

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2016.03.025

农业废弃物秸秆成型试验研究

徐明¹, 凌娟², 杨学兵¹, 杨凌¹, 莫开林¹

(1. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081; 2. 四川省环境保护对外交流合作中心, 四川 成都 610000)

摘要:以四川盛产的玉米秸秆、稻草秸秆、油菜为原料,采用环模生物质秸秆成型机,对秸秆含水率、秸秆种类等对成型密度影响因素进行了研究。结果发现,原料含水率在18%~22%时成型效果最佳,成型密度接近或大于 $1.05\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。稻草秸秆:玉米秸秆:油菜秸秆比例为2:2:1时,成型效果好,且不易堵塞成型机。在室温条件下放置两周后,成型秸秆变形小。

关键词:秸秆;混合;成型

中图分类号:S784.58 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-5508(2016)03-0119-03

An Experimental Study of the Formation of Agricultural Waste Straw

XU Ming¹ JING Juan² YANG Xue-bing¹ YANG Ling¹ MO Kai-lin¹

(1. Forestry Science Research Institute of Sichuan Province, Chengdu 610081, Sichuan;
2. Foreign Cooperation Centre of Sichuan Environmental Protection, Chengdu 610000, Sichuan)

Abstract: By using the corn straw, straw and rape produced in Sichuan as raw materials, studies were made of the molding density influence factors of the water content and the type of the straw. It was found that when the water content of raw materials was 18%~22%, the molding effect was the best, and the molding density was close to or greater than $1.05\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. The ratio of straw:corn straw:rape straw was 2:2:1, and the molding effect was good, and not easy to plug the forming machine. After 2 weeks at the room temperature, the transformation of the molding straw was small.

Key words: Straw, Mixing, Molding

农业废弃物秸秆是一种很好的可再利用物质, 从古至今, 被广泛利用, 可归纳为“五料”, 即燃料、饲料、肥料、基料、原材料。但目前就全国来说, 秸秆仍主要用于燃料, 仍然以直接燃烧为主, 烟熏火燎, 不卫生, 这种处理方式占全国秸秆产量的50%以上。随着生活水平的提高, 家用电器、煤气使用日益广泛, 农村采用秸秆作生活燃料的需求越来越小, 特别是近年来各地为了保证空气质量, 秸秆禁烧管理越来越严格, 农作物秸秆的处置越来越成为一个较大的难题^[6,7]。

虽然近年出现的秸秆气化技术以及生物发酵技术, 通过可燃气作燃料是秸秆作燃料的一种新处理方法, 但应用很少。秸秆还应用于饲料、食用菌基

料、造纸、生物降解材料等等方面, 但消耗量少, 大量的秸秆仍被直接焚烧, 影响了生态环境^[9]。

由于农作物秸秆大量分散在田间地头、质量轻、体积大、密度低、收储季节性强, 收集、储存和运输的成本高, 制约着其规模化工业利用, 也影响了秸秆综合利用。因此本试验对秸秆进行成型研究, 以促进秸秆的综合利用。

1 试验材料和方法

1.1 试验原料准备

试验材料秸秆是从成都市郫县、大邑县等地农村田间直接收集本年度成熟玉米秸秆、水稻秸秆、油

收稿日期:2016-01-29

基金项目:四川省科技厅科技支撑项目(2014NZ0121)。

作者简介:徐明(1970-), 学士, 高级工程师, 主要从事林产品综合加工利用研究。

菜秸秆。将收集的玉米、油菜、稻草等秸秆原料,经自然晾晒干后,分别截断破碎成长度小于2 cm的原料,分别堆放,并将颗粒和粉末混合备用。

试验前将原料从仓库取出分组晾晒或用烤箱烘干,使含水率分别控制在25%、20%、15%和8%,用塑料袋分装,密封待用。

1.2 主要试验设备

成型设备为四川耀农机电设备有限公司生产的9HJC-150秸秆环模成型机,秸秆切碎机为四川耀农机电设备有限公司生产的9Q-95秸秆切碎机,其余设备为电热鼓风机干燥箱、游标卡尺、秒表、台称、瑞士梅特勒-托利多公司生产的PL2002型电子天平等。

