

# 水稻覆膜处理对稻田杂草多样性的影响

赵欣<sup>1</sup> 林超文<sup>2</sup> 徐明桥<sup>3</sup> 黄晶晶<sup>2</sup> 陈一兵<sup>2</sup> 李传仁<sup>3</sup> 蔡青年<sup>1\*</sup>

1 (中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100193)

2 (四川省农业科学院土壤肥料研究所, 成都 610066)

3 (长江大学农学院, 湖北荆州 434025)

**摘要:** 地膜水稻作为一种新的水稻种植方式, 在我国丘陵和山区水稻生产中具有明显的增产效果。地膜稻田中杂草作为重要的有害生物, 有关其群落组成及多样性的报道不多。为了明确地膜稻田杂草的种类、发生密度、优势种及群落多样性, 我们设计了地膜和常规种植两类不同种植模式稻田, 在田间杂草营养生长盛期, 抽样调查了两类稻田中杂草密度、发生程度及生物多样性指数等。结果表明: 地膜稻田和常规稻田杂草种类分别有8科12属12种和10科14属14种。其中常规稻田的马齿苋(*Portulaca oleracea*)、鸭舌草(*Monochoria vaginalis*)、拟金茅(*Eulaliopsis binata*)和四叶萍(*Marsilea quadrifolia*)等地膜稻田不发生或仅偶有发生, 覆膜稻田中杂草总密度显著降低。异型莎草(*Cyperus difformis*)和酢浆草(*Oxalis corniculata*)在两种种植模式田均为优势种, 其相对密度分别为10.29–49.26%和11.91–45.59%, 且地膜稻田的密度均显著低于常规稻田; 而马唐(*Digitaria sanguinalis*)和水莎草(*Juncellus serotinus*)仅为地膜稻田的优势种, 其相对密度分别为18.01–30.46%和17.22–23.97%。除个别调查时间外, 两种种植模式稻田杂草群落的Shannon多样性指数和Margalef丰富度指数无显著差异; 而在整个调查期间, 地膜稻田的Pielou均匀度指数均显著高于常规稻田。由此可见, 地膜水稻种植模式不仅对稻田常见杂草和优势种杂草有一定的控制作用, 而且也使整个杂草群落处于一个稳定水平, 避免了一些杂草的暴发, 这对水稻生产过程中的草害控制具有重要的意义。

**关键词:** 地膜水稻, 杂草密度, 多样性指数, 丰富度指数, 均匀度指数

## Effect of film-mulched treatment on weed diversity in rice field

Xin Zhao<sup>1</sup>, Chaowen Lin<sup>2</sup>, Mingqiao Xu<sup>3</sup>, Jingjing Huang<sup>2</sup>, Yibing Chen<sup>2</sup>, Chuanren Li<sup>3</sup>, Qingnian Cai<sup>1\*</sup>

1 College of Agronomy & Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193

2 Soil and Fertilizer Institute, Sichuan Academy of Agricultural Science, Chengdu 610066

3 College of Agronomy, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434025

**Abstract:** Mulch film is applied to and can greatly increase rice yield in mountainous and hilly areas of Central and Southwest China. Weeds are important pests in rice fields, but little knowledge exists about how mulch film impacts weed diversity in rice fields. Herein, we investigated the composition, density, and diversity of weed communities in film-mulched and conventional rice fields and compared species richness, total and relative densities, and diversity index of weeds between the two planting patterns. Twelve and 14 species of weeds were found in the film-mulched and conventional rice fields, respectively. Of them, *Portulaca oleracea*, *Monochoria vaginalis*, *Eulaliopsis binata* and *Marsilea quadrifolia*, which occurred in conventional rice field, did not grow in the film-mulched rice field. Total weed density was suppressed in the film-mulched field compared to conventional rice field. *Digitaria sanguinalis*, *Juncellus serotinus*, *Oxalis corniculata* and *Cyperus difformis* were the dominant weed species and their relative densities were 18.01–30.46%, 17.22–23.97%, 11.91–45.59% and 10.29–49.26%, respectively. *O. corniculata* and *C. difformis* were found in both field types, but their densities were significantly lower in the film-mulched field than in the conventional rice field. *D. sanguinalis* and *J. serotinus* were dominant species found exclusively

