

长期秸秆还田和有机肥施用对双季稻田冬春季杂草群落的影响

李昌新¹, 赵锋¹, 芮雯奕¹, 黄欠如³, 余喜初³, 张卫建^{1,2*}

(1. 南京农业大学应用生态研究所, 江苏 南京 210095; 2. 中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081; 3. 江西省红壤生态研究所, 江西 进贤 331717)

摘要: 借助双季稻田长期秸秆还田和有机肥施用的定位试验, 于2007年对稻田冬季、春季杂草群落进行监测。结果表明, 农田管理方式对双季稻田冬春季杂草群落影响显著, 长期秸秆还田和有机肥施用显著降低杂草多样性。秸秆冬季覆盖还田显著降低稻田杂草密度和生物量, 而长期施用猪粪则显著提高稻田冬春杂草密度和生物量。有机肥晚稻时期施用对杂草的促进效应显著高于早稻时期施用的, 秸秆冬季覆盖还田对杂草的抑制效应显著高于夏季旋耕还田的。不同处理下冬春季稻田杂草均以日本看麦娘为优势种群, 田间相对密度平均达90%以上, 其次为稻槎菜和水竹叶等杂草。上述结果说明, 秸秆还田和有机肥施用对冬闲田冬春季杂草群落的调控效应显著。

关键词: 秸秆还田; 有机肥; 稻田; 杂草群落; 生物多样性

中图分类号: S451; Q948.15 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-5759(2009)03-0142-06

* 随着公众和学术界对农田生态环境的日益关注, 国外已经开始采用保持田间一定数量杂草和维持农田生态系统生物多样性等农艺措施来实现农田休闲期养分保持和系统稳定性提高^[1], 国内也在相关领域开展了大量的研究工作^[2~6]。但这些工作多集中在旱地系统, 对稻田系统的认识还很不够。作为作物生产的最重要措施之一, 施肥对杂草群落产生显著影响。现有研究发现, 与无机肥偏施和不施肥相比, 平衡施肥和有机无机肥配施能显著降低杂草种质库的总密度, 但提高杂草物种的数目和生物多样性^[7]。这可能是由于杂草对养分利用具有选择性, 而不同的施肥措施能显著影响农田养分状况, 进而影响杂草之间的养分分配^[8]; 另外, 不同施肥模式下作物长势不同, 导致农田小气候差异显著, 进而影响作物与杂草以及杂草与杂草之间的竞争关系, 从而引起杂草群落演变^[9,10]。秸秆还田、绿肥种植和有机肥施用等环境友好型作物生产技术正越来越受到重视, 这些措施能明显改善土壤养分、土壤物理结构和农田小气候, 因此, 将对农田杂草群落产生明显影响^[11~13]。南方红壤双季稻区冬闲田面积0.04亿hm²以上, 冬季农业开发潜力巨大。为此, 本研究借助双季稻区秸秆还田和有机肥施用的长期定位试验, 通过监测不同管理措施下冬闲田冬季、春季杂草群落特征, 以明确冬闲田杂草群落结构演变趋势, 为冬闲田开发和稻田生物多样性管理提供理论依据和技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

长期定位试验位于江西省进贤县江西省红壤生态研究所内(28°15'30"N, 116°20'24"E)。该站属中亚热带季风气候, 年均降水量1537mm, 年蒸发量1100~1200mm, 年均气温17.7~18.5℃, 为典型丘岗地形(海拔25~30m, 坡度5°)。试验始于1985年, 试验前为双季稻绿肥(紫云英 *Astragalus sinicus*)复种, 水稻年产量9t/hm²左右, 土壤母质为第四纪红色粘土。土壤剖面特征为耕作层—犁底层—黄斑渗渍层—灰棕渗渍层, 属潴育型水稻土。试验设8个处理, 各处理的秸秆还田、有机肥施用和化肥施用模式见表1。小区随机区组排列, 面积60m², 重复3次。

