

煤矸石主要物理特性及在栽培基质中应用的可行性分析

唐升引,蒋永吉,陈 静,王鑫鹏,王益权
(西北农林科技大学资源环境学院,陕西 杨凌 712100)

摘 要: 针对煤矿区煤矸石堆积,污染环境,堵塞河道,易造成地质安全等问题,谋求将煤矸石用于栽培基质的主要物料和低产土壤的改良剂。基于煤矸石在栽培基质中应用的可行性为主要研究目标,分别以采自陕西彬县、神木煤矸石为材料,研究了煤矸石的比重、斥水特性及改良措施与效果,结果表明:彬县和神木两地的煤矸石比重分别为 $1.89\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 和 $2.06\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$;神木煤矸石具有轻微斥水性,掺混 6.31% 以上的农田耕层土壤就能达到消除斥水性的目的;而彬县煤矸石具有严重斥水性,需用 0.2% 的湿润剂溶液喷洒煤矸石,就能达到消除斥水性的障碍,且效果较为持久。由此得出结论是,就煤矸石的物理性状而言,尽管存在着不同的斥水性障碍,但通过一定的改良,就可具备在栽培基质中使用的可行性。

关键词: 煤矸石;比重;斥水性;栽培基质;可行性
中图分类号: S316;X752 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)03-0209-05

Major physical characteristics of gangue and feasible analysis for the application in cultivation matrix

TANG Sheng-yin, JIANG Yong-ji, CHEN Jing, WANG Xin-peng, WANG Yi-quan
(College of Resources and Natural Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In view of the problems of gangue stacking, environmental pollution, blocking rivers and causing geological safety, explored the gangue for the main material of cultivation matrix and low-yield soil amendment. Based on the main research goal of the feasibility for gangue being used in cultivation matrix, collected gangue from Binxian and Shenmu as for materials, has researched the specific gravity, water repellency, improving technology and effect for the gangue. The results showed that: The specific gravity were $1.89\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ and $2.06\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, respectively, for the gangue from Binxian and Shenmu. The Shenmu gangue had slight water repellency, and the water repellency could be eliminated by mixed more than 6.31% cultivated soil. However, the Binxian gangue had serious water repellency, and needed mixing 0.2% wetting agent solution, the water-repellence could be eliminated, also had a longed lasting improving effect. Accordingly, as for the physical characteristics of gangue, it had feasibility to use gangue in the cultivation matrix by a certain improvement although it had various degree of water repellency.

Keywords: gangue; specific gravity; water repellency; cultivation matrix; feasibility

煤炭作为我国的主要能源,在其开采过程中产生了大量的煤矸石。在矿区煤矸石堆积,压占土地,污染环境,堵塞河流,诱发地质灾害等^[1]。一般情况下煤矸石的产出量几乎占到煤炭产量的 15% 左右,按此推算陕西省各煤矿每年会有 1200~1500 万 t 的煤矸石露天堆放^[2]。所以,开展煤矸石的合理有效利用研究显得极为必要。煤矸石同样是一种自然资源,人们利用酸浸法从煤矸石中获得了各类无机高分子絮凝剂材料^[3];利用煤矸石提取腐殖酸,制取肥料添加剂以及各类抗旱剂等^[4];用煤矸石生产水泥、混凝土轻质骨料、耐火瓷砖等建筑材料等^[5]。尽管煤矸石已开发的利用途径很多,但利用量仍极为有限,需进一步开发更广泛的利用途径。

现代设施农业快速发展以及以降低城市热岛效

收稿日期:2013-10-30
基金项目:大学生创新创业训练项目“煤矸石在人造土壤与低产土壤改良中应用研究”(1210712067)
作者简介:唐升引(1993—),女,陕西安康人,在读本科生,研究方向为矿产资源开发与应用研究。E-mail:1286363175@qq.com。
* 通信作者:王益权(1957—),男,陕西旬邑人,教授,博导,从事土壤物理与土壤改良研究。E-mail:439073528@qq.com。

