

全程机械化生产对双季稻病虫害发生及产量的影响

李保同, 张建中, 吴建富, 潘晓华, 石庆华

(江西农业大学农学院/作物生理生态与遗传育种省部共建教育部重点实验室, 南昌 330045)

摘 要: 为探索不同翻耕栽植方式对双季稻病虫害发生和产量的影响, 对旋耕-机插、旋耕+牛耕-机插、牛耕-机插、旋耕-手插等 4 种翻耕栽植方式进行了比较试验。结果表明, 未施药区 4 种翻耕栽植方式早稻主要病虫害为纹枯病 (*Rhizoctonia solani*)、稻纵卷叶螟 (*Cnaphalocrocis medinalis*)、鸭舌草 (*Monochoria vaginalis*) 和稗草 (*Echinochloa crusgalli*), 晚稻主要病虫害为纹枯病、稻纵卷叶螟、稻飞虱 (*Sogatella furcifera*, *Nilaparvata lugens*)、鸭舌草和稗草。在肥水管理相同的条件下, 早、晚稻纹枯病病情指数孕穗期分别为 8.25~13.31 和 17.60~23.10, 乳熟期分别达 13.75~20.90 和 20.02~23.76, 其中旋耕-手插方式重于旋耕-机插方式, 牛耕-机插方式重于旋耕-机插方式。早稻二代稻纵卷叶螟发生较重, 卷叶率为 15.03%~16.67%; 晚稻四代和五代稻纵卷叶螟发生较重, 卷叶率分别为 29.67%~33.48% 和 60.09%~65.45%, 4 种翻耕栽植方式早、晚稻稻纵卷叶螟发生量差异不显著。晚稻稻飞虱前期虫口密度偏低, 齐穗期为 425~550 头/百丛, 至乳熟期达 1 200~1 600 头/百丛, 其中以旋耕-手插处理虫口密度最高, 旋耕-机插虫口密度最低。早稻田杂草有鸭舌草、稗草、矮慈姑、千金子、水竹叶等, 均以鸭舌草和稗草为优势种群, 分别占总草的 68.00% 和 29.70%; 晚稻田杂草有鸭舌草、稗草、节节菜、千金子、香附子、空心莲子草等, 均以鸭舌草和稗草为优势种群, 分别占总草的 69.60% 和 17.40%。早、晚稻以牛耕-机插处理杂草发生量最大, 其次分别为旋耕+牛耕-机插和旋耕-机插处理, 旋耕-手插处理杂草发生量最小。测产对比方差分析表明, 4 个种翻耕栽植方式产量差异不显著。在病虫害发生初期, 选用适当的农药可有效控制不同翻耕栽植方式病虫害发生, 早、晚稻平均增产 10.00% 和 7.88%。该研究为双季稻区水稻全程机械化生产病虫害防治技术的推广提供参考。

关键词: 机械化, 生产, 虫害防治, 草害防治, 病害防治, 水稻, 产量

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2013.19.009

中图分类号: S435.11; S233.71

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2013)-19-0071-08

李保同, 张建中, 吴建富, 等. 全程机械化生产对双季稻病虫害发生及产量的影响[J]. 农业工程学报, 2013, 29(19): 71-78.

Li Baotong, Zhang Jianzhong, Wu Jianfu, et al. Effects of techniques of paddy field production mechanization on occurrence of diseases, insect pests, weeds and yield of double-cropping rice[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(19): 71-78. (in Chinese with English abstract)

0 引言

水稻全程机械化生产包括水田机械整地、机械插秧、机械收获等环节实现机械标准化作业, 它不仅能减轻农民负担, 提高生产效率, 增加农民收益, 更能推动农业向标准化、规模化、产业化发展, 促进传统农业向现代农业转变。水稻是中国主要的粮食作物之一, 江西是中国重要的双季稻区。近年来, 随着农村劳动力的转移, 水稻生产用工矛盾日显突出, 水稻机械化生产势在必行。水稻病虫害是影响水稻高产、稳产和优质生产的主要因素之一。已有研究表明, 耕作制度^[1-2]、种植方式^[3-6]和肥水管理^[7-10]

等变化会影响水稻的长势及其生境, 进而影响水稻病虫害发生及产量。目前不少学者对机插水稻实施的效果进行了评价^[11-16], 但涉及水稻病虫害发生的情况较少^[17-18]。本文对旋耕-机插、旋耕+牛耕-机插、牛耕-机插、旋耕-手插等不同翻耕栽植方式进行了比较试验研究, 分析了水稻全程机械化生产对双季稻病虫害发生及产量的影响, 以期水稻全程机械化生产技术的推广提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2012 年在江西省鄱阳湖双季水稻区进贤县温圳镇杨溪村进行。试验田前茬闲田, 土壤肥力中等。供试品种早、晚稻分别为中嘉早 17 和五丰优 T025。

1.1.1 供试药剂

杀菌剂有 5% 己唑醇 (hexaconazole) EC (青岛百禾源生物工程有限公司) 和 30% 苯甲·丙环唑

收稿日期: 2013-02-04 修订日期: 2013-08-26

基金项目: 长江中游南部 (江西) 双季稻持续丰产技术集成创新与示范 (2011BAD16B04)

作者简介: 李保同 (1966—), 男, 江西崇仁人, 教授, 主要从事农药学研究。南昌 江西农业大学农学院, 330045。

Email: libt66@163.com

(hifenconazole-propiconazol) EC (青岛瀚生生物科技股份有限公司), 杀虫剂有 20% 氯虫苯甲酰胺 (Chlorantraniliprole) SC (美国杜邦公司)、1.8% 阿维菌素 (Avermectins) EC (河北海虹生化有限公司)、3.2% 阿维·氟铃脲 (Avermectins·hexaflumuron) EC (江苏东宝农药化工有限公司)、25% 吡蚜酮 (pymetrozine) WP (江苏安邦电化有限公司) 和 50% 烯啶虫胺 (Nitenpyram) WP (天津华农生物化学有限公司), 除草剂有 37.5% 苄·丁 (bensulfuron-methyl·butachlor) SP (江苏富田农化有限公司)。

