

不完全二代区玉米螟种群动态的生态过程与发生量预测

马春森 李建平 陈五文

(吉林省农科院植保所, 公主岭市 136100)

Ecological process and forecasting of population dynamics of the Asian Corn Borer (*Ostrinia furnacalis*) in one and half generation regions in northeast China

Ma Chunsen Li Jianping Chen Yuwen

(Institute of plant protection, jilin Academy of agricultural Sciences, Gong zhuling 136100)

Abstract: The Asian corn borer (ACB) is the most important insect pest in northeast China where is one of main corn production region in China. The damage caused by ACB is more and more serious in recent 7 years. Based on the characteristics of the local applied control methods, it is necessary to know the IV-V instars population density of ACB larvae long before it occurs. The status of estimating and predicting population density of ACB and the European corn borer (ECB) are reviewed. Based on a system analysis of the ACB population, the ecological process of ACB population dynamics in one and half generation region is described in detail. The following ecological processes are discussed: diapause rate, mortality during winter, pupation and emergence rate for population in overwintering site, the mortality, the host plant preference for mating, oviposition and staying, and fecundity of adult population, the mortality of egg, larvae of I-III instars and IV-V instars for the population in corn fields during growing season. The influential factors including temperature, precipitation, light period, parasitoids, predators, *Beauveria* spp., bacteria and host plant conditions are discussed. Finally, the relationship between density of IV-V instar and initial larvae population density in spring, adult number caught light or pheromone trap and egg mass density in field is discussed.

Key words: *Ostrinia furnacalis*; Population dynamics; Ecological process; Forecasting

摘要 玉米螟 (*Ostrinia furnacalis*) 是我国东北玉米生产的主要害虫, 近年来危害加重。本文概述了在不完全二代区, 玉米螟发生量预测的必要性及国内外研究现状, 对不完全二代区的亚洲玉米螟 (ACB) 种群动态的生态过程做了详细的论述。以 ACB 种群的系统分析为基础, 从越冬幼虫的滞育率、冬季死亡率、冬后化蛹、羽化率、至成虫死亡率、成虫迁入产卵对寄主的选择性及成虫的产卵量, 最后到田间卵、蛀前幼虫、蛀后幼虫的死亡率及其影响因子天气、天敌、寄主等均做了论述。本文最后讨论了越冬源基数, 成虫数量及田间卵量和造成危害的 4~5 龄幼虫间的相互关系及其在预测中的作用。

关键词 玉米螟 种群动态 生态过程 预测

1 玉米螟发生量预测的必要性和现状

东北玉米生产占全国的 1/3, 在各种害

虫中亚洲玉米螟 (ACB) 最为重要。ACB 在吉

林省中部地区发生第一代及不完全第二代。目前采用的防治措施主要有:释放赤眼蜂防治玉米螟卵;利用白僵菌及农药封垛防治越冬幼虫;灯光诱杀越冬代成虫;心叶期使用颗粒剂及喷施农药防治初孵幼虫。无论采取何种措施,首先必须解决 ACB 发生量的测报问题。每种防治措施都有一个准备阶段,特别是生防措施,准备期长,产品又难以长期贮存,因而,发生量的中、长期测报尤为重要。每种防治措施都是针对玉米螟生活周期中的某一阶段,防治措施所针对的玉米螟虫态的数量与最终造成产量损失的四、五龄幼虫数量高度相关时,该措施的实施才有意义。

关于玉米螟发生量测报的报道仅有数篇。刘孝纯分别用 4、5 两月的温湿系数、7 月下旬降雨量及 7 月下至 8 月底的温湿系数预测第一、二、三代的发生量。刘明峻总结了以越冬基数和气象条件为依据的发生量预测。顾玉成等用多因素综合相关分析法在黑龙江建立了短期发生量的预报方程。申效成等在微机分析了玉米螟发生量与生态因素的关系,组成了 3 个世代卵量的预报模型。谢为民用 5、6 月份平均相对湿度预测 7 月诱蛾量,用 7 月上旬性诱器捕蛾量预测平均百株幼虫量。上述发生量的预测都是以气候条件为主,未考虑天敌等因子的作用,未对 ACB 的种群动态进行系统的研究分析,未能确定导致 ACB 种群数量变化的内在机制。