应为主要目标的城市立体绿化、美化工程蓬勃兴起,需要大量能够满足作物生长的人造栽培基质。然而,以工农业及生活废弃物为主料的栽培基质极为有限,难以满足设施栽培及城市美化的巨大需求量。煤矸石是一种天然的有机矿藏资源,富含有机物质和活性腐殖酸,能增加基质的蓄水保墒能力,刺激作物生长,满足栽培基质的需求^[6]。继续深入探求煤矸石在栽培基质以及土壤改良中的利用途径及效应,对于获得现代栽培基质的替代品,充分利用矿区资源、改善矿区生态环境具有十分重要的现实意义。本文初步以煤矸石的比重、水分物理特性研究为切入点,探求煤矸石在栽培基质中利用的可行性,并依据其存在的问题探求校正措施,为在栽培基质中大量开发利用煤矸石提供科学依据。

1 材料与方法

供试煤矸石于 2012 年 7 月分别采自陕西省彬县和神木两地的煤矿,依据土壤颗粒基本组成,将煤矸石样品用不锈钢粉碎机粉碎,并过 1 mm 筛后备用。

试验所用土样采自关中塬土农田耕层 0 ~ 20 cm,土样经风干后磨细过 1 mm 筛备用,土壤质地属于重壤质。试验所用湿润剂属于表面活性剂类。

从物理特性出发,笔者认为煤矸石在栽培基中应用的可行性主要涉及比重和水分物理特性,尤其是其斥水性。为此,采用比重瓶法测定煤矸石的比重;采用重铬酸钾容量法——外加加热法测定煤矸石的有机质;采用滴水穿透时间法(WDPT)^[7]测定煤矸石的斥水性。

2 结果与讨论

2.1 煤矸石的比重

比重是物质组成的函数,它的大小一方面反映了各地煤矸石的矿物特征以及有机物含量;另一方面在现代屋顶美化的栽培基质中,基质的比重是计算房屋及地基承载量以及基质稳定性的重要参数。比重过大的物质会增大房屋及地基的承载量,而比重过小的物质在屋顶易发生风蚀,不利于基质稳定。在设施栽培中比重小的基质不利于固定根系,支撑植株直立等。供试的彬县煤矸石的比重及基本组成测定结果见表 1,显示出彬县煤矸石比重小于神木煤矸石,且两地煤矸石的比重均小于一般土壤比重的平均值 $2.65\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,这既表明煤矸石中有机物含量占有的份额相对较高,符合选择栽培基质物料的基本要求,同时,也体现着不同煤矸石在产地间的差

异性。仅从比重而言,两地煤矸石均符合栽培基质的需求,从有机物料看彬县煤矸石作为栽培基质要好于神木。本实验所获得的两地煤矸石比重值将作为屋顶栽培基质设计时的主要技术参数之一,配合其它轻体材料,将构成理想比重的栽培基质。

表 1 煤矸石的比重及基本组成		
Table 1 Specific gravity and basic composition of gangue		
种类 Types	比重 Specific gravity /($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	有机质 Organic matter /($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
彬县煤矸石 Binxian gangue	1.89 ± 0.04	783.96 ± 1.53
神木煤矸石 Shenmu gangue	2.06 ± 0.06	449.51 ± 1.18

2.2 煤矸石的斥水性

所谓斥水性(water-repellence)是指水分不能或很难湿润土壤颗粒表面的物理现象^[8],一般用滴水穿透时间法(Water drop penetration time method,即WDPT)来表示斥水性大小。洒在干燥斥水土壤表面上的水分,较长时间滞留在地表,不能或难以入渗,或者只能在压力势作用下使水分入渗,也难以达到均匀湿润。普遍认为斥水性是由于土壤中有有机物质造成的,如腐殖酸、富里酸和蜡质等。在一般园艺栽培基质中常用的诸如草炭和树皮等有机物料均属斥水性物质,因为这类物质表面存在着蜡质疏水层^[9]的缘故。具有斥水性的基质,对作物生长以及水肥管理效率有严重影响。斥水性的存在,使浇灌水时水分不能或很难均匀湿润整个栽培基质,在基质体内常产生“干域”,影响种子发芽和作物根系生长,也易使水分沿着盆钵边缘下渗,汇集在盆底而流失,造成水、肥资源浪费^[10]。强斥水性基质内部易发生干燥化,基质表面容易积水,增强土壤表面蒸发量,影响栽培环境的空气湿度。因此,作为一种合格的人工栽培基质应该是没有斥水性的($\text{WDPT} < 5\text{ s}$),这样才有利用于植物从基质中吸收足够的水分和养分。那么,煤矸石斥水性如何,至今无资料可以借鉴。

