

# 水稻化感品种对土壤微生物的影响

赵 华<sup>1,2</sup>, 谷 岩<sup>1,2</sup>, 孔垂华<sup>1,\*</sup>

(1. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要:**通过盆栽实验研究三叶期水稻化感品种对土壤微生物种群数量的影响。结果显示,土壤细菌、放线菌、真菌、氨化细菌和好气性自生固氮菌数量在水稻化感品种 PI312777 和水稻非化感品种“辽梗九”、“秋光”的土壤中存在显著差异,土壤中大多数微生物被水稻化感品种所抑制,但化感品种土壤中的放线菌和好气性纤维素分解菌数量则介于两种非化感品种之间。这一研究表明,水稻化感品种能显著地影响土壤微生物种群数量。

**关键词:**水稻;化感作用;土壤微生物

文章编号:1000-0933(2006)08-2770-04 中图分类号:Q948, S314 文献标识码:A

## Effect of allelopathic rice (*Oryza sativa* L.) variety on soil microbial communities

ZHAO Hua<sup>1,2</sup>, GU Yan<sup>1,2</sup>, KONG Chui-Hua<sup>1,\*</sup> (1. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China; 2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(8): 2770 ~ 2773.

**Abstract:** Rice allelopathy has received a great of attention in recent years. Most studies have focused on allelopathic potentials, allelochemicals and trait genes, but few are on interactions between allelopathic rice and soil microbial communities. Actually, soil microbe plays an important role in rice allelopathy in paddy. This study indicated the effect of allelopathic rice variety PI312777 and non-allelopathic rice varieties including “Liaojingjiu” and “Qiuguang” on soil microbial communities in pot culture using spread-plating method or most probable number (MPN). The results showed that allelopathic rice seedlings significantly affected soil microbial communities. Except actinomycete and amonifying bacteria, other microbial numbers in soil growing allelopathic rice seedlings were much less than those of two non-allelopathic rice seedlings. Obvious differences from bacteria, actinomycete, fungi, and aerobic nitrogen-fixing bacteria occurred among these three rice varieties using single factor variance analysis. As a result, allelopathic rice seedlings could significantly reduce the populations of bacteria, actinomycete, fungi, and aerobic nitrogen-fixing bacteria in soil. Allelopathic rice seedlings can release allelochemicals into the soil through root system, and thus, the population reduction of several microbes in soil is probably correlated with the allelochemicals released by allelopathic rice root system. At present, there has been limited success in finding that allelopathic rice interferes with microbial communities in paddy soil. Further research on chemical interactions between allelopathic rice and soil microbe is warranted.

**Key words:** *Oryza sativa* L.; allelopathy; soil microbial communities

近年水稻的化感作用一直受到广泛的关注和研究,无论是在水稻化感物质的分离鉴定,还是水稻化感品种的评价选育及遗传学研究等方面都取得了重要进展<sup>[1~5]</sup>。现已证明水稻化感品种主要在幼苗期通过根际向土壤中释放化感物质而实现对稻田杂草的抑制<sup>[4,6~8]</sup>,但水稻释放到土壤中的化感物质对稻田微生物的影

**基金项目:**国家自然科学基金重点资助项目(30430460);中国科学院“百人计划”资助项目

**收稿日期:**2005-10-19; **修订日期:**2006-04-21

**作者简介:**赵华(1978~),女,辽宁省沈阳市人,博士生,主要从事植物化感作用研究。

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: kongch@iae.ac.cn

**Foundation item:** The project was supported by Key Project of National Natural Science Foundation of China (No. 30430460); Hundreds-Talent Program, Chinese Academy of Sciences

**Received date:** 2005-10-19; **Accepted date:** 2006-04-21

**Biography:** ZHAO Hua, Ph.D. candidate, mainly engaged in allelopathy.

响尚未得到很好的阐明。

土壤是作物生长的载体,作物与土壤生物间存在各种生物化学关系,作物通过根部分泌释放到土壤中的物质对土壤生物群落产生重要的影响。研究表明,水稻化感物质对一些微生物有抑制作用<sup>[9]</sup>,一些微生物可以通过对水稻根分泌物产生的化学趋向响应(chemotactic response)在水稻根际聚集<sup>[10]</sup>。这样有理由推测,水稻化感品种不仅能抑制稻田杂草生长,而且也影响稻田土壤微生物种群的变化,而土壤微生物种群的变化将会对作物养分吸收和生长发育产生重要的影响<sup>[11, 12]</sup>。因此,阐明水稻化感品种与土壤微生物间的关系具有重要意义。本文主要目的是探讨水稻化感品种对稻田土壤微生物的影响,为进一步阐明水稻化感品种与稻田微生物的生物化学关系奠定基础。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验材料

