

农作物抗虫育种

山东省农业科学院
情报资料研究所



前 言

《农作物抗虫育种》是山东省农业科学院情报资料研究所调研课题“农作物抗性育种”的一部分，它是在收集国内外抗病虫育种有关文献、专著和资料的基础上，编译整理而成。课题的另一部分《农作物抗病育种》将继续整理付印。

《农作物抗虫育种》概述了农作物抗虫育种的基本概念、研究内容、育种方法和取得的成就。它为抗虫育种工作提供了较为系统的参考资料。我们希望它能对农作物育种工作者有所借鉴和帮助，以期促进抗病虫育种工作的进展。

由于水平所限，我们在编译汇集过程中缺点和错误在所难免，殷切希望有关同志给予批评指正。

参加“农作物抗性育种”调研课题组人员有李耀镗、郝紫娟、王玉和、王守民、王成洲、赵甲海等同志。《农作物抗虫育种》部分的编写由李耀镗、王守民执笔。

编写过程中始终得到赵传集高级农艺师的支持和指导，植保所罗益镇高级农艺师审阅了初稿，在此谨致谢意。

农作物抗性育种调研课题组

1984年10月

目 录

第一章 抗虫育种概况	(1)
一、历史概述	(1)
二、农作物抗虫育种的重要性	(2)
三、阻碍抗虫性研究利用进展的主要观点	(4)
四、抗虫育种的主要成就	(6)
第二章 抗性分类	(9)
一、按抗性表达的程度分类	(9)
二、按抗性机制分类	(10)
三、按抗性遗传分类	(12)
四、与抗性有关的某些现象	(12)
第三章 抗虫性的生物化学和抗性机制研究	(14)
一、植物抗虫性的生物化学研究的某些进展	(14)
二、同抗虫性有关的生物化学物质的研究	(16)
(一) 异戊间二烯化合物	(17)
(二) 乙酰配质	(19)
(三) 苯草酸和乙酸盐衍生的芳香化合物	(21)
(四) 生物碱	(23)
(五) 蛋白酶抑制剂和非蛋白氨基酸	(24)
(六) 糖苷	(25)
三、植物的形态与抗性机制的研究	(27)
(一) 细胞壁的增厚和植物组织的增生作用	(28)
(二) 茎的坚固性和其它性状	(28)
(三) 植物表面的茸毛	(29)

(四) 植物表皮的矿物质壳层和表面蜡质层·····	(32)
四、抗虫性机制研究·····	(33)
(一) 忌避性的机制·····	(33)
(二) 抗生性的机制·····	(36)
(三) 耐虫性的机制·····	(37)
第四章 影响抗性表达的因素·····	(40)
一、遗传因素·····	(40)
(一) 常用术语解释·····	(40)
1、抗性·····	(40)
2、抗性机制·····	(40)
3、抗性类型·····	(40)
4、抗性遗传·····	(41)
5、寄生能力·····	(42)
6、寄生能力的遗传·····	(42)
7、生物型·····	(42)
(二) 作物抗性的遗传·····	(42)
1、小麦·····	(44)
2、玉米·····	(45)
3、高粱·····	(47)
4、水稻·····	(48)
5、棉花·····	(49)
(三) 昆虫寄生能力的遗传·····	(50)
(四) 基因对基因的概念·····	(52)
(五) 抗性的稳定性·····	(55)
(六) 寄主抗性程序的垂直抗性与水平抗性·····	(57)
1、垂直抗性的应用·····	(57)

2、水平抗性的应用·····	(58)
二、环境因素·····	(59)
(一) 温度·····	(60)
1、温度降低对抗性的影响·····	(60)
2、温度升高对抗性的影响·····	(61)
3、变温和恒温的影响·····	(62)
4、温度作用持续时间对植株和昆虫的影响·····	(62)
(二) 光照和相对湿度·····	(63)
1、光照强度对抗性的影响·····	(63)
2、相对湿度增加对抗性的影响·····	(64)
(三) 土壤肥力和水分·····	(65)
1、土壤肥力·····	(65)
2、土壤水分·····	(67)
(四) 农药与生长调节剂·····	(68)
1、除草剂·····	(69)
2、有机氯杀虫剂·····	(70)
3、植物生长抑制剂·····	(71)
4、植物生长刺激剂·····	(73)
(五) 生理年龄和其它植物变量·····	(74)
1、组织生理年龄·····	(74)
2、株高·····	(75)
3、不同器官和组织·····	(76)
(六) 植物病害·····	(77)
第五章 抗虫育种方法的研究·····	(78)
一、害虫群体的维持·····	(79)
(一) 田间的自然群体·····	(79)

