云南省生物质能源烘烤烟叶外观质量评价及其区域特征分析

董香娥[1]，孙书斌[2]，陈颐[1]，喻曦[3]，欧阳进[3]，赵高坤[1]，陈俊鸿[4]，邹聪明[1]

（1.云南省烟草农业科学研究院，云南昆明650031；2.湖北中烟工业有限责任公司，湖北襄阳441000；3.云南省烟草公司昆明市公司，云南昆明650211；4.云南省烟草公司红河州公司，云南弥勒661500）

摘要：为评判生物质能源烘烤的可行性以及完善烟叶外观质量评价体系，以云南省生物质能源烘烤产区烟叶样品为材料，运用专家咨询法、描述性统计法、方差分析法、聚类分析法和地统计学分析法，构建了生物质能源烘烤烟叶的外观质量评价体系，并分析了外观质量评价体系指标间的关系和云南省生物质能源烘烤烟叶外观质量的区域特征。结果表明，云南省生物质能源烘烤烟叶外观质量评价指标成熟度、发育状况、叶片结构、身份、油分、色度、色均匀度、光滑或微青间存在极显著正相关关系，其中成熟度与其他指标关系密切，而叶片结构对其他指标的影响较小；不同等级烟叶的外观质量分值表现为X2F<B2F<C3F，差异极显著；不同品种烟叶的外观质量分值表现为云烟87<K326<红大；烟叶外观质量指数高值区域出现在滇中烟区，向四周逐渐递减，空间变化趋势明显；烟叶外观质量指数高的烟区主要集中在楚雄州、昆明市、玉溪市。可见，构建的生物质能源烘烤烟叶外观质量量化评价体系较为合理，对云南省生物质能源烘烤区域烟叶外观质量进行综合评价是可行的。

生物质能源烘烤是以烟秆为主的生物质原材料回收再利用模式的新型产业，其能实现密集烤房自动化、精准化和智能化控制，有效减少人工烧煤烘烤的不稳定性，显著提高科学烘烤工艺的执行率，还可以降低烟叶烘烤成本和烟农劳动强度，改善烟叶外观质量和内在品质等，具有广阔的推广应用前景[1-3]。烟叶烘烤外观质量即烟叶外在的特征特性，是指人们感官可以做出判断的质量方面，是烟叶最终分级的重要依据[4-6]。目前，国内外烟草研究工作者围绕烤烟外观质量开展了大量的研究，这些研究主要是基于多种数理统计学方法量化外观质量指标进行综合评价，其中蔡宪杰等[7]、赵炜等[8]运用相关分析、聚类分析和主成分分析对烟叶外观质量指标进行了研究，建立了初步量化的烟叶外观质量指标体系，且所得出的定量分析结果与现实中的分类效果基本符合。

王育军等[9]运用描述统计和典型相关统计对曲靖烟叶外观质量进行研究，并得出外观质量中起主导作用的指标是成熟度、结构、身份和油分。而生物质能源烘烤烟叶的外观质量研究起步较晚，20世纪90年代初才开始初步探索，赵新帅等[10]对比研究普通烤房与生物质能源烤房发现，使用生物质能源烤房烘烤的烟叶在外观质量上表现为烟叶结构疏松、成熟度好，在色度方面稍微优于常规密集烤房。高福宏等[11]、杨时涛等[12]研究表明，采用生物质能源燃料烘烤后的烟叶油分足、色度好、外观质量好，且显著提高中上等烟的比例，增加经济效益。然而，关于生物质能源烘烤烟叶外观质量评价体系的系统研究鲜有报道，而外观质量又是烟叶分级的重要依据且与烟叶内在质量密切相关，建立生物质能源烘烤烟叶外观质量指标定量评价体系，可准确判定生物质能源烘烤烟叶外观质量指标的高低，进而提高烟叶分级效率，有利于广泛推广生物质能源烘烤，促进烟草行业的改革与发展[13-14]。

鉴于此，在云南具备生物质能源烘烤的烟区，系统开展云南省生物质能源烘烤不同生态区、不同品种和不同部位烟叶的外观质量指标研究，旨在建立云南生物质能源烘烤烟叶外观质量评价指标体系，明确生物质能源烘烤烟叶外观质量评价指标间的量化关系及云南省烟叶外观质量区域特征。

1材料和方法

1.1供试地点及材料

供试烟叶样品为2018年生物质能源烘烤的初烤烟叶，来源于云南省昆明市、曲靖市、玉溪市、楚雄州、保山市、红河州、文山州、大理州、丽江市、普洱市、临沧市、昭通市和德宏州共13个具备生物质能源烘烤的州（市）的近90个乡镇（图1），所选乡镇均具备生物质能源烘烤且能对生物质颗粒进行加工生产的能力。烘烤设备采用标准生物质能源供热气流下降式密集型烤房，烘烤技术参照三段七步式烘烤工艺。选择具有代表性的B2F、C3F和X2F等级烟叶共186份，进行统一化验和评价。样品等级由专职评吸人员按照GB2635—92进行判定，等级合格率达到90%以上，样品取样量为3kg。供试初烤烟叶品种为云南烟区主栽品种云烟87、K326和红花大金元（红大）。

