

作物抗虫原理及应用

曹 骥 编 著

科 学 出 版 社

作物抗虫原理及应用

曹 骥 编著

科学出版社

1984

内 容 简 介

本书共分十章。前三章是引论，作物抗虫性利用在害虫综合治理中的地位，以及我国作物抗虫性的研究和利用现状；中间四章论述作物抗虫性的分类、机制、遗传和环境影响等；末三章是作物抗虫性的利用，包括研究法、抗虫品种的选育及其前景。并摘译一篇《树木抗虫生理学》作为附录。

本书精选了中外文献 130 余篇，涉及到的害虫 180 余种，虽材料大部采自国外书刊，但结合我国情况，文笔简炼，明白易懂，可作为我国有关科技人员和农林院校师生研究作物抗虫性的入门书籍。

作物抗虫原理及应用

曹 骥 编著

责任编辑 谢仲屏

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1984 年 4 月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1984 年 4 月第一次印刷 印张：4 5/8

印数：0001—5,000 字数：103,000

统一书号：13031·2531

本社书号：3472·13—12

定 价： 0.80 元

前 言

我为什么写这本《作物抗虫原理及应用》?

我在培养研究生的过程中发现,教材专依靠某一本西文书是不行的,一定要设法撷取众长,摒弃那些中国所没有或不重要的作物抗虫材料,把需要的一部分一部分地安排好。课讲了不到一百学时,准备讲稿却断断续续用了我将近两年时间,其间经过了好几次的修改。正因为本书是国内同类书的第一本,写好写坏,直接影响着大家对作物抗虫这一客观事物的看法,所以尽管改了几次,仍觉不够满意。特别是第三章的内容,等于给我国作物抗虫研究事业作传,言轻言重,煞费苦心;知我罪我,端在读者。

为了搞好农业现代化,作物抗虫性研究及利用在我国应该有一个大发展。要大发展就要培养人才,这光靠培养少数研究生是远远不够的。我曾设想:能否在七五计划的年度内,全国重点农林院校都能开设作物抗虫这一门课。如能实现,本书也许多少是点帮助。

在本书的写作过程中,受下列各著作的启示最大,录出著者及书名,以志谢忱。

Maxwell, F. G. & P. R. Jennings (1980)

Breeding plants resistant to insects

Panda, N. (1979)

Principles of host-plant resistance to insect pests

Russell, G. E. (1978)

Plant breeding for pest and disease resistance

Hedin, P. A. (1977)

Host plant resistance to pests

再者，本书取材多属农虫，林虫谈的很少。为弥补这一缺陷，使广大林虫工作者能更好地利用本书，又将 J. W. Hanover 的《Physiology of tree resistance to insects》一文择要译出，并编译时参考了西北农学院兰斌同志旧译，并此致谢。

著者

1983年于北京

目 录

第一章	引论	1
第二章	作物抗虫性利用在害虫治理中的地位	8
第三章	我国作物抗虫性研究及利用现状	18
第四章	作物抗虫性的分类	31
第五章	作物抗虫的机制	37
第六章	作物抗虫性的遗传	65
第七章	影响抗虫性表现的因子	81
第八章	作物抗虫性研究法	89
第九章	作物抗虫品种的选育	100
第十章	品种防治害虫的前景	114
附:	树木抗虫生理学	119
	参考文献	132
	害虫学名索引	139

第一章 引 论

害虫为害农作物有愈演愈烈之势，对此，先进国家亦不能免。1975年美国科学院及农业部邀集美国昆虫学会的专家共同研讨对策，最后建议开展害虫的综合治理方案。其中提到“在可以代替化学杀虫剂的各种办法中，利用抗虫品种，结合良好的栽培措施，也许是最有效、最容易办到、最经济和对环境最少害处的办法。”应该说，这种评价是比较公允的。

根据联合国粮农组织 1967 年专家座谈会给害虫综合治理下的定义：一项害虫综合治理方案应在充分考虑所处环境和害虫本身的繁殖能力的条件下，尽可能协调地运用各种对路的技术和方法，并把害虫群体控制在造成经济损失的水平之下。

何谓经济损失水平？简单地说，经济损失水平就是使对害虫为害采取最经济有效的防治措施成为合算的为害程度。当害虫为害很轻时，采取防治措施后所挽回的损失折成现金还不够偿付防治费用，这时我们就说这种为害在经济损失水平之下。

