

# 稻鸭共作及其它控草措施对稻田杂草群落的影响\*

魏守辉<sup>1</sup> 强胜<sup>1\*\*</sup> 马波<sup>1</sup> 韦继光<sup>1</sup> 陈建卫<sup>2</sup> 吴建强<sup>2</sup> 谢桐洲<sup>2</sup> 沈晓昆<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>南京农业大学杂草研究室,南京 210095;<sup>2</sup>江苏省丹阳市延陵镇农技站,丹阳 212341;

<sup>3</sup>江苏省镇江市科技局,镇江 212001)

**【摘要】** 运用群落生态学方法研究了稻鸭共作、人工除草、化学除草 3 种控草措施对稻田杂草群落特征的影响及其对田间杂草的控制作用。结果表明,稻鸭共作显著降低了田间杂草的发生密度,对稻田主要杂草鸭舌草(*Monochoria vaginalis*)、异型莎草(*Cyperus difformis*)、矮慈姑(*Sagittaria pygmaea*)的防效均达到 95% 以上,总体控草效果显著优于化学除草和人工除草。稻鸭共作使稻田杂草群落的物种丰富度及 Shannon-Wiener 多样性指数略有降低,但 Pielou 均匀度指数显著提高,表明群落物种组成有了很大的改变,降低了原来优势杂草的发生危害。在不同控草措施作用下,稻田杂草群落的结构组成也发生了一定的变化,稻鸭共作区群落组成为陌上菜(*Lindernia procumbens*) + 异型莎草 + 水虱草(*Fimbristylis miliacea*), Whittaker 群落指数显著高于化学除草、人工除草及对照区,表明稻鸭共作对田间杂草群落结构影响较大。从 Sorensen 群落相似性指数及以其为距离测度指标的聚类分析结果中也可得到同样的结论。

**关键词** 稻鸭共作 人工除草 化学除草 物种多样性 均匀度 相似性

**文章编号** 1001-9332(2005)06-1067-05 **中图分类号** S451.0 **文献标识码** A

**Control effects of rice-duck farming and other weed management strategies on weed communities in paddy fields.** WEI Shouhui<sup>1</sup>, QIANG Sheng<sup>1</sup>, MA Bo<sup>1</sup>, WEI Jiguang<sup>1</sup>, CHEN Jianwei<sup>2</sup>, WU Jianqiang<sup>2</sup>, XIE Tongzhou<sup>2</sup>, SHEN Xiaokun<sup>3</sup> (<sup>1</sup>Weed Research Laboratory, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; <sup>2</sup>Yanling Agrotechnical Extension Station of Danyang, Jiangsu Province, Danyang 212341, China; <sup>3</sup>Science and Technology Bureau of Zhenjiang, Jiangsu Province, Zhenjiang 212001, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2005, 16(6):1067~1071.

By the methods of community ecology, field studies were conducted to evaluate the control effects of three weed management strategies, i. e., rice-duck farming (RD), manual weeding (MW) and chemical weeding (CW), on the weed communities in paddy fields. The results showed that under rice-duck farming, the weed density in paddy fields decreased significantly, and the control effects on dominant weed species such as *Monochoria vaginalis*, *Cyperus difformis*, *Sagittaria pygmaea* were all above 95%, with an overall effect higher than CW and MW. Under RD, the species richness and Shannon-Wiener diversity indices decreased slightly, while Pielou community evenness indices increased markedly, indicating that the species composition of weed community was greatly improved, and the infestation of former dominant weed species was reduced. The structure of weed communities in paddy fields varied with different weed management strategies, e. g., under RD, *Lindernia procumbens*, *Cyperus difformis* and *Fimbristylis miliacea* constituted the major weed community, and the Whittaker index was significant higher than that of CW, MW and CK, which indicated that rice-duck farming had a greater effect on the structure of the weed communities. The same conclusion could be drawn from Sorensen's similarity indices and cluster analysis with Sorensen's index as the distance measurement.