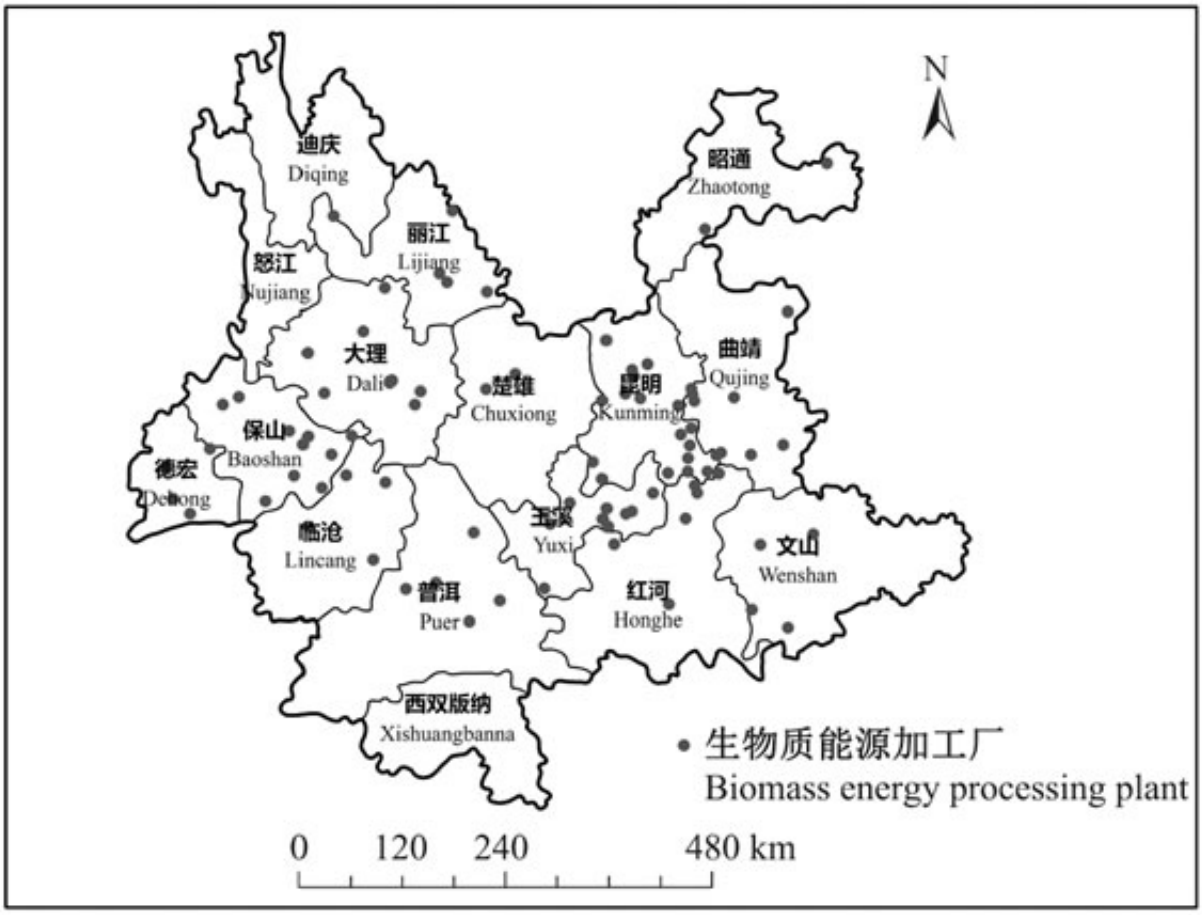

图 1　云南省各州(市)生物质能源加工厂分布

Fig. 1　Distribution of biomass energy processing plants in prefectures and cities of Yunnan Province

1.2烟叶外观质量指标的量化及评定方法

与生物质能源烘烤烟叶内在质量密切相关的外观质量指标有成熟度、发育状况、叶片结构、身份、油分、色度、色均匀度、光滑或微青等，采用专家咨询法和借鉴其他专家的建议[15-16]，按照10分制五等的标准，初步确定外观质量评价指标并建立了评分标准（表1），并对试验选用的烟叶外观质量赋予分值，质量越高，分值越高，上述外观质量指标的权重分别为0.20、0.15、0.15、0.15、0.15、0.10、0.05、0.05。

表 1　生物质能源烘烤烟叶的外观质量评价指标及评分标准

Tab. 1　Evaluating index and standard score of appearance quality of flue-cured tobacco with biomass energy

成熟度 Maturity	发育状况 Growth status	叶片结构 Leaf structure	身份 Body	油分 Oil	色度 Chroma	色均匀度 Chromatic homogeneity	光滑或微青 Smooth or green-yellow	分值 Score
好 Ripe	营养协调，发育充分	疏松、弹性好	适中	足	色正、饱满、光泽强	均匀、色差小、无退色	全无	10
较好 Less ripe	营养协调，发育较好	较疏松、弹性较好	稍厚	较足	色较正、尚饱满、光泽较强	均匀、色差较小、无退色	无	9
一般 Proper-mature	营养一般，发育一般	尚疏松、有弹性	稍薄	有	色欠正、略饱满、有光泽	较均匀、色差明显、无退色	稍有	8
过熟 Over-mature	营养欠协调，发育不良	较僵硬、弹性较差	过厚	较差	色不正、欠饱满、尚有光泽	欠均匀、色差较大、略有退色	有	7
欠熟 Immature	营养失调，发育较差	僵硬、弹性差	薄	差	色不正、饱满度差、色泽暗	均匀度差、色差大、退色	较多	5