从上述可知,煤矸石作为有机矿藏资源,其斥水性是直接影响作为栽培基质可行性的的重要因素。供试的彬县和神木两地煤矸石的斥水性测定结果详见表 2,显示彬县煤矸石具有严重斥水性($600\text{ s} \leq \text{WDPT} \leq 3\ 600\text{ s}$)、神木煤矸石具有轻微斥水性($5\text{ s} \leq \text{WDPT} \leq 60\text{ s}$),从斥水性大小可知,彬县煤矸石又劣于神木煤矸石。煤矸石的斥水性大小似乎与有机物的含量成相关关系,验证了在有机矿物资源中,高含

量的有机物是造成斥水性的主要原因(参阅表 1)。供试煤矸石不同程度的斥水性成为作为栽培基质主料的制约因素,在必须以煤矸石为主料,配置栽培基质情况下,寻求斥水性的有效改良措施显得极为重要。

2.3 煤矸石斥水性改良措施与效果

2.3.1 神木煤矸石斥水性改良 煤矸石是作为配置栽培基质的主要成分,往往需和其它物料一起搭配,粘土是常用的配料之一。利用粘土颗粒的吸附性和亲水性原理,是否可以达到改善煤矸石斥水性的目的。试验得出,对于具有轻微斥水性的神木煤矸石而言,只需将煤矸石与一定量的耕层土壤掺混,

就可以降低煤矸石的斥水性,表 3 显示,只要掺土的比例在 7.5% 以上,就可以使基质失去斥水性。

表 2 煤矸石斥水性基本情况(滴水穿透时间法)

Table 2 The basic information of water repellency for gangue (water drop penetration time method)

种类 Types	WDPT/s	斥水性等级 Water repellency levels
彬县煤矸石 Binxian gangue	1178.10 ± 4.67	严重 Serious
神木煤矸石 Shenmu gangue	5.82 ± 0.36	轻微 Slight

表 3 掺混耕层土对神木煤矸石斥水性的改良

Table 3 Improvement of water repellency by mixing cultivated soil for the Shenmu gangue

处理 Treatment	测点数 Measuring points	最大值 Maximum /s	最小值 Minimum /s	极差 Range /s	平均值 Average /s	斥水性等级 Water repellency levels
神木煤矸石 + 0% 耕层土 Shenmu gangue + 0% topsoil	10	6.93	5.05	1.88	5.82	轻微斥水性 Slight water repellency
神木煤矸石 + 5% 耕层土 Shenmu gangue + 5% topsoil	10	5.97	4.20	1.77	5.33	轻微斥水性 Slight water repellency
神木煤矸石 + 7.5% 耕层土 Shenmu gangue + 7.5% topsoil	10	5.47	4.10	1.37	4.81	无斥水性 No water repellency
神木煤矸石 + 10% 耕层土 Shenmu gangue + 10% topsoil	10	4.85	3.58	1.27	4.26	无斥水性 No water repellency
神木煤矸石 + 12.5% 耕层土 Shenmu gangue + 12.5% topsoil	10	4.26	3.23	1.03	3.87	无斥水性 No water repellency

