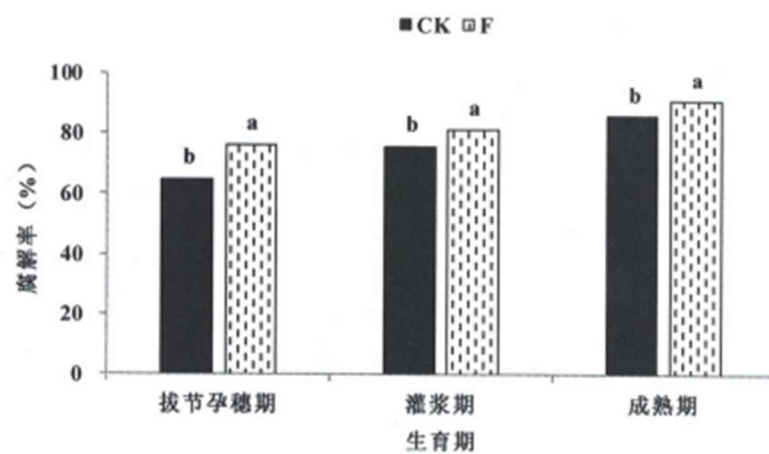


说明书摘要

本发明公开了一种水稻秸秆腐熟剂及其制备方法。该水稻秸秆腐熟剂由包括复合微生物、秸秆粉、麸皮、稻糠、氮肥、硫酸镁、磷酸二氢钾和磷酸氢二钾在内的原料制备而成。该秸秆腐熟剂的制备过程包括以下步骤：1) 将各单一菌液按照预定的重量比例混合，得到复合微生物；2) 将复合微生物、秸秆粉、麸皮、稻糠、氮肥、硫酸镁、磷酸氢二钾和磷酸二氢钾按照预定的重量比例混合，再加入清水调整混合物料的水分含量；3) 在 25-32℃ 温度下，将水分调整后的混合物料好氧发酵，得到发酵产物；4) 将发酵产物阴干或低温干燥，粉碎，制得秸秆腐熟剂。本发明的秸秆腐熟剂用于水稻秸秆还田，能快速腐熟秸秆，促进秧苗的根系发育和秧苗生长，提高水稻产量。

摘要附图



权利要求书

1、一种水稻秸秆腐熟剂，其由包括复合微生物、秸秆粉、麸皮、稻糠、氮肥、硫酸镁、磷酸二氢钾和磷酸氢二钾在内的原料制备而成；

~~2、根据权利要求1所述的水稻秸秆腐熟剂，其特征在于：所述原料包括按照重量计的所述复合微生物 5-20 份、所述秸秆粉 40-60 份、所述麸皮 5-10 份、所述稻糠 5-10 份、所述氮肥 0.1-0.5 份、所述硫酸镁 0.1-0.5 份、所述磷酸氢二钾 0.1-1.0 份和所述磷酸二氢钾 0.5-1.0 份；~~

所述复合微生物包括按照重量计的短小芽孢杆菌菌液 10-20 份、东方伊萨酵母菌液 5-10 份、枯草芽孢杆菌菌液 10-20 份、灰略红链霉菌菌液 10-20 份、哈茨木霉菌液 15-25 份和斜卧青霉菌液 5-15 份。

~~32、根据权利要求1或2所述的水稻秸秆腐熟剂，其特征在于：所述原料包括按照重量计的所述复合微生物 10-20 份、所述秸秆粉 45-60 份、所述麸皮 7-10 份、所述稻糠 7-10 份、所述氮肥 0.3-0.5 份、所述硫酸镁 0.2-0.5 份、所述磷酸氢二钾 0.4-1.0 份和所述磷酸二氢钾 0.6-1.0 份。~~

~~43、根据权利要求1或2所述的水稻秸秆腐熟剂，其特征在于：所述原料包括按照重量计的所述复合微生物 15 份、所述秸秆粉 60 份、所述麸皮 9 份、所述稻糠 8 份、所述氮肥 0.5 份、所述硫酸镁 0.3 份、所述磷酸氢二钾 1.0 份和所述磷酸二氢钾 0.8 份。~~

