

蒋耀培, 李军, 蒋杰贤, 等. 上海地区单季晚稻条纹叶枯病发生的生物气象因子探讨[J]. 气象, 2011, 37(9): 1140-1144.

# 上海地区单季晚稻条纹叶枯病发生的生物气象因子探讨<sup>\* 1</sup>

蒋耀培<sup>1</sup> 李 军<sup>2</sup> 蒋杰贤<sup>3</sup> 张 皓<sup>2</sup> 季香云<sup>3</sup>

1 上海市农业技术推广服务中心, 上海 201103

2 上海市气候中心/SMB, 上海 200030

3 上海市农业科学院植物保护研究所, 上海 201106

**提 要:** 为了给单季晚稻条纹叶枯病农业气象预测提供技术依据, 使用数理统计分析方法对 2007 和 2008 年上海市 10 个区(县)移栽稻和直播稻 95 个样本单季晚稻条纹叶枯病病株率田间考查资料和同期气象资料进行分析。得出: 在条纹叶枯病病毒满足的情况下, 影响单季晚稻条纹叶枯病发生的首要因子是品种, 品种抗性强弱与条纹叶枯病病株率间的偏相关系数为  $-0.622 (P < 0.01)$ ; 其次是单季晚稻播栽期至 7 叶期间的平均空气相对湿度, 与条纹叶枯病病株率间的偏相关系数为  $-0.293 (P < 0.01)$ ; 单季晚稻播栽期早晚对条纹叶枯病的影响是通过播栽期至 7 叶期间的空气相对湿度影响条纹叶枯病的发生, 单季晚稻播栽期与条纹叶枯病病株率、播栽期至 7 叶期间空气平均相对湿度的偏相关系数分别为  $-0.036$  和  $0.309 (P < 0.01)$ 。因此在业务预报工作中, 应重点考虑单季晚稻品种及播栽期至 7 叶期间的空气相对湿度。

**关键词:** 条纹叶枯病, 生物, 气象, 单季晚稻

## Discussion on Biological and Meteorological Factors and Single Late Rice Stripe Disease

JIANG Yaopei<sup>1</sup> LI Jun<sup>2</sup> JIANG Jiexian<sup>3</sup> ZHANG Hao<sup>2</sup> JI Xiangyun<sup>3</sup>

1 Shanghai Agro-Technology Extension Service Center, Shanghai 201103

2 Shanghai Climate Center, Shanghai Meteorological Service, Shanghai 200030

3 Institute of Plant Protection, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201106

**Abstract:** In order to provide the technological basis for the agrometeorological forecast of single late rice stripe disease, the data of 95 samples of transplanting rice and direct seeding rice in 10 counties in 2007–2008 and meteorological materials in the same period and counties were analyzed using the applied mathematical statistics method. The result showed that under the condition of rice stripe virus (RSV), the primary factor of affecting the occurring of single late rice stripe disease was rice variety, and the partial correlation coefficient between resistant capability and diseased plant rate was  $-0.622 (P < 0.01)$ . The secondary factor was average relative humidity from seeded or transplanted to seven leaf age, and the partial correlation coefficient with which and diseased plant rate was  $-0.293 (P < 0.01)$ . The affecting from sowed or transplanted date of rice to single late rice stripe disease was actually through average relative humidity from seeded or transplanted to seven leaf age to the breaking out of single late rice stripe disease. Partial correlation coefficients between sowing-planting period of rice and diseased plant rate, average relative humidity from seeded or transplanted to seven leaf age were  $-0.036$  and  $0.309 (P < 0.01)$ , separately. Therefore, in the operational forecast, the rice variety and relative humidity from seeding or transplan-

\* 上海市科技兴农重点攻关基金项目[农科攻字(2006)第 1-3 号]

2010 年 7 月 8 日收稿; 2010 年 12 月 29 日收修定稿

第一作者: 蒋耀培, 主要从事农作物病虫害预测与防治工作. Email: jiangypshzb@yahoo.com.cn

ting to seven leaf age should be focused and considered.