1.1.2 病虫害草害

病害主要有纹枯病 (*Rhizoctonia solani*) 和稻瘟病 (*Pyricularia oryzae*), 虫害主要有二化螟 (*Chilo suppressalis*)、稻纵卷叶螟 (*Cnaphalocrocis medinalis*) 和稻飞虱 (包括白背飞虱 (*Sogatella furcifera*) 和褐飞虱 (*Nilaparvata lugens*)), 杂草主要有稗草 (*Echinochloa crusgalli*)、鸭舌草 (*Monochoria vaginalis*)、千金子 (*Euphorbia lathyris*)、节节菜 (*Rotala indica*)、香附子 (*Cyperus rotundus*)、水竹叶 (*Murdannia triquetra*) 和空心莲子草 (*Alternanthera philoxeroides*)。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计

试验设施药区和未施药区。施药区设旋耕-机插 (A_1)、旋耕+牛耕-机插 (A_2)、牛耕-机插 (A_3)、旋耕-手插 (A_4) 等 4 个处理, 未施药区设旋耕-机插 (B_1)、旋耕+牛耕-机插 (B_2)、牛耕-机插 (B_3)、旋耕-手插 (B_4) 等 4 个处理, 每处理重复 4 次, 每重复的小区面积 300 m^2 , 随机区组排列。旋耕深度 12 cm 左右, 牛耕深度 18 cm 左右, 旋耕+牛耕为旋耕后再进行牛耕, 所有处理翻耕后耙平, 沉实 2 d, 泥皮水插秧。早稻 3 月 25 日播种, 4 月 14 日机插和 4 月 19 日手插, 株行距分别为 $13.3\text{ cm}\times 30.0\text{ cm}$ 和 $13.3\text{ cm}\times 23.3\text{ cm}$, 每穴均为 3 株, 7 月 12 日机收。晚稻 7 月 1 日播种, 7 月 20 日机插和手插, 株行距分别为 $13.3\text{ cm}\times 30.0\text{ cm}$ 和 $13.3\text{ cm}\times 26.7\text{ cm}$, 每穴均为 3 株, 10 月 28 日机收。早、晚稻均施纯 N 150 kg/hm^2 (折算尿素 326.1 kg/hm^2)、 P_2O_5 75 kg/hm^2 (折算钙镁磷肥 600 kg/hm^2)、 K_2O 135 kg/hm^2 (折算氯化钾 225 kg/hm^2), 磷肥做基肥一次性施用, 氮肥按基肥、分蘖肥和穗肥质量比 5:2:3 比例施用, 钾肥按分蘖肥和穗肥质量比 7:3 比例施用, 各处理氮、磷、钾养分相等。早、晚稻返青期保持 2~3 cm 水层, 抽穗扬花期保持一定水层, 其余时间采取浅水层、无水层相间方式灌溉, 其他管理措施一致。

1.2.2 病虫害防治

施药区早稻 4 月 25 日用 37.5% 苄·丁 SP (有效用量, 下同) 750 g/hm^2 防治杂草 1 次, 6 月 2 日和 6 月 26 日分别用 5% 己唑醇 EC 45 g/hm^2 和 30% 苯甲·丙环唑 EC 90 g/hm^2 防治纹枯病 2 次, 6 月 26 日用 20% 氯虫苯甲酰胺 SC 30 g/hm^2 防治稻纵卷叶螟 1 次; 晚稻 8 月 2 日用 37.5% 苄·丁 SP 750 g/hm^2 防治杂草 1 次, 9 月 9 日和 9 月 25 日分别用 5% 己唑醇 EC 45 g/hm^2 和 30% 苯甲·丙环唑 EC 90 g/hm^2 防治纹枯病 2 次, 8 月 14 日和 9 月 9 日分别用 3.2% 阿维·氟铃脲 EC 48 g/hm^2 防治稻纵卷叶螟 2 次, 9 月 25 日和 10 月 5 日分别用 25% 吡蚜酮 WP 60 g/hm^2 和 50% 烯啶虫胺 WP 30 g/hm^2 防治稻飞虱 2 次。杀菌剂、杀虫剂对水 750 kg/hm^2 叶面喷雾, 除草剂拌细土 150 kg/hm^2 撒施。

1.2.3 调查方法

水稻栽植后, 每隔 5 d 调查 1 次病虫害发生情况。病虫调查每小区棋盘式选取 5 点, 每点 5 丛, 分别调查水稻纹枯病株发病率和病情指数、稻瘟病叶和穗发病率、稻曲病穗和粒发病率, 以及二化螟株枯心率和穗白穗率、稻纵卷叶螟卷叶率和稻飞虱百丛虫口密度; 杂草调查每小区棋盘式选取 5 点, 每点 1 m^2 , 分别调查杂草种类和株数。参照农药田间药效试验准则的有关方法, 计算药剂防治效果^[19]。试验结果用 Excel 和 DPS 软件进行数据处理和显著性分析。

1.2.4 产量考察

每处理调查 5 点, 每点查 1 m^2 , 记录总穗数, 计算每公顷有效穗数。每点选取有代表性的 1 丛, 记录穗数、总粒数、实粒数, 计算结实率。谷粒自然晒干后分别称量千粒质量, 计算理论产量。

2 结果与分析

2.1 水稻病虫害发生特点分析

2.1.1 病害田间发生规律

调查结果表明, 未施药区的旋耕-机插、旋耕+牛耕-机插、牛耕-机插和旋耕-手插 4 个处理双季早、晚稻主要病害为纹枯病, 稻瘟病和稻曲病发生较轻。其中, 稻纹枯病从苗期 (早稻 5 月 10 日, 晚稻 8 月 9 日) 开始发病, 分蘖期 (早稻 5 月 21 日至 6 月 5 日, 晚稻 8 月 19 日至 29 日) 流行, 乳熟期 (早稻 7 月 5 日, 晚稻 10 月 3 日) 趋于稳定, 晚稻重于早稻。在水稻孕穗期 (早稻 6 月 15 日, 晚稻 9 月 13 日), 早、晚稻病情指数分别为 8.25~13.31 和 17.60~23.10, 至水稻乳熟期 (早稻 7 月 10 日, 晚稻 10 月 3 日) 病情指数分别达 13.75~20.90 和 20.02~23.76 (表 1)。在未施药区的 4 个翻耕栽植处理中, 早、晚稻均以牛