~~5、根据权利要求1或2所述的水稻秸秆腐熟剂，其特征在于：所述复合微生物包括短小芽孢杆菌、东方伊萨酵母、枯草芽孢杆菌、灰略红链霉菌、哈茨木霉和斜卧青霉。~~

~~64、根据权利要求51所述的水稻秸秆腐熟剂，其特征在于：所述短小芽孢杆菌的含菌量 $\geq 3.0 \times 10^9$ cfu/mL，所述东方伊萨酵母的含菌量 $\geq 3.5 \times 10^9$ cfu/mL，所述枯草芽孢杆菌的含菌量 $\geq 5.0 \times 10^9$ cfu/mL，所述灰略红链霉菌的含菌量 $\geq 2.5 \times 10^9$ cfu/mL，所述哈茨木霉的含菌量 $\geq 4.0 \times 10^9$ cfu/mL，所述斜卧青霉的含菌量 $\geq 2.5 \times 10^9$ cfu/mL。~~

~~75、权利要求1至61至4中任一项所述水稻秸秆腐熟剂的制备方法，其包括以下步骤：~~

步骤1，将各单一菌液按照预定的重量比例混合，得到复合微生物；

权利要求书

步骤 2，将所述复合微生物、秸秆粉、麸皮、稻糠、氮肥、硫酸镁、磷酸氢二钾和磷酸二氢钾按照预定的重量比例混合，得到混合物料，再加入清水调整所述混合物料的水分含量；

步骤 3，在 25-32℃ 温度下，将经过步骤 2 处理后的混合物料好氧发酵，得到发酵产物；

步骤 4，将所述发酵产物阴干或低温干燥，然后粉碎，制得所述水稻秸秆腐熟剂。

86、根据权利要求 85 所述的制备方法，其特征在于：在步骤 2 中，调整混合物料的水分含量为 45-65%。

97、根据权利要求 85 所述的制备方法，其特征在于：在步骤 3 中，发酵时间为 72-96 小时。

108、根据权利要求 85 所述的制备方法，其特征在于：所述水稻秸秆腐熟剂的目数 ≥ 80 目。

一种水稻秸秆腐熟剂及其制备方法

技术领域

本发明属于农业微生物技术领域，具体涉及一种水稻秸秆腐熟剂及其制备方法。

背景技术

随着东北地区水稻种植迅速发展，水稻的产量和品质均显著提高，但同时也产生了大量的水稻秸秆，水稻秸秆的处理问题成为影响东北农业可持续发展的难题。

目前，尽管有发电、沼气发酵、堆肥等多种方式处理水稻秸秆，但秸秆还田仍然是最主要措施之一。然而，东北地区秋季收获期集中，冬季封冻时间长，土壤温度较低，气候干燥，在自然条件下，水稻秸秆腐解速度缓慢，操作不当会影响春季土壤的墒情、播种、插秧质量及秋季作物的产量。

因此，开发一种水稻秸秆腐熟剂，用于快速腐解水稻秸秆，对于有效利用水稻秸秆资源，减轻环境污染，促进东北地区的水稻可持续发展意义重大。

发明内容

本发明要解决的技术问题是提供一种水稻秸秆腐熟剂及其制备方法，使水稻秸秆快速腐解，实现水稻秸秆的肥料化。

一方面，本发明提供一种水稻秸秆腐熟剂，其由包括复合微生物、秸秆粉、麸皮、稻糠、氮肥、硫酸镁、磷酸二氢钾和磷酸氢二钾在内的原料制备而成。

优选地，所述原料包括按照重量计的所述复合微生物 5-20 份、所述秸秆粉 40-60 份、所述麸皮 5-10 份、所述稻糠 5-10 份、所述氮肥 0.1-0.5 份、所述硫酸镁 0.1-0.5 份、所述磷酸氢二钾 0.1-1.0 份和所述磷酸二氢钾 0.5-1.0 份。

优选地，所述原料包括按照重量计的所述复合微生物 10-20 份、所述秸秆粉 45-60 份、所述麸皮 7-10 份、所述稻糠 7-10 份、所述氮肥 0.3-0.5 份、所述硫酸镁 0.2-0.5 份、所述磷酸氢二钾 0.4-1.0 份和所述磷酸二氢钾 0.6-1.0 份。

说明书

优选地，所述原料包括按照重量计的所述复合微生物 15 份、所述秸秆粉 60 份、所述麸皮 9 份、所述稻糠 8 份、所述氮肥 0.5 份、所述硫酸镁 0.3 份、所述磷酸氢二钾 1.0 份和所述磷酸二氢钾 0.8 份。

优选地，所述复合微生物包括短小芽孢杆菌、东方伊萨酵母、枯草芽孢杆菌、灰略红链霉菌、哈茨木霉和斜卧青霉。

优选地，所述短小芽孢杆菌的含菌量 $\geq 3.0 \times 10^9$ cfu/mL，所述东方伊萨酵母的含菌量 $\geq 3.5 \times 10^9$ cfu/mL，所述枯草芽孢杆菌的含菌量 $\geq 5.0 \times 10^9$ cfu/mL，所述灰略红链霉菌的含菌量 $\geq 2.5 \times 10^9$ cfu/mL，所述哈茨木霉的含菌量 $\geq 4.0 \times 10^9$ cfu/mL，所述斜卧青霉的含菌量 $\geq 2.5 \times 10^9$ cfu/mL。

