

PGPR 对水稻塑盘旱育秧苗素质的影响^①

高君君¹, 康贻军², 程洁¹, 殷士学^{1*}

(1 扬州大学环境科学与工程学院, 江苏扬州 225127; 2 盐城师范学院生命科学与技术学院, 江苏盐城 224002)

摘要: 采用水稻抛秧塑盘(434孔)旱育秧方法, 研究3株PGPR (*Bacillus* sp. RBB1、*Bacillus* sp. WP8 和 *Pseudomonas* sp. RBP1) 对水稻旱育秧苗素质的作用, 比较PGPR不同接种方式及施用壮秧剂对促生效果的差异, 以及PGPR对土壤细菌群落结构的影响。结果表明: ①RBP1和WP8可不同程度地促进秧苗生长, 主要表现在促使秧苗矮壮、增加干物质积累; ②PGPR拌土普遍优于浸种方式; ③PGPR的有效性受是否与壮秧剂混用的影响, 其次是接种方式; ④地上部干物重对PGPR不同处理方式较为敏感, 是评价促生效果的理想指标; ⑤PGPR对土壤细菌群落结构有一定的影响, 但不十分明显。通过研究, 明确WP8和RBP1具有开发成水稻育秧专用微生物肥料的潜力。

关键词: 植物根际促生菌; 水稻; 塑盘旱育秧

中图分类号: Q939.96

很早人们就发现, 植物根际环境中生活着许多可以促进植物生长的细菌, 这些细菌被称为植物根际促生菌 (plant growth promoting rhizobacteria, PGPR)^[1]。PGPR菌有广泛的应用前景, 可能用来促进植物生长、提高植物的抗逆性、抑制植物病害发生等^[2]。很多报告表明, PGPR在实验室和温室条件下表现良好, 但是在在大田条件下的表现往往缺乏很好的重现性, 这就限制了PGPR菌的大面积使用。

实验室和温室条件是受控条件, 使用的土壤也可充分混匀; 大田条件下土壤呈高度异质性, 生物和非生物因素存在很多不可预测的变化; 这些条件差异是导致PGPR在实验室/温室与在大田表现不同的原因。基于这一认识, 如果将PGPR用于相对可控的水稻塑盘育秧, 应该有较好的表现。前人有关PGPR在水稻上的应用很少报道, 一些研究主要集中在利用PGPR控制水稻纹枯病^[3]和稻瘟病^[4-5]以及提高水稻氮素利用率从而增产^[6]等, Muthukumarasamy等人^[7]通过试管苗试验, 证明其所筛固氮菌在氮素缺乏的条件下, 可促进水稻幼苗生长, 这可能是至今可检索到的PGPR菌用于水稻秧苗的仅有报道。

全球70%以上的水稻栽培方式是育秧移栽^[8]。对于移栽稻而言, 秧苗素质对后期的生长表现至关重要, 所谓“秧好一半禾, 苗好七分收”。目前广泛采用的机

械插秧和抛秧对秧苗素质的要求更高, 健壮秧苗可减少机械破损和折断, 大田活棵更加容易, 但是实际生产中秧苗素质差的现象普遍存在^[9], 这在很大程度上制约了水稻产量以及机插秧、抛秧等栽培技术的推广应用。本研究以前期^[10]获得的3株PGPR菌为材料, 研究其对水稻秧苗素质的作用, 以及PGPR菌对土壤土著细菌群落结构的影响。

1 材料与方法

1.1 供试种子、菌株及培养方法

实验所用水稻品种为“武陵粳1号”(江苏金土地种业有限公司)。供试PGPR菌株为本实验室筛选的*Bacillus* sp. RBB1、*Bacillus* sp. WP8 和 *Pseudomonas* sp. RBP1。筛选方法和菌株鉴定结果另见报告^[10]。

取水稻种子若干, 用70%酒精和1%次氯酸钠溶液分别处理5min和1min, 无菌水冲洗3遍, 风干备用。

PGPR菌株用NB液体培养基, 在28℃±2℃下摇床培养48h(180r/min), 5000r/min离心10min, 弃去上清液, 沉淀的细胞重悬于无菌水中, 混匀, 调至10¹⁰cfu/ml浓度, 作为接种材料。

