

烤烟化学成分与主体香味成分的相关和通径分析

赵华武, 贺帆, 宫长荣*, 王涛, 石盼盼, 王梅, 王文超, 罗玲

(河南农业大学烟草学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 为了解我国烤烟化学成分与主体香味成分的关系, 采用相关分析及通径分析的方法, 对 75 份烤烟样品的化学成分和主体香味成分进行分析。结果表明: 大马酮与烟碱、氮碱比均呈极显著正相关, 而与总糖、糖碱比以及施木克值则呈极显著负相关; 茄酮与总氮、烟碱、蛋白质、氮碱比、石油醚提取物之间均为显著正相关, 而仅与糖碱比呈极显著负相关; 巨豆三烯酮与总氮、烟碱、蛋白质、钾含量、石油醚提取物、氮碱比均呈极显著正相关, 而与总糖、还原糖、糖碱比、施木克值均呈极显著负相关。与大马酮关系最密切的化学成分为蛋白质、总氮、施木克值和烟碱, 其直接通径系数分别为 -3.441 、 3.331 、 -1.894 和 -1.110 ; 与茄酮关系最密切的化学成分为总氮、烟碱和蛋白质, 其直接通径系数分别为 -3.475 、 2.294 和 1.968 ; 总氮、烟碱、蛋白质、氮碱比和总糖与巨豆三烯酮的关系最为紧密, 其直接通径系数依次为 6.896 、 -4.861 、 -3.065 、 1.499 和 -1.289 。综合分析, 对烤烟主体香味成分含量直接影响最大的化学成分是总氮、烟碱和蛋白质, 较高的总氮、氮碱比和较低的总糖、烟碱、蛋白质和施木克值有益于烤烟主体香味成分的凸显。

关键词: 烤烟; 化学成分; 主体香味成分; 相关分析; 通径分析

中图分类号: S572 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2012)07-0042-05

Correlation and Path Analysis for Chemical Composition and Principal Aroma and Flavor Constituents of Flue-cured Tobacco in China

ZHAO Hua-wu, HE Fan, GONG Chang-rong*, WANG Tao, SHI Pan-pan,
WANG Mei, WANG Wen-chao, LUO Ling

(College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: This paper aimed at expounding the relationship between the chemical composition and principal aroma and flavor constituents of flue-cured tobacco in China, analyzing 75 flue-cured tobacco samples by correlation analysis and path analysis method. The results demonstrated that damascenone had highly significantly positive correlations with nicotine and ratio of nitrogen to nicotine, but highly significantly negative correlations with total sugar, ratio of sugar to nicotine and Schmuck's value; Solanone had highly significantly positive correlations with total nitrogen, nicotine, protein, ratio of sugar to nicotine and petroleum ether extract, but highly significantly negative correlations with ratio of sugar to nicotine; Megastigmatrienone had highly significantly positive correlations with total nitrogen, nicotine, protein, potassium, petroleum ether extract and ratio of nitrogen to nicotine, but highly significantly negative correlations with total sugar, reducing sugar, ratio of sugar to nicotine and Schmuck's value. Damascenone had the most closely relationship with protein, nicotine, nitrogen, Schmuck's value and nicotine, whose direct path coefficients were -3.441 , 3.331 , -1.894 and -1.110 ; Solanone had the most closely relationship with

收稿日期: 2012-03-12

基金项目: 国家烟草专卖局资助项目 (3300806156)

作者简介: 赵华武 (1986-), 男, 河南新乡人, 在读硕士研究生, 研究方向: 烟草调制与加工。E-mail: lou0lan@163.com

* 通讯作者: 宫长荣 (1948-), 男, 河南荥阳人, 教授, 博士生导师, 主要从事烟草调制与加工等研究。E-mail: gongchr009@126.com

total nitrogen, nicotine and protein, whose direct path coefficients were -3.475 , 2.294 and 1.968 ; Megastigmatrienone had the most closely relationship with total nitrogen, nicotine, protein, ratio of nitrogen to nicotine and total sugar, whose direct path coefficients were 6.896 , -4.861 , -3.065 , 1.499 and -1.289 . The results of comprehensive analysis showed that the chemical compositions which had the largest immediate influence on principal aroma and flavor constituents content of flue-cured tobacco were total nitrogen, nicotine and protein. Selection of higher value of total nitrogen and ratio of nitrogen to nicotine and lower value of total sugar, nicotine, protein and Schmuck's value would be helpful for highlighting principal aroma and flavor constituents of flue-cured tobacco.