**Key words** Rice-duck farming, Manual weeding, Chemical weeding, Species diversity, Evenness, Similarity.

## 1 引言

化学除草剂的长期大量使用,会对环境和农产品造成污染<sup>[27]</sup>,破坏农田的生物多样性<sup>[24]</sup>,并且容易导致杂草抗药性的产生<sup>[8]</sup>。保障生态和粮食安全,发展绿色食品生产,已经成为我国农业可持续发展的重要战略目标之一<sup>[4,10,25,26]</sup>。水稻(*Oryza sativa*)是我国主要的粮食作物,目前我国的水稻生产,已开始从单纯追求高产转向以健康、安全为前题的

优质高产。在杂草的防除策略上,要求尽量减少化学除草剂的使用,提倡利用生物、生态的措施来综合治理杂草<sup>[13,19,20]</sup>。在现有的稻田栽培管理体系中,尚缺少切实可行的生态控草措施<sup>[7]</sup>。

稻鸭共作是日本在学习借鉴中国稻田养鸭技术的基础上发展起来的稻田复合种养系统,自 1989 年

\* 国家自然科学基金项目(30170164)和高校博士点基金资助项目(2000030708)

\*\* 通讯联系人。

2004-06-07 收稿,2004-10-02 接受。

创始以来,迅速推广到韩国、越南、中国、菲律宾等国家,目前我国江苏、安徽、浙江、湖南、云南、四川等地均有推广<sup>[16]</sup>.已有的研究表明,稻鸭共作复合农业生态系统具有防治病虫害<sup>[9,14,18]</sup>、培肥土壤<sup>[23,28]</sup>、减少甲烷排放<sup>[5]</sup>、提高稻米品质<sup>[23]</sup>等功能,在稻田不施用化肥、农药(杀虫剂、杀菌剂、除草剂等),就可以达到安全、优质生产的目的,具有显著的经济和生态效益<sup>[21,22,28]</sup>.把稻鸭共作复合生态系统作为一种生态控草模式,利用鸭子长期在稻田活动影响杂草正常生长、降低杂草危害的研究目前报道尚不多.为此,本文从杂草群落生态学的角度,比较研究了稻鸭共作与人工除草、化学除草的控草效应,为发展基于杂草群落结构调控的生态控草措施提供理论基础,同时为进一步推广稻鸭共作复合农业生态体系提供科学依据.

## 2 研究地区与研究方法

### 2.1 研究地区概况

延陵地处亚热带季风气候区,年均温 15~16℃,降水量 1 000~1 100 mm,6~9月雨量占全年的 40~55%, $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温分别为 5 300~5 640℃和 4 740~4 950℃,无霜期约 220~240 d,全年日照 2 000~2 200 h.本区农业生产历来以稻麦 1 年两熟为主.土壤类型为黄泥土,pH 值 6.7,耕层有机质含量 28.3 g·kg<sup>-1</sup>,全氮 3.28 g·kg<sup>-1</sup>,全磷 0.87 g·kg<sup>-1</sup>,全钾 11.62 g·kg<sup>-1</sup>.

### 2.2 试验设计及栽培管理

2002 年选择地势平坦、排灌方便、稻麦轮作种植年限在 5 年以上的非稻鸭共作田块,在田间设置稻鸭共作、化学除草、人工除草及空白对照 4 个处理,每处理重复 4 次,随机排列.每小区面积 133 m<sup>2</sup>,小区之间筑埂隔离.水稻品种为中梗“优丰”,5 月 18 日播种,6 月 22 日使用东洋 PF455S 型插秧机栽插,密度 15 cm×30 cm,每穴 5 苗.人工除草在水稻移栽后 20 d 进行,除草标准以小区无草为准.化学除草每 667 m<sup>2</sup>使用 60% 丁草胺乳油 60 ml+10% 草克星可湿性粉剂 10 g,在水稻移栽后 7 d 施药.稻鸭共作小区四周筑高 20 cm、宽 80 cm 的埂,以满足田间保水及鸭群栖息的要求.为防止鸭子逃逸和天敌危害,小区四周用尼龙网隔开.雏鸭品种选用“镇鸭 1 号”,在水稻移栽后 10 d 左右(7 月 5 日)放入稻田,每小区放鸭 5 只,水稻抽穗前(8 月 28 日)收鸭.放鸭初期田间保持 3~5 cm 水层,随鸭体长大逐渐增至 10~15 cm,鸭收回后及时排水,间隙灌溉,保持田间湿润状态.空白对照不除草,按常规栽培管理措施进行管理.

