



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104788265 B

(45)授权公告日 2017.07.14

(21)申请号 201510215050.6

(22)申请日 2015.04.30

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104788265 A

(43)申请公布日 2015.07.22

(73)专利权人 山西省农业科学院农业环境与资源研究所

地址 030031 山西省太原市龙城大街81号

(72)发明人 张强 郜春花 杨治平 李磊

王斌 张一弓 张一中

(74)专利代理机构 太原华弈知识产权代理事务所 14108

代理人 李毅

(51)Int.Cl.

C05G 3/04(2006.01)

(56)对比文件

CN 103641659 A,2014.03.19,

CN 103641659 A,2014.03.19,

CN 103553808 A,2014.02.05,

CN 1740122 A,2006.03.01,

CN 1740122 A,2006.03.01,

CN 104529632 A,2015.04.22,

CN 104355943 A,2015.02.18,

审查员 张彦博

权利要求书1页 说明书8页

(54)发明名称

基于高硫煤矸石的盐碱地生物改良肥及其制备

(57)摘要

基于高硫煤矸石的盐碱地生物改良肥,由高硫煤矸石微生物发酵产物50~60份,腐熟的牛粪或鸡粪20~30份,柠檬酸1~2份,草酸1~2份,尿素2~4份,硫铵2~4份,磷酸一铵2~4份,硫酸钾1~3份,硫酸亚铁2~5份,硫酸锌1~2份,硫酸锰1~2份,膨润土1~10份混合制成,其中的高硫煤矸石微生物发酵产物是以由氧化硫硫杆菌、枯草芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌、胶冻样芽孢杆菌和乳酸粪肠球菌组成的复合微生物菌液对破碎的高硫煤矸石进行活化处理的产物。本发明肥料实现了高硫煤矸石的资源化利用,能够促进内陆盐碱地改良,提高作物产量,改善生态环境。

1. 一种基于高硫煤矸石的盐碱地生物改良肥,由以下重量份数的组分混合制成:高硫煤矸石微生物发酵产物50~60份,腐熟的牛粪或鸡粪20~30份,柠檬酸1~2份,草酸1~2份,尿素2~4份,硫铵2~4份,磷酸一铵2~4份,硫酸钾1~3份,硫酸亚铁2~5份,硫酸锌1~2份,硫酸锰1~2份,膨润土1~10份;其中,所述的高硫煤矸石微生物发酵产物是以复合微生物菌液对破碎的高硫煤矸石进行活化处理后的产物;所述的复合微生物菌液是由氧化硫硫杆菌、枯草芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌、胶冻样芽孢杆菌和乳酸粪肠球菌按照4:1~1.5:1~1.5:1~1.5:1~1.5的菌数量比组成的混合菌液。

2. 根据权利要求1所述的盐碱地生物改良肥,其特征是所述复合微生物菌液的浓度不低于 10^{10} cfu/ml。

3. 根据权利要求1或2所述的盐碱地生物改良肥,其特征是所述复合微生物菌液的用量为高硫煤矸石重量的1~5%。

4. 根据权利要求1所述的盐碱地生物改良肥,其特征是将所述高硫煤矸石破碎成150~200目的细粉。

5. 根据权利要求1或4所述的盐碱地生物改良肥,其特征是将破碎的高硫煤矸石用超声波进行预处理,处理的超声波频率为40~60KHz。

6. 一种基于高硫煤矸石的盐碱地生物改良肥的制备方法,是在破碎成细粉的高硫煤矸石中接入占高硫煤矸石细粉重量1~5%的复合微生物菌液,30~35℃下间歇式搅拌培养20~30天得到高硫煤矸石微生物发酵产物;将50~60重量份高硫煤矸石微生物发酵产物与20~30重量份腐熟的牛粪或鸡粪、1~2重量份柠檬酸、1~2重量份草酸混合均匀,静止培养10~15天,再加入2~4重量份尿素、2~4重量份硫铵、2~4重量份磷酸一铵、1~3重量份硫酸钾、2~5重量份硫酸亚铁、1~2重量份硫酸锌、1~2重量份硫酸锰和1~10重量份膨润土搅拌均匀,挤压造粒制成盐碱地生物改良肥;其中,所述的复合微生物菌液是由氧化硫硫杆菌、枯草芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌、胶冻样芽孢杆菌和乳酸粪肠球菌按照4:1~1.5:1~1.5:1~1.5:1~1.5的菌数量比组成的混合菌液。

