a$  对粗糙度的影响较大。

表 5 叶面组织粗糙度参比样体系

粗糙度档次	描述词	主要特征	非烟参比样	感官标度值 $M$	粗糙度 $S_a$ ( $\mu\text{m}$ )
1	细腻	眼观叶面细致,无粒感;手摸柔顺、滑腻	绸缎布料	1.14	2.95
2	较细腻	眼观叶面细致,微有细粒感;手摸较柔顺,滑腻感略缺	真丝布料	3.23	3.60
3	稍细腻	眼观叶面较细致,有细粒感;手摸柔顺度一般,滑腻感稍差	莫代尔布料	5.47	4.54
4	中等	眼观叶面有少量颗粒感;手摸叶片柔软,滑腻感、柔顺感较差	纯棉布料	7.51	5.56
5	稍粗糙	眼观叶面颗粒感明显;手摸叶片稍紧实,有毛刺感,略滞手但不拉手	毛呢布料	9.76	6.67
6	较粗糙	眼观叶面有较明显的突起颗粒感;手摸较紧实,有毛刺感,拉手感明显	亚麻布料	11.84	8.26
7	粗糙	眼观叶面有明显突起颗粒感;手摸叶面硬实,毛刺感、拉手感强	麻布布料	14.06	10.34

2.3 粗糙度在品种识别中的应用

如图 3 所示,翠碧 1 号叶表面隆起有直径  $41.26\ \mu\text{m}$ 、高  $16.83\ \mu\text{m}$  的中空圆柱体结构,叶面隆起最大高度为  $24.66\ \mu\text{m}$ ;红花大金元叶面隆起最大高度为  $28.23\ \mu\text{m}$ ;KRK26 叶面隆起最大高度为  $32.28\ \mu\text{m}$ ;NC71 叶面隆起最大高度为  $30.87\ \mu\text{m}$ ;K326 叶面隆起最大高度为  $25.86\ \mu\text{m}$ ;云烟 87 叶面隆起最大高度为  $26.56\ \mu\text{m}$ ;云烟 97 叶面隆起最大高度为  $40.51\ \mu\text{m}$ ;中烟 100 叶面隆起最大高度为  $45.47\ \mu\text{m}$ 。

由表 6 可知,表面形貌高度的尖峭度  $S_{ku}$  在各品种的中部初烤烟之间无显著差异。8 种不同品种的中部初烤烟表面形貌粗糙度参数  $S_a$  差异明显,结合图 3 的微观形貌分析,可将 8 个品种分为 5 个类型,其中翠碧 1 号为第 1 类,属于细腻档次,且叶表面有独特的中空圆柱体结构;红花大金元和云烟 87 为第 2 类,属于细腻至较细腻档次;NC71、K326 和 KRK26 为第 3 类,属于较细腻至稍细腻档次;云烟 97 为第 4 类,属于中等档次,中烟 100 为第 5 类,属于中等至稍粗糙档次。 $S_a$  大

2.2.3 量值确定

2.2.3.1 相关分析 将仪器测量的粗糙度相关参数与感官标度值做相关分析(表 4),筛选特征物理量。

表 4 叶面组织粗糙度感官强度与物理参数的相关分析

类别	相关系数	
	$S_a$	$S_{ku}$
感官强度	0.98**	-0.37

注: \*、\*\* 分别表示在 0.05、0.01 水平显著相关。

由表 4 可知,感官强度与表面形貌平均高度  $S_a$  呈极显著正相关且相关系数达到 0.98,感官强度与尖峭度  $S_{ku}$  的相关性未达显著水平。因此将表面形貌平均高度  $S_a$  作为叶面组织粗糙度的典型特征指标。

2.2.3.2 斯蒂文心理物理功效函数验证 心理物理学研究表明,感觉响应强度与物理刺激强度的自然对数值呈线性关系: $S=K I^n$ 。将该式转换为自然对数式,即  $\ln S=\ln K+n \ln I$ ,也称为斯蒂文心理物理功效函数。

以仪器测量值的自然对数( $\ln S_a$ )为自变量  $X$ 、粗糙度感官标度值的自然对数( $\ln M$ )为因变量  $Y$ ,建立的回归模型如下:

$$Y=1.85 X-1.37(F=39.82, P=0.001, r^2=0.89)。$$

说明样品的粗糙度感觉量( $M$ )的变化与仪器测量的物理量( $S_a$ )之间符合心理物理学幂定律,在一定程度上说明样品的选择和特征参数的甄选是合理的,最终据此建立初烤烟叶面粗糙度参比样(表 5)。