### 2.3 调查方法及数据分析

小区杂草调查在放鸭后 30 d(8 月 6 日,水稻处于分蘖期)进行,每小区平行调查 10 个样方,每样方面积 0.11 m<sup>2</sup>,计数各样方内的杂草种类与数量.杂草密度为每 m<sup>2</sup> 的杂草

数量;物种丰富度即样方中包含的所有杂草种类数;相对优势度  $RA = (RD + RF)/2$ .其中 RD 为相对密度,即某杂草的密度占总密度的比例,RF 为相对频度,即某小区杂草出现的样方数占小区所有杂草出现的总样方数<sup>[2,17]</sup>;Shannon-Wiener 指数  $H' = -\sum P_i \cdot \ln P_i$ , $P_i = N_i/N$ , $N_i$  为样方中第  $i$  物种的个体数, $N$  为样方总个体数;Simpson 优势度指数  $D = \sum P_i^2$ ;Pielou 均匀度指数  $J = H'/\ln S$ <sup>[12]</sup>;群落结构组成的差异用 Whittaker 指数测定, $\beta = S/ma - 1$ , $ma$  为各样方的平均物种数<sup>[11]</sup>;群落相似性用 Sorensen 指数测定,定性测度  $C_s = 2j/(a + b)$ ,定量测度(又称 Bray-Curtis 指数)  $CN = 2jN/(aN + bN)$ .其中  $j$  为群落 A 与 B 所共有的物种数, $a$  为群落 A 含有的全部物种数, $b$  为群落 B 含有的全部物种数, $aN$  为群落 A 的物种数目, $bN$  为群落 B 的物种数目, $jN$  为群落 A( $jNa$ ) 和 B( $jNb$ ) 共有种中个体数目较小者之和<sup>[11]</sup>.研究数据使用 Excel 和 Origin 软件进行数据处理、绘图,并使用 SPSS 软件进行统计或聚类分析.

## 3 结果与分析

### 3.1 稻鸭共作及其它控草措施对稻田杂草密度的影响及控草效果

**3.1.1 对稻田各种杂草密度的影响及控草效果** 在试验区稻田发生危害的杂草有 8 科 11 种,其中鸭舌草(*Monochoria vaginalis*)、陌上菜(*Lindernia procumbens*)、异型莎草(*Cyperus difformis*)、矮慈姑(*Sagittaria pygmaea*)、稗(*Echinochloa crusgalli*) 等 5 种杂草发生密度较大,群体数量占田间杂草的 90% 以上.稻鸭共作对其中发生密度较大的 4 种主要杂草的防效均优于化学除草或人工除草,但对稗的防效与化学除草或人工除草差异不显著.稻鸭共作对稻田主要杂草鸭舌草、异型莎草、矮慈姑的效果均达到 95% 以上,对一般杂草萤蔺(*Scirpus juncooides*)、半边莲(*Lobelia chinensis*)、节节菜(*Rotala indica*)的效果达 100%.化学除草对矮慈姑、稗有较好的密度防效,但对陌上菜和鸭舌草的效果较差,杂草密度显著高于稻鸭共作区.人工除草对稗、萤蔺、鸭舌草的效果略好,但对个体较小、密度较大的陌上菜、矮慈姑及半边莲控草效果不理想(图 1).