另一方面，本发明还提供上述水稻秸秆腐熟剂的制备方法，其包括以下步骤：

步骤 1，将各单一菌液按照预定的重量比例混合，得到复合微生物；

步骤 2，将所述复合微生物、秸秆粉、麸皮、稻糠、氮肥、硫酸镁、磷酸氢二钾和磷酸二氢钾按照预定的重量比例混合，得到混合物料，再加入清水调整所述混合物料的水分含量；

步骤 3，在 25-32℃ 温度下，将经过步骤 2 处理后的混合物料好氧发酵，得到发酵产物；

步骤 4，将所述发酵产物阴干或低温干燥，然后粉碎，制得所述水稻秸秆腐熟剂。

优选地，在步骤 2 中，调整混合物料的水分含量为 45-65%。

优选地，在步骤 3 中，发酵时间为 72-96 小时。

优选地，所述水稻秸秆腐熟剂的目数 ≥ 80 目。

将本发明的秸秆腐熟剂用于水稻秸秆还田，能快速腐熟水稻秸秆，促进水稻秧苗的根系发育和水稻秧苗的生长，提高水稻产量。

附图说明

图 1 为施用本发明的秸秆腐熟剂后水稻秸秆的腐解率；

图 2 为施用本发明的秸秆腐熟剂后水稻根干重的变化；

图 3 为施用本发明的秸秆腐熟剂后水稻干物质的变化；

图 4 为施用本发明的秸秆腐熟剂后水稻剑叶 SPAD 变化；

说明书

其中，CK 表示对照组，F 表示试验组。

具体实施方式

下面结合具体实施例来进一步描述本发明，本发明的优点和特点将会随着描述而更为清楚。但是应当理解，实施例仅是示例性的，不对本发明的范围构成限制。本领域技术人员应该理解的是，在不偏离本发明的精神和范围下可以对本发明技术方案的细节和形式进行修改或替换，但这些修改和替换均落入本发明的保护范围内。

在下文的描述中，所涉及的方法如无特别说明，则均为本领域的常规方法。所涉及的原料如无特别说明，则均是能从公开商业途径获得的原料。

本发明将复合微生物、秸秆粉、麸皮、稻糠、氮肥、硫酸镁、磷酸氢二钾和磷酸二氢钾按照一定比例配比，然后添加清水调整混合物料的水分含量，再经过发酵得到一种水稻秸秆腐熟剂。其中的秸秆粉优选水稻秸秆粉、玉米芯粉或小麦秸秆粉中的任意一种、两种或三种的组合，进一步优选秸秆粉的目数 ≥ 50 目。氮肥优选为碳酸氢铵、硫酸铵、氯化铵、硝酸铵或尿素中的任意一种、两种或多种的组合。稻糠是稻谷制米过程中去除稻壳和净米后的部分。本发明的水稻秸秆腐熟剂用于水稻秸秆还田，能快速腐熟水稻秸秆，促进水稻秧苗的根系发育和水稻秧苗的生长，提高水稻产量。

在本发明的一个具体实施方式中，水稻秸秆腐熟剂采用复合微生物、秸秆粉、麸皮、稻糠、氮肥、硫酸镁、磷酸氢二钾、磷酸二氢钾和清水组成的原料制备而成。其具体制备过程包括以下步骤：

1) 选取短小芽孢杆菌 (*Bacillus pumilus*) 菌液、东方伊萨酵母 (*Issatchenkia orientalis*) 菌液、枯草芽孢杆菌 (*Bacillus subtilis*) 菌液、哈茨木霉 (*Trichoderma harzianum*) 菌液、斜卧青霉 (*Penicillium decumbens*) 菌液、灰略红链霉菌 (*Streptomyces griseorubens*) 菌液，然后将六种菌液按照重量计的配比关系进行复配获得复合微生物，优选短小芽孢杆菌菌液 10-20 份、东方伊萨酵母菌液 5-10 份、枯草芽孢杆菌菌液 10-20 份、灰略红链霉菌菌液 10-20 份、哈茨木霉菌液 15-25 份和斜卧青霉菌液 5-15 份。六种菌液可以自行制备，分别将短小芽孢杆菌、东方伊萨酵母、枯草芽孢杆菌、灰略红链霉菌、哈茨木霉和斜卧青霉在相应的液体培养基中发酵培养获得菌液。各单菌株菌液中的含菌量分别为：短小芽孢杆菌的

