

# 生态环境治理下果树残枝的资源化利用

杜娟<sup>1</sup>, 韩美玲<sup>2,3\*</sup>, 安琪<sup>4</sup>, 李丛胜<sup>2</sup> (1.廊坊师范学院科研处, 河北廊坊 065000; 2.廊坊师范学院生命科学学院, 河北廊坊 065000; 3.河北省高校食用菌资源开发应用技术研发中心, 河北廊坊 065000; 4.北京林业大学微生物研究所, 北京 100083)

**摘要** 对我国果树残枝的资源化利用状况进行了综述分析, 指出当前我国在果树残枝利用方面尚存在诸多问题, 概述了我国农业废弃物资源化利用的6个发展方向, 在此基础上提出了我国果树枝条资源化发展的对策措施。

**关键词** 生态环境; 果树残枝; 资源化利用

**中图分类号** S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)18-0059-03

## Resourceful Utilization of Fruit Tree Pruning Branches under Ecological Environment

DU Juan<sup>1</sup>, HAN Mei-ling<sup>2,3</sup>, AN Qi<sup>4</sup> et al (1. Research Department, Langfang Normal University, Langfang, Hebei 065000; 2. College of Life Science, Langfang Normal University, Langfang, Hebei 065000; 3. Research and Development Center of Edible and Medicinal Fungi of Hebei Provincial Universities, Langfang, Hebei 065000; 4. Institute of Microbiology, Beijing Forestry University, Beijing 100083)

**Abstract** The utilization situation of fruit tree pruning branches in China was reviewed and analyzed. It was pointed that there were a lot of problems existing in the utilization process of fruit tree pruning branches in China. Six development directions of resourceful utilization of agricultural waste in China were summarized, and on this basis, the countermeasures for resource development of fruit trees in China were proposed.

**Key words** Ecological environment; Fruit tree pruning branches; Resourceful utilization

果园在我国的农业生产体系中一直占重要地位, 果业的发展满足了市场需求, 也增加了农民的收入, 但果园残枝的有效化、合理利用一直是困扰果园的难题, 也成了生态文明建设和美丽乡村建设中的一大阻碍。随着我国水果产业的迅猛发展, 果树枝条的修剪量也在逐年增加<sup>[1]</sup>。传统的处理方法主要是堆放和焚烧, 堆放会占大量的土地, 严重影响土地资源的合理利用; 焚烧不仅导致严重的环境污染问题, 对枝条本身也是极大的浪费。因此, 如何变废为宝, 将这些果树枝条变为巨大的宝藏, 实现资源化利用, 最大限度地减少其所带来的环境污染和土地资源浪费等问题, 无疑已经成为亟待解决的重要问题。国内外实践表明, 果树残枝的资源化利用和无害化处理, 是控制林业环境污染、改善农村环境、发展循环经济、实现农业可持续发展的有效途径。因此, 笔者拟对我国果树残枝利用现状、资源化利用的未来发展方向及其对策措施进行探讨。

## 1 当前我国果树残枝利用现状

**1.1 果树残枝产量现状** 我国有着悠久的果树栽培历史, 果园面积从 165.7 万  $\text{hm}^2$  (1978 年) 逐年上升至 1 298.2 万  $\text{hm}^2$  (2016 年)<sup>[2]</sup>。由于大多数林果树木每年都需修剪枝条, 还有一部分果林通过高接换优等手段进行品种更新, 这样就会产生相当多的残枝<sup>[1]</sup>。如北京每年产生大量的林果枝条废弃物, 作为生物质能源的可利用量为 23.8 万 t, 其中, 北京郊区 1.7 万  $\text{hm}^2$  果树的枝条修剪量为 16.7 万 t<sup>[3]</sup>。我国现有果园面积 1 298.2 万  $\text{hm}^2$  (2016 年)<sup>[2]</sup>, 以修剪枝条 4 500  $\text{kg}/\text{hm}^2$  计算<sup>[1]</sup>, 年修剪枝条高达约 5 842 万 t, 因此, 修剪枝条的开发利用有着极其广阔的前景。

