广东农业科学 2018，45（10）：23-29
Guangdong Agricultural Sciences doi：10.16768/j.issn.1004-874X.2018.10.004

王跃能，李大肥，李鹏飞，等 . 文山烟区海拔和气象因子对烟叶化学成分的影响［J］. 广东农业科学，2018，45（10）：23-29.

文山烟区海拔和气象因子对烟叶化学成分的影响

王跃能，李大肥，李鹏飞，杨　细，何文炜，蒋福昌，许　龙，李水平
（云南省烟草公司文山州公司，云南 文山 663000）

摘　要：为探明生态条件对文山烟叶品质的影响，运用灰色关联分析和典型相关分析法，对文山烟区海拔和气象因子与烟叶化学成分的关系进行研究。结果表明：文山烟区各乡镇气象因子变异系数在 2.12%~7.05% 之间，烟叶总氮、烟碱、水溶性总糖、还原糖、钾和石油醚提取物变异系数在 12.31%~20.39% 之间，气候和烟叶化学成分一致性较好，烟叶化学成分具备“西南高原－清甜青香型”烟叶的典型特征；文山烟叶的总氮、水溶性总糖和还原糖含量主要受大田期日照时数影响（关联系数分别为 0.4541、0.4184、0.3909），烟碱、钾和石油醚提取物含量主要受大田期空气湿度影响（关联系数分别为 0.4586、0.4309、0.4040），氯和淀粉含量主要受大田期平均温度影响（关联系数分别为 0.5161、0.5002），海拔对烟叶主要化学成分影响相对较小；在一定范围内，随着大田期日照时数减少，大田期降雨量增加，烟叶中的钾离子含量有增加趋势，还原糖含量有降低趋势；随着海拔升高，大田期均温的降低，烟叶中的氯离子和还原糖含量有降低趋势。

关键词：烤烟；化学成分；海拔；气象因子；灰色关联分析；典型相关分析
中图分类号：S572.01　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1004-874X（2018）10-0023-07

Effects of altitude and meteorological factors on chemical composition of tobacco leaves in Wenshan

WANG Yue-neng, LI Da-fei, LI Peng-fei, YANG Xi,
HE Wen-wei, JIANG Fu-chang, XU Long, LI Shui-ping
（*Yunnan Provincial Tobacco Company Wenshan Branch, Wenshan* 663000, *China*）

Abstract: In order to find out the effect ofecological conditions onthe quality of tobacco leaves.Tookgrey correlation analysis and canonical correlation analysis as methods, this paper studied the relationship between major meteorological factors and chemical compositionsof flue-cured tobacco in Wenshan. The results indicated that the variation coefficients of meteorological factors ranged from 2.12% to 7.05%, the variation coefficients of total nitrogen, nicotine, water-soluble total sugar, reducing sugar, potassium and petroleum ether extracts ranged from 12.31% to 20.39%, the climatic conditions and chemical compositions of tobacco leaves had good consistencies onthe tobacco-growing areas in Wenshan, and the chemical compositions of tobacco leaves had typical characteristics of the Southwest Plateau- sweet green scenttype. The total nitrogen, water-soluble sugar and reducing sugar of tobacco leaves were mainly affected by sunshine in field stage(The correlation coefficients were 0.4541, 0.4184, 0.3909, respectively), while the contents of nicotine, potassium and petroleum ether extracts were mainly affected by air humidity (The correlation coefficients were 0.4586, 0.4309, 0.4040, respectively). The content of chlorine and starch was mainly affected by the average temperature in fieldstage (The correlation coefficients were 0.5161, 0.5002, respectively), and the altitude hadsmall impact on the main chemical components of tobacco leaves. In a certain range,

收稿日期：2018-07-28
基金项目：中国烟草总公司云南省公司科技计划项目（2015YN25，2016YN14）
作者简介：王跃能（1972-），男，硕士，农艺师，E-mail：906484513@qq.com
通讯作者：李鹏飞（1981-），博士，农艺师，E-mail：lpftt@qq.com

with the decrease of sunshine hours in the field stage, or the rainfall increased, the content of potassium of tobacco leaves increased, and the content of reducing sugar decreased. The content of chloride and reducing sugar of tobacco decreased with the increase of altitude and the decrease of field average temperature.

