

doi:10.7515/JEE201404005

煤矸石与不同基质比例对小白菜生长的影响

王丽华, 关 禹, 王道涵, 刘冬月, 付 兴, 李永乐

(辽宁工程技术大学 环境科学与工程学院, 阜新 123000)

摘 要: 煤矸石是我国排放量最大的工业固体废弃物之一, 不仅占用大量的农田和土地, 还成为固、液和气三害俱全的污染源, 造成了一系列的生态环境问题。因此应加强对煤矸石的综合利用使其资源化。实验是在对煤矸石理化性质分析的基础上, 通过盆栽实验, 研究煤矸石与壤土和沙土这两种基质在不同配比下小白菜的各项生长指标及生物量情况。结果表明, 在保持花盆总重量不变的情况下, 随着煤矸石添加量的增加, 对小白菜的出苗率、株高、根重、鲜重等指标都有显著影响。当在壤土基质中添加煤矸石大于 300 g, 在沙土基质中添加煤矸石大于 250 g 时, 小白菜的各项生长指标情况及生物量呈明显下降趋势。为了达到对煤矸石的最大综合利用, 壤土与煤矸石的比例应为 3:2、沙土与煤矸石的比例应为 2:1, 这样使其利用率最大。

关键词: 煤矸石; 基质; 小白菜; 生长指标; 生物量

中图分类号: X705 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-9901(2014)04-0266-05

Effects of gangue with different substrates on the growth of Chinese cabbage

WANG Li-hua, GUAN Yu, WANG Dao-han, LIU Dong-yue, FU Xing, LI Yong-le

(College of Environmental Science and Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

Abstract: Gangue as one of the largest emissions of industrial solid wastes in China, not only takes up quantities of farmland, but also becomes the three sources of pollution harm of solid, liquid and gas, causes a series of ecological environment problems. Therefore we should strengthen the comprehensive utilization of gangue and let it become resources. The experiment was based on the analysis of its physical and chemical properties, through pot experiment, study on gangue together with two kinds of matrix that was loam and sand on the growth index and biomass of Chinese cabbage under different proportion. The results show that, while maintain the total weight of flowerpot, with the increase of gangue, the germination, plant height, root weight, fresh weight of Chinese cabbage has significant effect on the index. When adding gangue in loam matrix is greater than 300 g, adding gangue in sand matrix is greater than 250 g, the growth and biomass index of Chinese cabbage decreases significantly. In order to achieve the maximum comprehensive utilization of gangue, the proportion of loam and gangue should be 3:2, the proportion of sand and gangue should be 2:1, so that the gangue can achieve its maximum utilization.

Key words: gangue; substrate; Chinese cabbage; growth index; biomass

煤矸石是煤炭开采、洗选及加工过程中排放的固体废弃物(李玉凤和张锦瑞, 2005)。据不完全统计, 目前全国历年累计堆放的煤矸石约 45 亿 t, 规模较大的矸石山有 1600 多座, 占用土地

约 1.5 万公顷, 而且堆积量还以每年 1.5~2.0 亿 t 的速度增加。煤矸石的堆放不仅占用大量土地, 而且在一定条件下会发生自燃甚至爆炸事故, 造成人员伤亡和煤矿排矸系统的破坏, 影响安全生

收稿日期: 2014-03-27

通讯作者: 关 禹, E-mail: jingyu.chenzhen@163.com

产(段大文, 2012)。

同时, 煤矸石自燃排放出的二氧化硫、氮氧化物、碳氧化物和烟尘等有害气体, 污染周围大气环境, 严重影响矿区居民的身体健康(曾小梅和陈志刚, 2004)。无论从生态环境保护角度, 还是可持续发展观点来考虑, 对煤矸石的综合治理有十分重要的意义。因此, 应加大对煤矸石综合利用工作的力度, 加强煤矸石综合利用技术的开发和推广应用, 最终实现煤矸石的变废为宝, 促进煤炭工业的健康发展和国民经济的可持续发展(张策和何绪文, 1998; 国家安全生产监督管理总局, 2005; 裴晓东, 2006)。

