

害虫防治 经济学

陈杰林 编著

重庆大学出版社

害虫防治经济学

陈杰林 编著

内 容 提 要

害虫综合防治涉及到害虫生物学、生态学以及作物栽培、环境科学等领域，并与社会经济发展状况密切相关。从生态经济学角度研究害虫综合防治，是一门新兴的、交叉性的学科。

本书着重论述害虫防治经济学的基本原理，从生态经济学角度全面评价现行害虫防治技术，深入浅出地介绍了作物受害损失估计的分析方法、害虫防治的技术效果和害虫防治的经济效果的研究技术，对害虫防治经济阈值和经济决策，以及系统科学在现代害虫管理决策中的应用也作了集中介绍。全书取材新颖，理论与实际紧密结合，是国内第一本用生态经济学观点论述害虫防治技术的著作。

本书可作高等农业院校植保系、农经系各专业的教材，可供各类成人高校农学类、经济类专业用作教学参考资料，也可供各级农业科研人员和农业技术干部使用。

害虫防治经济学

陈杰林 编著

责任编辑 李淑芳 黄开植

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

中国科学技术情报研究所重庆分所印刷厂印刷

*

开本：787×1092 1/16 印张：12.25 字数：306千

1988年5月第1版 1988年5月第1次印刷

印数：1-4000

标准书号：ISBN 7-5624-0092-X

定价：1.80元

序

害虫防治问题涉及许多方面,可以从各个不同角度进行研究,如生物学、生态学等。从某种意义上说,由于害虫防治问题实质上是一个生态经济学问题,它与社会经济的发展有密切联系,因此害虫问题要得到合理地有效地解决,就必须从经济学角度进行系统的研究,在总结实践经验的基础上建立“害虫防治经济学”。

60年代以来,为了更好地保护农作物和环境,提高害虫防治水平,国内外已开始从生态经济学角度进行害虫综合防治的研究,为害虫防治经济学的建立积累了大量资料。

为了使读者对目前国内外害虫防治经济学领域的状况有所了解,发展具有我国特色的害虫防治经济学,作者根据近年来的教学科研实践及收集到的资料,从生态经济学角度对现行害虫防治技术进行新的评价,并对害虫防治经济学的一些基本原理进行初步探讨,内容包括许多有价值的分析方法和应用实例。其中有些方法虽然目前国内尚未普及,但从发展观点看有其重要地位。书中引用资料均为国内外最新研究成果,内容比较新颖。

害虫防治经济学涉及广泛的自然科学和社会科学知识,特别是与昆虫学、生态学、环境经济学和生物经济学等关系更为密切,是一门边缘学科。需要广大植保工作者、昆虫生态工作者和经济工作者共同努力发展本门学科。编写本书的目的仅在于抛砖引玉。

由于作者学识浅薄,搜集资料有限,文中错误在所难免,恳切希望读者批评指正。

本书经业师李隆术教授审阅。在编写过程中得到北京农业大学管致和教授指导,在此一并致谢。

作者

1987年8月于西南农业大学

目 录

引言

第一章 作物与害虫的经济关系	(4)
§ 1 作物经济产量的构成因素.....	(4)
§ 2 害虫对作物的危害.....	(6)
§ 3 环境条件对作物受害损失的影响.....	(10)
§ 4 作物的补偿作用.....	(15)
第二章 作物受害损失估计	(19)
§ 1 田间测定技术.....	(19)
§ 2 作物受害株田间分布型.....	(36)
§ 3 损失估计模型.....	(41)
§ 4 作物受害分析.....	(61)
§ 5 作物受害预测.....	(80)
第三章 害虫防治的技术效果	(88)
§ 1 死亡率和校正死亡率.....	(88)
§ 2 生命表及 Morris-Watt 数学模型.....	(90)
§ 3 杀虫剂混配技术效果.....	(96)
§ 4 利用昆虫性信息素的技术效果.....	(100)
第四章 害虫防治的经济效果	(103)
§ 1 化学防治的经济效果.....	(103)
§ 2 生物防治的经济效果.....	(112)
§ 3 植物抗虫性研究利用的经济效果.....	(116)
§ 4 利用性引诱剂防治害虫的经济效果.....	(119)
§ 5 综合防治的经济效果.....	(120)
§ 6 预测预报的经济效果.....	(123)
§ 7 害虫防治的生态经济学问题.....	(127)
第五章 害虫防治的经济阈值	(132)
§ 1 经济阈值概念的发展.....	(132)
§ 2 经济阈值模型.....	(139)
第六章 害虫防治的经济决策	(156)
§ 1 利用经济阈值进行决策.....	(156)
§ 2 概率决策.....	(161)
§ 3 动态决策.....	(169)
第七章 系统科学在害虫管理决策中的应用	(173)
§ 1 控制害虫的生态工程.....	(173)
§ 2 害虫管理系统的最优化决策.....	(176)
附 录	(185)
参考文献	(189)

引 言

害虫防治是一种经济行为,它与其它经济形式一样,需要进行投资(成本)和效果(利益)评价。

不管是农业防治、化学防治、生物防治、物理防治、遗传防治或者是目前大力提倡的综合防治,为了取得“利润”,都必须进行技术经济分析。过去由于我们缺乏应有的认识和定量计算的方法,害虫防治技术的经济作用在人们脑子里若明若暗,甚至完全被忽视。我国1978至1985年全国科学规划纲要(草案)把技术经济列为重点研究项目,充分说明技术经济分析在国民经济建设中占有重要地位。

害虫防治的经济性与其它农业技术一样,不是一个抽象的概念,包含着大量可以计量的内容。近代害虫综合防治理论的发展、经济评价的实践使人们能够对害虫防治技术的作用有一个较明晰的、直观的、深刻的了解,害虫防治作为一项农作物保护措施,也可以通过定性的研究和定量的分析、计算,评价其是否有经济效果。以此为依据制订出来的防治方案才有科学依据,才能做到技术上先进,经济上合理。