1.3鉴定方法

样品外观质量鉴定前，随机选取50片含水率16%~18%的烟叶，由云南省烟草质量监督检测站或云南红塔集团有限公司技术中心4~5名烤烟分级专家进行样品外观质量鉴定，按照成熟度、发育状况、叶片结构、身份、油分、色度、色均匀度、光滑或微青逐项打分，计算出几何平均值作为该样品的鉴定分值。

1.4数据处理

利用SPSS 22.0统计分析软件对生物质能源烘烤烟叶的外观质量进行描述性统计分析、方差分析和聚类分析等，采用ArcGIS 10.4软件的地统计学模块（Geostatistical analyst），以IDW（反距离权重法）插值作为基本工具，对生物质能源烘烤烟叶的外观质量指数进行空间分布分析。

2结果与分析

2.1生物质能源烘烤烟叶外观质量的描述性统计特征

由表2可以看出，云南省生物质能源烘烤烟叶的外观质量分值为70.61~96.18，平均得分为87.90。成熟度、色度和色均匀度的偏度系数小于-1，不符合正态分布规律，其余指标的偏度系数均在-1~1，基本符合正态分布规律。峰度系数可用来描述样本值是侧重出现在中心附近，还是较均匀地分布，其中发育状况和身份的峰度系数小于0，说明数据的分布比较分散，为平阔峰；其余指标的峰度系数均大于0，数据分布集中，为尖峭峰。变异系数是反映数据离散程度的绝对值，变异系数越大表示数据离散程度越大。表2中各指标的变异系数均小于10%，为弱变异，生物质烘烤烟叶外观质量各项指标的变异系数由大到小为身份>光滑或微青>油分>成熟度>发育状况>色度>色均匀度>叶片结构。

表 2　生物质能源烘烤烟叶外观质量评价指标的描述性统计特征

Tab. 2　Descriptive statistical characteristics of appearance quality evaluation indicators for biomass energy-based flue-cured tobacco

评价指标 Evaluating index	样本数 Number of sample	最小值 Minimum	最大值 Maximum	中位数 Median	平均数 Mean	标准差 *SD*	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	变异系数/% *CV*
成熟度 Maturity	264	6.69	10.00	8.92	8.79	0.55	−1.11	1.84	6.24
发育状况 Growth status	264	7.23	10.00	9.00	8.97	0.54	−0.56	−0.15	6.04
叶片结构 Leaf structure	264	7.00	10.00	9.00	8.95	0.50	−0.39	0.37	5.59
身份 Body	264	6.92	9.92	8.92	8.81	0.61	−0.62	−0.15	6.95
油分 Oil	264	6.46	9.83	8.66	8.52	0.55	−0.95	0.68	6.45
色度 Chroma	264	6.54	9.96	8.88	8.72	0.52	−1.16	1.63	5.99
色均匀度 Chromatic homogeneity	264	6.70	9.54	8.84	8.70	0.49	−1.34	2.02	5.64
光滑或微青 Smooth or green-yellow	264	6.54	10.00	8.76	8.74	0.57	−0.53	0.66	6.55
总分 Total score	264	70.61	96.18	88.51	87.90	4.76	−0.89	0.73	5.42

2.2生物质能源烘烤烟叶外观质量指标间的相关性分析

由表3可知，生物质烘烤烟叶外观质量8个指标间均存在极显著相关性，且均为正相关关系。其中，叶片结构与身份、油分、色度、色均匀度的相关系数均小于0.5，为低度正相关；成熟度与发育状况、身份、油分、色度、色均匀度、光滑或微青，身份与发育状况、油分、色均匀度，色度与色均匀度的相关系数均高于0.8，为高度正相关；其余指标间均在0.5~0.8，为中度正相关。综合来看，成熟度与其他指标的相关性最高，说明成熟度对其他指标的影响较大，成熟度越好，其他指标相对越好；叶片结构与其他指标的相关性最低，说明叶片结构对其他指标的影响相对较小。

表 3　生物质能源烘烤烟叶外观质量评价指标间的相关系数

Tab. 3　Coefficients among appearance quality evaluation indicators of flue-cured tobacco with biomass energy

评价指标 Evaluating index	成熟度 Maturity	发育状况 Growth status	叶片结构 Leaf structure	身份 Body	油分 Oil	色度 Chroma	色均匀度 Chromatic homogeneity	光滑或微青 Smooth or green-yellow
成熟度 Maturity	1.000							
发育状况 Growth status	0.836**	1.000						
叶片结构 Leaf structure	0.560**	0.504**	1.000					
身份 Body	0.820**	0.858**	0.496**	1.000				
油分 Oil	0.829**	0.795**	0.382**	0.845**	1.000			
色度 Chroma	0.816**	0.795**	0.480**	0.798**	0.744**	1.000		
色均匀度 Chromatic homogeneity	0.836**	0.797**	0.474**	0.805**	0.775**	0.911**	1.000	
光滑或微青 Smooth or green-yellow	0.803**	0.704**	0.758**	0.672**	0.639**	0.694**	0.693**	1.000

注：** 表示极显著相关（双尾检测）。

Note: ** indicates highly significant correlation (2-tailed).

