

浙江省水稻田杂草群落调查

庄家文 张 峥 强 胜*

(南京农业大学杂草研究室, 南京 210095)

摘要: 为明确浙江省水稻田主要杂草的危害现状, 采用七级目测法对浙江省主要水稻种植区杂草种类及群落特征进行调查, 并运用 Canoco 软件对调查样点内杂草危害值和气候因子数据进行典范对应分析 (canonical correspondence analysis, CCA)。调查结果表明, 田间共发现杂草 61 种 (含变种), 分属 22 科, 其中千金子 *Leptochloa chinensis*、丁香蓼 *Ludwigia prostrata*、稗 *Echinochloa crusgalli* 为浙江全省单季稻田内分布最广, 危害最严重的优势杂草。根据典范对应分析结果, 可将 44 个样点稻田杂草群落分为以下两类, 第 1 类为浙西北地区稗+小旱稗 *E. crusgalli* var. *austrojaponensis*+千金子+杂草稻 *Oryza sativa* f. *spontanea*+水苋菜 *Ammannia baccifera* 杂草群落, 稗、小旱稗、千金子、杂草稻在此群落内的综合危害指数均在 8.88% 以上, 为此区域优势种; 第 2 类为浙东南地区千金子+丁香蓼+通泉草 *Mazus fauriei*+空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides*+稗杂草群落, 千金子、丁香蓼、通泉草在此群落内综合危害指数均在 7.66% 以上, 为此区域优势种。总体上, 浙西北地区稻田受杂草危害较浙东南地区严重。表明浙江省稻田杂草群落与 20 世纪末相比发生了演替, 主要危害杂草种类趋于同质化, 且危害值降低, 此外杂草稻等新问题日益突出, 急需寻求相应的控草措施。

关键词: 水稻田; 杂草群落; 典范对应分析; 调查

Weed communities in rice fields in Zhejiang Province

Zhuang Jiawen Zhang Zheng Qiang Sheng*

(Laboratory of Weed Research, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, Jiangsu Province, China)

Abstract: In order to clarify current infestation status of major weeds in rice fields of Zhejiang Province, the weed species and community characteristics were investigated with the seven scales with visualization of weed dominance to rice. The overall weed infestation index (OWII) and environmental factors were analyzed through canonical correspondence analysis (CCA) to reveal weed distribution. The results showed that the weeds belonged to 22 families and 62 species (including varieties). Among them, *Leptochloa chinensis*, *Ludwigia prostrata*, and *Echinochloa crusgalli* were the most harmful and widespread weeds through the province. The weed communities of 44 sample plots could be divided into the following two types. First was the weed community of northwestern Zhejiang area, where *E. crusgalli*, *E. crusgalli* var. *austrojaponensis*, *L. chinensis*, and *Oryza sativa* f. *spontanea* were dominant species. The infestation indices of *E. crusgalli*, *E. crusgalli* var. *austrojaponensis* and *L. chinensis* all had OWII values higher than 8.88%. Second was the weed community of southeastern Zhejiang area, where *L. chinensis*, *L. prostrata*, *Alternanthera sessilis*, *E. crusgalli*, and *Mazus fauriei* were dominant species. The infestation indices of *L. chinensis*, *L. prostrata* and *M. fauriei* all had OWII values higher than 7.66%. On the whole, the OWII values of northwestern area were much higher than those of the south-

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0200805), 国家自然科学基金(31500350)

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: wrl@njau.edu.cn

收稿日期: 2018-04-28

eastern area in Zhejiang Province. The results indicated that the weed communities of different areas had become homogeneous and the weeds induced less damage in succession process since the end of 20th century. The problems of weedy rice and other new weeds became increasingly prominent, and the corresponding weed control measures were in urgent need.

Key words: rice field; weed community; canonical correspondence analysis (CCA); survey

浙江省地处我国东南沿海,是典型的亚热带季风气候区,光照资源丰富,是我国主要的水稻种植区,2016年水稻播种面积和产量分别占浙江省粮食总播种面积和总产量的65.2%和78.9%(秦叶波等,2018),在粮食生产中占了极大比例,但水稻生产却持续受到杂草危害。

杂草与水稻在稻田中共生,互相竞争生长空间和土壤养分,可导致水稻产量降低10%~20%,严重时甚至使水稻减产90%以上(Chauhan & Johnson, 2011; 魏才强, 2016; 禹盛苗, 2016)。20世纪末,有学者对浙江省稻田杂草危害进行了区域性调查,如王强等(2000)对嘉兴、杭州、金华和温州市的稻田杂草调查结果显示,单季稻田杂草危害最为严重,稗 *Echinochloa crusgalli* 为田间优势杂草;郭水良等(1992)运用模糊聚类法将金衢盆地稻田杂草分为了早稻和晚稻两类杂草群落,探讨了生长季节、栽培措施、地形地貌等因素对杂草群落分布的影响;许姚镇等(2000)根据杂草萌发特性,将宁波市早稻田杂草分为了移栽前萌发和移栽后萌发2类,并对不同萌发特性的杂草提出了防除建议;徐晨光等(2000)调查发现矮慈姑 *Sagittaria pygmaea*、稗为舟山市晚稻田优势杂草;李妙寿等(2000)调查并总结了温州市早稻、中稻及晚稻田杂草群落特征,发现稗、鸭舌草 *Monochoria vaginalis* 等为田间优势杂草,并通过对比历史数据分析了杂草群落演替的原因。进入21世纪后,浙江省经济迅速发展,农业人口数量持续降低,水稻种植结构随之发生了巨大变化。首先,轻简模式的水稻品种和栽培技术在全省得到大力推广,直播稻技术从杭嘉湖平原逐渐推广到全省范围内,减少了大量育秧、移栽的时间;其次,水稻种植模式由双季稻连作变为以单季稻为主双季稻为辅的模式,降低了水稻种植的强度;最后,早育秧技术、农业机械化技术等配套辅助技术的推广,降低了人工作业时间(朱德峰等,2006;2007;王岳钧,2015)。水稻种植模式和技术的改变,导致稻田杂草防除技术不断更替,田间杂草的群落结构和危害程度也随之发生变化,但同时期对浙江省农业生产现状下稻田主

要杂草群落及危害现状的调查与相应防除措施的研究却较少。在国家化肥农药减施增效、大力倡导绿色防控的背景下,更需要对当前浙江省稻田杂草危害现状有全面了解,将其运用于当下杂草防除体系布局中。

本研究在浙江省选取了均匀分布的44个样点,采用七级目测法进行了单季水稻田杂草危害调查,并依据杂草群落结构特征,运用典范对应分析法(canonical correspondence analysis, CCA)对调查样点的杂草群落进行分类,进一步阐述了不同地区杂草群落的危害特点,并探讨了杂草群落演替的原因和杂草稻等新的杂草问题的发展趋势,以期为提高除草效率、发展杂草绿色防控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