Key words: flue-cured tobacco; chemical components; altitude; meteorological factors; grey correlation analysis;canonical correlation analysis

烟草是我国重要的经济作物，种植面积和产量均居世界首位，烟草产业是我国重要的实体经济之一，烟草行业已连续四年实现税利总额和上缴财政总额超1万亿元，是我国财政收入重要来源[1]。烟叶的质量和风格主要由生态条件决定，生态条件主要包括气候和土壤条件，其中气候条件对品质的影响更显著[2-4]。气候条件中的光照、温度、水分等因素是植物生命活动的基础[5]，对烟叶品质的形成至关重要[6-9]，环境因子海拔对其也具有重要影响[10-11]。前人对气象因子与烟叶化学成分的关系进行了大量研究，采用的分析方法主要有简单相关、典型相关、灰色关联度分析等。王育军等[12-13]运用简单相关和典型相关统计针对气温、降雨量和日照对烟叶化学成分的影响进行研究，研究表明气象因子对烟叶化学品质影响为气温＞降雨＞日照，结果只是明确了各气象因子与化学成分是否存在相关性以及两组变量间的变化关系，并不能很好解决各气象因子与化学成分之间的关联程度。而杨天旭等[14]研究表明，与遵义烤烟总糖和还原糖含量关联度最大的气象因子主要是各生育期的日照时数，而影响烤烟烟碱和总氮含量的主要气象因子则是旺长期的降雨量，沈燕金等[15]研究表明，文山烟区月平均温度对主要化学成分的影响明显大于降水量，且3个部位烟叶主要常规化学成分与月平均温度和降水量的关联顺序不一致，灰色关联度分析方法很好地解决了气象因子与化学成分之间的关联程度大小。我们结合灰色关联分析和典型相关分析两种方法的优点，对文山州海拔和4个主要气象因子与烤烟主要常规化学成分的关系进行了分析，旨在揭示海拔和不同气象因子与烟叶化学成分间的关联程度及其变化趋势，从而探明生态条件对文山烟叶品质的影响，剖析文山烟叶风格特色成因和进行烤烟合理种植区划提供理论依据和参考。

1 材料与方法

文山州地处103°35'~106°12'E、22°40'~24°48'N，东与广西百色接壤，南与越南接界，西与红河州毗邻，北与曲靖市相连，全州国土面积31 456 km²，国境线长438 km，共辖8县（市）101个乡（镇）3个街道办事处，总人口362.1万人，农业人口占92.3%[16]。全州干湿季节分明，终年太阳高度角大，日照时间长，光照充分，光质较好，光热资源在全国和云南优质烟区中首屈一指，且接近于津巴布韦特色优质烟区。全州总耕地面积634 000 hm²，其中宜烟面积520 000 hm²，是云南仅次于曲靖的第二大潜力烟区，得天独厚的区位优势和优越的光热水土资源造就了文山“香气质好、香气量足”风格特色鲜明的烟叶品质。北回归线横贯文山州全境，是“云南黄金走廊”生态特色优质烟区的核心区域。从1998年与上海烟草集团合作建立第一个优质烟叶基地以来，目前，与全国11家卷烟工业企业和2家商业企业建立调拨关系，成为“中华”“云烟”“芙蓉王”等重点卷烟品牌核心原料基地。

