



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101100400 B

(45) 授权公告日 2013.04.17

(21) 申请号 200710200990.3

CN 1781881 A, 2006.06.07, 全文.

(22) 申请日 2007.07.03

审查员 白小琳

(73) 专利权人 中国科学院地球化学研究所  
地址 550002 贵州省贵阳市观水路 46 号

(72) 发明人 连宾 王斌 侯卫国

(74) 专利代理机构 贵阳中新专利商标事务所  
52100

代理人 郭防

(51) Int. Cl.

C05F 17/00 (2006.01)

C05F 11/08 (2006.01)

C05D 1/04 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1357515 A, 2002.07.10, 全文.

CN 1522992 A, 2004.08.25, 全文.

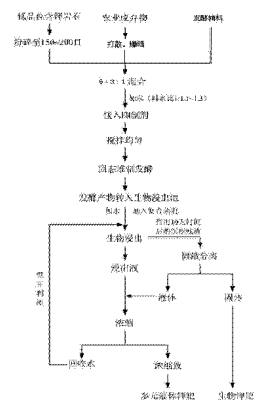
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 1 页

(54) 发明名称

两步转化法生产生物钾肥的方法及产品

(57) 摘要

本发明公开了一种两步转化法生产生物钾肥的方法及产品,该方法是将低品位含钾矿粉、工农业废弃物和发酵辅料混合,加水拌匀,接入菌种,采用堆制发酵法进行预处理,然后转入生物浸出池,加入复合菌剂进行生物浸出,浸出液浓缩得多元液体钾肥;固体部分干燥造粒,即得生物复合肥。与现有技术相比,本发明以 EM 制剂为发酵菌剂,组合运用固态发酵和生物浸出技术,大大提高了含钾岩石的降解速率和钾的转化率,在简化工艺、提高生产效率的同时,实现了生产过程的清洁化和资源的增值利用;产品质量优良,不仅含有丰富的可补充作物生长所需的养分,而且还能增加土壤有机质,疏松板结的土壤,提高土壤肥力。



1. 两步转化法生产生物钾肥的方法,其特征在於:将低品位含钾矿粉、工农业废弃物和发酵辅料混合,加水拌匀,接入 EM 制剂,采用堆制发酵法进行预处理,然后转入生物浸出池,加入复合菌剂进行生物浸出,浸出液浓缩得多元液体钾肥;固体部分干燥造粒,即得固体生物复合肥;具体包括以下步骤:(1) 配制发酵底料:将低品位含钾岩石粉碎至 150 ~ 200 目的矿粉,工农业废弃物打散、曝晒,含钾矿粉、工农业废弃物和发酵辅料以 6:3:1 的重量比混合,然后按 1 : 1.1 ~ 1.3 的料水比加水拌匀;(2) 接种及发酵:按 6% ~ 8% 的接种量向配制好的发酵底料中接入 EM 制剂,搅拌均匀后堆制发酵,发酵温度 40 ~ 70℃,湿度 70 ~ 80%,发酵时间 15 天,前 6 天每 2 天翻堆通气 1 次,此后每天翻堆通气 1 次,每次 0.1 ~ 0.3h;(3) 生物浸出:发酵产物转入生物浸出池,加入 10% 的复合菌剂和水进行生物浸出,每隔 8h 搅拌 0.5 小时,搅拌速率 10rpm,浸出时间 10 天,每 8h 通气 1 次,每次 1h,每次通气量为  $0.30\text{m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{min}$ ;每 5 天进水一次,同时排出浸出液,排出浸出液前 3h 停止通气和搅拌,使物料沉积;(4) 后续加工:浸出液浓缩至速效钾含量为 10g/L,即得多元液体钾肥,回收水通入浸出池循环利用;浸出 10 天后,将浸出池中的物料进行固液分离,液体部分浓缩至速效钾含量为 10g/L,得多元液体钾肥,固体部分在  $\leq 40^\circ\text{C}$  的条件下干燥造粒,即得固体生物复合肥;所述的低品位含钾矿粉中钾含量以  $\text{K}_2\text{O}$  计为 8 ~ 12%;所述的工农业废弃物为酒糟、废糖蜜、豆饼粉、食用菌栽培菌渣废料、麸皮、米糠、玉米芯粉、甘蔗渣粉中的一种或多种;所述的发酵辅料为重量比 =2 : 1 的废糖蜜和豆饼粉;所述的复合菌剂为等量的胶质芽孢杆菌和巨大芽孢杆菌。

2. 按照权利要求 1 所述两步转化法生产生物钾肥的方法,其特征在於:已接种的物料堆制成 5.0m×2.0m×0.5 m 长方形堆状,排成多行平行的堆,上面覆盖稻草或塑料薄膜。