**3.1.2 对稻田各类杂草密度的影响及控草效果** 从各类型杂草来看,稻鸭共作对阔叶杂草的控制效果最好,达 97.1%,莎草次之,对禾草效果较差(表 1).稻鸭共作对单子叶杂草的效果(96.6%)略优于双子叶杂草(93.1%),但差异不显著.化学除草对禾本科或单子叶杂草效果较好,对双子叶杂草效果较差,人工除草的控草效果与化学除草相似.从各种控草措施间的比较看,稻鸭共作对稻田单、双子叶杂草的控

表1 稻鸭共作及其它控草措施对各类型杂草密度的影响及防效

Table 1 Influence of rice-duck farming and other weed management strategies on the density of various kinds of weeds and its control effects

杂草种类 Weed species	杂草密度 Weed density(ind·m <sup>-2</sup> )				控草效果 Control effects(%)		
	CK	MW	CW	RD	MW	CW	RD
单子叶杂草 Monocot weeds	133.2	59.0	38.0	4.3	54.2 c	72.4 b	96.6 a
双子叶杂草 Dicot weeds	49.5	61.2	41.4	3.2	0.0 c	15.8 b	93.1 a
阔叶杂草 Broadleaf weeds	126.5	102.6	63.9	3.4	17.4 c	49.6 b	97.1 a
禾本科杂草 Grass weeds	10.4	1.6	1.8	1.6	84.4 a	81.4 a	82.4 a
莎草 Sedge weeds	45.9	16.0	13.7	2.5	62.9 b	71.1 b	94.5 a
所有杂草 Overall weeds	182.7	120.2	79.4	7.4	32.9 c	57.0 b	95.6 a

CK:空白对照 Control; MW:人工除草 Manual weeding; CW:化学除草 Chemical weeding; RD:稻鸭共作 Rice-duck farming. 同一行平均值后含相同字母表示在0.05水平上差异不显著 Means within the same row followed by common letters are not significant difference at 0.05 level. 下同 The same below.

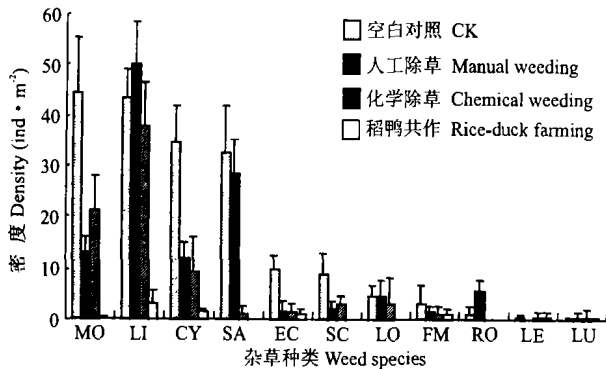


图1 稻鸭共作、人工除草及化学除草对稻田杂草密度的影响及控草效果

Fig. 1 Influence of rice-duck farming, manual weeding and chemical weeding on the density of weed species in paddy fields and its control effects.

MO:鸭舌草 *Monochoria vaginalis*; LI:陌上菜 *Lindernia procumbens*; CY:异型莎草 *Cyperus difformis*; SA:矮慈姑 *Sagittaria pygmaea*; EC:稗 *Echinochloa crusgalli*; SC:萤蔺 *Scirpus juncooides*; LO:半边莲 *Lobelia chinensis*; FM:水虱草 *Fimbristylis miliacea*; ROTIN:节节菜 *Rotala indica*; LE:千金子 *Leptochloa chinensis*; LU:丁香蓼 *Ludwigia prostrata*.

制效果均显著优于化学除草及人工除草,对阔叶草或莎草的防效也较化学除草及人工除草显著,但对禾本科杂草的控制效果一般,与化学除草及人工除草差异不显著.稻鸭共作后,田间杂草总密度仅7.4株·m<sup>-2</sup>,显著低于人工除草(120.2株·m<sup>-2</sup>)及化学除草(79.4株·m<sup>-2</sup>),控草效果达95.6%.在总体控草效果上,稻鸭共作>化学除草>人工除草,三者间的差异均达显著水平.

