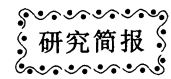


DOI: 10.3724/SP.J.1006.2011.00170



水氮互作下长雄野生稻化感作用与田间抑草效果

张付斗¹ 徐高峰¹ 李天林¹ 陶大云^{2,*} 徐鹏^{2,*} 张玉华¹

¹ 云南省农业科学院农业环境资源研究所, 云南昆明 650205; ² 云南省农业科学院粮食作物研究所, 云南昆明 650205

摘要: 以化感抗稗草长雄野生稻(*Oryza longistaminata*), 非化感栽培稻 RD23 以及它们的 F₁ 代(RD23 × *O. longistaminata*)为材料, 采用实验室内生物测定和田间调查相结合方法, 研究水肥对长雄野生稻化感作用的影响和探讨对野生稻化感作用及其田间抑制杂草作用的互作关系。在移栽后 20~50 d 内设淹水、2 种形式的干湿交替和旱种等 4 种田间管理方式, 对每种水分管理方式分别设 3 个施氮(尿素)水平处理。野生稻叶片的水提液, 检测了对稗草的化感作用。结果表明, 长雄野生稻化感作用在干旱与不施氮水平下最强, 对稗草根长与干重的抑制率分别达到 69.3%和 74.6%, 但随着施氮水平的提高与淹水时间的延长而降低; 田间则以干湿交替条件下控制稗草效果最好, 旱种管理后进行灌水能显著提高野生稻控制稗草的效果。水分与氮互作效应对长雄野生稻化感作用及其田间抑制杂草效果极显著, 对 F₁ 代化感作用及其田间抑制杂草效果也达显著水平。

关键词: 长雄野生稻; 水氮互作; 化感作用; 抑制杂草

Allelopathy and Weed-Suppression of *Oryza longistaminata* under Water-Nitrogen Interactions in the Field

ZHANG Fu-Dou¹, XU Gao-Feng¹, LI Tian-Lin¹, TAO Da-Yun^{2,*}, XU Peng^{2,*}, and ZHANG Yu-Hua¹

¹Institute of Agricultural Environment & Resource Research, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China; ²Food Crops Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China

Abstract: Under different irrigation and nitrogen levels, wild rice (*Oryza longistaminata*) with allelopathic potential, and *Oryza sativa* (RD23) without allelopathic potential and their F₁ (RD23 × *O. longistaminata*) were used to study their allelopathy and weed-suppression effects to barnyard grass. During 20–50 days after transplanting, four levels of irrigation treatment, and three levels of nitrogen were conducted in the field. In bioassay, the allelopathic effect of extracting solution from rice leaves on barnyard grass germination was observed. The results showed that *O. longistaminata* gave the strongest allelopathy under the conditions of deficiency water and low nitrogen, the inhibition rates for the root length and dry weight of barnyard grass were 69.3% and 74.6%, and decreased with elongating submerging time and increasing nitrogen. The density and biomass of barnyard grass were investigated after growing together with rice 30 days in the field. Wild rice showed the best weed-suppression effects under the alternation of wet and dry in the field. After dry cultivating for wild rice, irrigation could significantly improve its control effect on barnyard grass. Furthermore, interactive effects between irrigation and nitrogen were significant on the allelopathy and weed-suppression in the field for wild rice and the F₁.

Keywords: Wild rice; Water-nitrogen Interaction; Allelopathy; Weed-suppression

水稻化感作用(allelopathy)是水稻通过自身释放化感物质而抑制周围杂草的发生与生长^[1]。化感水稻的研究开发, 将为实现生态环境安全前提下控制稻田杂草提供环境友好型的措施。然而, 水稻化感作用为多基因控制的数量遗传特性, 易受环境条件影响, 这给水稻化感作用的研究与应用带来了极大难度^[2-3]。早在 2000 年, 我国学者即在室内生物检测到一些化感作用较强的水稻材料, 任其

田间对杂草的抗性却并不理想^[4]。这可能因为水稻化感作用强度与水稻本身所产生的特征物质种类和浓度有关, 而化感特征物质的产生与释放因环境条件的不同而存在差异^[5-6]。研究进一步证实环境条件的不同也会导致关键酶基因表达方式或程度上的差异, 从而调控化感物质的产生与释放^[7]。

由于化感作用的遗传生态学机制研究是实施作物抗

本研究由云南省社会发展计划应用基础研究项目(2007C238M)资助。

* 通讯作者(Corresponding authors): 陶大云, E-mail: taody@yaas.org.cn; 徐鹏, E-mail: pxu.yaas@126.com

第一作者联系方式: E-mail: fdzh@vip.sina.com, Tel: 0871-5894429

Received(收稿日期): 2010-05-05; Accepted(接受日期): 2010-07-30.

