

浙江省天台县晚稻褐飞虱发生 关键因子分析与逐步回归预测

杨廉伟¹, 王会福², 陈将赞¹, 丁灵伟¹, 戴以太¹, 干才连¹

(¹浙江省天台县植物保护站, 浙江天台 317200;

²浙江省台州市农业科学研究院, 浙江临海 317000)

摘要:运用浙江省天台县病虫观测站1969—2009年的测报历史资料进行了晚稻褐飞虱发生关键因子筛选与回归预测研究。结果表明:影响褐飞虱主害代发生量的关键因子主要是上一代褐飞虱的发生量、2~3代灯下诱虫量、水稻前期的田间发生率。逐步回归研究结果,连作晚稻9月下旬褐飞虱发生量(Y_1)逐步回归方程 $Y_1 = -8.9742 - 0.2484X_1 + 0.5705X_3 - 0.4806X_4 + 0.0309X_9 + 0.24205X_{10}$;连作晚稻10月下旬褐飞虱发生量(Y_2)逐步回归方程 $Y_2 = 0.74638 + 0.3303X_1 - 0.28X_2 - 1.3136X_3 + 1.7233X_4 - 0.2762X_{10} + 0.7946X_{11}$;单季稻8月下旬褐飞虱田间发生量(Y_3)逐步回归方程 $Y_3 = 4.1037 + 0.64817X_2 - 1.564X_4 + 1.4128X_6 + 0.1762X_7 - 0.0238X_8 + 0.0752X_9$;单季稻9月下旬褐飞虱发生量(Y_4)逐步回归方程 $Y_4 = 2.2717 + 0.3217X_1 - 0.4132X_2 + 0.3418X_4 + 0.3458X_5 + 0.6962X_{10}$;逐步回归方程可作为褐飞虱发生趋势中短期预报应用,在生产应用过程中,应注意结合水稻当家品种的抗虫性变化和主治药剂防治效果与抗药性变化等情况作适当调整。

关键词:褐飞虱;关键因子;逐步回归;预测

中图分类号:S431.3

文献标志码:A

论文编号:2010-0332

Key Factor Analysis and Stepwise Regression Prediction on Rice Brown Planthopper Occurred Tiantai County of Zhejiang Province

Yang Lianwei¹, Wang HuiFu², Chen Jiangzan¹, Ding Lingwei¹, Dai Yitai¹, Gan Cailian¹

(¹Plant Protection Station of Tiantai County, 111 West Gong Ren Road, Tiantai Zhejiang 317200;

²Taizhou City Academy of Agricultural Sciences, Linhai Zhejiang 317000)

Abstract: Based on historical data of pest observatory in Tiantai County, Zhejiang province from years 1969 to 2009, the key factors affected on rice brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål) were analyzed using stepwise regression prediction. The results showed that the key factors affected the amount of the occurrence incidence of rice brown planthopper on the generation which caused the most damage on rice were mainly depended on the amount of incidence of brown planthopper from its last generation, the amount on behalf of the lamp luring from 2-3 generations, the amount of the incidence from rice field in early stage of rice growth. The stepwise regression formulas were calculated for different rice cropping systems at different month on rice growth seasons. On the double rice cropping system, the stepwise regression equation is $Y_1 = -8.9742 - 0.2484X_1 + 0.5705X_3 - 0.4806X_4 + 0.0309X_9 + 0.24205X_{10}$ for the amount of incidence occurred in late September, and $Y_2 = 0.74638 + 0.3303X_1 - 0.28X_2 - 1.3136X_3 + 1.7233X_4 - 0.2762X_{10} + 0.7946X_{11}$ for the amount of incidence of brown planthopper occurred in late October. On the single rice cropping system, $Y_3 = 4.1037 + 0.64817X_2 - 1.564X_4 + 1.4128X_6 + 0.1762X_7 - 0.0238X_8 + 0.0752X_9$ for the amount of incidence

基金项目:浙江省台州市重大课题“稻褐飞虱灾变暴发因子及生态防控技术研究”(计划编号062KY01)。

第一作者简介:杨廉伟,男,1963年出生,从事植物保护工作,高级农艺师。通信地址:317200 浙江省天台县工人西路111号天台植保站, Tel: 0576-83882201, E-mail: ylw163ux@163.com。

收稿日期:2010-02-01,修回日期:2010-03-15。

occurred in late August, and $Y_4 = 2.2717 + 0.3217X_1 - 0.4132X_2 + 0.3418X_4 + 0.3458X_5 + 0.6962X_{10}$ for the amount of incidence of brown planthopper occurred in late September. Stepwise regression equations can be used as the occurrence trend of short-term forecasting applications on rice brown planthopper. Appropriate adjustments should be considered during the production application process depending on rice varieties with insect resistance changes and indications of insecticide-resistance to change of control effect.