1.3 成型机理及试验方法

植物细胞中含有纤维素、半纤维素,还有木质素^[6]。秸秆中木质素含量为14%~25%。木质素是具有芳香族特性的结构单体为苯丙烷型的立体结构高分子化合物,在植物细胞中,有增强细胞壁、粘合纤维的作用。木质素属于非晶体,在常温下,其主要部分不溶于任何溶剂,也没有熔点,但有软化点,当温度达到70℃~110℃时,粘结力增加,在200℃~300℃的高温条件下,木质素将会软化、液化,此时加以一定的压力使其与纤维素紧密粘结,内部相邻生物质颗粒相互胶合,外部析出焦油或焦化,冷却后即可成型而不会散开。由于秸秆中木质素的这种特性,秸秆的热压成型可不需任何添加剂或粘结剂,不仅降低生产成本,还由于高温下析出物的润滑作用而减小了成型所需压力,从而使能耗大大降低^[2~4]。

环模旋转秸秆成型机的工作原理是:秸秆铡切后通过螺旋进料机进入进料腔,在环模的转动作用下,进入压辊与环模内径之间的楔形空间,然后被压辊压入成型腔挤压成型。当成型块被压出环模外径

达到一定的长度后,被甩断或与机壳的撞块碰撞断裂排出机外^[1,4]。采用不同原料单独或混合成型,成型物料立即用游标卡尺测量其宽度和厚度,然后将其在室温条件下裸露放置两周(室内相对湿度为60%~70%,室内环境温度15℃~25℃),再测量1次(松弛密度);取含水率不同的成型样本分别测量,然后取其平均值,随后对成型秸秆进行物理指标试验。

2 结果与讨论

2.1 原料水分控制

2.1.1 原料含水量计算公式

$$\text{含水率 } m; \text{ 同} = \frac{G_0 - G}{G_0} \times 100\%$$

其中: G_0 ——烘前重量(g);

G ——烘到绝干重量(g)。

2.1.2 原料加水量计算公式

$$\text{加水量 } W; W = G_1 \frac{m_2 - m_1}{100 - m_2}$$

其中: G_1 ——加水前物料重量(kg);

m_1 ——加水前含水率(无百分号,以下 m_2 相同)。

m_2 ——加水后含水率。

2.2 含水率对成型效果的影响

在成型设备已确定的情况下,成型机的压力和成型温度已确定,原料含水率会对其成型密度产生影响。成型块推出压模后含水率会发生变化,随着放置时间的延长而趋于相近。当成型块从成型机推出后,立即用游标卡尺测量其体积,同时称其质量(成型密度),然后在室温下裸露室内放置两周,待其体积、质量基本稳定后再测量其体积和质量(松弛密度)。含水率影响如表1。

表1 含水率对成型密度的影响

含水率 /%	玉米秸秆		油菜秸秆		稻草秸秆	
	成型密度 (g·cm ⁻³)	松弛密度 (g·cm ⁻³)	成型密度 (g·cm ⁻³)	松弛密度 (g·cm ⁻³)	成型密度 (g·cm ⁻³)	松弛密度 (g·cm ⁻³)
8	0.42	0.26	0.19	0.17	0.37	0.24
15	0.83	0.67	0.22	0.19	0.79	0.58
20	1.06	1.03	0.35	0.33	1.12	1.09
25	0.91	0.82	0.28	0.23	0.97	0.86
30	0.75	0.34	0.26	0.21	0.77	0.41

