

烤烟物理特性与化学成分的相关及逐步回归分析

王冬 赵铭钦* 张学杰 王川

(河南农业大学烟草学院/国家烟草栽培生理生化研究基地,郑州 450002)

摘要 为探究烤烟烟叶物理特性与化学成分的定量关系,并为客观准确评价烟叶质量提供理论依据,对2009年的90个烤烟烟叶的物理特性和主要化学成分含量进行检测鉴定,并进行了新复极差法多重比较和多元线性回归分析。结果表明:在所考察的5项物理特性(叶片厚度、单叶质量、含梗率、填充值和抗张强度)指标中,变异从大到小的排序为:叶片厚度>单叶质量>抗张强度>含梗率>填充值;4项化学成分指标(烟碱、氯、总糖和钾含量)变异从大到小的排序为:氯>钾>烟碱>总糖。随着烟叶部位的增高,烟叶的厚度、单叶质量和抗张强度逐渐增大,而含梗率和填充值逐渐减小。烟叶物理特性和各项化学成分指标所建立的多元回归方程及回归系数均达到极显著水平。叶片厚度和含梗率与烟碱含量关系密切,其中叶片厚度(标准回归系数为0.551,下同。)与烟碱含量呈极显著正相关,含梗率(-0.268)与烟碱含量呈极显著负相关;叶片厚度(0.608)、含梗率(0.262)都与烟叶氯含量呈极显著正相关,是烤烟氯含量的重要影响因素;叶片厚度和填充值影响总糖含量的变化,其中叶片厚度(-0.577)与总糖含量呈极显著负相关,填充值(-0.210)与总糖含量呈显著负相关;单叶质量(-0.577)与钾含量呈极显著负相关。

关键词 烤烟; 物理特性; 化学成分; 回归分析

中图分类号 S 572

文章编号 1007-4333(2010)06-0052-07

文献标志码 A

Correlation and stepwise regression analysis between physical properties and chemical composition of flue-cured tobacco

WANG Dong, ZHAO Ming-qin*, ZHANG Xue-jie, WANG Chuan

(Tobacco College of Henan Agricultural University/National Tobacco Cultivation & Physiology & Biochemistry Research Center, Zhengzhou 450002, China)

Abstract To quantify the relationships between physical characteristics and chemical composition of flue-cured tobacco, we used correlation and stepwise regression to analyze the relationships among the physical parameters such as leaf thickness, single leafweight, stem content in lamina, filling power, tensile strength and chemical concentration of nicotine, chlorine content, total sugar, potassium. The results showed that the variation of physical parameters was in the order of leaf thickness>single leafweight>tensile strength>stem content>filling power, but chemical composition parameters Cl>K>nicotine>total sugar. Either leaf thickness, leaf weight or tensile strength increased with the height of stalk position. In contrar, stem content and filling power decreased. The multiple regression equation and regression coefficients were all highly significant. Leaf thickness and stem content were closely related with the nicotine content. Either leaf thickness or stem content was highly correlated with nicotine and chlorine contents, the standard regression coefficients being 0.511 and -0.268, and 0.608 and 0.262 respectively. Total sugar content was closely linked with leaf thickness(-0.577) and filling power(-0.210). Single leaf weight was significantly negatively correlated with potassium content(-0.577).

Key words flue-cured tobacco; physical characteristics; chemical composition; regression analysis

收稿日期: 2010-04-08

基金项目: 河南省烟草公司重大科技攻关项目资助(HYKJ200901)

第一作者: 王冬, 硕士研究生, E-mail: wangdong_1985@yahoo. cn

通讯作者: 赵铭钦, 教授, 博士, 主要从事烟草质量评价、烟草化学与香精香料、烟草生物发酵工程研究,

E-mail: zhaomingqin@126. com

烤烟烟叶的物理特性和常规化学成分与烟叶的加工性能、可用性和烟气组分密切相关,是烟叶质量的重要构成因素,也是反映烟叶品质与加工性能的重要参数,不但与烟叶的类型、品种、等级和质量相关,而且与卷烟配方设计、烟叶加工和贮藏工艺有着极其密切的关系,因而直接影响烟叶品质和卷烟制造过程中的产品风格、成本及其他经济指标^[1-3]。随着烟叶原料加工精细化要求的不断提高,烟叶物理特性和化学成分的变化规律及其相关性已成为烟叶质量评价和卷烟配方设计中十分关注的问题。

