



刘霞,靳宁,王学府,等.初始原料组成对风化煤基肥化学性质的影响[J].黑龙江农业科学,2021(1):51-54.

初始原料组成对风化煤基肥化学性质的影响

刘霞¹,靳宁¹,王学府²,栗俊田¹,董光华¹

(1.山西能源学院 能源基地修复与绿色发展研究中心,山西 太原 030600;2.晋中职业技术学院,山西 晋中 030600)

摘要:为促进风化煤和玉米秸秆的多途径处理和利用,达到改良土壤的目的,以风化煤为基础原料,选用不同的其他初始原料(水、玉米秸秆、草木灰和人粪尿)与其进行堆肥发酵,共设5个处理,堆肥腐熟后,分别测定各处理的pH、游离腐植酸、有机质、总养分、全氮、 P_2O_5 和 K_2O 的含量,研究不同初始原料组成对风化煤基肥化学性质的影响。结果表明:风化煤和人粪尿混合发酵堆肥的有机质含量最高,为81.58%;风化煤、人粪尿和玉米秸秆混合发酵堆肥次之,有机质含量为74.23%;游离腐植酸含量以风化煤与人粪尿和玉米秸秆混合发酵堆肥最高,为5.22%;总养分、全氮和 P_2O_5 含量亦均以风化煤与人粪尿和玉米秸秆混合发酵堆肥最高,分别为2.35%、0.880%和0.385%; K_2O 含量,以风化煤、人粪尿和草木灰混合发酵最高,为1.21%。因此,较为适宜的堆肥原料组成是风化煤与人粪尿和玉米秸秆按质量比2:1:1的比例混合堆肥发酵。

关键词:风化煤;堆肥;有机质;游离腐植酸

风化煤,俗称“露头煤”,是地表浅层或暴露于地表的煤经过风化作用形成的。我国风化煤储量丰富,广泛分布于山西、内蒙古、云南等地,储量约有1 000亿t^[1]。经过长期的风化作用,风化煤含氧量高,发热值低^[2],已经基本失去了作为燃料的价值。但风化煤中含有丰富的腐植酸,在改良土壤、制作腐植酸肥料等方面备受青睐。风化煤中有机质含量一般可达40%~80%,而组成这些有机质的大部分物质为再生腐植酸^[3]。腐植酸是一类含大量含氧官能团(如羟基、羧基、酚羟基等)的物质^[4-6],这些含氧官能团性质活泼,能够与土壤中的多种离子进行络合、交换和吸附等反应。同时,由于性质活泼,使风化煤更容易被土壤中的微生物降解。因此,富含腐植酸、富含有机质的风化煤对于改善土壤结构、提升土壤肥力、促进作物生长、提升作物品质等方面都具有良好的效果^[7-9]。

李华等^[10]对复垦土壤用风化煤修复后,发现土壤的有机质含量得到提高,并且风化煤有助于土壤团粒结构的形成。赵东彦等^[11]研究表明,风化煤与玉米秸配施,同样很好地促进了土壤团粒结构的形成,使得土壤结构得以改善。郭汉清

等^[12]研究表明,风化煤基肥复混肥可以有效增加复垦土壤养分含量,并提高玉米的产量。顾鑫等^[13-14]发现天然煤炭腐植酸对土壤的pH、电导率(EC)以及含水率都起到了良好的改善作用,并且种植作物长势良好。

通过前期试验^[15]发现,对长山药种植地块进行风化煤基肥与无机肥配施后,与对照相比长山药的产量提高了20%,同时长山药品质也得到了提升;并且施用风化煤基肥地块的理化性质也得到了改良,后期作物生长效果十分明显。

本文通过沤制发酵堆肥的方法,以风化煤为基础原料,将其与人粪尿、草木灰、玉米秸秆这3种农家常用有机堆肥原料进行堆肥发酵腐熟后,分别测定其pH、游离腐植酸、有机质、总养分、全氮、 P_2O_5 和 K_2O 的含量,旨在探索不同的初始原料组成对风化煤基肥理化性质的影响,寻找风化煤基肥在改善土壤结构、提升土壤肥力、促进作物生长方面发挥最大作用的适宜生产方式和处理方式。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于2019年5—6月在山西省晋中市榆次区乌金山镇试验地块进行。人粪尿、草木灰、玉米秸秆由周边农户提供;风化煤购自榆次区北山矿区。试验前将风化煤粉碎后过4 mm筛备用,玉米秸秆粉碎1 cm左右备用。

