

一种新型矿物肥料的试验研究*

崔树军, 李钢, 廉有轩, 张建云, 宋海军

(河南工程学院资源与环境工程系, 郑州, 451191)

摘要:煤矸石是采煤过程中产生的固体废弃物, 占用大量土地资源难以处置。以煤矸石为载体, 将 N、P、K 和微量元素等载起可制作矿物肥料。通过田间试验、数学分析相结合的方法较系统地研究了矿物肥料对试验作物产量等的影响。结果表明矸石肥料可以增加经济效益和社会环境效益, 减少大气和地下水的氮污染。

关键词:煤矸石; 矿物肥料; 试验研究; 微量元素; 作物产量

中图分类号: TD849+.5TQ445; S143 文献标识码: B 文章编号: 1001-0076(2010)04-0022-04

Experimental Study on a New Mineral Fertilizer

CUI Shu-jun, LI Gang, LIAN You-xuan, et al.

(Department of Resources and Environmental Engineering, Hehan Institute of Engineering, Zhengzhou 451191, China)

Abstract: Coal gangue which is a kind of solid waste to be in coal mining process occupied a lot of lands resources and was difficult to be disposed. In this paper, coal gangue as an experimental carrier with N, P, K and other trace elements, was used as a mineral fertilizer. By field experiments and mathematic analysis, the effects of the mineral fertilizer on the yield of crop were systematically studied. The results showed that mineral fertilizer can reduce the air pollution and the nitrogen pollution of groundwater. And remarkable economic benefit, social benefit and environment protection benefit were obtained.

Key words: coal gangue; mineral fertilizer; experimental research; trace elements; crop yield

煤矸石是煤矿床开发过程中产生的固体废弃物, 它不仅占用大量土地, 而且对当地的大气、水体和土壤产生污染, 降低环境质量, 影响煤矿区居民的身体康以及土地资源利用。因此, 煤矸石的治理和利用是煤矿区治理环境的当务之急。

国内有用硅藻土、海泡石、沸石和膨润土等非金属矿物作化肥载体, 将肥料改性成为长效肥, 使肥料有效成分的释放与作物的需求平衡, 以提高有效成分的利用率^[1]。乐学义等^[2]总结了应用造纸黑

液木素制备了一系列的功能性肥料的研究进展情况。端木合顺等^[3]通过模拟植物根际酸性环境制得硅钾矿肥不溶残余物, 研究了水溶液的 pH 值对 Cu^{2+} 吸附性能的影响和吸附机理等。

笔者近几年研究嵩箕山块煤矿床环境地质时, 发现其周围煤田的煤矸石中含稀土和铜、铅、锌、镉、钨等微量多金属元素较高, 并进行了研究。主要做了含稀土多金属的煤矸石在农业上的应用试验。含稀土多金属的煤矸石在一定的物理化学系统中经过

* 收稿日期: 2010-03-04; 修回日期: 2010-06-07

基金项目: 河南工程学院青年基金项目(Y2007031); 河南省教育厅自然科学研究计划项目(2009B610004); 河南省科技厅科技发展计划(092102310237)

作者简介: 崔树军(1964-), 男, 山东淄博人, 副教授, 主要从事环境地质和环境生态学教学与研究。

活化处理后,直接应用于农作物种植,其中的稀土、锌、锗、钼、铜等元素被农作物吸收。经过实验室试验研究和田间试验,其结果表明这类煤矸石经活化处理后,施用在农田里,可以提高农作物的产量和产品品质;并可防止土地质量恶化和水域的氮污染。因而研究这些含稀土多金属高的煤矸石的开发利用,具有明显的经济效益和社会环境效益。

1 煤矸石矿肥的制备

1.1 配制煤矸石矿肥的原理

煤矸石矿肥配制的基本原理是以斜方沸石作为载体,将N、P、K和微量元素载起,然后根据农作物的需要缓慢释放,供农作物吸收。煤矸石活化后具有双重作用:既和斜方沸石一样起到载体作用,又释放出本身的微量元素Zn、B、Co、Mo供农作物吸收。矿载肥的载体部分,风化后转变为土壤的组成部分,同时也改良了土壤。