1.2 试验材料

于2015年在文山州7个植烟县（市）51个植烟乡镇137个取样点采集烟样，选取中部烟叶C3F等级代表样品，每份1.5 kg，共137份样品，样品等级由专业烟叶分级人员按照《中华人民共和国国家标准：烤烟（GB2635-1992）》进行分级，等级合格率要求90%以上，样品品种均为云烟87。样本经烘干、去梗、粉碎、过筛，于4℃棕色瓶中保存，用于烤烟常规化学成分测定。

1.3 试验方法

1.3.1 *样品化学成分测定* 总氮含量测定采用YC/T161方法[17]，烟碱含量测定采用YC/T160方法[18]，水溶性糖含量测定采用YC/T159方法[19]，钾含量测定采用YC/T173方法[20]，氯

含量测定采用 YC/T162 方法[21]，石油醚提取物含量的测定采用 YC/T176 方法[22]，淀粉含量测定采用 YC/T216 方法[23]。

1.3.2 *海拔和气象数据收集* 收集 2015 年文山州 51 个植烟乡镇烤烟生长大田期（5~8 月）平均气温、降雨量、日照时数、平均湿度等数据，并在采集样品时通过 GPS 定位获取海拔数据。

1.4 数据处理与分析

运用 SPSS19.0 统计软件进行描述性统计分析，运用 DPS 数据处理系统 V17.10 对烟叶主要化学成分含量和海拔及气象因子进行灰色关联度分析和典型相关分析。

1.4.1 *灰色关联度分析* （1）将海拔和气象因子作为比较数列，烟叶主要化学成分含量作为参考数列。

比较数列：X_i=[x_i（k），k=1, 2, 3, …i]=[x_i（k），x_i（k+1），… x_i（137）]，i=1 $_{海拔}$，2 $_{大田期降雨量}$，3 $_{大田期均温}$，4 $_{大田期日照}$，5 $_{大田期空气湿度}$

参考数列：X_0=[x_0（k），k=1, 2, 3，… k]

=[x_0（1），x_0（2），… x_0（8）]

（2）数据标准化。采用均值化变换，首先对原始数据依据均值化公式 $x'_{ij}=\frac{x_{ij}}{\bar{x}_j}$（$x'_{ij}$ 为均值化后数据，$\bar{x}_j$为 j 个指标的平均值）进行标准化处理。

（3）比较数列 X_i 对参考数列 X_0 的关联系数为：

$$L_{0i}(k)=\frac{\Delta min+\rho\Delta max}{\Delta 0_i(k)+\rho\Delta max}$$

式中，$\Delta_{0i}(k)=|x_0(k)-x_i(k)|(1\le i\le m)$，$\Delta max$ 和 Δmin 分别表示所有比较序列在各个时刻的绝对值中的最大值和最小值，因比较序列变换后互相相交，一般取 Δmin= 0；ρ 为分辨系数，$\rho\in$（0.1,0.5）。综合关联系数，计算子序列与母序列的关联度：

$$r_{0i}=\frac{1}{N}\sum_{K=1}^{N}L_{0i}(k)$$

根据灰色关联的原则，灰色关联度系数越大，表示该序列与参考数列的关系越密切，反之则疏远，以此建立关联序列，并对其进行排列。

1.4.2 *典型相关分析* 典型相关分析是研究两组变量之间相关关系的一种统计方法。其基本原理为：为整体上把握 2 组指标之间的相关关系，分别在 2 组变量中提取有代表性的 2 个综合变量 U_1 和 V_1（分别为 2 个变量组中各变量的线性组合），利用这 2 个综合变量之间的相关关系反映 2 组指标之间的整体相关性。本研究将海拔和气象因子包括海拔（x_1）、大田期降雨量（x_2）、大田期均温（x_3）、大田期日照时数（x_4）、大田期空气湿度（x_5）当作一组变量，把烟叶化学成分指标包括总氮（y_1）、烟碱（y_2）、水溶性总糖（y_3）、还原糖（y_4）、钾（y_5）、氯（y_6）、石油醚提取物（y_7）和淀粉（y_8）看作一组变量。

