

河泛蝗区东亚飞蝗发生量预测模型的建立

吕国强¹, 曹雯梅², 王建强³, 程亚樵², 冯晓东⁴

(1. 河南省植物保护植物检疫站, 河南 郑州 450002; 2. 河南省农业职业学院, 河南 中牟 451450;
3. 农业部种植业管理司, 北京 100026; 4. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100026)

摘要: 为使河南省河泛蝗区飞蝗防治工作有计划、有目标、有重点的进行, 运用统计学理论, 采用 5 个重点河泛蝗区县 1988—2007 年共 20 年的蝗情调查数据, 组建了以预测预报为主要功能的蝗虫基数与下代蝗虫发生量的预测模型。各模型的拟合优度高。同时对回归预测模型进行了历史回查和试报, 历史回查效果表明, 无论夏蝗或秋蝗, 均以发生面积的预测模型相对准确率最高, 均高于 90%, 达标面积的次之, 为 60%~85%, 平均密度的较低, 为 35.8%~55%; 试报结果与历史回查结论一致。

关键词: 河泛蝗区; 蝗虫基数; 发生量; 预测模型

中图分类号: S431 S433.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2009)05-0070-04

东亚飞蝗属毁灭性农业生物灾害, 对我国粮食安全、生态安全、农民增收、社会安定影响很大。自 20 世纪 80 年代中期以来, 我国飞蝗发生范围和危害程度呈扩大趋势, 常年发生危害面积接近 150 万 hm^2 次, 东亚飞蝗适生环境为地势低洼、易涝易旱, 或水位不定的河库湖滩地或沿海盐碱荒地。河泛区最易成为飞蝗的繁殖基地。河南省河泛蝗区主要集中在沿黄河两岸的荒滩地, 涉及 21 个县(市、区), 宜蝗面积 23 万 hm^2 。由于黄河水位不定, 河道滚动频繁, 形成大面积荒地或间有耕作粗放的夹荒地, 滋生大量芦苇、莎草、稗草等飞蝗喜食植物, 且难以彻底改造, 其自然条件十分适合蝗虫产卵、繁殖和生长发育。一般年份这些荒地随着水面缩小而增大, 宜蝗面积增加。先涝后旱是导致蝗虫大发生的最重要条件, 在少雨干旱年份, 发生更为严重, 监测防治任务十分繁重。近年来, 各地对东亚飞蝗生物学、生态学及防治技术均开展了一些研究, 取得了一定进展, 但对其发生期及发生量预测预报的研究还很薄弱^[1,2], 在一定程度上影响到防治工作的质量。因此, 对蝗虫发生程度及发生期做出准确的预测预报, 是及时、高效防治蝗虫的基础。目前, 关于草地蝗虫预测预报研究的报道较多^[3~9], 但河泛蝗区蝗虫预测预报方面的研究尚未见报道, 为此, 根据河泛蝗区 5 个县 20 年的调查资料, 借助统计学原理和数学方

法, 以计算机技术为平台, 对影响蝗虫发生量的主要因子及其基数进行了研究, 开发建立了河泛蝗区蝗虫发生量预测模型, 以提供蝗虫及相关信息预报, 为蝗虫的及时、有效防治提供决策性服务。

1 材料和方法

1.1 研究地点

研究所选的中牟、武陟、长垣、原阳、封丘等 5 个县均为河南省最典型的河泛蝗区, 蝗虫发生面积大、蝗灾出现频繁, 对其历史资料进行统计分析具有广泛的代表性。

1.2 研究资料

资料来源于 5 个县 1988—2007 年共 20 年的调查资料。夏蝗发生量主要指夏蝗发生面积、达标面积及平均密度; 秋蝗发生量主要指秋蝗发生面积、达标面积及平均密度。夏蝗、秋蝗发生面积、达标面积见图 1, 夏蝗、秋蝗平均密度见图 2, 资料的变异基本特征见表 1。

