

保山烟区烤烟外观质量与化学成分的关系

彭漫江^{1,2}, 程昌新², 黄建明², 王超², 常寿荣², 杨应明², 周冀衡¹

(1. 湖南农业大学 烟草研究院, 湖南 长沙 410128;

2. 红云红河烟草(集团)有限责任公司, 云南 昆明 650231)

摘要:研究了保山烟区烤烟外观质量与化学成分的关系,结果如下:1)描述性统计表明,保山烟区烤烟外观质量各项指标平均值得分属中等偏上水平,烟碱、总氮在适宜范围内,总糖、还原糖、蛋白质和钾含量较高,氯含量较低.2)相关分析表明,烤烟6项外观质量与若干化学成分含量具有显著或极显著相关关系.3)第I对典型变量(u_1, v_1)($\lambda_1 = 0.8826^{**}$)反映出,在一定范围内,随着烟碱、总氮的升高和氮碱比、糖碱比数值的减小,烤烟外观质量指标如色度、油分有增加的趋势;第II对典型变量(u_2, v_2)($\lambda_2 = 0.7607^{**}$)表明,在一定范围内,随着化学成分钾、总糖和氯的升降,烤烟外观质量成熟度具有相同的变化趋势.4)灰色关联分析表明,与保山烟区烤烟外观质量关联度较大的化学成分为蛋白质、总氮、总糖和还原糖等.

关键词:保山烟区;烤烟外观质量;化学成分;多元统计分析

中图分类号:TS424;TS41⁺1 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2014.01.009

The relationship between the appearance quality and chemical constitutions for flue-cured tobacco leaves in Baoshan tobacco-growing areas

PENG Man-jiang^{1,2}, CHENG Chang-xin², HUANG Jian-ming², WANG Chao²,
CHANG Shou-rong², YANG Ying-ming², ZHOU Ji-heng¹

(1. *Research Institute of Tobacco, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;*

2. *Hongyun Honghe Tobacco (Group) Co., Ltd., Kunming 650231, China*)

Abstract: The relationships between the appearance quality and chemical composition index in flue-cured tobacco leaves in Baoshan tobacco-growing areas were studied. The results indicated that: 1) descriptive statistics results showed that the flue-cured tobacco appearance quality in Baoshan area indicators, on average belong to the upper level, nicotine, total nitrogen was in the appropriate scope, total sugar, reducing sugar, protein and potassium content were higher and the chlorine content was low. 2) simple correlation showed that tobacco appearance quality index had significant correlation with chemical composition. 3) canonical correlation analysis results showed that the Canonical variable significant difference at 1% level ($\lambda_1 = 0.8826^{**}$), group I (u_1, v_1) typical variables, a linear combination of reflect in a certain range,

收稿日期:2013-11-08

基金项目:国家烟草专卖局重点科技攻关项目(110200902073);红云红河烟草(集团)资助项目(HYHH2012YL03)

作者简介:彭漫江(1970—),女,云南省昆明市人,湖南农业大学硕士研究生,红云红河烟草(集团)有限责任公司农艺师,主要研究方向为烟叶原料生产管理.

通信作者:程昌新(1979—),男,河南省潢川县人,红云红河烟草(集团)有限责任公司农艺师,硕士,主要研究方向为植烟生态环境与烟叶质量评价.

with the increase of nicotine, total nitrogen and alkaline nitrogen ratio, sugar alkali than the decrease of the value, the appearance quality of the tobacco leaf color and oil content has a tendency to increase; Canonical variable significant difference at 1% level ($\lambda_2 = 0.7607^{**}$), the first II for typical variable (u_2, v_2), suggests that within a certain range, with the chemical composition of potassium, total sugar and the rise and fall of chlorine, tobacco maturity with the same change trend. 4) grey correlation analysis showed that the smoke and baoshan district tobacco appearance quality correlation was the largest chemical composition of protein, total nitrogen, total sugar and reducing sugar, etc.

