



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109293444 A

(43)申请公布日 2019.02.01

(21)申请号 201811480228.X

(22)申请日 2018.12.05

(71)申请人 史丹利农业集团股份有限公司

地址 276700 山东省临沂市临沭县史丹利路

(72)发明人 高进华 赵文 解学仕 杨恒哲  
王婷婷 周丽 李元峰 张淑敏

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

代理人 王文君 陈征

(51)Int.Cl.

C05G 3/00(2006.01)

C05G 3/04(2006.01)

权利要求书3页 说明书9页

(54)发明名称

一种石灰性土壤的磷素活化剂及其制备方法与应用

(57)摘要

本发明涉及一种石灰性土壤的磷素活化剂及其制备方法与应用,所述磷素活化剂包括作物秸秆、粉煤灰、膨润土、腐植酸、海藻提取物、有机酸、氨基酸和植酸酶等活性成分。本发明的土壤磷素活化剂通过物理、化学作用能够有效减少石灰性土壤对磷的固定,活化土壤中固定的磷素,促进土壤无效态磷转化为有效态磷,广泛适用于不同地区的石灰性土壤。在施入土壤后发挥活化土壤磷素养分作用的同时,还能够促进作物对土壤磷养分的吸收,与肥料同时施用能够起到增强肥料的肥效,提高作物产量和品质的作用。

1. 一种土壤磷素活化剂,其特征在于,包括如下组分:作物秸秆、粉煤灰、膨润土、腐植酸、海藻提取物、有机酸、氨基酸和植酸酶;所述腐植酸与海藻提取物的重量比为1:1~10:1。

2. 根据权利要求1所述的磷素活化剂,其特征在于,包括如下组分:

作物秸秆	20-50份;
粉煤灰	5-30份;
膨润土	5-20份;
腐植酸	0.1-5份;
海藻提取物	0.1-1份;
有机酸	0.3-15份;
氨基酸	0.1-5份;
植酸酶	0.1-1份;

所述腐植酸与海藻提取物的重量比为1:1~8:1;

所述植酸酶的含量为500U~1000U。

3. 根据权利要求1或2所述的磷素活化剂,其特征在于,所述有机酸包括苹果酸和柠檬酸的混合物,或包括苹果酸、柠檬酸和酒石酸混合物。

4. 根据权利要求1~3任一项所述的磷素活化剂,其特征在于,所述氨基酸包括聚天门冬氨酸、聚天门冬氨酸衍生物、聚谷氨酸和聚谷氨酸衍生物中的一种或多种;

优选地,所述氨基酸包括聚天冬氨酸和聚谷氨酸的混合物,所述聚天冬氨酸与聚谷氨酸质量比为5:1~1:1。

5. 根据权利要求1~4任一项所述的磷素活化剂,其特征在于,包括如下组分:

作物秸秆	20-40份;
粉煤灰	5-20份;
膨润土	5-15份;
腐植酸	1-5份;
海藻提取物	0.2-1份;
苹果酸	0.5-5份;
柠檬酸	0.5-5份;
酒石酸	0.5-5份;
氨基酸	0.5-5份;
植酸酶	0.1-1份;

所述腐植酸与海藻提取物的重量比为1:1~8:1;

所述植酸酶的含量为500U~1000U;

所述氨基酸为聚天冬氨酸和聚谷氨酸的混合物,所述聚天冬氨酸与聚谷氨酸质量比为5:1~1:1。

6. 根据权利要求1~5任一项所述的磷素活化剂,其特征在于,所述磷素活化剂还包括纤维素、葡萄糖、甘油中的一种或多种。

7. 根据权利要求1~6任一项所述的磷素活化剂,其特征在于,其配方如下:

作物秸秆	20-40份;
粉煤灰	5-15份;
膨润土	5-15份;
腐植酸	1-5份;
海藻提取物	0.2-1份;
苹果酸	0.5-5份;
柠檬酸	0.5-5份;
酒石酸	0.5-5份;
氨基酸	0.5-5份;
植酸酶	0.1-1份;
葡萄糖	0.1-2份;
纤维素	0.1-2份;
甘油	0.1-2份;
填充剂	1-40份;

所述腐植酸与海藻提取物的重量比为1:1~5:1;