(二) 实验室饲养害虫·····	(82)
二、抗性材料的来源·····	(88)
三、害虫群体密度估计方法·····	(90)
(一) 绝对方法·····	(90)
(二) 相对方法·····	(91)
四、作物受害测定·····	(94)
(一) 直接虫害的测定·····	(94)
(二) 间接虫害的测定·····	(95)
(三) 根系受害的测定·····	(96)
五、筛选技术·····	(97)
(一) 在田间和温室中植株的人工侵害·····	(97)
1、水稻螟虫·····	(97)
2、麦二叉蚜·····	(100)
3、小麦瘿蚊·····	(100)
4、玉米螟·····	(101)
5、棉铃虫·····	(102)
6、棉蚜·····	(102)
(二) 测定害虫对离体植物器官的反应·····	(102)
(三) 抗性的抗生因素测定·····	(103)
1、欧洲玉米螟·····	(104)
2、棉铃虫·····	(104)
3、玉米根蛀虫·····	(105)
六、传递抗性的方法·····	(106)
(一) 嫁接·····	(106)
(二) 选择·····	(106)
(三) 杂交·····	(107)

(四) 回交·····	(108)
七、诱变技术在作物抗虫育种中的应用·····	(109)
第六章 几种重要作物的抗虫育种 ·····	(111)
一、小麦抗虫育种·····	(111)
(一) 危害小麦的主要害虫及鉴定抗性方法·····	(112)
(二) 育种方法和技术·····	(119)
1、抗性选择·····	(119)
2、适应性与抗虫性·····	(119)
3、育种策略·····	(119)
4、育种程序·····	(124)
(三) 培育抗虫小麦的某些进展·····	(125)
二、玉米抗虫育种·····	(126)
(一) 危害玉米的害虫·····	(127)
(二) 害虫的大量饲养和侵害技术·····	(127)
(三) 鉴定技术和标准·····	(131)
(四) 抗性种质的筛选及抗性的遗传和机制·····	(134)
(五) 育种方法·····	(136)
(六) 改良玉米的综合体系·····	(139)
(七) 国际间玉米抗虫性改良的合作·····	(143)
三、棉花抗虫育种·····	(148)
(一) 棉花的抗虫性研究进展·····	(153)
1、叶蝉·····	(154)
2、盲蝽科·····	(154)
3、棉红铃虫·····	(155)
4、棉铃虫·····	(155)
5、棉铃象甲·····	(156)

(二) 抗虫性状的遗传研究·····	(158)
(三) 抗虫育种方法·····	(162)
1、群体选择·····	(162)
2、杂交育种·····	(163)
(四) 筛选鉴定技术·····	(168)
(五) 棉花抗虫育种的问题·····	(171)
四、水稻抗虫育种·····	(172)
(一) 蛀茎虫·····	(173)
(二) 叶蝉科和光蝉科·····	(179)
(三) 稻瘿蚊·····	(183)
(四) 稻水蝇·····	(185)
(五) 其它水稻害虫·····	(185)
(六) 贮粮害虫·····	(187)

第一章 抗虫育种概况

一、历史概述

对作物的抗虫现象，很早以前就有过详细记载。美国人 C. Issac 曾于 1788 年提出栽培早熟小麦，以减轻小麦癭蚊的危害。1792 年 J. N. Havens 报道小麦品种 “Underhill” 能抗黑森麦癭蚊 (*Mayetiola destructor* Say)。虽然远在 1792 年已开始应用抗虫作物品种，但这项工作的迅速开展还是最近几十年的事情。抗虫性研究利用的进展可分为几个阶段：1792—1920 年是一个启蒙时期。在此时期内，作物抗虫品种的应用，逐渐引起人们的重视，但报道的文献很少。1921—1940 年是抗虫性研究的发展时期。在此期间内，作物抗虫品种的应用及研究，引起了人们的普遍重视，有关抗虫性研究的论文数量迅速增加，研究对象也大为扩展，几乎遍及各种经济作物（100 种左右），有关害虫种类亦达 100 种以上。在这个发展时期内，我国也开始进行了各方面的抗虫性研究。如棉花抗蚜虫、冬小麦抗麦蝇、水稻抗螟虫、高粱抗钻茎虫、玉米抗玉米螟的研究，等等。从四十年代起，随着有机合成农药的长期广泛使用，害虫产生抗药性和天敌昆虫被过多地杀伤，造成某些害虫的再度猖獗和一些次要害虫上升为主要害虫，以致农药残毒污染环境，影响人类健康，并威胁畜禽和野生动物的安全等不良副作用日益明显，使抗虫性研究进入了发展较快的新时期。特别是加强了对一些粮食