1.3 研究方法

1.3.1 选取因子 蝗虫发生量往往是若干因子综合影响的结果, 但必然有一些主导因子, 因此, 应选取相关性高且较为独立的主导因子。从影响蝗虫发生量的基数中选取上季残蝗面积、残蝗密度作为主导因子。

收稿日期: 2008-12-20

基金项目: 国家科技支撑计划(2005BA529A01)

作者简介: 吕国强(1963-), 男, 河南济源人, 推广研究员, 主要从事病虫害测报与防治工作。

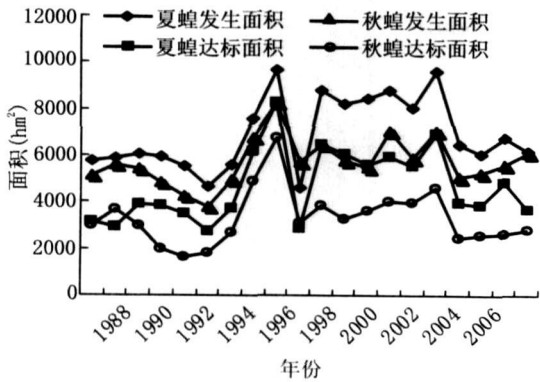


图 1 夏蝗、秋蝗发生面积及达标面积

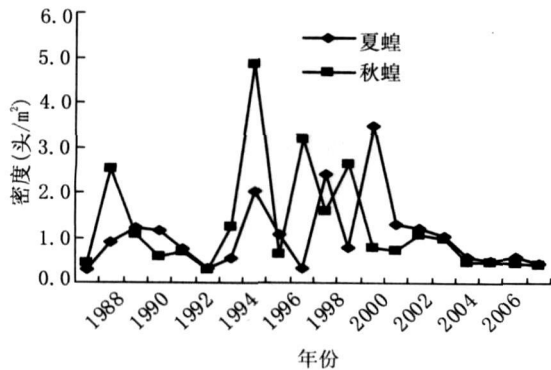


图 2 夏蝗、秋蝗平均密度

表 1 资料的变异基本特征

项目	发生面积(hm ²)		达标面积(hm ²)		平均密度(头/m ²)	
	夏蝗	秋蝗	夏蝗	秋蝗	夏蝗	秋蝗
平均数	6 891.3	5 746.7	4 753.3	3 296.9	1.06	1.26
标准差	1 585.0	1 034.4	1 568.6	1 186.9	0.82	1.18
变异系数	0.23	0.18	0.33	0.36	0.77	0.94

表 2 夏蝗、秋蝗发生量预测模型

模型编号	因子	预测模型	决定系数	F 值
1	上年秋残蝗面积(x_1)、秋残蝗密度(x_2)与夏蝗发生面积(y)	线性: $y=0.7718x_1+0.6480x_2+1630.182$	0.728	22.8**
2	上年秋残蝗面积(x)与夏蝗发生面积(y)	线性: $y=0.8475x+1381.6$ 多项式: $y=8\times10^{-5}x^2-0.2165x+4633.9$	0.710 0.727	44.1**
3	上年秋残蝗面积(x_1)、秋残蝗密度(x_2)与夏蝗达标面积(y)	线性: $y=0.6618x_1+0.7196x_2+94.5885$	0.585	12.0**
4	上年秋残蝗面积(x)与夏蝗达标面积(y)	线性: $y=0.7458x-181.467$ 乘幂: $y=0.8387x^{0.9798}$	0.562 0.594	23.0**
5	上年秋残蝗面积(x_1)、秋残蝗密度(x_2)与夏蝗平均密度(y)	线性: $y=5.82\times10^{-5}x_1+6.56\times10^{-4}x_2-0.3564$	0.472	6.3**
6	上年秋残蝗密度(x)与夏蝗平均密度(y)	线性: $y=0.0025x+0.2739$ 多项式: $y=-3\times10^{-6}x^2+0.0068x-0.527$	0.627 0.719	28.6**
7	夏残蝗面积(x_1)、夏残蝗密度(x_2)与秋蝗发生面积(y)	线性: $y=0.5712x_1+0.2939x_2+2528.631$	0.667	17.0**