**1.2 果树残枝粗放低效利用且闲置状况严重** 在我国, 处理

果树残枝传统的方式多采用燃烧等一次性利用的方式, 不仅导致大量的能量、矿物质类、脂肪和粗蛋白等物质被浪费<sup>[4]</sup>, 还极易导致环境污染等问题。近年, 随着国家加大了对生态文明建设和美丽乡村建设的重视程度, 农村生活的能源结构发生了变化, 以天然气代替了传统的干柴、煤等燃料, 导致大量的果树残枝被逐年累积, 不可避免地堆放在田边、路旁、宅院附近, 不仅会严重影响乡村的生态环境, 还会引起果树病虫害的传播以及引发火灾等隐患<sup>[1]</sup>。因此, 这在一定程度上也使得枝条背上了“有害”的标签。但事实上, 果树残枝具有极大的变废为宝的潜力。因此, 如何利用绿色科技合理利用这巨大的资源, 实现这些资源的可持续利用, 进而使其成为环境友好型资源已经成为亟待解决的问题。

**1.3 果树残枝处理设备较缺乏** 为了能够充分利用枝条, 树枝的粉碎是必不可少的环节, 因此需要枝条粉碎的相关设备。目前国内已经有几种树枝处理机面世, 如 9FQ 型枝条处理机和牵引式枝条处理机等。9FQ 枝条处理机用于城市绿化、修剪枝条的粉碎, 也可用于采伐区树干、树枝的粉碎。南京农业大学研制的牵引式树枝处理机及 KF-150A 型树枝处理机主要针对城市街道修剪下来的枝条进行处理<sup>[5]</sup>。但总体来看, 国产树枝处理设备还比较缺乏, 特别是能在现代果园现场工作的与动力底盘配套使用的枝条处理机还不是很多, 且存在能耗水平高、生产效率低等问题, 在设计原理、材料选用、制造工艺等方面还有待改进提高<sup>[5-7]</sup>。因此, 重点研制开发或引进和试验不同生产能力的枝条粉碎机, 满足不同规模果园的需要是推广果园修剪树枝资源化利用的关键。

**1.4 果树残枝利用相关的政策法规与社会化服务体系不健全** 目前, 对待果树残枝的处理基本上都是采用末端去“堵绝”污染的策略, 这种策略并不注重对整个过程的综合治理及资源化利用, 因此, 这种“堵”的结果往往导致废弃物大量积累, 从而引发更为严重的危害<sup>[8]</sup>。现如今, 虽然我国已经出台过与废弃物资源化利用相关的一系列政策法规, 但是一

**基金项目** 廊坊市科学技术研究与发展计划项目(2017013180)。  
**作者简介** 杜娟(1983—), 女, 河北冀州人, 助理研究员, 硕士, 从事植物生理、果树枝条的资源化利用研究。\* 通讯作者, 讲师, 博士, 从事菌物学、果树枝条的资源化利用研究。  
**收稿日期** 2018-05-03

些实质性的、可操作性的措施至今未能很好的建立或执行。例如,鼓励果农合理利用果树残枝的相关优惠政策太少或是支持力度不够,缺乏极为有效的激励机制;资金的投入或扶持的力度尚不够,导致大量企业在从事果树残枝资源化利用方面遇到了瓶颈,从而使得企业不能更好地、更快地成长起来,与此相关的产业体系也不能得到更好的、更完善的培育。目前,在果树残枝利用方面也没有形成相关的社会化服务体系,如信息服务体系、技术服务体系、加工生产体系、市场服务体系以及企业与农户的对接与组织模式等,因此,这在一定程度上也制约着我国果树残枝资源的产业化和规模化发展。