说明书

含菌量 $\geq 3.0 \times 10^9$ cfu/mL，东方伊萨酵母的含菌量 $\geq 3.5 \times 10^9$ cfu/mL，枯草芽孢杆菌的含菌量 $\geq 5.0 \times 10^9$ cfu/mL，灰略红链霉菌的含菌量 $\geq 2.5 \times 10^9$ cfu/mL，哈茨木霉的含菌量 $\geq 4.0 \times 10^9$ cfu/mL，斜卧青霉的含菌量 $\geq 2.5 \times 10^9$ cfu/mL。

2) 按照预定的重量比例称取复合微生物、秸秆粉、麸皮、稻糠、氮肥、硫酸镁、磷酸氢二钾和磷酸二氢钾，然后将八种原料添加在一起，搅拌，混合均匀得到混合物料，再添加清水调整混合物料的水分含量。八种原料组分的重量配比分别优选：复合微生物 5-20 份、秸秆粉 40-60 份、麸皮 5-10 份、稻糠 5-10 份、氮肥 0.1-0.5 份、硫酸镁 0.1-0.5 份、磷酸氢二钾 0.1-1.0 份和磷酸二氢钾 0.5-1.0 份。混合物料的水分含量优选为 45-65%。

3) 混合物料的初始 pH 自然，控制发酵温度在 25-32℃ 的范围内，将混合物料好氧发酵，得到发酵产物。发酵时间优选为 72-96 小时。

4) 将步骤 3) 的发酵产物进行阴干或者低温干燥，然后将干燥物粉碎，得到水稻秸秆腐熟剂。进一步优选水稻秸秆腐熟剂的目数 ≥ 80 目，发酵产物干燥时的温度优选 $\leq 50^\circ\text{C}$ 。

在进行寒地水稻秸秆还田时，在水稻返青后，先将本发明的秸秆腐熟剂用清水稀释 20-30 倍，然后均匀喷施在稻田中。水稻秸秆腐熟剂的施用量优选为 50-60kg/hm²。

为了帮助更好地理解本发明的技术方案，以下提供实施例，用于说明本发明的水稻秸秆腐熟剂的制备过程。

实施例一

本实施例的水稻秸秆腐熟剂的原料包括按重量计的复合微生物 5 份、水稻秸秆粉 40 份、麸皮 5 份、稻糠 5 份、碳酸氢铵 0.1 份、硫酸镁 0.1 份、磷酸二氢钾 0.1 份和磷酸氢二钾 0.5 份。其中的复合微生物由短小芽孢杆菌菌液、东方伊萨酵母菌液、枯草芽孢杆菌菌液、灰略红链霉菌菌液、哈茨木霉菌液和斜卧青霉菌液复配而成，按照重量计的六种菌液的份数分别是短小芽孢杆菌菌液 10 份、东方伊萨酵母菌液 8 份、枯草芽孢杆菌菌液 17 份、灰略红链霉菌菌液 20 份、哈茨木霉菌液 15 份和斜卧青霉菌液 15 份。六种菌液由发明人自行制备，分别将短小芽孢杆菌菌液、东方伊萨酵母菌液、枯草芽孢杆菌菌液、灰略红链霉菌菌液、哈茨木霉菌液和斜卧青霉菌液在相应的液体培养基中发酵培养获得菌液。各单菌株

说明书

菌液中的含菌量分别为：短小芽孢杆菌的含菌量 $\geq 3.0 \times 10^9$ cfu/mL，东方伊萨酵母的含菌量 $\geq 3.5 \times 10^9$ cfu/mL，枯草芽孢杆菌的含菌量 $\geq 5.0 \times 10^9$ cfu/mL，灰略红链霉菌的含菌量 $\geq 2.5 \times 10^9$ cfu/mL，哈茨木霉的含菌量 $\geq 4.0 \times 10^9$ cfu/mL，斜卧青霉的含菌量 $\geq 2.5 \times 10^9$ cfu/mL。

该水稻秸秆腐熟剂通过以下步骤制备而成。

步骤 1，将短小芽孢杆菌菌液、东方伊萨酵母菌液、枯草芽孢杆菌菌液、灰略红链霉菌菌液、哈茨木霉菌液和斜卧青霉菌液混合均匀得到复合微生物。

步骤 2，将复合微生物、水稻秸秆粉、麸皮、稻糠、碳酸氢铵、硫酸镁、磷酸氢二钾和磷酸二氢钾添加在发酵罐中，搅拌，混合均匀得到混合物料，再添加清水调整混合物料的水分含量为 45%。

