

# 黄河三角洲地区棉铃虫发生代数分析及预报

朱天征<sup>1,2</sup> 李振国<sup>2</sup>

(1 南京大学大气科学系, 南京 210093; 2 山东省滨州市气象局, 滨州 256612)

**摘要** 通过对 1980~1999 年黄河三角洲地区棉铃虫的调查, 分析了同期气象条件对棉铃虫发育及其第五代发生的影响。在此基础上建立了第五代棉铃虫发生的预报方程, 2000 和 2001 年试用效果良好。

**关键词** 棉铃虫发生代数 气象条件 预报方程

## 引言

山东省滨州市位于黄河三角洲地区的腹地, 是山东省重要的粮棉生产基地, 棉花常年种植面积 13.4 万  $\text{h m}^2$ , 是山东棉花的主产区, 也是棉铃虫的主要危害地区。本区棉铃虫常年发生四代, 但在某些年份会出现不完整的五代, 且五代棉铃虫出现的时间、发育的阶段会随年份的不同而不同。发生代数的多少影响棉铃虫对棉花的危害程度及翌年一代棉铃虫的发生期和发生量。发生代数也是当年棉铃虫防治和翌年棉铃虫测报的重要理论依据。由于棉铃虫完成一个世代发育需要有效积温  $515.75\text{ }^\circ\text{C}^{[1]}$ , 根据黄河三角洲地区(滨州市  $117^\circ 15' \text{ E} \sim 118^\circ 37' \text{ E}$  和  $36^\circ 41' \text{ N} \sim 38^\circ 16' \text{ N}$  范围, 下同) 每年的实际有效积温, 可以推算棉铃虫在该区发生的代数<sup>[2]</sup>。但是由于棉铃虫的发生代数还与其他气象因素有关, 因此文献<sup>[2]</sup>所得结果与实际有一定差别, 并且因为是事后诊断, 所得诊断结论只能对翌年一代棉铃虫的发生量、发生期及测报提供理论依据, 并不能有效地指导当年棉铃虫的防治工作。本文试就影响棉铃虫发生的气象因素进行分析, 并对棉铃虫周年世代数进行预报, 为实际生产过程中采取生防、化防措施提供理论依据。

## 1 资料选取及应用

利用 1980~1999 年黄河三角洲 9 个植保观测站棉铃虫的周年世代数、群体密度和越冬前、后的虫

源基数等资料, 结合棉铃虫各个发育阶段的相应气象资料进行统计分析。

## 2 气象条件对棉铃虫的影响

利用棉铃虫的周年世代数统计分析其与越冬前的虫源基数、棉铃虫各个发育阶段的相应气象条件之间的相关关系, 发现棉铃虫的发育及其发生代数主要受气象条件制约, 温度、相对湿度、降水和光照对棉铃虫的发育进度产生影响, 进而影响当年发生代数, 其中尤以温度影响最为显著(表 1)。

### 2.1 温度

由于棉铃虫是变温动物, 体温随周围环境的变化而变化, 所以温度条件对棉铃虫影响最显著, 对棉铃虫的发育进度起着主导作用。在一定的温度范围内, 棉铃虫的发育进度随温度的升高而加快, 温度与棉铃虫的发育速度成正比, 而与其所需时间成反比。

虽然温度对棉铃虫的发育影响显著, 但是前期温度的影响远不如中后期影响大。从相关系数来看, 冬季的平均最低气温和冬季各月的平均最低气温与棉铃虫发生代数的相关性都较差, 而低温日数与之相关性较好, 其相关系数为  $-0.3016$ 。5 月 1 日至 6 月 10 日平均气温、6~7 月高温日数与棉铃虫发生代数的相关系数分别为  $0.6403$  和  $0.6567$ , 达到了  $0.01$  的显著水平。在全球大气增温的大气气候背景下, 黄河三角洲地区的气温升高也比较显著, 发生五代的可能性越来越大。