Key words: Baoshan tobacco-growing areas; flue-cured tobacco appearance quality; chemical constitutions; multivariate statistical analysis

0 引言

近年来,随着云南烟区优化烟叶结构工作的推进,收购烟叶的等级状况与以前有很大差异,而卷烟企业精细化加工工艺要求烟叶等级质量具有一致性和稳定性,因此,探究烤烟外观质量与化学成分的量化关系,对于在烟叶收购、打叶复烤、卷烟配方等环节充分发挥和提升烟叶的使用价值以及巩固工业企业的烟叶原料战略保障体系,具有重大意义. 一般来说,烤烟质量评价主要包括外观质量、物理指标、感官质量、内在化学成分和安全性指标等^[1],外观质量通过感性来把握,化学成分通过仪器测量. 以往的研究主要侧重于烤烟外观质量的综合评价^[2-5]、外观质量性状与内在品质的关系^[6-8]、单项外观指标与理化性状的关系^[9-12]、烤烟化学成分与其他指标的研究^[13-17]等,有关保山烟区烤烟外观质量与内在化学成分关系的研究较少^[18-19]. 鉴于此,本研究拟选取保山烟区大面积种植的云烟87品种烤后C3F烟叶,通过统计分析,探索保山烟区烤烟外观质量与化学成分的关系.

1 材料与方法

1.1 烟样的采集

1.1.1 样品的采集 选取2012年保山烟区主栽烤烟云烟87品种C3F烟叶. 样品等级由专职评级人员按照GB 2635—92烤烟标准评定,等级合格率达到85%以上. 每个样品取2 kg,用于烤烟外观质量打分与内在化学成分指标检测,共计162个样品.

1.1.2 烤烟外观质量评价指标 选取1 kg烤烟烟叶样品,由红云红河集团原料部6位国家认定的分级技师进行外观质量打分. 外观质量打分包括颜色(满分8分,下同)、成熟度(15分)、叶片结构(15分)、身份(15分)、油分(20分)、色度(20分),各项指标分值以平均分计,具体外观质量分类及打

分标准见表1.

表1 烤烟外观质量量化分类及打分标准分

外观质量	量化分类标准及打分
颜色	橘黄8,柠檬黄6,红棕4
成熟度	成熟15,完熟12,尚熟8,欠熟6,假熟2
叶片结构	疏松15,尚疏松12,稍密8,紧密4
身份	中等15,稍薄、稍厚12,薄、厚8
油分	多20,有15,稍有10,少8
色度	浓20,强15,中10,弱8,淡4

1.1.3 烤烟化学成分指标测定 其中包括烟碱、总氮、总糖、还原糖、钾、氯、蛋白质,其测定参照文献[20]进行,施木克值、氮碱比和糖碱比依据相关指标进行折算.

1.2 统计分析方法

用SPSS和DPS统计软件进行统计分析.

2 结果与分析

2.1 保山烟区烤烟外观质量与内在化学成分描述性统计

保山烟区烤烟外观质量与内在化学成分描述性统计结果见表2和表3. 由2表可知,6项外观质量指标平均分属中等偏上水平,变异系数都<15%,在所取样本间变幅较小,说明烤烟外观质量差异不大. 化学成分分析表明:烟碱、总氮平均值分别为2.46%,1.85%,在适宜范围内,总糖、还原糖、蛋白质和钾含量较高,平均值分别为28.37%,23.92%,9.12%,2.29%,氯含量较低,平均值为0.12%,变异系数除氯含量、糖碱比和烟碱含量较大外,其余指标均<30%.

