

玉米螟越冬死亡率的气象条件及其预报模型研究

张淑杰¹ 李广霞² 张玉书¹ 吴微微³ 武晋雯¹

(1. 中国气象局沈阳大气环境研究所, 辽宁 沈阳 110016; 2. 辽宁省气象台, 辽宁 沈阳 110016;
3. 兴城市农业技术推广中心, 辽宁 兴城 125100)

摘要:根据1994—2004年黑山气象资料和玉米螟越冬期资料,采用通径分析方法,对玉米螟越冬期的气象条件与死亡率的关系进行分析,建立了4月和5月死亡率的预报模型。结果表明:玉米螟受3—5月的气象因子影响较大,死亡率明显高于越冬前的死亡率,建立的模型能够反映玉米螟越冬期气象条件与死亡率的响应关系,可在实际预报业务中作为参考依据。越冬前死亡率的预报拟合率明显高于不考虑越冬前死亡率的模拟结果,说明在对玉米螟进行预报时,只考虑气象因子,不考虑虫源基数是不全面的。

关键词:玉米螟;越冬死亡率;气象因子;预报模型

中图分类号:S435.132 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-503X(2008)06-0034-05

1 引言

玉米螟俗称玉米钻心虫,食性很杂,寄主植物可达200种以上。主要危害玉米、高粱、谷子和糜子,也危害麻类、棉花等。玉米螟以幼虫蛀食心叶、茎秆和果穗,玉米、高粱受害后不但影响营养、水分的运输,而且易折断、折穗、折茎,对产量影响很大,它是辽宁省大田作物的主要虫害之一,也是影响农业生产持续稳定发展的重要限制因素。它除了受自身生物学特性影响外,还受农作物品种、耕作栽培制度、施肥与灌溉水平的影响,特别是受气象条件的影响较大。一般年份,春玉米受玉米螟危害而减产10%左右,夏玉米减产更多,大发生年可使玉米减产30%以上,造成巨大损失^[1-2]。

玉米螟的研究工作在1990年以前尚未解决大发生中长期预报技术,以致在防治上仍处于被动。1990年以后发展了玉米螟的中期预报技术^[3-5]。胡明峻^[6]利用4—5月期间的越冬虫量结合天气预报来对玉米螟制作发生程度的长期预报。李建平等^[7]认为玉米螟的发生程度与越冬种群的天敌和虫源基数密切相关,构成大发生的有效虫源数至少为每百秆30头以上。同时与5—8月初的降雨和种群质量密切相关,降雨主要影响越冬种群的复苏、化蛹、羽化、成虫的活动及3龄前幼虫的存活。5—6月较干旱不利于越冬种群的复苏、化蛹和羽化,对成虫的产卵量有影响,7月的干旱或大暴雨严重影响成虫的活动、卵的孵化和3龄前幼虫的存活。本文通过对玉

米螟越冬期的气象因子进行分析,旨在找出影响玉米螟越冬的主要因子,并确定越冬的气象指标,建立预报模式,为玉米螟的准确预测预报提供依据。

2 资料来源及指标确定方法

2.1 资料来源

1994—2005年辽宁省黑山各旬、月和季的平均气温、平均最低气温、平均最高气温、平均地温、相对湿度,最低气温小于-20℃的日数、最高气温大于30℃的日数、降水量、日降水量大于等于0.1mm的日数、日降水量大于等于25mm的日数、日照时数等气象资料。同期玉米螟资料来源于辽宁省植物保护站(1998—1999年和2002年数据缺测)。

2.2 分级及指标确定方法

根据玉米螟发生的生理气象指标,温度和水分等气象条件对玉米螟群体发育的影响程度,结合实际发生的历史资料,将发生程度和气象条件分为5个等级,见表1。

表1 玉米螟发生发展气象等级

发生程度	气象等级	影响描述
不发生	一级	不适宜
轻发生	二级	较不适宜
中等发生	三级	较适宜
中等偏重发生	四级	适宜
大发生	五级	非常适宜

由于影响玉米螟发生发展的气象因子不是独立存在,而是各个因子相互作用的结果,因此必须弄清各个因子的相互影响,才能确定各气象因子的影响

收稿日期:2008-06-04;修订日期:2008-07-09。

基金项目:辽宁省气象局项目(200618)和中国气象局气象新技术推广项目(CMATG2006M10)共同资助。

作者简介:张淑杰,女,1971年生,副研究员,主要从事农业气象和遥感应用研究。

程度。为此,采用通径分析的方法进行分析,利用直接通径系数来确定各气象因子影响权重。

直接通径系数:

$$E_i = b_i \sqrt{\sum (X_i - \bar{x})^2 / \sum (Y_i - \bar{y})^2} \quad (1)$$

式(1)中, b_i 为偏回归系数, X_i 为气象因子, Y_i 为病虫害发生程度等级。据此可以确定各因子对发生程度的影响权重系数,计算方法:

$$P_i = \frac{|E_i|}{\sum_{i=1}^n |E_i|} \quad (2)$$

气象因子等级确定,设样本平均值为 $E(X_i)$, 标准差为 S_x , 样本因子为 X_i , 将影响发生发展的气象因子按以下方法计算:

若正相关关系 $X_i \leq \bar{X}_i - \frac{3}{2} S_x$ 为 $K_i = 1$ 级, 不适宜发生; 若 $\bar{X}_i - \frac{3}{2} S_x < X_i \leq \bar{X}_i - \frac{1}{2} S_x$ 为 $K_i = 2$ 级, 较不适宜发生; 若 $\bar{X}_i - \frac{1}{2} S_x < X_i \leq \bar{X}_i + \frac{1}{2} S_x$ 为 $K_i = 3$ 级, 较适宜发生; 若 $\bar{X}_i + \frac{1}{2} S_x < X_i \leq \bar{X}_i + \frac{3}{2} S_x$ 为 $K_i = 4$ 级, 适宜发生, $\bar{X}_i + \frac{3}{2} S_x < X_i$ 为 $K_i = 5$ 级, 非常适宜发生。

若负相关关系 $\bar{X}_i + \frac{3}{2} S_x < X_i$ 为 $K_i = 1$ 级, 不适宜发生; 若 $\bar{X}_i + \frac{1}{2} S_x < X_i \leq \bar{X}_i + \frac{3}{2} S_x$ 为 $K_i = 2$ 级, 较不适宜发生; 若 $\bar{X}_i - \frac{1}{2} S_x < X_i \leq \bar{X}_i + \frac{1}{2} S_x$ 为 $K_i = 3$ 级, 较适宜发生; 若 $\bar{X}_i - \frac{3}{2} S_x < X_i \leq \bar{X}_i - \frac{1}{2} S_x$ 为 $K_i = 4$ 级, 适宜发生, $\bar{X}_i - \frac{3}{2} S_x < X_i$ 为 $K_i = 5$ 级, 非常适宜发生。

= 3 级, 较适宜发生; 若 $\bar{X}_i - \frac{3}{2} S_x < X_i \leq \bar{X}_i - \frac{1}{2} S_x$ 为 $K_i = 4$ 级, 适宜发生, $X_i \leq \bar{X}_i - \frac{3}{2} S_x$ 为 $K_i = 5$ 级, 非常适宜发生。

根据以上确定的气象因子等级值和权重系数, 建立病虫害发生发展的气象等级综合指数模型:

$$Z = \sum_{i=1}^n P_i \times K_i \quad (3)$$

式(3)中, Z 为气象等级综合指数, $0 < Z \leq 1$ 为不适宜发生; $1 < Z \leq 2$ 为较不适宜发生; $2 < Z \leq 3$ 为较适宜发生; $3 < Z \leq 4$ 为适宜发生; $4 < Z \leq 5$ 为非常适宜发生。

3 结果分析

3.1 越冬死亡率与气象条件关系

玉米螟从秋季老熟幼虫到翌年春季羽化为成虫构成了越冬种群的动态变化过程。冬季玉米螟以老熟幼虫越冬。辽宁的越冬虫源有 75% 以上的老熟幼虫生存在村屯的秸秆垛内。此阶段玉米螟活动范围小, 易于掌握其数量变化。越冬死亡率的高低与冬、春季气象条件密切相关, 特别是气温对玉米螟的死亡率影响较大。