## 2 国内外果树残枝资源化利用的未来发展方向

### 2.1 果树残枝的肥料化方向

果园修剪废弃枝条含有一定量的有益营养元素、大量的木质素、纤维素和半纤维素以及一些有机物质,是宝贵的有机物料和潜在的有机肥源。对修剪树枝有机肥转化主要有以下3种利用方式。

第1种是将粉碎后的木屑均匀铺放在果树下的地面上进行自然腐化,此方法相对简单易行,但过程较为缓慢<sup>[1]</sup>。张江红<sup>[9]</sup>分析发现枝条常规还田对桃树生长无影响,而加量还田则会抑制桃树生长。刘丽丽等<sup>[10]</sup>研究发现以柑橘枝条与羊粪按1:1的比例还田萝卜的产量比单纯施用柑橘枝条增产近1倍,并可显著促进萝卜地上部分和地下部分的生长。

第2种是用粉碎的枝条做基质与腐土混合堆腐,经过堆腐形成的肥料可直接覆盖于果园地面或在树冠外缘地表开沟施肥。据测算,用这种方法生产1t有机肥,可消耗果树枝条0.4t左右,是果树修剪树枝的有机肥转化的主要利用方式<sup>[1]</sup>。研究表明,不同C/N的处理对废弃的葡萄冬剪枝条堆肥的温度、含水率、pH等腐熟指标有显著的影响;通过添加菌剂处理葡萄冬剪枝条,可有效地提高葡萄冬剪枝条堆肥腐熟度的相关指标,对堆肥的品质和效率有明显的影响<sup>[11]</sup>。

第3种是炭化开发后还田。生物质炭是生物材料在缺氧或无氧情况下经热解炭化制备出的一种稳定的、高度芳香化的难熔富碳固态物质<sup>[12]</sup>。生物炭含有60%以上的碳,还有一定的矿质养分,如N、P、K、Ca、Mg等<sup>[13]</sup>。农林废弃物经高温热解炭化,可以产生25%左右的生物炭。生物炭作为一种新型材料引起了广泛关注,近年来生物炭在土壤改良、固碳减排及污染土壤修复方面为农业研究者提供了新思路。研究表明,向土壤中施入质量比为0.5%、1.0%、2.0%和4.0%的炭化果木渣可以提高叶片净光合速率、叶绿素含量、叶片蒸腾速率、根系活力;且添加炭化果木渣能够明显地减少土壤溶液的渗漏,可提高氮素利用率<sup>[14]</sup>。

### 2.2 果树残枝的能源化方向

国外利用修剪枝条等固液体废弃物来进行发电、液化和气化已经形成规模,成效显著<sup>[5]</sup>。在我国,果树残枝是农村能源的重要组成部分,在解决农村能源短缺和农村环境污染方面有重要的价值。目前果树残枝能源化的方向有:①以木质纤维素类生物质为原料生产第二代生物燃料——纤维素乙醇<sup>[15-17]</sup>。近年来,由于国内陷入

