

玉米秸秆综合利用途径探讨

徐莹莹,刘玉涛,王宇先,杨慧莹,高 盼

(黑龙江省农科院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要:我国一直是玉米生产大国,玉米秸秆产量极为丰富。为充分有效利用秸秆资源,减少对环境的污染,简要介绍了玉米秸秆在农业、畜牧业和工业中的综合利用途径,对现阶段存在的问题和未来发展情况进行了探讨,总结出针对农村不同地区应当采取不同的玉米秸秆利用方式,加强秸秆资源的综合开发利用,以增加经济效益,实现农业可持续发展。

关键词:玉米秸秆;综合利用;利用途径;可持续发展

中图分类号:S513 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)07-0145-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.07.0145

我国是农业大国,农作物秸秆种类多、产量大。据估算,2010年,全国农作物秸秆平均年产量已突破7亿t^[1-3]。其中,玉米秸秆产量约2.3亿t,占秸秆总量的32.9%。玉米秸秆中含有大量碳水化合物以及N、P、K等多种营养元素,具有重要应用价值^[4]。然而一直以来,玉米秸秆利用率较低,通常直接废弃在农田或就地焚烧,不仅造成资源的极大浪费,引起空气污染,而且破坏了土壤结构。因此,采用合理方式,加强玉米秸秆的综合开发利用,在减少环境污染,实现农业可持续发展等方面具有重要意义。

1 玉米秸秆在农、畜牧业中的应用

1.1 秸秆还田

土壤有机质在土壤肥力和农作物营养中起到关键作用,它是农作物营养元素的根本来源,除了调节土壤营养状况外,还影响着土壤多方面生态性状。而土壤利用方式能够显著影响有机质含量^[5-8]。研究结果显示,秸秆还田可增加土壤有机质含量,平均年增量达0.02%~0.04%^[9]。将玉米等作物秸秆施入土壤中,土壤肥力增强,N、P、K含量均有所增加。全国60份定位试验结果表明,与未还田相比,玉米秸秆还田后土壤中的全N可增加0.0014%,速效P平均提高3.76 mg·kg⁻¹,速效K增幅最大,达31.20 mg·kg⁻¹^[9]。这些矿质养分供农作物利用,能够提高作物产量。赵凡

等^[10]采用不同方式进行玉米秸秆还田,测得玉米产量均高于对照,且连续还田2~6a,玉米增产率达2.63%~6.08%^[10]。此外,玉米秸秆分解后产生的腐殖质能有效改良土壤结构,防止土壤板结及水土流失的发生。目前,秸秆还田最常用的两种方式为直接还田和堆肥还田^[11]。

1.1.1 直接还田 玉米秸秆直接还田因操作简便,还田数量多等优点而被广泛应用。据统计,2010年全国玉米秸秆还田量在3899万t左右,其中华北地区还田量最多,还田玉米秸秆量约占总量的31%,长江中下游地区、东北地区分别为18%和11.2%,而青藏高原地区和蒙新地区秸秆还田量最少,不足总量的10%^[4]。尽管玉米秸秆直接还田省时省力,但仍然存在不足:一是玉米秸秆的木质纤维素含量较高,直接还田分解利用率低,增产效益不明显;二是容易抑制下茬作物茎叶的生长发育。这是因为玉米秸秆的C/N值很高(60~100:1),不能满足土壤微生物活动的C/N要求(25:1),为维持正常代谢功能,微生物只能从土壤中获得额外氮源,从而导致土壤有效氮素含量下降。因此玉米秸秆直接还田时,需要添加适宜比例的氮肥来调节C/N值。三是玉米秸秆中携带的寄生虫卵、致病菌等,在秸秆粉碎后仍能继续存活,还田会造成来年玉米病虫害加重。

1.1.2 堆肥还田 堆肥还田是指经人工调控,作物秸秆与动物粪肥在微生物作用下转化成稳定腐殖质,作为有机肥料施加到土壤中。完全腐熟的堆肥产品能够有效增强土壤肥力,提高作物产量^[12]。长期定位试验结果显示,不同秸秆还田方式对玉米产量影响为:堆肥还田>覆盖还田>翻压还田>不还田^[13]。闫治斌等^[14]以玉米秸秆、

收稿日期:2016-06-03

基金项目:公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(201503116-02);现代玉米产业技术体系建设资助项目(CARS-02-02A)