就峰度和偏度来说,保山烟区烤烟外观质量指标颜色、叶片结构、身份、油分及化学成分指标烟碱、总糖、还原糖、钾、糖碱比和氮碱比的峰度系数均<0,数据分布为平阔峰,数据较正态分布分散,其

余指标峰度系数均 >0 ,数据分布为尖峭峰;烤烟外观质量指标颜色、成熟度、叶片结构、油分,及化学成分指标总糖、还原糖和施木克值的偏度系数 <0 ,为左偏峰,其余指标 >0 ,为右偏峰。

2.2 保山烟区烤烟外观质量与内在化学成分指标间的相关分析

保山烟区烤烟6项外观质量指标与化学成分间相关分析结果见表4。其中,颜色与糖碱比呈极显著负相关,与总氮呈显著相关;成熟度与总糖呈极显著相关,与还原糖、钾呈显著相关;叶片结构与烟碱、总氮、蛋白质呈极显著负相关,与总糖、还原糖、

钾、施木克值、糖碱比和氮碱比呈极显著相关;身份与总糖呈极显著相关,与施木克值呈显著相关;油分与烟碱呈极显著相关,与氮碱比呈极显著负相关,与总氮呈显著相关,与糖碱比呈显著负相关;色度与烟碱、总氮呈极显著相关,与氮碱比、糖碱比呈极显著负相关,与蛋白质呈显著相关。

2.3 保山烟区烤烟外观质量与化学成分间的典型相关分析

保山烟区烤烟6项外观质量与化学成分间的典型相关分析结果见表5。

将化学成分指标包括烟碱(x_1)、总氮(x_2)、总糖(x_3)、还原糖(x_4)、钾(x_5)、氯(x_6)、蛋白质(x_7)、施木克值(x_8)、糖碱比(x_9)、氮碱比(x_{10})数据作为一组别,把外观质量指标包括颜色(y_1)、成熟度(y_2)、叶片结构(y_3)、身份(y_4)、油分(y_5)、色度(y_6)作为另一组别,进行数据标准化后,再进行典型相关分析,得到6个典型相关系数。其中,第1个、第2个典型相关系数均达到极显著水平($\lambda_1 = 0.8826^{**}$; $\lambda_2 = 0.7607^{**}$),第3个达到显著水平($\lambda_3 = 0.6859^*$),其他3个典型相关系数未达到显著水平。因而,选择前3组典型变量进行分析,基本上能代表保山烟区烤烟6项外观质量与化学成分间相关的大部分信息。统计结果见表6。

保山烟区烤烟化学成分与外观质量的3组典型相关变量构成方程如下。

第I组典型变量:

$$u_1 = 0.54x_1 + 1.1487x_2 + 0.2669x_3 - 0.1094x_4 - 0.1023x_5 + 0.0902x_6 - 0.4344x_7 + 0.3217x_8 + 0.1463x_9 - 0.0802x_{10}$$

$$v_1 = -0.0518y_1 + 0.1969y_2 - 0.3508y_3 - 0.4377y_4 + 0.5913y_5 + 0.3913y_6$$

表2 保山烟区烤烟外观质量的描述性统计

指标	区域/分	平均值/分	标准差	变异系数/%	峰度系数	偏度系数
颜色	6.75~8.00	7.45	0.31	4.21	-0.63	-0.30
成熟度	10.25~14.75	14.03	0.73	5.20	13.17	-3.03
叶片结构	11.50~14.92	13.49	0.91	6.74	-1.01	-0.35
身份	11.50~14.83	12.99	0.86	6.60	-0.70	0.57
油分	9.67~18.58	13.97	1.84	13.14	-0.22	-0.22
色度	9.42~17.50	12.94	1.54	11.86	0.54	0.02

表3 保山烟区烤烟化学成分指标的描述性统计

指标	区域/%	平均值/%	标准差	变异系数/%	峰度系数	偏度系数
烟碱	1.26~4.06	2.46	0.75	30.53	-0.72	0.37
总氮	1.46~2.57	1.85	0.23	12.57	0.97	0.97
总糖	18.07~36.15	28.37	3.80	13.38	-0.19	-0.27
还原糖	15.50~31.10	23.92	3.77	15.78	-0.5	-0.43
钾	1.15~3.47	2.29	0.53	23.00	-0.72	0.01
氯	0.05~0.33	0.12	0.06	52.27	2.47	1.54
蛋白质	7.49~11.75	9.12	0.75	8.22	2.04	0.73
施木克值	1.58~4.79	3.26	0.68	20.80	0.15	-0.28
糖碱比	4.49~26.91	15.01	5.88	39.19	-0.82	0.06
氮碱比	0.50~1.29	0.80	0.20	24.78	-0.42	0.77

