

稻作区灌溉水流传播的杂草种子与稻田土壤杂草种子库的关系

左然玲 强 胜* 李儒海

(南京农业大学 杂草研究室, 江苏 南京 210095 ; * 通讯联系人, E-mail : wr1@njau.edu.cn)

Relationship Between Weed Seeds Dispersed by Irrigation Water and Soil Weed Seedbank of Paddy Field in Rice Growing Region

ZUO Ran ling , QIANG Sheng* , LI Ru hai

(Weed Research Laboratory , Nanjing Agricultural University , Nanjing 210095 , China ; * Corresponding author , E-mail : wr1@njau.edu.cn)

Abstract : In order to study the correlation between soil weed seedbank and weed seed dispersed by irrigation water , three plots of paddy fields with an irrigation system in a typical rice growing region was chosen to observe weed community and seedbank both in surrounding habitats and paddy field . The species and number of weed seeds that dispersed by irrigation water were recorded and counted , the weed communities on the ridge of the paddy field and in surrounding habitats of the ditch were surveyed , and they were compared with those in wheat field of next season . The weed seeds of 21 species belonging to 14 families (mainly Gramineae , Primulaceae , Polygonaceae , and Chenopodiaceae) could be dispersed into the paddy field by irrigation water . Seeds of 41 weed species belonging to 19 families were found in the soil weed seedbank of paddy field . The similarity among weed species dispersed by irrigation water , weed communities on the ridge of the paddy field and in the surrounding habitats of the ditch , successive weed communities in wheat field and soil weed seedbank in paddy field was considerably high with Sorensen similarity indexes all above 0.5 , suggesting that weeds were dispersed among them by irrigation water .

Key words : weed seeds ; dispersal ; soil weed seedbank ; irrigation water ; similarity index

摘 要 : 选择典型稻作区 ,对灌溉水流传播的杂草种子的种类和数量进行取样调查 ,并与田埂、灌溉水渠周围生境、下茬麦田的杂草群落及稻田土壤杂草种子库进行比较分析 ,以研究自然条件下灌溉水流传播的杂草种子与土壤杂草种子库及其他生境杂草群落间的相互关系。有 14 科 21 种杂草种子随灌溉水流输入稻田 ,这些杂草种子主要隶属禾本科、报春花科、藜科、蓼科等。土壤杂草种子库中共检出 19 科 41 种杂草种子 ,含有所有其他生境中杂草的种子。灌溉水流传播的杂草种子与田埂上、灌溉水渠周围生境、下茬麦田杂草群落及稻田土壤种子库的杂草群落间相似性较高 ,Sorensen 指数均在 0.5 以上。

关键词 : 杂草种子 ; 传播 ; 土壤杂草种子库 ; 灌溉水流 ; 相似性指数

中图分类号 : S451 . 1

文献标识码 : A

文章编号 : 1001-7216(2007)04-0417-08

大多数维管植物的种子是有性生殖的产物 ,是植物产生的能够在不可预测环境中存活下来的具有不同遗传特性的繁殖器官。同时 ,种子也是植物迁移到不同地方的主要器官^[1]。种子的传播扩散对植物种族的延续及生态系统的更新与演变具有重要意义。目前 ,有关种子传播作用的研究大都集中在森林生态系统中风及啮齿动物等对树木种子的传播^[2-5] ,而关于农田杂草种子传播的报道较少^[6-9] ,其中涉及灌溉水流传播的杂草种子与农田土壤杂草种子库及周围生境杂草群落间关系的研究则未见报道。

植物学上所指的种子是由胚珠发育而成的器官。很多所谓的杂草种子 ,其外为子房壁或为非心皮部分所包围 ,实际上是果实 ,但一般习惯上 ,果实与真正的种子统称为种子^[10]。农田杂草通常矮小、

结实量大 ,且种子形态小、质量轻 ,大多有保护组织 ,可在一定程度上阻止水分的渗入 ,这些特征为它们随水流传播提供了良好的条件。水稻是我国种植面积最大的作物 ,并且在其生长季节中灌溉频繁 ,因而散落于沟渠中的其他生境杂草种子随灌溉水流迁移传播的几率很高 ,不同田块间杂草种子相互传播与侵染的可能性也很大。大量的杂草种子随水流传入并沉积于农田 ,遇到适宜的条件萌发 ,不仅会使下茬作物草害加重 ,也会加大对未来杂草的发生量与发生种类预测预报的难度。同时 ,因除草剂大量使

收稿日期 : 2006-12-26 ; 修改稿收到日期 : 2007-03-22。

基金项目 : 国家科技支撑计划资助项目 (2006BAD08A09) ; 国家自然科学基金资助项目 (30170164)。

第一作者简介 : 左然玲 (1979-) , 男 , 硕士研究生。

用所造成的环境污染及农药残留问题也日益突出^[11-13],迫切需要采用新的生态措施控制草害,减少或避免除草剂的使用。因此,了解杂草种子随水流传播的机制,对水田及水旱轮作田草害的生态控制有着重要意义。