第一作者简介:徐莹莹(1989-),女,黑龙江省齐齐哈尔市人,硕士,研究实习员,从事作物栽培和旱作节水研究。E-mail:ghdetongzhuo@163.com。

牛粪、羊粪为材料进行好氧堆肥,采用田间小区试验方法,将所得堆肥产品施加到土壤中,结果表明:与对照相比,土壤有机质、速效 N、P、K 含量分别增加了 3.86、21.42、7.47 和 42.67 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$;玉米产量、产值、利润分别增加了 2.03、0.51 和 0.32 万元 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 。冯忻等^[15]研究发现,玉米秸秆堆肥还田比直接还田更有利于提高土壤有机质含量,随着堆肥量的增加,有机质增加了 53.16%~97.25%。堆肥还田时,为使玉米秸秆中的更多有机质被土壤所利用,通常在肥堆中加入微生物菌剂,以提高秸秆中纤维素、半纤维素及木质素的分解率。牛俊玲等^[16]在堆肥中加入具有降解纤维素作用的复合菌剂,结果表明:与 CK 相比,该复合菌剂明显加速了纤维素等成分的降解,堆肥结束时纤维素、半纤维素含量分别降低了 7.39%和 43.76%。顾文杰等^[17]研究了菌剂对堆肥温度及有机质含量的影响,发现菌剂堆肥温度更高,对秸秆中的病虫卵杀灭更彻底,且 C、N 含量显著提高。王伟东等^[18]认为接种复合菌剂能够增加堆肥初期某些微生物数量,加快反应进程。综上所述,堆肥还田过程中加入菌剂,不仅加速玉米秸秆中有机质分解,充分消灭病虫卵,而且为更多土壤微生物提供能量,从而促进土壤有机质积累。

1.2 秸秆基质

玉米秸秆中的纤维素、半纤维素和碳水化合物含量很高,可作为栽培食用菌的良好基质。食用菌菌丝在秸秆培养基中分泌多种胞外酶,促进秸秆纤维降解转化成优质蛋白和多糖物质,具有一定营养和药用价值^[19]。近些年,玉米秸秆基质栽培的食用菌主要有平菇、草菇、香菇、双孢菇和鸡腿菇等。以平菇为例,同棉籽皮基质相比,每生产 1 kg 平菇成本可降低 1.2 元;采用玉米秸秆基质栽培新技术,每公顷双孢菇收益达 22.5 万元以上^[20]。此外,栽培完成后玉米秸秆随之腐败,又可作为优质有机肥,其中的有机质含量高达 30%,相当于秸秆和粪肥直接还田的 3 倍。因此,采用秸秆基质栽培食用菌不但满足了玉米秸秆的高效循环利用,并且有利于食用菌产业经济效益的增长。

1.3 秸秆饲料

玉米秸秆是牲畜饲料的重要组成部分,据统计,2000 年以来玉米秸秆总量的 22.6%~27.5% 可用于生产饲料^[21],但由于高纤维低蛋白等特点,直接食用不利于牲畜消化吸收,往往需要进一

步深加工,以提高饲料适口性和营养价值。研究表明经加工的玉米秸秆,消化能可提高到 2.24 $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ ^[22-23],营养成分及含量相当中等水平的牧草。随着秸秆饲料加工新技术的不断涌现,为我国畜牧饲料产业发展开拓了更加广阔的空间。

1.3.1 压块饲料 压块饲料即采用压块加工技术,将玉米秸秆压缩成高密度块状结构,并不改变秸秆固有成分,是一种物理手段。该技术处理后的玉米秸秆占地范围小,易于运输和保藏。但由于秸秆化学组成未发生变化,因而不能够提高饲料的营养含量。此外,压块加工需要专业的压块机,对设备要求较高,进而使生产成本增加,不易于推广。

1.3.2 氨化饲料 氨化处理是加工秸秆饲料最方便、实用的一种化学方法。将玉米秸秆铡成约 2~3 cm 的小段,喷洒适宜比例的氨化剂(碳酸氢铵、氨水),密封条件下经氨化作用 7 d 后开封,氨气全部挥发即可饲用。氨化处理能够提高玉米秸秆粗蛋白含量,降低粗纤维含量,有利于牲畜的消化吸收,促进牲畜进食量及增重速度。中国农业大学等试验研究表明,氨化处理使饲料消化率提高 15%,氨化处理 1 t 秸秆可节省精饲料 300 kg 以上^[24]。然而,氨化过程产生的大量氨气会造成氮损失及环境污染,挥发不完全保留在饲料中还会引起毒害作用。

