

棉铃虫风险发生区的确定与评估

王正军, 李典谟*, 谢宝瑜

(中国科学院动物研究所, 农业虫鼠害综合治理研究国家重点实验室, 北京 100080)

摘要:以河北省中南部地区作为研究区,应用 GIS 技术和地统计学方法就某一阈值的风险区、某一阈值的发生概率地图进行了探讨,并对该地区棉铃虫二代卵发生的历史数据(1980~1997)进行了空间模拟,在此基础上得到风险发生区和高风险区地图。二代棉铃虫卵发生的地域特点是,重发生区位于研究区的西部和南部部分地区,而轻发生区位于东北部,从东北至西南,棉铃虫发生程度趋于加重,其中西部的阜平县、曲阳县、行唐县、灵寿县、平山县等地以及南部的邯郸市、磁县、临漳县、魏县等地发生最重,属于二代棉铃虫高风险发生地,而东北的遵化市、玉田县、丰润县、唐山市、丰南县等地最轻。通过对风险发生区与各个影响因子如气象、耕作制度、高程、一代蛾量等的定性和定量的分析,认为影响棉铃虫发生的主要因子为气象因子,包括温度与降雨。就二代卵而言,主要影响因子为 6 月降雨量的大小,其次为耕作制度如小麦、棉花种植比例和一代蛾量。此外,环境因子如海拔高度、植被覆盖大小也对棉铃虫的发生有一定的影响。通过综合分析确认研究区棉铃虫高风险发生地(重发生区及中偏重发生区)具有一些显著特点,即海拔较高、多山地和高原、有较多沙土、自然植被覆盖率高、小麦种植比例较高、降雨偏少、温度较高、湿度较低、一代蛾量较高。

关键词:棉铃虫; 风险发生区; 确定; 评估

Determination and assessment for risk areas of the *Helicoverpa armigera* Hübne

WANG Zheng-Jun, LI Dian-Mo*, XIE Bao-Yu (State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(12): 2642~2652.

Abstract: As a rule, it is called the pest existent areas in which insect pest is present, whereas the risk areas are some places where pest population density exceeds the economic threshold. The risk areas can be divided into different regions such as low, lower, moderate, higher, high outbreak areas according to the outbreak degree. It is important to regional pest management to determine the risk areas, for example, we can use different control measures for corresponding outbreak regions.

In this study, the Geographic Information System (GIS) technology and geostatistics method are used to determine the risk areas and outbreak probability for the specific economic threshold in the central and

基金项目:国家重点基础研究发展规划“973”资助项目(TG2000016210);中国科学院创新方向资助项目(kscx2-sw-103, kscx2-1-02);国家自然科学基金资助项目(30170158;30170596)

收稿日期:2003-08-06;修订日期:2003-10-26

作者简介:王正军(1968~),男,陕西人,博士,主要从事昆虫生态学研究。E-mail: wangzj@panda.ioz.ac.cn

* 通信作者 Author for correspondence, E-mail: lidm@panda.ioz.ac.cn

Foundation item: the National Key Basic Research Special Foundation Project of China (No. TG2000016210), the Project of Knowledge Innovation of CAS (No. kscx2-sw-103, No. kscx2-1-02), and the National Natural Science Foundation of China (No. 30170158; No. 30170596)

Received date: 2003-08-06; Accepted date: 2003-10-26

Biography: WANG Zheng-Jun, Ph. D., main research field: insect ecology. E-mail: wangzj@panda.ioz.ac.cn

southern part of Hebei province. Moreover, the risk area and high risk area maps are acquired by modeling the historical data of the 2nd generation eggs of *Helicoverpa armigera* Hübne from 1980 to 1997.

The distribution characteristics of the 2nd generation eggs are that the density grades are high in southwest, whereas its grades are low in northeast in the study areas. From northeast to southwest, the densities of eggs become higher and higher. The grades are the highest in Fuping, Quyang, Xingtang, Lingshou, Pingshan, Handan, Linzhang, Wei county, etc. and the lowest in Zunhua, Fengtian, Fengrun, Tangshan, Fengnan, etc. .

Based on the qualitative and quantitative analysis to the relation between the risk areas and impact factors such as meteorology, cropping system, elevation, the 1st generation moth quantity, etc. . We found that the meteorological factors including temperature and rainfall were the primary factors, the rainfall in the June was key factor, and the cropping system, the proportion of the wheat and cotton area to the whole area areas, the moth quantity of the 1st generation had effects remarkably to 2nd generation eggs. Besides, environmental factors such as elevation, natural vegetation abundance degree and their proportion to the whole area had some advantage to development of the eggs. The higher elevation, more mountain and tableland, more sandy soil, abundance natural plant, higher wheat plant proportion, less rainfall, higher temperature, lower humidity and higher moth quantity of the 1st generation are characteristics of the high risk areas of *Helicoverpa armigera* Hübne.

Three kinds of risk areas have different significance and role to pest management activity. It can be acquired by analyzing the history data for potential risk areas, the aim building this kind of risk areas is to explore the key factors and pest population outbreak mechanism, moreover it is also the foundation of the prediction model. If we want to know about outbreak in the specific area and year when population density exceeds the economic threshold, it can be completed by appropriate interpolation methods and query commands in a GIS environment, and if we just want to know outbreak probability exceeding the specific economic threshold, it can be made by using the Indicator Kriging methods.

We need to know about the locations of risk areas, more important to understand the outbreak mechanism and predict outbreak trends for regional pest management. And the injury can be reduced to least level just by grasping and forecasting precisely outbreak trends and risk areas. In this study, assessment and analysis synthetically to risk areas is made by relating with some impact factors such as meteorology, cropping system, population quantity, etc. .