3. 按照权利要求 1 所述两步转化法生产生物钾肥的方法,其特征在於:生物浸出时:通气孔道为浸出池底部的通气管网;每次进水至浸出池中水面高出物料表面 3 ~ 5cm。

4. 如权利要求 1-3 中任一项所述两步转化法生产生物钾肥的方法生产得到的多元液体钾肥和固体生物复合肥。

## 两步转化法生产生物钾肥的方法及产品

[0001] 技术领域:本发明涉及一种两步转化法生产生物钾肥的方法及产品,属于生物活性钾肥的生产技术领域。

[0002] 背景技术:我国是一个可溶性钾矿资源极为缺乏的国家,钾盐储量 4.57 亿吨,仅占世界的 2.6%,可溶性钾资源的缺乏导致我国缺钾耕地面积已占耕地总面积的 56%,70~80%的耕地钾养分不足,农业投入的钾养分也仅为发达国家的 43%(张晓卫,2006)。在钾肥供需方面,《2005 年国土资源公报》显示:2005 年我国钾肥产量(折  $K_2O$ )为 232.66 万吨,自给率仅为 20%左右;钾肥进口 917 万吨,比 2004 年增长 23.4%,对外依存度达 70%以上;《公报》还预测到 2010 年,我国钾肥需求量 1262 万吨,供需缺口非常大。目前,钾肥的缺乏和国外钾肥生产企业的价格垄断,不仅使得我国的钾肥供需矛盾越发突出,增加了农业生产的成本,同时对我国粮食生产安全也造成了一定的冲击。我国低品位含钾岩石( $K_2O$ 含量一般为 7~11%)资源非常丰富(中国农业科学院土壤肥料研究所,1994;林继雄,李家康 1993;连宾,1998),为了缓解我国钾肥匮乏和充分利用该类资源,我国自 50 年代就开始探索利用含钾岩石制取钾肥的工艺。虽然曾先后采用不同的方法(主要是热法和湿化学法)进行钾肥开发,但由于工艺过程存在能耗大、物耗大、产品含钾量低、引起土壤酸化、环境污染和破坏等问题而形成工业化生产的技术不多,已经投产的项目也被陆续关闭(陈履安,1996)。

[0003] 随着微生物技术的发展,微生物技术在处理低品位含钾岩石,提高其生物有效性方面的应用越来越受瞩目,目前在基础研究方面已取得丰硕成果,主要集中在菌种筛选、有效性试验、机理和菌剂应用等方面(Monib, et al. 1984;Avakyan, 1984;Rozanova, 1986;Groudev, et al., 1987;Malinovskaya, 1988;Malinoskaya, 1990;Mel'nikova, et al, 1990;Friedrich, 1991;连宾, 1998;Welch, 1999;连宾等, 2002)。在真菌解钾方面的研究也有进展(Ling Yuan et al., 2004;Wallander&Tonie, 1999;Glowa, et al., 2003)。

[0004] 从国内外的专利申请来看,涉及到低品位含钾岩石微生物处理生产钾肥的研究可归纳为以下三个方面:

[0005] (1) 有机质经微生物发酵腐熟后释放出活性钾素,加入适量的化学钾肥混合后制成含钾有机生物肥料。如:Fertilizer compositions and methods of making and using same(Porubcan, 2005, US6878179);Method for producing biofertilizer(Jangjeng-Ying, et al, 2005, TW229064B);磁化多元生物菌肥的制备方法(李少勇等, 2006, CN1727312);利用城市垃圾粪便制备生物肥料的方法(李元方等, 2006, CN1727311);有机生物发酵复混肥的生产方法(邹洪伟等, 2005, CN1623961);多效有机生物肥料生产方法及设备(徐少云等, 1995, CN1113223);生物有机肥料及其制备方法(王学泠等, 2003, CN1413953);等。

[0006] (2) 简易堆肥腐熟法制成含钾有机肥料,如:Method for producing bio-fertilizer(Rajmanov et al, 1999, RU2130005);活性粉煤灰肥料(路西泉, 1996, CN1136544);一种生物磷、钾肥的制备方法(李善宽, 2005, CN1569766);利用微生物固体发酵分解难溶钾矿生产菌钾肥的方法(杜士伟等, 2001, CN1290673)。

[0007] (3) 含有活性解钾微生物的生物肥料, 如: Bacterial cultures for root-colonizing plants (Kloepper et al., 1995, US5503652); 硅酸盐细菌及含有硅酸盐细菌的肥料 (殷永娴等, 2002, CN1379083); 一种生产高密度硅酸盐细菌菌剂的工艺 (李永兴和李久蒂, 2004, CN1504563); 等。