作物和饲料作物的一些主要害虫的研究，如黑森麦瘿蚊、麦茎蜂、玉米螟、棉铃虫、蚜虫等。主要的工作是品种抗性筛选和抗虫育种。同时，有关植物抗虫性的基础理论研究，如抗性机制，抗性遗传，由于抗虫品种的连续栽培所产生的害虫生物型可能造成抗性减退或丧失的问题，以及环境条件对植物抗虫性表现的可能影响，也都取得了一定的进展。近几年来，我国也重视并加强了抗虫育种研究工作。1979年在黄山举行的“作物抗虫性研究和利用”的专题讨论会，对这方面的研究起了很大的推动作用。1982年又在陕西武功农业科学研究中心举行了“作物抗虫性研究和利用”学术讨论会。会议总结了近几年来所取得的研究成果，确定了今后的研究任务，为进一步开展抗虫育种工作开创了新的前景。

二、农作物抗虫育种的重要性

目前世界上有一百多万种昆虫，其中仅有几千种归类为害虫。对作物显著危害的约有五百种。虽然每年为防治害虫使用了大量的杀虫药剂，但它们仍对大田作物和蔬菜造成很大损失。据统计，害虫每年对世界农作物造成的损失，约占作物总产量的14%，超过10亿美元。

作物抗虫育种，其意义不亚于抗病育种。抗虫育种具有经济、有效、不污染环境和食品等特点。且一般与其他防治方法不矛盾。抗虫作物的栽培不象化学防治或生物防治那样容易受变化莫测的天气影响；在某些特定情况下，抗虫品种的应用几乎是唯一有效的防治方法。在单位面积产量不高的地区，因作物种植面积小、经济拮据、技术知识缺乏和昂价杀虫

药剂适当使用受限制的发展中国家；作物的抗虫性价值就更大。根据Metcalf (1971) 计算，假如目前已育成的抗蚜虫的品种（目前已育成）能持续使用10年，那么其利润同使用化学农药的5 : 1相比，将超过300 : 1。Ю. Н. Фадеев等人 (1982) 也报道，种植抗虫性或相对抗虫性品种，可大幅度地减少杀虫剂的需求量，而在某些情况下则可以完全不用。此外，种植抗性品种还可以提高天敌昆虫的效能，增强它们作为虫口调节者的作用。

R. H. Painter (1953) 从三个方面论述了利用抗性品种的重大意义：

- 1、品种抗性是植物保护的基本方法。
- 2、品种抗性是对其他保护手段的补充。
- 3、品种抗性能预防感虫品种在生产中出现和推广种植。

利用抗性品种是保护作物免受虫害的基本方法

防治葡萄根瘤蚜 (*Phylloxera Viteppolstae*) 是利用抗性作为植物保护方法的明显例子。在所有的国家，特别是法国，葡萄根瘤蚜对葡萄造成的损失是很难弥补的。只是出现了抗该虫的品种之后，才使葡萄业得到了恢复和迅速的发展。所以在这种情况下，抗性品种在防治这种害虫中起着主要作用。

利用抗性品种是对其他保护措施补充 植物抗虫性正是作为防虫的一种辅助手段，才被人们所应用。这就是说，利用抗性品种不能保证品种不受相应昆虫的危害，应当与其他保护措施相配合才有效。有时利用相对抗性品种甚至能够保证使用杀虫剂或其他防虫手段的效果。

利用抗性品种能预防感虫品种在生产中出现和推广种植

抗性品种是比较昆虫对抗性品种或非抗性品种造成损失程度的特殊标准。由于这种比较的结果，在有能抗相应昆虫的品种时，非抗性品种如同丰产性能差的品种一样，在生产上就得不到推广种植。

