



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104630090 B

(45)授权公告日 2018.04.17

(21)申请号 201410761455.5

A01P 21/00(2006.01)

(22)申请日 2014.12.13

C09K 17/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

C12R 1/125(2006.01)

申请公布号 CN 104630090 A

C09K 101/00(2006.01)

(43)申请公布日 2015.05.20

(56)对比文件

(83)生物保藏信息

CN 103275895 A,2013.09.04,

CGMCC No.9897 2014.10.31

CN 103103149 A,2013.05.15,

(73)专利权人 河南农业大学

地址 450002 河南省郑州市文化路95号

李培培等.1株高产 γ -聚谷氨酸菌株的选育及培养基筛选.《河南农业大学学报》.2014,第48卷(第5期),第631-636页.

(72)发明人 韩燕来 姜瑛 汪强 王献

李培培 王祎 李慧

OLIVERA STAJKOVIĆ-SRBINOVIĆ et al..Growth and nutrient uptake in oat and barley plants as affected by rhizobacteria..《Romanian biotechnological letters》.2014,第19卷(第3期),第9429-9436页.

(74)专利代理机构 郑州天阳专利事务所(普通合伙)

41113

代理人 聂孟民

审查员 许慧娜

(51)Int.Cl.

C12N 1/20(2006.01)

A01N 63/00(2006.01)

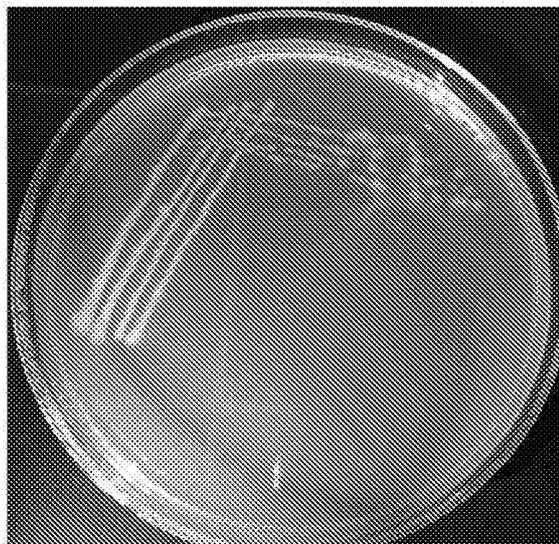
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

一种玉米根际促生菌YM3及其应用

(57)摘要

本发明涉及玉米根际促生菌YM3及其应用,玉米根际促生菌为玉米根际促生菌YM3,分类命名为枯草芽孢杆菌(Bacillus subtilis),2014年10月31日保藏于中国微生物菌种保藏管理委员会普通微生物中心,保藏号为CGMCC No.9897,可有效解决将难溶性含钾硅酸盐转化为可溶性钾盐,解有机磷,提高肥料的利用率,有效用于玉米的种植,促进玉米的生长和提高产量,是微生物和玉米种植上的一大创新。



1. 一种玉米根际促生菌YM3,分类命名为枯草芽孢杆菌 (*Bacillus subtilis*),2014年10月31日保藏于中国微生物菌种保藏管理委员会普通微生物中心,保藏号为CGMCC No.9897。

2. 权利要求1所述的玉米根际促生菌YM3在促进玉米生长中的应用。

3. 权利要求1所述的玉米根际促生菌YM3在玉米种植中的应用。

一种玉米根际促生菌YM3及其应用

技术领域

[0001] 本发明涉及农业微生物领域,特别是一种玉米根际促生菌YM3及其应用。

背景技术

[0002] 砂质潮土通透性强,通气良好,好气性微生物活动占优势,可以促进有机质分解,有机质矿质化加快。且土壤疏松,易耕作。土壤毛管作用强,水分运行快,有“夜潮”现象。适耕期也长,易立苗;但养分含量低,保肥性能差,作物后期易脱肥早衰。目前,该土已大部分作耕地利用,其利用率达92.3%,一年两熟,一般年亩产粮600kg左右。今后针对性的改良措施:因土种植,合理施用化肥,实行配方施肥;多途径增施有机肥;实行农田林网化,在保证粮食生产稳步上升的前提下,发展山药、西瓜等经济作物。

[0003] 根际促生菌(Plant Growth Promoting Bacteria,简称PGPB)被界定为在一定条件下有利于植物生长的自由生活在土壤、根际、根表、叶际的细菌。这些细菌能够固氮、溶磷、溶铁,并产生植物激素,如生长素、赤霉素、细胞分裂素和乙烯。此外,它们还能提高植物的抗逆性,包括干旱、高盐、重金属毒害和农药。因此从潮土中分离得到根际促生菌,和作物形成共生体系,利用生物修复改善潮土,成为当前研究的热点,但至今未见有专用于玉米的根际促生菌的公开报导。

发明内容

[0004] 针对上述情况,为克服现有技术之缺陷,本发明之目的就是提供一种玉米根际促生菌YM3及其应用,也就是说,本发明的一个目的是提供一种根际促生菌,另一个目的是提供该根际促生菌的应用,可有效解决将难溶性含钾硅酸盐转化为可溶性钾盐,解有机磷,提高肥料的利用率,促进玉米的生长和提高产量的问题。