进一步分析掺土量与煤矸石斥水性的基本关系,以便确定精确的掺土量。图 1 清楚地显示着 WDPT(y)与所掺入耕层土壤量(x)呈显著负线性关系: $y = -0.2023x + 6.3419$ 。依据斥水性分级标准($WDPT < 5\text{ s}$)和该模型,不难得出,只需给煤矸石中掺混入 6.31% 以上的耕层土壤,就可以完全消除煤矸石的斥水性,符合栽培基质条件。

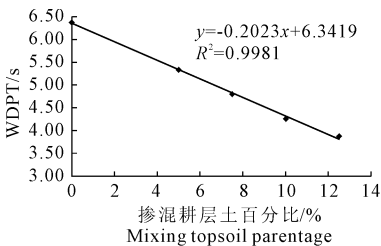


图 1 掺混耕层土百分比与 WDPT 的相关关系

Fig.1 Correlation between mixing cultivated soil and WDPT

2.3.2 彬县煤矸石的斥水性改良 对于具有较高斥水性的彬县煤矸石而言,为了改良其斥水性,设置了两种煤矸石的斥水性改良措施方案。

方案一: 同样采用分别掺混 5%、10%、15%、20% 的耕层土壤,其测定结果如表 4 所示,试验结果表明,因彬县煤矸石表面的斥水性强烈,仅依靠掺入少量耕层土壤的方法,只能有限地改善煤矸石的斥水性,达不到理想栽培基质要求,如掺土量过大,不符合有机栽培基质需求。可见,依靠掺加少量耕层土壤,不是改良彬县煤矸石斥水性的有效方法。

方案二:向彬县煤矸石中按比例添加表面活性型湿润剂,改变煤矸石表面遇水的亲和性。试验结果表明,使用湿润剂可以有效地改良彬县煤矸石的斥水性。掺混的方法分为将湿润粉剂与煤矸石干混和将湿润剂溶解施入两种,其结果分别见表 5 和表 6。

表 5 显示,使用少量湿润剂对煤矸石的斥水性具有明显的改良效果。改良后各处理的斥水性测定结果(WDPT)值仍在 2 s 以上,这是因为少量颗粒状的湿润剂与煤矸石不能充分混合均匀,也表明用采用干混法加入湿润剂,因难以与煤矸石混合均匀的缘故,达不到最佳改良斥水性的效果。

表 4 掺混耕层土对彬县煤矸石斥水性的改良

Table 4 Improvement of water repellency by mixing cultivated soil for the Binxian gangue

处理 Treatment	测点数 Measuring points	最大值 Maximum /s	最小值 Minimum /s	极差 Range /s	平均值 Average /s	斥水性等级 Water repellency levels
煤矸石 + 5% 耕层土 Gangue + 5% topsoil	10	177.45	163.83	13.62	169.63	强烈斥水性 Strong water repellency
煤矸石 + 10% 耕层土 Gangue + 10% topsoil	10	115.74	103.85	11.89	109.42	强烈斥水性 Strong water repellency
煤矸石 + 15% 耕层土 Gangue + 15% topsoil	10	77.97	65.29	12.68	71.54	强烈斥水性 Strong water repellency
煤矸石 + 20% 耕层土 Gangue + 20% topsoil	10	35.52	26.07	9.45	31.96	轻微斥水性 Slight water repellency

表 5 掺混湿润剂对彬县煤矸石斥水性的改良(干混法)

Table 5 Improvements of water repellency by mixing wetting agent on Binxian gangue (dry-mixing method)

处理 Treatment	测点数 Measuring points	最大值 Maximum /s	最小值 Minimum /s	极差 Range /s	平均值 Average /s	斥水性等级 Water repellency levels
煤矸石 + 5% 湿润剂 Gangue + 5% wetting agent	10	5.36	2.73	2.63	3.48	无斥水性 No water repellency
煤矸石 + 10% 湿润剂 Gangue + 10% wetting agent	10	4.78	2.31	2.47	2.75	无斥水性 No water repellency
煤矸石 + 15% 湿润剂 Gangue + 15% wetting agent	10	8.94	5.81	3.13	6.99	轻微斥水性 Slight water repellency