1.2 供试土壤、装盘及壮秧剂的施用方法

土壤为旱地黄棕壤质地菜园土, 取回后稍风干,

①基金项目: 国家自然科学基金项目(41071177, 41101235)、农业部948项目(2006-G62)和江苏省高校自然科学基金项目(10KJB210005)资助。

* 通讯作者 (sxyin@yzu.edu.cn)

作者简介: 高君君(1986—), 女, 山东潍坊人, 硕士研究生, 主要从事环境微生物学研究。E-mail: gaojunjun77@163.com

拣去沙砾和植物残体,过 20 目筛,充分混合备用。土壤基本理化性状: pH 值 6.83 (1:1 水浸), 含水率 14.20%, 有机质 40.0 g/kg, 总氮 0.38 g/kg, 碱解氮 352.67 mg/kg, 速效磷 25.24 mg/kg, 速效钾 113.79 mg/kg。

育秧盘为 434 孔塑盘早育抛秧盘,装土 2.0 kg。施用壮秧剂的处理(即施肥处理),每盘预先均匀拌入 8.0 g/盘的壮秧剂(抛秧专用,“无锡杰伟”,标准用量为 17.0 g/盘),堆放 3 天后播种。播种前 1 天用自来水浇透底土。另设不作任何处理以及只添加壮秧剂的两处理为空白对照和施肥对照。

1.3 PGPR 接种方法

PGPR 接种设浸种和拌土两种方法。浸种:将消毒过的水稻种子在 10^8 cfu/ml PGPR 细胞液内浸泡 20 min,于无菌操作台上风干后,备播种用。拌土:按事先调好的细胞浓度均匀喷入土壤,最终浓度 10^8 cfu/g 土,其余处理(含浸种处理)用等量无菌水代替。

1.4 播种及水稻秧苗管理

水稻于 2010 年 5 月 22 日播种,每盘均匀撒播 45 g 种子,用不含壮秧剂的细土覆土 2 cm,喷洒自来水使苗盘湿润,覆膜。齐苗后,在第一叶完全抽出 1.0 cm 左右时揭膜。早晚时分洒水补湿。20 天后,取出秧盘,测量茎长、茎基粗等;自来水下冲洗洗净后,将茎叶和根部分离,置于烘箱 $75^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$ 烘 8 h 左右至恒重,分别称重。另取一定量各处理土壤迅速置于 -80°C 冰箱保藏,备微生物群落结构分析。

1.5 土壤基因组 DNA 的提取、PCR 扩增及 DGGE 分析

土壤基因组 DNA 的提取按 FastDNA[®] SPIN Kit for Soil 试剂盒操作规程进行。PCR 扩增引物对: P2: ATT ACC GCG GCT GCT GG; P3-GC: CGC CCG CCG CGC GCG GCG GGC GGG GCG GGG GCA CGG GGG G CCT ACG GGA GGC AGC AG (下划线部分为“GC 夹”)^[11]。50 μl 的 PCR 反应体系含有: 1 \times PCR Buffer, 200 nmol/L dNTPs, 5 μl BSA (10 mg/ml), 1 μl 引物, 1 μl 模板, 1 \times Taq DNA 聚合酶 (Takara, 大连宝生物)。PCR 反应程序: 94°C 预变性 2 min; 94°C 变性 30 s, 55°C 退火 30 s, 72°C 延伸 1 min, 34 个循环;最后 72°C 延伸 5 min。扩增产物经 2% 琼脂糖凝胶 (EB 染色) 电泳检测后, -20°C 保存或 4°C 短期保存备 DGGE 用。

变性梯度凝胶电泳 (DGGE): 使用 8% 丙烯酰胺凝胶, 电泳缓冲液为 1 \times TAE, 变性梯度 30%~70% (7

mol/L 尿素和 40% 去离子甲酰胺为 100% 变性), PCR 产物上样量为 30 μl + 5 μl 10 \times loading buffer。电压 80 V, 60°C , 电泳 13 h, EB 染色 30 min, 于 SensiCapture 凝胶图像分析系统下成像。用 Quantity one 软件对 DGGE 图谱进行定量分析。