Key words: rice brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål); key factor analysis; stepwise regression prediction; forecasting

0 引言

褐飞虱(*Nilaparvata lugens* Stål)是晚稻的高致害性迁飞害虫。近年来单季稻种植面积不断扩大并成为主要稻作制度,水稻生育期大大延长;褐飞虱初迁入期提早,褐飞虱的主害期也随之提前拉长,加上田间生态弱化,自然调控害能力减弱,以及气候变暖等多种因素影响,致使单季(晚)稻褐飞虱灾发频率显著上升,成为当前单季(晚)稻超高产优质栽培的重要障碍^[1-3]。为了提高褐飞虱监测预警水平,持续有效控制褐飞虱灾害,我们运用天台县病虫观测站的测报历史资料进行了晚稻褐飞虱发生关键因子与回归预测研究,现将研究结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 资料来源

根据天台县植物保护站1969—2009年灯下监测和田间调查资料整理:其灯下褐飞虱监测,坚持每年4月上旬开始开灯,到11月上旬结束;光源为200 W白炽灯,每日采取夜黑前开灯和天亮后关灯,逐日调查记录诱虫量;田间发生监测,根据《粮油作物病虫草鼠害预测预报》^[4]办法进行定期系统监测。

1.2 资料统计与整理

汇总了1969年到2009年共36年(缺1991、1996、1999—2001年共5年)测报灯下褐飞虱观测数据,统计褐飞虱初见期(X_1)、7-20(表示7月20日,下同)前的2代诱虫量(X_2)、7-21~8-20的3代诱虫量(X_3)、8-20前累计诱虫量(X_4)4个因子;汇总田间观测资料连作晚稻从1969年至1998年共28年数据,单季晚稻从2002年汇总到2009年共8年数据,统计8月上旬褐飞虱田间成虫量(X_5)、8-中7(表示8月中旬,下同)成虫量(X_6)、7-底褐飞虱发生率(褐飞虱发生田块数占调查总田块数比例)(X_7)、8-5日褐飞虱发生率(X_8)、8-中褐飞虱发生率(X_9)、8-下褐飞虱发生量(X_{10})、9-下发生量(X_{11})、10-下发生量(X_{12})8个因子。由于2002年后天台地区稻作制度形成了以单季中(晚)稻为主的格局,9-下已进入熟黄收割期,故10-下发生量不作统计。连作晚稻本地7-底~8-初移栽,故7-底、8-上褐飞虱发生率也不作统计。

褐飞虱发生观测数据的绝对数值大小差异很大,为保证数据符合正态分布要求,先对统计数据作频次分布,根据频次分布情况,对灯下初见期(X_1)(天)数据以5月1日为起点换算期距并作平方根转换,对发生率(X_7 、 X_8 、 X_9)(%)数据作反正弦平方根转换,对诱虫量(X_2 、 X_3 、 X_4)(头)、田间成虫量(X_5 、 X_6)(头/百丛)、田间发生量(X_{10} 、 X_{11} 、 X_{12})(头/667m²)的统计数据均作自然对数转换。

1.3 分析方法

1.3.1 关键因子筛选 主因子分析筛选是寻找对观察结果起支配作用的潜在因子的探索性统计分析方法。此文利用DPS软件^[5]的多因子分析方法,找出各因子相关性密切的主成分,判断有潜在支配作用的关键因子。