烟叶的物理性状与烟叶组织结构及内含物质的充实程度密切相关^[4],也与卷烟烟气焦油释放量关系密切^[5]。有关烤烟叶厚、叶质量等物理性状与评吸质量和化学品质变化规律的相关性研究已有不少报道^[6-10]。但总体看来,烟叶物理特性对主要化学成分含量的影响还缺乏更加深入全面的探索,二者相关性方面的研究空白需要进一步补充。本试验对 2009 年的 90 个烤烟烟叶样品的物理特性和主要化学成分含量进行的测定,旨在探索烤烟烟叶物理特性的变化规律及其与化学成分的关系,为烤烟质量评价体系的完善、叶组配方的建立、以及原料的合理使用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试烤烟品种为云烟 87。分别取河南、山西、吉林、云南 4 个产烟省 11 个点 2009 年生产的烤烟烟叶样品(表 1),每点均取上部(17~18 叶位)、中部(11~13 叶位)和下部(4~6 叶位)3 个样品共计 90 个烤烟烟叶样品,根据不同取样点和不同叶位,按照

表 1 取样点和样品数

Table 1 Sampling sites and the number of samples

省份	取样地点	样品数
河南	汝阳、襄县、舞阳、方城、宝丰	15
吉林	和龙、敦化、龙井、汪清	12
山西	平陆	24
云南	沧源	39
合计		90

河南(1~15)、山西(16~21、34~51)、吉林(22~33)、云南(52~90)随机进行编号。

1.2 测定方法

采用吉文书等^[11]的方法分别测定烟叶的叶片厚度、单叶质量、含梗率、填充值和抗张强度。烟碱的测定采用王瑞^[12]的新紫外分光光度法;氯、总糖和钾含量数据用法国 ALLIANCE 公司生产的 Alliance Futura 流动分析仪测定。