2 结果与分析

2.1 PGPR 对水稻秧苗高度和茎基粗的影响

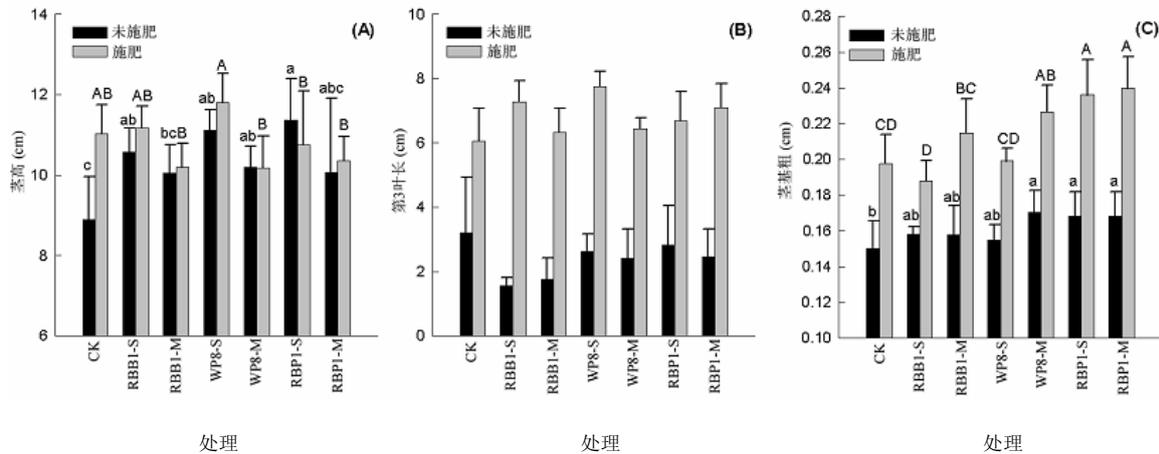
水稻秧苗的高度因 PGPR 菌株、不同接种方式和是否添加壮秧剂而不同 (图 1A)。不添加壮秧剂时, 除 RBB1 和 RBP1 浸种处理外, 其余处理均比对照显著增高; 而添加壮秧剂时, 各浸种处理几乎都和对照高度相似, 而 3 株 PGPR 拌土处理茎高却比对照显著下降 (Duncan's test, $p < 0.05$)。WP8 拌土处理、RBP1 浸种以及 RBP1 拌土处理的茎基粗无论是否添加壮秧剂, 均比对照显著增粗, RBB1 处理与对照无显著差异 (图 1C)。从水稻秧苗 20 天时第 3 张叶片的长度看 (图 1B), 添加壮秧剂的各处理, 其第 3 张叶片均已完全抽出达 7.0 cm 左右, 而未添加壮秧剂处理则未完全抽出, 由此可见, 添加壮秧剂可提高秧苗生长速率。图 1 综合说明 RBP1 和 WP8 可使水稻秧苗变矮、增粗, 此现象在拌土处理时尤为明显, 添加壮秧剂更有利于 PGPR 发挥促生作用 (田间秧苗生长状况见图 2)。

主效应和交互效应的方差分析表明 (表 1), 仅有 RBB1 和 WP8 会因接种方式不同而影响株高, 且各处理接种方式与是否添加壮秧剂之间无交互效应。PGPR 的接种方式和是否施用壮秧剂都会对茎基粗产生显著影响, 相对而言, 壮秧剂的添加与否比接种方式的影响更明显, 但两者之间的交互作用一般不显著。第 3 叶片的长度强烈受到是否添加壮秧剂的影响。