收稿日期:2020-09-21

基金项目:山西省重点研发计划项目(201803D221003-8);晋中市重点研发计划项目(Y202010)。

第一作者:刘霞(1982—),女,博士,讲师,从事固体废弃物的综合利用研究。E-mail:741239179@qq.com。

通信作者:董光华(1962—),男,硕士,教授,从事固体废弃物的综合利用研究。E-mail:dgh1605@163.com。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 本试验共设 5 个堆肥处理,分别为处理 1(F1):风化煤和水按质量比 2:1 混合发酵;处理 2(F2):风化煤和人粪尿按质量比 2:1 混合发酵;处理 3(F3):风化煤、人粪尿和草木灰按质量比 2:1:1 混合发酵;处理 4(F4):风化煤、人粪尿和玉米秸秆按质量比 2:1:1 混合发酵;处理 5(F5):风化煤、人粪尿、草木灰和玉米秸秆按质量比 2:1:1:1 混合发酵。所有堆肥处理均发酵 45 d。堆肥结束后,在堆肥中心处取约 300 g 样品用于各项指标的测定。

1.2.2 测定项目及方法 堆肥样品烘干后,测量其 pH、游离腐植酸、有机质、总养分、全氮、P₂O₅ 和 K₂O 的含量,测量方法参照文献[16]。

1.2.3 数据分析 试验数据采用 Excel 2013 软件进行处理分析。

2 结果与分析

2.1 初始原料对风化煤基肥 pH 和游离腐植酸含量的影响

由图 1 可知,5 组初始原料不同的堆肥,经过发酵后其 pH 也有差异。其中,pH 以 F2 处理(风化煤和人粪尿混合发酵堆肥)最低(6.96),F5 处理(风化煤、人粪尿、草木灰和玉米秸秆混合发酵堆肥)最高(8.19)。F1 处理(风化煤和水混合发酵堆肥)、F3 处理(风化煤、人粪尿和草木灰混合发酵)和 F4 处理(风化煤、人粪尿和玉米秸秆混合发酵)的 pH 依次为 7.45,7.95 和 7.24。可见,风化煤自身经水沤制发酵后呈现弱碱性,而人粪尿和玉米秸秆的加入使得煤基肥的 pH 有不同程度的降低,这是由于人粪尿及玉米秸秆发酵腐熟后呈现弱酸性;而碱性草木灰的加入,使得 F3 和 F5 处理的 pH 有明显提高,pH 偏高或偏低对于煤基肥中游离腐植酸的存在都是不利的。

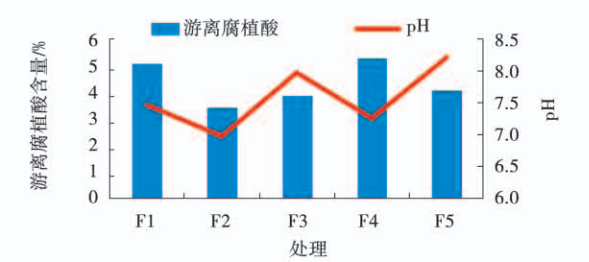


图 1 不同处理对风化煤基肥的腐植酸含量和 pH 的影响

经过堆肥发酵的煤基肥游离腐植酸含量由高到低依次为 F4(5.22%)>F1(5.05%)>F5(4.03%)>F3(3.82%)>F2(3.41%),其中以风化煤、人粪尿和玉米秸秆混合发酵的堆肥腐植酸含量最高,风化煤和水混合发酵的堆肥次之,风化煤和人粪尿混合发酵堆肥最低。可见,7.24~7.45 的 pH 对于游离腐植酸是有利酸碱度区间。

