

废弃烟草资源化利用研究进展

王玉^{1,2}, 聂长春³, 胡大鸣³, 张庆明³, 丁根胜³, 王芳³, 连宾^{4*}

(1. 中国科学院地球化学研究所 环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 贵州中烟工业有限责任公司技术中心, 贵阳 550009; 4. 江苏省微生物工程技术研究中心, 南京师范大学生命科学学院, 南京 210023)

摘要:我国是烟草生产大国, 每年相应产生大量废弃烟草。通过萃取法可从废弃烟叶中提取烟碱, 提取的烟碱具有杀虫及治疗疾病的功效; 烟梗、烟末废料经粉碎加工之后可制成烟草薄片; 废弃烟杆经炭化活化后能制成活性炭, 还可制成纤维板等; 废弃烟草经生物技术处理后可制得乙醇和有机肥等。本文结合国内外相关研究资料, 对废弃烟草的利用进行了综述及展望。

关键词:废弃烟草; 利用; 烟碱; 烟草薄片; 烟杆

中图分类号: X79; TS49 文献标识码: A 文章编号: 1672-9250(2013)04-0429-06

烟草(*Nicotiana tabacum* L)为双子叶植物茄科一年生草本植物。烟草中有数百种化合物^[1], 包括烟碱、糖类、蛋白质、多酚、有机酸和氨基酸等物质^[2]。中国烟草种植面积及产量均居世界之首, 如2009年烤烟种植面积达 112.3×10^4 ha, 烟叶产量近 256×10^4 t^[3]。在烟草的采收过程中, 大量烟杆被焚烧或丢弃^[4]。在烟草的贮运和卷烟过程中也产生大量废弃物^[5]。因此, 我国每年产生数十万吨的废弃烟草^[6], 这既是资源的浪费, 也造成环境污染。如何再利用这些废弃烟草, 成为烟草行业迫切需要研究解决的课题。本文从烟碱的提取及利用、废弃烟草制备薄片、废弃烟杆利用等方面对废弃烟草的再利用进行综述, 以便为废弃烟草资源化利用提供新的思路。

1 废弃烟草中烟碱的提取及利用

烟碱即尼古丁(nicotine), 其化学名称为1-甲基2-(2-吡啶基)吡啶烷, 分子式: $C_{10}H_{14}N_2$, 分子量为162.23, 具有旋光性, 有两个光学异构体, 在烟草中以S型存在^[7]。由于N-甲基四氢吡咯在吡咯环上的位置不同, 产生了 α -烟碱、 β -烟碱、 γ -烟碱等一系列异构体, β -烟碱即通常所说的烟碱^[8]。纯烟碱在

室温下为无色或淡黄色油状液体。低于60℃时, 可与水任意混溶, 易溶于有机溶剂, 如氯仿、醚和醇等。天然烟叶中烟碱含量较高, 一般可达12%~16%^[9]。烟碱具有杀虫和治疗疾病等功效, 因此, 如何从废弃烟草中提取烟碱成为人们关注的重点。目前, 烟碱的提取方法主要有蒸馏萃取法、超临界萃取法、超声萃取法和微波萃取法等(见表1)。

烟碱已广泛应用于医药、农药及化工等行业^[23], 有关烟碱的用途见表2。

上述提取烟碱的方法各具优缺点。总体来说, 烟碱的用途在农业及医药领域研究得相对较多。

2 废弃烟草制备薄片

烟草薄片是将制烟及复烤过程中产生的废弃烟梗、烟叶碎片、烟末等加工制成丝, 填充于卷烟中。烟草薄片的意义在于废弃烟草的资源化利用、降低卷烟中焦油含量和卷烟成本。肖春菊等^[31]针对辊压法制造过程中薄片产生“花片”和“白片”等质量问题, 改进了加纤工艺, 采用介质溶液, 先将木浆纤维均匀分散于介质溶液中, 再一起均匀地与烟粉混合, 经此方法制成的薄片物理性能好, 薄片丝利用率得以提高。近几年, 研究人员还利用生物

收稿日期: 2013-04-28; 改回日期: 2013-06-25

基金项目: 环境地球化学国家重点实验室学科生长点科研专项(SKLEG2013407)及贵州中烟工业有限责任公司课题资助。

第一作者简介: 王玉(1988-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为烟草废弃物综合利用。E-mail: 335719115@qq.com

* 通讯作者: 连宾, 男, 博士, 研究员。E-mail: bin2368@vip.163.com.