步骤 3，混合物料的初始 pH 自然，控制发酵温度在 25-32℃ 的范围内，将混合物料好氧发酵 72 小时，得到发酵产物。

步骤 4，将步骤 3 得到的发酵产物在通风处阴干，然后将干燥物粉碎为 80 目的粉状物，得到水稻秸秆腐熟剂 1。

实施例二

本实施例的水稻秸秆腐熟剂的原料包括按重量计的复合微生物 10 份、混合秸秆粉 45 份、麸皮 7 份、稻糠 7 份、硫酸铵 0.4 份、硫酸镁 0.2 份、磷酸二氢钾 0.6 份和磷酸氢二钾 0.6 份。其中的混合秸秆粉由水稻秸秆粉和小麦秸秆粉按照 3:1 的重量比复配而成。复合微生物由短小芽孢杆菌菌液、东方伊萨酵母菌液、枯草芽孢杆菌菌液、灰略红链霉菌菌液、哈茨木霉菌液和斜卧青霉菌液复配而成，按照重量计的六种菌液的份数分别是短小芽孢杆菌菌液 13 份、东方伊萨酵母菌液 7 份、枯草芽孢杆菌菌液 20 份、灰略红链霉菌菌液 17 份、哈茨木霉菌液 18 份和斜卧青霉菌液 12 份。六种菌液由发明人自行制备，分别将短小芽孢杆菌菌液、东方伊萨酵母菌液、枯草芽孢杆菌菌液、灰略红链霉菌菌液、哈茨木霉菌液和斜卧青霉菌液在相应的液体培养基中发酵培养获得菌液。各单菌株菌液中的含菌量分别为：短小芽孢杆菌的含菌量 $\geq 3.0 \times 10^9$ cfu/mL，东方伊萨酵母的含菌量 $\geq 3.5 \times 10^9$ cfu/mL，枯草芽孢杆菌的含菌量 $\geq 5.0 \times 10^9$ cfu/mL，灰略红链霉菌的含菌量 $\geq 2.5 \times 10^9$ cfu/mL，哈茨木霉的含菌量 $\geq 4.0 \times 10^9$ cfu/mL，斜卧青霉的含菌量 $\geq 2.5 \times 10^9$ cfu/mL。

说明书

该水稻秸秆腐熟剂通过以下步骤制备而成。

步骤 1，将短小芽孢杆菌菌液、东方伊萨酵母菌液、枯草芽孢杆菌菌液、灰略红链霉菌菌液、哈茨木霉菌液和斜卧青霉菌液混合均匀得到复合微生物。

步骤 2，将复合微生物、水稻秸秆粉、小麦秸秆粉、麸皮、稻糠、硫酸铵、硫酸镁、磷酸氢二钾和磷酸二氢钾添加在发酵罐中，搅拌，混合均匀得到混合物料，再添加清水调整混合物料的水分含量为 50%。

步骤 3，混合物料的初始 pH 自然，控制发酵温度在 25-32℃ 的范围内，将混合物料好氧发酵 80 小时，得到发酵产物。

步骤 4，将步骤 3 得到的发酵产物在通风处阴干，然后将干燥物粉碎为 90 目的粉状物，得到水稻秸秆腐熟剂 2。

实施例三

本实施例的水稻秸秆腐熟剂的原料包括按重量计的复合微生物 15 份、混合秸秆粉 60 份、麸皮 9 份、稻糠 8 份、氯化铵 0.5 份、硫酸镁 0.3 份、磷酸二氢钾 1.0 份和磷酸氢二钾 0.8 份。其中的混合秸秆粉由水稻秸秆粉和玉米芯粉按照 3:1 的重量比复配而成。复合微生物由短小芽孢杆菌菌液、东方伊萨酵母菌液、枯草芽孢杆菌菌液、灰略红链霉菌菌液、哈茨木霉菌液和斜卧青霉菌液复配而成，按照重量计的六种菌液的份数分别是短小芽孢杆菌菌液 16 份、东方伊萨酵母菌液 10 份、枯草芽孢杆菌菌液 10 份、灰略红链霉菌菌液 13 份、哈茨木霉菌液 25 份和斜卧青霉菌液 9 份。六种菌液由发明人自行制备，分别将短小芽孢杆菌菌液、东方伊萨酵母菌液、枯草芽孢杆菌菌液、灰略红链霉菌菌液、哈茨木霉菌液和斜卧青霉菌液在相应的液体培养基中发酵培养获得菌液。各单菌株菌液中的含菌量分别为：短小芽孢杆菌的含菌量 $\geq 3.0 \times 10^9 \text{cfu/mL}$ ，东方伊萨酵母的含菌量 $\geq 3.5 \times 10^9 \text{cfu/mL}$ ，枯草芽孢杆菌的含菌量 $\geq 5.0 \times 10^9 \text{cfu/mL}$ ，灰略红链霉菌的含菌量 $\geq 2.5 \times 10^9 \text{cfu/mL}$ ，哈茨木霉的含菌量 $\geq 4.0 \times 10^9 \text{cfu/mL}$ ，斜卧青霉的含菌量 $\geq 2.5 \times 10^9 \text{cfu/mL}$ 。

