

中药废渣生物炭对磷石膏理化性质及柳枝稷生长的影响

刘晓焱¹, 岑南波¹, 刘英², 高业朋¹, 罗洋¹, 吕文强¹, 密淑豪¹, 邱林艳¹, 向仰州^{1*}

¹贵州师范学院地理与资源学院, 贵州 贵阳

²贵州师范学院生物科学学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2023年7月3日; 录用日期: 2023年8月4日; 发布日期: 2023年8月16日

摘要

磷石膏和中药废渣资源化利用迫在眉睫, 然而迄今还未见关于使用中药废渣生物炭改良磷石膏种草的研究。为了找出中药废渣生物炭与磷石膏的合理配比, 本研究开展盆栽试验, 在磷石膏基质中分别添加0、1%、2.5%、5%、10%、20%中药废渣生物炭配制复合基质(每盆基质重量为2500 g), 以不添加生物炭的磷石膏为对照, 待基质稳定后播种柳枝稷, 于柳枝稷生长90天后分析基质理化特性、收集柳枝稷生长指标。结果表明: 与对照相比, 生物炭的加入明显提高了复合基质湿度、pH、有机质、速效氮、有效磷和有效钾的含量, 增加了柳枝稷的高度、鲜重、干重、根冠比。总的来说, 生物炭添加浓度为2.5%对磷石膏理化特性和柳枝稷生长有明显的促进作用。

关键词

中药废渣, 生物炭, 磷石膏, 柳枝稷, 改良效果

Effects of Biochar Derived from Chinese Medicine Waste on Physical and Chemical Properties of Phosphogypsum and Growth of Switchgrass

Xiaoyi Liu¹, Nanbo Cen¹, Ying Liu², Yepeng Gao¹, Yang Luo¹, Wenqiang Lv¹, Shuhao Mi¹, Linyan Qiu¹, Yangzhou Xiang^{1*}

¹School of Geography and Resources, Guizhou Education University, Guiyang Guizhou

*通讯作者。

文章引用: 刘晓焱, 岑南波, 刘英, 高业朋, 罗洋, 吕文强, 密淑豪, 邱林艳, 向仰州. 中药废渣生物炭对磷石膏理化性质及柳枝稷生长的影响[J]. 环境保护前沿, 2023, 13(4): 872-878. DOI: 10.12677/aep.2023.134107

²School of Biological Sciences, Guizhou Education University, Guiyang Guizhou

Received: Jul. 3rd, 2023; accepted: Aug. 4th, 2023; published: Aug. 16th, 2023

Abstract

The resource utilization of phosphogypsum and traditional Chinese medicine waste is imminent. However, there is no research on the addition of biochar derived from traditional Chinese medicine waste to improve phosphogypsum grass planting. In order to find out the reasonable ratio of biochar derived from traditional Chinese medicine waste and phosphogypsum, a pot experiment was carried out in this study. Biochar derived from traditional Chinese medicine waste with the proportion of 0, 1%, 2.5%, 5%, 10% and 20% were added to the phosphogypsum matrix to prepare a composite matrix (the matrix weight per pot was 2500 g), and the phosphogypsum without biochar was used as a control. After the matrix was stable, switchgrass was sown. After 90 days of switchgrass growth, the physical and chemical properties of the matrix were analyzed and the growth indexes of switchgrass were collected. The results showed that compared with the control, the biochar addition significantly increased the humidity, pH, organic matter, available nitrogen, available phosphorus and available potassium content of the composite matrix, and increased the height, fresh weight, dry weight and root-shoot ratio of switchgrass. In general, the addition of 2.5% biochar derived from traditional Chinese medicine waste significantly promoted the physicochemical properties of phosphogypsum and the growth of switchgrass.