玉米螟幼虫越冬数量, 是玉米螟发生为害的基础, 也是预测预报的主要依据, 但由于玉米螟越冬死亡率较高, 依据越冬虫量预报玉米螟的发生程度, 往往与实际发生程度出现较大偏差, 因此依据越冬后的幼虫存活率进行预报更有实际价值。

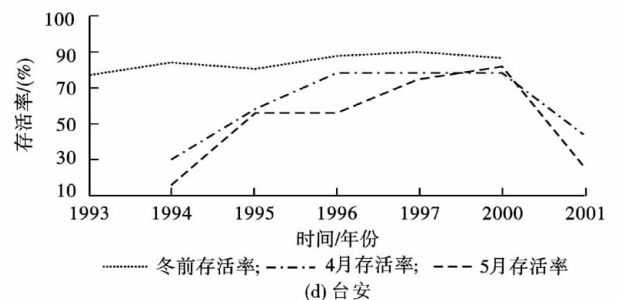
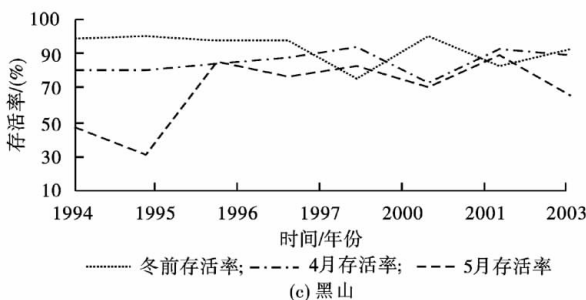
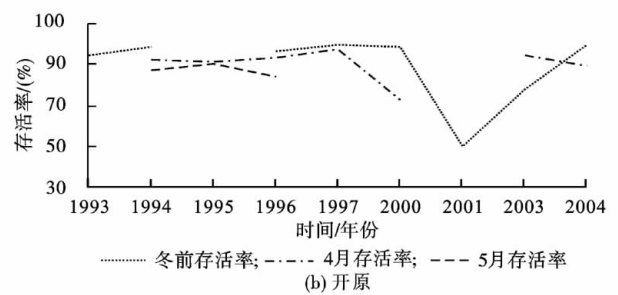
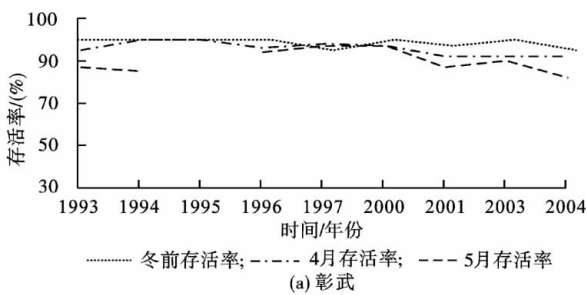


图1 玉米螟越冬前期和4—5月存活率变化曲线

从图1可知玉米螟越冬前的存活率最高, 死亡率最低, 5月存活率最低, 死亡率最高, 说明玉米螟死

亡除了受冬季气象条件的影响外, 特别是3—5月间的气象条件对其影响最大, 而且年际间变化较大, 玉

米螟幼虫越冬死亡率最高为84.3%，最低为3.0%。通过对其死亡原因的调查，发现玉米螟幼虫的越冬死亡率，主要表现为自然死亡和被寄生死亡，死亡高峰多出现在化蛹前期。经过调查结果分析认为：玉米螟幼虫越冬死亡率之所以高，原因在于春季干旱少雨，玉米螟属中温喜湿性昆虫，特别是在化蛹前期需要足够的水分；否则不利其化蛹，因此死亡率增加。白僵菌同样喜欢中温高湿条件，低湿度不利其发生。

3.2 模型建立

根据前人的研究成果及玉米螟的生理指标，玉米螟的发生和流行与气象要素的关系密切，因此对黑山地区上年11月至当年5月的光、温、水等气象因子与4—5月的死亡率进行相关普查，结果见表2。