2.2 PGPR 对水稻秧苗茎叶和根干重的影响

如图 3A, 不添加壮秧剂时, PGPR 接种各处理的每百株地上部干重均比对照显著增加 (Duncan's test, $p < 0.05$), 其中 WP8 拌土和 RBP1 浸种处理分别达到 1.04 g 和 1.09 g, 比对照高出 28.39% 和 34.57%。添加壮秧剂时, 仅有 WP8 浸种、RBP1 浸种和 RBP1 拌土处理比对照显著增重。对根干重而言, 若不添加壮秧剂, 除 RBP1 浸种外, 其余各处理均比对照显著增加, 而添加壮秧剂时, 只有 RBP1 浸种和拌土处理和对照相比有显著差异。这说明 PGPR 在土壤未添加壮秧剂时, 对地上部和根干物质积累的影响更为明显。

通过主效应和交互效应的方差分析可知, 除 WP8



(图中 CK: 未接种及未施肥空白对照; RBB1 (WP8 或 RBP1) -S: 浸种 (10^8 cfu/ml) 处理; RBB1 (WP8 或 RBP1) -M: 拌土处理, 终浓度为 10^8 cfu/g 土。不同大小写字母表示施用壮秧剂与否的条件下各处理间差异显著 (Duncan's test, $P < 0.05$)。下同。)

图 1 水稻育秧第 20 天时茎高 (A)、第 3 叶长 (B) 以及茎基粗 (C)

Fig. 1 Shoot height (A), length of the third leaf (B) and shoot base thickness (C) of 20-day-old rice seedlings

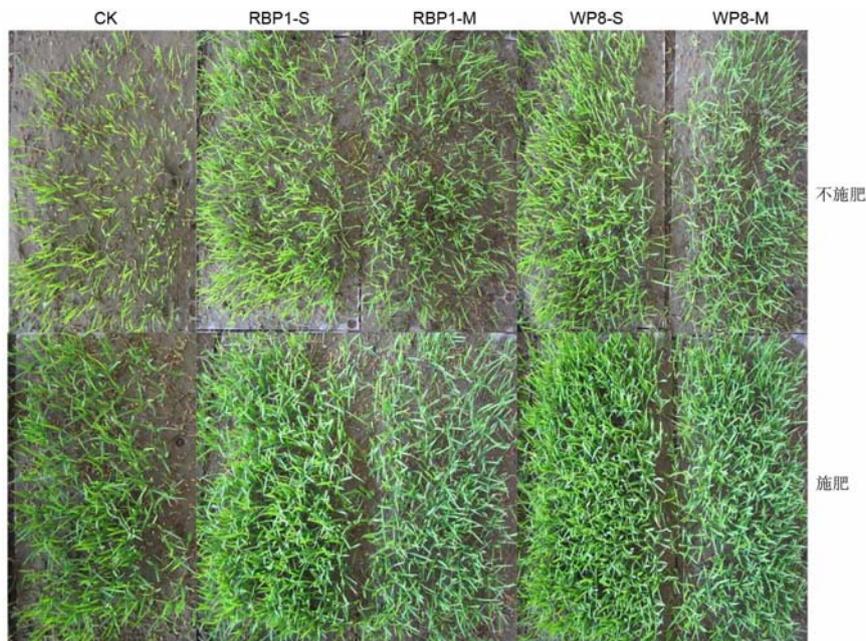


图 2 第 20 天时各处理秧苗生长情况

Fig. 2 Growth condition of each treatment after 20 days

接种方式外, 其余处理的接种方式以及是否施用壮秧剂均显著影响茎叶和根的干物重, 而且是否添加壮秧剂对其影响要远大于 PGPR 的接种方式, 说明 PGPR 要发挥作用, 也必须依靠少量壮秧剂的配合, 使土壤环境更适于其存活和竞争。

2.3 PGPR 对土壤土著细菌群落结构的影响

选取用于水稻育秧 20 天时的土壤样品 (只选取施用壮秧剂的处理): 对照 (播种前只添加壮秧剂的土样)、RBB1 浸种、RBB1 拌土、WP8 浸种、WP8 拌土、RBP1 浸种、RBP1 拌土连同 3 株纯菌株共 10 个样品,

表 1 不同 PGPR 处理的主效应和交互效应方差分析表

Table 1 Main and interaction effects analysis of variance for different PGPR treatments