了玉米乙醇“与民争粮”的争议中,国内很多专家都纷纷呼吁立即叫停国内的玉米乙醇生产,今后燃料乙醇研发的重点将主要集中在以木质纤维素为原料的第二代燃料乙醇技术上面<sup>[18]</sup>。重要的化工产品乙烯,其生产依赖化石能源。化石能源危机阻碍其生产,而利用生物乙醇制备乙烯则很有发展潜力。王延飞等<sup>[19]</sup>提出生物乙醇制作乙烯是一条可持续发展的化工路线。②生产新型生物燃料——生物丁醇。李晓军等<sup>[20]</sup>报道我国将建成18个能源林示范点以及18个能源林良种繁育推广示范基地,为生物质能源开发提供丰富的原料,可用生物质能源树种生产丁醇。王艳翠等<sup>[21]</sup>探索了生物质能源树种发酵生产丁醇新技术,生产丁醇效果理想,可达到粮食发酵产丁醇的水平。③生产压缩成型燃料。生物质成型技术是生物质能的有效利用技术之一,是指在一定的温度与压力作用下,将各类分散的、无一定形状的农林剩余物经加工制成有一定形状、密度较大的各种燃料产品的技术<sup>[22]</sup>。生物质成型燃料因具有清洁、可再生等特点,近年来发展迅速,对其成型机理及设备的研究也日趋深入<sup>[23-26]</sup>。将修剪树枝粉碎压缩制作燃料,可广泛用于人民生活、饮食服务业,如采暖、烧饭和烘烤食品;也可以作为发电厂燃料来替代燃煤或燃油发电,发展前景广阔。④修剪枝条气化、炭化(木炭)。近年来,农业废弃物气化技术在我国取得了长足发展,已经在部分乡村成功应用。与其他生物质(如稻壳或秸秆)相比,修剪残枝具有含碳量高、热值高、灰分含量极少的优点,是秸秆气化装置最好的燃料。在北京平谷应用表明,气化炉运转起来1kg果树枝可以产约2m<sup>3</sup>可燃气,一个4口之家每天需燃气5~6m<sup>3</sup>,消耗树枝3.5kg。对于压缩成型的棒材和修剪直径较大的树枝可以在缺氧的条件下进行直接炭化处理,制作木炭,可广泛应用于工业冶金、食品烧烤或家庭取暖等领域,有较好的发展前景<sup>[1]</sup>。

### 2.3 果树残枝的材料化方向

果树残枝富含纤维素和半纤维素,利用其生产多种生物质材料和生产资料是果树枝条资源化的又一个拓展领域,有着广阔的前景。目前的研究主要包括:生产纸板、人造纤维板、轻质建材板等材料研究;通过固化、炭化技术制成活性炭技术研究;生产可降解餐盒、包装材料 and 纤维素薄膜研究;制取木糖(醇)的研究;葡萄枝条废弃物中膳食纤维及营养成分研究;制备多功能甲基纤维素,如各种防治人类疾病的保健药品、食品添加剂,防治各种病虫害的绿色生态农药添加剂等;制造微晶纤维素、纳米纤维素的研究;制备木塑复合发泡材料和生物质纤维基发泡材料的技术研究;制备高透明纳米纸和高透明纤维素纸新材料的技术研究;植物基荧光防伪纤维的制备及应用研究<sup>[27-40]</sup>。

### 2.4 果树残枝的基质化方向

食用菌可以利用富含木质纤维素的基质来生产可供人们食用的子实体,目前利用果树枝条粉碎后的基质栽培食用菌在国内外已有较多的研究。研究发现,利用桃树、梨树和苹果树枝条粉碎木屑进行灵芝栽培基质配方优化,控制木屑质量比为15%~60%时,灵芝均生长良好<sup>[41]</sup>;用苹果枝木屑代替硬杂木等原料栽培香菇,其香菇在品质和产量方面都较优<sup>[42]</sup>;用夏季及冬季修剪的葡萄

枝条为主料栽培的白玉菇,在各常规营养指标、矿质元素、氨基酸总量和风味等方面优于传统栽培料(棉籽壳和杂木屑)栽培出的白玉菇<sup>[43]</sup>。

果树枝条代替传统硬杂木作为基质栽培食用菌可节约林木资源,废弃的菌渣还可经发酵处理,搭配适量珍珠岩、蛭石等矿物质,制成可再利用的栽培介质,或作为制作沼气的原料,如此资源循环利用,变废为宝,为发展经济循环农业提供思路,推广应用前景非常广阔。

