

陈 贵,赵国华,汤银根,等. 不同动物粪便炭化特性比较[J]. 江苏农业科学,2016,44(11):485-487.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.11.139

不同动物粪便炭化特性比较

陈 贵¹,赵国华²,汤银根³,张红梅¹,沈亚强¹,程旺大¹,费洪标⁴

(1. 嘉兴市农业科学研究院,浙江嘉兴 314016; 2. 嘉兴学院生物与化学工程学院,浙江嘉兴 314001;

3. 桐乡市银海兔业专业合作社,浙江桐乡 314500; 4. 桐乡市石门镇农业经济服务中心,浙江桐乡 314512)

摘要:明确动物粪便炭化后物料特性有利于促进农业废弃物多元化利用模式发展。以水稻秸秆(稻秆)为对照物料,初步探讨动物粪便(羊粪、牛粪、兔粪、猪粪)在炭化温度为 300、600 ℃,炭化时间为 3、5 h 条件下物料的生物炭产率、碳含量、氮含量、pH 值以及碳氮比(C/N)。结果表明:羊粪、牛粪、兔粪、猪粪的生物炭产率明显低于稻秆,随着炭化温度提高,各物料生物炭产率下降,在 300、600 ℃ 分别降低 2.64%~9.34%、4.33%~14.7%,且动物粪便生物炭产率的下降比例大于稻秆;同时,提高炭化温度有利于提高动物粪便炭化物料的碳含量、pH 值和碳氮比,但物料氮含量降低;对生物炭产率影响不大,能够降低动物粪便物料碳含量,但从整体来看,对氮含量、碳氮比影响不大;改变炭化温度、炭化时间时,羊粪碳氮含量变化幅度最大,pH 值变化则最小,而兔粪则正好相反,牛粪、猪粪则介于羊粪、兔粪之间。由结果可知,不同动物粪便特性(碳氮含量、pH 值和碳氮比)对炭化温度和时间响应存在一定差异。

关键词:动物粪便;炭化;生物炭产率;碳氮含量;碳氮比

中图分类号: X713;S879.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)11-0485-03

农业废弃物资源化利用是发展生态循环农业和促进低碳环保的关键举措。畜牧业的集约化和规模化发展必然产生大量动物粪便,且产出量往往超过当地土壤的消纳容量,如果不能及时有效处理,必将对环境造成极大危害^[1-2]。目前,动物粪便的主要处理方式是经过发酵后制成有机肥料用于作物生长和增加土壤养分^[3-4]。另外,动物粪便亦可作为培养蝇蛆、养殖蚯蚓的饲料,作为栽培食用菌的培养料以及用于治疗疾病的中药材^[5-6]。然而,由于我国当前所制定畜禽饲料添加剂的质量标准不够严格,且管理较为松懈,致使很多养殖户和养殖厂在饲料添加剂中大量使用铜、铁、锌、锰、铅、硒、碘、砷等中微量元素。据报道,仔猪和生猪饲料中添加的硫酸铜可达 100~250 mg/kg,添加的锌含量更是高达 2 000~3 000 mg/kg^[7]。另外,动物饲料中添加过量抗生素类药物也成为全社会关注的焦点^[8-9]。因此,探索动物粪便的多元化利用途径必将成为当前和今后科研工作的重点。本研究以主要农业废弃物稻秆为参照物料,对羊粪、牛粪、兔粪、猪粪在不同温度、时间下厌氧热解炭化产物的特性进行初步研究,以期进一步拓展动物粪便的资源化利用途径。

1 材料与方法

1.1 试验设计

采集新鲜羊粪、牛粪、兔粪、猪粪和稻秆作为试验材料,经

收稿日期:2015-09-06

基金项目:浙江省嘉兴市科技计划(编号:2014AZ21005);浙江省嘉兴市科技局重点项目(编号:市 2011AZ1018)。

作者简介:陈 贵(1982—),男,山西运城人,硕士,农艺师,主要从事生态农业研究。E-mail:chenzhao2004@163.com。

通信作者:程旺大,博士,研究员,从事生态农业研究,E-mail:chwd228@yeah.net;费洪标,高级农艺师,从事农业科技农村推广工作,E-mail:1534744201@qq.com。