从表2可以看出，4月死亡率与3月下旬、3月、4月下旬平均气温相关显著，均呈负相关关系，相关系数分别为-0.911、-0.779和-0.776，其中与3月下旬平均气温达到极显著负相关，说明温度越低，死亡率越高。这里只考虑气象条件进行通径分析，表3通径分析结果表明，3月下旬平均气温对冬季的死亡率的直接效应最大（直接通径系数为-0.74），在2个相关因子中占第1位，且通过其他相关因子

表2 气象因子与玉米螟4月和5月死亡率的相关系数

相关系数	4月百秆活虫	4月死亡率	5月死亡率
1月上旬平均气温	-0.747*	-	-
3月下旬平均气温	-	-0.911**	-
3月平均气温	-	-0.779*	-
4月下旬平均气温	-	-0.776*	-
5月平均气温	-	-	-0.799*
11月中旬平均气温	-0.840**	-	-
11月平均气温	-0.731*	-	-
1月上旬最低气温	-0.789*	-	-
2月中旬最低气温	-0.710*	-	-
3月下旬最低气温	-	-0.891**	-0.783*
3月最低气温	-	-0.708*	-
11月中旬最低气温	-0.928**	-	-
1月下旬降水量	0.817*	-	-
3月上旬降水量	-	-	0.744*
4月下旬降水量	0.851**	-	-
3月上旬日照时数	-	-	-0.715*
3月日照时数	-0.724*	-	-
4月下旬日照时数	-0.730*	-	-
4月日照时数	-0.813*	-	-

注：*为达到0.05显著水平，**为达到0.01极显著水平。

表3 玉米螟4月死亡率与气象因子的通径分析结果

作用因子	直接作用	X_1	X_2	总影响
3月下旬平均气温(X_1)	-0.74241	-	-0.16850	-0.91091
3月平均气温(X_2)	-0.33922	-0.36878	-	-0.708

的间接效应甚微。因此，3月下旬平均气温高低是影响冬季死亡的最主要因子；3月平均气温对冬季死亡率的直接效应相对较小（直接通径系数为-0.34），它通过第一个因子对死亡率的间接效应为-0.37，大于它本身的影响。

根据3月下旬的平均气温与4月的死亡率建立线性回归方程，回归方程：

$$Y = 29.637 - 3.766X_1 \quad (4)$$

式(4)中， X_1 为3月下旬平均气温。相关系数 R 为0.911，复相关系数 $RR = 0.830$ ，通过了0.001水平的显著性检验，证明方程是可用的。用1995—2004年资料回代，预报准确率为88%以上的年份占75%以上。

从方程可以看出，就黑山地区而言，3月下旬平均气温越低，玉米螟的死亡率越高。3月下旬平均气温每降低1℃，玉米螟死亡率升高3.766%。

从表2可以看出，5月死亡率与5月平均气温、3月下旬最低气温相关显著，均呈负显著相关关系，相关系数分别为-0.799和-0.783，说明温度越低，死

亡率越高。与3月上旬降水量呈显著正相关，相关系数为0.744，表明降水量越多，死亡率越高。与3月上旬日照时数呈显著负相关，说明日照越高，死亡率越低。用上述4个因子建立5月观测的幼虫死亡率的逐步回归方程：

$$Y = 348.66 - 18.47X_1 \quad (5)$$

式(5)中， Y 为5月死亡率， X_1 为5月平均气温。相关系数 R 为0.799，复相关系数 $RR = 0.9038$ ，通过了0.05水平的显著性检验，证明方程是可用的。用建立回归方程的资料回代，历史拟合率达82%的样本占40%。

从方程可以看出，就黑山地区而言，5月平均气温越低，玉米螟的死亡率越高。5月平均气温每降低1℃，玉米螟死亡率升高18.47%，由此可见5月的平均气温对玉米螟的发生发展影响较大。

3.3 基于越冬前死亡率建模

以上分析只考虑了气象因子，因为玉米螟的发生发展，不但与气象因子有关，还与虫源基数有很大的关系，没有虫源基数，即使气象条件再适合它发

展,也不会造成大发生,因此对冬后死亡率与越冬前死亡率和气象因子进行了通径分析。表4通径分析

表4 玉米螟4月死亡率与气象因子和越冬前死亡率的通径分析结果

作用因子	直接作用	X_1	X_2	X_3	总影响
3月下旬平均气温(X_1)	-0.84294	-	0.01460	-0.08257	-0.91091
小于-20℃日数(X_2)	-0.22387	0.05499	-	0.19223	0.02335
越冬前死亡率(X_3)	0.44979	0.15474	-0.09567	-	0.50886