1.3.3 青贮饲料 玉米秸秆青贮加工是一种生物代谢活动参与的反应过程。将青绿玉米秸秆铡成 1~2 cm 的小段,移入所需容器中,压紧后密闭贮藏。密闭容器中的厌氧环境为乳酸菌的生长代谢提供了优势,玉米秸秆中的淀粉和可溶性糖在乳酸菌的作用下转化成气味酸香的乳酸,而乳酸逐渐累积至临界浓度时,就会抑制其他微生物的生长繁殖,进而保留住青贮饲料中的养分。席兴军等^[25]认为,在乳酸菌和纤维素酶共同作用下,青贮饲料干物质分解率提高 8%,NDF、ADF 含量分别降低了 10%和 7%,饲料品质明显提高。刘桂要等^[26]研究发现,将玉米秸秆青贮后含水量增加了 647~712 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,青贮饲料水分含量均高于 700 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$;CF 含量下降了 66.4~101.8 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,CP 含量增加了 62.9~79.4 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,NDS 含量增加了 94.0~163.7 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,保持了饲料柔嫩多汁的新鲜状态及营养成分,提高饲料适口性,更利于牲畜消化吸收。李旭华^[27]研究结果表明,玉米秸

秆制成青贮饲料后 ME 增加了 13.2%;同直接食用秸秆料相比,育成牛对青贮饲料的采食量和日增重量显著提高。玉米秸秆青贮法工艺简单,散、小农机户和养殖户均可作为实施主体,但也正是由于这些特点,导致青贮量小,技术性差,科技含量低,如没能控制好青贮时间、温度、含水量等环境条件,往往造成饲料腐败变质,不利于牲畜食用,更难以形成产业化。

1.3.4 微贮饲料 微贮饲料加工方法同青贮饲料较为相似,也是一种生物手段。主要区别在于,微贮加工时需要在容器中加入微生物菌种(发酵乳酸菌、发酵乳杆菌等),这些微生物菌种能够依靠代谢活动,使玉米秸秆中的纤维素、半纤维素进一步降解并转化成菌体自身需要的蛋白,从而加速了玉米秸秆转化效率^[28],提高饲料营养价值,更加有利于牲畜增重。胡建宏等^[23]研究结果表明,玉米秸秆微贮后喂牛,每头牛平均日增重达 1.19 kg,比 CK 组提高了 30.81%;每增重 1 kg 可减少精饲料喂养量 0.93 kg,降低成本 0.59 元。微贮加工技术所需设备简单,反应过程安全无污染,促进农民增收的同时,也为解决饲料紧缺问题提供了基础,必将为今后玉米秸秆饲料的生产带来更大前景。

2 玉米秸秆在工业中的应用

2.1 秸秆能源

根据资料显示,2009 年中国秸秆理论量超过 7 亿 t(玉米秸秆量最多,约 2.69 亿 t),除去用于还田、食用菌栽培、饲料加工等应用外,可用于能源化的秸秆量约 1.5 亿 t^[29]。随着经济技术的不断发展和对能源需求的日益增加,实现秸秆资源的能源化利用必然具有重要意义。

2.1.1 秸秆气化 秸秆气化技术是目前利用较广的一种生物质处理手段,能够将秸秆中的高分子聚合物经热解和还原反应,转化成 H_2 、 CO_2 和 CH_4 ,通过管道输送供直接燃烧利用。目前,该项技术已在我国农村多地区(尤其是玉米主产区)得到大力推广,为农村生活能源建设提供了有效途径。秸秆气化的另一主要用途是工业发电,平均每吨秸秆能发 800 度电,使秸秆利用效率大幅提高,且燃气清洁,焦油含量低,基本无二次污染,在一些大中型企业得到快速发展,成为秸秆能源化利用的主要方式之一。但由于设备要求高,工艺复杂,要想实现大规模发电必须依靠国家政府的财政支持,因此秸秆液化只适合小规模发电项目,