* 收稿日期: 2008-09-01; 改回日期: 2008-10-22

基金项目: 中国农业科学院项目(082060302-19)和国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD15B02, 2006BAD02A15)资助。

作者简介: 李昌新(1965-), 男, 江苏如东人, 在读博士。

* 通讯作者。E-mail: zwj@njau.edu.cn

表 1 不同处理的秸秆还田与有机肥施用量

Table 1 Amount of straw returning and organic fertilizer application in different treatments

kg/hm²

处理 Treatment	绿肥(早稻) Green manure (Early rice)	猪粪(早稻) Pig manure (Early rice)	化肥(早稻) Inorganic fertilizer (Early rice)	猪粪(晚稻) Pig manure (Late rice)	化肥(晚稻) Inorganic fertilizer (Late rice)	稻草(夏季) Rice straw (Returning in summer)	稻草(冬季) Rice straw (Winter mulching)
T1	22 500	—	—	—	—	—	—
T2	45 000	—	—	—	—	—	—
T3	22 500	22 500	N:69.0	—	N:69.0	—	—
T4	22 500	—	P ₂ O ₅ :60.0	22 500	P ₂ O ₅ :60.0	—	—
T5	22 500	—	K ₂ O:67.5	22 500	K ₂ O:67.5	—	4 500
T6	22 500	—	—	—	—	—	4 500
T7	22 500	—	—	—	—	4 500	—
T8	—	—	—	—	—	—	—
CK	—	—	—	—	—	—	—

1.2 杂草调查方法与数据处理

双季稻晚稻收割后,分别于 2007 年 2 月(冬季)和 4 月(春季),在每个处理区随机设置 3 个 1 m×1 m 的样方,进行杂草种类的抽样调查。根据抽样结果,在保证基本包含整个样地所有杂草种类的前提下,确定样方的最小合理面积为 0.5 m×0.5 m 的样方^[14]。取样点采取“W”排列,冬春两季取样时选取避免样点重叠的路线。主要调查项目为:杂草种类、密度、频度,采用相对密度(处理区中某种杂草的密度除以所有杂草密度之和)作为衡量某种杂草重要程度的指标,杂草干物质重(取 1 m² 杂草 105℃杀青,60℃烘干至恒重)作为杂草生物量指标。利用 Shannon 多样性指数(H')、Shannon 均匀度指数(E)、Margalef 物种丰富度指数(D_{MG})3 个指标来计算杂草生物多样性^[15,16]。测算公式如下:

$$H' = (N \lg N - \sum n \lg n) N^{-1}$$

$$E = H' (\ln N)^{-1}$$

$$D_{MG} = (S - 1) (\ln N)^{-1}$$

式中, N 为各小区中 1 m² 内所有杂草的总数量, n 为各小区中 1 m² 内某种杂草的数量, S 为各小区中 1 m² 内杂草种类数量。

分析前杂草总密度和各杂草密度数据经 $(x+0.5)^{1/2}$ 转换^[17],并用 Duncan 法进行多重比较($P=0.05$)。杂草鉴别参考文献^[18],数据使用 Excel 处理和 SPSS 11.5 软件包分析。

2 结果与分析

2.1 杂草种群与密度

冬春两季对冬闲田调查发现,杂草类群主要有日本看麦娘(*Alopecurus japonicus*)、稻槎菜(*Lapsana apogonoides*)、雀舌草(*Stellaria alsine*)、苏门白酒草(*Conyza canadensis*)、碎米荠(*Cardamine hirsuta*)、翅茎灯心草(*Juncus alatus*)、水竹叶(*Aneilema keisak*)、鼠麴草(*Gnaphalium affine*)、节节菜(*Rotala rotundifolia*)、水芹(*Oenanthe javanica*)等 10 多种杂草,分属于菊科、石竹科、千屈菜科、伞形科、十字花科、灯心草科、蓼科 7 个科 11 个属。冬闲田的优势杂草为日本看麦娘、稻槎菜、水竹叶,冬季这 3 种杂草的平均密度分别为 8 490,358 和 122 株/m²,春季分别为 2 637,43 和 56 株/m²。