所述氨基酸为聚天冬氨酸和聚谷氨酸的混合物,聚天冬氨酸与聚谷氨酸质量比为3:1~1:1;

所述填充剂包括硅藻土、粘土、高岭土中的一种或多种。

8. 根据权利要求1~7任一项所述的磷素活化剂,其特征在于,其配方如下:

作物秸秆	20-35份;
粉煤灰	5-15份;
膨润土	5-12份;
腐植酸	2-5份;
海藻提取物	0.5-1份;
苹果酸	2-5份;
柠檬酸	2-5份;
酒石酸	2-5份;
聚谷氨酸	1-5份
聚天冬氨酸	1-5份;
植酸酶	0.5-1份;
葡萄糖	0.5-2份;
纤维素	0.5-2份;
甘油	1-2份;
粘土	5-25份;

所述腐植酸与海藻提取物的重量比为4:1~5:1。

9. 权利要求1~8任一项所述磷素活化剂的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1) 将所述作物秸秆、粉煤灰、膨润土按照重量比例充分混匀;

(2) 将除甘油外的剩余原料按照重量比例充分混匀,与步骤(1)得到的混合物混匀后进行造粒,造粒温度维持在55-85℃,保持混合物含水量在1%-3%;优选地,所述造粒温度维持在50-60℃;

(3) 将甘油均匀喷涂于步骤(2)所得的颗粒表面,过筛,制得磷素活化剂。

10. 权利要求1~8任一项所述的磷素活化剂在释放土壤磷素、土壤调理或制备土壤调理剂中的应用;

优选地,所述土壤为石灰性土壤。

## 一种石灰性土壤的磷素活化剂及其制备方法与应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及土壤改良剂技术领域,具体涉及一种石灰性土壤的磷素活化剂及其制备方法与应用。

### 背景技术

[0002] 磷是植物生长发育不可缺少的营养元素之一,对作物高产、提高作物抗逆性和适应能力具有重要作用。石灰性土壤又称碱性土壤,是指含有游离碳酸钙土壤的总称。它普遍存在于干旱半干旱地区。由于石灰性土壤高pH值、低电导、低有机质等因素,施入土壤中的大部分磷肥与土壤中的钙结合,进而形成难溶性磷酸盐。由于土壤对磷的强烈固定,造成土壤有效磷含量较低,磷肥的当季利用率一般只有10%~20%。施入土壤中的大部分磷肥成为无效态在石灰性土壤中积累起来,不能满足作物对磷养分的吸收需求,进而对作物产量和品质造成不良影响。因此,活化石灰性土壤中无效态磷,使土壤中无效态磷转化为有效态磷,从而提高土壤磷的有效性,促进作物吸收磷养分,是现代农业中磷养分资源高效利用的重要途径之一,对于石灰性土壤的农业发展尤为重要。

[0003] 土壤磷素活化剂是施入土壤后能够活化、释放土壤中被固定的磷素的一类物质。施用土壤磷素活化剂能够减少土壤对磷的固定,活化土壤无效态磷,提高土壤中磷的生物有效性,增加有效磷含量,是提高土壤磷资源利用效率的重要方法。

[0004] 长期以来,生物解磷技术是土壤活化磷的重要方法,解磷微生物是制备土壤磷素活化剂的重要原料。为了提高活化效果,在制备磷素活化剂时常常会使用或添加解磷类微生物。然而,一方面,筛选、培育解磷微生物的过程繁琐、成本较高,因此添加解磷微生物会增加生产成本,生物磷素活化剂的生产条件要求也相对严苛;另一方面,添加的解磷微生物在特定的不同的土壤环境中的生物活性难以保证,无法充分发挥其生物解磷的效果;同时,不同类型的土壤环境条件差别较大,特定土壤类型的解磷微生物在其他土壤中可能会破坏原有土壤微生物的生态平衡,从而造成一定的环境风险。因此,生物解磷技术及解磷微生物用于制备土壤磷素活化剂存在一定的局限性。发展非生物土壤解磷技术,研究和创制不含解磷微生物的土壤磷素活化剂,对磷肥资源的高效利用意义重大。

### 发明内容

[0005] 为解决现有技术中的问题,本发明的目的在于提供一种石灰性土壤的磷素活化剂及其制备方法与应用。

[0006] 石灰性土壤中含有大量的游离碳酸钙,磷肥施入土壤后很快转化为其他形态的磷酸钙盐,而大部分磷素会被快速转化为无效磷,难以被植物利用,因此,针对石灰性土壤的磷素活化剂对于磷素活化活性具有很高的要求。