1.3.2 建立数学模型 用一系列数学方程将系统各组分之间的关系定量描述,并以统计量 F 值和决定系数 R^2 定量描述模型的优劣,尽量拟合出拟合度高的线性或非线性模型。

1.3.3 模型的检验 对组建的模型,通过历史回查的相对准确率和对 2008 年试报的效果两方面检验其有效性。

2 结果与分析

蝗虫发生量主要指蝗虫发生面积、达标面积、平均密度。由表 1 可以看出,夏蝗发生量的 3 项指标中的平均发生面积和达标面积均高于秋蝗,所以对夏蝗的预测预报及综合防治应作为重点。

2.1 蝗虫发生量预测模型

利用 20 年的数据资料,进行了大量计算机拟合分析,分别筛选出与夏蝗及秋蝗发生面积、达标面积、平均密度相关性较高的因子,并进行回归和逐步回归分析,得出了拟合度较高的蝗虫发生量的线性和非线性预测数学模型,表 2 为夏蝗、秋蝗发生量的预测模型。

根据各回归方程的 F 值及拟合度 C 即决定系数(R^2)的大小,可以客观地评判各回归方程及选用参数的优劣。由表 2 各回归方程的 F 值可以看出,各模型的 F 值均大于 $F_{0.01}$,表明各模型的回归关系均达极显著水平,即自变量与依变量间具有极显著的因果关系,能用自变量预测依变量的变化。

续表 2 夏蝗、秋蝗发生量预测模型

模型编号	因子	预测模型	决定系数	F 值
8	夏残蝗面积(x)与秋蝗发生面积(y)	线性: $y=0.5823x+2.513.6$	0.667	36.0**
		多项式: $y=6\times 10^{-5}x^2-0.129x+4.465.7$	0.683	
9	夏残蝗面积(x_1)、夏残蝗密度(x_2)与秋蝗达标面积(y)	线性: $y=0.5569x_1+2.2203x_2-98.1292$	0.632	14.6**
10	夏残蝗面积(x)与秋蝗达标面积(y)	线性: $y=0.6402x-211.458$	0.612	28.4**
11	夏残蝗面积(x_1)、夏残蝗密度(x_2)与秋蝗平均密度(y)	线性: $y=-0.00036x_1+0.01115x_2+1.5198$	0.511	8.9**

注: 面积单位为 hm^2 , 密度单位为头/ m^2 。F 值为线性模型的 F 值。 $F_{0.05,(1,18)}=4.42$, $F_{0.01,(1,18)}=4.42$, $F_{0.05,(2,17)}=4.42$, $F_{0.01,(2,17)}=4.42$

对具有回归关系的各回归方程, 由拟合优度 C 即决定系数(R^2)可进一步比较各回归方程的优劣。模型 1、2、6 中, 拟合优度即自变量对依变量的决定程度大于 70%, 模型 7、8、9、10 中, 拟合优度大于 60%, 模型 3、4、11 的拟合优度大于 50%, 虽然模型 11 的拟合优度仅为 51.1%, 但已是最优回归方程(x_1 回归显著, x_2 回归极显著), 模型 5 的拟合优度为 47.2%, 也很接近 50%。

总的来看, 夏蝗发生量的预测模型优于秋蝗发生量的预测模型, 发生面积的预测模型优于达标面积的预测模型, 达标面积的预测模型优于平均密度的预测模型。

2.2 模型的检验结果

为检验所组建回归方程的预测效果, 首先利用 20 年的资料进行历史回查, 计算各模型预测值的相对准确率(模型中有 2 个模型时, 用决定系数大的模型计算), 结果见表 3。由表 3 可以看出, 夏蝗发生面积的 2 个模型中, 即模型 1、模型 2 的平均相对准