本试验研究了灌溉水流传播的杂草种子的种类及数量动态,以了解杂草种子随水流传播的特性,并结合调查稻田周围生境杂草群落和稻田土壤杂草种子库,明确灌溉水流传播杂草种子的作用,探明灌溉水流传播的杂草种子与稻田土壤杂草种子库及稻田周围生境杂草群落的相关性,为采取科学有效的生态控草措施,预测预报未来杂草的发生种类和数量提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验在南京沧波门稻作区进行。该区属宁镇扬丘陵农业区,亚热带季风气候,年均温 14.5 ~ 16.0,降水量 900 ~ 1100 mm。3 和 10 积温分别为 5200 ~ 5500 和 4700 ~ 4950。无霜期约 200 ~ 230 d^[14]。该稻作区是典型的单季中稻种植区,休耕与麦稻轮作交替进行,近年来实施的是麦稻轮作的耕作制度,种植年限在 8 年以上。土壤类型为马肝土,pH 值 6.4 左右,水稻品种为优丰。近年来,由于农村劳动力转移,管理上不够重视,管理水平降低,草害问题日趋严重。

1.2 灌溉水流中杂草种子的取样

2005 年 6 月,选择灌溉设施好且具代表性的 3 个田块作为样地,总面积约 1334 m²。于前 3 次灌水期对灌溉水流中的杂草种子进行了取样,其余灌水期因大雨而未能取样。取样时间为 2005 年 6 月 23 日(初次灌水浸田)、6 月 27 日及 7 月 2 日。试验设 3 个进水口(每个田块 1 个),灌水时,于进水口装上 50 cm × 50 cm、孔径为 0.1 mm(150 目)的网袋拦截水流中的杂草种子。间隔 2 h 取样 1 次,每次 10 min(用秒表计时),重复 3 次。每次灌水总时间为 24 h。

灌溉水流输入的杂草种子数量(粒) = 输入速率(粒/h) × 灌水总时间(h)。

1.3 稻田周围杂草群落的调查

2005 年 6 月调查样地灌溉水渠周围、田埂上和下茬麦田杂草群落的组成和发生数量。灌溉水渠周围的杂草群落调查在约 700 m²(100 m × 7 m)的面积上进行。每种生境类型调查 5 个样方,每个样方

面积为 1 m²。麦田的调查采用倒置“W”九点取样法^[15],田间杂草密度为每 1 m² 的株数。

1.4 土样采集方法及土壤杂草种子库种类鉴定

水稻收获后,用内径为 25 mm 的土钻以平行网格状取样方法在样地取 50 个样点,分上层(0 ~ 5 cm)、中层(5 ~ 10 cm)、下层(10 ~ 15 cm)3 层进行分装,同一层的土样混装在一起。土样于室内自然风干后,稍加粉碎,混匀后平分为 10 份(每份折合土表面积 0.002 m²)。取其中 3 份样本,分别装入孔径为 0.1 mm(150 目)的尼龙纱布中,扎紧,用流水冲洗淤泥。待纱布中的残留物自然风干,用 20、40、60、80、100、120、150 目的标准分样筛分级筛选,各孔径筛中的剩余物分装于培养皿中。在双目解剖镜(最大放大倍数 10 × 4 倍)下鉴定杂草种子的种类并计数。

1.5 数据处理

土壤杂草种子库密度为每 1 m² 的种子数量,杂草密度为每 1 m² 的株数。

相对优势度(RA) = (RD + RF)/2,其中 RD 为相对密度,即某种杂草种子的密度占总密度的比例,RF 为相对频度,即种子库或杂草群落中杂草出现的样方数占有所有杂草出现的总样方数的比例^[16-17]。

不同生境杂草群落的相似性用 Sorensen 相似性指数测定^[18]:

$C_s = 2j/(a+b)$ 。其中, j 为群落 A 与 B 所共有的物种数, a 为群落 A 所含有的全部物种数, b 为群落 B 所含有的全部物种数。

数据用 Excel 数据处理及绘图软件进行分析、绘图,并用 SPSS 软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 灌溉水流输入稻田的杂草种子种类及数量

结果显示,共有 14 科 21 种杂草种子随灌溉水流输入稻田(表 1)。这些杂草种子主要隶属于禾本科(Gramineae)、蓼科(Polygonaceae)、藜科(Chenopodiaceae)、毛茛科(Ranunculaceae)及报春花科(Primulaceae)。所截获的杂草种子中,蔊草(Beckmannia syzigachne)、齿果酸模(Rumex dentatus)和泽星宿菜(Lysimachia candida)的传播量最大(20 粒/min 以上);羊蹄(Rumex japonicus)、小藜(Chenopodium serotinum)及小苜蓿(Medicago minima)次之(约 10 粒/min)。总的来看,禾本科杂草的传播量较大,有绝对优势。其他杂草,诸如蛇床(Cnidium monnieri)、茴茴蒜(Ranunculus chinensis)

表 1 初次灌溉输入稻田的杂草种子群落特征

Table 1. Community characteristics of weed communities seeds inputted into paddy field at the first time of irrigation.

