

醇基与生物质颗粒两种燃料烘烤烟叶效果差异研究

陈妍洁¹, 赵正雄¹, 朱立春¹, 张诚荣²

(1. 云南农业大学烟草学院, 云南昆明650201; 2, 浙江明新能源科技有限公司, 浙江绍兴312399)

摘要:【目的】解决当前烟叶烘烤所用燃料受限因素较多、控温不精准、烘烤损失大的问题, 探索新清洁能源, 实现烤烟烘烤提质增效、减工降本。【方法】比较分析醇基与生物质颗粒燃料在烤房温湿度控制、烘烤成本、烤后烟叶质量损失、经济性等方面的差异。【结果】与生物质颗粒相出, 使用醇基燃料烤房温湿度控制更准确, 且烤后中、上部叶烘烤质量损失分别降低93%和11.71%, 烘烤成本减少34.50%和19.79%, 故价增加3.20和1.06元/kg, 中上等烟比例提高9.45和2.54个百分点, 下等烟比例降低3.39和2.53个百分点, 中部叶废烟比例降低0.03个百分点, 烤后烟叶多桔黄色, 色度较强, 油分更多, 化学成分除两糖差、淀粉稍高外, 其他含量均在优质烟适宜范围内。【结论】醇基燃料降低了烘烤损失和成本, 提高了烟叶烘烤质量, 可考虑用作密集烤房新能源。

【研究意义】烟叶烘烤是烤烟生产过程中相当重要的一个环节。烘烤质量不但影响烤后烟叶的可用性, 也影响烟农的收入, 其不仅取决于烟叶的成熟度[1], 也与烘烤过程中温、湿度的控制有密切的关系[2]。在相同的烤房结构和烘烤设备条件下, 燃料种类很大程度上会影响烤房温、湿度, 进而影响烟叶烘烤成本和烤后品质。随着中国烤烟规模化生产的发展, 密集烤房逐渐成为烤烟烘烤设备的发展方向[3]。

【前人研究进展】前人对密集烤房及其配套的烘烤工艺进行了大量研究, 对密集烘烤工艺各阶段提出了最优的温湿度及稳温时间[4-5]。但是, 烟叶烘烤能源大多以煤炭、柴草为燃料, 整个烘烤过程消耗大量的不可再生能源, 煤炭燃烧供热不稳, 容易出现猛升温、掉温而影响烤后烟叶的质量, 无效能耗过高导致燃料浪费, 排放大量的SO₂、CO₂、NO_x和颗粒物等污染物造成环境污染多种问题[6-7]。基于低碳、节能和减排环保的考虑, 近年来研究热点集中在使用新能源或可再生能源作燃料方面, 如以电热泵或热泵与太阳能相结合作燃料[8-9], 或以秸秆压块、生物质颗粒作燃料[10-11]。但当前烘烤所用燃料也存在一些缺点, 如使用电能, 则电网压力较大、推广成本较高, 太阳能会受到太阳辐射的影响。当前主推的生物质能源, 虽有一定优势, 但其含水量高、能量密度低、来源分散, 导致不便收集、贮存和运输等[7]。

【本研究切入点】在很长一段时间内烤烟烘烤燃料将会呈现多元化局面, 探寻高效清洁的烘烤能源将成今后烟叶烘烤急需解决的一大难题。醇基燃料是以甲醇和乙醇为主的一种液体燃料, 可来源于生物质发酵和煤、石油、天然气等石化燃料, 因其清洁环保、高效节能, 有望成为代替化石燃料的新型能源, 在中国灶具及汽车领域已有应用[12-13]。国外一些国家在20世纪末烟叶烘烤燃料已由固态转变为液态或气态[14], 中国烟叶烘烤仍以固态燃料为主。云南煤化工产业发达, 存在醇基燃料产能过剩的问题[15]。若能将醇基燃料应用于烟叶烘烤中, 既能解决烟叶烘烤燃料受限的问题, 又能提高醇基燃料利用率。

