

不同化感潜力水稻化感效应与产量的关系*

王海斌^{1,2} 俞振明² 何海斌^{1,2} 郭徐魁² 黄锦文² 周 阳²
徐志斌² 林文雄^{1,2**}

(1. 福建农林大学生物农药与化学生物学教育部重点实验室 福州 350002;

2. 福建农林大学农业生态研究所 福州 350002)

摘 要 本研究探讨了连续3年5种不同化感潜力水稻田间抑草效应、产量及其之间相互关系。结果表明,不同种植时间,不同化感潜力水稻田间种植过程中伴生杂草总生物量以非化感水稻“Lemont”最大,化感水稻“PI-1”最小。化感潜力分析结果表明,不同化感潜力水稻以化感水稻“PI-1”化感抑草潜力最强,非化感水稻“Lemont”最弱。水稻产量分析结果表明,不除草条件下,不同种植时间均以化感水稻“PI-1”产量最高,非化感水稻“Lemont”产量最低。除草条件下,依然以化感水稻“PI-1”产量最高,化感水稻“Lemont”产量最小。杂草生物量、水稻化感潜力与水稻产量的相关性分析结果表明,不同化感潜力水稻产量的大小与田间杂草生物量存在极显著负相关,与化感潜力大小存在极显著正相关。

关键词 水稻 化感潜力 抑草效应 产量 伴生杂草

中图分类号: Q948.1 文献标识码: A 文章编号: 1671-3990(2012)01-0075-05

Relationship between allelopathic potential and grain yield of different allelopathic rice accessions

WANG Hai-Bin^{1,2}, YU Zhen-Ming², HE Hai-Bin^{1,2}, GUO Xu-Kui², HUANG Jin-Wen²,
ZHOU Yang², XU Zhi-Bin², LIN Wen-Xiong^{1,2}

(1. Key Laboratory of Biopesticide and Chemical Biology, Ministry of Education, Fuzhou 350002, China;

2. Institute of Agroecology, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract Using rice allelopathy to control weeds in paddy fields is a sustainable bio-engineering technique of the 21st century. The main objective of the study was to analyze the relationship between rice allelopathic potential and its grain yield. To that end, 5 different allelopathic rice accessions (allelopathic rice of “PI-1”, “Taichung Native 1”, “Azucena”, “IAC47”; non-allelopathic rice “Lemont”) were analyzed for companion weed biomass and rice grain yield under field conditions in 2008~2010. The results indicated that weed biomass was the highest under non-allelopathic rice “Lemont” and the lowest under allelopathic rice “PI-1”. Furthermore, allelopathic rice “PI-1” had the highest and non-allelopathic “Lemont” had the lowest inhibitory effect on weed. Hence allelopathic rice “PI-1” had the highest grain yield and the reverse was true in “Lemont” under non weeding treatment. Allelopathic rice “PI-1” also had the highest while “IAC47” had the lowest grain yield under weeding treatment. The correlation analysis on weed biomass, rice allelopathic potential and rice yield indicated that grain yields of different allelopathic rice accessions were significantly negatively correlated with weed biomass while significantly positively correlated with allelopathic potential. The results suggested that allelopathic rice “PI-1” had the highest inhibition effect on paddy field weeds, the reverse was true in the case of non-allelopathic “Lemont” in the comparison of 5 different allelopathic rice accessions. Without weeding treatment, “PI-1” grain yield also exceeded those of the other rice accessions. Thus rice accession “PI-1” was the strongest allelopathic accession with the highest grain yield among the 5 rice accessions, the reverse was true in the case of “Lemont”.