**Key words:** rice stripe disease, biology, meteorology, single late rice

## 引言

水稻条纹叶枯病是东亚地区普遍发生的一种毁灭性水稻病害,被称为水稻上的“癌症”。该病是由水稻条纹叶枯病毒(Rice Stripe Virus, RSV)引起,传播介体是灰飞虱(*Laodelphax striatellus*)。灰飞虱一旦获毒后可经卵传至下一代,并在体内增殖<sup>[1]</sup>。自20世纪80年代末以来,水稻条纹叶枯病在中国水稻种植区的发病率逐年提高,特别在粳稻种植区发生更为普遍<sup>[2-3]</sup>。田间调查结果表明,上海市2007年自然发生面积达70000 km<sup>2</sup>,占全市水稻总面积的65%,通过防治发生面积仍达48000 km<sup>2</sup>,其中病株率10%以上面积达3227 km<sup>2</sup>,已成为上海地区单季晚稻上的重大病害。

研究表明,水稻病害发生与天气条件关系密切<sup>[4-5]</sup>。水稻播种早造成灰飞虱集中为害传毒,单位面积虫量大,发病重<sup>[6]</sup>。机插稻、手插稻、直播稻和抛秧稻等不同播种方式,条纹叶枯病由重到轻依次为手插稻、直播稻、抛秧稻和机插稻<sup>[7]</sup>。李洪山等<sup>[8]</sup>研究认为,水稻从出苗到分蘖期都属易感病期,拔节后一般来说不易感病。陆玉荣等<sup>[9]</sup>研究认为灰飞虱虫量越多水稻条纹叶枯病越重,陶献国等<sup>[10]</sup>研究表明水稻条纹叶枯病随播种期推迟而减轻,王华弟等<sup>[11]</sup>认为灰飞虱虫量和带毒率是水稻条纹叶枯病发生的原因之一。可见,关于水稻条纹叶枯病的研究主要在播种方式、播种期、生育期和灰飞虱虫量等,而对水稻条纹叶枯病与发病期间气象因子的研究较为鲜见。该文根据2007和2008年上海郊区10个区(县)直播稻和移栽稻不同播种期单季晚稻条纹叶枯病病株率的田间调查结果,试图分析其发病的生物气象因子,为该病的正确预测提供技术依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料来源

2007和2008年在上海10个区(县)对单季晚稻的移栽稻和直播稻分别选择播栽期相近的田块,

考查单季晚稻条纹叶枯病病株率。取样方法为每个区(县)抽取未对灰飞虱防治的移栽稻、直播稻各10块田,并分别记载水稻品种、播种时间、移栽时间。条纹叶枯病的调查时间在单季晚稻7叶时进行,此时是一代灰飞虱传毒后病害完全显症时期,2007和2008年调查日期分别为7月2—4日和7月4—8日。采用平行跳跃式多点取样,直播稻田每块田查500株,移栽田每块田查200穴,记载每块田的调查总株数、发病株数。病株率的计算方法是将每个区(县)各类型田、品种、播种时间分类记载,用加权方法计算平均病株率。

移栽稻考查的单季晚稻品种为2369、寒优湘晴、秀水09、秀水123、秀水128、早湘301和申优693共7个品种,直播稻考查品种为秀水09、秀水123、秀水128、嘉花1号、申优254等5个品种。根据作者2007—2008年水稻品种对条纹叶枯病抗病能力的考查资料,品种对条纹叶枯病的抗病能力由强到弱分别为秀水123、嘉花1号、秀水128、申优254、寒优湘晴、早湘301、申优693、秀水09、2369。为便于定量分析品种与条纹叶枯病的关系,上述品种编号依次为9、8、7、6、5、4、3、2、1。

2007年移栽稻播期分别为4月30日、5月10日、5月20日、5月31日,2008年分别为4月30日、5月20日、5月31日、6月10日;2007年直播稻播期分别为5月10日、5月20日、5月31日、6月10日,2008年分别为5月20日、5月31日、6月10日、6月20日,2年移栽稻、直播稻样本数分别为46和49。

2007和2008年4—7月10个区(县)逐日气象资料来源于上海市气象档案馆,气象要素为平均气温、降水量和平均空气相对湿度(简称相对湿度,下同),10个区(县)气象站分布见图1。对10个区(县)直播稻和移栽稻的不同播栽期至7叶期间分别统计了>10℃有效积温、降水量、降水日数和平均相对湿度。

