

彭天沁,徐 刚,高文瑞,等. 木薯渣资源化利用的研究进展[J]. 江苏农业科学,2013,41(11):10-12.

木薯渣资源化利用的研究进展

彭天沁^{1,2}, 徐 刚¹, 高文瑞¹, 李德翠¹, 孙艳军¹, 韩 冰¹

(1. 江苏省农业科学院蔬菜研究所, 江苏南京 210014; 2. 南京农业大学园艺学院, 江苏南京 210095)

摘要:木薯渣是木薯加工生产淀粉、乙醇过程中产生的废弃残料,随着木薯加工产业的发展,每年木薯加工废弃物产量都在增加。这部分废弃物会造成资源浪费和环境污染,制约木薯产业的进一步发展。目前国内外已就木薯渣利用开展了大量研究。本文综述了木薯渣的利用方式,并对将木薯渣作为园艺栽培基质进行了展望。

关键词:木薯渣;利用;栽培基质;进展

中图分类号: S533.099 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)11-0010-03

木薯(*Manihot esculenta*)别称树薯、木番薯,为热带、亚热带根茎作物,与马铃薯、甘薯并列为世界三大薯类,有“淀粉之王”“地下粮食”“能源作物”之称。木薯的主要用途有食用、饲用、工业开发利用。木薯在种植及加工过程中会产生大量木薯秆、木薯叶、木薯渣、木薯皮等废弃物。木薯渣是木薯生产加工淀粉或乙醇后的残料,木薯淀粉渣集中在每年11月至次年1月底生产,木薯乙醇渣因为其生产原料是鲜木薯和木薯干片,因此全年都可以生产。按当前生产水平估算,我国每年因加工木薯淀粉产品产生的木薯渣有30万t,加上加工乙醇等其他产品产生的木薯渣总计达150万t^[1]。这些废弃物往往被丢弃,不仅占用土地资源,而且还会造成严重的环境污染。围绕木薯渣的处理问题,许多学者已经从农业、工业等不同方面进行了探索。本文阐述了我国木薯渣资源化利用的研究进展,旨在为推动木薯渣资源化利用提供参考。

1 木薯渣化学成分

木薯渣营养成分丰富,含有高达78.7%的非氮化合物^[2],其主要成分是可溶性淀粉化合物(如单糖、淀粉)和纤维类物质,淀粉含量在40%~50%^[3],是很好的碳源。木薯渣中微量元素含量相当丰富,尤其是Cu、Zn、Mn。胡忠泽等研究表明,木薯渣干物质中Ca、P、Cu、Zn、Mn含量分别为8.45%、0.048%、24.02 mg/kg、47.30 mg/kg、66.20 mg/kg^[4]。

2 木薯渣资源化利用现状

2.1 利用木薯渣生产动物饲料的研究

有关利用木薯渣代替玉米等粮作物饲养家畜的研究,已经取得了良好效果。蔡永权等研究表明,以青贮木薯渣为主、添精饲料2 kg/d饲喂牛,平均日增重0.951 kg,高于使用氨化稻草、适当补喂精饲料的对照组(平均日增重为0.706 kg),

试验组盈利241.7元,高于对照组(93.2元)^[5]。唐春梅等研究表明,用低比例木薯渣替代麦麸能降低夏季肥育牛饲养成本,提高养殖效益,并以替代量占精料的7%~14%为宜^[6]。在非洲西部,利用木霉真菌发酵后的木薯渣喂养西非矮山羊,山羊繁殖方面与对照没有显著差异^[7],但山羊的食物摄取、消化、生长速率提高^[8],羊奶质量和产量也都有显著提高^[9]。吴世林等用猪消化代谢试验评定木薯叶粉和木薯渣的营养价值,结果表明在猪日粮中能适量使用薯渣作为一种廉价的能量饲料^[10]。潘穗华等研究表明,用不同比例木薯渣组成肉猪日粮,在各生长阶段对猪的成活率都没有影响;试验猪的增重与对照组差异不显著;小猪阶段用2%比例的木薯渣,中猪和大猪阶段用6%比例的木薯渣,猪增重效果、饲料转化率和经济效益最佳^[11]。刘传都研究表明,把发酵后的木薯渣配制成全价料饲喂猪完全可行,产品的适口性较好,猪未出现厌食情况,饲喂发酵后木薯渣和饲喂正常饲料对猪日增重、饲料转化率无明显影响;试验中猪健康状况良好,无副反应产生,说明产品的安全性良好;饲养成本分析表明,其经济效益明显^[12]。