杂草生物工程的重要基础, 基因型与环境互作的研究日益引起国际同行的普遍重视^[8-10]。胡飞等^[9]研究指出, 水、肥、光等环境因子均会影响到水稻化感作用的发挥。化感水稻在田间抑制杂草的行为受到多方面环境条件的复杂影响。首先, 直接影响供体植物(化感水稻)产生与释放化感物质的种类与含量^[11-12]。一些证据表明养分浓度与化感效应呈负的互作关系^[13]; 在磷缺乏的土壤中, 许多植物能释放出更多的酚酸类化感物质^[14-15]。分子生物学的研究也证实, 逆境胁迫调节基因表达, 加快化感物质合成, 并促进化感物质从作物内部释放到外界环境中^[16]。其次, 环境条件影响受体植物的密度与生长状况, 从而决定化感物质对受体植物(杂草)的抑制强度^[17-18]。孔垂华等^[19]研究发现胜红蓊挥发油对不同营养水平下植物的化感作用, 随着营养水平的降低, 胜红蓊挥发油化感作用强度明显提高。第三, 环境条件对化感物质的生物活性及其在环境中的分布、传导、淋溶与降解等产生重要影响^[13]。土壤微生物也是影响化感物质产生与降解的重要因素^[20]。因此环境条件对水稻化感物质的产生、释放、生物活性以及在环境中的行为产生广泛而复杂的影响。一些学者研究指出, 在化感水稻的研究与应用中, 应采取合理的生态调控措施来充分发挥水稻的化感潜力^[9-11]。

水稻的化感特性可能来源于野生或者半野生的水稻品种(品系), 一些遗传改良较少的水稻品种可能具有较强的化感作用^[21]。野生稻由于具有丰富的遗传多样性而成为挖掘化感抗杂草特性新基因的一个重要来源。中国台湾学者 Chou 等^[22]研究证实, 化感抑制杂草效果显著较现代栽培品种突出。本项研究选用的长雄野生稻(*Oryza longistaminata*)产于干湿交替的沼泽地带, 具有水陆双重适应性, 前期研究证实对稗草具有突出的化感作用^[23-24]。由于水、肥在水稻生长发育过程是相互影响与制约的两个因子, 而且是可调控的关键因子。化感水稻在不同水肥条件下抑制杂草的效果引起了一些学者的兴趣与探索, 但水氮互作对化感作用效应的研究鲜见报道。本试验以期明确水氮互作下长雄野生稻化感作用及田间抑制杂草的效果, 探讨供体(化感野生稻)、环境与受体(杂草)三者的关系, 为进一步揭示其遗传生态学机制奠定基础。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

长雄野生稻(*Oryza longistaminata*)、栽培稻 RD23(泰国优质稻)和 F₁代(RD23 × *O. longistaminata*), 由云南省农业科学院粮食作物研究所提供。其中长雄野生稻为化感材料, 而 RD23 为非化感材料, 已有前期研究与报道。稗草(*Echinochloa crusgalli*)为多年保存、纯化的种子。

1.2 试验方法

1.2.1 田间栽培与管理 试验于 2008 年在云南省农业科学院试验地开展, 试验田耕作层土壤质地为沙壤土, 含有效氮 90.8 mg kg⁻¹、速效磷 21.3 mg kg⁻¹、速效钾 63.5 mg

kg⁻¹, 有机质 1.8%、pH 5.9。种植前 20 d, 将水泥池(2 m×2 m)的土壤墒面整理好, 采用 32.7% 斯美地(江苏省连云港死海溴化物有限) 50 mL m⁻², 在塑料膜覆盖的密闭条件下熏蒸消毒 14 d, 杀灭土壤中的杂草种子。揭膜 6 d 后将二至三叶期的野生稻幼苗移栽入水泥池, 株行距 4 cm×5 cm, 移栽后 1~17 d 内田间保持水层 2~3 cm 确保秧苗返青, 至第 20 天自然落干。采用水分管理方式×氮肥水平二因素试验, 随机区组设计。灌水方式为主区, 施氮量为副区, 3 次重复, 小区面积 4.0 m², 小区间埂为砖混水泥, 防串水串肥。20~40 d 内的水分设 4 种方式管理, 干旱处理(W₁)是在 30 d 内无水层, 保持土壤湿度 40%~50% (每日用 TDR300 及时测定并喷洒自来水补充湿度); 淹水处理(W₄)是一直保持 30 d 有水层 3~5 cm; 干湿交替处理(W₂)是前 20 d 同干旱管理(W₁), 后 10 d 同淹水处理(W₄); 干湿交替处理(W₃)是前 10 d 同干旱管理(W₁), 后 20 d 同淹水处理(W₄)。每种水分管理条件下分设施氮(尿素) 0、45、90 kg km⁻² 3 个水平(分别记为 N₀、N₄₅ 和 N₉₀)。

1.2.2 田间控制稗草效果评价 野生稻移栽后第 20 天, 各小区在野生稻苗间均匀播种催芽露白的稗草种子 500 粒, 并用细土完全盖住种子, 第 11 天根据试验设计的水分管理要求小心喷洒或缓慢灌水, 以防止稗草种子裸露土表或者漂浮在水层中。之后每隔 10 d, 在各小区随机用直尺调查 20 株稗草的株高; 播种后第 50 天, 于每小区随机 4 点取样调查 0.25 m² 内稗草的出苗率, 并将样方内的稗草分别用自来水冲洗干净后剪去根部, 于 85℃ 烘箱中烘 30 h, 然后称取干重。

1.2.3 野生稻植株叶片水提液对稗草的化感作用检测 分别在野生稻移栽后 30、40 和 50 d, 各小区随机剪取适量新鲜水稻叶片。用分析天平准确称取 5 g, 后用 10% 次氯酸钠溶液消毒 10 min, 再用蒸馏水冲洗干净, 切成约 1 cm 碎片。用 100 mL 蒸馏水在 10℃ 下浸提水稻叶片 24 h, 过滤待用。培养皿中垫定性滤纸(作培养床), 每皿播稗草种子 20 粒, 然后加入 10 mL 浸提液; 空白对照采用清水培养。在 250 μmol m⁻² s⁻¹、(28±0.5)℃、每天光照 12 h 的人工气候箱中培养 10 d, 取出稗草并用吸水纸吸干植株上黏附的水分, 调查稗草的株高、根长和鲜重。