调查样点:本次水稻田杂草调查于2016年10月开展,共计调查了44个样点,包含了浙江省水稻主要种植区域,样点分布于浙江西北地区的湖州市吴兴区(样点1~2)、德清县(样点3),嘉兴市海宁市(样点4)、平湖市(样点5)、嘉善县(样点6)、海盐县(样点7),杭州市余杭区(样点8)、萧山区(样点9),绍兴市嵊州市(样点10~11)、诸暨市(样点12~13)、柯桥区(样点14~15)、越城区(样点16),衢州市龙游县(样点17~18)、衢江区(样点19);浙江中部地区的金华市金东区(样点20)、浦江区(样点21)、婺城区(样点22~24),宁波市江北区(样点25)、余姚市(样点26~27)、奉化区(样点28)、海曙区(样点29);浙江东南地区的舟山市定海区(样点30),台州市天台县(样点31~32)、临海县(样点33)、温岭市(样点34),温州市平阳县(样点35)、苍南县(样点36)、瑞安市(样点37)、永嘉县(样点38)、乐清市(样点39~40),丽水市遂昌县(样点41~42)、莲都区(样点43)、龙泉市(样点44),共44样点,每个调查样点选取10块大小均一,面积超过0.2 hm²的单季水稻田,共计调查了440余块田。

环境因子:于DIVA-GIS官网(<http://www.diva->

gis.org/climate)下载数据,选择年均温、纬度、季节性温差和年降雨量作为CCA的环境因子。

1.2 方法

1.2.1 浙江省水稻田杂草调查方法

采用七级目测法对浙江省水稻田间杂草危害值进行调查。七级目测法为在1个调查样点选择10块田,通过目测杂草与作物的盖度、多度和相对高度指标综合确定杂草的优势度(危害值),优势度共分为7个级别,7个级别从高到低依次赋值5、4、3、2、1、0.5、0.1,最终以综合危害指数(overall weed infestation index, OWII)来评价每种杂草的危害性(Qiang,

2005)。综合危害指数计算公式:
$$V = \frac{\sum_{i=1}^7 (a \times b)}{c \times 5} \times$$

100%,其中,V为综合危害指数;a为级别值;b为a级别出现的次数;c为每样点的样方数。

1.2.2 杂草分布及危害分析方法

CCA分析可运用环境因子数据综合样方、物种数据进行排序,从而展现出群落与环境、物种与环境或以上3个要素中两两之间的关系。首先,利用Excel 2010软件剔除浙江省发生频率小于5%的杂草,筛选出33种杂草,之后对物种及环境因子数据进行lg(x+1)转换(王宇飞等,2015),并应用Canoco for Windows 4.5软件进行杂草综合危害指数、调查样点与环境因子的典范对应分析。运用Canoco软件中WcanoImp程序将各调查样点经纬度及各杂草综合危害指数和对应的气候因子数据导入后,分析各环境因子与各排序轴的相关性,利用皮尔森相关系数分析法检验其显著性,明确不同排序轴的特征,并在Canodraw for Windows中作图,排序结果用物种-环境因子及样点-环境因子关系的双序图分别表示杂草分布及调查样点与环境因子间的关系,以此为基础阐述杂草分布特征及样点内杂草群落危害特征。

2 结果与分析

2.1 浙江省水稻田杂草危害现状

对浙江省水稻田杂草危害现状进行调查,共发现杂草22科61种(含变种)杂草,其中孢子植物杂草1科共1种,为水蕨科水蕨。种子植物杂草21科,共60种,双子叶杂草有15科,共28种,其中蓼科2属7种(蓼属6种);单子叶杂草有6科,共32种,其中禾本科杂草有10属17种(稗属6种),莎草科6属10种(莎草属5种)。蓼科、禾本科和莎草科杂草占所有杂草种类的55.73%(表1)。

浙江省水稻田中双子叶杂草种类最多,共有28种,占总杂草发生种类的45.90%;禾本科杂草共有17种,占总杂草发生种类的27.87%;莎草科杂草有10种,占总杂草发生种类的16.39%。根据杂草综合危害指数结果,水稻田间禾本科杂草危害最为严重,阔叶杂草危害较禾本科杂草轻,莎草科杂草危害最低。禾本科杂草中危害最为严重的为千金子 *Leptochloa chinensis* 和稗,在浙江全省水稻田内其发生频率分别达到93.18%和79.55%,综合危害指数均为12.92%。阔叶杂草中危害最为严重的为丁香蓼 *Ludwigia prostrata*、空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides*、通泉草 *Mazus fauriei* 和鸭舌草,在浙江全省稻田内发生频率分别达到84.09%、81.82%、66.67%和52.27%,综合危害指数分别达到8.01%、5.67%、6.11%和5.58%。莎草科杂草中危害最为严重的为水虱草 *Fimbristylis miliacea*、异型莎草 *Cyperus difformis* 和碎米莎草 *Cyperus iria*,在浙江全省水稻田内发生频率分别为52.27%、38.64%和43.18%,综合危害指数分别为3.67%、2.39%和2.16%,对水稻田产生危害较轻(表1)。不同地区水稻田优势杂草也存在差别,浙江东南地区千金子、丁香蓼、通泉草、空心莲子草等危害最严重,而浙江西北地区稗、小旱稗 *Echinochloa crusgalli* var. *austrojaponensis*、千金子等杂草危害最严重,同时在湖州市等小范围区域存在杂草稻 *Oryza sativa* f. *spontanea* 等区域性恶性杂草发生。全省调查结果表明,稗、千金子、丁香蓼、鸭舌草、空心莲子草等杂草在全省范围内综合危害指数最高,已成为浙江省水稻田的优势杂草。

2.2 杂草分布与环境因子的典范对应分析

经过初步筛选后,选择样点内发生频率高于5%的杂草及年均温、纬度、季节性温差和年降雨量4个主要环境因子进行CCA分析。第1轴(横轴)与第2轴(纵轴)相关性较小,仅为-0.0054,该排序图能较好地反映物种、样地与环境变量间的关系;第1轴与纬度、季节性温差和年均温显著相关,相关系数分别达到0.8472、-0.5295和0.7699,第2轴与年降雨量、季节性温差和年均温显著相关,相关系数分别达0.5600、-0.3947和3.437(表2),表明两轴都与纬度及季节性温差相关,且第1轴与年均温的相关性更强,第2轴与年降雨量的相关性更强,因此第1轴可定义为温度轴,第2轴可定义为降雨量轴。