Keywords

Chinese Medicine Waste, Biochar, Phosphogypsum, Switchgrass, Improvement Effect

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

柳枝稷 (*Panicum virgatum* L.)为多年生禾本科黍属植物,其原产于北美,是一种生物质能源植物和水土保持植物,中国引种栽培来作为牧草,具有较强的抗旱性和抗逆性,其适应性极强。生长快速,植株高度为1~2米。地上的茎秆呈直立状,质地较为坚硬,叶片呈线形[1]。柳枝稷的用途很广,既可作为饲草、又有保水保土和风障的作用,同时也是生物燃料和代替能源的原材料[2]。

磷石膏是湿法制取磷肥的副产品,呈酸性[3],主要成分与天然石膏相似,其中含有氮、磷、钾等元素[4]。生产1吨磷肥将产生4~5 t磷石膏[5],预计在本世纪中叶,磷石膏堆积总量将增加2倍左右[6]。因此,找到一个合理的途径来提高磷石膏的资源化利用迫在眉睫。

生物炭是指由富含碳素的废弃生物质(主要包括农作物秸秆、废弃菌棒、中药废渣、木质废料等)在250℃~700℃无氧或限氧的条件下,热解炭化而成的一种芳香化的碳质产物[7],其兼具原料来源广泛,成本低廉,具有多孔结构、比表面积大、吸附能力强、碳稳定性强等特点[8],是一种环境友好型的经济土壤改良剂[9]。生物炭中含有多种养分,能增大土壤空隙的分布,促进水气矛盾的解决,土壤保持水分和养分的能力得到加强[10]。且生物炭属于碱性物质能很好地综合磷石膏的酸性,也可以增加阳离子交换量[11],以防止养分的流失。另一方面良好的空隙分布增强了微生物活动[12],促进有机质矿质化,使得

营养元素得到及时的补充。侯新村等[13]在滨海盐碱土中加入玉米秸秆生物炭,有效促进了柳枝稷的生长。毛硕等[14]发现由 8%磷石膏、6%玉米秸秆生物炭、10%蚯蚓粪构成的混合物对盐碱土具有较好的改良效果。然而,利用生物炭改良磷石膏作为柳枝稷生长基质的研究鲜见报道。

贵州是我国中药生产大省,但每年产生的大量中药废渣未得到较好的资源化利用,迄今关于将中药废渣加工成生物炭作为改良剂的研究甚少。本研究遵循“以废治废”的原则,将中药废渣生物炭改良磷石膏,在生物炭与磷石膏复合基质中种植柳枝稷,以柳枝稷的长势来评价改良效果,从而筛选出理想的中药废渣生物炭与磷石膏配比,旨在为中药废渣、磷石膏资源利用提供理论参考。

2. 材料与方法

2.1. 供试材料

1) 供试植物:柳枝稷,品种(系)为‘Blackwell’,来自中国农业大学动物科学技术学院;2) 基质:磷石膏,取自贵州省福泉市,在自然条件风干,经 2 mm 规格筛网过筛分选备用;3) 改良剂:中药废渣采自贵州天安药业股份有限公司,中药废渣生物炭制备流程如下:烘干中药废渣→粉碎机打碎→放入马弗炉中缺氧条件下 350℃炭化 2 h→冷却→过 2 mm 尼龙筛,装入自封袋中贴上标签保存备用。

2.2. 实验设计

本研究为盆栽实验,其中塑料花盆底部内径为 9 cm、上口内径为 20.5 cm、高为 11.5 cm。设置 6 个处理:1) 0 g + 2500 g 磷石膏为对照(CK);2) 25 g 生物炭 + 2475 g 磷石膏(T1);3) 62.5 g 生物炭 + 2437.5 g 磷石膏(T2);4) 125 g 生物炭 + 2375 g 磷石膏(T3);5) 250 g 生物炭 + 2250 g 磷石膏(T4);6) 500 g 生物炭 + 2000 g 磷石膏(T5),即各处理中生物炭用量占基质总质量(磷石膏 + 生物炭)的 0%、1%、2.5%、5%、10%、20%。将对照和处理的基质装盆后缓慢浇水至田间持水量的 70%左右,钝化 2 d。选取粒径均匀、健康饱满的柳枝稷种子,用纯净水冲洗后,将种子浸泡 12 h 后进行发芽处理。待种子露白后选取 20 粒种子播入基质中,播种深度为 1 cm。本实验在贵州师范学院的大棚中开展。在柳枝稷生长期间,每天定时观察和浇水,天气炎热时,可打开风扇通风散热。于柳枝稷生长 90 d 后进行基质、柳枝稷样品采集。