杂草种类 Weed species	输入量 Amount of weed seeds imported /(individuals · min ⁻¹)	相对密度 Relative density/%	相对频度 Relative frequency /%	相对优势度 Relative dominance
茵草 <i>Beckmannia syzigachne</i>	26.0	16.7	5.5	0.111
看麦娘 <i>Alopecurus aequalis</i>	6.7	4.3	5.5	0.049
日本看麦娘 <i>Alopecurus japonicus</i>	5.0	3.2	5.5	0.043
鹅观草 <i>Roegneria kamoji</i>	1.7	1.1	1.8	0.014
稗草 <i>Echinochloa crusgalli</i>	3.0	1.9	5.5	0.037
泽星宿菜 <i>Lysimachia candida</i>	21.3	13.7	5.5	0.096
碎米荠 <i>Cardamine hirsuta</i>	1.3	0.9	3.6	0.022
茵茵蒜 <i>Ranunculus chinensis</i>	5.0	3.2	5.5	0.043
泽漆 <i>Euphorbia helioscopia</i>	5.0	3.2	5.5	0.043
通泉草 <i>Mazus japonicus</i>	9.0	5.8	5.5	0.056
蛇床 <i>Cnidium monnieri</i>	6.7	4.3	5.5	0.049
小苜蓿 <i>Medicago minima</i>	11.3	7.3	5.5	0.064
稻槎菜 <i>Lapsana apogonoides</i>	1.7	1.1	5.5	0.033
小藜 <i>Chenopodium serotinum</i>	10.3	6.7	5.5	0.061
莲子草 <i>Alternanthera sessilis</i>	5.7	3.7	5.5	0.046
酸模 <i>Rumex acetosa</i>	2.0	1.3	5.5	0.034
羊蹄 <i>Rumex japonicus</i>	9.3	6.0	5.5	0.057
齿果酸模 <i>Rumex dentatus</i>	22.3	14.4	5.5	0.099
异型莎草 <i>Cyperus difformis</i>	1.0	0.6	3.6	0.021
旋鳞莎草 <i>Cyperus michelianus</i>	0.3	0.2	1.4	0.008
猪殃殃 <i>Galium aparine</i> var. <i>tenerum</i>	0.7	0.4	1.6	0.010

sis)、碎米荠(*Cardamine hirsuta*)和猪殃殃(*Galium aparine* var. *tenerum*)的传播量较少。旋鳞莎草(*Cyperus michelianus*)的输入量(0.3粒/min)及相对频度最低。

3次灌水输入田间的杂草种子数量分别为223 680粒、54 720粒和32 640粒(图1)。从输入的杂草种子数量变化来看,第1次灌溉时随灌溉水流输入稻田的杂草种子数量最大,后2次灌水时,各种杂草的输入量均不同程度下降,总输入量也明显下降,差异显著。从输入稻田的杂草种类来看,除鹅观草(*Roegneria kamoji*)与泽漆(*Euphorbia helioscopia*)外,其他在初次灌水出现的杂草种类均在后2次灌水中出现,但后2次灌水中没有新种出现。

2.2 稻田周围生境杂草群落的调查

田埂上,禾本科杂草占有绝对优势,相对密度达51.1%,其中,长芒棒头草(*Polypogon monspeliensis*)的平均密度达到310株/m²,茵草也达到144株/m²。其他杂草,如泽星宿菜、齿果酸模及茵茵蒜的平均密度也在100株/m²以上(表2),密度较大。灌溉水渠周围的杂草数量虽不及田埂,但由于所分布的几乎都是结实量大、种子易脱落的

杂草,如茵草、看麦娘、日本看麦娘(*Alopecurus japonicus*)、齿果酸模、泽星宿菜等,大量杂草种子因自身或外力因素掉落于水渠内,随灌溉水流进入稻田。

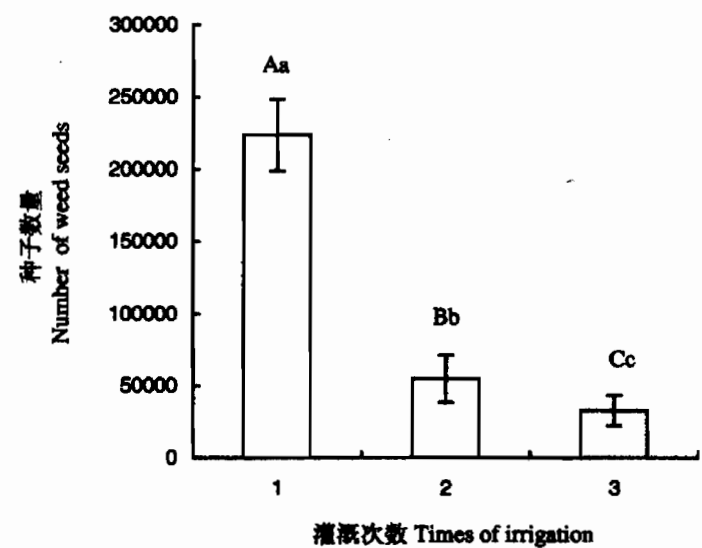


图 1 3次灌溉输入稻田的杂草种子数量变化动态

Fig. 1. Dynamic of weed seeds inputted into paddy field during irrigation.

柱状图上方的大小写字母分别表示差异达1%和5%显著水平。

The different uppercase and lowercase letters above the bars indicate significance at 1% and 5% levels, respectively.