7. 根据权利要求6所述的盐碱地生物改良肥的制备方法,其特征是将高硫煤矸石破碎成150~200目的细粉,以频率40~60KHz的超声波处理20~30分钟后再接入复合微生物菌液。

8. 根据权利要求6或7所述的盐碱地生物改良肥的制备方法,其特征是调节高硫煤矸石细粉的水分含量为20~40wt%,再接入复合微生物菌液。

9. 根据权利要求6或7所述的盐碱地生物改良肥的制备方法,其特征是使用对辊挤压造粒机进行挤压造粒,造粒时调节物料的含水量为15~20%。

10. 根据权利要求6或7所述的盐碱地生物改良肥的制备方法,其特征是所述盐碱地生物改良肥的粒径为1.00~4.75mm。

基于高硫煤矸石的盐碱地生物改良肥及其制备

技术领域

[0001] 本发明涉及一种盐碱地生物改良肥,特别是涉及一种适合于我国内陆盐碱地使用的专用生物改良肥,以及该生物改良肥的制备方法。

背景技术

[0002] 煤矸石是煤炭生产和清选过程中产生的固体废弃物,其主要成分是 SiO_2 和 Al_2O_3 ,另外还含有数量不等的 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 K_2O 、 P_2O_5 、 SO_3 及Fe、Mn、Cu、Zn等微量元素,同时含有一定量的腐植酸。煤矸石的排放量相当于煤炭产量的10%左右,我国每年排放出近1亿吨煤矸石,目前已累计堆存30多亿吨,占地约1.2万公顷,是目前我国排放量最大的工业固体废弃物之一。煤矸石的大量堆放,不仅压占土地,而且有可能污染土壤和地下水,同时自燃后排放出大量二氧化硫、氮氧化物、碳氧化物和烟尘等有害气体,产生严重的环境问题,亟待治理。

[0003] 高硫煤矸石是高含硫量煤矿在生产和清选过程中产生的矸石,因其含有的硫元素在2%以上,自燃风险较大,而且自燃后释放出大量的二氧化硫,污染极其严重。

[0004] 目前我国高硫煤矸石主要用于发电、生产建筑材料、回收生产硫酸等。由于煤矸石中碳含量较高,生产硫酸的效益较低。而生产矸石砖时,又因泛霜及生产过程中产生酸雾腐蚀设备等原因也很难被利用。

[0005] 煤矸石内含有植物生长所必需的氮、磷、钾、钙、镁、硫、硅、铁、锰、铜、锌等营养元素,而且含有大量腐植酸,是土壤改良的理想材料。但高硫煤矸石目前在农业上的应用较少,效果也不十分明显。

[0006] 我国共有盐碱地9913万公顷,其中内陆型盐碱地面积最大,约占全国盐碱地的69%。内陆盐碱地具有土壤碱性强、代换性钠离子含量高、土壤物理性状差、土壤养分有效性低、肥力低等特征,改良盐碱地对保障粮食安全和生态安全具有重要意义。

[0007] 目前改良盐碱地常用的技术措施有水利工程措施、生物措施、农艺措施和化学改良措施。其中化学改良措施在内陆盐碱地改良中具有重要作用,脱硫石膏、磷石膏、风化煤、有机粪肥、糠醛渣、有机酸、硫磺、硫酸亚铁、硫酸铝等物料是较为常用的化学改良材料。