收稿日期: 2008-12-24; 接受日期: 2009-03-17

基金项目: 国家“973”重点基础研究项目(2006CB100206)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: caiqn@cau.edu.cn

in the film-mulched rice field. In contrast with conventional rice fields, Pielou index was higher in the film-mulched rice field. Shannon and Margalef indices did not differ between planting patterns. Film-mulching was available for controlling weeds in paddy field and may be useful for maintaining weed communities at low levels and thereby avoiding severe weed outbreaks.

**Key words:** film-mulched rice, weed density, dominant species, Shannon index, Pielou index, Margalef index

地膜覆盖栽培技术在我国许多农作物如棉花、玉米等生产中得到了广泛的推广应用,已逐步形成了增产、增效的栽培技术体系(吴良欢等,1999)。水稻整个生长发育期覆盖地膜(又称地膜水稻)是我国近年来开始在丘陵和山区应用并推广的一种新型水稻种植模式。这种种植模式能节水、节肥并增加水稻的产量,对丘陵和山区水稻增产和农民增收发挥了重要的作用(黄义德等,1999;梁永超等,1999;刘方明等,2005)。

研究表明农作物地膜覆盖种植模式能有效地减少田间杂草的发生,如地膜玉米田(张润祥等,1995)、地膜芦笋田(王连平等,2006)和地膜花生田(徐秀娟等,2007)等。任文涛等(2003)也报道了膜覆盖稻田可减少水稗(*Echinochloa phyllopogon*)、稻稗(*Echinochloa crusgalli*)和水莎草(*Juncellus serotinus*)密度。这些研究仅仅反映了地膜覆盖对田间主要杂草种类和发生程度的影响。然而,农作物种植模式的改变并不只是影响主要杂草种类及其发生,而是会导致杂草群落组成如杂草密度和优势种群等的变化,并影响群落多样性。杂草群落物种组成的变化通常与田间杂草的管理策略和防除措施有着密切的关系。因此,本文研究了地膜稻田和常规栽培稻田杂草群落组成及其多样性的差异,以及它们在稻田杂草营养生长盛期的变化,以期地为地膜稻田杂草控制提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究地点概况

研究地点在四川省资阳市雁江区松涛镇响水村(104°35'E, 30°06'N),位于资阳市西3 km处。资阳市地处四川盆地中部,为典型的丘陵山区,海拔在300–500 m之间;属亚热带湿润季风气候,年平均气温16.8°C,年降雨量为965.8 mm;土壤为紫色土,土壤质地轻,肥力不高,有机质、全氮和有效磷含量偏低。该地区水稻种植面积达157万亩左右,常规

种植方式为水稻和油菜轮作。目前该区正在推广地膜水稻种植模式。

### 1.2 水稻种植方式

选择当地农户种植稻田0.3 hm<sup>2</sup>作为实验田,水稻品种为当地广泛种植的‘中优177’,实验采用随机区组设计,覆膜稻田(整个水稻生长期不揭膜)为处理,常规种植稻田为对照。处理和对照小区面积均为100 m<sup>2</sup>,6次重复,共12个小区。2007年4月6日播种,5月12日移栽。地膜稻田和常规稻田均采用大三围(三角形稀植)的种植方式,丛间距30 cm,每丛移栽2–3株秧苗。这种栽培方式可以减少水稻苗间竞争,促进田间通风透光(蔡艳等,2008)。

两种种植模式采用相同的田间管理:油菜收获后翻田,并施复合肥作为底肥,水稻生长期追施氮肥两次。地膜稻田水的管理只在整田后抽水淹没稻田,此后保持田面湿润即可,而常规种植稻田按常规方式用水。水稻种植前后两种稻田均不使用除草措施和杀虫剂。

