

# 利用煤矸石基质进行小白菜无土栽培研究

何俊瑜<sup>1</sup>, 任艳芳<sup>1</sup>, 李亚灵<sup>2</sup>, 温祥珍<sup>2</sup>

(1. 贵州大学 农学院, 贵州 贵阳 550025; 2 山西农业大学 园艺学院, 山西 太谷 030801)

**摘 要:**以小白菜为材料, 分析了脱硫煤矸石基质对小白菜的生长及产量品质的影响。结果表明: 在脱硫煤矸石基质上, 幼苗成活率在 90% 以上; 植株的生长速率、光合速率、产量均高于土壤, 与炉渣相接近。且脱硫煤矸石中的小白菜品质高于土壤中, 表现为 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量降低和维生素 C 含量的提高。脱硫处理的煤矸石作为无土栽培基质是可行的。

**关键词:**小白菜; 煤矸石; 产量; 品质

中图分类号: S 634.3; S 604<sup>+</sup>.7 文献标识码: A 文章编号: 1001—0009(2008)12—0035—03

煤矸石是煤炭开采、洗选及加工过程中排放的废物, 约占煤炭产量的 15% 或更多, 是煤矿区生态环境遭破坏的主要原因之一。据不完全统计, 我国每年排放煤矸石约 1.5~2.0 亿 t, 历年堆积量达 35 亿 t, 占地面积约 22 万 hm<sup>2</sup>。煤矸石的堆积占用了大量土地, 引发矿地矛盾; 风化后的矸石山极易发生扬尘、水土流失、泥石流等灾害。而且由于煤矸石中含有硫、炭、黄铁矿等物质, 极易发生氧化自燃<sup>[1]</sup>, 据统计我国现有 1 500 座矸石山, 其中 1/3 发生过或者正在发生自燃, 严重污染矿区的大气环境和水环境, 并使土壤酸化, 严重限制植物的成活和生长, 破坏了当地的生态环境。因此, 煤矸石山的大量积存导致严重的社会和环境问题<sup>[2-3]</sup>。世界各国对煤矸石的利用和改造都非常重视, 如: 煤矸石的再选、煤矸石作为充填材料、作为工业原料、制砖原料等<sup>[2-3]</sup>。国外煤矸石的综合化利用率可达到 60% 左右。我国是从 20 世纪 70 年代起开始研究煤矸石的综合利用, 目前利用率不到 30%。在当前耕地日益减少, 无土栽培技术日趋成熟并广泛应用的前提下, 对煤矸石进行改造、治理, 使其变成可利用的资源, 并改善矿区生态环境, 具有十分重要的意义。研究能否利用煤矸石吸热贮热和较耐风化的特点, 作为无土栽培基质是一项有意义的工作。针对煤矸石中含硫高不利于作物生长的特点, 采用不同脱硫处理对其进行脱硫, 得到一种效果较好的脱硫方法<sup>[4]</sup>。该研究利用经过脱硫处理后的煤矸石进行小白菜栽培, 并对其生长状况、产量品质进行分析, 旨在为煤矸石的再利用和无土栽培的发展、特别是基质的开发提供一些

理论依据及实践指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验所用煤矸石来自山西省灵石县, 经粉碎、粒径 (0.5 cm) 筛选、清洗后进行脱硫处理<sup>[4]</sup>。供试蔬菜: 小白菜, 品种为飘儿白。

### 1.2 试验方法

1.2.1 试验处理与栽培床设计 试验以脱硫处理过的煤矸石为栽培基质, 同时以未脱硫处理的煤矸石、菜园土、炉渣基质为对照, 共 4 个处理。各种基质的农化性质见表 1。每个处理重复 3 次, 采用随机区组排列。在温室中栽培床设计与建造: 以建筑用砖为建材, 每个床规格 (内径) 长 200 cm, 宽 100 cm, 深度 18 cm; 栽培床南北延长, 床内铺 135 cm 幅宽的塑料膜两层。共铺设 12 个床, 每床添装基质厚度 16 cm。