表 2 稻田田埂上和水渠周围杂草群落特征

Table 2 Characteristics of weed communities on the ridge of the paddy field and in circumjacent habitats of the ditch.

杂草种类 Weed species	平均密度 Mean density		相对密度 Relative density/%		相对频度 Relative frequency/%		相对优势度 Relative dominance	
	/(individuals · m ⁻²)							
	田埂	水渠周围	田埂	水渠周围	田埂	水渠周围	田埂	水渠周围
	Ridge of paddy field	Circumjacent places of ditch	Ridge of paddy field	Circumjacent places of ditch	Ridge of paddy field	Circumjacent places of ditch	Ridge of paddy field	Circumjacent places of ditch
鹅观草 <i>Roegneria kamoji</i>	0	12.2	0.0	6.7	0.0	6.4	0.000	0.065
长芒棒头草 <i>Polypogon monspeliensis</i>	310	7.2	27.9	3.9	8.5	6.4	0.182	0.052
蔺草 <i>Beckmannia syzigachne</i>	144	16.4	22.0	9.0	8.5	6.4	0.152	0.077
看麦娘 <i>Alopecurus aequalis</i>	5	4	0.5	2.2	8.5	5.2	0.045	0.037
日本看麦娘 <i>Alopecurus japonicus</i>	8	3	0.7	1.6	0.0	5.2	0.046	0.034
一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	0	1.4	0.0	0.8	0.0	3.8	0.000	0.023
泥胡菜 <i>Hemistepta lyrata</i>	0	1	0.0	0.5	5.0	2.6	0.000	0.016
野老鹳 <i>Geranium carolinianum</i>	6	6	0.5	3.3	5.0	5.1	0.028	0.042
蛇床 <i>Cnidium monnieri</i>	24	2	2.2	1.1	8.5	5.1	0.036	0.031
茴茴蒜 <i>Ranunculus chinensis</i>	110	6.6	9.9	3.6	8.5	6.4	0.092	0.050
齿果酸模 <i>Rumex dentatus</i>	120	12.8	10.8	7.0	5.1	6.4	0.096	0.067
篇蓄 <i>Polygonum aviculare</i>	6	2	0.5	1.1	3.4	5.1	0.028	0.031
酸模 <i>Rumex acetosa</i>	4	4	0.4	2.2	0.0	6.4	0.019	0.038
泽漆 <i>Euphorbia helioscopia</i>	0	4.6	0.0	2.5	6.8	5.1	0.000	0.030
紫云英 <i>Astragalus sinicus</i>	84	0.0	7.6	0.0	6.8	0.0	0.072	0.000
小苜蓿 <i>Medicago minima</i>	46	81.6	4.1	44.4	5.1	6.4	0.055	0.255
通泉草 <i>Mazus japonicus</i>	14	3.6	1.3	2.0	3.4	6.4	0.032	0.042
荔枝草 <i>Salvia plebeia</i>	4	0	0.4	0.0	8.5	0.0	0.019	0.000
泽星宿菜 <i>Lysimachia candida</i>	126	13.2	11.2	7.2	0.0	6.4	0.099	0.067
小藜 <i>Chenopodium serotinum</i>	0	1.6	0.0	0.9	8.4	5.2	0.000	0.043

2.3 下茬麦田的杂草群落特征

下茬麦田共出现 11 科 18 种杂草(表 3)。杂草发生密度大、种类多,且种子大多成熟脱落。田块中,禾本科杂草占有绝对优势。蔺草、看麦娘、日本看麦娘 (*Alopecurus japonicus*) 等构成了下茬麦田优势杂草群落。其中,蔺草的发生量最大,平均密度达 153 株/m²,其相对密度(0.47)和相对优势度(0.28)均最高;看麦娘、日本看麦娘的发生量分别达到了 74 和 36 株/m²。泽星宿菜在田间的发生密度在 8 株/m² 左右。齿果酸模、茴茴蒜等在麦田中也有一定的发生量。

2.4 土壤杂草种子库的物种组成及特征分析

土壤杂草种子库中共检出 19 科 41 种杂草种子。种子库的总体密度达 106 500 粒/m²(表 4)。杂草种子主要分布于土壤上层和上层,下层的种子数量较少(0~5 cm > 5~10 cm > 10~15 cm)(图 2)。这是由于大量漂浮于水面的杂草种子及每次灌水所传入的杂草种子沉积于土壤表层所致。杂草种类也是上层较多,也是因漂浮的杂草种子沉积所致。

土壤杂草种子库中禾本科杂草虽只有 9 种,但

占了总密度的 42.6%,是构成种子库的主要组分。其中蔺草种子的密度达 35 000 粒/m²,占总密度的 32.86%,数量最大,其相对优势度也最高(0.18)。种子库中其他密度较大的主要杂草为异型莎草 (*Cyperus difformis*) (16 500 粒/m²)、泽星宿菜 (7 167 粒/m²)、长芒棒头草 (*Polypogon monspeliensis*) (5 667 粒/m²)、水苋菜 (*Ammannia baccifera*) (4 500 粒/m²)、通泉草 (4 167/m²)、齿果酸模(2 500 粒/m²)、看麦娘、日本看麦娘、陌上菜 (*Lindernia procumbens*) 等的密度也在 833~1 833 粒/m²。庞大的种子库一方面与此类杂草结实量大有关,另一方面也可能因此类种子具有较强的漂浮能力,随灌溉水流大量向稻田输入。