将发酵木薯渣粉作为新饲料资源在鸡日粮中加以应用,从增重效果角度看是可行的,从经济价值看更是有不可估量的潜力。潘穗华等分别在小肉用鸭、中肉用鸭、大肉用鸭日粮中采用2%、4%、8%木薯渣代替三七糠,该日粮配方能够满足肉鸭对粗纤维的需求,同时降低了饲料成本^[13]。于向春等发现,用40%米曲霉、20%枯草芽孢杆菌、40%酿酒酵母组成的复合菌剂发酵得到的木薯渣粉,以15%的添加比例替代9%玉米粉、3%花生粉、3%麸皮作为饲料在肉用文昌鸡仔鸡的日粮中加以应用是可行的,能够得到较好的增重效果^[14]。韦锦益等利用人工种植的禾本科牧草配合木薯渣发酵饲料饲喂鹅,发现利用木薯渣发酵饲料喂鹅效益明显,平均每羽鹅的利润为22.97元,而且饲料报酬指数高,证明木薯渣发酵饲料完全可以作为鹅饲料,能大大降低成本^[15]。

2.2 利用木薯渣制作菇类培养基的研究

近年来有很多学者以木薯渣为培养基,进行食用菌栽培研究。颜淑婉等根据木质素、纤维素的生物降解规律,结合黑木耳生长发育过程对栽培基质的营养和物理性能等的要求,经过合理搭配,发现以木薯渣为主的培养基能够满足黑木耳菌丝生长和子实体生长发育的营养需求^[16]。韦仕岩等以木薯乙醇渣为主料栽培平菇、姬菇、茶树菇,结果表明,在木薯渣

收稿日期:2013-05-07

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2011BAD12B03);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(11)2001]。

作者简介:彭天沁(1990—),女,江西萍乡人,硕士研究生,研究方向为蔬菜作物生理生态。E-mail: tianqin_peng@126.com。

通信作者:徐 刚,博士,研究员,主要从事蔬菜设施栽培技术及栽培生理研究。E-mail: xugang90@163.com。

乙醇基质中适当添加辅料(如谷壳、玉米心等),平菇、姬菇、茶树菇的生物学效率分别可达 94.33%、83.30%、66.48%^[17]。覃晓娟等以木薯乙醇渣为主料,棉籽壳、麸皮为辅料,采用全脱袋覆土出菇方式,筛选出木薯乙醇渣的适栽草菇品种^[18]。王忠贵等用木薯渣、醋渣等轻工业有机废渣代替约 50% 的棉籽壳栽培鸡腿菇,其产量与棉籽壳处理相当,但生产成本却降低 20%~30%^[19]。

