

研究论文

Research Article

抑草稻抑草效应的初步研究

张瑛¹, 吴跃进², 程太平³, 黄训端⁴, 滕斌¹, 吴敬德¹, 宣红¹, 朱学桂¹

1. 安徽省农业科学院水稻研究所, 安徽省水稻遗传育种重点实验室, 合肥, 230031
2. 中国科学院安徽省离子束生物工程重点实验室, 合肥, 230031
3. 芜湖市瑞民农业科技有限公司, 芜湖, 242400
4. 安徽大学生命科学学院, 合肥, 230039

✉ 通讯作者: zhangying56888@sina.com; ✉ 作者

分子植物育种, 2010年, 第8卷, 第3篇 DOI:10.5376/mpb.cn.2010.08.0003

收稿日期: 2010年5月07日

接受日期: 2010年9月10日

发表日期: 2010年9月27日

这是一篇开放获取的论文, 其论文发布和传播接受《Creative Commons Attribution License》所有条款。只要对本原作有恰当的引用, 版权所有人允许和同意第三方无条件的使用、传播以及任何媒介的复制或再制作。

推荐最佳引用格式:

张瑛等, 2010, 抑草稻抑草作用差异的初步研究, 分子植物育种 Vol.8 No.3 (DOI:10.5376/mpb.cn.2010.08.0003)

摘要 利用不同品种水稻材料对杂草的抑制作用差异, 筛选具有显著抑草性能的水稻新品种, 是解决水稻田杂草危害问题的重要途径。本研究以多年田间对比试验筛选出具有显著抑草性能的抑草稻为试验材料, 利用实验室盆栽培养法, 获得苗期叶片提取液、根提取液、根与根系土壤共同水浸液和非根系土壤水浸液, 再分别利用上述水浸液培养皿滤纸培养法培养莴苣种子, 并以蒸馏水为对照, 观察上述溶液对莴苣生长的抑制效果。结果表明: 不同水浸液之间, 抑制效果差异明显。其中, 不同浓度叶片提取液和非根系土壤水浸液的抑制效果与大田鉴定结果不一致, 根提取液抑制效果则不明显, 而只有根与根系土壤共同水浸液对莴苣根长的抑制率效果与大田鉴定相一致, 因而可以作为大田筛选鉴定抑草性能的辅助方法。本研究旨在获得抑草稻抑草性能快速筛选方法, 并探明抑草途径。

关键词 抑草稻; 抑草作用; 杂草; 莴苣

Studies on the Allelopathic Effect of Allelopathic rice on weeds

Ying Zhang¹, Yuejin Wu², Taiping Cheng³, Xunduan Huang⁴, Bin Teng¹, Jingde Wu¹, Hong Xuan¹, Xuegui Zhu¹

1 Institute of Rice Research, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Rice Genetics & Breeding of Anhui Province, Hefei, 230031

2 Key Laboratory of Ion Beam Bioengineering, Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Sciences, Hefei, 230031

3 Anhui Ruimin Agricultural Technology Limited Company, Wuhu, 242400

4 Life Science College of Anhui University, Hefei, 230039

✉ Corresponding author, zhangying56888@sina.com; ✉ Authors

This article was first published in Molecular Plant Breeding, and was distributed in Chinese under the terms of the Creative Commons Attribution License.

Abstract Screening of new rice varieties with significant allelopathy among different rice materials via the differences in allelopathic effect to weeds was an important way to solve the problem of rice weeds' hazardness. In this study, new varieties with significant allelopathy obtained from years of field comparison test were selected as experiment materials. Based on potted plant cultivation in the laboratory, different extracts were obtained from leaf, root, root and soil of root system, and soil of non-root system. Then we used these extracts to cultivate lettuce seeds with filter paper method, contrasted by distilled water, to observe the effects of their allelopathy on lettuce seeds growth. The results indicated that effects of their allelopathy seem significantly different among individual water extracts. The allelopathic effect of extracts from leaf and soil of non-root system in distinct proportions were different from the field selection results. The allelopathic effect of root extracts was not significant. The allelopathic effects of extracts from root and soil of root system was in accordance the field selection results, which, therefore, can be used as an assistant method for field selection and breeding. The purpose of this research was to obtain a fast selecting method for the allelopathic effect, and detect the pathway of allelopathy.