Key words: flue-cured tobacco; chemical composition; principal aroma and flavor constituents; correlation analysis; path analysis

烟叶化学成分是烟叶香味风格和质量特征形成的物质基础,是决定评吸质量和烟气特性等质量特性的内在因素,也是烟叶品质鉴定的重要指标^[1-3]。烤烟的香吃味是衡量其品质的重要因素,而香味成分是对烤烟香味起积极或消极作用的化学物质,研究我国烤烟主体香味成分与其化学成分的关系,对进一步认识烤烟评吸质量、烟气特性以及烟叶质量的形成有重要意义。众所周知,烟叶质量是一个综合概念,外观质量、物理特性、化学成分和评吸质量等方面的协调程度决定着烟叶的工业使用性。近年来,很多学者在烤烟化学成分和香味成分方面做了大量研究,薛超群等^[4]的研究表明,烤烟烟叶的香气质、香气量与其总挥发酸含量呈极显著正相关,与其烟碱、总氮、还原糖、钾、氯、淀粉、总挥发碱的相关性不显著。杜娟等^[5]研究认为,对烟叶总体评吸质量影响最显著的化学指标为氯、烟碱、还原糖。胡建军等^[6]认为,大部分香味成分与感官质量呈显著正相关,少量香味成分与感官质量呈显著负相关,也有少量香味成分与感官质量的相关性不显著;中性香味成分、酸性香味成分和香味成分总量与香气质、香气量、杂气、刺激性、浓度和余味均呈显著正相关,而碱性香味成分与各感官质量指标的相关性不显著。赵铭钦等^[7]的研究结果表明,通过提高烟叶总糖含量可以提高类胡萝卜素类和棕色化产物类含量;提高钾含量可以提高棕色化产物类和茄酮含量;降低总氮和烟碱含量可以提高类胡萝卜素类和棕色化产物类含量,协调好化学成分间的比例,从而提高烟叶香气物质含量。尽管关于烟叶化学成分与其香气质量的关系已有较多研究,但迄今为止,对于烟叶化学成分与其香味成分之间关系的研究较少,特别是基于主体香味成分与化学成分之间的关系尚未见报道。鉴于此,采用相关和通径分析方法,研究了我国烤烟的化学成分与主体香味成分的关系,以期改善烟叶感官质量提供参考依据,同时为优化和完善目前

烟叶栽培措施和烘烤工艺提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

采用全国2009年度密集烘烤工艺优化试验项目的烤后烟叶样品,供试品种为K326。采摘统一成熟度的烟叶,进行三段式烘烤,采取定等级、定叶位方法取烤后烟叶C3F等级烟叶样品75份,样品等级由专职评级人员按照GB 2635-1992标准进行评定^[8],等级合格率达到85%以上。

1.2 试验方法

1.2.1 测定方法 总糖、还原糖、淀粉、总氮、烟碱、蛋白质、氯和钾的含量以及烟叶香味成分含量,由云南瑞升烟草技术(集团)有限公司按照YC/T 159-2002、YC/T 160-2002、YC/T 161-2002、YC/T 162-2002及YC/T 217-2007标准的要求,分别用BRAN LUEBBE流动分析仪和气/质联用仪Agilent GC6890N/MS 5975进行测定,石油醚提取物的含量按照王瑞新^[9]的方法测定。

1.2.2 分析方法 根据王能如等^[10]的研究,确定大马酮、茄酮、巨豆三烯酮3种香味成分为主体香味成分。运用相关和通径分析方法分析总糖、还原糖、淀粉、总氮、烟碱、蛋白质、钾、氯、石油醚提取物的含量以及糖碱比、氮碱比和施木克值与烤烟主体香味成分的关系。

1.2.3 统计分析 采用Excel和SPSS 18.0软件参照文献^[11-12]对数据进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 我国烤烟化学成分和主体香味成分间的相关分析

2.1.1 化学成分和主体香味成分的主要特征变异 烟叶内的化学成分及其比值是衡量烟叶内在质量的重要指标,烟叶中的常规化学成分含量对烟草的

香吃味有重要影响^[13]。刘国顺^[14]认为,优质烟的总糖含量要求达到 18%~22%,还原糖含量达到 16%~18%,淀粉含量在 4%~5% 以下为宜,总氮和烟碱含量均为 1.5%~3.5%,蛋白质含量达到 8%~10%,氯含量在 1% 以下,钾含量在 2% 以上,糖碱比 8~12,氮碱比以 1 或略小于 1 为宜,施木克值 2.0~2.5。由表 1 可知,我国烤烟在总体上,总糖含量较高,还原糖含量、糖碱比、氮碱比以及施木克值略高,其余指标均在优质烟烟叶的适宜范围。