[0008] 杜士伟等于 2001 年申请的“利用微生物固体发酵分解难溶钾矿生产菌钾肥的方法”(CN1290673) 与本发明有些许类似, 但该申请是用含有  $K_2O$ 、 $Al_2O_3$  和  $SiO_2$  的钾长石, 氧化钙和碳、氮源物质为固体发酵原料与水、解钾菌液混合发酵制得菌钾肥, 其方法简单, 技术含量低, 菌液的培养时间长, 事实上就是简易的堆肥腐熟法, 对难溶性钾矿粉的分解率不可能满足要求, 而且在原料的选取上也没有实现资源的增殖利用。

[0009] 目前, 由于缺乏处理工农业废弃物的有效方法和得力措施, 农业垃圾被焚烧和随意丢弃现象十分普遍, 既造成资源的浪费也带来环境的污染。为了将工农业废弃物 (如: 食用菌栽培废料、畜禽粪便、农产品加工废弃物等) 变废为宝, 促进资源循环利用, 提高其价值, 改善农业生态环境, 实现农业生态系统的良性循环, 通过一定的技术将工农业废弃物应用到生物钾肥的生产中将具有重要的现实意义。

#### 发明内容:

[0010] 本发明的目的在于: 提供一种两步转化法生产生物钾肥的方法及产品。本发明以矿物学、地质微生物学原理和现代固体发酵理论为理论依据, 组合运用发酵工程技术和生物浸出技术, 研发出了可有效转化低品位含钾岩石生产多元液体钾肥和多功能生物钾肥的工艺, 大幅度提高了对含钾岩石的生物转化能力, 使含钾岩石和工农业废弃物转变为多功能钾肥, 并可实现不同规模的工业化生产, 使低品位含钾岩石真正实现资源化, 同时也使工农业废弃物变废为宝, 实现了资源的循环利用。

[0011] 本发明是这样实现的: 两步转化法生产生物钾肥的方法为: 将低品位含钾矿粉、工农业废弃物和发酵辅料混合, 加水拌匀, 接入 EM 制剂, 采用堆制发酵法进行预处理, 然后转入生物浸出池, 加入复合菌剂进行生物浸出, 浸出液浓缩得多元液体钾肥; 固体部分干燥造粒, 即得固体生物复合肥。

[0012] 具体的方法包括以下步骤: (1) 配制发酵底料: 将低品位含钾岩石粉碎至 150 ~ 200 目的矿粉, 工农业废弃物打散、曝晒, 含钾矿粉、工农业废弃物和发酵辅料以 6 : 3 : 1 的重量比混合, 然后按 1 : 1.1 ~ 1.3 的料水比加水拌匀; (2) 接种及发酵: 按 6% ~ 8% 的接种量向配制好的发酵底料中接入 EM 制剂, 搅拌均匀后堆制发酵, 发酵温度 40 ~ 70°C, 湿度 70 ~ 80%, 发酵时间 15 天, 前 6 天每 2 天翻堆通气 1 次, 此后每天翻堆通气 1 次, 每次 0.1 ~ 0.3h; (3) 生物浸出: 发酵产物转入生物浸出池, 加入 10% 的复合菌剂和水进行生物浸出, 每隔 8h 搅拌 0.5 小时, 搅拌速率 10rpm, 浸出时间 10 天, 每 8h 通气 1 次, 每次 1h, 每次通气量为 0.30m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>min; 每 5 天进水一次, 同时排出浸出液, 排出浸出液前 3h 停止通气和搅拌, 使物料沉积; (4) 后续加工: 浸出液浓缩至速效钾含量为 10g/L, 即得多元液体钾肥, 回收水通入浸出池循环利用; 浸出 10 天后, 将浸出池中的物料进行固液分离, 液体部分浓缩至速效钾含量为 10g/L, 得多元液体钾肥, 固体部分在 ≤ 40°C 的条件下干燥造粒, 即得固体生物复合肥。

[0013] 所述的低品位含钾矿粉中钾含量以  $K_2O$  计为 8 ~ 12%; 所述的工农业废弃物为

酒糟、废糖蜜、豆饼粉、食用菌栽培菌渣废料、麸皮、米糠、玉米芯粉、甘蔗渣粉中的一种或多种；所述的发酵辅料为重量比 = 2 : 1 的废糖蜜和豆饼粉；所述的复合菌剂为等量的胶质芽孢杆菌和巨大芽孢杆菌。