Key words Rice, Allelopathic potential, Weed suppression effect, Grain yield, Companion weed

* 国家自然科学基金项目(30671220, 30471028, 31070447)、福建高校服务海西建设重点项目(0b08b005)和福建省自然科学基金项目(2007J0304)资助

** 通讯作者: 林文雄(1957—), 男, 博士, 教授, 主要从事作物生理与分子生态学研究。E-mail: wenxiong181@163.com

王海斌(1983—), 男, 博士研究生, 主要从事植物化感作用及其分子生态学研究。E-mail: w13599084845@sina.com

收稿日期: 2011-01-11 接受日期: 2011-07-12

(Received Jan. 11, 2011; accepted Jul. 12, 2011)

利用水稻自身化感作用控制稻田杂草不仅可以减少除草剂的使用,还能保护生态环境、维护稻田生态系统的生物多样性,符合低碳生态农业发展方向,也是当前农业生态研究的热点与焦点之一^[1-2]。长期以来,众多学者将化感作用研究集中在化感作用形成的机理上,并从生理、分子、蛋白质组学等角度揭示化感作用形成的机理^[3-5]。对于水稻化感作用在实际生产中的应用,即化感潜力与水稻产量之间的关系较为欠缺。以往研究水稻化感作用通常是在实验室严格控制条件下完成的,化感作用的受体往往仅限于单种植物。然而,应用作物化感作用控制田间杂草的最终目标是在实现生物安全除草的同时,保证水稻不减产,达到稳产优质的目的。因此,深入探讨田间自然生长条件下,水稻化感作用潜力的变化、稻田杂草控制效果及其与水稻产量之间的关系是化感水稻应用于实际生产中必须解决的关键问题之一。孙小霞等^[6]考察了田间旱育条件下不同化感潜力水稻的抑草效应,结果表明化感水稻对田间不同类别杂草的抑制作用存在着显著差异。李贵等^[7]分析两种不同化感潜力水稻品种结合除草剂及深水层管理后对水稻产量及抑草潜力的影响,结果表明,化感水稻能够有效抑制田间杂草生长,此外利用深水层管理而不施用除草剂情况下,可有效提高化感水稻产量。然而,对于不同化感潜力水稻品种在田间自然种植条件下对伴生杂草的化感抑制潜力及其与水稻产量之间的关系依然鲜有报道。据此本研究以自行筛选的具有不同化感抑草潜力的水稻品种——化感水稻“PI-1”、“Taichung Native 1”、“Azucena”、“IAC47”和非化感水稻“Lemont”为材料^[8],分别在 2008 年、2009 年、2010 年按照常规的水田种植方式进行栽培,探讨不同年限不同化感潜力水稻对水田杂草的化感效应及其在人工除草与不除草条件下的产量,同时进一步分析不同化感潜力水稻对水田杂草的化感效应与产量之间的关系,以期水稻化感作用进一步运用于实际生产奠定重要的田间实践基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

以强化感水稻品种“PI-1”、“Taichung Native 1”、“Azucena”、“IAC47”和非化感水稻品种“Lemont”为材料,以常规的水稻栽培方式进行管理,全程不使用除草剂,探讨不同化感潜力水稻化感效应与产量

的关系。

1.2 田间试验

试验于福建农林大学农业生态研究所田间实验地进行,采用水稻旱育秧苗,每品种水稻种植小区面积均为 $8.5\text{ m}\times 3\text{ m}$,水稻种植规格为 $19.8\text{ cm}\times 17.5\text{ cm}$,每丛 5 本插,种植小区随机排列,设置 3 个重复;以相同面积无种植水稻的空地作为对照。此外相同试验随机重复 3 年,分别为 2008 年、2009 年和 2010 年。田间施肥量为:纯氮 $187.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,氮肥运筹为基肥:蘖肥:穗肥:粒肥=4:3:2:1; P_2O_5 $150\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 K_2O $150\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,分别以过磷酸钙和氯化钾的形式施入,磷肥全部用作基肥,钾肥作分蘖肥和穗肥两次施用,各占一半。其他管理措施参照林文雄等^[9]的方法。