耕-机插处理纹枯病发生最重,其次为旋耕+牛耕-机插处理,早稻发病程度差异达显著水平(表1)。杀菌剂对纹枯病发生有明显的控制效果,在早、晚稻分蘖

期和抽穗期,分别用5%己唑醇EC 45 g/hm²和30%苯甲·丙环唑EC 90 g/hm²喷雾2次,对早、晚稻纹枯病的控制效果均在74%以上(表1)。

表1 杀菌剂对双季稻纹枯病的防治效果

Table 1 Efficacy of bactericides on sheath blight disease of double-cropping rice

处理 Treatment	早稻 Early rice				晚稻 Late rice			
	孕穗期(06-15) Booting stage(June 15)		乳熟期(07-10) Milky stage(July 10)		孕穗期(09-13) Booting stage(September 13)		乳熟期(10-03) Milky stage(October 3)	
	病情指数 Disease index	防效 Efficacy/%	病情指数 Disease index	防效 Efficacy/%	病情指数 Disease index	防效 Efficacy/%	病情指数 Disease index	防效 Efficacy/%
A ₁	1.32	84.00 aA	2.75	80.01 aA	3.96	77.50 aA	5.06	74.73 aA
A ₂	1.82	83.98 aA	4.07	78.24 aA	4.46	78.11 aA	4.95	76.92 aA
A ₃	1.98	85.12 aA	4.46	78.68 aA	4.95	78.57 aA	6.16	74.07 aA
A ₄	1.49	85.00 aA	3.47	79.68 aA	4.13	79.17 aA	5.50	75.60 aA
B ₁	8.25 dC		13.75 dC		17.60 cC		20.02 dC	
B ₂	11.33 cB		18.70 bB		20.35 bB		21.45 cBC	
B ₃	13.31 aA		20.90 aA		23.10 aA		23.76 aA	
B ₄	9.90 bBC		17.05 cB		19.80 bB		22.55 abAB	

注:同列数据后不同大小写字母分别表示在1%和5%水平差异显著。A₁旋耕-机插-用药,B₁旋耕-机插-对照,A₂旋耕+牛耕-机插-用药,B₂旋耕+牛耕-机插-对照,A₃牛耕-机插-用药,B₃牛耕-机插-对照,A₄旋耕-手插-用药,B₄旋耕-手插-对照。下同。

Note: Data followed by different capital or small letters means the significance at 0.01 or 0.05 level. A₁-Mechanized rotary tillage-mechanized transplanting-using pesticide, B₁-Mechanized rotary tillage-mechanized transplanting-blank control, A₂-Mechanized rotary + cattle tillage-mechanized transplanting-using pesticide, B₂-Mechanized rotary + cattle tillage-mechanized transplanting-blank control, A₃-Cattle tillage-mechanized transplanting-using pesticide, B₃-Cattle tillage-mechanized transplanting-blank control, A₄-Mechanized rotary tillage-manual transplanting-using pesticide, B₄-Mechanized rotary tillage-manual transplanting-blank control. The same as blow.

2.1.2 害虫田间发生规律

调查结果表明,未施药区的旋耕-机插、旋耕+牛耕-机插、牛耕-机插和旋耕-手插4个处理双季早、晚稻纵卷叶螟发生偏重,晚稻稻飞虱中等发生,早、晚稻二化螟发生较轻。其中,早稻一代稻纵卷叶螟发生较轻,二代稻纵卷叶螟发生较重,水稻乳熟期(7月5日)未施药区的卷叶率为15.03%~16.67%;晚稻四代和五代稻纵卷叶螟发生较重,水稻分蘖期(9月3日)和孕穗期(9月18日)未施药区的卷叶率分别达29.67%~33.48%和60.09%~65.45%,4种翻耕栽植方式早、晚稻稻纵卷叶螟发生量差异不显著(表2)。未施药区的晚稻稻飞虱

前期虫口密度偏低,齐穗期(9月28日)为425~550头/百丛,至乳熟期(10月18日)达1200~1600头/百丛,以旋耕-手插处理虫口密度最高,旋耕-机插处理最低,两处理间差异极显著(表2)。杀虫剂对稻纵卷叶螟和稻飞虱有明显的控制效果,在早稻齐穗期用20%氯虫苯甲酰胺SC 30 g/hm²喷雾,对稻纵卷叶螟的控制效果均在79%以上;在晚稻分蘖始期和末期用3.2%阿维·氟铃脲EC 48 g/hm²喷雾2次,对稻纵卷叶螟的控制效果均在84%以上,在晚稻齐穗期和乳熟期分别用25%吡蚜酮WP 60 g/hm²和50%烯啶虫胺WP 30 g/hm²喷雾1次,对稻飞虱的控制效果均在93%以上(表2)。