2 结果与分析

2.1 文山烟区海拔和气象因子基本情况

从表 1 可以看出，文山烟区 51 个植烟乡镇的平均海拔为 1 528 m，大田期平均降雨量为 699 mm，大田期平均温度 21.1℃，大田期日照时数 608.9 h，大田期平均空气湿度为 80.4%。海拔的极差较大、为 713 m，但是变异系数较小，仅为 9.60%，且大田期降雨量、大田期平均温度、大田期日照时数和大田期空气湿度变异系数都较小，在 2.12%~7.05% 之间，说明文山烟区各植烟乡镇在烤烟生长大田期气候差异不大。

表 1 文山烟区海拔和 5~8 月气象因子描述性统计

统计值	海拔（m）	降雨量（mm）	均温（℃）	日照时数（h）	空气湿度（%）
平均数	1528	699	21.1	608.9	80.4
极差	713	215	5.8	82.7	5.7
标准差	147	49	1.0	19.6	1.7
标准误	13	4	0.1	1.7	0.2
变异系数（%）	9.60	7.05	4.87	3.22	2.12

2.2 文山烟叶主要化学成分基本情况

从表 2 可以看出，文山烟区各乡镇的中部烟叶总氮、烟碱、水溶性总糖、还原糖、钾和石油醚提取物含量变异程度近似，变异系数在 12.31%~20.39% 之间，但是烟叶氯和淀粉含量变异程度高，变异系数分别为 60.41% 和 45.60%。对照文山烟叶主要化学成分与全

国 8 种香型风格区划之一的“西南高原 – 清甜青香型”化学成分指标特征值（总糖含量 26%~37%、还原糖含量 22%~32%、总氮含量 1.4%~2.1%、烟碱含量 1.6%~2.9%、钾离子含量 1.2%~2.1%、氯离子含量 0.1%~1.0%），发现文山烟叶除总氮含量略超过特征值范围外，总体符合典型“清甜青香型”优质烟叶化学成分特征。

表 2　文山烟区烟叶主要化学成分描述性统计

统计值	总氮含量（%）	烟碱含量（%）	水溶性总糖含量（%）	还原糖含量（%）	钾含量（%）	氯含量（%）	石油醚提取物含量（%）	淀粉含量（%）
平均数	2.18	2.50	32.38	25.19	1.77	0.16	6.07	3.16
极差	2.05	3.39	20.62	17.70	2.34	0.50	3.67	9.20
标准差	0.34	0.53	4.35	3.76	0.36	0.10	0.75	1.44
标准误	0.03	0.05	0.37	0.32	0.03	0.01	0.06	0.12
变异系数（%）	15.54	21.10	13.43	14.92	20.39	60.14	12.31	45.60

2.3　文山烟叶主要化学成分与海拔和气象因子的灰色关联度分析

由表 3 可知，海拔和气象因子与烟叶还原糖和石油醚提取物含量的灰色关联度值相对较小，与烟碱、氯和淀粉含量的灰色关联度值相对较大。由表 4 可知，文山烟叶总氮、烟碱、水溶性总糖、还原糖、钾、氯、石油醚提取物和淀粉等化学成分含量受海拔和气象因子影响的大小不一致，总氮、水溶性总糖和还原糖含量主要受大田期日照影响，且三者受海拔和气象因子影响趋势较为一致，均表现为大田期日照＞大田期空气湿度＞大田期均温＞海拔＞大田期降雨量，烟碱、钾和石油醚提取物含量主要受大田期空气湿度影响，氯和淀粉含量主要受大田期平均温度影响，海拔对烟叶主要化学成分含量的影响相对较小。