于每年的 4 月 1—10 日播种,5 月 5—15 日移栽,当水稻移栽 1 个月后至分蘖高峰期时采用随机取样法分析每平方米稻田中杂草的生物量,评价不同化感潜力水稻对稻田杂草的化感效应。同时,将每种水稻的种植地分为两份,一份人工除草,一份不除草,以考察除草与不除草条件下,杂草对水稻生长的影响。此外,成熟期收获水稻,随机选取 10 丛,应用常规方法测定不同化感潜力水稻产量相关指标。

2008 年试验小区土壤基本理化指标:全氮、全磷、全钾含量 $2.53\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $1.26\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $1.57\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效氮、速效磷、速效钾含量分别为 $33.6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $149.5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $406.3\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,土壤 pH 为 5.9; 2009 年试验小区土壤基本理化指标:全氮、全磷、全钾含量 $2.09\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $1.17\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $1.23\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效氮、速效磷、速效钾含量分别为 $30.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $118.3\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $387.5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,土壤 pH 为 6.4; 2010 年试验小区土壤基本理化指标:全氮、全磷、全钾含量 $2.15\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $1.08\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $1.34\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效氮、速效磷、速效钾含量分别为 $33.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $120.6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $409.8\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,土壤 pH 为 6.2。

1.3 化感效应评价

根据 Williamson 等^[10]提出的化感作用评价方法,用处理与相应对照的 T/C (C 为对照值, T 为处理值) 作为衡量指标,得出化感作用效应指数 RI , $RI=T/C-1$ 。当 $RI>0$ 时,表示促进作用;当 $RI<0$ 时,表示抑制作用。

1.4 数据处理

化感效应与产量之间的相关性采用 DPS 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 苗期不同化感潜力水稻对田间杂草生物量的影响

不同化感潜力水稻水田种植条件下, 田间主要杂草生物量分析结果表明(表 1), 2008 年不同化感潜力水稻“PI-1”、“Taichung Native 1”、“Azucena”和“*IAC47*”的伴生杂草总生物量分别为 $13.26 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、 $16.35 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、 $19.82 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、 $22.69 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, 非化感水稻“*Lemont*”的伴生杂草的总生物量为 $33.47 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, 对照田地杂草生物量为 $172.37 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 。2008 年不同水稻品种田间伴生杂草生物量为: “*Lemont*”>“*IAC47*”>“*Azucena*”>“*Taichung Native 1*”>“PI-1”, 2009 年为“*Lemont*”>“*IAC47*”>“*Taichung Native 1*”>“*Azucena*”>“PI-1”, 2010 年则为“*Lemont*”>“*Azucena*”>“*Taichung Native 1*”>“*IAC47*”>“PI-1”。可见不同化感潜力水稻对田间伴生杂草生物量的影响存在显著差异。

表 1 不同化感潜力水稻品种对田间伴生杂草生物量的影响

Table 1 Effects of different allelopathic rice accessions on companion weed biomass

水稻品种 Rice accession	伴生杂草生物量 Biomass of companion weed ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)		
	2008 年 Year 2008	2009 年 Year 2009	2010 年 Year 2010
对照 CK	172.37±10.24Aa	235.69±15.62Aa	316.28±16.85Aa
PI-1	13.26±1.26Cd	19.92±2.47Cc	26.23±2.49Cc
Lemont	33.47±4.87Bb	48.83±6.28Bb	79.14±5.42Bb
Taichung Native 1	16.35±2.36Ccd	22.05±3.25Cc	29.37±3.79Cc
Azucena	19.82±2.18Ccd	21.94±2.49Cc	35.91±3.12Cc
IAC47	22.69±3.47BCc	38.32±5.38BCb	27.78±2.03Cc

对照为未种植水稻的空地, 不同大、小写字母表示处理间在 0.01 和 0.05 水平上差异显著, 下同。CK was the control without rice plant. Different capital and small letters indicate significant difference among treatments at 0.01 and 0.05 levels. The same below.