2.3生物质能源烘烤烟叶外观质量的等级差异

由表4可见，生物质能源烘烤不同等级烟叶外观质量评价指标总分值表现为C3F>B2F>X2F，且不同等级间均存在极显著差异（P<0.01）。经两两比较可知，除B2F与C3F的成熟度、油分、色均匀度、光滑或微青指标差异未达到极显著外，其余评价指标差异在3个等级中均达到极显著水平。表明生物质能源烘烤烟叶以中部叶最好，上部叶次之，下部叶相对较差，这与普通燃煤烘烤结果一致。

表 4　生物质能源烘烤烟叶外观质量评价指标的等级差异

Tab. 4　Grade differences in appearance quality evaluation indicators of biomass energy-based flue-cured tobacco

等级 Grade	成熟度 Maturity	发育状况 Growth status	叶片结构 Leaf structure	身份 Body	油分 Oil	色度 Chroma	色均匀度 Chromatic homogeneity	光滑或微青 Smooth or green-yellow	总分 Total score
B2F	8.95aA	9.09bB	8.73eC	8.88bB	8.72bA	8.82bB	8.79bA	8.77aA	88.63bB
C3F	9.07aA	9.27aA	9.17aA	9.29aA	8.84aA	9.01aA	8.94aA	8.92aA	90.94aA
X2F	8.36bB	8.55cC	8.96bB	8.26cC	7.99cB	8.31cC	8.35cB	8.51bB	84.12cC

注：同列不同大写字母表示差异极显著（$P<0.01$），不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$），下同。

Note: Different capital letters in the same column indicate highly significant difference ($P<0.01$), and different lower letters show significant difference ($P<0.05$), the same below.

2.4生物质能源烘烤烟叶外观质量的品种间差异

由表5可知，在B2F等级烟叶中，红大的外观质量各项指标及总分均高于K326和云烟87，其次为K326，云烟87较低。经两两比较，3个品种的色度指标差异不显著；云烟87和K326的发育状况、叶片结构、身份、光滑或微青以及总分差异不显著，但均显著低于红大；K326与云烟87、红大的成熟度、油分和色均匀度评价指标差异均不显著，但云烟87与红大差异显著。C3F等级烟叶中，除K326油分指标最高之外，其余各项指标及总分均为红大最高，K326次之，云烟87较低。经两两比较，红大与K326的发育状况、身份、光滑或微青以及总分差异不显著，但二者均与云烟87差异显著；K326与云烟87、红大的成熟度、叶片结构、色度、色均匀度评价指标差异均不显著，但云烟87与红大差异显著。X2F等级烟叶中，8项评价指标及总分均为红大>K326>云烟87。经两两比较，3个品种的油分指标差异不显著；云烟87和K326的发育状况和身份指标差异不显著，但均与红大差异显著；其余指标表现为K326与云烟87、红大差异均不显著，而云烟87与红大差异显著。综上所述，生物质能源烘烤的红大烟叶外观质量最高，K326次之，云烟87较低。

表 5　生物质能源烘烤烟叶外观质量评价指标的品种间差异

Tab. 5　Variety differences in appearance quality evaluation indicators of biomass energy-based flue-cured tobacco

等级 Grade	品种 Variety	成熟度 Maturity	发育状况 Growth status	叶片结构 Leaf structure	身份 Body	油分 Oil	色度 Chroma	色均匀度 Chromatic homogeneity	光滑或微青 Smooth or green-yellow	总分 Total score
B2F	云烟 87	8.86bA	8.97bB	8.59bB	8.76bB	8.63bB	8.74aA	8.74bA	8.62bB	86.04bB
	K326	8.99abA	9.12bAB	8.74bB	8.80bB	8.75abAB	8.87aA	8.78abA	8.79bAB	88.73bB
	红大	9.12aA	9.40aA	9.10aA	9.34aA	8.93aA	8.96aA	8.96aA	9.16aA	91.41aA
C3F	云烟 87	8.98bA	9.16bA	9.05bB	9.19bA	8.76bA	8.95bA	8.88bA	8.76bA	88.96bB
	K326	9.13abA	9.36aA	9.26abAB	9.39aA	8.94aA	9.07abA	8.97abA	9.08aA	91.79aAB
	红大	9.20aA	9.42aA	9.39aA	9.43aA	8.91abA	9.12aA	9.07aA	9.11aA	92.33aA
X2F	云烟 87	8.20bB	8.47bA	8.84bB	8.20bA	7.91aA	8.20bA	8.22bA	8.39bA	80.04bB
	K326	8.44abAB	8.50bA	8.98abAB	8.21bA	8.04aA	8.32abA	8.41abA	8.53abA	84.27abAB
	红大	8.67aA	8.86aA	9.24aA	8.52aA	8.14aA	8.62aA	8.63aA	8.82aA	86.81aA

