昆明学院学报　2019，41（6）：18～23　ISSN 1674－5639　CN 53－1211/G4
Journal of Kunming University

# 烤烟生态环境和纹理特征的典型相关分析

王廷贤[1]，郑小雨[2*]，张广东[3]，王　刚[4]，杨占伟[1]
（1. 福建省烟草公司 南平市公司，福建 南平 353000；2. 河南农业大学 烟草学院，河南 郑州 450002；
3. 中国烟草总公司 红河州公司，云南 红河 652399；4. 江苏中烟工业有限责任公司 原料部，江苏 南京 210019）

**摘要：**为了解烤烟生育期内的生态环境差异及纹理特征变化差异，对不同部位烤烟生长过程中的气候生态条件和纹理特征值进行测定，并采用典型相关分析法探讨大田生育期的生态环境对烤烟纹理特征的影响．结果表明，在一定范围内，气温增加、降雨量减少，则烟叶的纹理能量降低及表面纹理的复杂程度增大；而随着温度的升高和光照强度的增强，烟叶的混乱程度及纹理熵不断增加．即烤烟生态环境的变化会引起烤烟叶片纹理特征的相应变化．

**关键词：**烤烟；云烟 87；生态环境；纹理特征
**中图分类号：**S572　**文献标识码：**A　**文章编号：**1674－5639（2019）06－0018－06
**DOI：**10. 14091/j. cnki. kmxyxb. 2019. 06. 004

## Typical Correlation Analysis between Flue-cured Tobacco Ecological Environment and Texture Characteristics

WANG Tingxian[1]，ZHENG Xiaoyu[2*]，ZHANG Guangdong[3]，WANG Gang[4]，YANG Zhanwei[1]
（1. Nanping Company，Fujian Tobacco Company，Nanping，Fujian，China　353000；
2. College of Tobacco Science，Henan Agricultural University，Zhengzhou，Henan，China　450002；
3. Honghe Company，China National Tobacco Corporation，Honghe，Yunnan，China　652399；
4. Department of Materials，China Tobacco Jiangsu Tobacco Industrial Co.，Ltd.，Nanjing，Jiangsu，China　210019）

**Abstract**：In order to understand the differences in ecological environment and texture characteristics during the growth period of flue-cured tobacco，the climatic ecological conditions and texture characteristics of flue-cured tobacco in different parts were measured with the typical correlation analysis method to study the comprehensive influence of the ecological environment on the texture characteristics of flue-cured tobacco field. The results show that within a certain range，with the temperature increasing and the rainfall decreasing，the texture energy of the tobacco leaves decreases and the complexity of the surface texture increases. With the temperature increasing and the enhancement of light intensity，the degree of chaos and texture entropy of tobacco leaves increase，that is，the change of ecological environment of flue-cured tobacco will cause corresponding changes in the texture characteristics of flue-cured tobacco leaves.
**Key words**：flue-cured tobacco；Yunyan 87；ecological environment；texture characteristics

烟草属于茄科烟草属植物，是一种重要的经济作物，在促进国民经济发展方面发挥着重要作用[1-4]．我国地域辽阔，适合种烟的地方较多、面积广，每个烟区都有自己的特色烟叶[5-8]，地区环境的差异会造就不同风格特色的烟叶．生态环境不同，烤烟的感官质量、外观形态方面也不同[9-11]．重庆烟区与其他烟区相比配伍性较好，深受烟厂好评，是重要的卷烟原料基地[12-16]．然而重庆烟区地处多丘陵山地，烤烟成熟期气温低，昼夜温差小，环境复杂多变，造成重庆烟区成熟度较差[17-20]．而纹理特征作为事物最直接、有效的表观特征之一，是烟草大田生产以及加工过程中的重

**收稿日期：**2018－12－25
**基金项目：**中国烟草总公司重庆市公司资助项目（NY20180401070005）．
**作者简介：**王廷贤（1986—），男，河南舞钢人，助理农艺师，主要从事烟叶生产管理研究．
*通讯作者：郑小雨（1995—），男，河南南阳人，硕士研究生，主要从事烟草调制与加工研究，E-mail：m18437959117@163. com.