1.3 数据处理

利用统计软件 SPSS17.0 进行单因素方差分析,用新复极差法进行多重比较,并进行多元逐步回归分析^[13-14]。

2 结果与分析

2.1 烤烟烟叶物理特性的变化

对 90 个烤烟烟叶样品的叶片厚度、单叶质量、含梗率、填充值和抗张强度等 5 项物理指标的测定结果见图 1~5,每项物理特性指标测定结果的统计数据见表 2。

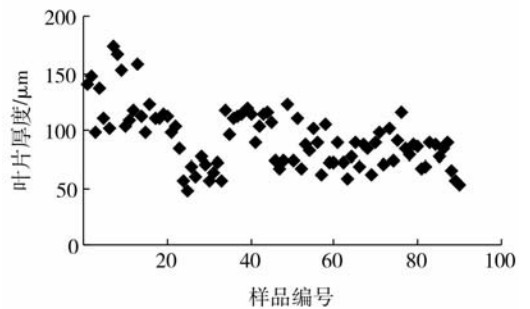


图 1 烟叶叶片厚度

Fig. 1 Leaf thickness of flue-cured tobacco

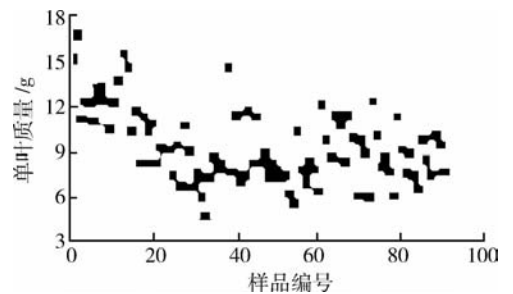


图 2 烟叶单叶质量

Fig. 2 Leaf weight of flue-cured tobacco

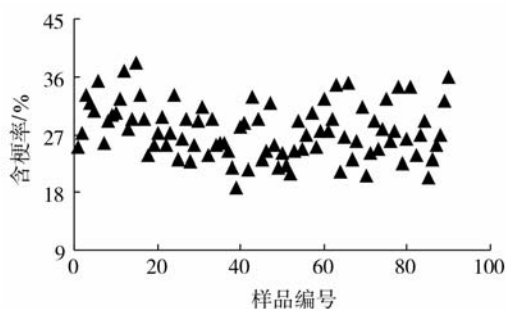


图3 烟叶含梗率

Fig. 3 Stem proportion in flue-cured tobacco

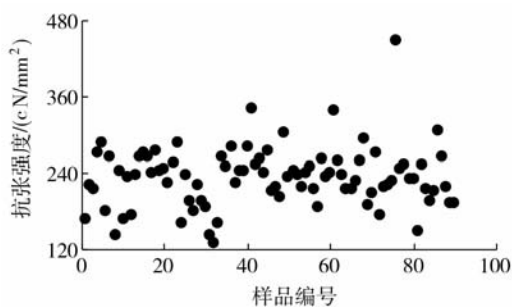


图5 烟叶抗张强度

Fig. 5 Tensile strength of flue-cured tobacco

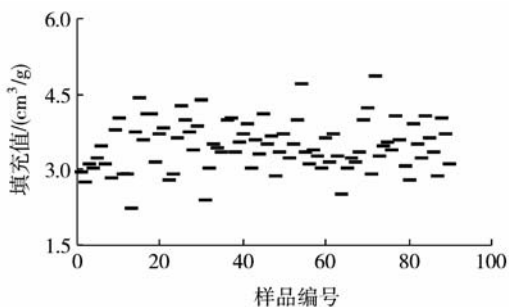


图4 烟叶填充值

Fig. 4 Filling power of flue-cured tobacco

统计分析结果表明,尤以叶片厚度的变异程度最大,变异系数为 28.3%;其次是单叶质量和抗张强度,变异系数分别为 26.2%和 20.27%;含梗率和填充值的变异系数分别为 15.29%和 14.13%,两者的变异较小。由此说明烤烟烟叶的物理特性的差异主要表现在叶片厚度、单叶质量和抗张强度方面。

不同部位烤烟烟叶物理特性变化规律(表 3)表现为,随着部位的升高,烟叶的厚度、单叶质量和抗张强度增大,而含梗率和填充值逐渐减小。

表2 烤烟烟叶物理特性测定结果的统计分析

Table 2 Statistical analysis results of physical characteristics of flue-cured tobacco

统计指标	叶片厚度/ μm	单叶质量/g	含梗率/%	填充值/ (cm^3/g)	抗张强度/ (cN/mm^2)
最小值	48.00	4.69	18.57	2.22	129.60
最大值	174.20	16.70	38.15	4.83	448.60
平均值	93.25 ± 26.39	9.35 ± 2.45	27.53 ± 4.21	3.46 ± 0.49	233.30 ± 47.31
变异系数	0.283 0	0.262 0	0.152 9	0.141 3	0.202 7

表3 不同叶位烤烟物理特性的比较

Table 3 Comparison on physical characteristics of flue-cured tobacco from different leaf position

部位	叶片厚度/ μm	单叶质量/g	含梗率/%	填充值/ (cm^3/g)	抗张强度/ (cN/mm^2)
上部叶	101.04 ± 28.90	10.30 ± 2.15	25.49 ± 3.53	3.34 ± 0.49	245.75 ± 55.08
中部叶	92.98 ± 23.96	9.64 ± 2.55	27.20 ± 2.67	3.39 ± 0.42	236.26 ± 43.56
下部叶	85.74 ± 24.64	8.12 ± 2.18	29.91 ± 4.95	3.64 ± 0.53	218.00 ± 39.06

