

气候条件对白背飞虱发生危害程度的影响

高 苹¹, 武金岗², 吴洪颜¹, 杨荣明³

(1. 江苏省气象科学研究所, 南京 210008 2. 江苏省气象局, 南京 210009,
3. 江苏省农业技术推广中心, 南京 210036)

摘要 根据气象要素的变化具有季节承继关系, 通过白背飞虱的虫情指标(始见期、迁入虫量及第五(2)代虫量)与冬春以来气候因子的相关分析, 发现前期温度及降水因子是影响白背飞虱迁入、降落在和栖息地发生、危害程度的主要因子, 且影响具有区域性和阶段性。在此研究基础上, 建立了白背飞虱虫情指标的气象预报模型, 其拟合和预测效果较好。

关键词 植物病虫害测报学; 白背飞虱; 发生危害; 气候条件; 预报模型

中图分类号 S 435.112.3

Effects of weather conditions on the occurrence and the damages caused by white-backed planthopper, *Sogatella furcifera*

GAO Ping¹, WU Jin-gang², WU Hong-yan¹, YANG Rong-ming³

(1. Meteorological Institute of Jiangsu Province, Nanjing 210008, China; 2. Jiangsu Meteorological Bureau, Nanjing 210009, China; 3. Center for Popularization of Agricultural Techniques in Jiangsu, Nanjing 210036, China)

Abstract Based on gradual variation of weather elements with seasons, this article analyzes the relationship between the population index (occurrence, ingoing quantity and the quantity of the fifth generation) and weather factors, especially climate elements in winter and spring. It was found that the factors of temperature and precipitation in the previous phase have strong influence on ingoing, landing, occurrence and injures caused by WBPH at the landing sites. On the other hand, the influence was characterized by changing with regions and phases. Furthermore, several weather models have been developed to predict the population index and good results have been obtained. These models can be applied in operation.

Key words forecasting of plant diseases and pests; *Sogatella furcifera*; occurrence and damage; weather condition; prediction model

白背飞虱成、若虫均刺吸水稻植株, 严重影响水稻生长, 是我国水稻主要害虫之一。20 世纪 80 年代以来, 气候发生很大变化, 加上耕作制度的改革、水稻品种更换及栽培管理水平的提高, 白背飞虱在江苏省乃至全国的发生日趋严重, 发生范围扩大^[1]。白背飞虱属于远距离迁飞性害虫, 每年 6 月中下旬迁入江苏省, 初来虫源主要由南岭及其以南稻区迁来。虫源地飞虱种群密度、栖息地水稻品种、气象条件和地理环境是影响白背飞虱的迁飞、降落以及在栖息地的发生和危害程度的主要因子, 其中气象条件直接影响迁入迟早、迁入虫量以及五(2)代虫量。温度、降水和湿度尤为重要, 对白背飞虫始见期、迁

入虫量和主害代的发生和危害程度有着显著的影响^[2-8]。本文通过研究分析, 确定了江苏省不同地区影响白背飞虱始见期、迁入量和发生程度的主要气象因子及关键影响时段, 并建立了各虫情指标的预报模式。

1 资料来源与分析方法

1.1 虫情资料

白背飞虱的迁入、栖息地的发生及危害程度具有区域性, 在分析气象条件对白背飞虱迁入与发生的影响时应分地区进行处理。根据历史上白背飞虱迁入与发生情况, 考虑到江苏省的气候状况, 将全省

分为3个地区,即淮北地区、江淮之间及苏南地区。

江苏省白背飞虱四(1)代为迁入代,五(2)代为主害代。本文利用全省水稻白背飞虱迁入代的始见期、迁入虫量和五(2)代虫量作为白背飞虱发生程度的虫情指标。虫情资料由江苏省农技推广中心植保植检科提供。在3个区内选择代表性好,资料年代长的病虫测报站,以其1981~2002年的逐年平均始见期、迁入虫量和五(2)代虫量来代表各区历年白背飞虱的发生程度,作为因变量。始见期时间序列以1月1日为1向后推算,如1995年6月1日定为152,以此类推;迁入虫量为历年7月15日止白背飞虱系统田累计虫量,单位为头/100穴;五(2)代虫量是指历年8月15日止低龄若虫高峰期大田虫量,单位为头/100穴。