世界各国对煤矸石的利用和改造都非常重视, 相关学者已有不少研究, 如: 作为工业原料、制砖原料、塌陷区的充填材料、发电等(吕英, 2005; 石磊等, 2005; 舒方才, 2008; 吴红, 2010; 孙刚和刘焕胜, 2012)。利用煤矸石为原料生产农用肥料, 在国内外已得到推广应用(王刚, 1996)。英国曾在小块土地上于播冬小麦前试施了浮选矸石制成的肥料, 结果增产7%~10%。美国在西红柿株周围的土壤上面盖一层洗矸, 除了提高产量10%~15%以外, 还使西红柿的成熟期有所提前。原苏联在不同的土地上试验了浮选矸石的肥效, 获得了较好的效果, 农作物增产15%~40%(何俊瑜等, 2001; 孙光闻等, 2005; 何俊瑜等, 2010; 马守臣等, 2011)。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验所用煤矸石来自山西省煤矿。

实验壤土为质地均匀的东北黑土, 沙土为原始的风沙土。

实验植物为小白菜, 来源于阜新市阜蒙县种子站。

1.2 实验方法

1.2.1 盆栽实验设计

将采样后的壤土和沙土进行自然风干, 煤矸石进行磨碎, 均过20目筛。盆栽实验所用花盆规格为长400 mm, 宽200 mm, 深4 mm。保持花盆总重量不变, 按壤土和沙土与煤矸石750 g+0 g、700 g+50 g、650 g+100 g、600 g+150 g、550 g+200 g、500 g+250 g、450 g+300 g、400 g+350 g、350 g+400 g、300 g+400 g的比例进行盆栽实验。

1.2.2 测试指标及方法

测试指标主要包括: 子叶出现所需天数、全苗所需天数、出苗率、株高、叶面积等。对于收割之后的小白菜测定的指标有: 鲜重、根长、株高、叶面积等。

测煤矸石基本理化性质方法: 用 K_2CrO_7 氧化法测量有机质含量; 用碱解扩散法测碱解氮; 用钼锑抗比色法测速效氮磷钾; 用电位法测量土壤pH值, 在V(水): m(土)=2.5条件下用pH计测定(鲍士旦, 2000)。煤矸石基本理化性质见表1。

表1 煤矸石基本理化性质
Table 1 Basic physical and chemical properties of gangue

基质	有机质 ($g \cdot kg^{-1}$)	碱解氮 ($mg \cdot kg^{-1}$)	速效磷 ($mg \cdot kg^{-1}$)	pH
煤矸石	27.604	9.1	1.80	5.7

2 结果与分析

2.1 壤土和沙土这两种基质与煤矸石不同比例对小白菜种子出苗率的影响

从表2、表3可以看出, 无论是子叶出现所需天数还是全苗所需天数, 均为煤矸石添加量少的较短, 一般影响种子发芽率的主要因素是温度、水分等, 因播种后每天上午、下午都喷水, 水分之间没有差异, 所以产生此结果的可能与温度有关, 因为煤矸石的颜色为黑色, 易吸收太阳温度, 温度过高, 不利于种子发芽。

就出苗率来看, 随着煤矸石添加量的增加,

壤土比沙土的出苗率高, 但到一定的比例, 沙土的出苗率比壤土的要高。

2.2 生物量的测定

在种植的第四周收割小白菜, 先用自来水将各组小白菜洗净后, 再用蒸馏水洗涤, 擦干表面水分, 每盆取4株样品, 用电子天平称每株样品的鲜质量, 用直尺测量植株的根长、株高、和叶宽(桑爱云等, 2007)。取平均值作为指标值。煤矸石与壤土和沙土不同比例下小白菜的生物量见表4、表5。