【拟解决的关键问题】对比当前烘烤中主推的生物质颗粒与醇基燃料在烘烤效果及成本方面差异, 以期挑选出既能很好地满足烘烤工艺要求, 又能降低烘烤成本和提高烘烤质量的新能源。

1 材料与方法

1.1 试验地点与材料

试验于2017年8-9月在云南省昆明市宜良县竹山镇竹林村委会大平地村进行。供试品种为当地主栽品种红花大金元。供试烟株栽培管理措施按当地优质烟技术标准规范进行, 封顶后摘除2~3片底脚叶, 留叶数20片。在烟株长势均匀、营养均衡的田块, 选取中部叶(11~12叶位), 上部叶(15-16叶位)为试验材料。供试燃料为醇基液体、密集生物质颗粒。醇基燃烧设备生产厂家为浙江明新能源科技有限公司, 醇基燃料主要为化石燃料转化提取而来, 由云南解化清洁能源开发有限公司解化化工分公司提供; 生物质颗粒燃烧设备生产厂家为云南播达农业科技发展有限公司, 生物质颗粒主要为木材、木屑、树木枝核材、玉米秆、烟秆等植物废弃物以一定比例压制而成, 由云南省昆明市宜良县竹山镇巴江合作社提供。

1.2 试验设计

试验设2个处理，即醇基燃料（A）和生物质颗粒（B）。试验所用密集烤房规格为8m×2.7m×4.05m，4层2路。供试烟叶按“同一地块、同一部位、成熟度一致”的标准选取，分中部叶（11-12叶位）和上部叶（15-16叶位）2个批次烘烤，各处理每批次编烟9竿，每3竿为1个重复，设3个重复。不同处理供试烟叶挂于烤房中间层的相同位置，且在同一天内装烟入炉。烤房内其它烟叶来源、编烟、装烟方式等相同。各处理除所用燃料不同外，其他条件保持一致，烘烤时按照提质增香烘烤工艺进行。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 烤房温湿度 在烤房内放置温度传感器，从燃烧机开始工作直至烘烤结束整个过程，记录由传感器反馈到控制面板上每小时的干、湿球温度的目标值与实际值，计算温度差（即：目标温度与实际温度的差值，取正值）和湿度差（即：目标湿度与实际湿度的差值，取正值），用来衡量燃料对烤房温湿度的控制能力。

1.3.2 烘烤成本及能耗 烘烤前后对9竿供试烟叶进行称重，记录每炉竿数、每竿鲜烟、干烟重量，计算整炉鲜烟、干烟重和鲜干比。同时对烘烤过程中燃料成本、用工成本、燃料消耗量、耗电量进行统计，综合评价不同燃料的烘烤成本。因醇基燃烧设备与生物质颗粒燃烧设备成本相同，故烘烤设备成本未纳入不同燃料的烘烤成本计算。

1.3.3 经济性状统计

按照国标（GB2635-92）[16]对不同处理各部位烤后供试烟叶进行分级，统计均价、上等烟、中等烟、下等烟比例。

1.3.4 烤后外观质量评定 不同处理取烤后供试烟叶C3F、B2F烟样各1kg，送红塔集团大理卷烟厂进行外观质量评价。评价内容包括：成熟度、身份、油分、色度、组织结构、颜色，根据外观质量评价赋值方法[2]对上述指标打分，具体分值见表1。

表1 烤烟外观质量指标分值

Table 1 The score of flue-cured tobacco appearance quality index

指标 Index	档次 Grade	标准 Standard	指标 Index	档次 Grade	标准 Standard	指标 Index	档次 Grade	标准 Standard
颜色	柠檬黄	6~9	色度	浓	8~10	成熟度	完熟	8~10
	桔黄	7~10		强	6~8		成熟	7~10
	红棕	5~8		中	4~6		尚熟	4~7
	微带青	3~8		弱	2~4		欠熟	0~4
	杂色	0~6		淡	0~2		假熟	5~8
叶片结构	疏松	7~10	油分	多	8~10	身份	中等	7~10
	尚疏松	4~7		有	5~8		稍薄	4~7
	稍密	2~4		稍有	3~5		稍厚	4~7
	紧密	0~2		少	0~3		厚/薄	0~4