表1 棉铃虫的周年世代数与相应气象条件的关系

气象条件	相关系数	气象条件	相关系数
上年12月平均最低气温	0.0398	6~7月高温日数	0.6567
当年1月平均最低气温	0.0406	3~4月相对湿度	-0.3427
当年2月平均最低气温	0.0426	5月至6月10日相对湿度	-0.5984
12~2月平均最低气温	0.0443	5~6月日平均蒸发量	0.4685
冬季低温日数	-0.3016	5~6月日平均降水量	-0.4526
3~4月平均气温	0.4302	4~5月平均日照时数	0.1865
5月至6月10日平均气温	0.6403	4~10月日照时数	0.1047
4~7月有效积温	0.4157	5~9月风速	-0.0863
当年有效积温	0.6194	越冬前虫源基数	0.2832

## 2.2 相对湿度

相对湿度是影响棉铃虫发育的一个较为显著的因子,其对棉铃虫的主要作用表现为:影响虫体水分的蒸发以及虫体的含水量、体温和代谢速度等。

文献[3]指出:空气相对湿度70%~90%适于棉铃虫发育,并且在适宜范围内湿度越大,产卵越多。但是分析黄河三角洲地区相对湿度与棉铃虫发生代数的关系表明,二者呈反相关关系。特别是5月1日至6月10日的相对湿度与棉铃虫发育代数的相关系数为-0.5984,达到了0.01的显著水平。其原因是:如果黄河三角洲地区春季空气相对湿度比较大,一般是由于春季降水较多造成的;春季降水较多时,多为大范围稳定性降水,降水的时空分布不均匀性也就不很明显,同时温度也相应较低;虽然相对湿度大利于棉铃虫发育,但远不如温度和降水时空分布不均的影响显著。只有降水时空分布不均时,相对湿度也随之变化,局部相对湿度比较大,造成棉铃虫龄期发育不整齐,种群内世代重叠,部分个体发育提前,出现五代的可能性增大。因此,黄河三角洲地区相对湿度与棉铃虫发生代数呈反相关关系。相对湿度是多种气象因素对棉铃虫发生代数影响的间接、综合反映,而并非仅仅是相对湿度对棉铃虫个体发育的影响。

空气相对湿度小,特别是干旱影响棉铃虫个体的性腺发育,造成雄性不育,也影响交尾和雌虫产卵。棉铃虫在孵化、幼虫蜕皮、化蛹羽化时,如果空气湿度过低,可能会造成死亡。虽然一般年份黄河三角洲地区的春旱严重,但相对湿度并不很低,5月1日至6月10日平均为62.3%,最低年份也达51%(1982年)。特别是在一代棉铃虫发育的冬小麦田里,相对湿度能满足棉铃虫的发育要求。随着时间的推移,麦收以后降水逐渐增多,相对湿度进一

步增大,更能满足要求。

## 2.3 风

风对棉铃虫的扩散,特别是远距离的迁飞影响较大。适当的风速可以改善棉田的小气候条件,减低相对湿度,减少烂铃,不利于棉铃虫的发育;并促使棉铃早吐絮、早收获,以便及早切断第四代棉铃虫的食源,恶化其生存环境,减低其存活率。总之,风速越大越不利于第五代棉铃虫的出现。分析表明,风速与棉铃虫发生代数的相关系数仅为-0.0863,相关不显著。

## 2.4 光照

光可以控制棉铃虫生理机能的节律,使它的行为活动表现出时间性的节律反应。光照长短直接影响棉铃虫蛹的滞育时间长短,光照时间长,滞育时间短,反之就长一些。滞育时间的长短,直接影响下一代的发育,光照充足可以造成棉铃虫的大发生,会增加棉铃虫的发生代数。分析表明,日照时数与棉铃虫发生代数的相关性并不显著,4~5月日照时数与棉铃虫发生代数的相关系数仅为0.1865,其他月份更小。

## 2.5 有效积温

滨州地区可以为棉铃虫发育提供有效积温的时段一般在4月上、中旬至10月下旬,少数年份可到11月上旬。积温开始最早的出现在3月29日(1989和1992年),最迟的出现在4月17日(1980年);积温结束最早的是10月16日(1986年),最迟的是11月12日(1993年),多年平均有效积温为2164.7℃,大于第四代棉铃虫发育所需有效积温2063.0℃,从积温上来看,满足发生第五代棉铃虫的条件。棉铃虫完成一个世代的发育需要有一定的有效积温,山东农业大学已测定了棉铃虫各虫态发育的起点温度和有效积温<sup>[1]</sup>。棉铃虫发育期内温度越高,有效积温越多,各代棉铃虫的发育会提前,当