1.2 气象资料

气象资料取自3个地区中监测白背飞虱发生的测报站相对应的气象站,并对3个地区内各气象站的资料进行平均,以获得该区的气象资料。

1981~2000年的资料作为历史样本用于相关分析和建模,2001年和2002年的资料作为独立样本用于模式效果检验。

1.3 分析方法

对白背飞虱的虫情指标与气象资料进行相关分析。相关普查时,对气象要素采用了因子滑动膨化处理,以确定主要影响时段^[9],即:

对 m 旬 n 年的气候资料

$$X = \{x_{ij}\}; (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$$

$$\text{有 } x_{qkj} = \sum_{i=k}^{k+q-1} x_{ij} \dots\dots\dots (1)$$

$$(q = 1, 2, \dots, L; k = 1, 2, \dots, m - q + 1)。$$

式中 q 为滑动步长; L 为最大滑动步长,应取 $L < m$; k 为滑动起始旬。这样处理后,由原来 m 个旬的资料序列可得到 $(2m - (L - 1)) * L/2$ 个资料序列,显著地扩大了因子的信息量。

气象要素与白背飞虱虫情指标之间并非都是严格的线性相关,它们之间存在着不同形式的关系,既有线性及几种单调曲线的关系,也存在非线性、非单调的单峰型的关系。为了找到两者之间最合适的相关关系,本文采用最优化相关因子普查技术^[10]进行分析,气象因子 X 的线性和非线性(含单调的和非单调的单峰型)化处理可归纳为一种通用变换形式:

$$Q = (|X - b| / B + 0.5)^a \dots\dots\dots (2)$$

式中 a, b 为待定参数,且 $X_{\min} \leq b \leq X_{\max}$, $B = \max(X_{\max} - b, b - X_{\min})$ 。经上式变换后, Q 与 Y (Y 为因变量)必为单调关系,且 $(|X - b| / B + 0.5)$ 的值在区间 $[0.5, 1.5]$ 内变化。待定参量 a, b 可用最优化技术求出。令目标函数为

$$f(a, b) = 1 - R^2 = \min \dots\dots\dots (3)$$

R 为 a, b 取一定值时, Q 与 Y 的相关系数。应用二维寻优的变量转换思路将其分解为一元问题逐步处理^[11]。

经过上述方法处理普查后获得的因子,是一批与因变量相关最显著的因子,即就确定了白背飞虱各虫情指标与气象因子之间的最佳相关形式。

2 统计分析结果

2.1 气象条件对白背飞虱始见期、迁入虫量的影响

白背飞虱的发生程度与迁入虫量关系密切。根据对白背飞虱20年来的发生情况分析,五(2)代虫量与迁入虫量的相关系数淮北地区为0.454、江淮之间为0.697、苏南地区为0.846,均通过了 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验,尤其是江淮和苏南地区的相关系数达到0.001信度的极显著性水平。这说明迁入量大小直接影响到迁入后30~45d内田间的若虫高峰发生量。迁入虫量小,迁入始见期早不一定能造成明显危害;有时迁入量大即使始见期较迟,也可能造成大发生,即出现“落地成灾”现象^[6];当然迁入期(始见期)早,迁入量大,一定造成大发生、且危害性大。

始见期虽然对主害代的虫量作用没有迁入虫量的作用显著,但始见期早,尽管没有明显的迁入峰,而总的累计虫量可能偏多,最终也将影响白背飞虱的发生程度。始见期早迟、迁入虫量多少均受到温度、光照、降水、湿度和气流等气象因素的制约。因此,分析白背飞虱始见期、迁入量随气象条件的变化有着重要意义。

前人研究气象条件对稻飞虱发生发展一般定位在迁入期及降落定居后的气象条件,其实气象要素的变化具有季节承继关系^[12]。因此,本课题使用上一年冬季以来的地面气象条件与当年白背飞虱虫情指标进行最优化相关分析,确定影响白背飞虱迁入及发生发展的关键气象因子,从而建立其气象预报模型。