Keywords Rice Allelopathic rice; Allelopathy; Weed; Lettuce

研究背景

张启发院士在《绿色超级稻育种的设想》一文中提出“在不断提高产量、改良品质的基础上, 实现基本不打农药, 大量少施化肥, 节水抗旱, 使水稻生产实现高产高效, 生态文明。”(张启发, 2005), 而水稻种植过程中除草剂的大量使用对农田生态系统和人类生存环境造成巨大危害(王大力, 1998)。为了保护环境, 促进农业的可持续发展, 水稻品种本身的抑草化感作用已成为当前研究的热点(王大力, 1998)。抑草机制是利用植物体的自身防御能力, 没有向系统中引入难降解的化学物质, 不会造成环境污染, 其已成为二十一世纪科学家们最重视的农业研究课题之一(林文雄, 2001)。

关于水稻材料抑草作用, 国外很早就已开展相关研究。早在1989年, Dilday等在1.2万份材料中发现, 有412份材料对沼生异蕊花(Ducksalad)、155份材料对耳叶水苋(Redstem)具有抑草作用(Dilday et al., 1989)。Hassan等研究水稻-稗草的化感关系发现, 约有30份材料可以控制田间稗草50%~90%的生长, 10多份材料对异型莎草有抑制作用(Hassan et al., 1998)。Shibayama和Matsuo通过盆栽试验证明水稻幼苗对某些杂草具有抑制作用, 特别是对鸭舌草的作用更为明显(Shibayama and Matsuo, 1996)。

近年来, 国内外在抑草稻研究方面取得了一系列突破性进展。在资源和品种筛选方面, 汤陵华和孙加祥从近万个水稻种质资源中随机抽取700个, 初步筛选出35个稻种对白菜生长有抑制作用, 表明水稻种质资源中确实存在具有抑制杂草作用的水稻品种(汤陵华和孙加祥, 2002)。阮仁超等(2005)研究不同类型稻种资源对稗草化感潜力差异评价, 结果表明, 在田间不同类型稻种资源对稗草生长的抑制效果大小趋势为地方品种>选育品种(系)>引进品种(系)>杂交水稻(恢复系和不育系)。李贵等(2007; 2008)在研究中先后发现, 栽插密度和水层对水稻化感品种抑草作用有显著影响, 且供试水稻品种对稗草地下部的抑制效果显著优于对稗草地上部的抑制效果。贾小丽等(2007)对水稻RILs群体化感作用进行评价。

在化感抑草作用的机理研究方面, 何华勤等(2005)应用差异蛋白质组学方法分析作物化感作用

的分子机理。何海斌等(2005; 2007)分析了接近自然栽培的田间土壤条件下的化感水稻PI312777苗期根系分泌物中化学成分, 结果检测到萜类等化合物共36个, 并发现, 强化感水稻品种水稻根系分泌物中化感物质以非弱极性物质为主, 极性物质减弱了非弱极性物质的化感抑草作用。赵艳红等(2006)研究水稻化感品种生理生化特性发现6叶期水稻化感品种化感作用表现最强, 不同部位对莠苳根长和苗高的抑制效果不同, 依次是: 叶>茎>根, 6叶期的水稻化感品种PAL活性与其抑制杂草效果密切相关, 水稻化感物质可降低受体稗草体内SOD活性。林瑞余等(2008)研究苗期不同化感潜力水稻根际土壤酶活性发现化感水稻抑制了根际土壤的脱氢酶、过氧化物酶、多酚氧化酶、脲酶活性、纤维素分解酶活性, 提高了酸性磷酸酶、碱性磷酸酶、蔗糖酶、过氧化氢酶活性。孙小霞等(2009)对田间早育条件下不同化感潜力水稻的抑草效应分析表明, 化感水稻对田间杂草的控制效果都明显优于非化感水稻。

在评价抑草作用方法上, 吴声敢等(2007)研究稗草等杂草种子的休眠性发现, 室内常温条件下需12个月才能打破休眠, 而冰箱中贮存12个月不能完全解除, 化学处理往往也只能部分解除休眠, 因而, 给直接利用稗草种子研究抑草稻的抑草性能带来很大的实验误差。成玉富等(2000)研究表明, 莠苳种子具有明显的高温休眠特性, 在20℃以下发芽率较高, 不存在休眠现象, 25℃时才有明显的休眠现象产生, 因而在20℃试验条件下是研究水稻抑草作用的理想生物检测材料。Ebana等(2001)利用水稻幼苗叶片水溶性提取物, 建立以莠苳为生物检测手段的水稻抑草作用研究体系。曾大力等(2003)利用水浸提测试法和莠苳(莠苳)种子研究抑草稻的抑草性能, 取得较好的实验效果。