种子库中不仅含有大量如异型莎草、节节菜 (*Rotala indica*) 等水田杂草,还含有大量的旱生性杂草,如蔺草、看麦娘、日本看麦娘、长芒棒头草、泥胡菜 (*Hemistepta lyrata*)、铁苋菜 (*Acalypha australis*) 等。庞大的种子库不仅会使下季稻田的杂草发生量增大,也会使下茬旱作物的杂草发生量加大,尤其会使下茬种植油菜、小麦等作物的田块中

表3 下茬麦田杂草的群落特征

Table 3. Characteristics of weed communities in wheat field of next season.

杂草种类 Weed species	平均密度 Mean density (individuals · m ⁻²)	相对密度 Relative density /%	相对频度 Relative frequency /%	相对优势度 Relative dominance
蒭草 <i>Beckmannia syzigachne</i>	153	47.3	8.0	0.28
日本看麦娘 <i>Alopecurus japonicus</i>	36	11.2	8.0	0.10
看麦娘 <i>Alopecurus aequalis</i>	74	22.8	8.0	0.15
长芒棒头草 <i>Polypogon monspeliensis</i>	1	0.3	4.4	0.02
硬草 <i>Sclerochloa kengiana</i>	6	1.8	5.3	0.04
蒭蓄 <i>Polygonum aviculare</i>	2	0.8	6.2	0.03
齿果酸模 <i>Rumex dentatus</i>	1	0.4	4.4	0.02
酸模 <i>Rumex acetosa</i>	1	0.3	6.2	0.03
茴茴蒜 <i>Ranunculus chinensis</i>	1	0.3	3.5	0.02
泽星宿菜 <i>Lysimachia candida</i>	8	2.4	6.2	0.04
碎米荠 <i>Cardamine hirsuta</i>	15	4.5	8.0	0.06
荔枝草 <i>Salvia plebeia</i>	2	0.6	6.2	0.03
泥胡菜 <i>Hemistepta lyrata</i>	2	0.8	7.1	0.04
小苜蓿 <i>Medicago minima</i>	3	0.9	6.2	0.04
朝天萎陵菜 <i>Potentilla supine</i>	1	0.2	4.4	0.02
稻槎菜 <i>Lapsana apogonoides</i>	7	2.0	7.1	0.05
通泉草 <i>Mazus japonicus</i>	4	1.3	6.2	0.04
猪殃殃 <i>Galium aparine</i> var. <i>tenerum</i>	7	2.1	8.0	0.05

杂草危害程度上升。此外,田块之间若形成串灌,土壤表层杂草种子可随水传播,进入周围田块,对周围农田杂草的发生也会产生较大的影响。

2.5 不同生境杂草群落间的相似性比较

从灌溉水流中截获的杂草种子与田埂、灌溉水渠周围的杂草群落及田间土壤杂草种子库之间的 Sorensen 相似性指数来看,各生境杂草群落之间的相似性较高, Sorensen 相似性指数均在 0.5 以上(表 5)。其中,水渠周围杂草群落与灌溉水流中截获的杂草种子的 Sorensen 相似性指数达 0.74,表明

灌溉水流中的杂草种子主要是由水渠周围杂草群落所产生。水渠周围与田埂上杂草群落的 Sorensen 相似性指数也达 0.76,可能是由于随水流入稻田的杂草种子受风、耕作等影响而趋向于漂浮并沉积于田埂周围。灌溉水流传播的杂草种子与下茬麦田杂草群落的 Sorensen 相似性指数达到了 0.97,灌溉水流所携带的主要杂草,如蒭草、看麦娘等,是麦田发生的主要杂草,危害严重。灌溉水流携带的杂草种子、田埂及水渠周围的杂草群落与下茬麦田杂草群落的相似性高达 0.94 以上,可看作是补充土壤种