就小白菜的鲜重来看, 在保持花盆总重量不变

的情况下,当在壤土基质中添加煤矸石大于 300 g,在沙土基质中添加煤矸石大于 250 g 时,小白菜的各项生长指标情况及生物量呈明显下降趋势。当壤土与煤矸石的比例是 450 g+300 g 时,沙土与煤矸

石的比例是 500 g+250 g 时,小白菜的各项生长指标及生物量较好。所以为了达到对煤矸石的综合利用,壤土与煤矸石的比例应为 3:2、沙土与煤矸石的比例应为 2:1,这样使其利用率最大。

表 2 壤土与煤矸石不同比例对小白菜种子出苗率的影响
Table 2 Effect of soil and gangue in different proportions on Seed Germination of Cabbage

比例 (g)	日均温 (°C)	子叶出现所需天数 (d)	全苗所需天数 (d)	出苗率 (%)
750+0	26.3	2	6	69.0
700+50	26.5	2	6	65.0
650+100	26.6	2	6	64.5
600+150	26.7	3	7	58.0
550+200	26.7	3	7	51.5
500+250	26.9	3	7	37.5
450+300	27.2	3	8	50.5
400+350	27.8	3	8	45.0
350+400	28.2	3	9	36.5
300+450	28.6	3	9	31.5

表 3 沙土与煤矸石不同比例对小白菜种子出苗率的影响
Table 3 Effects of soil and gangue in different proportions on Seed Germination of Cabbage

比例 (g)	日均温 (°C)	子叶出现所需天数 (d)	全苗所需天数 (d)	出苗率 (%)
750+0	26.3	3	6	63.5
700+50	26.3	3	6	60.0
650+100	26.4	3	7	56.0
600+150	26.6	3	7	54.0
550+200	26.7	3	7	51.5
500+250	26.9	3	8	67.0
450+300	27.1	3	8	38.5
400+350	27.3	3	9	52.5
350+400	27.8	3	9	40.0
300+450	28.2	3	9	37.5

表 4 壤土与煤矸石不同比例下小白菜的生物量
Table 4 Biomass of cabbage in different proportion of soil and gangue

比例 (g)	株高 (mm)	茎叶重 (g)	根重 (g)	根长 (mm)	叶面积 (mm)	总鲜重 (g)
750+0	70.75	0.1577	0.00450	63.00	12×10	16.9838
700+50	59.75	0.1576	0.00337	34.25	15×9	15.1320
650+100	58.25	0.1462	0.00510	49.00	12×9	15.1021
600+150	59.50	0.1333	0.00300	47.25	12×8	15.0652
550+200	65.25	0.1515	0.00440	48.25	11×10	11.6640
500+250	47.25	0.1277	0.00172	41.75	13×9	5.8490
450+300	55.75	0.0933	0.00203	55.75	11×6	9.5983
400+350	58.00	0.1172	0.02662	34.00	10×7	6.6010
350+400	54.50	0.1344	0.00212	35.25	10×6	5.5058
300+450	47.25	0.1001	0.02575	35.25	10×7	2.8603

表5 沙土与煤矸石不同比例下小白菜的生物量
Table 5 Biomass of cabbage in different proportion of sand and gangue

比例 (g)	株高 (mm)	茎叶重 (g)	根重 (g)	根长 (mm)	叶面积 (mm)	总鲜重 (g)
750+0	52.50	0.1460	0.00153	14.75	14×10	12.5205
700+50	48.50	0.1475	0.00225	31.75	13×9	11.7402
650+100	42.25	0.1272	0.00268	31.25	12×8	9.0318
600+150	54.25	0.1493	0.00138	31.00	12×9	8.5071
550+200	53.00	0.1427	0.00628	23.00	11×9	5.3638
500+250	46.75	0.1322	0.00290	54.75	11×7	12.1467
450+300	41.50	0.0953	0.00190	42.75	10×7	2.7712
400+350	45.00	0.1023	0.00130	27.25	10×7	3.6216
350+400	36.25	0.0444	0.00058	14.75	8×5	1.3045
300+450	52.25	0.1229	0.00290	37.50	11×9	2.7199