一般说来,农田生态系统是以人类经济利益为中心,在一定气候、土壤条件下,以农作物为基础,包括一部分邻近的林木、草地、水域及病虫、杂草,并在微生物参与下,构成了特有的能量转移和物质循环系统。作物在这个系统中是生产者,以产量为表征;病虫害是作物生产的破坏者,其效应是使作物减产;害虫防治技术则是以作物产量保护者的“姿态”出现,其经济效果以减少作物损失的形式表现出来。

害虫防治的技术投资表面上看是直接作用于目标害虫,但实际上是作用于整个农田生态系统,因而它的成本和获得利润的概念要复杂得多。它所获得的“利润”(挽回的经济损失)是措施与生态系中各个因子的相互作用的结果(图0·1)。因此分析其经济效果不但要有经济学观点,而且也要有生态学观点,不但要考虑防治措施对目标害虫(或害虫复合体)的直接效果,也要考虑对生态系中其它因子的间接效果。遵循农田生态平衡规律,从保持原有好的(即对人类经济利益有利)或建立新的更好的动态平衡出发,正确处理害虫与寄主作物的关系、虫与病的关系、害虫与天敌的关系、害虫与害虫间的关系,以及防治措施与环境的关系,才能取得最大的经济效益。如果孤立地、片面地从暂时的、局部的经济利益出发,恶化或破坏生态平衡,就将导致防治技术方案的失败,这已被大量的生产实践所证明。

同时,由于害虫防治技术是直接建立在害虫预测预报基础上的,而害虫测报又在一定程度上依赖于气象预报,因此,害虫防治技术的经济效果的可靠性,在很大程度上受害虫监测技术水平和气象预报准确性的影响,加之植保技术是在田间进行的,受自然条件的影响极大,因此经济效果具有一定的不稳定性 and 风险。

自然条件(包括耕作措施)对害虫防治的技术经济效益有很大的影响,同一种防治方法在某种自然条件下能很好地控制害虫,取得显著的保产效果;而在不良的自然条件下保护效果明显下降。由于各地区的自然条件常不相同,甚至差异很大,所以害虫防治的经济效益往往表现出明显的地域性。

与其它农业技术比较,害虫防治技术经济具有如下几个方面的特点:

(1) 害虫防治的经济效益不在于增产(除少数有生长刺激作用的农药外),而在于防止

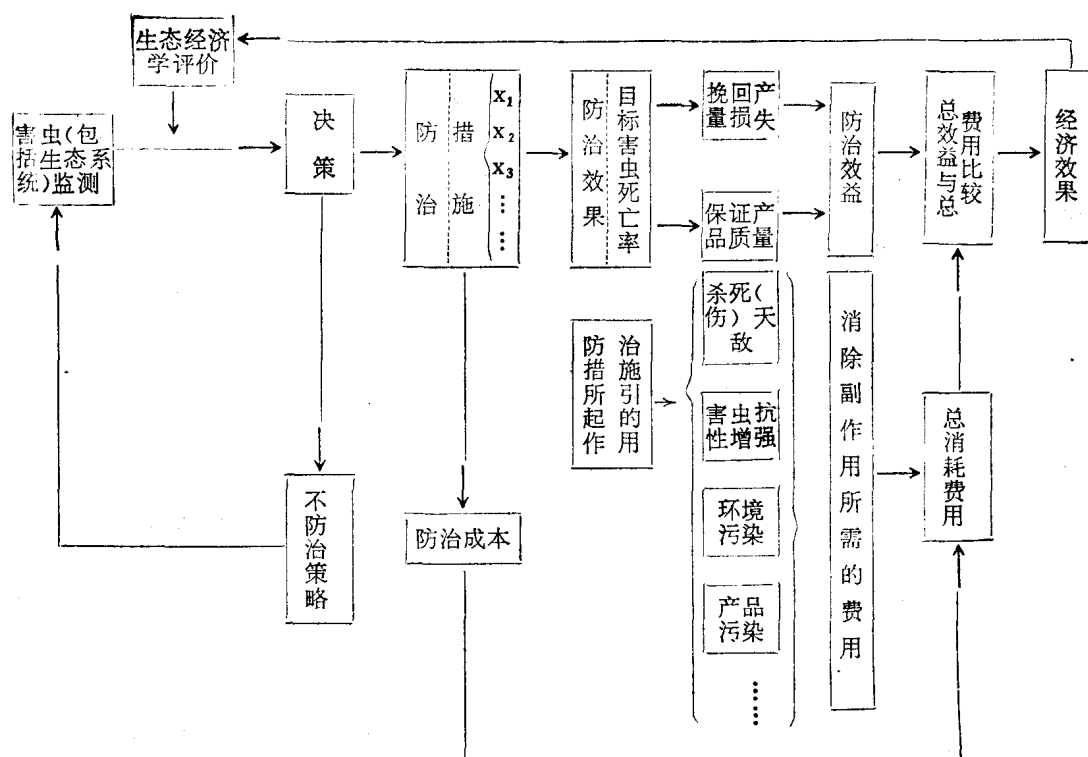


图0.1 害虫防治技术的生态经济学原理

产量的损失, 生产者的收益来自已预防的损失的价值。图0.2表示防治与否和产量的关系。图中完全未受害虫危害的收获量为 y_P , 受害时收获量为 y_N , 差值 $D_y = y_P - y_N$ 是害虫危害造成的减产, 亦可把 D_y 看作对作物彻底防治所能挽回的潜在产量。设该作物的单价为 P , 由防治得到的利益 $B = D_y \cdot P = (y_P - y_N) \cdot P$ 。如果防治不彻底(或防治效果未能达到100%)有一定减产, 设此时的产量为 y_C , 则 $B = D_y \cdot P = (y_C - y_N) \cdot P$; 另外, 如果害虫还使品质下降, 设 y_C 和 y_N 的价格分别为 P_C 和 P_N , 则 $B = y_C \cdot P_C - y_N \cdot P_N$ 。