1.3.5 化学成分测定 不同处理初烤烟叶按C3F、B2F等级取样，进行常规化学成分检测，其中氮、钾含量测定方法按NY/T2017-2011[18]，总植物碱测定按YC/T160-2002[19]，水溶性糖测定按YC/T159-2002[20]，氯含量测定按YC/T162-2011[21]进行。

1.3.6 数据处理 采用Microsoft Excel 2010和SPSS18.0软件进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同燃料烤房温湿度控制精准性的比较

由图1可看出，不同燃料温度差曲线中、上部叶变化规律相似，醇基燃料温度差曲线波动幅度小于生物质颗粒，生物质颗粒在烘烤前期（即：1~24h）和后期（即：150~180h）实际温度与目标温度相差较大。

由图2可看出，生物质颗粒中部叶在1~20h，上部叶在1~32h，湿度差曲线波动幅度明显大于醇基燃料，其他时间段两种燃料湿度差曲线波动大致相同。综合比较下，醇基燃料对烤房温湿度的控制效果更好。

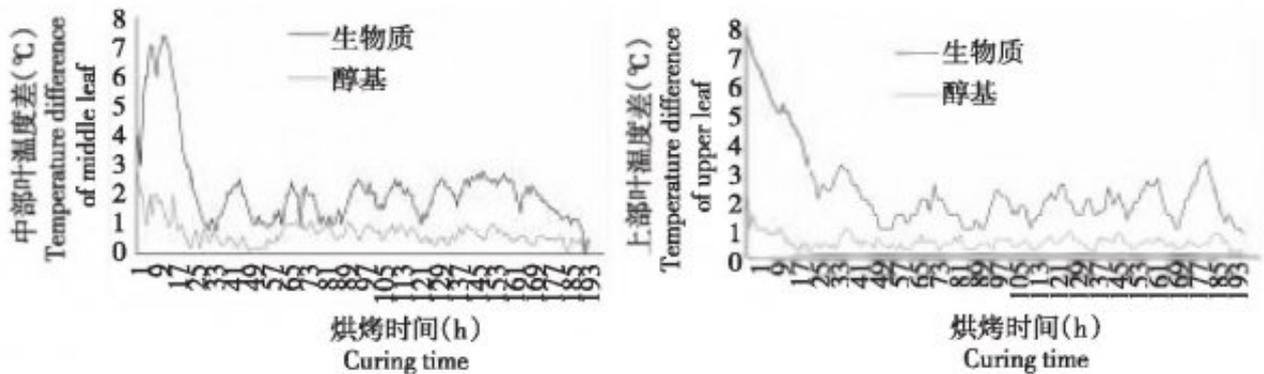


图1 不同燃料密集烤房温度差变化曲线

Fig.1 Variation curve of temperature difference in bulk curing barn with different fuels