[0014] 复合菌剂的制备方法为：胶质芽孢杆菌 (*Bacillus mucilaginosus*, AS1.231; ACCC10012) 在由蔗糖 5.0g、 $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  2.0g、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.5g、 $\text{CaCO}_3$  0.1g、 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  5mg、琼脂 18.0 ~ 20.0g、蒸馏水 1L 组成的 pH 值 7.0 ~ 7.3 的斜面试管培养基中活化 4-5 天，然后转接入由蔗糖 10g、酵母膏 0.5g、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  0.5g、 $\text{MgSO}_4$  0.1g、KCl 0.1g、 $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  0.1g、 $\text{CaCO}_3$  1.0g、蒸馏水 1L 组成的 pH 值 6.8 ~ 7.2 的发酵培养基中，摇瓶培养 5-6 天；巨大芽孢杆菌 (*Bacillus megaterium*, AS1.459; ACCC 10008) 在由蛋白胨 5g、牛肉膏 3g、琼脂粉 15 ~ 18g、蒸馏水 1L 组成的 pH 值 6.8 ~ 7.2 的斜面试管培养基中活化 2 天，然后转接入由葡萄糖 10g、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  0.5g、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.3g、NaCl 0.3g、KCl 0.3g、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.03g、 $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.03g、 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  5g、蒸馏水 1L 组成的 pH 值 7.0 ~ 7.3 的发酵培养基中，摇瓶培养 3-4 天；将两种细菌培养液等量混合即得复合菌剂。

[0015] 所述已接种的物料堆制成 5.0m × 2.0m × 0.5m 长方形堆状，排成多行平行的堆，上面覆盖稻草或塑料薄膜，以保持堆制物料的温度。

[0016] 生物浸出时：通气孔道为浸出池底部的通气管网；每次进水至浸出池中水面高出物料表面 3 ~ 5cm。

[0017] 还可以用装袋发酵法代替上述堆制发酵法；用沼气池代替上述生物浸出池，即将发酵产物直接投入沼气池，不加菌剂进行生物浸出。

[0018] 如上所述两步转化法生产生物钾肥的方法生产得到的多元液体钾肥和固体生物复合肥。

[0019] 本发明所述的技术方案是发明人经过了大量的试验研究之后筛选出来的最佳方案。试验过程中，将单纯的含钾岩石（平均钾含量以  $\text{K}_2\text{O}$  计为 10.43%）配入一定量的石灰石和煤，粉磨制块，在 800 ~ 1250℃ 高温下烧结，再打成粉，有效钾含量也可达到 4%，但成本高、工艺复杂，而且由这样的矿粉制成肥料长期使用会使土壤沙化，效果不好。而工农业废弃物，如酒糟、废糖蜜、豆饼粉、食用菌栽培菌渣废料、麸皮、米糠、玉米芯粉、甘蔗渣粉等均含有大量有机物及丰富的矿物元素，可以进行综合利用。采用发酵方法对废弃物料进行微生物转化有助于提高其养分利用率。利用发酵辅料是帮助微生物制剂（EM 制剂）快速生长的必要措施。将以上组分混合制成的发酵物料能很快进入高温发酵阶段并促进含钾岩石粉和废弃物料的物质转化。组合运用固体发酵和生物浸出技术是为了提高含钾岩石的降解速率和钾的转化率，通过对比试验发现，组合工艺试验结果比单纯的固体发酵和单纯的生物浸出效果都要好，有效钾含量可分别提高 15% 和 20% 左右。

[0020] 本发明以矿物学、地质微生物学原理和现代固体发酵理论及生物浸出机制为理论依据，组合运用现代固体发酵和生物浸出技术转化低品位含钾岩石以生产生物钾肥，具有以下优点：

[0021] 1. 采用可高效转化含钾岩石的 EM 制剂为发酵用菌剂，大大提高了对含钾岩石的降解速率。

[0022] 2. 采用高温发酵技术，省去了对发酵底料的灭菌处理环节，节省了成本，同时也避免了发酵过程中常温型微生物对底料的污染。

[0023] 3. 通过硅酸盐细菌(胶质芽孢杆菌)和巨大芽孢杆菌所组成的复合菌剂进行生物浸出,使已经被部分活化的含钾矿物进一步发生降解,从而大大提高了矿物钾的转化率。

[0024] 4. 将物料的固体发酵处理和液体生物浸出组合运用,不仅使低品位含钾矿物中钾的转化率得到了提高,而且工艺技术成本低、制造简单、操作简便、生产周期短,还可实现不同规模的工业化生产;此外生产过程中无污染物排放,实现了清洁生产。

[0025] 5. 通过处理使低品位含钾岩石和废弃物料经发酵转化为多功能钾肥或复合肥料,不仅使低品位含钾岩石真正实现资源化,同时也使工农业废弃物变废为宝,实现了资源的循环利用。