本文选用多年田间对比试验筛选出具有显著抑草性能的抑草稻为试验材料, 利用实验室盆栽培养法, 获得叶片提取液、根提取液、根与根系土壤共同水浸液和非根系土壤水浸液, 再分别利用上述水浸液培养皿滤纸培养法培养莠苳种子, 并以蒸馏水为对照, 观察上述溶液对莠苳生长的抑制效果。该研究初步建立了水稻根与根系土壤共同水浸提的抑草稻抑草性能的简单、快速、直观的检测方法,

对缩短抑草水稻品种的育种期限, 初步探明水稻抑草途径, 具有重要的理论意义和应用前景。

1 结果与分析

1.1 不同浓度叶片提取液对莴笋幼根长度的影响

利用不同抑草稻材料叶片提取液稀释的 1:10、1:20、1:30 不同浓度来进行抑制莴笋生长试验, 结果如图 1 所示。

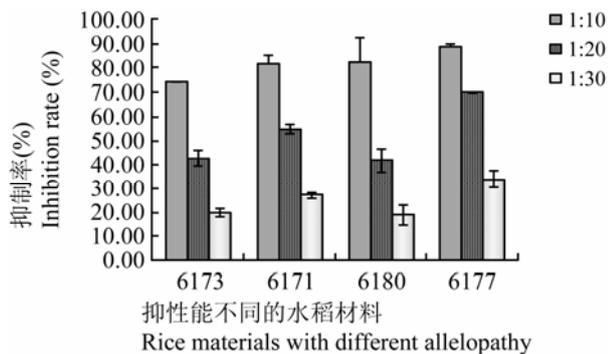


图1不同浓度叶片提取液对莴笋幼根生长量的比较
 Figure 1 Comparison of different concentrations of leaf extracts on the radicle growth of lettuce Seeds

由图1可见, 高浓度叶片提取液(1:10)对莴笋根长均表现出高的抑制率, 最高为6177, 达到88.27%, 最低的6173为73.73%, 其抑制率从高到低顺序为: 6177>6180>6171>6173; 抑草稻叶片提取液(1:20)对莴笋根长的抑制程度降低, 最高的6177为69.86%, 最低的6173为41.75%, 其抑制率从高到低顺序为: 6177>6171>6180>6173; 抑草稻叶片提取液(1:30)对莴笋根长的抑制程度明显降低, 最高为6177, 33.82%, 最低的6180为19.05%, 其抑制率从高到低顺序为: 6177>6171>6173>6180, 由上述结果可知, 随叶片提取液浓度降低, 6180的抑制率排列顺序从第2位降到第4位, 降低幅度达63%, 其他三个降幅在54%左右。而且, 叶片提取液试验结果均与已有的大田筛选鉴定结果不存在相关性。

1.2 抑草稻根提取液对莴笋幼根长度的影响

研究叶片提取液的影响后, 笔者考虑利用根提取液来进行抑制莴笋生长试验, 以研究根提取液对莴笋幼根长度的影响。结果如图 2 所示。

从图2中, 我们可以看出, 根提取液对莴笋根长的抑制作用表现不明显, 最高的6180也只有

11.47%, 相当于相应叶片提取液的十分之一, 最低6177, 仅为5.59%, 其抑制率差异顺序为6180>6171>6173>6177, 与大田结果顺序差异很大。

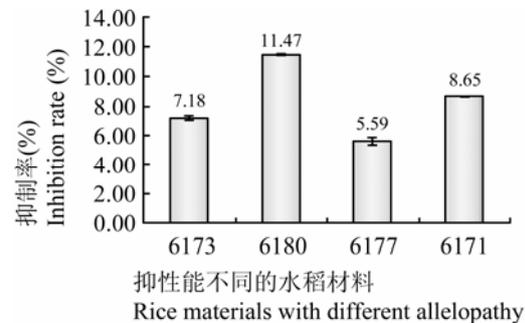


图2水稻根水浸液对莴笋根长的抑制率
 Figure 2 The inhibition rate of rice root extracts on the radicle growth of lettuce Seeds