2.5生物质能源烘烤烟叶外观质量指数的空间分布差异

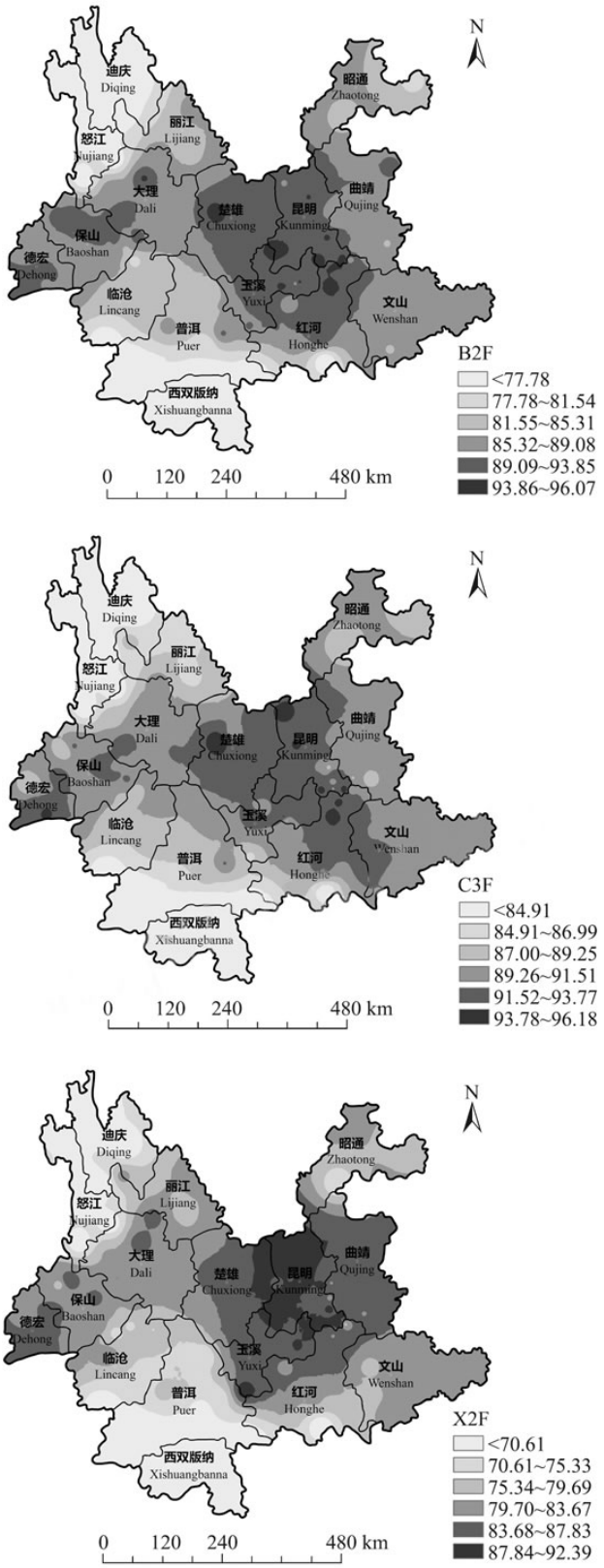

图 2　云南省各州(市)不同等级生物质能源烘烤烟叶外观质量指数的空间分布

Fig. 2　Spatial distribution of appearance quality index of biomass energy-based flue-cured tobacco in states (cities) of Yunan Province

由图2可见，云南省生物质能源烘烤的B2F、C3F和X2F等级烟叶的外观质量指数空间差异明显。烟叶外观质量指数高值区域出现在滇中地区，其次为滇东地区和滇西地区，表现为以滇中为中心，向四周辐射递减的趋势。在B2F等级中，外观质量指数的高值区域为滇中地区的楚雄、昆明、玉溪和红河，其次为曲靖、文山、大理、保山和德宏，较差的区域为昭通、丽江、临沧和普洱。总体以分值85.32~89.08为主要分布区域，其次为分值89.09~93.85。

在C3F等级中，楚雄、昆明、德宏南部、玉溪东部和红河东北部外观质量指数较高，其次为曲靖、文山、保山、大理，低值区域主要为昭通、丽江、临沧和普洱地区。总体以分值89.26~91.51为主要分布区域，其次为分值91.52~93.77。在X2F等级中，外观质量指数的高值区域集中出现在昆明地区，曲靖、玉溪、楚雄、德宏较高，文山、大理、丽江、昭通、保山次之，低值区域主要为临沧和普洱地区。总体以分值79.70~83.67为主要分布区域，其次为分值83.68~87.83。

2.6生物质能源烘烤烟叶外观质量指数的聚类分析

为便于比较分析和应用，对云南省各州（市）生物质能源烘烤烟叶的外观质量指数采用组间联结方法进行系统聚类分析（图3），在距离为5处分成3类：第一类有3个地区，分别为楚雄州、昆明市、玉溪市，是烟叶外观质量相对最好的地区，共性特征为烟叶成熟度好、营养协调、结构疏松、身份适中、油分足、光泽好、无杂色；第二类有6个地区，分别为曲靖市、保山市、大理州、文山州、红河州、德宏州，是外观质量相对较好的地区，共性特征为烟叶成熟度较好、营养协调、结构疏松、身份较适中、油分有、光泽好、杂色少；第三类有4个地区，分别为普洱市、临沧市、昭通市、丽江市，属于烟叶外观质量相对一般的地区，共性特征为烟叶成熟度略欠、营养较协调、叶片结构较疏松、身份中等、油分有、光泽较好、有杂色。