2.2 初始原料对风化煤基肥有机质含量的影响

由表 1 可知,5 个堆肥处理的有机质含量均较高,大部分在 70% 以上。其中,F2 处理(风化煤和人粪尿混合发酵堆肥)的有机质含量最高,为 81.58%;F4 处理(风化煤、人粪尿和玉米秸秆混合发酵堆肥)次之,有机质含量为 74.23%;F1 处理(风化煤和水混合发酵堆肥)的有机质含量与 F4 相差不大,为 70.15%;而另外两组加入草木灰的堆肥,F3 和 F5 处理的有机质含量相对较低,分别为 57.11%和 55.63%。与 F1 相比,F2 处理的有机质含量明显提高,可见,人粪尿的加入对于提高煤基肥中有机质的含量是非常有利的,这是由于人粪尿本身含有的多种微生物促进了风化煤中有机质的分解;但是,人粪尿和草木灰不能同时沤制发酵,这是由于草木灰和人粪尿同时堆肥发酵,减少了堆肥中的氮素,从而限制了有机质的培养。

表 1 不同处理风化煤基肥的有机质含量 (%)

处理	F1	F2	F3	F4	F5
有机质	70.15	81.58	57.11	74.23	55.63

2.3 初始原料对风化煤基肥总养分含量的影响

由图 2 可知,5 组处理中,F4(风化煤、人粪尿和玉米秸秆混合发酵堆肥)的总养分含量、全氮、P₂O₅ 含量均最高,其中,总养分含量为 2.35%,F5(风化煤、人粪尿、草木灰和玉米秸秆混合发酵堆肥)次之,为 2.22%;F3(风化煤、人粪尿和草木灰混合发酵)总养分含量为 2.12%,其余两组 F1(风化煤和水混合发酵堆肥)和 F2(风化煤和人粪尿混合发酵堆肥)的总养分含量偏低,分别为 1.52%和 1.55%;试验结果表明,适当增加堆肥中玉米秸秆的量,可以提高堆肥的总养分含量,但整体值还是稍偏低。在农业生产中可以依据实际情况,配施无机肥。

2.4 初始原料对风化煤基肥全氮含量的影响

由图 2 可知,5 组处理的全氮含量从高到低依次为 $F_4(0.880\%) > F_5(0.654\%) > F_2(0.639\%) > F_3(0.579\%) > F_1(0.500\%)$,即以人粪尿和玉米秸秆与风化煤共同发酵堆肥的含氮量最高,以人粪尿、玉米秸秆和草木灰与风化煤共同发酵的堆肥次之,而风化煤和水一起发酵的堆肥含氮量最低。试验数据说明,单以风化煤和水进行发酵,不加入任何有机肥,发酵堆肥含氮量最低;将任意一种有机肥加入堆肥发酵,都会提高发酵堆肥含氮量。与 F_1 相比, F_2 的含氮量提高了 0.139 百分点, F_3 的含氮量提高了 0.079 百分点,表明人粪尿和草木灰同时加入,会降低堆肥含氮量。 F_4 与 F_1 相比,含氮量提高了 0.380 百分点,说明玉米秸秆和人粪尿的同时加入,会使得堆肥含氮量得到正向加和的提升效果; F_5 与 F_4 相比,含氮量降低了 0.226 百分点,与 F_3 相比,含氮量提高了 0.075 百分点,说明草木灰的加入,不利于堆肥含氮量的提升。