3 讨论

煤矸石可以用作肥料,这是煤矸石综合利用的又一出路,可以避免堆积成矸石山。本研究为煤矸石的利用、开发提供了一种新途径。煤矸石和土壤基质掺合在一起,能够起到疏松土壤基质的作用,土地因长期使用化学肥料,有机质变得贫脊,土壤中的腐殖质逐渐枯竭,土壤孔隙度降低,变得坚硬,植物生长所需的空气、水分、微生物受到极大的影响,而煤矸石中含有较高的有机成分和其他矿物成分,因此能够改良土壤结构,使土壤的孔隙度增加,联通性好,提高了土壤的含水性能,煤矸石肥料就能够充分地溶解于水中,有利于植物根部的吸收,空气中的氧可以较充分地进入土壤和水中,促进好氧细菌和兼氧细菌的新陈代谢,分解有机物、丰富土壤腐殖质,从而土地得到“肥化”,增进植物的生长。

利用煤矸石作肥料时,最好掺入适量的农家肥,一方面起增强肥力作用;另一方面可以中和煤矸石中对作物有害的成分。

4 结论

实验以小白菜为种植材料,从出苗情况、幼苗形态和幼苗生理指标等方面探讨了煤矸石作为肥料的可行性,并且对于基质是壤土和沙土进行了对比,结果表明随着煤矸石添加量的增加,壤土比沙土の出苗率高,但到一定的比例,沙土の出苗率比壤土的要高。壤土本身的颜色要比沙土深,最初时壤土较易吸收光,温度高,所以出苗率要高,但到一定量时,由于温度过高,反而不利于种子发芽。当壤土与煤矸石的比例在3:2,沙

土与煤矸石的比例在2:1时,小白菜的生长情况及各项指标达到对煤矸石最大的综合利用。

参考文献

- 鲍士旦. 2000. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社. [Bao S D. 2000. Agricultural chemical assay of soil (third edition) [M]. Beijing: China Agriculture Press.]
- 段大文. 2012. 矸石山综合治理及煤矸石深加工项目技术与实施[J]. *山西建筑*, 38(32): 223-224. [Duan D W. 2012. On comprehensive treatment of coal waste dump and its deep processing and implementation [J]. *Shanxi Architecture*, 38(32): 223-224.]
- 国家安全生产监督管理总局. 2005. 赵铁锤在煤矿矸石山灾害防范与治理工作专家研讨会上的讲话. [State Administration of Work Safety. 2005. Zhao Tie-chui's speech at the expert seminar on prevention and treatment of coal gangue dump disaster.]
- 何俊瑜, 任艳芳, 李亚灵, 等. 2010. 煤矸石作无土栽培基质的可行性研究[J]. *环境科学与技术*, 3(11): 163-166. [He J Y, Ren Y F, Li Y L, et al. 2010. Feasibility study on gangue as soilless substrates [J]. *Environmental Science & Technology*, 3(11): 163-166.]
- 何俊瑜, 温祥珍, 李亚灵, 等. 2001. 开发煤矸石作无土栽培基质的研究[J]. *华北农学报*, 16(S1): 103-106. [He J Y, Wen X Z, Li Y L, et al. 2001. Study on soilless culture for the development of coal gangue [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 16(S1): 103-106.]
- 李玉凤, 张锦瑞. 2005. 煤矸石浸出脱铁试验研究[J]. *河北理工学院学报*, 27(3): 6-10. [Li Y F, Zhang J R. 2005. The study of improving coal gangue by lixiviation [J].