要依据. 为此，国内学者进行了大量相关研究：黄喜梅[21]基于纹理特征和颜色特征值分析这些特征参数与含水量的相关性，建立了小麦叶片含水量预测模型，且准确率与精度均较高；孙世鹏等[22]采用纹理特征值对冬枣缩果病进行检测，建立了 SVM 模型，大大提高了缩果病的分类正确率；赖平等[23]研究了烤烟质量风格形成与生态环境的关系，表明海拔、温度、光照等生态因子是影响烤烟质量风格形成的重要因素；汪璇等[18]基于 GIS 和模糊神经网络对黔江山地烟的生态适宜性进行了评价，结果表明，生态最适宜种植的在中山丘陵缓坡地带，较适宜种植的在低山丘陵区域，不适宜种植的在角度大的坡陡地和高海拔地区；周珂[24]利用图像处理技术对烟草青枯病害诊断进行研究，结果显示，对烟草青枯病害叶片的图像识别与正常叶片的图像特征相比对可以达到识别病害症状的目的；刘剑君等[25]利用图像处理技术探讨了烟叶成熟度，结果表明，人工感官识别的烟叶经验成熟度与计算出的成熟度指数有较好的关联度. 然而，鲜有学者将生态环境与纹理特征值结合起来研究作物的生长规律，尤其在烤烟方面的研究更少. 因此，本试验利用图像处理技术采集烟叶大田生育期纹理特征参数，并利用烤烟生育期的一些环境参数，对烟叶的纹理特征进行探讨，以期能够找到生态环境与烤烟纹理特征间的相互关联，为生产优质烤烟提供参考.

## 1　材料与方法

### 1.1　试验材料

试验于 2018 年在重庆市彭水县团坑村（地处东经 107°96′，北纬 29°15′）进行，烟区海拔为 1 200 ~ 1 350 m. 选用云烟 87 为试验材料，以烤烟的中上部叶为研究对象，中部叶用具有代表性的 10 ~ 12 位叶，上部叶用 18 ~ 20 位叶. 由中国天气网获取大田气温、光照时数、相对湿度以及日降雨量等数据，用远方 Z-10 智能照度计测量大田光照强度.

### 1.2　试验方法

自中部叶与上部叶有效叶片（长度为 3 cm）形成之日起，每隔 5 d 采用 Nikon D850 采集相应烤烟的图像，并用 Matlab 2018b 获取烤烟叶片的纹理特征值. 图像可以提取的灰度共生矩阵特征值有很多，因此本研究选取灰度共生矩阵中最常用的 4 个特征值，即能量、熵、惯性矩、相关度. 使用 Matlab 2018b 中 Simulink 工具箱获取采集的烟叶灰度共生矩阵（图 1 所示），同时计算 4 个纹理特征值，公式如下.

纹理能量：

$$Ener = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}(p_{ij})^2; \tag{1}$$

纹理熵：

$$Entr = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}p_{ij}\log p_{ij}; \tag{2}$$

纹理惯性矩：

$$F = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}(i-j)^2 p_{ij}; \tag{3}$$

相关度：

$$Cor = \frac{\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}ijp_{ij} - \mu_1\mu_2}{\sigma_1\sigma_2} \tag{4}$$

其中：$N$ 表示图像灰度级数；$p_{ij}$表示归一化后的灰度共生矩阵元素，$i$，$j = 0$，1，…，$N - 1$；$\mu$ 表示灰度共生矩阵所有元素的均值；$\sigma$ 表示灰度共生矩阵所有元素的方差.

**图1　烟叶灰度共生矩阵的获取**

### 1.3　数据处理

试验数据统计处理采用 Microsoft Excel 2010，用 Origin 2018 进行绘制图表. 对烤烟生育期内每天的生态因子：最高气温（$x_1$）、最低气温（$x_2$）、平均气温（$x_3$）、昼夜温差（$x_4$）、光照强度（$x_5$）、光照时数（$x_6$）、相对湿度（$x_7$）、日降雨量（$x_8$）等环境参数，以及纹理能量（$y_1$）、熵（$y_2$）、惯性矩（$y_3$）和相关度（$y_4$）4 个纹理参数进行典型相关分析，并用 SPSS22 专门提供的宏程序（Syntax）进行拟合.