[0005] 本发明解决的技术方案是,玉米根际促生菌为玉米根际促生菌YM3,分类命名为枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*),2014年10月31日保藏于中国微生物菌种保藏管理委员会普通微生物中心,保藏单位地址:北京市朝阳区北辰西路1号院3号,保藏号为CGMCC No.9897,玉米根际促生菌YM3(CGMCC No.9897)菌落不规则排列,不透明,暗黄色,表面褶皱,粗糙,边缘粗糙,产芽孢;玉米根际促生菌YM3的生理生化特性是:革兰氏阳性,兼性厌氧,化能异养,接触酶阳性,M.R试验阴性,VP试验阳性,淀粉水解阳性,明胶水解阳性,硝酸盐还原阳性,柠檬酸盐利用阳性。

[0006] 玉米根际促生菌YM3培养时使用的主要氮源包括但不限于蛋白胨、酵母粉、丙氨酸、硝酸钾、硝酸铵、硫酸铵、尿素;使用的主要碳源包括但不限于葡萄糖、蔗糖、果糖、木糖、甘露醇、乳糖、麦芽糖;使用的无机组分包括但不限于氯化钾、氯化钠、磷酸二氢钠、磷酸氢二钾、磷酸三钙、二水氯化钙、七水合硫酸镁、七水和硫酸亚铁;玉米根际促生菌YM3发酵可在28~32℃,pH5~9的环境下进行;所述的保藏号为CGMCC No.9897的玉米根际促生菌YM3在促进植物生长中的应用;

[0007] 所述的保藏号为CGMCC No.9897的玉米根际促生菌YM3在促进玉米生长中的应用;

[0008] 所述的保藏号为CGMCC No.9897的玉米根际促生菌YM3在植物栽培或种植中的应用;

[0009] 所述的植物优选玉米。

[0010] 所述根际促生菌YM3能高产吲哚乙酸并能利用难溶性含钾硅酸盐为钾源进行生长,具有解有机磷的能力。

[0011] 本发明所述的玉米根际促生菌YM3分泌吲哚乙酸(IAA)的能力强,达 $29.21 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。吲哚乙酸是植物激素的一种,能够促进根的发育。产吲哚乙酸的菌种,往往附着在植物根系或叶表面,利用植物代谢产生分泌物的同时产生IAA和少量GA₃等植物激素来影响植物的生理过程和形态变化。表现为直接促进根的伸长,从而增大了与土壤中营养物质的接触的机会;可提高植物体内源IAA的含量;诱导植物防卫基因的表达,提高植物体抗病,抗旱等抗逆性。作为本发明的优化方案,所述根际促生菌的发酵在pH6~7下进行,该环境下产IAA量最高。

[0012] 作为本发明的进一步优化,所述玉米根际促生菌YM3采用的碳源为麦芽糖,采用的氮源为蛋白胨或尿素或两者的组合。利用上述碳源和氮源制得的培养基,培育出的根际促生菌产IAA的量最高。

[0013] 本发明所述的玉米根际促生菌YM3以难溶性含钾硅酸盐为钾源进行生长,并将其转化为可溶性钾盐,也具有解有机磷的能力。在实验室摇瓶条件下,所述玉米根际促生菌YM3对钾长石粉的转化量达到 $18.56 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,对有机磷转化量达 $0.72 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。说明玉米根际促生菌YM3对钾长石粉具有溶解作用,以难溶性含钾硅酸盐为钾源进行生长,并将其转化为可溶性钾盐;对有机磷具有转化能力。

[0014] 本发明提供的玉米根际促生菌YM3产吲哚乙酸,可有效将难溶性含钾硅酸盐转化为可溶性钾盐,解有机磷,提高肥料的利用率,促进植物根系发育和对肥料的吸收,增加土壤有效钾含量;本发明针对玉米具有良好的促生长效果,高产的吲哚乙酸促进玉米的生长发育,土壤有效钾、磷含量的提高也使得玉米对钾、磷肥的利用率更高,有效用于玉米的种植,提高产量,是微生物和玉米种植上的一大创新。

附图说明

[0015] 图1是本发明玉米根际促生菌YM3的菌落图;

[0016] 图2是本发明不同装液量对玉米根际促生菌YM3产IAA的影响图;

[0017] 图3是本发明不同初始pH对玉米根际促生菌YM3产IAA的影响图;

[0018] 图4是本发明不同碳源对玉米根际促生菌YM3产IAA的影响图;

[0019] 图5是本发明不同氮源对玉米根际促生菌YM3产IAA的影响图;

[0020] 图6是本发明玉米根际促生菌YM3对难溶性钾长石粉的利用情况图;

[0021] 图7是本发明玉米根际促生菌YM3对有机磷的利用情况图;

[0022] 图8是本发明种植玉米30天后接种玉米根际促生菌YM3对土壤IAA含量的影响图。

具体实施方式

[0023] 以下结合具体情况对本发明的具体实施方式作详细说明。

[0024] 生物材料保藏信息:玉米根际促生菌YM3,分类命名为枯草芽孢杆菌(*Bacillus*

subtilis), 2014年10月31日保藏于中国微生物菌种保藏管理委员会普通微生物中心,地址为北京市朝阳区北辰西路1号院3号中国科学院微生物研究所,保藏号为CGMCC No.9897。