1.3 分析方法

将各次田间调查的原始数据转化为单位面积(m²)内发生的情况。为排除竞争作用, 将每次调查结果计算对稗草株高的抑制率, 分别以当次调查 RD23 的伴生稗草株高(同等水肥条件下)为对照。用野生稻植株叶片提取液培养稗草所得的芽长、根长和鲜重, 与清水对照比较, 计算化感指数(IR), 评价对稗草的抑制效果, $IR = (1 - TR/CK) \times 100$ 。其中, TR 为处理值, CK 为对照值; IR < 0 表示促进作用, IR > 0 表示抑制作用, 采用 DPS (V 9.01) 数据处理系统在微机上完成数据的统计分析。对测定指标进行二因素方差分析(随机模型)(Two-way ANOVA), 分别计算水分管理模式(W)和施氮水平(N), 以及两因子互作效应(W×N)

的 F 值, Duncan 多重检验^[13]; 采用 Microsoft Excel 2003 软件对抑制率动态作趋势图。

2 结果与分析

2.1 水氮互作对野生稻化感潜力的影响

野生稻叶片水提液对稗草抑制作用的生物测定结果见表 1, 长雄野生稻对稗草表现较强的化感抑制作用, 化感潜力在持续干旱与低氮水平的栽培条件下尤为突出, 对稗草根长与干重的抑制率分别达到 65.3%和 70.6%; 在延长淹水时间和提高施氮水平的情况下, 化感潜力反而降低。栽培稻 RD23 表现极低的抑制稗草作用, 水肥对其抑制杂草效果的影响与长雄野生稻相反。 F_1 代(RD23 \times *O. longistaminata*)测定结果表明其遗传了长雄野生稻的化感特性, 并且在前期干旱 20 d、后期淹水 10 d 的栽培条件下 (W_2 处理), 化感作用与长雄野生稻差异相对较小。通过数据统计分析, 水肥二因子对长雄野生稻化感作用的影响存在极显著的互作效应 ($P < 0.05$), 对 F_1 影响的互作效应达到显著水平, 对非化感栽培稻 RD23 则互作效应不显著。结果表明通过野生稻 (*O. longistaminata*) 和栽培稻培育的 F_1 代所具有的化感作用受到环境影响相对较小, 在不同水肥波动的环境下表现出更稳定的抑制杂草效果。

2.2 野生稻化感潜力及其伴生稗草的生长动态

图 1 和图 2 表明, 两份化感材料均表现相同的动态趋势, 第 10 天的化感潜力见 W_1 、 W_2 和 W_3 处理, 显著高于

W_4 处理; 第 20 天的化感潜力为 W_1 和 W_2 处理效果最好, W_3 处理其次, W_4 处理最差; 第 30 天的化感潜力为 $W_1 > W_2 > W_3 > W_4$ 。进一步证实, 随着干旱时间的延长, 野生稻化感作用提高, 并对低氮水平下栽培的野生稻相对较大。

图 3 和图 4 表明, 相同水分条件下, 随着施肥水平的提高, 野生稻在田间抑制杂草效果降低, 这与实验室内生物测定结果一致。水肥控制条件下, 在稗草与野生稻田间共同生长的第一阶段(10 d), 田间水分对野生稻抑制杂草效果的影响与实验室内生物测定结果(图 1 和图 2)一致; 共同培养至第二阶段(10~20 d), 干湿交替处理(W_3)控制稗草效果显著提高; 共同培养至第三阶段(20~30 d), 干湿交替处理(W_2)控制稗草效果显著提高。说明经过干旱胁迫的化感野生稻, 通过田间灌溉能显著提高其抑制杂草的效果。

2.3 水氮互作对野生稻抑制杂草效果的影响

各处理稗草与水稻共同生长 30 d, 田间稗草的发生密度与生物量见表 2。由非化感材料 RD23 栏可以看出, 水肥条件对稗草(受体植物)的发生与生长产生极大影响, 稗草在淹水情况下的发生数量显著较干旱情况下少, 在旱种管理(W_1)情况下发生数量最多, 而在干湿交替下(W_2)生物量最大; 施肥水平对稗草的发生密度影响较小, 同时水肥互作影响也不显著; 水、肥二因子对稗草的生物量产生极显著的影响, 而且互作效应达极显著水平。

长雄野生稻和 F_1 代田间伴生稗草数量与栽培 RD23

表 1 移栽后 50 d 的野生稻叶片水提液对稗草的抑制作用(平均值 \pm 标准差)
Table 1 Effect of water extracts from rice leaf on the barnyard grass growth 50 days after transplant (mean \pm SD) (%)