## 2　结果与分析

### 2.1　不同部位烤烟生育期生态环境分析

由图 2 可知，生育期内不同部位烟叶生态环境差异较大，烤烟生长过程中最高气温、最低气温和

平均气温呈现前期和后期低，生长中期高的现象. 生育期内中部叶的最高气温多数保持在 30℃以上，上部叶比中部叶的稍高，为 35℃以上；最低气温在生育期内中部叶和上部叶均保持在 23℃左右，中部叶的平均气温在生育期内多在 30℃左右，上部叶多在 23℃左右. 中部叶的昼夜温差在生长初期呈上升趋势，后稳定在 10℃左右，上部叶的昼夜温差除生育期最后 15 d 左右呈现下降趋势. 上部叶和中部叶的光照强度均表现为先升高后降低，但在生长后期中部叶的下降幅度要低于上部叶. 中部叶和上部叶的光照时间与光照强度表现出一致的规律，均为先升高后降低，生长中后期每天光照时间在 6 h 以上. 整个生育期内除个别天数外，中部叶和上部叶的降雨量在 3 mm 以下，极个别天数降雨量超过 10 mm，上部叶成熟期降雨较多. 生育期内相对湿度多在 80% 左右，并呈现出先降低后上升的趋势.

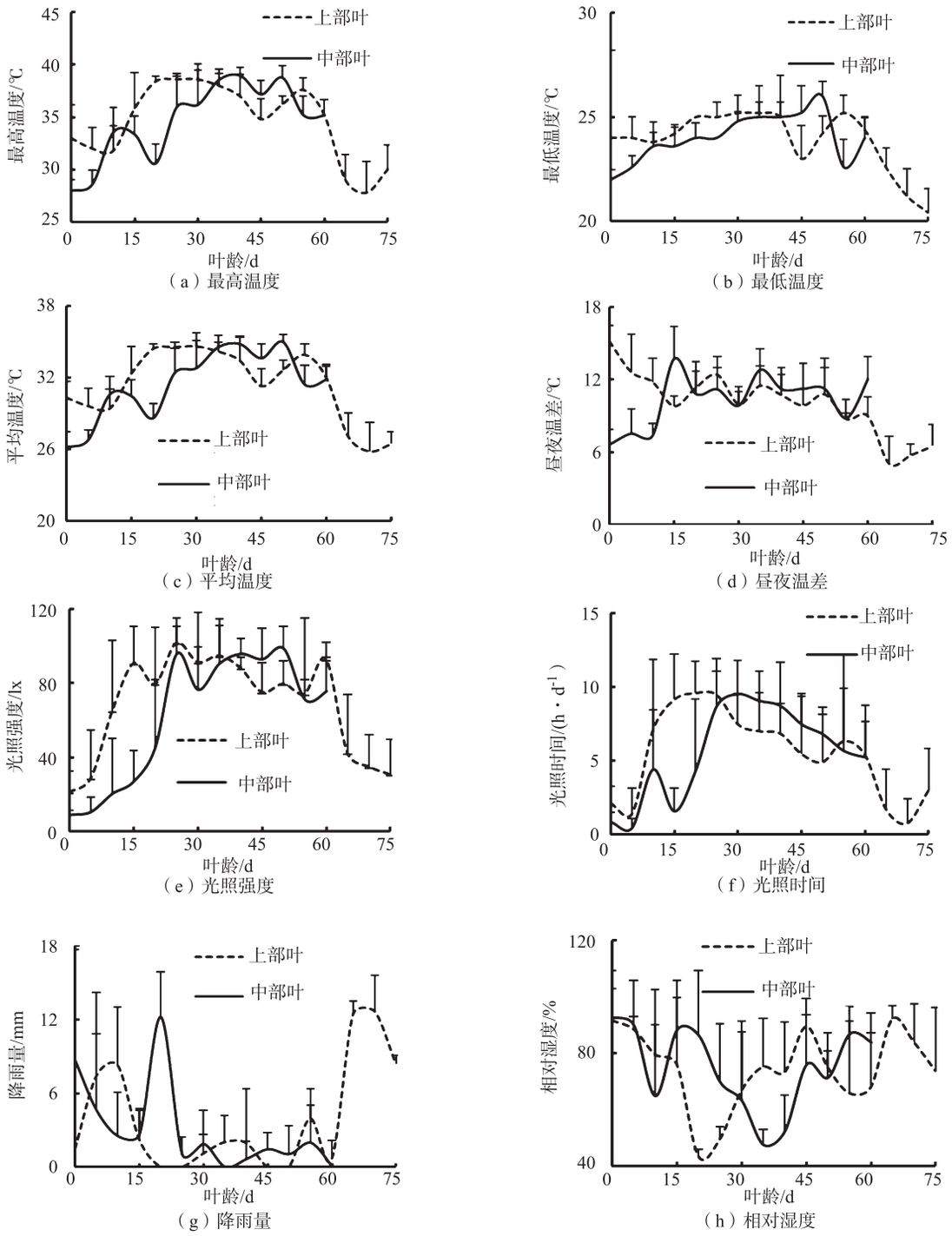


**图2 不同部位烤烟生育期内气象因子变化**

### 2.2　不同部位烤烟生育期内纹理特征变化

图像灰度分布均匀程度和纹理粗细度能够被纹理特征值中的纹理能量所反映，其值越大粗纹理越多，反之则纹理细致．