[0026] 6. 产品品质优良:多元液体钾肥中速效钾为 10g/L、N 2g/L、P 3g/L,同时含有对作物有益的微量元素(Si、Mo、Cu、Zn、Se、Fe、Mn 等)和稀土元素及有益微生物菌群及其代谢产物,如氨基酸、蛋白质、胞外多糖等物质。由于多元液体钾肥的 pH 值在 6.5 左右,非常适合喷洒或滴灌施用。固体生物复合肥养分全面,其中有机质含量为  $\geq 30\%$ ,总养分  $\geq 15\%$ (有效钾  $\geq 5\%$ 、总氮  $\geq 5\%$ 、有效磷  $\geq 5\%$ ),水分  $\leq 10\%$ ,有益微生物菌(硅酸盐细菌和巨大芽孢杆菌)总数大于  $2 \times 10^9$  个/g,而且富含 Si、Mo、Cu、Zn、Se、Fe、Mn 等微量元素和稀土元素及有机质,施用后不仅可补充作物生长所需养分,而且有益微生物菌群可有效转化土壤中的矿物钾和磷等,还可增加土壤有机质含量,疏松板结的土壤,提高土壤肥力。

[0027] 与现有技术相比,本发明以低品位含钾岩石和工农业废弃物的混合物为发酵底料,EM 制剂为发酵菌剂,组合运用堆制发酵技术和生物浸出技术,大大提高了含钾岩石的降解速率和钾的转化率,在简化工艺、提高生产效率的同时,实现了生产过程的清洁化和资源的增值利用;产品质量优良,不仅含有丰富的可补充作物生长所需的养分,而且还能增加土壤有机质,疏松板结,保育土壤,提高肥力。

#### 附图说明:

[0028] 图 1 为本发明两步转化法生产生物钾肥的工艺流程图。

#### 具体实施方式:

[0029] 本发明的实施例 1:两步转化法生产生物钾肥的方法如下:

[0030] 复合菌剂的制备:胶质芽孢杆菌(*Bacillus mucilaginosus*, AS1.231;ACCC 10012)在斜面试管培养基(培养基组成:蔗糖 5.0g、 $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  2.0g、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.5g、 $\text{CaCO}_3$  0.1g、 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  5mg、琼脂 18.0~20.0g、蒸馏水 1L, pH 值 7.0~7.3)中活化 4~5 天,然后转接入发酵培养基(培养基组成:蔗糖 10g、酵母膏 0.5g、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  0.5g、 $\text{MgSO}_4$  0.1g、KCl 0.1g、 $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  0.1g、 $\text{CaCO}_3$  1.0g、蒸馏水 1L, pH 值 6.8~7.2)中,摇瓶培养 56 天。巨大芽孢杆菌(*Bacillus megaterium*, AS1.459;ACCC 10008)在斜面试管培养基(培养基组成:蛋白胨 5g、牛肉膏 3g、琼脂粉 15~18g、蒸馏水 1L, pH 值 6.8~7.2)中活化 2 天,然后转接入发酵培养基(培养基组成:葡萄糖 10g、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  0.5g、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.3g、NaCl 0.3g、KCl 0.3g、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.03g、 $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.03g、 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  5g、蒸馏水 1L, pH 值 7.0~7.3)中,摇瓶培养 3~4 天。将以上两种细菌培养液等量混合即得胶质芽孢杆菌与巨大芽孢杆菌的复合菌剂。

[0031] 配制发酵底料:将低品位含钾岩石粉碎至 180 目的矿粉(钾含量以  $\text{K}_2\text{O}$  计为

10%)，酒糟打散、曝晒，含钾矿粉、酒糟和发酵辅料（重量比=2：1的废糖蜜和豆饼粉）以6：3：1的重量比混合，然后按1：1.2的料水比加水拌匀。

[0032] 接种及发酵：以8%的接种量向配制好的发酵底料中接入EM制剂，搅拌均匀后堆成5.0m×2.0m×0.5m的长方形堆状，排成多行平行的堆垛，上面覆盖稻草或塑料薄膜，以保持堆制物料的温度；发酵温度40～70℃，湿度70～80%，发酵时间15天，第1～6天每2天翻堆通气1次，每次0.1～0.3h；第7～15天每天翻堆通气1次，每次0.1～0.3h。

[0033] 生物浸出：发酵产物转入生物浸出池，加入10%的复合菌剂（胶质芽孢杆菌和巨大芽孢杆菌各占5%）和水（水面高出物料表面3～5cm）进行生物浸出，每隔8h搅拌0.5小时，搅拌速率10rpm；浸出时间10天，通过浸出池底部的通气管网进行通气，每8h通气一次，每次1h，每次通气量为0.30m<sup>3</sup>/m<sub>3</sub>min；每5天进水一次，同时排出浸出液，排出浸出液前3h停止通气及搅拌，使物料沉积，有利于浸出液顺利排出；每次进水须保证浸出池中水面高出物料表面3～5cm。