2.3. 测定项目与方法

1) 柳枝稷鲜重、干重:采用电子天平直接称量柳枝稷的鲜重。采集后使用烘箱先在 105℃杀青 30 min,之后在 75℃下烘干至恒重,用电子天平称量柳枝稷的干重;2) 株高:卷尺测量柳枝稷植株高度,再求平均值;3) 容重:首先将基质进行称重,随后放在 105℃烘箱中烘至恒重,之后用电子天平称取已经烘至恒重的基质质量,计算容重(g/cm^3) = 烘干基质/200;4) 含水量:取适量基质放到铝盒中,称取铝盒和烘干基质重,将其放入烘箱,烘干后用电子天平称铝盒+烘干基质重量,计算质量含水量;5) pH:用电子 pH 计测量基质的 pH 值(水和土的比例为 2.5:1);6) 有机质采用高温外热重铬酸钾氧化—容量法测定[15];7) 有效磷含量采用 0.5 mol/L 碳酸钠浸提—钼锑抗分光光度法测定[15];8) 碱解氮采用碱解扩散法测定[15];9) 速效钾采用醋酸铵浸提—火焰光度法测定[15]。

2.4. 数据分析

借助 Microsoft Excel 2010 软件整理数据,使用 SPSS 25.0 (SPSS 公司,美国)中的方差分析(ANOVA)分析生物炭添加量对磷石膏物理特性、养分含量、柳枝稷生长的影响。使用 LSD 检验法确定不同处理之间的差异($P < 0.05$)。运用 OriginPro 2023 软件进行作图。

3. 结果分析

3.1. 不同生物炭添加量对基质物理特性的影响

由图 1 可以看出, 随着生物炭用量的增加, 基质容重先升高后降低, 与对照相比, T1、T2、T3 处理分别增加 0.09 g/cm^3 、 0.09 g/cm^3 、 0.07 g/cm^3 , 处理间有显著差异($P < 0.05$); 而 T4、T5 处理分别增加 0.01 g/cm^3 、 0.02 g/cm^3 , 处理间差异不显著($P > 0.05$)。对于基质含水量, 与对照相比, T1 处理增加了 0.03% , 差异不显著($P > 0.05$); 相比之下, T2、T3、T4、T5 处理分别增加了 0.04% 、 0.04% 、 0.05% 、 0.06% , 处理间有显著差异($P < 0.05$)。对于基质 pH, 随着生物炭的增加, pH 也在逐步增加, 与对照相比, T1、T2、T3、T4、T5 处理基质 pH 分别增加 0.89% 、 1.06% 、 1.21% 、 1.35% 、 1.50% , 处理间有显著差异($P < 0.05$)。

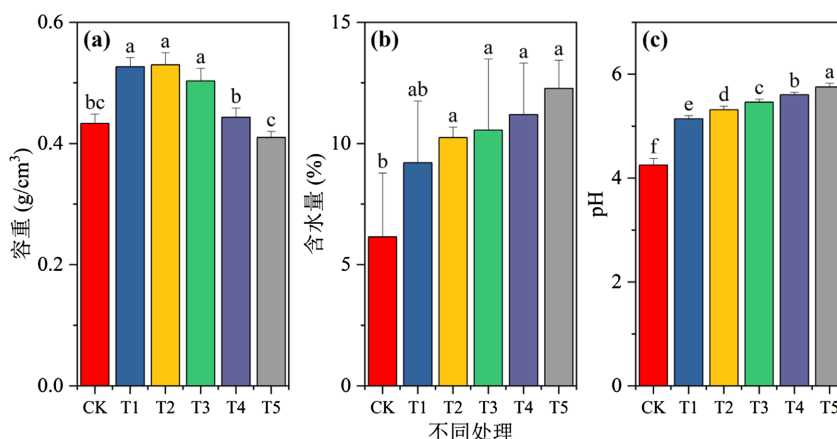


Figure 1. Changes in physical properties of substrates affected by biochar
图 1. 不同生物炭处理基质物理特性的变化