表 3　烟叶主要化学成分与海拔和气象因子的灰色关联度分析结果

化学成分	海拔	大田期降雨量	大田期均温	大田期日照	大田期空气湿度
总氮	0.4040	0.4036	0.4156	0.4541	0.4528
烟碱	0.4474	0.4560	0.4331	0.4443	0.4586
水溶性总糖	0.4033	0.3939	0.4164	0.4184	0.4177
还原糖	0.3353	0.3532	0.3676	0.3909	0.3796
钾	0.3846	0.4091	0.4261	0.4143	0.4309
氯	0.4996	0.5083	0.5121	0.5117	0.5100
石油醚提取物	0.3602	0.4014	0.3916	0.3957	0.4040
淀粉	0.4716	0.4976	0.5002	0.4827	0.4970

表 4　海拔和气象因子与烟叶化学成分的灰色关联度顺序结果

化学成分	海拔和气象因子
总氮	大田期日照＞大田期空气湿度＞大田期均温＞海拔＞大田期降雨量
烟碱	大田期空气湿度＞大田期降雨量＞海拔＞大田期日照＞大田期均温
水溶性总糖	大田期日照＞大田期空气湿度＞大田期均温＞海拔＞大田期降雨量
还原糖	大田期日照＞大田期空气湿度＞大田期均温＞大田期降雨量＞海拔
钾	大田期空气湿度＞大田期均温＞大田期日照＞大田期降雨量＞海拔
氯	大田期均温＞大田期日照＞大田期空气湿度＞大田期降雨量＞海拔
石油醚提取物	大田期空气湿度＞大田期降雨量＞大田期日照＞大田期均温＞海拔
淀粉	大田期均温＞大田期降雨量＞大田期空气湿度＞大田期日照＞海拔

2.4 文山烟叶主要化学成分与海拔和气象因子的典型相关分析

对文山烟叶主要化学成分与海拔和气象因子进行典型相关分析，从典型相关系数的显著性检验结果（表 5）可以看出，前 2 个典型相关系数分别是 0.6078、0.4248，统计检验达到极显著和显著水平，说明文山烟叶主要化学成分与海拔和气象因子之间有显著相关关系。由于原始变量的计量单位不同，不宜进行直接比较，这里采用标准化的典型系数给出典型相关模型 li 和 mi，并计算观察值与典型变量之间的相关系数，结果见表 6，由表 6 可知，第 1 典型变量的回归方程如下：

U_1=–0.2680x_1+1.2163x_2–0.0570 x_3–0.6854 x_4–0.8105x_5

V_1=–0.8257y_1+0.2043 y_2–0.3979 y_3–0.5356 y_4+0.5464y_5+0.2884 y_6–0.0256 y_7 +0.3864 y_8

在达到极显著水平的第 1 对典型变量（U_1，V_1）中，U_1 与大田期日照时数存在较高负相关，相关系数为 –0.8247，与大田期降雨量（x_2）存在较高正相关，相关系数为 0.6499，故 U_1 可以理解为主要描述了大田期日照时数和大田期降雨量的综合性状；V_1 与钾（y_5）存在较高正相关，相关系数为 0.6312，与还原糖（y_4）存在较高负相关，相关系数为 –0.4634，因此，V_1 为描述了烟叶化学成分中钾和还原糖含量的综合性状。这一线性组合说明大田期日照时数和大田期降雨量与烟叶钾含量和还原糖关系密切，反映出在一定范围内，随着大田期日照时数减少，大田期降雨量增加，文山烟叶中的钾含量有增加趋势，还原糖含量有降低趋势。

表 5 典型相关系数显著性检验

典型变量	相关系数	Wilk's	卡方值	*df*	*P* 值
1	0.6078	0.4473	103.7777	40	0**
2	0.4248	0.7094	44.2892	28	0.0260*
3	0.2669	0.8656	18.6152	18	0.4159
4	0.2255	0.9320	9.0814	10	0.5244
5	0.1343	0.9820	2.3486	4	0.6719