年就可能发生第五代。分析表明,有效积温与棉铃虫发生代数的相关系数为 0.6194,达到了 0.01 的显著水平。

## 2.6 降水

降水的增加虽然可以使空气相对湿度增大,加速棉铃虫个体发育速度,但是同时也会造成局地内涝,恶化棉铃虫生存的田间小气候,也会使气温低、日照时数减少,不利于棉铃虫的发育。分析表明,5~6月日平均降水量与棉铃虫发生代数的相关系数为 -0.4526,呈反相关关系,达到了 0.05 的显著水平。

## 2.7 蒸发量

蒸发量越大,表明日照充足、气温较高,既利于棉铃虫的食料作物冬小麦生长,又利于棉铃虫个体发育,棉铃虫的发育速度加快,利于第五代出现。分析表明,5~6月日平均蒸发量与棉铃虫发生代数的相关系数为 0.4685,达到了 0.05 的显著水平。

## 2.8 虫源基数

越冬前虫源基数大,发育的种群数量就大,发育不整齐的几率增大,种群内世代重叠,会使部分个体发育提前,并使产生第五代棉铃虫的可能性增大。根据分析,影响棉铃虫越冬的主要气象因素是冬季低温,其中以 1 月低温影响最大。冬季平均气温越低,特别是 1 月平均气温越低,越不利于虫蛹越冬。越冬后的虫源基数越小,种群数量相应减少,越不利于第五代棉铃虫的出现。本区的虫源基数差别大,最多为 16353 头/hm<sup>2</sup>(1992 年),而最少仅为 212.1 头/hm<sup>2</sup>(1985 年)。分析表明,越冬虫源基数与棉铃虫发生代数的相关系数为 0.2832,相关并不显著。

## 2.9 食料的影响

棉铃虫的食料充足,营养好,发育快,发育期会缩短,容易发生第五代棉铃虫。黄河三角洲地区春季气温的高低及其他条件的优劣,制约冬小麦返青、发育速度,进而影响棉铃虫发育的早晚和快慢。如果气温高、降水多、湿度大,小麦抽穗早,嫩麦粒成了棉铃虫的上等食物,增强其繁殖能力,会加速其发育,也就可能产生第五代棉铃虫。可见,食料对棉铃虫发生代数的影响,是气象条件综合作用的结果。

## 3 棉铃虫发生代数预报

### 3.1 预报因子的选取

围绕影响棉铃虫发生、发育的气象因子,考虑到判别预报的时效性,特别注重使用前期的气象因子。

经筛选,选取了如下 5 个与棉铃虫发生代数相关性显著的因子,并对预报因子按照判别率最高的原则确定判据,进行“0-1”化处理。

$X_1$ :黄河三角洲地区 6~7 月日最高气温大于 35.0℃的天数。由于棉铃虫与温度的关系密切,该因子主要影响第二、三代棉铃虫的发育。当高温日数大于等于 6 天时, $X_1$  取 1,否则为 0。

$X_2$ :5 月 1 日至 6 月 10 日的日平均气温。该因子影响冬小麦发育和灌浆早晚与好坏。发育早,就可及早为第一代棉铃虫提供较好的食料,利于棉铃虫早发育、快发育,使出现第五代的几率增大。当该时段日平均气温大于等于 20.5℃时, $X_2$  取 1,否则为 0。

$X_3$ :5 月 1 日至 6 月 10 日日平均相对湿度。黄河三角洲地区春季,一般年份较早,如果空气相对湿度比较大,一般是春季降水较多且时空分布的不均匀变得不很明显,温度也相应较低。虽然湿度大,利于棉铃虫发育,但远不如温度和降水时空分布不均的影响显著。当日平均相对湿度小于等于 59%时, $X_3$  取 1,否则为 0。

$X_4$ :5~6 月的日平均蒸发量。蒸发量越大,表明日照充足、气温较高,既利于小麦的生长,又利于棉铃虫的发育。当日平均蒸发量大于等于 8.0mm 时, $X_4$  取 1,否则为 0。

$X_5$ :5~6 月的日平均降水量。日平均降水量大,容易造成局地内涝,恶化棉铃虫生存的田间小气候环境,同时伴有气温低、日照时数少不利于棉铃虫的发育。当日平均降水量小于等于 1.9mm 时, $X_5$  取 1,否则为 0。

