DOI:10.13652/j.issn.1003-5788.2020.12.008

河南浓香型烤烟不同分切区位常规化学成分和感官质量的差异性分析

Variation analysis of conventional chemical component content and sensory quality among different sections of full flavor style flue-cured tobacco leaf in Henan

马一琼 刘 超 程良琨 王宝林 姚 倩

MA Yi-qiong LIU Chao CHENG Liang-kun WANG Bao-lin YAO Qian

李 悦 崔 廷 郑文超 杨欣玲 刘茂林

LI Yue CUI Ting ZHENG Wen-chao YANG Xin-ling LIU Mao-lin

(河南中烟工业有限责任公司技术中心,河南 郑州 450000)

(*Technology Center, China Tobacco Henan Industrial Co., Ltd., Zhengzhou, Henan* 450000, *China*)

摘要:以河南平顶山浓香型 C3F 烟叶为试验材料,采用十段式分切处理、主成分和聚类分析方法,研究叶面不同区位的常规化学成分含量和感官质量。结果表明:化学成分含量和感官质量在不同区位间呈现差异性,其中烟碱、蛋白质、氮碱比、香气质、香气量、浓度、余味、杂气指标差异显著;前 3 个主成分分析的累计贡献率达 86.72%,其中第 1 主成分归纳为感官因子,贡献率为 53.62%,第 2 主成分归纳为浓香因子,贡献率为 24.76%,第 3 主成分归纳为刺激性因子,贡献率为 8.34%;主成分综合得分在 L1~L4 区位间差异不显著,但显著高于其他区位;烟叶可分切为上、中、下 3 段,其中上段为区位 L1~L5,中段为区位 L6~L8,下段为区位 L9~L10,且样品综合得分表现为上段(1.13)>中段(0.55)>下段(0.16),差异显著;聚类分切能有效提高烟叶的可用性和利用率。

关键词:浓香型烤烟;化学成分;感官质量;主成分分析;聚类分析

Abstract: In order to provide evidence for cutting and processing of full flavor style flue-cured tobacco leaf in Henan full flavor style flue-cured tobacco leaves, C3F grade tobacco leaf samples in Pingdingshan were sliced into ten portions. In order to study the variation of conventional chemical component content and sensory quality of Henan full flavor style flue-cured tobacco leaves among different sections, using the method of principal component analysis and clustering analysis. The result showed that: the chemical component content of flue-cured tobacco presented otherness and regularity. The content of total nicotine, protein, ratio of nitrogen and nicotine, aroma quality, aroma quantity, concentration, differed between different sections extremely significantly. The first three principal components, which might be regarded as sensory factor (53.62%), full flavor style factor (24.76%) and stimulating factor (8.34%), account for 86.72%. The comprehensive score of section L1~L4 had no significant difference, and was higher than other sections significantly. This study advised that full flavor flue-cured tobacco leaf was sliced into 3 sections. The upper section was from L1 to L5, the medium section L6 to L8, and the lower section L8 to L10. The comprehensive scores were ranked as the upper section (1.13)>the medium section (0.55)>the lower section (0.16), and the variation reached a significant difference among the three sections. Therefore cutting and processing could promote the feasibility and utilization of flue-cured tobacco.

Keywords: full flavor style flue-cured tobacco; conventional chemical component; sensory quality; principal component analysis; clustering analysis

化学成分是烟叶质量形成的物质基础,决定了烟叶的质量表现和风格特色[1-2]。感官品质是直接体现烟叶使用价值和可用性的重要指标[3-4]。因此,化学成分和

基金项目:河南中烟工业有限责任公司科技计划资助项目(编号:HNZY012012347)