[0007] 发明人针对石灰性土壤特定的物理化学特性,开发了适用于石灰性土壤的磷素活化剂,在研究过程中,发明人发现,在具有吸附、促进离子交换作用的活化剂载体物质的基础上,复配腐植酸、海藻提取物与有机酸、氨基酸、植酸酶组成的组合物,各组分的磷素活化

功能相互支持、促进,具有较高的磷素活化活性,而且在该组合中,当腐植酸与海藻提取物以特定比例组合再复配有机酸、氨基酸、植酸酶时,各组分的功能具有更好的协同和促进作用,能够高效发挥活性。腐植酸具有有机复合胶体的性质,具有较强的交换、络合、絮凝和吸附作用,可以促进磷素的交换、同时较少土壤对于磷酸根的吸附,促进磷素的释放,海藻提取物中富含海藻酸、甘露醇等活性物质,能够与腐植酸配合促进磷素的交换和释放,辅以能够促进碳酸钙溶解的有机酸以及催化分解释放磷酸基团的植酸酶,同时辅以能够促进磷素吸收的氨基酸,能够有效减少石灰性土壤对磷的固定、同时活化土壤中已被固定的磷,并且促进植物对磷素的吸收。

[0008] 在上述发明构思的基础上,一方面,本发明提供一种土壤磷素活化剂,包括如下组分:作物秸秆、粉煤灰、膨润土、腐植酸、海藻提取物、有机酸、氨基酸和植酸酶;所述腐植酸与海藻提取物的重量比为1:1~10:1。

[0009] 本发明中,所述腐植酸以泥炭、褐煤和风化煤等为原料制备而成,以干基计腐植酸含量 $\geq 60\%$ ,氮含量为1%~6%,分子量为2000-5000。

[0010] 本发明中,所述海藻提取物中,海藻酸的含量为30~50g/L;赤霉素的含量为0.15~0.30mg/g;吡啶乙酸的含量为0.28~0.47mg/g。

[0011] 所述海藻提取物可以为海带、泡叶藻、马尾藻、浒苔等一种或多种海藻生物经水解法、酶解法或发酵工艺提取、制备的活性物质。

[0012] 本发明中,所述植酸酶可以为任何具有植酸酶活性的蛋白产品,例如:所述植酸酶可以为分子量30-80kD,最适温度为40~60℃,最适pH为6.0-7.5的植酸酶。

[0013] 本发明中,所述作物秸秆为玉米、小麦、水稻、花生等一种或多种农作物的秸秆在自然条件下风干、磨碎、过筛后的混合物。

[0014] 本发明中,所有原料均可通过市售购买获得。

[0015] 具体地,所述磷素活化剂包括如下组分:

	作物秸秆	20-50 份;
	粉煤灰	5-30 份;
	膨润土	5-20 份;
	腐植酸	0.1-5份;
[0016]	海藻提取物	0.1-1份;
	有机酸	0.3-15份;
	氨基酸	0.1-5份;
	植酸酶	0.1-1份;

[0017] 所述腐植酸与海藻提取物的重量比为1:1~8:1;

[0018] 所述植酸酶的含量为500U~1000U。

[0019] 有机酸中的小分子有机酸如苹果酸、柠檬酸、酒石酸具有更好的溶解碳酸钙和调节土壤pH的作用,与腐植酸、海藻提取物等的复配效果更佳。因此,本发明中所述有机酸包括苹果酸和柠檬酸的混合物,或包括苹果酸、柠檬酸和酒石酸混合物。

[0020] 聚氨基酸具有阻止磷酸根、硫酸根和金属元素产生沉淀作用的功能,能够提高根际养分的有效浓度,与腐植酸、海藻提取物、和有机酸复配能够更好地促进作物对磷养分的吸收,因此,本发明中,所述氨基酸包括聚天门冬氨酸、聚天门冬氨酸衍生物、聚谷氨酸和聚谷氨酸衍生物中的一种或多种。

[0021] 优选地,所述氨基酸包括聚天冬氨酸和聚谷氨酸的混合物,聚天冬氨酸与聚谷氨酸质量比为5:1~1:1。

[0022] 进一步地,本发明所述磷素活化剂包括如下组分:

作物秸秆	20-40份;
粉煤灰	5-20份;
膨润土	5-15份;
腐植酸	1-5份;
海藻提取物	0.2-1份;
[0023] 苹果酸	0.5-5份;
柠檬酸	0.5-5份;
酒石酸	0.5-5份;
氨基酸	0.5-5份;
植酸酶	0.1-1份;

[0024] 所述腐植酸与海藻提取物的重量比为1:1~8:1;

[0025] 所述植酸酶的含量为500U~1000U;

[0026] 所述氨基酸为聚天冬氨酸和聚谷氨酸的混合物,所述聚天冬氨酸与聚谷氨酸质量比为5:1~1:1。

[0027] 为促进上述组分更好地发挥磷素活化功能,同时提升磷素活化剂的稳定性和成形性,所述磷素活化剂,所述磷素活化剂还包括纤维素、葡萄糖、甘油中的一种或多种。

[0028] 优选地,所述磷素活化剂的配方如下:

- |        |                                |         |
|--------|--------------------------------|---------|
|        | 作物秸秆                           | 20-40份; |
|        | 粉煤灰                            | 5-15份;  |
|        | 膨润土                            | 5-15份;  |
|        | 腐植酸                            | 1-5份;   |
|        | 海藻提取物                          | 0.2-1份; |
|        | 苹果酸                            | 0.5-5份; |
| [0029] | 柠檬酸                            | 0.5-5份; |
|        | 酒石酸                            | 0.5-5份; |
|        | 氨基酸                            | 0.5-5份; |
|        | 植酸酶                            | 0.1-1份; |
|        | 葡萄糖                            | 0.1-2份; |
|        | 纤维素                            | 0.1-2份; |
|        | 甘油                             | 0.1-2份; |
|        | 填充剂                            | 1-40份;  |
| [0030] | 所述腐植酸与海藻提取物的重量比为1:1~5:1。       |         |
| [0031] | 本发明中,所述填充剂包括硅藻土、粘土、高岭土中的一种或多种。 |         |
| [0032] | 作为本发明的优选实施方式,所述磷素活化剂的配方如下:     |         |
|        | 作物秸秆                           | 20-35份; |
|        | 粉煤灰                            | 5-15份;  |
| [0033] | 膨润土                            | 5-12份;  |
|        | 腐植酸                            | 2-5份;   |
|        | 海藻提取物                          | 0.5-1份; |

	苹果酸	2-5份;
	柠檬酸	2-5份;
	酒石酸	2-5份;
	聚谷氨酸	1-5份
[0034]	聚天冬氨酸	1-5份;
	植酸酶	0.5-1份;
	葡萄糖	0.5-2份;
	纤维素	0.5-2份;
	甘油	1-2份;
	粘土	5-25份;

[0035] 所述腐植酸与海藻提取物的重量比为4:1~5:1。

[0036] 第二方面,本发明还提供所述磷素活化剂的制备方法,包括如下步骤:

[0037] (1) 将所述作物秸秆、粉煤灰、膨润土按照重量比例充分混匀;

[0038] (2) 将除甘油外的剩余原料按照重量比例充分混匀,与步骤(1)得到的混合物混匀后进行造粒,造粒温度维持在55-85℃,保持混合物含水量在1%-3%;优选地,所述造粒温度维持在50-60℃;

[0039] (3) 将甘油均匀喷涂于步骤(2)所得的颗粒表面,过筛,制得磷素活化剂。

[0040] 第三方面,本发明提供所述磷素活化剂在释放土壤磷素、土壤调理或制备土壤调理剂中的应用。

[0041] 优选地,所述土壤为石灰性土壤。

[0042] 本发明的有益效果在于,本发明针对石灰性土壤的特性提供了高效的土壤磷素活化剂,所述磷素活化剂以作物秸秆、粉煤灰和膨润土为主要载体,同时复配腐植酸、海藻提取物、有机酸、氨基酸和植酸酶等组分。本发明的磷素活化剂通过物理、化学作用有效减少石灰性土壤对磷的固定、活化土壤中固定的磷,促进土壤无效态磷转化为有效态磷,具有高效的磷素活化功能,有效避免了生物解磷技术中因土壤生态条件不同造成的微生物解磷效果的不稳定性,广泛适用于不同地区的石灰性土壤。