$Y$ :当本区当年出现了第五代棉铃虫时, $Y$  取 1,否则为 0。

各因子判据、概括率、同号相关概率及权重系数如表 2 所示。

表 2 各因子判据、概括率、同号相关概率及权重系数

	判据	次数	概括率	同号相关概率	权重系数
$X_1$	≥6 天	8	0.75	80%	7.0
$X_2$	≥20.5℃	12	0.70	80%	7.0
$X_3$	≤59%	6	0.67	70%	4.3
$X_4$	≥8.0mm	14	0.57	70%	4.3
$X_5$	≤1.9mm	11	0.55	65%	3.1

注:概括率=因子符合判据且发生第五代的次数/因子符合判据的次数;次数是指符合判据的次数;同号相关概率是指根据一个因子准确判别出有、无发生第五代的次数占总次数的百分率;权重系数根据同号相关概率由 0-1 权重系数表查得到

### 3.2 判别方程的组建及历史拟合情况

根据权重系数法,利用上述5个因子建立第五代棉铃虫的判别预报方程:

$$\hat{Y} = 7.0(X_1 + X_2) + 4.3(X_3 + X_4) + 3.1X_5 \quad (1)$$

根据判别率最高的原则,选定判别指标  $Y_C = 14.4$ 。并对1980~1999年的20个个例进行回代,符合  $\hat{Y} \geq Y_C$  条件的10次,其中8次出现五代棉铃虫,全部报对,空报2次,无漏报。预报准确率(预报准确率 = 报对出现五代棉铃虫的次数 / (报对次数 + 空报次数 + 漏报次数))为80%。总的判别率(总的判别率 = (报对出现五代棉铃虫的次数 + 报对不出现的次数) / 总次数)为90%。

### 3.3 判别方程的试用

根据黄河三角洲地区上述5个因子实况,在每年8月初进行试报。2000和2001年试用情况如表3。

表3 判别方程的试用情况

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$\hat{Y}$	预报代数	实况
2000年	20天	20.5℃	64%	8.7mm	0.7mm	21.4	5	5
2001年	9天	23.4℃	57%	8.6mm	1.1mm	25.7	5	5

## 4 小结

(1) 黄河三角洲地区棉铃虫的发育及其发生代

数主要受气象条件制约,而越冬后的虫源基数对棉铃虫发生代数影响不明显。温度、相对湿度、降水和光照对棉铃虫的发育进度产生影响,尤以温度最为显著。

(2) 棉铃虫的食料充足,营养好,发育快,发育期会缩短,容易发生第五代棉铃虫。作为一代棉铃虫主要食料的冬小麦,其发育和灌浆早晚与好坏是影响棉铃虫发生代数的一个重要因素。

(3) 分析发现,棉铃虫开始发育前(4月以前),特别是冬季的气象因子对棉铃虫发生代数影响不明显;棉铃虫发育代数的多少,主要是由发育期特别是前期的气象因子决定的。

(4) 利用棉花生长的中前期气象条件预测黄河三角洲地区棉铃虫的发生代数,预报时效可达2个多月,预报结论可作为实际生产过程中采取生防、化防措施的理论依据。

## 参考文献

- 1 牟吉元,徐洪富,李火苟,等.昆虫生态与农业害虫预测预报.北京:中国农业科技出版社,1997.189-202
- 2 李振国,刘锋.温度对滨州地区第五代棉铃虫的影响.山东气象,1998,13:34-36
- 3 吕锡祥.农业昆虫.北京:农业出版社,1991.108-110

# ANALYSIS OF THE METEOROLOGICAL CONDITIONS ABOUT COTTON BOLL WORM AND THE FORECAST OF THE FIFTH GENERATION IN THE DELTA REGION OF THE YELLOW RIVER

Zhu Tianzheng<sup>1,2</sup> Li Zhenguo<sup>2</sup>

(1 Department of Atmospheric Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

(2 Binzhou Meteorological Bureau of Shandong Province, Binzhou 256612, China)

**Abstract:** To make an investigation into cotton boll worm in the delta region of the Yellow River, the influence of the meteorological conditions upon its growing and the birth of the fifth generation cotton boll worm is analyzed. On these bases, the forecast equation for the fifth generation is established.

**Key words:** meteorological conditions, the fifth generation, cotton boll worm