该水稻秸秆腐熟剂通过以下步骤制备而成。

步骤 1，将短小芽孢杆菌菌液、东方伊萨酵母菌液、枯草芽孢杆菌菌液、灰略红链霉菌菌液、哈茨木霉菌液和斜卧青霉菌液混合均匀得到复合微生物。

说明书

步骤 2, 将复合微生物、水稻秸秆粉、玉米芯粉、麸皮、稻糠、氯化铵、硫酸镁、磷酸氢二钾和磷酸二氢钾添加在发酵罐中, 搅拌, 混合均匀得到混合物料, 再添加清水调整混合物料的水分含量为 60%。

步骤 3, 混合物料的初始 pH 自然, 控制发酵温度在 25-32℃ 的范围内, 将混合物料好氧发酵 88 小时, 得到发酵产物。

步骤 4, 将步骤 3 得到的发酵产物在 45-50℃ 的温度下烘干, 然后将干燥物粉碎为 100 目的粉状物, 得到水稻秸秆腐熟剂 3。

实施例四

本实施例的水稻秸秆腐熟剂的原料包括按重量计的复合微生物 20 份、混合秸秆粉 55 份、麸皮 10 份、稻糠 10 份、尿素 0.3 份、硫酸镁 0.5 份、磷酸二氢钾 0.4 份和磷酸氢二钾 1.0 份。其中的混合秸秆粉由水稻秸秆粉、小麦秸秆粉和玉米芯粉按照 5:3:2 的重量比复配而成。复合微生物由短小芽孢杆菌菌液、东方伊萨酵母菌液、枯草芽孢杆菌菌液、灰略红链霉菌菌液、哈茨木霉菌菌液和斜卧青霉菌菌液复配而成, 按照重量计的六种菌液的份数分别是短小芽孢杆菌菌液 20 份、东方伊萨酵母菌液 5 份、枯草芽孢杆菌菌液 14 份、灰略红链霉菌菌液 10 份、哈茨木霉菌菌液 22 份和斜卧青霉菌菌液 5 份。六种菌液由发明人自行制备, 分别将短小芽孢杆菌菌液、东方伊萨酵母菌液、枯草芽孢杆菌菌液、灰略红链霉菌菌液、哈茨木霉菌菌液和斜卧青霉菌菌液在相应的液体培养基中发酵培养获得菌液。各单菌株菌液中的含菌量分别为: 短小芽孢杆菌的含菌量 $\geq 3.0 \times 10^9 \text{cfu/mL}$, 东方伊萨酵母的含菌量 $\geq 3.5 \times 10^9 \text{cfu/mL}$, 枯草芽孢杆菌的含菌量 $\geq 5.0 \times 10^9 \text{cfu/mL}$, 灰略红链霉菌的含菌量 $\geq 2.5 \times 10^9 \text{cfu/mL}$, 哈茨木霉的含菌量 $\geq 4.0 \times 10^9 \text{cfu/mL}$, 斜卧青霉的含菌量 $\geq 2.5 \times 10^9 \text{cfu/mL}$ 。

该水稻秸秆腐熟剂通过以下步骤制备而成。

步骤 1, 将短小芽孢杆菌菌液、东方伊萨酵母菌液、枯草芽孢杆菌菌液、灰略红链霉菌菌液、哈茨木霉菌菌液和斜卧青霉菌菌液混合均匀得到复合微生物。

步骤 2, 将复合微生物、水稻秸秆粉、小麦秸秆粉、玉米芯粉、麸皮、稻糠、尿素、硫酸镁、磷酸氢二钾和磷酸二氢钾添加在发酵罐中, 搅拌, 混合均匀得到混合物料, 再添加清水调整混合物料的水分含量为 65%。