表 1 气象条件与白背飞虱始见期之间的相关分析结果

要素 ¹⁾	太仓 ²⁾			盐都 ²⁾			楚州 ²⁾		
	时段	<i>a</i> 值	相关系数	时段	<i>a</i> 值	相关系数	时段	<i>a</i> 值	相关系数
<i>T</i>	4 月上~中旬	-2.54	0.624	上年 12 月下旬	0.75	0.543	—	—	—
<i>T_x</i>	5 月中旬~6 月上旬	-2.03	-0.571	6 月上旬~7 月中旬	-2.61	0.544	2 月上旬~3 月上旬	-2.29	-0.594
	—	—	—	5 月上旬~6 月下旬	1.50	-0.567	—	—	—
<i>T_n</i>	5 月下旬	-2.98	-0.755 ³⁾	上年 12 月下旬	-2.98	-0.656 ³⁾	3 月下旬~4 月上旬	-2.20	0.638
	6 月上旬	0.75	0.642	6 月上旬~6 月中旬	-2.55	-0.572	5 月下旬~6 月中旬	2.98	-0.602
	5 月下旬~6 月上旬	-1.20	-0.642	—	—	—	—	—	—
<i>R</i>	1 月中旬~2 月中旬	-2.00	0.555	2 月中旬~3 月中旬	-2.07	0.575	—	—	—
<i>R_d</i>	2 月上旬~3 月中旬	2.98	0.563	—	—	—	—	—	—
<i>S</i>	—	—	—	—	—	—	2 月下旬~3 月上旬	-1.09	-0.637
<i>H</i>	6 月下旬~7 月上旬	-2.06	-0.545	4 月中旬	1.45	0.602	6 月上旬	-0.75	0.663 ³⁾
	12 月下旬~2 月上旬	-2.31	-0.539	—	—	—	—	—	—
<i>T_s</i>	3 中旬~4 月上旬	2.00	-0.609	—	—	—	7 月上旬	-1.12	-0.705 ³⁾
	上年	—	—	—	—	—	6 月上旬~月中旬	-2.46	0.634
	11 月下旬~12 月下旬	-2.95	-0.547	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	5 月中旬~7 月上旬	-2.98	0.653
<i>T_d</i>	—	—	—	1 月上旬	-2.78	-0.631	1 月下旬	2.98	-0.787 ³⁾
	—	—	—	3 月中旬	0.75	-0.555	3 月上旬~4 月上旬	-0.75	-0.645
	—	—	—	11 月下旬~12 月上旬	-2.88	0.584	—	—	—
	—	—	—	12 月下旬~1 月上旬	-2.98	-0.611	—	—	—
<i>R_s</i>	1 月下旬~2 月上旬	2.98	-0.598	上年 12 月中旬	-2.05	-0.602	—	—	—
	—	—	—	4 月中旬~5 月上旬	-2.98	0.543	—	—	—
<i>R_t</i>	3 月中旬~4 月上旬	-1.04	0.682 ³⁾	—	—	—	4 月下旬~5 月上旬	-2.96	-0.628
	3 月下旬~5 月中旬	-1.50	0.620	—	—	—	—	—	—
<i>T_h</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—

1) *T*—平均温度, *T_x*—平均最高温度, *T_n*—平均最低温度, *R*—降水量, *R_d*—降水日数, *S*—日照时数, *H*—平均湿度, *T_s*—光温积, *T_d*—温度旬较差, *R_s*—降水强度, *R_t*—降水温度比, *T_h*—温湿系数。

2) 太仓、楚州应用 1981~2000 年气象资料, 盐都应用 1983~2000 年气象资料;

3) 表示到达 0.001 信度显著水平。

表 1、表 2 给出了与白背飞虱始见期、迁入虫量相关信度高于 $\alpha=0.05$ 的气象因子出现时段、对应的相关系数和最优化相关变换函数形式即公式(2)中待定指数 *a* 的取值(*a* 值的正负决定了自变量与因变量之间的正负相关与否)。从表 1 可以看出, 最低温度、湿度、降水对始见期的影响有区域性, 3~6 月最低温度及湿度对淮河以南地区的影响是正相关关系, 而对沿淮及淮北地区为负相关影响; 2~5 月的降水对淮河以南地区始见期为负相关影响, 而对沿淮和淮北的始见期为正相关影响。说明春季温度偏高、降水偏少有利淮河以南地区白背飞虱早迁入, 沿淮及淮北地区则是正相反。