水分管理 Irrigation	施氮量 Nitrogen application	对稗草根生长的抑制率 Inhibition to barnyard grass root			对稗草干重的抑制率 Inhibition to barnyard grass dry weight		
		野生稻 Wild rice	F_1	RD23	野生稻 Wild rice	F_1	RD23
W_1	0	69.3 \pm 1.73 a	65.2 \pm 1.54 a	2.3 \pm 0.35 a	74.6 \pm 2.00 a	72.5 \pm 2.04 a	2.1 \pm 0.35 h
	45 kg km ⁻²	62.5 \pm 3.64 ab	60.6 \pm 0.85 b	2.6 \pm 0.44 de	64.2 \pm 2.16 b	61.9 \pm 0.78 bc	2.7 \pm 0.87 gh
	90 kg km ⁻²	50.6 \pm 2.35 d	48.8 \pm 1.23 d	3.9 \pm 0.79 cde	51.9 \pm 1.35 e	50.2 \pm 1.65 e	3.8 \pm 1.13 fg
W_2	0	63.9 \pm 2.19 ab	63.3 \pm 1.59 ab	4.1 \pm 0.44 cd	65.7 \pm 2.09 b	64.4 \pm 1.45 b	4.6 \pm 0.78 ef
	45 kg km ⁻²	60.4 \pm 1.30 b	60.1 \pm 1.65 b	5.2 \pm 0.56 bc	61.5 \pm 1.71 c	61.3 \pm 1.34 c	5.3 \pm 0.95 def
	90 kg km ⁻²	48.1 \pm 1.23 de	47.9 \pm 1.47 d	3.8 \pm 0.95 cde	49.3 \pm 1.44 ef	48.8 \pm 1.57 e	5.9 \pm 0.95 cde
W_3	0	54.6 \pm 3.99 c	52.2 \pm 0.96 c	3.8 \pm 0.95 cde	56.5 \pm 2.01 d	54.2 \pm 1.23 d	5.2 \pm 0.89 def
	45 kg km ⁻²	52.5 \pm 2.15 cd	51.4 \pm 1.71 c	4.7 \pm 1.22 bc	55.9 \pm 2.31 d	53.1 \pm 1.65 d	5.8 \pm 0.75 cde
	90 kg km ⁻²	38.6 \pm 1.84 f	35.5 \pm 1.44 e	5.5 \pm 0.70 bc	45.3 \pm 2.19 f	41.5 \pm 1.71 ef	6.6 \pm 1.22 cd
W_4	0	43.4 \pm 1.85 e	45.6 \pm 1.38 de	5.4 \pm 0.79 bc	51.2 \pm 1.99 e	50.7 \pm 1.55 de	7.5 \pm 0.66 bc
	45 kg km ⁻²	41.6 \pm 1.42 ef	43.3 \pm 1.47 de	6.3 \pm 1.35 b	48.1 \pm 1.31 ef	46.4 \pm 1.53 e	8.8 \pm 0.94 ab
	90 kg km ⁻²	20.1 \pm 1.39 g	25.2 \pm 1.15 f	8.5 \pm 1.42 a	28.4 \pm 1.59 g	31.7 \pm 1.66 g	9.7 \pm 0.66 a
F 值	W	73.02**	41.86**	46.56**	54.78**	25.87**	39.51**
F -value	N	49.85**	17.72**	29.47**	36.35**	13.39**	33.06**
	W \times N	8.59**	3.81*	0.58	10.07**	3.14*	0.178

W, N 和 W \times N 分别表示水分因子、肥料因子和二者的互作; W_1 、 W_2 、 W_3 和 W_4 分别表示干旱管理、两种形式的干湿交替和淹水管理; 同栏内标以不同字母的数据在 5% 水平上差异显著。

W, N, and W \times N denote water factor, nitrogen factor and their interactive effects, respectively. W_1 , W_2 , W_3 , and W_4 denote four levels of irrigation treatment, including drought, two types of alternating wet and dry, and submerging, respectively. Values within a column followed by a different letter are significantly different at $P < 0.05$.

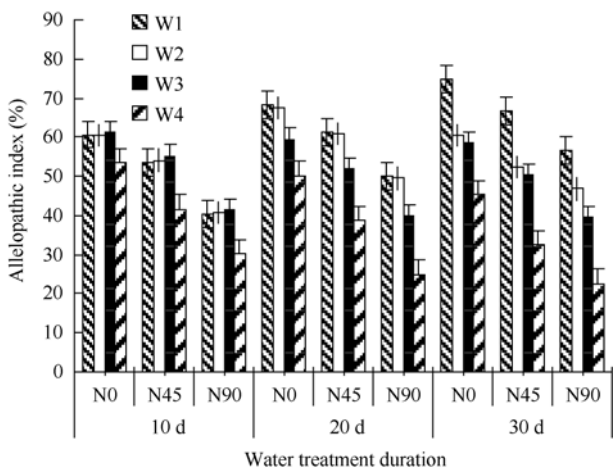


图 1 长雄野生稻叶片水提液对稗草芽长的抑制作用
Fig. 1 Inhibition effect of water extract from wild rice on the shoot of barnyard grass in laboratory

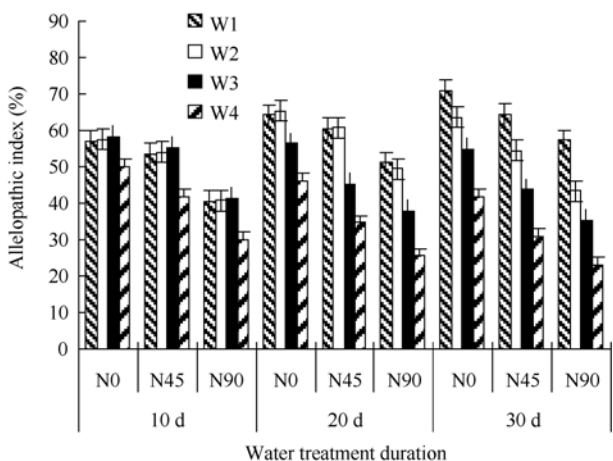


图 2 F₁ 代叶片水提液对稗草芽长的抑制作用
Fig. 2 Inhibition effect of water extract from F₁ on the shoot of barnyard grass in laboratory