由图 3（a）可知，烤烟在生育期内纹理能量表现为先快速降低后逐渐平稳的趋势，中部叶的纹理能量明显高于上部叶，且中部叶在叶龄 20 d 后纹理能量值基本稳定，而上部叶的纹理能量值在叶龄 40 d 后逐渐保持稳定，表明与中部叶相比上部叶的纹理要复杂得多．纹理熵是对图像中信息量多少的一种度量，纹理混乱其值越大，反之则越小．由图 3（b）可知，大田生育期不同部位烤烟的纹理熵逐渐增加，且在成熟期基本保持稳定，表明在烤烟达到成熟期前叶面纹理一直发生着复杂变化．惯性矩反映了图像灰度复杂度，值越大图像沟纹越明显，反之则不明显．由图 3（c）可知，纹理惯性矩随着叶龄的增加逐渐增大，且在成熟期基本保持稳定．相关度反应图像纹理的一致性，值越大一致性越好，反之则差．由图 3（d）可知，纹理相关度随着叶龄的增加逐渐变小，且在成熟期基本保持稳定．此外，纹理特征不仅是区分不同部位烟叶的重要表征，同时也是烤烟成熟采收的重要判断依据．研究结果表明，烤烟在生育期内纹理能量值不断减少；不同部位烤烟的纹理熵逐渐增加；纹理惯性矩随着叶龄的增加逐渐增大，且在成熟期基本保持稳定；纹理相关度随着叶龄的增加逐渐减小，且在成熟期基本保持稳定．表明不同部位烤烟在大田生育期内叶面的复杂程度逐渐增加，这在一定程度说明，烤烟内部的化学物质的分布是不均匀的，在采收、烘烤过程中需要针对不同部位进行研究，采取有针对性的采收、烘烤技术．