[0025] 表1供试土壤基本性质

[0026]

土壤	有机碳(g/kg)	全磷(g/kg)	速效磷(mg/kg)	全钾(g/kg)	速效钾(mg/kg)	pH(H2O)
砂质潮土	1.91	0.29	3.44	19.56	20.42	7.39

[0027] 表2 玉米根际促生菌YM3的生理生化特性

[0028]

项目	结果	项目	结果
革兰氏染色	+	淀粉水解	+
好氧性试验	兼性厌氧	明胶液化	+
接触酶试验	+	硝酸盐还原	+
甲基红(M.R)反应	-	柠檬酸盐利用	+
V-P试验	+		

[0029] 注:+ : 阳性反应; -: 阴性反应

[0030] 在具体实施中,首先准备以下培养基:

[0031] LB培养基:蛋白胨 10g,酵母提取物 5g,氯化钠 10g,琼脂 20g,蒸馏水1000ml,pH 7.0-7.2,121℃灭菌,20min;

[0032] LB 液体培养基:不加琼脂,其它条件同上;

[0033] 蒙金娜培养基:葡萄糖10.0g, (NH₄)₂SO₄ 0.5g, MgSO₄ · 7H₂O 0.3g, NaCl 0.3g, KCl 0.3g, FeSO₄ 0.03g, MnSO₄ · H₂O 0.03g, 蒸馏水1000ml, 115℃灭菌30min;

[0034] 有机磷液体培养基:1000ml蒙金娜培养基加0.4g酵母膏,再加0.2g可溶性卵磷脂;

[0035] 解钾细菌液体培养基:蔗糖 10.0g, 酵母膏 0.5g, (NH₄)₂SO₄ 1.0g, Na₂HPO₄ 2.0g, MgSO₄ · 7H₂O 0.5g, CaCO₃ 1.0g, 钾长石粉 1.0g, 蒸馏水 1000mL, 121℃灭菌, 20min;

[0036] 无机盐液体培养基:硫酸铵2.0g;磷酸二氢钠0.5g;磷酸氢二钾0.5g;七水硫酸镁0.2 g;二水氯化钙 0.1g,蒸馏水1000mL,pH 7.0,121℃灭菌,20min。

[0037] 将从郑州市农业部华北小麦玉米轮作营养与施肥科学观测试验站采取的砂土称取10g置于盛有100 ml灭菌水的250 ml的三角瓶中,在摇床中,30℃,150r · min⁻¹振荡20min,静置10min,得到土壤菌悬浮液。该土壤菌悬浮液中含有若干种根际促生菌,采用稀释法稀释后涂于LB培养基,将平板倒置,于30℃,恒温箱中培养24h后,挑取不同类型典型单个菌落,经平板纯化后,4℃保存在LB斜面待用。

[0038] 再通过定性测定和定量测定筛选出可分泌吲哚乙酸的植物促生细菌。

[0039] 定性测定:将分离纯化后的细菌接种于采用含有L-色氨酸(100 mg/L)的LB液体培养基,30℃,180 r · min⁻¹摇床培养1d。取50μL菌悬液滴于白色陶瓷板上,同时加50μL Salkowski比色液(50mL 35%HC10₄+1mL 0.5M FeCl₃)。将加入50μL 50 mg/L吲哚乙酸的比色液作为阳性对照。白色陶瓷板于室温避光放置30 min后观察,颜色变红者表示能够分泌吲哚乙酸。

[0040] 定量测定:对初筛获得的分泌IAA的细菌进行定量测定,培养条件同上。首先用分光光度法测定菌悬液的OD600值,然后将菌悬液以10000 r · min⁻¹离心10 min取上清液加入

等体积Salkowski比色液,避光静置30min,测定其OD₅₃₀值。计算菌浓度OD₆₀₀值为1时,单位体积发酵液中吲哚乙酸的含量。标准曲线的绘制采用分析纯的吲哚乙酸梯度稀释制备。

[0041] 把得到的产IAA菌进行解钾情况的筛选测定,将供试菌株接种于盛有50mL解钾细菌液体培养基的250 mL三角瓶,30℃,200 r·min⁻¹培养72h后,取培养72h的培养液20mL,6000r/min离心20min,取上清液用火焰分光光度计测定其中K⁺含量。

[0042] 通过以上测定即可筛选出高产吲哚乙酸,解钾能力强的菌株,命名为YM3。如图1所示,该菌株形成的菌落不规则排列,不透明,暗黄色,表面褶皱,粗糙,边缘粗糙,产芽孢。如图6所示,玉米根际促生菌YM3以难溶性钾长石粉为钾源进行生长,并将其转化为可溶性钾盐。在实验室摇瓶条件下,所述玉米根际促生菌YM3对钾长石粉的转化量达到18.56mg·L⁻¹。说明玉米根际促生菌YM3对钾长石粉具有溶解作用,以难溶性含钾硅酸盐为钾源进行生长,并将其转化为可溶性钾盐。如图7所示,玉米根际促生菌YM3以难利用的有机磷为磷源进行生长,并将其转化为可利用磷。在实验室摇瓶条件下,所述玉米根际促生菌YM3对可溶性卵磷脂的转化量达到0.72mg·L⁻¹。说明玉米根际促生菌YM3对可溶性卵磷脂具有溶解作用,以难利用的有机磷为磷源进行生长,并将其转化为可利用磷。