1.3.2 逐步回归分析法 影响褐飞虱主害代发生量的因素很多,在诱虫量、发生率,田间成虫量、发生量这些因素间存在着高度的相互依赖关系,这会给回归系数的估计带来不合理的解释,为了得到一个可靠的回归模型,需要一种方法能有效地从众多的影响主害代发生量的因素中挑选出对主害代发生量预测贡献大的变量,在它们的观测数据基础上建立最优的回归方程。逐步回归分析法,它能自动从大量可供选择的变量中选择那些对建立回归方程比较重要、相互配合较好的变量,建立“最优”的回归方程,此文采用DPS软件进行数据处理。以1969—1995年共26年的数据用于建立连作晚稻预测方程,并作回验,把对数值少于11(相当于实际发生量90万头/hm²)的年份均作为轻发生,大于等于11少于12.5作为中发生(其中11~11.5为中偏轻,12~12.5为中偏重发生),大于等于12.5(相当于实际发生量405万头/hm²)的作为大发生,则可以把对数值小于11的判为轻发生,大于11的以拟合误差 ± 0.5 以下作为预测是否准确判别标准;以余下的1997年的数据来独立验证建立的连作晚稻方程的预测准确性。以2002—2008年共7年的数据用于建立单季晚稻预测方程,并作回验,标准同上,余下的2009年数据用来独立验证建立的单季稻方程的预测准确性。

2 结果与分析

2.1 关键因子分析

2.1.1 连作晚稻褐飞虱发生关键因子分析

DPS 分析结果,连作晚稻 10-下发生量(X_{12})与 9-下发生量(X_{11})、8-中发生率(X_9)、8-20 前诱虫量(X_4)、3 代诱虫量(X_3)4 个因子有极显著相关,相关系数分别为 0.74、0.62、0.63、0.59;与 8-中的田间成虫量(X_6)、8-上成虫量(X_5)、2 代诱虫量(X_2)也呈显著相关(表 1)。9-下发生量(X_{11})与 8-下发生量(X_{10})、8-中发生率(X_9)、8-中成虫量(X_6)、8-上成虫量(X_5)、3 代诱虫量(X_3)、5 个因子呈极显著相关,相关系数分别为 0.69、0.79、0.52、0.53、0.64、0.66(表 1)。可见:影响连作晚稻褐飞虱发生量的关键因素有上一代发生量、8-中田间发生率、成虫量和 3 代诱虫量与 8-20 前累计诱虫量,初见期与主害代发生量相关不显著。

2.1.2 单季(中)晚稻褐飞虱发生关键因子分析 结果表明,单季稻 9-下发生量(X_{11})与 8-下发生量(X_{10})、8-中发生率(X_9)、8-中成虫量(X_6)3 个因子有极显著相关,相关系数分别为 0.95、0.90、0.91;与 8-上成虫量(X_5)、8-20 前诱虫量(X_4)、3 代诱虫量(X_3)、2 代诱虫量(X_2)也有显著相关(表 2);单季稻 8-下发生量(X_{10})与 8-中发生率(X_9)、8-中成虫量(X_6)、8-20 前诱虫量(X_4)、3 代诱虫量(X_3)、2 代诱虫量(X_2)呈极显著相关,相关系数分别为 0.97、0.88、0.94,与 8-5 发生率(X_8)、8-上成虫量(X_5)也有显著相关(表 2)。可以看出,影响单季稻发生关键因素有上一代发生量、8-中田间发生率、成虫量、2~3 代诱虫量与 8-20 前累计诱虫量。

2.2 逐步回归分析

2.2.1 连作晚稻 9 月下旬褐飞虱发生量逐步回归分析 (1969—1995) 连作晚稻 9-下发生量($Y_1=X_{11}$)逐步回

表 1 1969—1995 年连作晚稻褐飞虱发生多因子相关分析($X_1 \sim X_{12}$)

相关系数	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
X_1 (灯下初见)	1.00									
X_2 (2 代诱虫量)	-0.31	1.00								
X_3 (3 代诱虫量)	-0.26	0.73	1.00							
X_4 (8—20 前累计诱虫)	-0.30	0.84	0.97	1.00						
X_5 (8—上田间成虫)	-0.24	0.11	0.33	0.31	1.00					
X_6 (8—中田间成虫)	-0.14	0.27	0.49	0.43	0.70	1.00				
X_9 (8—中发生率)	-0.12	0.49	0.69	0.69	0.58	0.53	1.00			
X_{10} (8—下发生量)	-0.03	0.37	0.46	0.47	0.32	0.23	0.68	1.00		
X_{11} (9—下发生量)	-0.29	0.43*	0.66**	0.64**	0.53**	0.52**	0.79**	0.69**	1.00	
X_{12} (10—下发生量)	-0.05	0.47*	0.59**	0.63**	0.46*	0.43*	0.62**	0.37	0.74**	1.00