- Journal of Hebei Institute of Technology*, 27(3): 6–10.]
- 吕英. 2005. 抓住机遇、促进发展, 努力做好煤矸石综合利用工作 [J]. *煤炭加工与综合利用*, (4): 6–8. [Lv Y. 2005. Seize the opportunity, promote the development, and strive to do a good job of coal gangue comprehensive utilization [J]. *Coal Processing and Comprehensive Utilization*, (4): 6–8.]
- 马守臣, 吕鹏, 李春喜, 等. 2011. 不同改良措施对煤矸石污染土壤上大豆生长的影响 [J]. *生态与农村环境学报*, 27(5): 101–103. [Ma S C, Lv P, Li C X, et al. 2011. Effect of soil amendments on growth of soybean in coal gangue contaminated soil [J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 27(5): 101–103.]
- 裴晓东. 2006. 煤矿矸石山自然发火机理及其综合防治技术研究 [D]. 徐州: 中国矿业大学. [Pei X D. 2006. Mechanism and comprehensive prevention and control technology of coal spontaneous combustion gangue [D]. Xuzhou: China University of Mining and Technology.]
- 桑爱云, 夏炜琳, 王华, 等. 2007. 不同改良剂对铅污染砖红壤的修复效果 [J]. *中国农学通报*, 23(8): 503–506. [Sang A Y, Xia W L, Wang H, et al. 2007. Study on the remediation effect of different ameliorant to the Pb polluted in granitic latosol [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 23(8): 503–506.]
- 石磊, 牛冬杰, 金龙, 等. 2005. 煤矸石的综合利用 [J]. *煤化工*, 8(4): 15–18. [Shi L, Niu D J, Jin L, et al. 2005. Comprehensive utilization of coal shale [J]. *Coal Chemical Industry*, 8(4): 15–18.]
- 舒方才. 2008. 大屯矿区实现煤炭资源综合利用的分析 [J]. *选煤技术*, 126(4): 126–129. [Shu F C. 2008. Analysis and implementation of comprehensive utilization of coal resources in Datun mining area [J]. *Coal Preparation Technology*, 126(4): 126–129.]
- 孙刚, 刘焕胜. 2012. 煤矸石资源化利用现状及其进展 [J]. *煤炭加工与综合利用*, (3): 53–56. [Sun G, Liu H S. 2012. Status and progress of coal gangue resource utilization [J]. *Coal Processing and Comprehensive Utilization*, (3): 53–56.]
- 孙光闻, 朱祝军, 方学智. 2005. 不同 Cd 水平对小白菜生长及其营养元素含量的影响 [J]. *农业环境科学学报*, 24(4): 658–661. [Sun G W, Zhu Z J, Fang X Z. 2005. Effects of different Cd levels on the growth and nutrient elements in pakchoi [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 24(4): 658–661.]
- 王刚. 1996. 利用煤矸石生产肥料 [J]. *煤炭加工与综合利用*, (6): 10–11. [Wang G. 1996. The use of coal gangue for fertilizer production [J]. *Coal Processing and Comprehensive Utilization*, (6): 10–11.]
- 吴红. 2010. 六盘水市煤矸石资源化利用分析 [J]. *中国资源综合利用*, 28(12): 27–29. [Wu H. 2010. Analysis the characteristics and comprehensive utilization of gangue in Liupanshui [J]. *China Resources Comprehensive Utilization*, 28(12): 27–29.]
- 曾小梅, 陈志刚. 2004. 煤矿区固体废弃物——煤矸石的综合利用 [J]. *太原城市职业技术学院学报*, (4): 160–170. [Zeng X M, Chen Z G. 2004. Comprehensive utilization of coal mine solid waste—coal gangue [J]. *Journal of Taiyuan Urban Vocational College*, (4): 160–170.]
- 张策, 何绪文. 1998. 煤矿固体废物治理与利用 [M]. 北京: 煤炭工业出版社. [Zhang C, He X W. 1998. Treatment and utilization of coal mine solid waste [M]. Beijing: China Coal Industry Publishing House.]