广东省稻田杂草控制效果及影响因素

彭 亮[1]， 李 奇[1]， 姬静华[1]， 林芳源[2]， 胡 飞[1*]

（1. 华南农业大学农学院，广州 510642；2. 广东省江门市新会区农林局，江门 529000）

摘要 为了解常规管理条件下对广东稻田杂草的控制效果及其影响因素，于 2015 年对粤东、粤西、粤北地区及珠江三角洲的早、晚季稻田杂草进行了调查分析。结果表明：在常规控制措施下稻田中综合草害指数与水稻产量呈负相关，推荐剂量的除草剂不能有效控制稻田杂草的危害，特别是在早季需要辅以人工措施对稻田杂草进行管理。稻田杂草对除草剂产生了不同程度的抗药性。化学除草剂成本低，水稻种植者目前仍可以通过更换除草剂品种和加大剂量对杂草进行控制。化感抑草品种的推广需要在品质和产量上进一步满足生产的需要。在杂草耐药性增加、环境和政策要求减少化学除草剂投入的双重压力下，选育具有化感抑草效果的水稻品种，结合农艺措施，应该成为今后稻田控草的发展方向之一。

关键词 稻田杂草； 综合草害指数； 除草剂； 化感抑草

中图分类号： S 451.1 **文献标识码：** A **DOI：** 10.3969/j.issn.0529 - 1542.2017.04.029

Control effect and influence factors of paddy weeds in Guangdong Province

Peng Liang[1]， Li Qi[1]， Ji Jinghua[1]， Lin Fangyuan[2]， Hu Fei[1]

（1. *College of Agriculture*，*South China Agricultural University*，*Guangzhou* 510642，*China*；
2. *Xinhui Agricultural and Forestry Bureau in Jiangmen City*，*Guangdong* 529000，*China*）

Abstract A survey was conducted in 2015 to investigate the weed control effect and associated influence factors on the early and late paddy weeds in four areas of Guangdong Province. The results showed that rice（*Oryza sativa* L.）yield was negatively correlated with the comprehensive infestation index（CII）under conventional weed management practices. Herbicide at recommended dosage may not have effective weed control effect in rice paddy，particularly during the early growing season，and therefore，manual weeding is often required. Herbicide resistant weeds have been widely observed in rice paddy. In order to effectively control weeds，rice growers have to use different kinds of herbicides or increase herbicide dosage. In addition，the cultivation of rice cultivars with alleopathic effect may significantly suppress weeds，whereas the quality and yield of rice cultivars with alleopathic effect still needs to be improved. Overall，utilizing appropriate agronomic practice and planting rice cultivars with allelopathic capability appear to be promising for weed control in rice paddy.

Key words paddy weeds； comprehensive weeds index； herbicide； allelopathic inhibition

广东省是全国 13 个粮食主产省之一，水稻作为广东省最主要的粮食作物，每年稻谷产量占粮食作物产量的比例平均保持在 76%以上[1-2]。杂草是影响水稻产量的重要因素之一，随着种植制度和除草方式的变化，杂草种类及分布也在变化[3]。近 10 年来，除个别关于广东省稻田杂草危害的文献报道外[4-5]，还缺乏对广东省稻田常规控制条件下杂草种类及危害的调查。掌握稻田杂草及危害的变化是科学合理防治杂草的基础性工作之一。本文对 2015 年珠江三角洲、粤东、粤北、粤西 4 个区域的稻田杂草控制效果的调查、访问的结果进行分析，为探明广东稻田杂草发生、危害的变化规律和有效控制稻田

收稿日期： 2016 - 09 - 27 **修订日期：** 2016 - 12 - 05
基金项目： 公益性行业(农业)科研专项(201403030)
* 通信作者 E-mail：hufei@scau.edu.cn

杂草提供依据,为探索进一步在生态友好条件下控制稻田杂草提供参考。

1　材料与方法

1.1　研究地概况

广东省地处中国大陆最南部,全境位于北纬 20°09′～25°31′和东经 109°45′～117°20′之间。陆地总面积为 17.85 万 km^2。广东省从北向南分别为中亚热带、南亚热带和热带气候,是全国光、热和水资源最丰富的地区之一。年平均气温为 19～24℃,1 月平均气温为 16～19℃,7 月平均气温为 28～29℃;年平均降水量为 1 300～2 500 mm,全省平均 1 777 mm。广东省的水稻种植区划属于华南双季稻稻作区,种植制度为一年两熟制。

1.2　研究方法

在水稻灌浆期到乳熟期[2015 年 6 月(早稻)和 10 月(晚稻)]分别对粤东地区(汕头、梅州)、珠江三角洲(广州、江门、肇庆)、粤西地区(茂名、云浮)、粤北地区(韶关)的 8 个市区的稻田进行调查,调查点基本信息如表 1。每个点随机选取 3 块面积不小于 667 m^2 的田块作为样地,每个样地随机选取 3 块面积为 1 m^2 的地块作为样点,调查杂草的种类、数量、盖度,根据七级目测法分级标准(表 2)测定每种杂草的相对盖度、多度和相对高度[6],确定其优势度。相对盖度是某一种杂草植株的垂直投影面积与定点样方投影面积之比;相对高度是指某一种杂草的平均高度与水稻高度之比。向稻田责任人了解调查田块的前茬作物、水稻品种、种植方式、除草方式及除草剂使用情况。