### 1.2 分析方法

资料分析方法采用相关分析、偏相关分析,统计模型采用逐步回归分析方法<sup>[12]</sup>。

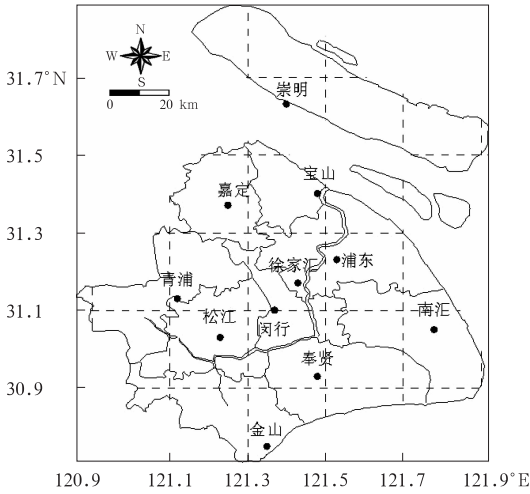


图 1 上海市气象站分布

Fig. 1 Distribution of meteorological stations in Shanghai

## 2 结果与分析

### 2.1 单季晚稻栽培方式、播栽期、品种与条纹叶枯病病株率的关系

单季晚稻直播和移栽两种栽培方式的条纹叶枯病病株率有着明显的差异,是移栽稻高于直播稻。如:2007 年移栽稻和直播稻条纹叶枯病病株率平均分别为 4.36% 和 2.02%,2008 年移栽稻和直播稻条纹叶枯病病株率平均分别为 0.92% 和 0.69%。

根据田间考查资料分析表明,单季晚稻播栽期越早,直播稻和移栽稻的病株率越高。如闵行区 2007 年 5 月 20 日和 5 月 31 日播种的移栽稻(品种为寒优湘晴),7 月 4 日考查单季晚稻条纹叶枯病病株率分别为 2.60% 和 0.88%;嘉定区(品种为 2369)2007 年 5 月 20 日和 5 月 31 日移栽的单季晚稻条纹叶枯病病株率分别为 7.97% 和 2.35%。又如松江区 2007 年 5 月 20 日和 6 月 10 日的直播稻(品种为秀水 128),7 月 4 日考查单季晚稻条纹叶枯病病株率分别为 3.50% 和 0.10%;崇明县 2008 年 5 月 20 日和 6 月 10 日的直播稻(品种为秀水 128),7 月 12 日考查单季晚稻条纹叶枯病病株率分别为 2.72% 和 0.34%。计算 2007 和 2008 年 10 个区(县)单季晚稻播栽期序号(以 4 月 1 日序号为 1,下同)与条纹叶枯病病株率间的相关系数,移栽稻相关系数为  $-0.529^{**}$  (\* 表示  $P < 0.05$ , \*\* 表示  $P < 0.01$ ,下同),直播稻相关系数为  $-0.468^{**}$ 。可见单

季晚稻播栽期与条纹叶枯病病株率存在显著的负相关。

相关分析表明,移栽稻品种与条纹叶枯病病株率的相关系数为  $-0.592^{**}$ ,直播稻品种与条纹叶枯病病株率间的相关系数为  $-0.585^{**}$ 。

### 2.2 灰飞虱带毒率和单季晚稻条纹叶枯病病株率的关系

根据田间考查资料,越冬代和一代灰飞虱平均虫量、灰飞虱带毒率与条纹叶枯病病株率的相关不显著。越冬代灰飞虱平均虫量与移栽稻、直播稻的条纹叶枯病病株率相关系数分别为  $-0.035$  和  $-0.059$ ,越冬代灰飞虱平均带毒率与移栽稻、直播稻的相关系数分别为  $-0.104$  和  $-0.190$ ,一代灰飞虱平均带毒率对移栽稻、直播稻的相关系数分别为  $-0.061$  和  $-0.130$ 。这表明 2007 和 2008 年上海地区灰飞虱的带毒量已满足条纹叶枯病的病毒发病条件(带毒虫量满足指一代灰飞虱大于 300 万头/ $\text{hm}^2$ ,带毒率大于 12.50%,下同)。