不同秸秆还田和有机肥料施用下,田间杂草总密度存在显著差异,并有明显的季节变化(表 2 和 3)。施用猪粪(T3 与 T4 处理)能显著提高冬闲田冬春季杂草总密度,冬季秸秆覆盖还田(T5 处理)能显著降低因猪粪施用导致的杂草递增效应,尤其是春季杂草密度上(表 3)。不同处理之间,日本看麦娘和稻槎菜密度存在显著差异,其他杂草种类的密度差异不显著。猪粪施用的处理(T3 和 T4)中日本看麦娘密度显著高于其他处理,仅施用无

机肥(T8)或不施肥处理(CK)的稻槎菜密度显著高于其他处理。

冬闲田冬春杂草密度也存在明显差异,冬季杂草的总密度(9 018 株/m²)显著高于春季的杂草总密度(2 763 株/m²)。同时杂草的密度排序也发生变化,冬季杂草群落中密度最大的前3种杂草为日本看麦娘>稻槎菜>水竹叶,春季的次序则为日本看麦娘>水竹叶>稻槎菜。

根据表2和3的数据计算各杂草的相对密度发现,猪粪处理的田块日本看麦娘占绝对优势。2个猪粪处理T3与T4的冬季日本看麦娘相对密度分别为98.9%和97.0%,春季的相对密度分别为96.7%和97.8%。但仅施用无机肥和空白对照区日本看麦娘的相对密度较低,冬季分别为88.7%和78.0%,春季分别为92.0%和89.6%,其他各处理间差异不显著。仅施用无机肥(T8)和空白对照区(CK)的稻槎菜和水竹叶的相对密度显著高于其他处理,比如仅施用无机肥和空白区的冬季稻槎菜相对密度分别为9.0%和16.6%,春季分别为3.8%和4.8%,其他处理冬春季的相对密度均小于3%。

表2 冬季不同秸秆还田和有机肥施用下杂草的主要种类及其密度

Table 2 Main weed species and densities under different regimes of straw returning and organic fertilizer application in winter

杂草名称 Weed name	杂草密度 Weed density (×10 ³ 株 Plants/m ²)								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	CK
日本看麦娘 1)	8.23 ab	5.24 b	13.76 a	11.29 ab	8.68 ab	7.61 ab	7.13 ab	7.63 ab	6.84 ab
稻槎菜 2)	0.22 c	0.12 c	0.14 c	0.13 c	0.05 c	0.17 c	0.17 c	0.77 b	1.45 a
雀舌草 3)	0.03 a	0.11 a	0.01 a	0.06 a	0.05 a	0.04 a	0.01 a	0.08 a	0.00 a
水竹叶 4)	0.07 a	0.08 a	0.00 a	0.11 a	0.00 a	0.09 a	0.33 a	0.12 a	0.30 a
翅茎灯心草 5)	0.00 a	0.03 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.01 a
总密度 Total density	8.55 ab	5.57 b	13.92 a	11.59 ab	8.78 ab	7.91 ab	7.64 ab	8.60 ab	8.61 ab

1) *A. japonicus*; 2) *L. apogonoides*; 3) *S. alsine*; 4) *A. keisak*; 5) *J. alatus*; 6) *C. canadensis*; 7) *R. rotundifolia*. 同行内不同字母表示显著差异($P < 0.05$) Different letters within the same line mean significant difference at 0.05 level. 下同 The same below.