Key words: *Helicoverpa armigera* Hübne; risk area; determination; assessment

文章编号:1000-0933(2003)12-2642-11 中图分类号:Q968 文献标识码:A

一般而言,有某种害虫发生或出现的区域称为该种害虫的发生区,而风险发生区是指害虫密度达到或超过经济阈值(economic threshold 简称 ET)的地区。经济阈值也叫防治指标,是指害虫的某一密度,在此密度下应采取控制措施,以防止害虫密度达到经济损失允许水平(economic injury level, 简称 EIL, 即由防治措施增加的产值与防治费用相等时的害虫密度)^[1]。可以根据为害的程度将风险发生区分为不同的等级如轻发生、中偏轻、中发生、中偏重和重发生区。将害虫的发生分区主要是为了便于管理,例如可以根据不同的发生区采取不同的管理和防治措施。

风险发生区的确定存在两种情况:(1)根据历史发生情况确定风险发生区。这种情况下确定的风险区具有稳定性和潜在性的特点,因为在一般情况下,害虫在该地具有导致为害的地理、气候等比较稳定的因子,如果人为因素如耕作制度等因子没有大的变化,这种风险区最易导致害虫的为害。(2)对风险区进行预测。它不同^{于特定数据}的预测,预测发生区的模型含有空间

因子,即不仅能够预测害虫发生的数量,还能够确定不同密度水平的害虫所在的地理位置。依据历史

情况确定风险发生区只是风险分析的第一步,更重要的是揭示风险区形成的机制和导致害虫大发生的原因或关键因子,而预测风险区则要在掌握风险区形成的基础上,通过建立时空预测模型来实现。因此,风险区的确定与评估是揭示害虫区域性暴发的必要环节,也是害虫区域性预测的前提。在大尺度的生态系统中,由于存在空间异质性,各地影响害虫动态的因子千差万别,确定影响害虫发生的关键因子比较困难。对此学者们从不同的角度进行了探讨。例如,Fielding 和 Brusven 利用 GIS 将蝗虫密度的历史数据与各地的生态条件联系起来分析高密度发生区域的生态特征,结果证实受野火和其它原因造成的灌木破坏导致了蝗虫的高密度发生^[2];Liebhold 等^[3]通过 GIS 将舞毒蛾毁叶频数与森林的种类联系起来考察舞毒蛾毁叶与森林的种类的关系,结果表明最易遭受毁叶的种类为松树,进一步的列联表分析表明,在海拔 200m 以下,松树的毁叶程度有降低的趋势^[3]。

对棉铃虫的发生进行分区的研究很少,杨燕涛等依据土壤特性对江苏省通州市的棉铃虫发生进行了区域划分^[4],但该研究仅涉及土壤因素,没有联系气候、耕作制度等更多重要的因子综合考虑。在棉铃虫发生动态的分析方面报道较多^[5~8],但基本上未有联系空间特征因子进行定性和定量分析。因此,本文拟应用 GIS 和地统计学方法对 1980~1997 年 18 年的棉铃虫二代卵的密度进行空间分布模拟,在此基础上得到二代棉铃虫风险区地图,并结合气象、耕作制度、地形地貌、一代蛾量等因子对各个发生区进行综合分析和评估,其目的是确定河北省棉铃虫风险发生区,揭示风险区形成的机制,并为区域性管理提供理论依据。

1 研究区域和数据

以河北省中南部地区作为研究区域,共涉及的抽样点为 36 个(图 1)。

研究使用的数据包括:研究区边界图(1:100 万)、研究区数字高程模型 DEM(1:25 万)、土地利用图(1:100 万)、土壤质地(1:400 万)、植被图(1:400 万)、地貌图(1:400 万)、水系(1:50 万)等;各抽样点 5 月和 6 月各旬的平均气温、旬降雨量、5 月和 6 月的月平均气温、月降雨总量、温雨系数、温湿系数、降雨强度以及高程数据;各年小麦和棉花的种植面积比例、一代蛾量等。

其中,降雨强度=降雨总量/降雨天数,温湿系数=平均相对湿度/平均温度,温雨系数=降雨总量/平均温度。

2 研究方法

2.1 具有某一阈值的风险区的确定

具有某一阈值的风险区是指以害虫发生的某一风险等级密度值作为指标,确定高于或等于这一密度的所有区域,将这些区域作为各年相应地的等级风险区。此外,也可以人为地确定某一个感兴趣的数值指标,并划分出有关的区域作为制定害虫宏观管理策略的依据。在此,以 1991 年的发生为例,以 500 粒/百株作为风险阈值指标(大于这个阈值的地区其发生等级为中等偏重发生或重发生),将该年插值地图中大于或等于 500 粒/百株的区域提取出来,即形成 1991 年的高风险区。

2.2 具有某一阈值的发生概率地图的确定

发生概率是指发生的可能性大小,发生概率地图是将这种可能性大小用地图的形式表现出来,以说明研究区所有地方害虫暴发的可能性。发生概率地图可以通过合适的插值方法予以实现,而指示克立格方法就是实现这种插值的比较好的方法之一。指示克立格(Indicator Kriging)的计算公式可以表示为:

万方数据

$$i(x;k) = \begin{cases} 1 & \text{if } z(x) \leq k \\ 0 & \text{if } z(x) > k \end{cases}$$