2.3 利用木薯渣制作植物栽培基质的研究

卓少明等探索了应用木薯渣作为油菜芽苗菜栽培基质的可能性,结果表明,在只喷清水的条件下使用木薯渣为栽培基质,芽苗菜产量为 1.30 g,高于使用传统栽培芽苗菜基质的处理(产量为 1.03 g)^[20]。樊权等以淀粉厂产生的木薯渣等废弃物为基质栽培散尾葵、鱼尾葵、龙血树等盆栽观叶植物,极大地节约了成本^[21]。覃晓娟等以木薯渣为基本原料,辅以不同比例的蔗渣、菌糠等,进行辣椒穴盘育苗试验,发现 67% 木薯渣+5% 蔗渣、62% 木薯渣+10% 菌糠、42% 木薯渣+30% 菌糠复合而成的基质对辣椒穴盘育苗的效果较好,辣椒植株高、地上部鲜重、根鲜重均比其他复合基质高,辣椒苗根部结团效果也较好^[22]。陈加利等将发酵后的木薯渣与沙子按不同体积比混合,发现当木薯渣与沙子的体积比为 8:2 时,用于黄瓜育苗的效果较好^[23]。王旭等研究了发酵木薯渣基质在黄瓜幼苗栽培上的应用效果,结果表明,无论是从光合指标还是从生长指标来讲,发酵后的木薯渣基质都可以满足黄瓜育苗和栽培的需要^[24]。

2.4 利用木薯渣作为工业原料的研究

在发酵工业上,有很多研究者以木薯渣为底物制取酸类化学产品。洪葵等以木薯渣、麸皮、甲醇、水制成发酵培养基,接种黑曲霉孢子,在 35℃ 下培养 20 h 后,于 28~30℃ 下发酵,得到 80% 的柠檬酸产量,并有较高的发酵酸度^[25]。王宇飞等采用水解-氧化-水解法,利用木薯渣制备草酸,获得的最优条件是(以 10 g 原料为准):60% 硫酸、硝酸各 15 mL,原料浸泡 4 h,氧化水解温度 70℃,反应时间 6 h,催化剂 0.1 g,产品平均回收率为 26.4%,该方法既可以实现草酸生产,又为木薯渣综合利用找到有效途径^[26]。Rattanachomsri 等利用果胶酶、纤维素酶、半纤维素酶等多种酶水解木薯渣,开发木薯渣的低温水解工艺,但最终乙醇发酵浓度只有 14.3 g/L^[27]。在此基础上,龚信芳等开发出木薯渣分批补料酶水解工艺,利用淀粉酶、糖化酶、纤维素酶、纤维二糖水解酶等混合酶对木薯渣中的淀粉和纤维素等碳水化合物进行非热水解,将葡萄糖得率提高到 72.4%,乙醇产率提高到 1.04 g/(L·h)^[28]。项宜娟等利用稀硫酸法从木薯渣中提取还原糖,以木薯渣水解液为底物进行丁酸发酵,丁酸浓度达 23.8 g/L,比同浓度葡萄糖的合成培养基产率提高 1 倍以上,表明木薯渣水解液是适于丁酸发酵的优质碳源,为非粮原料发酵丁酸奠定了基础^[29]。

木薯渣中含有近 80% 非氮化合物,在能源行业中将其用于燃料生产是完全可行的。浦跃武等研究了木薯渣的酸化特性和不同接种率对其厌氧发酵产沼气的影 响,证实了厌氧发酵甲烷化的可行性,并发现 70% 的接种率能保证木薯淀粉残渣厌氧发酵产甲烷的顺利启动和进行^[30]。韦栋聪等将木薯渣加工转化成木薯薪棒,用其替代煤作为锅炉燃料,发现当物料含水率控制在 10%~15%,模具温度控制在 200℃ 左右

时,可以得到质量较好的薪棒,从而达到节能减排的双重效益^[31]。Zong 等以木薯渣为底物,采用糖水暗发酵和光发酵 2 步过程,暗发酵过程每 1 g 木薯渣平均能够产生约 199 mL 氢气,非自养型光发酵过程每 1 g 木薯渣平均能够产生 611 mL 氢气,表明木薯渣是生物制氢的理想底物^[32]。

