

浙江天台晚稻褐飞虱长期运动规律与ARIMA模型研究

杨廉伟¹,汪恩国²,丁灵伟¹,干才连¹,陈将赞¹,戴以太¹

(¹浙江省天台县植物保护站,浙江天台 317200;²浙江省临海市植物保护站,浙江临海 317000)

摘要:根据天台1969—2008年田间褐飞虱发生监测情况,阐述了褐飞虱长期运动规律及其运行周期,分析造成褐飞虱种群周期性变化的周期特性与主要影响因素,分析表明褐飞虱种群数量变化符合多项式函数模型, $Y(t)=C_0+C_1 \times X+C_2 \times X^2+C_3 \times X^3+\dots+C_{15} \times X^{15}$, $X=\{1,2,3,\dots,n\}$,并创建了褐飞虱种群数量变动的ARIMA(2,1,1)模型: $Y(t+l)=0.0692+0.0711Z(t+l-2)+e(t+l)+0.3359e(t+l-1)$,应用此模型回测,吻合率达87.2%,具有很高的精度;模型预示今后一段时期褐飞虱仍处高位运行状态,应加大防控力度,保障生产安全。

关键词:褐飞虱;种群数量;运动周期;变化规律;动态模型

中图分类号:S3

文献标志码:A

论文编号:2010-0392

Long-term Movement Cycles of Brown Planthopper on Late Rice in Tiantai County of Zhejiang Province

Yang Lianwei¹, Wang Enguo², Ding Lingwei¹, Gan Cailian¹, Chen Jiangzan¹, Dai Yitai¹

(¹Plant Protection Station of Tiantai County, Tiantai Zhejiang 317200;

²Linhai Plant Protection Station, Linhai Zhejiang 317000)

Abstract: Based on the monitor system on occurrence of brown planthopper (*Nilaparvata lugens*-Stal) in late rice fields in Tiantai county of Zhejiang province from 1969 to 2009, long-term movement cycles of brown planthopper were determined. The main factors affected on cyclical changes of brown planthopper populations were analyzed in the paper. The polynomial function model related to the amount changes of the insect populations was created by the formular: $Y(t)=C_0+C_1 \times X+C_2 \times X^2+C_3 \times X^3+\dots+C_{15} \times X^{15}$, $X=(1,2,3,\dots,n)$, and the time series ARIMA model: $Y(t+l)=0.092+0.0711Z(t+l-2)+e(t+l)+0.3359e(t+l-1)$ was also postulated. Application of this model for back-tested, consistent rate of 87.2%, with high accuracy. It is predicted from the models that high occurrence of brown planthopper will stay in a period in the future. It is suggested that we should increase prevention and control efforts in order to ensure safety in our rice production.

Key words: brown planthopper; populations; movement cycles; regular pattern; dynamic model

0 引言

褐飞虱(*Nilaparvata lugens*-Stal)是长江流域单季(晚)稻的高致害性害虫。近年来随着以单季稻为主要栽培制度的改变,播移期大大提前,全生育期涵盖早稻中后期和晚稻生育期,植株高大营养丰富;褐飞虱初迁入期提早,主害期拉长;加上田间生态弱化,天敌大幅度减少,自然调控能力减弱,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^[1-2]。为

了揭示和明确褐飞虱种群长期运行特征,提高中长期监测预警水平,持续有效控制褐飞虱灾害,笔者开展了稻褐飞虱长期运动规律研究,现将研究结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 资料来源

根据浙江省天台县植物保护站1969~2009年41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

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”(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:2010-02-03,修回日期:2010-06-05。

日调查记录诱虫量;田间发生监测,根据《粮油作物病虫害鼠害预测预报》^[3]办法进行系统监测。

1.2 资料统计

根据褐飞虱历年灯下诱量与主害代8月下旬至10月下旬的田间虫量调查资料,分别计算统计各年度8月20日前(四(2)至五(3)代)灯下成虫迁入量(头)、全年诱虫量(头),以及9月下旬六(4)代田间虫量(头/m²)和8月下旬至10月下旬平均虫量(头/m²)。以此描述褐飞虱长期运行变化规律。

1.3 分析方法

1.3.1 运动周期分析 运用统计资料,依据灯下诱虫量与田间虫口密度年度之间起伏变化,应用DPS软件^[4]进行非线性模型拟合,找出最合适的曲线模型,分析褐飞虱种群长期运动周期和运行轨迹^[5]。