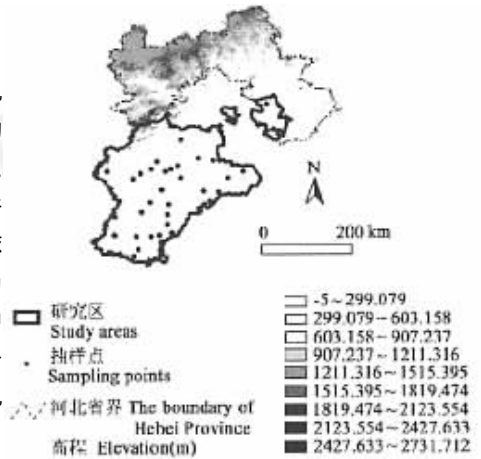


图 1 研究区和抽样点所在位置

Fig. 1 The locations of the study areas and sampling points

在此,指示变量 $i(x;k)$ 既是位置 x 的函数,也是阈值 k 的函数^[9]。 $i(x;k)$ 是二进制变量,可以通过对连续数据进行阈值变换将其转变成二进制数据,即 0 或 1。指示克立格对未知点的插值结果在 0 和 1 之间,或者说其结果为 1 的概率,即用 1 所表示的类的概率。如果用阈值建立指示变量,那么用指示克立格插值所得到的地图中各点的值就表示高于或低于阈值的概率。

在本研究中以 1991 年为例,将 500 粒/百株(为中等偏重发生等级)作为阈值指标,通过指示克立格方法确定该年各地害虫密度大于这个阈值的概率。

2.3 风险发生区的确定

首先生成 1980~1997 年 18a 的卵的分布地图。针对各年的具体情况,分别采用了 Ordinary kriging、Ordinary Cokriging 和 Simple kriging 3 种插值方法,选用哪种方法是根据预测误差为最小的原则。同样,应用 Ordinary Cokriging 插值时,选择插值时误差最小的变量作为协变量。参与 Ordinary Cokriging 插值的协变量包括:5 月和 6 月份各旬的平均气温、旬降雨量;5 月和 6 月的月平均气温、月降雨总量、温雨系数、温湿系数、降雨强度以及高程数据;各年小麦和棉花的种植面积比例等。空间变异的模拟使用了球型模型、指数模型和高斯模型,空间估值采用邻域搜索法。

对各年的发生分布图求和并求均值,即得到卵在 18a 的平均分布图。由于这个结果表示的是多年的平均,因此不能简单地用经济阈值来划分风险区。在此,将最后的结果图用密度等间隔的方法分为五个等级,即轻发生、中偏轻、中度发生、中偏重、重发生区,生成的等级地图即为棉铃虫二代卵的风险发生区。将中偏重和重发生区中的耕地部分提取出来构成了二代棉铃虫卵的高风险发生区。

2.4 风险区的评估

主要根据各个因子(包括属性数据和空间数据)的分布图与棉铃虫发生区地图进行叠加,判断不同的发生等级所在区域的情况,对棉铃虫各个发生区的形成机制进行定性分析。在此基础上,对各发生区内所有格子的相应因子的属性值进行统计,得到各个发生区的属性因子量化特征表。

分布模拟、风险区的确定以及影响因子的分析是在地理信息系统软件 ArcGIS 8.1(ESRI Inc. 2001)和 ArcView GIS 3.2(ESRI Inc. 1999)的支持下进行的。

3 研究结果

3.1 具有某一阈值的风险区的确定

1991 年棉铃虫二代卵的密度大于等于 500 粒/百株的区域如图 2 所示。这一区域位于西部和南部的高海拔地带,占地面积约为 4.5 万 km^2 ,为研究区面积的 48.2%。

3.2 具有某一阈值的发生概率地图的确定

应用 Indicator Kriging 方法对 1991 年的卵密度插值得到该年的发生概率地图(图 3),发现发生密度大于 500 粒/百株的概率在各地有明显不同,发生概率高的区域同图 2 一样位于西部和南部,概率大于 60% 的地区所占面积比例为 27.5%,而概率低的地区位于东部和北部,其中发生概率低于 40% 的地区所占面积比例为 56.8%。由此看到,1991 年研究区除少部分地区外,中等偏重发生的概率普遍较低。

3.3 棉铃虫风险发生区的确定

通过计算得到河北省棉铃虫二代卵的风险发生区地图(图 4),各等级区划所占面积分别为轻发生区 0.66 万 km^2 (占整个研究区的 7.08%)、中偏轻发生区 0.92 万 km^2 (占 10.11%)、中发生区 1.23 万 km^2 (占 13.15%)、中偏重发生区 3.34 万 km^2 (占 35.66%)、重发

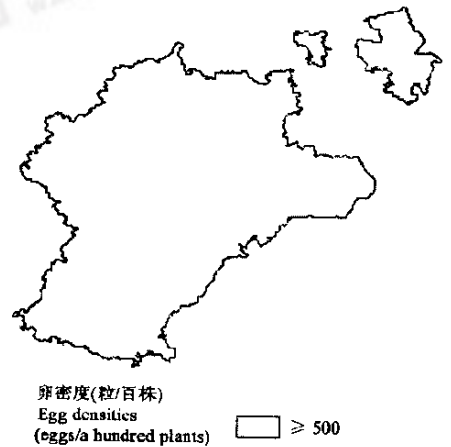


图 2 卵的密度大于或等于 500 粒/百株的区域
Fig. 2 The regions where the egg densities equal or exceed 500 eggs/a hundred plants