### 2.3 气象条件与单季晚稻条纹叶枯病病株率间的关系

统计单季晚稻不同播种期、移栽期至 7 叶期间  $>10^{\circ}\text{C}$  有效积温、降水量、降水日数和平均相对湿度。

移栽稻、直播稻条纹叶枯病病株率与播栽期至 7 叶期间  $>10^{\circ}\text{C}$  有效积温间的相关系数分别为  $0.491^{**}$  和  $0.362^{**}$  (见图 2)。

移栽稻、直播稻条纹叶枯病病株率与播栽期至 7 叶期间降水量间的相关系数分别为  $-0.162$  和  $-0.019$ ,与降水日数间的相关系数分别为  $0.120$  和  $0.266$ ,说明单季晚稻营养生长期间的降水量和降水日数不是条纹叶枯病发生的影响因子。

移栽稻、直播稻条纹叶枯病病株率与播栽期至 7 叶期间平均相对湿度间的相关系数分别为  $-0.567^{**}$  和  $-0.618^{**}$  (见图 3),可见播栽期后相对湿度是条纹叶枯病发病的影响因子。如:松江区 2007 和 2008 年均在 4 月 31 日播种的移栽稻(品种为 2369),条纹叶枯病病株率分别为 10.0% 和 3.4%,播种期至 7 叶期间的平均相对湿度分别为 71.9% 和 76.3%;2007 年松江区和奉贤区均在 5 月 10 日播种的直播稻(品种为秀水 128),条纹叶枯病病株率分别为 3.5% 和 1.7%,播种期至 7 叶期间的

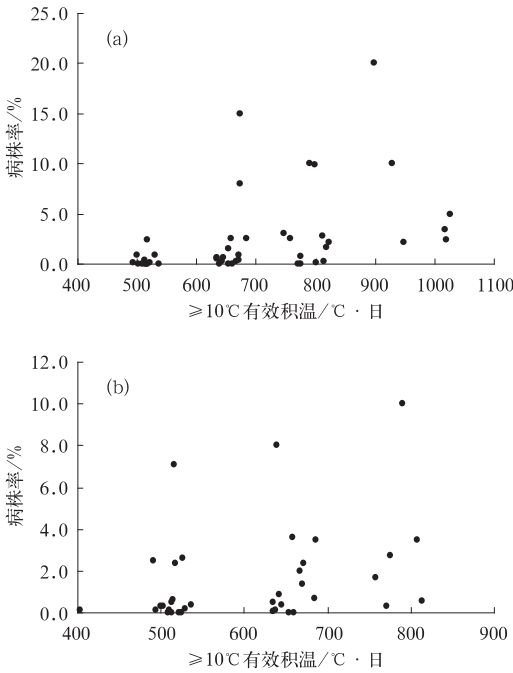


图 2 单季晚稻条纹叶枯病病株率与  $\geq 10^\circ\text{C}$  有效积温间的关系  
(a) 移栽稻, (b) 直播稻

Fig. 2 The relationship between accumulative temperature of the daily temperature above  $10^\circ\text{C}$  stably and diseased plant rate of single late rice stripe disease  
(a) seeded rice, (b) transplanted rice

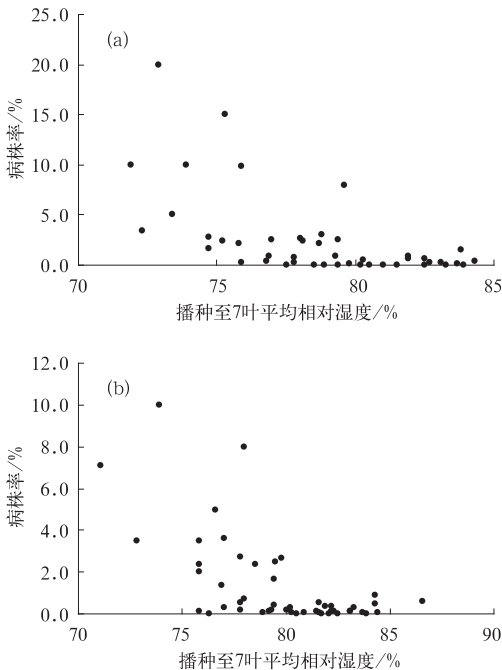


图 3 单季晚稻条纹叶枯病病株率与平均相对湿度间的关系  
(a) 移栽稻, (b) 直播稻

Fig. 3 The relationship between relative humidity and diseased plant rate of single late rice stripe disease  
(a) seeded rice, (b) transplanted rice