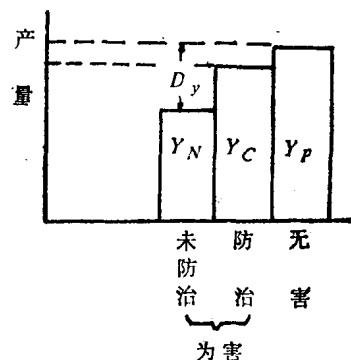


图0.2 防治与否和产量的关系

(2) 害虫防治经济效果的评价不只是技术经济学上的问题, 而且更多地涉及到生态经济学。随着人类对害虫防治系统认识的提高, 大力提倡综合防治, 因此要求用生态学观点、经济学观点和环境保护学观点来分析害虫防治问题。由于技术水平限制, 目前大多数害虫防治效果分析只从经济学角度进行定量评价, 对其生态效应只能作定性描述。

(3) 害虫防治经济存在着近期效益和长远效益的关系问题。如目前提倡的综合防治策略(IPM)着重考虑当年(或本生产季节)的经济效益和外部消耗(即由于害虫防治带来的对社会和环境的影响), 而全种群治理(TPM)策略更着重于长久利益。

(4) 害虫防治经济效果分析的目的在于进行预测和决策, 它更注重在防治措施实施之前作出“防”与“不防”的预测和决策, “经济阈值”的研究占有相当重要的地位。

从我国目前的害虫防治情况来看，各地发展很不平衡，某些地区对某些害虫采取单一的防治措施（如单独使用化学防治或单独使用生物防治等），有时也能奏效，但更一般的是要求多项措施协调使用，因此害虫防治经济效益分析包括单项技术经济效益分析和多项技术经济效益分析。由于害虫防治措施和综合防治技术的多样性（防治措施包括生物防治、化学防治、物理机械防治、农业防治、遗传防治等；综合防治技术包括以化防为主的综合防治、以生防为主的综合防治或以农业防治为主的综合防治等）以及制订防治效果指标体系的复杂性，给经济评价带来许多困难，以至于目前尚无一套较为完整的技术和方法。

城所隆、桐谷圭治参考Southwood 和 Norton (1973) 的意见，提出一个“生物-经济”系统（图 0.3），对于害虫防治经济的研究很有好处，顺次组合最下层所示的各个基本关系，便可推导出最终防治费用和由此获得的收益（不防治时的损失额）的关系。本书将以该系统为基本线索，研究与害虫防治有关的经济问题。

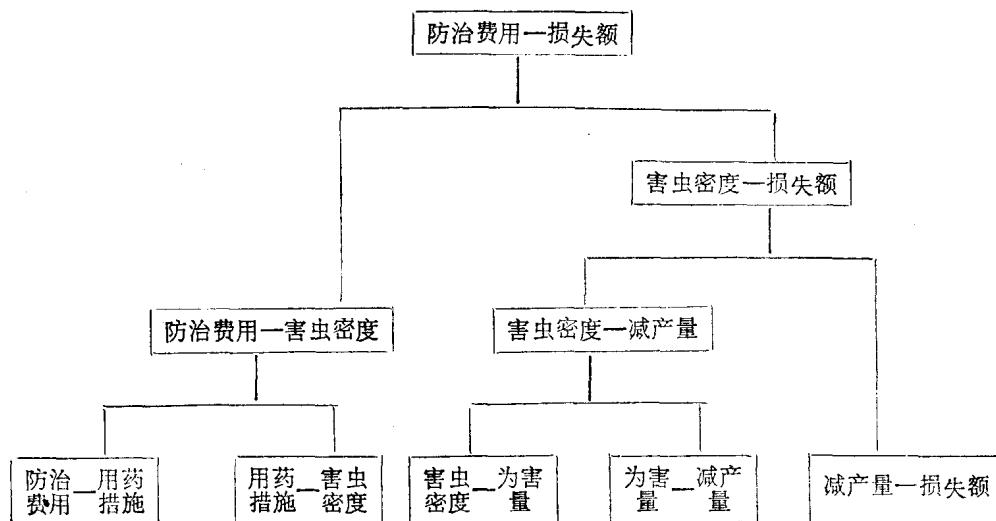


图0.3 害虫防治的“生物-经济”系统

第一章 作物与害虫的经济关系

在农田生态系中，作物与害虫分属于两个不同的营养水平，它们之间存在着食与被食的关系。从经济分析的角度来说，即危害与被害的关系。因为害虫是生物，它所侵害的对象也是生物，这种关系不可避免地包含很多复杂的生态学内容。害虫对作物所造成的损害不仅是害虫密度的函数，也是害虫种的特有取食或产卵习性，以及作物生物学特性的函数。其中每个因素都不同程度地受到环境和其它生物因素的影响，其结果便是害虫所致的经济损失。

§1 作物经济产量的构成因素

害虫导致的经济损失包括直接的、间接的、当时的、后继的等多种，但主要由产量、品质以及产品单价所构成。通常所说病虫害所致的损失，主要是指产量的减少和品质的降低。当品质降低不大可以忽略不计时，只指对产量的影响。

所谓产量是对单位面积上所获得的有经济价值的生产品而言。如谷类作物、豆类作物、油料作物的籽实、薯类作物的块根或块茎、棉花的籽棉、麻类的麻皮、甘蔗的茎、甜菜的肉根、烟草的叶子、绿肥作物的鲜草等等。而上述作物的其它部分，如谷类作物的茎秆等，一般看作副产品。同一种作物因栽培目的不同，产量的概念也有所不同。例如玉米作为粮食作物栽培时，产量指的是籽粒；而当作饲料作物栽培时，则茎、叶、果穗等用于制作青贮饲料的全部有机物质都包括在产量之内了。