[0008] CN 102219614B“一种盐碱地专用生物改良肥及其制备方法”公开了一种盐碱地专用生物改良肥,以草炭、松针、牛粪、生物肥(诺沃肥)、磷肥、氮肥和脱硫渣或硫磺为原料,主要考虑了生物肥、有机肥和化肥的配合。CN 103553808A“一种腐植酸盐碱地改良剂及其制备方法”公开了一种以低阶煤为主要制备的腐植酸盐碱地改良剂,主要成分包括低阶煤、尿素、磷矿粉、黄腐酸等,采用烘干造粒的方法生产,作用效果并不显著。

[0009] 煤矸石作为堆放量较大的一种工业固体废弃物,在盐碱地改良中有所应用。如《盐碱地土壤改良试验研究—以粉煤灰和煤矸石改良盐碱土为例》(《河南师范大学学报(自然科学版)》2011年第39卷第4期,赵旭,彭培好,李景吉,成都理工大学)公开了使用粉煤灰和煤矸石改良银川盐渍土的效果,认为粉煤灰和煤矸石对盐碱地改良均有一定效果,但煤矸石的效果差于粉煤灰,其原因在于煤矸石未做任何活化处理而直接施入土壤中。《利用巨大芽

孢杆菌制备高硫煤矸石肥料》(《环境工程学报》2015年第2期,袁向芬,谢承卫,贵州大学)公开了一种利用巨大芽孢杆菌将高硫煤矸石制备成肥料的方法,通过微生物培养使各种营养元素有效性提高,但使用的菌剂为单一菌剂,也没有添加其他有机物和化学肥料,作用较为有限。CN 1740122A“一种以煤矸石为基质的复合微生物肥料及其生产方法”公开了一种利用煤矸石为基质的复合微生物肥料,是以煤矸石为基质和载体,添加一定量的鸡粪等有机肥和化肥,同时接入微生物菌剂生产复合微生物肥料。该专利将煤矸石作为微生物载体,同时添加了有机肥和化肥,实现了有机、无机、生物的结合,但所用煤矸石没有经过超声波处理和微生物活化处理,而且主要用于普通农田上,没有考虑盐碱地的特征。

发明内容

[0010] 本发明的目的是提供一种基于高硫煤矸石的盐碱地生物改良肥,为高硫煤矸石寻求一种新的资源利用方式,同时为内陆盐碱地改良提供新的化学改良材料。

[0011] 提供一种上述盐碱地生物改良肥的制备方法,是本发明的另一发明目的。

[0012] 本发明所述的基于高硫煤矸石的盐碱地生物改良肥是由以下重量份数的组分混合制成:高硫煤矸石微生物发酵产物50~60份,腐熟的牛粪或鸡粪20~30份,柠檬酸1~2份,草酸1~2份,尿素2~4份,硫酸铵2~4份,磷酸一铵2~4份,硫酸钾1~3份,硫酸亚铁2~5份,硫酸锌1~2份,硫酸锰1~2份,膨润土1~10份。

[0013] 本发明上述组分中,所述的高硫煤矸石微生物发酵产物是以复合微生物菌液对破碎的高硫煤矸石进行活化处理后的产物。其中,所述的复合微生物菌液是由氧化硫硫杆菌(*thiobacillus thiooxidans*)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)、巨大芽孢杆菌(*Bacillus megaterium*)、胶冻样芽孢杆菌(*Bacillus mucilaginosus*)和乳酸粪肠球菌(*Enterococcus faecalis*)共同组成的混合菌液。其中各种微生物的菌数量比满足氧化硫硫杆菌:枯草芽孢杆菌:巨大芽孢杆菌:胶冻样芽孢杆菌:乳酸粪肠球菌=4:1~1.5:1~1.5:1~1.5:1~1.5,且菌液浓度不低于 10^{10} cfu/ml。