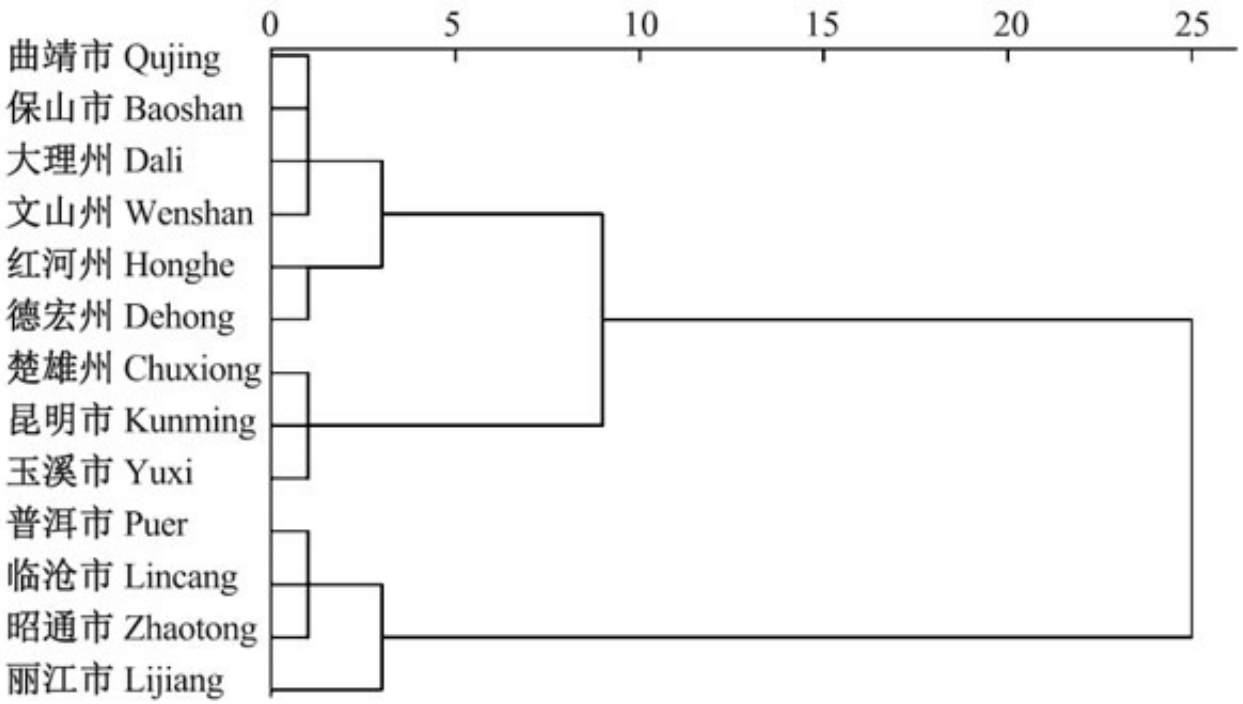

图 3　云南省各州(市)生物质能源烘烤烟叶外观质量指数聚类分析

Fig. 3　Cluster analysis of appearance quality index of biomass energy-based flue-cured tobacco in states (cities) of Yunan Province

3结论与讨论

生物质能源作为一种可再生的低碳能源，具有巨大的发展潜力，其开发利用对于建立可持续能源系统、促进烟草经济发展、保护生态环境具有重大意义[17-18]。本研究结果显示，在云南省生物质能源烘烤烟叶外观质量的综合评价中，参考传统密集型烤房烘烤烟叶外观质量的评价标准，选择成熟度、发育状况、叶片结构、身份、油分、色度、色均匀度、光滑或微青8项评价指标，按10分制标准赋予分值，分为5个等级，分别以5、7、8、9、10分进行分值标度，能够准确反映烟叶的外观质量特征，操作简单方便且非常直观，通过对生物质能源烘烤烟叶外观质量指标进行描述性统计分析、相关性分析和聚类分析，得出的结果与传统密集型烤房烘烤烟叶的外观质量结论基本一致[19-20]，丰富了云南省烟叶外观质量的评价体系，同时说明采用的分析方法及选择的指标具有合理性。

韦忠等[21]研究指出，与常规燃煤烘烤处理相比，生物质颗粒燃料烘烤处理可提高烤后烟叶的外观质量、均价、上等烟比例、中上等烟比例等指标，可实现减工降本、提质增效。本研究结果得出，云南省生物质能源烘烤烟叶不同等级差异中，烟叶外观质量以中部叶最好，上部叶次之，下部叶较差，与传统密集型烤房结果一致；不同品种差异中，烟叶外观质量以红大相对较好，K326次之，云烟87相对较差，可以大致看出，红大较适于生物质能源烘烤，而传统密集型烤房以云烟87外观质量最佳[22]，这可能是由于传统密集型烤房烘烤期间加煤次数多、每次加煤量不固定，既增加了烟农的劳动强度，又易导致烤房内温度忽高忽低，造成红大烟叶易被烤坏，而生物质能源烘烤能够更精准地控制烘烤过程中烤房的温湿度，适当增加了烘烤过程中关键温湿度的烘烤时间，对于变黄和脱水较敏感的品种，更有利于提高烟叶的外观质量[23-24]。总的来说，生物质能源烘烤的烤后烟叶，成熟度充分，发育良好，叶片结构疏松、弹性好，身份中等，油分足，杂色少、色泽饱满、均匀，光滑或微青少。

将云南省生物质能源烘烤烟叶的外观质量指数通过ArcGIS的IDW插值法进行分析，结果表明，烟叶外观质量空间分布差异明显，滇中地区烟叶外观质量较好，评价总分值表现为以滇中为中心，向四周辐射递减的趋势。地统计分析扩展模块的应用，可以使人们非常直观地观察到云南各个地区生物质能源烘烤烟叶外观质量的差异。烟叶外观质量受到自然环境、气候条件、海拔、土壤、栽培方式、烘烤工艺等多种因素的影响，生物质能源烘烤烟叶外观质量空间分布存在差异的原因可能是滇中、滇东地区经济较为发达，推广生物质能源烘烤的力度较大，生物质能源烘烤技术较为完备，所烤烟叶外观质量较好。