欧洲玉米螟(ECB)是 ACB 的近缘种,二者在生物学、生态学特点上极为相似,因此 ECB 的种群动态和发生量预测研究亦可为 ACB 所借鉴。国外对 ECB 的防治多采用抗虫品种和在田间喷药防治,因此对发生量的估计多采用短期预测方法或模拟方法。Showers 等详细报道了美国各地一代、二代 ECB 的田间抽样和短期预测技术。Moore 建立的 ECB 种群模拟模型,以上一年秋季幼虫为初值模拟下年秋季幼虫量。基于降雨、露水、湿度、风和温度,对玉米螟生态过程作用的假设,建立了 ECB 夏季种群模型,并进行

了有效性检验。Pontius 等,Calvin^[15]描述了 ECB 管理模型软件,评价了这个模型的优缺点,并用田间数据进行了灵敏度分析和有效性检验。Onstad 等也建立了详细的模拟模型,以预测 ECB 长期的种群动态和存活率。他还描述并分析检验了模拟 ECB 在微粒子虫影响下的长期种群动态的综合生态模型。

法国近年来对 ECB 也做了一系列的建模研究。Got 组建了 ECB 幼虫死亡率动态模型,其后又报道了 ECB 的温度依赖性发育模型、幼虫钻蛀活动模型以及 ECB 危害和玉米生理过程间相互作用模型,还针对 ECB 钻蛀危害特点,用 X 射线对危害模型作了有效性检验。

2 玉米螟种群动态的生态过程

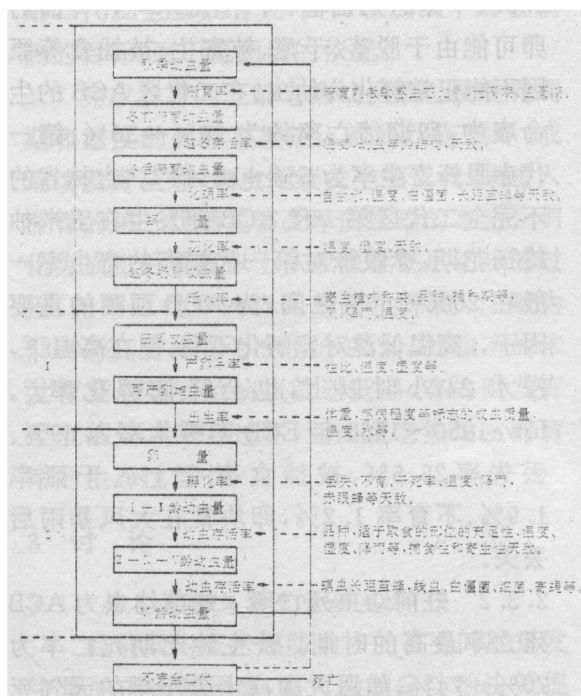
一代区和不完全二代区 ACB 种群变化的生态过程大致可用附图表示。为了描述方便,把一代区的生态过程分为三个阶段:Ⅰ. 从秋季幼虫进入滞育、越冬、至解除滞育、化蛹、羽化为止,即越冬虫态的种群动态过程。

Ⅰ. 成虫的活动、飞行、迁移、产卵阶段,此阶段主要是成虫的田间数量和质量问题,关系到田间落卵的动态。Ⅲ. 卵期至低龄幼虫及造成主要危害的高龄幼虫期,此阶段的主要问题是卵和低龄幼虫的存活率对老龄幼虫种群数量的影响,即生长季田间种群动态过程。

玉米螟发生量通常指造成主要危害的老龄幼虫的数量,因此要进行某种期限的发生量预测,就必须掌握相同时期内种群数量的变化。

2.1 越冬虫态的种群动态过程

ACB 从秋天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。东北的越冬虫源有 75% 以上在村屯的秸秆垛内。公主岭 1988 年此期 ACB 的总死亡率为 42.5%。加拿大 Quebec 和 Alberta ECB 此期的总死亡率分别为 34.71% 和 33.6%。此阶段玉米螟活动范围小,易于掌握其数量变化。我国的发生趋势预测多以此期种群为基础。种群变化主要由如下过程组成。