表明,3月下旬平均气温对4月死亡率的直接效应最大(直接通径系数为-0.84),在3个相关因子中占第1位,且通过其他相关因子的间接效应甚微。因此,3月下旬平均气温高低是影响玉米螟死亡的最主要因子;越冬前死亡率对4月死亡率的直接效应相

对较小(直接通径系数为0.45),在3个相关因子中占第2位,小于-20℃日数对4月死亡率的直接效应为-0.22,占第3位,直接作用较小。

根据分级及指标确定方法,确定以下指标(表5)。

因此用上述3个因子与4月的死亡率建立线性

表5 影响因子分级及权重系数

分级	1级	2级	3级	4级	5级	权重
3月下旬平均气温	>6.49	4.55—6.49	3.04—4.55	1.31—3.04	≤1.31	0.56
小于-20℃日数	≤0	0—4	4—5	5—29	>29	0.15
越冬前死亡率	≤0.00	0.00—1.94	1.94—2.90	2.90—20.54	>20.54	0.30

回归方程,回归方程:

$$Y = 27.52 - 3.48X_1 - 0.13X_2 + 0.35X_3 \quad (6)$$

式(6)中, Y 为4月死亡率, X_1 为3月下旬平均气温, X_2 为小于-20℃的日数, X_3 为越冬前死亡率。相关系数 R 为0.997,复相关系数 $RR=0.991$,通过了0.01水平的显著性检验,证明方程是可用的。用建立回归方程的资料回代,历史拟合率为82%以上,其中拟合率在95%以上的样本占75%。用此方程计算2005年的死亡率为14.67%,预报准确率达96%,见图2。

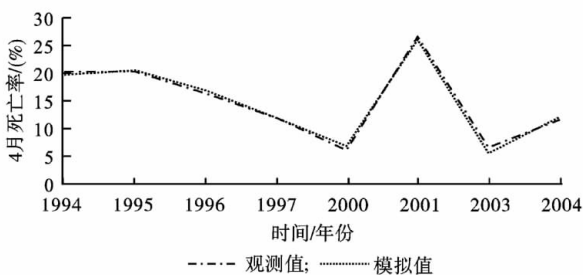


图2 玉米螟4月死亡率的拟合变化曲线

利用对5月死亡率有较大影响的气象因子和4月死亡率和冬季死亡率进行通径分析。表6通径分析表明,5月平均气温对5月死亡率的直接效应最大(直接通径系数为-1.017),在多个相关因子中占第1位,且通过其他相关因子的间接效应甚微。因此,5月平均气温高低是影响5月死亡率的最主要因子;越冬前死亡率对5月死亡率的直接效应相对较小(直接通径系数为0.52),在3个相关因子中占第2位。

根据上面的指标确定方法,确定指标见表7。

因此利用上述2个因子与5月的死亡率建立线性回归方程:

$$Y = 427.66 - 23.5X_1 + 1.14X_2 \quad (7)$$

式(7)中, Y 为5月死亡率, X_1 为5月平均气温, X_2 为越冬前死亡率。相关系数 R 为0.930,复相关系数 $RR=0.864$,通过了0.01水平的显著性检验,方程的决定系数达到了0.86,证明方程是可用的。用建立回归方程的资料回代,历史拟合率达90%的年份占62%,见图3。

表6 玉米螟5月死亡率与气象因子和越冬前死亡率通径分析结果

作用因子	直接作用	X_1	X_2	总影响
5月平均气温	-1.01677	-	0.21783	-0.79894
越冬前死亡率	0.52279	-0.42366	-	0.09913

表7 影响因子分级及权重系数

分级	1级	2级	3级	4级	5级	权重
5月平均气温	>18.49	17.74—18.49	17.74—16.74	16.74—15.86	≤15.86	0.66
越冬前死亡率	≤0.00	0.00—1.94	1.94—2.90	2.90—20.54	>20.54	0.34