作者简介:马一琼,女,河南中烟工业有限责任公司助理工程师,硕士。

通信作者:刘茂林(1966—),男,河南中烟工业有限责任公司工程师。E-mail:13607687831@139.com

收稿日期:2020-07-07

感官品质作为两类关键指标，常用来评价烟叶的内在质量和可用性。同一片烟叶由于空间位置的差异，在生长期接收的光照条件不同，叶面不同区域的品质特点会表现出较大的差异[5]。而目前烟叶原料的加工并未考虑单叶叶面的质量分布差异，多采用整片加工方式，不符合精细化加工要求，也不利于烟叶使用效率的提升[6-7]。为了弥补当前烟叶加工工艺的不足，基于叶面质量分布差异的烟叶分切研究成为当前的一个热点方向。而关于烟叶分切的研究多是基于单一化学指标——钾元素[8]、有机酸[9-10]、石油醚提取物等[11]，以单一化学指标代表烟叶的内在品质具有一定的局限性。

试验拟综合化学成分和感官品质两类指标，以平顶山 C3F 烟叶为试验材料，采取主成分和聚类分析法对烟叶进行分切研究，旨在探索化学成分和感官品质在叶面的分布规律，为河南浓香型烟叶的分切处理和加工提供依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料与仪器设备

烟叶：以河南典型浓香型烟叶为供试材料，选取 2015 年平顶山郏县 C3F 烟叶作为试验样品，品种为中烟 100，河南中烟工业有限责任公司；

多功能粉碎机：ST-07B 型，上海树立仪器仪表有限公司；

流动分析仪：SEAL AA3 型，美国 PE 公司。

1.2　测定方法

1.2.1　分切方法　将所有样品的叶柄部切除 7 cm 后，其余部分平均分切为 10 段，自叶尖到叶基处分别编号为 L1～L10(见图 1)。分切后样品进行叶梗分离处理，用粉碎机粉碎，过筛保存备用。

1.2.2　常规化学成分测定

(1) 还原糖、总糖、烟碱、钾、氯等化学成分：采用连续流动分析仪法[12]。

(2) 总氮：采用过氧化氢—浓硫酸消化法[12]。

(3) 蛋白质：采用间接测定法[12]。

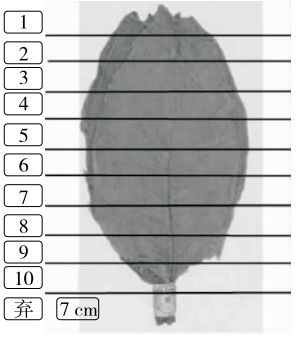

图 1　样品分切方法

Figure 1　Tobacco leaf cutting method

1.2.3　感官质量评价　将聚类分切的烟叶样品分别切丝混匀，手工制成卷烟，于(22±2) ℃、相对湿度为(60±2)%的恒温恒湿箱内平衡 2 d。由河南中烟工业有限责任公司技术中心 5 名专业评吸人员参照 YC /T 138—1998 对卷烟烟叶样品进行感官质量评价，评价指标包括香气质、香气量、浓度、柔细度、余味、杂气、刺激性，计算平均值作为最终评价得分。

1.3　统计分析方法

采用 Excel 2013 软件对试验数据进行分析和整理，利用 SPSS 26.0 软件进行方差、相关性、主成分及聚类分析。其中聚类分析采用 The Ward 系统聚类法，聚类距离为欧几里得平方和距离。

2　结果与分析

2.1　不同区位间化学成分和感官指标的差异性

由表 1 可知，烟碱、蛋白质、氮碱比、香气质、香气量、浓度、余味、杂气在不同区位间呈显著差异($P<0.05$)，其中烟碱含量在 L1～L5 区位显著大于 L10，以 L3 区位最高；蛋白质含量在 L1～L6 区位显著小于 L9～L10 区位，以 L10 区位最高。氮碱比在 L1～L5 区位显著小于 L6～L10 区位，以 L10 区位最高；香气质在 L1～L4 区位显著大于 L6～L10，以 L2 区位最高；香气量在 L1～L3 区位显著大于 L5～L10，以 L1 区位最高；浓度在 L1～L2 区位显著大于 L5～L10，以 L1 区位最高；余味在 L1～L4 区位显著大于 L6～L10 区位，以 L2 区位最高；杂气在 L1～L4 区位显著大于 L6～L10 区位，以 L4 区位最高。其他指标未达显著性差异水平，但在叶面的分布表现出一定的规律性，从叶尖部到叶基部，总氮含量总体呈上升趋势，还原糖含量和柔细度整体呈降低趋势。说明化学成分和感官指标在不同区位间呈差异性和规律性分布，与王建安等[13-14]的研究结果基本一致。烟叶物质和品质在叶面的分布差异是叶片自身结构和烘烤因素共同作用的结果，且叶面物质的分布差异与叶片失水性有关[13]。有学者[15]认为，叶面物质和品质的分布差异与物质流向相关。