难以大规模应用。

2.1.2 秸秆液化 玉米秸秆液化是在氧不足环境下将玉米秸秆迅速加热,使其内部大分子迅速裂解得到液体生物油,生物油经精炼提纯后还可作为汽车燃料使用。实验表明,利用秸秆液化制备生物油收率在 50%~70%,热值约 $18 MJ \cdot kg^{-1}$,相当于柴油热值的 $2/5$ ^[30]。Putun 等^[31]研究显示,秸秆经液化处理后,生物油最大产率为 30.23%。要想广泛利用生物油,就要对液化反应原理、反应过程以及生物油特性进行更深入的研究。尽管目前该项技术还处于实验室研究阶,在我国尚未普及,但从长远来看,秸秆液化技术能够解决能源紧缺问题,未来前景相当可观。

2.1.3 燃料乙醇 乙醇燃烧产物为 H_2O 和 CO_2 ,作为一种污染小、产热高的清洁燃料,在工业各领域具有广泛应用。据研究统计,每 4 t 秸秆(玉米、麦草秸秆)可制备 1 t 燃料乙醇,产热量为 $47\ 250 MJ$ ^[30],玉米秸秆制备乙醇过程主要分为三个阶段:预处理。玉米秸秆中的纤维素、半纤维素同木质素分离;第二阶段:水解。在酸或酶的水解作用下,纤维物质分解成可发酵性单糖;第三阶段:发酵、蒸馏。可发酵性单糖经发酵和蒸馏形成乙醇。前两个阶段是制备乙醇的关键环节,因此对影响分离和水解的主要因素进行深入研究十分必要。李阳等^[32]发现,以 $1 mmol \cdot g^{-1}$ 硫酸(98%)作催化剂,当液化温度为 $100\ ^\circ C$,持续 90 min,固液(玉米秸秆:苯酚)比 3:1 时,可将纤维物质最大程度分离,纤维素含量提高了 32.0%,木质素含量降低了 15.6%,有利于后续水解过程。赵岩^[33]研究表明,在 $384\ ^\circ C$ 的超临界条件下,玉米秸秆反应 17 s 的水解产物于 $280\ ^\circ C$ 继续反应 27 s,能获得占可水解组分 66.7%的可发酵性单糖,提高了木质纤维素的降解率及水解产糖率。农户将秸秆出售给企业,每 t 秸秆预计利润约 250 元,加上政府补贴 $550\ 元 \cdot t^{-1}$,收益在 $800\ 元 \cdot t^{-1}$ 左右。而企业生产每吨乙醇也能够得到 2 200 元的国家补贴^[34]。由此看来,以玉米秸秆为原料制备乙醇,不仅有益于提高农民收入,而且能够降低生产成本,缓解不可再生燃料(石油)的压力,从根本上解决资源浪费和环境问题,保证生态环境和社会经济共同发展。

2.2 秸秆造纸

玉米秸秆富含纤维素、半纤维素及木质素,是工业造纸材料的良好来源。其中,玉米秸皮中的

纤维素和半纤维素含量较高,木质素含量较低,有利于提高制浆率和纸张强度。工业造纸对玉米秸秆的应用多数是利用秸皮部分,尤其皮、糠分离设备的出现,为玉米秸秆广泛应用于造纸业提供了保障^[35]。然而,从资源开发和经济效益方面来看,造纸仅依靠玉米秸皮并不能满足要求。因此,玉米秸糠的加工利用具有重要价值。目前,我国对玉米秸糠应用于造纸业的技术研究还尚未成熟,但已有研究发现^[36],经过处理的玉米秸糠与烧碱-蒽醌法制得的玉米秸皮浆混合后造纸,抗张指数、耐破指数分别增加了 121.2% 和 113.4%,纸张质量较原浆明显提高。这为玉米秸糠的加工利用提供了理论和实践基础,使玉米秸秆在造纸业具有巨大潜力。利用玉米秸秆代替树木作为纸浆原料,能够有效减少对生态环境的破坏。随着秸糠处理设备和技术的逐步完善,秸秆废弃物必将为造纸工业带来可观的经济效益,更为农业资源的循环利用带来积极影响。

3 结语

近年来,随着国家政府积极引导及惠民政策的实施,农民提高了合理利用秸秆意识,在田地里直接焚烧玉米秸秆现象有所减少,并逐渐认识到这一宝贵资源的重要性。而针对农村不同地区,应该采取不同利用途径。对于玉米产量大,秸秆资源丰富,生态环境适宜,机械化程度高的地区(东北、华北地区),应当推广综合利用手段,包括:秸秆堆肥还田、饲料加工、制备生物油和乙醇、工业造纸等;对于玉米秸秆资源一般,机械程度较高地区(西南、华南、长江中下游地区),着重推广秸秆堆肥还田、饲料加工、气化产燃气、发电等;对于玉米秸秆资源较少,设备条件较差地区(青藏高原地区、新疆地区),重点放在秸秆直接还田,栽培食用菌,气化产沼气等小型项目上。