表 6 掺混湿润剂对彬县煤矸石斥水性的改良(湿混法)

Table 6 Improvements of water repellency by mixing wetting agent on Binxian gangue (wet mixing method)

处理 Treatment	测点数 Measuring points	最大值 Maximum /s	最小值 Minimum /s	极差 Range /s	平均值 Average /s	斥水性等级 Water repellency levels
煤矸石 + 0.2% 湿润剂 Gangue + 0.2% wetting agent	10	1.92	1.22	0.70	1.70	无斥水性 No water repellency
煤矸石 + 0.4% 湿润剂 Gangue + 0.4% wetting agent	10	2.88	2.25	0.63	2.70	无斥水性 No water repellency
煤矸石 + 0.6% 湿润剂 Gangue + 0.6% wetting agent	10	2.05	1.32	0.73	1.64	无斥水性 No water repellency
煤矸石 + 0.8% 湿润剂 Gangue + 0.8% wetting agent	10	2.96	2.30	0.66	2.65	无斥水性 No water repellency
煤矸石 + 1.0% 湿润剂 Gangue + 1.0% wetting agent	10	3.14	2.43	0.71	2.73	无斥水性 No water repellency

由表 6 可知,以溶液的形式,采用湿混法加入湿润剂,对煤矸石斥水性的改良效果明显优于干混法。由湿混法获得结果,水滴入渗时间(WDPT)的极差均在 1 s 以内,表明了湿混法使湿润剂与煤矸石能够充分混合均匀,且只需喷洒 0.2% 的湿润剂溶液就可以明显地消除煤矸石的斥水性,极大地节约了湿润剂的用量。

用湿润剂改良煤矸石的斥水性,必须考虑其效果的持久性。结合基质栽培期间反复灌溉,可能会影响到湿润剂的改良效果,为此,对改良后的煤矸石采用浇灌水量为 3 倍于煤矸石的灌溉方法,多次淋洗,将经淋洗后的煤矸石再于 105℃ 下烘干,同样采

用滴水穿透法,测定不同次数淋洗后煤矸石的斥水性变化情况,其结果如表 7 所示。

由表 7 中显示,湿润剂改良彬县煤矸石的斥水性在经过不同次数淋洗过程中,均具有较为持久的稳定性,其湿润效果不会因为给基质浇水而消失,证明所选用的湿润剂既可以有效地消除煤矸石的斥水性,而且具有持久性,为彬县煤矸石在基质栽培中的应用消除了基本的障碍因素。

综上分析可知:神木煤矸石具有轻微斥水性,掺混一定量的耕层土壤即可有效消除其斥水性。彬县煤矸石虽具有严重斥水性,但喷洒少量湿润剂溶液,就能达到持久改良其斥水性的目的,从而消除在栽培基质中应用的障碍。