1.2 材料处理

1.2.1 沸石的处理

取经粉碎的豫南地区斜方沸石,载入 K^+ 及 $(NH_4)_2MoO_4$ 、 H_3BO_3 、 $ZnCl_2$ (或 $ZnSO_4$)后,经混合、加热等处理,备用。

1.2.2 煤矸石的处理

煤矸石为煤矿的废物,经粉碎、过筛后进行活化处理。

1.3 制备基本流程

(1)以KCl为原料,矿载肥生产流程见图1。

(2)以 K_2SO_4 为原料,矿载肥生产流程见图2。

1.4 增效多元矿肥的配制

田间试验肥料的配制成分比例:

HG₁:尿素60 kg,处理沸石40 kg,活化煤矸石10 kg, KH_2PO_4 5 kg;

HG₂:尿素60 kg,处理沸石40 kg,活化煤矸石10 kg, KH_2PO_4 5 kg,再加活化剂少量;

HG₃:硝铵75 kg,处理沸石40 kg,活化煤矸石10 kg, KH_2PO_4 5 kg;

HG₄:碳铵100 kg,处理沸石40 kg,活化煤矸石10 kg, KH_2PO_4 5 kg。

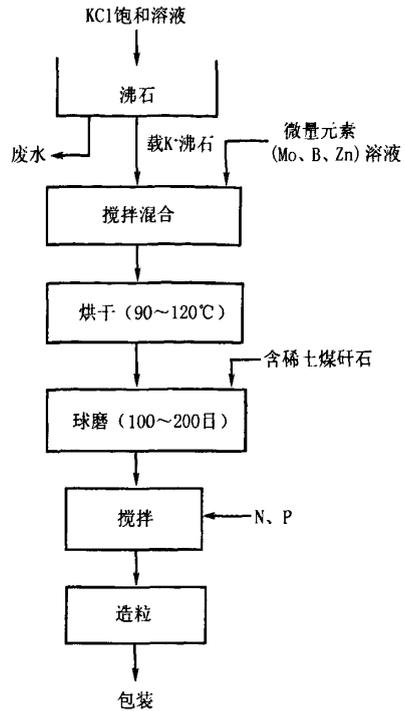


图1 矿载肥生产流程(一)

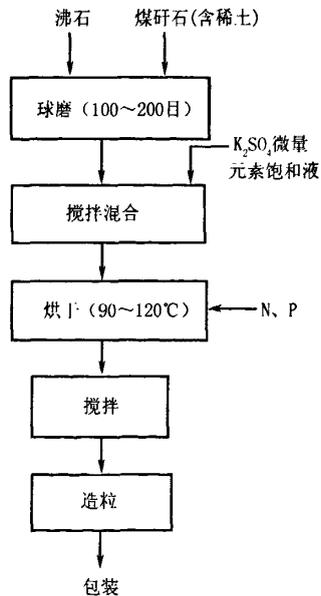


图2 矿载肥生产流程(二)

2 试验及结果分析

试验地土质为砂质土壤,排灌方便,肥力均匀,

前茬作物为玉米,亩产 300 kg,属中等肥力水平。试验年限为二年。试验材料包括尿素矿载肥、硝铵矿载肥、尿素加活化剂矿载肥、碳铵矿载肥及对照肥料尿素和碳铵。

1	3	18	2	7	10	14	11	9
6	12	16	13	4	15	17	8	5
16	15	14	1	18	5	2	7	10
12	13	4	11	6	8	9	3	17
14	17	5	15	16	12	1	6	13
8	10	7	9	3	11	4	18	2

图3 田间种植排列图
(注:其中双线为田间渠兼走道,单线为畦埂)