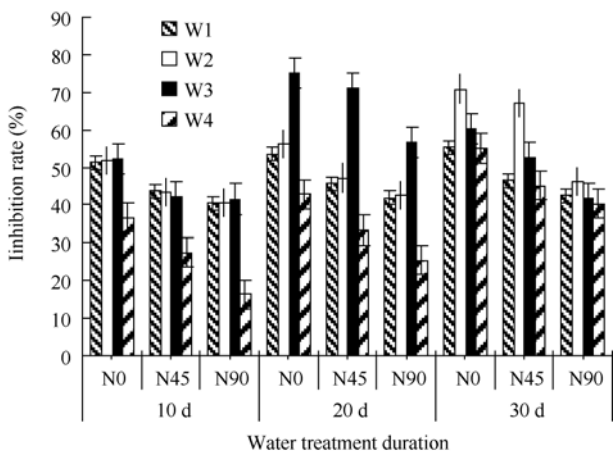


图 3 长雄野生稻对田间伴生稗草株高的抑制率
Fig. 3 Inhibition rate of wild rice on barnyard grass in the field

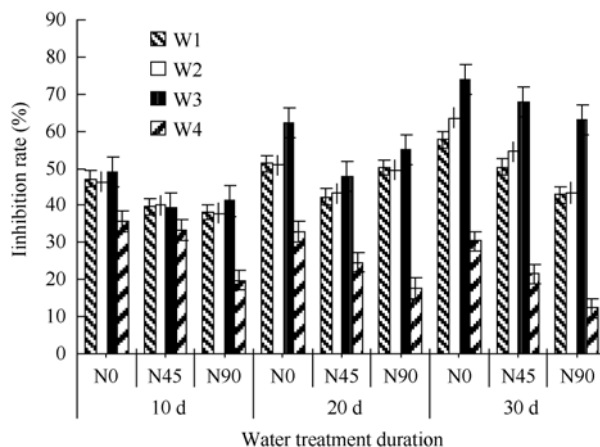


图 4 F₁ 对田间伴生稗草株高的抑制率
Fig. 4 Inhibition rate of F₁ on barnyard grass in the field

的田间比较显著减少;而且随着施肥水平的提高,发生的数量与生物量增多。结果显示,野生稻在田间产生了强烈的抑制杂草作用,这与室内生物测定水提液的结果一致。水肥互作效应,对长雄野生稻田间抑制杂草效果的影响达到极显著水平,而对 F₁ 代的影响达到显著水平,并且随着水肥条件的提高,互作效应增大。

3 讨论

环境条件对水稻化感作用的影响,是选育与栽培化感抗杂草水稻品种的重要基础,同时对开展遗传学和分子生物学研究具有重要作用^[8,25]。Dilday 等^[30]最早应用化感水稻 PI312777 和非化感水稻 lemont 杂交开展遗传规律研究,证实了该性状的遗传特性,并提出水稻化感作用是多基因控制的数量遗传性状。何华勤等^[31]认为,水稻化感作用品种改良前开展遗传效应的预测,可以减少改良过程的盲目性。他们选用化感特性差异较大的 5 个水稻品种(品系)配制 F₁ 杂交组合,在两种环境条件下测试结果表明,化感作用较强或较弱的亲本,其对应的 F₁ 却表现出不同程度的化感作用潜力,遗传效应存在明显的差异,并且水稻化感作用的基因型与环境的互作效应特别是显性基因受环境的影响很大。曾大力等^[32]利用 F₁ 代(窄叶青 8 号×京系 17)的花药进行离体培养,检测 123 个 DH 株系的化感作用,检测到 4 个水稻化感作用主效应的 QTL 分别定位在第 3、第 9、第 10 和第 12 染色体上。本试验通过具有化感作用的长雄野生稻(*Oryza longistaminata*),非化感栽培稻 RD23 以及 F₁ 代(RD23×*O. longistaminata*)对稗草的化感作用测定,表明 F₁ 代遗传了野生稻的化感特性。通过室内生物测定和田间试验数据的 F 测验可以看出,水、氮二因子及其互作效应对野生稻化感作用的影响要比 F₁ 代大。

环境条件对化感作用存在 3 个方面的影响,包括供体植物产生与释放化感物质,化感物质在环境中的分布、降解和淋溶等,以及受体植物吸收化感物质所产生的生

表 2 稗草在田间播种后 30 d 的发生情况(平均值±标准差)
Table 2 Quantity and biomass of barnyard grass in the field at 30 days after sowing (mean±SD)