表 1　调查地的地理位置

Table 1　The geographical location of survey site

区域 Area	地点 Site	经纬度 Latitude and longitude
粤东地区 East of Guangdong Province	汕头市溪南镇银北村	116°77′E,23°48′N
	梅州市平远县仁居镇井下村	115°88′E,24°57′N
珠江三角洲地区 Pearl River Delta area	肇庆市四会县罗屋村	112°68′E,23°33′N
	江门市新会区张村	113°03′E,22°47′N
	广州市从化市鳌头镇桥头村	113°58′E,23°55′N
粤西地区 West of Guangdong Province	茂名市信宜县红旗村	110°95′E,22°35′N
	云浮市罗定市素龙县太平镇	111°57′E,22°77′N
粤北地区 North of Guangdong Province	韶关市乳源县上桂村	113°27′E,24°78′N

表 2　杂草群落优势度七级目测分级标准

Table 2　The seven visual classification standard of weed community dominance

优势度级别(危害度级别) Dominance degree	相对盖度/% Relative coverage	多度 Abundance	相对高度 Relative height
5	>25	多至很多	上层
	>50	很多	中层
	>95	很多	下层
4	10～25	较多	上层
	25～50	多	中层
	50～95	很多	下层
3	5～10	较少	上层
	10～25	较多	中层
	25～50	多	下层
2	2～5	少	上层
	5～10	较少	中层
	10～25	较多	下层
1	1～2	很少	上层
	2～5	少	中层
	5～10	较少	下层
T	<1	偶见	上层
	1～2	很少	中层
	2～5	少	下层
0	<0.1	1～3 株	上层
	<1	偶见	中层
	<2	很少	下层

1.3　量化参数计算方法

为量化调查结果,在对样方取样数据进行处理时运用了田间均度、田间密度、田间频率、相对多度、综合草害指数 5 个参数[7]。

田间均度(uniformity,U):某种杂草在所调查田块中出现的样方数占总调查样方数的百分比。田间密度(density,D):某种杂草在各调查田块的平均密度(株/m^2)之和与总调查田块数之比。田间频率(frequency,F):某种杂草出现的田块数占总调查田块数的百分比。

相对均度(RU)、相对密度(RD)、相对频率(RF)计算公式[7]如下:

$$RU(\%)=\frac{\text{某种杂草的田间均度}}{\text{各种杂草的田间均度之和}}\times 100;$$

$$RD(\%)=\frac{\text{某种杂草的田间密度}}{\text{各种杂草的田间密度之和}}\times 100;$$

$$RF(\%)=\frac{\text{某种杂草的田间频率}}{\text{各种杂草的田间频率之和}}\times 100;$$

相对多度(relative abundant,RA)=RF+RU+RD,它反映了某种杂草在杂草群落中所占的比重,是从杂草发生数量上衡量杂草危害的重要指标。

综合草害指数(comprehensive infestation index,

CII)是反映某种杂草在一个类型群落中优势度高低的指标，是从杂草的长相和长势来反映农田杂草危害程度的指标。指数高即可确定为该群落的优势杂草种群。其计算公式[6]如下：

$$CII=\frac{\sum(\text{其级别出现的样方数}\times\text{该级代表值})}{\text{该地区样方总数}\times 5},$$

式中，代表值为表2中优势度级别，其中T级赋值0.5，0级赋值0.1。

1.4 杂草危害、防治措施和防治意愿访查方法

对广东省水稻种植者这个大规模总体来说，90%的精度即可满足要求，经计算其保守样本容量为100[8]。每个调查区域随机选取35名水稻种植者(共计140名)进行口头访查，调查内容包括：稻田草害是否严重、除草方式、除草剂用量、除草剂的成本、对抗草品种的态度。统计各选项的种植者人数。由访问者填写表格，统计各选项的种植者人数。

2 结果分析

2.1 各地区杂草相对多度的比较

调查结果显示，各地区早、晚两季稻田杂草的田间均度、密度、频率和相对多度有明显的差异(表3)。从田间均度来看，在早季稻田中，珠江三角洲地区和粤北地区的稗草 *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv 及空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.，粤西地区稗草和千金子 *Leptochloa chinensis* (L.) Nees 均超过50%，粤东地区的稗草和丁香蓼 *Ludwigia prostrata* Roxb，珠江三角洲地区的鸭舌草 *Monochoria vaginalis* (Burm. f.) Preslex Kunth、丁香蓼和千金子，粤西地区的鸭舌草均达到30%以上；在晚季田中只有粤东和粤西地区的千金子，珠江三角洲的稗草，粤北地区的稗草、千金子与鸭舌草的均度达到了30%，其他杂草都低于30%。

从田间密度来看，在早季稻田中，珠江三角洲地区的稗草和千金子的密度均超过4.0株/m^2，稗草的密度达到了7.44株/m^2，密度大于2.0株/m^2的还有空心莲子草、丁香蓼和异型莎草 *Cyperus difformis* L.，粤北地区的稗草密度达到了4.3株/m^2，其他地区的杂草密度均低于2.0株/m^2；在晚季稻田中各地区杂草密度均未超过1.0株/m^2。

从田间频率来看，早季稻田中，粤东地区的丁香蓼、珠江三角洲地区的空心莲子草、粤西地区的稗草和千金子及粤北地区的稗草和空心莲子草的频率均超过了30%，频率达到20%以上的还有珠江三角洲地区的稗草、鸭舌草、千金子和丁香蓼，其他杂草的频率均低于20%；晚季稻田中粤东的千金子和粤北的稗草、千金子和鸭舌草的田间频率都达到了100%，粤东的稗草和粤西的稗草、空心莲子草和千金子的频率也达到了50%，珠江三角洲的稗草、千金子、鸭舌草和异型莎草的频率都达到了30%，其他均为0。