表 1 浙江省水稻田种杂草种类及危害表

Table 1 Species and infestation of weeds in rice fields of Zhejiang Province

%

纲 Class	科 Family	种类 Species	浙西北地区 Northwestern Zhejiang Area		浙东南地区 Southeastern Zhejiang Area		全省 Whole Province	
			发生 频率 Frequency	综合危 害指数 OWII	发生 频率 Frequency	综合危 害指数 OWII	发生 频率 Frequency	综合危 害指数 OWII
单子叶 植物 Monoco- tyledoneae	禾本科 Gramineae	马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	36.36	3.18	25.00	0.96	36.36	2.33
		稗 <i>Echinochloa crusgalli</i>	95.45	18.07	63.16	6.71	79.55	12.92
		无芒稗 <i>Ec. crusgalli</i> var. <i>mitis</i>	13.64	1.59	42.11	4.15	29.55	3.25
		小旱稗 <i>Ec. crusgalli</i> var. <i>austroriponensis</i>	50.00	11.87	20.00	3.05	27.27	4.67
		西来稗 <i>Ec. crusgalli</i> var. <i>zelayensis</i>	0.00	0.00	10.00	0.25	4.55	0.11
		旱稗 <i>Echinochloa hispidula</i>	4.55	0.05	5.00	1.25	2.27	0.57
		水田稗 <i>Echinochloa oryzoides</i>	4.55	0.36	0.00	0.00	2.27	0.18
		牛筋草 <i>Eleusine indica</i>	0.00	0.00	15.00	1.07	6.82	0.49
		乱草 <i>Eragrostis japonica</i>	18.18	1.67	15.00	0.40	15.91	1.15
		千金子 <i>Leptochloa chinensis</i>	77.27	10.93	95.00	12.11	93.18	12.92
		假稻 <i>Leersia japonica</i>	0.00	0.00	15.00	0.60	6.82	0.27
		李氏禾 <i>Leersia hexandra</i>	40.91	4.75	25.00	1.77	31.82	3.18
		杂草稻 <i>Oryza sativa</i> f. <i>spontanea</i>	27.27	8.88	0.00	0.00	6.82	3.16
		求米草 <i>Oplismenus undulatifolius</i>	0.00	0.00	5.00	0.05	2.27	0.02
		双穗雀稗 <i>Paspalum distichum</i>	40.91	5.22	50.00	4.10	45.45	4.62
		雀稗 <i>Paspalum thunbergii</i>	0.00	0.00	5.00	0.10	2.27	0.05
		显子草 <i>Phaenosperma globosa</i>	9.09	0.45	5.00	0.05	9.09	0.40
	莎草科 Cyperaceae	异型莎草 <i>Cyperus difformis</i>	50.00	3.60	20.00	0.82	38.64	2.39
		碎米莎草 <i>Cyperus iria</i>	45.45	3.01	40.00	1.60	43.18	2.16
		具芒碎米莎草 <i>Cyperus microiria</i>	4.55	0.14	0.00	0.00	4.55	0.26
		旋鳞莎草 <i>Cyperus michelianus</i>	9.09	0.44	0.00	0.00	4.55	0.22
		水莎草 <i>Cyperus serotinus</i>	4.55	0.55	0.00	0.00	2.27	0.27
		牛毛毡 <i>Eleocharis yokoscensis</i>	4.55	0.09	5.00	0.05	4.55	0.07
		水虱草 <i>Fimbristylis miliacea</i>	36.36	1.58	65.00	4.27	52.27	3.67
		野荸荠 <i>Heleocharis plantagineiformis</i>	4.55	0.27	0.00	0.00	2.27	0.14
		萤蔺 <i>Schoenoplectus juncooides</i>	22.73	0.93	20.00	0.30	15.91	0.70
		水葱 <i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>	4.55	0.44	0.00	0.00	2.27	0.22
	雨久花科 Pontederiaceae	鸭舌草 <i>Monochoria vaginalis</i>	45.45	6.06	55.00	4.48	52.27	5.58
	泽泻科 Alismataceae	矮慈姑 <i>Sagittaria pygmaea</i>	27.27	0.82	0.00	0.00	6.82	0.23
	鸭跖草科 Commelinaceae	水竹叶 <i>Murdannia triquetra</i>	40.91	4.59	30.00	4.33	38.64	4.75
		鸭跖草 <i>Commelina communis</i>	4.55	0.23	0.00	0.00	2.27	0.37
	谷精草科 Eriocaulaceae	谷精草 <i>Eriocaulon buergerianum</i>	4.55	0.66	5.00	0.16	6.82	0.57
双子叶 植物 Dicotyle- doneae	茄科 Solanaceae	苦蕒 <i>Physalis angulata</i>	0.00	0.00	5.00	0.05	2.27	0.02
	千屈菜科 Lythraceae	水苘菜 <i>Ammannia baccifera</i>	59.09	7.48	20.00	0.77	40.91	4.18
		耳基水苘 <i>Ammannia auriculata</i>	4.55	0.05	5.00	0.36	2.27	0.16
		节节菜 <i>Rotala indica</i>	54.55	3.31	40.00	0.82	45.45	2.11
	柳叶菜科 Onagraceae	丁香蓼 <i>Ludwigia prostrata</i>	77.27	7.38	80.00	7.82	84.09	8.01
		水龙 <i>Ludwigia adscendens</i>	18.18	1.56	0.00	0.00	4.55	0.78
	菊科 Compositae	狼把草 <i>Bidens tripartita</i>	22.73	0.71	0.00	0.00	6.82	0.29
		鳢肠 <i>Eclipta prostrata</i>	59.09	5.75	65.00	2.65	63.64	3.06
	苋科 Amaranthaceae	空心莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	70.18	4.05	85.00	6.90	81.82	5.67
	玄参科 Scrophulariaceae	陌上菜 <i>Lindernia procumbens</i>	72.73	2.06	35.00	1.88	47.73	1.70
		泥花草 <i>Lindernia antipoda</i>	22.73	0.77	40.00	1.75	34.09	1.50
		母草 <i>Lindernia crustacea</i>	13.64	0.73	5.00	0.05	4.55	0.07
		通泉草 <i>Mazus fauriei</i>	50.00	4.70	85.00	7.66	66.67	6.11
	桔梗科 Campanulaceae	半边莲 <i>Lobelia chinensis</i>	4.55	0.28	0.00	0.00	2.27	0.14
	豆科 Leguminosae	合萌 <i>Aeschynomene indica</i>	4.55	0.15	15.00	0.35	11.36	0.35
	茜草科 Rubiaceae	白花蛇舌草 <i>Hedyotis diffusa</i>	4.55	0.23	10.00	0.30	4.55	0.14

续表 1 Continued

纲 Class	科 Family	种名 Species	浙西北地区 Northwestern Zhejiang Area		浙东南地区 Southeastern Zhejiang Area		全省 Whole Province	
			发生 频率 Frequency	综合危 害指数 OWII	发生 频率 Frequency	综合危 害指数 OWII	发生 频率 Frequency	综合危 害指数 OWII
双子叶 植物 Dicotyle- doneae	蓼科 Polygonaceae	水蓼 <i>Polygonum hydropiper</i>	0.00	0.00	5.00	0.11	4.55	0.28
		酸模叶蓼 <i>Polygonum lapathifolium</i>	4.55	0.24	5.00	0.15	4.55	0.19
		绵毛酸模叶蓼 <i>Po. lapathifolium</i> var. <i>salicifolium</i>	0.00	0.00	5.00	0.37	2.27	0.17
		长箭叶蓼 <i>Polygonum hastatosagittatum</i>	4.55	1.33	5.00	0.05	9.09	1.81
		稀花蓼 <i>Polygonum dissitiflorum</i>	4.55	0.51	0.00	0.00	2.27	0.25
		香蓼 <i>Polygonum viscosum</i>	13.64	0.95	5.00	0.05	9.09	0.50
		羊蹄 <i>Rumex japonicus</i>	0.00	0.00	5.00	0.27	2.27	0.12
		牛繁缕 <i>Malachium aquaticum</i>	4.55	0.05	0.00	0.00	2.27	0.02
	十字花科 Cruciferae	蔊菜 <i>Rorippa indica</i>	0.00	0.00	5.00	0.17	2.27	0.08
	毛茛科 Ranunculaceae	毛茛 <i>Ranunculus japonicus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	2.27	0.12
	番杏科 Aizoaceae	粟米草 <i>Mollugo stricta</i>	0.00	0.00	5.00	0.32	4.55	0.37
	萝藦科 Asclepiadaceae	萝藦 <i>Metaplexis japonica</i>	9.09	0.35	0.00	0.00	2.27	0.01
	水蕨科 Parkeriaceae (Ceratopteridaceae)	水蕨 <i>Ceratopteris thalictroides</i>	9.09	0.14	5.00	0.23	9.09	0.32