1.3.2 时间序列ARIMA建模分析 ARIMA建模分析假设时间序列是随机过程产生的,用实际统计序列去建立、估计该随机过程的自回归滑动平均模型,并用此模型求出预测值。建模方法首先对统计数据序列进行正态性和平稳性检验,DPS软件对正态性检验提供了概率直方图与 χ^2 拟合优度检验,当卡方值的显著水平 $P < 0.05$ 时,表明数据序列呈正态性分布,否则需进行数据转换以符合正态分布要求。平稳性检验提供时间序列数据曲线与非参数Daneil检验法,当Daneil检验的秩相关系数的显著水平 $P \geq 0.05$ 时,则表明数据序列是平稳的,否则表明数据序列有上升(或下降)趋势或周期,需进行差分处理。数据处理达到建模要求后,DPS软件自动计算数据序列的自相关函数与偏相关函数,根据自相关与偏相关函数选取ARIMA模型平均移动q阶次与自回归p阶次,从低阶到高阶拟合,模型拟合结果软件提供了模型的残差序列、对原始数据拟合度和相关系数三种检验方法,残差序列检验提供了统计量

Q值,Q近似服从自由度(m-p-q)的 χ^2 分布(m=N/4),若 $Q \leq \chi^2_{\alpha(m-p-q)}$ ($\alpha=0.05$ 或0.01),则度为模型是合适的,否则需对模型残差作进一步识别或重新建模。

2 结果与分析

2.1 褐飞虱种群长期运动及其变化态势

根据1969~2009年褐飞虱灯下诱量与田间虫量系统监测资料,因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,对统计数据作自然对数转换,结果见图1。经图1显示,褐飞虱长期运动呈现周期性变化态势,其变化周期较为明显,第1周期时序为1969~1984年,第2周期时序为1984~2000年,第3周期时序预计为2001~2015年。由此可见,褐飞虱长期运动的基本周期为15年左右。

2.2 褐飞虱种群长期运动的基本周期分析与运行轨迹

根据对浙江省天台县1969~2009年褐飞虱灯下迁入量、全年灯下诱虫量、9月下旬与全年平均田间虫量系统监测资料进行非线性回归拟合,其结果均符合多项式曲线回归模型。主害代9月下旬多项式拟合结果,随着拟合阶次升高,决定系数 R^2 有不同幅度提高,观测值数据点与拟合曲线吻合度提高,经低阶到高阶依次拟合检验,回归方程显著性检验结果以7阶和15阶多项式拟合方程的p值最小F值最大,拟合曲线见图2。从图2也可以看出,褐飞虱长期运动呈现周期性变化规律,从1971~2000年褐飞虱种群数量变动有2个周期,在第二周期存在2次波动,波动周期为7~8年,与多项式回归方程显著性检验结果一致。