水分管理 Irrigation	施氮量 Nitrogen application	田间稗草发生量 Density of barnyard grass (plant m ⁻²)			田间稗草生物量 Dry weight of barnyard grass(g m ⁻²)		
		野生稻 Wild rice	F ₁ 代	RD23	野生稻 Wild rice	F ₁ 代	RD23
W ₁	0	15.5±1.73 g	17.3±1.23 g	96.3±2.43 a	6.6±0.72 f	8.3±1.71 e	61.7±1.56 d
	45 kg km ⁻²	20.4±1.85 f	22.1±2.12 f	97.5±3.21 a	10.8±0.98 ef	11.0±1.68 de	65.3±0.96 cd
	90 kg km ⁻²	31.6±1.59 e	35.2±2.16 e	98.4±1.39 a	14.2±1.13 de	16.8±1.47 c	67.7±1.15 cd
W ₂	0	7.4±2.07 fg	7.6±0.46 g	92.2±1.93 b	3.7±1.15 cd	3.8±1.76 ef	73.2±1.37 c
	45 kg km ⁻²	13.3±2.43 ef	13.5±1.15 f	92.3±2.10 b	6.9±1.13 e	7.1±1.53 d	79.6±1.23 b
	90 kg km ⁻²	28.8±2.34 d	29.4±1.71 d	93.1±1.61 b	13.7±1.39 d	14.0±1.51 bc	85.5±0.98 a
W ₃	0	9.3±1.82 f	10.1±0.95 f	85.4±2.51 c	4.6±1.23 ef	5.5±0.41 de	55.3±1.59 b
	45 kg km ⁻²	20.5±1.28 e	23.9±1.87 e	86.5±1.97 c	10.3±1.01 de	13.5±0.26 bc	60.5±2.82 d
	90 kg km ⁻²	37.8±1.14 c	41.4±1.65 b	86.3±1.44 c	20.3±0.79 c	25.4±1.31 ab	66.8±1.82 cd
W ₄	0	10.9±0.78 f	11.2±1.66 f	62.3±1.22 d	6.5±1.12 e	8.6±0.62 cd	46.1±1.57 f
	45 kg km ⁻²	32.7±0.98 b	28.1±1.83 c	63.6±1.65 d	26.8±1.34 b	22.7±1.42 b	50.7±1.23 e
	90 kg km ⁻²	42.3±2.43 a	35.5±1.12 a	64.2±1.26 d	35.6±2.35 a	31.9±1.66 a	52.6±1.92 e
F 值	W	38.10**	37.71**	414.23**	28.58**	48.89**	519.98**
F-value	N	37.58**	22.89**	0.27**	40.13**	46.99**	55.77**
	W×N	8.61**	5.44*	1.57	9.29**	3.01*	10.32**

处理和数据分析同表 1。

Treatments and data analysis are the same as given in Table 1.

理、生化反应^[2,6,20]。目前关于水、肥条件对植物化感作用的影响是一个广泛争议的问题。从环境胁迫和资源竞争的角度研究,认为水、肥较差的条件下增加植物次生代谢物质(含化感物质)合成与分泌^[6]。熊君等^[26-27]运用实时荧光定量 PCR 技术测定水稻次生分泌物代谢途径中的关键酶,发现低氮胁迫诱发的水稻化感抑草能力增强,而且与其体内酚酸类物质合成代谢增强有关;通过对国际公认的化感水稻 PI312777 检测,证实随 N 水平的提高,对杂草的抑制率反而降低。胡飞等^[9]通过化感水稻在不同水肥与光照条件下的化感潜力和化感物质研究表明,华航 1 号在高水肥条件下化感潜力较强,在低水肥条件下次生物质的种类有所增加;徐正浩等^[10]研究认为田间水层的存在可有助于化感物质在田间的分布,从而起到有效控制杂草的效果;李贵等^[28]研究认为深土层不仅可抑制田间杂草的萌发,而且有利于化感物质发挥作用。因此,从供体植物的角度分析,环境条件的胁迫可能促进其产生与释放化感物质;而从受体植物和化感物质在环境中的行为角度分析,有利的环境条件可能充分发挥化感物质对受体植物的作用强度。本试验表明,干湿交替条件下生长的野生稻不仅具有较强的化感潜力,而且在田间能够表现出优良的抑制杂草效果。通过室内生物测定结果可以看出,在低氮和干旱的条件下,供体植物的化感作用增强,这与前人的报道一致。田间伴生杂草的调查表明,干旱条件并非最有利于野生稻抑制杂草的发生与生长。当野生稻受到一定的胁迫后,水分条件的改善可显著地提高其田间抑制稗草的效果。同时水氮二因子的互作,对化感作用

和抑制杂草效果均发挥显著的影响。

长雄野生稻(*Oryza longistaminata*)是一份对稗草具有较强化感作用和竞争作用的优良材料^[22]。在田间栽培条件下的抑制杂草效果,通常是化感作用和竞争作用的综合表现结果。研究认为,水稻化感作用特性与其自身的农艺性状无显著的相关性,尤其在生育前期表现较强^[23];而通常情况下,叶冠层、株高和分蘖等占优势的植株通常对杂草具有更强的竞争作用^[29]。本试验中,野生稻在高水氮条件下表现出具有竞争优势的农艺性状,而在低氮和干旱胁迫条件下显著地提高了化感潜力和田间抑制杂草的效果,这不仅吻合环境胁迫促进植物产生化感物质的观点,同时也表明长雄野生稻在生育前期对杂草的抑制,主要是其对杂草产生化感作用的结果。因此,抗草水稻的栽培与管理过程中,可通过生态调控措施有效提高水稻的化感潜力和田间控制杂草的效果。

References

- [1] Kong C H, Hu F, Wang P, Wu J L. Effects of allelopathic rice varieties combined with cultural management options on paddy field weeds. *Pest Manage Sci*, 2008, 64: 276–282
- [2] Zhao H, Li H B, Kong C H, Xu X H, Liang W J. Chemical response of allelopathic rice seedling under varying environmental conditions. *Allelopathy J*, 2005, 15: 105–110
- [3] Zhou Y J, Cao C D, Zhuang J Y, Zheng K L, Guo Y Q, Ye M, Yu L Q. Mapping QTL associated with allelopathy using the rice recombinant inbred lines and specific secondary metabolite marking method. *Allelopathy J*, 2007, 19: 479–485