样点 7 和样点 24 不在浙西北和浙东南杂草群落分类内, 因此其杂草危害数据只出现在全省数据列内。Sampling points 7 and 24 are not included in the classification of weed communities in northwestern Zhejiang area and southeastern Zhejiang area, so their data only appear in the column of provincial data.

表 2 浙江省水稻田的环境因子与排序轴间的相关系数

Table 2 Relationships between the environmental factors and the sorting axis in Zhejiang Province

	第 1 轴 Axis 1	第 2 轴 Axis 2	年降雨量 Annual precipitation	纬度 Latitude	季节性温差 Temperature seasonality
第 2 轴 Axis 2	-0.0054	1.0000			
年降雨量 Annual precipitation	0.0062	0.5600*	1.0000		
纬度 Latitude	0.8472*	-0.1406	0.0945	1.0000	
季节性温差 Temperature seasonality	-0.5295*	-0.3947*	-0.1280	-0.3661*	1.0000
年均温 Annual mean temperature	0.7699*	0.3437*	0.1343	0.5726*	-0.7722*

表示经皮尔森相关系数分析法检验在 $P < 0.05$ 水平上显著相关。 indicate significant correlation at $P < 0.05$ level by Pearson correlation coefficient analysis.

根据环境因子与杂草的 CCA 分析图, 可将杂草分为 3 大类群 (图 1)。第 1 类位于图中横坐标轴正上方区域, 主要包括第一象限和第二象限, 有无芒稗 *Echinochloa crusgalli* var. *mitis* (Sp1)、小旱稗 (Sp2)、显子草 *Phaenosperma globosa* (Sp3)、杂草稻 (Sp4)、通泉草 (Sp5)、丁香蓼 (Sp6)、狼把草 *Bidens tripartita* (Sp7)、空心莲子草 (Sp8)、陌上菜 *Lindernia procumbens* (Sp9)、水虱草 *Fimbristylis miliacea* (Sp10)、水竹叶 *Murdannia triquetra* (Sp11)、合萌 *Aeschynomene indica* (Sp12)、谷精草 *Eriocaulon buergerianum* (Sp13)、双穗雀稗 *Paspalum distichum* (Sp14), 此类主要为喜温喜湿杂草, 在平原及沿海地区稻田内易造成危害, 同时随着降雨量提高, 无芒稗、杂草

稻等杂草的危害会更加严重。第 2 类为坐标系左下角区域, 主要包括马唐 *Digitaria sanguinalis* (Sp15)、李氏禾 *Leersia hexandra* (Sp16)、假稻 *Leersia japonica* (Sp17)、千金子 (Sp18)、异型莎草 (Sp19)、碎米莎草 (Sp20)、鸭舌草 (Sp21)、水苋菜 *Ammannia baccifera* (Sp22)、矮慈姑 (Sp23)、香蓼 *Polygonum viscosum* (Sp24) 等杂草, 此类杂草适宜生长于季节性温度差异大、年降雨量较少的区域, 浙江西北地区平原丘陵交错, 季节性气候变化大, 因此在浙西北地区易于成为主要优势种。第 3 类位于坐标系右下角区域, 主要包括稗 (Sp25)、牛筋草 *Eleusine indica* (Sp26)、乱草 *Eragrostis japonica* (Sp27)、节节菜 *Rotala indica* (Sp28)、萤蔺 *Schoenoplectus juncoideus* (Sp29)、鳢肠

Eclipta prostrata (Sp30)、泥花草 *Lindernia antipoda* (Sp31)、长箭叶蓼 *Polygonum hastatosagittatum* (Sp32)、水蕨 *Ceratopteris thalictroides* (Sp33) 等杂

草, 此类杂草通常分布在浙江高纬度且温差较小地区, 对生长温度要求较低且较为耐旱, 分布较广, 在多地水稻田均可造成危害。

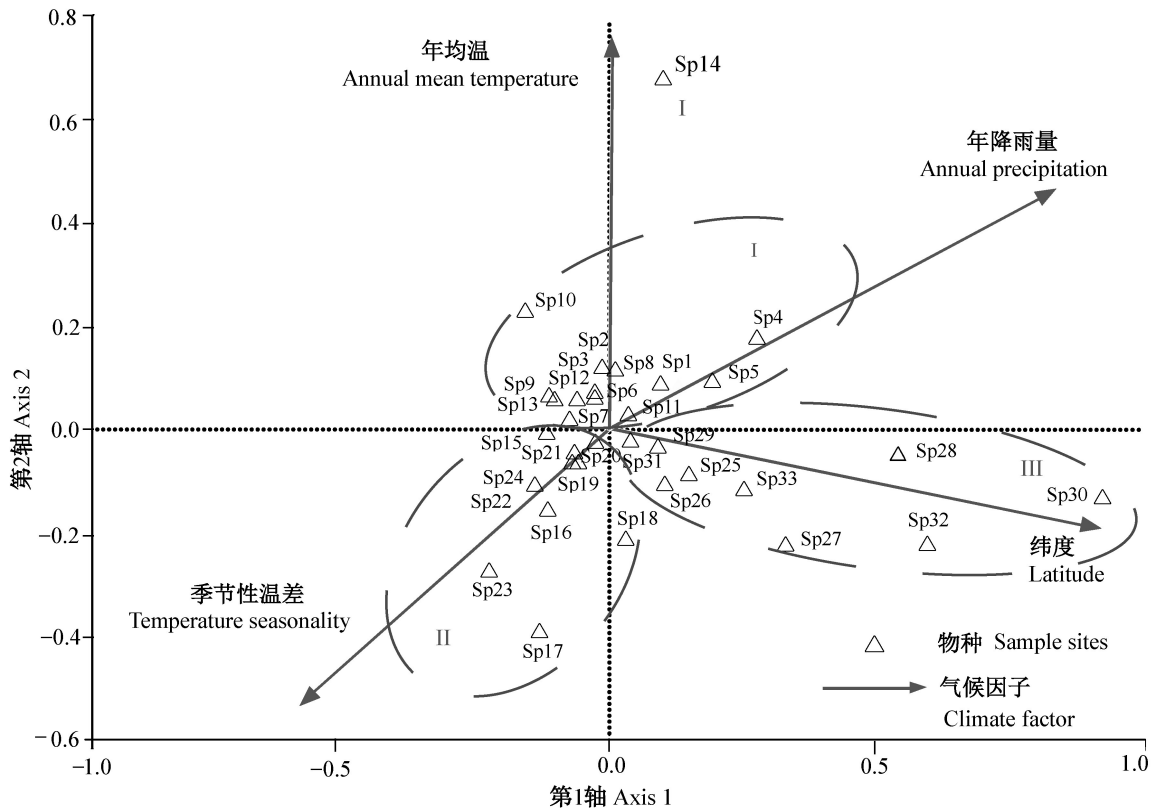


图1 杂草与环境因子的CCA二维排序散点图

Fig. 1 Scatter diagram of CCA two-dimensional ordination between weeds in single cropping rice fields and environmental factors