表2 杀虫剂对双季稻害虫的防治效果

Table 2 Efficacy of insecticides on insect pests of double-cropping rice

处理 Treatment	稻纵卷叶螟(早稻) <i>C. medinalis</i> (Early rice)				稻纵卷叶螟(晚稻) <i>C. medinalis</i> (Late rice)				稻飞虱(晚稻) <i>Sogatella furcifera</i> and <i>Nilaparvata lugens</i> (Late rice)			
	乳熟期(07-05) Milky stage (July 5)		分蘖期(09-03) Tillering stage (September 3)		孕穗期(09-18) Booting stage (September 18)		齐穗期(09-28) Full heading stage (September 28)		乳熟期(10-18) Grain-filling stage (October 18)			
	卷叶率 Rate of curled leaves/%	防效 Efficacy/%	卷叶率 Rate of curled leaves/%	防效 Efficacy/%	卷叶率 Rate of curled leaves/%	防效 Efficacy/%	每百丛的 数量 Number per 100 clumps/头	防效/% Efficacy	每百丛的 数量 Number per 100 clumps/头	防效/% Efficacy		
A ₁	3.00	80.04 aA	4.50	84.83 aA	7.33	87.81 aA	18.00	95.76 aA	70.00	95.00 aA		
A ₂	3.10	79.90 aA	4.66	86.08 aA	7.40	87.69 aA	22.00	95.60 aA	90.00	94.00 aA		
A ₃	2.97	82.00 aA	4.20	86.05 aA	7.66	87.94 aA	19.00	96.00 aA	62.00	95.04 aA		
A ₄	3.33	80.02 aA	4.65	85.32 aA	7.82	88.05 aA	20.00	96.36 aA	102.00	93.63 aA		
B ₁	15.03 aA		29.67 bB		60.13 cC		425.00 cB		1200.00 cB			
B ₂	15.42 aA		33.48 aA		60.09 bB		500.00 abA		1500.00 bA			
B ₃	16.50 aA		30.10 abAB		63.50 aA		475.00 bcAB		1250.00 cB			
B ₄	16.67 aA		31.67 abAB		65.45 cC		550.00 aA		1600.00 aA			

2.1.3 杂草田间发生规律

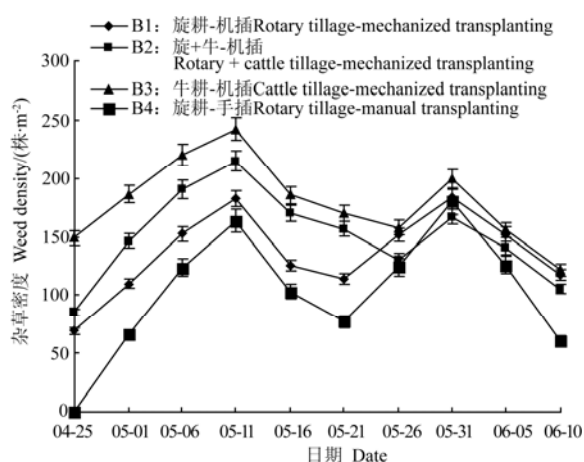
调查结果表明, 旋耕-机插、旋耕+牛耕-机插、牛耕-机插和旋耕-手插 4 个处理双季早稻田杂草有鸭舌草、稗草、矮慈姑、千金子、水竹叶等, 均以鸭舌草和稗草为优势种群, 分别占总草的 68.00% 和 29.70%; 双季晚稻田杂草有鸭舌草、稗草、节节菜、千金子、香附子、空心莲子草等, 均以鸭舌草和稗草为优势种群, 分别占总草的 69.60% 和 17.40% (表 3)。从出苗情况来看, 早稻田杂草出苗呈明显的双峰型, 旋耕-机插、旋耕+牛耕-机插和牛耕-机插处理早稻田杂草于栽植后 11 d 陆续出苗, 27 d 达到第 1 次出苗高峰, 一般占总草的 55.10% 左右; 第 2 次出苗高峰为栽植后 40 d 左右, 一般占总草的 33.40%。旋耕-手插处理早稻田杂草出苗略迟于机插的 3 个处理, 栽

植后 6 d 未见杂草出苗, 12 d 陆续出苗, 22 d 左右达到第 1 次出苗高峰, 一般占总草的 40.60% 左右; 第 2 次出苗高峰为栽植后 41 d, 一般占总草的 45.40% (图 1a)。晚稻田杂草出苗呈单峰型, 栽植后 5 d 陆续出苗, 15 d 左右达到出苗高峰, 一般占总草的 72.50% 左右, 4 种翻耕栽植方式杂草出苗动态一致 (图 1b)。从发生量来看, 早稻田杂草第 1 次出苗高峰期和晚稻杂草出苗高峰期 4 种翻耕栽植方式有显著差异, 其中以牛耕-机插处理杂草发生量最大, 其次分别为旋耕+牛耕-机插和旋耕-机插处理, 旋耕-手插处理杂草发生量最小 (表 3)。除草剂对稻田杂草有明显的控制效果, 早、晚稻分别于机插后 11 d 和手插后 6 d 用 37.5% 吡·丁 SP 750 g/hm² 撒施, 对早、晚稻田杂草控制效果均在 90% 以上 (表 3)。

表 3 除草剂对双季稻田杂草的防治效果

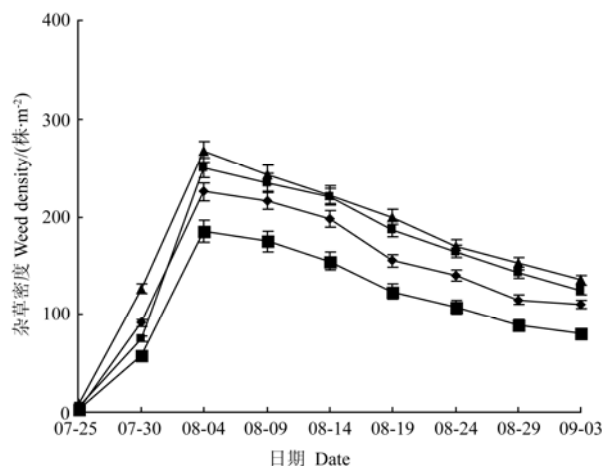
Table 3 Efficacy of the herbicide on weeds in double-cropping paddy fields

处理 Treatment	早 稻(05-11) Early rice(May 11)						晚 稻(08-09) Late rice(August 9)					
	鸭舌草 <i>M. vaginalis</i>		稗草 <i>E. crusgalli</i>		总草 Total weeds		鸭舌草 <i>M. vaginalis</i>		稗草 <i>E. crusgalli</i>		总草 Total weeds	
	数量 Number /(plant·m ⁻²)	防效 Efficacy/%	数量 Number /(plant·m ⁻²)	防效 Efficacy/%	数量 Number /(plant·m ⁻²)	防效 Efficacy/%	数量 Number /(plant·m ⁻²)	防效 Efficacy/%	数量 Number /(plant·m ⁻²)	防效 Efficacy/%	数量 Number /(plant·m ⁻²)	防效 Efficacy/%
A ₁	10.00	91.90	3.00	95.04	13.00	92.72 aA	12.50	92.40	3.00	92.00	18.50	92.01 aA
A ₂	11.00	91.88	5.50	91.47	17.50	91.55 aA	10.50	94.41	4.00	92.59	17.50	93.53 aA
A ₃	14.50	91.67	4.00	94.20	20.00	91.87 aA	13.50	93.63	2.50	93.51	18.00	93.77 aA
A ₄	9.00	90.37	2.50	93.83	12.00	91.27 aA	8.50	93.39	2.50	92.19	13.00	92.97 aA
B ₁	123.50		60.50		178.50	cC	164.50		37.50		231.50	cC
B ₂	135.50		64.50		207.00	bB	188.00		54.00		270.50	bB
B ₃	174.00		69.0		246.00	aA	212.00		38.50		289.00	aA
B ₄	93.50		40.50		137.50	dD	128.50		32.00		185.00	dD