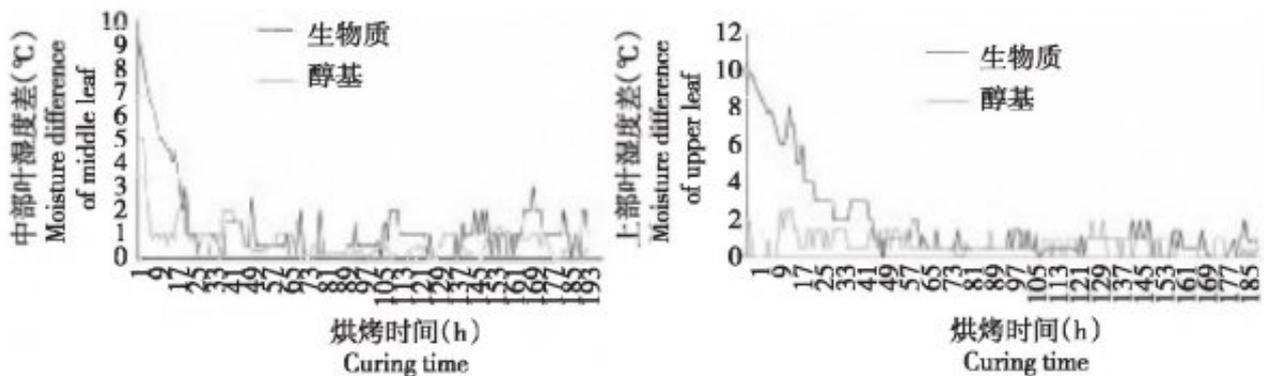


图2 不同燃料密集烤房湿度差变化曲线

Fig.2 Variation curve of moisture difference in bulk curing barn with different fuels

2.2不同燃料烤后烟叶质量损失的比较

由表2可知，醇基燃料烤后烟叶鲜干比低于生物质颗粒中部叶两种燃料鲜干比差异不显著，上部叶差异极显著。烤后获得每千克干烟所需鲜烟量，醇基燃料中、上部叶分别比生物质颗粒少8.93%和11.71%。鲜干比越小，相同重量的鲜烟烤后获得的干烟重量越大，烘烤过程中质量损失越少。

表2 不同燃料烟叶烘烤过程质量损失的比较

Table 2 Comparison on the quality loss of tobacco curing process with different fuel treatments

项目 Item	中部叶 Middle leaves		上部叶 Upper leaves	
	醇基燃料 Alcohol-based fuel	生物质颗粒 Biomass pellets	醇基燃料 Alcohol-based fuel	生物质颗粒 Biomass pellets
供试鲜烟重 (kg/竿)	8.62aA	9.75aA	9.47aA	9.84aA
供试干烟重 (kg/竿)	1.30aA	1.34aA	1.82aA	1.67aA
供试烟叶鲜干比	6.63aA	7.28aA	5.20aA	5.89bB

注：表中小写字母表示5%水平上差异显著，大写字母表示1%水平上差异显著，下同。

Note: The lowercase letters in the table indicate the significant difference at the level of 5%; the capital letters indicate the significant difference at the level of 1%. The same as below.

2.3不同燃料烘烤成本及能耗的比较

由表3可知, 每千克干烟的电耗、燃料消耗和用工成本, 醇基燃料均明显低于生物质颗粒。每千克干烟烘烤成本, 醇基燃料中、上部叶分别比生物质颗粒少34.50%和19.79%。醇基燃料进料与汽化燃烧装置与自控设备相连, 仅烘烤前加1次料, 烘烤过程中无需再次加料, 节省了用工成本。从节能和减工降本效果来看, 醇基燃料比生物质颗粒耗能更少、烘烤成本更低。

表 3 不同燃料烘烤成本及能耗的比较

Table 3 Comparison on curing costs and energy consumption of different fuel treatments

项目 Item	中部叶 Middle leaves		上部叶 Upper leaves	
	醇基燃料 Alcohol-based fuel	生物质颗粒 Biomass pellets	醇基燃料 Alcohol-based fuel	生物质颗粒 Biomass pellets
装烟量(竿/炉)	419	385	401	385
整炉干烟重(kg)	645.26	385.77	558.19	400.40
电耗(kw·h/kg)	0.21	0.60	0.26	0.43
燃料消耗(kg/kg)	0.96	2.59	0.89	2.00
加料次数(次/炉)	1	11	1	9
用工成本(元/kg)	0.05	0.86	0.05	0.67
干烟烘烤成本(元/kg)	2.45	3.74	2.31	2.88

注: 电价为0.48元/kw·h, 醇基燃料单价2.40元/kg, 生物质颗粒燃料单价为1.00元/kg。用工成本主要为加料用工, 每次加料仅用1人, 工价为30元/人·次。

Note: The commercial electricity is 0.48 yuan/kw·h, the alcohol-based fuel is 2.40 yuan/kg, the biomass pellets is 1.00 yuan/kg. The labor cost is mainly the cost of workers who add fuel, each feeding fuel only 1 person, the labor price is 30 yuan/person·times.