Axis 1 代表温度轴, Axis 2 代表降雨量轴, 坐标值表示相关系数; 虚线标出各区域表示 3 个杂草类群, I、II、III 分别表示第 1、2、3 类杂草。Sp1: 无芒稗; Sp2: 小旱稗; Sp3: 显子草; Sp4: 杂草稻; Sp5: 通泉草; Sp6: 丁香蓼; Sp7: 狼把草; Sp8: 空心莲子草; Sp9: 陌上菜; Sp10: 水虱草; Sp11: 水竹叶; Sp12: 合萌; Sp13: 谷精草; Sp14: 双穗雀稗; Sp15: 马唐; Sp16: 李氏禾; Sp17: 假稻; Sp18: 千金子; Sp19: 异型莎草; Sp20: 碎米莎草; Sp21: 鸭舌草; Sp22: 水苋菜; Sp23: 矮慈姑; Sp24: 香蓼; Sp25: 稗; Sp26: 牛筋草; Sp27: 乱草; Sp28: 节节菜; Sp29: 萤蔺; Sp30: 鳢肠; Sp31: 泥花草; Sp32: 长箭叶蓼; Sp33: 水蕨。Axis 1 represents the temperature axis; Axis 2 represents the precipitation axis, and the coordinate value represents the correlation coefficient. The dotted lines mark each area to represent three groups of weeds: I, II and III are the first, second and third kinds of weeds. Sp1: *Echinochloa crusgalli* var. *mitis*; Sp2: *Echinochloa crusgalli* var. *austroripariensis*; Sp3: *Phaenosperma globosa*; Sp4: *Oryza sativa* f. *spontanea*; Sp5: *Mazus fauriei*; Sp6: *Ludwigia prostrata*; Sp7: *Bidens tripartita*; Sp8: *Alternanthera philoxeroides*; Sp9: *Lindernia procumbens*; Sp10: *Fimbristylis miliacea*; Sp11: *Murdannia triquetra*; Sp12: *Aeschynomene indica*; Sp13: *Eriocaulon buergerianum*; Sp14: *Paspalum distichum*; Sp15: *Digitaria sanguinalis*; Sp16: *Leersia hexandra*; Sp17: *Leersia japonica*; Sp18: *Leptochloa chinensis*; Sp19: *Cyperus difformis*; Sp20: *Cyperus iria*; Sp21: *Monochoria vaginalis*; Sp22: *Ammannia baccifera*; Sp23: *Sagittaria pygmaea*; Sp24: *Polygonum viscosum*; Sp25: *Echinochloa crusgalli*; Sp26: *Eleusine indica*; Sp27: *Eragrostis japonica*; Sp28: *Rotala indica*; Sp29: *Schoenoplectus juncooides*; Sp30: *Eclipta prostrata*; Sp31: *Lindernia antipoda*; Sp32: *Polygonum hastatosagittatum*; Sp33: *Ceratopteris thalictroides*.

2.3 浙江省稻田杂草群落的分类

根据气候因子和杂草综合危害指数, 对 44 个调查样点杂草群落进行 CCA 分析 (图 2)。结果显示, 浙江省水稻田杂草群落可以分为两大类。第 I 类为坐标轴右上方高温、高湿的浙东南地区, 如温州市 (样点 35、41)、台州市 (样点 31)、宁波市 (样点 23) 及

金华市 (样点 9) 等, 虽然地形仍以丘陵为主, 但受季风影响水稻生长期降雨充沛, 且年均温较浙北高, 水稻田中千金子、丁香蓼、通泉草、空心莲子草、稗、鸭舌草、水竹叶、水虱草等杂草综合危害指数较高, 在此杂草群落分类中千金子、丁香蓼、通泉草综合危害指数均在 7.66% 以上, 形成了千金子+丁香蓼+通

泉草+空心莲子草+稗的杂草群落。第Ⅱ类为第二和第三象限内季节性温差大且年降雨量相对较少的浙江西北部地区,如嘉兴市(样点5)、湖州市(样点2)、舟山市(样点30)、杭州(样点8)、绍兴市(样点10)、衢州市(样点19)及金华市(样点21)等,四季温差大,平原与丘陵交错,水田中优势度较大的杂草有稗、小旱稗、千金子、杂草稻、丁香蓼、水苋菜、鸭舌草、双穗雀稗、李氏禾、通泉草、水竹叶、空心莲子草、异型莎草等,在此杂草群落分类中稗、小旱稗、千金子、杂草稻综合危害指数均在8.88%以上,形成了稗+小旱稗+千金子+杂草稻+水苋菜的杂草群落。

除了杂草群落组成有区别外,浙西北地区和浙东南地区水稻田杂草危害程度也不相同,浙西北地区水稻田调查共发现49种杂草,浙东南地区水稻田调查共发现45种杂草,且浙西北地区总体杂草综合危害指数较浙东南地区高。稗、小旱稗、水苋菜、鳢肠等水稻田主要杂草,在浙西北危害均比浙东南发生严重,尤其是杂草稻在浙江北部的湖州市一带暴发,造成当地水稻严重减产。

3 讨论

王强等(2000)调查发现浙江全省范围内单季水稻杂草群落大致可分为浙西北、浙中和浙东南三大类,稗为全省水稻田主要危害杂草。其中,浙西北地区构成以丁香蓼+节节菜+鸭舌草+水竹叶+异型莎草+矮慈姑等为主的田间杂草群落(徐晨光等,2000);浙中地区构成以节节菜+矮慈姑+牛毛毡 *Eleocharis yokoscensis*+鸭舌草+丁香蓼+稗+浮萍 *Lemna minor*+水竹叶+泥花草+眼子菜 *Potamogeton distinctus*等为主的田间杂草群落(郭水良等,1992);浙东南地区构成以稗+李氏禾+千金子+鸭舌草+矮慈姑+浮萍+空心莲子草+丁香蓼等为主的田间杂草群落,其中空心莲子草危害尤为严重(李妙寿等,2000)。