### 3.2 稻鸭共作及其它控草措施对稻田杂草群落多样性的影响

稻鸭共作区共发现杂草7种,而人工除草、化学除草及对照区分别有10、10和11种.从各小区物种的平均数量来看,人工除草与对照均为9种,差异不显著,而化学除草(6.5种)和稻鸭共作(4.3种)与对照比较均有显著降低(表2).从香农指数上看,3种控草措施均使杂草群落的物种多样性降低,但只有化学除草差异达到显著水平,说明使用除草剂会显著影响稻田杂草群落的物种多样性,其影响力大于人工除草和稻鸭共作.物种优势度可以反映杂草群落中主要杂草的发生危害情况,优势度的降低可以

表2 稻鸭共作及其它控草措施对稻田杂草群落物种多样性的影响  
Table 2 Influence of rice-duck farming and other weed management strategies on the species diversity of weed communities in paddy fields

指数 Indices	控草措施 Weed management strategies			
	CK	MW	CW	RD
物种丰富度 Species richness	9.0 a	9.0 a	6.5 b	4.3 c
香农指数 Shannon-Wiener index	1.82 a	1.66 ab	1.48 b	1.65 ab
辛普森指数 Simpson's index	0.20 b	0.26 ab	0.36 a	0.30 ab
Pielou均匀度指数 Pielou evenness index	0.81 b	0.75 bc	0.71 c	0.93 a

说明优势种杂草地位的降低及其危害的减轻.从表征优势度的辛普森指数来看,化学除草使田间杂草的优势度显著提高,这可能是由于除草剂的选择性引起的,人工除草处理可能因为某些杂草不易拔除而使群落优势度升高,稻鸭共作的田间杂草优势度值也有上升,但与对照比较差异没有达到显著水平.群落均匀度反映了各种杂草在群落中所处的地位,群落均匀度的提高,可以表明田间杂草趋于均匀分布,没有优势种发生危害.从Pielou均匀度指数看,稻鸭共作区指数为0.93,显著高于对照区(0.81),说明在稻鸭共作的控草措施作用下,田间杂草群落的结构有了很大改变,均匀度显著提高,从而弱化了稻田优势种杂草在田间的发生危害.在化学除草措施作用下,稻田杂草群落均匀度显著下降,这样长期作用容易导致某些非目标杂草的猖獗危害.人工除草处理的均匀度虽有降低,但与对照相比差异不显著.

### 3.3 稻鸭共作及其它控草措施对稻田杂草群落结构组成的影响

杂草在群落中相对优势度的变化可以反映不同控草措施对稻田杂草群落结构组成的影响.表3数据根据对照区各杂草的优势度值进行了排序,可见对照区杂草群落组成为鸭舌草+陌上菜+异型莎草.在不同控草措施作用下,田间杂草群落的结构组成均发生了一定变化.稻鸭共作区组成为陌上菜+异型莎草+水虱草(*Fimbristylis miliacea*),鸭舌草在田间的优势地位显著降低,在田间只有零星发生,不能形成群体危害,但水虱草相对优势度显著上升,从原来稻田的次要杂草变为稻鸭共作区的主要优势

表3 稻鸭共作及其它控草措施对稻田杂草相对优势度的影响

Table 3 Influence of rice-duck farming and other weed management strategies on the relative abundance of weed species in paddy fields.

杂草种类 Weed species	相对密度 Relative density				相对优势度 Relative abundance			
	CK	MW	CW	RD	CK	MW	CW	RD
鸭舌草 <i>Monochoria vaginalis</i>	0.243	0.106	0.269	0.036	0.177 a	0.108 b	0.211 a	0.047 b
陌上菜 <i>Lindernia procumbens</i>	0.240	0.419	0.493	0.351	0.175 b	0.265 ab	0.324 a	0.293 ab
异型莎草 <i>Cyperus difformis</i>	0.190	0.099	0.111	0.222	0.151 ab	0.105 b	0.132 b	0.229 a
矮慈姑 <i>Sagittaria pygmaea</i>	0.177	0.238	0.011	0	0.144 b	0.174 a	0.044 c	0 c
稗 <i>Echinochloa crusgalli</i>	0.055	0.013	0.014	0.083	0.083 a	0.034 a	0.045 a	0.100 a
萤蔺 <i>Scirpus juncooides</i>	0.045	0.019	0.038	0	0.078 a	0.065 bc	0.096 ab	0 c
半边莲 <i>Lobelia chinensis</i>	0.026	0.039	0.036	0	0.068 a	0.075 a	0.057 a	0 a
水虱草 <i>Fimbristylis miliacea</i>	0.015	0.015	0.014	0.158	0.049 b	0.063 b	0.045 b	0.167 a
节节菜 <i>Rotala indica</i>	0.006	0.046	0	0	0.031 b	0.079 a	0 b	0 b
千金子 <i>Leptochloa chinensis</i>	0.002	0	0.007	0.067	0.029 ab	0 b	0.023 ab	0.092 a
丁香蓼 <i>Ludwigia prostrata</i>	0.001	0.006	0.007	0.083	0.015 a	0.031 a	0.023 a	0.071 a