[0034] 后续加工：浸出液浓缩至其中速效钾含量为10g/L，即得多元液体钾肥，回收水通入浸出池循环利用；浸出10天后，当浸出池中的物料被作用后将其进行固液分离，液体部分浓缩至其中速效钾含量为10g/L，得多元液体钾肥，固体部分在≤40℃的条件下干燥造粒，即得固体生物复合肥。所得固体生物复合肥可视情况配入无机肥制成有机无机复混肥。

[0035] 产品性能：所得多元液体钾肥中速效钾10g/L、N 2g/L、P 3g/L，同时含有对作物有益的微量元素（Si、Mo、Cu、Zn、Se、Fe、Mn等）和稀土元素及有益微生物菌群及其代谢产物，如氨基酸、蛋白质、胞外多糖等物质；其pH值为6.5左右，非常适合喷洒或滴灌施用。所得固体生物复合肥养分丰富，其中有机质含量为≥30%，总养分≥15%（有效钾≥5%、总氮≥5%、有效磷≥5%），水分≤10%，有益微生物菌（硅酸盐细菌和巨大芽孢杆菌）达到2×10<sup>9</sup>个/g，而且富含Si、Mo、Cu、Zn、Se、Fe、Mn等微量元素和稀土元素及有机质，不仅可补充作物生长所需养分，而且活性硅酸盐细菌和巨大芽孢杆菌可有效转化土壤中的矿物钾和磷，还可增加土壤有机质，疏松板结的土壤，提高土壤肥力。

[0036] 本发明的实施例2：两步转化法生产生物钾肥的方法如下：

[0037] 复合菌剂的制备：胶质芽孢杆菌（*Bacillus mucilaginosus*, AS1.231;ACCC 10012）在斜面试管培养基（培养基组成：蔗糖5.0g、Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>2.0g、MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.5g、CaCO<sub>3</sub>0.1g、FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O 5mg、琼脂18.0～20.0g、蒸馏水1L，pH值7.0～7.3）中活化4-5天，然后转接入发酵培养基（培养基组成：蔗糖10g、酵母膏0.5g、(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>0.5g、MgSO<sub>4</sub>0.1g、KCl 0.1g、Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.1g、CaCO<sub>3</sub>1.0g、蒸馏水1L，pH值6.8～7.2）中，摇瓶培养5-6天。巨大芽孢杆菌（*Bacillus megaterium*, AS1.459;ACCC 10008）在斜面试管培养基（培养基组成：蛋白胨5g、牛肉膏3g、琼脂粉15～18g、蒸馏水1L，pH值6.8～7.2）中活化2天，然后转接入发酵培养基（培养基组成：葡萄糖10g、(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>0.5g、MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.3g、NaCl 0.3g、KCl 0.3g、FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.03g、MnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.03g、Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>25g、蒸馏水1L，pH值7.0～7.3）中，摇瓶培养3-4天。将以上两种细菌培养液等量混合即得胶质芽孢杆菌与巨大芽孢杆菌的复合菌剂。

[0038] 配制发酵底料：将低品位含钾岩石粉碎至150目的矿粉（钾含量以K<sub>2</sub>O计为8%），麸皮与米糠打散、曝晒，含钾矿粉、麸皮与米糠的混合物和发酵辅料（重量比=2：1的废糖蜜和豆饼粉）以6：3：1的重量比混合，然后按1：1.1的料水比加水拌匀。

[0039] 接种及发酵:以6%的接种量向配制好的发酵底料中接入EM制剂,搅拌均匀后堆成 $5.0\text{m}\times 2.0\text{m}\times 0.5\text{m}$ 的堆状,排成多行平行的堆垛,上面覆盖稻草或塑料薄膜,以保持堆制物料的温度;发酵温度 $40\sim 70^{\circ}\text{C}$ ,湿度 $70\sim 80\%$ ,发酵时间15天,第1~6天每2天翻堆通气1次,每次 $0.1\sim 0.3\text{h}$ ;第7~15天每天翻堆通气1次,每次 $0.1\sim 0.3\text{h}$ 。

[0040] 生物浸出:发酵产物转入生物浸出池,加入10%的复合菌剂(胶质芽孢杆菌和巨大芽孢杆菌各占5%)和水(水面高出物料表面 $3\sim 5\text{cm}$ )进行生物浸出,每隔8h搅拌0.5小时,搅拌速率 $10\text{rpm}$ ;浸出时间10天,通过浸出池底部的通气管网进行通气,每8h通气一次,每次1h,每次通气量为 $0.30\text{m}^3/\text{m}^3\text{min}$ ;每5天进水一次,同时排出浸出液,排出浸出液前3h停止通气及搅拌,使物料沉积,有利于浸出液顺利排出;每次进水须保证浸出池中水面高出物料表面 $3\sim 5\text{cm}$ 。