对迁入虫量而言, 从表 2 可以看出, 冬季及早春温度偏高不利江苏省各地区白背飞虱大量迁入; 而初夏温度偏高则有利白背飞虱大量迁入。降水量对迁入虫量影响有区域性, 春季降水偏多有利淮河以南地区白背飞虱的大量迁入, 而对沿淮地区白背飞虱的大量迁入不利; 冬季降水偏多对全省各生态区白背飞虱的大量迁入不利。湿度对江苏省迁入量的影响具有时间性, 冬季为负相关影响, 春季

为正相关影响, 春季湿度大利于白背飞虱大量迁入。春季及初夏的日照时数偏多不利白背飞虱的大量迁入。

2.2 气象条件对白背飞虱五(2)代虫量的影响

白背飞虱五(2)代虫量的多少与栖息地水稻品种、气象条件、地理环境、田间管理措施及迁入虫量均密切关系, 地理环境、品种及管理措施的年际变化相对较小, 因此气象条件成为五(2)代虫量年际间波动的主要控制因子。

通过计算, 得到的气象要素对白背飞虱五(2)代虫量影响的主要时段、相关系数及 *a* 值(相关信度高于 $\alpha=0.05$) 结果列于表 3, 气象条件对虫情的发展有着十分显著的影响, 但是影响的关键因子和关键时段存在着区域性特点。如 3 个生态区日照时数及冬、春季湿度对五(2)代虫量的影响是一致的, 日照多不利五(2)代虫量的增加; 冬、春季湿度大对五(2)代虫量的增加有利, 翌年白背飞虱有大发生的可能性。冬季和春季温度与江淮及苏南地区五(2)代虫量呈负相关关系, 春季温度与沿淮地区虫量呈正相关关系; 冬季降水及降水日数不利苏南地区五(2)代

虫量的增加,沿淮及江淮地区五(2)代虫量对冬季降水及降水日数反应不敏感,春季降水与沿淮虫量呈负相关关系,而与江淮虫量呈正相关的关系。造成这种现象的可能原因主要有两个方面,一是除气象因子外,白背飞虱本身的生理特征、栖息地的地理环

境、水稻品种和生态条件也是影响白背飞虱迁入、栖息地发生发展的重要因素,而这些条件地域性变化较大;二是在不同的季节,江苏境内温度分布形式不一样,降水区域性变化大,从而使得温度对白背飞虱的发生发展影响的关键时段在不同地区存在差异。

表2 气象条件与白背飞虱迁入虫量之间的相关分析结果

要素 ¹⁾	太仓 ²⁾			盐都 ²⁾			楚州 ²⁾		
	时段	α 值	相关系数	时段	α 值	相关系数	时段	α 值	相关系数
T	上年 12月上旬~1月中旬	-2.98	0.648	上年 12月下旬~1月下旬	-2.82	0.554	上年 12月下旬~1月中旬	-2.79	0.538
T_x	上年 12月上旬~1月上旬	-2.52	0.663 ³⁾	6月上旬~6月中旬	2.60	0.549	6月上旬~6月下旬	-0.75	-0.605
	—	—	—	—	—	—	上年 12月上旬~1月上旬	-2.58	0.537
T_n	1月上旬~中旬	-2.97	0.596	1月中旬~3月上旬	-2.00	0.529	上年 11月下旬~12月上旬	-2.91	0.500
	2月中旬~3月下旬	-2.97	0.600	—	—	—	—	—	—
R	上年12月下旬	-2.63	0.785 ³⁾	1月中旬~2月上旬	2.24	0.675 ³⁾	1月下旬~3月中旬	-1.50	0.707 ³⁾
	1月中旬~2月中旬	2.29	0.648	3月中旬~4月中旬	2.39	0.801 ³⁾	3月下旬~4月上旬	-2.99	0.699 ³⁾
R_d	4月上旬~月中旬	-2.98	0.698 ³⁾	5月上旬~6月下旬	-2.55	0.780 ³⁾	3月上旬~5月下旬	-2.89	0.547
	12月中旬~2月上旬	-2.78	0.547	—	—	—	2月下旬~4月中旬	-2.92	0.595
	2月上旬~3月下旬	-2.59	0.572	—	—	—	5月中旬~6月下旬	-2.98	0.698 ³⁾
S	12月下旬~1月下旬	-2.76	0.658 ³⁾	5月中旬~6月下旬	-2.67	0.844 ³⁾	4月上旬~5月下旬	-2.91	0.590
H	12月中旬~1月下旬	-2.94	0.643	3月下旬~4月下旬	2.99	0.674 ³⁾	3月下旬~4月下旬	2.43	0.600
T_s	6月月下旬	-0.75	0.510	5月中旬~6月下旬	-2.71	0.790 ³⁾	6月下旬~7月上旬	-2.97	0.540
	—	—	—	—	—	—	4月上旬~5月下旬	-2.66	0.530
T_d	—	—	—	3月中旬	-2.91	0.674 ³⁾	7月上旬	-2.99	0.543
R_s	1月中旬~2月中旬	2.19	0.576	2月下旬~4月中旬	2.59	0.785 ³⁾	2月下旬~4月中旬	-2.68	0.554
R_t	上年12月下旬	2.44	-0.590	5月上旬~下旬	-2.94	0.678 ³⁾	5月上旬~6月中旬	2.57	0.696 ³⁾
	3月下旬~4月上旬	-1.49	0.598	3月下旬~4月中旬	-2.00	0.863 ³⁾	—	—	—
T_h	1月中旬~2月下旬	-2.98	0.545	—	—	—	12月下旬~1月中旬	-2.66	0.592