作物产量的构成因素，随作物种类不同而有所差异（表1.1）。分析产量及其构成因素对于理解最终产物的结构方面以及害虫对它们的危害，显然是很有意义的。各个构成因素与产量之间的关系，往往可用简单的函数式来表示，例如，禾本科作物产量 = 株数 (a) × 每株穗数 (b) × 每穗粒数 (c) × 粒重 (d)。在此如果把 (a×b) 和 (c×d) 取出来看，各要素呈负相关。倘若对个体的生长发育给予充分空间，则负相关变弱，并且两个因素的关系略呈曲线回归，所以认为可能有产量性状的组合。

表1.1 各种作物产量构成因素

作物名称	产 量 构 成 因 素
禾谷类	穗数、每穗粒数、粒重
豆 类	有效分枝数、每分枝荚数、每荚粒数、粒重
薯 类	株数、每株薯块数、单薯重
棉 花	株数、每株有效铃数、每铃籽棉重
油 菜	有效分枝数、每分枝荚数、每荚粒数、粒重
甘 蔗	茎数、茎重
烟 草	株数、每株叶数、单叶重
绿 肥	株数、单株重
果 树	花量、早期座果率、落果量、成熟单果重

果树产量 = $(ns - d)w$ ，其中 n 为花量， s 为早期座果率， d 为落果量， w 为成熟单果平均重量。

一般说来，若能确保株数或每株茎数，禾本科作物的穗数、豆科作物的荚数等有支配产量的倾向，但由于年份、地区、品种的不同，产量构成因素的贡献程度也不同。

必须注意，作物产量构成因素是作物生育过程中在不同时期先后形成的（图 1·1）。研究各种作物产量构成因素的形成经过及害虫危害对它的影响，无疑对作物受害损失的研究是非常重要的。图中无斜线凸峰表示颖花分化时的颖花数，有斜线的凹峰表示退化颖花数和影响各产量构成因素的可能性。

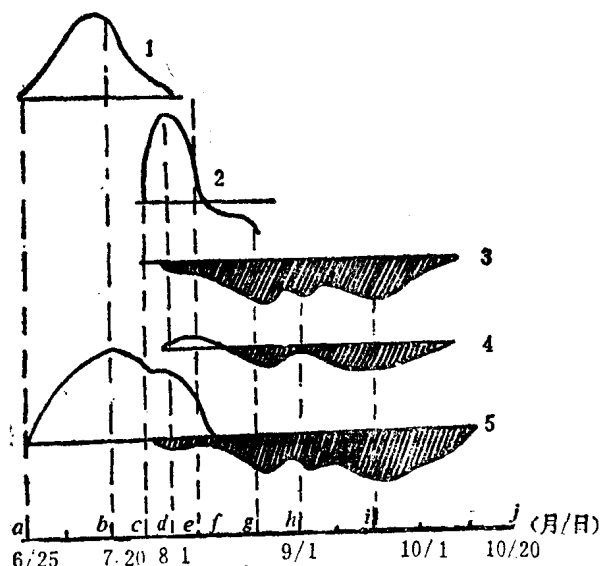


图 1.1 水稻产量构成因素的形成经过示意图（据松岛省三）

1. 穗数； 2. 每穗颖花数； 3. 结实率； 4. 千粒重； 5. 收获量。
a. 插秧期； b. 分蘖盛期； c. 幼穗分化期； d. 最高分蘖期；
e. 第二枝梗分化期； f. 颖花分化期； g. 减数分裂期； h. 抽穗期；
i. 乳熟盛期； j. 收获期。

有些作物的根和叶不是产量的构成因素，但它们是吸收养分和制造有机物质的重要器官，如果根和叶受到害虫的危害，作物的营养生理将受到影响，甚至颗粒无收，可见它们与作物产量有密切关系。

作物在一定条件下要求一定大小的叶面积，过大或过小都不利于光合作用和产量的形成。Watson (1952) 认为：作物个体群体生长速度 (CGR) = 叶面积指数 (LAI) × 净同化率 (NAR)。据此，可以按照叶面积及其同化率估算干物质的增加速度。净同化率的提高和叶面积在时间上的积分值的增大有紧密关系。如果叶面积大于某种程度，就招致过于繁茂，引起净同化率的下降。因此产生了最适叶面积指数 (opt. LAI) 的概念，即使 CGR 变为最高的 LAI 值 (图 1·2)。最适叶面积是一个动态的概念，即不同作物生育期有相应大小的最适叶面积。叶面积的大小不仅制约作物群体的光合作用，叶面积的不同配置方式也影响对光能的利用。

另外，作物在田间以群体的形式存在，成片种植构成了作物群体。作物群体并不是很多作物单株——个体的简单总和，而是一个有机总体，它有自己的结构、功能和生理调节能力。在群体发展过程中，不同时期有其不同的合理群体结构，包括各种不同作物的单株株型、总叶面积、总茎量、总根重及其在空间的分布和排列的动态。而且，作物群体在其发展的过程中，存在着自动调节的现象。例如在相同的栽培条件下，禾本科作物不同种植密度的群体，虽然种植时基本苗数相差比较悬殊，可是它们的最高分蘖数、总穗数和总粒数以至产量则趋于互相接近（表1·2）。这是作物群体在其生长发育的过程中进行自动调节的结果。当然，这种调节作用是有一定限度的，而且是有条件的。了解作物的这种特性，对研究某些作物在受害虫危害之后，利用群体补偿作用减少损失，是很有意义的。