受试土壤采于中国科学院沈阳生态实验站水稻田,采取水稻田表层土(0~15 cm),风干后过 2 mm 筛。土壤类型为潮棕壤,基本理化性状为:pH 5.94,总有机碳 1.29%,有效氮 135.33 mg/kg,有效磷 40.17 mg/kg,有效钾 62.23 mg/kg。

受试水稻化感品种是国内外公认的 PI312777<sup>[5-7, 13, 14]</sup>,来源于美国 USDA-ARS 种质资源库;水稻非化感品种选用两种辽宁省常规商业品种“辽梗九”和“秋光”,均来源于辽宁省农业科学研究院。“辽梗九”和“秋光”的非化感特性通过特征次生物质为标记和田间实验方法评价确定<sup>[2, 15]</sup>。

### 1.2 盆栽实验与土壤采集

水稻种子经消毒后,在 25℃ 恒温培养至种子露白。将预先萌发的种子播于装入 17 kg 水稻土的塑料盘中(50 cm×35 cm×10 cm),每穴栽 5 粒水稻,穴间距为 10 cm×10 cm。每个品种 5 次重复,每盘为一个重复,盘随机排列。将塑料盘置于网室中,每天向盘中浇等量水,待水稻长到三叶期时采集土壤样品。土壤样品采集用抖落法,将水稻幼苗连根取出,抖落土壤,除去细根的土壤混匀后分为两份,分别用来测定微生物数量和土壤含水量。

盆栽实验在 2005 年 6~7 月期间进行,实验过程中不施加任何农药和肥料,一旦出现杂草,人工拔除。

### 1.3 微生物培养和测定<sup>[16]</sup>

细菌为牛肉汁蛋白胨琼脂培养基;放线菌采用高氏 1 号培养基;真菌采用马丁氏培养基;氨化细菌采用蛋白胨琼脂培养基。以上微生物数量测定用稀释平板法。

好气性自生固氮菌为改良阿须贝无氮培养基。好气性纤维分解菌为依姆歇涅茨基纤维素分解菌培养基;嫌气性纤维分解菌为奥曼梁斯基培养基。以上 3 种微生物和嫌气性纤维素分解菌数量的测定采用最大或然法(MPN)。

上述微生物种群计数均计 5 个重复。细菌培养温度为 30℃ 外,其余微生物的培养温度均采用 28℃。微生物数量均以每克干土中菌落数(cfu/g)表示。

所有数据均用 SPSS version 10.0 统计软件进行统计分析。

## 2 结果

### 2.1 水稻化感品种对土壤细菌、真菌和放线菌数量的影响

水稻化感品种 PI312777 土壤中细菌和真菌数量低于两个水稻非化感品种土壤中的数量,而 3 个水稻品种

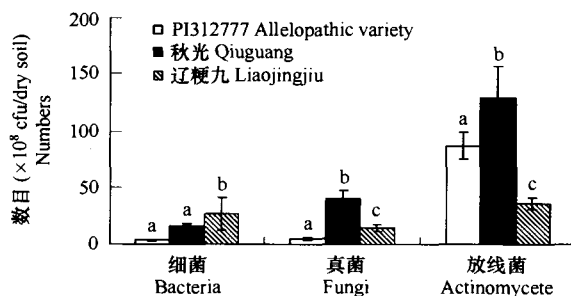


图 1 不同品种水稻对土壤细菌、真菌和放线菌数量的影响

Fig. 1 Effect of allelopathic rice variety and two non-allelopathic rice varieties on the number of bacteria, fungi and actinomycete in soil

图中细菌数量级为  $10^8$ , 真菌数量级  $10^4$ , 放线菌为  $10^6$ ; 数据采用 Duncan 多重比较, 图中字母相同表示差异不显著, 字母不同表示有差异, 以下各图同 The number degree of bacteria is  $10^8$ , the number degree of fungi is  $10^4$  and the number degree of actinomycete is  $10^6$  in figure 1; The column in figure 1 with the same letter is not significantly different,  $p = 0.05$ , ANOVA with Duncan's multiple-range test; The same cases occur in the following figures