表 1 基质的农化性质

基质	pH	电导度 / %	有效氮 / mg · kg <sup>-1</sup>	速效磷 / mg · kg <sup>-1</sup>	有效钾 / mg · kg <sup>-1</sup>	全硫 / %	有效硫 / %
脱硫煤矸石	5.1	0.19	3.30	2.7	20.40	0.49	0.09
未脱硫	3	0.53	4.13	7.70	5.10	3.53	0.83
炉渣	6.7	0.316	18.99	0.90	151.3	3.41	0.29
土壤	6.5	0.034	16.50	23.1	78.20	—	—

1.2.2 蔬菜作物育苗及定植 采用营养土育苗, 选取长势一致、苗龄为 21 d 的小白菜幼苗定植于各栽培槽中, 株行距 20 cm×20 cm。所用营养液配方参照文献<sup>[7]</sup>。

1.2.3 测试项目及方法 定植后测定了各种基质上植株的缓苗期, 统计成活率。定植后于第 3 周测定了每个处理中植株的干重、叶绿素含量、单株叶面积、光合参数, 并计算相对生长率 (RGR)<sup>[8]</sup>, 并于收获时测定了产量、维生素 C、硝酸盐。叶绿素的测定采用丙酮提取法<sup>[9]</sup>, 光合参数 (光合速率、气孔导度和蒸腾速率) 的测定于晴天上午 10 时采用 CI-301PS 光合作用测定仪, 维生素 C 含量的测定采用 2,6-二氯酚酚滴定法<sup>[9]</sup>, 硝酸盐含

第一作者简介: 何俊瑜(1975-), 男, 博士, 副教授, 主要从事植物环境生理方面的研究。E-mail: junyue0303@126.com。  
基金项目: 贵州大学人才基金资助项目 (X060036); 山西省留学生回国人员 科研基金资助项目 (96053)。  
收稿日期: 2008—07—08

量测定采用对氨基苯黄酸-盐酸-α萘胺显色比色法测定<sup>[19]</sup>。

1.3 数据分析

所有数据均采用 SPSS 10.0 进行统计分析,表中同一列数据后不同字母表示差异达显著水平。

2 结果与分析

2.1 小白菜幼苗成活率

选整齐一致的幼苗定植到铺有不同基质的栽培床中,观察缓苗天数和成活率(见表2)。

表 2 不同基质中油菜的成活率

基质	缓苗天数/d	死苗率/%	成活率/%
脱硫煤矸石	3	7.70	92.3 a
未脱硫煤矸石	—	100.0	0
炉渣	4	5.34	94.7 a
土壤	4	7.10	92.9 a

从缓苗天数来说,脱硫煤矸石中为3 d,比炉渣、土壤少1 d。就成活率来看,以未脱硫煤矸石处理中的成活率最低,全部死亡,而在脱硫煤矸石中,成活率为92.3%,与炉渣和土壤中成活率相近,方差分析表明差异不显著。而未脱硫煤矸石中所有定植的幼苗均死亡。脱硫煤矸石中缓苗快可能与其吸热快贮热多,有利于基

表 4 不同基质上植株的叶绿素含量与叶面积

基质	叶绿素/mg·g <sup>-1</sup>	叶绿素a/b	叶面积/cm <sup>2</sup>	光合速率/ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	气孔导度/ $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	蒸腾速率/ $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
脱硫剂	1.36 a	2.05	62.1 a	9.45a	3.55 a	6.47a
未脱硫	0	0	0	0	0	0
炉渣	1.39 a	1.98	65.9 a	9.37a	3.66 a	6.49a
土壤	1.21 b	1.89	47.1 b	8.60b	3.44 a	6.02b

叶面积、叶绿素含量,特别是叶绿素a的含量均与叶片的光合能力有关。该试验的研究结果表明,脱硫煤矸石处理中植株的叶绿素含量、叶面积与炉渣相比均无明显差异,但明显高于与土壤。不同基质对植株的光合速率、蒸腾速率的影响与叶绿素的结果相似。但气孔导度间无明显差异,说明光合增强主要与叶绿素含量、碳同化能力有关。