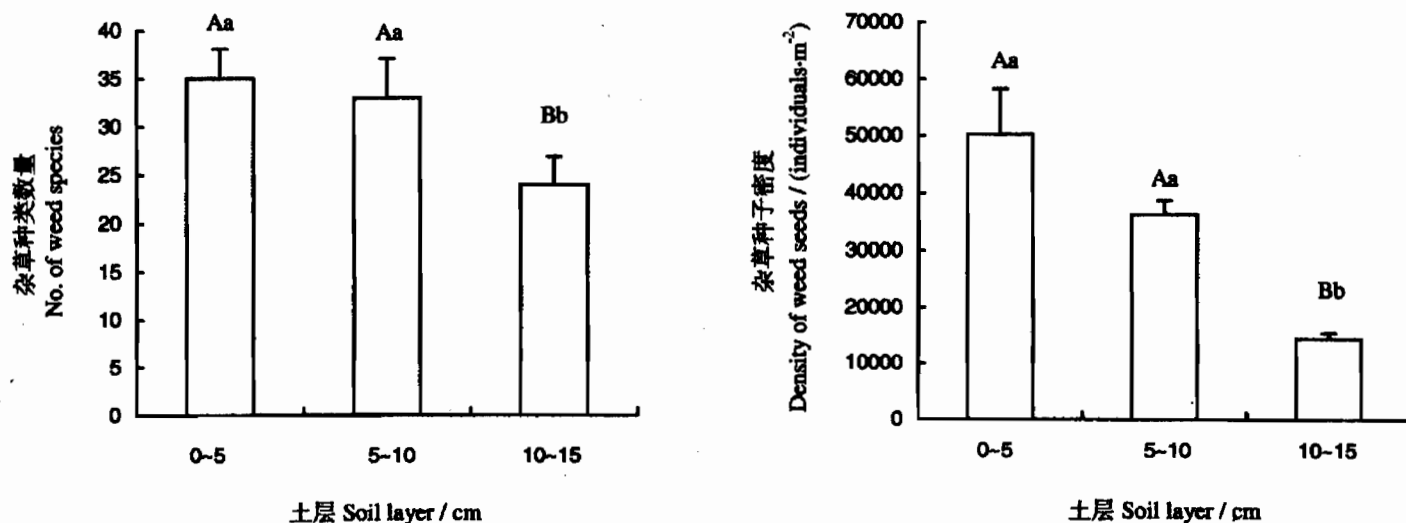


图2 杂草种子在稻田土层中的垂直分布

Fig. 2. Vertical distribution of weed seeds in soil layers of paddy field.

柱状图上的不同大小写字母分别表示差异达 1% 和 5% 显著水平。

The different uppercase and lowercase letters above the bars indicate significant difference at 1% and 5% levels, respectively.

表 4 稻田土壤杂草种子库的群落特征

Table 4 . Community characteristics of soil weed seedbank in the paddy field .

杂草种类 Weed species	平均密度 Mean density /(individuals · m ⁻²)	相对密度 Relative density /%	相对频度 Relative frequency/%	相对优势度 Relative dominance
蔺草 <i>Beckmannia syzigachne</i>	35 000	32.86	3.16	0.180
看麦娘 <i>Alopecurus aequalis</i>	1 333	1.25	3.16	0.022
日本看麦娘 <i>Alopecurus japonicus</i>	833	0.78	2.11	0.014
千金子 <i>Leptochloa chinensis</i>	833	0.78	3.16	0.020
虬子草 <i>Leptochloa panicea</i>	333	0.31	2.11	0.012
硬草 <i>Sclerochloa kengiana</i>	333	0.31	2.10	0.012
稗草 <i>Echinochloa crusgalli</i>	667	0.63	3.16	0.019
长芒棒头草 <i>Polypogon monspeliensis</i>	5 667	5.32	3.16	0.042
鹅观草 <i>Roegneria kamoji</i>	333	0.31	1.05	0.007
酸模 <i>Rumex acetosa</i>	1 667	1.57	3.16	0.024
篇蓄 <i>Polygonum aviculare</i>	667	0.63	2.11	0.014
齿果酸模 <i>Rumex dentatus</i>	2 500	2.35	3.16	0.028
大巢菜 <i>Vicia sativa</i>	667	0.63	3.16	0.019
紫云英 <i>Astragalus sinicus</i>	2 167	2.03	3.16	0.026
小苜蓿 <i>Medicago minima</i>	1 500	1.41	3.16	0.023
小藜 <i>Chenopodium serotinum</i>	2 667	2.50	3.16	0.028
异型莎草 <i>Cyperus difformis</i>	16 500	15.49	3.16	0.093
旋鳞莎草 <i>Cyperus michelianus</i>	667	0.63	2.10	0.014
碎米荠 <i>Cardamine hirsuta</i>	2 167	2.03	3.16	0.026
泽星宿菜 <i>Lysimachia candida</i>	7 167	6.73	3.16	0.049
波斯婆婆纳 <i>Veronica persica</i>	333	0.31	1.05	0.007
陌上菜 <i>Lindernia procumbens</i>	1 833	1.72	3.16	0.024
通泉草 <i>Mazus japonicus</i>	4 167	3.91	3.16	0.035
北水苦苣 <i>Veronica anagallis aquatica</i>	167	0.16	1.05	0.006
节节菜 <i>Rotala indica</i>	333	0.31	2.10	0.012
水苋菜 <i>Ammannia baccifera</i>	4 500	4.22	3.16	0.037
鼠曲草 <i>Gnaphalium affine</i>	833	0.78	3.16	0.020
泥胡菜 <i>Hemistepta lyrata</i>	1 667	1.57	3.16	0.024
荔枝草 <i>Salvia plebeia</i>	167	0.16	1.05	0.006
鳢肠 <i>Eclipta prostrata</i>	667	0.63	2.10	0.014
稻槎菜 <i>Lapsana apogonoides</i>	333	0.31	1.05	0.007
野老鹳 <i>Geranium carolinianum</i>	833	0.78	2.10	0.014
猪殃殃 <i>Galium aparine</i> var. <i>tenerum</i>	167	0.16	1.05	0.006
鸭舌草 <i>Monochoria vaginalis</i>	1 333	1.25	2.10	0.017
茴茴蒜 <i>Ranunculus chinensis</i>	1 167	1.10	3.16	0.021
莲子草 <i>Alternanthera sessilis</i>	1 167	1.10	3.16	0.021
马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i>	167	0.16	1.05	0.006
蛇床 <i>Cnidium monnieri</i>	1 333	1.25	2.10	0.017
泽漆 <i>Euphorbia helioscopia</i>	167	0.16	1.05	0.006
铁苋菜 <i>Acalypha australis</i>	167	0.16	1.05	0.006
朝天委陵菜 <i>Potentilla supine</i>	1 333	1.25	3.16	0.022

表 5 不同生境杂草群落间 Sorensen 相似性指数

Table 5 . Sorensen similarity index of weed community in different habitats .