2.4不同燃料烤后烟叶经济性状比较

由表4可知, 两种燃料烤后中部叶的均价差异显著, 醇基燃料烤后中、上部叶均呈现均价、上等烟比例高于生物质颗粒, 中等烟、下等烟及废烟比例低于生物质颗粒的趋势。与生物质颗粒相比, 醇基燃料烤后中、上部叶的均价分别高3.20元/kg、1.06元/kg, 中上等烟比例分别高9.45个百分点和2.54个百分点, 生物质颗粒中部叶烘烤中出现6.03%的烤废烟, 醇基燃料未出现烤废烟。烤后烟叶经济性状, 醇基燃料优于生物质颗粒。

表 4 不同燃料烤后烟叶经济性状的比较

Table 4 Comparison on economic characters of different fuel treatments

项目 Item	中部叶 Middle leaves		上部叶 Upper leaves	
	醇基燃料 Alcohol-based fuel	生物质颗粒 Biomass pellets	醇基燃料 Alcohol-based fuel	生物质颗粒 Biomass pellets
均价(元/kg)	29.46bA	26.26aA	22.86aA	21.80aA
上等烟比例(%)	61.03aA	54.17aA	56.25aA	54.15aA
中等烟比例(%)	14.20aA	11.61aA	17.05aA	16.61aA
下等烟比例(%)	24.79aA	28.18aA	26.70aA	29.23aA
废烟比例(%)	0.00	6.03	0.00	0.00

2.5不同燃料烤后烟叶外观质量的比较

由表5可知, 两种燃料烤后烟叶外观质量总分相差不大, 醇基燃料中、上部叶总分分别比生物质颗粒高3分和5分。与生物质颗粒相比, 醇基燃料烤后中部叶结构更疏松、色度较强, 油分更多, 上部叶色度较强、身份中等至稍厚, 油分更足, 颜色深桔黄。

表 5 不同燃料烤后烟叶外观质量得分

Table 5 The appearance quality scores of flue-cured tobacco on different fuel treatments

部位 Position	处理 Treatment	成熟度(分) Maturity	叶片结构(分) Leaf structure	色度(分) Chroma	身份(分) Body	油分(分) Oil	颜色(分) Color	总分(分) Total score
中部叶	醇基燃料	8	8	8	7	6	6	43
	生物质颗粒	8	7	7	7	5	7	40
上部叶	醇基燃料	7	4	8	6	7	8	40
	生物质颗粒	8	4	7	4	5	7	35

2.6不同燃料烤后烟叶化学成分的比较

一般认为优质烟以总糖含量18%~22%，还原糖16%~18%，总氮含量1.5%~3.5%，烟碱含量1.5%~3.5%，钾含量2%以上，氯含量1%以下，淀粉含量4%~5%左右，氮碱比以1或略小于1为宜，糖碱比一般为6~10，接近10的烤烟质量最好[22-23]。两糖差可作为评价烟叶吃味品质的重要指标，吃味品质差的烟叶两糖差值较大，云南省烤烟两糖差一般在2.0%~7.5%[24]。由表6可知，烤后烟叶水溶性总糖、还原糖、氯、淀粉含量醇基燃料高于生物质颗粒，总氮、钾、烟碱含量低于生物质颗粒。烤后烟叶的两糖差指标生物质颗粒较好，糖碱比、氮碱比指标醇基燃料较好。