何以要把害虫群体控制在造成经济损失的水平之下呢？这是害虫综合治理思想的精髓，是有别于旧的治虫概念的根本所在。旧的治虫概念总是强调把虫子杀得越光越好，结果是连天敌也同归于尽。综合治理概念则时时要照顾到各类天敌，不但不能杀死它们，还要给它们留下足够的害虫当“口粮”，以保持好这个生态平衡。

把害虫杀得越光越好是新有机杀虫剂（这属于第二代农

药)行世以后形成的一种思想。就是这种思想指导下的治虫实践给我们带来不少损失。可以说,只有强力杀虫剂才能一次杀死原来害虫群体的 95% 以上,其他防治手段是不行的。现在治虫理论变了,强力杀虫剂的这个优点恰又变成它的缺点,你叫它杀死害虫群体的 95% 容易,你叫它只杀死它的 80% 反而不容易做到。

从这点衡量,利用抗虫品种治虫的优越性是显而易见的。在这个问题上也有一个认识的转变过程。过去,人们的思想可能受药剂治虫的影响,总是追求高度抗虫品种。什么叫高抗品种?总是要比感虫品种少大致 95% 虫口的那样的品种吧。现在知道追求这个目标虽然不是全无意义的,至少是不明智的。各种害虫的适应力是强的,它既可以对强力杀虫药剂产生抗性,对高度抗虫品种同样可以产生抗性,生成新的生型 (biotype)¹⁾。

所以,高度抗虫品种既不易找,好容易培育出一个在生产上可用的,又很难长久用下去。但是找一个(或培育一个)中等抗性的品种还是比较容易的,也是容易较长期起作用的 (Wood, 1974)。自从有了这个认识上的转变,就为作物抗虫性利用显示了更加广阔的前途。

应该说,现存所有植物都先天具有一定的抗虫性,因为假如不是这样,它们早被害虫消灭了。问题在于植物抗虫性并不是千篇一律的。首先有所谓生态抗性(外因为主的)和遗传抗性(内因为主的、或基因控制的)。遗传抗性又有拒虫性、抗生性和耐虫性三道防线或三种机制。有时同一种植物抗甲虫靠一种抗性,抗乙虫靠另一种;也有时几种抗性同时被用于抗某种害虫;或者在早期用的是一种,中期、后期用

1) 旧译生物型,因有语病,有的学者建议改生活型,亦不够恰当。改译生型由我开始。生在此处兼有新的、前所未知的含义。

的又是一种，情况相当复杂，使植物抗虫现象长期得不到理论化。

已故美国学者 R. H. Painter 称得上是第一个把纷繁的植物抗虫现象整理出一个头绪的人。他在本世纪二十年代就开始与黑森瘿蚊 (*Mayetiola destructor*) 打交道，并注意到该虫是存在生型的。以后又研究不同苜蓿品种对豌豆蚜 (*Acyrtosiphon pisum*) 的抗性，并积累了大量的经验。他又是一位善于总结的人，终于在1951年出版了划时代的著作《作物中的抗虫性》(*Insect Resistance in Crop Plants*)。上述三种遗传抗性的划分就写进了这一著作里。在他的启发教育下，作物抗虫研究蒸蒸日上，学者倍出。按照 Maxwell 及 Jenning (1980)，三十年来积累的英文文献就有 1,260 篇，实际远不止此数。

这里应该交待一下植物抗虫性和作物抗虫性二词的异同。国外用植物抗虫性的较多，本书使用作物抗虫的字眼是想强调利用方面。根据进化论的自然选择观点，植物抗虫性可看成是植物对环境适应性的一个方面。在漫长的地质年代里，植物由于和昆虫共同进化积累了抗虫性。经过几万年的人类培植，由于这样或那样的原因，作物上的害虫不是少了而是多了。因此原有的抗虫性并没有丧失，认为耕种造成植物抗虫性丧失的观点是不对的。如果说有不同的话，也只限于增加了人的干预而已。这种干预在人还未掌握作物抗虫原理以前，可能对作物有害并因此受到惩罚；在掌握了这样的原理以后，它就朝着有利的方向发展了。

根据现有资料，利用作物抗虫性对农业做出的第一个贡献是对苹果品种“冬麦及丁”能抗苹绵蚜 (*Eriosoma lanigerum*) 的发现和利用，时在 1831 年。1890 年，法国从北美引入能抗葡萄根瘤蚜 (*Daktulosphaira vitifoliae*) 的砧木