表 7 不同次数淋洗对改良后煤矸石的斥水性的影响

Table 7 Effects of different leaching times to the water repellency of gangue

淋洗次数 Leaching times	处理 Treatment	测点数 Measuring points	最大值 Maximum /s	最小值 Minimum /s	极差 Range /s	平均值 Average /s	斥水性等级 Water repellency levels
第一次 The first time	煤矸石 + 0.2% 湿润剂 Gangue + 0.2% wetting agent	10	3.04	2.24	0.80	2.81	无斥水性 No water repellency
	煤矸石 + 0.4% 湿润剂 Gangue + 0.4% wetting agent	10	2.90	2.38	0.52	2.72	无斥水性 No water repellency
	煤矸石 + 0.6% 湿润剂 Gangue + 0.6% wetting agent	10	3.58	2.81	0.77	3.13	无斥水性 No water repellency
	煤矸石 + 0.8% 湿润剂 Gangue + 0.8% wetting agent	10	4.95	4.17	0.78	4.58	无斥水性 No water repellency
	煤矸石 + 1.0% 湿润剂 Gangue + 1.0% wetting agent	10	4.89	4.13	0.76	4.77	无斥水性 No water repellency
第二次 The second time	煤矸石 + 0.2% 湿润剂 Gangue + 0.2% wetting agent	10	5.04	4.23	0.81	4.76	无斥水性 No water repellency
	煤矸石 + 0.4% 湿润剂 Gangue + 0.4% wetting agent	10	3.96	3.22	0.74	3.77	无斥水性 No water repellency
	煤矸石 + 0.6% 湿润剂 Gangue + 0.6% wetting agent	10	4.64	3.82	0.82	4.33	无斥水性 No water repellency
	煤矸石 + 0.8% 湿润剂 Gangue + 0.8% wetting agent	10	5.38	4.50	0.88	4.78	无斥水性 No water repellency
	煤矸石 + 1.0% 湿润剂 Gangue + 1.0% wetting agent	10	1.59	1.03	0.56	1.27	无斥水性 No water repellency
第三次 The third time	煤矸石 + 0.2% 湿润剂 Gangue + 0.2% wetting agent	10	2.96	2.08	0.88	2.55	无斥水性 No water repellency
	煤矸石 + 0.4% 湿润剂 Gangue + 0.4% wetting agent	10	3.21	2.47	0.74	2.81	无斥水性 No water repellency
	煤矸石 + 0.6% 湿润剂 Gangue + 0.6% wetting agent	10	2.48	1.67	0.81	2.19	无斥水性 No water repellency
	煤矸石 + 0.8% 湿润剂 Gangue + 0.8% wetting agent	10	4.97	4.29	0.68	4.57	无斥水性 No water repellency
	煤矸石 + 1.0% 湿润剂 Gangue + 1.0% wetting agent	10	3.23	2.38	0.85	2.68	无斥水性 No water repellency

3 结 论

1) 供试的两地煤矸石比重分别是,彬县煤矸石平均为 1.89 g·cm⁻³,神木煤矸石的比重平均为 2.06 g·cm⁻³,均小于一般土壤颗粒比重。

2) 供试两种煤矸石均存在着程度不同的斥水性,其中神木煤矸石具有轻微斥水性,只需掺混 6.31% 以上耕层土壤就可以基本消除斥水性。彬县煤矸石具有强的斥水性,需要使用湿润剂才能达到有效改良斥水性的目的,其中用 0.2% 的湿润剂溶液喷洒煤矸石,较使用干粉湿润剂能够显著节约湿润剂使用量,实现了改良斥水性,消除应用障碍的目的。同时,改良后的煤矸石不会因灌水而恢复斥水性,即改良效果较为持久。

参 考 文 献:

[1] 王淑霞,鲁孟胜,邱法林,等.固体废弃物的生态环境效应分析

——以兖济滕矿区煤矸石为例[J].煤炭企业管理,2009,21(9): 49-54.

[2] 赵生茂,达生裕.煤矸石——可利用的资源[J].煤炭企业管理, 2005,(2):53.

[3] 王春华.煤矸石制备无机高分子絮凝剂的分析[J].选煤技术. 2005,(1):18-19.

[4] 许旭旦.黄腐酸(FA)研究的意义与成就[J].腐植酸.1996,(1): 32-34.

[5] 朱宝忠,谢承卫.煤矸石综合利用的研究进展[J].贵州大学学报(自然科学版),2007,24(5):520-525.

[6] 何俊瑜,任艳芳,李亚灵,等.煤矸石作无土栽培基质的可行性研究[J].环境科学与技术,2010,33(11):163-166.

[7] 吴延磊,李子忠,龚元石.两种常用方法测定土壤斥水性结果的相关性研究[J].农业工程学报,2007,23(7):8-13.

[8] 杨邦杰.土壤斥水性引起的土地退化、调查方法与改良措施研究[J].环境科学,1993,15(4):88-90.

[9] 郭世荣.固体栽培基质研究、开发现状及发展趋势[J].农业工程学报.2005,21(12):1-4.

[10] 崔 敏,宁召民,张志国.斥水性生长介质中湿润剂的使用 [J].北方园艺.2007,(6):72-73.