[0014] 本发明中,用于培养氧化硫硫杆菌的培养基为:(NH_4)₂SO₄ 0.2g,KH₂PO₄ 3g,元素S 10g,MgSO₄·7H₂O 0.5g,CaCl₂·2H₂O 0.25g,微量元素液5ml,pH=2.4,蒸馏水1000ml;培养条件:30℃,120r/min恒温摇床;培养3~5天。培养枯草芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌、胶冻样芽孢杆菌和乳酸粪肠球菌的培养基为:牛肉膏5.0g,蛋白胨10.0g,NaCl 5g,水1000ml;培养条件:pH=7.0,30℃,120r/min恒温摇床液体培养;培养48小时。

[0015] 本发明优选将所述高硫煤矸石破碎成150~200目的细度。

[0016] 更优选地,将破碎的高硫煤矸石经过超声波处理,进行处理的超声波频率为40~60KHz。

[0017] 具体地,本发明还提供了一种基于高硫煤矸石的盐碱地生物改良肥的制备方法,是将高硫煤矸石破碎成150~200目的细粉,以频率40~60KHz的超声波处理20~30分钟,接入占高硫煤矸石细粉重量1~5%的复合微生物菌液,30~35℃下间歇式搅拌培养20~30天,得到高硫煤矸石微生物发酵产物。将所述重量份数的高硫煤矸石微生物发酵产物与所述重量份数的腐熟的牛粪或鸡粪、柠檬酸、草酸混合均匀,静止培养10~15天,再加入所述重量份数的尿素、硫酸铵、磷酸一铵、硫酸钾、硫酸亚铁、硫酸锌、硫酸锰和膨润土搅拌均匀,挤压造粒制成所述盐碱地生物改良肥。

[0018] 其中,优选将超声波处理后的高硫煤矸石细粉调节至水分含量20~40wt%,再接入复合微生物菌液。

[0019] 本发明使用对辊挤压造粒机对所述盐碱地生物改良肥进行挤压造粒,造粒时调节物料的含水量为15~20%。

[0020] 本发明将所述盐碱地生物改良肥制成粒径1.00~4.75mm的产品。

[0021] 进一步地,本发明提供了上述基于高硫煤矸石的盐碱地生物改良肥在内陆盐碱地上的使用方法:在播种前,结合整地,每亩基施生物改良肥500~600公斤,旋耕耙耱,使其与土壤充分混合。

[0022] 本发明针对盐碱地特别是内陆盐碱地的土壤特点,结合高硫煤矸石贮量大、农业利用率低、养分活性差的问题,利用超声波处理技术和复合微生物菌剂活化处理技术,在微生物的作用下,将高硫煤矸石中的难溶性营养元素活化成植物容易吸收的水溶性或枸溶性成分,同时再添加有机肥、硫酸亚铁、草酸、柠檬酸等盐碱地改良材料及植物生长所需要的氮、磷、钾、铁、锰、锌等元素,制备成盐碱地生物改良肥,有机、无机、生物成分相结合,大量、中量、微量元素相结合,施用于盐碱地土壤,调节土壤离子代换过程,降低土壤pH值,改善土壤养分状况和通透性,提高土壤肥力,改善盐碱地理化性状,实现了煤矸石的资源化利用,对促进我国内陆盐碱地改良,提高作物产量,改善生态环境具有重要意义。

[0023] 本发明制备的盐碱地生物改良肥的特点体现在以下方面。

[0024] 1、应用超声波技术和复合微生物菌剂发酵技术对高硫煤矸石中有效成分进行分离降解。

[0025] 1)、首先将高硫煤矸石进行超微细度粉碎(150~200目),提高了其比表面积和可塑性,打破了难溶性硅、铝、钙、镁、钾等元素的晶格结构,为煤矸石进一步活化奠定了基础。

[0026] 2)、粉碎后的煤矸石再经过超声波处理,利用超声波的空化作用,使介质能够均匀混合,消除局部浓度不匀,提高反应速度,促进新相的形成,并对可能形成的团聚体起到剪切破碎作用,有利于生物活化。