表4 保山烟区烤烟外观质量与化学成分指标间的相关分析

指标	颜色	成熟度	叶片结构	身份	油分	色度
烟碱	0.216	0.108	-0.602**	-0.024	0.595**	0.656**
总氮	0.302*	0.171	-0.567**	-0.205	0.342*	0.437**
总糖	-0.17	0.472**	0.470**	0.394**	0.108	0.022
还原糖	-0.267	0.310*	0.363**	0.264	0.042	-0.054
钾	-0.146	0.328*	0.549**	0.150	-0.190	-0.214
氯	0.208	0.23	0.023	-0.074	-0.030	0.089
蛋白质	0.185	0.213	-0.425**	-0.169	0.239	0.295*
施木克值	-0.208	-0.076	0.479**	0.316*	-0.040	-0.138
糖碱比	-0.375**	-0.062	0.544**	0.166	-0.286*	-0.391**
氮碱比	-0.137	-0.059	0.442**	-0.199	-0.672**	-0.682**

注:**表示相关系数达到1%极显著水平,*表示相关系数达到5%显著水平。

第Ⅱ组典型变量:

$$u_2 = 0.334 3x_1 - 1.339 2x_2 - 0.598 5x_3 - 0.097 4x_4 - 0.558 6x_5 - 0.515 4x_6 + 0.832 0x_7 - 0.082 4x_8 + 0.214 2x_9 + 0.004 2x_{10}$$

$$v_2 = -0.345 5y_1 - 0.765 6y_2 - 0.529 3y_3 + 0.382 4y_4 + 0.463 1y_5 - 0.479 7y_6$$

第Ⅲ组典型变量:

$$u_3 = 0.673 1x_1 + 1.468 1x_2 + 0.193 9x_3 - 0.430 5x_4 - 0.316 5x_5 + 0.040 0x_6 - 1.626 3x_7 - 0.812 5x_8 + 0.372 2x_9 + 1.357 6x_{10}$$

$$v_3 = 0.482 5y_1 + 0.073 5y_2 - 0.209 8y_3 - 0.657 7y_4 - 0.348 7y_5 - 0.039 8y_6$$

在第Ⅰ对典型变量(u_1, v_1)中,由 u_1 与 x_i 相关系数可知,其与化学成分烟碱、总氮具有较高的正相关,与氮碱比、糖碱比具有较高的负相关,相关系数为0.951 8,0.770 7, -0.834 6, -0.655 4,说明 u_1 主要描述了烟碱、总氮、氮碱比、糖碱比等指标.由 v_1 与 x_i 相关系数可知,色度、油分的典型负载系数为0.818 9和0.736 9,说明 v_1 主要描述了色度、

油分等指标.

标准化典型权重说明,保山烟区烤烟化学成分对 u_1 相对作用大小依次为:总氮>烟碱>蛋白质>施木克值>总糖>糖碱比>还原糖>钾>氯>氮碱比,其中,蛋白质、还原糖、钾和氮碱比是负作用;6项外观质量指标对 v_1 的相对作用大小依次为:油分>身份>色度>叶片结构>成熟度>颜色,其中,烟叶身份、叶片结构、颜色为负作用.

在第Ⅱ对典型变量(u_2, v_2)中,由 u_2 与 x_i 的相关系数可知,其与钾、总糖和氯含量高度负相关,典型载荷系数分别为-0.659 3, -0.525 6, -0.453 4,说明 u_2 主要描述了钾、总糖和氯等指标.由 v_2 与 x_i 相关系数可知,成熟度的典型载荷系数为-0.838 6,说明 v_2 主要描述成熟度指标.