从相对多度来看，早季稻田中，粤东地区的稗草和丁香蓼的相对多度达到80%以上，千金子在60%以上，空心莲子草在40%以上；珠江三角洲地区早稻田的杂草相对多度均低于80%，只有稗草超过了60%，空心莲子草、千金子和丁香蓼相对多度在40%～60%之间，其他均低于40%；粤西地区的稗草和千金子相对多度达到80%以上，稗草甚至达到了113.7%，空心莲子草和鸭舌草在40%～60%之间；粤北地区的稗草和空心莲子草的相对多度均超过80%，二者分别高达181.13%和118.87%，但其他杂草均为0。晚季稻田中，粤东和粤西的稗草和千金子、珠江三角洲的稗草和异型莎草、粤北的稗草、千金子和鸭舌草的相对多度达到80%以上，其中粤东的千金子相对多度达到了207%。粤西的空心莲子草达到了72.9%，珠江三角洲的千金子和鸭舌草也达到了40%以上，其他杂草的相对多度均为0。

2.2 各地区杂草综合草害指数比较

表4表明各地区的杂草优势度均不同。依据综合草害指数，将各地区稻田杂草分为四类：优势杂草、局部优势杂草、次要杂草和一般性杂草[3]。早季稻粤东地区的稗草综合草害指数最高，是局部优势杂草($0.12\leqslant CII<0.25$)；次要杂草($0.05\leqslant CII<0.12$)是千金子和丁香蓼；一般性杂草($CII<0.05$)是空心莲子草。珠江三角洲地区以稗草和空心莲子草的综合草害指数最高，是本地区的优势杂草($CII\geqslant 0.25$)，鸭舌草、千金子、丁香蓼和异型莎草等为局部优势杂草，荩草为次要杂草。

粤西地区的稗草和千金子的综合草害指数最高，是该地区的优势杂草，鸭舌草是局部优势杂草，空心莲子草是一般性杂草。粤北地区的优势杂草为稗草，次要杂草是空心莲子草。

晚季稻各区均未出现优势杂草和局部优势杂草，只有珠江三角洲的稗草和粤北地区的稗草、空心莲子草和千金子为次要杂草，其他地区出现的杂草均为一般性杂草。

表 3　广东省稻田杂草的田间均度、密度、频率和相对多度[1)]

Table 3　The uniformity, density, frequency and relative abundance of paddy weeds in Guangdong Province

区域 Site	参数 Parameter	稗草 *Echinochloa crusgalli*		空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides*		千金子 *Leptochloa chinensis*		丁香蓼 *Ludwigia prostrata*		鸭舌草 *Monochoria vaginalis*		异型莎草 *Cyperus difformis*		荩草 *Arthraxon hispidus*	
		早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice	早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice	早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice	早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice	早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice	早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice	早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice
粤东地区 East of Guangdong Province	U	33.30	16.67	16.70	0	16.70	33.33	33.30	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	D	0.33	0.17	0.17	0	0.33	0.5	0.33	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	F	16.67	50	16.67	0	16.67	100	33.33	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	RA	81.87	92.11	50.99	0	65.27	207.89	101.87	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
珠江三角洲地区 Pearl River Delta area	U	66.70	33.33	55.60	0	33.30	11.11	44.40	0	44.40	11.11	22.20	11.11	11.10	0
	D	7.44	0.67	3.89	0	5.44	0.11	3.44	0	1.56	0.11	2.33	1	1.44	0
	F	22.23	33.33	33.33	0	22.23	33.33	22.23	0	22.23	33.33	11.10	33.33	11.10	0
	RA	68.54	110.45	58.31	0	48.69	47.49	44.86	0	37.47	47.49	24.81	94.58	17.33	0
粤西地区 West of Guangdong Province	U	66.70	16.67	16.70	16.67	66.70	33.33	0.00	0	33.30	0	0.00	0	0.00	0
	D	1.83	0.5	1.00	0.17	1.00	0.5	0.00	0	0.33	0	0.00	0	0.00	0
	F	33.33	50	16.67	50	33.33	50	0.00	0	16.67	0	0.00	0	0.00	0
	RA	113.70	101.11	49.77	72.9	93.70	125.99	0.00	0	42.82	0	0.00	0	0.00	0
粤北地区 North of Guangdong Province	U	66.70	33.33	66.70	0	0.00	33.33	0.00	0	0.00	33.33	0.00	0	0.00	0
	D	4.30	1	1.00	0	0.00	1	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.00	0
	F	33.33	100	33.33	0	0.00	100	0.00	0	0.00	100	0.00	0	0.00	0
	RA	181.13	100	118.87	0	0.00	100	0.00	0	0.00	100	0.00	0	0.00	0

1）U—田间均度;D—田间密度;F—频率;RA—相对多度。
U—Uniformity; D—Density; F—Frequency; RA—Relative abundance.

表 4　广东省各地区稻田杂草的综合草害指数

Table 4　The comprehensive infestation index of paddy weeds in Guangdong Province

区域 Area	地点 Site	稗草 *Echinochloa crusgalli*		空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides*		千金子 *Leptochloa chinensis*		丁香蓼 *Ludwigia prostrata*		鸭舌草 *Monochoria vaginalis*		异型莎草 *Cyperus difformis*		荩草 *Arthraxon hispidus*		总和 Total	
		早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice	早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice	早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice	早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice	早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice	早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice	早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice	早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice
粤东地区 East of Guangdong Province	汕头	0.10	0.04	0.05	0.00	0.11	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.29	0.11
	梅州	0.17	0.01	0.00	0.04	0.00	0.04	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.24	0.10
	平均	0.13	0.03	0.02	0.02	0.05	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.26	0.11
珠江三角洲地区 Pearl River Delta area	肇庆	0.00	0.01	0.24	0.03	0.04	0.03	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.11
	江门	0.80	0.01	0.13	0.03	0.67	0.04	0.11	0.01	0.20	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	1.91	0.11
	广州	0.53	0.17	0.43	0.00	0.00	0.01	0.40	0.01	0.47	0.01	0.43	0.14	0.14	0.00	2.41	0.33
	平均	0.44	0.06	0.29	0.02	0.24	0.03	0.17	0.02	0.22	0.00	0.14	0.05	0.05	0.00	1.55	0.18
粤西地区 West of Guangdong Province	茂名	0.04	0.00	0.04	0.00	0.13	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.04
	云浮	0.67	0.07	0.00	0.03	0.53	0.07	0.00	0.00	0.27	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	1.47	0.21
	平均	0.35	0.04	0.02	0.02	0.33	0.05	0.00	0.00	0.13	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.12
粤北地区 North of Guangdong Province	韶关	0.33	0.07	0.10	0.07	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.43	0.24
	平均	0.33	0.07	0.10	0.07	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.43	0.24