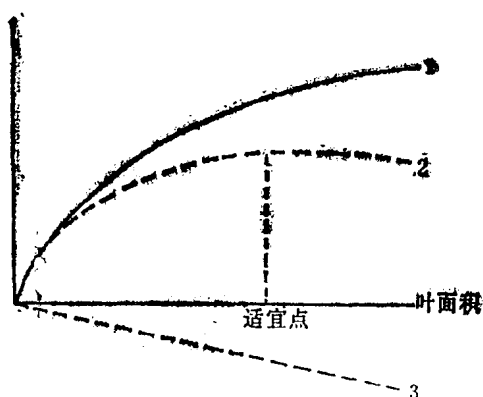


图1.2 作物最适叶面积图解

1. 光合同化， 2. 干物质积累，
3. 呼吸消耗

表1.2 水稻种植密度与每亩总穗数、穗数、粒数的关系（品种：水原三百粒）

（中国农业科学院作物育种栽培研究所，1960）

基本苗数		总穗数		总穗数		总粒数	
万/亩	比例	万/亩	比例	万/亩	比例	万/亩	比例
14.4	1.00	33.6	1.00	21.1	1.00	1969	1.00
19.2	1.33	42.9	1.28	25.9	1.23	2458	1.24
26.0	1.80	51.5	1.53	29.1	1.38	2328	1.18
31.5	2.18	57.0	1.70	34.3	1.62	2747	1.40

§2 害虫对作物的危害

在作物-害虫系统中，了解害虫的危害特性和作物的受害生理，查明害虫对作物产量构成因素的影响，以及它们与环境因素间的关系，是作物受害损失估计的理论基础。

昆虫对作物危害通常是由取食活动造成的，在较小程度上是由某些昆虫的产卵过程造成的。因此，昆虫对寄主植物所造成的损害类型，与昆虫取食习性有密切关系：有的昆虫其危害范围只是一种植物或一个属内的几种作物；有的则能危害一个科内的几个属作物，或几个目内的数个科植物。这些害虫分属于单食性、寡食性和多食性害虫。R.L.梅特卡夫等认为，对害虫管理来说，采用Turnbull和Chant（1961）提出的直接害虫和间接害虫的概念就够了。直接害虫直接危害作物的产品，迅速破坏作物有重要价值部分，相当少的种群就可造成重大的经济损失，例如苹果蠹蛾和苹果实蝇对苹果的危害。间接害虫只危害作物的非收获部位，则受害部位在生理上与产量有关，通过影响作物的正常生理过程，对产量构成因素起作用。

不同类型的害虫所表现的危害程度是不同的，表现形式也有所不同。

吃叶性害虫类除潜叶蝇类外多属咀嚼式口器害虫。如蝗虫，粘虫等把叶子咬得残缺不全，

甚至把作物吃成光杆，稻纵卷叶螟和梨星毛虫等把叶片卷起结苞，躲在里面取食，而一些潜叶蛾和潜叶蝇类幼虫则钻到叶片里吃叶肉。它们主要是通过影响光合面积，直接或间接对产量构成因素起作用。

刺吸性害虫类通过刺吸式口器吸收寄主作物的汁液，造成营养物质的损失，同时由于刺吸时向寄主组织中分泌酶或其它有毒物质，引起寄主植物细胞坏死及新陈代谢机能失调。如褐飞虱危害水稻，是用口针刺入叶鞘组织吸食稻株汁液，在吸汁的同时，还注入有毒的唾液，造成稻株迅速凋萎。据日本报道，褐飞虱在取食吸汁时分泌消化酶（酯等）、细胞壁分解酶（粘胶质酶、纤维分解酶）及唾液鞘等物质混在唾液中，这些酶中的酚类物质对水稻是有毒的。酚类是酶的基质（酚酶），能凝结脂肪、蛋白质组成唾液鞘，阻塞稻株输导管道。另一方面，由于它产卵于稻株叶鞘组织中，输导组织受损，影响养分的输送。当虫量大时，稻株很快凋萎，造成大量秕谷，严重影响稻谷产量；虫量少时也影响谷粒的饱满程度，粒重减轻。此外，在危害后产生伤口，往往导致小粒菌核菌的入侵危害。

有些刺吸式口器昆虫在取食时，可将有病植物中的病毒吸入体内，而后随同唾液注入健康的植株中，如小麦的黄矮、丛矮等病毒病就是由蚜虫、飞虱传播的。这些传毒昆虫的传毒行为对作物造成的损害，比它直接或间接危害产量的构成因素要大得多。很多试验表明，麦类黄矮病的发生与流行和麦蚜的发生与猖獗密切相关。麦二叉蚜、麦长管蚜、麦无网蚜、禾谷缢蚜都可传播该病毒。据陕西植保所1966年在武功的试验，麦二叉蚜一苗一虫时，有80%传病，二头以上时100%传病；一般饲养0.5h就可获毒，经体内循环约24h就可传毒；带毒蚜在健麦上吸食10min左右就可将病毒传入，麦二叉蚜在病株吸食24h后，能连续传毒10d以上，麦长管蚜和禾谷缢蚜持续天数较少。因而一头带毒蚜的危害和造成的损失比其本身的危害能力可增大10倍。吴治身等（1964）研究新疆大白菜病毒病与甘兰蚜传毒的关系，认为甘兰蚜（*Brevicoryne brassicae* (Linne)）、桃蚜（*Myzus Persicae* (Sulzer)）和棉蚜（*Aphis gossypii* (Glover)）的有翅型与无翅型均能传播大白菜病毒病，其中以甘兰蚜为最主要的传毒介体。一头带毒蚜可使80%的被吸食的健苗发病；一头无毒蚜经吸毒1min的传毒率为35%，健苗经一头有毒蚜传毒1min，就有10%发病。传毒系非持久性的，蚜虫一次吸毒后的传毒期限为25min左右（表1·3、1·4、1·5）。