生境 Habitat	灌溉水流 Irrigation water current	田埂 Ridge of field	水渠周围 Circumjacent habitats of ditch	土壤种子库 Soil weed seedbank	下茬麦田 Wheat field of next season
灌溉水流 Irrigation water	1.00				
田埂 Ridge of field	0.67	1.00			
水渠周围 Circumjacent places of ditch	0.74	0.76	1.00		
土壤种子库 Soil weed seedbank	0.59	0.56	0.58	1.00	
下茬麦田 Wheat field of next season	0.97	1.00	0.94	0.78	1.00

子库中旱地杂草的重要来源。从土壤杂草种子库的杂草种类组成来看,种子库中包含了灌溉水渠周围等生境中所有杂草种类,表明在农事操作过程中,大量杂草种子传入田间,并以种子库的形式保存下来。

3 讨论

3.1 灌溉水流传播杂草种子的持续性

本研究结果表明,第1次灌溉时输入稻田的杂草种子数量最大。这是由于此时正值蔺草、看麦娘、日本看麦娘、羊蹄、齿果酸模等夏熟杂草的成熟期,大量种子散落于沟渠附近或沉积于沟渠内;另外,上一生长季节的秋熟杂草如异型莎草、陌上菜等种子成熟掉落于沟渠中后,在种植水稻前一直没有灌溉,初次水流经过时就携带大量上季和当季成熟的杂草种子进行迁移扩散。但是,杂草种子的成熟期不同,且果期持续时间长、结实量大,种子具有边成熟边脱落的特性,并且一次灌水不可能把所有掉落水渠内的杂草种子全部带走,因而使得后2次灌水也有大量的杂草种子输入稻田。可以推断,在以后灌溉时,都将会有一定数量的杂草种子或新成熟的杂草种子随水流输入稻田。

3.2 杂草种子随水流传播的机制

杂草种子体积小且具漂浮能力,同时,有些杂草种子还具有特殊的组织结构,可增强其漂浮能力。如合萌(*Aeschynomene indica*)的果实可逐节断落,其荚节具有很强的漂浮能力;蔺草种子具有特殊的气囊状结构,鳢肠、齿果酸模种子外部瘤状、不透水的突起等,这些结构都大大提高了杂草种子的漂浮能力,使得稻田及稻田周围生境的杂草种子随水流进行长距离传播。

3.3 杂草种子随灌溉水流远距离传播,有利于拓展生存空间

在漫长的演化过程中,不同植物发展出不同的生长与竞争方式。杂草在农田生态环境中表现出适应性、持续性及危害性^[19],这些是它们成功延续种群所具有的特性。杂草有效延续种群的方式多种多样,其中,种子的传播扩散是杂草适应不断被人工干扰的生境而延续种群的有效手段。大多数杂草利用种子进行繁殖,为r生存对策者^[20],它们在短期内大量结实并迅速成熟,散布种子。在下一个生长季节到来前,分布于母株周围的杂草种子凭借外力,如水流、风力、动物的搬运、人为活动等所携带而传播,大大减少了种群内部的竞争,有利于整个种群的生存繁衍。杂草种子随灌溉水流传播可看作是杂草延

续其种群的一种生态适应性机制。当种子的死亡率是密度依赖型时,扩散的种子或幼苗比在母株附近具有更高的存活率^[21],而随水流大量传播种子的蔺草、看麦娘、日本看麦娘、齿果酸模、茴茴蒜等都具有结实量大、漂浮能力强的特点,种子可通过水流大规模、长距离迁移扩散,有利于拓展生存空间。

3.4 杂草种子传播的潜在危害

有证据显示,无作物生境对有作物田块的杂草种子库有十分重要的作用^[22]。无作物生境的杂草经常被认为是通过种子雨入侵临近农田的^[23]。杂草种子不断随水流传入农田,适应农田生境,其形成的种子库是将来幼苗成功在农田定植、发展的种质基础,遇到适宜的条件萌发,大量消耗土壤肥力、危害作物生长、增加杂草防除难度。同时,也可使农田之间的杂草种子以远距离传播的方式相互侵染。此外,大量夏熟杂草(看麦娘、日本看麦娘、蔺草等)种子随水流传入农田,它们所形成的庞大的土壤杂草种子库,可使下茬种植油菜和小麦等作物田块的杂草发生量加大,进而增加了防治难度和防除成本,可能会对轮作田下茬作物的产量有较大影响。