步骤 3, 混合物料的初始 pH 自然, 控制发酵温度在 25-32℃ 的范围内, 将混

说明书

合物料好氧发酵 96 小时，得到发酵产物。

步骤 4，将步骤 3 得到的发酵产物在 45-50℃ 的温度下烘干，然后将干燥物粉碎为 110 目的粉状物，得到水稻秸秆腐熟剂 4。

为了帮助更好的理解本发明的技术方案，以采用秸秆腐熟剂 3 进行水稻秸秆还田的试验为例，说明本发明的应用效果。

试验例：水稻秸秆腐熟剂在水稻秸秆还田中的应用效果

试验田块位于黑龙江省哈尔滨市，试验田土壤的基本理化性状为 pH 值 8.0，有机质 3.0%，全氮 1.1g/kg，全磷 0.6g/kg，全钾 21.5g/kg，碱解氮 100.9mg/kg，速效磷 33.7mg/kg，速效钾 143.0mg/kg。试验设计 2 组，包括 1 个试验组和 1 个对照组，每组试验设计 3 个试验小区，每个试验小区面积为 30m²，所有试验小区均随机分布。

试验组施用本发明制备的水稻秸秆腐熟剂 3。具体施用方式为：在水稻返青后，按照 55kg/hm² 的用量，先将秸秆腐熟剂 3 用清水稀释 25 倍，然后均匀喷施在稻田中。对照组以等量的清水代替水稻秸秆腐熟剂，其余操作与试验组相同。选用龙稻 21 号为试验品种，在 5 月中旬人工插秧，株距 13.3cm，行距 30cm，每穴 5 株。各小区采用同样的常规管理，10 月上旬收获。

在水稻植株的生长过程中，分别在水稻的拔节孕穗期、灌浆期和成熟期，从每个小区取样统计水稻秸秆的腐解情况。结果如图 1 所示，与对照相比，试验组的水稻秸秆腐解率在拔节孕穗期提高了 17.3%，在灌浆期提高了 7.0%，在成熟期提高了 5.9%。说明施用本发明的秸秆腐熟剂能促进水稻秸秆的原位腐熟，快速释放秸秆中的养分，有效的培肥土壤。

另外，分别在水稻的拔节孕穗期、灌浆期和成熟期，从每个小区取样统计水稻根干重的变化情况。结果如图 2 所示，与对照相比，试验组的水稻根干重在拔节孕穗期提高了 14.0%，在灌浆期提高了 44.9%，在成熟期提高了 70.9%。说明施用本发明的秸秆腐熟剂能促进水稻根系发育。

在水稻的灌浆期和成熟期，分别从每个小区取样统计水稻干物质的变化情况。结果如图 3 所示，与对照组相比，试验组的水稻干物质在灌浆期增加了 4.6%，在成熟期增加了 12.2%。同时，在水稻的灌浆期和成熟期，分别从每个小区取样统计不同时期的水稻剑叶 SPAD。结果如图 4 所示，与对照组相比，试验组的水

说明书

稻剑叶 SPAD 在灌浆期提高了 2.5%，在成熟期提高了 19.0%。图 3 和图 4 的结果说明施用本发明的秸秆腐熟剂能促进水稻秧苗的生长。

在水稻收获时，每个小区随机取样进行室内考种，调查每组的有效穗数、每穗粒数、结实率、千粒重，水稻收获后统计小区水稻产量，结果见表 1。

表 1

组别	有效穗数 (万穗/667m ²)	每穗实粒数 (粒)	结实率 (%)	千粒重 (g)	小区产量 (kg)
腐熟剂	440.00	109.91	92.55	27.45	30.61
对照组	430.26	101.00	95.54	27.40	26.63

表 1 结果表明，与对照相比，试验组的有效穗数增加了 2.3%，每穗粒数增加了 8.8%，千粒重增加了 0.2%，水稻产量增加了 15.0%。说明施用本发明的秸秆腐熟剂能提高水稻的产量。

以上所述仅为本发明的实施例，并非因此限制本发明的专利范围，凡是利用本发明说明书内容所作的等效结构变换，或直接或间接运用在其他相关的技术领域，均同理包括在本发明的专利保护范围内。