生区 3.21km²(占 34.3%)。其中中偏重等级所占面积最大,其次为重发生区。

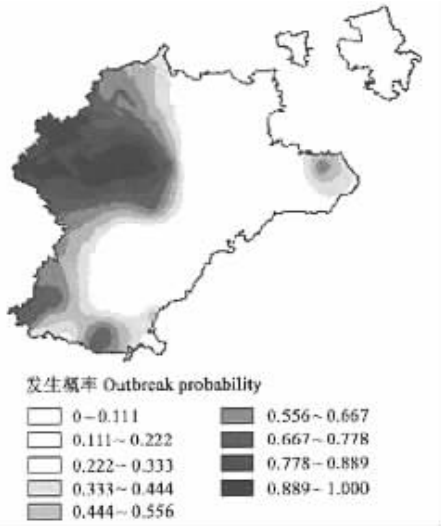


图 3 1991 年研究区棉铃虫二代卵的密度大于 500 粒/百株的概率

Fig. 3 The probability that the 2nd generation egg densities of *Helicoverpa armigera* Hübne exceed 500 eggs/a hundred plants in study areas in 1991

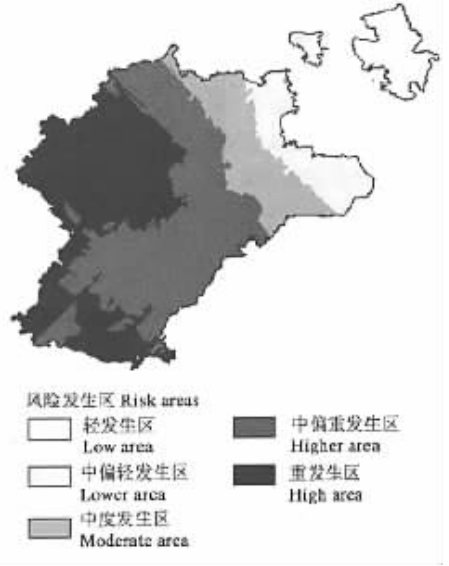


图 4 二代棉铃虫的风险发生

Fig. 4 The risk areas of the 2nd Generation *Helicoverpa armigera* Hübne

二代棉铃虫卵发生的地域特点是,重发生区位于研究区的西部和南部部分地区,而轻发生区位于东北部,从东北至西南,棉铃虫发生程度趋于加重,其中西部的阜平县、曲阳县、行唐县、灵寿县、平山县等地以及南部的邯郸市、磁县、临漳县、魏县等地发生最重,属于二代棉铃虫高风险发生地,而东北的遵化市、玉田县、丰润县、唐山市、丰南县等地最轻。

为了对高风险区有一个明确的认识,将中偏重和重发生区从发生区地图中提取出来,并将其它的非耕地部分从其中剔除,最后得到比较精确的高风险区地图(图 5)。

3.4 影响因子在棉铃虫发生区形成中的作用

整个研究区的环境特点是西部和西南部靠省界一带和东北少部为高海拔地区(图 1),这些高海拔地区多为山地、丘陵和台地(图 6),其间分布有丰富的植被和比较密集的河流(图 7,图 8)。而东部和中部等大部分地区为低海拔的平原地带,以耕地为主,也有零星分布的少量的林地和草地(图 9),平原地区的灌溉渠道比较密集。从土壤的质地看,大部分地区的土壤为壤土,部分地区也有少量的沙土和粘土等(图 10)。

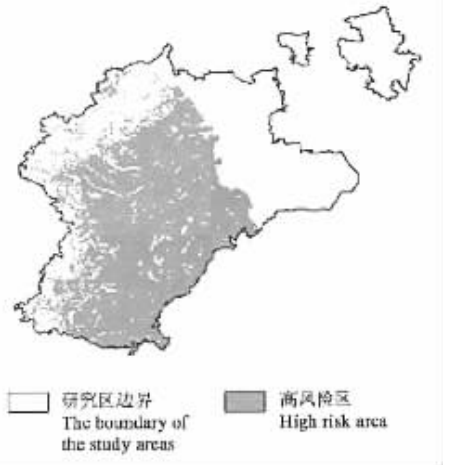


图 5 高风险发生区

Fig. 5 The locations of the high risk areas

观察各个发生区可以发现,高海拔地区主要为重发生区和中偏重区。这两个区的西部山地以外的地区则是相对平原(图 10)以耕地为主。此外,沙质土壤也基本存在于这两个地区(图 10)。地势的直接影响是植被、水系、耕作制度以及气候,进而间接地影响到害虫的发生。比如丰富的自然水系有利于植被包括农作物

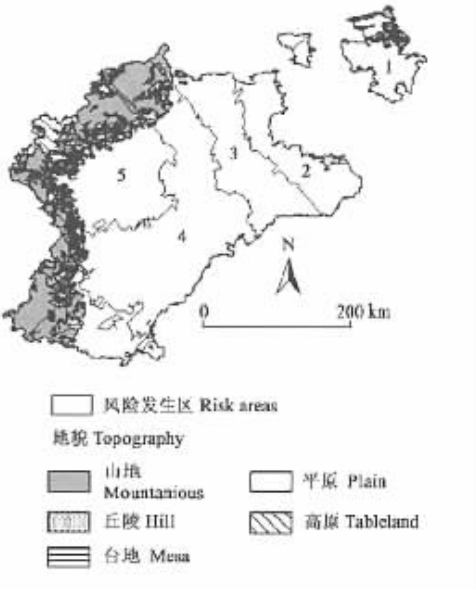


图 6 研究区地貌图

Fig. 6 The topography map of the study areas

图(图 6, 图 7, 图 9~图 18)中 1、2、3、4、5 分别表示轻发生区、中偏轻发生区、中发生区、中偏重发生区和重发生区。除图 1 外,文中所有地图的比例尺和指北针均与图 6 相同 1, 2, 3, 4, 5 stand for low, lower, moderate, higher and high risk area respectively in corresponding figures (Fig. 6, Fig. 7, Fig. 9 ~ Fig. 18). The scale and north arrow of all themaps are identical with that of Fig. 6, except for fig. 1