在国家大力倡导发展高效、节能、绿色和可持续农业的背景下，以废弃作物秸秆等为燃料的生物质能源烤房是未来烟叶烘烤调制的发展方向之一[18，25]。生物质能源烘烤有利于提升烟叶外观质量和产质量。但本试验中侧重研究云南省生物质能源烘烤烟叶外观质量综合评价和分布特征，关于生物质能源烘烤烟叶配套工艺技术及其他感官评吸评价指标，仍需进一步优化和完善。

云南省生物质能源烘烤烟叶外观质量各评价指标间存在极显著正相关关系，成熟度与其他指标关系密切，而叶片结构对其他指标的影响较小；不同等级烟叶外观质量分值表现为X2F<B2F<C3F，且差异极显著；不同品种烟叶外观质量分值表现为云烟87<K326<红大；烟叶外观质量指数高值区域出现在滇中烟区，向四周逐渐递减，空间变化趋势明显；烟叶外观质量指数高的烟区主要集中在楚雄州、昆明市、玉溪市。可见，采用专家咨询法、描述性统计法、相关分析、方差分析和聚类分析建立的生物质能源烘烤烟叶外观质量量化评价体系具有合理性，对云南省生物质能源烘烤区域烟叶外观质量进行综合评价是可行的。

参考文献：

[1] 苟文涛，王晓剑，钟俊周，等. 生物质燃料替代煤炭在烟叶烘烤中的应用[J]. 华北农学报，2017，32(S1)：239-244.
GOU W T，WANG X J，ZHONG J Z，*et al*. The application of biomass fuel substituting coal in tobacco curing[J]. Acta Agricultural Boreali-Sinica，2017，32(S1)：239-244.

[2] 王承伟，范伟，宾俊，等. 新型生物质密集烤房的应用效果研究[J]. 作物研究，2017，31(3)：302-306.
WANG C W，FAN W，BIN J，*et al*. Study on the application effect of new type biomass baking room[J]. Crop Research，2017，31(3)：302-306.

[3] 李峥，谭方利，贺帆，等. 基于 CIE 颜色空间构建烤烟外观质量预测模型[J]. 河南农业科学，2018，47(8)：149-154.
LI Z，TAN F L，HE F，*et al*. Prediction model of appearance quality of flue-cured tobacco based on CIE color space[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences，2018，47(8)：149-154.

[4] 过伟民，蔡宪杰，王信民，等. 烤烟中部烟叶外观区域特征分布及其与外观品质和物理特性的关系[J]. 烟草科技，2016，49(12)：21-27.
GUO W M，CAI X J，WANG X M，*et al*. Regional characteristic distribution of middle leaves and its relationship with appearance quality and physical properties of flue-cured tobacco[J]. Tobacco Science & Technology，2016，49(12)：21-27.

[5] 薛超群，蔡宪杰，宋纪真，等. 基于主成分分析和聚类分析的烤烟烟叶外观特征区域归类[J]. 烟草科技，2018，51(6)：34-41.
XUE C Q，CAI X J，SONG J Z，*et al*. Regional classification by appearance of flue-cured tobacco leaves based on principal component and cluster analysis[J]. Tobacco Science & Technology，2018，51(6)：34-41.

[6] 王信民，李锐，魏春阳，等. 烤烟外观区域特征感官评价指标的筛选[J]. 烟草科技，2011(3)：59-68.
WANG X M，LI R，WEI C Y，*et al*. Screening of regional characters of flue-cured tobacco appearance from sensory evaluating indicators[J]. Tobacco Science & Technology，2011(3)：59-68.

[7] 蔡宪杰，王信民，尹启生. 烤烟外观质量指标量化分析初探[J]. 烟草科技，2004(6)：37-39，42.
CAI X J，WANG X M，YIN Q S. Preliminary study on quantitative analysis of flue-cured tobacco appearance quality indices[J]. Tobacco Science & Technology，2004(6)：37-39，42.

[8] 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)：53-56，60.
ZHAO W，JI S Y，REN Y P，*et al*. The appearance quality comprehensive evaluation of Yunnan flue-cured tobacco and the relationship analysis between the evaluation indices[J]. Journal of Zhengzhou University of Light Industry (Natural Science Edition)，2010，25(5)：53-56，60.

[9] 王育军，邵建平，赵杰，等. 曲靖烟叶质量评价指标间的相关性分析[J]. 作物研究，2014，28(5)：496-500，505.
WANG Y J，SHAO J P，ZHAO J，*et al*. Correlation analysis among quality evaluating indexes of tobacco leaves in Qujing[J]. Crop Research，2014，28(5)：496-500，505.

[10] 赵新帅，罗会龙，祁志敏. 生物质颗粒燃料密集烤房与燃煤型密集烤房性能对比研究[J]. 昆明理工大学学报(自然科学版)，2019，44(2)：69-74.
ZHAO X S，LUO H L，QI Z M. A comparative study on performance of biomass pellet fuel dense barn and coal-fired dense barn[J]. Journal of Kunming University of Science and Technology (Natural Science Edition)，2019，44(2)：69-74.