1)表中, T —平均温度, T_x —平均最高温度, T_n —平均最低温度, R —降水量, R_d —降水日数, S —日照时数, H —平均湿度, T_s —光温积, T_d —温度旬较差, R_s —降水强度, R_t —降水温度比, T_h —温湿系数。

2)太仓、楚州应用1981~2000年气象资料,盐都应用1983~2000年气象资料;

3)表示到达0.001信度显著水平。

表3 气象条件与白背飞虱五(2)代虫量之间相关分析结果

要素 ¹⁾	太仓 ²⁾			盐都 ²⁾			楚州 ²⁾		
	时段	α 值	相关系数	时段	α 值	相关系数	时段	α 值	相关系数
T	上年 11月下旬~12月中旬	-2.96	0.487	1月下旬	-2.96	0.524	3月下旬~5月中旬	2.00	0.679 ³⁾
T_x	—	—	—	—	—	—	3月下旬~5月上旬	2.83	0.844 ³⁾
T_n	4月下旬~5月中旬	-1.33	0.515	1月下旬~2月中旬	-2.22	0.608	7月中旬~下旬	-2.95	0.571
R	上年12月下旬	-2.99	0.793 ³⁾	7月上旬~8月中旬	2.00	0.559	5月中旬~6月上旬	-2.98	0.832 ³⁾
	1月中旬~2月下旬	-2.98	0.670 ³⁾	4月下旬~6月中旬	2.00	0.570	5月中旬~6月下旬	-2.00	0.676 ³⁾
R_d	12月中旬~1月上旬	-2.99	0.783 ³⁾	5月上旬~月中旬	-2.64	0.544	1月上旬~2月下旬	-2.97	0.748 ³⁾
	2月上旬~3月下旬	-2.00	0.569	4月下旬~5月中旬	-2.96	0.492	—	—	—
S	1月中旬~3月上旬	-2.64	0.700 ³⁾	3月上旬~下旬	-2.71	0.589	1月上旬~2月中旬	-2.72	0.652
	—	—	—	7月中旬	-2.64	0.682 ³⁾	—	—	—
H	12月中旬~2月中旬	-2.96	0.737 ³⁾	3月中旬~4月下旬	1.27	0.507	2月上旬~下旬	-1.49	0.541
T_s	4月下旬~6月上旬	-0.56	0.482	11月中旬~1月中旬	-2.95	0.606	2月上旬~下旬	-2.95	0.549
	—	—	—	6月中旬~8月上旬	-1.18	-0.498	—	—	—
T_d	上年 11月下旬~12月上旬	2.98	0.695 ³⁾	6月中旬~下旬	-2.00	0.570	2月上旬~下旬	-2.98	0.808 ³⁾
	4月下旬~5月下旬	-2.15	0.570	—	—	—	—	—	—