图 7 研究区植被分布图

Fig. 7 Vegetation types and their distribution in the study areas



图 8 研究区河流与渠道 Fig. 8 Rivers and channels

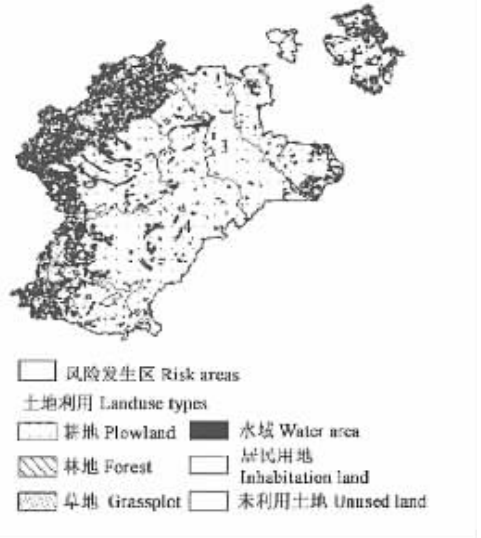


图 9 研究区土地利用图

Fig. 9 Landuse types in the study areas

的生长和发育,而多样性的寄主能够使棉铃虫顺利越冬并为其提供辗转迁移的庇护场所。沙土不利于土壤的保湿,在降雨过程中可以减少棉铃虫的死亡率。

温度的总趋势是南高北低,但由于西南部有山地的影响,最高的温度带却不在最南端而在东南部靠海的低海拔地区(图 11、图 12)。观察温度与发生区的空间分布关系,发现温度与发生区划并不完全一致,在轻

发生区温度较低,高发生区的温度较高,但最高温度带却不在重发生区而位于中偏重发生区。这说明除了温度对于卵的发生有明显的促进作用外,还有其它的因子制约着卵的发生。

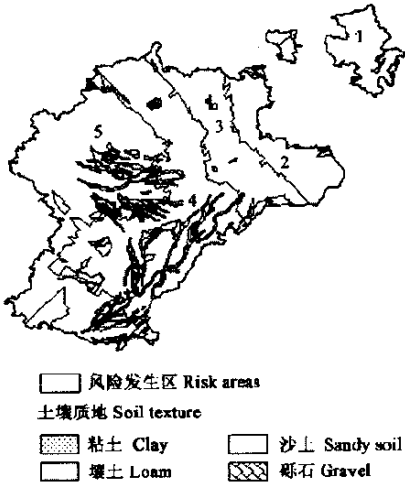


图 10 研究区土壤质地图

Fig. 10 The soil texture of the study areas

降雨的情况在 5 月与 6 月份不同,5 月份的降雨分布是西南部大于东北部(图 13),而 6 月份是东北部和南部少部地区降雨量较大。这两个月的共同特点是中部的降雨都比较少(图 14)。而中部是棉铃虫发生最重的地区。通过对比 5 月和 6 月份的降雨因子发现 6 月份的降雨因子与棉铃虫的发生具有较强的负相关性,6 月份降雨总量在轻发区最高,中发区次之,重发区最低。从生态学推理分析也是合理的,因为研究区各地一代蛾的产卵期集中在 6 月份,而降雨特别是大的降雨对于卵、蛹的存活是不利的。

温湿系数表示的是每个温度单位上的湿度大小,这个系数越大则表示湿度越大。从 6 月份的温湿系数分布看(图 15),温湿系数最大的地区在东北和西北部,最小的地区在中部和西南部的部分地区,而后一地区大多属于重发生区和中偏重发生区,这表明相对干燥的气候有利于棉铃虫的发生。

从耕作制度情况看,小麦种植比例的分布趋势是西高东低且由西至东逐渐降低(图 16)。这与卵的分布趋势比较一致,在卵发生最重的东部其小麦种植比例亦最高。这说明小麦的种植比例对棉铃虫的发生有显著的影响,从生态学的角度看,小麦是棉铃虫越冬的主要寄主之一,它也是棉铃虫进入棉花的“桥梁田”,小麦面积的增加有利于棉铃虫的越冬和存活。

棉花种植比例的分布格局是西部和北部比例较低,而东南部比例较大,从东南至西北呈带状递减。从 18a 平均的 **效果数据** (图 17),卵发生最重的西部其棉花种植比例却最小。这种现象除受山地因素的影响外,也可以从一个侧面反映出种植结构的多样性可能有助于棉铃虫的发生,或者说其它作物种植比例的扩

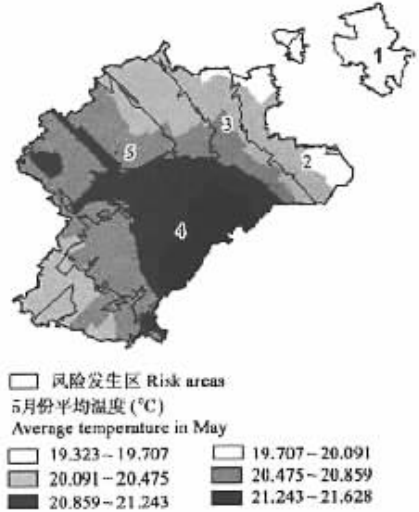


图 11 5 月份平均温度(°C)