2.3 各地区的水稻种植及田间管理情况

表 5 显示人工移栽方式仍是主流，也有少部分地区部分种植者采用免耕直播、机械插秧和抛秧方式。不同调查地块的前茬作物地区间有差异，早季稻前茬作物以水稻为主，粤西、粤北地区调查田块为旱作和休耕；晚季稻前茬也多是水稻，只有粤北调查田块前茬是花生。

表 6 显示调查地区间水稻品种、密度差别较大，早、晚季调查点的水稻密度差值最大分别达到了 13.7 万穴/hm^2 和 12.5 万穴/hm^2。由于水稻种植品种和密度的差别，早、晚季茎蘖数的差值最大分别达到 162 万个/hm^2 和 309 万个/hm^2，株高的最大差值分别达42.4 cm和 13.7 cm。粤东地区和粤西地区的早季稻产量明显高于粤北地区和珠江三角洲地区，而晚季产量各地区差别不大。

表 5 各地区田间情况

Table 5 The field condition in survey sites

区域 Area	地点 Site	移栽方式 Transplanting method		前茬作物 Preceding crop	
		早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice	早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice
粤东地区 East of Guangdong Province	汕头	人工移栽	人工移栽	水稻	水稻
	梅州	抛秧	人工移栽	水稻	水稻
珠江三角洲地区 Pearl River Delta area	肇庆	人工移栽	人工移栽	水稻	水稻
	江门	机械插秧	机械插秧	水稻	水稻
	广州	免耕直播	人工移栽	马铃薯	水稻
粤西地区 West of Guangdong Province	茂名	人工移栽	人工移栽	—	水稻
	云浮	免耕直播	免耕直播	马铃薯	水稻
粤北地区 North of Guangdong Province	韶关	抛秧	人工移栽	烟草	花生

表 6 各地区产量及种植品种1)

Table 6 The production and rice varieties of survey sites

区域 Area	地点 Site	品种 Variety		密度/万穴·$(hm^2)^{-1}$ Density		茎蘖数/万个·$(hm^2)^{-1}$ Tiller number		株高/cm Height		产量/t·$(hm^2)^{-1}$ Yield	
		早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice	早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice	早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice	早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice	早季稻 Early rice	晚季稻 Late rice
粤东地区 East of Guangdong Province	汕头	汕优 63	汕优 63	24.5	24.5	374.9	374.9	118.3	118.3	8.0	6.0
	梅州	深优 9708	深优 9708	28.6	26.0	351.8	291.2	105.3	105.7	7.5	6.8
珠江三角洲地区 Pearl River Delta area	肇庆	杂优	杂优	25.0	25.0	435.0	405.0	104.0	104.7	3.0	4.5
	江门	五星丝苗	五星丝苗	31.0	21.0	393.7	296.1	102.0	104.6	5.3	6.8
	广州	象牙香占	象牙香占	21.7	30.0	362.4	519.0	108.9	109.7	—	5.4
粤西地区 West of Guangdong Province	茂名	汕优 63	杂优	17.3	22.0	263.0	279.4	112.7	118.1	7.2	6.0
	云浮	美香占	美香占	25.0	25.0	405.0	405.0	117.6	117.6	—	5.3
粤北地区 North of Guangdong Province	韶关	琶江占	米香粘	27.0	17.5	410.4	210.0	75.9	104.9	6.0	6.0

1) 表中“—”表示该地区该项事件未发生。下同。
The “—” means the incidence not occurred. The same below.

2.4 各地区的稻田杂草防除情况

表 7 显示各地区调查田块的除草措施不尽相同，同一田块早季和晚季稻田的防除措施差别不大。粤东地区稻田大多只采用除草剂或人工除草；珠江三角洲地区稻田都施用除草剂，杂草严重的田辅以人工除草；粤西地区多采用除草剂和人工除草相结合的措施；粤北地区大多只施用除草剂。各地使用除草剂的主要成分大都是苄嘧磺隆、丁草胺和二氯化物等，但粤西和粤北地区使用量明显高于其他地区。除草剂施用方式大都采用药肥混施，乳油状药物使用喷雾方式。除草剂施用时间为移栽后 4～7 d，直播田在播前一周施用。