表1 烟碱的提取方法比较及利用现状

Table 1 Comparison of different extraction methods and current situation of nicotine

类别	蒸馏萃取法	超临界萃取法	超声萃取法	微波萃取法
优点	设备简单;萃取剂可多相。	操作简单;可实现液-液萃取和精馏;萃取剂可循环使用;速度快、效率高。	提取时间短;提取温度低;提取效率高;对提取物结构、活性无影响。	提取速度快;节能;提取率高;设备简单。
不足	萃取过程中可能有新的组分产生。	设备成本,技术要求高。	超声波有效作用区域小。	易受到萃取剂极性的影响;微波装置存在微波泄漏的问题。
研究及利用情况	单一溶剂萃取;混合溶剂萃取;二次蒸馏萃取;双水相同时蒸馏萃取。	研究萃取温度、压力、夹带剂对烟碱萃取的影响;利用该方法降低上部烟叶烟碱;探讨原料粒度及含水率对烟碱萃取的影响;从模型的角度研究该方法萃取烟碱。	探讨超声频率、时间及温度对该方法萃取烟碱的影响;结合超临界萃取法提取烟碱;结合酶提取法提取烟碱。	探讨微波功率、固液比、辐射时间对该方法提取烟碱的影响;结合沉淀法提取烟碱。
文献来源	[10-13]	[14-17]	[18-20]	[21-22]

表2 烟碱的用途

Table 2 The purpose of nicotine

应用领域	用途	文献来源
农业	烟碱浓缩物中加入石硫合剂及微量元素可制成微肥低毒杀虫剂,具有污染小、价值高等优点;	[24]
	用乙醇提取烟碱趋避稻飞虱;	[25]
	以硝基甲烷、二硫化碳为原料经6步制备烟碱杀虫剂吡虫啉,工艺经济环保;	[26]
	合成新烟碱类杀虫剂吡虫啉重要前体“2-氯-2-甲基-4-氰基丁醛”,有助于对多种新烟碱类农药技术的提升。	[27]
医药	一定剂量烟碱可预防老年痴呆症(AD)和帕金森氏综合症(PD);	[28]
	一定剂量的烟碱用于预防药物性胃溃疡生成;	[29]
	烟碱被制成贴剂用来帮助吸烟者戒烟。	[30]

技术来改善烟草薄片的性质,如:安瑞等^[32]研究了白腐菌粗酶液对薄片物理性质及烟梗磨盘机械浆中木质素降解率的影响,使用15 IU/g白腐菌粗酶液处理3 h,烟梗磨盘机械浆中木质素的降解率达到33.48%,薄片的柔软度为518 mN,抗张指数为9.13 N·m/g,经评吸,刺激性降低,木质杂气减少;郭刚^[33]利用降烟碱杆菌和木质素降解菌发酵处理烟草原料,发现使用这两类菌同时发酵粗酶液处理之后的原料,其木质素和烟碱含量下降,薄片香气浓,刺激性明显降低。毛耀等^[34]利用美拉德反应的原理来降低烟草薄片中的有害物质,发现精制液(pH为7.5)在加入甘氨酸和果糖后,经高温浓缩制成样品,与对照样相比,其烟气成分中烟草特有亚硝胺 NNK 含量下降了10.83%,CO下降了17.74%、巴豆醛下降了17.50%。

烟叶在运输、生产过程中,会产生大量的碎片、烟梗、烟末等烟草废弃物,通常会按一定的比例,经特定的工艺处理后制成烟草薄片,用于中低档卷烟产品,在降低生产成本的同时,还可以降低烟碱含

量,改善卷烟品质。贵州中烟工业有限责任公司制备薄片的工艺见图1:

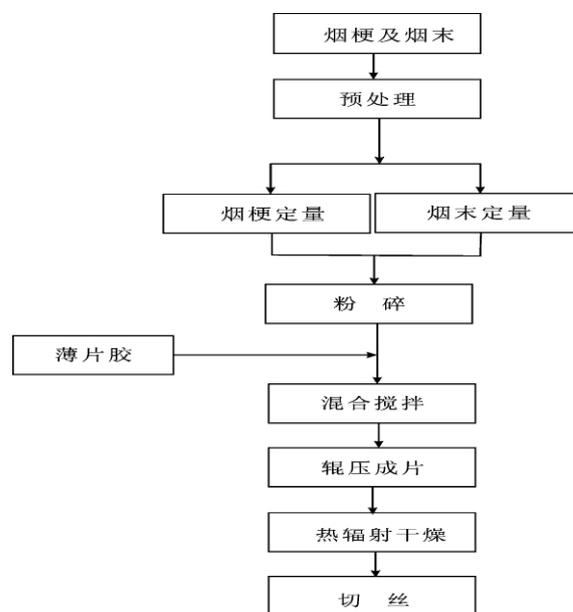


图1 贵州中烟工业有限责任公司薄片制备工艺
Fig.1 The production process of tobacco slice of China tobacco Guizhou industrial Co, Ltd