[0027] 3)、经氧化硫硫杆菌、枯草芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌、胶冻样芽孢杆菌和乳酸粪肠球菌等的共同作用,将高硫煤矸石中含有大量的硅、铝、硫、钙、镁、磷、钾等难溶性矿物营养元素活化释放出来,变为有利于植物吸收的水溶性或枸溶性形态,增加土壤有效元素含量,补充植物营养,加强植物抗盐碱能力。同时,生物活化后的煤矸石作为盐碱地改良材料施入土壤后,释放出的硫元素在氧化硫硫杆菌作用下释放出 H^+ ,有效降低盐碱土壤的pH值,达到改良盐碱地的目的;释放出的铝离子既可以置换土壤胶体代换性 Na^+ ,又可以通过水解作用产生 H^+ ,达到降低土壤pH值的效果;释放出的硅、钙、镁、钾、铜、锌、铁、锰等元素可以与土壤中的 Na^+ 发生代换反应,有效降低土壤中代换性 Na^+ 的含量,降低pH值、碱化度以及钠的毒害作用,达到有效改良盐碱地的目的。

[0028] 2、采用多种手段保证生物改良肥中添加的微生物菌剂能够有效存活。

[0029] 1)、在活化的煤矸石中添加柠檬酸、草酸作为微生物发酵的促进剂和碳源,同时添加腐熟的牛粪或鸡粪作为微生物发酵的载体,进行二次培养,提高了微生物菌剂的存活能力和后续活化能力。

[0030] 2)、牛粪可与化学改良剂硫酸亚铁一起共同改良土壤,降低土壤pH值,调节土壤离子代换过程,改善土壤养分状况和通透性,提高土壤肥力。

[0031] 3)、为保证改良肥内微生物菌剂的存活率,采用常温下的挤压造粒法生产改良肥,并鉴于煤矸石分散性强的特点,在改良肥中加入一定量的硫铵和膨润土,使混合物料粘性增加,提高了产品的成型率和可塑性,便于运输和机械化施用,同时大幅度降低了改良肥的造粒成本。

[0032] 3、实现了有机、无机和生物的多元结合,化学改良与生物改良的结合。

[0033] 1)、改良肥中添加了牛粪或鸡粪,以及依照作物养分需求规律添加了适量的氮磷钾肥和锌锰肥,有机无机相结合,营养平衡,改善土壤结构,促进土壤胶体形成,提高土壤肥力,有效降低土壤pH,增加了植物的成活率。

[0034] 2)、针对内陆盐碱地土壤特征,在煤矸石生物活化的基础上,添加有机肥、硫酸亚铁等盐碱地改良材料,降低土壤pH值,提高耕层土壤生物活性,改善土壤养分状况和通透性,提高土壤肥力,形成植物生长较为理想的根际淡化层。

[0035] 3)、煤矸石是我国最大的固体废弃物,加工生产盐碱地生物改良肥可以变废为宝,同时解决大量煤矸石堆置造成环境污染的问题,实现资源的循环利用。

具体实施方式

[0036] 实施例1

[0037] 作为本实施例主要原料的高硫煤矸石采自山西同煤集团下属某煤矿,该煤矿生产高硫煤。经山西省土壤环境与养分资源重点实验室化验,高硫煤矸石的基本性质如下:SiO₂ 24.56%,Al₂O₃ 18.53%,SO₃ 3.27%,CaO 2.12%,Fe₂O₃ 3.92%,MgO 0.43%,K₂O 0.36%,NaO 0.33%,P₂O₅ 0.85%,MnO 0.071%,pH4.76,有机质34.5%。

[0038] 先用破碎机将高硫煤矸石破碎成50mm以下的小块,再用高效粉碎机磨碎后过200目筛,以频率60KHz的超声波处理30分钟。

[0039] 制备氧化硫硫杆菌菌液:培养基:(NH₄)₂SO₄ 0.2g,KH₂PO₄ 3g,元素S 10g,MgSO₄·7H₂O 0.5g,CaCl₂·2H₂O 0.25g,微量元素液5ml,pH=2.4,蒸馏水1000ml。培养条件:30℃,120r/min恒温摇床。培养时间:5天。