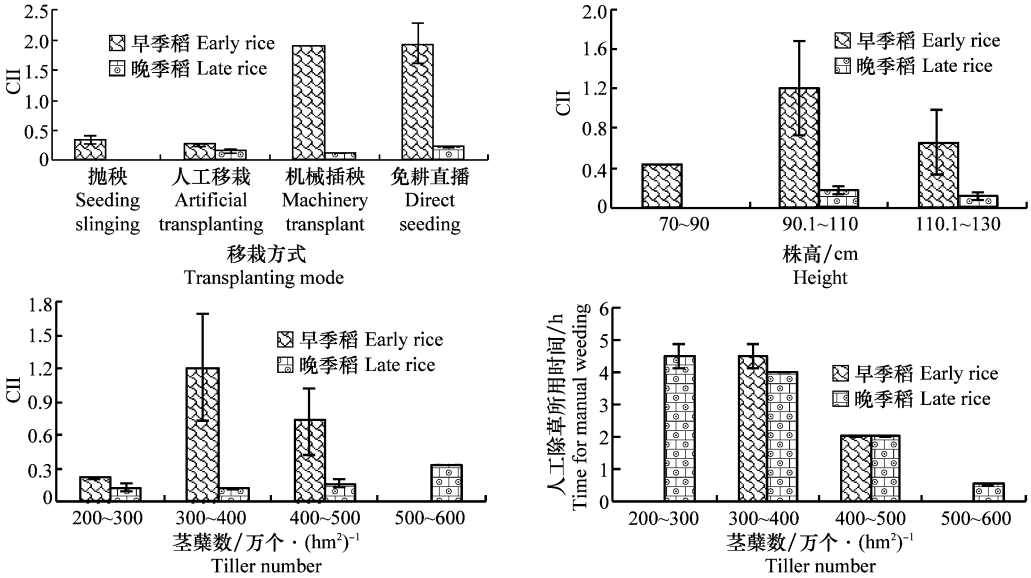
2.5 杂草危害程度与各影响因子的相关性分析

图 1 可以看出，早稻田杂草在当前控制水平下综合草害指数显著高于晚稻田。早稻机械插秧和免耕直播的田块的杂草综合草害指数显著高于人工移栽和抛秧田，差别最大可达 1.68，晚季稻各种种植方式的田块杂草综合草害指数差异不明显。早季水

稻株高在 90～110 cm 之间时综合草害指数较大,晚季水稻株高与综合草害指数关系不明显。茎蘖数大于 300 万个/hm² 早季稻田杂草的综合草害指数随茎蘖数的增加而减小,变化幅度较大;晚季稻茎蘖数与综合草害指数的关系不明显。早、晚季稻田人工除草用时随茎蘖数的增大而缩短。

图 2 表明,早季稻使用以草甘膦、草氨酸和混合药剂为主要成分的除草剂的田块,其杂草综合草害指数显著低于使用二氯化物和丁草胺为主要成分的除草剂的田块,而晚季稻除草剂主要成分对杂草综合草害指数的影响差异不大。早季稻田杂草的综合草害指数随除草剂施用量的增加有增大的趋势,这可以能与种植者增施除草剂以应对杂草抗药性有关;晚季稻田除草剂施用量对综合草害指数的影响差异较小。

图 3 显示,早、晚季稻田杂草的综合草害指数与产量有负相关关系,但均不显著。



晚季稻无抛秧的移栽方式;晚季稻没有株高低于90 cm的田;早季稻没有茎蘖数大于500万个/hm²的田;茎蘖数低于300万个/hm²的早季稻田未进行人工除草

No seeding slinging in late rice paddy; no plant height lower than 90 cm in late rice paddy; no tiller number more than 5 million/hm² in early rice paddy; no manual weeding in early rice paddy with tiller number lower than 3 million/hm²

图 1　水稻移栽方式、株高、茎蘖数对综合草害指数的影响

Fig. 1　The influences of transplanting mode, height, tiller number on CII

表 7　广东各地区的杂草防除情况[1)]

Table 7　The status of weed control in Guangdong Province

水稻类型 Rice type	区域 Area	地点 Site	除草剂使用情况 Use condition of herbicide					其他除草措施及用工时间 Other weed control measures and time-taken
			商品名 Trade name	灭草主要成分 Active ingredient	施用量/kg·(hm²)⁻¹ Application rate	施用方式 Application method	施用时间 Application time	
早季稻 Early rice	粤东地区 East of Guangdong Province	汕头	—	—	—	—	—	人工除草 5 h
		梅州	金稻龙	0.1%丁草胺、苄嘧磺隆	0.300	撒施	抛秧后 7 d	—
	珠江三角洲地区 Pearl River Delta area	肇庆	抛秧净	苄嘧磺隆、异丙草胺	0.375	肥药混施	插秧后 4 d	—
		江门	苄·二氯	苄嘧磺隆、二氯喹啉酸	0.450	肥药混施	插秧后 4 d	—
		广州	百草枯	二氯化物	1.350	喷施	直播前 7 d	人工除草 4 h
	粤西地区 West of Guangdong Province	茂名	草甘膦	草甘膦	0.750	喷施	插秧前、孕穗期	—
		云浮	丁草胺	丁草胺	0.750*	肥药混施	分蘖期	人工除草 2 h
	粤北地区 North of Guangdong Province	韶关	苄·丁	苄嘧磺隆、丁草胺	0.750	肥药混施	抛秧后 4 d	—
晚季稻 Late rice	粤东地区 East of Guangdong Province	汕头	—	—	—	—	—	人工除草 4 h
		梅州	金稻龙	丁草胺、苄嘧磺隆	0.300	撒施	插秧后 7 d	—
	珠江三角洲地区 Pearl River Delta area	肇庆	抛秧净	苄嘧磺隆、异丙草胺	0.375	肥药混施	插秧后 4 d	—
		江门	吡嘧·二氯喹	吡嘧磺隆与二氯喹啉酸	0.450	肥药混施	插秧后 5 d	—
		广州	草甘膦	草甘膦	0.750	肥药混施	插秧后 7 d	人工除草 0.5 h
	粤西地区 West of Guangdong Province	茂名	草氨酸	草氨酸	0.300	肥药混施	插秧后 7 d	人工除草 5 h
		云浮	丁草胺	丁草胺	0.750*	肥药混施	分蘖期	人工除草 2 h
	粤北地区 North of Guangdong Province	韶关	秧田一次清	混合药剂,成分未知	0.750*	肥药混施	分蘖期	人工除草 4 h

1) 表中带“*”的数据单位为 L/hm²。

The data with “*”means unit are of the L/hm².