[0043] 将上述方法筛选分离出的菌株,经上海英俊生物工程有限公司测序,根据16SrDNA的测序结果,在<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>在线查询分析,利用Blast软件在GenBank中与其它16S rDNA序列进行同源性比较,选择相近的序列与YM3的序列用MEGA version 3软件构建YM3的16SrDNA系统进化树。根据该菌株的生理生化特征,鉴定为枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)。将该菌株于2014年10月31日在中国微生物菌种保藏管理委员会普通微生物中心保藏,保藏号CGMCC No.9897。

[0044] 该菌种呈革兰氏阳性、产芽孢的不规则杆状。菌落不规则排列,不透明,暗黄色,表面褶皱,粗糙,边缘粗糙,产芽孢。兼性厌氧,化能异养。最适生长温度为30℃。接触酶阳性,硝酸盐还原阳性。分泌IAA能力强,达到29.21μg·mL⁻¹,以难溶性钾长石粉为钾源进行生长,并将其转化为可溶性钾盐,以难以利用的有机磷为磷源进行生长,并将其转化为可利用的磷。

[0045] 好氧性试验

[0046] 把灭过菌的LB培养基倒入3个已灭菌的试管中,大约在2/3处,在无菌操作台上,用接种针挑取斜面培养的玉米根际促生菌YM3(CGMCC No.9897),穿刺接种到上述培养基中(必须穿刺到管底)。30℃培养,分别在3天至7天观察结果。在琼脂柱表面上生长者为好氧菌,如沿穿刺线生长者为厌氧菌或兼性厌氧菌。试验结果表现,玉米根际促生菌YM3菌落沿琼脂柱表面生长,穿刺线内也有菌落生长,为兼性厌氧。

[0047] 过氧化氢酶的测定

[0048] 在干净载玻片上滴1滴3%H₂O₂,取18~24 h培养的玉米根际促生菌YM3 LB斜面培养物1环,在H₂O₂中涂抹,若有气泡产生则为阳性,否则为阴性。

[0049] 试验结果显示玉米根际促生菌YM3为接触酶阳性。

[0050] 甲基红试验(M.R试验)

[0051] a. 培养基及试剂:蛋白胨5g,葡萄糖5g,氯化钠5g,蒸馏水1000mL,调节 pH7.0~7.2,分装试管,每管装 4~5 mL,121℃灭菌20 min。试剂:甲基红0.1g,95 %酒精300 mL,蒸馏水200 mL。

[0052] b. 菌种培养及结果观察 接种玉米根际促生菌YM3(CGMCC No.9897)于上述培养液中,30℃培养 1~2 天。在培养液中加入几滴甲基红试剂,如培养液呈现红色,为甲基红阳性,黄色为阴性(甲基红变色范围4.4红色~6.0黄色)。

[0053] 试验结果显示玉米根际促生菌YM3为M.R阴性。

[0054] 乙酰甲基甲醇试验(VP试验)

[0055] a. 培养基同甲基红试验。b. 菌种培养及结果观察 接种与培养同甲基红试验。做VP 试验时,取培养液(约 2mL)和等量的40 %NaOH 相混合,加少量肌酸,充分振荡2~5 min后,如培养液出现红色,即为VP 阳性。

[0056] 试验结果显示玉米根际促生菌YM3为VP阳性。

[0057] 淀粉水解试验

[0058] a. 培养基及试剂 在肉汤蛋白胨琼脂中添加0.2%的可溶性淀粉,分装三角瓶,121℃灭菌20min备用。路哥氏碘液:碘片1g,碘化钾2g,先用少量(3~5mL)蒸馏水溶解碘化钾,现加入碘片,待碘完全溶解后,加水稀释至300mL。

[0059] b. 菌种培养及结果观察 取玉米根际促生菌YM3点接于平板上,30℃培养2~4天,形成菌落后,在平板上滴加路哥氏碘液,以铺满菌落周围为度,平板呈蓝色,而菌落周围如有无色透明圈出现,说明淀粉已被水解。透明圈的大小一般说明水解淀粉能力的大小。

[0060] 试验结果显示玉米根际促生菌YM3为淀粉水解阳性。

[0061] 硝酸盐还原试验

[0062] a. 培养基及试剂 硝酸盐液体培养基:蛋白胨10g,KNO₃1g,蒸馏水1000mL,pH7.0~7.4。格里斯氏(Gries)试剂:A液:对氨基苯磺酸0.5g,稀醋酸(10%左右)150mL;B液:萘胺0.1g,蒸馏水20mL,稀醋酸(10%左右)150mL。二苯胺试剂:二苯胺0.5g溶于100mL浓硫酸中,用20mL蒸馏水稀释。