2.2 不同化感潜力水稻的抑草效应指数分析

以对照杂草生物量为参比, 不同化感潜力水稻对伴生杂草的化感效应指数分析结果表明(表 2), 不同化感潜力水稻对田间伴生杂草均存在一定的抑制作用, 然而不同化感潜力水稻之间的化感效应差异显著, 2008 年化感效应表现为“PI-1”>“*Taichung Native 1*”>“*Azucena*”>“*IAC47*”>“*Lemont*”, 2009 年表现为“PI-1”>“*Azucena*”>“*Taichung Native 1*”>“*IAC47*”>“*Lemont*”, 2010 年表现为“PI-1”>“*IAC47*”>“*Taichung Native 1*”>“*Azucena*”>“*Lemont*”。

2.3 不同化感潜力水稻产量相关指标分析

2008 年田间试验结果表明(表 3), 除草条件下, 不同化感潜力水稻产量相关指标中, 有效穗数、单穗粒数以非化感水稻“*Lemont*”最高, 结实率以化感水稻“PI-1”最大, 而千粒重则以“*IAC47*”最大; 不除

表 2 不同化感潜力水稻品种对伴生杂草的化感效应指数
Table 2 Allelopathic potential index (IR) of different allelopathic rice accessions on companion weed

水稻品种 Rice accession	化感作用效应指数 $RI (n=3)$		
	2008 年 Year 2008	2009 年 Year 2009	2010 年 Year 2010
PI-1	-0.923±0.007Cd	-0.915±0.010Bc	-0.917±0.008Cc
Lemont	-0.806±0.028Aa	-0.793±0.027Aa	-0.750±0.017Aa
Taichung Native 1	-0.905±0.014BCcd	-0.906±0.014Bc	-0.907±0.012BCc
Azucena	-0.885±0.013BCbc	-0.907±0.011Bc	-0.886±0.010Bb
IAC47	-0.868±0.020Bb	-0.837±0.023Ab	-0.912±0.006BCc

草条件下, 化感水稻“PI-1”的有效穗数、结实率最大, 化感水稻“*IAC47*”的单穗粒数最高, 千粒重则以“*Taichung Native 1*”最大。2009 年田间试验结果显示, 除草条件下, 不同化感潜力水稻产量相关指标中, 有效穗数、单穗粒数、结实率以非化感水稻“*Lemont*”最高, 而千粒重则以“*IAC47*”最大; 不除草条件下, 有效穗数、结实率以化感水稻“PI-1”最大, 单穗粒数以化感水稻“*IAC47*”最大, 千粒重以“*Taichung Native 1*”最高。2010 年田间试验结果显示, 除草条件下, 不同化感潜力水稻产量相关指标中, 有效穗数、单穗粒数、结实率以非化感水稻“*Lemont*”最高, 而千粒重则以“*IAC47*”最大; 不除草条件下, 化感水稻“PI-1”的有效穗数、千粒重最大, 而单穗粒数以化感水稻“*IAC47*”最高, 结实率以“*Azucena*”最大。可见, 不同化感潜力水稻田间种植过程中, 除草与不除草条件下不同化感潜力水稻在产量形成过程均具有各自的优势。

不同化感潜力水稻产量分析结果显示(表 4), 2008 年田间试验过程中, 除草条件下, 化感水稻“PI-1”产量最大, 达 $6\,949.41 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 非化感水稻“*Lemont*”次之, 为 $6\,903.33 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 化感水稻“*IAC47*”最小, 仅为 $5\,941.22 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; 不除草条件下, 则依然以化感水稻“PI-1”产量最大, 为 $5\,474.26 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 而以非化感水稻“*Lemont*”最小, 仅为 $4\,043.92 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。2009、2010 年田间试验显示, 除草条件下, 依然以化感水稻“PI-1”产量最大, 分别为 $6\,824.32 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $6\,674.84 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 以化感水稻“*IAC47*”最小, 分别仅为 $6\,259.89 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $6\,101.94 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; 不除草条件下, 依然以化感水稻“PI-1”产量最大, 分别为 $5\,302.51 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $5\,057.72 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 以非化感水稻“*Lemont*”最小, 分别仅为 $3\,770.42 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $3\,476.87 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