表 1 烤烟化学成分和主体香味成分的特征表现

项目	均值	标准差	变幅	变异系数/%
总糖 x_1 /%	31.14	4.72	18.60~40.50	15.15
还原糖 x_2 /%	23.70	4.20	14.50~31.90	17.70
淀粉 x_3 /%	3.89	1.27	1.62~6.57	32.56
总氮 x_4 /%	1.76	0.25	1.18~2.58	13.93
烟碱 x_5 /%	2.36	0.72	0.69~4.82	30.56
蛋白质 x_6 /%	8.43	0.92	6.65~10.92	10.92
氯含量 x_7 /%	0.32	0.12	0.21~0.92	36.50
钾含量 x_8 /%	1.94	0.45	0.58~2.94	23.38
石油醚提取物 x_9 /%	5.78	1.18	3.97~9.49	20.33
糖碱比 x_{10}	15.56	8.63	4.02~45.65	55.45
氮碱比 x_{11}	1.32	0.28	0.59~1.87	21.33
施木克值 x_{12}	3.76	0.77	1.77~5.20	20.43
大马酮 y_1 /($\mu\text{g/g}$)	5.37	1.24	2.39~8.57	23.17
茄酮 y_2 /($\mu\text{g/g}$)	15.57	5.42	5.74~28.88	34.79
巨豆三烯酮 y_3 /($\mu\text{g/g}$)	12.85	6.84	2.89~32.89	53.22

2.1.2 化学成分和主体香味成分的相关性 由表

表 2 烤烟化学成分和主体香味成分的相关系数

化学成分	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	y_1	y_2	y_3
x_1	1.000														
x_2	0.669*	1.000													
x_3	0.007	-0.008	1.000												
x_4	-0.618*	-0.662*	-0.022	1.000											
x_5	-0.672*	-0.631*	-0.019	0.883*	1.000										
x_6	-0.459*	-0.567*	-0.024	0.917*	0.623*	1.000									
x_7	-0.061	0.185	-0.074	-0.060	0.082	-0.170	1.000								
x_8	0.100	0.083	0.017	0.166	-0.093	0.355*	-0.370*	1.000							
x_9	-0.233*	-0.308*	-0.043	0.382*	0.320*	0.364*	0.121	0.139	1.000						
x_{10}	0.577*	0.558*	-0.025	-0.746*	-0.897*	-0.482*	-0.136	0.185	-0.269*	1.000					
x_{11}	-0.531*	-0.470*	-0.006	0.640*	0.915*	0.291*	0.194	-0.285*	0.234*	-0.921*	1.000				
x_{12}	0.889*	0.732*	0.012	-0.866*	-0.754*	-0.802*	0.023	-0.092	-0.337*	0.651*	-0.508*	1.000			
y_1	-0.476*	0.070	0.082	0.192	0.325*	0.043	0.226	0.117	0.127	-0.374*	0.369*	-0.357*	1.000		
y_2	-0.039	0.057	-0.095	0.374*	0.362*	0.318*	0.027	0.035	0.274*	-0.345*	0.332*	-0.192	0.182	1.000	
y_3	-0.628**	-0.462**	0.042	0.641**	0.533**	0.614**	-0.221	0.549**	0.366**	-0.409**	0.327**	-0.705**	0.518**	0.146	1.000

注: *、** 分别表示相关系数在 0.05、0.01 水平上显著。

2 可知,大马酮与烟碱、氮碱比均呈极显著正相关,而与总糖、糖碱比以及施木克值则呈极显著负相关;茄酮与总氮、烟碱、蛋白质、氮碱比、石油醚提取物之间均为显著正相关,而仅与糖碱比呈极显著负相关;巨豆三烯酮与总氮、烟碱、蛋白质、钾含量、醚提物、氮碱比均呈极显著正相关,而与总糖、还原糖、糖碱比、施木克值均呈极显著负相关。这表明,主体香味成分与化学成分指标之间的显著相关性基本上是一致的,而且淀粉不与任何成分具有显著相关性,氯含量仅仅与钾含量存在显著相关性;巨豆三烯酮、总糖、还原糖、总氮、烟碱、蛋白质、石油醚提取物、糖碱比、氮碱比、施木克值之间互相存在显著相关性,大马酮、总糖、烟碱、糖碱比、氮碱比、施木克值之间互相存在显著相关性,茄酮、总氮、烟碱、蛋白质、石油醚提取物、糖碱比、氮碱比之间互相存在显著相关性。