1.3 抑草稻根与根系土壤共同水浸液对莴笋根长的抑制作用分析

考虑叶片和根的提取液的抑制作用以后, 笔者考虑是否能研究根的分泌物所在根系土壤的浸提液的作用。故利用上述不同抑草稻材料根与根系土壤共同水浸液进行莴笋幼根长度的影响试验, 其结果如图 3 所示。

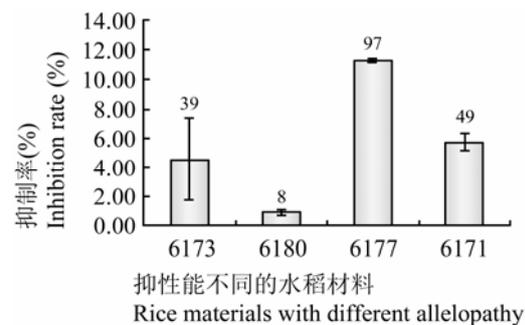


图3根与根系土壤共同水浸液对莴笋根长的抑制率
 Figure 3 The inhibition rate of the extracts from root and soil of root system on the radicle growth of lettuce Seeds

从图3中, 我们可以看出, 水稻材料6177, 6171, 6173, 6180的根与根系土壤共同水浸液对莴笋根长的抑制作用差异十分明显, 6173的抑制作用最强, 达97%, 6180次之, 为49%, 6177再次之, 为39%, 6171最弱, 只有8%。而且, 抑草稻根与根系土壤共同水浸液对莴笋根长的抑制率的顺序6173>6180>6177>6171恰好与大田筛选结果基本一

致, 这一结果表明, 抑草稻可能通过其根系分泌物进入土壤来抑制杂草的生长, 从而起到了抑草的功能。

1.4 抑草稻非根系土壤水浸液对莴笋根长的抑制作用分析

在研究抑草稻材料根与根系土壤共同水浸液的同时, 笔者还研究上述不同抑草稻材料非根系土壤水浸液对莴笋幼根长度的影响试验, 结果如图4所示。

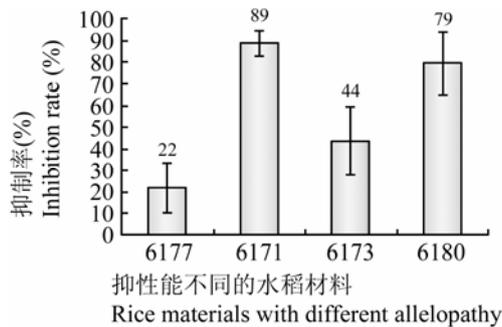


图4非根系土壤水浸液对莴笋根长的抑制率
 Figure 4 The inhibition rate of the extracts from soil of non-root system on the ridicule growth of lettuce Seeds

从图4可见, 水稻材料6177, 6171, 6173和6180的土壤水浸液对莴笋根长的抑制作用差异很大。其中, 6171最高, 为89%, 6180次之, 为79%, 再次之为6173, 只有44%, 6177最弱, 为22%, 其抑制率从高到低顺序为: 6171>6180>6173>6177。很明显, 这一结果均与大田筛选结果不存在相关性。结合上述抑草稻材料根与根系土壤共同水浸液进行莴笋幼根长度的影响试验, 我们进一步可以推断, 抑草稻的根系土壤中可能存在具有抑草功能的活性物质, 通过该物质的作用, 抑草稻获得抑草功能。

2 讨论

植物抑草作用(Allelopathy, 又称他感作用, 异株克生, 相生相克)是植物在生长发育过程中, 通过排出体外的次生代谢产物, 改变其周围的微生态环境, 从而导致同一生境中植物与植物(以及微生物)之间相互抑制、排斥或促进的自然现象(王大力, 1998)。

选育具有显著抑草性能且优异农艺性状的抑草稻新品种, 并在生产上大面积示范推广, 将有利

于农业的可持续发展。然而, 如何快速有效地筛选出具有抑草功能的抑草稻品种, 是这一课题研究的关键。

然而, 已有的研究往往局限于自然条件下水稻材料的抑草作用研究, 试验周期长, 结果易受温度、湿度、光照等环境因素的影响。迄今为止, 尚未见利用实验室建立抑草特性的简单、快速、直观的检测方法, 并与大田多年对比试验相结合, 从而大大加快抑草水稻新品种选育的速度。