地下害虫类主要危害植物的根部和近地面茎部，造成植株枯死，缺苗断垄或虫伤株。

钻蛀性害虫类钻蛀寄主各部位的组织中，在寄主体内生活，形成蛀孔或孔道，或直接毁坏作物的收获部分（如树上的食心虫类），或破坏寄主作物的输导组织，阻碍水分和营养物质的输送，从而造成寄主部分组织枯死（如水稻的枯心或白穗）、折茎或倒伏（如玉米螟造成玉米的折雄和折茎）；或树势衰弱甚至死亡（如天牛危害果树的茎干）；或者根果减重、籽粒空瘪，品质下降，甚至颗粒无收，严重减产。

必须指出的是，植物是一个有机整体，当某部位受害后，其受害反应波及各个器官，最终影响作物产量，如棉蚜危害1~3叶期棉苗叶片后，除引起卷叶外，株高、真叶数、叶面积指数、根系长度等都受到抑制，现蕾期推迟、蕾数减少，有效铃也减少（表1·6）。

害虫危害将影响作物产量和产品质量。由于危害部位不同，造成的损失也不同。在一定范围内，作物损失和害虫危害大体上呈正相关，但从害虫危害某种作物的全过程来看，或是从不同作物的受害情况来看，两者之间并不总是呈直线关系，而可能出现以下三种情况（图1·3）。

当害虫直接危害作物的收获部位时，往往呈现图1·3 (a) 的情况，作物损失与害虫危

表1.3

甘兰蚜接种饲养时间与发病率的关系(每株接蚜一头)

接种饲养时间(min)	接 种 株 数	发 病 株 数	发 病 率 (%)
1	20	2	10
5	20	5	25
10	20	6	30
30	19	4	21
60	10	5	50
120	10	6	60
240	10	7	70
对照	20	0	0

表1.4

甘兰蚜头数与发病率的关系

每株蚜虫头数	接 种 株 数	发 病 株 数	发 病 率 (%)
1	10	8	80
2	10	6	60
4	10	6	60
8	10	8	80
10	10	8	80
16	10	9	90
对照	10	0	0

表1.5

甘兰蚜感染饲养时间与发病率的关系(每株接蚜1头)

感染饲养时间(min)	接 种 株 数	发 病 株 数	发 病 率 (%)
1	20	7	35
5	20	14	70
10	20	7	35
30	20	13	65
60	10	4	40
120	10	6	60
240	10	5	50
对照	20	0	0

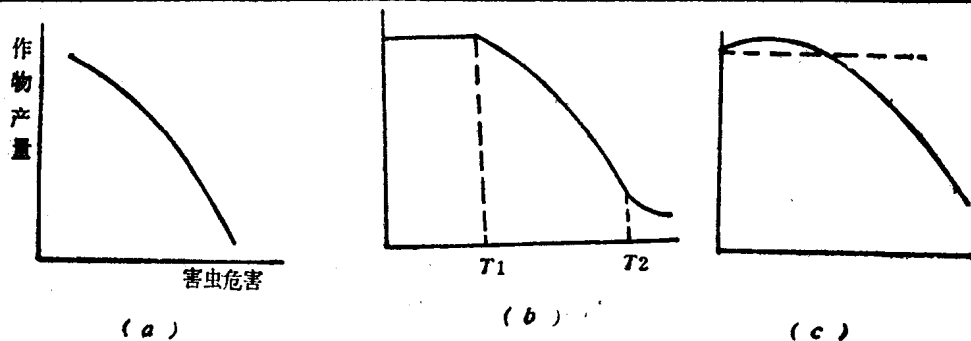


图1.3 害虫危害和作物期望产量间的关系

表1.6

棉蚜危害1~3叶期棉苗后对棉花生长发育的影响(张永孝等, 1980, 淮北棉区)

年份	处 理	株 高 (cm)	真 叶 数 (片)	叶 面 积 (指数)	根 系 长(cm) 鲜 重(g)	木 枝 数 (个)	果 枝 数 (个)	蕾 数 (个)	铃 数 (个)
1980	5月16日起 控制不受害	6月14日 9.47	6月14日 7.68	6月14日 21.55	6月22日 493.6	7月3日 3.45±1.6	7月3日 3.2±1.4	7月3日 3.75±1.9	9月13日 9.6±2.75
	受害5d	7.49	6.8	19.59b	473	2.8±1.2	3±0.97	3.15±1.04	8±3.02
	受害11d	6.32	7.08	10.76c	409.6	1.25±1.09	4.9±1.37	5.7±1.58	8.1±3.5
	受害17d	5.54	6.14	9.64c	253.4	2.1±1.35	2.9±1.45	3.5±1.4	6.8±2.98
	受害31d	4.23	5.98	6.25d	178.5	0.7±0.71	0.45±0.67	0.35±0.48	7.0±3.42
1981	5月16日起 控制不受害	6月21日 12.8	6月11日 5.97	6月11日 14.03a	6月23日 234.1±1.7	7月3日 2.53±1.17	7月3日 4.04±2.45	7月3日 4.58 ±2.96 a	8月20日 3.44± 1.06 1.43
	受害5d	9.12	5.11	10.5 b	238.8±1.32	2.35±1.21	2.45±1.35	10.05 ±4.58 1.66 1.7	3.63±
	受害12d	6.68	4.94	7.02cd	201.9±0.9	2.73±1.59	1.67±1.08	9.55 ±3.22 1.5 1.61	3.8±
	受害17d	6.55	5.08	5.47de	152.4±0.5	2.0±1.07	1.25±0.77	6.55 ±0.64 ±2.58 0.9 ±1.95	3.75
	受害22d	5.76	4.64	3.79e	158.5±0.42	1.25±0.71	0.63±0.59	0.21 ±0.4 c	3.45 ±1.93