自然脱水风干后,放入坩埚中,加盖,然而放入马弗炉中进行物料炭化处理^[10],炭化温度为 300、600 ℃,炭化时间为 3、5 h。每种物料共 4 个处理,每个处理重复 4 次。炭化后将物料粉碎用于测定分析。

1.2 测定项目与方法

称量炭化前后物料质量用于计算生物炭产率;生物炭 pH 值的测定:称取 0.2 g 左右生磨细后的生物炭粉末,加入 7 mL 0.01 mol/L CaCl₂ 溶液,振荡 2 min,静置 30 min 后,用 pH 计测定溶液 pH 值;生物炭碳含量的测定:采用重铬酸钾外加热法测定;生物炭氮含量的测定:采用浓 H₂SO₄ 和混合催化剂消煮,凯氏定氮法测定。

1.3 统计与分析

数据采用 SAS 数据软件包进行统计分析,并用 LSD 法对处理间进行差异显著多重比较。采用 SigmaPlot 进行图形制作。

2 结果与分析

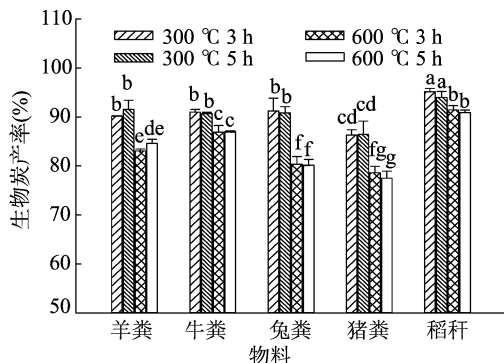
2.1 不同炭化温度和时间对物料生物炭产率的影响

由图 1 可见,在同一温度和时间条件下,羊粪、牛粪、兔粪和猪粪物料炭化后生物炭产率均显著低于稻秆。其中在 300 ℃、3 h 炭化处理下,动物粪便生物炭产率比稻秆低 4.14%~9.34%,300 ℃炭化 5 h 时降低 2.64%~8.08%;在 600 ℃、3 h 炭化处理下,降低 4.97%~14.0%,600 ℃炭化 5 h 时降低 4.33%~14.7%。这表明与农业废弃物稻秆相比,随着炭化温度增加,动物粪便的生物炭产率降低。当处理温度从 300 ℃升至 600 ℃时,所有供试物料的生物炭产率均明显降低,其中降幅最小的是稻秆,为 2.71%~4.46%,最大是兔粪,为 11.5%~12.1%。同一温度下不同处理时间,各物料的生物炭产率均无明显差异。

4 种动物粪便炭化处理中,猪粪在同一温度、时间处理下

的生物炭产率整体上显著低于羊粪、牛粪、兔粪。其中,在 300 ℃、3 h 炭化处理下,与羊粪、牛粪、兔粪相比分别低 4.30%、5.17%、5.42%;在 300 ℃、5 h 炭化处理下,分别低 5.59%、4.70%、0.48%;在 600 ℃、3 h 炭化处理下,分别低 5.36%、9.55%、2.17%;在 600 ℃、5 h 炭化处理下,分别低 8.40%、10.9%、3.29%。羊粪、牛粪、兔粪在 300 ℃、3 h, 300 ℃、5 h 处理下的生物炭产率基本一致。当炭化温度为 600 ℃,不同物料炭化生物炭产率排序为牛粪 > 羊粪 > 兔粪 > 猪粪(图 1)。

另外,本研究中实际也设置 200、900 ℃ 的炭化温度,但在 200 ℃ 时,物料基本未炭化,而在 900 ℃ 时,物料则基本呈灰化状态。可见温度过高或过低时,炭化过程均受到抑制。