a. 早稻田未施药区杂草发生规律

a. Occurrence of weeds in no-using herbicide' areas of early rice paddy fields



b. 晚稻田未施药区杂草发生规律

b. Occurrence of weeds in no-using herbicide' areas of late rice paddy fields

图 1 全程机械化生产对早稻和晚稻田杂草消长的影响

Fig.1 Effects of technologies of production mechanization on weeds' growing in early and late rice paddy fields

2.2 对水稻产量的影响

由表 4 可知, 翻耕方式对水稻产量无显著影响, 与常规育秧手插方式相比, 机插方式对水稻产

量无显著的影响。测产对比方差分析表明, 机插由于每公顷穗数低于手插, 而穗实粒数、结实率和千粒重明显高于手插, 致使最终产量差异不显著。同

时,与未施药防治相比,施药防治对产量均有显著的影响。测产对比分析表明,药剂防治区早、晚稻平均增产 10.00%和 7.88%。成对样本的方差分析

表明,产量变化主要原因是药剂防治区测点样本每穗总粒数和结实率都有极显著性差异,千粒质量显著提高。

表 4 全程机械化生产对双季稻产量的影响

Table 4 Effects of techniques of paddy field production mechanization on double-cropping rice yield

处理 Treatment	早稻 Early rice					晚稻 Late rice				
	有效穗数 Effective panicle /(10 ⁴ ·hm ⁻²)	每穗总粒数 Spikelet per panicle	结实率 Filled grain percentage/%	千粒质量 1000-Grain weight/g	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	有效穗数 Effective panicle /(10 ⁴ ·hm ⁻²)	每穗总粒数 Spikelet per panicle	结实率 Filled grain percentage/%	千粒质量 1000-Grain weight/g	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)
A ₁	261.00 cC	105.52 aA	85.20 abA	27.40 aA	6429.00 aA	279.00 cdBC	125.98 aA	88.90 aA	25.30 abAB	7906.00 aA
A ₂	264.00 cC	104.55 aA	85.70 abA	27.60 aA	6529.00 aA	282.00 bcBC	125.42 aA	88.50 aA	25.50 aA	7982.00 aA
A ₃	265.00 cC	104.41 aA	86.20 aA	27.30 aA	6511.00 aA	278.00 cdBC	125.14 aA	90.30 aA	25.30 abAB	7948.00 aA
A ₄	304.00 aA	101.25 cCD	80.30 cB	26.20 cC	6475.00 aA	298.00 aA	122.40 bB	86.60 bB	24.90 cBC	7866.00 bA
B ₁	265.00 cC	99.76 bBC	84.30 bA	26.50 bcBC	5906.00 bB	278.00 cdBC	124.41 bB	85.20 bcBC	24.90 cB	7338.00 dB
B ₂	264.00 cC	99.65 bB	84.80 abA	26.60 bBC	5934.00 bB	272.00 dC	125.00 abAB	86.40 bB	24.90 cB	7315.00 dB
B ₃	261.00 cC	99.29 bBC	84.70 bA	26.80 bB	5883.00 bB	274.00 dC	126.32 abAB	85.50 bcBC	25.00 bcBC	7398.00 cB
B ₄	294.00 bB	99.49 dE	78.30 dC	25.60 dD	5863.00 bB	290.00 abAB	125.30 bB	83.80 cC	24.10 dD	7339.00 dB

3 讨论

3.1 翻耕方式对水稻病虫害发生的影响

水稻纹枯病是中国水稻上最重要的病害,其病原菌菌核生活力极强,在土壤中可存活 1~2 a,在土表下 9~25 cm 存活率仍达 87.7%以上^[20-21]。稻株、浪渣或土表层的越冬菌核,决定着水稻纹枯病初期发病程度及分布相,进而影响后期病情的扩展蔓延。春耕灌水耕耙后,越冬菌核飘浮水面,插秧后随水漂流附着稻株基部叶鞘上,在适宜条件下萌发菌丝,侵入叶鞘内发病^[22]。本试验发现早、晚稻纹枯病牛耕-机插处理重于旋耕-机插处理,可能与牛耕的深度大于旋耕,容易将深土层及稻蔸内菌核翻入水面有关。

稻田杂草的发生、消长、演替与土壤杂草种子库关系极为密切。杂草种子库中杂草种子主要分布在稻田耕作层的上、中部,下部及底部较少,且种子萌发率与土层深度成负相关^[23]。吴竞仑^[24-25]等报道不定期深翻土层,将部分杂草种子埋入 10~20 cm 深土层中,可使某些杂草种子丧失发芽能力,而本试验发现传统的牛耕方式比机械旋耕要深 4~6 cm,牛耕处理的杂草密度却大于机械旋耕,其原因有待进一步研究。

3.2 栽植方式对水稻病虫害发生的影响

稻纵卷叶螟和稻飞虱是具有远距离迁飞特性的重要水稻害虫,发生严重与否主要取决于迁入量的多少、水稻的长势和天气条件^[26]。在水稻分蘖至孕穗期,水稻叶片嫩绿田间荫蔽湿润,田间小气候有利于稻纵卷叶螟和稻飞虱的发生^[27-28]。本试验发现稻纵卷叶螟手插处理略重于机插处理,但差异不显著,而稻飞虱发生量显著高于机插处理,这一结