2.2　化学成分和感官指标间的相关性

由表 2 可知，仅少数指标间的相关性未达到显著水平，如总糖与香气量、浓度、余味、杂气间，烟碱与还原糖、总氮、蛋白质、柔细度间，刺激性与总糖、还原糖、总氮、蛋白质、香气质、香气量、余味、杂气间相关性不显著，大部分指标间的相关性均达到显著或极显著水平，说明烟叶化学成分和感官质量这些原始指标之间存在较多的共性，若直接使用原始指标的数据进行聚类分析评价，会造成信息的重叠，影响分析和聚类结果的客观性，因此对原始指标进行降维处理和主成分提取。

2.3　烟叶化学成分和感官指标的主成分分析

2.3.1　主成分提取　由表 3 可知，提取特征值为 1.0 以上

表 1　不同区位间化学成分和感官指标的差异性分析†

Table 1　Variance analysis of conventional chemical component contents and sensory quality index of tobacco leaf in different sections

区位	总糖/%	还原糖/%	烟碱/%	总氮/%	蛋白质/%	糖碱比	氮碱比
L1	19.82±1.27	19.29±3.28	2.64±0.24^{ab}	2.16±0.14	10.53±0.64^{cd}	7.57±1.00	0.79±0.02^{e}
L2	21.45±2.62	18.23±2.25	2.68±0.18^{a}	2.11±0.15	10.40±0.71^{d}	8.09±1.45	0.79±0.02^{e}
L3	20.99±2.55	18.60±2.46	2.72±0.21^{a}	2.17±0.16	10.55±0.67^{cd}	7.81±1.50	0.82±0.07^{e}
L4	20.26±2.16	19.34±3.22	2.68±0.12^{a}	2.18±0.12	10.54±0.69^{cd}	7.60±1.09	0.81±0.03^{e}
L5	22.42±2.77	18.25±2.08	2.62±0.21^{ab}	2.14±0.16	10.60±0.71^{cd}	8.67±1.64	0.82±0.02^{e}
L6	21.49±2.49	17.98±1.92	2.46±0.14^{abc}	2.16±0.13	10.76±0.72^{cd}	8.81±1.41	0.88±0.01^{d}
L7	21.58±2.10	17.38±1.48	2.41±0.15^{bc}	2.23±0.12	11.21±0.53^{bcd}	9.01±1.38	0.92±0.01^{cd}
L8	20.88±1.88	17.06±1.33	2.41±0.21^{bc}	2.28±0.15	11.43±0.68^{abc}	8.75±1.50	0.95±0.03^{bc}
L9	19.08±1.77	15.91±0.47	2.40±0.16^{bc}	2.37±0.13	12.03±0.61^{ab}	8.03±1.22	0.99±0.04^{b}
L10	17.47±1.78	14.31±1.40	2.30±0.17^{c}	2.39±0.12	12.22±0.58^{a}	7.65±1.21	1.04±0.05^{a}