3.5 阻断杂草种子向农田传播扩散的可行性措施

基于杂草种子的漂浮能力及漂浮特性,可以采取以下措施来阻断杂草种子随灌溉水流传播:于农田进水口处放置适当孔径的尼龙滤网,分级拦截随灌溉水流传入农田的杂草种子,以阻截种子传播媒介——灌溉水流所携带的杂草种子,最大程度减少输入田间的种子数量;重视清除田埂上及灌溉水渠周围的杂草,避免此类生境对农田土壤杂草种子库进行补充。也可在灌水浸田初期,驱赶和捞取田间水面漂浮的杂草种子,最大程度减少杂草种子的沉积;采取一定的措施加快田间杂草种子的输出等。上述措施旨在不断耗竭土壤杂草种子库,最大程度降低农田杂草的发生规模,以期在减少或不使用除草剂的前提下,把杂草对作物产量的影响控制在一定的经济阈值内,实现杂草的生态控制和可持续管理。

参考文献:

- [1] Vander Wall S B, Forget P M, Lambert J E, Hulme P E. Seed fate pathways: Filling the gap between parent and offspring//Forget P M, Lambert J E, Hulme P E, Vander Wall S B. Seed Fate: Predation, Dispersal and Seedling Establishment. Wallingford, U K: CAB International, 2005: 1-8.
- [2] 程瑾瑞,张知彬.啮齿动物对种子的传播.生物学通报,2005,40(4): 11-13.

- [3] Bullock J M , Clarke R T . Long distance seed dispersal by wind : Measuring and modelling the tail of the curve . *Oecologia* ,2000 , 124 : 506-521 .
- [4] 唐占辉 ,曹 敏 ,盛连喜 ,等 . 犬蝠对小果野芭蕉的取食及种子传播 . 动物学报 ,2005 ,51(4) : 608-615 .
- [5] 韦明思 ,陈章和 ,任 海 ,等 . 鸟类和蚂蚁对桃金娘种子传播的初步研究 . 生物多样性 ,2004 ,12(5) : 494-500 .
- [6] Jacob H S , Minkey D M , Gallagher R S , et al . Variation in postdispersal weed seed predation in a crop field . *Weed Sci* , 2006 , 54 : 148-155 .
- [7] 李善林 ,倪汉文 ,张 丽 . 三种杂草种子以风为动力移动特性研究 . 生态农业研究 ,2000 ,8(2) : 51-534 .
- [8] Marino P C , Gross K L , Douglas A , et al . Weed seed loss due to predation in Michigan maize fields . *Agric Ecosyst Environ* , 1997 , 66 : 189-196 .
- [9] Smith R G , Gross K L , Januchowski S . Earthworms and weed seed distribution in annual crops . *Agric Ecosyst Environ* , 2005 , 108 : 363-367 .
- [10] 李扬汉 . 杂草种子检验方法 . 植物保护 ,1964 ,5 : 201-203 .
- [11] 吴晓霞 ,吴进才 ,金银根 ,等 . 除草剂对水生植物的生理生态效应 . 生态学报 ,2004 ,24(9) : 2037-2042 .
- [12] 王秀红 ,沈健英 ,陆贻通 . 稻田除草剂对固氮蓝藻的毒性研究 . 上海交通大学学报 ,2004 ,22(4) : 400-404 .
- [13] 杨志强 ,董 波 ,吴进才 . 普通小球藻对啶草酮、骠马和甲草胺的敏感性研究 . 应用生态学报 ,2004 ,15(9) : 1621-1625 .
- [14] 江苏农业地理编写组 . 江苏农业地理 . 南京 : 江苏科学技术出版社 ,1979 : 153-182 .
- [15] 张朝贤 ,胡祥恩 ,钱益新 . 江汉平原麦田杂草调查 . 植物保护 ,1998 ,24(3) : 14-15 .
- [16] Cardina J , Herms C P , Doohan D J . Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks . *Weed Sci* ,2002 , 50 : 448-460 .
- [17] Shrestha A , Knezevic S Z , Roy R C , et al . Effect of tillage , cover crop and crop rotation on the composition of weed flora in a sandy soil . *Weed Res* ,2002 ,42 : 76-87 .
- [18] 马克平 ,刘灿然 ,刘玉明 . 生物群落多样性的测度方法 II 多样性的测度方法 . 生物多样性 ,1995 ,3(1) : 38-43 .
- [19] 强 胜 . 杂草学 . 北京 : 中国农业出版社 ,2001 .
- [20] 魏守辉 ,强 胜 ,马 波 ,等 . 土壤杂草种子库与杂草综合管理 . 土壤 ,2005 ,37(2) : 121-128 .
- [21] Howe H F , Miriti M N . When seed dispersal matters . *BioScience* ,2004 ,54(7) : 651-660 .
- [22] Archibold O W , Hume L . A preliminary survey of seed input into fallow fields in Saskatchewan . *Can J Bot* ,1983 ,61 : 1216-1221 .
- [23] Cavers P B , Benoit D L . Seed banks of arable land // Leck M A , Parker V T , Simpson R L . Ecology of Soil Seed Banks . San Diego : Academic Press ,1989 : 309-328 .