本研究结果显示,杂草群落结构及主要危害种均发生了变化,由20世纪末的浙北、浙中、浙南三大杂草群落逐渐演替为浙西北及浙东南两大杂草群落,且2个杂草群落优势种类似,均以稗、千金子、丁香蓼为主,2类杂草群落体现出均质化特点。原浙西北地区和浙中地区的2个杂草群落逐渐演替为由稗+小旱稗+千金子+丁香蓼+水苋菜+双穗雀稗+鸭舌草为主的单一杂草群落。浙东南地区水稻田杂草群落逐渐演替为以千金子+丁香蓼+通泉草+空心莲

子草+稗为主的杂草群落。

杂草群落的演替与水稻品种、栽培模式、管理方式、除草剂使用等多种因素有关。浙江省双季稻转变为单季稻是杂草群落均质化的原因之一,大面积推广种植单季稻使原有的多种水稻栽培时间差异消失,田间栽培管理模式趋于一致,同时随着水稻轻型栽培技术推广和实施,直播稻面积迅速上升,导致田间杂草物种丰富度降低(李淑顺等,2009),杂草群落结构相似性也随之提高。相似的田间栽培及管理模式易于导致杂草群落演替均质化(van Claster et al., 2007),单一水稻栽培模式下,稻田中的杂草被强烈地选择,使生活史和作物生产相适应的一年生杂草大量暴发,从而导致如稗、杂草稻等杂草成为田间主要优势种(Wu et al., 2010)。化学除草剂是水稻田杂草防除的最主要方式,长期使用单一除草剂后,对杂草的持续选择压力易导致田间非靶标杂草持续暴发,同时存留下的杂草对除草剂的抗性逐渐提高,导致除草剂效率持续下降和优势杂草种类单一(Heap, 2014)。自20世纪90年代以来,浙江省就已引进二氯喹啉酸、乙草胺、丁草安、丙草胺等酰胺类、苄嘧磺隆和吡嘧磺隆等磺酰脲类除草剂,虽然降低了牛毛毡、矮慈姑等杂草的危害,但导致浙江省多地水稻田中稗、千金子、耳基水苋 *Ammannia arenaria*等杂草对除草剂产生了抗性(吴声敢等,2007;王兴国等,2013;张宏军等,2017),使防除此类杂草更困难。在机械化和集约化的杂草防除模式下,最终出现单一基因水平的杂草均质化现象(陈国奇和强胜, 2011)。

本调查结果显示,虽然浙东南地区与浙西北地区杂草群落趋同,但杂草发生量仍有区别,浙江西北地区稻田杂草综合危害值较浙东南地区高,这可能与浙西北与浙东南种植水稻品种不同有部分关系。杂交水稻在田间具有较强的竞争能力(Lin et al., 1998;刘探等,2014),如余柳青等(1999)报道,杂交稻田的杂草发生量比粳稻田低66%~95%。浙江省北部主要种植常规粳稻,易受杂草的危害,而浙江省南部主要种植杂交稻,竞争力强,因此稗等多种杂草都难以在浙江南部产生危害,总体杂草危害值较浙江省北部低。

本试验结果还发现,杂草稻在浙北地区逐渐显示出危害性。杂草稻在浙江省北部的发生可能与跨区域操作的农机设备有关。研究表明杂草繁殖体可附着在机械上进行长距离传播(Shirliffe & Entz, 2005),21世纪初在浙江省稻作区并未有杂草稻危害的相关报道,而浙江省北部的江苏省却早有报道,

且已成为水稻田中危害最为严重的杂草之一(潘学彪等,2007),浙江省与江苏省交界的湖州市长兴县从2013年开始才逐渐显现杂草稻问题(柏超等,

2016),据此推测杂草稻可能随着农用机械等载体从江苏省进入浙江省北部,并以此为发源地向浙江省其它地区蔓延。

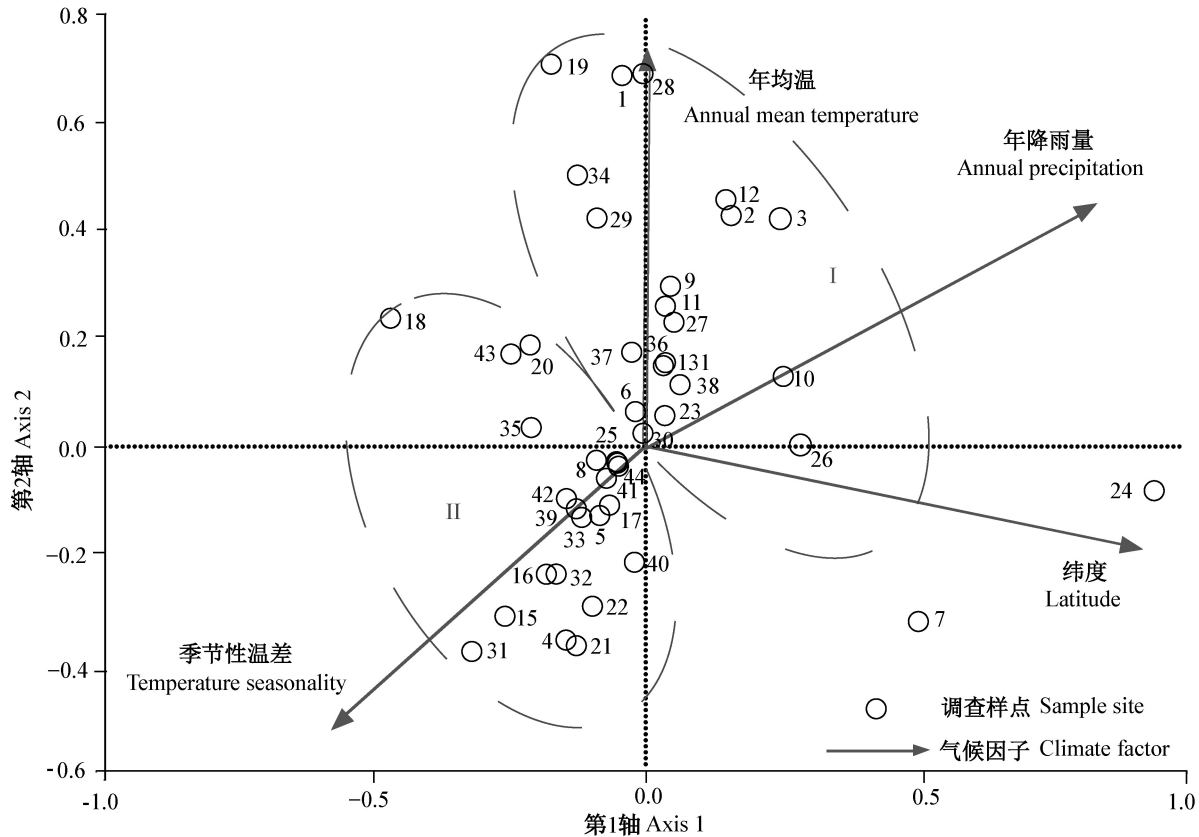


图2 单季稻田样点与环境因子的CCA二维排序散点图

Fig. 2 Scatter diagram of CCA two-dimensional ordination between sampling site of single cropping rice fields and environmental factors