果与前人的研究相一致^[17-18]。同时试验还发现水稻纹枯病手插处理重于机插处理,而杂草发生量手插处理轻于机插处理,这可能与手插处理初期基本苗数偏多,分蘖后禾蔸变大,水稻底部通风采光变差,湿度变大,有利于病害滋生、繁殖而不利于杂草出苗、生长有关。徐国建^[29]等报道水稻栽植后 7~11 d 是杂草出苗的高峰期,而本试验发现早、晚稻田杂草出苗高峰期分别为水稻栽植后 11~20 d,其原因可能与本试验栽植的秧苗苗小,栽植后保水返青期长,抑制或延缓了杂草种子的萌发有关。

3.3 翻耕栽植方式对水稻产量的影响

何瑞银^[30]等报道在南方双季稻区,机插方式平均增产 7.53%、平均省工 41.44%,平均增加效益 46.78%,较手插方式省工、节本、增效。本试验发现机插方式基本苗数低于手插方式,每穗实粒数和千粒质量高于手插方式,最终产量机插与手插方式差异不显著。由于水稻全程机械化可以大幅度地提高粮食生产效率,降低劳动强度和生产成本,提高农业综合生产能力,是一项双季稻区值得推广应用的生产方式。

4 结 论

1) 双季早、晚稻主要病害为纹枯病,次要病害为稻瘟病和稻曲病。其中,早、晚稻纹枯病牛耕-机插处理重于旋耕-机插处理,旋耕-手插处理重于旋耕-机插处理。

2) 双季早稻主要害虫为稻纵卷叶螟,晚稻主要害虫为稻纵卷叶螟和稻飞虱,早、晚稻次要害虫为二化螟。稻纵卷叶螟晚稻重于早稻,4 种翻耕栽植方式早、晚稻发生量差异不显著;晚稻稻飞虱以旋耕-手插方式虫口密度最高,旋耕-机插方式虫口

密度最低, 4 种翻耕栽植方式发生动态趋于一致。

3) 双季早、晚稻稻田主要杂草为鸭舌草和稗草。其中, 牛耕-机插方式杂草发生量最大, 旋耕-手插方式杂草发生量最小, 4 种翻耕栽植方式杂草出苗动态趋于一致。

4) 在田间管理等前提条件基本一致的情况下, 不同翻耕栽植方式的产量差异不大。在病虫草发生初期, 选用适当的农药可有效控制不同翻耕栽植方式早、晚稻病虫草发生, 提高水稻产量。

[参 考 文 献]

- [1] 谢雪梅, 肖晓华, 刘春, 等. 油-稻免耕抛栽水稻病虫害发生特点及防治对策[J]. 南方农业, 2007, 1(6): 30—33.
Xie Xuemei, Xiao Xiaohua, Liu Chun, et al. Occurring characters and control measures of disease and insect pests of rice under no tillage with rice seedling casting of rice-rape rotations[J]. South China Agriculture, 2007, 1(6): 30—33. (in Chinese with English abstract)
- [2] 黄德超, 曾玲, 梁广文, 等. 不同耕种稻田害虫及天敌的种群动态[J]. 应用生态学报, 2005, 16(11): 2122—2125.
Huang Dechao, Zeng Ling, Liang Guangwen, et al. Population dynamics of pests and their enemies in different cultivated rice fields[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(11): 2122—2125. (in Chinese with English abstract)
- [3] 张娟, 梁广文, 曾玲. 不同稻田生态系统中稻纵卷叶螟、稻飞虱及其天敌密度的差异[J]. 植物保护学报, 2011, 38(1): 1—8.
Zhang Juan, Liang Guangwen, Zeng Ling. The differential dynamics of *Cnaphalocrocis medinalis*, planthopper and their natural enemies in two rice paddy ecosystems[J]. Acta Phytophylacica Sinica, 2011, 38(1): 1—8. (in Chinese with English abstract)
- [4] 祝增荣, 吴良欢, 吴国强, 等. 水稻覆膜旱作对病虫害发生程的影响[J]. 植物保护学报, 2000, 27(4): 295—230.
Zhu Zengrong, Wu Lianghuan, Wu Guoqiang, et al. The effects of filmed ground and dry growing conditions on the occurrence of rice pests, natural enemies and saprophagous insects[J]. Acta Phytophylacica Sinica, 2000, 27(4): 295—230. (in Chinese with English abstract)
- [5] 李保同, 石庆华, 方加海. 无公害水稻生产的病虫草调控技术及其效应的研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(1): 111—115.
Li Baotong, Shi Qinghua, Fang Jiahai, et al. Techniques of diseases, insect pests and weeds control and their efficacy in bio-rational rice production[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(1): 111—115. (in Chinese with English abstract)
- [6] 张娟, 梁广文, 曾玲. 不同稻菜邻作模式对稻纵卷叶螟、稻飞虱及其捕食性天敌的影响[J]. 生态学杂志, 2011, 30(2): 281—289.
Zhang Juan, Liang Guangwen, Zeng Ling. Effects of rice-planting neighboring with vegetable crops on the population dynamics of *Cnaphalocrocis medinalis*, plant hopper, and their predatory enemies[J]. Chinese Journal of Ecology, 2011, 30(2): 281—289. (in Chinese with English abstract)
- [7] 葛洪滨, 李保同, 石庆华, 等. 不同肥料种类及施用量对绿色稻米生产的病虫草发生的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(1): 195—199.
Ge Hongbin, Li Baotong, Shi Qinghua, et al. Effects of fertilization on disease, insect pests and weeds during the production of green rice[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(1): 195—199. (in Chinese with English abstract)
- [8] 杨秀娟, 甘林, 阮宏椿, 等. 氮肥对水稻苗 POD、SOD 活性及稻瘟病发生的影响[J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2011, 40(1): 8—12.
Yang Xiujuan, Gan Lin, Ruan Hongchun, et al. Influence of nitrogen on the activities of POD and SOD in rice seedlings and the incidence of rice blast disease[J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University: Natural Science Edition, 2011, 40(1): 8—12. (in Chinese with English abstract)
- [9] 黄世文, 王玲, 陈惠哲, 等. 氮肥施用量和施用方法对超级杂交稻纹枯病发生的影响[J]. 植物病理学报, 2009, 39(1): 104—109.
Huang Shiwen, Wang Ling, Chen Huzhe, et al. Effect of nitrogen dosage and fertilization approach on the occurrence of sheath blight disease in super hybrid rice[J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2009, 39(1): 104—109. (in Chinese with English abstract)
- [10] 钟平生, 梁广文, 曾玲. 有机稻田白背飞虱种群动态及其天敌作用[J]. 植物保护学报, 2008, 35(4): 351—355.
Zhong Pingsheng, Liang Guangwen, Zeng Ling. The population dynamics of white back planthopper, *Sogatella furcifera*(Horvath) (Homoptera: Delphacidae) and effects of the natural enemies in organic rice fields[J]. Acta Phytophylacica Sinica, 2008, 35(4): 351—355. (in Chinese with English abstract)
- [11] 高连兴, 赵秀荣. 机械化移栽方式对水稻产量及主要性状的影响[J]. 农业工程学报, 2002, 18(5): 45—48.
Gao Lianxing, Zhao Xiurong. Effect of mechanized transplanting methods on rice yield and rice population growth trends[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2002, 18(5): 45—48. (in Chinese with English abstract)
- [12] 沈建辉, 邵文娟, 张祖建, 等. 苗床落谷密度、施肥量和秧龄对机插稻苗质及大田产量的影响[J]. 作物学报, 2006, 32(3): 402—409.
Shen Jianhui, Shao Wenjuan, Zhang Zujian, et al. Effects of sowing density, fertilizer amount in seedbed and seedling age on seedling quality and grain yield in paddy field for mechanical transplanting rice[J]. Acta Agronomica Sinica, 2006, 32(3): 402—409. (in Chinese with English abstract)
- [13] 袁奇, 于林惠, 石世杰, 等. 机插秧每穴栽插苗数对水稻分蘖与成穗的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(10): 121—125.