注: 表内符号相同差异不显著, 符号不同差异显著

害呈近似直线关系。显然,当饲料作物受害虫危害时,摄食量即减产量,危害量和减产量呈直线关系。

如果害虫不直接危害作物的收获部位,或危害期和收获期之间在较长时间内不吻合,往往出现图 1.3 (b) 情况。如作物的收获部分为果实或种子,其叶部遭受害虫的危害,作物对低受害水平具有完全的补偿能力,损失与害虫危害大体呈S型曲线关系,而且前后出现两个拐点,在害虫危害达到 T_1 之前,并不造成损失,达到 T_1 之后损失才开始发生并随之增大。当害虫危害达到 T_2 以后,损失量不再增加而趋于平缓或达到饱和。这种情况颇为常见。例如,大量豆蚜(*Aphis fabae*)危害蚕豆时可造成颗粒无收,但中等程度或轻度的侵袭,蚕豆的产量与未遭侵袭的植株产量没有多大差异。

情况c是比较特殊的,较轻的害虫危害不但不致减产,反而起到了间苗和控制徒长而使作物略有增产的作用。如大豆蚜虫在多数寄生情况下,大豆植株变矮,靠近豆荚部分的叶面积增加,确保向豆荚输入光合作用产物。特别是多年生作物害虫,如危害果树的花和幼果的害虫,在开花、座果过多的树上,一定数量的虫害能起疏花疏果的作用,果树的产量反而有所增加。

上述三种情况是比较一般化的模式,事实上害虫和作物的种类很多,害虫的危害特性和作物的受害生理都比较复杂,而且它们都受到外界条件的影响,如果对他们进行更深入更广泛的研究,便会发现危害和作物损失间的关系比这里介绍的要复杂得多。

§3 环境条件对作物受害损失的影响

昆虫危害作物所造成的损失,虽然主要取决于危害程度,但也与环境条件(包括作物品种、生长状态等)有关。同一受害水平在不同品种,不同生育阶段,不同环境条件下,产量损失可能不同。这方面例子很多,例如水稻有效穗构成,一般常规品种主穗占70~80%,分蘖穗占20~30%,而杂交水稻有效穗构成,分蘖穗占70%以上。因此如果受螟害枯心率均为10%,对一般常规品种全田总穗数减少2~3%,而杂交水稻全田总穗数则要减少7%以上(林瑞山,1980)。水稻有效分蘖的叶位一般是:早熟品种4、5叶位;中熟品种5、6叶位;晚熟品种6、7叶位。如果水稻苗期受二化螟危害,造成枯鞘的叶位正好与有效分蘖的叶位相遇,则可严重影响分蘖成穗率;如不相遇,则对分蘖的成穗率影响较小。

水稻的外部形态、内部结构以及营养状况等,均与螟虫的生存繁殖和危害关系密切。据陆自强(1979)报道:汕优2号比农垦57髓腔直径大(2.14mm),大维管束多(7个),茎壁厚(0.11mm)。杂交水稻这种髓腔空隙大、茎壁厚的特点,最适合性喜群集体型大的二化螟活动。

硅酸可提高稻体硅质化的程度和赋予稻体的刚强性,从而增强水稻对二化螟危害的抗性。土壤中可给态硅酸含量低,水稻体的硅酸含量相应也低。其结果:(1)成虫产卵与幼虫蛀入都选择这种水稻;(2)对幼虫的抗性作用小;(3)对幼虫的危害耐性低。因此,土壤环境硅酸供给力的差异决定了水稻对二化螟的抗性和受害严重程度(仲野恭助等,1961)。图1.4为土壤硅酸供给力与水稻受二化螟危害的关系。

螟虫赖以生存和繁殖的共同营养物质有蛋白质、糖类、脂肪、维生素等。但同一头三化螟幼虫,1~2龄时要求食物内氮量大于糖量,而3~4龄则相反。另一类物质对昆虫没有营

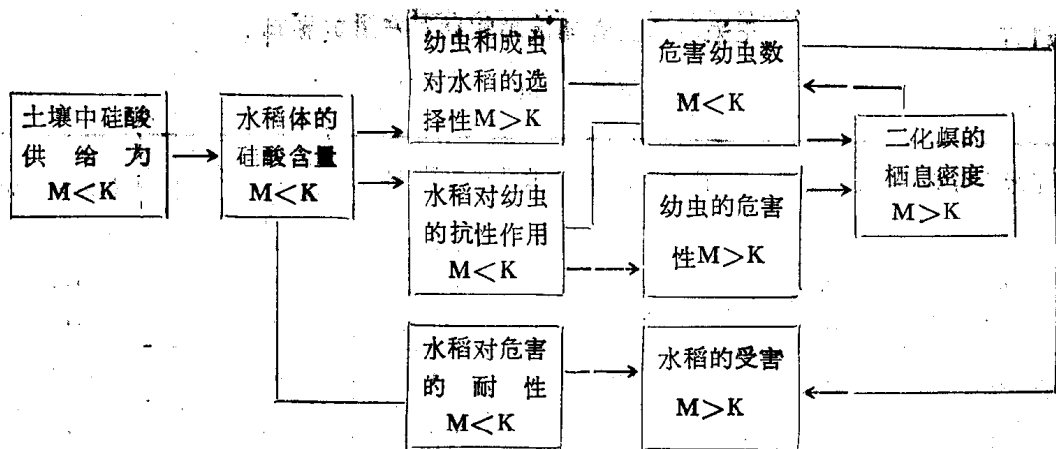


图1.4 M、K两地土壤的硅酸供给力与水稻受二化螟危害关系
(仲野恭助, 1959, 日本)