确率分别为 90.7%、91.7%, 夏蝗达标面积的两模型的平均相对准确率, 分别为 84.7%、84.5%, 而夏蝗平均密度的两模型中, 平均相对准确率均较低, 分别为 42.7%和 52.2%。秋蝗发生量各模型的相对准确率的情况与夏蝗的相似, 即以秋蝗发生面积两模型的平均相对准确率最高, 分别为 90.9%、91.4%, 其次是秋蝗达标面积, 分别为 80.1%和 59.9%, 以平均密度模型的相对准确率最低, 为 35.8%, 并且平均密度的相对准确率中有几个年份为负值, 表明该年份的预测值比观测值大 1 倍以上, 如 1993 年的相对准确率为-60.2%, 而 1990、1994、1995 等年份的相对准确率高于 90%, 即年份间相对准确率差异很大。

从表 2 可知, 模型 6 的决定系数和 F 值均比模型 3、4 的大, 模型 11 也已是最优回归方程, 其相对准确率较低的原因是密度数据资料的变异性远比面积资料大(图 1、2 及表 1 已显示), 尤其是秋蝗的密度资料, 导致模型历史回查时相对准确率低。

表 3 回归模型对建模内数据预报值的相对准确率 (%)

年份	夏蝗发生量回归模型						秋蝗发生量回归模型					
	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6	模型 7	模型 8	模型 9	模型 10	模型 11	
1988	95.4	95.0	90.5	90.5	52.9	2.4	91.8	94.2	73.8	58.4	-20.1	
1989	95.4	94.6	80.0	80.0	64.1	64.9	90.9	90.5	72.7	59.2	70.0	
1990	99.1	98.4	98.6	98.4	53.3	54.3	89.7	90.7	79.3	58.8	94.7	
1991	97.5	99.7	97.4	96.7	75.0	43.8	99.3	99.2	79.9	58.6	-32.3	
1992	81.3	85.2	75.2	75.9	28.7	64.5	79.3	80.4	34.5	59.3	-2.6	
1993	92.3	97.1	88.6	86.2	12.7	-10.4	78.2	73.5	86.5	58.1	-60.2	
1994	99.0	99.8	95.0	95.5	74.6	74.9	93.3	94.7	95.9	59.5	96.3	
1995	79.3	76.6	63.1	61.6	19.3	65.9	97.9	95.2	99.1	61.0	95.0	
1996	84.6	84.9	69.6	68.9	30.9	52.6	91.3	95.0	77.5	61.6	53.5	
1997	75.7	77.2	73.9	73.2	40.6	53.1	83.0	85.2	69.4	58.4	27.9	
1998	89.9	81.5	88.2	77.9	32.3	62.8	95.0	93.0	95.9	60.7	41.9	
1999	90.6	99.8	90.1	94.6	30.5	52.1	97.8	99.6	92.7	60.4	47.7	
2000	95.7	96.9	85.9	92.5	38.7	87.6	97.4	99.7	87.3	60.1	86.7	
2001	91.9	92.5	95.7	95.5	38.2	98.8	87.5	85.7	91.9	60.7	87.1	

续表 3 回归模型对建模内数据预报值的相对准确率 (%)

年份	夏蝗发生量回归模型					秋蝗发生量回归模型					
	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6	模型 7	模型 8	模型 9	模型 10	模型 11
2002	99.8	99.5	98.6	98.9	48.7	91.9	82.0	81.5	83.6	61.2	84.6
2003	93.3	98.1	93.3	92.9	54.2	52.5	98.6	98.9	97.9	61.2	55.7
2004	81.2	82.5	65.8	66.3	53.4	-9.6	89.3	91.9	69.9	60.1	-24.6
2005	95.7	98.2	93.0	92.1	40.4	90.6	89.1	91.8	69.7	60.3	2.3
2006	98.0	95.8	91.2	92.2	34.6	84.0	91.7	94.2	63.2	60.6	-4.5
2007	79.0	80.7	61.1	60.8	31.1	-32.7	94.9	92.7	80.3	60.3	17.0
平均	90.7	91.7	84.7	84.5	42.7	52.2	90.9	91.4	80.1	59.9	35.8