注：* 表示差异显著，** 表示差异极显著。

第 2 典型变量的回归方程如下：

U_2=0.6209x_1+1.5459x_2–0.2001x_3–0.4732x_4–1.8542x_5

V_2=0.8257y_1+0.2285y_2+0.4490y_3–0.6510y_4–0.0839y_5–0.6698y_6–0.3864y_7+0.4737y_8

在达到显著水平的第 2 对典型变量（U_2，

表 6 典型变量和其与观察值间的相关系数

指标	第 1 典型变量（λ=0.6078**）		第 2 典型变量（λ=0.4248*）	
	mi	rui	mi	rui
海拔（x_1）	–0.268	–0.4596	0.6209	0.6725
大田期降雨量（x_2）	1.2163	0.6499	1.5459	–0.0169
大田期均温（x_3）	–0.057	0.2021	–0.2001	–0.4556
大田期日照（x_4）	–0.6854	–0.8247	–0.4732	0.1074
大田期空气湿度（x_5）	–0.8105	0.5765	–1.8542	–0.3064
	li	rui	li	rui
总氮（y_1）	–0.8257	–0.2097	0.5742	0.3181
烟碱（y_2）	0.2043	–0.0948	0.2285	0.2568
水溶性总糖（y_3）	–0.3979	–0.2835	0.449	–0.2173
还原糖（y_4）	–0.5356	–0.4634	–0.651	–0.4495
钾（y_5）	0.5464	0.6312	–0.0839	–0.0597
氯（y_6）	0.2884	0.0678	–0.6698	–0.6041
石油醚提取物（y_7）	–0.0256	0.2311	–0.3864	–0.1237
淀粉（y_8）	0.3864	0.3279	0.4737	0.2241

注：λ 表示典型变量相关系数，mi 和 rui 分别为气象因子的标准化典型系数和典型负载系数，li 和 rui 分别为化学成分的标准化典型系数和典型负载系数。

V_2）中，U_2 与海拔（x_1）存在较高正相关，相关系数为 0.6725，与大田期均温（x_3）存在较高负相关，相关系数为 –0.4556，故 U_2 可以理解为主要描述了海拔和大田期均温的综合性状；V_2 与氯（y_6）和还原糖（y_4）存在较高负相关，相关系数分别为 –0.6041 和 –0.4495，因此，V_2 可以理解为主要描述了烟叶化学成分中氯和还原糖含量的综合性状。这一线性组合说明海拔和大田期均温与烟叶氯和还原糖含量关系密切，反映在一定范围内，随着海拔升高，大田期均温降低，文山烟叶中的氯和还原糖含量有降低趋势。

3　结论与讨论

文山州地处云贵高原东南部，在低纬高海拔和境内地形起伏等地理条件和亚热带气候综合影响下，光、热、水资源充足，但在时空分布上有一定差异。描述性统计分析结果表明，文山烟区各植烟乡镇的降雨量、温度、日照时数和空气湿度在烤烟生长大田期气候差异不大，且烟叶的总氮、烟碱、水溶性总糖、还原糖、钾和石油醚提取物含量的一致性较好，但烟叶氯和淀粉含量变异程度高。优质烤烟大田生长期日照时数需要500~700 h，最适温度为24~28℃，文山烟区的大田生长期日照时数和温度均在最适宜范围内，且大田期降雨量高于美国（593.5 mm）、巴西（657 mm）、津巴布韦（689.4 mm）、玉溪（698 mm）等其他烟区，烟区整体气候非常适宜优质烤烟生产[24]，化学成分具有“西南高原–清甜青香型”典型特征。