本文通过多年田间对比筛选, 获得父母本来源相同、农艺性状相近仅抑草功能存在显著差异的水稻材料6177(抑草功能强)、6173(抑草功能强)、6171(抑草功能弱), 和另一有显著抑草功能的水稻材料6180(图5; 表1), 利用实验室盆栽培养法, 获得叶片提取液、根提取液、根与根系土壤共同水浸液和非根系土壤水浸液, 再分别利用上述水浸液培养皿滤纸培养法培养莴苣种子, 并以蒸馏水为对照, 观察上述溶液对莴笋生长的抑制效果(见图1, 图2, 图3和图4)。结果表明, 所有材料根提取液对对莴笋幼根生长的抑制作用不明显, 而非根系土壤水浸液、不同浓度叶片提取液对莴笋幼根生长量抑制效果顺序与与大田鉴定结果差异较大, 只有根与根系土壤共同水浸液的抑制效果顺序与大田鉴定结果一致, 其中, 抑草稻6173抑制作用最强, 抑草稻6177和6180次之, 抑草稻6171的抑制作用最弱。这一结果说明, 抑草稻的抑草性能可能是其根部通过向根系土壤中分泌具有抑草功能的活性物质有, 从而达到抑草的目的。传统的大田筛选方法, 根据杂草密度及杂草生物量供试稻种的抑制判断效果, 筛选结果真实可靠, 但所需时间较长, 耗用大量人力物力。利用水稻根系土壤水浸液抑制莴笋幼根生长的实验方法, 简便易行, 可快速完成、批量筛选, 针对性较强, 检测结果可比性良好, 可大大提高大田筛选新品种抑草稻的效率, 可以作为大田筛选新品种抑草稻的辅助方法。

综上所述, 建立一个准确有效、简单易行的生物测试法, 是水稻抑草性能研究的前提, 是阐明水稻抑草性能潜力产生的过程与机制的关键。本研究选用经过多年的田间对比试验获得的具有显著抑草性能的地方品种抑草稻材料, 利用实验室初步建立水

稻根与根系土壤共同水浸提的抑草稻抑草性能的简单、快速、直观的检测方法,对初步探明抑草稻抑草途径,具有重要的理论和实践意义。

3 材料与方 法

3.1 试验材料

选用父母本来源相同、农艺性状相近仅抑草功能存在显著差异的水稻材料 6177 (抑草功能强)、6173 (抑草功能强)、6171 (抑草功能弱), 和另一有显著抑草功能的水稻材料 6180 作为试验材料, 上述材料(图 5; 表 1)均由芜湖市瑞民农业科技有限公司提供。

杂草种替代材料: 本实验根据曾大力等(2003)试验方法, 采用莠笋(莠苳)种子(市售)代替杂草种作为供试材料。

试验仪器: STS-3 型脱色摇床(上海琪特分析仪器有限公司); TGL-16G 台式离心机(上海安亭科学仪器厂); IRX-258D 智能人工气候培养箱(杭州钱江仪器设备有限公司); LRH-400-GS 人工气候箱(广东省医疗器械厂)。

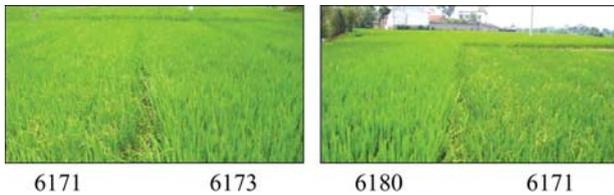


图5抑草功能强6180、6173与抑草功能弱材料6171抑草性能的田间比较试验

Figure 5 Comparison of field selecting on rice material 6180, 6173 and 6171 with significant allelopathy

表1水稻材料6177, 6171, 6173和6180抑草性能

Table1 Rice material 6173, 6180, 6177and 6171 with different allelopathy

供试材料	大田鉴定的抑草性能结果
Materials	The results of allelopathy of field selection
6173	抑草能力最强 The strongest
6180	抑草能力第二 The second strongest
6177	抑草能力第三 The third strongest
6171	抑草能力最弱 The weakest

3.2水稻材料培养过程

选取供试水稻材料6177, 6171, 6173和6180各100粒, 分别以蛭石土为培养基, 用水浸透, 置于人工气候培养箱培养(温度30℃, 湿度75%)。待长到苗期(2~3叶)后, 用于收集叶片提取液、根提取液、根与根系土壤共同水浸液、非根系土壤水浸液。