在第Ⅲ对典型变量(u_3, v_3)中,由 u_3 与 x_i 的相关系数可知,其与施木克值、总糖、还原糖具有较高的负相关关系,典型负载系数分别为-0.576 1, -0.568 9, -0.449 7,说明 u_3 主要描述了施木克值、总糖和还原糖等指标.由 v_3 与 x_i 的相关系数可知,烤烟外观质量身份的典型载荷系数为-0.867 5,说明 v_3 主要描述了烤烟外观质量身份指标.

表5 保山烟区烤烟外观质量与化学成分间典型相关系数的显著性检验

典型相关系数	卡方值(χ^2)	自由度	P值
0.882 6	156.876 9	60	0.000 1
0.760 7	89.711 9	45	0.000 1
0.685 9	51.245 5	32	0.016 8
0.487 0	22.953 1	21	0.346 5
0.437 1	10.907 1	12	0.536 9
0.180 4	1.472 1	5	0.916 3

2.4 保山烟区烤烟外观质量与化学成分间的灰色关联分析

本文将保山烟区烤烟化学成分作为比较数列,6项外观质量作为参考数列,并对各类指标进行无量纲处理,灰色关联分析结果见表7.

表6 保山烟区烤烟外观质量与化学成分间标准化典型权重和典型载荷系数

指标	第Ⅰ组典型变量		第Ⅱ组典型变量		第Ⅲ组典型变量	
	标准化典型权重	典型载荷系数	标准化典型权重	典型载荷系数	标准化典型权重	典型载荷系数
烟碱	0.540 0	0.951 8	0.334 3	0.149 0	0.673 1	0.029 8
总氮	1.148 7	0.770 7	-1.339 2	-0.085 2	1.468 1	0.401 7
总糖	0.266 9	-0.190 9	-0.598 5	-0.525 6	0.193 9	-0.568 9
还原糖	-0.109 4	-0.193 5	-0.097 4	-0.306 7	-0.430 5	-0.449 7
钾	-0.102 3	-0.446 8	-0.558 6	-0.659 3	-0.316 5	-0.104 1
氯	0.090 2	0.085 8	-0.515 4	-0.453 4	0.040 0	0.244 9
蛋白质	-0.434 4	0.580 7	0.832 0	-0.128 0	-1.626 3	0.306 0
施木克值	0.321 7	-0.440 6	-0.082 4	0.059 5	-0.812 5	-0.576 1
糖碱比	0.146 3	-0.655 4	0.214 2	0.010 7	0.372 2	-0.427 9
氮碱比	-0.080 2	-0.834 6	0.004 2	-0.265 0	1.357 6	0.333 7
颜色	-0.051 8	0.319 4	-0.345 5	-0.462 2	0.482 5	0.235 0
成熟度	0.196 9	0.241 2	-0.765 6	-0.838 6	0.073 5	-0.290 3
叶片结构	-0.350 8	-0.637 2	-0.529 3	-0.462 5	-0.209 8	-0.542 8
身份	-0.437 7	0.024 3	0.382 4	-0.226 9	-0.657 7	-0.867 5
油分	0.591 3	0.736 9	0.463 1	-0.090 4	-0.348 7	-0.598 1
色度	0.391 3	0.818 9	-0.479 7	-0.171 1	-0.039 8	-0.375 9

表7 保山烟区烤烟外观质量与化学成分的灰色关联分析

关联矩阵	颜色	成熟度	叶片结构	身份	油分	色度
蛋白质	0.769 7	0.75 71	0.681 8	0.694 7	0.696 4	0.699 6
总氮	0.696 2	0.680 1	0.605 5	0.650 6	0.666 3	0.681 6
总糖	0.661 6	0.693 8	0.694 2	0.674 7	0.604 9	0.601 8
还原糖	0.616 2	0.641 7	0.618 1	0.629 7	0.612 8	0.582 2
施木克值	0.602 3	0.594 7	0.610 1	0.598 2	0.523 6	0.533 5
钾	0.541 4	0.549 2	0.577 5	0.547 9	0.502 7	0.477 9
氮碱比	0.523 2	0.522 8	0.539 8	0.497 5	0.440 1	0.444 1
烟碱	0.485 7	0.486 2	0.453 8	0.484 6	0.556 6	0.539 0
糖碱比	0.458 5	0.449 9	0.461 1	0.460 8	0.412 7	0.412 5
氯	0.428 4	0.439 0	0.429 7	0.438 8	0.464 2	0.433 0