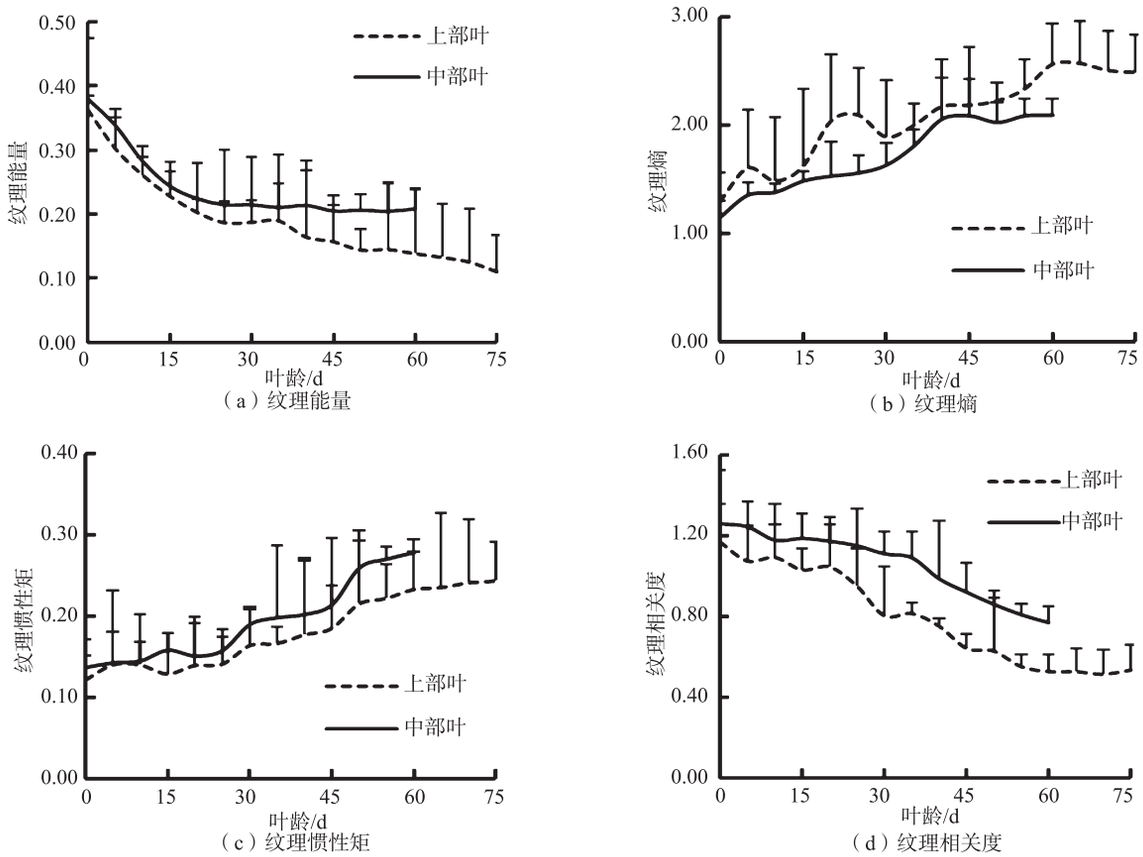


**图3　烤烟大田生育期不同部位烟叶纹理特征变化**

### 2.3　生态环境与纹理特征值的典型相关分析

由表 1 可知，烟叶形态的纹理特征值与大田生育期生态环境的典型相关分析中有 2 组典型相关变量达到极显著相关，相关系数分别为 0.973 1 和 0.783 5．第 1 组典型相关变量为：$u_1 = -0.032x_1 + 3.060x_2 + 1.771x_3 - 0.121x_4 - 3.682x_5 - 0.181x_6 + 0.018x_7 + 0.173x_8$；$v_1 = 0.099y_1 + 0.926y_2 - 0.123y_3 + 0.675y_4$．在典型相关变量 1 中，$u_1$ 与最低气温（$x_2$）、平均气温（$x_3$）以及光照强度（$x_5$）相关系数较大，相关系数分别达到 0.925，0.983 和 0.948.

因此，$u_1$ 可以表述为气温与光照强度综合指标，$v_1$ 与纹理熵（$y_2$）具有高度的相关度，相关系数达到 $-0.765$，$v_1$ 主要为描述纹理熵的综合指标. 由于 $v_1$ 与 $u_1$ 极显著相关，因此，纹理熵受气温和光照强度的影响较大，随着光照强度的增强、温度的升高，烟叶纹理熵不断增加，烟叶的混乱程度逐渐增加.

第 2 组典型相关变量为：$u_2 = -0.078x_1 - 11.815x_2 - 3.550x_3 + 0.422x_4 + 15.178x_5 - 1.233x_6 + 0.368x_7 + 0.404x_8$；$v_2 = 1.378y_1 - 0.484y_2 + 0.128y_3 - 0.696y_4$. 在典型相关变量 2 中，$u_2$ 与最高气温（$x_1$）和降雨量（$x_8$）相关系数较大，因此，可以把 $u_2$ 表述为最高气温（$x_1$）和降雨量（$x_8$）综合指标. $v_2$ 与纹理能量（$y_1$）显著相关，于是 $v_2$ 主要为描述纹理能量的综合指标. 而 $v_2$ 与 $u_2$ 显著相关，纹理惯性矩等受最高气温和降雨量影响较大，即随着最高气温增加、降雨量减少，纹理能量不断降低，烟叶表面纹理的复杂程度增大.