- [4] Wang D-L(王大), Ma R-X(马瑞霞), Liu X-F(刘秀芬). A preliminary studying on rice allelopathy germplasm. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 2000, 33(3): 94–96 (in Chinese with English Abstract)
- [5] Wu H, Pratly J, Haig T. Crop cultivars with allelopathy capability. *Weed Res*, 1999, 39: 171–180
- [6] Kong C-H(孔垂华), Xu T(徐涛), Hu F(胡飞), Huang S-S(黄寿山). Allelopathy under environmental stress and its induced mechanism. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 2000, 20(5): 849–854 (in Chinese with English abstract)
- [7] Wang H-B(王海斌), Xiong J(熊君), Fang C-X(方长旬), Qiu L(邱龙), Wu W-X(吴文祥), He H-B(何海斌), Lin W-X(林文雄). FQ-PCR analysis on the differential expression of the key enzyme genes involved in isoprenoid metabolic pathway in allelopathic and weak allelopathic rice accessions (*Oryza sativa* L.) under nitrogen stress condition. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2007, 33(8): 1329–1334 (in Chinese with English abstract)
- [8] Lin W-X(林文雄), He H-Q(何华勤), Dong Z-H(董章杭), Shen L-H(沈荔花), Guo Y-C(郭玉春), Liang Y-Y(梁义元), Chen F-Y(陈芳育), Liang K-J(梁康迳). Study on developmental inheritance of allelopathy in rice (*Oryza sativa* L.) under different environment. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2004, 30(4): 348–353 (in Chinese with English abstract)
- [9] Hu F(胡飞), Kong C-H(孔垂华), Chen X-H(陈雄辉), Zhang Z-X(张朝贤). Effects of different water, fertility and light conditions on allelopathic traits of rice. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 2003, 14(12): 2265–2268 (in Chinese with English abstract)
- [10] Xu Z-H(徐正浩), He Y(何勇), Wang Y-P(王一平), Yu G-S(俞谷松). Interference of allelopathic rice cultivars on barnyard grass under different water irrigation and rice plant density. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 2004, 15(9): 1580–1584 (in Chinese with English abstract)
- [11] Lin W-X(林文雄), He H-B(何海斌), Xiong J(熊君), Shen L-H(沈荔花), Wu M-H(吴敏鸿), Lin R-Y(林瑞余), He H-Q(何华勤), Liang Y-Y(梁义元), Li Z-W(李兆伟), Chen T(陈婷). Advance in the investigation of rice allelopathy and its molecular ecology. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 2006, 26(8): 2687–2694 (in Chinese with English abstract)
- [12] Kato-Noguchi H, Kujimi H, Ino T. UV-induced momilactone B accumulation in rice rhizosphere. *J Plant Physiol*, 2007, 164: 1548–1551
- [13] Eihellig F A. Interaction involving allelopathy in cropping systems. *Agron J*, 1996, 88: 886–893
- [14] Langenheim J H. Higher plant terpenoids: a phytocentric view of their ecological role. *J Chem Ecol*, 1994, 20: 1223–1280
- [15] Wang H-B(王海斌), He H-B(何海斌), Qiu L(邱龙), Shen L-H(沈荔花), Fang C-X(方长旬), Lin R-Y(林瑞余), Lin W-X(林文雄). Molecular physiological properties of the enhanced weed-suppression ability of rice allelopathy induced by lower phosphorus supplies. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 2009, 15(3): 289–294 (in Chinese with English abstract)
- [16] Buchanan B B, Grissom W, Jones R L. *Biochemistry & Molecular Biology of Plants*. Hoboken: Wiley Publishers. American Society of Plant Physiologists, 2002. pp 1250–1311
- [17] Kim K U, Shin D H, eds. *Rice Allelopathy*. Taegu (Korea): Kyungpook National University Press, 2000. pp 109–124
- [18] He H-Q(何华勤), Jia X-L(贾小丽), Liang Y-Y(梁义元), Ke Y-Q(柯玉琴), Guo Y-C(郭玉春), Liang K-J(梁康迳), Lin W-X(林文雄). Analyzing the molecular mechanism of crop allelopathy by using differential proteomics. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 2005, 25(12): 3141–3145 (in Chinese with English abstract)
- [19] Xu T(徐涛), Kong C-H(孔垂华), Hu F(胡飞). Allelopathy of *Ageratum conyzoides*: III. Allelopathy of the volatile oil from *Ageratum* on plants under different nutrient levels. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 1999, 10(6): 748–750 (in Chinese with English abstract)
- [20] Kong C H. Rice allelopathy. *Allelopathy J*, 2008, 22: 261–274
- [21] Kong C-H(孔垂华), Hu F(胡飞), Chen X-H(陈雄辉), Chen Y-P(陈益培), Huang S-S(黄寿山). Assessment and utilization of allelopathic crop varietal resources. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 2002, 35(9): 1159–1164 (in Chinese with English abstract)
- [22] Chou C H, Chang F J, Oka H I. Allelopathic potential of wild rice (*Oryza perennis*). *Taiwania*, 1991, 36(3): 201–210
- [23] Zhang F D, Li T L, Shan Q L, Guo Y Q, Xu P, Hu F Y, Tao D Y. Weed-suppressive ability of *Oryza longistaminata* and *Oryza sativa*. *Allelopathy J*, 2008, 22(2): 345–352
- [24] Zhang F-D(张付斗), Guo Y-Q(郭怡卿), Yu L-Q(余柳青), Tao D-Y(陶大云). Evaluation and screening of resistance to barnyard grass in germplasm of wild rice (*Oryza sativa*) and African cultivar. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2004, 30(11): 1140–1144 (in Chinese with English abstract)
- [25] Wang P, Kong C H, Hu F, Xu X H. Allantoin involved in species interactions with rice and other organism in paddy soil. *Plant Soil*, 2007, 296: 43–51
- [26] Xiong J(熊君), Wang H-B(王海斌), Fang C-X(方长旬), Qiu L(邱龙), Wu W-X(吴文祥), He H-B(何海斌), Lin W-X(林文雄). The differential expression of the genes of the key enzymes involved in phenolic compound metabolism in rice (*Oryza sativa* L.) under different nitrogen supply. *J Plant Physiol Mol Biol* (植物生理与分子生物学报), 2007, 33(5): 387–394 (in Chinese with English abstract)
- [27] Xiong J(熊君), Lin W-X(林文雄), Zhou J-J(周军建), Wu M-H(吴敏鸿), Chen X-X(陈祥旭), He H-B(何海斌), Guo Y-C(郭玉春), Liang Y-Y(梁义元). Allelopathy and resources competition of rice under different nitrogen supplies. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 2005, 16(5): 885–889 (in Chinese with English abstract)
- [28] Li G(李贵), Wu J-L(吴竞仑), Wang Y-Z(王一专), Liu L-P(刘丽萍). Effects of transplanting density and water depth on interference of allelopathic rice in weeds. *J Shanghai Jiaotong Univ* (Agric Sci)(上海交通大学学报·农业科学版), 2007, 25(6): 561–565 (in Chinese with English abstract)
- [29] Zhou S-C(周少川), Kong C-H(孔垂华), Li H(李宏), Li D-C(李德城), Hu F(胡飞). Relationships between allelopathic traits and