同样,通过对主害代平均虫量、全年灯下诱虫量、8月20日前灯下迁入量的多项式拟合结果,与主害代9月下旬田间虫量拟合结果(图3)基本相符。

现以褐飞虱主害代9月下旬田间虫量这一要素为

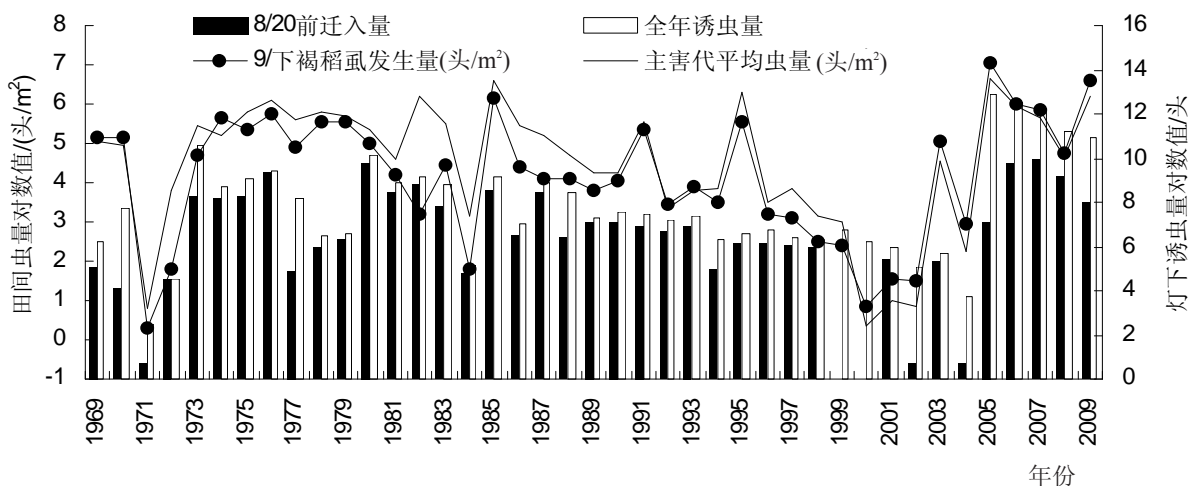


图1 1969~2009年褐飞虱迁入与田间发生动态图

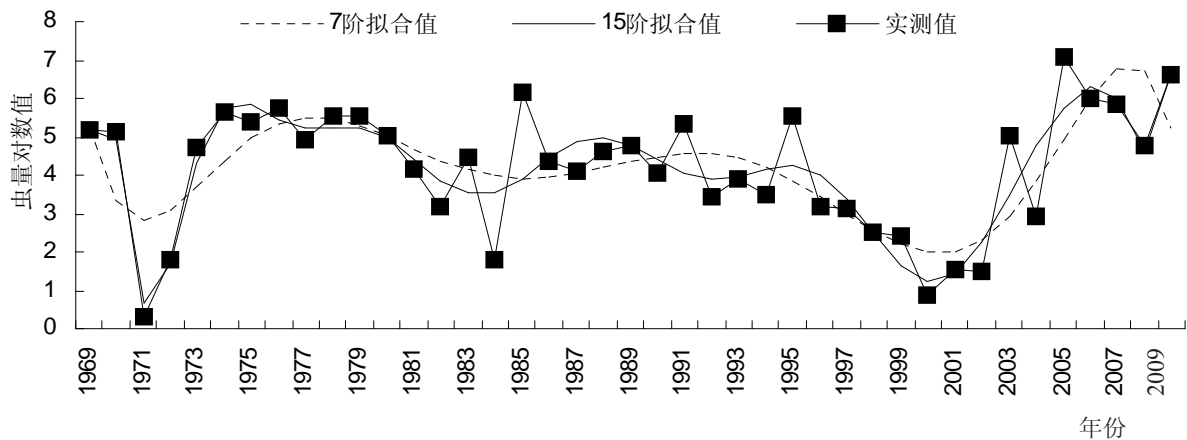


图2 1969~2009年天台县9月下旬褐飞虱发生量多项式模型拟合

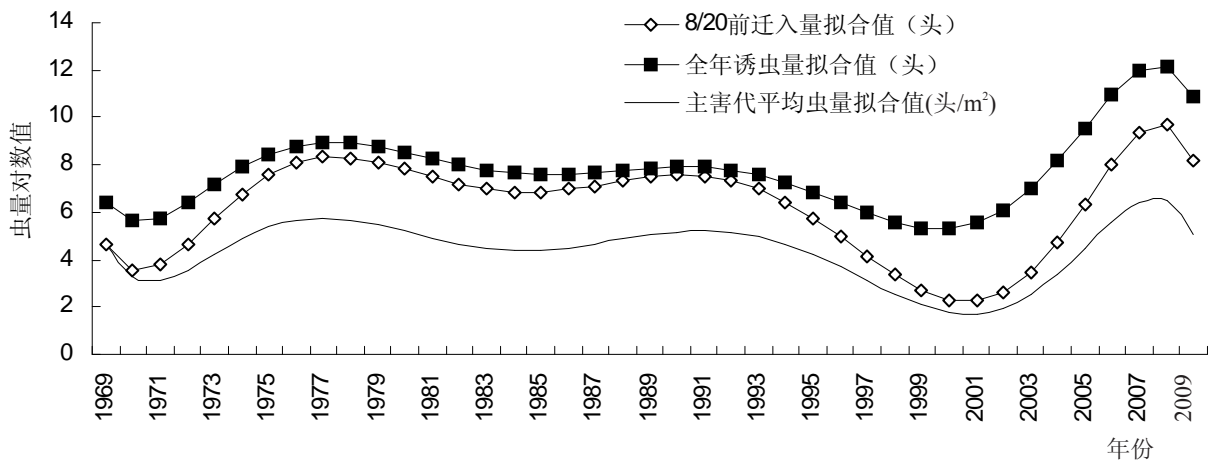


图3 1969~2009年天台县褐飞虱发生量多项式模型7阶拟合结果

例, 设 $Y(t)$ 为褐飞虱种群密度, X 为年份序号, 且 $X = (1, 2, 3, \dots, n)$, 则可得褐飞虱种群数量随年度时序变化的 15 阶多项式函数模型:

$Y(t) = C_0 + C_1 \times X + C_2 \times X^2 + C_3 \times X^3 + \dots + C_{15} \times X^{15}$, $X = \{1, 2, 3, \dots, n\}$, 方程系数 $\{C_0 = -8.575 \times 10^{33}, C_1 = 6.465 \times 10^{31}, C_2 = -2.275 \times 10^{29}, C_3 = 4.954 \times 10^{26}, C_4 = -7.471 \times 10^{23}, C_5 = 8.261 \times 10^{20}, C_6 = -6.920 \times 10^{17}, C_7 = 4.472 \times 10^{14}, C_8 = -2.248 \times 10^{11}, C_9 = 8.787 \times 10^7, C_{10} = -2.650 \times 10^4, C_{11} = 6.054, C_{12} = -1.014 \times 10^{-3}, C_{13-15} = 0.0\}$,

方程确定系数 $R^2 = 0.798$, P 值 $= 0.0001$, $F = 5.427$.

2.3 影响褐飞虱种群周期性运动的主要因素

根据 40 年来褐飞虱长期运动分析, 影响褐飞虱种群周期性运动的根本因素在于耕作制度与气候变化, 防治用药技术变化也影响着褐飞虱种群数量的波动。第 1 个周期耕作制度为双季稻制, 气候基本稳定, 主要为品种改良, 全面推广高秆改矮秆品种, 防治药剂上从有机氯向有机磷发展, 药剂对褐飞虱控制时间较短, 对种群繁殖还有刺激作用, 因此褐飞虱种群数量持续处于高位运动; 第 2 个周期耕作制度仍以双季稻为主制,

随着家庭联产承包责任制的实施, 全面推广杂交稻种植技术, 气候变化相对较微, 防治药剂逐步从氨基甲酸酯类农药向拟昆虫激素类(噻嗪酮)和杂环类(吡虫啉)等长长效农药发展, 因此进入 20 世纪 90 年代后的褐飞虱种群数量表现逐步下降趋势; 第 3 个周期处于种植结构调整时期, 耕作制度总体上从双季稻为主制向以高秆大穗型单季稻为主制的转变, 气温趋暖变化明显, 导致褐飞虱初迁入期提早, 主害期拉长并提前, 种群繁殖率增加, 2005 年褐飞虱对防治主药吡虫啉产生高度抗性, 因此褐飞虱种群数量近年又进入了一个新的高位运动周期。

2.4 褐飞虱种群时间序列 ARIMA 模型

根据 1969~2009 年褐飞虱种群发生与为害监测结果。综观其长期运动变化规律, 褐飞虱种群运动在时间序列上存在数量变化的连续性、种群发展的规律性、基本趋势的波动周期性三大动态特征。针对这三大运动特征, 运用时间序列 ARIMA 函数模型来拟合和预测褐飞虱的发展变化趋势。利用 DPS 软件, 将 1969~2009 年的主害代 9 月下旬田间发生量(对数值)进行一次差分

后,取得附合正态分布的平稳数据序列,(设 $Y(t+l)$ 表示在 t 时刻对 $t+l$ 时刻褐飞虱种群密度的预测值, l 为预测长度, $e(t)=\hat{Y}(t)-Y(t)$ (即期望值-观测值),则可得褐飞虱种群数量移动平均ARIMA(2,1,1)函数模型为:

$$Y(t+l)=0.0692+0.07112Z(t+l-2)+\alpha(t+l)+0.3359e(t+l-1)$$

残差序列 $\{\varepsilon_i\}$ 检验, $Q=12.18$,查自由度 $df=(M-P-Q)=12$, $\alpha=0.01$ 时, $\chi^2=26.217$, $\alpha=0.05$ 时, $\chi^2=21.026$,则 $Q \leq \chi^2_{0.01}$,故可认为在极显著水平下残差序列 $\{\varepsilon_i\}$ 为白噪声。应用此模型对1971~2009年进行回测