图中不同小写字母代表各处理间在 0.05 水平差异显著。下图同
图1 不同炭化温度和时间对物料生物炭产率

2.2 不同炭化温度和时间对炭化物料碳含量的影响

由图 2 可知,稻秆经炭化后的碳含量显著高于其他 4 种粪便。其中,在 300 ℃ 时比动物粪便高 3.46% ~ 31.10%,在 600 ℃ 时比动物粪便高 8.22% ~ 27.80%。当炭化时间相同时,温度由 300 ℃ 升至 600 ℃,羊粪、牛粪、猪粪、稻秆炭化后物料碳含量呈增加趋势,其中羊粪提高最大,为 8.03% ~ 9.64%,牛粪提高相对最小,为 1.77% ~ 2.91%,而兔粪则随温度升高呈降低趋势。整体来看,在同一温度下延长炭化时间(从 3 h 至 5 h),物料碳含量呈降低趋势,其中降幅最大的为羊粪,300、600 ℃ 时分别降低 7.63%、8.99%;稻秆在 300 ℃ 基本未变,600 ℃ 时降低 1.96%。

羊粪在同一温度和时间处理下的碳含量显著低于牛粪、猪粪、兔粪,其中在 300 ℃、3 h 炭化处理下,比其他动物粪便低 14.7% ~ 21.6%,300 ℃、处理 5 h 时比其他动物粪便低 16.6% ~ 25.4%;在 600 ℃、3 h 炭化处理下,比其他动物粪便低 9.98% ~ 11.8%,600 ℃、处理 5 h 时比其他动物粪便低 11.5% ~ 15.9%。牛粪、猪粪在同一温度和时间处理下的碳含量基本一致,兔粪则在各动物粪便处理中碳含量相对最高(图 2)。有研究表明,物料热值和碳含量之间存在极显著正相关关系^[11-12],这表明不同动物粪便炭化后的燃烧热值间很可能存在明显差异。

2.3 不同炭化温度和时间对炭化物料氮含量的影响

猪粪在炭化温度为 300、600 ℃ 处理下,物料氮含量显著高于羊粪、牛粪、猪粪、稻秆。其中,猪粪在 300 ℃、3、5 h 炭化处理下,氮含量分别比其他动物粪便高 18.1% ~ 65.9%、15.9% ~ 67.7%;在 600 ℃、3、5 h 炭化处理下,氮含量分别比

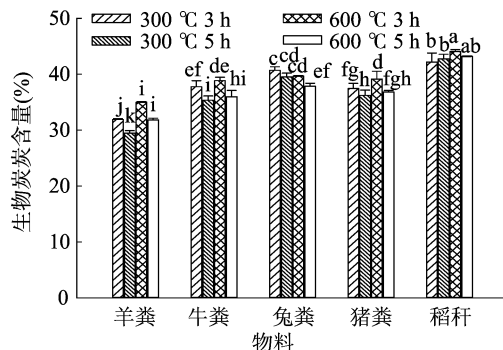


图2 不同炭化温度和时间下物料碳含量

其他动物粪便高 48.1% ~ 59.1%、36.5% ~ 45.7%。各物料中稻秆在 300、600 ℃ 处理下的氮含量均低于其他物料,其中 300 ℃ 时达显著差异。当炭化温度为 300 ℃ 时,动物粪便炭化物中氮含量排序为猪粪 > 羊粪 > 牛粪 > 兔粪。然而,当炭化温度为 600 ℃ 时,羊粪、牛粪、兔粪三者炭化物料中氮含量无显著变化(图 3)。

由图 3 还可见,当炭化时间一定时,炭化温度从 300 ℃ 升至 600 ℃ 后各物料炭化后的氮含量均显著降低。其中,当炭化时间为 3、5 h 时,氮含量降幅最大的均为羊粪,降幅分别为 61.2%、65.1%;降幅最小的均为稻秆,降幅分别为 22.1%、22.3%。在同一炭化温度下,延长炭化时间从 3 h 至 5 h 时,除羊粪(300 ℃)、猪粪(300 ℃)外,其他物料炭化后氮含量基本呈降低趋势。