**表 1　烤烟大田生育期生态环境与纹理特征变化的典型相关分析**

| 参数 | 典型相关变量 1 | | 典型相关变量 2 | | 典型相关变量 3 | | 典型相关变量 4 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\lambda$ | $r$ | $\lambda$ | $r$ | $\lambda$ | $r$ | $\lambda$ | $r$ |
| $x_1$ | −0.032 | 0.075 | −0.078 | 0.712 | −0.417 | 0.121 | 0.349 | 0.107 |
| $x_2$ | 3.060 | 0.925 | −11.815 | −0.105 | 3.656 | −0.060 | 6.312 | 0.150 |
| $x_3$ | 1.771 | 0.983 | −3.550 | 0.034 | 0.588 | −0.035 | −1.482 | −0.041 |
| $x_4$ | −0.121 | 0.581 | 0.422 | 0.269 | −0.768 | −0.539 | 0.002 | 0.041 |
| $x_5$ | −3.682 | 0.948 | 15.178 | −0.066 | −3.409 | −0.062 | −5.590 | 0.106 |
| $x_6$ | −0.181 | 0.448 | −1.233 | −0.440 | −0.313 | −0.441 | 0.295 | 0.159 |
| $x_7$ | 0.018 | 0.555 | 0.368 | 0.344 | 0.202 | 0.280 | 1.146 | 0.380 |
| $x_8$ | 0.173 | 0.353 | 0.404 | −0.757 | −0.633 | −0.743 | 0.341 | 0.183 |
| $y_1$ | 0.099 | 0.485 | 1.378 | −0.862 | 1.675 | −0.148 | −0.632 | −0.020 |
| $y_2$ | 0.926 | −0.765 | −0.484 | −0.583 | 0.422 | 0.463 | −1.568 | 0.060 |
| $y_3$ | −0.123 | 0.546 | 0.128 | −0.373 | 0.095 | 0.489 | 1.877 | 0.569 |
| $y_4$ | 0.675 | −0.597 | −0.696 | 0.606 | −1.917 | −0.525 | 0.543 | 0.024 |
| $p$ | 0.000 1 | | 0.019 9 | | 0.244 4 | | 0.782 6 | |
| $R$ | 0.973 1** | | 0.783 5* | | 0.652 6 | | 0.321 8 | |

## 3　结论与讨论

烤烟生长过程中，中部叶早于上部叶出现，所以中部叶和上部叶在成长过程中生态环境也存在着巨大差异，进而造成了烟叶品质的差异[23]. 烤烟大分子物质降解转化需要光温适宜、降雨量少. 在本研究中，重庆烟区生育期内中部叶的平均气温在30℃左右，光照充足，降雨量少，昼夜温差大，成熟期表现更为明显，这样的条件有利于大分子物质的降解转化，烤中烟叶能够很好地进行变黄和失水，烘烤难度大大降低，烤后烟叶质量较好，多表现为上等烟. 上部叶则不是如此，上部叶的生育期晚于中部叶，生长后期光照时数和光照强度由于太阳向南半球转移而逐渐降低，虽然平均气温维持在32℃左右，但成熟期内降雨量大，气温低，昼夜温差小，不利于烟叶内部大分子物质转化，这就是重庆彭水地区上部叶成熟度较差的原因. 本研究结果表明，烟叶在成长过程中不同部位烟叶对生态环境差异较大，造成了上部叶成熟度较差，因此在烟叶生产中要考虑到环境对其的影响，因地制宜规范化生产，提高烟叶品质.

纹理特征作为事物最直接有效的表观特征之一，是烟草大田生产以及加工过程中的重要依据. 本研究结果表明，烤烟在生育期内纹理能量表现为先快速降低后逐渐平稳的趋势，且中部叶的纹理能量明显高于上部叶，主要是由于烟叶在早期快速生长，叶片中灰度变化较快. 而后期生长则比较缓慢，灰度基本不变化，且中部叶的纹理较上部叶粗. 纹理熵、纹理惯性矩、纹理相关度均在成熟时基本保持稳定，在烤烟达到成熟期前，其一直发生着复杂变化. 这与叶片的生长发育规律一致，叶片扩展过程越快，纹理特征值也发生相应变化：纹理

熵增大，纹理惯性矩增大，纹理相关度减小．这在一定程度说明，烤烟内部的化学物质的分布是不均匀的，在采收、烘烤过程中需要针对烤烟的不同部位，采取有针对性的采收、烘烤技术．

典型相关分析表明，在一定范围内，随着温度的升高及光照强度的增强，烟叶纹理熵不断增加，烟叶的混乱程度逐渐增加．在一定范围内随着最高气温增加及降雨量减少，烟叶纹理能量不断降低，以及烟叶表面纹理的复杂程度增大，表明烟叶的不同部位在生育期内的限制环境因素有所不同．因此，在烤烟移栽期与施肥技术方面需要充分利用生态环境，促进烟株的早生快发，尽量将上部叶的成熟期提前，减少与中部叶的差距，提高重庆彭水烟区上部叶的质量．