参考文献:

- [1] 刘禹池,冯文强,秦鱼生,等.长期秸秆还田与施肥对成都平原稻-麦轮作下作物产量和土壤肥力的影响[J].西南农业学报,2015,28(1):240-247.
- [2] 檀勤良,邓艳明,张兴平,等.农业秸秆综合利用中农户意愿和行为研究[J].兰州大学学报:社会科学版,2014,42(5):105-111.
- [3] Wang Yajing, Bi Yuyun, Gao Chunyu. The assessment and utilization of straw resources in China[J]. Agricultural Sciences in China, 2010, 9(12):1807-1815.
- [4] 吕开宇,仇焕广,白军飞,等.中国玉米秸秆直接还田的现状与发展[J].中国人口·资源与环境,2013,23(3):171-176.
- [5] 黄鸿翔.我国土壤资源现状、问题及对策[J].土壤肥料,2005(1):3-6.
- [6] 潘根兴,赵其国.我国农田土壤碳库演变研究:全球变化和国家粮食安全[J].地球科学进展,2005,20(4):384-393.
- [7] 潘剑玲,代万安,尚占环,等.秸秆还田对土壤有机质和氮素有效性影响及机制研究进展[J].中国生态农业学报,2013,5(21):526-535.
- [8] Song G H, Li L Q, Pan G X, et al. Topsoil organic carbon storage of China and its loss by cultivation[J]. Biogeochemistry, 2005, 74(1):47-62.
- [9] 慕平,张恩和,王汉宁,等.不同年限全量玉米秸秆还田对玉米生长发育及土壤理化性状的影响[J].中国生态农业学报,2012,20(3):291-296.
- [10] 赵凡,何秀云,沈玉梅,等.玉米秸秆还田保护性耕作对产量及土壤理化性状影响的灰色关联分析[J].干旱地区农业研究,2011,29(4):208-213,218.
- [11] 刘宇,史同瑞,朱丹丹,等.玉米秸秆利用现状及其生物发酵技术研究进展[J].中国畜牧杂志,2014,50(6):61-64.
- [12] 田阳,杨凤林,柳丽芬,等.堆肥技术处理有机污染土壤的研究进展[J].环境污染治理技术与设备,2002,3(12):31-37.
- [13] 萨如拉.玉米秸秆低温降解复合菌系的筛选[J].中国农业科学,2013,46(19):4082-4090.
- [14] 闫治斌,秦嘉海,张红菊,等.固体废弃物堆肥还田对制种玉米田理化性质和玉米产量及经济效益的影响[J].土壤通报,2011,42(6):1314-1318.
- [15] 冯析,袁静,解玉红.玉米秸秆不同还田方式对土壤肥力及小麦生长的影响[J].天津理工大学学报,2016,32(1):53-57.
- [16] 牛俊玲,郑斌国.接种复合菌系对堆肥中微生物区系和物质变化的影响[J].安徽农业科学,2010,38(14):7484-7487.
- [17] 顾文杰,张发宝,徐培智,等.接种菌剂对堆肥微生物数量和酶活性的影响[J].农业环境科学学报,2009,28(8):1718-1722.
- [18] 王伟东,王小芬.接种木质纤维素分解复合菌系对堆肥发酵进程的影响[J].农业工程学报,2008,24(7):193-198.
- [19] 石建森,武旭,李青,等.玉米秸秆基质压缩块栽培双孢菇[J].山西农业科学,2012,40(10):1064-1066.
- [20] 梁枝荣,张清文,周志强,等.应用玉米秸秆栽培双孢蘑菇新技术[J].微生物学通报,2000,27(6):443-446.
- [21] 张晓谦.一种新型秸秆饲料的制备[D].长春:吉林农业大学,2014.
- [22] 侯方安.玉米秸秆饲料加工十大技术[J].农机推广与安全,2006(7):26-27.
- [23] 胡建宏,李青旺,贾志宽.新型秸秆微贮饲料育肥牛的效果研究[J].草食家畜,2001(4):39-41,43.
- [24] 王宏立,张祖立,白晓虎.秸秆饲料资源开发利用的研究进展[J].沈阳农业大学学报,2003,34(3):228-231.
- [25] 席兴军,韩鲁佳,原慎一郎,等.添加乳酸菌和纤维素酶对玉米秸秆青贮饲料品质的影响[J].中国农业大学学报,2003,8(2):21-24.