### 1.3 田间调查

选择稻田杂草营养生长盛期进行田间调查,即移栽后58 d、68 d、78 d和88 d,共调查4次。杂草种类和密度的调查方法采用平行跳跃法,每个小区随机取5个样点,每个样点面积1 m<sup>2</sup>。由于本项研究同时还调查稻田的节肢动物群落及其多样性,为了不改变田间的生物环境,在杂草调查中,只准确记录每个样点内的杂草种类和密度,不拔除杂草。田间杂草种类的鉴定主要参考杂草原色图谱(周小刚和张辉,2006),个别不能鉴定的杂草标本带回室内鉴定。

### 1.4 数据分析

来自各小区的杂草数据均换算成杂草密度,即每平方米内观察到的杂草茎数(茎/m<sup>2</sup>),作为衡量杂草发生程度的指标(Day, 1998)。以相对密度(小区中某种杂草的密度除以小区中所有杂草的密度之和,以百分数表示)作为衡量某种杂草重要程度的指标,

并把4次抽样调查中有3次相对密度>10%的杂草界定为优势种。杂草多样性采用Shannon-Weiner指数(H)、Pielou均匀度指数(E)、Margalef丰富度指数(D<sub>MG</sub>) (Derksen *et al.*, 1995; Stevenson *et al.*, 1997)测度。其测度公式为:

$$H = (N \lg N - \sum n \lg n) / N \quad (1)$$

$$E = H / (\ln N) \quad (2)$$

$$D_{MG} = (S-1) / (\ln N) \quad (3)$$

其中N为各小区中1 m<sup>2</sup>内所有杂草的个体总数量, n为各小区中1 m<sup>2</sup>内某种杂草的个体数量, S为各小区中1 m<sup>2</sup>内杂草物种数。

处理和对照的杂草多样性指数显著性采用统计软件DPS7.05分析 (唐启义和冯明光, 1997), 用LSD法进行比较(P = 0.05) (Barberi *et al.*, 1997)。

## 2 结果

### 2.1 杂草种类及总密度

地膜稻田和常规稻田杂草种类分别为8科12属12种和10科14属14种。其中常规稻田的马齿苋(*Portulaca oleracea*)、鸭舌草(*Monochoria vaginalis*)、拟金茅(*Eulaliopsis binata*)和四叶萍(*Marsilea quadrifolia*)等杂草在地膜稻田不发生或偶有发生(表1)。在4次抽样调查中, 地膜稻田和常规栽培稻田

杂草总密度分别为27.77和155.61、45.66和93.44、37.11和152.00及48.72和322.00茎/m<sup>2</sup>(图1), 地膜稻田杂草密度均显著小于常规栽培稻田。

### 2.2 杂草相对密度及优势种

地膜稻田和常规稻田中不同杂草的相对密度如表 1 所示。其中, 异型莎草(*Cyperus difformis*)和酢浆草(*Oxalis corniculata*)在两种种植模式田均为优势种, 其相对密度分别为 10.29–49.26%和 11.91–45.59%, 而马唐(*Digitaria sanguinalis*)和水莎草

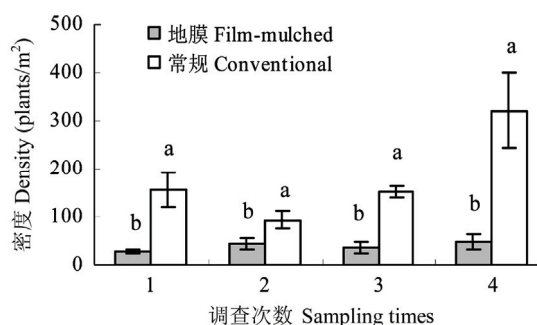


图1 地膜稻田和常规栽培稻田杂草群落总密度。图中不同小写字母表示差异显著(P < 0.05)。Fig.1 Total density of weed community in film-mulched and conventional rice fields. Different letters indicate a significant difference at 0.05 level.