土壤的放线菌数量的排序是：“秋光” > PI312777 > “辽梗九”(图 1)。单因素方差统计对土壤中细菌、放线菌和真菌数量进行分析表明,PI312777 和两个非化感品种在 0.01 水平上差异极显著。

## 2.2 水稻化感品种对土壤中氨化细菌数量的影响

PI312777 土壤中氨化细菌数量低于两个非化感品种土壤中氨化细菌数量(图 2),PI312777 土壤中氨化细菌数量分别为“辽梗九”和“秋光”土壤氨化细菌数量 40% 和 41%。统计结果表明,两个水稻非化感品种土壤中氨化细菌数量显著高于水稻化感品种土壤中氨化细菌数量,存在极显著性差异( $F = 12.78, p < 0.01$ )。

## 2.3 水稻化感品种对土壤自生固氮菌的影响

PI312777 根际土壤中两类自生固氮菌数量均低于两个水稻非化感品种土壤中数量,而两类自生固氮菌数量在两个非化感品种土壤中的变化关系并不一致(图 3)。对于土壤中的好气性自生固氮菌而言,PI312777 < “辽梗九” < “秋光”;而土壤中的嫌气性自生固氮菌数量变化规律是:PI312777 < “秋光” < “辽梗九”。单因素方差分析显示,PI312777 以及两个非化感品种土壤中自生固氮菌数量差异极显著( $p < 0.01$ )。

## 2.4 水稻化感品种对土壤中纤维素分解菌的影响

PI312777 土壤中好气性纤维素分解菌数量介于两个非化感品种土壤数量之间,而 PI312777 土壤中嫌气性纤维素分解菌数量低于两个非化感品种土壤中嫌气性纤维素分解菌数量(图 4)。统计分析表明,PI312777 和两个水稻非化感品种土壤中的纤维素分解菌不存在显著性差异。

## 3 讨论

水稻与土壤微生物间的生物化学关系是重要的科学问题,本研究发现除水稻化感品种 PI312777 土壤中的好气性纤维素分解菌和放线菌的数量位于两种水稻非化感品种“秋光”和“辽梗九”土壤中数量之间外,水稻化感品种 PI312777 土壤中的细菌、真菌、氨化细菌、自生固氮菌以及嫌气性纤维素分解菌数目均低于水稻非化感品种土壤中相应微生物的数量。这一结果表明,水稻化感品种与非化感品种对土壤中同种微生物有着不同的影响。水稻化感品种和非化感品种对土壤微生物的不同影响可能是由以下几个原因造成:①水稻化感品种释放出一些化感物质,这些物质可以直接对某些微生物起作用,具有抑制或促进某些土壤微生物活性的作用,致使某些微生物的数量发生变化<sup>[10]</sup>;②由于不同植物根际会产生不同的根系分泌物,而根际分泌物是微生物重要的能量源,不同微生物会对这些根系分泌物产

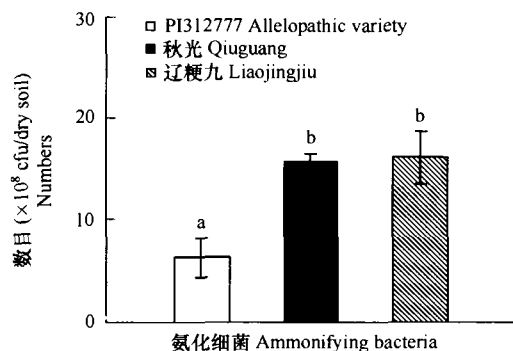


图 2 不同品种水稻对土壤氨化细菌数量的影响

Fig. 2 Effect of allelopathic rice variety and two non-allelopathic rice varieties on the number of amonifying bacteria in soil

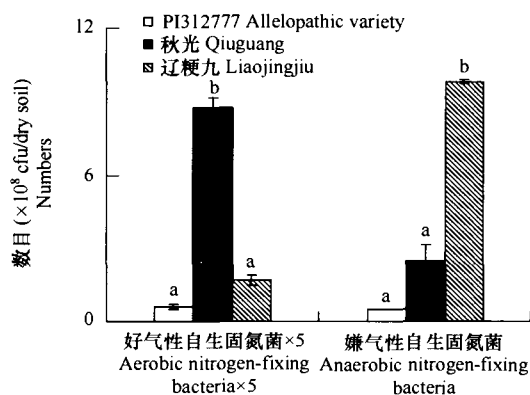


图 3 不同品种水稻对土壤自生固氮菌数量的影响

Fig. 3 Effect of allelopathic rice variety and two non-allelopathic rice varieties on the number of nitrogen-fixing bacteria in soil