[0063] b. 菌种培养及结果观察 将玉米根际促生菌YM3接种于硝酸盐液体培养基中,30℃培养1、3、5天。在白色瓷盘小孔中倒入少许培养液,然后在其中分别滴1滴试剂A和B液,当培养液变为粉红色、玫瑰红色、橙色或棕色等时,表示有亚硝酸盐存在,为硝酸盐还原阳性,否则为阴性。

[0064] 试验结果菌株显示YM3为硝酸盐还原阳性。

[0065] 柠檬酸盐的利用

[0066] a. 培养基及试剂 柠檬酸钠2g,NaCl 5g,MgSO₄·7H₂O 0.2g,(NH₄)₂·HPO₄ 1g,1%溴百里香酚蓝水溶液10mL,琼脂20g,蒸馏水1000mL,pH6.8~7.0,121℃灭菌20min。

[0067] b. 菌种培养及结果观察 取幼龄YM3菌种接种于斜面上,30℃培养3~7天,培养基呈碱性(蓝色)者为阳性反应,不变者则为阴性。

[0068] 柠檬酸盐利用的试验结果显示菌株YM3为阳性。

[0069] 为了进一步验证实施例1得到的玉米根际促生菌YM3产吲哚乙酸的能力和最佳条件,下面针对不同pH、装液量、不同碳源、不同氮源探索对吲哚乙酸产量的影响。

[0070] 将含有L-色氨酸(100mg/L)LB液体培养基按25ml,50ml,75ml,100ml,150ml装于250mL的三角瓶中,按1%(v/v)接种量接种处于对数生长期的YM3后,置于30℃,180r·min⁻¹摇床培养24 h,按定量测定的方法测定产IAA的量。结果如图2所示,由于菌株YM3是兼性厌氧代谢,通气量影响菌株产IAA的效率,25mL装液量时,菌株产IAA量最多,之后随着装液量

增加,产量越少。

[0071] 将含有L-色氨酸(100mg/L)的LB培养基分别调节到不同的pH(4、5、6、7、8、9、10),取50mL装于250mL的三角瓶中,按1%(v/v)接种量接种处于对数生长期的菌株YM3后,置于30℃,180r·min⁻¹摇床培养24h,按定量测定的方法测定产IAA的量,结果如图3所示,表明pH为10时不产IAA,在强酸强碱环境中,菌体无法进行生长代谢,菌种在微碱环境中产IAA多于酸性环境,该菌种高产IAA的最适pH为6~8。

[0072] 在含有L-色氨酸(100mg/L)无机盐培养基中分别加入1%(w/v)的碳源,碳源有葡萄糖、木糖、蔗糖、果糖、甘露醇、乳糖、麦芽糖,取50ml装于250ml的三角瓶中,按1%(v/v)接种量接种处于对数生长期的YM3后,置于30℃,180 r·min⁻¹摇床培养24 h,按定量测定的方法测定产IAA的量。结果如图4所示,该菌株在供给麦芽糖时,产IAA的能力最强,其次是木糖。

[0073] 在含有L-色氨酸(100mg/L)无机盐培养基(不包括硫酸铵)中分别加入0.1%(w/v)的氮源,氮源包括硝酸铵、硫酸铵、硝酸钾、蛋白胨、酵母粉、丙氨酸、尿素等,取50ml装于250ml的三角瓶中按1%(v/v)接种量接种处于对数生长期的YM3后,置于30℃,180r·min⁻¹摇床培养24 h,按定量测定的方法测定产IAA的量。结果如图5所示,说明取蛋白胨为氮源时,产IAA的量最多,其次是尿素。

[0074] 本发明菌株YM3对玉米具有明显促生长作用,下面通过盆栽试验进行说明。

[0075] 采集自然条件下砂土0~20cm土层的新鲜土壤,过5mm筛,每盆装土700g,种植玉米,调节含水量至田间最大持水量的60%,30天后采样,用根系扫描仪(LA1600+ scanner, Canada)扫描获得根系图像后,用根系分析软件(Winrhizo2003b, Canada)进行相关根系指标分析,用HPLC法测定土壤IAA含量,并测定土壤速效磷,速效钾含量,植株鲜重,株高及全氮全磷全钾。

[0076] 玉米种子:玉米种子进行20%双氧水表面消毒20min,无菌水冲洗多次,催芽2d,选取发芽一致的种子备用。

[0077] 接菌处理:将本发明的YM3接种于LB液体培养基,30℃,180r·min⁻¹摇床培养,培养菌长至对数生长期,然后将菌悬液10000r·min⁻¹离心3min,再用无菌水重悬,同样离心三次,接种量为10⁸CFU·g⁻¹(即每克干土接种10⁸CFU·g⁻¹ YM3菌种)。

[0078] 对照处理:作为对照,土壤不喷洒YM3菌液,加等量无菌水。

[0079] 结果见下列各表:

[0080] 表3接种菌株YM3对玉米根系的影响

[0081]

处理	根长(cm)	根表面积(cm ²)	根体积(cm ³)	根尖数(个)
CK	773.33±138.08	115.87±15.67	1.40±0.26	4357.00±967.08
YM3	1395.33±254.00**	180.57±29.40**	2.11±0.22**	6080.25±889.19*