平均相对湿度分别为 72.8% 和 79.4%。可见单季晚稻播种期至 7 叶期,相对湿度低有利于单季晚稻条纹叶枯病的发生。根据资料分析得出,当播栽期至 7 叶期间平均相对湿度  $\geq 79\%$  以上时不利于单季晚稻条纹叶枯病的发生。

为消除单季晚稻播栽期、品种和相对湿度之间的相互影响,应用偏相关方法分析各因子与单季晚稻条纹叶枯病病株率间的偏相关系数。播栽期、品种、相对湿度与单季晚稻条纹叶枯病病株率间的偏相关系数分别为  $-0.036$ 、 $-0.622^{**}$  和  $-0.293^{**}$ ,播栽期与品种、播栽期与相对湿度、品种与相对湿度间的偏相关系数分别为  $0.086$ 、 $0.309^{**}$  和  $0.084$ 。可见,在条纹叶枯病病毒满足的情况下,单季晚稻条纹叶枯病发病的主要因子是品种和相对湿度,播栽期与单季晚稻条纹叶枯病间的相关不显著。播栽期不同使单季晚稻播栽期到 7 叶期间的相对湿度不同,从而导致条纹叶枯病是否发生。

### 2.4 单季晚稻条纹叶枯病病株率与生物气象因子的统计模型

根据上述分析,应用逐步回归分析方法建立了上海地区单季晚稻条纹叶枯病病株率与生物气象因子的统计模型。

$$y_1 = 21.2355 - 0.4854x_1 - 0.1319x_2 - 0.1119x_3 \quad (1)$$

$$y_2 = 30.0143 - 0.7630x_1 - 0.2462x_2 - 0.0538x_3 \quad (2)$$

式中,  $y_1$  为移栽稻的条纹叶枯病病株率,单位:%;  $y_2$  为直播稻的条纹叶枯病病株率,单位:%;  $x_1$  为单季晚稻品种抗条纹叶枯病的编号;  $x_2$  为播栽期至 7 叶期间的平均相对湿度,单位:%;  $x_3$  为单季晚稻播栽期的序号,以 4 月 1 日序号为 1,依次类推。式(1)的  $F=14.41 > F_{0.01}(3,42)=5.15$ ,式(2)的  $F=22.68 > F_{0.01}(3,45)=4.25$ 。

用 2009 年上海郊区面上单季晚稻条纹叶枯病的调查资料对公式(1)和(2)进行独立样本检验,公式(1)计算值和实际观测值之间的相关系数为 0.786,标准误差为 0.89,相对误差 63.5%( $n=17$ ),公式(2)计算值和实际观测值之间的相关系数为 0.839,标准误差为 1.33,相对误差 66.5%( $n=21$ )。从独立样本检验效果看,建立的统计模型可在业务服务中进行应用。

### 3 结 语

(1) 单季晚稻条纹叶枯病病株率随播栽期推迟明显降低, 偏相关分析表明, 播栽期的推迟使相对湿度增大, 单季晚稻条纹叶枯病发病轻。对田间考查资料分析发现, 移栽稻在 5 月 24—28 日播种, 6 月 10 日后移栽对控制单季晚稻条纹叶枯病较为有利, 该时段播种也有利于移栽稻的高产<sup>[13-14]</sup>; 直播稻在 6 月 10—13 日播种对控制条纹叶枯病较为有利, 周士良等<sup>[15]</sup>通过对直播稻不同播期对产量的影响研究表明, 直播稻的适宜播期在 6 月上旬。说明, 在 6 月上旬末至中旬前期播种直播稻不仅有利于单季晚稻高产, 而且不利于条纹叶枯病的发生。