表3 春季不同秸秆还田和有机肥施用下主要杂草的种类及其密度

Table 3 Main weed species and densities under different regimes of straw returning and organic fertilizer application in spring

杂草名称 Weed name	杂草密度 Weed density (×10 ³ 株 Plants/m ²)								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	CK
日本看麦娘 1)	2.05 ab	2.43 ab	2.73 ab	4.11 a	1.56 b	3.00 ab	3.03 ab	2.84 ab	1.98 ab
稻槎菜 2)	0.02 b	0.02 b	0.04 ab	0.02 b	0.02 b	0.02 b	0.02 b	0.12 a	0.11 ab
雀舌草 3)	0.00 a	0.02 a	0.03 a	0.00 a	0.06 a	0.02 a	0.00 a	0.03 a	0.00 a
水竹叶 4)	0.06 a	0.04 a	0.02 a	0.07 a	0.02 a	0.05 a	0.08 a	0.08 a	0.09 a
翅茎灯心草 5)	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
苏门白酒草 6)	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
节节菜 7)	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.02 a	0.02 a
总密度 Total density	2.13 ab	2.51 ab	2.83 ab	4.21 a	1.66 b	3.10 ab	3.13 ab	3.09 ab	2.21 ab

2.2 杂草生物多样性指数

本研究采用3个应用比较普遍的指数来对田间杂草生物多样性进行量度(表4)。其中Margalef物种丰富度指数 D_{MG} 是田间杂草的种类数指标;Shannon均匀度指数 E 是不同杂草之间数量分布的均匀程度;Shannon多样性指数 H' 是对田间杂草物种丰富度和物种均匀度的综合量度。

长期秸秆还田和有机肥施用下,冬闲田冬春季杂草多样性差异显著(表4)。长期施用猪粪和秸秆还田(T3、T4、T5和T6)的Shannon多样性指数 H' 显著低于仅施用无机肥区(T8)和空白对照区(CK)。冬春季监测结果

趋势一致,施用猪粪和秸秆还田的小区 H' 值均小于 0.1,而仅施用无机肥和空白小区的 H' 值均大于 1.5。 E 指数与 H' 的趋势基本一致,但各处理间差异比后者小。 D_{MG} 的趋势与多样性指数和均匀度指数不同,除猪粪+秸秆处理的丰富度指数显著小外,其他处理间差异不显著,处理间的趋势也不如其他 2 个指标明显。

杂草多样性指数还存在显著的季节差异,冬季杂草多样性的各项指数均显著高于春季(表 4)。冬季杂草的 H' 、 E 、 D_{MG} 值平均为 0.11,0.03 和 0.70,而春季 3 个指数依次分别为 0.09,0.01 和 0.25。

表 4 秸秆还田和有机肥施用下杂草多样性指数差异

Table 4 Differences in weed biodiversity under different regimes of straw returning and organic fertilizer application

处理 Treatments	冬季 Winter			春季 Spring		
	多样性指数	均匀度指数	丰富度指数	多样性指数	均匀度指数	丰富度指数
	Shannon's H'	Shannon's E	Margalef's D_{MG}	Shannon's H'	Shannon's E	Margalef's D_{MG}
T1	0.07 bc	0.02 bc	0.65 ab	0.07 bc	0.01 bc	0.25 a
T2	0.13 bc	0.03 bc	0.85 a	0.06 bc	0.00 bc	0.25 a
T3	0.03 c	0.01 bc	0.63 ab	0.07 bc	0.01 bc	0.22 a
T4	0.07 bc	0.02 bc	0.59 ab	0.04 c	0.00 c	0.19 a
T5	0.03 c	0.01 c	0.47 c	0.12 ab	0.01 ab	0.25 a
T6	0.09 bc	0.02 bc	0.71 ab	0.07 bc	0.01 bc	0.27 a
T7	0.13 bc	0.04 abc	0.83 a	0.08 bc	0.01 bc	0.20 a
T8	0.18 ab	0.04 ab	0.92 a	0.15 ab	0.01 ab	0.29 a
CK	0.26 a	0.06 a	0.62 ab	0.17 a	0.01 a	0.30 a

注: 同列不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Note: The different letters in the same column mean the significant difference at $P < 0.05$.