要素 ¹⁾	太仓 ²⁾			盐都 ²⁾			楚州 ²⁾		
	时段	a 值	相关系数	时段	a 值	相关系数	时段	a 值	相关系数
Rs	2 月上旬~3 月下旬	-2.95	0.587	—	—	—	—	—	—
	5 月上旬	2.96	0.592	上年 12 月下旬	-2.75	0.559	6 月下旬	0.75	0.721 ³⁾
	7 月下旬~8 月上旬	-2.63	0.662 ³⁾	6 月下旬~7 月中旬	2.42	0.816 ³⁾	—	—	—
Rt	12 月中旬~1 月中旬	-1.00	0.593	2 月下旬~4 月中旬	0.71	0.592	—	—	—
	上年 12 月下旬	-2.58	0.721 ³⁾	7 月上旬~8 月上旬	2.94	0.540	6 月下旬	-0.50	0.710 ³⁾
	上年 12 月上旬~下旬	-1.47	0.726 ³⁾	—	—	—	6 月下旬~7 月上旬	-2.65	0.827 ³⁾
Th	4 月下旬~5 月上旬	0.75	0.480	—	—	—	上年 12 月上旬~下旬	-2.00	0.712 ³⁾
	—	—	—	—	—	—	6 月下旬~7 月中旬	-0.58	0.538
	—	—	—	—	—	—	—	—	—

1) T—平均温度, Tx—平均最高温度, Tn—平均最低温度, R—降水量, Rd—降水日数, S—日照时数, H—平均湿度, Ts—光温积, Td—温度旬较差, Rs—降水强度, Rt—降水温度比, Th—温湿系数。

2) 太仓、楚州应用 1981~2000 年气象资料, 盐都应用 1983~2000 年气象资料;

3) 表示到达 0.001 信度显著水平。

3 白背飞虱虫情指标气象预报模型的建立

3.1 虫情指标气象预报模式

通过上述分析发现, 前期气象条件对白背飞虱的迁入、降落及定殖后的发生发展都有着显著的影响, 这为白背飞虱的预报提供了依据。对表 1、2、3 所列的白背飞虱各虫情指标相关系数显著的气象因子进行独立性检验, 筛选出相互独立的预报因子; 在此基础上, 采用逐步回归方法建立白背飞虱虫情指标的预报方程, 2001、2002 年用作独立样本检验。

3.1.1 始见期预报模式

太仓: $Y = 1.362X_1' - 2.127X_2' + 9.538X_3' + 1.693X_4' - 1.373X_5' - 1.725X_6' + 9.891X_7' + 142.974;$

F 检验值 = 83.47 > F_{0.01} = 4.94, 方程标准差 = 1.81, 复相关系数 = 0.988。其中

$$X_1' = [(|X_1 - 26.6|) / 6.8 + 0.5]^{-2.54},$$

X₁ 为 4 月上旬至中旬平均温度的累加值;

$$X_2' = [(|X_2 - 19.3|) / 2.8 + 0.5]^{-2.98},$$

X₂ 为 5 月下旬平均最低温度;

$$X_3' = [(|X_3 - 20.7|) / 3.1 + 0.5]^{0.75},$$

X₃ 为 6 月上旬平均最低温度;

$$X_4' = [(|X_4 - 66.6|) / 113.5 + 0.5]^{-2.00},$$

X₄ 为 1 月中旬至 2 月中旬降水量的累加值;

$$X_5' = [(|X_5 - 162.0|) / 15.5 + 0.5]^{-2.06},$$

X₅ 为 6 月下旬至 7 月上旬平均相对湿度的累加值;

$$X_6' = [(|X_6 - 1407.5|) / 790.7 + 0.5]^{2.00},$$

X₆ 为 3 月中旬至 4 月上旬平均光温积的累

加值;

$$X_7' = [(|X_7 - 4.8|) / 4.7 + 0.5]^{-1.04},$$

X₇ 为 3 月中旬至 4 月上旬降水温度比的累加值。

盐都: $Y = -1.710X_1' + 2.394X_2' + 2.145X_3' + 5.564X_4' - 8.843X_5' - 1.821X_6' + 177.550;$