注:相关系数临界值, $\alpha=0.05$ 时, $r=0.3882$; $\alpha=0.01$ 时, $r=0.4958$ 。

表 2 2002—2008 年单季晚稻褐飞虱发生关多因子相关分析($X_1 \sim X_{11}$)

相关系数	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
X_1 (灯下初见)	1.00										
X_2 (2 代诱虫量)	-0.74	1.00									
X_3 (3 代诱虫量)	-0.84	0.94	1.00								
X_4 (8—20 前诱虫量)	-0.78	0.99	0.97	1.00							
X_5 (8—上田间成虫)	-0.80	0.77	0.87	0.81	1.00						
X_6 (8—中田间成虫)	-0.45	0.68	0.61	0.70	0.60	1.00					
X_7 (7—底发生率)	-0.80	0.87	0.95	0.90	0.79	0.35	1.00				
X_8 (8—5 发生率)	-0.83	0.87	0.91	0.87	0.88	0.40	0.93	1.00			
X_9 (8—中发生率)	-0.77	0.96	0.92	0.97	0.86	0.79	0.80	0.86	1.00		
X_{10} (8—下发生量)	-0.74	0.92**	0.90**	0.94**	0.86*	0.88**	0.75	0.77*	0.97**	1.00	
X_{11} (9—下发生量)	-0.54	0.81*	0.80*	0.84*	0.82*	0.91**	0.62	0.65	0.90**	0.95**	1.00

注:相关系数临界值, $\alpha=0.05$ 时, $r=0.7545$; $\alpha=0.01$ 时, $r=0.8745$ 。

归分析结果: 入选因子有8-下发生量(X_{10})、8-中发生

(X_1)。逐步回归方程如下。

回归方程(1)总体相关系数 $R=0.8596$, 通径分析决

$$Y_1 = -8.9742 - 0.2484X_1 + 0.5705X_3 - 0.4806X_4 + 0.0309X_9 + 0.24205X_{10} \dots \dots \dots (1)$$

定系数=0.739, 自由度 $df=25$, $P=0.0001$ 。

用回归方程(1)对1997年9-下发生量进行预测, 结果为10.13(换算后发生量为37.5万头/hm²), 与实际观测值9.62(22.65万头/hm²)偏高0.52, 结果基本相符, 同属轻发生。