2.3 杂草生物量

不同管理模式下,双季稻冬闲田杂草生物量差异显著(图 1)。长期施用猪粪(T3 和 T4)显著提高冬春季稻田杂草生物量,尤其是晚稻施用猪粪(T4)。猪粪早稻时期施用(T3)与晚稻时期施用(T4)下,冬季杂草总干物质重分别为 69.2 和 69.0 g/m²,春季分别达到 266.0 和 333.2 g/m²。猪粪施用时期不同(T3 和 T4),冬季杂草生物量差异不显著,但猪粪晚稻时期施用(T4)的春季杂草生物量比早稻时期施用(T3)的高 25.3%。秸秆冬季覆盖还田(T5 和 T6)能显著抑制杂草生长。例如秸秆覆盖还田不施用猪粪处理(T6)的冬春季杂草生物量分别为 34.3 和 191.7 g/m²,略高于空白对照。同样晚稻施用猪粪情况下,秸秆覆盖还田(T5)比不还田处理(T4)的冬春季杂草生物量分别低 30.3%和 15.7%。秸秆还田方式与时期对杂草的抑制效应不同,秸秆冬季覆盖还田(T6)的冬春季杂草生物量均低于秸秆夏季旋耕还田(T7)。由于养分不足,空白对照区冬春季杂草生物量均最低。

3 讨论

长期秸秆还田和有机肥施用对南方双季稻田冬春季杂草群落的作用,是通过影响土壤状况(包括养分体系、有机质动态、土壤温度、土壤氧化还原状况等)产生影响的^[19,20]。作物和杂草以及杂草之间对养分、光照、水分等环境资源存在着激烈竞争关系^[8]。秸秆还田与绿肥、猪粪等有机物料的施用,对土壤养分的影响随其输入量和配比的改变而不同^[21]。首先,秸秆还田不仅能够减少土壤水分蒸发,提高湿度,增加土壤养分而促进杂草生长;同时,又因为影响杂草幼苗采光^[12],尤其秸秆覆盖还田,对田间杂草有一定的抑制作用^[11,22],因此,秸秆还田对杂草的防除效果有不确定性^[23]。本研究也发现,秸秆冬季覆盖还田对杂草具有显著的抑制效应,但夏季旋耕还田的抑制效应不明显。其次,有机肥(比如猪粪)富含氮、磷等养分,同时由于其转化过程中有机酸的产生,一定程度上改变土壤的酸碱度^[13]。而杂草一般都是喜氮植物^[8],猪粪的施入往往促进杂草的生长。而且有机肥一般比化肥效应缓慢,土壤中养分残留较多,因此有机肥施用时期越晚,残留养分对杂草的促进效应就越明显。本研究中猪粪早稻时期施用的冬春季杂草生物量显著比晚稻时期施用的低,也主要是因为有机肥在晚稻季节施用,有更多的

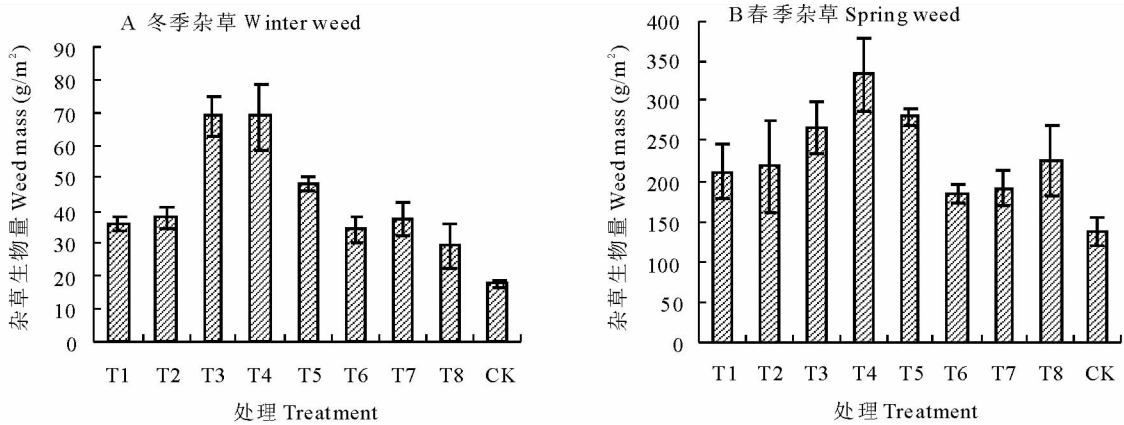


图 1 长期秸秆还田和有机肥施用对冬春田间杂草生物量的影响

Fig. 1 Effects of long-term straw returning and organic fertilizer application on winter (A) and spring (B) weed biomass