因素	株高	茎基粗	地上部干物重	根干重	第 3 叶长
RBB1 接种方式	8.831**	5.286*	35.826**	17.687**	2.200
RBB1 施肥与否	2.282	56.819**	909.766**	101.695**	431.200**
RBB1 接种方式×RBB1 施肥与否	0.774	5.835*	23.154**	7.119*	5.255*
WP8 接种方式	22.728**	21.787**	66.586**	0.948	9.294**
WP8 施肥与否	1.525	119.681**	1026.081**	196.550**	338.273**
WP8 接种方式×WP8 施肥与否	1.765	1.723	6.782*	6.910*	5.038*
RBP1 接种方式	2.615	0.076	7.330*	128.450**	0.004
RBP1 施肥与否	0.101	109.240**	1350.868**	865.206**	121.327**
RBP1 接种方式×RBP1 施肥与否	0.733	0.076	39.286**	1.636	1.034

注：表中数值为 *F* 值，* 和 ** 分别代表该处理方式对生长指标产生显著 ($P < 0.05$) 和极显著 ($P < 0.01$) 影响。

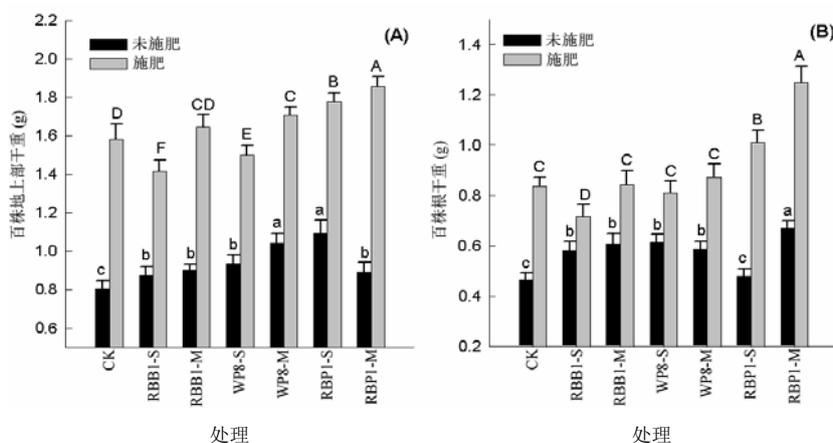
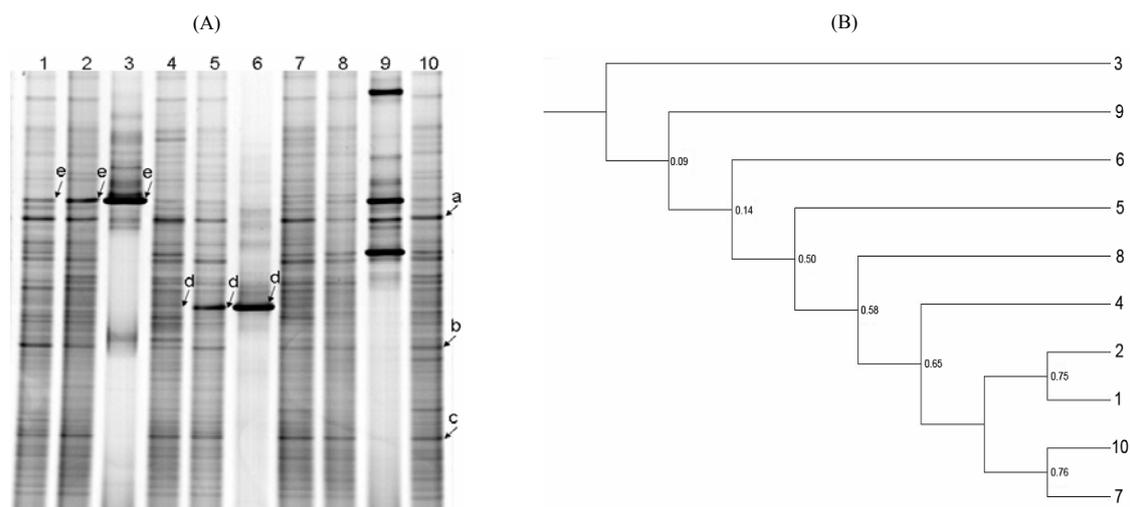