[0040] 制备枯草芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌、胶冻样芽孢杆菌和乳酸粪肠球菌的混合菌液:培养基:牛肉膏 5.0g,蛋白胨 10.0g,NaCl 5g,水 1000ml。培养条件:pH=7.0,30℃,120r/min恒温摇床液体培养。培养时间:48小时。四种菌单独培养,均调节成与氧化硫硫杆菌菌液浓度相同的菌液。取等体积的四种菌液混合得到混合菌液。

[0041] 取氧化硫硫杆菌菌液40体积份,与混合菌液60体积份混合成为复合微生物菌液。调节复合微生物菌液的浓度不小于10¹⁰cfu/ml。

[0042] 取上述超声波处理后的高硫煤矸石粉420kg,加水60kg,调节其水分含量在20~25%左右,接入事先培养好的复合微生物菌液20kg,在32℃下间歇式搅拌培养25天,得到高硫煤矸石微生物发酵产物。

[0043] 取培养后的高硫煤矸石微生物发酵产物500kg,与腐熟牛粪250kg、柠檬酸10kg、草酸10kg一起加入搅拌机中混合均匀,静止培养15天,得到微生物肥料。

[0044] 称取尿素25kg,硫铵25kg,磷酸一铵30kg,硫酸钾20kg,硫酸亚铁40kg,硫酸锌10kg,硫酸锰10kg,分别用粉碎机粉碎后,与膨润土50kg一起加入搅拌机中搅拌混合均匀,再加入上述微生物肥料混合均匀,调节至含水量15%,在对辊挤压造粒机上进行挤压造粒,

筛分机筛分出粒径1.00~4.75mm的产品,包装得到基于高硫煤矸石的盐碱地生物改良肥成品。

[0045] 使用本实施例制备的盐碱地生物改良肥,在山西省大同市天镇县三十里铺乡兰玉堡村盐碱地改良基地开展了效果验证的田间试验。

[0046] 土壤性质:重度苏打盐化土,pH10.2,电导率(EC) 1.57ms/cm,碱化度(ESP) 41.5%;土壤中有有机质8.17g/kg,有效磷7.6mg/kg,速效钾111.5mg/kg。

[0047] 试验处理如下:1)处理1:应用本实施例生物改良肥,施用量500kg/亩。2)处理2:使用与本实施例生物改良肥所含N、P₂O₅、K₂O相同的单质肥料(尿素、磷酸一铵、硫酸钾)。

[0048] 小区面积:66.7平米/区,重复3次。

[0049] 试验作物:玉米,品种为潞玉36,由山西省农科院谷子研究所育成。

[0050] 田间管理:上一季作物收获后,翻耕、耙耱,深浇一次,灌溉量200方/亩。第二年春季4月上旬,进行播前土地平整,翻耕、耙耱,施入盐碱地生物改良肥500公斤,其他处理也按施肥量施入,用旋耕机进行旋耕,使肥料与土壤混合均匀。

[0051] 5月3日开始播种,播种方式为点播,行距60厘米,株距25厘米,覆盖地膜。10月15日收获。

[0052] 6月2日进行苗期调查,结果见表1,10月15日进行收获期调查,结果见表2、表3和表4。

表1 苗期调查结果

处理	出苗率, %	株高, cm	茎粗, cm	生物量, g/株	根系活力, ug/g/h
处理 1(生物改良肥)	89.2	31.2	1.24	15.65	145.67
处理 2(等养分单质化肥)	70.2	28.5	0.99	12.43	78.92

[0054] 由表1调查结果可以看出,施用生物改良肥可以大幅度提高玉米出苗率,同时苗期株高、茎粗和生物量分别增加17.7%、25.2%和25.9%,根系活力提高84.5%,玉米抗逆能力大幅度增加。