由表1可知,松弛密度及密度变化率受含水率的影响变化很明显。一般认为,松弛密度大于或接

近1 g·cm⁻³的成型燃料无论对于燃烧、储存、运输都是比较理想的^[2,3]。当含水率大约为20%时,成

型密度最大,密度变化率最小,原料的含水率为18%~22%时均可得到较理想的成型密度。含水率过高成型块含水量高,成型密度低,放置后变松散;含水率过低,不易成型,动力消耗大,且在物料挤压过程中,易发热冒烟,有一定安全隐患。

2.3 单一原料成型试验研究

2.3.1 玉米秸秆成型试验

经过对玉米秸秆(带叶)进行水分测试,平均水分在18%左右(水分测试表见表2),可以直接进行成型试验。

表2 玉米秸秆(带叶)成分测试表

序号	水分(%)
1	17.31
2	19.86
3	18.39
平均值	18.52

成型后对玉米秸秆块进行气干密度测试,测试结果见表3。

表3 玉米秸秆压块气干密度测定表

序号	密度($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
1	1.20
2	1.21
3	1.20
平均值	1.20

2.3.2 油菜秸秆成型试验

经过对油菜秸秆进行水分测试,平均水分在19%左右(水分测试表见表4),可以直接进行成型试验。

表4 油菜秸秆成份测试表

序号	水分(%)
1	18.27
2	19.19
3	18.80
平均值	18.75

成型后对油菜秸秆块进行气干密度测试,测试结果见表5。

表5 油菜秸秆压块气干密度测定表

序号	密度($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
1	0.33
2	0.36
3	0.31
平均值	0.33

2.3.3 稻草秸秆成型试验

经过对稻草秸秆进行水分测试,平均水分在

21%左右(水分测试表见表6),可以直接进行成型试验。

表6 稻草秸秆成分测试表

序号	水分(%)
1	21.31
2	20.18
3	22.16
平均值	21.22

成型后对稻草秸秆块进行气干密度测试,测试结果见表7。

表7 稻草秸秆压块气干密度测定表

序号	密度($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
1	1.03
2	0.98
3	1.02
平均值	1.01

根据以上测试显示,经晾晒后原料水分在成型设备能适应的范围内,不需要再增添烘干设施;油菜秸秆成型效果较玉米秸秆和稻草秸秆差,初步估计为油菜秸秆较硬,淀粉含量低的原因导致。因而,要得到较好的成型效果,需要尽量使用混合原料进行成型。由于稻草秸秆成型效果和玉米秸秆成型效果差不多,我们直接选择了将稻草秸秆、玉米秸秆、油菜秸秆进行多原料混合试验研究。

2.4 多种原料成型试验研究

2.4.1 成型比例的确定

项目组按稻草秸秆:玉米秸秆:油菜秸秆比例为1:1:1、1:2:1、2:1:1、2:2:1、3:3:1等比例进行混合成型试验,测试气干密度数据见表8。

表8 不同比例秸秆混合后气干密度测试数据表

序号	混合比例	密度($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	平均值($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
1	1:1:1	0.51	0.50
2	1:1:1	0.46	
3	1:1:1	0.53	
4	1:2:1	0.82	0.87
5	1:2:1	0.86	
6	1:2:1	0.94	
7	2:1:1	0.87	0.90
8	2:1:1	0.93	
9	2:1:1	0.89	
10	2:2:1	1.16	1.18
11	2:2:1	1.20	
12	2:2:1	1.18	
13	3:3:1	1.21	1.21
14	3:3:1	1.20	
15	3:3:1	1.21	

(下转第30页)