区位	香气质	香气量	浓度	柔细度	余味	杂气	刺激性
L1	6.43±0.30^{ab}	6.55±0.32^{a}	6.86±0.43^{a}	6.18±0.05	6.30±0.14^{ab}	6.31±0.13^{ab}	6.04±0.33
L2	6.70±0.11^{a}	6.44±0.26^{a}	6.48±0.23^{b}	6.46±0.19	6.41±0.18^{a}	6.40±0.10^{a}	6.26±0.11
L3	6.53±0.16^{ab}	6.43±0.03^{a}	6.33±0.15^{bc}	6.26±0.24	6.28±0.15^{ab}	6.26±0.08^{ab}	6.25±0.10
L4	6.41±0.31^{b}	6.38±0.19^{ab}	6.18±0.32^{bcd}	6.43±0.19	6.26±0.11^{ab}	6.17±0.19^{ab}	6.35±0.15
L5	6.34±0.05^{bc}	6.12±0.06^{bc}	6.10±0.23^{cd}	6.31±0.17	6.15±0.05^{bc}	6.14±0.10^{bc}	6.10±0.21
L6	6.10±0.10^{cd}	5.97±0.04^{cd}	6.02±0.08^{cd}	6.21±0.28	5.99±0.14^{cd}	5.91±0.14^{cd}	6.08±0.16
L7	5.89±0.10^{d}	5.80±0.11^{d}	5.92±0.24^{d}	6.16±0.04	5.92±0.07^{d}	5.68±0.09^{de}	6.10±0.08
L8	5.95±0.19^{d}	5.79±0.16^{d}	6.01±0.09^{cd}	6.29±0.07	5.98±0.11^{cd}	5.70±0.21^{de}	6.09±0.13
L9	5.71±0.20^{d}	5.73±0.24^{de}	5.88±0.16^{d}	5.78±0.15	5.93±0.18^{d}	5.59±0.20^{ef}	6.10±0.12
L10	5.71±0.26^{d}	5.49±0.21^{e}	5.49±0.25^{e}	5.61±0.11	5.84±0.20^{d}	5.41±0.28^{f}	6.04±0.13

† 同列小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

表 2　烤烟化学成分和感官指标间的相关分析†

Table 2　Correlation analysis of conventional chemical component and sensory quality index

指标	总糖	还原糖	烟碱	总氮	蛋白质	糖碱比	氮碱比	香气质	香气量	浓度	柔细度	余味	杂气	刺激性
总糖	1.00	0.69**	−0.33*	−0.85**	−0.80**	0.88**	−0.32*	0.39*	0.25	0.12	0.61**	0.28	0.24	0.05
还原糖		1.00	−0.08	−0.68**	−0.78**	0.51**	−0.45**	0.51**	0.51**	0.40**	0.61**	0.44**	0.44**	0.10
烟碱			1.00	0.18	0.00	−0.74**	−0.68**	0.43**	0.50**	0.44**	0.26	0.49**	0.64**	0.37*
总氮				1.00	0.96**	−0.69**	0.56**	−0.62**	−0.52**	−0.41**	−0.66**	−0.47**	−0.46**	−0.12
蛋白质					1.00	−0.56	0.69**	−0.70**	−0.64**	−0.50**	−0.72**	−0.57**	−0.58**	−0.19
糖碱比						1.00	0.12	0.05	−0.08	−0.14	0.30	−0.06	−0.16	−0.14
氮碱比							1.00	−0.78**	−0.79**	−0.72**	−0.69**	−0.75**	−0.85**	−0.35*
香气质								1.00	0.87**	0.77**	0.65**	0.84**	0.85**	0.19
香气量									1.00	0.85**	0.54**	0.79**	0.86**	0.16
浓度										1.00	0.44**	0.70**	0.76**	−0.03
柔细度											1.00	0.56**	0.63**	0.35*
余味												1.00	0.88**	0.26
杂气													1.00	0.26
刺激性														1.00

† **表示极显著($P<0.01$);*表示显著($P<0.05$)。

的前 3 个主成分，其累计贡献率达 86.72%，可以作为烤烟化学成分和感官质量评价的主要指标。其中第 1 主成分贡献率为 53.62%，与总糖、还原糖、氮碱比、香气质、香气量、浓度、柔细度、余味、杂气、刺激性有较大的正系数，与总氮、蛋白质、氮碱比有较大的负系数。研究[16-17]表明，烤烟感官质量和总糖、还原糖呈正相关，与烟碱、总氮呈极显著负相关。表明第 1 主成分反映的是感官质量的作用，归纳为感官因子。第 2 主成分贡献率为24.76%，与烟碱、总氮有较大的正系数，与总糖、糖碱比有较大的负系数。研究[18-19]表明，浓香型烟叶具有高烟碱、高氮、低糖的特性，浓香型彰显度与总植物碱和糖碱比呈正相关。因此第 2 主成分反映的是浓香型烟叶的风格特性，归纳为浓香因子。第 3 主成分贡献率为 8.34%，与刺激性有较大的正系数，因此第 3 主成分反映了刺激性的作用，归纳为刺激性因子。