不同化感潜力水稻产量比较分析结果显示(表 4), 与除草条件下相比, 2008 年不除草条件下不同化感潜力水稻“PI-1”、“*Lemont*”、“*Taichung Native 1*”、“*Azucena*”、“*IAC47*”的减产率分别为 21.23%、

表 3 不同除草条件下不同化感潜力水稻品种的产量相关指标分析
Table 3 Analysis of rice yield indices of different allelopathic rice accessions under different weeding conditions

水稻品种 Rice accession	有效穗数		穗粒数		结实率		千粒重	
	Effective panicle number (10 ⁴ ·hm ⁻²)		Grain number per panicle		Seed-set percentage (%)		1000-kernel weight (g)	
	除草 Weeding	不除草 No weeding	除草 Weeding	不除草 No weeding	除草 Weeding	不除草 No weeding	除草 Weeding	不除草 No weeding
2008 年 Year 2008								
PI-1	228.49±2.31Aa	219.41±1.69Aa	121.59±1.37Bb	105.26±0.87ABb	89.24±0.65Aa	85.11±1.12Aa	28.03±0.12Bc	27.85±0.58Aa
Lemont	229.87±1.59Aa	192.36±1.38De	128.14±2.35Aa	107.28±1.35Aab	88.14±0.39Aa	76.19±0.63Cc	26.59±0.23Cd	25.72±0.39Bc
Taichuang Native 1	226.38±3.26Aa	214.21±2.17ABb	122.35±1.68Bb	101.34±0.99Bc	83.52±0.58Bb	83.25±0.25Bb	28.76±0.17ABb	28.03±0.28Aa
Azucena	215.32±2.58Bb	209.57±2.33BCc	119.84±0.95BCb	96.24±2.14Cd	84.01±1.21Bb	84.59±0.44ABa	28.32±0.39Bbc	27.94±0.35Aa
IAC47	208.35±2.61Cc	203.42±2.45Cd	116.27±1.14Cc	108.53±2.36Aa	83.59±0.77Bb	70.37±0.38Dd	29.34±0.44Aa	27.05±0.41Ab
2009 年 Year 2009								
PI-1	226.37±3.26Aa	218.35±2.34Aa	123.45±2.19ABab	101.67±3.25BCb	86.26±1.07ABab	85.55±0.58Aa	28.31±0.25Aa	27.92±0.36Aa
Lemont	228.41±4.13Aa	186.21±3.18Dd	126.47±1.67Aa	105.52±2.64Bb	87.31±1.03Aa	75.31±0.64Cc	26.78±0.37Bb	25.48±0.58Cc
Taichuang Native 1	224.31±3.58Aab	213.75±2.56ABa	121.46±2.33ABb	95.91±2.57CDc	84.46±0.69Bc	84.31±0.52ABb	28.41±0.46Aa	27.94±0.29Aa
Azucena	219.68±3.17ABbc	208.24±3.17BCb	120.38±2.54ABb	91.42±2.68Dc	85.28±0.78ABbc	83.06±0.34Bb	27.94±0.58Aa	27.51±0.34ABab
IAC47	214.83±2.69Bd	201.43±2.58Cc	119.81±3.39Bb	116.90±2.39Aa	84.75±0.92Bbc	69.06±1.02Dd	28.69±0.45Aa	26.92±0.17Bb
2010 年 Year 2010								
PI-1	225.19±4.26Aa	215.52±2.87Aa	121.59±2.16ABb	100.58±2.34BCb	85.63±1.32Aa	83.24±0.64Aa	28.47±0.16Aa	28.03±0.25Aa
Lemont	226.34±3.98Aa	176.35±2.34Dc	126.47±2.35Aa	102.62±2.56Bb	86.24±1.06Aa	74.38±0.38Bb	26.95±0.25Bb	25.83±0.34Bb
Taichuang Native 1	223.19±2.57Aa	212.46±3.26ABa	121.94±2.17ABab	95.14±2.89CDc	82.18±1.28Bc	83.04±1.02Aa	28.06±0.34Aa	27.62±0.27Aa
Azucena	220.51±1.69ABa	206.34±4.26BCb	121.45±3.18ABb	91.67±2.87Dc	83.29±1.06ABbc	83.51±0.38Aa	28.03±0.39Aa	27.95±0.31Aa
IAC47	212.38±2.84Bb	202.15±3.17Cb	118.06±2.64Bb	112.59±2.16Aa	85.36±0.97Aab	70.59±0.69Cc	28.51±0.42Aa	26.27±0.38Bb