[0041] 后续加工:浸出液浓缩至其中速效钾含量为 $10\text{g/L}$ ,即得多元液体钾肥,回收水通入浸出池循环利用;浸出10天后,当浸出池中的物料被作用后将其进行固液分离,液体部分浓缩至其中速效钾含量为 $10\text{g/L}$ ,得多元液体钾肥,固体部分在 $\leq 40^{\circ}\text{C}$ 的条件下干燥造粒,即得固体生物复合肥。所得固体生物复合肥可视情况配入无机肥制成有机无机复混肥。

[0042] 本发明的实施例3:两步转化法生产生物钾肥的方法如下:

[0043] 复合菌剂的制备:胶质芽孢杆菌(*Bacillus mucilaginosus*, AS1.231; ACCC 10012)在斜面试管培养基(培养基组成:蔗糖 $5.0\text{g}$ 、 $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  $2.0\text{g}$ 、 $\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$  $0.5\text{g}$ 、 $\text{CaCO}_3$  $0.1\text{g}$ 、 $\text{FeCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$  $5\text{mg}$ 、琼脂 $18.0\sim 20.0\text{g}$ 、蒸馏水 $1\text{L}$ , pH值 $7.0\sim 7.3$ )中活化4~5天,然后转接入发酵培养基(培养基组成:蔗糖 $10\text{g}$ 、酵母膏 $0.5\text{g}$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  $0.5\text{g}$ 、 $\text{MgSO}_4$  $0.1\text{g}$ 、 $\text{KCl}$  $0.1\text{g}$ 、 $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  $0.1\text{g}$ 、 $\text{CaCO}_3$  $1.0\text{g}$ 、蒸馏水 $1\text{L}$ , pH值 $6.8\sim 7.2$ )中,摇瓶培养5~6天。巨大芽孢杆菌(*Bacillus megaterium*, AS1.459; ACCC 10008)在斜面试管培养基(培养基组成:蛋白胨 $5\text{g}$ 、牛肉膏 $3\text{g}$ 、琼脂粉 $15\sim 18\text{g}$ 、蒸馏水 $1\text{L}$ , pH值 $6.8\sim 7.2$ )中活化2天,然后转接入发酵培养基(培养基组成:葡萄糖 $10\text{g}$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  $0.5\text{g}$ 、 $\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$  $0.3\text{g}$ 、 $\text{NaCl}$  $0.3\text{g}$ 、 $\text{KCl}$  $0.3\text{g}$ 、 $\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$  $0.03\text{g}$ 、 $\text{MnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$  $0.03\text{g}$ 、 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  $25\text{g}$ 、蒸馏水 $1\text{L}$ , pH值 $7.0\sim 7.3$ )中,摇瓶培养3~4天。将以上两种细菌培养液等量混合即得胶质芽孢杆菌与巨大芽孢杆菌的复合菌剂。

[0044] 配制发酵底料:将低品位含钾岩石粉碎至200目的矿粉(钾含量以 $\text{K}_2\text{O}$ 计为 $12\%$ ),废糖蜜、豆饼粉等工农业废弃物打散、曝晒,含钾矿粉、工农业废弃物和发酵辅料以 $6:3:1$ 的重量比混合,然后按 $1:1.3$ 的料水比加水拌匀。

[0045] 接种及发酵:以7%的接种量向配制好的发酵底料中接入EM制剂,搅拌均匀后堆成 $5.0\text{m}\times 2.0\text{m}\times 0.5\text{m}$ 的堆状,排成多行平行的堆垛,上面覆盖稻草或塑料薄膜,以保持堆制物料的温度;发酵温度 $40\sim 70^{\circ}\text{C}$ ,湿度 $70\sim 80\%$ ,发酵时间15天,第1~6天每2天翻堆通气1次,每次 $0.1\sim 0.3\text{h}$ ;第7~15天每天翻堆通气1次,每次 $0.1\sim 0.3\text{h}$ 。

[0046] 生物浸出:发酵产物转入生物浸出池,加入10%的复合菌剂(胶质芽孢杆菌和巨大芽孢杆菌各占5%)和水(水面高出物料表面 $3\sim 5\text{cm}$ )进行生物浸出,每隔8h搅拌0.5小时,搅拌速率 $10\text{rpm}$ ;浸出时间10天,通过浸出池底部的通气管网进行通气,每8h通气一次,每次1h,每次通气量为 $0.30\text{m}^3/\text{m}^3\text{min}$ ;每5天进水一次,同时排出浸出液,排出浸出液前3h停止通气及搅拌,使物料沉积,有利于浸出液顺利排出;每次进水须保证浸出池中水面高出物料表面 $3\sim 5\text{cm}$ 。