3.3不同水稻提取液的收集

叶片提取液的收集: 取水稻根以上组织, 称鲜重约2 g放于冰箱(-25℃)中保存48小时, 待叶子变硬脆后研磨, 按照1:10的比例加入加入蒸馏水, 放上摇床(160 rpm) 10 min, 后5000 rpm离心, 10 min, 取上清, 即得1:10叶片提取液, 然后再稀释成1:20, 1:30比例的提取液。

根提取液的收集: 取水稻根洗净后, 称鲜重约2 g, 剪碎后研磨, 并按照1:10的比例加入蒸馏水, 放上摇床(160 r/min)10min, 后5000×g离心, 10 min, 取上清, 即得根提取液。

根与根系土壤共同水浸液的收集: 取土培水稻根与根系土壤约30 g, 放入培养瓶中, 加入100 mL蒸馏水, 置于人工气候培养箱(30℃)培养72 h后, 取40 mL水浸液, 离心5 000 rpm, 10 min, 取上清, 即得根系土壤水浸液。

非根系土壤水浸液收集: 除去水稻根与根系土壤后, 再取剩余的非根系土壤约30 g, 放入培养瓶, 加入100 mL蒸馏水, 放入人工气候培养箱(30℃)72 h后, 取40 mL水浸液, 离心5 000 rpm, 10 min, 取上清, 即得土壤水浸液。

以上4种提取液获得后均放入4℃冰箱中保存, 供生物测试用。

3.4提取液的生物检测

每种材料的提取液分别取6 mL, 放入装有滤纸(1~2层)的培养皿内, 每皿放50粒莠笋种子, 以蒸馏水为对照。将培养皿放入人工气候培养箱(温度20℃, 湿度75%), 每隔24 h记录萌发情况。72 h后, 测量每皿50粒莠笋幼根长度, 取平均值。试验设3次重复。

3.5数据处理

获得的原始数据均转化为抑制指数IR

(inhibitory rate), 数据取平均值, 按以下公式计算抑制率: 抑制率(IR)=(1-处理根长/对照根长)×100%。式中, IR>0为抑制根生长, IR<0为促进根生长。

作者贡献

张瑛和宣红是本研究的实验设计和实验研究的执行人; 张瑛和黄训端及滕斌完成数据分析, 论文初稿的写作;

参考文献

- Cheng Y.H., Jiang D.Y., and Zhao Y.W., 2000, Effects of 6-BA and GA3 on breaking dormancy of high temperature and growth and development of lettuce, *Jiangsu Nongye Yanjiu (Jiangsu Agricultural Research)*, 21(1): 41-44 (成玉富, 姜敦云, 赵有为, 2000, 6-BA, GA3打破秋莴苣高温休眠及对生长发育的影响, *江苏农业研究*, 21(1): 41-44)
- Dilady R.H., Nastasi P., and Smith J.R.J., 1989, Allelopathic observations in rice (*Oryza sativa* L.) against duck salad [*Heteranthera Limosa* (Sw.) Willd], *Proceedings Arkansas Academy of Science*, 43: 21-22
- Ebana K., Yan W. G., Dilady R.H., Namai H., and Okuno K., 2001, Variation in the allelopathic effect of rice (*Oryza sativa* L) with water-soluble extracts, *Agronomy Journal*, 93(1): 12-16
- Hassan S.M., Aidi I.R., Bastawisi A.O., and Draz A.E., Weed management using allelopathic rice varieties in Egypt [G], Olofsdotter M. Allelopathy in rice-Manila, Philippines: IRRI, 1998: 27-28
- He H.B., Chen X.X., Lin R.Y., Lin W.X., He H.Q., Jia X.L., Xiong J., Shen L.H., Liang Y.Y., 2005, Chemical components of root exudates from allelopathic rice accession PI312777 seedlings, *Yingyong Shengtai Xuebao (Chinese Journal of Applied Ecology)*, 16(12): 2383-2388 (何海斌, 陈祥旭, 林瑞余, 林文雄, 何华勤, 贾小丽, 熊君, 沈荔花, 梁义元, 2005, 化感水稻PI312777苗期根系分泌物中化学成分分析, *应用生态学报*, 16(12): 2383-2388)
- He H.B., Wang H.B., Chen X.X., Lin W.X., Jia X.L., Fang C.X., Gan Q.F., Ni N.N., and Wu W.X., 2007, Allelopathic effects of aqueous extracts from different parts and root exudates of rice on barnyardgrass, *Zhongguo Shengtai Nongye Xuebao (Chinese Journal of Eco-Agriculture)*, 15(2): 14-17 (何海斌, 王海斌, 陈祥旭, 林文雄, 贾小丽, 方长旬, 甘邱锋, 倪尼娜, 吴文祥, 2007, 化感水稻苗期不同器官水浸提液及根系分泌物对稗草的化感作用, *中国生态农业学报*, 15(2): 14-17)