表 4 不同除草条件下不同化感潜力水稻品种的产量变化
Table 4 Analysis of rice yield indices of different allelopathic rice accessions under weeding and non-weeding treatments

年份 Year	水稻品种 Rice accession	产量 Yield (kg·hm ⁻²)		减产率 Yield reduction rate (%)
		不除草 No weeding	除草 Weeding	
2008 年 Year 2008	PI-1	5 474.26±273.51Aa	6 949.41±228.95Aa	21.23±1.34Dd
	Lemont	4 043.92±174.68Dc	6 903.33±264.64Aa	41.42±0.28Aa
	Taichuang Native 1	5 065.57±166.63ABb	6 653.06±272.72ABa	23.86±0.62Cc
	Azucena	4 766.84±243.55BCb	6 139.18±295.25BCb	22.35±0.23CDd
	IAC47	4 202.41±228.43Dc	5 941.22±276.55Cb	29.27±0.55Bb
2009 年 Year 2009	PI-1	5 302.51±330.72Aa	6 824.32±363.34Aa	22.30±0.70Dd
	Lemont	3 770.42±276.70Cc	6 754.15±384.42Aa	44.18±0.92Aa
	Taichuang Native 1	4 829.20±267.20ABab	6 537.39±389.11Aa	26.13±0.31Cc
	Azucena	4 349.99±265.37BCb	6 302.13±412.45Aa	30.98±0.31Bb
	IAC47	4 377.64±237.93BCb	6 259.89±410.02Aa	30.07±0.78Bb
2010 年 Year 2010	PI-1	5 057.72±269.07Aa	6 674.84±385.35Aa	24.23±0.34Ee
	Lemont	3 476.87±196.44Cc	6 652.98±384.20Aa	47.74±0.07Aa
	Taichuang Native 1	4 636.08±314.33ABab	6 275.88±357.84Aa	26.13±0.80Dd
	Azucena	4 415.00±298.51ABb	6 252.33±378.29Aa	29.39±0.50Cc
	IAC47	4 220.63±249.54Bb	6 101.94±377.39Aa	30.83±0.19Bb

41.42%、23.86%、22.35%、29.27%；2009 年不除草条件下减产率则分别为 22.30%、44.18%、26.13%、30.98%、30.07%；2010 年减产率则分别为 24.23%、47.74%、26.13%、29.39%、30.83%。不同年限不同化感潜力水稻产量分析结果显示，与除草相比不除草条件下化感水稻“PI-1”依然保持着较高产量，即减产率最低；而非化感水稻“Lemont”产量最低，即减产率最高。

2.4 杂草生物量、化感潜力与产量的相关性分析
杂草生物量与不同化感潜力水稻产量相关性分析结果表明(表 5)，水稻产量与杂草生物量存在极显著负相关，与不同化感潜力水稻的抑草潜力大小存在极显著正相关。可见，不同化感潜力水稻的产量高低与田间杂草生物量的多少及自身化感抑草能力的高低存在显著关系，即化感潜力大，杂草生物量少，水稻产量高，反之亦然。

表 5 不同化感潜力水稻品种产量与化感效应、
杂草生物量的相关性分析

Table 5 Correlation analysis of grain yield of allelopathic rice
accessions with their allelopathic potential index (IR) and weed
biomass

水稻品种 Rice accession	杂草生物量 weed biomass	IR
PI-1	-0.97**	0.98**
Lemont	-0.94**	0.99**
Taichuang Native 1	-0.98**	0.98**
Azucena	-0.95**	0.99**
IAC47	-0.93**	0.99**

+: 正相关 Positively correlative; -: 负相关 Negatively correlative;
**: 极显著相关 Correlation is significant at the 0.01 level.