试验采用随机区组排列,重复3次、行长 8.25 m,每小区宽 3.3 m,采用双排式,每重复间留有渠道兼走道 1m,四周设保护区。田间调查项目、考种工

作按省小麦区试验要求分项分期进行。施肥情况:全试验中不施农家肥,各小区分别按各处理的不同用量,划线作畦后,人工翻入土中。田间种植排列如图 3。

播种及田间管理:10月8日采用三行畜力机播;品种:内乡 182 小麦,种子用 1605 样种,保证不缺苗断行。10月22日用麸皮毒饵诱杀蝼蛄,后基本无蝼蛄危害现象。12月6日中耕除草一次。2月24日、4月2日分别浇水一次。在整个生育过程中,根据试验的目的要求,没有追施任何肥料。

气候条件对试验的影响:从当年的气候条件看,气候对小麦生长的影响表现在以下两个方面:(1)由于冬前气温偏高,使小麦发生冬旺。春季气温又变化无常,特别是3月中下旬的寒流,对小麦生长有较大影响,导致一部分麦苗遭受冻害,而抗病能力减弱;(2)5月中旬干旱,下旬连续降雨,气温较常年降低,光照不足小麦灌浆受影响,干粒重较常年下降 1~2 g。

变异因素分析结果见表 1。

表1 变量分析产量结果

代号	每区产量/kg																		总数 Th
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
I	13.25	13.05	12.95	12.85	13.1	12.9	12	11.6	14	10.8	13.35	12	13.15	14	13.1	11.8	12.45	13.05	229.4
II	13.5	12.75	12.85	13.05	12.9	12.1	11.75	12	13.9	11.2	13.15	12.5	13.5	13.15	13	11.85	12.7	13.6	229.45
III	14.05	13	13.8	12.85	13.35	12.5	12.75	11.4	14.35	12.25	13.35	13	14.25	13.5	12.25	11.75	13.35	13.75	235.5
总数 Tb	40.8	38.8	39.6	38.75	39.35	37.5	36.5	35	42.25	34.25	39.85	37.5	40.9	40.65	38.35	35.4	38.5	40.4	694.35

$$\text{总平方和: } \sum_{i=1}^{nk} X^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{nk} X)^2}{nk} \dots\dots\dots \text{①}$$

$$\text{自由度: } nk - 1 = 3 \times 18 - 1 = 53$$

$$\text{处理间平方和: } \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k T_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^k X)^2}{nk} \dots\dots\dots \text{②}$$

$$\text{自由度: } k - 1 = 18 - 1 = 17$$

$$\text{重复间平方和: } \frac{1}{k} \sum_{i=1}^n T_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n X)^2}{nk} \dots\dots\dots \text{③}$$

$$\text{自由度: } n - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$\text{误差平方和: 总平方和} - \text{处理间平方和} - \text{重复间平方和}$$

$$\text{自由度: } (n-1) \times (k-1) = (3-1) \times (18-1) = 34$$

从以上方差分析表明:各处理间差异达到极显著水平,为了进一步选择最好的矿载肥和最佳的使用量,用新复极差法进行比较。

新复极差法比较:

$$SE = \sqrt{\frac{Se^2}{n}} = 0.145 \text{ kg/区}$$

当 dfe = 34 时,查表 2 不同 SSR 计算 LSR 值。

表2 LSR 值的计算 (SSR 测验)

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SSR _{0.05}	2.86	3.01	3.10	3.17	3.22	3.27	3.30	3.33	3.35
LSR _{0.05}	0.87	0.87	0.9	0.91	0.93	0.94	0.95	1.0	1.0
SSR _{0.01}	3.82	3.99	4.10	4.17	4.24	4.30	4.34	4.37	4.41
LSR _{0.01}	1.10	1.2	1.2	1.21	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3

从新复极差法比较(表3)得出以下结论:

(1)HG₁与碳铵对照(Ck₂)相比较:每亩7.5 kg HG₁与Ck₂相比较差异显著,每亩6、4.5、3 kg HG₁与Ck₂处于同一水平;HG₁与尿素对照(Ck₁)比较:每亩7.5 kg HG₁与Ck₁相比较差异显著,每亩6、4.5、3 kg HG₁与Ck₂处于同一水平。由分析说明HG₁中N的利用率提高60%左右。