Fig. 11 Average temperature in May

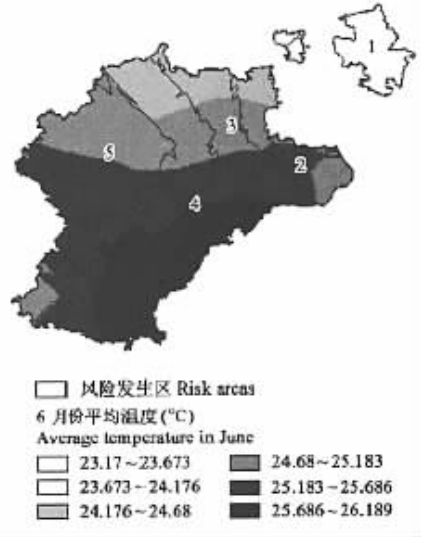


图 12 6 月份平均温度(°C)

Fig. 12 Average temperature in June

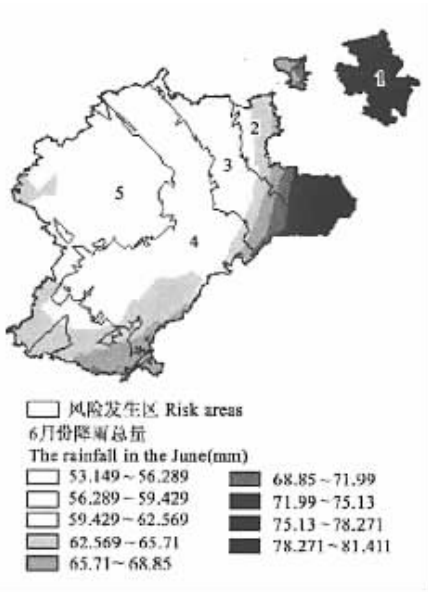


图 13 6 月份降雨总量

Fig. 13 The rainfall in the June(mm)

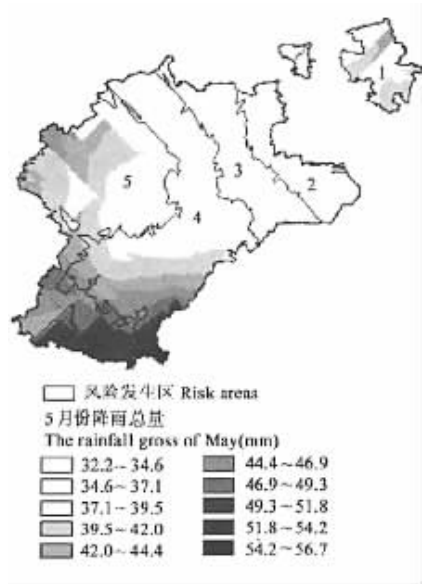


图 14 5 月份降雨总量

Fig. 14 The rainfall gross of May(mm)

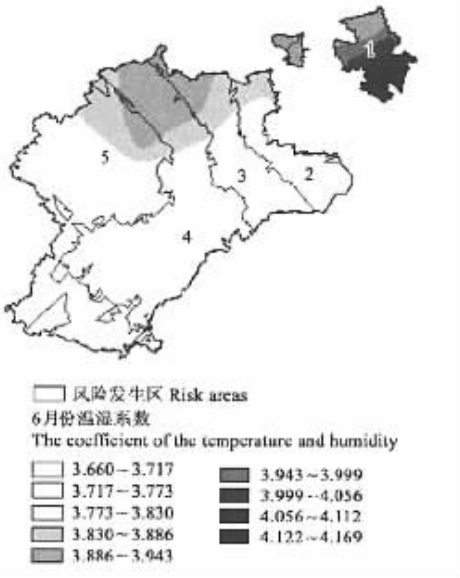


图 15 6 月份温湿系数

Fig. 15 The temperature-humidity coefficient of June

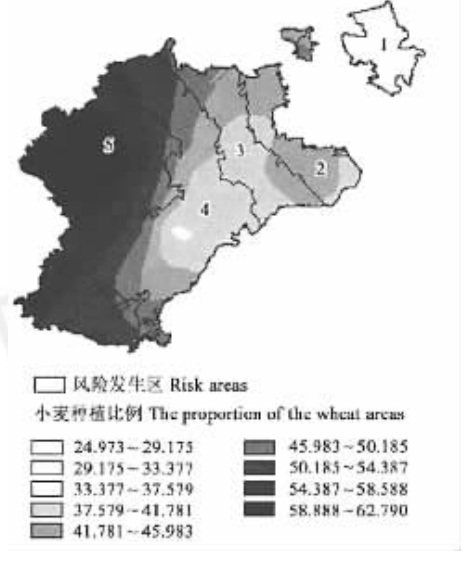


图 16 小麦种植比例

Fig. 16 The proportion of the wheat areas

大有可能成为棉铃虫辗转于棉田的“源库”。

从棉铃虫本身的发生情况看,一代蛾量呈聚集分布格局,聚集中心位于中部和南部,都在中偏重发生区内,发生趋势是西部较低而中部和南部较高(图 18),一代蛾量最低的区域位于重发生区的山地,而耕地部分的蛾量仍然较高。尽管卵的分布与蛾量分布不完全一致,但这种情况在生态学上也可作出合理的解释,因为卵的发育数据一代虫源基数影响外还受其它因子如气象条件等的制约。即使虫源基数较大,如果没有适宜的外界条件,害虫一般也不会大发生。为了对各个发生区的因子特征有一个量化的认识,对每个

发生区的因子分布进行了统计分析如表 1 所示。结合以上的定性分析和表 1 的量化特征,可以初步判断:
 ①影响棉铃虫发生的主要因子为气象因子,包括温度与降雨,就二代卵而言,主要影响因子为 6 月降雨量的大小,其次为耕作制度如小麦、棉花种植比例和一代蛾量;此外,环境因子如海拔高度、植被覆盖大小也对棉铃虫的发生有一定的影响。棉铃虫高风险发生区(重发生区及中偏重发生区)一般具有以下一些特点:多山地和高原、海拔较高、自然植被覆盖率高、有较多沙土、小麦种植比例较高、降雨偏少、温度较高、湿度较低、一代蛾量较高。