- Yuan Qi, Yu Linhui, Shi Shijie, et al. Effects of different tiller production planting seedlings per hill on outgrowth and quantities of for machine-transplanted rice[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2007, 23(10): 121—125. (in Chinese with English abstract)
- [14] 钱银飞, 张洪程, 吴文革, 等. 机插穴苗数对不同穗型粳稻品种产量及品质的影响[J]. 作物学报, 2009, 35(9): 1698—1707.
- Qian Yinfei, Zhang Hongcheng, Wu Wen'ge, et al. Effects of seedlings number per hill on grain yield and quality in different panicle types of mechanical transplanted japonica rice[J]. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(9): 1698—1707. (in Chinese with English abstract)
- [15] 张洪程, 赵品恒, 孙菊英, 等. 机插杂交粳稻超高产形成群体特征[J]. 农业工程学报, 2012, 28(2): 39—44.
- Zhang Hongcheng, Zhao Pinheng, Sun Juying, et al. Population characteristics of super high yield formation of mechanical transplanted japonica hybrid rice[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(2): 39—44. (in Chinese with English abstract)
- [16] 李刚华, 于林惠, 侯朋福, 等. 机插水稻适宜基本苗定量参数的获取与验证[J]. 农业工程学报, 2012, 28(8): 98—104.
- Li Ganghua, Yu Linhui, Hou Pengfu, et al. Calculation and verification of quantitative parameters of optimal planting density of machine-transplant rice[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(8): 98—104. (in Chinese with English abstract)
- [17] 蔡辉清, 方海, 倪静. 机艺结合研究机插秧技术对减轻水稻病虫害的影响[J]. 农业技术与装备, 2009, 16(3): 21—22.
- Cai Huiqing, Fang Hai, Ni Jing. Study on effect of machinery-transplanting technology on reducing diseases, insect pests and weeds of rice by combined machinery and agronomy[J]. Agricultural Technology and Equipment, 2009, 16(3): 21—22. (in Chinese with English abstract)
- [18] 罗锡文, 谢方平, 区颖刚, 等. 水稻生产不同栽植方式的比较试验[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1): 136—139.
- Luo Xiwen, Xie Fangping, Ou Yinggang, et al. Experimental investigation of different transplanting methods in paddy production[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2004, 20(1): 136—139. (in Chinese with English abstract)
- [19] 农业部农药检定所生测室. 农药田间药效试验准则(一)[M]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [20] 周而勋, 杨媚, 陈友林. 土壤环境因素对水稻纹枯病菌腐生定殖能力的影响[J]. 植物病理学报, 2008, 32(3): 214—218.
- Zhou Erxun, Yang Mei, Chen Youlin. The effects of soil environmental factors on the saprophytic colonization of *Rhizoctonia solani*[J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2008, 32(3): 214—218. (in Chinese with English abstract)
- [21] 檀根甲, 陈莉, 胡道平, 等. 水稻纹枯病菌菌核存活活力及地下侵染的研究[J]. 菌物系统, 2000, 19(1): 142—145.
- Tan Genjia, Chen Li, Hu Daoping, et al. Studies on viability and underground infectivity of *Rhizoctonia solani* sclerotia[J]. Mycosystema, 2000, 19(1): 142—145. (in Chinese with English abstract)
- [22] 徐雍皋, 徐敬友. 农业植物病理学[M]. 北京: 江苏科学技术出版社, 1996: 266—268.
- [23] 左然玲, 强胜, 李儒海. 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[J]. 中国水稻科学, 2007, 21(4): 417—422.
- Zuo Ranling, Qiang Sheng, Li Ruhai. Relationship between weed seeds dispersed by irrigation water and soil weed seedbank of paddy field in rice-growing region[J]. Chinese Journal Rice Science, 2007, 21(4): 417—422. (in Chinese with English abstract)
- [24] 吴竞仑, 周恒昌. 稻田土壤杂草种子库研究[J]. 中国水稻科学, 2000, 14(1): 37—42.
- Wu Jinlun, Zhou Hengchang. Seed bank of weeds in paddy fields[J]. Chinese Journal Rice Science, 2000, 14(1): 37—42. (in Chinese with English abstract)
- [25] 廖冬如, 王修惠, 黄向阳, 等. 鄱阳湖区机插二季晚稻田杂草发生特点及防控技术[J]. 生物灾害科学, 2012, 35(1): 102—104.
- Liao Dongru, Wang Xiuhui, Huang Xiangyang, et al. Occurring character and control technology of weeds in paddy field of double-crops late rice in Poyang Lake district[J]. Biological Disaster Science, 2012, 35(1): 102—104. (in Chinese with English abstract)
- [26] 王泽乐, 王梓英, 刘祥贵, 等. 重庆市稻飞虱、稻纵卷叶螟 2009 年重发生的特点及原因[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2011, 36(1): 83—87.
- Wang Zele, Wang Ziyang, Liu Xianggui, et al. The characteristics and causes of serious occurrence of rice planthopper and leafroll worm of Chongqing municipality in 2009[J]. Journal of Southwest China Normal University: Natural Science Edition, 2011, 36(1): 83—87. (in Chinese with English abstract)
- [27] 罗守金. 中国稻纵卷叶螟发生特点及其鉴定与防治[J]. 植物病虫害, 2010, 1(2): 13—18.
- Luo Shoujin. Occurrence of rice leaf roller in China and its identification and prevention[J]. Plant Diseases and Pests, 2010, 1(2): 13—18. (in Chinese with English abstract)
- [28] 许晓辉, 黄建华, 张爱琴. 稻纵卷叶螟暴发的适生条件及应对防治措施研究[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(16): 85—86.
- Xu Xiaohui, Huang Jianhua, Zhang Aiqin. Study on suitable condition of leaf borers outbreak and control technology[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2010, 16(16): 85—86. (in Chinese with English abstract)
- [29] 徐国建, 肖满开, 唐学友. 稻田杂草的发生规律与化学除草配套技术[J]. 安徽农学通报, 2012, 18(17): 113—114.
- Xu Guojian, Xiao Mankai, Tang Xueyou. Occurrence of weeds in paddy field and chemical weeding techniques[J].