养分在晚稻收获后释放出来。另外,绿肥的种植能够充分利用冬季光热资源进行生物固氮,具有培肥土壤、减少化肥投入、增加冬季土壤覆盖度、减少土壤流失等作用,因此对杂草有一定的控制作用^[21]。本研究的田间观察发现,绿肥长势较好的处理,杂草的种类和数量较小,反之亦然。由于杂草竞争能力的差异,导致不同处理间群落特征的变化,直接表现为不同处理间杂草密度和多样性不同,同一杂草在不同处理中的密度也不同,类似结果在其他研究中得到了证实^[24,25]。

本研究借助长期定位试验,发现农田管理方式对双季稻田冬春两季杂草群落影响显著,长期秸秆还田和有机肥施用显著降低杂草多样性。秸秆冬季覆盖还田显著降低稻田杂草密度和生物量,而长期施用猪粪显著提高稻田冬春杂草密度和生物量。有机肥晚稻时期施用对杂草的促进效应显著高于早稻时期施用,秸秆冬季覆盖还田对杂草的抑制效应显著高于夏季旋耕还田。不同处理下冬春季稻田杂草均以日本看麦娘为优势种群,田间相对密度平均达90%以上,其次为稻槎菜和水竹叶等杂草。这些结果说明,秸秆还田和有机肥施用对冬闲田冬春季杂草群落的调控效应显著,而且效应的强弱与施用时期和方式密切相关。农田杂草不仅是昆虫的栖息之所,而且也是农田休闲期土壤速效养分的持久保持者。随着南方经济的快速发展,双季稻区冬闲田面积越来越大,冬季稻田养分的生物截获研究将日益受到重视。因此,研究双季稻冬闲田冬春季杂草动态,对农田养分保持和生物多样性保护意义重大。另外,杂草与作物之间资源竞争激烈,农田杂草的高效综合防治是实现作物高产与资源高效的关键技术,可见,研究不同管理模式下稻田冬春季杂草群落特征,还可为南方冬季农业开发提供杂草综合防治的技术途径。

参考文献:

- [1] Canadian General Standards Board. National Standard of Canada: Organic Agriculture[M]. 1999.
- [2] Altieri M A. How best can we use biodiversity in groecosystem[J]. Outlook on Agriculture, 1991, 20: 15-23.
- [3] 陈海坚, 黄昭奋, 黎瑞波, 等. 农业生物多样性的内涵与功能及其保护[J]. 华南热带农业大学学报, 2005, 11(2):24-27.
- [4] Day K. Agriculture's links to biodiversity[J]. Agricultural Outlook, 1996, 263: 32-37.
- [5] Mclaughlin A, Mineau P. The impact of agricultural practices on biodiversity[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 1995, 55:201-212.
- [6] 王文颖, 王启基. 高寒嵩草草甸退化生态系统植物群落结构特征及物种多样性分析[J]. 草业学报, 2001, 10(3):8-14.
- [7] 冯伟, 潘根兴, 强胜, 等. 长期不同施肥方式对稻油轮作田土壤杂草种子库多样性的影响[J]. 生物多样性, 2006, 14(6): 461-469.
- [8] 古巧珍, 杨学云, 孙本华, 等. 不同施肥条件下黄土地地杂草生物多样性[J]. 应用生态学报, 2007, 18(5): 1038-1042.
- [9] 张磊, 欧阳竹, 董玉红, 等. 农田生态系统杂草的养分和水分效应研究[J]. 中国水土保持学报, 2005, 19(2): 69-74.
- [10] Colbach N, Dtlrr C, Chauvel B, et al. Effect of environmental conditions on *Alopecurus myosuroides* germination II. Effect of

moisture conditions and storage length[J]. *Weed Research*, 2002, 42(3): 210-221.