接上本国优质接穗取得成功，从而把欧洲的酿酒工业从葡萄根瘤蚜危害下解救出来。差不多在同一时期，在美国加州所做的小麦抗黑森瘿蚊的观察以及后来的育种开拓了作物抗虫研究的新篇章。后一项研究一直到今天还在继续着。

下面著者想简单地从发展的角度谈谈植物抗虫机制。最早人们对植物抗虫的原因的认识可以 Stahl 为代表。他在 1881 年提出的物理抗性和化学抗性两类，有必要在此做一概括性的介绍。

1. 物理抗性 多数昆虫都会碰到植物能阻止或削减它取食活动的角质膜。植物表皮常着生毛或刺，如棉叶的长毛对辣椒微叶蝉 (*Empoasca lybica*) 有拒虫性，而多毛的绒毛草属 (*Holcus*) 植物则连雏蝗 (*Chorthippus* sp.) 的幼螬都不去吃它。四季豆叶上的带钩的毛会抓住扁豆蚜 (*Aphis craccivora*) 叫它饿死，在未展开的新叶，也就是蚜虫最喜欢吃的地方，毛也最密。

许多植物还有腺体毛，也能抓住弱小的虫子。有趣的是：盲蝽科中有一族——Dicyphini 族，还专喜欢接近这类植物，也许是用被抓住的小虫子做相当重要的营养补充。盲蝽中 *Cyrtopeltis* 及 *Setocornis* 二属的成员则喜欢生活在茅膏菜属 (*Drosera*) 和 *Byblis* 属植物上，专找被抓住的虫子吃。橡树叶上长的角质缘齿使它能抗橡枯叶蛾 (*Lasiocampa quercus*) 的幼虫，松柏科的松香常可粘死来犯的昆虫。稻茎中含硅的程度越高，形成的“屏障”越有力，也就越抗虫。

2. 化学抗性 植物饱含大量的次生物质，包括生物碱(如甜菜碱)、单宁、精油、皂素及一些有机酸。Fraenkel 等认为这些物质是植物为抵抗昆虫、病原菌也许还有竞争者才生成的。Jermy 的研究显示：某些植物之所以抗虫，是因

为它们含有阻食素 (feeding deterrent), 能制止昆虫取食的生化物质), 昆虫接触到便走开。有的植物的毛可以分泌某种生化物质, 昆虫碰上便死。如烟草属的某些种分泌的烟碱就有杀蚜作用。

有些植物还能合成并积聚与昆虫蜕皮激素非常近似的固醇。它们已在种子植物的 15 科和羊齿植物的 3 科中找到。另外的研究显示多种被子植物, 至少对棉红蜡 (*Dysdercus cingulatus*) 含有类似保幼激素的物质。最近在菊科、唇形科、榆木科和苦槠科等植物中又发现了昆虫性外激素的类似物。

以上这些特殊化合物还不足以概括植物保护自己免受虫害的全部伎俩, 它们还有个营养屏障。表现在某些抗虫的植物体内常缺少昆虫必需的氨基酸, 特别是色氨酸和甲硫氨酸。Gordon 认为这种缺少也许是自然选择的结果。蚜虫大量地从寄主植物吸取氨基酸, 本身会造成短期的营养恶化。Feeny (1968) 曾对橡树的营养条件与次生化学物质 (单宁) 在抗虫上的协同作用做过示范。在生长季节, 橡叶内蛋白质含量降低而单宁含量升高, 由于单宁与蛋白质结合后很难消化, 这就使得橡叶的营养价值急剧下降。Feeny 重视单宁的作用, 认为它是广谱的防御机制, 兼有拒虫和抗生的双重性质, 后一种性质可能与单宁能使蛋白质不易消化的作用有关 (见后面第五章)。

那末昆虫对植物各种防御又有哪些进化性反应呢? 一般地说, 昆虫对抗植物生化物质的方式和它们对付杀虫药剂的方式差不多。杀虫剂用得越频繁、越广泛, 更多的昆虫会对它产生抗性。同样的事实也出现在抗虫植物上。昆虫和植物联属中应该说以树木害虫最为密切, 这种联属有范围大、时间长的特点。研究表明: 当某一种树在历史上特别繁衍的时