不完全二代区和一代区

玉米螟种群动态系统分析图

I 越冬场所种群动态 II 成虫种群动态

III 玉米田间卵和幼虫种群动态

2.1.1 老熟幼虫滞育率 在不完全二代区, ACB 和 ECB 老熟幼虫滞育率受幼虫期的光周期和温度的影响^[6,12,13,14], 幼虫的滞育率在年度间变化很大, 其中第二代幼虫的比例为一重要影响因子。吉林农安 1989 年秋季有 10%~20% 的第二代小幼虫。幼虫不足五龄时, 不能进入滞育, 在冬季死亡。即使发育到五龄, 因滞育率和滞育深度不同, 其死亡率也不同, 美国明尼苏达 10 年间(1948~1958) ECB 的滞育率变化在 0~94.5% 之间。

2.1.2 滞育幼虫的冬季死亡率 生物因子对幼虫的作用因冬季低温而难以表现, 造成幼虫冬季死亡的因子主要是低温, 滞育幼虫的死亡率因滞育深度而异, 滞育不深的幼虫, 死亡率高。但一般此期幼虫的死亡率较低。1979~1984 年吉林省 ACB 幼虫冬季死亡率为 15%。加拿大 Quebec ECB 冬季严寒致死率为 5%~23%, Alberta 为 13.5%, 在秸秆堆等表面越冬的死亡率为 21.7%。Barnest

等认为, 冬季 ECB 死亡率取决于秋季幼虫的年龄组成, 老熟幼虫比例大, 死亡率低, 反之则高^[11]。

2.1.3 冬后幼虫的化蛹率和蛹的羽化率 春季幼虫化蛹前必须喝水才能正常化蛹羽化。ACB 化蛹前(吉林省 6 月上旬)的降雨量对化蛹有重要作用, 此期长期高温缺雨将会影响化蛹率。由于气温回升, 生物因子对 ACB 的作用也逐渐表现出来。吉林省寄生性的天敌主要有螟虫长距茧蜂、玉米螟厉寄蝇、姬蜂、白僵菌、细菌等。公主岭 1989 年春季调查各生物因子的致死率为: 白僵菌 26.79%、寄生蜂 4.47%、寄生蝇 4.28%、细菌 2.03% 合计 37.6%。1982 年总寄生率高达 93%。Lee 调查 ECB 蛹期死亡率为 10.4%。Hudon 等的数据表明, 此期总死亡率为 47.3%, 其中幼虫死亡率为 41.6%, 蛹为 5.6%。他认为在加拿大生物因子对春季幼虫的化蛹和羽化影响不大, 而非生物因子更为重要。

以上 3 个过程中, 以一代幼虫的滞育率与春季化蛹前的死亡率对此期种群影响最大。在东北白僵菌的流行预测与寄生蜂及寄生蝇的种群研究是 ACB 有效发生虫源预测的关键之一, 也是难点之一。

2.2 决定玉米田间落卵量的有效成虫种群动态的生态过程

ACB 在村屯及周围的秸秆垛内越冬, 羽化后迁入杂草、小麦、大豆、谷子、玉米、高粱等作物田内栖息、交配、产卵。此阶段 ACB 成虫的死亡率、交配率、在玉米田的迁入率、成虫质量构成了 ACB 此期的种群动态的生态过程。此时 ACB 的种群是真正的虫源种群。

2.2.1 成虫的死亡率 成虫期如遇大风暴雨, 可导致成虫死亡。1980 年大雨(12.8~25.0mm)和大风(30~40km/hr)导致依阿华草丛中大量聚集的 ECB 成虫死亡, 在成虫期突然降温可降低成虫种群。ACB 亦可能有类似现象。