2.2 我国烤烟化学成分和主体香味成分的通径分析

2.2.1 化学成分与大马酮 为了更进一步分析化学成分对主体香味成分的直接和间接影响,以化学成分作为自变量、主体香味成分作为因变量,进行了通径分析(表 3),结果表明,对大马酮来说,与其关系最密切的化学成分为蛋白质、总氮、施木克值和烟碱,通径系数(直接影响)分别为 -3.441、3.331、-1.894 和 -1.110,而与其的相关性达到显著的相应化学成分仅有烟碱($r=0.325$)和施木克值($r=-0.357$),这是由于总氮通过蛋白质、烟碱等对大马

表 3 大马酮(y_1)与化学成分的直接通径和间接通径系数

作用因子	通径系数 (直接作用)	间接通径系数(间接作用)												
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	总和
x_1	0.442		0.496	0.000	-2.058	0.745	1.578	-0.001	0.035	-0.023	-0.229	0.222	-1.683	-0.918
x_2	0.741	0.296		-0.001	-2.206	0.700	1.950	0.003	0.029	-0.030	-0.221	0.197	-1.387	-0.670
x_3	0.063	0.003	-0.006		-0.072	0.021	0.082	-0.001	0.006	-0.004	0.010	0.002	-0.023	0.018
x_4	3.331	-0.273	-0.490	-0.001		-0.980	-3.156	-0.001	0.057	0.038	0.296	-0.268	1.640	-3.138
x_5	-1.110	-0.297	-0.467	-0.001	2.941		-2.143	0.001	-0.032	0.032	0.356	-0.383	1.429	1.436
x_6	-3.441	-0.202	-0.420	-0.002	3.055	-0.691		-0.002	0.123	0.036	0.191	-0.122	1.518	3.484
x_7	0.015	-0.027	0.137	-0.005	-0.202	-0.091	0.585		-0.128	0.012	0.054	-0.081	-0.044	0.210
x_8	0.346	0.044	0.062	0.001	0.552	0.103	-1.221	-0.005		0.014	-0.073	0.119	0.174	-0.230
x_9	0.099	-0.103	-0.228	-0.003	1.273	-0.356	-1.252	0.002	0.048		0.107	-0.098	0.639	0.029
x_{10}	-0.396	0.255	0.413	-0.002	-2.486	0.996	1.658	-0.002	0.064	-0.027		0.386	-1.233	0.022
x_{11}	-0.419	-0.235	-0.348	0.000	2.133	-1.016	-1.001	0.003	-0.099	0.023	0.365		0.962	0.787
x_{12}	-1.894	0.392	0.542	0.001	-2.884	0.837	2.758	0.000	-0.032	-0.033	-0.258	0.213		1.536

酮产生负值的间接作用,掩盖了总氮对大马酮的直接影响,从而未达到显著相关性;蛋白质通过总氮、施木克值等对大马酮产生正值的间接作用,故而掩盖了其对大马酮的直接影响,以致两者之间相关性不显著。此外,总氮、钾含量和氯含量通过蛋白质对大马酮的间接影响分别在三者通过其他化学成分对大马酮的间接影响中最大,而总糖、还原糖、淀粉、烟碱、蛋白质、石油醚提取物的含量以及糖碱比、氮碱比和施木克值通过总氮对大马酮的间接影响分别在其通过其他化学成分对大马酮的间接影响中最大。

2.2.2 化学成分与茄酮 由表 4 可见,与茄酮关系最密切的化学成分为总氮、烟碱和蛋白质,直接通径

系数分别为-3.475、2.294 和 1.968,它们与茄酮的相关系数依次为 0.374、0.362、0.318,均达到极显著水平。其中,总氮通过烟碱、蛋白质和施木克值等对茄酮的间接影响为正值,掩盖了总氮对茄酮的直接影响;烟碱和蛋白质对茄酮的直接影响和相关系数均是正值;总糖、还原糖和醚提物对茄酮的直接影响均为正值;施木克值、钾含量、氯含量、糖碱比、淀粉和氮碱比对茄酮有负向作用;在通过其他化学成分对茄酮的间接影响中,氯含量经过蛋白质对茄酮的间接影响最大,而总糖、还原糖、淀粉、总氮、烟碱、蛋白质、钾、石油醚提取物的含量以及糖碱比、氮碱比和施木克值均是通过总氮对茄酮的间接影响最大。