2.3.2　主成分得分的差异性　根据因子载荷值和特征值[20-22]计算主成分中不同指标的相关系数，得：

$$F_1 = 0.213x_1 + 0.257x_2 + 0.140x_3 - 0.284x_4 - 0.319x_5 + 0.079x_6 - 0.322x_7 + 0.331x_8 + 0.318x_9 + 0.276x_{10} + 0.292x_{11} + 0.306x_{12} + 0.318x_{13} + 0.100x_{14}, (1)$$

$$F_2 = -0.406x_1 - 0.230x_2 + 0.452x_3 + 0.298x_4 + 0.223x_5 - 0.516x_6 - 0.164x_7 + 0.089x_8 + 0.153x_9 + 0.176x_{10} - 0.082x_{11} + 0.154x_{12} + 0.203x_{13} + 0.112x_{14}, (2)$$

$$F_3 = 0.092x_1 - 0.014x_2 + 0.179x_3 - 0.006x_4 - 0.036x_5 - 0.015x_6 - 0.105x_7 - 0.124x_8 - 0.213x_9 - 0.393x_{10} + 0.274x_{11} - 0.056x_{12} - 0.043x_{13} + 0.808x_{14}, (3)$$

表 3　主成分分析的特征向量和方差贡献率

Table 3　Eigenvalues and variance contribution rates of the principal component analysis

指标	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分
总糖	0.583	−0.755	0.099
还原糖	0.703	−0.429	−0.015
烟碱	0.383	0.842	0.193
总氮	−0.778	0.554	−0.007
蛋白质	−0.874	0.416	−0.039
糖碱比	0.216	−0.960	−0.016
氮碱比	−0.882	−0.306	−0.113
香气质	0.907	0.165	−0.134
香气量	0.871	0.285	−0.230
浓度	0.756	0.327	−0.425
柔细度	0.801	−0.152	0.296
余味	0.838	0.286	−0.060
杂气	0.872	0.378	−0.046
刺激性	0.275	0.209	0.873
主成分特征值	7.51	3.47	1.17
主成分贡献率/%	53.62	24.76	8.34

$$F = -0.062x_1 + 0.008x_2 + 0.477x_3 + 0.005x_4 - 0.082x_5 - 0.279x_6 - 0.365x_7 + 0.183x_8 + 0.160x_9 + 0.036x_{10} + 0.299x_{11} + 0.250x_{12} + 0.296x_{13} + 0.631x_{14}, (4)$$

式中：

$x_1 \sim x_{14}$——分别为总糖、还原糖、烟碱、总氮、蛋白质、糖碱比、氮碱比、香气质、香气量、浓度、柔细度、余味、杂气、刺激性指标的标准化数值。

由表 4 可知，第 1 主成分和综合得分在叶面不同区位间呈极显著差异，其得分表现为区位 L1～L4＞区位 L6～L8＞区位 L9～L10，且彼此间差异显著；综合得分表现为 L1～L4 区位间差异不显著，但显著高于其他区位，说明品质得分在叶面的分布也存在一定的连续性和规律性。

2.4　叶面不同区位的聚类分析

基于叶面不同区位的主成分综合得分，对叶面不同区位进行聚类分析，结果见图 2。由图 2 可知，烟叶可分切为上、中、下 3 段，上段为区位 L1～L5，中段为区位 L6～L8，下段为区位 L9～L10。