表1 地膜稻田和常规栽培稻田杂草相对密度(平均值±标准差)(%)

Table 1 Relative density (mean±SE) of weeds in film-mulched and conventional rice fields(%)

杂草种类 Weed species	调查次数 Sampling times		1		2		3		4	
	地膜 Film-mulched	常规 Conventional	地膜 Film-mulched	常规 Conventional	地膜 Film-mulched	常规 Conventional	地膜 Film-mulched	常规 Conventional	地膜 Film-mulched	常规 Conventional
马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	30.46±2.34	—	20.52±4.30 <sup>a</sup>	2.73±1.17 <sup>b</sup>	18.01±3.58	—	9.49±3.29 <sup>a</sup>	0.05±0.03 <sup>b</sup>		
千金子 <i>Leptochloa chinensis</i>	3.14±1.21 <sup>a</sup>	0.27±0.19 <sup>b</sup>	2.11±0.52 <sup>a</sup>	0.35±0.31 <sup>b</sup>	2.20±1.91 <sup>a</sup>	0.97±1.08 <sup>a</sup>	0.71±0.42 <sup>a</sup>	0.30±0.08 <sup>a</sup>		
稗草 <i>Echinochloa crusgalli</i>	7.48±3.25 <sup>a</sup>	7.60±3.72 <sup>a</sup>	0.99±1.02 <sup>b</sup>	2.05±1.13 <sup>b</sup>	0.87±1.41 <sup>a</sup>	1.73±0.80 <sup>a</sup>	1.46±1.15 <sup>a</sup>	1.66±0.56 <sup>a</sup>		
拟金茅 <i>Eulaliopsis binata</i>	—	—	—	0.41±0.38	—	0.66±0.36	4.18±1.59 <sup>a</sup>	1.03±0.26 <sup>b</sup>		
水莎草 <i>Juncellus serotinus</i>	17.22±3.76 <sup>a</sup>	2.63±0.88 <sup>b</sup>	5.96±1.60 <sup>a</sup>	0.99±0.09 <sup>b</sup>	17.92±7.51 <sup>a</sup>	0.98±0.84 <sup>b</sup>	23.97±7.63 <sup>a</sup>	0.85±0.41 <sup>b</sup>		
异型莎草 <i>Cyperus difformis</i>	27.10±6.43 <sup>b</sup>	49.26±9.88 <sup>a</sup>	17.26±5.35 <sup>b</sup>	10.29±5.79 <sup>b</sup>	18.01±5.93 <sup>a</sup>	21.13±4.43 <sup>a</sup>	16.07±4.34 <sup>a</sup>	3.60±0.60 <sup>b</sup>		
猪殃殃 <i>Galium aparine</i>	0.34±0.33 <sup>b</sup>	2.22±0.75 <sup>a</sup>	3.31±2.51 <sup>b</sup>	16.23±3.57 <sup>a</sup>	9.07±3.01 <sup>b</sup>	18.01±2.80 <sup>a</sup>	20.27±3.69 <sup>a</sup>	2.10±1.01 <sup>b</sup>		
陌上菜 <i>Lindernia procumbens</i>	—	8.12±4.02	0.11±0.27	—	2.43±2.08 <sup>a</sup>	0.86±0.69 <sup>a</sup>	1.39±0.78 <sup>b</sup>	21.07±6.01 <sup>a</sup>		
节节菜 <i>Rotala indica</i>	8.43±1.84 <sup>a</sup>	1.51±0.64 <sup>b</sup>	1.08±0.62 <sup>b</sup>	2.32±1.09 <sup>a</sup>	4.50±1.22 <sup>b</sup>	19.40±2.79 <sup>a</sup>	3.41±1.04 <sup>a</sup>	2.21±0.58 <sup>b</sup>		
丁香蓼 <i>Ludwigia prostrata</i>	4.25±1.43 <sup>b</sup>	16.10±3.55 <sup>a</sup>	7.09±3.24 <sup>a</sup>	9.05±1.61 <sup>a</sup>	5.37±2.47 <sup>a</sup>	7.31±1.67 <sup>a</sup>	6.34±1.00 <sup>a</sup>	5.01±1.67 <sup>a</sup>		
酢浆草 <i>Oxalis corniculata</i>	—	12.07±0.42	40.07±6.57 <sup>a</sup>	45.59±6.42 <sup>a</sup>	21.36±2.75 <sup>a</sup>	20.14±4.06	11.91±2.51 <sup>a</sup>	1.53±0.67 <sup>b</sup>		
马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i>	—	—	—	6.28±1.90	—	5.74±1.80	0.20±0.49 <sup>b</sup>	7.88±1.64 <sup>a</sup>		
鸭舌草 <i>Monochoria vaginalis</i>	—	—	—	4.01±208	—	2.62±1.06	—	0.67±0.27		
四叶萍 <i>Marsilea quadrifolia</i>	—	—	—	—	—	—	—	51.12±7.91		