灰色关联度分析结果给出了保山烟区烤烟化学成分与外观质量的灰色关联度排序:蛋白质、总氮和总糖与外观质量颜色关联度较大,蛋白质、总糖和总氮与成熟度关联度较大,总糖、蛋白质和还原糖与叶片结构关联度较大,蛋白质、总糖和总氮与身份关联度较大,蛋白质、总氮和还原糖与油分关联度较大,蛋白质、总氮和总糖与色度关联度较大.总之,与保山烟区烤烟外观质量关联度较大的化学成分为蛋白质、总氮、总糖和还原糖等.

3 结论

本文研究了保山烟区烤烟外观质量与化学成分的关系,得到如下结论.

1)描述性统计表明,保山烟区烤烟外观质量各项指标平均值得分属中等偏上水平,变异系数都在15%以内.在所取样本间变幅较小,说明烤烟外观质量差异都在相同范围之内.就烤烟化学成分来说,烟碱、总氮在适宜范围内,总糖、还原糖、蛋白质和钾含量较高,氯含量较低,变异系数除氯含量、糖碱比和烟碱含量较大外,其余指标均小于30%.

2)简单相关分析表明,保山烟区烤烟外观质量指标颜色与糖碱比呈极显著负相关;成熟度与总糖呈极显著相关;叶片结构与烟碱、总氮、蛋白质呈极显著负相关,与总糖、还原糖、钾、施木克值、糖碱比和氮碱比呈极显著相关;身份与总糖呈极显著相关;油分与烟碱呈极显著相关,与氮碱比呈极显著负相关;色度与烟碱、总氮呈极显著相关,与氮碱比、糖碱比呈极显著负相关关系.

3)典型相关分析表明,第I组典型变量(u_1, v_1)($\lambda_1 = 0.882 6^{**}$)中,由 u_1 与烟碱、总氮具有高度正相关,与氮碱比、糖碱比具有较高负相关,相关系数分别为0.951 8, 0.770 7, -0.834 6, -0.655 4,

由 v_1 与色度、油分的典型载荷系数分别为0.818 9, 0.736 9,这一线性组合反映出在一定范围内,就保山烟区来说,随着化学成分烟碱、总氮含量的增加和氮碱比、糖碱比数值的减小,烤烟外观质量色度、油分有增加的趋势.

第II组典型变量(u_2, v_2)($\lambda_2 = 0.760 7^{**}$)中,由 u_2 与钾、总糖和氯的典型载荷系数为-0.659 3, -0.525 6, -0.453 4,由 v_2 与成熟度的典型载荷系数为-0.838 6,表明在一定范围内,就保山烟区来说,随着化学成分钾、总糖和氯的提高或降低,烤烟外观质量成熟度具有同向变化趋势.

4)灰色关联分析表明,与保山烟区烤烟6项外观质量关联度较大的化学成分为蛋白质、总氮、总糖和还原糖指标等.