小为中烟 100>云烟 97>KRK26>K326>NC71>云烟 87>红花大金元>翠碧 1 号。

3 结论

采用激光扫描共聚焦显微镜对叶面组织的微观形貌进行观察,发现烟叶表面存在大量的嵴状隆起区域,可将烟叶分为细腻、较细腻、稍细腻、中等、稍粗糙、较粗糙和粗糙 7 个档次,其粗糙度参数  $S_a$  分别为 2.95、3.60、4.54、5.56、6.67、8.26、10.34  $\mu\text{m}$ 。基于心理物理学定律建立起了烤烟叶面组织粗糙度参比样体系,为烟叶评级提供了一把可参考的标尺。不同品种初烤烟的粗糙度也有一定差异,中烟 100 叶面组织粗糙度最大,翠碧 1 号叶面组织粗糙度最小且叶表面隆起有直径  $41.26\ \mu\text{m}$ 、高  $16.83\ \mu\text{m}$  的中空圆柱体结构。

参考文献:

[1]孙学俊,闫喜中,郝赤.激光共聚焦扫描显微镜技术简介及其

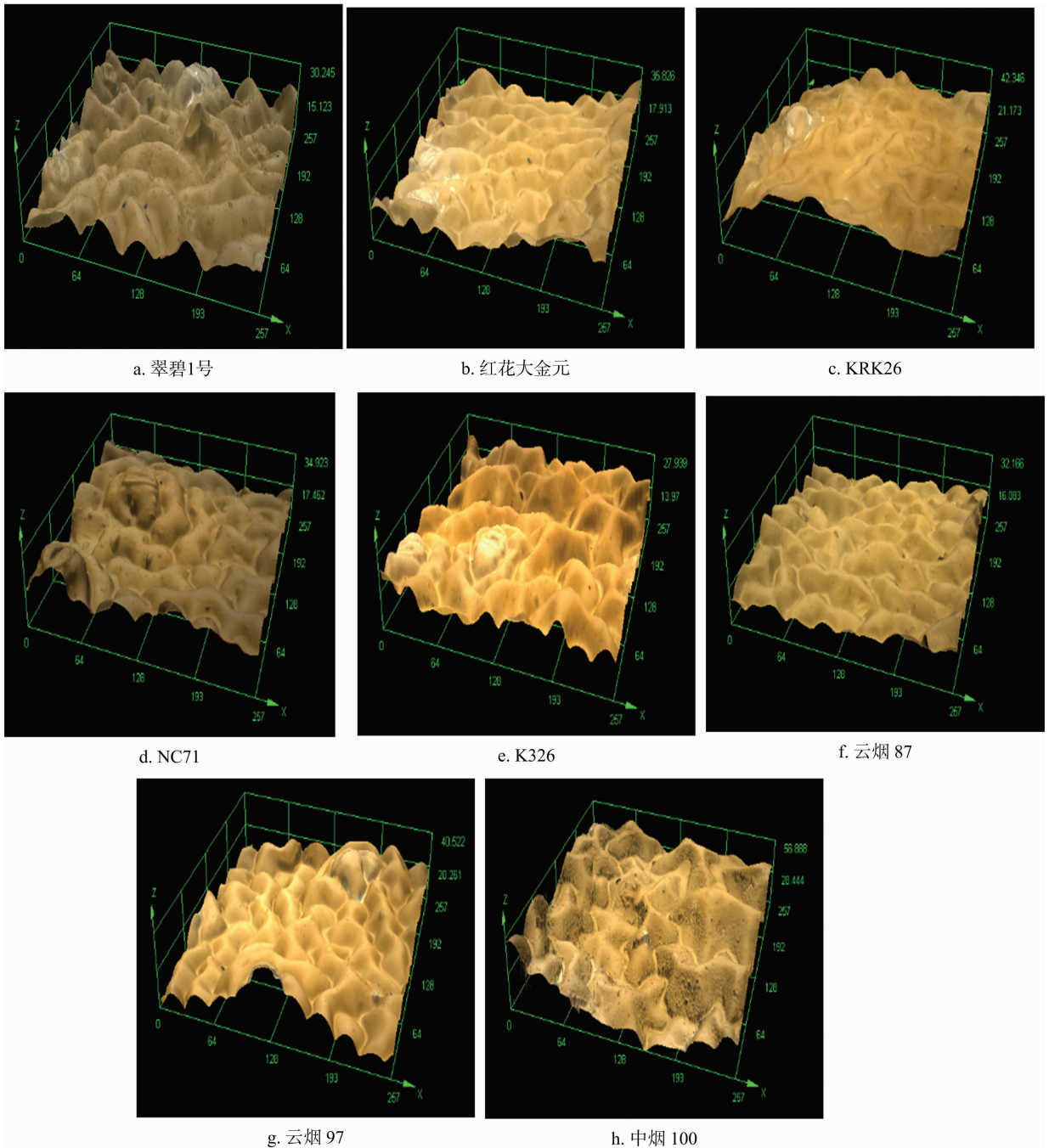


图3 不同烤烟品种叶片上表面的 3D 形貌

表 6 不同烤烟品种叶面组织粗糙度的主要物理参数

品种	$S_a$ ( $\mu\text{m}$ )	$S_{ku}$
翠碧 1 号	$3.01 \pm 0.27\text{aA}$	$2.97 \pm 0.39\text{aA}$
红花大金元	$3.26 \pm 0.22\text{aAB}$	$3.15 \pm 0.94\text{aA}$
KRK26	$4.45 \pm 0.41\text{bBC}$	$3.14 \pm 0.66\text{aA}$
NC71	$4.18 \pm 0.49\text{bABC}$	$3.01 \pm 0.58\text{aA}$
K326	$4.29 \pm 0.45\text{bBC}$	$2.75 \pm 0.09\text{aA}$
云烟 87	$3.31 \pm 0.40\text{aAB}$	$3.07 \pm 0.39\text{aA}$
云烟 97	$5.35 \pm 0.26\text{cC}$	$3.14 \pm 0.58\text{aA}$
中烟 100	$6.65 \pm 0.89\text{dD}$	$2.58 \pm 0.35\text{aA}$

- 应用[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2016,36(1):1-9.