3.2. 不同生物炭添加量对磷石膏速效养分的影响

从图 2 可以知道, 基质有机质含量随生物炭浓度增加而增加, T1、T2、T3、T4、T5 处理增加量分别为 1.3 g/kg 、 2.39 g/kg 、 4.34 g/kg 、 6.65 g/kg 、 11.38 g/kg , 处理间有显著差异($P < 0.05$)。其中 T2 处理的碱解氮含量最高, 与其他处理之间有显著差异($P < 0.05$)。对于基质速效磷来说, T1、T2、T3、T4、T5 处理与对照相比分别增加了 198.27 mg/kg 、 328.63 mg/kg 、 366.88 mg/kg 、 638.99 mg/kg 、 653.88 mg/kg , 处理间有显著差异($P < 0.05$), 说明添加生物炭对基质速效磷有显著影响, 生物炭越多其含量也逐渐增多, 其中 T4、T5 处理含量最高。对基质速效钾来说, 组间比较有显著差异($P < 0.05$), 表明生物炭的添加对基质中的速效钾含量有显著影响, T4 和 T5 处理效果最好。

3.3. 不同生物炭含量对柳枝稷生长的影响

由图 3 可知, 随着生物炭含量的增加, 柳枝稷的株高是先增加后降低, T1 处理与对照相比平均株高增加了 5.78 cm , 效果不显著($P > 0.05$), 而 T2、T3、T4、T5 显处理与对照相比有显著差异($P < 0.05$), 其中 T2 处理株高最高。对于柳枝稷的鲜重, T2 处理生物炭添加后, 对于柳枝稷的增产效果最好, 处理间有显著差异($P < 0.05$)。同样, T2 处理下的柳枝稷干重是最高的, 说明添加比例为 2.5% 的生物炭改良磷石膏的效果最好。对于柳枝稷的根冠比, 每个处理与对照之间的差异非常显著($P < 0.05$), 其中 T4 处理是最明显的, 平均达到 0.63% , 而地上部生长量较少, 原因可能是生物炭增加后基质容易吸热导致基质含水量散失加快, 不利于地上部的增长。