表 5 不同基质栽培油菜的产量和品质

	产量/kg·m <sup>-2</sup>	维生素C/mg·(100g) <sup>-1</sup> FW	NO <sub>3</sub> 含量/mg·kg <sup>-1</sup> FW
脱硫剂	4.51 a	45.76 a	395.14 b
未脱硫	0	0	0
炉渣	4.62 a	45.84 a	392.37 b
土壤	4.06 b	36.91 b	462.06 a

2.4 产量和品质

由表5可知,脱硫煤矸石中产量比土壤增加11.1%,差异达到明显水平,而与炉渣相比无显著差异。从品质上看,脱硫煤矸石处理中植株的维生素C含量比土壤中的高24.19%,差异达极显著水平。此外,脱硫煤矸石中油菜叶内的NO<sub>3</sub><sup>-</sup>含量明显低于土壤中,降低16.18%。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>有极强的致癌作用,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>含量降低和维生素C含量的增加说明产品品质有所提高。

质温度的提高有关。

2.2 植物生长速率

通过第3周测定不同基质中植株、地上部和地下部的干重,并计算根冠比和相对生长率(RGR),结果见表3。

表 3 不同基质中植株的 RGR 和 NAR

基质	植株干重/g DW	地下部干重/g DW	根冠比	RGR/g·d <sup>-1</sup> DW
脱硫煤矸石	2.13 a	0.29a	0.158	0.133a
未脱硫煤矸石	0	0	0	0
炉渣	2.21a	0.31a	0.164	0.135a
土壤	1.55b	0.19b	0.147	0.121b

由表3可知,不同基质植株、地上部、地下部的干重、根冠比存在明显的差异,脱硫处理与炉渣相比,无明显差异,但明显高于土壤。根冠比大,则同化物分配到地下部的较多,这样有利于根部的生长,根系的吸收面积的增大,进而促进地上部的生长,说明地上部与地下部有相关性,根系生长的介质——基质的好坏又直接影响到根系的生长,甚至整个植株的生长。

2.3 光合特性

为研究煤矸石基质对植株光合能力的影响,于定植后第3周测定了叶绿素、叶面积、光合参数(见表4)。

3 结论与讨论

该试验从小白菜生长和产量品质指标比较了脱硫煤矸石与未脱硫煤矸石、炉渣、土壤之间的差异。脱硫煤矸石成活率均在90%以上;植株具有较强的光合能力,产量高于4.5 kg/m<sup>2</sup>,与炉渣相接近。而与土壤相比,各项指标均大于土壤。另外,煤矸石与炉渣上的油菜品质高于土壤中,表现为NO<sub>3</sub><sup>-</sup>含量降低和维生素C含量。分析增产的原因,一方面由于基质具有良好的性能,改善了油菜植株生长发育的外环境,另一方面,基质主要促进根系生长发育,提高了吸水吸肥的能力,从而导致地上部的良好生长发育,叶面积大,光合速率高,为高产奠定了基础,这与阙瑞芬等<sup>[11]</sup>对番茄不同基质无土栽培增产效果的分析一致。维生素C含量的提高和NO<sub>3</sub><sup>-</sup>含量的减少可能是因为良好的基质也有利于养分在植株内的转化和利用,沈兵等<sup>[12]</sup>也认为复配基质栽培番茄品质提高的原因在于此。总之,经过脱硫处理的煤矸石是可以作为无土栽培基质的。

参考文献

[ 1 ] 常允新,朱学顺,宋长斌,等.煤矸石的危害与防治[J].中国地质灾害与防治学报,2001,12(2):39-43.  
[ 2 ] 姜振泉,李雷.煤矸石的环境问题及其资源化利用[J].环境科学研

究, 1998, 11(3): 57-59.