- [2]李 锐. 烟叶分级工 1~2 级专业知识(试用)[M]. 郑州:中国烟草总公司职工进修学院,中国烟叶公司,2013:21-25,65-66.
- [3]王信民,李 锐,魏春阳,等. 烤烟外观区域特征感官评价指标的筛选[J]. 烟草科技,2011(3):59-68.
- [4]王亚平,李 锐. 烤烟外观属性因子挖掘及建立研究[J]. 作物研究,2015(增刊 2):871-874.
- [5]赵 镭,刘 文. 感官分析技术应用指南[M]. 北京:中国轻工业出版社,2011:88-90.
- [6]中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 感官分析 通过多元分析方法鉴定和选择用于建立感官剖面的描述词:GB/T 16861—1997[S]. 北京:中国标准出版社,1997.

何晓明,余鹏飞,陈 可,等. 磁性石墨烯/ $\beta$ -环糊精复合材料固相萃取-HPLC-MS/MS 法检测饲料中的 6 种镇静剂和 5 种  $\beta$ -受体激动剂[J]. 江苏农业科学,2019,47(24):188-193.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.24.044

# 磁性石墨烯/ $\beta$ -环糊精复合材料固相萃取-HPLC-MS/MS 法检测饲料中的 6 种镇静剂和 5 种 $\beta$ -受体激动剂

何晓明,余鹏飞,陈 可,赵月钧,沈雄雅,胡永东,倪娟楨

(绿城农科检测技术有限公司,浙江杭州 31052)

**摘要:**利用原位共沉淀法制备了磁性石墨烯/ $\beta$ -环糊精复合材料,将其作为磁固相萃取吸附剂,通过优化样品提取溶剂、吸附剂用量、pH 值、萃取温度、萃取时间、洗脱溶剂的种类及用量、洗脱时间等条件,并结合高效液相色谱-串联质谱技术,建立了饲料中 6 种镇静剂和 5 种  $\beta$ -受体激动剂的检测方法。在优化的条件下,11 种待测物在相关范围内线性关系良好,相关系数不低于 0.99,定量限为 3.40~11.30  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,在低、中、高 3 个不同加标水平下的平均回收率为 84.7%~96.8%,相对标准偏差为 3.2%~10.8%。该方法简便、快速、准确度高、灵敏度高、经济,且有效克服了基质干扰问题,可以满足日常饲料样品中的快速检测的需求,为监管部门提供技术支撑。