抗性品种的作用还表现在对预防农作物虫害有现实意义。例如，抗性品种能够对农作物害虫的数量产生影响。现已查明，植物的抗虫性能对昆虫的繁殖力及其他生物学特性产生很大影响。据对不同作物幼苗进行试验，在非抗性高粱品种幼苗上摄食的麦椿象，比在抗性品种上产卵多17倍。昆虫在快成熟的作物上摄食时，虽然很少显示出这么大的差异，但是，如果抗性品种成为推广品种的话，它们也会很明显地对虫口产生影响。

必须指出，利用植物抗虫性绝非是防治一切害虫的万灵药。当然，这方面的发展有很大潜力，但不宜过多地依靠高抗品种，因为这有可能使害虫产生新的生物型，导致抗性的减退或丧失。例如在美国部分地区对黑森麦瘿蚊，在菲律宾对稻褐飞虱，在日本对栗瘿蜂都发生过这样问题。

三、阻碍抗虫性研究利用进展的主要观点

作物抗虫育种是一个比较复杂的问题。植物抗虫性在绝大多数情况下是相对的，表现为中抗、高抗的不乏其例，但绝对抗虫（相当于免疫性）的极少。因此，长期以来不少人认为，培育抗虫品种是不大现实的任务，甚至在获得抗虫作物类型的情况下会使粮食品质变劣。认为作物品种只能不感单食性昆虫或食性很窄的寡食性昆虫，因为在害虫当中这样

的昆虫不多。还有人认为，作物品种的抗虫性如同抗病性一样，很快就会丧失掉，因而对抗虫性研究利用失去信心，对利用抗虫品种解决害虫防治问题持怀疑态度。上述观点严重地阻碍着抗虫性研究的进展。

利用抗性品种防治害虫有一个程度问题。采用不同措施的综合，相互协调补充是综合防治的重要原则之一。对有些重要害虫，抗虫品种可起主要作用甚至是唯一可行的有效办法，但在多数情况下，是起不同程度的辅助作用。美国普渡大学A. C. Rork教授的看法是，完全成功的极少，但由于品种抗虫的作用能将用药次数从3次减为2次，或将防治效果从80%提高到90%，这就有防治效果。威斯康星大学教授R. K. Chapman介绍，在不抗叶蝉的胡萝卜品种上需打药4次，但在抗虫品种上仅需打药2次。明尼苏达大学姜淮章教授谈及，美国玉米带玉米螟每年发生2代，一般第一代危害严重，仅在气候特殊年份第二代才会严重危害。对第一代的危害抗虫品种有显著防治效果，在非大发生年份可不用药。而且，抗虫品种也减少了大发生频率，例如从每10年大发生7次减为3次。“苏联Ю. Н. Фадеев等人(1982)也报道：“利用小麦、玉米和粒用豆类作物抗性品种，每年可少用杀虫剂50%，棉花60—70%。蔬菜、果树和葡萄栽培在这方面的可能性则更大”。

相对抗虫性的更重要的作用，在于大面积连续栽培中抗品种，可以收到抑制害虫种群数量的积累效果。N. D. Holmes (1957) 证明，连续用“Rescue”抗虫小麦品种，可抑制麦茎蜂的发生数量。A. Woods (1974) 指出，即使低水平的抗虫性也有利用价值。当抗虫品种栽培面积占优势

时,其对害虫种群抑制的影响会年复一年地积累,害虫发生数量可以受到很大的限制,害虫甚至被扑灭或根除。例如,能在中抗的小麦品种“PaWnee”上生存的黑森麦瘿蚊数量约为在一种感虫品种上的50%,这种影响足以使堪萨斯州大面积麦区在15年内消除这种虫害。

据报道,目前已经研究出了培育抗虫且品质好的作物品种的若干方法。例如,已经获得了小麦抗小麦瘿蚊、麦茎蜂、蚜虫等害虫的品种;获得了玉米抗玉米螟和棉铃虫的品种,马铃薯相对抗马铃薯甲虫的品种。此外,还培育出了同时抗多种害虫的品种和综合抗病虫及杂草的品种。属于第一抗性的有小麦抗麦茎蜂、红胸金花虫品种,玉米抗棉铃虫、米象和麦蛾杂交多种,棉花抗5种害虫(其中包括抗棉铃虫和红铃虫)的品种。从综合抗几种病虫的作物中,首先应当指出的是玉米,它抗玉米螟、黑粉病和叶斑病;小麦抗小麦瘿蚊、麦茎蜂、锈病和黑穗病;向日葵抗向日葵螟蛾、蚜虫、列当、锈病、白粉病,等等。所以,大量的抗虫育种事例证明,抗虫育种是大有前途的。