[3] 江洪清. 煤矸石对环境的危害及其综合治理与利用[J]. 煤炭加工与综合利用, 2003(3): 43-46.

[4] 刘薇. 对矸石山自燃污染绿色生态环境的研究[J]. 东北煤炭技术, 1999(1): 62-64.

[5] 曹建军, 刘永娟, 郭广礼. 煤矸石的综合利用现状[J]. 环境污染治理技术与设备, 2004 5(1): 19-22.

[6] 何俊琦, 任艳芳, 温祥珍 等. 煤矸石为基质的育苗试验[J]. 山西农业大学学报, 2004(1): 56-59.

[7] 孙光闻, 朱祝军, 方学智. 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, 2005, 24(4): 658-661.

[8] 秦舒浩, 李玲玲. 遮光处理对西葫芦幼苗形态特征及光合生理特性的影响[J]. 应用生态学报, 2006, 17(4): 653-656.

[9] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.

[10] 杨月英, 张福堪, 乔晓军. 不同形态氮素对基质培番茄生育、产量及品质的影响[J]. 华北农学报, 2003, 18(1): 86-89.

[11] 阙瑞芬, 张德威. 番茄不同基质无土栽培的增产效果及生理分析[J]. 浙江农业学报, 1991(2): 73-78.

[12] 沈兵, 胡蔼堂. 复配基质培番茄追施化肥对其产量与品质的影响[J]. 北方园艺, 1999 127(4): 5-6.

Study of the Gangue as the Substrate of Soilless Culture in Chinese Cabbage

HE Jun-yu<sup>1</sup>, REN Yan-fang<sup>1</sup>, LI Ya-ling<sup>2</sup>, WEN Xiang-zhen<sup>2</sup>

(1. College of Agriculture Guizhou University, Guiyang Guizhou 550025, China; 2. College of Horticulture Shanxi Agriculture University, Taigu, Shanxi 030801, China)

**Abstract:** The effects of desulphurized gangue on growth, yield and quality of Chinese cabbage were studied by using strawberry as materials. The results showed the survival rate of plants after transplanting was more than 90% under the gangue. The growth rate, photosynthetic rate and yield of plants growing on the desulphurized gangue, were higher than those on soil, and close to those on slag. In addition, the quality of Chinese cabbage growing on treated gangue was better than that of on soil. This mainly exhibited in lower of NO<sub>3</sub> and higher of vitamin C. In a word, the desulphurized gangue can be used as soilless culture substrate.

**Key words:** Chinese cabbage; Gangue; Yield; Quality

多年生蔬菜新品种——番茄树

番茄树又名木本树番茄,属多年生茄科四季常青灌木。成本树一般株高 1.5~2 m,为无限生长型。通常种植当年即可结果,一年四季均可种植,一次种植可连续收益 20 年之久。番茄树所产果实为圆形,果面深红色,果肩无裂纹,肉厚、皮薄,平均单果重 150 g 左右。与普通番茄相比,口感独特,鲜食甜似黄桃,香如菠萝。熟食酸甜可口,清香味美,并且富含矿物质及维生素 C 等各种对人体有益的微量元素。

1 高产性强

种植当年 667 m<sup>2</sup>即可产鲜果 4 000 kg,第 2 年可产鲜果 7 000 kg,第 3 年即可进入盛果期,平均每 667 m<sup>2</sup>可产鲜果 10 000 kg 左右,效益相当可观。

2 适应性强

番茄树为木本植物,全生育期不用塔架,也不需年年育苗、移栽,只需在冬季剪去多余的枝条即可,易生易长,省工省时。在我国南北不同气候、土质、海拔高度,凡宜种植番茄的地区均能栽种,很少有病虫害发生,大田种植基本不需喷洒农药,真正是天然绿色无公害食品。

3 极耐贮存

番茄树所产鲜果直接放在室内,在室温下不采用任何设施,即可贮存鲜果 80~120 d,并且贮存后的鲜果,无论是诱人的色泽还是鲜美的味道均依然不变,非常适于长途运输和反季节销售。