同行内不同字母表示显著差异(P < 0.05)。在4次调查中, 3次以上相对密度≥10%的物种被认为是优势种。Different letters in the same row are significantly different at the 0.05 level. The dominant species are defined as the species with relative density >10% and occurred three times during four field investigations.

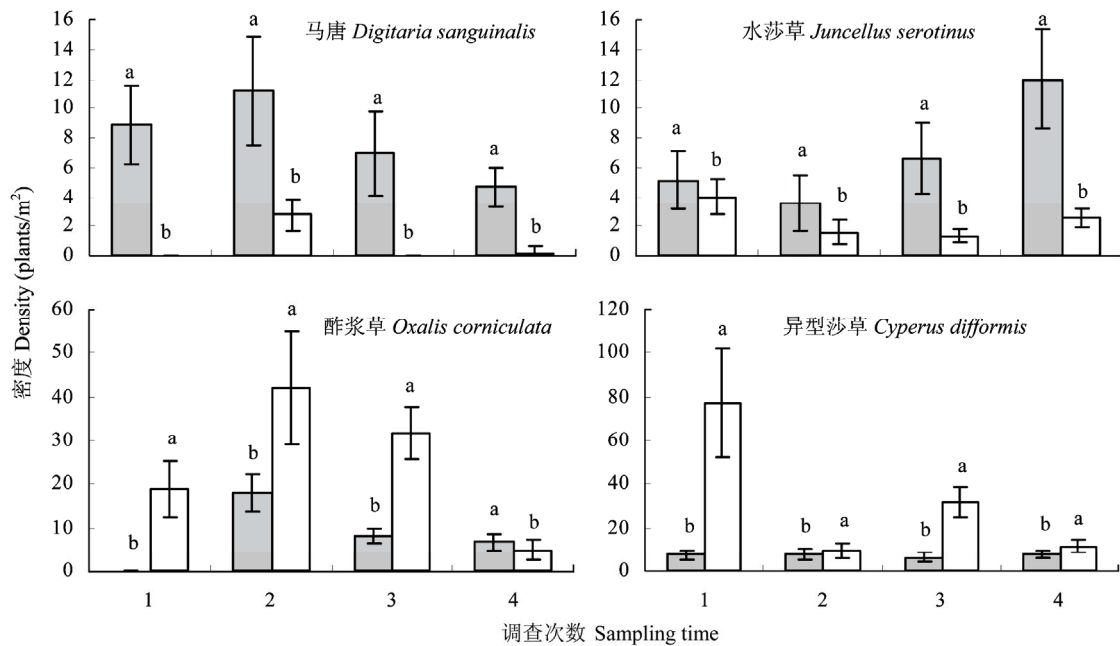


图2 地膜稻田和常规栽培稻田杂草优势种密度的比较。(■)地膜覆盖,(□)常规;不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

Fig. 2 Density comparison of dominant weed species between film-mulched and conventional rice fields. Different letters indicate a significant difference at 0.05 level. (■) Film-mulched; (□) Conventional.