Axis 1代表温度轴, Axis 2代表降雨量轴, 坐标值表示相关系数; 红色箭头表示气候因子, 黑色圆圈代表调查样点, 虚线标出表示两个区域代表两类杂草群落, 群落I表示浙东南杂草群落, 群落II表示浙西北杂草群落。样点1~44分别为: 1~2: 湖州市吴兴区1、2; 3: 湖州市德清县; 4: 嘉兴市海宁市; 5: 嘉兴市平湖市; 6: 嘉兴市嘉善县; 7: 嘉兴市海盐县; 8: 杭州市余杭区; 9: 杭州市萧山区; 10~11: 绍兴市嵊州市1、2; 12~13: 绍兴市诸暨市1、2; 14~15: 绍兴市柯桥区1、2; 16: 绍兴市越城区; 17~18: 衢州市龙游县1、2; 19: 衢州市衢江区; 20: 金华市金东区; 21: 金华市浦江县; 22~24: 金华市婺城区1~3; 25: 宁波市江北区; 26~27: 宁波市余姚市1、2; 28: 宁波市奉化区; 29: 宁波市海曙区; 30: 舟山市定海区; 31~32: 台州市天台县1、2; 33: 台州市临海县; 34: 台州市温岭市; 35: 温州市平阳县; 36: 温州市苍南县; 37: 温州市瑞安市; 38: 温州市永嘉县; 39~40: 温州市乐清市1、2; 41~42: 丽水市遂昌县1、2; 43: 丽水市莲都区; 44: 丽水市龙泉市。Axis 1 represents the temperature axis; Axis 2 represents the precipitation axis, and the coordinate value represents the correlation coefficient. The numbers represent the sample points of each survey, and the number of points is as shown in table1. The red arrow represents the climate factor (CF.), and the dotted line areas represent two types of weed communities: Group I represents the weed community in Southeast Zhejiang Province and Group II represents the weed community in northwest Zhejiang Province. Sample 1~44: 1~2: No. 1 and 2 in Wuxing, Huzhou; 3: Deqing, Huzhou; 4: Haining, Jiaxing; 5: Pinghu, Jiaxing; 6: Jiashan, Jiaxing; 7: Haiyan, Jiaxing; 8: Yuhang, Hangzhou; 9: Xiaoshan, Hangzhou; 10~11: no. 1 and 2 in Shengzhou, Shaoxing; 12~13: no. 1 and 2 in Zhuji, Shaoxing; 14~15: no. 1 and 2 in Keqiao, Shaoxing; 16: Yuecheng, Shaoxing; 17~18: no. 1 and 2 in Longyou, Quzhou; 19: Qujiang, Quzhou; 20: Jindong, Jinhua; 21: Pujiang, Jinhua; 22~24: no. 1, 2 and 3 in Wucheng; 25: Jiangbei, Ningbo; 26~27: no. 1 and 2 in Yuyao, Ningbo; 28: Fenghua, Ningbo; 29: Haishu, Ningbo; 30: Dinghai, Zhoushan; 31~32: no. 1 and 2 in Tiantai, Taizhou; 33: Linhai, Taizhou; 34: Wengling, Taizhou; 35: Pingyang, Wenzhou; 36: Cangnan, Wengzhou; 37: Ruian, Wengzhou; 38: Yongjia, Wengzhou; 39~40: no. 1 and 2 in Yueqing, Wenzhou; 41~42: no. 1 and 2 in Suichang, Lishui; 43: Liandu, Lishui; 44: Longquan, Lishui.

本研究结果明确了浙江省不同区域杂草群落结构特征和危害特点,在杂草防治时应重点防除稗、千金子、丁香蓼等杂草,并预防杂草稻、抗性杂草等新型杂草问题的恶化。此外可根据此资料,针对2类杂草群落的特点,完善以土壤处理为主以茎叶处理为辅的除草剂使用策略,提高除草剂使用效率,并结合生物除草剂、生物控草、生态控草等综合除草措施展开新型除草技术的研究,降低化学除草剂的使用量,实现高效防控杂草的目标。

参 考 文 献 (References)