表 4 茄酮(y_2)与化学成分的直接通径和间接通径系数

作用因子	通径系数 (直接作用)	间接通径系数(间接作用)												
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	总和
x_1	0.698		0.444	-0.001	2.147	-1.540	-0.902	0.013	-0.018	-0.058	-0.049	0.017	-0.789	-0.736
x_2	0.663	0.467		0.001	2.302	-1.447	-1.115	-0.038	-0.015	-0.077	-0.047	0.015	-0.650	-0.604
x_3	-0.072	0.005	-0.005		0.075	-0.044	-0.047	0.015	-0.003	-0.011	0.002	0.000	-0.011	-0.024
x_4	-3.475	-0.431	-0.439	0.002		2.025	1.805	0.012	-0.030	0.095	0.063	-0.020	0.769	3.851
x_5	2.294	-0.469	-0.418	0.001	-3.068		1.225	-0.017	0.017	0.080	0.076	-0.029	0.670	-1.932
x_6	1.968	-0.320	-0.376	0.002	-3.187	1.428		0.035	-0.065	0.091	0.041	-0.009	0.712	-1.648
x_7	-0.204	-0.043	0.123	0.005	0.210	0.188	-0.335		0.068	0.030	0.011	-0.006	-0.021	0.230
x_8	-0.183	0.070	0.055	-0.001	-0.576	-0.213	0.698	0.075		0.035	-0.016	0.009	0.082	0.218
x_9	0.250	-0.163	-0.204	0.003	-1.328	0.735	0.716	-0.025	-0.025		0.023	-0.007	0.300	0.025
x_{10}	-0.084	0.403	0.370	0.002	2.594	-2.058	-0.948	0.028	-0.034	-0.067		0.029	-0.578	-0.259
x_{11}	-0.031	-0.371	-0.312	0.000	-2.226	2.099	0.572	-0.040	0.052	0.059	0.078		0.451	0.362
x_{12}	-0.888	0.621	0.486	-0.001	3.009	-1.730	-1.577	-0.005	0.017	-0.084	-0.055	0.016		0.697

2.2.3 化学成分与巨豆三烯酮 由表 5 可知,总氮、烟碱、蛋白质、氮碱比和总糖与巨豆三烯酮的关系最为紧密,其直接通径系数依次为 6.896、-4.861、-3.065、1.499 和 -1.289,而其与巨豆三烯酮的相关系数分别是 0.641、0.533、0.614、0.327

和-0.628,造成相应 2 组数据的正负差异的原因是烟碱和蛋白质分别通过总氮、氮碱比、总糖等对巨豆三烯酮的影响均为正向作用,从而掩盖两者对巨豆三烯酮的负向影响;在通过其他化学成分对巨豆三烯酮的间接影响中,氯含量通过蛋白质对巨豆三烯

酮的间接影响最大,而总糖、还原糖、淀粉、总氮、烟碱、蛋白质、钾、石油醚提取物的含量以及糖碱比、氮

碱比和施木克值均表现为通过总氮对巨豆三烯酮的间接影响最大。

表 5 巨豆三烯酮(y_3)与化学成分的直接通径和间接通径系数

作用因子 (直接作用)	间接通径系数(间接作用)												总和
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	
x_1	-1.289	0.003	0.000	-4.261	3.264	1.405	0.004	0.059	-0.018	0.192	-0.796	0.809	0.661
x_2	0.004	-0.863	0.000	-4.567	3.067	1.737	-0.012	0.049	-0.024	0.186	-0.705	0.667	-0.465
x_3	0.028	-0.009	0.000	-0.149	0.094	0.073	0.005	0.010	-0.003	-0.008	-0.009	0.011	0.015
x_4	6.896	0.797	-0.003	-0.001	-4.291	-2.811	0.004	0.097	0.030	-0.249	0.960	-0.788	-6.255
x_5	-4.861	0.866	-0.003	-0.001	6.088	-1.909	-0.005	-0.054	0.025	-0.299	1.372	-0.687	5.393
x_6	-3.065	0.591	-0.002	-0.001	6.325	-3.027	0.011	0.207	0.029	-0.161	0.436	-0.730	3.678
x_7	-0.066	0.079	0.001	-0.002	-0.417	-0.398	0.521	-0.216	0.010	-0.046	0.291	0.021	-0.156
x_8	0.583	-0.129	0.000	0.000	1.144	0.452	-1.087	0.024	0.011	0.062	-0.428	-0.084	-0.035
x_9	0.079	0.300	-0.001	-0.001	2.635	-1.558	-1.115	-0.008	0.081	-0.090	0.351	-0.307	0.287
x_{10}	0.334	-0.743	0.002	-0.001	-5.147	4.361	1.477	0.009	0.108	-0.021	-1.381	0.593	-0.743
x_{11}	1.499	0.685	-0.002	0.000	4.416	-4.449	-0.891	-0.013	-0.167	0.019	-0.307	-0.462	-1.171
x_{12}	0.910	-1.146	0.003	0.000	-5.971	3.667	2.457	-0.002	-0.054	-0.027	0.217	-0.761	-1.617