通过优化工艺及生物技术改善薄片的物理、化学性质有利于提高添加薄片的卷烟的吃味、香气质等。

3 废弃烟杆的利用

烟杆中含纤维素等物质,其化学组成如表 3^[35]所示:

表 3 烟杆化学组成

Table 3 Chemical composition of tobacco stems

组成	含量(%)
总纤维素	77.44
木质素	18.63
聚戊糖	17.92
果胶	3.89
苯-醇抽提物	3.21

因烟杆中纤维素和木质素含量高,故可用来制备活性炭。夏洪应等^[36]以 CO₂ 为活化剂,研究了废弃烟杆制备活性炭,最佳工艺条件为:活化剂流量为 0.15 L/min,活化温度和时间分别为 900℃、100 min,此方法制备的活性炭比表面积为 947.81 m²/g,总孔容为 0.48 mL/g,属于微型孔,得率为 38.53%。张利波等^[37]采用微波法,以 K₂CO₃ 为活化剂制备的烟杆活性炭的比表面积为 2557 m²/g,总孔体积为 1.6470 mL/g,属于高比表面积活性炭,且该方法的活化时间比常规加热法的活化时间缩短了 78.26%。

将烟杆制备的活性炭应用于污染物的处理研

究中已显示出良好的应用前景。如:高建培等^[38]采用微波加热 ZnCl₂ 所制备的活性炭用于处理含 Cu(II)废水,该活性炭的饱和吸附量达 7.03mg/g,去除率达 91.64%;杨丽萍^[39]用 KOH 作活化剂制备活性炭吸附低浓度磷化氢,吸附量达到 253 mg/g;王平^[40]以 3 mol/L 的 H₃PO₄ 为活化剂,在 400℃下活化制备的烟杆活性炭对二丙硫醚有较好的吸附效果,吸附量达 106.9882 mg/g。

综合现有文献^[39,41,42],不同方法制备烟杆活性炭的工艺可总结如图 2 所示。

此外,烟杆纤维中的果胶和木质素在 170℃左右会成粘状,经高压之后可以使纤维粘结起来,利用该特性,在将纤维原料含水率控制在 35%~45%的条件下,制作烟杆无胶高密度纤维板,由于烟杆中含有烟碱,从而赋予该纤维板防虫蚁的效果^[35]。曲校等^[43]和李全喜等^[44]通过实验证明了烟杆可用于造纸业,从而拓展了烟杆的利用范围。涂建华等^[45]将烟杆炭化之后与酚醛树脂混合制成木质陶瓷,该研究在资源化利用烟杆的同时还缓解了中国木材短缺的现状。胡伟^[46]利用烟杆和废弃轮胎进行了二者混合共裂解的研究,裂解产物为 CH₄、CO、CO₂、H₂、烟碱和醇等,显示出有潜在应用前景。