寒地有机水稻栽培技术探讨

金光浩,杜晓东,蔡永盛

(黑龙江省农业科学院 佳木斯水稻研究所,黑龙江 佳木斯 154026)

摘要:作为寒地水稻的黑龙江稻作区,有天然发展有机水稻的优势,即土质肥沃;病虫害相对较轻,易于无农药操作。为推动黑龙江省有机水稻产业化发展,在国家规定的有机农业技术规程基础上,具体提出有机水稻实施方法,包括机械整地灭草,深水淹草,生物除草;大苗壮苗防虫防病,多种物理防虫方法,生物防虫防病;以及使用各类生物与有机肥料替代化学肥料。为此,提出黑龙江有机水稻栽培技术体系,以保证有机稻质量标准的实现。

关键词:有机水稻;大苗栽培;除草;施肥;防治病虫害

中图分类号:S511 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)07-0149-03 **DOI:**10.11942/j.issn1002-2767.2016.07.0149

国家对有机食品生产技术的原则性规定:(1)

在现有耕作的土地上三年内执行有机食品的操作,完成土地的转换;(2)有机食品生产杜绝施用任何化学肥料,可以使用有机肥料;(3)杜绝使用各类化学制剂的农药,包括除草剂、杀虫剂、杀菌剂,可选择非化学产品的生物制剂;(4)在整个生

收稿日期:2016-05-25

第一作者简介:金光浩(1957-),男,黑龙江省饶河县人,农艺师,从事水稻高产优质栽培研究。E-mail:13845459342@163.com。

[26] 刘桂要,杨云贵,曹社会,等. 玉米秸秆和4种玉米青贮饲料的营养差异性分析[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2009,34(4):76-80,85.

[27] 李旭华. 稻草与玉米秸秆或象草混合青贮及其对奶牛饲用价值研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2007.

[28] 韩明鹏,高永革,王成章,等. 玉米秸秆发酵饲料的研究进展[J]. 江苏农业科学,2010(2):242-245.

[29] 蔡亚庆,仇焕广,徐志刚. 中国各区域秸秆资源可能资源化利用的潜力分析[J]. 自然资源学报,2011,10(26):1637-1646.

[30] 李绍庆. 生物柴油亟待破题[N]. 济南时报,2008-08-08(A11).

[31] Putun A E, Apaydm E, Putun E. Rice-straw as a bio-oil source via pyrolysis and steam pyrolysis[J]. Energy,2004,29(12-15):2171-2180.

[32] 李阳,孙岩峰,张玉苍,等. 玉米秸秆制乙醇预处理新工艺—“液化技术”[J]. 食品科技,2009,34(9):123-127.

[33] 赵岩. 秸秆制乙醇的超临界亚临界组合预处理与水解研究[D]. 北京:清华大学,2009.

[34] 董宇,马晶,张涛,等. 秸秆利用途径的分析比较[J]. 中国农学通报,2010,26(19):327-332.

[35] 陈洪雷. 玉米秸秆废弃物在制浆造纸领域中的应用[D]. 济南:山东轻工业学院,2008.

[36] 陈洪雷,王岱. 玉米秸秆在制浆造纸工业中的应用研究[J]. 华东纸业,2009(5):15-18.

Introduction and Discussion on the Comprehensive Utilization of Maize Straw

XU Ying-ying, LIU Yu-tao, WANG Yu-xian, YANG Hui-ying, GAO Pan

(Qiqihar Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar, Heilongjiang 161006)

Abstract: China has been the major country of corn production, and rich in maize straw resources. However, the utilization rate of straw is low in most areas of China at present, a large number of maize straw have been abandoned in the field or direct incineration. It not only pollutes the environment, but also causes a great waste of resources. To solve these problems, the comprehensive utilization of maize straw in agriculture, animal husbandry and industry was briefly introduced. The existing problems at present and prospects for development were also discussed. It was summarized that for diverse rural areas, different utilization approaches of maize straw should be adopted which could strengthen the comprehensive utilization of straw resources, increase economic benefits and realize the sustainable development of agriculture.

Keywords: corn straw; comprehensive utilization; utilization approach; sustainable development