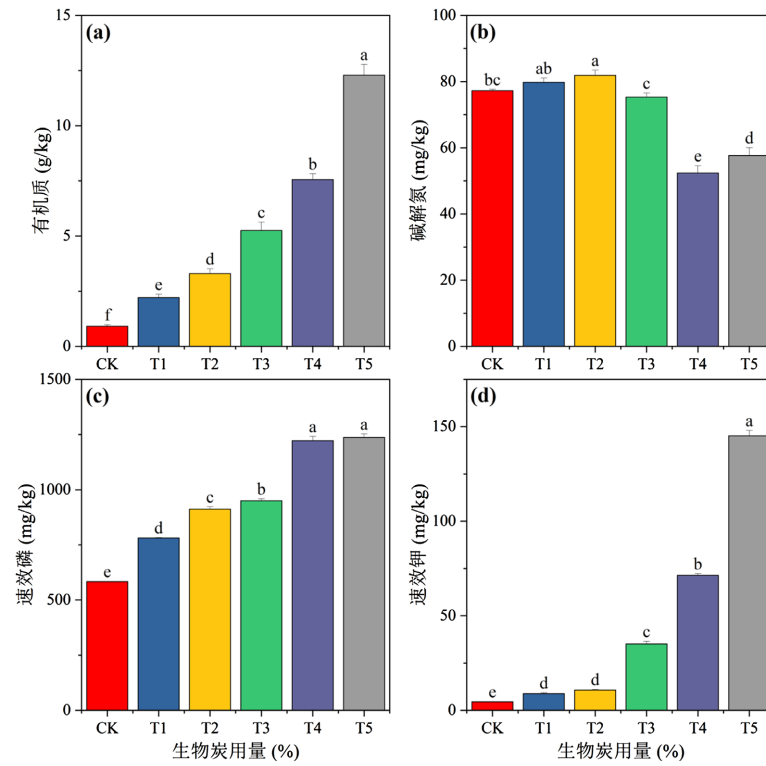


Figure 2. Changes in substrate nutrients affected by biochar
图 2. 不同生物炭处理基质养分的变化

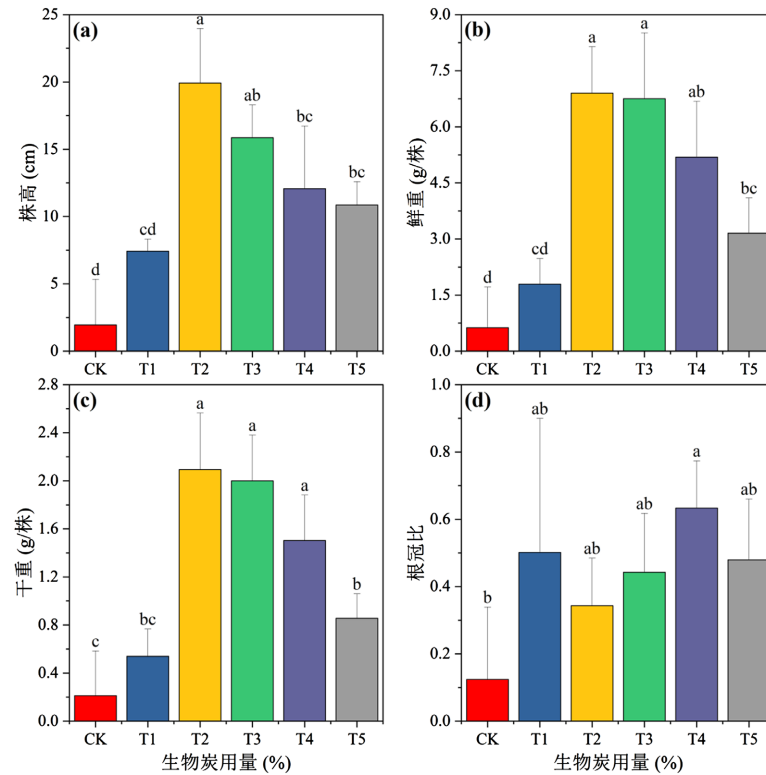


Figure 3. Changes in growth traits of switchgrass affected by biochar
图 3. 不同生物炭处理柳枝稷生长性状的变化

4. 讨论

生物炭是生物质(作物秸秆、木屑、废弃菌棒、中药废渣等)在高温和缺氧条件下热解而成,含有多种元素,在土壤改良等方面运用较广[16]。生物炭的原材料随处可见,制备方法相对简单。已有研究证明生物炭可以提高土壤孔隙,改善土壤质地,促进土壤的耕层构造,使土壤保肥和保水能力增强[17],而且增加了土壤有机质的数量。本研究发现当生物炭施用增加时,土壤有机质数量明显变多,其中 T5 处理中有机质含量是最大的。

已有研究表明将生物炭和土壤混合可以使 pH 升高,其效果是非常明显的[18]。本研究发现添加生物炭后,基质 pH 明显升高,说明生物炭可调节磷石膏的酸度,促进柳枝稷的生长。有研究发现增加生物炭的浓度能使得土壤得速效养分含量增多[19],而本研究发现添加生物炭使得基质的速效钾和速效磷以及碱解氮含量升高,但碱解氮并不是一直升高,其中 T2 处理最高,生物炭用量超过 2.5%以后基质碱解氮呈现减低趋势。基质速效磷、速效钾含量随生物炭用量增加而增加,一方面是因为生物炭提高了磷石膏 pH,减少了铁、铝等对磷的固持;另一方面是因为生物炭自身含有丰富的磷、钾元素。

本试验中,柳枝稷在纯磷石膏基质中生长不理想,而在添加生物炭的基质中柳枝稷的株高和重量显著提高。可能原因是:纯磷石膏透气性不好、呈酸性,导致柳枝稷不能发芽。而生物炭施入磷石膏后,有效调控了基质 pH、透气性、养分,使得柳枝稷能够发芽生长,进而增加其产量。

5. 结论

1) 与对照相比,中低浓度(1%~5%)中药废渣生物炭可以显著增加磷石膏基质容重,而只要添加中药废渣生物炭均显著增加磷石膏基质含水量和 pH。

2) 与对照相比,添加中药渣生物炭均显著增加磷石膏基质有机质、速效磷和速效钾的含量,而只有添加比例为 2.5%的中药废渣生物炭均显著增加速效氮的含量,此外添加比例为 10%和 20%的中药渣生物炭均显著降低速效氮的含量。