F 检验值 = 72.959 > F_{0.01} = 4.94, 方程标准差 = 1.995, 复相关系数 = 0.985。

楚州: $Y = -1.721X_1' + 4.105X_2' - 6.128X_3' + 0.659X_4' - 5.967X_5' + 187.579;$

F 检验值 = 62.744 > F_{0.01} = 4.94, 方程标准差 = 1.76, 复相关系数 = 0.981。

3.1.2 迁入虫量预报模式

太仓: $Y = 16.311X_1' + 25.480X_2' + 29.373X_3' + 65.762X_4' + 20.439X_5' - 72.469;$

F 检验值 = 65.493 > F_{0.01} = 4.94, 方程标准差 = 62.871, 复相关系数 = 0.964。

$$X_1' = [(|X_1 - 27.7|) / 12.1 + 0.5]^{-2.98},$$

X₁ 为上年 12 月上旬至 1 月中旬平均温度的累加值;

$$X_2' = [(|X_2 - 3.6|) / 7.7 + 0.5]^{-2.97},$$

X₂ 为 1 月上旬至中旬平均最低温度的累加值;

$$X_3' = [(|X_3 - 31.0|) / 18.0 + 0.5]^{-2.97},$$

X₃ 为 2 月中旬至 3 月下旬平均最低温度的累加值;

$$X_4' = [(|X_4 - 32.7|) / 32.7 + 0.5]^{-2.63},$$

X₄ 为上一年 12 月下旬降水量;

$$X_5' = [(|X_5 - 8.3|) / 3.7 + 0.5]^{-2.98},$$

X_5 为 4 月上至中旬降水日数的累加值。

盐都: $Y = 79.480X_1' + 29.146X_2' + 155.112X_3' - 119.134;$

F 检验值 = 96.542 > $F_{0.01} = 4.94$, 方程标准差 = 25.306, 复相关系数 = 0.973。

楚州: $Y = 38.268X_1' + 9.834X_2' + 22.759X_3' + 5.524X_4' - 47.748;$

F 检验值 = 45.812 > $F_{0.01} = 4.94$, 方程标准差 = 14.625, 复相关系数 = 0.957。

3.1.3 五(2)代虫量预报模式

太仓: $Y = 79.172X_1' + 136.015X_2' + 24.724X_3' + 322.367X_4' + 171.165X_5' - 566.689;$

F 检验值 = 60.028 > $F_{0.01} = 4.94$, 方程标准差 = 58.586, 复相关系数 = 0.974。其中

$X_1' = [(\lvert X_1 - 160.0 \rvert) / 167.9 + 0.5]^{-2.64},$

X_1 为 1 月中旬至 3 月上旬日照时数的累加值;

$X_2' = [(\lvert X_2 - 267.3 \rvert) / 80.1 + 0.5]^{1.13},$

X_2 为 2 月上旬至 3 月下旬日照时数的累加值;

$X_3' = [(\lvert X_3 - 33.1 \rvert) / 7.9 + 0.5]^{-2.15},$

X_3 为 4 月下旬至 5 月下旬温度旬较差的累加值;

$X_4' = [(\lvert X_4 - 34.5 \rvert) / 32.4 + 0.5]^{-1.00},$

X_4 为上年 12 月中旬至 1 月中旬降水强度的累加值;

$X_5' = [(\lvert X_5 - 10.5 \rvert) / 15.8 + 0.5]^{-1.47},$

X_5 为上年 12 月上旬至下旬降水强度的累加值。

盐都: $Y = -119.903X_1' + 75.000X_2' - 55.435X_3' + 220.330X_4' - 386.432X_5' + 279.375X_6' + 749.361X_7' + 461.473;$

F 检验值 = 124.423 > $F_{0.01} = 4.94$, 方程标准差 = 101.26, 复相关系数 = 0.993。

楚州: $Y = 53.173X_1' + 191.059X_2' + 94.231X_3' + 35.206X_4' - 65.913;$

F 检验值 = 85.204 > $F_{0.01} = 4.94$, 方程标准差 = 71.288, 复相关系数 = 0.976。

3.2 气象模型拟合结果与两年试报

利用虫情指标气象预报模型进行回代检验, 计算出江苏各生态区始见期、迁入虫量和五(2)代虫量的拟合值。从结果看出模型的历史拟合效果较好, 所有模型都通过了 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验, 始见期仅 1 年最大误差为 4d, 一般年份误差均在 0~2d 之间; 迁入虫量及五(2)代虫量的级别预测 3 个生态区仅很少年份最大误差为 1 级, 其它年份无误差。说明模拟值与实际值趋势一致, 效果理想。