**关键词:**磁性石墨烯/ $\beta$ -环糊精复合材料;磁性固相萃取;镇静剂; $\beta$ -受体激动剂;饲料

**中图分类号:**TS207 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)24-0188-06

随着养殖业的快速发展,镇静剂和  $\beta$ -受体激动剂作为促生长剂被广泛用于动物养殖过程中。镇静剂是一类对中枢神经系统具有抑制作用的药物,具有抗惊厥、镇静催眠、抗焦虑、肌肉松弛和安定作用,在饲养过程中将此类药物添加至饲料中以达到快速催肥、缩短出栏时间的目的<sup>[1]</sup>。 $\beta$ -受体激动剂,俗称“瘦肉精”,可以选择性地作用于肾上腺素,增加蛋白质合成、增强脂肪分解代谢,显著提高酮体瘦肉率<sup>[2]</sup>。研究表明,镇静剂和  $\beta$ -受体激动剂可通过饲料进入到动物组织,长期食用会对人体中枢神经系统等造成不良影响<sup>[3-4]</sup>。我国原农业部 176 号、193 号公告中明确规定严禁在动物饲

养过程中使用该类药物。因此,建立一种快速、高效、灵敏、准确地检测饲料中多种镇静剂和  $\beta$ -受体激动剂的方法,对保障畜产品的质量安全具有重要意义。

迄今为止,镇静剂和  $\beta$ -受体激动剂的检测方法主要包括:酶联免疫法(ELISA)<sup>[5]</sup>、气相色谱-质谱法(GC-MS)<sup>[6-7]</sup>、液相色谱法(HPLC)<sup>[8]</sup>和高效液相色谱-串联质谱法(HPLC-MS/MS)<sup>[9-10]</sup>。ELISA 法和 HPLC 法方法灵敏度较低,选择性较差,不能满足痕量检测的要求。GC-MS 法通常需要衍生化才能进行测定,费时较长。HPLC-MS/MS 法因其具有灵敏度高、选择性和抗干扰能力强,成为最常用的检测方法。

由于镇静剂和  $\beta$ -受体激动剂在饲料中一般以痕量存在,且饲料基质复杂,易对分析造成干扰,在进行检测分析前需进行富集和净化。目前,饲料样品残留的前处理方法主要是固相萃取技术(SPE),存在如操作繁琐、处理时间长、成本

收稿日期:2018-08-31

作者简介:何晓明(1984—),男,浙江杭州人,工程师,从事食品安全和环境检测工作。Tel:(0571)85291130;E-mail:100he@163.com。

[7] 国家质量监督检验检疫总局. 烤烟:GB 2635—1992[S]. 北京:中国标准出版社,1992.

[8] 潘 登. 基于织物表面纹理组成的粗糙感研究[D]. 上海:东华大学,2011:16-42.

[9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 产品几何技术规范(GPS)表面结构 轮廓法 术语、定义及表面结构参数:GB/T 3505—2009[S]. 北京:中国标准出版社,2009.

[10] 信俊峰. 烤烟感官评级因子疏松度参比样制作研究[J]. 四川农业科技,2016(3):55-58.

[11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 感官分析 方法学 量值估计法:GB/T 19547—2004[S]. 北京:中国标准出版社,2004.

[12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 感官分析 选拔、培训与管理评价员一般导则 第 1 部分:优选评价员:GB/T 16291.1—2012[S]. 北京:中国标准出版社,2012.

[13] 国家烟草专卖局. 烟叶分级实验室环境条件:YC/T 291—2009[S]. 北京:中国标准出版社,2009.

[14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 感官分析 建立感官特性参比样的一般导则:GB/T 29604—2013[S]. 北京:中国标准出版社,2013.

[15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 感官分析 方法学 排序法:GB/T 12315—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.

[16] 赵 镭,解 楠,汪厚银,等. 基于心理物理学食品硬度参比样建立研究[J]. 食品科学,2015,36(21):41-45.