表 6 不同燃料烤后烟叶化学成分的比较

Table 6 Comparison on chemical composition of different fuel treatments

部位 Position	处理 Treatment	N(%) Nitrogen	K(%) Potassium	烟碱(%) Nicotine	水溶性 总糖(%) Total sugar	还原糖(%) Reducing sugar	CL(%) Chlorine	淀粉(%) Starch	糖碱比 Total sugar /Nicotine	氮碱比 Nitrogen/ Nicotine	两糖差 Two sugar difference
中部叶	醇基燃料	1.81	1.95	2.11	27.00	18.20	0.58	7.83	12.80	0.86	8.80
	生物质颗粒	1.84	2.39	2.59	17.73	11.57	0.43	1.42	6.85	0.71	6.16
上部叶	醇基燃料	2.60	1.99	3.27	18.80	11.70	0.10	6.30	5.75	0.80	7.10
	生物质颗粒	2.62	2.24	3.87	11.29	6.63	0.05	1.45	2.92	0.68	4.66

3讨论

与传统煤、柴相比，生物质颗粒虽有优势，但本试验中生物质颗粒与醇基燃料在烟叶烘烤效果及成本上还是有很大差异的。醇基燃料对温湿度控制更精准，这与王川等[10]的研究结果一致，醇基燃料热惯性较小，在烘烤过程中对烤房温湿度的控制精准稳定，更加符合烘烤工艺的要求。生物质颗粒在点火后24h内对温湿度控制效果不太理想，实际温湿度与目标温湿度相差较大，这可能是由于生物质颗粒燃烧后热量释放需要一段时间，在烘烤升温阶段不利于温度的升高，对稳温点的控制也存在一定的制约。本试验中，两种燃料的烘烤均由同一人员操作，排除了人为影响因素。生物质颗粒在当地已有应用，而醇基燃料为首次使用，但生物质颗粒温湿度差波动比醇基燃料更大，说明醇基燃料更易于烘烤人员掌握。

醇基燃料烤后烟叶烘烤质量损失更少，这可能是由于烘烤过程中的物质损耗主要是变黄期的呼吸代谢作用导致的干物质损耗和干筋期高温环境下易挥发性物质挥发导致的物质损耗，烤房内温度和烘烤时间都会影响这两种损耗作用，温度波动越大、变黄期时间越长，温度越高，干物质损失量越多[26]。打醇基燃料控温精准性好，烘烤时间缩短，烤后烟叶干物质损失也就越少。由于实际生产过程中的不可控因素，未能保证两种不同燃料烤房内的装烟量完全相同，但醇基燃料烤房与生物质烤房装烟量相差仅在5%左右，并不会对能耗造成太大影响。

在化学成分方面，醇基燃料烤后烟叶淀粉含量稍高于生物质颗粒，因为淀粉在变黄阶段发生大量降解，淀粉酶的活性也会受到烘烤温湿度影响，醇基燃料缩短了烘烤时长，在一定程度上影响了淀粉降解量。此外，醇基燃料总糖、还原糖含量高于生物质颗粒，糖碱比、氮碱比协调，可能由于醇基燃料烘烤过程中温湿度波动小，呼吸代谢过程相对平缓，由呼吸作用而消耗的糖含量较少，加之淀粉降解也增加了糖含量。醇基燃料烤后烟叶碳水化合物类含量高，生物质颗粒烤后烟叶含氮化合物类含量高。整体评吸质量中，碳水化合物类占50.38%，而含氮类物质占1.18%[27]，可见醇基燃料烤后烟叶高碳水化合物含量对评吸质量的影响更大。

本试验表明醇基燃料可作为烟叶烘烤的一种新能源，可缩短烘烤时间，使得烟叶干物质损失减少，淀粉降解量也相应减少。醇基燃料稳温控温更精准，但仍有一定误差，在今后的应用中应根据其热值特性制定配套的烘烤工艺，适当

延长变黄期烘烤时间，确保烟叶内含物质充分转化。

4结论

使用醇基燃料烘烤，烤房温湿度控制更为精准，烘烤质量损失减小、废烟比例和烘烤成本降低，烤后烟叶外观质量较好，经济价值升高，化学成分协调，醇基燃料作为烟叶烘烤燃料有一定可行性及应用前景。