回归方程(1969—1995)26年拟合结果, 对数值大于11(相当于实际发生量90万头/hm²)且拟合误差超过0.5的有6年, 预测准确率为77%(见图1)。

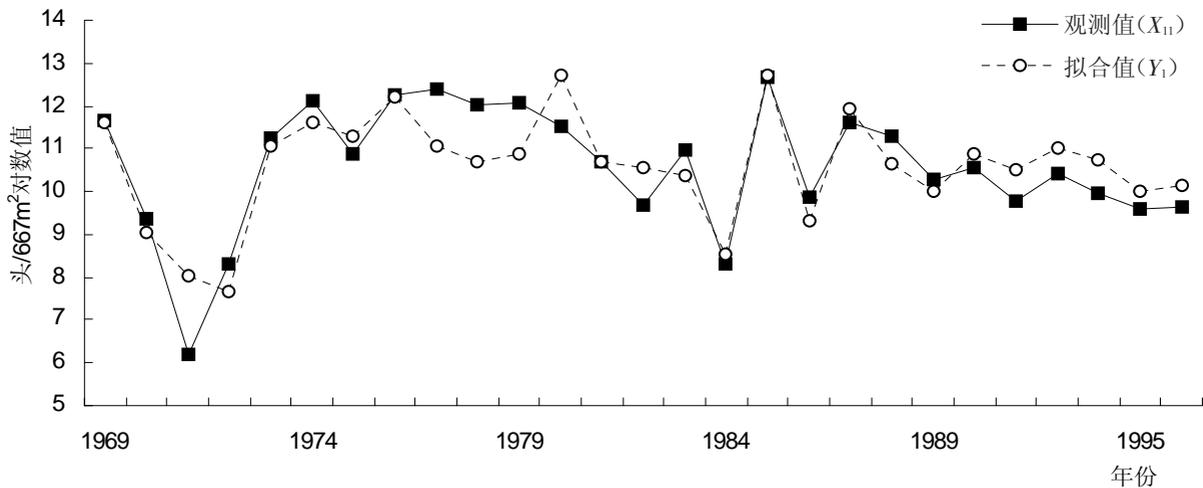


图1 1969—1997年天台县9/下褐飞虱发生量逐步回归拟合

2.2.2 连作晚稻10月下旬褐飞虱发生量逐步回归分析 (1969—1995) 连作晚稻10-下发生量($Y_2 = X_{12}$)逐步回归分析结果: 入选因子有9-下发生量(X_{11})、8-下发生

量(X_{10})、8-20前诱虫量(X_4)、3代诱虫量(X_3)、2代诱虫量(X_2)和初见期(X_1)。逐步回归方程:

回归方程(2)总体相关系数 $R=0.9023$, 通径分析

$$Y_2 = 0.74638 + 0.3303X_1 - 0.28X_2 - 1.3136X_3 + 1.7233X_4 - 0.2762X_{10} + 0.7946X_{11} \dots \dots \dots (2)$$

决定系数=0.81, 自由度 $df=25$, $P=0.0001$ 。

结果为10.37(换算后发生量为48万头/hm²), 与实际观测值10.75(换算前为69.75万头/hm²)偏低0.38, 预测与实际观测结果基本吻合, 均低于轻发生90万头/hm²标准。

回归方程(2)(1969—1995)26年的拟合结果, 对数值大于11的且拟合误差超过0.5的有5年, 拟合准确率为81%(见图2)。

用回归方程(2)对1997年10-下发生量进行预测,

2.2.3 单季稻8月下旬褐飞虱发生量逐步回归分析 单

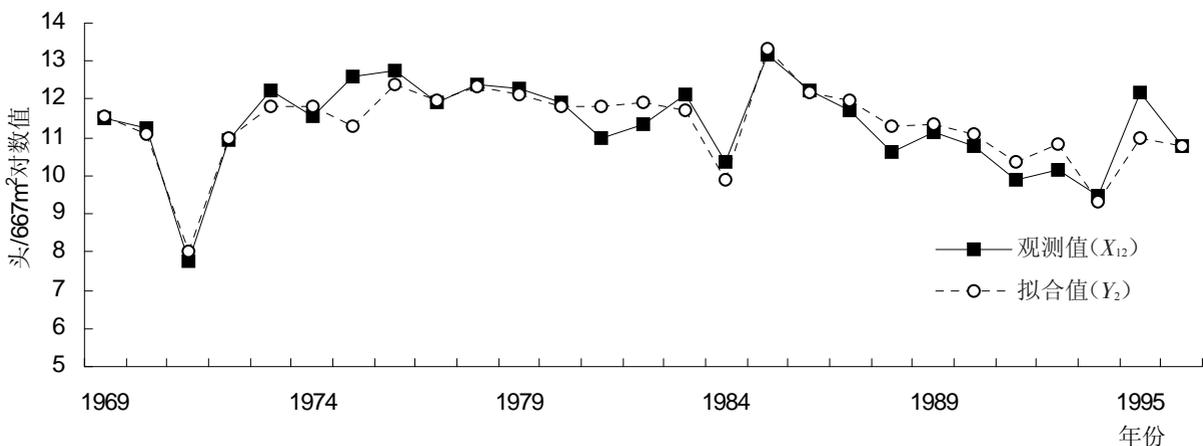


图2 1969—1997年天台县10-下褐飞虱发生量逐步回归拟合结果

季稻8-下发生量($Y_3=X_{10}$)分析结果:入选因子有8-中发生率(X_6)、8-5发生率(X_8)、7-底发生率(X_7)、8-中田

间成虫量(X_6)、8-20前累计诱虫量(X_1)、2代诱虫量(X_2)。逐步回归方程:

$$Y=4.1037+0.64817X_2-1.564X_4+1.4128X_6+0.1762X_7-0.0238X_8+0.0752X_9,\dots\dots\dots (3)$$

回归方程总体相关系数 $R=0.9998$, 通径分析决定系数=0.9996, 自由度 $df=6$, $P=0.035$.