表2 地膜稻田和常规栽培稻田杂草群落多样性指数(平均值±标准差)

Table 2 Biodiversity indices (mean ± SE) of weed communities in film-mulched and conventional rice fields

调查次数 Sampling times	Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index ( $H'$ )		Pielou均匀度指数 Pielou evenness index ( $E'$ )		Margalef丰富度指数 Margalef richness index ( $M'$ )	
	地膜	常规	地膜	常规	地膜	常规
	Film-mulched	Conventional	Film-mulched	Conventional	Film-mulched	Conventional
1	2.30 ± 0.17 <sup>a</sup>	1.95 ± 0.41 <sup>a</sup>	0.87 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.65 ± 0.11 <sup>b</sup>	1.17 ± 0.20 <sup>a</sup>	1.15 ± 0.19 <sup>a</sup>
2	2.27 ± 0.17 <sup>a</sup>	2.45 ± 0.45 <sup>a</sup>	0.78 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.72 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.32 ± 0.16 <sup>b</sup>	1.54 ± 0.19 <sup>a</sup>
3	2.71 ± 0.15 <sup>a</sup>	2.79 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.86 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.79 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.68 ± 0.21 <sup>a</sup>	1.71 ± 0.10 <sup>a</sup>
4	2.74 ± 0.23 <sup>a</sup>	2.23 ± 0.18 <sup>b</sup>	0.82 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.58 ± 0.05 <sup>b</sup>	1.85 ± 0.12 <sup>a</sup>	1.81 ± 0.17 <sup>a</sup>

同行内不同字母表示显著差异( $P < 0.05$ ) Different letters in the same row are significantly different at the 0.05 level.

(*Cyperus difformis*)仅在地膜稻田为优势种,其相对密度分别为18.01–30.46%和17.22–23.97%(表1)。

虽然异型莎草和酢浆草在两种种植模式田均为优势种杂草,但在营养生长盛期,常规种植稻田的密度均显著高于地膜稻田。即便是仅在地膜稻田成为优势种的杂草如马唐和水莎草,其相对密度也较低(图2),这说明地膜覆盖能有效地抑制稻田的优势种杂草生长。

### 2.3 杂草多样性指数

与常规种植模式相比,地膜稻田杂草群落的

Shannon-Weiner多样性指数除在第4次调查中显著高于常规稻田, Margalef丰富度指数除在第2次调查中显著低于常规稻田外,其余调查时间均无显著差异。在整个调查期间,地膜稻田的Pielou均匀度指数均显著高于常规稻田(表2)。

## 3 讨论

农业措施通常有利于作物而不利杂草。本文结果表明,覆膜稻田杂草总密度显著降低,且一直维持在一个较低的水平。这说明虽然覆膜稻田使土

壤的温度和水分有利于植物的生长,但其机械阻隔可能直接影响了田间杂草的发生。另一方面,稻田覆膜改善了水稻生长状况如增加有效分蘖、促进壮苗等(路兴花等,2002),增强了水稻对水、营养和空间的竞争优势,从而对杂草的发生和生长起了一定的抑制作用。

另外,本研究第2次调查结果中出现了常规稻田杂草总密度突然下降的现象,这可能与调查前突降暴雨,导致部分杂草因水淹而死亡有关,也反映出常规稻田的杂草在其生长发育过程中可能更易受外界气候的影响。

在农作物不同种植模式下,不同种类的杂草对环境条件的反应和适应能力有明显的差异,因而杂草群落的优势种和群落组成也会发生变化(Nyarko *et al.*,1993; 马克平,1994; 魏守辉等,2005)。如不同种植模式下的麦田杂草群落组成完全不同(王开金和强胜,2005),稻-棉水旱轮作稻田降低了稗草的发生(强胜等,2003)。本研究中发现喜旱性杂草马唐成为地膜水稻田的优势种,且有较高的密度,而常规稻田的马齿苋、鸭舌草、拟金茅和四叶萍等杂草在地膜稻田则几乎没有发生;同时,禾本科和莎草科的一些恶性杂草发生程度显著降低。这些都可能与地膜水稻田的节水管理有关。不过,水稻覆膜种植模式是否会导致一些陆生杂草入侵地膜水稻田是一个值得关注的问题,还有待进一步观察和研究。