4 其它

废弃烟草中含有茄尼醇,因实验条件和方法不同,不同文献报道的含量从 0.3%~3.0%变化^[47]。茄尼醇具有消炎和止血的作用,同时在辅酶 Q10 的

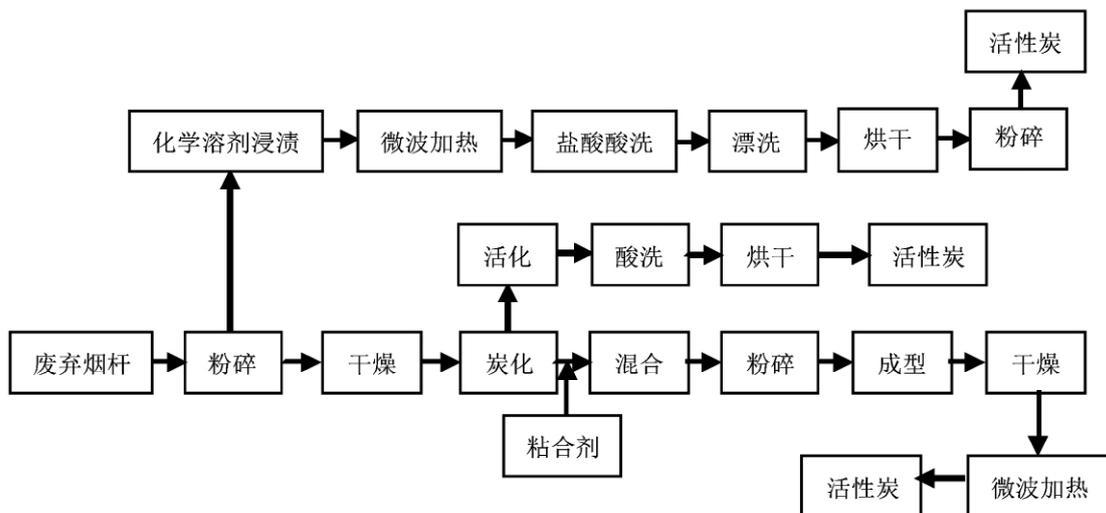


图 2 烟杆制备活性炭的工艺

Fig. 2 Different methods of making activated carbon with tobacco stems

合成中有重要作用^[48],提取茄尼醇的方法有溶剂浸提法^[49]、超声波法^[50]、微波—超声波协调提取法^[51]。

废弃烟草中含有大量的氮、磷、钾及微量元素,适宜做有机肥料,利用废弃烟草生产有机复合肥分别在核桃^[52]、夏玉米^[53]、水稻^[54]上施用取得了较好的肥效,能使农作物产量显著增加。

废弃烟草中含有糖类物质,孙世中等^[55]将酵母接种至废弃烟草浸提液中进行发酵制取酒精,酒精得率达3%,说明废弃烟叶是酒精发酵较好的原料。谢丽萍等^[56]用酿酒酵母和纤维素酶发酵经硫酸水解后的废弃烟草制取乙醇,结果表明:酸解废弃烟草制取乙醇是可行的,使用50%硫酸水解废弃物100 min后过滤,滤液稀释5倍后只接入酿酒酵母进行72 h发酵,乙醇产量为1.09 g/L,不过滤的水

解液稀释5倍后同时接入酿酒酵母和纤维素酶经72 h发酵,乙醇产量为1.23 g/L。这些结果均显示出一定的应用前景。

5 结论

烟草采摘、运输和加工过程产生大量废弃物,这些废弃烟草的再利用不仅可解决烟草行业一直以来所面临的难题,同时还为医药、农业和化工等行业提供新的原料,促进资源的综合利用和可持续发展。但在目前情况下,烟碱的萃取和烟杆的综合利用大多只停留在实验室阶段,真正工业化利用甚少,因此,大力开展科研攻关,提高技术水平,实现废弃烟草的工业化再利用是相关研究人员共同努力的方向。