2009年单季稻8-下发生量进行预测, 结果为12.567, 与实际观测值12.565(换算前发生量429万头/hm²)偏高0.002, 结果吻合(见图3)。

回归方程(3)(2002—2008)7年拟合结果, 最大拟合误差为0.11, 预测准确率为100%。用回归方程(3)对

2.2.4 单季稻9月下旬发生量逐步回归分析(2002—

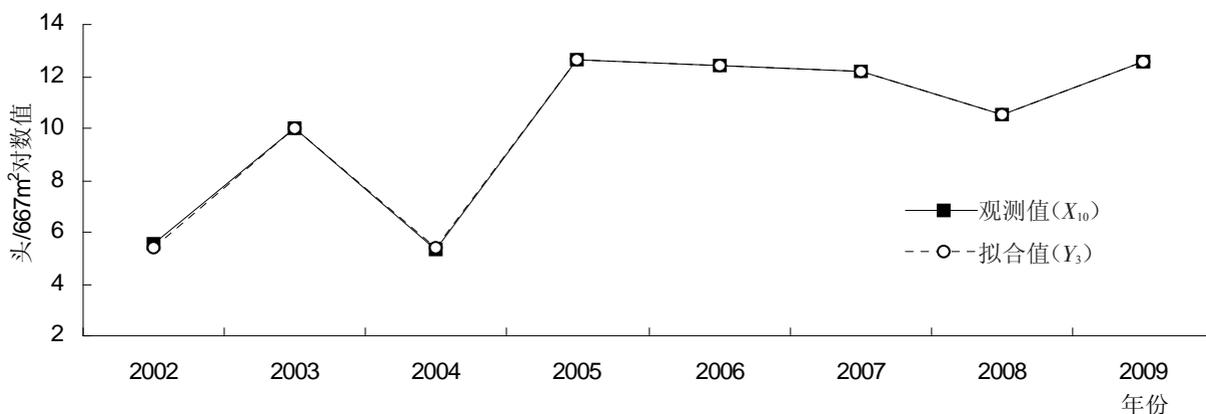


图3 2002—2009年天台县单季稻8/下褐飞虱发生量逐步回归拟合结果

2008) 单季稻9-下六(4)代褐飞虱发生量($Y_4=X_{11}$)分析结果:入选因子有8-下发生量(X_{10})、8/中成虫发生量

(X_5)、8-20前累计诱虫量(X_4)、2代诱虫量(X_2)和初见期(X_1)逐步回归方程。

$$Y_4=2.2717+0.3217X_1-0.4132X_2+0.3418X_4+0.3458X_5+0.6962X_{10} \dots\dots\dots (4)$$

回归方程(4)总体相关系数 $R=0.9981$, 通径分析决定系数=0.9963, 自由度 $df=6$, $P=0.013$.

2009年单季稻9-下发生量进行预测, 结果为12.77(换算后发生量为525万头/hm²), 与实际观测值13.1(实际发生量735万头/hm²)偏低0.33, 结果基本相符, 属大发生年份(见图4)。