- [11] 胡实, 彭娜, 谢小立, 等. 农田秸秆覆盖保墒研究[J]. *中国农业气象*, 2007, 28(1): 49-53.
- [12] 郭宪, 金玉美, 连海明, 等. 麦秸覆盖对杂草萌发及玉米产量的影响[J]. *安徽农业科学*, 2007, 35(9): 2584-2596.
- [13] 黄治平, 徐斌, 涂德浴. 连续施用猪粪菜地土壤基质化研究[J]. *安徽农业大学学报*, 2007, 34(2): 262-264.
- [14] Buhler D D. Implications of weed seed bank dynamics to weed management[J]. *Weed Science*, 1997, 45(3): 329-336.
- [15] 李博, 杨持, 林鹏. 生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [16] Stevenson F C. Weed species diversity in spring barley varies with crop rotation and tillage, but not with nutrient source[J]. *Weed Science*, 1997, 45(4): 798-806.
- [17] Nyarko K A. Effects of nitrogen application on growth nitrogen use efficiency and rice weed interaction[J]. *Weed Research*, 1993, 33(2): 269-276.
- [18] 唐洪元. 中国农田杂草[M]. 上海: 上海科技出版社, 1991. 285-456.
- [19] Johnson K H, Clark H J, Schmitz O J, *et al.* Biodiversity and the productivity and stability of ecosystem[J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 1996, 11: 372-377.
- [20] 马丽荣, 蔺海明, 陈玉梁, 等. 兰州引黄灌区玉米田杂草群落及生态位研究[J]. *草业学报*, 2007, 16(2): 111-117.
- [21] 孙锐锋, 李剑, 肖厚军, 等. 绿肥与秸秆混合还土效果试验[J]. *贵州农业科学*, 2007, 35(5): 72-74.
- [22] 曾木祥, 张玉洁. 秸秆还田对农田生态环境的影响[J]. *农业环境与发展*, 1997, (1): 1-7.
- [23] 王国忠, 杨佩珍, 陆峥嵘, 等. 秸秆还田对稻麦田间杂草发生的影响及化除效果[J]. *上海农业学报*, 2004, 20(1): 87-90.
- [24] 王开金, 强胜. 江苏麦田杂草群落的数量分析[J]. *草业学报*, 2007, 16(1): 118-126.
- [25] 姚青, 王连润, 陈美标, 等. 不同草种对土著 AM 真菌的生长和群落结构的影响[J]. *草业学报*, 2008, 17(2): 33-38.

The long-term effects of returning straw and applying organic fertilizer on weed communities in a paddy field with a double rice cropping system

LI Chang-xin¹, ZHAO Feng¹, RUI Wen-yi¹, HUANG Qian-ru³, YU Xi-chu³, ZHANG Wei-jian^{1,2}

(1. Institute of Applied Ecology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

2. Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081,

China; 3. Jiangxi Institute of Red Earth, Jinxian 331717, China)

Abstract: In 2007, the results of a long-term fertilizer experiment were used to study the characteristics of weed communities in a paddy field, where crop straw was returned and organic fertilizer applied since 1985 (Jinxian County, Jiangxi Province). Weed species biodiversity was significantly reduced under long-term straw return and organic fertilizer application. Long-term straw return through mulching reduced weed density and biomass, but they were increased during the field fallow by organic fertilizer application. The positive effects of organic fertilizer application on weed growth were greater in early planted rice plots than in late planted ones. The negative effects of straw return on weed growth were greater in winter with mulching after application than in summer when straw was mixed into the soil. *Alopecurus japonicus* was the dominant population with a relative density of more than 90% in all plots and the next common weed populations were *Lapsana apogonoides* and *Aneilema keisak*. This suggests that straw return and organic fertilizer application can effectively control weed communities in the paddy field during fallow.

Key words: straw returning; organic fertilizer; paddy field; weed community; biodiversity