2.2.2 成虫栖息与产卵在不同作物上的选择性 成虫对其栖息场所和迁入产卵田块有

一定的选择性。不同作物、同一作物的不同品种、播种期、密度等对成虫的栖息和迁入产卵选择均有影响。公主岭 1987~1989 年的调查表明,在小麦、谷子、大豆、玉米、高粱田的性诱器诱蛾量分别为 44.08%、24.34%、20.50%、7.93%、7.15%。在田边杂草丛生的荒地有大量的成虫栖息。调查发现,ACB 喜欢在营养生长旺盛、新鲜无病斑植株的下垂形叶片上产卵。在产卵季,各作物各品种的田间植株越符合这个条件,落卵量越高。在华北、成虫喜在晚熟、水肥条件好的麦田内栖息、交配。越冬代成虫在谷田的产卵量比玉米、高粱田多。在美国大多数 ECB 成虫在玉米田周围的狗尾草上栖息、交配,且成虫饮水对产卵及卵的正常孵化是必要的,狗尾草上大量的露水为成虫性活动提供了有利条件。Lee 报道,玉米田中心卵块较多,卵块随玉米密度增加而增加。此外,迁入玉米田产卵的成虫数还受天气条件的影响。

2.2.3 成虫的生殖力 成虫的生殖力受交配率、成虫质量及天气条件的影响。由于 ACB 的性比接近 1:1,交配率的变化不大。成虫质量受幼虫营养、温湿度等条件及蛹期和成虫期温湿度条件与健康状况的影响。不同温湿度组合及极端温度处理老熟幼虫、蛹和成虫后产卵量不同^[1]。ACB 成虫感白僵菌病后仍可活动,数日后死亡。成虫感染微孢子虫后,成虫期缩短,生殖力下降,ACB 的产卵量只有对照(未感)的 23.3%~67.7%,ECB 与对照相比,平均寿命缩短 3 天,产卵量降低 40%~50%,这可能是测报中成虫量与田间卵量有时不符的一个重要原因。

2.3 生长季玉米田间卵和幼虫种群动态的生态过程

在卵及蛀前幼虫(1~3 龄)期间,ACB 抗逆性差,易受多种生物因子及天气因子的影响,种群变化幅度在其整个生活史中高达 90%以上,此期是决定 ACB 危害虫态(4~5 龄)数量的关键时期,也是人们采取防治措施的关键时期。

2.3.1 卵的死亡率 产于玉米叶片背面的卵可能由于脱落、干瘪、被寄生、被捕食等原因不能正常孵化为幼虫。在二代区 ACB 的生命表中,卵期消亡率约为 20%~30%,第一代赤眼蜂寄生率为 5%~12%^[10]。吉林省的不完全二代区第一代 ACB 卵发生在玉米抽雄扬花期,赤眼蜂对第一代螟卵的寄生率一般在 20%~60%之间,为 ACB 预测的重要因子。高温低湿对卵孵化不利,但在高温下,浸水 24 小时以上,也会降低孵化率^[1]。Iowa 1950~1965 年 ECB 卵孵化率为 69%、丢失率 25.5%、被捕食率 2.4%、干死率 1.9%、不育率 1.2%,卵块常在大风暴雨后丢失。

2.3.2 蛀前幼虫死亡率 蛀前幼虫为 ACB 死亡率最高的时期。公主岭此期死亡率为 70%~74%,如遇大雨或十分干旱的天气死亡率会增高。沈阳第一代蛀前幼虫的死亡率高达 90%,其中初孵幼虫的转移扩散约占 70%,玉米抗性 15%~18%,白僵菌和细菌寄生 5%^[10]。1~3 龄幼虫若浸在水中 48 小时,死亡率高达 70%~80%^[1]。在东北遇阴雨连绵的天气,会出现幼虫被淹于叶鞘内的情况。初孵幼虫在抗螟玉米上的死亡率高达 90%以上。取食花丝的幼虫比取食心叶的幼虫死亡率低,发育快^[9]。Saito 也发现取食营养生长植株的 ACB 幼虫较取食生殖生长植株的幼虫体重轻,死亡率高。