参 考 文 献

- [1] 朱荣誉,于学玲,史劲松.烟草废弃物的综合利用[J].中国野生植物资源,1999,18(3):25-27.
- [2] 张西仲,徐晓燕,黄义德.烤烟醇化过程中主要化合物的变化及其与烟叶品质的关系[J].安徽农业科学,2006,34(16):4016-4017.
- [3] 董二慧,谭红,包娜,等.我国烟叶中烟碱的研究现状[J].广州化工,2012,40(15):33-35.
- [4] 张承龙.烟杆的资源化利用技术现状[J].云南环境科学,2002,21(3):56-57.
- [5] 杨华.从烟草废弃物中提取天然烟碱技术的研究[J].环境导报,1994,(5):14-15.
- [6] 徐永建,赵睿,谭海风.烟草废次物综合利用研究进展[J].陕西科技大学学报(自然科学版),2012,30(5):16-21.
- [7] 王美兰.烟碱的提取与纯化[D].江南大学硕士论文,2007.
- [8] 王超杰,赵瑾,孙心齐,等.烟碱的提取与应用[J].化学世界,1996,(11):568-571.
- [9] 苏贤坤,张晓海,廖德智.烟草综合利用现状及其前景[J].贵州农业科学,2006,34(5):120-123.
- [10] 刘纪正,程传格,李连发.从烟叶中提取烟碱的方法[J].山东省科学院院刊,1989,2(1):32-35.
- [11] 范宝俭,缪月英,魏昌明,等.混合溶剂萃取法提取烟碱的条件考察[J].佳木斯医学院学报,1992,15(3):77-78.
- [12] 路绪旺,崔鹏,姚育翠.二次萃取蒸馏法提取废次烟叶中烟碱的研究[J].应用化工,2006,35(1):48-50,53.
- [13] 刘宝亮,曹桂萍,张金涛.双水相同时提取次烟叶中茄尼醇和烟碱的研究[J].天然产物研究与开发,2012,24(12):1729-1732.
- [14] 廖华卫,吕华冲,李晓蒙.超临界流体萃取烟草中天然烟碱[J].广东药学院学报,2002,18(2):89-90.
- [15] 杨叶昆,李雪梅,周瑾,等.超临界CO₂流体萃取降低上部烟叶中的烟碱[J].烟草科技,2006,(1):38-40.
- [16] 杨靖,陈芝飞,孙志涛.超临界CO₂流体萃取烟叶中烟碱工艺研究[J].香料香精化妆品,2010,(1):17-18,26.
- [17] Karbalaie N S, Gotbi C, Taghikhani V, et al. Experimental study and modeling of supercritical extraction of nicotine from tobacco leaves [J]. Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering, 2009, 28(4): 51-59.
- [18] 周民杰,梁柏林,毛明现.废次烟叶超声提取烟碱的研究[J].化学工程师,2006,(4):59-61.
- [19] 阳元娥,谭伟,李桂锋.超声超临界流体萃取烟叶中的烟碱[J].烟草科技,2008,(9):48-51.
- [20] 朱松,姜在祥,陈尚卫,等.超声辅助酶法提取废次烟叶中绿原酸、烟碱工艺研究[J].食品工业科技,2012,33(5):181-184.
- [21] 谢长芹,宁井铭.微波法提取烟碱的研究[J].安徽农业科学,2006,34(22):6043,6059.
- [22] 王亚红,王亚丽,曲小妹.废次烟叶中烟碱微波提取工艺研究[J].河北化工,2010,33(7):19-21.
- [23] 蔡卫兵,朱仁发.烟碱分离技术研究进展[J].安徽化工,2005,(2):5-7.
- [24] 刘长春,屈菊平,赵自民.烟草废弃物的综合利用方法[J].资源节约和综合利用,1997,(3):46-47.