由表 5 可知，样品综合得分表现为上段(1.10)＞中段(0.55)＞下段(0.16)，且 3 段间差异显著，说明聚类分切可根据烟叶的品质差异进行精细化区分。

3　结论

试验表明，化学成分含量和感官指标得分在不同区位间呈差异性和规律性分布，其中烟碱、蛋白质、氮碱比、香气质、香气量、浓度、余味、杂气等指标呈显著差异；通过主成分分析提取了 3 个主成分，其累计贡献率达 86.72%，其中，第1主成分归纳为感官因子，第2主成分

表 4　不同叶面区位的主成分得分†

Table 4　The comprehensive score based on principal component analysis of different sections of tobacco leaf

分切区位	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	总分
L1	1.58 ± 0.33^{a}	0.50 ± 0.39	-0.08 ± 0.53	1.11 ± 0.10^{ab}
L2	1.79 ± 0.28^{a}	0.40 ± 0.53	0.28 ± 0.15	1.25 ± 0.06^{a}
L3	1.53 ± 0.37^{a}	0.43 ± 0.53	0.28 ± 0.12	1.09 ± 0.16^{ab}
L4	1.49 ± 0.27^{a}	0.42 ± 0.47	0.46 ± 0.25	1.08 ± 0.14^{b}
L5	1.34 ± 0.23^{ab}	0.10 ± 0.62	0.24 ± 0.17	0.88 ± 0.11^{c}
L6	0.98 ± 0.35^{bc}	-0.06 ± 0.48	0.21 ± 0.14	0.61 ± 0.10^{d}
L7	0.65 ± 0.18^{c}	-0.12 ± 0.45	0.27 ± 0.15	0.39 ± 0.04^{e}
L8	0.63 ± 0.26^{c}	-0.02 ± 0.48	0.24 ± 0.10	0.41 ± 0.08^{e}
L9	0.15 ± 0.15^{d}	0.20 ± 0.46	0.16 ± 0.17	0.16 ± 0.11^{f}
L10	-0.25 ± 0.33^{d}	0.19 ± 0.37	0.14 ± 0.27	-0.09 ± 0.12^{h}
F 值	22.94**	0.88	1.37	71.4**

† 同列小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)；* 表示差异显著($P<0.05$)，* * 表示差异极显著($P<0.01$)。

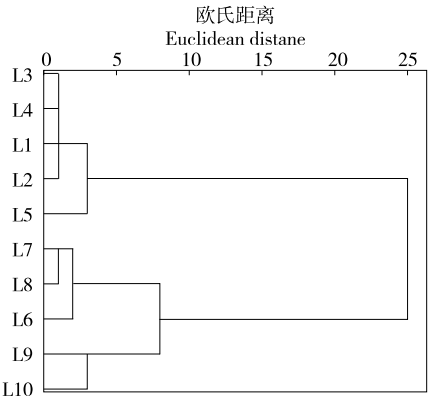

图 2　基于主成分得分的分切区位聚类分析

Figure 2　Clustering results based on the comprehensive score of flue-cured tobacco

表 5　基于聚类分切结果的烟叶综合得分†

Table 5　Comparison of chemical component content of cutting samples based on clustering result

区段	综合得分
上段	1.13±0.11[a]
中段	0.55±0.09[b]
下段	0.16±0.06[c]

†　小写字母不同表示差异显著(P<0.05)。

归纳为浓香因子,第 3 主成分归纳为刺激性因子;第 1 主成分得分在区位 L1～L4、区位 L6～L8、区位 L9～L10 呈逐渐下降趋势,且彼此间差异显著,综合得分在 L1～L4 区位间差异不显著,并显著高于其他区位;烟叶可分切为上、中、下 3 段,上段为区位 L1～L5,中段为区位 L6～L8,下段为区位 L9～L10,且样品综合得分表现为上段(1.10)＞中段(0.55)＞下段(0.16),差异显著。烟叶聚类分切使烟叶不同区位的品质特征得到彰显,有效地提高了烟叶原料的整体利用效率,拓宽了其工业可用性,通过将分切后的原料应用于不同的模块配方,提高了配方设计的精细化程度,且烟叶分切后质量更优的段位可以用于更高一类的模块配方中,对于丰富上等烟原料,增强卷烟原料的保障能力具有重要意义。后续将对不同分切段位烟叶与模块配方的匹配使用进行深入研究。

参考文献

[1] 左天觉. 烟草的生产、生理和生物化学[M]. 上海：远东出版社，1993：441-445.