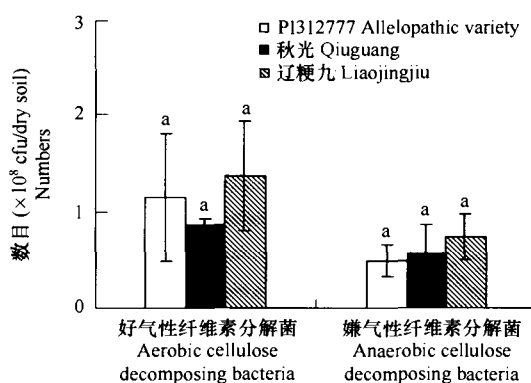


图 4 不同品种水稻对土壤中好气性纤维素分解菌和嫌气性纤维素分解菌数量的影响

Fig. 4 Effect of allelopathic rice variety and two non-allelopathic rice varieties on the number of aerobic and anaerobic cellulose-decomposing bacteria in soil

生不同的响应,而微生物对根分泌物的这种选择性行为,就是所谓的“化学趋向性”<sup>[9,17,18]</sup>;③在相同的环境下,不同的水稻品种间释放化学物质及其代谢机制存在差异,而不同的微生物能够对这种化学物质浓度梯度产生响应<sup>[19,20]</sup>,从而导致不同品种水稻土壤中的微生物数量显著差异。

水稻化感品种 PI312777 抑制土壤中大多数微生物数量的结果表明,水稻化感品种根际分泌物中可能存在一些可以抑制某些微生物活性的物质或者非水稻化感品种可能分泌某些能够刺激微生物生长的物质。水稻根分泌物中含有大量的糖类、氨基酸、细胞分裂素和酚酸,其中糖类和氨基酸都是营养物质,它们的存在可以拮抗水稻分泌物中的化感物质对杂草的抑制作用<sup>[21,22]</sup>。但水稻化感品种土壤中的多数微生物数量低于两个水稻非化感品种土壤中的菌数这一事实是否是由根分泌物引起,还需进一步验证。