[0043] 本发明提供的磷素活化剂在施入土壤后发挥活化土壤磷养分作用的同时,还能够促进作物对土壤磷养分的吸收,与肥料同时施用能够起到提高肥料的肥效,促进肥料进一步增加作物产量、提高作物品质的作用。

[0044] 本发明提供的磷素活化剂的生产原料易得,生产工艺简易,生产成本较低,便于规模化生产,克服了生物解磷技术中解磷菌筛选、培育的繁琐步骤和高成本,便于规模化生产。

### 具体实施方式

[0045] 下面将结合实施例对本发明的优选实施方式进行详细说明。需要理解的是以下实

实施例的给出仅是为了起到说明的目的,并不是用于对本发明的范围进行限制。本领域的技术人员在不背离本发明的宗旨和精神的情况下,可以对本发明进行各种修改和替换。

[0046] 下述实施例中所使用的实验方法如无特殊说明,均为常规方法。

[0047] 下述实施例中所用的材料、试剂等,如无特殊说明,均可从商业途径得到,其中海藻提取物购于济南航晨生物科技有限公司。

[0048] 实施例1

[0049] 本实施例提供一种适用于石灰性土壤的磷素活化剂,原料组分如下:作物秸秆35份,粉煤灰15份,膨润土12份,腐植酸2份,苹果酸2份,柠檬酸2份,酒石酸2份,聚谷氨酸1份,聚天冬氨酸1份,葡萄糖0.5份,纤维素0.5份,植酸酶0.5份(共计600U),海藻提取物0.5份,甘油1份,粘土25份。(所有原料均为重量份计量)

[0050] 本实施例还提供上述土壤磷素活化剂的制备方法,包括以下步骤:

[0051] (1) 将作物秸秆、粉煤灰、膨润土充分混匀送入造粒机,通蒸汽以调节造粒温度维持在55-60℃,保持混合物含水量在1%-3%;

[0052] (2) 将腐植酸,苹果酸、柠檬酸、酒石酸、氨基酸、葡萄糖、纤维素、植酸酶、海藻提取物、填充剂等原料在混料机内充分混匀,输送至造粒机内进行造粒,制成大小均匀的颗粒混合物;

[0053] (3) 将甘油均匀喷涂于颗粒表面,过筛,包装,制得土壤磷素活化剂成品。

[0054] 实施例2

[0055] 本实施例提供一种适用于石灰性土壤的磷素活化剂,原料组分如下:作物秸秆35份,粉煤灰15份,膨润土12份,腐植酸0.1份,苹果酸0.1份,柠檬酸0.1份,酒石酸0.1份,聚谷氨酸0.1份,葡萄糖0.1份,纤维素0.1份,植酸酶0.1份(共计600U),海藻提取物0.1份,甘油0.1份,粘土37份。

[0056] 本实施例的土壤磷素活化剂的制备方法,同实施例1。

[0057] 实施例3

[0058] 本实施例提供一种适用于石灰性土壤的磷素活化剂,原料组分如下:作物秸秆35份,粉煤灰15份,膨润土12份,腐植酸5份,苹果酸5份,柠檬酸5份,酒石酸5份,聚谷氨酸5份,葡萄糖2份,纤维素2份,植酸酶1份(共计600U),海藻提取物1份,甘油2份,粘土5份。

[0059] 本实施例的土壤磷素活化剂的制备方法,同实施例1。

[0060] 对比例1

[0061] 本对比例提供一种土壤的磷素活化剂,原料组分如下:作物秸秆30份,粉煤灰15份,膨润土12份,腐植酸1份,苹果酸0.05份,柠檬酸0.05份,酒石酸0.05份,聚谷氨酸0.05份,葡萄糖0.05份,纤维素0.05份,植酸酶0.05份(共计600U),海藻提取物0.05份,甘油0.05份,粘土41.55份。

[0062] 本对比例的土壤磷素活化剂的制备方法,同实施例1。

[0063] 对比例2

[0064] 本对比例提供一种土壤的磷素活化剂,原料组分如下:作物秸秆30份,粉煤灰15份,膨润土12份,腐植酸0.5份,苹果酸5.5份,柠檬酸5.5份,酒石酸5.5份,聚谷氨酸5.5份,葡萄糖2.5份,纤维素2.5份,植酸酶1.5份(共计600U),海藻提取物7.5份,甘油1.5份,粘土5份。