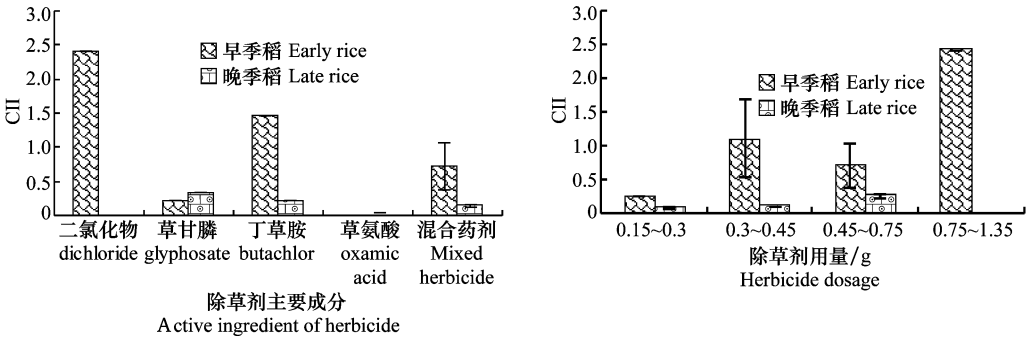


图 2　除草剂主要成分和用量对综合草害指数的影响

Fig. 2　The influence of active ingredient and application dosage of herbicides on CII

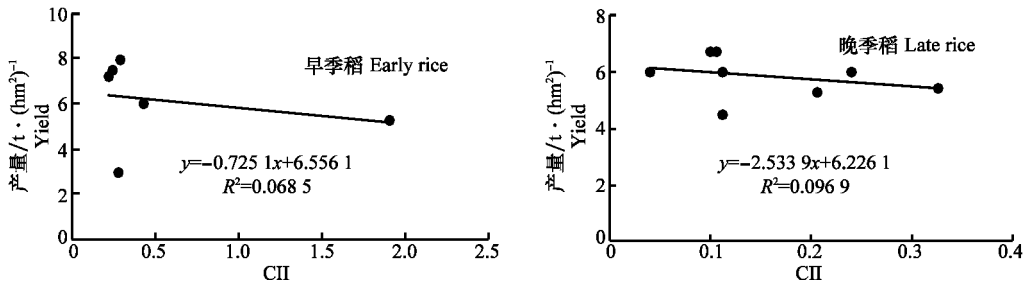


图 3　综合草害指数与水稻产量的相关性

Fig. 3　The correlation between CII and rice yield

2.6　杂草危害、防治措施和防控意愿

对稻田种植者调查表明(表 8),87%的种植者认为稻田杂草发生危害严重。32%的种植者控制稻田杂草的方式是只用除草剂,但由于除草剂并不能完全控制杂草,60%的种植者需要辅以人工除草的方式对杂草进行有效控制,7%的种植者只采用人工措施控制杂草。访查进一步发现,水稻生产过程中有近 34%的种植者使用除草剂超过了指导用量。89%种植者认为除草剂在水稻生产中所占的成本很低。对抗草品种的态度调查显示,在品质产量均优时,100%的水稻种植者愿意接受优质高产抗草品种,优质且抗草的品种接受率仍可以达到 80%,高产且抗草品种的接受率只占 15%,对仅抗草品种的接受率为 0。

表 8　杂草防治情况口头访查结果

Table 8　The verbal investigation results of weed control

稻田草害发生程度 Level of weed infestation	人数 Number	除草方式 Weed control method	人数 Number	除草剂用量 Herbicide dose	人数 Number	除草剂的成本 Herbicide cost	人数 Number	对抗草品种的态度 Attitude about weed-competitive rice varieties	人数 Number
严重	122	只用除草剂	45	指导用量	92	高	0	优质高产抗草	140
		除草剂+人工	84	高于指导用量	48	中	15	优质抗草	112
不严重	18	人工	11	低于指导用量	0	低	125	高产抗草	21
								抗草	0

3　结论与讨论

本次对广东省粤东地区、珠江三角洲地区、粤西地区和粤北地区的 8 个市区的早、晚季稻田在当前控制措施下杂草的危害情况进行了调查。调查时间为水稻灌浆期到乳熟期,此时杂草大都进入生殖生长阶段,易于识别,危害程度可比性强。本试验设置的调查点分布也较前人的均匀,调查持续时间较过去更集中,因此本次调查结果更接近广东省稻田杂草的发生情况。

调查区域内早季稻田比晚季稻田杂草发生严重,控制效果较差(图 1,图 2)。这可能与以下几方面的因素有关,首先,早季稻田有一个较长的休耕或旱作期,土壤中累积了大量的杂草种子,而晚季稻前

茬多为水稻,经过前茬水稻田的化学和人工除草,土壤中杂草种子库相对较小;其次,早季稻移栽后气温较低,水稻返青封行所需时间较长,而此时的环境条件适宜杂草种子萌发生长,水稻对杂草的竞争压力小,导致杂草控制效果相对较弱,而晚稻移栽后气温高,返青封行时间短,水稻很快通过群体优势抑制了杂草的生长;再次,早季稻田除草剂施用期间常常出现雨水天气,部分除草剂可能淋失,实际起效的浓度较低,晚季稻移栽时大多引水灌溉,除草剂被淋失的量相对较小。

本次调查结果表明,广东省稻田杂草种群发生了显著的变化,其中稗草、空心莲子草、鸭舌草、千金子的变化尤为明显(表 3)。在以往的调查中,空心莲子草和鸭跖草在广东省稻田发生最广、分布最普遍,但稗草的频度在北部山区仅为 33.33%,在珠三角地区的广州仅为 46%[4],而本研究发现,稗草已成为各地区稻田的优势杂草,而空心莲子草、千金子等杂草的优势度有所下降,这可能与连作、休耕等种植模式和使用单一的除草剂等有关。因此,要控制稻田杂草还应调整种植模式[9],可使用薯-稻、烟-稻等水旱轮作模式,应用高效、广谱、安全的化学除草剂,并研究其配套应用技术,同时可辅以人工除草等措施,以便更加高效地防除杂草[10]。