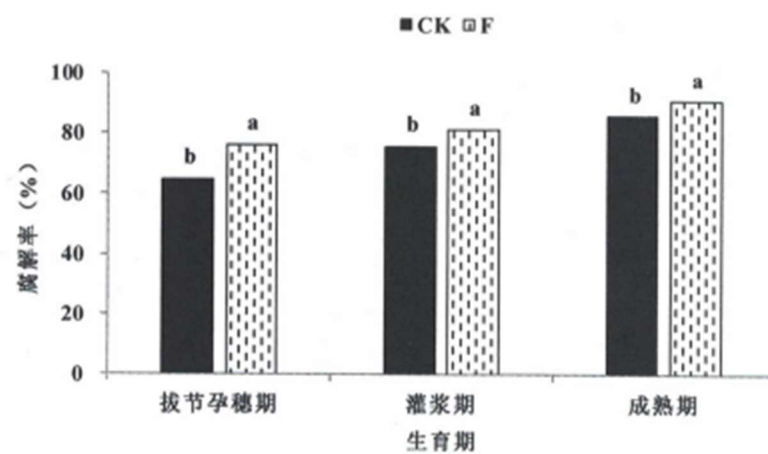


图 1

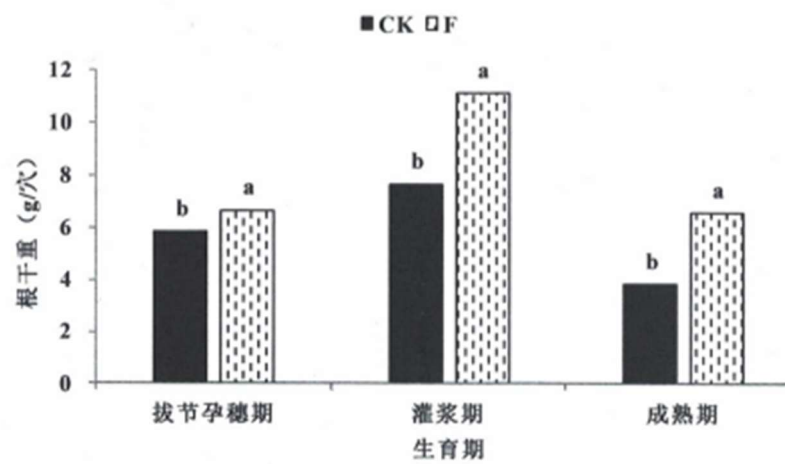


图 2

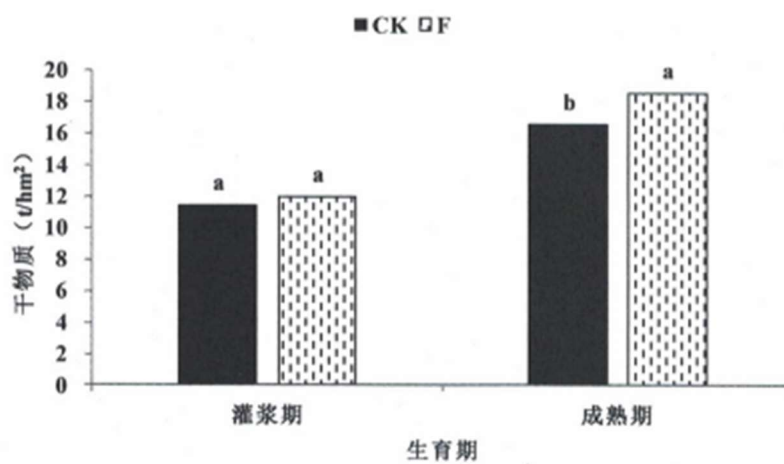


图 3

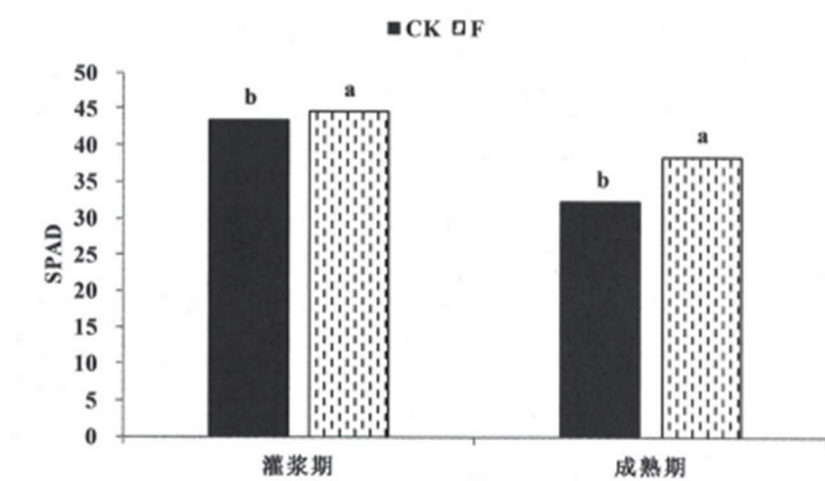


图 4