**2.5 果树残枝的饲料化方向** 开发利用农副产品作为饲料已经成为国内外可持续畜牧业发展的重要途径,发展木本饲料产业将为我国畜牧业的发展开辟新途径。与草本饲料相比,木本饲料营养丰富、适口性好、易消化、种类繁多,具有较高的蛋白质和钙含量<sup>[44]</sup>。我国木本饲料资源极为丰富,可用作木本饲料的木本植物约 1 000 多种,包括针叶乔木、阔叶乔木、灌木、半灌木、竹类木、木质藤本。因此,各种果树的残枝可经过青贮、发酵、水贮、盐浸、蒸煮、热喷、酸化、碱化及氨化等加工工艺成为木本饲料,用以喂养畜禽。近年来我国对木本饲料的研究较多,如苹果树枝、叶饲用价值的研究<sup>[45]</sup>;饲料桑开发应用研究<sup>[46]</sup>;芦苇、构树和盐肤木的营养成分含量及饲用价值研究<sup>[47]</sup>;欧李发酵饲料的饲用价值及其对羊奶品质的影响研究<sup>[48]</sup>;高蛋白木本饲料开发利用研究;木本植物饲料在水产养殖中的应用研究<sup>[49]</sup>等。

**2.6 果树残枝的综合生态化方向** 根据生态学的食物链原理,将果树残枝作为产业链中的一个重要环节,进而实现物质的多重循环和多次转化利用,提高资源利用率及整体效益,发展循环经济。果树残枝综合生态化利用可以形成 3 种模式:一是以堆肥为纽带的循环模式,即通过堆肥发酵处理,生成腐熟的有机肥,堆肥工程的建设与运行,有效解决农村就业问题;二是以食用菌为纽带的循环利用模式,即林果枝条粉碎灭菌后作食用菌生产的基质,生产菌棒,进行食用菌栽培,废弃菌棒、菌渣又可进行有机肥生产,形成良性循环;三是以沼气为纽带的循环利用模式,即将果树残枝处理后作为木本饲料饲养动物或作食用菌生产的基质栽培食用菌,以动物粪便、食用菌废弃菌棒、菌渣等为原料,投入到沼气池中,经厌氧发酵,产生沼气,沼液用作滴灌,沼渣用作肥料,实现生产的良性循环。目前,我国这方面的生态农业利用模式很多,如家庭型循环经济模式、优美村镇型循环经济模式、生态农业园(区)循环经济模式、区域循环经济模式等,重要的是要进行大面积的推广应用<sup>[3,50]</sup>。

### 3 对策

**3.1 政策引导** 目前,我国对果树残枝的资源化利用的重视程度并不足够,使得与之相关的激励性政策和措施变得缺乏或不健全,进而导致长期以来对果树残枝的综合利用进展缓慢且利用率低。因此,为了使得我国果树残枝的资源化利用工作更好更快地进行,需要政府在果树残枝的资源化利用方面给予一个明确的发展定位,并建立健全与之相关的政策法规,如果业等大型种植业的环境影响评价,对主要从事果树残枝资源化利用的大型企业给予相应的管理与扶持,对综合

利用的产品制定相关的品质标准和生产环境标准,对自觉开展生态建设的农民给予政策鼓励等,以使得生态农业利用模式能够有政策的引导、技术的支持,从而更好地发挥其作用。

**3.2 资金投入** 目前,果树残枝的主要存放地点便是农村地区,这也是影响农村环境、导致农村“脏、乱、差”的一个重要因素。伴随着国家加大了对生态文明建设以及美丽乡村建设的重视程度,资金投入力度也有所增加,能够大力推进美丽乡村建设与环境整治的工作,通过建立果树残枝定点集中回收与处理站(点)、“一池(沼气池)三改(改厕、改厨和改猪圈)”等措施加大农村地区与果树残枝资源化利用及无害化处理相关的基础设施建设。此外,还应对果树残枝资源化利用加大资金补偿力度以建立完善的环境保护补偿机制,并扶持更多的农户家庭建立“庭院沼气”以促进“庭院生态经济的建设”,逐步地吸引社会、企业和农民等全方位的资金投入,进而推动果树残枝资源化利用快速、健康发展。