## ［参考文献］


［1］骆园，张欢欢，熊德中．培肥措施对植烟土壤主要理化性状及烟草经济效益的影响［J］．江苏农业学报，2016，32（2）：351－356．

［2］张谦，胡剑波．新形势下云南烟草经济发展的 SWOT 分析与对策［J］．安徽农业科学，2011，39（6）：3722－3725．

［3］蒋志兴，施维，龚明明，等．新常态下烟草经济增长的途径［J］．中国烟草学报，2016，22（3）：116－120．

［4］张国春．重庆万州烤烟种植气候生态适宜性规律分析［J］．大气科学研究与应用，2015（1）：109－115．

［5］普光彪，刘敬业，冉邦定．玉溪烤烟适宜气候生态类型划分［J］．玉溪师范学院学报，1995（4）：54－57．

［6］王小东，许自成，刘占卿，等．液膜覆盖对烟田土壤水热状况和烤烟生长发育的影响［J］．节水灌溉，2008（4）：8－10．

［7］高家合，杨宇虹．不同生态环境对烤烟内在质量的影响［J］．中国农学通报，2006，22（5）：168－168．

［8］曹仕明，李进平，吴自友，等．不同生态环境与烤烟质量特征的关系［J］．贵州农业科学，2010，38（10）：42－45．

［9］颜侃，陈宗瑜．不同生态条件对烤烟形态及相关生理指标的影响［J］．生态学报，2012，32（10）：3087－3097．

［10］马京民，马聪，王建刚，等．灵山烟区生态环境及其烤烟质量评价［J］．中国农业科技导报，2006，8（5）：83－89．

［11］陈文，刘红恩，王勇，等．烟田微生态环境对烤烟光合作用影响研究进展［J］．江西农业学报，2011，23（2）：89－92．

［12］杨笑笑，李振轮，王晗，等．重庆烟区硅酸盐细菌的分离鉴定及生理生化特性［J］．湖北农业科学，2014（5）：1013－1016．

［13］江厚龙，陈涛，马红辉，等．重庆烟区烤烟感官品质主要影响因子分析［J］．烟草科技，2014（6）：87－92．

［14］朱洁，刘洪斌，徐宸．重庆烟区环境因子对土壤有机质含量的影响［J］．烟草科技，2018（6）：19－24，33．

［15］陈彬，马君红，于晓娜，等．重庆烟区烟叶化学成分与感官质量关系研究［J］．西南农业学报，2014，27（4）：1756－1761．

［16］刘琳琳．重庆烟区烤烟氯含量与中性致香物质的关系［J］．山西农业科学，2014，42（6）：554－556．

［17］李云平，江厚龙，汪代斌，等．重庆烟区烟叶开片度对其内在品质的影响研究［J］．江西农业学报，2016，28（3）：62－65．

［18］汪璇，徐小洪，吕家恪，等．基于 GIS 和模糊神经网络的西南山地烤烟生态适宜性评价［J］．中国生态农业学报，2012，20（10）：1366－1374．

［19］李娟，刘国顺，宋晓华．重庆烟区土壤养分状况分析及综合评价［J］．江西农业学报，2009，21（7）：94－96．

［20］刘登乾，李章海，毛化贤，等．黔南山地烤烟生态条件及品质特征区域划分［J］．贵州农业科学，2009，37（1）：37－39．

［21］黄喜梅．基于机器视觉技术的小麦叶片含水量无损检测研究［D］．泰安：山东农业大学，2018．

［22］孙世鹏，李瑞，谢洪起，等．基于机器视觉的冬枣病害检测［J］．农机化研究，2018，40（9）：183－188．

［23］赖平，温昌恭．生态环境与烤烟质量风格形成的关系分析［J］．现代农业科技，2018（4）：51－52．

［24］周珂．基于图像识别的烟草青枯病害诊断研究［D］．重庆：西南大学，2010．

［25］刘剑君，杨铁钊，朱宝川，等．基于数字图像数据的烤烟成熟度指数研究［J］．中国烟草学报，2013，19（3）：61－66．