不同种植方式也导致农田杂草群落多样性指数的改变(谷艳芳等,2007)。稻田覆膜后,整个调查期间杂草均匀度指数均显著高于常规种植田,这可能是由于杂草受地膜覆盖的限制、田间水肥条件稳定,以及受外界环境条件影响小等原因,而形成了相对稳定的杂草群落;常规稻田的杂草多样性指数只在第4次调查中显著低于地膜稻田,这说明常规稻田杂草群落易受单一杂草如四叶萍爆发的影响。

总之,稻田覆膜改变了杂草的生存空间,抑制了许多杂草的发生,预示着地膜水稻种植模式不仅对稻田常见杂草和优势种杂草有一定的控制作用,而且也使整个杂草群落处于一个稳定的水平,从而避免了一些恶性杂草的暴发。这对水稻生产过程中的草害控制具有重要的意义。

致谢: 我们非常感谢中国农业大学倪汉文教授鉴定

了部分杂草种类及论文修改中给予的热情帮助,以及评审专家们为论文修改提供的宝贵意见和建议。

## 参考文献

- Barberi P, Silvestri N, Bonari E (1997) Weed communities of winter wheat as influenced by input level and rotation. *Weed Research*, **37**, 301-313.
- Cai Y (蔡艳), Tao WH (陶武辉), Zhang Y (张毅), Zhang XZ (张锡洲) (2008) Effect of planting density on the production and N utilization of rice under large-triangle intensification system. *Chinese Journal of Eco-Agriculture* (中国生态农业学报), **16**, 1603-1605. (in Chinese with English abstract)
- Derksen DA, Thomas AG, Lafond GP, Loepky HA, Swanton CJ (1995) Impact of post-emergence herbicides on weed community diversity within conservation-tillage systems. *Weed Research*, **35**, 311-320.
- Day K (1996) Agriculture's links to biodiversity. *Agricultural Outlook*, **263**, 32-37.
- Gu YF (谷艳芳), Hu N (胡楠), Ding SY (丁圣彦), Zhang LX (张丽霞), Li JJ (李俊娇) (2007) Effects of cropping systems on community structure and biodiversity of weeds in wheat fields in Kaifeng and Fengqiu districts. *Journal of Henan University (Natural Science)* (河南大学学报(自然科学版)), **37**, 391-394. (in Chinese with English abstract)
- Huang YD (黄义德), Zhang ZL (张自立), Wei FZ (魏凤珍), Li JC (李金才) (1999) Eco-physiological effect of dry-cultivated and plastic film-mulched rice planting. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **10**, 305-308. (in Chinese with English abstract)
- Liu FM (刘方明), Liang WJ (梁文举), Wen DZ (闻大中) (2005) Effects of tillage method and herbicide on corn field weed community. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **16**, 1879-1882. (in Chinese with English abstract)
- Lu XH (路兴花), Wu LH (吴良欢), Liu M (刘铭), Yang LF (杨联丰) (2002) Effect of film mulched cultivation on growth and some physiological characteristics of rice. *Journal of Zhejiang University (Agric. & Life Sci.)* (浙江大学学报(农业与生命科学版)), **28**, 609-614. (in Chinese with English abstract)
- Liang YC (梁永超), Hu F (胡锋), Yang MC (杨茂成), Zhu XL (朱遐亮), Wang GP (王广平), Wang YL (王永乐) (1999) Mechanisms of high yield and irrigation water use efficiency of rice in plastic film mulched dryland. *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), **32**(1), 26-32. (in Chinese with English abstract)
- Ma KP (马克平) (1994) The measurement of community diversity. In: *Principles and Methodologies of Biodiversity Studies* (生物多样性研究的原理与方法) (eds Qian YQ (钱迎倩), Ma KP (马克平)), pp. 141-165. Chinese Science and Technology Press, Beijing. (in Chinese)