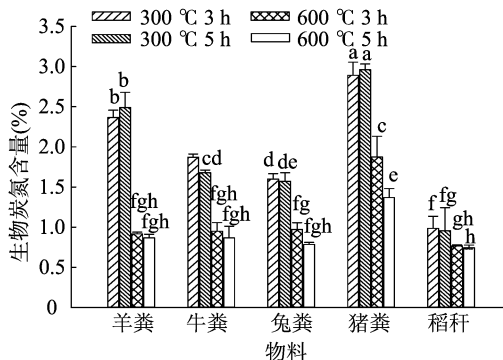


图3 不同炭化温度和时间下物料氮含量

2.4 不同炭化温度和时间对炭化物料 pH 值的影响

由图 4 可见,在炭化温度为 300 ℃ 时,羊粪炭化 3、5 h 的 pH 值最高,分别为 9.24、9.29;其他 4 种物料炭化后 pH 值从高到低依次为兔粪 > 猪粪 > 牛粪 > 稻秆,其中稻秆炭化后的 pH 值呈中性。而当炭化温度为 600 ℃ 时,兔粪、稻秆在 3 h 的 pH 值均大于 10,且明显高于羊粪、牛粪、猪粪;炭化时间为 5 h 时,稻秆 pH 值高,为 10.88,其次为兔粪、羊粪,分别为 10.3、10.1。

当炭化时间一定时,随着炭化温度升高,各物料 pH 值呈增加趋势。当炭化时间为 3 h 时,增幅排序依次为稻秆 > 兔粪 > 牛粪 > 猪粪 > 羊粪;当炭化时间为 5 h 时,增幅排序依次为稻秆 > 牛粪 > 兔粪 > 猪粪 > 羊粪。当炭化温度为 300 ℃ 时,延长炭化时间对各物料 pH 值的影响要小于炭化温度 600 ℃ 的处理。在 600 ℃ 炭化温度条件下,随着炭化时间的延长,物料 pH 值增幅排序依次为牛粪 > 稻秆 > 羊粪 > 猪粪 > 兔粪(图 4)。这表明,在更高温度条件下,延长炭化时间

可能有利于提高物料碱性,且不同物料增幅存在一定差异。

2.5 不同炭化温度和时间对炭化物料碳氮比的影响

由表 1 可知,当炭化温度为 300 或 600 ℃时,稻秆炭化后物料碳氮比均显著高于其他 4 种动物粪便;其中,在 300 ℃时,比动物粪便高 70.9%~300.0%,在 600 ℃时,比动物粪便高 20.8%~172.0%。牛粪、兔粪在 300 或 600 ℃时,炭化物料碳氮比无显著差异,但均明显高于羊粪、猪粪,其中,300 ℃、3 h,300 ℃、5 h 炭化处理分别高 49.6%~96.2%、73.0%~111.8%,600 ℃、3 h,600 ℃、5 h 炭化处理分别高 7.61%~95.3%、15.5%~78.5%。

当炭化时间一定时,炭化温度从 300 ℃升至 600 ℃时,物料碳氮比明显提高。在炭化时间为 3 h 时,随着炭化温度增加,碳氮比提高率排序依次为羊粪>牛粪>猪粪>兔粪>稻秆;当炭化时间为 5 h 时,碳氮比提高率排序依次为羊粪>猪

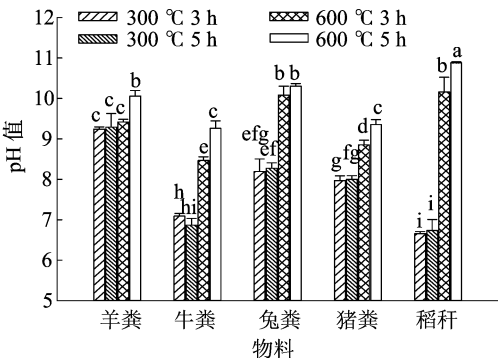


图4 不同炭化温度和时间下物料 pH 值

粪>牛粪>兔粪>稻秆;当炭化温度一定时,延长炭化时间对各物料碳氮比的影响不大(表 1)。

表 1 不同炭化温度和时间下物料碳氮比

物料	物料碳氮比			
	300 ℃		600 ℃	
	3 h	5 h	3 h	5 h
羊粪	13.5 ± 0.58 ^{ef}	11.9 ± 0.71 ^f	38.1 ± 0.80 ^c	36.7 ± 2.15 ^c
牛粪	20.2 ± 0.15 ^{de}	21.1 ± 0.74 ^d	41.2 ± 3.95 ^{bc}	42.4 ± 8.67 ^{bc}
兔粪	25.5 ± 1.08 ^d	25.2 ± 1.34 ^d	41.0 ± 3.43 ^{bc}	48.2 ± 1.05 ^b
猪粪	13.0 ± 0.52 ^{ef}	12.2 ± 0.57 ^f	21.1 ± 2.35 ^d	27.0 ± 2.29 ^d
稻秆	43.5 ± 7.51 ^{bc}	47.5 ± 14.2 ^b	57.4 ± 1.12 ^a	58.2 ± 2.71 ^a