注:表中数据为平均值 \pm 标准差。

2.2 烤烟烟叶常规化学成分的变化

对 90 个烤烟烟叶样品的烟碱、氯、总糖和钾等 4 项常规化学成分测定结果见图 6,每项化学成分指

标测定结果的统计数据见表 4。

统计分析结果表明,氯含量的变异程度最大,变异系数为 46.40%;其次是钾含量,变异系数为

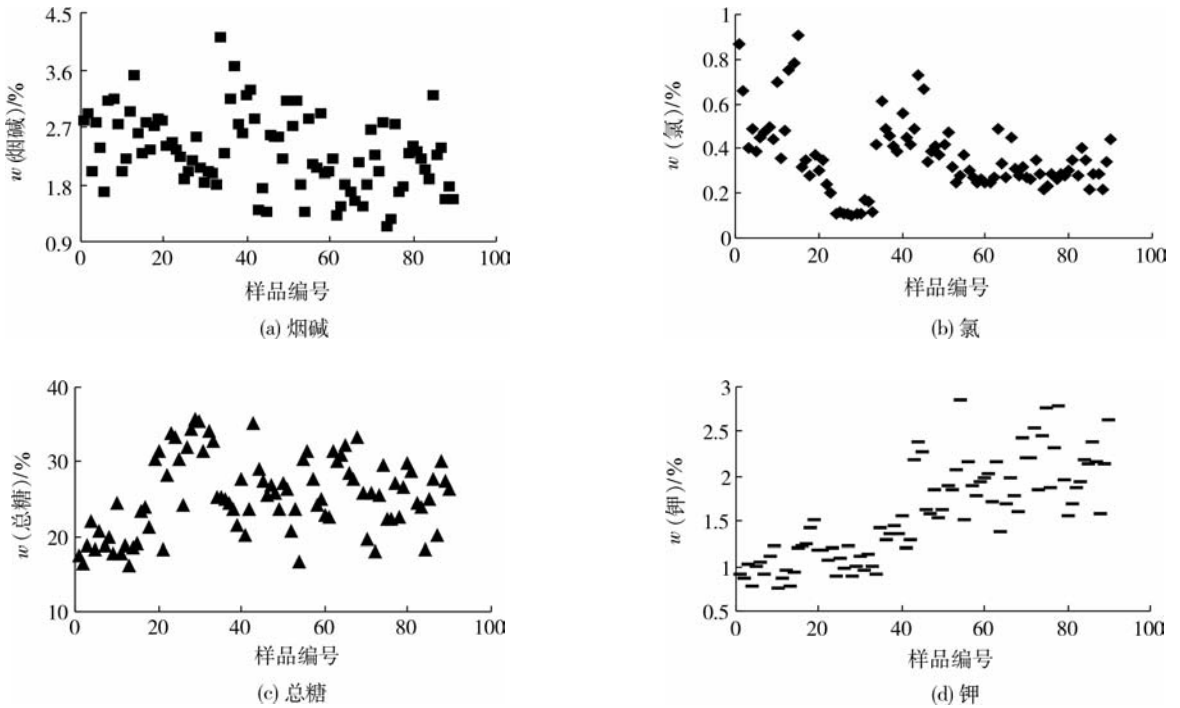


图 6 烟叶中烟碱、氯、总糖和钾质量分数

Fig. 6 Nicotine, total sugar, chlorine and potassium content of flue-cured tobacco

表 4 烤烟烟叶化学成分测定结果的统计分析

Table 4 Statistical analysis results of chemical composition of flue-cured tobacco $w/\%$

统计指标	烟叶化学成分			
	烟碱	氯	总糖	钾
最小值	1.13	0.10	16.03	0.74
最大值	4.11	0.91	35.75	2.85
平均值	2.30 ± 0.59	0.36 ± 0.17	25.44 ± 5.11	1.58 ± 0.55
变异系数	0.256 6	0.464 0	0.200 9	0.345 4

34.54%；烟碱和总糖的变异系数分别为 25.66%和 20.09%，两者的变异较小。由此说明烤烟烟叶的化学成分的差异主要表现在氯和钾含量方面。

2.3 烤烟烟叶物理特性与常规化学成分的关系

对不同省份烟叶的叶片厚度、单叶质量、含梗率、填充值和抗张强度与主要化学成分分别进行新复极差法多重比较和多元逐步回归分析。

2.3.1 不同生态条件下烤烟样品物理特性和化学成分的变化分析

河南、山西、吉林和云南 4 个取样省份的样品物理特性和化学成分的均值以及方差分析结果见表 5。研究表明，不同生态区域烤烟的叶片厚度、单叶

质量、含梗率和抗张强度以及各化学成分含量均达到极显著水平，可见生态条件对烟叶的物理特性和化学成分有较大影响。而不同省份之间烤后烟烟叶填充值差异不明显。

2.3.2 烤烟烟叶物理特性与烟碱含量的关系

如果将全部物理性状分别与化学成分进行回归，则可能会给回归系数的估计带来不合理的解释（存在共线性关系），如烟叶厚度会影响到单叶质量进而影响化学成分含量，从而导致建立起来的回归方程可靠性差、精度低。因此，采用了逐步回归分析方法建立“最优”回归模型，包含了所有对某项化学成分有显著影响的物理性状变量，但不包含对其影