参考文献:

- [1] 左天觉.烟草的生产、生理和生物化学[M].朱尊权,译.上海:上海远东出版社,1993.
- [2] 魏春阳,李锋,张仕祥,等.基于特征向量的烤烟外观质量分类评价[J].烟草科技,2010(12):61.
- [3] 邓小华,周冀衡,杨虹琦,等.湖南烤烟外观质量量化评价体系的构建与实证分析[J].中国农业科学,2007,40(9):2036.
- [4] 赵炜,吉松毅,任艳萍,等.云南烤烟外观质量综合评价及指标间的关系分析[J].郑州轻工业学院学报:自然科学版,2010,25(5):53.
- [5] 文大荣,邓建华,逢涛,等.云南省各州市烤烟外观质量差异分析[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2009,35(1):5.
- [6] 魏春阳,罗朝鹏,李锋,等.初烤烟叶主要外观性状与评吸质量的灰色关联分析[J].烟草科技,2010(10):48.
- [7] 唐宇,程森,窦玉青,等.云南宣威初烤烟叶外观质量性状与内在品质的关系[J].烟草科技,2011(3):72.

- [8] 汤朝起,刘伟,潘红源,等. 烤烟外观质量的评价延伸指标与内在品质的关系[J]. 烟草科技,2011(9):71.
- [9] 梁洪波,李念胜,元建,等. 烤烟烟叶颜色与内在品质的关系[J]. 中国烟草科学,2002,23(1):9.
- [10] 李章海,刘登乾,韩忠明,等. 烤烟油分与烟叶理化特性关系的初步研究[J]. 安徽农业科学,2008,36(3):1088.
- [11] 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.
- [12] 王涛,贺帆,詹军,等. 烘烤过程中不同部位烟叶颜色值和主要化学成分的变化[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2012,38(2):125.
- [13] 李东亮,戴亚,李力,等. 川渝烤烟化学成分与香气的灰色优势分析[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2010,36(3):280.
- [14] 郭东锋,姚忠达,汪季涛,等. 烤烟烟叶常规化学成分与主流烟气成分的关系[J]. 烟草科技,2013(2):46.
- [15] 鲁黎明,尹园,胡建新,等. 凉攀烟区烤烟微量元素含量与常规化学成分相关性分析[J]. 河南农业大学学报,2012,46(3):252.
- [16] 胡钟胜,陈晶波,周兴华,等. 模糊评判与欧氏距离法在烟叶化学成分评价中的应用[J]. 烟草科技,2012(11):33.
- [17] 吴兴富,肖炳光,曾建敏,等. 施肥量对烤烟 KRK26 和 K326 主要化学成分含量和感官质量的影响[J]. 江西农业大学学报,2012,34(4):652.
- [18] 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.
- [19] 孙平,程森,窦玉青,等. 四川会东初烤烟叶外观质量与主要化学成分关系研究[J]. 中国烟草科学,2013,34(1):29.
- [20] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.

(上接第43页)

- [51] Vasudevan P, Padmavathy V, Dhingra S C. Kinetics of biosorption of cadmium on Baker's yeast [J]. Biore-source Technology, 2003, 89(3):281.
- [52] Park D, Yun Y S, Park J M. Use of dead fungal biomass for the detoxification of hexavalent chromium; Screening and kinetics [J]. Process Biochemistry, 2005, 40(7):259.
- [53] Dodic S N, PoPov S D, Markov S L. Investigation of kinetics of zinc biosorption by *Saccharomyces cerevisiae* cells [J]. Nahrung Food, 2001, 45(1):59.
- [54] 姜友军,张云松,王仁国. KMnO_4 修饰面包酵母菌对 Cd^{2+} 的吸附研究[J]. 环境科学学报, 2011, 7(31):1386.
- [55] Ho Y S, McKay G. Pseudo-second order model for sorption processes [J]. Process Biochemistry, 1999, 34(5):451.
- [56] Ho Y S, McKay G. The kinetics of sorption of divalent metal ions onto sphagnum moss flat [J]. Water Research, 2000, 34(3):735.
- [57] 倪晓宇,吴涓. 铅离子的生物吸附动力学及吸附热力学研究[J]. 生物技术, 2008, 18(2):29.
- [58] Park D, Yun Y S, Lee H W, et al. Advanced kinetic model of the Cr^{6+} removal by biomaterials at various pHs and temperatures [J]. Bioresource Technology, 2008, 99(5):1141.