利用 2001 年、2002 年资料作为独立样本进行白背飞虱虫情指标气象模型试报检验, 预报 2001 年、2002 年各生态区始见期、迁入虫量和五(2)代虫量列表 4。

表 4 白背飞虱虫情指标气象预报模型预测检验结果

地点	项目	2001 年			2002 年		
		预报值	实际值	误差	预报值	实际值	误差
楚州	始见期	6 月 19 日	6 月 20 日	1d	6 月 19 日	6 月 20 日	1d
	迁入虫口密度级别	2	1	1	3	3	0
	五(2)代发生级别	1	1	0	1	1	0
盐都	始见期	6 月 28 日	6 月 29 日	1d	6 月 26 日	6 月 26 日	0d
	迁入虫口密度级别	4	4	0	4	4	0
	五(2)代发生级别	2	2	0	2	2	0
太仓	始见期	5 月 20 日	5 月 20 日	0d	6 月 11 日	6 月 10 日	1d
	迁入虫口密度级别	4	4	0	4	4	0
	五(2)代发生级别	1	1	0	1	1	0

从表 4 可以看出, 各生态区中仅始见期的预测误差达到 1d, 迁入虫口密度级别与五(2)代发生级别的预测基本上不存在误差, 可见虫情指标气象模型预报效果理想。

4 结论

在影响白背飞虱迁飞、降落及定殖后发生发展的其它环境因子变化相对稳定情况下, 发现前期温

度、降水等气象因子亦是制约白背飞虱迁入期早迟、迁入量多少以及定殖后发生和危害程度的主要因子, 同样符合气候因子的变化具有季节性承继关系这一事实。因此, 在防治白背飞虱工作中应关注前期天气气象条件的变化。

气象因子与白背飞虱虫情指标相关性显著, 对白背飞虱的迁入、降落及定殖后的发生及危害程度起到一定的影响作用, 这为分析气候变化引起的白

背飞虱发生趋势变化提供了条件,但是应注意这种影响作用具有较强的区域性和阶段性特点。在大气变化的背景下(春夏季特大涝年)应注意白背飞虱发生的可能性。

参考文献

- [1] 刘光杰,陈爱辉.白背飞虱为害对水稻产量的影响及防治指标的研究进展[J].昆虫知识,2003,40(1):1~5.
- [2] 封传红,翟保平.我国低空急流的时空分布与稻飞虱北迁[J].生态学报,2002,22(4):559~565.
- [3] 封传红,翟保平.我国北方稻区 1991 年稻飞虱大发生虫源形成[J].生态学报,2002,22(8):1302~1314.
- [4] 陈观浩.应用马尔可夫链法预测晚稻稻飞虱发生程度[J].昆虫知识,2003,40(2),176~178.
- [5] 邓望喜.褐飞虱及白背飞虱空中迁飞规律的研究[J].植物保护学报,1981,8(2):73~81.
- [6] 杜正文.中国水稻病虫害综合防治策略与技术[M].北京:农业出版社,1991.
- [7] 李汝铎.湿度对褐飞虱种群生长的影响[J].植物保护学报,1984,11(2):101~107.
- [8] 江广恒.褐飞虱远距离向北迁飞的气象条件[J].昆虫学报,1981,24(5):252~260.
- [9] 汤志成,居为民.江苏省冬小麦赤霉病统计预报模式探讨[J].气象科学,1989,9(1):49~56.
- [10] 汤志成,孙涵.最优化因子处理及加权多重回归模型[J].气象学报,1992,50(4):514~517.
- [11] 汤志成,高苹.作物产量预报系统[J].中国农业气象,1996,17(2):49~52.
- [12] 章基嘉,葛玲.中长期天气预报基础[M].北京:气象出版社,1983.254~282.