图 3 水稻育秧第 20 天时每百株地上部 (A) 和根的干物重 (B)

Fig. 3 Above-ground dry weight biomass per 100 plants (A) and root dry biomass per 100 plants (B) of 20-day-old rice seedlings



(图中 1~10 依次分别代表 RBP1 拌土、RBP1 浸种、RBP1 纯菌株、WP8 拌土、WP8 浸种、WP8 纯菌株、RBB1 拌土、RBB1 浸种、RBB1 纯菌株及原始土样)

图 4 不同土壤 PCR-DGGE 指纹图谱 (A) 及 DGGE 条带聚类分析 (B)

Fig. 4 PCR-DGGE fingerprint of different soils (A) and cluster analysis of DGGE banding patterns (B)

进行 PCR-DGGE 分析。

如图 4, RBB1 拌土 (Lane 7) 和对照 (Lane 10) 的图谱相似度达 76%, RBP1 拌土和浸种处理的相似度也达到 75%。除 3 株纯菌株外, 其余所有处理细菌群落结构和对照的相似度均在 50% 以上。土壤中一些类群的细菌如图中标注的 a、b、c 等在各处理中均有出现, 这些是土壤中不太容易受外界生物扰动的群体, 只是处理间的亮度不同, 如图中标注的 a, 在几个拌土处理的土壤中亮度都比浸种处理的高, 这说明这些群落随外源 PGPR 的浓度增加, 其优势地位也趋明显。RBB1 在土壤中存活的时间较短, 在 20 天时, 从图谱上已检测不出; 其余 2 株 PGPR, 尤其是 RBP1 可以在土壤中较长时间地存活和竞争, 这可能也是其在水稻育秧上表现相对较好的原因。

3 讨论

本研究选取的 3 株 PGPR, 均预先经过平板促生试验, 初步确定其对水稻发芽及生长有一定促进作用(结果未示), 本实验通过塑盘育苗进行了验证。从结果看, RBB1 仅能在不添加壮秧剂的情况下显著促进秧苗干物质的积累, 而其他条件下, RBB1 促生效果不明显。相比之下, RBP1 对水稻秧苗的促生效果最好, 其次是 WP8, 主要表现在促使秧苗矮壮、增加干物质积累等方面。Muthukumarasamy 等人^[7]的研究也发现, PGPR 接种水稻, 其株高并未高于对照, 特别是茎长反而比对照短, 但植株干物重却比对照显著增加。从主效应和交互效应方差分析看, 地上部茎叶干物重对 PGPR 不同处理方式较为敏感, 是评价促生效果的理想指标。因此建议, 对于不是以获得细长植株效果的情况下, 株高不应作为 PGPR 的促生指标, 或者说, 需谨慎用株高作为促生指标, 且必须同时有干物质的量等其他敏感促生指标。

实验发现, PGPR 与壮秧剂混用时, 尽管一些促生幅度比不上不加壮秧剂的处理, 但“菌+肥”的混用模式往往达到各处理的峰值(株高除外)。在 Kumar 等人^[12]的一项研究中, 接种 PGPR 并辅以氮肥常规施用量的一半后, 各促生指标达峰值, 且生长指标比全肥料处理更好。这可能由于壮秧剂或其他一些肥料的施用为 PGPR 的存活和竞争营造了更合适的土壤环境。

前人的观点认为, PGPR 在土壤环境中起作用的前提是: 在土壤中存活并竞争, 并能稳定产生促生作用或促生物质^[13]。一些研究^[14-15]发现 PGPR 对土壤细菌

群落结构的影响较小, 也有一些研究与之结论相反^[16-19]。说明 PGPR 是否起作用, 与其是否改变土著细菌群落结构似乎没有关系。但从本研究 DGGE 的结果看, RBB1 对土壤土著细菌群落结构的影响最小, 而且该菌在土壤中 20 天时, 已不能在 DGGE 上检测到, 这可能是其促生效果相对最差的原因。RBB1 属于芽孢杆菌属, 虽然有可能在 20 天后形成芽孢, 但这种可能性很小, 这是因为: ①芽孢形成需要一定的条件, 如碳源、氮源缺乏等, 而实际土壤, 至少是添加壮秧剂的土壤环境并不适合芽孢形成; ②另外一株芽孢杆菌属的细菌 WP8, 并未像 RBB1 一样在 20 天时检测不出。因此我们认为 RBB1 在供试土壤环境中的生存时间小于 20 天。RBP1 和 WP8 对土壤细菌群落结构所产生的影响要大一些, 但都不超过 50%, 说明这些菌株对土壤微生物区系的影响相对较小, 可以说是生态友好型的。