养价值, 但具有引诱、拒避或毒害作用, 如许多植物碱、芳香脂或酮类化合物。这两类物质对螟虫的觅食、生长发育、繁殖生物都有很大的影响。由于梗稻与籼稻、高秆与矮秆品种间的生理生化差异和各种螟虫所需要营养物质的不同, 湖南省在早籼晚梗以及早、晚稻矮秆化的50年代末到70年代前期, 三化螟无论在数量上和危害程度上均占绝对优势, 解放后全省惟三化螟大发生的五年(即1959、1962、1963、1964、1974年)全在这一时期。70年代以后, 全省由细秆品种的晚梗和以早、中熟早稻为主的局面, 逐步为茎秆粗大(包括杂交水稻)的晚籼和迟熟早稻所代替, 因而二化螟在各地卷土重来, 成为全省各地早稻的主要害虫之一, 并在部分地区成为晚稻的主要害虫。如1978年安乡县安全公社衡丰大队第十三生产队有38.5亩湘矮早9号, 因二化螟危害造成死秆94.8%, 每亩有虫92.6万头。1978年醴陵县农业局进行重点丘块考查, 早稻受二化螟危害后, 湘矮早9号减产17.2%, 杂交稻“连24”减产14.6%, 晚稻受二化螟危害后, 洞庭晚籼减产32.3%, 倒种春湘矮早9号减产47.5%, 杂交稻威优6号减产18.2~23.0%, 晚稻个别丘块被二化螟危害后, 虫伤株率高达95.4%, 减产53.5%(谭荫初, 1983)。

邱式邦等(1964)对玉米在不同生育期遭受螟害对产量的影响进行了研究, 发现在螟虫数量相同或接近的情况下, 心叶期被害对产量的影响显著大于穗期(灌浆期), 心叶末期孵化的玉米螟, 其危害又显著大于心叶中期孵化的玉米螟(表1.7)。在心叶末期处理中, 单株产量5g以下的占总株数的23%, 较心叶中期的3~6%显著为高。可能的原因是: 心叶中期孵化的螟虫, 其幼虫期大部分时间生活在玉米心叶内, 钻茎的虫数较少, 很多蛹就化在叶缝间和即将抽出的雄穗内, 对玉米营养物质的输送影响较小, 而心叶末期孵化的螟虫, 在雄穗抽出时幼虫尚未成熟, 由于失去心叶的隐蔽, 转移蛀入茎秆或危害正在成长中的雄穗, 妨碍营养物质的转运, 并影响雌穗的正常受粉和发育。

麦蚜对小麦产量的影响在抽穗期最大, 因为这时的麦蚜大多在旗叶或麦穗上(北京市通县农科所等, 1977)。小麦在灌浆期受蚜害时, 如遇干旱减产甚烈; 如果水分供应充分, 则减产较少。在这里蚜虫和干旱互作, 以致减产大于单纯蚜害和单纯干旱造成减产之和。

棉蚜对棉花的危害性随棉株的长大而减轻, 在三叶期卷叶, 不但影响株高, 单株成桃也减少, 且籽花重量减轻。大致卷叶率每增加1%, 损失籽棉0.6kg/亩。但在8~9片真叶期, 卷叶株与无蚜害株相比, 株高降低0.5cm, 单株成桃减少0.4个, 但小桃增加0.7个, 籽花总产量未

表1.7

玉米不同生育期接种螟卵对产量的影响

(邱式邦等, 1964, 北京)

接种时玉米生育期	处 理	接种卵粒数	收获时虫数/株	产量(g/株)	产量在5g以下株 占总株数的%
心叶中期	1	50	5.7	69.0	3.4
	2	100	8.1	90.3	3.4
	3	200	9.1	66.4	6.6
心叶末期	4	50	11.4	34.8	23.2
穗 期 (灌浆期)	5	25	3.5	80.6	0.0
	6	50	9.5	79.2	1.7
	7	100	15.1	75.8	3.3
对照(不接种)	8	—	0.1	85.6	1.7

减少(管致和, 1979)。

棉盲蝽在田间对棉株的危害程度因不同部位而异(丁岩钦, 1963), 其中嫩叶、幼蕾受害最大, 幼铃次之, 而老叶及大铃极少受害。分析棉株不同部位的营养成分得知, 棉株不同部位所含营养物的多少亦不同。就含糖量而言, 大铃最多, 嫩叶、幼蕾最少。不同部位的含糖量与盲蝽危害间的关系不显著($r = -0.65$); 就含氮量与危害情况分析, 两者间有密切的相关关系。嫩叶含氮量最高, 盲蝽危害也最重, 中叶含氮量为4.3%, 危害率降至10.3%; 老叶含氮量仅3%, 极少受害, 棉株不同部位的含氮量与盲蝽危害率的相关测定 $r = 0.799$, 在 $p = 0.01$ 水平上显著相关。这就表明盲蝽危害与棉株含氮量的关系极为密切, 亦说明盲蝽的食性以寄主植物含氮量多少为转移(表1.8)。

表1.8

棉株不同部位营养变化与盲蝽危害的关系

(丁岩钦, 1963)

植株部位	总氮量 (占干重%)	糖含量(占干重%)		含水量(%)	危害率 (%)
		可溶性糖	还原糖		
嫩 叶	5.0	0.92	0.75	84.6	76.0
中 叶	4.3	1.62	1.56	—	10.3
老 叶	3.0	—	—	71.2	0.0
幼 蕾	4.3	0.89	0.85	83.1	40.3
大 蕾	3.6	1.92	1.01	83.3	7.0
幼 铃	4.1	3.02	1.96	88.7	31.8
中 铃	2.4	—	—	—	5.3
大 铃	2.0	5.04	2.77	89.5	0.0

植物的生长发育有一定季节性, 在每个季节中均有一部分植物成熟、死亡, 而另一部分植物正在生长, 形成鲜明的季节演替。食植性害虫也随着植物的演替, 发生寄主转移, 危害