**3.3 技术支持** 目前,在果树残枝资源化利用方面仍然存在着许多难题,如处理设备较缺乏、种类少、技术落后等,技术推广体系疲软,经济效益也不高。因此,列出专项资金,加大科技投入对果树残枝综合利用进行科学的研究,特别是在加快果树残枝综合利用等实用技术方面的创新研究,从而为示范、推广应用奠定良好的基础。

### 4 结语

果树残枝是一个比较大的环境污染源,但同时也是一个巨大的生物质资源库,因此要充分、合理地认识其“双重性”。要实现修剪残枝的综合利用,可以在果品生产较为集中的地区建立残枝加工示范工厂,用以完成果树及其他树木枝杈的剥皮、粉碎和存储等一系列的工序,从而为制作各类中高密度建筑板材、无烟清洁木炭、沼气发酵和食用菌有机肥等技术产品提供原料,并在成功运作后向其他林果产业区进行逐步推广。此外,需要充分地结合农村各地的实际情况来确定最佳的利用途径,从根本上来解决其可能带来的环境污染等问题,以实现农业资源与生态环境的可持续性发展。

### 参考文献

- [1] 刘洪杰,刘俊峰,李建平.果园修剪树枝综合利用技术[J].农机化研究,2011,33(2):218-221.
- [2] 邢志宏,叶植材.12-1 农业生产条件与农作物播种面积[M]//中华人民共和国国家统计局.2017 中国统计年鉴.北京:中国统计出版社,2017.
- [3] 路平,高凡,姜奕晨,等.北京郊区农业废弃物资源现状与利用分析[J].北京农学院学报,2016,31(1):102-106.
- [4] 彭靖.对我国农业废弃物资源化利用的思考[J].生态环境学报,2009,18(2):794-798.
- [5] 杨彩娟.果园修剪枝条处理工艺及机械研究[D].保定:河北农业大学,2013.
- [6] 朱思洪,付东荔,缪小红,等.树枝粉碎机的研制[J].南京农业大学学报,2004,27(3):111-113.
- [7] 孙振锋,边志敏.河北省生物质固体成型燃料产业发展研究[J].可再生能源,2013,31(6):126-128.
- [8] 孙永明,李国学,张夫道,等.中国农业废弃物资源化现状与发展战略[J].农业工程学报,2005,21(8):169-173.
- [9] 张江红.桃树枝条还田对土壤自毒物质、微生物及植株生长的影响[D].泰安:山东农业大学,2015.
- [10] 刘丽丽,李建辉,闫彦涛,等.果树修剪枝条与畜禽粪便不同配比还田对萝卜种植的影响[J].现代农业科技,2018(1):60.

**3.2 继代培养** 通过研究不同浓度 BA 及培养基类型对光叶山植外植体继代培养影响,结果表明,在 1/2MS 培养基中,外植体增殖倍数随 BA 浓度增大呈先增大后降低的趋势,说明 BA 浓度过大或过小都抑制外植体的增殖生长,在 MS 培养基中,增殖倍数随 BA 浓度增大而增大,当 BA 浓度一定时,MS 培养基中外植体增殖倍数大于 1/2MS 培养基,由此可见,培养基中大量元素浓度越高越能促进外植体的增殖生长。当 IAA 浓度为 0.1 mg/L 时,外植体增殖倍数随 BA 浓度的增大呈先增大后降低的趋势,当 IAA 浓度为 1.0 mg/L 时,外植体增殖倍数随 BA 浓度的增大逐渐降低,可见外植体增殖倍数受 BA 与 IAA 共同调控。综合考虑,适宜光叶山植继代培养的培养基配方为 MS+BA1.0 mg/L 和 MS+BA 1.5 mg/L +IAA0.1 mg/L。