我们在前期工作中研究过 14 株 PGPR 菌株的体外促生机制^[10], WP8 的体外促生途径主要有产嗜铁素; RBP1 的促生途径包括产 HCN、NH₃、IAA 和溶磷等; RBB1 的促生途径包括产 NH₃ 和 IAA。其中 WP8 的促生途径仅有一种(产嗜铁素), 而且产嗜铁素主要是通过增强植物抗病性, 起间接促生作用, 因此从试验结果看, WP8 对水稻秧苗的促生机制难以阐明。有报道称, PGPR 还能通过释放一些有机挥发物(volatile organic compounds, VOCs)促进植物生长^[20], 或许 WP8 也是通过这一途径实现对水稻秧苗的促生作用, 具体机制有待研究揭晓。

参考文献:

- [1] Kloepper JW, Leong J, Teintze M, Schroth MN. Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth-promoting rhizobacteria. *Nature*, 1980, 286: 885-886
- [2] Lugtenberg B, Kamilova F. Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology*, 2009, 63: 541-556
- [3] Nandakumar R, Babu S, Viswanathan R, Raguchander T, Samiyappan R. Induction of systemic resistance in rice against sheath blight disease by *Pseudomonas fluorescens*. *Soil Biology and Biochemistry*, 2001, 33(4/5): 603-612
- [4] Lucas JA, Solano BR, Montesb F, Ojeda J, Megias M, Gutierrez Mañero FJ. Use of two PGPR strains in the integrated management of blast disease in rice (*Oryza sativa*) in Southern Spain. *Field Crops Research*, 2009, 114(3): 404-410