表5 不同生态条件下烤烟样品各物理特性和化学成分指标的均值和方差分析

Table 5 Mean and variance analysis of chemical components and physical parameters at different ecological conditions

指标	产区				F	
	河南	吉林	山西	云南		
物理特性	叶片厚度/ μm	128.44 aA	67.88 dC	103.86 bB	82.63 cC	33.503**
	单叶质量/g	12.89 aA	7.92 bB	9.01 bB	8.66 bB	22.497**
	含梗率/%	30.80 aA	27.08 bB	25.75 bB	27.39 bAB	4.893**
	填充值/(cm^3/g)	3.22 bA	3.48 abA	3.58 aA	3.47 abA	1.682
	抗张强度/(cN/mm^2)	222.47 bcAB	196.20 cB	254.81 aA	237.09 abA	4.806**
化学成分	$w(\text{烟碱})/\%$	2.60 aA	2.09 bB	2.65 aA	2.08 bB	7.601**
	$w(\text{氯})/\%$	0.58 aA	0.14 dD	0.45 bB	0.30 cC	50.550**
	$w(\text{总糖})/\%$	18.99 cC	32.14 aA	25.37 bB	25.87 bB	29.095**
	$w(\text{钾})/\%$	0.95 cC	1.03 cC	1.55 bB	1.99 aA	47.506**

注:同行数据后不同大、小写字母表示在 $P < 0.01$, $0.01 < P < 0.05$ 水平差异显著。**表示差异极显著($P < 0.01$)。

响不显著的物理性状变量(即为入选指标)。

根据逐步回归原理,采用 SPSS 统计软件对烟叶的叶片厚度、单叶质量、含梗率、填充值和抗张强度与烟碱含量进行逐步回归分析(表 6~7),得到多元回归方程为 $Y = 2.2680 + 0.0114X_1 - 0.0376X_3$ ($n=90$),其中, Y 为烟叶烟碱含量, $w/\%$; $X_1 \sim X_5$ 分别为叶片厚度、单叶质量、含梗率、填充值和抗张强度的测定值, μm 、 g 、 $\%$ 、 cm^3/g 和 cN/mm^2 ; n 为样品数。

表6 烤烟烟叶物理特性与烟碱含量回归方程的方差分析

Table 6 ANOVA of regression equation between physical parameters and nicotine content

变异来源	自由度	离差平方和	均方差	F	P
回归	2	11.242	5.621	24.794	0.000
离回归	87	19.723	0.227		
总变异	89	30.965			

表7 烤烟烟叶物理特性与烟碱回归系数及显著性检验

Table 7 Coefficients of regression equation between physical parameters and nicotine content

项目	回归系数	标准误	标准系数	显著性	
				T	P
常数项	2.268	0.397		5.709	0.000
叶片厚度(X_1)	0.011	0.002	0.511	5.942	0.000
含梗率(X_3)	-0.038	0.012	-0.268	-3.117	0.002

表6是对拟合模型方差分析检验的结果。由此可知,方差分析结果回归方程达极显著水平,回归系数达显著或极显著水平。说明该模型具有统计学意义,但模型统计学意义不等于模型内所有的变量就有统计学意义,还需进一步对各变量进行检验。

表7是对该模型中各个系数检验的结果,用 t 测验。从中可以看出,2个自变量的系数都有统计学意义。叶片厚度的偏回归系数为 0.011,标准化回归系数为 0.511;含梗率的偏回归系数为 -0.038,标准化回归系数为 -0.268。通过比较2个变量的标准化回归系数的绝对值,可知叶片厚度对烟碱含量的影响更大。