[0082] 注:同一列中*表示有显著性差异($p<0.05$),**表示极显著性差异($p<0.01$);下同。

[0083] 表4接种菌株YM3对玉米植株的影响

[0084]

处理	鲜重(g)	株高(cm)	SPAD	全氮(g/kg)	全磷(g/kg)	全钾(g/kg)
CK	1.43±0.18	22.37±1.56	21.18±1.51	1.81±0.05	1.99±0.56	14.29±1.84

YM3	2.00±0.24**	27.63±1.75**	25.05±0.96**	2.13±0.04*	3.03±0.26**	19.51±3.48*
-----	-------------	--------------	--------------	------------	-------------	-------------

[0085] 表5接种菌株YM3对土壤速效磷速效钾的影响

[0086]

处理	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
CK	2.24±0.31	35.00±1.73
YM3	3.33±0.22*	42.00±3.00*

[0087] 由表4可以看出,接种了YM3土壤生长出的玉米植株的地上部鲜重,及株高较CK都有较明显的增长趋势;由于YM3具有解磷解钾的作用,使土壤中速效磷及速效钾含量增加(表5),从而促进了植物对P、K等元素的吸收,从表3可以看出,接种YM3处理与不接菌处理进行对比,玉米根系总长度,根表面积,根平均直径和根尖数都显著增加,促进了玉米根系的发育;从图8可以看出,经接菌处理后,土壤IAA含量显著增加,比对照组高出2倍左右。结合以上结果可以看出,本发明的根际促生菌YM3对根基的生长、发育具有明显效果,IAA产量高,可以有效用于玉米种植,促进作物生长发育,提高产量,经3年连续在3亩玉米田施用,产量均提高10%以上,其效果之好未曾料到。

[0088] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出:对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