- Bai C, Lü J, Ning GY, Zhu ZR. 2016. Occurrence, prevention and control of weedy rice in Changxing County. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 57(12): 1974–1975 (in Chinese) [柏超, 吕进, 宁国云, 祝增荣. 2016. 长兴县稻田杂草稻的发生, 预防与防治. *浙江农业科学*, 57(12): 1974–1975]
- Chauhan BS, Johnson DE. 2011. Row spacing and weed control timing affect yield of aerobic rice. *Field Crops Research*, 121(2): 226–231
- Chen GQ, Qiang S. 2011. Human activities are the principle cause of biotic homogenization. *Acta Ecologica Sinica*, 31(14): 4107–4116 (in Chinese) [陈国奇, 强胜. 2011. 人类活动是导致生物均质化的主要因素. *生态学报*, 31(14): 4107–4116]
- Guo SL, Li YH, Wang MX. 1992. An investigation on weed community in paddy field in Jing-Qu basin of Zhejiang Province. *Journal of Zhejiang Normal University (Natural Sciences)*, 15(2): 78–82 (in Chinese) [郭水良, 李杨汉, 王明鑫. 1992. 浙江金衢盆地稻田杂草群落的研究. *浙江师范大学学报(自然科学版)*, 15(2): 78–82]
- Heap I. 2014. *Herbicide resistant weeds*.//David P, Rajinder P. *Integrated pest management*. Dordrecht: Springer, pp. 281–301
- Li MS, Cai DH, Yuan MY, Sun LP, Li ZH. 2000. Structure and succession of weed community in rice fields in Wenzhou, Zhejiang. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 12(6): 325–330 (in Chinese) [李妙寿, 蔡鼎华, 元茂瑶, 孙乐平, 李忠豪. 2000. 温州农区稻田杂草群落及其演替. *浙江农业学报*, 12(6): 325–330]
- Li SS, Qiang S, Jiao JS. 2009. Effects of labor-saving rice cultivation modes on the diversity of potential weed communities in paddy fields. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 20(10): 2437–2445 (in Chinese) [李淑顺, 强胜, 焦骏森. 2009. 轻型栽培技术对稻田潜杂草群落多样性的影响. *应用生态学报*, 20(10): 2437–2445]
- Lin WX, Yao WH, Kim KL, Guo YC, Liang YY. 1998. Heterotic performance of rice in competitiveness with barnyardgrass: II. interspecific competitiveness of rice cultivars and barnyardgrass in mixtures. *Journal of Fujian Agricultural University*, 27(4): 393–396
- Liu T, Peng HF, Qin FL, Cui YM, Tu XH, Chen XH. 2014. Inhibitory effect of different allelopathic hybrid rice and new strains on barnyardgrass under two planting patterns. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 30(24): 171–180 (in Chinese) [刘探, 彭海峰, 覃凤玲, 崔玉梅, 涂晓欢, 陈雄辉. 2014. 2种植方式下不同化感杂交稻组合和新品系对稗草的抑制作用. *中国农学通报*, 30(24): 171–180]
- Pan XB, Chen ZX, Zuo SM, Zhang YF. 2007. Occurrence cause and control strategy for weedy rice in Jiangsu Province. *Jiangsu Agricultural Sciences*, (4): 52–54 (in Chinese) [潘学彪, 陈宗祥, 左示敏, 张亚芳. 2007. 江苏省杂草稻成因及防控策略. *江苏农业科学*, (4): 52–54]
- Qiang S. 2005. Multivariate analysis, description, and ecological interpretation of weed vegetation in the summer crop fields of Anhui Province, China. *Journal of Integrative Plant Biology*, 47(10): 1193–1210
- Qin YB, Sun J, Din J, Zhang H, Xu CC. 2018. Current situation of rice production in Zhejiang Province and countermeasures for the green development. *China Rice*, 24(3): 76–78, 82 (in Chinese) [秦叶波, 孙健, 丁检, 张慧, 徐春春. 2018. 浙江省水稻生产现状及绿色生产发展措施建议. *中国稻米*, 24(3): 76–78, 82]
- Shirliffe SJ, Entz MH. 2005. Chaff collection reduces seed dispersal of wild oat (*Avena fatua*) by a combine harvester. *Weed Science*, 53(4): 465–470
- van Calster H, Baeten L, De Schrijver A, de Keersmaecker L, Rogister JE, Verheyen K, Hermy M. 2007. Management driven changes (1967–2005) in soil acidity and the understorey plant community following conversion of a coppice-with-standards forest. *Forest Ecology and Management*, 241(1/2/3): 258–271
- Wang Q, He JH, Li MS, Dai YY, Shi D, Ye GB. 2000. Weed species and their damage in rice fields in Zhejiang. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 12(6): 317–324 (in Chinese) [王强, 何锦豪, 李妙寿, 戴余有, 施德, 叶贵标. 2000. 浙江省水稻田杂草发生种类及危害. *浙江农业学报*, 12(6): 317–324]
- Wang XG, Xu QF, Zhu JW, Liu R, Wang SR, Liu YG, Lu Q, Wang GR. 2013. Resistance comparison of *Ammannia arenaria* to bensulfuron-methyl in different paddy rice growing regions of Zhejiang Province. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 15(1): 52–58 (in Chinese) [王兴国, 许琴芳, 朱金文, 刘蕊, 王赛荣, 刘亚光, 陆强, 王国荣. 2013. 浙江不同稻区耳叶水苋对苯嘧磺隆的抗性比较. *农药学报*, 15(1): 52–58]
- Wang YF, Zhao XL, He BH, Huang Q. 2015. Canonical correspondence analysis of summer phytoplankton community and its environmental factors in Hanfeng Lake. *Environmental Science*, 36(3): 922–927 (in Chinese) [王宇飞, 赵秀兰, 何丙辉, 黄祺. 2015. 汉丰湖夏季浮游植物群落与环境因子的典范对应分析. *环境科学*, 36(3): 922–927]
- Wang YJ. 2015. Review and evaluation of rice direct seeding technology in Zhejiang Province. *China Rice*, 21(2): 1–3 (in Chinese) [王岳钧. 2015. 浙江省直播稻技术发展过程回顾与分析评价. *中国稻米*, 21(2): 1–3]

- Wei CQ. 2016. The composition of weed community and its influence on rice yield in Heilongjiang Province. *Forest By-product and Specialty in China*, (3): 29–30 (in Chinese) [魏才强. 2016. 黑龙江省稻田杂草群落组成及其对水稻产量的影响. *中国林副特产*, (3): 29–30]
- Wu CA, Dai WM, Song XL, Qiang S. 2010. Diversity of plant traits of weedy rice in Liaoning and Jiangsu provinces. *Biodiversity Science*, 18(1): 29–36
- Wu SG, Zhao XP, Wu CX, Chen LP, Shen JL, Wang Q. 2007. Research on resistance of barnyard grass to quinclorac in paddy field in valley area along middle and lower Yangtse River. *Journal of Weed Science*, 27(3): 25–26, 54 (in Chinese) [吴声敢, 赵学平, 吴长兴, 陈丽萍, 沈晋良, 王强. 2007. 我国长江中下游稻田稗草对二氯喹啉酸的抗药性研究. *杂草学报*, 27(3): 25–26, 54]
- Xu CG, Li JT, Guo JW. 2000. Survey of weeds community construction of late rice field in Zhoushan. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 12(3): 173–174 (in Chinese) [徐晨光, 李军涛, 郭金伟. 浙江舟山晚稻田杂草群落结构调查研究. 2000. *浙江农业学报*, 12(3): 173–174]
- Xu YZ, Ye LY, Ye NH, Ye WH. 2000. Rules and countermeasures of weeds in early rice fields in Ningbo, Zhejiang Province. *Journal of Jiangsu Pesticide*, (1): 32–34 (in Chinese) [许姚镇, 叶良友, 叶能华, 叶伟华. 2000. 浙江宁波地区早稻田杂草出草规律及防除对策. *江苏农药*, (1): 32–34]
- Yu LQ, Xu ZH, Guo YQ, Xu HL. 1999. Ecological control function of weeds in hybrid rice. *Plant Protection Technology and Extension*, 19(5): 25–26 (in Chinese) [余柳青, 徐正浩, 郭怡卿, 许胡兰. 1999. 杂交水稻对杂草的生态控制作用. *中国植保导刊*, 19(5): 25–26]
- Yu SM. 2016. Effects of crop establishment techniques on weeds and rice yield. *China Rice*, 22(5): 48–52 (in Chinese) [禹盛苗. 2016. 不同耕作和种植方式对稻田杂草及水稻产量的影响. *中国稻米*, 22(5): 48–52]
- Zhang HJ, Zhou PG, Zhao DT, Li XB. 2017. Investigation on weed infestation and herbicide application in rice in Zhejiang and Guangdong provinces. *Pesticide Science and Administration*, 38(2): 11–16 (in Chinese) [张宏军, 周普国, 赵东涛, 李贤宾. 2017. 浙江和广东稻田杂草发生及除草剂应用情况分析. *农药科学与管理*, 38(2): 11–16]
- Zhu DF, Chen HZ, Zhang XF, Lin XQ, Zhang YP. 2007. Evolution of rice cropping system and planting zonation in Zhejiang Province. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 19(6): 423–426 (in Chinese) [朱德峰, 陈惠哲, 章秀福, 林贤青, 张玉屏. 2007. 浙江水稻种植制的变化与种植区划. *浙江农业学报*, 19(6): 423–426]
- Zhu DF, Chen HZ, Zhang YP, Lin XQ, Wu W. 2006. Status and countermeasures of rice production in Zhejiang Province. *Research of Agriculture Modernization*, 27(6): 470–472 (in Chinese) [朱德峰, 陈惠哲, 张玉屏, 林贤青, 吴伟. 2006. 浙江水稻生产的现状与对策. *农业现代化研究*, 27(6): 470–472]

(责任编辑:王 璇)