- 恢复研究[J]. 世界科技研究与发展, 2000, (1): 36~38.
- [2] 何飞, 刘兴良, 慕长龙, 等. 杂谷脑河干旱河谷区灌丛植被种-面积与坡向及海拔梯度的相关性研究[J]. 四川林业科技, 2006, 27(1): 31~34.
- [3] 何飞, 慕长龙, 潘攀, 等. 岷江上游杂谷脑河干旱河谷植被特性研究[J]. 成都大学学报(自然科学版), 2005, 24(4): 258~261.
- [4] 杨钦周. 岷江上游干旱河谷灌丛研究[J]. 山地学报, 2007, 25(1): 1~32.
- [5] 潘攀, 慕长龙, 牟菊英, 等. 杂谷脑河流域河谷区植被及其生物多样性[J]. 东北林业大学学报, 2005, 33(5): 55~58.
- [6] 严代碧, 岳永杰, 郑绍伟, 等. 岷江上游干旱河谷区土壤水分含量及其动态[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2006, 30(4): 64~68.
- [7] 游传兵. 岷江上游山地森林-干旱河谷交错带植被与土壤水分分布格局研究[M]. 四川农业大学, 2008.
- [8] 王春明. 岷江上游干旱河谷土壤肥力的垂直变化[M]. 西南农业大学, 2001.
- [9] 黎燕琼, 郑绍伟, 刘向东, 等. 岷江上游干旱河谷区臭椿抗旱性季节动态变化研究[J]. 四川林业科技, 28, 29(1): 16~9.
- [10] 黎燕琼. 岷江上游干旱河谷区几种木本植物的抗旱性研究[M]. 四川农业大学, 2006.

(上接第121页)

通过对不比例的秸秆混合压块成型比较, 当稻草秸秆: 玉米秸秆: 油菜秸秆比例为 2: 2: 1 时, 即油菜秸秆占原料比例约 20% 时, 成型效果好, 且不易堵塞, 因此选择混合比例为 2: 2: 1 开展成型试验。

3 结论与建议

(1) 所采用的成型设备适应秸秆长度小于 5 cm 都可成型, 少量长于 5 cm 的秸秆混合后也可以压缩成型。切割破碎过程中产生的细小颗粒可混合在物料中一起挤压成型, 添加了粉末的物料成型效果更佳, 后期可考虑添加木屑作为原料。拓宽生产原料范围。

(2) 压缩后块状大, 最大达到 47 mm × 32 mm × 98 mm, 大部分在 47 mm × 32 mm × 50 mm ~ 65 mm 左右, 压缩后密度可达到 1.2 g · cm⁻³。秸秆经压缩成大块状的成型块可作为生物质燃料, 燃烧时间

显著延长, 可以有效降低储存、运输费用。

参考文献:

- [1] 余满江, 姚金霞. 环模旋转秸秆成型机的结构设计与试验研究[J]. 四川农机, 2010(3): 38~42.
- [2] 袁艳文, 赵立欣, 孟海波, 等. 玉米秸秆颗粒燃料抗结渣剂效果的比较[J]. 农业工程学报, 2010, 26(11): 251~255.
- [3] 田宜水, 徐亚云, 侯书林, 等. 储存方式对生物质燃料玉米秸秆储存特性的影响[J]. 农业工程学报, 2015, 31(9): 223~228.
- [4] 沈威. 生物质燃料成型设备关键技术研究[D]. 合肥工业大学.
- [5] 樊峰鸣, 张百良, 李保谦, 等. 大粒径生物质成型燃料物理特性的研究[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(2): 398~402.
- [6] 赵蒙蒙, 姜曼, 周祚万. 几种农作物秸秆的成分分析[J]. 材料导报, 2011, 25(8): 122~125.
- [7] 何勇, 黄波, 张体刚, 等. 秸秆综合利用存在的问题及对策[J]. 四川农业科技, 2013, 5: 6~7.
- [8] 刘力, 郭建忠, 卢凤珠. 几种农林植物秸秆与废弃物的化学成分及灰分特性[J]. 浙江林学院学报, 2006, 23(4): 388~392.
- [9] 田宜水, 赵立欣, 孟海波, 等. 欧盟固体生物质燃料标准技术进展[J]. 再生资源, 2007, 25(4): 61~64.