杂草. 化学除草区群落结构组成为陌上菜 + 鸭舌草 + 异型莎草, 主要杂草与对照区一致, 但各杂草在群落中的相对优势度发生了变化, 陌上菜成为田间主要杂草种群, 相对优势度值上升显著, 高达 0.324, 而异型莎草在群落中的优势地位略有降低. 人工除草区杂草群落组成为陌上菜 + 矮慈姑 + 鸭舌草, 与对照相比, 陌上菜和矮慈姑的相对优势度均有上升, 而鸭舌草相对优势度有所下降. 各种控草措施对田间稗、千金子 (*Leptochloa chinensis*)、丁香蓼 (*Ludwigia prostrata*)、半边莲、异型莎草等杂草的相对优势度均没有显著影响. Whittaker 指数可以反映杂草群落不同环境选择压力下结构的变化, 在一定程度上能够准确反映群落物种的更替程度<sup>[11]</sup>. 对照区杂草群落 Whittaker 指数为 0.222, 在人工除草、化学除草、稻鸭共作等控草措施作用下, 田间杂草群落 Whittaker 指数分别为 0.222、0.692、1.588. 由此可见, 稻鸭共作对杂草群落结构及物种组成的影响最显著, 化学除草次之, 而人工除草没有显著影响.

### 3.4 不同控草措施间杂草群落的相似性

从 Sorensen 群落相似性指数 (定性测度) 看, 对照处理与人工除草、化学除草处理的相似性较高, 而与稻鸭共作处理的相似性较低, 差异达显著水平 ( $P < 0.05$ ) (表 4). Sorensen 指数的定量测度结果与定

表4 不同控草措施间杂草群落的相似性指数

Table 4 Similarity index of weed communities between different weed management strategies

处理 Treatments	Sorensen 相似性指数 Sorensen similarity index			
	空白对照 CK	人工除草 Manual weeding	化学除草 Chemical weeding	稻鸭共作 Rice-duck farming
空白对照 Control	-	(0.715)	(0.603)	(0.076)
人工除草 Manual weeding	0.952	-	(0.697)	(0.106)
化学除草 Chemical weeding	0.952	0.900	-	(0.166)
稻鸭共作 Rice-duck farming	0.778	0.706	0.824	-

表中未加括号的数值为 Sorensen 群落相似性指数的定性测度, 加括号的数值为 Sorensen 指数的定量测度. Figures in the table without parenthesis are the qualitative measure of community similarity index of Sorensen, and figures in parenthesis are the quantitative measure.

性结果一致, 并且差异达到极显著水平 ( $P < 0.01$ ). 以上结果也表明, 稻鸭共作能显著影响田间杂草群落的组成, 改变某些杂草在群落中的优势地位, 从而影响其发生危害程度.

以 Sorensen 定性指数测度各控草措施作用下的杂草群落间的相似性, 采用最远距离法进行聚类分析, 可得图 2 所示的树状图. 由图 2 可知, 人工除草区群落结构与对照区相比最为相似, 化学除草与对照的相似程度也较好, 而稻鸭共作区杂草群落结构与对照区差别较大, 距离最远.



图2 不同控草措施作用下稻田杂草群落的聚类分析

Fig. 2 Cluster analysis of the weed communities under different weed management strategies.

CK: 对照 CK; MW: 人工除草 Manual weeding; CW: 化学除草 Chemical weeding; RD: 稻鸭共作 Rice-duck farming.