拟合,平均吻合率达87.2%,具有极高的预测精度,见图4。

应用上述模型对未来3年的预测值为:当预测步长 $l=1,2,3$ 时,则预测值 $Y(t+l)$ 分别为6.803,6.908,7.139。表明随着耕作制度和气候条件的变化,当前褐飞虱种群数量发展已进入新的周期高位,其运动轨迹呈高位态势。同时也预示未来3年褐飞虱种群数量仍处于高位运行,并有可能开始转入下行走势,展现这个周期行将结束。这是褐飞虱种群内部竞争与持续控制技术实施相互作用的结果。

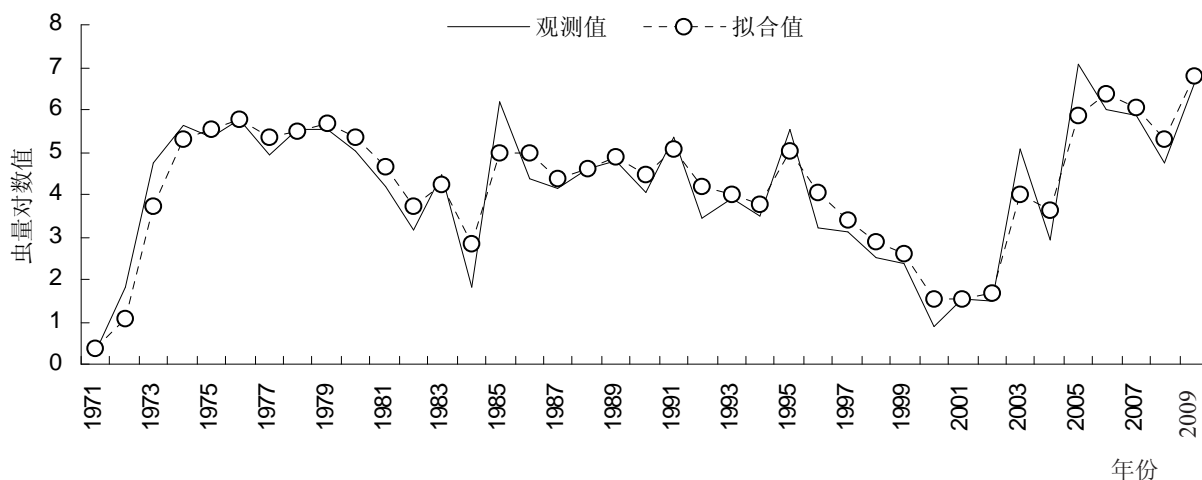


图4 1971~2009年褐飞虱9月下旬发生量ARIMA模型拟合曲线

3 小结与讨论

(1)褐飞虱种群长期运动呈现周期性变化规律。40年来监测结果表明,褐飞虱长期运动总体上经历了3个周期变化,每个周期时限15年左右。这是褐飞虱种群内部激烈竞争与外部环境变化综合影响的结果。

(2)褐飞虱种群长期运动轨迹附合多项式函数模型变化规律。种群运动的每个周期都需经历低位、上升、高位、回落四个阶段。针对褐飞虱种群这一长期运动规律,对每个同期的不同阶段控制应采取不同的策略和措施,对第1阶段应采取持续控制措施,充分发挥自然调控作用,同时要做好监测预警,及时掌握上升运行趋势;对第2、3两个阶段应采取应急控制措施,特别对处在上升阶段时应预警调控,尽最大努力缩短高位期;控制灾发为害,加速种群运行处向回落,保障稻产安全。

(3)应用褐飞虱种群ARIMA模型制定中长期控制规划。通过ARIMA模型分析,当前及今后一段时期褐飞虱种群仍处高位运行动态。针对这一态势,重点应做好防控规划,集聚综合防控技术推广,结合持续防控与应急防控措施,改善生态条件,提高防控效果,减轻灾发为害,提高防治效益。

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[J].植物保护,2006,32(4):1-4.
- [2] 程家安,朱金良,祝增荣.稻田飞虱灾变与环境调控[J].环境昆虫学报,2008,30(2):176-182.
- [3] 王华弟,蒋学辉,汪恩国,等.粮食作物病虫害预测与防治[M].北京:中国科学技术出版社,2005.
- [4] 唐启义.实用统计分析及其DPS数据处理系统[M].北京:科学出版社,2002.
- [5] 汪恩国,徐建章,蒋尚军.农田害鼠长期运动规律与持续控制技术研究[J].中国农学通报,2006(9):341-345.

致谢:1、文章得到唐启义老师的精心指导与帮助;2、英文摘要得到施爱农(Ainong Shi)先生精心指导,在此表示感谢。