以上分析可以看出,玉米螟4月和5月死亡率与越冬前的死亡率有很大关系。

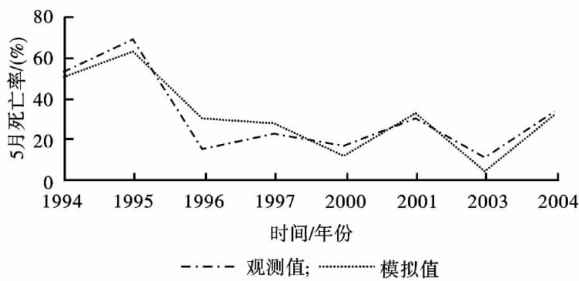


图3 玉米螟5月死亡率拟合变化曲线

3 结论与讨论

通过对玉米螟越冬期的气象条件分析,发现玉米螟4—5月的死亡率,不仅受冬季气象因子的影响,还受3—4月间的气象因子影响,而且在模拟过程中考虑越冬前死亡率和不考虑越冬前死亡率的准确率相差很大,结果如下。

(1)3—5月间的气象条件对玉米螟影响最大。3月下旬和5月平均气温越低,玉米螟死亡率越高。3月下旬平均气温每降低1℃,玉米螟死亡率升高3.766%。5月平均气温每降低1℃,玉米螟死亡率升高18.47%。

(2)从对考虑越冬前玉米螟死亡率和不考虑越冬前死亡率的分析表明,即使气象条件非常有利于

玉米螟的发生发展,但如果越冬虫源很少,也不会造成大的发生。通过模型的模拟结果可以看出,考虑越冬前死亡率的拟合率明显高于不考虑越冬前死亡率的拟合率,因此在对玉米螟进行预报时必须考虑越冬前的死亡率。

参考文献

- [1] 中国农作物病虫害编辑委员会. 中国农作物病虫害(上册)[M]. 北京:农业出版社,1979:492—502.
- [2] 王振营,鲁新,何康来,等. 我国研究亚洲玉米螟历史、现状与展望[J]. 沈阳农业大学学报,2000,31(5):402—412.
- [3] 白山,侯少众. 辽阳地区玉米螟发生条件分析与预报模式[J]. 气象与环境学报,2006,22(5):66—68.
- [4] 马表森,李建平,陈玉文. 不完全二代区玉米螟种群动态的生态过程与发生量预测[J]. 玉米科学,1995,3(3):71—74.
- [5] 黄春艳,顾成玉,朱传楹. 北方一代区玉米螟发生量预测及防治决策模型研究[J]. 植物保护,1999,25(3):16—17.
- [6] 胡明峻. 中国主要害虫综合防治[M]. 北京:科学出版社,1979:281—300.
- [7] 李建平,谢为民,鲁新. 影响吉林省亚洲玉米螟一代发生区发生量长期预测的关键因子[J]. 玉米科学,1995,(增刊):72—74.

Meteorological conditions of corn borer mortality rate during overwintering and its forecast model

ZHNG Shu-jie¹ LI Guang-xia² ZHANG Yu-shu¹ WU Wei-wei³ WU Jin-wen¹

(1. Institute of Atmospheric Environment, China Meteorological Administration, Shenyang 110016, China;

2. Liaoning Provincial Meteorological Observatory, Shenyang 110016, China; 3. Xingcheng

Agricultural Technology Extension Center, Xingcheng 125100, China)

Abstract: Based on the meteorological data from 1994 to 2004 in Heishan of Liaoning province and the corn borer overwintering data, the meteorological conditions during corn borer overwintering and the relationship with mortality rate were analyzed by path analysis method. Forecast model of the mortality rates during April and May was established. The results indicate that the mortality rates of corn borer are significantly influenced by the meteorological conditions from March to May. The mortality rates of this period are higher than those of prophase. The forecast model can display the relationship between meteorological conditions and mortality rates during corn borer overwintering, which can be used as the reference in forecast operation. The accuracy rates of the forecast are better if the mortality rates of corn borer before overwintering are considered. It shows that the forecast of corn borer mortality rates is not accurate if the meteorological conditions are only considered. Thus, the larva basic number should be considered.

Key words: Corn borer; Overwintering mortality rate; Meteorological factor; Forecast model