[0047] 后续加工:浸出液浓缩至其中速效钾含量为 10g/L,即得多元液体钾肥,回收水通入浸出池循环利用;浸出 10 天后,当浸出池中的物料被作用后将其进行固液分离,液体部分浓缩至其中速效钾含量为 10g/L,得多元液体钾肥,固体部分在 $\leq 40^{\circ}\text{C}$ 的条件下干燥造粒,即得固体生物复合肥。所得固体生物复合肥可视情况配入无机肥制成有机无机复混肥。

[0048] 本发明的实施例 4:两步转化法生产生物钾肥的方法包括以下步骤:

[0049] 配制发酵底料:将低品位含钾岩石粉碎至 160~190 目的矿粉,食用菌栽培菌渣废料、玉米芯粉、甘蔗渣粉等工农业废弃物打散、曝晒,含钾矿粉、工农业废弃物和发酵辅料以 6:3:1 的重量比混合,然后按 1:1.1~1.3 的料水比加水拌匀。

[0050] 接种及装料:以 7%的接种量向配制好的发酵底料中接入 EM 制剂,搅拌均匀后堆制发酵,发酵温度 40~70 $^{\circ}\text{C}$ ,湿度 70~80%,发酵时间 15 天,前 6 天每 2 天翻堆通气 1 次,此后每天翻堆通气 1 次,每次 0.1~0.3h。

[0051] 生物浸出:发酵产物转入生物浸出池,加入 10%的复合菌剂(胶质芽孢杆菌和巨大芽孢杆菌各占 5%)和水进行生物浸出,每隔 8h 搅拌 0.5 小时,搅拌速率 10rpm;浸出时间 10 天,每 8h 通气 1 次,每次 1h,每次通气量为 0.30m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>min;每 5 天进水一次,同时排出浸出液,排出浸出液前 3h 停止通气和搅拌,使物料沉积,有利于浸出液顺利排出。

[0052] 后续加工:浸出液浓缩至其中速效钾含量为 10g/L,即得多元液体钾肥,回收水通入浸出池循环利用;浸出 10 天后,当浸出池中的物料被作用后将其进行固液分离,液体部分浓缩至其中速效钾含量为 10g/L,得多元液体钾肥,固体部分在 $\leq 40^{\circ}\text{C}$ 的条件下干燥造粒,即得固体生物复合肥。

[0053] 本发明的实施例 5:两步转化法生产生物钾肥的方法包括以下步骤:

[0054] 配制发酵底料:将低品位含钾岩石粉碎至 180 目的矿粉(钾含量以 K<sub>2</sub>O 计为 10%),酒糟打散、曝晒,含钾矿粉、酒糟和发酵辅料(重量比=2:1 的废糖蜜和豆饼粉)以 6:3:1 的重量比混合,然后按 1:1.2 的料水比加水拌匀。

[0055] 接种及发酵:以 8%的接种量向配制好的发酵底料中接入 EM 制剂,搅拌均匀后装入 24cm×42cm×0.018cm 聚乙烯袋中,装袋时使袋外紧内松,封口后用已消毒的铁丝在袋上打孔,每间隔 5cm 距离打一孔并穿透料袋。已接种的料袋置立式多层载料架上,每层载料架上堆码料袋 5~6 层。载料架置于发酵仓内进行发酵,发酵温度 40~70 $^{\circ}\text{C}$ ,湿度 70~80%,发酵时间 15 天,第 1~6 天每 6h 通气一次,维持 2h 后泻压;第 7~15 天每 8h 通气一次,维持 3h 后泻压;每次通气量均为 0.20m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>min。

[0056] 生物浸出:发酵产物转入沼气池,加入水进行生物浸出,每隔 8h 搅拌 0.5 小时,搅拌速率 10rpm,以混合物料和传质;浸出时间 10 天,每 8h 通气一次,每次 1h,每次通气量为 0.30m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>min;每 5 天进水一次,同时排出浸出液,排出浸出液前 3h 停止通气及搅拌,使物料沉积,有利于浸出液顺利排出;每次进水须保证浸出池中水面高出物料表面 3~5cm。

[0057] 后续加工:从沼气池出来的浸出液为多元液体钾肥,可直接使用;浸出 10 天后,当浸出池中的物料被作用后将其进行固液分离,液体部分为多元液体钾肥,固体部分在 $\leq 40^{\circ}\text{C}$ 的条件下干燥造粒,即得固体生物复合肥。

[0058] 以上所用的 EM 制剂为市售产品,可在农资销售部门购买。