表2 土壤理化性状调查

处理	pH	ESP, %	速效钾, mg/kg	0~20cm 土壤容重, g/cm ³
处理 1(生物改良肥)	8.75	25.2	133.5	1.35
处理 2(等养分单质化肥)	9.35	35.4	115.5	1.44
处理	EC, ms/cm	有效磷, mg/kg	有机质, g/kg	微生物总量, 10 ⁴ cfu/g
处理 1(生物改良肥)	1.03	13.87	12.91	43.5
处理 2(等养分单质化肥)	1.35	9.62	9.15	13.4

[0056] 由收获后的土壤理化性状调查结果可以看出,施用生物改良肥后,土壤pH大幅度下降,土壤盐分含量(EC)和碱化度(ESP)降低,土壤有机质、有效磷和速效钾都有不同程度提高,土壤微生物总量增加3.25倍,土壤容重降低,通透性改善,肥力提高。

表 3 表征土壤微生物的 PLFA 含量(nmol/g)

处理	细菌	革兰氏阳性菌	革兰氏阴性菌	真菌	放线菌	原生生物
处理 1(生物改良肥)	7.16	0.79	1.2	3.37	1.98	0.611
处理 2(等养分单质化肥)	2.34	0.46	0.43	1.67	0.87	0.019

[0058] 使用PLFA生物标记法测定施用改良肥前后盐碱地土壤中细菌、革兰氏阳性菌、革兰氏阴性菌、真菌、放线菌和原生生物的含量。结果表明,施用生物改良肥后不仅增加了土壤微生物数量,同时也显著丰富了土壤微生物的多样性。

表 4 玉米产量结果调查

处理	株高, cm	茎粗, cm	产量, kg/亩	增产率, %	亩增效益, 元/亩
处理 1(生物改良肥)	245.4	2.35	653.2	24.3	281.38
处理 2(等养分单质化肥)	226.3	2.16	525.3	/	/

[0060] 实施例2

[0061] 作为本实施例主要原料的高硫煤矸石采自山西潞安集团下属某煤矿,该煤矿生产高硫煤。经山西省土壤环境与养分资源重点实验室化验,高硫煤矸石的基本性质如下:SiO₂ 27.12%,Al₂O₃ 17.21%,SO₃ 4.12%,CaO 2.52%,Fe₂O₃ 3.55%,MgO 0.35%,K₂O 0.32%,NaO 0.31%,P₂O₅ 0.65%,MnO 0.056%,pH4.45,有机质36.9%。

[0062] 先用破碎机将高硫煤矸石破碎成50mm以下的小块,再用高效粉碎机磨碎后过200目筛,以频率60KHz的超声波处理30分钟。

[0063] 取实施例1培养好的氧化硫硫杆菌菌液40体积份,与实施例1培养的混合菌液40体积份混合成为复合微生物菌液。调节复合微生物菌液的浓度不小于10¹⁰cfu/ml。

[0064] 取上述超声波处理后的高硫煤矸石粉550kg,加水调节至水分含量25%,接入复合微生物菌液20kg,在32℃下间歇式搅拌培养25天,得到高硫煤矸石微生物发酵产物。

[0065] 取培养后的高硫煤矸石微生物发酵产物500kg,与腐熟鸡粪250kg、柠檬酸10kg、草酸10kg一起加入搅拌机中混合均匀,静止培养15天,得到微生物肥料。

[0066] 称取尿素20kg,硫酸铵20kg,磷酸一铵30kg,硫酸钾20kg,硫酸亚铁30kg,硫酸锌10kg,硫酸锰10kg,分别用粉碎机粉碎后,与膨润土70kg一起加入搅拌机中搅拌混合均匀,再加入上述微生物肥料混合均匀,调节至含水量15%,在对辊挤压造粒机上进行挤压造粒,筛分机筛分出粒径1.00~4.75mm的产品,包装得到基于高硫煤矸石的盐碱地生物改良肥成品。