回归方程(4)(2002—2008)7年的拟合结果, 拟合误差均少于0.5, 预测准确率为100%, 用回归方程(4)对

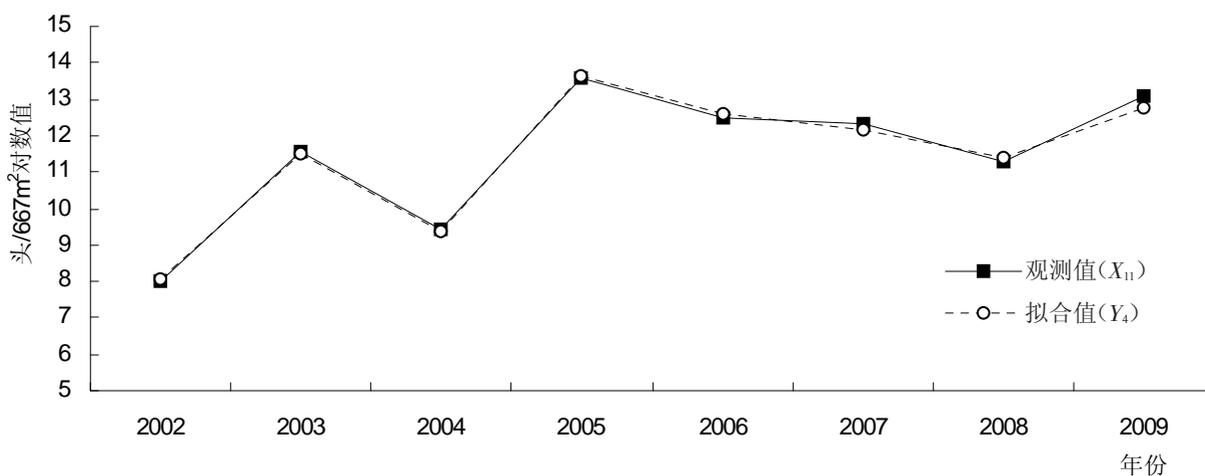


图4 2002—2009年天台县单季稻9/下褐飞虱发生量逐步回归拟合结果

3 讨论

此文分析表明影响晚稻褐飞虱发生量的关键因子:一是上一代褐飞虱的发生量,二是2~3代灯下诱虫

量,三是水稻前期的田间发生率。连作晚稻8月中旬褐飞虱发生率一直作为天台地区晚稻褐飞虱发生程度定性预测经验指标应用^[6],它

综合反映了连作晚稻本田前期褐飞虱迁入量与发生面积。分析结果也与程家安^[1]对长江流域稻区褐飞虱暴发成灾原因研究结果,认为一定的迁入虫量为褐飞虱暴发成灾基础的结论相一致。

逐步回归分析结果提供了连作晚稻六(4)代、七(5)代、单季稻五(3)代、六(4)代4个褐飞虱主害世代的逐步回归预测方程,可作为浙江丘陵稻区褐飞虱发生趋势中短期预报应用。回归拟合结果可以看出,单季稻准确率高于连作晚稻。其原因可能为:单季稻资料积累时间虽短,但影响褐飞虱种群的繁殖率的环境因子如气候、栽培制度与品种类型、防治药剂性能与抗药性等较为一致;连作晚稻建模年限长,在此期间水稻品种类型与种植制度发生了巨大变化,褐飞虱防治药剂也经历了六六六、有机磷、氨基甲酸酯类,仿激素类(扑虱灵)、杂环类(吡虫啉)的发展历史,这些变化都对褐飞虱种群繁殖率产生重大影响,进而影响种群数量的不规则波动。因此,在生产应用过程中,应注意结合水稻当家品种的抗虫性变化和主治药剂防效与抗药性变化等情况作适当调整。

褐飞虱发生率与发生初期田间成虫迁入量指标均涉及连作晚稻和单季稻褐飞虱发生初期田间调查,此

时田间褐飞虱数量稀少,容易漏查,在测报调查过程中要按水稻病虫测报规范要求,同时适当增加取样数量,扩大调查面积,以确保关键数据与预测的准确性。

参考文献

- [1] 程家安,朱金良,祝增荣.2005年长江流域稻区褐飞虱暴发成灾原因分析.植物保护,2006,32(4):1-4.
- [2] 侯任环,庞雄飞.作用于褐稻虱自然种群的重要因子及关键因子分析.华南农业大学报,1992(2):12-15.
- [3] 程家安,朱金良,祝增荣,等.稻田飞虱灾变与环境调控.环境昆虫学报,2008,30(2):176-182.
- [4] 张左生.粮油作物病虫害预测预报.上海:上海科学技术出版社,1995.
- [5] 唐启义.实用统计分析及其DPS数据处理系统.北京:科学出版社,2002.
- [6] 杨廉伟,陈将赞.8月中旬褐稻虱发生率与后期发生趋势分析.中国稻米,2006(4):47.

致谢:文章得到唐启义、祝增荣老师的精心指导与帮助;英文摘要得到施爱农(Ainong Shi)先生精心指导,在此表示感谢。