此外,木薯渣还有工业生产上的其他用途。林莹等用 Design-Expert 软件中的水平设计和响应面分析法对溶媒条件下木薯纤维制备羧甲基纤维素钠进行了优化,得到较优的羧甲基化条件为碱化温度 32.7℃、NaOH 与 CH₂ClCOOH 比值 2.9、乙醇分散剂浓度 78.5%,为选用价廉、来源广的原料生产羧甲基纤维素钠提供了新思路^[33]。利用木薯渣在酸性条件下水解得到低分子物质的还原性,可将软锰矿中高价态锰还原成低价态锰而使锰进入溶液中^[34],根据该原理,文胜等取 10 g 软锰矿进行试验,发现浸锰的最佳工艺条件为在 80℃ 下使用 5 g 木薯渣,3 mol/L 浓硫酸反应 150 min,其浸出率为 94.08%^[35]。钱良玉探索了以木薯渣为材料骨架,添加天然淀粉为填充剂,以 PVA 为胶黏剂的可生物降解材料的制备工艺、条件、配方、性能,制备出的可生物降解材料不仅对环境友好,还能减少废弃木薯渣对环境的破坏^[36]。

3 将木薯渣用于生产园艺基质的展望

随着我国经济发展,木薯渣产量逐年增加,虽然木薯渣的处理途径较多,但实际上它作为工业原料和生产饲料的消耗量有限。木薯渣并没有得到有效处理而大量囤积,不但给环境带来了直接和间接污染,还造成了大量空间和资源的浪费。木薯渣含有丰富矿物质,通过微生物菌株无氧发酵,可转化为无污染且富含微生物的物质,用作栽培基质原料^[37]。另外,木薯渣还含有生长素和赤霉素等植物生长调节剂,能够刺激植物种子发芽及根、茎、叶器官发育^[38]。将木薯渣作基质原料能够减轻对无机肥的依赖,符合植物有机生长的要求^[39]。

由于木薯渣中含有一些有害物质,必须进行有机废弃物降解和无害化腐熟处理,才能配制成有机栽培基质。传统农业废弃物处理是利用厌氧发酵的方法,在无氧环境下处理 20~25 d,使有机物自然分解,达到降解目的^[40]。在降解过程中主要是自然界中的细菌和真菌性纤维素酶起作用^[41]。陈加利等建议在生产上推广应用 EM 菌和酵素菌作为木薯渣发酵菌^[23]。王旭等根据黄瓜生长和光合潜力,发现添加发酵菌堆制基质的栽培效果优于没有添加发酵菌的处理^[24]。在木薯渣堆肥发酵过程中,还须添加适量磷肥、鸡粪或猪粪等以平衡养分。邹璇等研究了木薯渣堆肥过程中堆肥理化性质的变化,发现木薯渣堆肥对难溶性磷有一定活化作用,可为解决堆肥资源化产品中植物可利用磷含量偏低的难题开拓一条生物学途径^[42]。木薯渣发酵降解后微生物量增加;另外降解使氰化物含量下降,达到氰化物含量在 30 mg/kg 以下的安全标准,具有较好的去毒效果^[40]。吕育财等将木薯皮、木薯渣与猪粪混合,堆肥化处理后,有效降低了木薯废弃物中氰化物的危害性^[43]。木薯渣中的脂肪、粗纤维、灰分、矿物质含量在堆肥发酵后没有明显的变化。发酵过程还会杀死大部分有害微生物。侯宪文等发现,将木薯渣发酵 24~30 d 后堆肥已基本腐熟,使用时不会对作物产生毒害作用^[44]。

木薯渣作为一种栽培基质,容重偏小,大小空隙比偏大,

很难同时达到已报道的基质适宜结构指标范围,因此可将其与蛭石等重型基质材料复配,以显著改善其物理性质^[23]。木薯渣复配基质可使基质的稳定性、保水保肥性、通气透水性、缓冲性达到协调状态,具有广泛应用前景。

参考文献:

- [1] 刘平. 木薯渣饲料资源化开发研究[J]. 养殖与饲料, 2009(1): 55-59.
- [2] 郭继烈, 郭庆华. 新型发酵蛋白饲料[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1996.
- [3] 赖翠华. 木薯淀粉渣制取单细胞蛋白饲料的实验研究[D]. 南宁: 广西大学, 2006: 1-52.
- [4] 胡忠泽, 刘雪峰. 木薯渣饲用价值研究[J]. 安徽技术师范学院学报, 2002, 16(4): 4-6.
- [5] 蔡永权, 杨文巧. 青贮木薯渣饲喂杂交牛增重试验[J]. 广东畜牧兽医科技, 2007, 32(1): 51-52.
- [6] 唐春梅, 王之盛, 万江虹, 等. 木薯渣日粮在夏季对育肥牛生产性能和血液生化指标的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2011, 47(21): 38-40.
- [7] Belew M A, Belew K Y, Bello I O. Effects of *Trichoderma* - treated cassava waste in the diets of West African dwarf goat on blood, reproductive and urinary parameters[J]. African Journal of Biotechnology, 2006, 5(21): 2037-2040.
- [8] Belew M A, Asifat A A, Yousuf M B. Evaluation of *Trichoderma harzanium* treated cassava waste on the quality and quantity of milk of goat[J]. African Journal of Biotechnology, 2007, 6(18): 2193-2196.
- [9] Belew M A, Fagbemi O O. Performance characteristics of West African dwarf goat fed *Aspergillus* treated cassava (*Manihot esculatus*) waste based diets[J]. American - Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 2007, 2(3): 268-270.
- [10] 吴世林, 沈应然, 蒋宗勇, 等. 木薯叶粉和木薯渣对猪的营养价值评定[J]. 中国饲料, 1993, 3(3): 18-19.
- [11] 潘穗华, 陈颖俊, 刘汉林, 等. 木薯渣饲喂肉猪试验[J]. 广东畜牧兽医科技, 1993(1): 13-14.
- [12] 刘传都. 利用混合菌固体发酵木薯渣生产菌体蛋白饲料的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009: 1-36.
- [13] 潘穗华, 陈颖俊, 刘汉林, 等. 木薯渣在肉用鸭日粮中的应用[J]. 饲料博览, 1993(4): 28-29.
- [14] 于向春, 刘易均, 杨志斌, 等. 发酵木薯渣粉在文昌鸡日粮中的应用[J]. 中国农学通报, 2011, 27(1): 394-397.
- [15] 韦锦益, 蔡小艳, 黄世洋. 禾本科牧草与木薯渣发酵饲料配比饲喂鹅试验初报[J]. 中国草食动物, 2011, 31(6): 33-36.
- [16] 颜淑婉, 张运茂, 上官舟建. 木薯渣袋栽黑木耳的应用试验[J]. 食用菌, 2006, 28(2): 26-27.
- [17] 韦仕岩, 吴国平. 木薯酒精渣栽培平菇、姬菇、茶树菇的试验[J]. 食用菌, 2007, 29(4): 31-32.
- [18] 覃晓娟, 熊建文, 韦仕岩, 等. 木薯酒精渣适栽草菇品种筛选试验[J]. 南方农业学报, 2012, 43(12): 2006-2008.
- [19] 朱忠贵, 蔡立新, 蔡培元. 有机废渣栽培鸡腿菇技术研究初报[J]. 食用菌, 2011(4): 22-23.
- [20] 卓少明, 杨志信. 木薯加工废弃物作为油葵芽苗菜栽培基质试验[J]. 中国资源综合利用, 2011, 29(12): 25-27.
- [21] 樊权, 冼华章. 用木薯皮做基质盆栽观叶植物[J]. 中国花卉园艺, 2012(2): 45-45.
- [22] 覃晓娟, 吴圣进, 韦仕岩, 等. 木薯渣复合基质在辣椒穴盘育苗上的应用效果[J]. 基因组学与应用生物学, 2010, 29(6): 1200-1205.
- [23] 陈加利, 吴金山, 王旭, 等. 经发酵菌处理的木薯皮复配基质对黄瓜幼苗生长和叶绿素含量的影响[J]. 热带农业科学, 2012, 32(1): 15-20.
- [24] 王旭, 李勤奋, 陈艳丽, 等. 3种发酵菌堆制木薯皮基质对黄瓜幼苗生长和光合能力的影响[J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(2): 243-247.
- [25] 洪葵, 刘四新, 雷雄飞, 等. 木薯渣发酵柠檬酸研究初报[J]. 热带作物研究, 1996(1): 23-25.
- [26] 王宇飞, 田小杰, 张钰爽, 等. 木薯发酵制备酒精后剩余残渣的综合利用[J]. 广东化工, 2008, 35(12): 78-81.