从杂草综合草害指数的分布区域差异看(表 4),粤东地区的稻田草害主要是稗草,其次是丁香蓼和千金子,且杂草优势度较强,可能是该地区水稻连作的种植模式以及不合理的田间杂草管理措施造成的[11]。珠江三角洲地区的草害集中在稗草和异型莎草,其次是千金子和丁香蓼,但这一地区的杂草优势度不强,这可能是因为该地区除了使用除草剂外,部分田还会进行人工除草,而且还存在部分薯-稻轮作等种植模式,不同作物水旱轮作导致优势杂草危害并不突出[12]。粤北地区草害集中在稗草和空心莲子草,可能是由于该地区虽然存在烟-稻轮作的种植模式,却使用单一的除草剂,且没有其他的除草措施[13-14],从而导致杂草发生较多[15]。粤西地区的稗草和千金子危害严重,其次是鸭舌草和空心莲子草,虽然该地区使用了除草剂和人工除草措施,但本地区休耕直播种植模式比较常见,导致杂草优势度依然很强[16-17]。粤西地区的现状值得特别关注,随着藏粮于地的措施逐步开展,粮食作物效益比较低等原因可能会导致出现较多的休耕稻田,休耕后稻田杂草的发展趋势需要深入研究。

本次调查表明,按除草剂推荐剂量不能有效控制稻田杂草的危害,特别是早季稻田。调查结果显示,广东稻区的杂草有可能不同程度上对除草剂产生了耐药性。化学除草虽然在过去近 30 年里减轻了水稻种植的劳动强度和成本,但随着杂草耐药性的出现,杂草有出现再猖獗的可能[18]。因此,充分发挥水稻自身的竞争能力,结合水肥管理等农艺措施[19-20]可能是未来水稻生产中实现杂草有效控制的选择。

事实上一些水稻品种具有化感抑制作用,能够分泌特定的生态功能分子对水稻伴生杂草产生有效的抑制[21-22]。前人对水稻的化感作用进行了长期大量深入的研究,化感作用正在由理论、现象研究转向应用研究阶段[23-26]。本课题组选育出了具有化感抑草能力的水稻品种‘化感 3 号’,通过了广东省的审定,但推广面积非常有限。本次访查中发现有两个因素影响目前化感品种的应用和推广,首先化学除草剂成本低,水稻种植者仍可以通过更换除草剂品种和加大剂量对杂草进行控制;其次,目前化感抑草品种的品质与生产品种仍有差距,而当前稻米品质对价格构成的影响很大,因此,优质高产抑草的品种才有可能获得种植者的接受。另外,水稻化感作用在大田的抑草效果受环境因素影响很大[27],这也是限制水稻化感品种应用推广的重要因素。但应该看到,一方面,稻田杂草耐药性增加,另一方面环境和政策要求减少化学除草剂投入,在这双重压力下,选育具有化感抑草效果的水稻品种,结合农艺措施,应该成为今后稻田控草的发展方向之一。

参考文献

[1] 李逸勉,叶延琼,章家恩,等.广东省水稻产业发展现状与对策分析[J].中国农学通报,2013,29(20):73-82.

[2] 康艺之,万忠,方伟,等.2011 年广东水稻产业发展现状分析[J].广东农业科学,2012,39(3):9-11.

[3] 常向前,李儒海,褚世海,等.湖北省水稻主产区稻田杂草种类及群落特点[J].中国生态农业学报,2009,17(3):533-536.

[4] 岳茂峰,冯莉,田兴山,等.广东省部分地区稻田杂草群落的调查研究[J].杂草科学,2013,31(4):35-37.

[5] 岳茂峰,冯莉,田兴山,等.不同种类杂草危害对水稻产量影响[J].广东农业科学,2012,39(13):98-99.

[6] 强胜,李扬汉.模糊聚类分析在农田杂草群落分布和危害定量研究中的应用技术[J].杂草科学,1996(4):32-35.