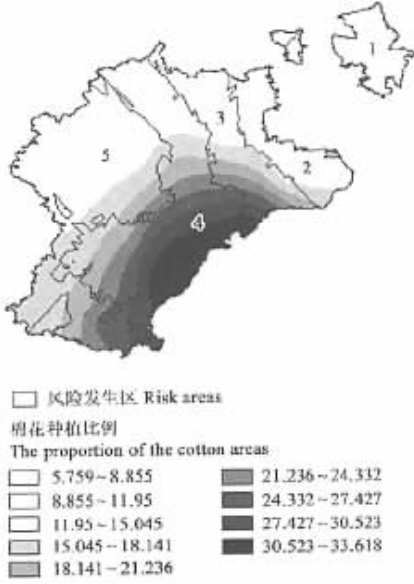


图 17 棉花种植比例

Fig. 17 The proportion of the cotton areas

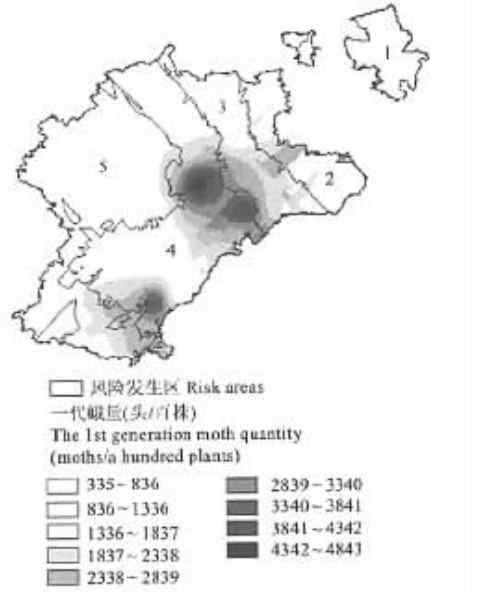


图 18 一代蛾量

Fig. 18 The 1st generation moth quantity

4 讨论

确定风险区与划分昆虫的地理区系或区划有本质的区别,前者是就某种害虫发生的数量等级作为标准,主要根据其受害程度而划分,而后者主要是依据地理环境和气候等的差异将昆虫分为不同的地理分布区,它可以是一种昆虫也可以是多种昆虫^[10]。二者的目的也不同,划分不同的风险区主要是为了研究它的暴发成灾机制,更好的预测和预控,而地理区划是为了研究昆虫的系统发育和演化以及与环境之间的关系。

通过分析害虫的发生历史确定风险区与预测风险区具有内在的联系。前者是根据害虫在历史上的发生数量确定风险发生区,尽管没有考虑影响因子,但这种方法确定的风险区应该是客观的,因为它反映了害虫发生的真实情况。后者是结合影响害虫暴发的因子确定的风险区,比如要确定蝗虫的发生首先要考虑的是它的栖息地,如芦苇的分布,而预测棉铃虫发生的风险区就得先考虑棉田的空间分布,其次再结合气象因子如温度、降雨以及害虫本身的迁飞迁移特点等综合进行评判。无论是对历史或是对未来的发生进行预测,确定的风险区的基本特征应该是一致的,即都存在能够导致害虫暴发的环境或气象等条件。

本文所涉及的三种风险区确定方法有不同的意义。对于长期具有潜在风险的区域,可以通过分析历史资料得到,其目的是揭示引起害虫暴发的内在机制和关键致害因子,同时也为预警模型的研制奠定基础;如果需要了解当年某一风险等级的分布情况,比如超过经济阈值的地区的位置,可以通过先插值再查询的方法来实现,为决策者知道各地的发生超过某一经济阈值的概率,则可以通过指示克立格插值的方式来实现。

进行害虫的宏观管理不仅要了解害虫风险发生区位于何处,更要了解形成风险发生区的内在机制和未来的发生趋势,只有准确把握害虫的发生趋势或确定了风险发生区,才能最大限度地减少害虫的为害。为此,本文联系气象、耕作制度、虫情和海拔等因子对各个发生区的风险性进行了系统分析,认为棉铃虫的发生是多个因子综合作用的结果,而气象因子温度、降雨尤其是6月份降雨量的大小对棉铃虫二代卵的发生影响最大。