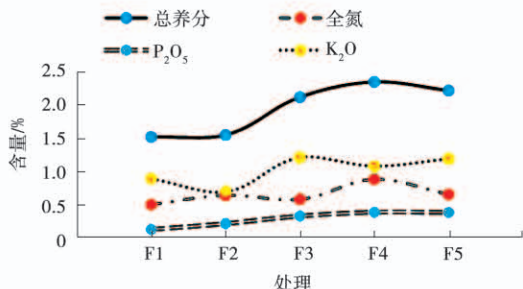


图 2 不同处理对风化煤基肥的腐植酸总养分、全氮、 P_2O_5 和 K_2O 含量的影响

2.5 初始原料对风化煤基肥 P_2O_5 含量的影响

由图 2 可知,5 组处理的 P_2O_5 含量从高到低依次为 $F_4(0.385\%) > F_5(0.382\%) > F_3(0.327\%) > F_2(0.216\%) > F_1(0.130\%)$,即与含氮量相似,以人粪尿和玉米秸秆与风化煤共同发酵堆肥的 P_2O_5 含量最高,以人粪尿、玉米秸秆和草木灰与风化煤共同发酵的堆肥次之,而风化煤和水一起发酵的堆肥含量最低。结果表明,单以风化煤和水进行发酵,不加入任何有机肥,发酵堆肥 P_2O_5 含量最低;所试任意一种有机肥加入堆肥发酵,都会使得发酵堆肥 P_2O_5 含量提高,与 F_1 相比, F_2 的 P_2O_5 含量提高了 0.086 百分点, F_3 的 P_2O_5 含量提高了 0.197 百分点, F_4 的 P_2O_5 含量提高了 0.255 百分点, F_5 的 P_2O_5 含量与 F_4

相近。说明在所试的 4 种有机肥中,玉米秸秆和人粪尿的共同加入会使得堆肥的 P_2O_5 含量得到最大的提升。

2.6 初始原料对风化煤基肥 K_2O 含量的影响

由图 2 可知,5 组处理的 K_2O 含量从高到低依次为 $F_3(1.21\%) > F_5(1.19\%) > F_4(1.08\%) > F_1(0.890\%) > F_2(0.692\%)$ 。其中,以人粪尿和草木灰与风化煤共同发酵堆肥的 K_2O 含量最高,以人粪尿、玉米秸秆和草木灰与风化煤共同发酵的堆肥次之,而风化煤和人粪尿一起发酵的堆肥含氮量最低。与 F_1 相比, F_2 的 K_2O 含量降低了 0.198 百分点,与 F_2 相比, F_3 的 K_2O 含量提高了 0.518 百分点, F_4 的 K_2O 含量提高了 0.388 百分点, F_5 的 K_2O 含量与 F_3 相近,说明在所试的 4 种有机肥中,草木灰的加入会使得堆肥的 K_2O 含量得到最大的提升。

3 结论与讨论

本研究以风化煤为基础原料,选用不同的其他初始原料(水、人粪尿、草木灰、玉米秸秆)与其进行堆肥发酵,测定了各处理堆肥的游离腐植酸、有机质、pH、总养分、全氮、 P_2O_5 和 K_2O 的含量。结果表明,5 种处理堆肥的有机质含量均较高(55.63%~81.58%),尤其是风化煤与人粪尿混合发酵堆肥的有机质含量高达 81.58%。初始原料 pH 的不同,影响到了最终发酵后堆肥的 pH,并进一步影响了其中的腐植酸含量。各处理的游离腐植酸含量为 3.41%~5.22%,其中 pH 为 7.24 的 F_4 (风化煤、人粪尿和玉米秸秆混合发酵堆肥)的腐植酸含量最高。5 组处理的总养分含量和全氮、 P_2O_5 、 K_2O 等含量各有差异,其中, F_4 (风化煤、人粪尿和玉米秸秆混合发酵堆肥)的总养分含量、全氮和 P_2O_5 含量均最高, F_3 (风化煤、人粪尿和草木灰混合发酵堆肥)的 K_2O 含量最高。

综上所述,在所试 5 种不同初始原料组成的风化煤基肥中,以 F_4 处理(风化煤、人粪尿和玉米秸秆混合发酵)的游离腐植酸含量最高(5.22%)、总养分含量(2.35%)和含氮量(0.880%)、含磷量(0.385%)均最高,有机质含量为 74.23%,pH 为 7.24,但是,依然没有避免有机肥总养分含量低的特点。因此,在实际种植过程中要根据实际情况配施无机肥。风化煤、人

粪尿和玉米秸秆混合发酵堆肥原料易得、操作简便、效果良好,为改良土壤提供了一种简单实用的路径,实现了风化煤和玉米秸秆的多途径处理和利用。

参考文献:

- [1] 马秀欣,赵宏波.我国泥炭、褐煤和风化煤的资源优势及其应用领域[J].中国煤炭,2004,30(9):47-49,56.
- [2] Leita L,Margon A,Arnold P,et al. Soil humic acids may favour the persistence of hexavalent chromium in soil[J]. Environmental Pollution,2009,157(6):1862-1866.
- [3] Semenova S A,Patrakov Y F. Influence of weathering on the composition and properties of coal[J]. Coke and Chemistry,2017,60(3):96-101.
- [4] Nicole D,Patrick G H. Alicyclic carboxylic acids in soil humic acid as detected with ultrahigh resolution mass spectrometry and multi-dimensional NMR [J]. Organic Geochemistry,2017,112:33-46.
- [5] 郭若禹,张盼,马鸿文. 赤峰某地褐煤制取腐植酸钾实验研究[J]. 应用化工,2017,46(9):1720-1722,1727.
- [6] Lukasz S, Malgorzata P. Impact of weathering on coal properties and evolution of coke quality described by optical and mechanical parameters[J]. International Journal of Coal Geology,2016,168:119-130.
- [7] Fan H M,Wang X W,Sun X,et al. Effects of humic acid derived from sediments on growth,photosynthesis and chloro-

- plast ultrastructure in chrysanthemum[J]. Scientia Horticulturae,2014,177:118-123.
- [8] Nardi S,Pizzeghello D,Schiavon M,et al. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism[J]. Scientia Agricola,2016,73:18-23.
- [9] 尹丽华,周恒民,李洪岭,等. 秸秆源黄腐酸应用效果研究[J]. 腐植酸,2018(4): 22-26,41.
- [10] 李华,李永青,沈成斌,等. 风化煤施用对黄土高原露天煤矿区复垦土壤理化性质的影响研究[J]. 农业环境科学学报,2008,27(5): 1752-1756.
- [11] 赵东彦,王海平. 玉米秸与风化煤配施对土壤结构性的影响[J]. 山西农业大学学报,1999(2): 45-47,95.
- [12] 郭汉清,谢英荷,洪坚平,等. 煤基复混肥对复垦土壤养分、玉米产量及水肥利用的影响[J]. 水土保持学报,2016,30(2):213-218.
- [13] 顾鑫,任翠梅,杨丽,等. 煤炭腐植酸对土壤物理性质及玉米生长发育的影响[J]. 灌溉排水学报,2019,38(1): 26-30.
- [14] 顾鑫,任翠梅,杨丽,等. 天然煤炭腐植酸对盐碱土改良效果的研究[J]. 灌溉排水学报,2017,36(9): 57-61.
- [15] 武俊俊,刘霞,马彩莲,等. 风化煤基肥对改良土壤及长山药产量和质量的影响[J]. 山西农业科学,2018,46(6): 938-941.
- [16] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.

Effects of Initial Raw Material Composition on Chemical Properties of Weathered Coal Based Fertilizer

LIU Xia¹, JIN Ning¹, WANG Xue-fu², LI Jun-tian¹, DONG Guang-hua¹

(1. Research Center for Energy Base Restoration and Green Development, Shanxi Institute of Energy, Taiyuan 030600, China; 2. Jinzhong Vocational & Technical College, Jinzhong 030600, China)

Abstract: In order to promote the multi-channel treatment and utilization of weathered coal and corn straw and achieve the purpose of soil improvement, weathered coal was used as the basic raw material, and different initial raw materials (water, corn straw, plant ash and human manure) were selected for composting and fermentation. A total of 5 treatments were set up. After the compost was decomposed, the pH, free humic acid content, organic matter content, total nutrient content, total nitrogen content, P_2O_5 content and K_2O content of each treatment were determined to explore the influence of different initial raw material composition on chemical properties of weathered coal base fertilizer. The results showed that, the organic matter content of weathered coal and human manure compost was the highest (81.58%); the organic matter content of weathered coal, human manure and corn straw mixed fermentation compost was the second, with the organic matter content of 74.23%; the free humic acid content of weathered coal and human manure and corn straw mixed fermentation compost was the highest (5.22%); the contents of total nutrients, total nitrogen and P_2O_5 were also the highest among weathered coal, human manure and maize straw rice straw mixed fermentation compost, which was 2.35%, 0.880% and 0.385%, respectively; the content of K_2O in the mixed fermentation of weathered coal, human manure and plant ash was the highest (1.21%). Therefore, the most suitable composting material is the mixture of weathered coal, human manure and corn straw at the weight ratio of 2:1:1.

Keywords: weathered coal; compost; organic matter; free humic acid