我们对文山烟区海拔和气象因子与烟叶化学成分的关系进行了灰色关联度分析，结果表明文山烟叶的总氮、水溶性总糖和还原糖含量主要受大田期日照影响，烟碱、钾和石油醚提取物含量主要受大田期空气湿度影响，氯和淀粉含量主要受大田期平均温度影响，海拔对烟叶主要化学成分的影响相对较小。这与戴冕等[25]研究的光照时数与烤后烟叶还原糖积累呈显著相关，降雨量和平均相对湿度则与烤后烟叶烟碱的积累呈极显著的相关关系结果相似，也与杨天旭等[14]和古战朝等[26]研究的总糖和还原糖含量与旺长期平均日照时数和平均日照全辐射的关联度最大结果部分一致。但常乃杰等[27]研究发现，总糖含量与温差灰色关联度最高，还原糖和淀粉含量与平均相对湿度关联度最高，烟碱、氯和钾含量均与日照时数关联度最高，笔者的结论与其存在一定的差异，这可能是因为不同产区气候条件有所不同导致。

另外，为进一步研究二者之间的关系，我们对两组变量进行典型相关性分析，结果表明，在一定范围内，随着大田期日照时数减少，大田期降雨量增加，文山烟叶中的钾含量有增加趋势，还原糖含量有降低趋势；随着海拔升高，大田期均温降低，文山烟叶中的氯和还原糖含量有降低趋势。这与汪孝国等[28]研究的糖含量与气温呈正相关，而与日照呈显著负相关结果有所出入，但是进一步印证了灰色关联度分析结果，烟叶糖含量主要受大田日照影响，因为植物依靠光合作用同化二氧化碳和水制造以糖类化合物为主的有机物储存能量，而延长光合时间是提高光能利用率，产生更多糖类物质的重要途径之一[5]；结果与周翔等[29]研究的烟叶钾含量与 5 月和 8 月降水量呈正相关结论基本一致，可能是因为文山烟区 5~6 月份降雨量较少，而在烤烟生育前期土壤水分过多或过少均会导致烟叶中钾含量降低[30]，因此，在文山烟区烤烟大田生长期适当增加降雨量烟叶钾含量有增加趋势。近两年卷烟工业企业反馈文山烟叶质量波动较大，质量有所下滑，可能正是因为近两年文山烟区气候异常，多低温阴雨寡照，烤烟生长期雨水过多导致烟叶中还原糖、氯离子含量降低所致。烟叶品质特征的形成受生态条件、品种[31]、栽培管理技术等因素综合影响，笔者仅对生态条件中的日照、降水、温度、湿度等几个气象因子和环境因子海拔与烟叶常规化学成分进行了初步分析，要想全面解读文山烟叶风格成因，需要进一步分析其与感官质量的关系，以及研究土壤、品种、栽培技术与烟叶品质的关系。

参考文献：

[1]　东方烟草网 . 中国烟草 2017 年发展报告 [N/OL]. http://www.eastobacco.com/zxbk/dyzxzx/

xyxw/201803/t20180307_478624.html,2018-03-27/2018-07-28.

[2] 黄中艳, 王树会, 朱勇, 等 . 云南烤烟 5 项化学成分含量与其环境生态要素的关系 [J]. 中国农业气象, 2007, 28 (3): 312-317.

[3] 徐志兵, 王威威, 王峰吉, 等 . 不同生态区 K326B2F 烟叶化学成分及中性致香物质含量差异分析 [J]. 广东农业科学, 2015, 42 (17): 12-17.

[4] 罗永露, 赵杰宏, 苏贤坤, 等 . 中间香型烟叶不同生态区烤烟 K326 的烟叶质量分析 [J]. 广东农业科学, 2015, 41 (19): 13-17.

[5] 潘瑞炽.植物生理学 [M].北京: 高等教育出版社, 2001.

[6] 李天福, 王彪, 杨焕文, 等 . 气象因子与烟叶化学成分及香吃味间的典型相关分析 [J]. 中国烟草学报, 2006, 12 (1): 23-26.

[7] 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.

[8] 陈伟, 王三根, 唐远驹, 等 . 不同烟区烤烟化学成分的主导气候影响因子分析 [J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14 (1): 144-150.

[9] 周效峰, 金亚波 . 气象因子、土壤理化性状与烟叶内在化学成分的关联度研究 [J]. 湖南农业科学, 2016 (4): 76-79.