候,以它为食的虫种也多。业已发现,原来只为害柳属的两种盲蝽 *Plesiocoris rugicollis* 及 *Orthotylus marginalis*, 自本世纪以来,已发展了兼害苹果树的能力。这种寄主转换除受种植面积和季节适宜等因素影响外,害虫本身的嗜好程度也有关系。它反映在原来的和后来的两个寄主的生物化学和昆虫代谢上。通常这种寄主转换多出现在亲缘较近的两个属上(如苹果蝇 (*Rhagoletis pomonella*) 从山楂转害苹果),象柳属和苹果属这样远缘也出现转换还很难解释。但至少意味着产生了新的生型。

最后再谈一下显眼植物¹⁾与不显眼植物的生化抗虫性的区别。显眼植物所含生物物质不那么容易受昆虫“反适应”(counter adaptation)的影响,它是用来降低所有外敌的生长速度的,为了达到有效的地步,即储备到相当高的浓度亦在所不惜。这种化学防御通常是与对草食动物和病原物营养价值低相联系的。这种植物(一般是大树)的叶子也是比较厚的、多单宁的。

不显眼植物所含毒素即使浓度较小,对一些尚未适应的外敌也很有效,有时简直使它们一闻便走。可惜这种物质很容易遭到“反适应”。它们对适应了的外敌的侵害已无抵制作用。外敌甚至还利用它们做引诱素(attractant)或取食刺激素(feeding stimulant)。这种借助次生物物质认出寄主的本领对昆虫的取食和产卵可以说是同等重要。不少昆虫在找不到合适的寄主植物时就不产卵。很久以前,曾有过这样有趣的试验:当把芥子油涂在蜡纸上时,菜白蝶就产卵了。这说明昆虫生活依靠次生物物质达到何种程度。

我们研究植物抗虫性,不管是不是经济植物,其目的是为了把植物抗虫的原理应用到提高作物的抗虫性上来。据著

1) 显眼植物原文为 apparent plant, 本名系 Feeny 1976 年给的。

者所知,我国对野生的、非经济植物抗虫性研究尚是空白。美国在本世纪五十年代以前也没有很多的研究。上述 Painter 的名著《作物中的抗虫性》中就完全撇开了进化论的观点。他给他的著作取名作物中的抗虫性也反映了这一现实。

在 Painter 以后,经过近十多年的实践,人们越来越认清,不但抗虫抗病的抗源有时要到野生植物中去找,就是作物抗虫的原理有时也会从研究野生植物抗虫性得到丰富。大自然乃是一个整体,农业生态系只是整个生态系的一部分。本书书名虽然以作物二字开头,但这种观点将贯串到全书各个部分,因为著者认识到,只有这种观点才是正确的,因而也是有益的。

第二章 作物抗虫性利用在害虫治理中的地位

作物抗虫性研究的首要任务，就是要培育能抗某种害虫又能保持或改进其基本农艺性状的栽培种。在害虫综合治理中，作物抗虫的地位往往因作物和昆虫而异。在防治多数害虫时，都应该考虑到作物抗虫性，但抗虫性的利用不太会是主要治虫方法，更多的是辅助手段，也就是说，在多数情况下，抗虫性利用（一称品种防治法）是给别的防治法作陪衬的。但当某种害虫已成为某种作物经常发生的重要害虫，药剂对它很难控制时，就该考虑将作物抗虫性利用列入育种计划之中。

利用作物抗性于治虫实践有它的独特性，最大特点是能在较长时期内起作用。总起来它也是优点多于缺点的，因此很值得提倡。

一、品种防治法的优缺点

（一）优点

此处只简单列举，后面还要详谈。

1. 累积效果 作物抗虫性代复一代地起作用，即便是中等抗性，时间长了也会将害虫压下去。

2. 专性 作物抗虫性通常只抗一种或一类害虫，对有益昆虫无直接有害影响，甚至还有益处。

3. 不受风雨影响 这是优于化学防治和生物防治的地方。

4. 无公害 品种防治不动用非天然因素, 因此不会污染环境或危害人畜健康。

5. 便于采用 抗虫品种一经育成, 它不需额外花费即能纳入正常耕作系统中去。

6. 容易综合 品种抗性易于与其他治虫技术综合, 并成为理想的辅助手段。

(二) 缺点

1. 育成费时 在寻找抗源和育成抗性品种上一般要费5年到15年, 故不适用于解决急迫的害虫问题。

2. 难得兼抗 某些形态特征抗了甲害虫却更易为乙害虫所害。如多毛性即是如此, 造成顾此失彼。

3. 生型问题 生型的出现会影响抗虫品种在时空两方面的适用性。但这一问题不如生理小种在作物抗病性上的严重。

二、与其他防治法的关系

(一) 与药剂防治的关系

在抗虫品种上施药常可取得超出在常规品种上所得的效果。兹举三例:

1. 甜玉米杂交种 471U6×81-1 抗玉米穗夜蛾(*Heliothis zea*), 仅喷药一次无虫伤穗由原来的78%提高到93%, 而不抗虫的杂交种, 虽连喷几次药仍有14%的穗被害, 显示抗虫品种的效力。

2. 温室黄瓜红叶螨(*Tetranychus telarius*) 在中抗品

种上繁殖慢,比在感性品种上晚 1 个月左右到达经济损失水平,因此可少喷两遍药。在抗性品种上的叶螨对杀螨剂抵抗力也有所减弱,因此药量又可以降低。

3. 抗虫品种和同一作物的不抗虫品种间作,喷药时不喷抗虫品种带,从而保护了天敌。如美国路易斯安那州为防大豆叶甲 (*Cerotoma trifurcata*) 先呈带状播种早熟大豆品种,后播正茬品种,早熟种将叶甲大部吸引过去,通过喷药将其消灭(诱杀田)。

(二) 与耕作防治的关系

美国的红铃虫 (*Pectinophora gossypiella*) 防治曾一度推行以压低越冬虫源为目标的耕作制度,包括提早播种、人工脱叶、提早采收、清除秸秆等。因产量受影响,在高产棉区不易推行。1976 年 Wilson 等发现无蜜腺早熟棉品种上面的第一代红铃虫比常规品种上面的要少一半。以后各代继续对半压低,红铃虫在美国南部一年 4 代。因此不加其他措施,仅品种防治一项到冬前虫口即可降至原来的 1/16。早熟棉品种可提前收碾,消灭了第 4 代红铃虫,这代通常有 50% 幼虫

表 1 抗感红铃虫棉品种的相对虫口

代 别	无 蜜 腺 抗 种	感 虫 品 种	两 种 比 值
越冬代	100	100	1 : 1
第一代	250	500	1 : 2
第二代	625	2,500	1 : 4
第三代	1,562	12,500	1 : 8
第四代	采取措施	62,500	1 : 16
采取措施后 越冬虫口数	156	31,250	1 : 200

进入越冬，而第3代通常仅10%越冬，如是两种品种田，冬前虫口就相差200倍以上。表1这个事例充分说明如运用得当，品种防治综合耕作防治确实能发挥良好的治虫效果。

美国得克萨斯州的棉虫综合治理更是一个品种与耕作相结合的良好范例。该州主要棉虫为棉铃象 (*Anthrenus grandis*)，是一种多化性害虫，以成虫在枯枝败叶等隐蔽处所越冬。该州根据该虫及红铃虫、棉铃虫等一年中的为害习性，制定出一整套综合治理措施，概述如下：

- (1) 培育出短日期 (130天左右) 的矮秆品种。
- (2) 实行合理密植 (每英亩 5 万株)，以保证产量。
- (3) 推迟播种 2 周，使早春出蛰棉铃象饿乏。
- (4) 减少施肥 (每英亩施 N 35 磅)，控制棉株徒长。

(5) 及早收获并随即清除残株。此举对减少各类棉虫进入越冬的虫量最有效，但没有短日期的品种及一系列栽培措施也是行不通的。

大面积推行此法不但有效地控制了虫害，而且节省了大量农药。如 1981 年在 700 万英亩上仅用药 200 万磅，比 1961 年少用 2,600 万磅，保护了天敌，减少了污染，产量反而成倍增长。

通过以上两例不难看出，抗虫品种如能纳入精心策划的耕作制度，的确能发挥出高效的综合防治作用。惜象上面这种非常成功的事例尚不多见。我国解放后多年多地经验，麦垅间套种的棉花蚜害轻，这显然是麦蚜的天敌转而控制了棉蚜的缘故。但如小麦本身蚜害过重，非天敌所能控制，势必依靠药剂防治，杀伤了天敌，对棉花害虫防治不但无益，反而有害。这是我国麦、棉生产上一个急待解决的问题。

由这种错综复杂的关系可知抗虫品种有时可以在综防中占主导地位。它的作用不但影响本身，还可影响后作。