[0067] 使用本实施例制备的盐碱地生物改良肥,在山西省朔州市怀仁县毛皂镇山西圣天农牧有限公司盐碱地基地开展了效果验证的田间试验。

[0068] 土壤为中度苏打盐化土,pH9.54,电导率(EC)1.35ms/cm,全盐量0.41%,碱化度(ESP)38.6%,土壤有机质9.13g/kg,基地面积5000亩。

[0069] 试验处理如下:1)处理1:应用本实施例生物改良肥,施用量500kg/亩。2)处理2:使

用与本实施例生物改良肥所含N、P₂O₅、K₂O相同的单质肥料(尿素、磷酸一铵、硫酸钾)。

[0070] 小区面积:100平米/区,重复3次。

[0071] 试验作物:玉米,品种为先玉335。

[0072] 田间管理:上一季作物收获后,翻耕、耙耱,深浇一次,灌溉量200方/亩。第二年春季4月上旬,进行播前土地平整,翻耕、耙耱,施入盐碱地生物改良肥500公斤,其他处理也按施肥量施入,用旋耕机进行旋耕,使肥料与土壤混合均匀。

[0073] 5月5日开始播种,播种方式为点播,行距55厘米,株距30厘米,覆盖地膜。10月10日收获。

[0074] 6月5日进行苗期调查,结果见表5,10月15日进行收获期调查,结果见表6、表7和表8。

表5 苗期调查结果

处理	出苗率, %	株高, cm	茎粗, cm	生物量, g/株	根系活力, ug/g/h
处理 1(生物改良肥)	91.3	32.4	1.25	16.87	156.75
处理 2(等养分单质化肥)	72.6	27.2	1.03	12.87	102.05

[0076] 由表5调查结果可以看出,施用生物改良肥可以提高玉米出苗率25.8%,同时苗期株高、茎粗和生物量分别增加19.1%、21.4%和30.9%,根系活力提高53.1%,玉米抗逆能力大幅度增加。

表6 土壤理化性状调查

处理	pH	ESP, %	速效钾, mg/kg	0~20cm 土壤容重, g/cm ³
处理 1(生物改良肥)	8.61	21.3	123.4	1.41
处理 2(等养分单质化肥)	9.05	32.1	98.5	1.49
处理	EC, ms/cm	有效磷, mg/kg	有机质, g/kg	微生物总量, 10 ⁴ cfu/g
处理 1(生物改良肥)	1.08	15.89	11.96	46.3
处理 2(等养分单质化肥)	1.32	8.78	9.45	21.5

[0078] 由收获后的土壤理化性状调查结果可以看出,施用生物改良肥后,土壤pH大幅度下降,土壤盐分含量(EC)和碱化度(ESP)降低,土壤有机质、有效磷和速效钾都有不同程度提高,土壤微生物总量增加2.15倍,土壤容重降低,通透性改善,肥力提高。

表7 表征土壤微生物的 PLFA 含量(nmol/g)

处理	细菌	革兰氏阳性菌	革兰氏阴性菌	真菌	放线菌	原生生物
处理 1(生物改良肥)	6.96	0.81	1.32	3.06	1.87	0.098
处理 2(等养分单质化肥)	2.04	0.43	0.46	1.79	0.89	0.082

[0080] 使用PLFA生物标记法测定施用改良肥前后盐碱地土壤中细菌、革兰氏阳性菌、革兰氏阴性菌、真菌、放线菌和原生生物的含量。结果表明,施用生物改良肥后不仅增加了土壤微生物数量,同时也显著丰富了土壤微生物的多样性。

表 8 玉米产量结果调查

处理	株高, cm	茎粗, cm	产量, kg/亩	增产率, %	亩增效益, 元/亩
处理 1(生物改良肥)	255.2	2.37	745.8	21.7	292.38
处理 2(等养分单质化肥)	228.4	2.21	612.9	/	/

[0082] 以上实施例仅为本发明的示例性实施例,不用于限制本发明,本发明的保护范围由权利要求书限定。本领域技术人员可以在本发明的实质和保护范围内,对本发明做出各种修改或等同替换,这种修改或等同替换也应视为落在本发明的保护范围内。