3 结论与讨论

王能如等^[10]研究认为:在烟叶香味物质总量中,中性组的巨豆三烯酮、大马酮、茄酮等 3 种香味物质最能代表我国烤烟主体香味成分,且大马酮、巨豆三烯酮含量越高,烤烟香味品质越好;茄酮含量过高,烤烟香味品质较差。史宏志等^[15]认为,巨豆三烯酮、大马酮等类胡萝卜素类香味成分是构成烟叶香气质量的重要组分,它产生的香味阈值相对较低、刺激性较小,对香气贡献率大。茄酮是烟草中含量丰富的中性香味成分之一,它不但本身具有很好的香气,而且其降解转化产物,如茄醇、茄呢味喃、降茄二酮等,也是烟草中很重要的致香物质^[16]。从相关分析和通径分析结果可知,通过提高总氮含量可以提高大马酮和巨豆三烯酮含量,同时降低茄酮含量;通过降低烟碱含量和蛋白质含量均可以提高大马酮和巨豆三烯酮含量并同时降低茄酮含量;通过降低施木克值和总糖含量可以分别提高大马酮含量和巨豆三烯酮含量;通过提高氮碱比可以提高巨豆三烯酮含量。对烤烟主体香味成分含量直接影响最大的化学成分是总氮、烟碱和蛋白质;化学成分经总氮、烟碱和蛋白质对烤烟主体香味成分的间接作用最大。

参考文献:

- [1] 杜文,谭新良,易建华,等.用烟叶化学成分进行烟叶质量评价[J].中国烟草学报,2007,13(3):25-31.
- [2] 陈庆园,陈雪,袁有波.初烤烟叶外观质量与主要化学成分关系的研究[J].中国烟草科学,2008,29(1):30-32.

- [3] 黎根,毕庆文,汪健,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):6-9,41.
- [4] 薛超群,尹启生,王信民,等.烤烟烟叶香气质量与其常规化学成分的相关性[J].烟草科技,2006(9):27-30.
- [5] 杜娟,张楠,许自成,等.烤烟不同部位烟叶主要化学成分与感官质量的关系[J].郑州轻工业学院学报:自然科学版,2011,26(2):16-20.
- [6] 胡建军,周冀衡,李文伟,等.烤烟香味成分与其感官质量的典型相关分析[J].烟草科技,2007(3):9-15,22.
- [7] 赵铭钦,赵辉,王文基,等.不同基因型烤烟化学成分和致香物质间的相关和通径分析[J].中国烟草科学,2009,30(3):7-12.
- [8] 李东亮,张水成,许自成.烤烟不同部位烟叶主要化学成分与叶长的关系[J].作物学报,2008,34(5):914-918.
- [9] 王瑞新.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003:191.
- [10] 王能如,李章海,王东胜,等.我国烤烟主体香味成分研究初报[J].中国烟草科学,2009,30(3):1-6.
- [11] 王永学,张战辉,刘宗华.玉米抗倒伏性状的配合力效应及通径分析[J].河南农业大学学报,2011,45(1):1-6.
- [12] 李春喜,马守臣,田继锋,等.不同品种小麦籽粒中植酸及其相关性状的相关和通径分析[J].河南农业科学,2004(7):20-23.
- [13] 赵铭钦,赵辉,王文基,等.不同基因型烤烟化学成分和致香物质间的相关和通径分析[J].中国烟草科学,2009,30(3):7-12.
- [14] 刘国顺.烟草栽培学[M].北京:中国农业出版社,2003:74.
- [15] 史宏志,刘国顺.烟草香味学[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [16] Weeks W W. Chemistry of tobacco constituents influencing flavor and aroma[J]. Recent Advance in Tobacco Science,1985,11:175-200.