参考文献：

- [1]徐兴阳, 廖孔凤, 代瑾然, 等.不同鲜烟叶成熟度的组织结构和生理生化研究[J].云南大学学报(自然科学版), 2017, 2(39): 313-323.
- [2]董艳辉.密集烘烤过程中烟叶温度与烤房环境因子关系及对烘烤质量的影响[D].郑州: 河南农业大学, 2014.
- [3]徐秀红, 孙福山, 王永, 等.我国密集烤房研究应用现状及发展方向探讨[J].中国烟草科学, 2008, 29(4):54-56, 61.
- [4]赵高坤, 张晓海, 崔国民, 等.烤烟提质增香烘烤工艺与三段式烘烤工艺对比研究[J].中国农学通报, 2014, 30(12): 312-315.
- [5]崔国民, 黄维, 赵高坤, 等.不同烘烤工艺对烟叶评吸质量及致香物质的影响[J].安徽农业科学, 2013, 41(24): 10125-10128.
- [6]孙光伟, 陈振国, 孙敬虱密集烤房能源利用现状及发展方向[J].安徽农业科学, 2013, 41(20): 8691-8693.
- [7]胡小东, 晏飞, 邹聪明, 等.清洁能源在烤烟密集烤房中的应用研究进展[J].贵州农业科学, 2017, 45(5):132-138
- [8]彭宇, 王冈叽马莹, 等.热泵型太阳能密集烤房烘烤节能途径探讨[J].河南农业科学, 2011, 40(8): 215-218.
- [9]董贤春, 刘兰明, 周红权, 等.太阳能-电热泵技术在烟叶烤房中的应用[J].湖北农业科学, 2010, 49(2):461-464.
- [10]王汉文, 郭文生, 王家俊, 等.“秸秆压块”燃料在烟叶烘烤上的应用研究[J].中国烟草学报, 2006, 12(2):43-46.
- [11]许锡祥, 陈承亮, 吕作新, 等.几种新型密集烤房烘烤效果比较[J].中国烟草科学, 2017, 38(5): 82-86.
- [12]刘峥, 赖丽燕, 李巍, 等.地沟油在醇基燃料中资源化利用关键技术研究[J].化工新型材料, 2015, 43(1): 219-222+233.
- [13]冯向法.醇基燃料及其发展趋势[J].农业工程学报, 2006, 22(增1): 175-180.
- [14]王建安, 段卫东, 申洪涛, 等.醇基燃料密集烘烤加热设备及其烘烤效果研究[J].中国农业科技导报, 2017, 19(9):70-76.
- [15]云南煤化集团党工部·做大做强经济总量打牢“十二五”发展基础云南煤化集团着力做强做大做精做久煤化工产业[N].云南政协报, 2010-1-23(13).
- [16]国家烟草专卖局.GB2635-92.烤烟[S].
- [17]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.
- [18]中华人民共和国农业行业标准.NY/T2017-2011.植物中氮、磷、钾的测定[S].
- [19]中华人民共和国烟草行业标准.YC/T160-2002.烟草及烟草制品总植物碱的测定连续流动法[S].
- [20]中华人民共和国烟草行业标准.YC/T159-2002.烟草及烟草制品水溶性糖的测定连续流动法[S].

- [21]中华人民共和国烟草行业标准.YC/T162-2011.烟草及烟草制品氯的测定连续流动法[S].
- [22]刘国顺.烟草栽培学[M].北京：中国农业出版社，2003.
- [23]韩富根.烟草化学[M].北京：中国农业出版社，2010.
- [24]杜咏梅，郭承芳，张怀宝，等.水溶性糖、烟碱、总氮含量与烤烟吃味品质的关系研究[J].中国烟草科学，2000(1)：7-10.
- [25]王川，丛日兴，张勇，等.醇基燃料密集烤房烟叶烘烤研究[J].现代农业科技，2017(17)：256-262.
- [26]宫长荣.烟草调制学[M].北京：中国农业出版社，2011.
- [27]周平，王松峰，孙福山，等.密集烘烤中各阶段对烟叶常规化学成分和致香物质的贡献率分析[J].中国烟草学报，2017，23(5):73-80.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/175411.html>