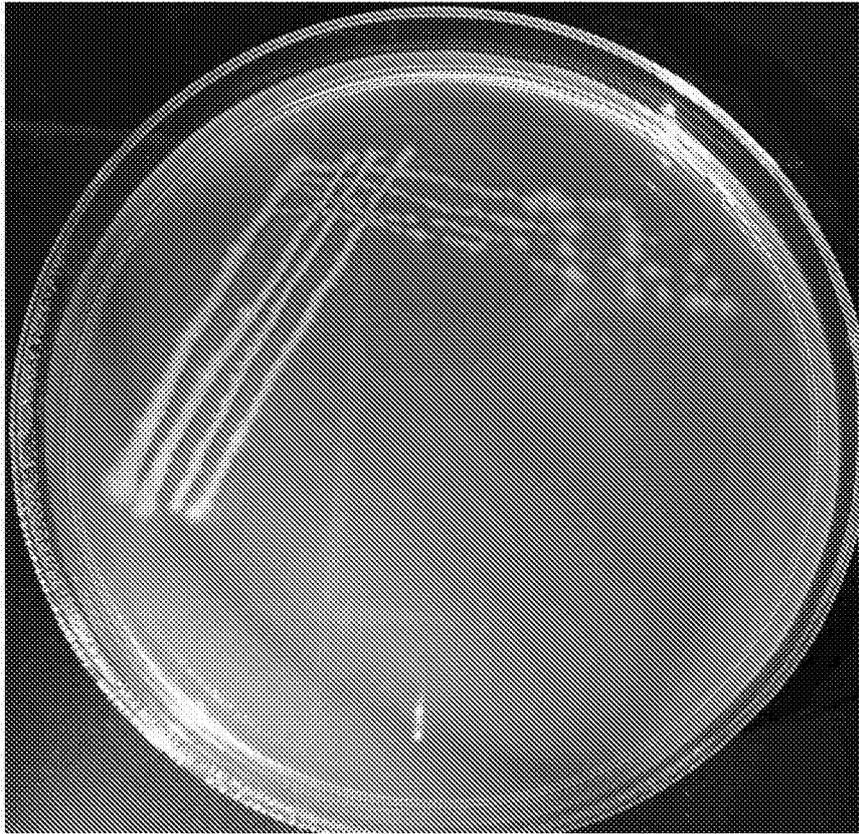


图1

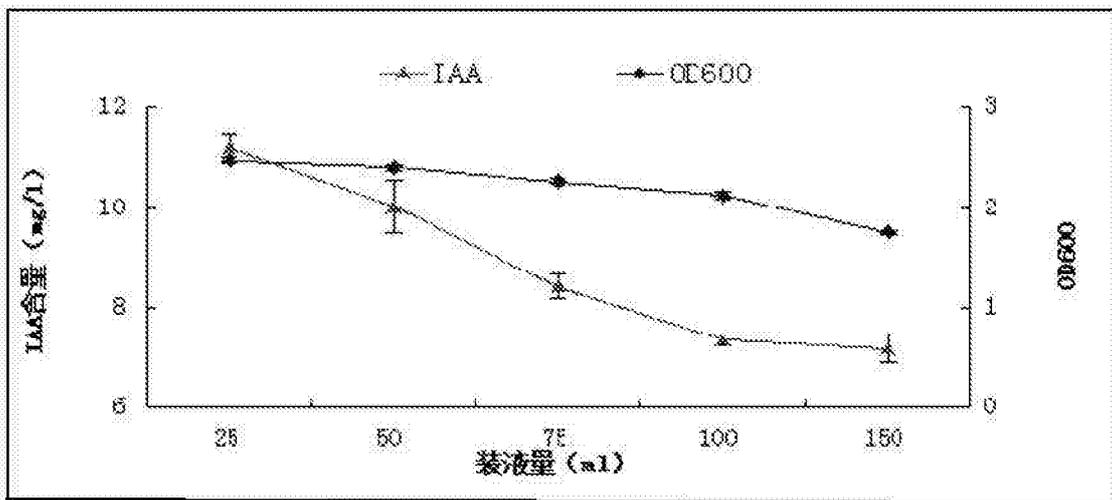


图2

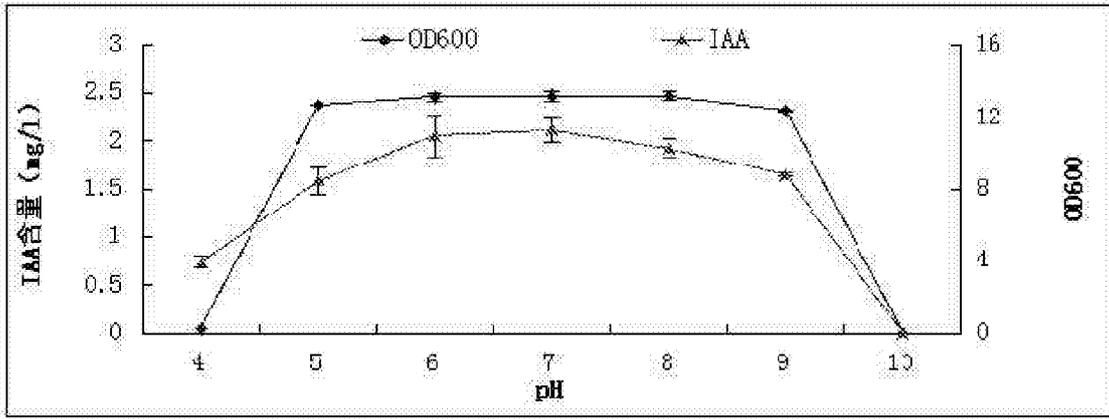


图3

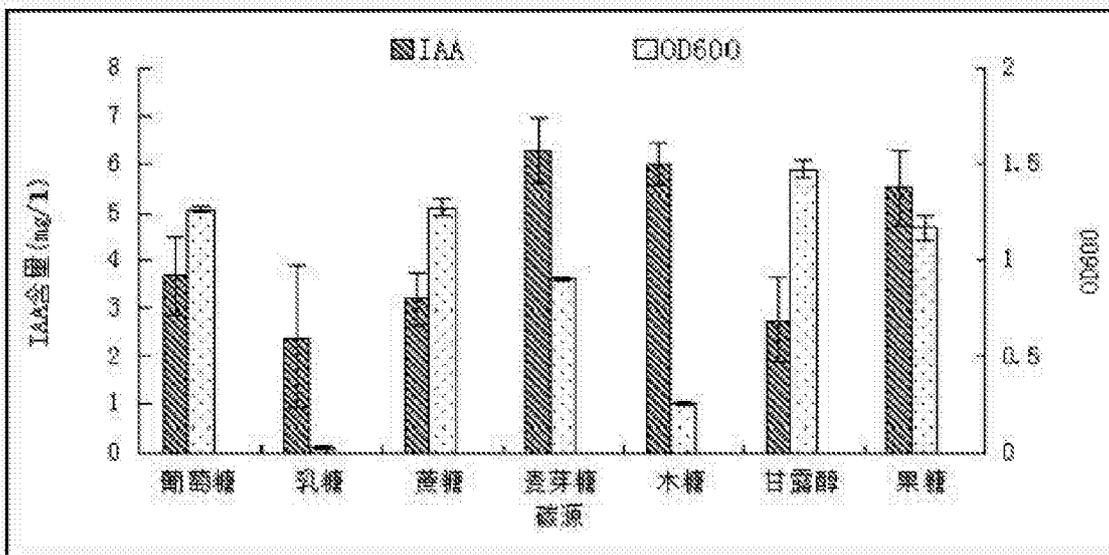


图4