## References:

- [1] Zeng D L, Qian Q, Teng S, *et al.* Genetics Analysis of rice alleopathy. Chinese Science Bulletin, 2003, 48: 70 ~ 73.
- [2] Kong C H, Xu X H, Hu F, *et al.* Using specific metabolites as markers to evaluate allelopathic potentials of varieties and individual plants. Chinese Science Bulletin, 2002, 47: 203 ~ 206.
- [3] Kong C H, Hu F, Zhang C X, *et al.* Inducible effects of methyl jasmonate on allelochemical from rice. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24: 177 ~ 180.
- [4] Kong C H, Liang W J, Xu X H, *et al.* Release and activity of allelochemicals from allelopathic rice seedlings. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52: 2861 ~ 2865.
- [5] Olofsdotter M, Jensen L B, Courtois B. Improving crop competitive ability using allelopathy-an example from rice. Plant Breeding, 2002, 121: 1 ~ 9.
- [6] Kato-Noguchi H, Ino T, Sata N, *et al.* Isolation and identification of a potent allelopathic substance in rice root exudates. Physiologia Plantarum, 2002, 115: 401 ~ 405.
- [7] Kato-Noguchi H, Ino T. Rice seedling release momilactone B into the environment. Phytochemistry, 2003, 63: 551 ~ 554.
- [8] Tadahiro K, Mitsuaki T, Nobuki S, *et al.* Growth and germination inhibitors in rice husks. Phytochemistry, 1977, 16: 45 ~ 48.
- [9] Kong C H, Xu X H, Zhou B, *et al.* Two compounds from allelopathic rice accession and their inhibitory activity on weeds and fungal pathogens. Phytochemistry, 2004, 65: 1123 ~ 1128.
- [10] Macario B J, Sara A F, Elsa V Z, *et al.* Chemical characterization of root exudates from rice (*Oryza sativa*) and their effects on the chemotactic response of endophytic bacteria. Plant and Soil, 2003, 249: 271 ~ 277.
- [11] Zhang S X, Gao Z Q, Liu H L. Continuous cropping bastacle and rhizosphere microecology III. Soil phenolic acid and their biological effect. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11: 741 ~ 744.
- [12] Sun H X, Liu X L. Microbes studies of tea rhizosphere. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24: 1353 ~ 1357.
- [13] Kong C H, Hu F, Chen X H, *et al.* Assessment and utilization of allelopathic crop varietal resources. Scientia Agricultura Sinica, 2002, 35: 1159 ~ 1164.
- [14] Kim J T, Kim S H. Screening of allelopathic compounds from rice (*Oryza sativa* L.) straw and their biological activity. Canadian Journal of Plant Science, 2001, 81: 815 ~ 819.
- [15] Zhu H L, Kong C H, Hu F, *et al.* Evaluation Methods for Allelopathic Potentials of Rice Germplasms. Scientia Agriculture Sinica, 2003, 36: 788 ~ 792.
- [16] Zhao B, He S J. Microbiology Experiment. Beijing: Science Press, 2003. 69 ~ 75.
- [17] Begonia M F, Kremer J R. Chemotaxis of deleterious rhizobacteria to birdfoot trefoil. Applied Soil Ecology, 1999, 11: 35 ~ 42.
- [18] Adler B J. A method for measuring chemotaxis and use of the method to determine optimum conditions for chemotaxis by *Escherichia coli*. Journal of General Microbiology, 1973, 74: 77 ~ 91.
- [19] Zhao H, Li H B, Kong C H, *et al.* Chemical response of allelopathic rice seedling under varying environmental conditions. Allelopathy Journal, 2005, 15: 105 ~ 110.
- [20] Jing G C, Guo S P, Yu L. Studies on the chemotaxis of a bacterium *Pseudomobas* sp. Using crude oil as carbon source. Journal of Graduate School of Chinese Academy of Sciences, 2005, 22: 187 ~ 191.
- [21] Kong C H, Xu X H, Liang W J, *et al.* Non-phenolic allelochemicals in root exudates of allelopathic rice variety and their identification and weed-suppressive activity. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24: 1317 ~ 1322.
- [22] Qi H Y, Xue K, Zhang H X. Phospholipid fatty acid analysis and its application in microbial ecology. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23: 1576 ~ 1582.

## 参考文献:

- [1] 曾大力, 钱前, 腾胜, 等. 水稻化感作用的遗传分析. 科学通报, 2003, 48: 70 ~ 73.
- [2] 孔垂华, 徐效华, 胡飞, 等. 利用特征次生物质为标记评价水稻品种和单植株的化感潜力. 科学通报, 2002, 47: 203 ~ 206.
- [3] 孔垂华, 胡飞, 张朝贤, 等. 茉莉酮酸甲酯对水稻化感物质的诱导效应. 生态学报, 2004, 24: 177 ~ 180.
- [11] 张淑香, 高子勤, 刘海玲. 连作障碍与根际微生态研究 III. 土壤酚酸物质及其生物学效应. 应用生态学报, 2000, 11: 741 ~ 744.
- [12] 孙海新, 刘训理. 茶树根际微生物研究. 生态学报, 2004, 24: 1353 ~ 1357.
- [13] 孔垂华, 胡飞, 陈雄辉, 等. 作物化感品种资源的评价利用. 中国农业科学, 2002, 35: 1159 ~ 1164.
- [15] 朱红莲, 孔垂华, 胡飞, 等. 水稻种质资源的化感潜力评价方法. 中国农业科学, 2003, 36: 788 ~ 792.
- [16] 赵斌, 何绍江. 微生物学实验. 北京: 科学出版社, 2003. 69 ~ 75.
- [20] 景贵成, 郭尚平, 俞理. 一株以原油为碳源的 *Pseudomobas* sp. 菌化学趋向性研究. 中国科学院研究生院学报, 2005, 22: 187 ~ 191.
- [21] 孔垂华, 徐效华, 梁文举, 等. 水稻化感品种根分泌物中非酚酸类化感物质的鉴定与抑草活性. 生态学报, 2004, 24: 1317 ~ 1322.
- [22] 齐鸿雁, 薛凯, 张洪勋. 磷脂脂肪酸谱图分析方法及其在微生物生态学领域的应用. 生态学报, 2003, 23: 1576 ~ 1582.