吴敬德和朱学桂参与实验设计, 试验结果分析; 张瑛和吴跃进及程太平是项目的构思者及负责人, 指导实验设计, 数据分析, 论文写作与修改。全体作者都阅读并同意最终的文本。

致谢

本研究由农业部948项目全球水稻分子育种计划项目和安徽省科技计划项目(08020303031)资助。

- He H.Q., Lin W.X., Liang Y.Y., Song B.Q., Ke Y.Q., Guo Y.C., and Liang K.J., 2005, Analyzing the molecular mechanism of crop allelopathy by using differential proteomics, *Shengtai Xuebao (Acta Ecologica Sinica)*, 25(12): 3141-3145 (何华勤, 林文雄, 梁义元, 宋碧清, 柯玉琴, 郭玉春, 梁康迳, 2005, 应用差异蛋白质组学方法分析作物化感作用的分子机理, *生态学报*, 25(12): 3141-3145)
- Jia X.L., Wu J., Ke B., Deng J.Y., Jiang B.Y., He H.B., and Lin W.X., 2007, Allelopathic analysis on the recombinant inbred lines (Rils) in rice (*Oryza sativa* L.), *Nanping Shizhuan Xuebao (Journal of Nanping Teachers College)*, 26(4): 31-34 (贾小丽, 吴娟, 柯蓓, 邓家耀, 江宝月, 何海斌, 林文雄, 2007, 水稻RILs群体化感作用进行评价, *南平师专学报*, 26(4): 31-34)
- Li G., Wu J.L., Wang Y.Z., and Liu L.P., 2007, Effects of Transplanting Density and Water Depth on Interference of Allelopathic Rice in Weeds, *Shanghai Jiaotong Daxue Xuebao (Journal of Shanghai Jiaotong University (Agricultural Science))*, 25(6): 561-565 (李贵, 吴竞仑, 王一专, 刘丽萍, 2007, 栽插密度和水层对水稻化感品种抑草作用的影响, *上海交通大学学报(农业科学版)*, 25(6): 561-565)
- Li G., Wu J.L., Wang Y.Z., and Liu L.P., 2008, Inhibitory Effect of Different Rice Varieties on Weeds in Paddy Field, *Zhongguo Shuidao Kexue (Chinese J. Rice Sci.)*, 22(6): 669-672 (李贵, 吴竞仑, 王一专, 刘丽萍, 2008, 不同水稻品种抑制杂草的差异性研究, *中国水稻科学*, 22(6): 669-672)
- Lin R.Y., Yu C.P., Rong H., Xiao Q.T., Qiu X.G., Ye C.Y., and Lin W.X., 2008, Rhizospheric soil enzyme activity of allelopathic rice at seedling stage, *Zhongguo Shengtai Nongye Xuebao (Chinese Journal of Eco-Agriculture)*, 16(2): 302-306 (林瑞余, 于翠平, 戎红, 肖清铁, 邱兴贵, 叶陈英, 林文雄, 2008, 苗期不同化感潜力水稻根际土壤酶活性进行分析, *中国生态农业学报*, 16(2): 302-306)