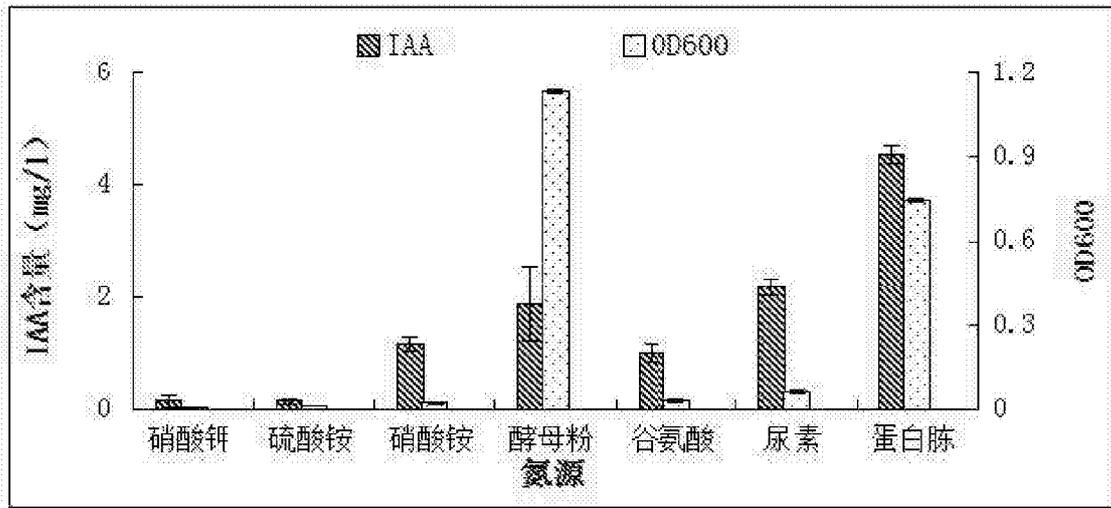


图5

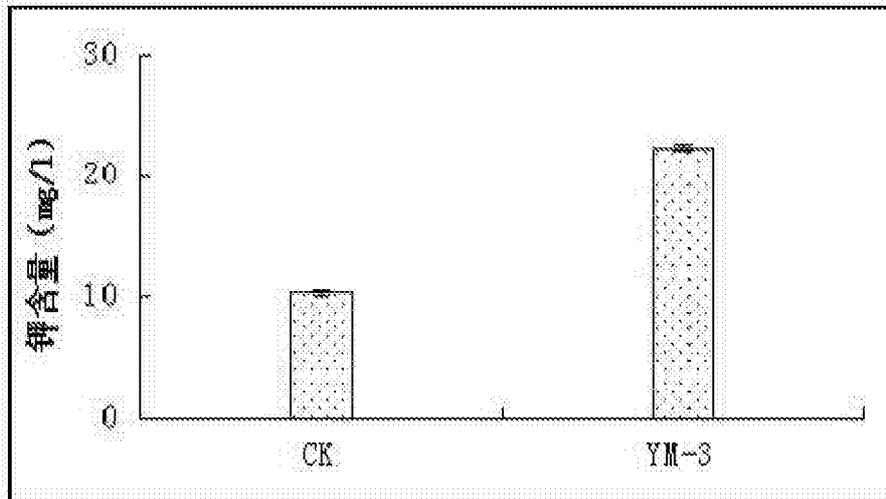


图6

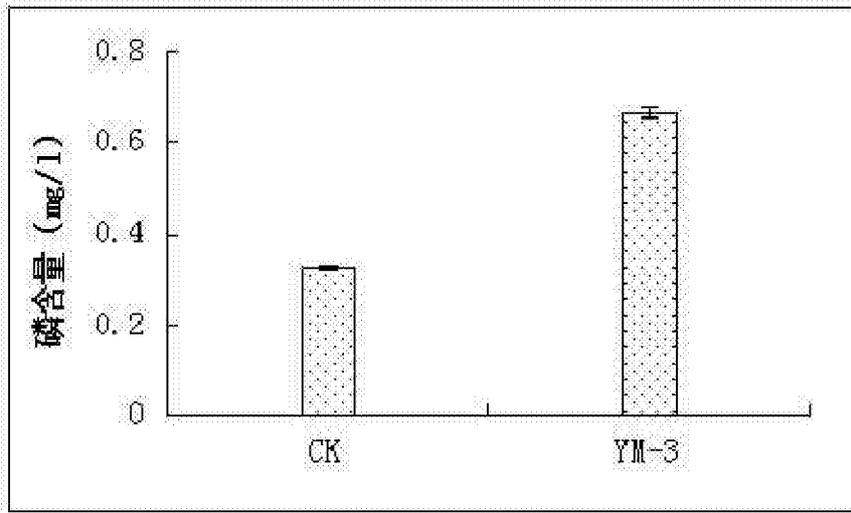


图7

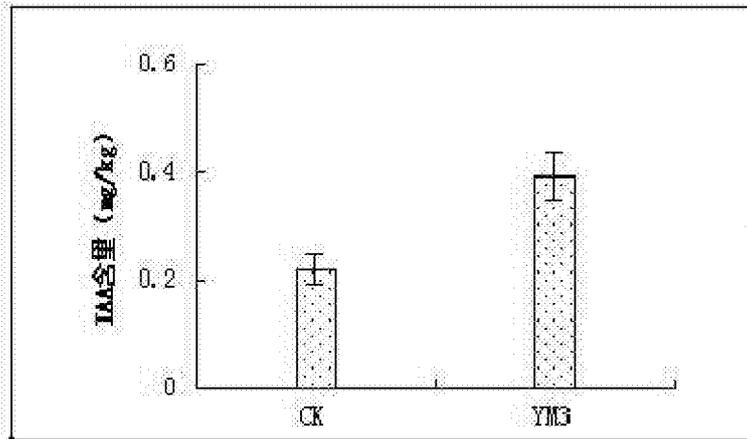


图8