表1 影响因子在风险发生区中的数量变化

Table 1 Variation of the impact factors in each risk areas

	轻发生区 low	中偏轻区 lower	中发生区 moderate	中偏重区 higher	大发生区 high
发生区的面积及其比例 Area of each risk areas (km ²) and their proportion(%)	6621 (7.08)	9182 (9.82)	12304 (13.15)	33359 (35.66)	32085 (34.3)
耕地 Plowland(%)	77.06	86.04	91.27	82.49	61.43
林地 Woodland(%)	4.89	1.74	4.98	7.89	7.44
草地 Grassplot(%)	10.40	5.56	2.69	8.34	28.95
水域 Water area(%)	1.53	0.44	0.24	0.54	1.22
山地 Mountainous region(%)	5.83	0.00	4.07	13.33	31.88
丘陵 Hill(%)	6.75	2.30	0.24	3.84	6.13
台地 Mesa(%)	0.15	0.00	0.00	0.33	1.69
高原 Tableland(%)	0.00	0.00	0.00	0.00	4.51
平原 Campagna(%)	87.27	97.70	95.69	82.50	55.79
粘土 Clay(%)	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00
壤土 Loam(%)	96.94	98.91	94.30	89.04	90.97
沙土 Sandy soil(%)	3.06	0.98	5.70	10.72	9.03
高程 Elevation(m)	49.98 (-0.09~651.09)	7.57 (-0.18~50)	44.56 (0~1669.39)	128.57 (0~1993.62)	285.09 (16.19~2000)
蛾量(头)Moth quantity(moths)	1232 (655~1832)	1592 (634~2591)	1784 (563~3501)	1956 (570~4843)	1180 (335~3869)
小麦种植比例 Wheat proportion(%)	31.30 (24.97~47.28)	42.93 (40.09~46.68)	43.01 (38.87~50.87)	46.61 (37.38~61.27)	56.67 (41.88~62.79)
棉花种植比例 Cotton proportion(%)	8.55 (5.76~11.85)	11.97 (5.81~18.61)	16.54 (9.86~32.05)	22.32 (10.98~33.62)	15.72 (10.54~30.55)
5月份平均温度 Average temperature in May(C)	19.64 (19.32~19.90)	20.13 (19.63~20.50)	20.53 (20.02~21.38)	20.8 (20.10~21.63)	20.7 (20.11~21.17)
6月份平均温度 Average temperature in June(C)	23.54 (23.17~25.10)	24.93 (23.97~25.56)	25.10 (24.45~25.85)	25.48 (24.49~26.15)	25.28 (24.67~26.19)
6月份降雨总量 Rainfall gross in June(mm)	76.44 (68.03~81.17)	70.83 (60.04~81.41)	62.42 (55.44~77.58)	59.91 (53.19~69.07)	59.94 (53.15~69.58)
6月份温湿系数 Temperature-humidity coefficient in June	4.01 (3.77~4.17)	3.78 (3.71~3.91)	3.79 (3.68~3.91)	3.76 (3.66~3.91)	3.77 (3.67~3.91)

* 发生区的比例是指发生区占研究区的面积比例;耕地、林地、草地、水域、山地、丘陵、台地、高原、平原、粘土、壤土、沙土的比例是指占发生区的面积比例;高程、蛾量、小麦种植比例、棉花种植比例、5月份平均温度、6月份平均温度、6月份降雨总量、6月份温湿系数的括弧()内为变化范围 The proportion of each risk areas indicate the proportion of their area to area of study areas respectively. The proportion of the plowland, woodland, grassplot, water area, hill, mesa, tableland, plain, clay, loam, Sandy soil indicate the proportion of their area to study area respectively, and change range of the elevation, moth quantity, wheat proportion, cotton proportion, average temperature in May, average temperature in June, rainfall gross in June, temperature-humidity coefficient in June is in bracket

References: 万方数据

[1] Chen J L. *Integrated pest management*. Beijing: China Agriculture Press, 1993. 61.

- [2] Fielding D J, Brusven M A. Spatial analysis of grasshopper density and ecological disturbance on southern Idaho rangeland. *Agric. Ecosys. Environ.*, 1993., **43** (1): 31~47.
- [3] Liebhold A M, Elmes G A, Halverson J A, *et al.* Landscape characterization of forest susceptibility to gypsy moth defoliation. *Forest Science*, 1994, **40**:18~29.
- [4] Yang Y T, Wang D H, Zhu M H. Effects of soil characteristic on the *Helicoverpa ar-migera* (Hübner) and it's region division. *Acta. Ecol. Sin.*, 2001, **21**(6):959~963.
- [5] Hua Y N, The Key factors analysis of outbreak for the cotton bollworm (*Helicoverpa armigera*) during 1992 to 1994. *Shandong Agricultural Sciences*, 1995, **3**:28~30.
- [6] Hua Y N, Wang H Z, Xiao Y L. Impacts of the meteorological factors to population dynamics of the cotton bollworm (*Heliothis armigera*). *Chinese Agricultural Meteorology*, 1996, **17**(1):38~40.
- [7] Xie B Y, Li D M, Ding Y Q, *et al.* Controls of the cotton bollworm (*Heliothis armigera*) in cotton cropping areas of the north China. *Biology Bulletin*, 1996, **31**(4):8~11.
- [8] Xia J Y. Strategy of Areawide Pest Management for outbreak of cotton bollworm (*Heliothis armigera*). *Acta Gossypii Sinica*, 1994, **6** (1): 4.
- [9] Liebhold, A M, Rossi R E and Kemp W P. Geostatistics and geographic information systems in applied insect ecology. *Ann. Rev. Entomol.*, 1993, **38**: 303~327.
- [10] Chen X X. *Insect biogeography*. China Forestry Press, 1997. 29~56.

参考文献:

- [1] 陈杰林. 害虫综合治理. 北京:农业出版社, 1993. 61.
- [4] 杨燕涛, 王东华, 朱明华. 土壤特性对棉铃虫(*Helic-overpa armigera* Hübner)发生的影响及发生程序分区. 生态学报, 2001, **21**(6):959~963.
- [5] 华尧楠, 1992~1994年棉铃虫猖獗发生关键性因子分析. 山东农业科学, 1995, **3**:28~30.
- [6] 华尧楠, 王厚振, 肖云丽. 气象因素对棉铃虫种群数量变动的影响. 中国农业气象, 1996, **17**(1):38~40.
- [7] 谢保瑜, 李典谟, 丁岩钦, 等. 中国华北棉区棉铃虫的防治问题. 生物学通报, 1996, **31**(4):8~11.
- [8] 夏敬源. 控制棉铃虫暴发成灾的 APM 对策. 棉花学报, 1994, **6**(1):4.
- [10] 陈学新. 昆虫生物地理学. 北京:中国林业出版社, 1997. 29~56.