[10] 孟丹, 陈正洪, 李建平, 等 . 鄂西烟叶品质垂直变化及其与气象因子的关系研究 [J]. 湖北农业科学, 2016, 55 (5): 1194-1198, 1346.

[11] 梁兵, 倪凤萍, 邵小东, 等 . 不同海拔、移栽期及移栽方式对烤烟生长发育及产质量的影响 [J]. 西南农业学报, 2017, 30 (12): 2648-2653.

[12] 王育军, 周冀衡, 张一扬, 等 . 云南保山烟区气象因子与烤烟化学成分的相关性分析 [J]. 中国农业科技导报, 2014, 16 (2): 109-115.

[13] 丁根胜, 王允白, 陈朝阳, 等 . 南平烟区主要气候因子与烟叶化学成分的关系 [J]. 中国烟草科学, 2009, 30 (4): 26-30.

[14] 杨天旭, 左安建, 魏秋兰, 等 . 遵义烟区烤烟气候因子的适生性评价及其与化学成分间的关联分析 [J]. 中国农学通报, 2016, 32 (36): 163-169.

[15] 沈燕金, 张一扬, 戴珏, 等 . 文山烟叶主要化学成分与气象因子灰色关联分析 [J]. 作物研究, 2015, 29 (6): 511-515.

[16] 李卫, 张树峰, 向成高, 等 . 云南文山烟区土壤有机质的时空分布特征 [J]. 中国烟草科学, 2014, 35 (6): 44-47.

[17] YC/T161-2002, 烟草及烟草制品总氮的测定连续流动法 [S].2002.

[18] YC/T160-2002, 烟草及烟草制品总植物碱的测定连续流动法 [S].2002.

[19] YC/T159-2002, 烟草及烟草制品水溶性糖的测定连续流动法 [S].2002.

[20] YC/T173-2003, 烟草及烟草制品中钾的测定法火焰光度法 [S].2003.

[21] YC/T162-2011, 烟草及烟草制品氯的测定连续流动法 [S].2011.

[22] YC/T176-2003, 烟草及烟草制品石油醚提取物的测定 [S].2003.

[23] YC/T216-2007, 烟草及烟草制品淀粉的测定连续流动法 [S].2007.

[24] 谭智勇, 许龙, 徐天养, 等 . 文山烟区烤烟气候适宜性评价及其变化特征分析 [J]. 中国烟草科学, 2015, 36 (1): 78-83.

[25] 戴冕.我国主产烟区若干气象因素与烟叶化学成分关系的研究 [J].中国烟草学报, 2000, 6 (1): 27-34.

[26] 古战朝, 王毅, 王逸飞, 等 . 云南烟区气象因子与烤烟化学成分的灰色关联度分析 [J]. 中国农学通报, 2012, 28 (10): 243-248.

[27] 常乃杰, 刘青丽, 李志宏, 等 . 典型清香型烟区生态因子与烤烟品质灰色关联度 [J]. 西南农业学报, 2017, 30 (8): 1754-1759.

[28] 汪孝国, 王小东, 范建立, 等 . 豫西烟区气候因子与烤烟化学品质关系研究 [J]. 西南农业学报, 2008, 21 (4): 989-992.

[29] 周翔, 梁洪波, 董建新, 等 . 山东烟区降水对烟叶主要化学成分的影响 [J]. 中国烟草科学, 2008, 29 (2): 37-41.

[30] 丁伟, 栾双, 程鹏, 等 . 土壤水分对烤烟叶中钾含量的影响及调节措施的研究 [J]. 东北农业大学学报, 2002, 33 (3): 213-216.

[31] 丁永亮, 苑举民, 陈仁霄, 等 . 不同基因型烤烟在江西烟区的适应性研究 [J]. 广东农业科学, 2018, 45 (2): 18-23.

(责任编辑　白雪娜)