(2)HG₂与Ck₁和Ck₂相比较:每亩7.5 kg HG₂与Ck₂相比较处于同一水平,每亩4.5、3 kg HG₂与Ck₁差异达到显著或极显著。由分析说明, HG₂中N的利用率提高25%左右。由于加活化剂有效地促进养分提前释放,造成后期养分供应不足,因此多数处理表现减产。

(3)HG₃与Ck₁、Ck₂相比较:由于HG₃产量极不稳,每亩7.5 kg HG₃与Ck₂、Ck₁差异极显著,每亩6 kg HG₃与Ck₂、Ck₁处于同一水平,故无法判断其利用率提高多少,但可以确定其利用率一定有所提高。

(4)HG₄与Ck₂相比较:每亩6、7.5 kg HG₄与Ck₂相比较处于同一水平,每亩4.5、3 kg HG₄与Ck₂相比较产量差异极显著;HG₄与Ck₁相比较:每亩7.5、6 kg HG₄与Ck₁差异极显著,且HG₄增产,每亩4.5、3 kg HG₄与Ck₁相比较处于同一水平。由分析说明, HG₄中N利用率提高25%~70%。

表3 新复极差法比较

处理	产量/kg	显著水平	
		0.05	0.01
A	14.1	a	A
B	13.65	b	AB
C	13.6	bc	AB
D	13.55	bc	AB
Ck ₂	13.5	bede	ABCD
E	13.3	bede	BCD
F	13.25	bede	BCD
G	13.2	bede	BCDE
Ck ₁	12.85	efg	DEF
H	12.6	fgh	EF
I	12.5	gh	EFG
J	12.5	gh	EFG
K	12.15	hj	FGH
L	11.95	ij	GH
M	11.65	j	H
N	11.45	j	H

3 结论与研究展望

该肥料是以多种矿物为载体,把N、P、K、水分等均载起来,根据作物发育状况进行适当的、缓慢的释放,以供农作物吸收。经过初步试验,认为可以增加经济效益和社会环境效益,减少大气和地下水的氮污染,减少煤矿等能源基地的“三废”污染。同时使用该肥料还具有以下多种优点:

(1)肥料本身含有多种成分和微量元素,如:TR、N、P、K、Zn、Cu、Mo、Co、B等,可供农作物吸收;

(2)提高作物产量,经田间试验与同等含氮量肥料相比,小麦、玉米和花生的产量可分别提高15%、14.41%和35.54%;

(3)提高作物质量,含Zn量一年为25~106 g/t(对照田间含Zn量为9 g/t),预计经过连续3年的富Zn优势性状选择,并同时施加该复合肥,即可优选获得富Zn小麦(80~120 g/t),使小麦营养丰富;

(4)提高作物抗灾能力,因小麦秆内含稀土高,可以抗倒伏;

(5)保护土壤,改良土壤,因矿载肥中有多种矿物,具有吸附作用,可以保水保肥,而且这些矿物风化后变为土壤的成分,使土壤保持正常的pH值,长期使用这种肥料,可以起到改良土壤的作用。

田间试验提高氮的利用率25%以上(最高达70%),增产14.41%~35.54%,比全国将推广的涂层氮肥效果要好(氮的利用率提高10%~20%,增产10%)。

本文的不足之处主要是因经费短缺而未进行大田试验和田间推广,其具体在农业上大规模使用还有待进一步田间试验研究。

参考文献:

- [1] 于澹. 非金属矿用作化肥载体的概况[J]. 化肥工业, 2005, 32(5): 13-15.
- [2] 乐学义, 卢其明, 何庭玉, 等. 造纸黑液木素在肥料中的应用[J]. 再生资源研究, 2000, (3): 38-41.
- [3] 端木合顺, 冯海涛. 硅钾矿肥不溶残余物对重金属离子吸附特征[J]. 西安科技大学学报, 2008, 28(1): 61-66.

致谢

作者对河南大学资源研究所和新郑市科委科研所在研究中的协作与帮助表示诚挚的谢意!