(2) 单季晚稻条纹叶枯病病株率与播栽期至 7 叶期间的相对湿度关系显著, 通过对田间考查资料分析发现, 期间相对湿度  $\geq 79\%$  对单季晚稻条纹叶枯病发展明显不利。究其原因主要是条纹叶枯病病毒是由灰飞虱传播的, 干燥的环境有利于灰飞虱发生发展, 导致水稻条纹叶枯病发生发展, 病株率高; 而高湿天气影响了灰飞虱生存环境, 抑制了灰飞虱的发生发展, 使传毒几率下降, 条纹叶枯病病株率低。

(3) 在以往单季晚稻条纹叶枯病的研究中, 仅涉及单季晚稻品种、播期、灰飞虱带毒率等<sup>[16]</sup>, 分析时以定性或相关分析, 未涉及气象因子, 也未使用偏相关分析方法来分析因子间的关系。该文根据 95 个大田自然发生考查资料得出了单季晚稻播期不是影响单季晚稻条纹叶枯病发生的因子, 而是不同播期导致了单季晚稻播栽期至 7 叶期间相对湿度的差异, 由于相对湿度的高低导致了条纹叶枯病病株率的高低, 这样的研究结果还未见报道。

(4) 就某一年而言, 单季晚稻品种和播栽期定了以后, 单季晚稻条纹叶枯病病株率的高低取决于

单季晚稻播栽期至 7 叶期间的相对湿度。因此, 该文的研究结论为单季晚稻条纹叶枯病的短期预测提供了重要技术支撑。

### 参考文献

- [1] 刘海建, 程兆榜, 王跃, 等. 灰飞虱传递水稻条纹病毒研究初报[J]. 江苏农业学报, 2007, 23(5): 492-494.
- [2] 林奇英, 谢联辉, 周仲驹, 等. 水稻条纹叶枯病的研究 I 病害的分布和损失[J]. 福建农学院学报, 1990, 19(4): 421-425.
- [3] 白雪亮, 王金菊, 周维, 等. 水稻条纹叶枯病的研究进展[J]. 生物学通报, 2007, 42(8): 4-6.
- [4] 江胜国, 杨天明, 程林, 等. 卡尔曼滤波方法在稻飞虱发生等级预测中的应用研究[J]. 气象, 2010, 36(10): 106-109.
- [5] 何永坤, 阳国燕, 罗擎擎. 稻瘟病发生发展气象条件等级预报技术研究[J]. 气象, 2008, 34(12): 110-113.
- [6] 秦玉金, 鞠国钢, 胡荣利, 等. 水稻条纹叶枯病发生规律初探[J]. 华北农学报, 2005, 20(专辑): 172-176.
- [7] 朱龙粉, 毛华方, 荆卫锋, 等. 农业栽培措施防治水稻前期条纹叶枯病效果[J]. 中国植保导刊, 2005, 2: 14-15.
- [8] 李洪山, 赵阳, 李慈厚, 等. 水稻条纹叶枯病的发生特点、重发原因及其控制对策[J]. 中国稻米, 2005, 1: 33.
- [9] 陆玉荣, 张春梅, 吉春明, 等. 灰飞虱及条纹叶枯病对水稻产量的影响及其防治指标的制定[J]. 江西农业学报 2008, 20(8): 58-60.
- [10] 陶献国, 徐品凡, 莫炳荣, 等. 水稻播种期、品种与条纹叶枯病发病关系试验初报[J]. 上海农业科技, 2008, 3: 56.
- [11] 王华弟, 徐福寿, 吴玉香. 水稻条纹叶枯病发病原因分析及防治对策探讨[J]. 中国稻米, 2007, 5: 58-59.
- [12] 盖钧镒. 试验统计方法[M]. 北京, 中国农业出版社, 2000: 172-208.
- [13] 顾品强, 张景明. 单季晚稻播期与生育期及产量性状的关系[J]. 中国农业气象, 1989, 10(4): 13-15.
- [14] 成励民, 宋宝初, 范德新, 等. 早直播水稻的农业气象条件研究[J]. 气象, 1993, 19(11): 46-49, 55.
- [15] 周士良, 李育娟, 孙富林. 不同播期、播量对直播水稻群体质量及产量的影响[J]. 上海农业科技, 2005, 3: 43, 49.
- [16] 顾开联, 王兆唐, 杨根, 等. 灰飞虱与水稻条纹叶枯病大暴发的因果关系及控制[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(1): 44.