[11] 高福宏，王志江，温丽娜，等. 生物质能源自动化烘烤对提高烟叶品质方面的影响[J]. 湖北农业科学，2017，56(6)：1123-1127.
GAO F H，WANG Z J，WEN L N，*et al*. The effect of automatic baking of biomass energy on improving the quality of tobacco[J]. Hubei Agricultural Sciences，2017，56(6)：1123-1127.

[12] 杨时涛，徐冰，丁灿. 生物质能源烘烤与煤炭烘烤对比试验[J]. 现代农业科技，2017(3)：239-240，242.
YANG S T，XU B，DING C. Contrast test of biomass energy baking and coal baking[J]. Modern Agricultural Science and Technology，2017(3)：239-240，242.

[13] 李峥，谭方利，宋朝鹏，等. 不同能源密集烤房经济效益动态评估及敏感性分析[J]. 河南农业大学学报，2018，52(5)：677-683，702.
LI Z，TAN F L，SONG Z P，*et al*. Dynamic evaluation and sensitivity analysis of economic benefits of bulk curing barn with different energy types[J]. Journal of Henan Agricultural University，2018，52(5)：677-683，702.

[14] YAN Z，DU K，YANG Z，*et al*. Convergence or divergence understanding the global development trend of low-carbon technologies[J]. Energy Policy，2017，109：499-509.

[15] 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)：2036-2044.
DENG X H，ZHOU J H，YANG H Q，*et al*. Construction and empirical analysis of evaluating quantitative system of the appearance quality of flue-cured tobacco in Hunan[J]. Scientia Agricultura Sinica，2007，40(9)：2036-2044.

[16] 郭亮，文芸，杨红武. 基于主成分聚类分析的湘南烟叶子外观质量分类评价[J]. 湖南农业科学，2014(14)：53-62，65.
GUO L，WEN Y，YANG H W. Classified assessments of tobacco leaf appearance quality based on principal component clustering analysis in south Hunan[J]. Hunan Agricultural Sciences，2014(14)：53-62，65.

[17] 宋朝鹏，李常军，杨超，等. 生物质能在烟叶烘烤中的应用前景[J]. 河北农业科学，2008，12(12)：58-60.
SONG Z P，LI C J，YANG C，*et al*. Application prospect of the biomass energy in tobacco curing[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences，2008，12(12)：58-60.

[18] 付晨青，仝银杏，王凤芹，等. 我国烟秆资源分布与利用途径[J]. 纤维素科学与技术，2015，23(2)：74-79.
FU C Q，TONG Y X，WANG F Q，*et al*. Resources distribution and the utilization way of tobacco stem in China[J]. Journal of Cellulose Science and Technology，2015，23(2)：74-79.

[19] 邓小华. 湖南烤烟区域特征及质量评价指标间关系研究[D]. 长沙：湖南农业大学，2007.
DENG X H. The regional characteristic and correlation of evaluating quality indexes of flue-cured tobacco in Hunan[D]. Changsha：Hunan Agricultural University，2007.

[20] 魏春阳，杨明峰，刘阳，等. 县级区域尺度下烤烟外观质量指标的空间特征分析[J]. 中国烟草学报，2010，16(2)：45-49.
WEI C Y，YANG M F，LIU Y，*et al*. Spatial feature analysis of apparent quality index in flue-cured tobacco at county level[J]. Acta Tabacaria Sinica，2010，16(2)：45-49.

[21] 韦忠，高华军，范东升，等. 生物质颗粒燃料烘烤烟叶的效果分析[J]. 南方农业学报，2017，48(12)：2228-2233.
WEI Z，GAO H J，FAN D S，*et al*. Effects of biomass pellet fuel on tobacco curing[J]. Journal of Southern Agriculture，2017，48(12)：2228-2233.

[22] 王娟，李文娟，周丽娟，等. 云南主要烟区初烤烟叶物理特性的稳定性及质量水平分析[J]. 湖南农业科学，2013(17)：36-39.
WANG J，LI W J，ZHOU L J，*et al*. Analysis of stability and quality level for physical characteristics of flue-cured tobacco from main tobacco producing areas of Yunnan Province[J]. Journal of Hunan Agricultural Sciences，2013(17)：36-39.

[23] 文俊，王行，杨庆，等. 密集烘烤关键温度点稳温时间与湿球温度优化组合研究[J]. 中国烟草科学，2013，34(2)：85-88.
WEN J，WANG H，YANG Q，*et al*. The optimizing combinative test of stable time of key temperatures and humidity control during bulk curing process[J]. Chinese Tobacco Science，2013，34(2)：85-88.

[24] 詹军，周芳芳，贺帆，等. 密集烘烤定色期升温速度对烤烟类胡萝卜素降解和颜色的影响[J]. 福建农林大学学报(自然科学版)，2012，41(2)：122-127.
ZHAN J，ZHOU F F，HE F，*et al*. Study on carotenoids degradation and color changes of flue-cured tobacco at leaf-drying stage during bulk curing[J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University(Natural Science Edition)，2012，41(2)：122-127.

[25] 蒋笃忠，陈洪浪，何阳，等. 生物质颗粒燃烧炉在密集烤房上的应用[J]. 农学学报，2017，7(8)：82-86.
JIANG D Z，CHEN H L，HE Y，*et al*. Application of biomass particle combustion furnace in bulk curing barn[J]. Journal of Agriculture，2017，7(8)：82-86.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/164326.html