3 结论

利用作物自身向环境释放的化感物质控制田间杂草的生长是水稻化感作用研究的最终目标。2008~2010 年不同化感潜力水稻水田种植结果显示,化感水稻“PI-1”对田间杂草具有较强的化感效应,非化感水稻“Lemont”化感效应较弱。不同种植年限化感水稻“PI-1”在除草与不除草情况下均具有较高产量,表现在减产率较低,而在除草条件下以化感水稻“IAC47”产量最低,不除草条件则以非化感水稻“Lemont”产量最低。水稻产量与化感潜力的相关性分析结果显示,不同化感潜力水稻的减产率与田间伴生杂草数量存在显著正相关,与化感潜力大小存在显著负相关。可见田间杂草数量对水稻产量的影响极为显著,而化感水稻则表现较为稳定。

不同种植年份不同化感潜力水稻对伴生杂草的化感效应分析结果显示,化感水稻“PI-1”、“Taichung Native 1”、“Azucena”、“IAC47”均表现出较强且稳定的化感抑草效应,非化感水稻“Lemont”则相反。不同年份不同化感潜力水稻在除草与不除草条件下产量分析结果表明,化感水稻在不除草条件下依然表现出较高且稳定的产量,即减产率较低,非化感水稻则相反。

综上所述,水田种植条件下,杂草对水稻产量存在着显著的影响,且不同化感潜力水稻对稻田杂草的抑制能力存在一定差异,并最终影响水稻的产量。因此化感水稻在田间种植过程中可在保证相同成熟期下,采取适当多品种种植的生态调控策略,以提高水稻自身对多类别杂草的防除效果或配以适当化学除草剂以最终达到水稻的高产、优质和高效。

参考文献

[1] 林文雄. 水稻化感作用[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2005

[2] Rice E L. Allelopathy[M]. 2nd ed. USA, Orlando: Academic Press, 1984

[3] 林文雄, 何海斌, 熊君, 等. 水稻化感作用及其分子生态学
研究进展[J]. 生态学报, 2006, 26(8): 2687-2694

[4] 邓国富, 李杨瑞. 水稻化感作用研究进展及展望[J]. 西南
农业学报, 2006, 19(5): 962-968

[5] 王艳平, 汤陵华. 水稻化感作用研究[J]. 江苏农业学报,
2003, 19(3): 182-186

[6] 孙小霞, 王海斌, 林辉锋, 等. 田间旱育条件下不同化感潜
力水稻的抑草效应分析[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(5):
842-846

[7] 李贵, 吴竞仑, 王一专, 等. 水稻化感品种结合使用除草剂
及深水层管理对稻田杂草的抑制作用[J]. 江苏农业学报,
2009, 25(6): 1292-1296

[8] Lin W X, He H Q, Chen X X, et al. Use of ISSR molecular
marker approach to estimate genetic diversity in rice and bar-
ley allelopathy[C]//Harper J D I, An M, Wu H, et al, eds.
Proceedings of the 4th World Congress on Allelopathy. Aus-
tralia: The Regional Institute Limited, 2005: 168-174

[9] 林文雄, 郑履端, 潘增铎. 水稻旱育高产栽培原理与技术
[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1999

[10] Williamson G B, Richardson D. Bioassays for allelopathy:
Measuring treatment responses with independent controls[J].
Journal of Chemistry Ecology, 1988, 14(1): 181-187