- Anhui Agricultural Science Bulletin, 2012, 18(17): 113—114. (in Chinese with English abstract)
- [30] 何瑞银, 罗汉亚, 李玉同, 等. 水稻不同种植方式的比较试验与评价[J]. 农业工程学报, 2008, 24(1): 167—171.
- He Ruiyin, Luo Hanyan, Li Yutong, et al. Comparison

and analysis of different rice planting methods in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2008, 24(1): 167—171. (in Chinese with English abstract)

Effects of techniques of paddy field production mechanization on occurrence of diseases, insect pests, weeds and yield of double-cropping rice

Li Baotong, Zhang Jianzhong, Wu Jianfu, Pan Xiaohua, Shi Qinghua

(Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Genetic Breeding, Ministry of Education, College of Agronomy, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: Four patterns such as mechanized rotary tillage-mechanized transplanting method, mechanized rotary with cattle tillage-mechanized transplanting method, cattle tillage-mechanized transplanting method and mechanized rotary tillage-manual transplanting method were tested in order to investigate the effects of different plowing-transplanting methods on diseases, insect pests, weeds and yield of double-cropping rice. Results showed that major diseases, insect pests and weeds were sheath blight disease *Rhizoctonia solani*, *Cnaphalocrocis medinalis*, *Monochoria vaginalis* and *Echinochloa crusgalli* in early rice with four plowing-transplanting methods in no using pesticide areas, and sheath blight disease, *C. medinalis*, rice planthopper (*Sogatella furcifera* and *Nilaparvata lugens*), *M. vaginalis* and *E. crusgalli* in late rice. Under the same conditions of fertilizer and water management, the sheath blight disease indexes of early and late rice were 8.25-13.31 and 17.60-23.10 at booting stage, 13.75-20.90 and 20.02-23.76 at milky stage, respectively, which was more serious using mechanized rotary tillage-manual transplanting method than that using mechanized rotary tillage-mechanized transplanting method, and more serious using cattle tillage-mechanized transplanting method than that using mechanized rotary tillage-mechanized transplanting method. The second generation of *C. medinalis* occurred seriously in early rice, and its curled leaf rates were 15.03%-16.67%. The fourth and fifth generation of *C. medinalis* in late rice occurred seriously, and its curled leaf rates were 29.67%-33.48% and 60.09%-65.45%, respectively. The occurrence difference of *C. medinalis* was not significant between four plowing-transplanting methods in early and late rice. The population density of rice planthoppers in late rice was low at early stage, 425-550 heads/100 clusters at full heading stage, 1200-1600 heads/100 clusters at milky stage, which was highest using mechanized rotary tillage-manual transplanting method, and lowest using mechanized rotary tillage-mechanized transplanting method. There were *M. vaginalis*, *E. crusgalli*, *Sagittaria pygmaea*, *Euphorbia lathyris*, *Murdannia trigueta* and so on in early paddy field, which *M. vaginalis* and *E. crusgalli* were the dominant species, 68.00% and 29.70% of the total grasses, respectively. There were *M. vaginalis*, *E. crusgalli*, *Rotala indica*, *Euphorbia lathyris*, *Cyperus rotundus*, *Alternanthera philoxeroides* and so on in late paddy field, which *M. vaginalis* and *E. crusgalli* were the dominant species, 69.60% and 17.40% of the total grasses, respectively. The weeds' density was highest in early and late paddy fields with cattle tillage-mechanized transplanting method, followed by mechanized rotary with cattle tillage-mechanized transplanting method and mechanized rotary tillage-mechanized transplanting method, and lowest with mechanized rotary tillage-manual transplanting method. Variance analysis indicated that there was no significant difference in the yield among four kinds of plowing-transplanting methods. The diseases, insect pests and weeds in early and late rice under different plowing-transplanting methods could be controlled effectively by applying appropriate pesticides during the early days of pest occurrence. The average yields were increased 10.00% and 7.88%, respectively. The study provided a reference for the extension of control technology on diseases, insect pests and weeds of double-cropping rice in paddy field production mechanization.

Key words: mechanization, production, insect control, weed control, diseases control, rice, yield

(责任编辑: 张俊芳)