**3.3 生根培养** 对于实际生产来说,植物具有发达的根系才能吸收土壤中的水分和养分,因此组织培养中无菌苗的生根是组织培养快繁的关键<sup>[8]</sup>。该研究结果表明,1/2MS 和 1/4MS 培养基中外植体生根率随 IAA 浓度的增大表现为先上升后下降的趋势,IAA 浓度过高或过低均不利于外植体生

根;同一浓度下 IAA 比 IBA 更利于生根;添加同种浓度的 IAA 下,1/4MS 培养基外植体生根率高于 1/2MS 培养基,证明低浓度无机盐培养基更利于外植体生根,生根培养最适培养基为 1/4MS+IAA1.0 mg/L。

用 100 mg/L 的 BA 浸蘸光叶山植嫩茎基部后接种于不含植物生长调节物质的 1/2MS 培养基中,探索两步生根法对外植体生根率的影响,结果表明,BA 浸蘸 30 min 外植体生根效果较好,BA 浸蘸 60 min 抑制外植体的生根。

### 参考文献

- [1] 侯宽昭.中国种子植物科属辞典[M].北京:科学出版社,1958:115.
- [2] 中国科学院北京植物研究所.中国植物志:第36卷[M].北京:科学出版社,1974:189.
- [3] 贾敬贤,贾定贤,任庆棉.中国作物及其野生近缘植物·果树卷[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [4] 印万芬.东北地区山楂属植物的种类分布和用途[J].特产科学实验,1983(1):23-25,22.
- [5] 李凌明.植物组织培养教程[M].北京:中国农业出版社,2004.
- [6] 李凌明.植物组织培养教程[Z].北京:中国农业出版社,2004.
- [7] BRUCE M I,ZWAR J A.Cytokinin activity of some substituted urea and thioureas[J].Proc Roy Soc B,1966,165:245-265.
- [8] 龚一富.植物组织培养实验指导[M].北京:科学出版社,2011.
- [9] 李凌明.植物组织培养教程[M].北京:中国农业出版社,2004.
- [10] 李凌明.植物组织培养教程[Z].北京:中国农业出版社,2004.
- [11] 殷姿.不同 C/N 和菌剂处理对葡萄修剪枝条堆肥效果的影响[D].银川:宁夏大学,2016.
- [12] LEHMANN J,GAUNT J,RONDON M.Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems:A review [J].Mitigation and adaptation strategies for global change,2006,11(2):403-427.
- [13] MARRIS E.Putting the carbon back;Black is the new green [J].Nature,2006,442(7103):624-626.
- [14] 宁留芳.炭化和发酵果木渣对苹果幼树生长、根系转录组及土壤硝酸盐代谢的影响[D].泰安:山东农业大学,2016.
- [15] 林鑫,武国庆.纤维素乙醇关键技术及进展[J].生物产业技术,2015(2):16-21.
- [16] 韩秋燕.瑞士科莱恩公司纤维素乙醇技术特点及我国纤维素燃料乙醇发展建议[J].化学工业,2018,36(1):48-53.
- [17] 刘刚,鲍杰.逼近玉米乙醇指标的先进纤维素乙醇技术[J].生物产业技术,2018(1):94-101.
- [18] 刘洪霞,冯益明.世界生物质能源发展现状及未来发展趋势[J].世界农业,2015(5):117-120.
- [19] 王延飞,贾宝莹,杜平.生物乙醇制备乙烯的发展状况及展望[J].四川化工,2015,18(1):28-30.
- [20] 李晓军,金超楠,刘莉,等.生物质能源树种生产丁醇研究进展[J].现代化工,2014,34(10):53-57.
- [21] 王艳翠,李晓军,王娜,等.桉木发酵生产丁醇技术研究[J].食品与发酵科技,2018(1):57-62.