## 4 讨论

结果表明, 在稻田实行稻鸭共作, 可以显著降低田间杂草的发生危害, 使稻田主要杂草鸭舌草、陌上菜、异型莎草、矮慈姑等的种群数量显著降低, 群落均匀度提高, 有效地改善了稻田杂草群落的物种结构, 总体控草效果显著优于化学除草和人工除草.

不同的杂草管理措施 (如耕作方式、轮作方式及除草措施等) 通过形成特殊的环境生态条件, 常常适合某些杂草的生长, 同时又限制了另外一些杂草的生长, 能够对田间杂草群落的物种组成进行筛选, 起着过滤杂草的功能<sup>[2]</sup>. 这种导致杂草群落中物种维

持或滤除的内在机制目前尚不清楚, Belyea 等<sup>[1]</sup>认为可能与物种的生长习性 & 环境条件的限制有关, Legere 等<sup>[6]</sup>认为与环境条件、除草剂种类及农作措施等均有关, 而强胜等<sup>[15]</sup>认为种植制度是一个非常重要的限制因子。

Doucet 等<sup>[3]</sup>认为, 在影响田间杂草种群的密度和物种多样性方面, 杂草管理措施是一种比农作方式更为重要的环境限制因子。本研究表明, 稻鸭共作系统中通过种稻、养鸭, 提供了一种综合的环境过滤因子, 这些因子常常发生交互作用, 共同决定杂草群落中的物种组成和丰富程度。在稻鸭共作复合种养系统中, 导致杂草群落组成发生变化的因素主要有田间的水分环境和鸭的活动。一方面, 稻鸭共作田一直保持 3~15 cm 水层, 中间不晒田, 这样的水分环境, 会抑制某些不耐深水环境的杂草萌发生长, 降低其在田间的发生密度, 而那些能够适应深水环境的杂草则可以在田间继续发生危害; 另一方面, 鸭群在田间通过取食、践踏及中耕混水等作用, 会严重抑制杂草的萌发及正常生长。稻鸭共作区杂草群落的物种和结构组成与对照相比出现较大的差异就是这些环境因子综合作用的结果。