- Lin W.X., He H.Q., Guo Y.C., Liang Y.Y., and Chen F.Y., 2001, Rice allelopathy and its physiobiochemical characteristics, *Yingyong Shengtai Xuebao* (Chinese Journal of Applied Ecology), 12(6): 871-875 (林文雄, 何华勤, 郭玉春, 梁义元, 陈芳育, 2001, 水稻化感作用及其生理生化特性的研究, *应用生态学报*, 12(6): 871-875)
- Ruan R.Ch., Han L.Zh., Cao G.L., Aa Y.P., Zhang Y.Y., Zhang Y.R., QU Y.P., Qi D.L., and Sun M.M., 2005, Evaluation of allelopathic potential for different type of rice germplasm on barnyardgrass, *Zhiwu Yichuan Ziyuan Xuebao* (Journal of Plant Genetic Resources), 6(4): 365-372 (阮仁超, 韩龙植, 曹桂兰, 安永平, 张媛媛, 张艳蕊, 曲英萍, 祁栋灵, 孙明茂, 2005, 不同类型稻种资源对稗草化感潜力差异评价, *植物遗传资源学报*, 6(4): 365-372)
- Shibayama H., and Matsuo M., 1996, Some studies on allelopathic effects of rice varieties to paddy weeds in Wagner pot, plant-box and petridish experidish experiments, *Workshop on Allelopathy in Rice, Philippines: IRRI*
- Sun X.X., Wang H.B., Lin H.F., He H.B., Lu J.C., Zeng C.M., Xiong J., and Lin W.X., 2009, Effects of weed suppression by different allelopathic rice varieties under dry-raising condition, *Zhongguo Shengtai Nongye Xuebao* (Chinese Journal of Eco-Agriculture), 17(5): 842-846 (孙小霞, 王海斌, 林辉锋, 何海斌, 陆锦池, 曾聪明, 熊君, 林文雄, 2009, 田间旱育条件下不同化感潜力水稻的抑草效应分析, *中国生态农业学报*, 17(5): 842-846)
- Tang L.H., and Sun J.X., 2002, Studies on germplasm resources of rice allelopathy, *Jiangsu Nongye Kexue* (Jiangsu Agricultural Sciences), (1): 13-14 (汤陵华, 孙加祥, 2002, 水稻种质资源的化感作用, *江苏农业科学*, (1): 13-14)
- Wang D.L., 1998, The review of rice allelopathy, *Shengtai Xuebao* (Acta Ecologica Sinica), 18(3): 326-332 (王大力, 1998, 水稻化感作用研究综述, *生态学报*, 18(3): 326-332)
- Wu S.G., Wang Q., Zhao X.P., Wu C.X., Chen L.P., and Shen J.L., 2007, Dormancy and dormancy-breaking of barnyard grass, *Zhejiang Nongye Xuebao* (Acta Agriculturae Zhejiangensis), 19(3): 225-228 (吴声敢, 王强, 赵学平, 吴长兴, 陈丽萍, 沈晋良, 2007, 稗草休眠特性及其解除, *浙江农业学报*, 19(3): 225-228)
- Zeng D.L., Qian Q., Teng S., Dong G.J., Fujimoto K., Kunihiro Y., and Zhu L.H., 2003, Genetic Analysis of rice Allelopathy, *Kexue Tongbao* (Chinese Science Bulletin), 48(1): 70-73 (曾大力, 钱前, 滕胜, 董国军, 藤本宽, 国广泰史, 朱立煌, 2003, 水稻化感作用的遗传分析. *科学通报*, 48(1): 70-73)
- Zhang Q.F., 2005, Strategies for Developing Green Super Rice, *Fenzi Zhiwu Yuzhong* (Molecular Plant Breeding), 3(5): 601-602 (张启发, 2005, 绿色超级稻育种的设想, *分子植物育种*, 3(5): 601-602)
- Zhao Y.H., Liang Y.M., Peng Y.Z., Li K.A., and He H.W., 2006, Studies on allelopathic varieties physiological and biochemical characteristics of rice (Southwest China Journal of Agricultural Sciences), 19(3): 452-455 (赵艳红, 梁耀懋, 彭懿紫, 黎坤爱, 何海旺, 2006, 水稻化感品种生理生化特性研究, *西南农业学报*, 19(3): 452-455)



《分子植物育种》是一份为转基因育种、分子标记辅助育种及常规育种服务的科学杂志, 也是中国唯一的一份以育种为名的科学杂志。于2003年创刊, 创刊伊始即被美国化学文摘(CA), 中国科学引文数据库、中国科技期刊全文数据库、中国引文数据库, 中国科技期刊数据库、中文科技期刊数据库, 中国核心期刊(遴选)数据库, 中国生物学文摘和中国生物学数据库等多家中外文献数据库收录。



在线投稿: <http://mpb.chinese.sophiapublisher.com>



5thPublisher是一个致力于科学与文化传播的中文出版平台

在5thPublisher上发表论文, 任何人都可以免费在线取阅您的论文

- ※同行评审, 论文接受严格的高质量的评审
- ※在线发表, 论文一经接受, 即刻在线发表
- ※开放取阅, 任何人都可免费取阅无限使用
- ※快捷搜索, 涵盖谷歌学术搜索与知名数据库
- ※论文版权, 作者拥有版权读者自动授权使用

在线投稿: <http://5th.sophiapublisher.com>