注:同列数值后不同小写字母代表各处理间在 0.05 水平差异显著。

3 结论

羊粪、牛粪、兔粪和猪粪的生物炭产率低于稻秆。本研究中 300 ℃为最佳炭化温度,温度升高可能导致生物炭产率降低。炭化时间以 3 h 为宜,延长炭化时间对生物炭产率影响较小。羊粪、牛粪和兔粪在 300 ℃、3 h 炭化处理下的炭化产率一致,均要高于猪粪。

炭化温度从 300 ℃升至 600 ℃有利于提高动物粪便炭化物料的碳含量、pH 值,但会降低物料氮含量。延长炭化时间能够降低动物粪便物料碳含量,但从整体来看,对氮含量的影响不大。在 600 ℃下,延长炭化时间可以提高动物粪便物料 pH 值,但是在 300 ℃时则无明显变化。改变炭化温度或时间时,羊粪的碳、氮含量变化幅度最大,pH 值变化幅度则最小,兔粪则正好相反。牛粪、猪粪则介于羊粪、兔粪之间。

增加炭化温度有利于提高动物粪便物料的碳氮比,这与高温降低物料氮含量、增加碳含量紧密相关。延长炭化时间对物料碳氮比影响不大。牛粪、兔粪在 300 ℃炭化温度下的碳氮比接近 25 : 1,而羊粪、猪粪则小于 25 : 1。在 600 ℃时,除猪粪的碳氮比接近 25 : 1,羊粪、牛粪、兔粪的碳氮比均大于 25 : 1。

参考文献:

[1]赵 路,魏 静,马 林,等. 河北省不同养殖模式的畜禽粪尿资源及污染风险分析[J]. 农业环境科学学报,2009,28(3):544 -

548.
[2]刘 永,金英姬,严昌国,等. 吉林省汪清县畜禽粪便污染防治措施[J]. 安徽农业科学,2013,41(18):7840 - 7842.
[3]王海候,沈明星,吴进兴,等. 不同肥源有机肥对白菜产量及氮素吸收利用的影响[J]. 江苏农业科学,2012,40(1):130 - 8170.
[4]李祥云,宋朝玉,王瑞英,等. 畜禽粪肥不同用量对青花菜生长和土壤肥力的影响[J]. 山东农业科学,2008(3):71 - 73,78.
[5]韦 平. 利用动物粪便生产微生物和昆虫蛋白质产品[J]. 广西畜牧兽医,1995,11(2):50 - 52.
[6]吕 娟. 浅议动物粪便类药物在临床中的应用[J]. 现代中医药,2008,28(5):85 - 86.
[7]王开峰,彭 娜. 长期有机无机肥配施对红壤稻田土壤重金属的影响. 江苏农业科学,2009(2):258 - 261.
[8]王 瑞,魏源送. 畜禽粪便中残留四环素类抗生素和重金属的污染特性及其控制[J]. 农业环境科学学报,2013,32(9):1705 - 1719.
[9]童子林,刘元璐,胡真虎,等. 四环素类抗生素污染畜禽粪便的厌氧消化特征[J]. 环境科学,2012,33(3):1028 - 1032.
[10]张千丰,孟 军,刘居东,等. 热解温度和时间对三种作物残体生物炭 pH 值及碳氮含量的影响[J]. 生态学杂志,2013,32(9):2347 - 2353.
[11]王立海,孙墨珑. 东北 12 种灌木热值与碳含量分析[J]. 东北林业大学学报,2008,36(5):42,46.
[12]李 宏,程 平,郑朝晖,等. 克拉玛依地区主要树种干物质热值与碳含量特征分析[J]. 林业科学,2013,49(9):29 - 37.