- Nyarko KA, Ampongnyarko K, Dedatta SK (1993) Effects of nitrogen application on growth, nitrogen use efficiency and weed interaction. *Weed Research*, **33**, 269–276.
- Qiang S (强胜), Shen JM (沈俊明), Zhang CQ (张成群), Shao GY (邵耕耘), Hu JL (胡金良), Wang FL (王凤良) (2003) The influence of cropping systems on weed communities in the cotton fields of Jiangsu Province. *Acta Phytoecologica Sinica* (植物生态学报), **27**, 278–282. (in Chinese with English abstract)
- Ren WT (任文涛), Xin MJ (辛明金), Lin J (林静), Bao CJ (包春江), Song YQ (宋玉秋), Wang RL (王瑞丽) (2003) Experimental study on effect of paper-mulching rice planting technology on saving water and controlling weeds. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering* (农业工程学报), **19**(6), 60–63. (in Chinese with English abstract)
- Stevenson FC, Legere A, Simard RR, Angers DA, Pageau D, Lafond J (1997) Weed species diversity in spring barley varies with crop rotation and tillage, but not with nutrient source. *Weed Science*, **45**, 798–806.
- Tang QY (唐启义), Feng MG (冯明光) (1997) *Practical Statistics and DPS Data Processing System* (实用统计分析及其计算机处理平台). China Agriculture Press, Beijing. (in Chinese)
- Wang KJ (王开金), Qiang S (强胜) (2005) Quantitative analysis of distribution of weed communities in wheat fields in the south of Jiangsu Province. *Journal of Biomathematics* (生物数学学报), **20**, 107–114. (in Chinese with English abstract)
- Wu LH (吴良欢), Zhu ZR (祝增荣), Liang YC (梁永超), Shi WY (石伟勇), Zhang LM (张立民) (1999) The development of the rice film mulching cultivation. *Journal of Zhejiang Agricultural University* (浙江农业大学学报), **25**, 41–42. (in Chinese with English abstract)
- Wang LP (王连平), Wang HR (王汉荣), Ru SJ (茹水江), Fang L (方丽), Zhang MZ (张明忠), Jin LX (金立新), Chen CH (陈春华) (2006) Study on weed in asparagus farmland and effects of film-covering for weeding. *Acta Agriculture Jiangxi* (江西农业学报), **18**(4), 126–128. (in Chinese with English abstract)
- Wei SH (魏守辉), Qiang S (强胜), Ma B (马波), Wei JG (韦继光), Chen JW (陈建卫), Wu JQ (吴建强), Xie TZ (谢桐洲), Shen XK (沈晓昆) (2005) Control effects of rice-duck farming and other weed management strategies on weed communities in paddy fields. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **16**, 1067–1071. (in Chinese with English abstract)
- Xu XJ (徐秀娟), Zhao ZQ (赵志强), Lu J (卢钰), Li SX (李尚霞), Liu QF (刘庆芳) (2007) Techniques for controlling weeds in organic peanut field. *Weed Science* (杂草科学), (1), 34–36. (in Chinese)
- Zhang RX (张润祥), Liang RX (梁荣先), Yang ZP (杨正芑) (1995) Studies on the population dynamics and control of the main pests in maize field mulched by plastic film. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences* (山西农业科学), **23**(3), 51–54. (in Chinese with English abstract)
- Zhou XG (周小刚), Zhang H (张辉) (2006) *The Coloured Atlas of Common Field Weeds in Sichuan* (四川农田常见杂草原色图谱). Sichuan Science and Technology Press, Chengdu. (in Chinese)

(责任编辑: 强胜 责任编辑: 周玉荣)