2.3.3 蛀后幼虫(4~5 龄)的死亡率 ACB 幼虫一旦蛀入玉米组织后,受天气条件的影响很小,影响其死亡率的主要是生物因子。螟虫长距茧蜂寄生率高达 26.68%,线虫、白僵菌、细菌的寄生率分别为 13.47%、8.51%、24.64%,幼虫死亡率可达 30%~77%^[10]。1994 年公主岭寄生蝇的寄生率为 10%。微孢子虫在 ECB 上的寄生率为 26%~54%,螟虫长距茧蜂为 11%~45%。瓢虫和草蛉与 ECB 同步发生时可降低 ECB 种群的 72%,但此期玉米已受害,它的死亡在一代区和不完全二代区只与第二年发生虫源或

第二代发生基数有关,因而在预测中属被预测的目标,而不是预测的依据。

完成发育的五龄老熟幼虫或已接受光周期和温度的刺激直接进入滞育状态越冬,或继续发育至蛹,成虫继续发生第二代。未进入滞育的第一代蛹主要受厚唇姬蜂的寄生。羽化为成虫后重复以上从成虫至蛀后幼虫的过程,但第二代卵的赤眼蜂寄生率高,沈阳为 73.09%,吉林省为 50%~90%。幼虫有的未发育至老熟五龄幼虫就遇低温,有的则发育至五龄幼虫滞育越冬,返回至老熟幼虫滞育率的生态过程中。

3 讨论

3.1 越冬基数与发生量的关系

目前国内玉米螟防治中的首要问题是发生量的中长期预测,它可为制定防治决策提供充足的时间,节省不必要的防治及其费用。越冬虫源是玉米螟发生的基础,但是否与发生程度因果相关,有待研究。申效诚认为,越冬代虫口密度与第一代及第二代卵量显著相关^[3]。顾成玉^[7]、刘孝纯^[2]对发生量的预测则主要以气象因子为依据。吉林省中部 1981 年 ACB 大发生,但上年虫源数量并不大;1982 年春百秆虫量百头以上,但秋季被害率仅为 40%;1988 年春,百株虫量不足 40 头,但秋季被害率高达 76%。在实际预报时,若以虫源基数为主要依据,则常出现失误。在加拿大,ECB 世代的死亡率为 96.8%~99.4%,平均 98.7%,有 1.3% 的虫源就足以维持中等水平发生。如果越冬基数不是决定发生量的重要因子,则影响越冬基数的因子也不重要。若越冬基数决定发生量,在某些年份又为何不符呢?在没有准确的气象预报条件下,发生量预测面临着许多困难。笔者认为,ACB 中长期的发生量预测可用越冬幼虫数量为基准,从其年龄结构、滞育率、滞育深度、化蛹前的降雨、天敌种群变化、病原流行及寄主物候方面进行研究,并建立模型。

3.2 春季成虫与发生量的关系

公主岭 7 月诱蛾量与秋季螟显著相关,相关系数为 0.6610~0.7299^[8]。预测 ACB 不能仅依赖于蛾量,还要考虑气象条件。Jarvis 等 16 年资料表明,ECB 蛾量与第一代幼虫发生量相符的有 10 年,不符的有 6 年。不符主要是由成虫质量(产卵量)及卵期、幼虫期死亡率变化引起。气象条件对 ECB 影响也很大,主要作用因子是产卵期、孵化期及低龄幼虫期的温度、湿度及降雨。蛾量与发生量不符也可由感染微孢子虫或白僵菌而引起。Lee 与 Leroux 等分别认为 70% 和 93.6% 的种群死亡是由于成虫的消失与扩散造成繁殖力下降所致,成虫期是决定发生量的关键时期。综上所述,玉米螟中期发生量的预测应重点研究作物布局,栽培措施对成虫的扩散作用,天气和病原物等对成虫质量(生殖力等)的影响。

3.3 田间卵量和发生量的关系

田间卵量和发生量的关系密切,但并非完全一致。短期发生量的预测常以卵量、卵的存活率、低龄幼虫死亡率为依据,预报较准确。Jarvis 等用田间卵量及卵和幼虫的存活率解释了依阿华 16 年的 ECB 发生量变化。卵量高,幼虫死亡率低的年份发生严重,否则发生轻。卵量高,幼虫死亡率高也不能大发生,故应加强卵和幼虫存活率的研究,找出卵及低龄幼虫死亡的关键因子。