对拟合模型方差分析检验达显著或极显著水平的2个物理特性变量对烟碱含量的决定系数 $R^2 = 0.363$,说明应用当前模型能解释 36.3%的因变量变化。在所考察的烟叶物理特性的5项指标中,叶片厚度与烟碱含量呈极显著正相关,含梗率与烟碱含量呈极显著负相关,而单叶质量、填充值和抗张强度的影响不显著。

2.3.3 烤烟烟叶物理特性与氯含量的关系

对烟叶的叶片厚度、单叶质量、含梗率、填充值和抗张强度与氯含量进行逐步回归分析(表 8~9),得到多元回归方程为: $Y = -0.2865 + 0.0039X_1 + 0.0104X_3$ ($n=90$)。

从表8和9可知,方差分析结果回归方程达极显著水平,回归系数达显著或极显著水平。入选对氯含量有显著或极显著影响的2个物理特性对氯含

量的决定系数 $R^2 = 0.404$, 说明应用当前模型能解释 40.4% 的因变量变化。在所考察的烟叶物理特性的 5 项指标中, 叶片厚度、含梗率都与烟叶氯含量呈极显著正相关, 而单叶质量、填充值和抗张强度的影响不显著。

表 8 烤烟烟叶物理特性与氯含量回归方程的方差分析

Table 8 ANOVA of regression equation between physical parameters and chlorine content

变异来源	自由度	离差平方和	均方差	F	P
回归	2	1.011	0.506	29.511	0.000
离回归	87	1.490	0.017		
总变异	89	2.502			

表 9 烤烟烟叶物理特性与氯含量回归系数及显著性检验

Table 9 Coefficients of regression equation between physical parameters and chlorine content

项目	回归系数	标准误	标准系数	显著性	
				T	P
常数项	-0.286	0.109		-2.624	0.010
叶片厚度(X_1)	0.004	0.001	0.608	7.306	0.000
含梗率(X_3)	0.010	0.003	0.262	3.150	0.002

2.3.4 烤烟烟叶物理特性与总糖含量的关系

对烟叶的叶片厚度、单叶质量、含梗率、填充值和抗张强度与总糖含量进行逐步回归性回归分析(表 10~11), 得到多元线性回归方程: $Y = 43.374 0 - 0.111 8X_1 - 2.172 8X_4 (n=90)$ 。

从表 10 和 11 可知, 方差分析结果回归方程达极显著水平, 回归系数达显著或极显著水平。入选的对总糖含量有显著或极显著影响的 2 个物理特性对氯含量的决定系数 $R^2 = 0.309$, 说明应用当前模型能解释 30.9% 的因变量变化。在所考察的烟叶物理特性的 5 项指标中, 叶片厚度与烟叶总糖含量呈

表 10 烤烟烟叶物理特性与总糖含量回归方程的方差分析

Table 10 ANOVA of regression equation between physical parameters and total sugar content

变异来源	自由度	离差平方和	均方差	F	P
回归	2	719.078	359.539	19.479	0.000
离回归	87	1 605.867	18.458		
总变异	89	2 324.946			

表 11 烤烟烟叶物理特性与总糖回归系数及显著性检验

Table 11 Coefficients of regression equation between physical parameters and total rugar content

项目	回归系数	标准误	标准系数	显著性	
				T	P
常数项	43.374	4.137		10.485	0.000
叶片厚度(X_1)	-0.112	0.018	-0.577	-6.218	0.000
填充值(X_4)	-2.173	0.959	-0.210	-2.266	0.026

极显著负相关, 填充值都与总糖含量呈显著负相关, 而单叶质量、含梗率和抗张强度的影响不显著。

2.3.5 烤烟烟叶物理特性与钾含量的关系

对烟叶的叶片厚度、单叶质量、含梗率、填充值和抗张强度与钾含量进行逐步回归分析(表 12~13), 得到多元线性回归方程为: $Y = 2.474 7 - 0.095 2X_2 (n=90)$ 。

表 12 烤烟烟叶物理特性与钾含量回归方程的方差分析

Table 12 ANOVA of regression equation between physical parameters and potassium content

变异来源	自由度	离差平方和	均方差	F	P
回归	1	4.844	4.844	19.551	0.000
离回归	88	21.803	0.248		
总变异	89	26.647			