[0065] 本对比例的土壤磷素活化剂的制备方法,同实施例1。

[0066] 对比例3

[0067] 本对比例提供一种土壤的磷素活化剂,原料组分如下:作物秸秆30份,粉煤灰15份,膨润土12份,苹果酸5份,柠檬酸5份,酒石酸5份,葡萄糖2份,纤维素2份,植酸酶1份(共计600U),甘油2份,粘土21份。

[0068] 本对比例的土壤磷素活化剂的制备方法,同实施例1。

[0069] 实验例1产品性状分析

[0070] 为明确各实施例和对比例制备的产品物理性状,了解产品性能,按照本发明所述生产工艺进行产品制备,并对比产品基本技术指标。

[0071] 产品质量的优劣取决于原材料和生产工艺、条件的控制,原材料配比的不同会造成产品性状指标的差异。由表1可以看出,采用各实施例的原材料配比生产的磷素活化剂产品的性状均优于各对比例,其中实施例1的各项产品技术指标最优,各实施例的产品颗粒更加均匀,成粒率均高于90%,含水量低于15%,这说明采用实施例的原材料配比制备磷素活化剂,pH更接近于中性,符合实际生产要求,更能够保证产品质量,从而更好地实现规模化生产。

[0072] 表1不同原料制备的磷素活化剂产品技术指标

[0073]

处理	外观	成粒率 (%)	颗粒粒度 (1.00mm-4.75mm) (%)	含水量 (%)	pH
实施例 1	粒状, 均匀	85	92	8	6.9
实施例 2	粒状, 均匀	80	92	10	7.2
实施例 3	粒状, 均匀	81	90	12	7.1

[0074]

对比例 1	粒状, 不均匀	75	80	18	8.1
对比例 2	粒状, 不均匀	78	83	20	6.2
对比例 3	粒状, 不均匀	76	84	19	6.5

[0075] 实验例2大田试验

[0076] 将上述实施例和对比例提供的土壤磷素活化剂进行大田试验的应用效果对比,具体方法如下:

[0077] 供试地点:山东省临沂市临沭县周庄。

[0078] 供试土壤:土壤类型为石灰性褐土,土壤基本性质:pH 8.12,有机质13.2g/kg,全氮0.7g/kg,全磷0.7g/kg,速效磷18.2mg/kg,速效钾130.8mg/kg,CaCO<sub>3</sub> 7.9%。

[0079] 按照顾益初-蒋柏藩法测定的土壤各形态无机磷含量如表2:

[0080] 表2供试土壤不同形态无机磷含量

[0081]

单位:mg/kg

[0082]

土壤无机磷形态	Ca <sub>2</sub> -P	Ca <sub>8</sub> -P	Ca <sub>10</sub> -P	Al-P	Fe-P	O-P
含量	47.84	157.84	243.34	29.79	18.17	78.03

[0083] 供试作物及品种:小麦,济麦21。

[0084] 供试肥料:史丹利牌三元复合肥,养分含量45%(N 15%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 15%K<sub>2</sub>O 15%)。

[0085] 试验处理:采用小区试验,每个处理小区面积为30m<sup>2</sup>,设对照处理(只施用复合肥、不施用土壤磷素活化剂)、实施例1-3、对比例1-3共计7个处理(除对照外,其他处理均同时施用复合肥和土壤磷素活化剂),每个处理3次重复,随机区组排列。试验小区为长方形,四周设保护行,小区施肥量为2.25kg,所有肥料基施70%,返青期追施30%;小区土壤磷素活化剂用量为0.45kg,于小麦播种前施入土壤中。试验于2017年10月7日播种,播种量为150kg/hm<sup>2</sup>,于2018年6月8日收获。

[0086] 指标测定:小麦收获后,对各小区处理的表层土壤(0-20cm)取样,按照顾益初-蒋柏藩法测定土壤无机磷形态;收获的小麦测定相关产量及品质指标。

[0087] 结果如下:

[0088] 磷在土壤中以不同的形态存在,主要包括有机磷和无机磷两种形式类型,土壤不同形态磷的生物有效性不同。由于施用化肥不会对土壤有机磷化合物产生直接影响,所以本试验按照我国学者顾益初、蒋柏藩提出的石灰性土壤无机磷形态分级理论和方法,考察添加土壤磷素活化剂后不同施肥处理条件下土壤各形态无机磷的变化情况。土壤无机磷中,磷酸二钙(Ca<sub>2</sub>-P)的磷易被作物吸收,是作物的有效磷源;磷酸八钙(Ca<sub>8</sub>-P)和铝磷酸盐(Al-P)的磷有效性低于磷酸二钙(Ca<sub>2</sub>-P)但高于铁磷酸盐(Fe-P),这3种形态磷是作物的第二有效磷源;磷酸十钙(Ca<sub>10</sub>-P)和闭蓄态磷(O-P)的磷难以被作物吸收,只可作为潜在磷源。

[0089] 由表3可知,施用不同类型的土壤磷素活化剂对施肥后土壤磷素形态的影响不同。与对照处理相比,对比例1~3的磷素活化剂处理的土壤的Ca<sub>2</sub>-P含量增加十分有限,其他各不同形态的磷含量变化不同,表明施用对比例1~3的土壤磷素活化剂的磷素活化效果不明显且不稳定(尤其是对比例3,由于其提供的磷素活化剂中重要活性成分的缺失,导致其对土壤磷素养分的活化效果弱于其他对比例处理)。与对照处理和对比例1~3的磷素活化剂处理相比,实施例1~3的磷素活化剂处理的土壤的Ca<sub>2</sub>-P和Ca<sub>8</sub>-P的含量均显著增加,Ca<sub>10</sub>-P和O-P含量均显著降低,表明实施例1~3的土壤磷素活化剂的土壤磷素活化效果明显优于对比例,且实施例1~3的活化土壤磷素的磷素活化效果中,实施例1>实施例3>实施例2。

[0090] 表3不同磷素活化剂处理对土壤无机磷形态的影响

[0091]

单位:mg/kg

处理	土壤无机磷形态					
	Ca <sub>2</sub> -P	Ca <sub>8</sub> -P	Ca <sub>10</sub> -P	Al-P	Fe-P	O-P
对照	47.02	157.02	265.79	29.47	19.08	68.62

[0093]	对比例 1	48.23	151.48	263.11	28.60	18.69	75.89
	对比例 2	55.93	153.62	255.00	27.79	19.01	73.65
	对比例 3	47.39	152.10	263.84	27.20	18.43	76.05
	实施例 1	62.93	164.31	237.92	28.54	17.52	68.79
	实施例 2	59.57	158.56	248.55	27.92	16.64	72.77
	实施例 3	61.11	162.67	242.87	28.05	16.88	70.42

[0094] 此外,施用不同磷素活化剂对肥料肥效的影响不同,导致施用不同磷素活化剂处理的小麦的产量和品质不同。由表4可知,与对照处理和对比例1~3的磷素活化剂的处理土壤相比,实施例1~3提供的磷素活化剂处理土壤能够显著提高小麦的产量和品质(实施例1>实施例3>实施例2)。

[0095] 表4不同磷素活化剂处理对小麦产量和品质的影响

[0096]

处理	株高 (cm)	千粒重 (g)	产量 (kg/667m <sup>2</sup> )	蛋白质 (%)	湿面筋 (%)	沉降值 mL	稳定时间 min
对照	72.1	40.5	465	14.12	31.82	30.6	3.5
对比例 1	73.6	41.0	468	14.21	32.36	30.8	3.6
对比例 2	74.2	41.3	470	14.36	32.41	31.1	3.7
对比例 3	73.5	40.8	467	14.16	32.15	30.7	3.5
实施例 1	75.6	43.1	485	14.72	33.56	31.7	3.9
实施例 2	75.2	42.2	478	14.52	33.32	31.2	3.8
实施例 3	75.5	42.6	480	14.58	33.05	31.5	3.8

[0097] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例而已,并非对本发明作任何形式上的限制。虽然本发明已以较佳实施例揭露如上,然而并非用以限定本发明,任何熟悉本专业的技术人员,在不脱离本发明技术方案范围内。当可利用上述揭示的技术内容做出些许更动或修饰为等同变化的等效实施例,但凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰,均仍属于本发明技术方案的范围。