其次,为检验所组建回归方程的实际效果,又进行了试报试验,即用回归方程事先对中牟 2008 年蝗虫发生面积、达标面积及平均密度算出预测值,再与中牟的实际调查值进行比较,结果见表 4。表 4 表明,夏蝗和秋蝗发生面积及达标面积模型的相对误差较小,均低于 25%,而平均密度模型的相对误差较大,其中秋蝗的高于 70%。该模型经过 1 年的试报应用,夏蝗、秋蝗发生面积及达标面积模型预测值与实际调查值之间的相对误差较小,预测准确性较高,能进行有效的预测;而平均密度模型预测值与实际调查值之间的相对误差较大,预测准确性低,模型的有效性差。试报结果与历史回查结论一致。

表 4 2008 年蝗虫发生量预测值与实际调查值间的相对误差 (%)

调查地点	夏蝗			秋蝗		
	发生面积	达标面积	平均密度	发生面积	达标面积	平均密度
中牟	18.2	24.9	46.7	11.6	14.8	73.9

3 小结及讨论

1) 本研究新建立的蝗虫发生量预测模型,从模型的 F 值及拟合度 C 来看,均达到了极显著水平,模型均有效。但对模型的历史回查和 1 年的试报表明,蝗虫(包括夏蝗和秋蝗)发生面积和达标面积模型相对误差小,准确率较高;而平均密度模型相对误差较大,准确率低,应进一步分析其准确率低的原因。对于暴发性发生的蝗虫来说,掌握其发生规律,可以从影响蝗虫数量变化的因子中,以主导因子变化动态作为蝗虫数量变化的动态。因此,河泛蝗区蝗虫发生量预测预报模型的建立,将为河泛蝗区蝗虫决策提供可靠的信息与服务,提高决策部门系列化综合服务水平,使蝗虫防治工作主动、科学、经济,并取得良好的经济、环保、生态和社会效益。

2) 本研究对蝗虫发生量动态预测模型仅单纯

进行了数量上的统计,没有考虑影响性性状变化的原因,而王杰臣^[4]利用多级模糊综合评判方法,分别从时间和空间上对生境适宜性进行评价,利用评价结果反映未来蝗虫发生的潜在可能性,是蝗虫研究的新方法。

3) 本研究仅就影响蝗虫发生量的蝗虫基数进行了回归分析,而气象因子对其发生量也有重要影响,有待进一步研究。虽然建立了预测模型,但缺乏预测预报信息服务系统机制及网络建设。所以,今后应努力组建蝗虫测报信息系统,全方位、多方面为蝗虫预测预报及防治提供更准确、有效的服务。

参考文献:

[1] 郑云飞. 中国历史上的蝗灾分析[J]. 中国农史, 1990 (4): 38—50.

[2] 陈永林. 蝗虫灾害的特点、成因和生态学治理[J]. 生物学通报, 2000, 35(7): 1—5.

[3] 柳小妮, 将文兰. 甘肃省草地蝗虫测报系统研究现状[J]. 甘肃农业大学学报, 2004, 39(5): 562—566.

[4] 王杰臣. 遥感与 GIS 支持下环青海湖地区草地蝗虫测报方法与模型研究[J]. 测绘学报, 2001, 18(3): 281—285.

[5] 冯光翰, 李镇清, 杜国桢, 等. 草地蝗虫种群数量消长数字模型研究[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 1994, 30 (1): 100—103.

[6] 刘长仲, 杨延彪, 马隆喜, 等. 甘加高山草原蝗虫预测模型的研制[J]. 四川草原, 1999(3): 36—39.

[7] 刘长仲, 冯光翰, 王俊梅, 等. 皱膝蝗发生规律及预测预报的研究[J]. 草业学报, 1998, 7(3): 46—50.

[8] 李镇清, 冯光翰. 草地蝗虫成虫种群动态的模糊聚类分析[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 1994, 30(数学专辑): 301—304.

[9] 陈本建. 应用马尔可夫链方法测报草原蝗虫[J]. 草业科学, 1999, 16(2): 37—40.