表 13 烤烟烟叶物理特性与钾含量回归系数的显著性检验

Table 13 Coefficients of regression equation between physical parameters and potassium content

项目	回归系数	标准误	标准系数	显著性	
				T	P
常数项	43.374	4.137		10.485	0.000
单叶质量(X_2)	-0.112	0.018	-0.577	-6.218	0.000

表 12 和 13 显示方差分析结果回归方程达极显著水平, 回归系数达显著或极显著水平。在烟叶钾含量与物理性状的回归分析中, 只有单叶质量入选为有效变量, 决定系数为 $R^2 = 0.182$ 。单叶质量与钾含量呈极显著负相关。

3 结论与讨论

1) 在所考察的烤烟烟叶的叶片厚度、单叶质量、含梗率、填充值和抗张强度 5 项物理特性指标中, 变

异从大到小的顺序为:叶片厚度>单叶质量>抗张强度>含梗率>填充值;而所考察的化学成分变异程度从大到小顺序为:氯>钾>烟碱>总糖。不同部位烤烟烟叶物理特性的变化规律是:随着部位的增高,烟叶的厚度、单叶质量和抗张强度增大,而含梗率和填充值变小。

2)通过对烤烟烟叶物理特性和主要化学成分的分析:除烟叶填充值外,不同省份各项物理特性和化学成分指标的差异均达到极显著水平。通过逐步回归分析,结果表明,对烟叶物理特性和各项化学成分指标所建立的多元回归模型,经显著性检验,回归方程及回归系数均达到极显著水平,表明烟叶物理特性与各项化学成分之间存在着多元回归关系。

3)综合各项分析结果,烟叶叶片厚度与烟碱含量呈极显著正相关,含梗率与烟碱含量呈极显著负相关,说明烤烟烟叶部位是影响烟碱含量的主要因素,随着部位的升高,烟碱含量升高;叶片厚度、含梗率都与烟叶氯含量呈极显著正相关;叶片厚度与总糖含量呈极显著负相关,填充值与总糖含量呈显著负相关;单叶质量与钾含量呈显著负相关。

参 考 文 献

[1] 周冀衡,朱小平,王彦亭,等.烟草生理与生物化学[M].合肥:中国科学技术大学出版社,1996:89-145
 [2] 闫克玉,袁志永,吴殿信,等.烤烟质量评价指标体系研究[J]郑州轻工业学院:自然科学版,2001,16(12):57-61

[3] 尹启生,陈江华,王信民,等.2002年度全国烟叶质量评价分析[J].河南农业科学,2005(12):17-20
 [4] 闫克玉,王海燕,李兴波,等.烤烟国家标准河南烟叶叶厚、叶重及叶片密度研究[J].郑州轻工业学院学报,1999,14(2):45-50
 [5] 闫克玉,李兴波,赵海亮,等.河南烤烟理化指标间的相关性研究[J].郑州轻工业学院学报:自然科学版,2000,15(3):20-24
 [6] 赵献章,刘国顺,杨永峰,等.不同叶位烤烟叶片主要物理性状和化学品质分析[J].河南农业大学学报,2006,40(3):230-233
 [7] 薛超群,尹启生,王广山,等.烤烟烟叶物理特性的变化及其与评吸质量的关系[J].烟草科技,2008,7(6):52-55
 [8] 离根,毕庆文,汪建,等.烤烟主要化学成分与烟叶品质关系研究进展[J].河北农业科学,2007,11(6):6-9
 [9] 杨虹琦,周冀衡,李永平,等.云南不同产区主栽烤烟品种烟叶物理特性的分析[J].中国烟草学报,2008,12(6):30-36
 [10] 李东亮,许自成,毕庆文,等.烤烟烟碱含量与物理性状的关系分析[J].中国烟草学报,2008,6(3):36-39
 [11] 吉文书,腾兆波.烟草物理检测[M].郑州:河南科学技术出版社,1997:188-209
 [12] 王瑞新.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003
 [13] 苏金明,傅荣华,周建斌,等.统计软件 SPSS for Windows实用指南[M].北京:电子工业出版社,2000:323-454
 [14] 何晓群.现代统计分析方法与应用[M].北京:中国人民大学出版社,1998:215-248