四、抗虫育种的主要成就

近二十多年来,国际玉米和小麦改良中心、国际水稻研究所、美国、苏联、日本、印度等国大力开展抗虫育种工作,取得了很大成就。到1974年美国育成42个抗黑森麦瘿蚊的小麦品种,8个抗麦茎蜂的小麦品种,栽培面积达二千多万英亩;抗玉米螟的玉米自交系栽培面积也达二千多万英亩。栽培抗麦二叉蚜的饲料大麦品种或黑麦品种,无需再用

药剂防治。由于推广抗虫品种，黑森麦瘿蚊已成为次要害虫，损失率降至1%以下。

在俄罗斯和乌克兰黑钙土中心地区，利用抗小麦瘿蚊的冬小麦品种，每年增产粮食一百万吨。种植不受向日葵螟蛾侵害的向日葵硬壳品种获得了巨大的经济效益。在受玉米螟严重危害的地区，利用抗螟玉米杂交种，每公顷增产粮食5—8公担。

对主要饲料作物紫花苜蓿的主要害虫苜蓿斑点蚜，化学防治由于抗药性、残毒、成本高，不能满意地解决问题，每年损失达数百万美元。1957年发现品种“Lahontan”及其无性系对苜蓿斑点蚜高抗。此后不久，又陆续选育出“Mopapa”、“Zia”等30多个苜蓿抗蚜品种，叶片受害约为感虫品种的4.5—7%。在主要产区每年省去防治成本，挽回损失1亿美元以上。

在水稻方面，已对21种重要害虫鉴定出抗源，育成了“IR26”、“IR36”等几十个抗虫品种和品系。法国利用从美国引进的根砧防治葡萄根瘤蚜，非洲利用抗虫棉花品种防治棉小叶蝉，日本育成三个高抗栗瘦蜂的板栗品种，苏联通过化学诱变途径育成10个抗高玉米螟的玉米突变系，等等。

我国在抗虫育种方面也取得了一些成绩。如中国农业科学院品种资源研究所三年来在小麦锈病中鉴定了2,000多份材料的抗蚜性，筛选出了许多好的组合或品系；北京农业大学培育出抗麦秆蝇春小麦良种；河北省农科院培育出抗红铃虫的两个棉花品种—抗选1号和抗选3号，田间着卵量比对照减少65.2—71.19%，推广种植面积已达250万亩；吉林省

农科院选育出抗大豆食心虫的大豆品种—吉林3号，已在全省推广三百多万亩，占全省大豆当家品种第二位，吉林13号和16号分别在吉林北部和南部表现出良好的抗虫性。

据统计，目前已经在60多种农作物中育成了若干个抗不同害虫的类型和品种。抗虫育种已成为防治害虫的重要手段。

第二章 抗性分类

一、按抗性表达的程度分类

抗虫性是植物和昆虫相互作用的现象。所以，抗性不仅受植物的特性制约，而且还受昆虫的特性制约。

抗性一般用同种植物的感虫品种作为对照来衡量。只有免疫才表示昆虫完全不适应。在一个寄主种中很少有这样的植株。寄主植物和免疫是互相排斥的。不是寄主种的植株一般不作抗性分类，可以认为是免疫。一个寄主植物会有或多或少的抗性，但不是免疫。免疫的植物不成为寄主。寄主反应程度比免疫小的表示是有抗性。在绝大多数情况下抗性仅是相对的。某一栽培品种的抗虫性，只有把它同其他感虫栽培品种作以比较时，才能评定出来。在农业实践中，抗性是某一栽培品种在同样虫口条件下能比一般栽培品种有更大优质生产能力。Painter(1951)用下列尺度对抗性的表达进行分类：

免疫 任何时候都不受昆虫食害的栽培品种称为免疫品种。评定这种类型时，只有为数不多的品种称的上是免疫品种。

高抗 高抗品种有若干特性，在适宜的感虫条件下，它们能使品种受害很轻。

低抗 低抗品种有若干特性，它们能使品种比同种作物一般品种受害轻。

感虫 作物品种受害明显地超过一般程度，这样的品种称为感虫品种。