- [22] 贾敬敬,马隆龙,蒋丹平,等.生物质能源产业科技创新发展战略[M].北京:化学工业出版社,2014.
- [23] 别星辰.桉树木屑型煤燃烧特性研究[D].南京:南京林业大学,2017.
- [24] 李海龙.生物质颗粒燃料成型技术及设备研究[D].昆明:昆明理工大学,2017.
- [25] 李伟振,姜洋,阴秀丽.生物质成型燃料压缩机理的国内外研究现状[J].新能源进展,2017,5(4):286-293.
- [26] 祁玲,张静.柠条固体燃料压缩过程中蠕变特性的研究[J].中国农机化学报,2017(10):77-80.
- [27] 蒋忠道,许元春.废果木材半化学浆制箱板纸实践[J].湖北造纸,2012(1):31.
- [28] 牟大庆.磷酸法制备活性炭工艺研究[J].福建林业科技,2011,38(1):69-71.
- [29] 何咏涛.利用农林废弃物联产生物油和生物炭[D].杭州:浙江工业大学,2012.
- [30] 刘海.湿地植物基活性炭制备和改性及其对重金属离子的吸附机理研究[D].济南:山东大学,2017.
- [31] 郗冰玉,唐亚丽,卢立新,等.纳米纤维素在可降解包装材料中的应用[J].包装工程,2017(1):19-25.
- [32] 徐晓娟,卢立新,王立军,等.农作物秸秆废弃物材料化利用现状及发展[J].包装工程,2017(1):156-162.
- [33] 王丽莉,欧阳土龙,戴兴兴,等.过氧化氢漂白富纤维素材料制备透明纤维素膜研究[J].森林工程,2018,34(1):41-45.
- [34] 张超,张涛,江波,等.生物转化木糖醇的研究进展[J].食品与发酵工业,2016,42(7):288-294.
- [35] 薛雯,房玉林,孙艳,等.41 种葡萄枝条废弃物中膳食纤维及营养成分研究[J].西北林学院学报,2012,27(5):139-145.
- [36] 李朝旺,李跃怡.植物纤维制作多功能甲基纤维素的方法:101560259[P].2009-10-21.
- [37] 李亚斌.沙柳纤维素/二氧化钛复合材料的制备及性能研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2015.
- [38] 徐威宇.植物纤维原料制备纳米纤维素的研究[D].广州:华南理工大学,2016.
- [39] 陈进波.柔性高透明纸新材料的设计、制备及其应用研究[D].广州:华南理工大学,2016.
- [40] 张俊奇.植物基荧光防伪纤维的制备及应用[D].广州:华南理工大学,2015.
- [41] 金鑫,黄文丽,李小林,等.不同果树枝条栽培灵芝基质配方研究[J].中国农学通报,2015,31(36):156-160.
- [42] 薛变丽,段超,李波,等.苹果枝木屑春栽香菇试验[J].山西农业科学,2015,43(3):290-292.
- [43] 郭蔚,龚黛,杜双田,等.葡萄枝条栽培杏鲍菇的营养成分研究[J].北方园艺,2013(19):144-148.
- [44] 李洋.饲料资源的开发及相关技术[J].当代畜禽养殖业,2012(7):52-58.
- [45] 侯金星.苹果树枝叶饲用价值的评定研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [46] 吴洪丽,郝瑜,周洪英,等.饲料桑开发应用与研究进展[J].北方蚕业,2017,38(3):1-5.
- [47] 王郝为,杨焕胜,陈青,等.三种非常规粗饲料营养成分及饲用价值的比较研究[J].饲料研究,2017(21):28-31.
- [48] 耿涌杭,许可,苏上,等.致李发酵饲料的评价及其对羊奶品质的影响[J].饲料研究,2017(15):31-36.
- [49] 马美蓉,徐玉花.高蛋白木本饲料开发利用研究概述[J].黑龙江畜牧兽医,2015(3):121-123.
- [50] 戴丽.云南农业循环经济发展模式研究[J].云南民族大学学报(哲学社会科学版),2006,23(1):86-91.

(上接第 61 页)