- [27] Rattanachomsri U, Tanapongpipat S, Eurwilaichitr L, et al. Simultaneous non-thermal saccharification of cassava pulp by multi-enzyme activity and ethanol fermentation by *Candida tropicalis* [J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2009, 107(5): 488-493.
- [28] 龚信芳, 李平, 梁磊, 等. 木薯渣分批补料酶水解及酒精发酵的研究[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(4): 112-116.
- [29] 项宜娟, 蔡谨, 江凌, 等. 木薯渣的稀酸水解及用于丁酸固定化发酵[J]. 中国科技论文在线, 2010, 5(3): 249-254.
- [30] 浦跃武, 刘坚. 木薯渣厌氧发酵制取沼气的研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(29): 14308-14310.
- [31] 韦栋聪, 邓世恩, 郑雄. 利用木薯废渣制作燃料薪棒的试验研究[J]. 广西科学院学报, 2011, 27(2): 113-116.
- [32] Zong W M, Yu R S, Zhang P, et al. Efficient hydrogen gas production from cassava and food waste by a two-step process of dark fermentation and photo-fermentation [J]. Biomass and Bioenergy, 2009, 33(10): 1458-1463.
- [33] 林莹, 杨有, 辛志平. 利用 Design-Expert 设计优化木薯渣制备羧甲基纤维素钠工艺研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(2): 289-291, 295.
- [34] Hariprasad D, Dash B, Ghosh M K, et al. Leaching of manganese ores using sawdust as a reductant [J]. Minerals Engineering, 2007, 20(14): 1293-1295.
- [35] 文胜, 文衍宣, 廖政达. 响应曲面法优化木薯渣-硫酸浸取软锰矿工艺的研究[J]. 中国锰业, 2012, 30(1): 9-14.
- [36] 钱良玉. 木薯渣可生物降解材料的制备及性能研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2012.
- [37] Barana A C. Avaliacao de tratamento de manipueira em biodigestores fase acidogenica e metanogenica [M]. Botucatu: UNESP/FCA, 2000: 95.
- [38] Gomero O L, Velasquez A H. Manejo ecologico de suelos, experiencias para una agricultura sustentable [M]. Lima: RAAA, 2000.
- [39] Preston T R, Botero R. Low-cost biodigester for production of fuel and fertilizer from manure (Spanish) [M]. California: Manuscrito Inedito CIPAV, 1995: 1-20.
- [40] Ubalua A O. Cassava wastes: treatment options and value addition alternatives [J]. African Journal of Biotechnology, 2007, 6(18): 2065-2073.
- [41] Ghanbary M A T, Lotfi A, Asgharzadeh A, et al. Laboratory stimulation of cellulose degradation by soil *Aspergilli* [J]. American - Eurasian Journal of Environmental Science, 2010, 7(2): 146-148.
- [42] 邹璇, 王德汉, 李淑仪, 等. 木薯渣堆肥及其对难溶性磷的活化试验研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(1): 81-85.
- [43] 吕育财, 王小芬, 朱万斌, 等. 木薯加工废弃物堆肥化中氰化物的降解及腐熟度的研究[J]. 环境科学, 2009, 30(5): 1556-1560.
- [44] 侯宪文, 邓晓, 李光义, 等. 木薯渣堆肥过程中理化性质变化和腐熟度评价[J]. 热带作物学报, 2009, 30(10): 1422-1428.