- [25] 李雁楠, 杨启银, 陈育如, 等. 烟草工业下脚料综合利用研究——抗虫成分的提取与抗虫效果测定[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(2): 279—280.
- [26] 丁伟. 新烟碱类杀虫剂吡虫啉的工艺改进及 Salinosporamide A 合成路线的初步探索[D]. 华东理工大学硕士论文, 2011.
- [27] 吴重言, 吴伟, 徐其文, 等. 新烟碱类杀虫剂吡虫啉重要前体“2-氯-2-氯甲基-4-氰基丁醛”的新合成方法研究[J]. 化学试剂, 2013, 35(1): 59—61.
- [28] 谢渝湘, 刘强, 张杰, 等. 烟碱预防帕金森氏综合症和老年痴呆症的分子机理[J]. 中国烟草学报, 2006, 12(4): 25—30.
- [29] 张雪萍, 吕明明, 李霞, 等. 尼古丁对药物性胃溃疡影响的实验研究[J]. 食品与药品, 2011, 13(1): 30—32.
- [30] 黄琳, 殷彤, 董振香. 戒烟新药尼古丁透皮贴剂的临床应用和评价[J]. 中国新药杂志, 2009, 18(20): 1926—1929, 1934.
- [31] 肖春菊, 王青海, 徐海涛, 等. 辊压法薄片加纤工艺研究[J]. 烟草科技, 2001, (11): 6—7.
- [32] 安瑞, 谢益民, 王磊, 等. 白腐菌粗酶液处理对烟梗 RMP 木素含量及烟草薄片物理性能的影响[J]. 中国造纸, 2012, 31(7): 35—37.
- [33] 郭刚. 双菌种发酵提高造纸法烟草薄片品质的研究[J]. 宁夏农林科技, 2012, 53(11): 104—105.
- [34] 毛耀, 何文, 姚元军, 等. 美拉德反应在烟草薄片减害中的应用[J]. 氨基酸和生物资源, 2012, 34(1): 48—50.
- [35] 李晓薇, 李光沛. 烟杆工业利用的新途径[J]. 农牧产品开发, 1999, (4): 30—31.
- [36] 夏洪应, 彭金辉, 张利波, 等. 二氧化碳活化制备烟杆基颗粒活性炭的研究[J]. 黄金, 2006, 27(7): 38—41.
- [37] 张利波, 彭金辉, 夏洪应, 等. 微波加热碳酸钾法制备烟杆基高比表面积活性炭[J]. 功能材料, 2008, 39(1): 136—138.
- [38] 高建培, 黄斌, 张利波. 微波加热烟杆制备活性炭处理含铜废水[J]. 工业加热, 2007, 36(3): 4—6.
- [39] 杨丽萍. 烟杆基活性炭制备及对低浓度磷化氢吸附净化研究[D]. 昆明理工大学硕士论文, 2011.
- [40] 王平. 烟杆活性炭的制备及二丙硫醚吸附性能的研究[D]. 北京化工大学硕士论文, 2012.
- [41] 夏洪应, 彭金辉, 张利波, 等. 微波辐射—水蒸气法制备烟杆基颗粒活性炭[J]. 化学工程, 2007, 35(1): 48—51.
- [42] 张利波. 烟杆基活性炭的制备及吸附处理重金属废水的研究[D]. 昆明理工大学硕士论文, 2007.
- [43] 曲枝, 徐坚颖, 朱正良, 等. 烟杆资源制浆造纸应用研究[J]. 云南工业大学学报, 1995, 11(4): 58—66.
- [44] 李全喜, 朱兴华, 李克彦. 烟杆有机溶剂制浆的基础研究[J]. 上海造纸, 2004, 35(1): 15—18.
- [45] 涂建华, 张利波, 彭金辉, 等. 炭化温度对木质陶瓷性能和结构的影响[J]. 材料热处理学报, 2006, 27(3): 10—15, 21.
- [46] 胡伟. 烟杆与废轮胎胶粉混合裂解实验研究硕士论文[D]. 安徽理工大学, 2010.
- [47] 段文贵, 陈小鹏, 安鑫南. 从烟草中提取茄尼醇的方法[J]. 林产化工通讯, 2000, 34(2): 21—25.
- [48] 陈炳志, 赵瑾, 王超杰, 等. 辅酶 Q-10 的应用概况与合成进展[J]. 化学研究, 1999, 10(1): 30—34.
- [49] 石展望, 陈韵. 从废次烟草中提取茄尼醇的工艺研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(18): 9894—9896.
- [50] 许玉君, 黎四芳, 刘苗, 等. 超声波辅助两相提取茄尼醇的研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2010, 49(5): 649—653.
- [51] 吴华伟, 夏帆. 微波—超声波协同提取烟叶中茄尼醇的工艺研究[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(2): 447—449.
- [52] 杨政明, 尚海丽. 烟草废弃物生产新型生物有机肥、有机无机复混肥对核桃生长的影响[J]. 云南农业科技, 2012, (6): 4—6.
- [53] 詹其厚, 马友华, 汪建飞, 等. 烟草废弃物有机复混肥在夏玉米上的施用效果研究[J]. 安徽农学通报, 2012, 18(12): 109, 185.
- [54] 张从军, 王德生, 邹长明. 烟草有机复混肥在水稻上的施用效果[J]. 安徽农学通报, 2012, 18(15): 83—84.
- [55] 孙世中, 高天荣, 赵焱, 等. 废弃烟叶燃料酒精发酵工艺探索[J]. 农业工程学报, 2009, 25(6): 245—248.
- [56] 谢丽萍, 赵晓祥, 杨虹蛟, 等. 烟草下脚料发酵制取乙醇[J]. 环境工程学报, 2010, 4(6): 1417—1420.

Research Progress on Resource Utilization of Tobacco Waste

WANG Yu^{1,2}, NIE Chang-chun³, HU Da-ming³, ZHANG Qing-ming³,
DING Gen-sheng³, WANG Fang³, LIAN Bin^{4*}

(1. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, University of Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Technology Center of China Tobacco Guizhou Industrial Co. Ltd, Guiyang 550002, China; 4. Jiangsu Key Laboratory for Microbes and Functional Genomics, College of Life Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

Abstract: China is a major country of tobacco planting, however, there are large quantities of tobacco waste which are produced annually. Nicotine can be obtained from tobacco leaves with the process of extraction, and the nicotine can kill insects and acts as curative powers. Tobacco caulis and smalls can be made into tobacco slice by milling and reprocessing. Tobacco stems can be made into not only activated carbon by the process of carbonization and activation, but also fiberboards. They can also be used for making ethanol and fertilizer by the fermentation process. The paper reviews the utilization of tobacco waste based on the information at home and abroad, and looks ahead to the prospect of its utilization.

Key words: tobacco waste; utilization; nicotine; tobacco slice; tobacco stem