主要参考文献

- (1)王忠跃,1989,主要气象因素对亚洲玉米螟存活和繁殖的研究,中国农科院硕士论文
- (2)开封地区农科所,开封地区玉米螟发生量预测初步研究,《昆虫学报》,1974,17(4),405-408
- (3)申效成等,玉米螟数量预报模型的初步研究,《植物保护》,1987,13(5),10-12,49
- (4)刘孝纯,玉米螟的预测预报研究(二),《河南农林科技》,1981,1:21-23
- (5)刘明峻等,玉米螟的综合防治,《中国主要害虫综合防治》,科学出版社,1979,281-300
- (6)李建平等,中国北部亚洲玉米螟生态型的初步研究,《玉米科学》,1992,创刊号:69-72

- [7]顾成玉,玉米螟发生量预测预报技术的研究,《中国农业科学》,1985,1,52—59
- [8]谢为民,应用性信息预测亚洲玉米螟的发生量,全国测报学术讨论会论文,1991(天津)
- [9]谢为民等,取食玉米植株不同部位对玉米螟幼虫成活和发育的影响,《植物保护》,1989,15(4),16—18
- [10]鲁新等,亚洲玉米螟自然种群生命表的初步研究,《植物保护学报》,1993,20(4),313—318
- [11]Bernes, D. & Hodson, A. C., 1956. Low temperature tolerance of the European corn borer in relation to winter survival in Minesota. J. Econ. Ent. 19—24
- [12]Beck, S. D., 1982. Thermo periodic induction of larva diapause in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. J. Insect Physiol. 28, 273—277
- [13]Beck, S. D., 1985. Effects of thermoperiod on photoperiodic determination of larval diapause in *Ostrinia nubilalis*. J. Insect physiol. 31(1), 41—46
- [14]Beck, S. D., 1962. Photoperiodic induction of diapause in an insect. Biol. Bull. (Woods Hole) 122, 1—12
- [15]Calvin, D. D., 1985. Evaluation and revision of a European corn borer *Ostrinia nubilalis* decision model. Ph. D. dissertation, Kansas State University. Manhattan.

欢迎订阅《玉米科学》

《玉米科学》是吉林省农业科学院主办的玉米专业期刊。本刊是理论与实践相结合,普及与提高相结合的刊物。主要报道科技新成果、推广新经验、新技术。内容涉及玉米的遗传育种、耕作栽培、土壤肥料、植物保护等专业。适合科研、教学、生产以及管理等方面人员参考。本刊为季刊,国内、外公开发行,定价 2.50 元,全年 10.00 元。邮发代号:12—137,全国各地邮局(所)均可订阅。漏订者可直接向吉林省公主岭市西兴华街 6 号,吉林省农业科学院《玉米科学》编辑部补订,邮政编码:136100。

新书介绍——《农业科技人才与管理》

当今世界经济的竞争、科技的竞争,归根结底都是人才的竞争。为了加速人才的科学培养、实施人才的科学管理、引导人才的科学成长,由全国农业科技人才研究会组织有关专家学者编著的《农业科技人才与管理》一书,已由北京农业大学出版社出版。

该书运用人才科学管理,在总结我国农业科技人才管理经验的基础上,较系统地研究了农业科技人才领域的各种人才现象、规律、及管理方法。是农业科技人员加速成才的良师,是管理工作者和领导者发现、培养、使用人才的益友。全书共十一章,约 34 万字。包括:绪论;农业科技人才史;农业科技人才的基本素质;农业科技人才成长的主客观条件和规律;农业科技人才的群体结构;农业科技人才管理原则、体制与机制;农业科技人才的考核与专业技术职务聘任制;农业科技人才的继续教育;农业科技人才的预测和规划;农业科技人才流动与人才市场;农业科技人才管理队伍自身建设等内容。本书定价 12.00 元(含邮费),欢迎组织订购。欲订购者,请将款寄至农业科技管理编辑部,并注明“购农业科技人才与管理书款”。

联系人:农业科技管理编辑部 陈正平,地址:吉林省公主岭市西兴华街六号;邮编:136100;电话:0434—6215179 转 484