3) 柳枝稷的株高、鲜重、干重随中药废渣生物炭用量增加呈先增加后减少的趋势,其中以添加比例为 2.5%的中药废渣生物炭对柳枝稷的株高、鲜重和干重促进作用最大。因此推荐添加比例为 2.5%的中药废渣生物炭改良磷石膏作为种植柳枝稷的栽培基质。

基金项目

贵州省教育厅青年科技人才成长项目(黔教合 KY 字[2021]246);贵州师范学院科研项目(2020BS019);贵州师范学院大学生创新创业训练计划项目(202214223165);贵州师范学院大学生自主研究科研项目(2021DXS004;2021DXS005;2021DXS006)。

参考文献

- [1] 许雪,齐明妍.柳枝稷在沧州盐碱地区引种适应性及园林应用[J].现代园艺,2021,44(11):62-64.
- [2] 高伟,归静,刘娟,等.重金属 Cd、Cu 以及干旱胁迫对柳枝稷的影响分析[J].家畜生态学报,2016,37(9):65-70.
- [3] 谷林静,白来汉,张乃明,等.菌根技术对磷石膏农用的强化效应[J].农业工程学报,2013,29(17):152-159.
- [4] 崔荣政,白海丹,高永峰,修学峰.磷石膏综合利用现状及“十四五”发展趋势[J].无机盐工业,2022,54(4):1-4.
- [5] Pérez-López, R., Castillo, J., Sarmiento, A.M. and Nieto, J.M. (2011) Assessment of Phosphogypsum Impact on the Salt-Marshes of the Tinto River (SW Spain): Role of Natural Attenuation Processes. *Marine Pollution Bulletin*, **62**, 2787-2796. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.008>
- [6] 童俊.“十三五”磷石膏处理处置现状及展望[J].建材发展导向,2018,16(16):6-11.
- [7] Woolf, D., Amonette, J.E., Street-Perrott, F.A., Lehmann, J. and Joseph, S. (2010) Sustainable Biochar to Mitigate Global Climate Change. *Nature Communications*, **1**, Article No. 56. <https://doi.org/10.1038/ncomms1053>

-
- [8] Lehmann, J. (2007) A Handful of Carbon. *Nature*, **447**, 143-144. <https://doi.org/10.1038/447143a>
- [9] Lehmann, J., Cowie, A., Masiello, C.A., *et al.* (2021) Biochar in Climate Change Mitigation. *Nature Geoscience*, **14**, 883-892. <https://doi.org/10.1038/s41561-021-00852-8>
- [10] 何绪生, 耿增超, 余雕, 等. 生物炭生产与农用的意义及国内外动态[J]. 农业工程学报, 2011, 27(2): 1-7.
- [11] Rajapaksha, A.U., Vithanage, M., Lee, S.S., *et al.* (2016) STEAM activation of Biochars Facilitates Kinetics and pH-Resilience of Sulfamethazine Sorption. *Journal of Soils and Sediments*, **16**, 889-895. <https://doi.org/10.1007/s11368-015-1325-x>
- [12] 史登林, 王小利, 段建军, 等. 生物炭对农业土壤及作物生长影响的研究进展[J]. 山地农业生物学报, 2020, 39(1): 50-57.
- [13] 侯新村, 胡艳霞, 孙宇, 等. 生物炭添加对滨海盐土柳枝稷生长的影响[J]. 中国草地学报, 2020, 42(1): 31-37.
- [14] 毛硕, 高金花, 章晓晖. 组合添加物对吉林西部苏打盐碱土改良效果的试验研究[J]. 节水灌溉, 2022(1): 85-90.
- [15] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [16] 钟晓晓, 王涛, 原文丽, 等. 生物炭的制备、改性及其环境效应研究进展[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2017, 40(5): 44-50.
- [17] 洪灿. 土壤改良剂对酸性土壤磷的生物有效性和土壤物理性质的影响[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2018.
- [18] 熊荟菁, 张乃明, 赵学通, 等. 秸秆生物炭对葡萄园土壤改良效应及葡萄品质的影响[J]. 土壤通报, 2018, 49(4): 936-941.
- [19] 武玉, 徐刚, 吕迎春, 邵宏波. 生物炭对土壤理化性质影响的研究进展[J]. 地球科学进展, 2014, 29(1): 68-79.