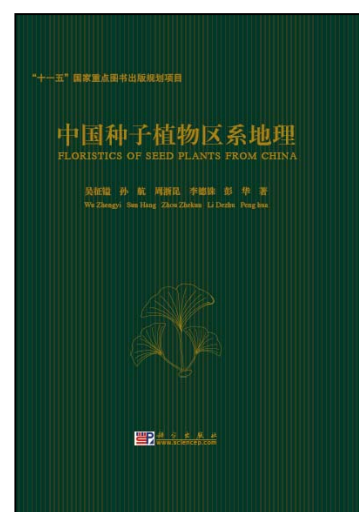
- agronomic characters of rice varieties. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 2005, 16(4): 737–739 (in Chinese with English abstract)
- [30] Dilday R H, Yan W G, Moldenhauer K A K, Gravois K A. Allelopathic activity in rice for controlling major aquatic weeds. In: Olofsdotter M ed. *Allelopathy in Rice*. Manila, Philippines: IRRI, 1998. pp 7–26
- [31] He H-Q(何华勤), Chen X-X(陈祥旭), Lin W-X(林文雄), Dong Z-H(董章杭), Guo Y-C(郭玉春), Shen L-H(沈荔花), Liang Y-Y(梁义元), Chen F-Y(陈芳育). Analysis on genetic effect of rice allelopathy and its potential parental lines. *J Fujian Agric For Univ* (福建农林大学学报), 2002, 31(4): 414–418 (in Chinese with English abstract)
- [32] Zeng D-L(曾大力), Qian Q(钱前), Teng S(滕胜), Dong G-J(董国军), Fujimoto H, Yasufumi K, Zhu L-H(朱立煌). Genetic analysis of rice allelopathy. *Chin Sci Bull* (科学通报), 2003, 48(1): 70–73 (in Chinese with English abstract)

科学出版社生物分社新书推介

《中国种子植物区系地理》

“十一五”国家重点图书出版规划项目
 吴征镒 孙航 周浙昆 李德铎 彭华 著
 2010年11月出版 定价: ¥98.00
 ISBN 978-7-03-022390-6 开本: 16开
 装帧: 精装

本书是一部关于中国植物区系地理的专著。这部著作介绍了植物区系背景和区系分区概况。专著中强调了“属”这个分类单位,以作者独创的研究方法,结合前人的研究结论,着重着墨于属的分布区类型特征、组成和区系分析。作者研究认为中国植物区系分为4个区、7个亚区、24个地区和49个亚地区。作者意在以本书与其他专著融会贯通、衔接呼应,共同形成一套完整的关于中国种子植物区系的理论。专著中还详细绘制了重点类群分布区图。本书的主要读者为从事植物学各分支学科教学、科研的教师和研究生等;本书亦可作为生物多样性、自然地理等学科理论研究和实践的参考资料。



欢迎各界人士邮购科学出版社各类图书

联系人: 科学出版社科学销售中心 周文宇 电话: 010-64031535 E-mail: zhouwenyu@mail.sciencep.com

网上订购: <http://shop.sciencepress.cn>

联系科学出版中心生物分社: 010-64012501 <http://www.lifescience.com.cn> E-mail: lifescience@mail.sciencep.com

更多精彩图书请登陆网站, 欢迎致电索要书目