- [5] Naureen Z, Price AH, Hafeez FY, Roberts MR. Identification of rice blast disease-suppressing bacterial strains from the rhizosphere of rice grown in Pakistan. *Crop Protection*, 2009, 28(12): 1 052-1 060
- [6] Cong PT, Dung TD, Hien TM, Hien NT, Choudhury ATMA, Keckskés ML, Kennedy IR. Inoculant plant growth-promoting microorganisms enhance utilisation of urea-N and grain yield of paddy rice in southern Vietnam. *European Journal of Soil Biology*, 2009, 45(1): 52-61
- [7] Muthukumarasamy R, Kang UG, Park KD, Jeon WT, Park CY, Cho YS, Kwon SW, Song J, Roh DH, Revathi G. Enumeration, isolation and identification of diazotrophs from Korean wetland rice varieties grown with long-term application of N and compost and their short-term inoculation effect on rice plants. *Journal of Applied Microbiology*, 2007, 102(4): 981-991
- [8] 邹应斌. 亚洲直播稻栽培的研究与应用. *作物研究*, 2004, 18(3): 133-135
- [9] 沈建辉, 曹卫星, 朱庆森, 薛艳凤, 景启坚. 不同育秧方式对水稻机插秧苗素质的影响. *南京农业大学学报*, 2003, 26(3): 7-9
- [10] 康贻军, 程洁, 梅丽娟, 殷士学. 植物根际促生菌的筛选及鉴定. *微生物学报*, 2010, 50(7): 853-861
- [11] Muyzer G, Waal ECD, Uitterlinden AG. Profiling of complex microbial populations by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain reaction-amplified genes coding for 16S rRNA. *Applied and Environmental Microbiology*, 1993, 59(3): 695-700
- [12] Kumar H, Bajpai VK, Dubey RC, Maheshwari DK, Kang SC. Wilt disease management and enhancement of growth and yield of *Cajanus cajan* (L) var. Manak by bacterial combinations amended with chemical fertilizer. *Crop Protection*, 2010, 29(6): 591-598
- [13] Cattelan AJ, Hartel PG, Fuhrmann JJ. Screening for plant growth-promoting rhizobacteria to promote early soybean growth. *Soil Science Society of America Journal*, 1999, 63: 1 670-1 680
- [14] Correa OS, Montecchia MS, Berti MF, Ferrari MCF, Pucheu NL, Kerber NL, García AF. *Bacillus amyloliquefaciens* BNM122, a potential microbial biocontrol agent applied on soybean seeds, causes a minor impact on rhizosphere and soil microbial communities. *Applied Soil Ecology*, 2009, 41(2): 185-194
- [15] Domenech J, Ramos-Solano B, Probanza A, Lucas-García JA, Colón JJ, Gutiérrez-Mañero FJ. *Bacillus* spp. and *Pisolithus tinctorius* effects on *Quercus ilex* ssp. ballota: A study on tree growth, rhizosphere community structure and mycorrhizal infection. *Forest Ecology and Management*, 2004, 194(1/3): 293-303
- [16] Baudoin E, Nazaret S, Mougel C, Ranjard L, Moëgne-Loec Y. Impact of inoculation with the phytostimulatory PGPR *Azospirillum lipoferum* CRT1 on the genetic structure of the rhizobacterial community of field-grown maize. *Soil Biology and Biochemistry*, 2009, 41(2): 409-413
- [17] Naiman AD, Latrónico A, de Salamone IEG. Inoculation of wheat with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*: Impact on the production and culturable rhizosphere microflora. *European Journal of Soil Biology*, 2009, 45(1): 44-51
- [18] Probanza A, García JAL, Palomino MR, Ramos B, Gutiérrez Mañero FJ. *Pinus pinea* L. seedling growth and bacterial rhizosphere structure after inoculation with PGPR *Bacillus* (*B. licheniformis* CECT 5106 and *B. pumilus* CECT 5105). *Applied Soil Ecology*, 2002, 20(2): 75-84
- [19] Roesti D, Gaur R, Johri BN, Imfeld G, Sharma S, Kawaljeet K, Aragno M. Plant growth stage, fertiliser management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. *Soil Biology and Biochemistry*, 2006, 38(5): 1 111-1 120
- [20] Ryu C-M, Farag MA, Hu C-H, Reddy MS, Wei H-X, Paré PW, Kloepper JW. Bacterial volatiles promote growth in *Arabidopsis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2003, 100(8): 4 927-4 932

PGPRs Effects on Rice Seedlings by Method of Raising Rice Seedling with Plastic Plate

GAO Jun-jun¹, KANG Yi-jun², CHENG Jie¹, YIN Shi-xue¹

(1 College of Environmental Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225127, China;

2 School of Life Science and Technology, Yancheng Teachers University, Yancheng, Jiangsu 224002, China)

Abstract: The purpose of this study is to determine ① if 3 PGPRs, (*Bacillus* sp. RBB1、*Bacillus* sp. WP8 and *Pseudomonas* sp. RBP1) are effective in promoting the growth of rice seedlings, ② the differences between distinct applications of PGPR and the effects caused by appending fertilizer (Zhuangyangji, “ZYJ”), and ③ the influences of 3 PGPRs on the structure of the indigenous bacterial community. The results were as follows: ① 3 PGPRs especially for RBP1 and WP8 could promote the growth of rice seedlings, which were expressed in stocky shape and increased biomass; ② PGPR with soil drench was more efficient than seed soaking; ③ The effectiveness of PGPR was firstly dominated by the addition of “ZYJ”, and then by different inoculation methods; ④ The above-ground dry biomass, rather than plant height, was more sensitive than other indexes, which could be used as a proper index to assess PGPR; ⑤ 3 PGPRs caused modest changes in the structure of the indigenous bacterial community, implied that PGPR was an eco-friendly approach to rice production. 2 PGPRs (*Bacillus* sp. WP8 and *Pseudomonas* sp. RBP1) could significantly promote the growth of rice seedlings, which implied that they have potency for microorganisms-fertilizer development.

Key words: Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR), Rice, Raising rice seedling with plastic plat