#### 参考文献

- Belyea LR, Lancaster J. 1999. Assembly rules within a contingent ecology. *Oikos*, **86**: 402~416
- Cardina J, Herms CP, Doohan DJ. 2002. Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. *Weed Sci*, **50**: 448~460
- Doucet C, Weaver SE, Hamill AS, et al. 1999. Separating the effects of crop rotation from management on weed density and diversity. *Weed Sci*, **47**: 729~735
- Du X-G(杜相革), Li K-J(李克江). 2000. Theory and practice on the production and development of the biorational food of our country. *Chin Agric Sci Bull*(中国农学通报), **16**(2): 43~45(in Chinese)
- Huang H(黄 璜), Yang Z-H(杨志辉), Wang H(王 华), et al. 2003. A study on the pattern of methane emission in wetland rice-duck complex ecosystems. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **23**: 929~934(in Chinese)
- Legere A, Samson DN. 1999. Relative influence of crop rotation, tillage, and weed management on weed associations in spring barley cropping system. *Weed Sci*, **47**: 112~122
- Li B-T(李保同), Shi Q-H(石庆华), Fang J-H(方加海), et al. 2004. Techniques of diseases, insect pests and weeds control and their efficacy in bio-rational rice production. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **15**(1): 111~115 (in Chinese)
- Li Y-F(李永丰), Li Y-W(李宜慰), Liu Z-D(刘正道), et al. 1999. New developments in herbicide resistance in weed species and management strategies. *Acta Jiangxiensis Agric Univ*(江西农业大学学报), **21**: 42~46(in Chinese)
- Li Y-M(李云明), Zhao S-Q(赵守清), Chen S-C(陈绍才), et al. 2004. Effects of rice-duck farming for the control of major pests in paddy fields. *Chin Plant Prot*(中国植保导刊), **24**: 14~15 (in Chinese)
- Liang W-J(梁文举), Wu Z-J(武志杰), Wan D-Z(闻大中). 2002. Research directions of agroecosystem health in the early 21st century. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **13**(8): 1022~1026(in Chinese)
- Ma K-P(马克平), Liu C-R(刘灿然), Liu Y-M(刘玉明). 1995. The methods of measuring community biodiversity II. Measurement of  $\beta$  diversity. *Chin Biodiv*(生物多样性), (3): 38~43(in Chinese)
- Ma K-P(马克平), Liu Y-M(刘玉明). 1994. The methods of measuring community biodiversity I. Measurement of  $\alpha$  diversity (Part 2). *Chin Biodiv*(生物多样性), (2): 231~239(in Chinese)
- Maxwell BD. 1999. My view. *Weed Sci*, **47**: 129
- Nakornsri K, Vongsaroj P. 1998. Weed control with Khaki Campbell Ducks in transplanted rice. *Khon Kaen Agric J*, **26**(2): 101~108
- Qiang S(强 胜), Shen J-M(沈俊明), Zhang C-Q(张成群), et al. 2003. The influence of cropping systems on weed communities in the cotton fields of Jiangsu Province. *Acta Phytocol Sin*(植物生态学报), **27**: 278~282(in Chinese)
- Shen X-K(沈晓昆). 2003. A new harmless and high quality rice production technology-rice duck farming. *Agric Equip Technol*(农业装备技术), **29**: 18~19 (in Chinese)
- Shrestha A, Knezevic SZ, Roy RC, et al. 2002. Effect of tillage, cover crop and crop rotation on the composition of weed flora in a sandy soil. *Weed Res*, **42**: 76~87
- Su ST. 2001. Evaluation of different duck varieties for the control of the golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in transplanted and direct seeded rice. *Crop Prot*, **20**: 599~604
- Swanton CJ, Murphy SD. 1996. Weed science beyond the weeds: The role of integrated weed management (IWM) in agroecosystem health. *Weed Sci*, **44**: 437~445
- Swanton CJ, Weise SF. 1991. Integrated weed management: The rationale and approach. *Weed Technol*, **5**: 657~663
- Wang H(王 华), Huang H(黄 璜), Yang Z-H(杨志辉), et al. 2003. Integrated benefits of paddy rice-duck complex ecosystem. *Rural Eco-Environ*(农村生态环境), **19**: 23~26(in Chinese)
- Wang H(王 华), Huang H(黄 璜). 2002. Analysis on ecological and economic benefits of complex ecosystem in wetland paddy fields. *Chin Agric Sci Bull*(中国农学通报), **18**(1): 71~75 (in Chinese)
- Wang Q-S(王强盛), Huang P-S(黄丕生), Zhen R-H(甄若宏), et al. 2004. Effect of rice-duck mutualism on nutrition ecology of paddy field and rice quality. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **15**(4): 639~645(in Chinese)
- Wu C-H(吴春华), Chen X(陈 欣). 2004. Impact of pesticides on biodiversity in agricultural areas. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **15**(2): 341~344(in Chinese)
- Zeng D-H(曾德慧), Jiang F-Q(姜凤岐), Fan Z-P(范志平), et al. 1999. Ecosystem health and sustainable development for human. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **10**(6): 751~756(in Chinese)
- Zhang J-E(章家恩), Luo S-M(骆世明). 2004. A discussion on basic content and evaluation index system of agroecosystem health. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **15**(8): 1473~1476(in Chinese)
- Zhang Z-B(张宗炳). 1988. Influence of pesticides to agroecosystem. *Chin J Ecol*(生态学杂志), **7**(1): 25~29(in Chinese)
- Zheng Y-H(郑永华), Deng G-B(邓国彬), Lu G-M(卢光敏). 1997. Economic benefits of rice-fish-duck complex ecosystem-a preliminary study. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **8**(4): 431~434(in Chinese)

**作者简介** 魏守辉,男,1974年生,博士生。主要从事杂草生物生态学及其综合管理研究,发表论文10余篇。E-mail: sweeds@163.com, wshcn@hotmail.com