[7] 张朝贤,胡祥恩,钱益新,等.江汉平原麦田杂草调查[J].植

物保护，1998，24(3)：14－16.
[8] 葛新权. 应用数理统计[M]. 北京：中国铁道出版社，1995：192－195.
[9] 何忠全，毛建辉，张志涛，等. 我国近年来水稻重大病虫害可持续控制技术重要研究进展——非化学控害技术研究[J]. 植物保护，2004，30(2)：23－27.
[10] 马国兰，刘都才，刘雪源. 杂草稻的发生及其控制措施[J]. 杂草科学，2008(1)：12－15.
[11] 魏守辉，强胜，马波，等. 不同作物轮作制度对土壤杂草种子库特征的影响[J]. 生态学杂志，2005，24(4)：385－389.
[12] 吴竞仑，周恒昌. 稻田土壤杂草种子库研究[J]. 中国水稻科学，2000，14(1)：37－42.
[13] 张勇，王艳艳，王梅，等. 不同除草剂对水稻水直播田杂草的防除效果及安全性评价[J]. 植物保护，2016，42(4)：230－235.
[14] 林长福，杨玉廷. 除草剂混用、混剂及其药效评价[J]. 农药，2002，43(8)：5－7.
[15] 黄文文，陈永，黄劲飞，等. 南方水稻抛秧田杂草药剂防除技术研究[J]. 广东农业科学，2010，37(5)：94－96.
[16] 吴竞仑，周恒昌. 稻田土壤多年生杂草种子库研究[J]. 中国水稻科学，2006，20(1)：89－96.
[17] 谭乾开，黎华寿，林洁. 除草剂影响下南方双季稻田冬季杂草群落调查分析[J]. 广东农业科学，2014，41(8)：107－115.
[18] 叶照春，王楠，陆德清，等. 稻田杂草眼子菜对磺酰脲类除草剂的抗性研究[J]. 植物保护，2013，39(3)：143－146.
[19] Jabran K，Mahajan G，Sardana V，et al. Allelopathy for weed control in agricultural systems [J]. Crop Protection，2015，72：57－65.
[20] Mohapatra S，Mohanty A K，Tripathy S K，et al. Integrated weed management under modified water regimes in system of rice intensification [J]. Indian Journal of Weed Science，2016，48(1)：17－20.
[21] 胡飞，孔垂华，徐效华，等. 水稻化感材料的抑草作用及其机制[J]. 中国农业科学，2004，37(8)：1160－1165.
[22] 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.
[23] 郭怡卿，陆永良. 水稻化感作用与杂草的生物防治[J]. 中国生物防治学报，2015，31(2)：157－165.
[24] 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.
[25] 王建花，陈婷，林文雄. 植物化感作用类型及其在农业中的应用[J]. 中国生态农业学报，2013，21(10)：1173－1183.
[26] 林文雄. 化感水稻抑草作用的根际生物学特性与研究展望[J]. 作物学报，2013，39(6)：951－960.
[27] 覃凤玲，彭海峰，饶佳兴，等. 化感稻田间化感抑草率的稳定性研究[J]. 中国农学通报，2015，31(15)：180－186.

（责任编辑：杨明丽）

（上接 157 页）

[6] 胡同乐，曹克强. 马铃薯晚疫病预警技术发展历史与现状[J]. 中国马铃薯，2010，24(2)：114－119.
[7] 胡同乐，张玉新，王树桐，等. 中国马铃薯晚疫病监测预警系统“China-blight”的组建及运行[J]. 植物保护，2010，36(4)：106－111.
[8] 黄冲，刘万才，张君. 马铃薯晚疫病物联网实时监测预警系统平台开发及应用[J]. 中国植保导刊，2015，35(12)：45－48.
[9] 张斌，耿坤，余杰颖. 比利时马铃薯晚疫病预警系统的应用[J]. 中国马铃薯，2011，25(1)：42－46.
[10] 张斌，耿坤，李添群，等. CARAH 模型预测不同海拔马铃薯晚疫病中心病株出现时间观察[J]. 中国植保导刊，2016，36(5)：40－43.
[11] 仲彩萍，杜立和，漆文选，等. 高寒山区马铃薯晚疫病预警系统实践与应用[J]. 陕西农业科学，2015，61(2)：45－47.
[12] 李定莉，刘祥贵，车兴壁，等. 马铃薯晚疫病预警系统在巫溪县马铃薯生产中的应用[J]. 南方农业，2013，7(S1)：93－96.
[13] 唐建锋，苏跃，焦明姚，等. 贵州省马铃薯晚疫病数字化监测预警系统建设与应用[J]. 耕作与栽培，2014(5)：47－48.
[14] 张斌，耿坤，余杰颖，等. 基于 CARAH 模型的不同品种马铃薯晚疫病发生情况观察[J]. 江苏农业科学，2015，43(8)：112－115.
[15] 刘浩，张宗山. 比利时 CARAH 马铃薯晚疫病预测模型在宁夏南部山区的应用[J]. 安徽农业科学，2008，36(32)：14172－14174.
[16] 马洪管. 51%嘧菌酯烯酰吗啉 WDG 的研制及其对马铃薯晚疫病防控研究[D]. 重庆：西南大学，2012.
[17] 李继平. 甘肃马铃薯晚疫病菌群体结构及病害治理技术研究[D]. 兰州：甘肃农业大学，2013.
[18] 张斌，耿坤，莫莉娅，等. CARAH 马铃薯晚疫病预警模型在贵阳地区的应用[J]. 西南农业学报，2015，28(5)：2070－2074.
[19] 李洪浩，周评平，罗孝贵，等. 马铃薯晚疫病监测预警系统在九龙县的建设初探[J]. 四川农业科技，2015(3)：47－48.
[20] 王鹏，郭天顺，李芳弟，等. CARAH 马铃薯晚疫病监测预警模型在天水的应用初报[J]. 甘肃农业科技，2015(9)：8－12.
[21] 谢成君，刘普明，王颖，等. 马铃薯晚疫病预警系统在西吉县的应用[J]. 中国马铃薯，2014，28(2)：106－110.
[22] 张斌. 马铃薯晚疫病预警及信息发布系统使用技术指南[M]. 北京：中国农业出版社，北京，2015：47－48.
[23] 王余明，彭洁，马定邦，等. 2 种预警系统对雅安市冬作马铃薯晚疫病防治的效应[J]. 江苏农业科学，2011，39(4)：107－109.
[24] 张斌，宇杰颖，李添群，等. CARAH 模型指导下防控马铃薯晚疫病的效果[J]. 江苏农业科学，2015，43(11)：185－188.
[25] 龙玲，刘红梅，李丹，等. 比利时马铃薯晚疫病监测预警模型在贵州省威宁县的应用[J]. 中国马铃薯，2013，27(1)：48－52.
[26] 董风林，郭志乾，刘秉义，等. 利用预警系统指导大田药剂防治马铃薯晚疫病[J]. 中国马铃薯，2013，27(3)：172－174.
[27] 袁军海，赵美琦，姚裕琪，等. 马铃薯晚疫病菌寄生适合度测定方法的研究[J]. 中国马铃薯，2001，15(1)：9－13.

（责任编辑：杨明丽）