[2] 王刘胜，马戎. 浓香型产区烟叶主要化学成分与风格品质特色及其关系研究[J]. 中国烟草科学，2013，34(5)：28-32.

[3] 姚倩，马一琼，王新中，等. 亚临界萃取对上部选下烟叶品质的影响[J]. 食品与机械，2019，35(12)：169-173.

[4] 郑武，徐若飞，王超，等. 有机肥对烤烟红花大金元烟叶感官质量和致香成分的影响[J]. 中国烟草科学，2011(2)：26-29.

[5] 马一琼，顾会战，许自成，等. 烟草光照因素的研究进展[J]. 江西农业学报，2017，29(7)：98-103.

[6] 符再德，张其龙，张晖，等. 张家界桑植浓香型烤烟烟叶分切研究[J]. 烟草科技，2012(5)：51-55.

[7] 王晓耕，江家洪，冉宁，等. 烟叶分切工艺在打叶复烤生产中的应用[J]. 烟草科技，2005(2)：3-4，40.

[8] 王根发，梁娅，张书伟，等. 浓香型烟叶分切区位钾含量的变化研究[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版)，2014，29(6)：1-4.

[9] 刘超，陈伟，杨永锋，等. 河南浓香型烤烟叶面不同分切区位非挥发性有机酸含量和感官质量的变化[J]. 中国农业科技导报，2018，20(12)：128-135.

[10] 刘超，杨欣玲，彭玉富，等. 烤烟叶片不同区位半挥发性有机酸含量的变化[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版)，2019，47(7)：71-77.

[11] 祁林，陈伟，王政，等. 浓香型烟叶不同分切区位石油醚提取物的含量[J]. 烟草科技，2014(1)：53-55.

[12] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京：中国农业出版社，2003：1 305-1 312.

[13] 王建安，刘国顺，申洪涛，等. 烤烟调制后单叶中 4 种常规化学成分的区域分布[J]. 中国农学通报，2011，27(7)：418-422.

[14] 刘超，赵阔，杨永锋，等. 打叶后浓香型烤烟不同尺寸片烟质量变化特征[J]. 食品与机械，2018，34(11)：56-60.

[15] 郝春玲，艾复清，舒中兵，等. 采收成熟度对红花大金元烤后烟叶钾含量、氯含量及钾氯比的影响[J]. 河南农业科学，2010(1)：44-46.

[16] 常爱霞，杜咏梅，付秋娟，等. 烤烟主要化学成分与感官质量的相关性分析[J]. 中国烟草科学，2009(6)：17-20.

[17] 杨洋，彭黔荣，张晓敏，等. 卷烟原料的感官质量与化学成分的关系研究[J]. 食品安全质量检测学报，2018，9(20)：150-156.

[18] 高净净，赵铭钦，梅雅楠，等. 洛阳烤烟风格彰显度与常规化学成分的关系[J]. 中国烟草科学，2015，36(5)：38-43.

[19]《烟草种植工、烟叶调制工、烟叶分级工基础知识》编写组. 烟草种植工、烟叶调制工、烟叶分级工基础知识[M]. 北京：北京出版社，2013：75-80.

[20] 陈欢，曹承富，张存岭，等. 基于主成分.聚类分析评价长期施肥对砂姜黑土肥力的影响[J]. 土壤学报，2014(3)：609-617.

[21] 陶爱芬，祁建民，林培青，等. 红麻优异种质产量和品质性状主成分聚类分析与综合评价[J]. 中国农业科学，2008(9)：304-312.

[22] 李国栋，胡建军，周冀衡，等. 基于主成分和聚类分析的烤烟化学品质综合评价[J]. 烟草科技，2008(12)：6-10，14.