

植物免疫学

陈熙主编

上海科学技术出版社

ISBN 7-5323-1662-9/S

定 价：3.65元

植物免疫学

陈熙主编

上海科学技术出版社

植物免疫学

陈熙主编

上海科学技术出版社出版、发行
(上海瑞金二路460号)

浙江农业大学印刷厂印刷

开本787×1092 1/16 印张11.5 字数256,000

1989年8月第1版 1989年8月第1次印刷

印数: 1—2500

ISBN 7-5323-1662-9/S·198

定价: 3.65元

编写人员

- 主 编** 陈 熙 (浙江农业大学)
- 副主编** 穆永顺 (宁夏农学院)
- 魏勇良 (甘肃农业大学)
- 编 者** 王定江 (贵州农学院)
- 王彰明 (江苏农学院)
- 韦绍兴 (广西农学院)
- 何念杰 (江西农业大学)
- 陈 熙 (浙江农业大学)
- 范静华 (云南农业大学)
- 党兆男 (新疆师范大学)
- 袁振五 (内蒙农牧学院)
- 穆永顺 (宁夏农学院)
- 魏勇良 (甘肃农业大学)

前 言

植物免疫学是一门新兴学科,近三十年来得到了迅速的发展。早在二十多年前林传光教授等就曾组织编写过我国第一本《植物免疫学》,现在看来,该书的内容已远远不能适应时代的要求了。1981年吴友三和曾士迈教授曾合编过一本《植物免疫学讲义》,李振歧教授也于1980年编写过一本植物免疫学讲授提纲,此外,河北农业大学和山东农业大学于1985年编译了有关植物免疫的部分资料。根据教学需要,浙江农业大学在以往有关植物免疫资料的基础上,广泛收集了国内外植物免疫各个领域内的新题材和新成果,于1987年编写了一本内部交流用的《植物免疫学》。

鉴于目前教学和科学研究的需要,我们10所高等院校的有关教师在浙江农业大学编的《植物免疫学》内部教材基础上,进一步收集了国内外有关的最新资料,作了集体修改和补充。

全书共九章,主要内容包括植物免疫学的发展简史;植物免疫性的概念及分类;植物免疫性机制;植物病原物的寄生专化性及其变异;植物免疫性的变异;抗病性遗传;生物间遗传学;植物抗病育种;植物对侵染性病害的诱导抗性等。

本书除供植物保护专业、生物专业教学用外,还可供农学系、园艺系等选修课用,也可供农林院校教师、农业科学和生物学工作者,尤其是植物保护工作者、抗病育种工作者参考。

此书在编写过程中得到了浙江农业大学植物保护系和植物病理教研组领导的大力支持;全书完稿后,又承蒙葛起新教授、曹若彬教授、夏英武教授和钱熙副教授审阅,对此衷心致谢。

由于编写时间匆促,又限于编者水平,文中肯定有错误或不妥之处,敬希读者批评指正。

编 者

一九八九年一月

目 录

第一章 绪论	(1)
一、植物免疫在植物病害防治上的重要性.....	(1)
二、植物免疫学的性质.....	(1)
三、植物免疫学的发展简史.....	(2)
四、我国植物免疫工作的成就和存在问题.....	(3)
第二章 植物免疫性的概念和分类	(5)
一、植物免疫性的概念.....	(5)
二、植物免疫性的分类.....	(6)
(一)植物免疫性的分类目的.....	(6)
(二)植物免疫性的分类.....	(6)
第三章 植物免疫性的机制	(9)
一、植物病原物的侵入化学.....	(9)
(一)酶.....	(9)
(二)毒素.....	(10)
(三)激素.....	(15)
二、感染植物的生理病变和生化反应.....	(19)
(一)感染植物的生理病变.....	(19)
(二)感染植物的生物化学反应.....	(24)
三、植物免疫性的机制.....	(26)
(一)避病.....	(26)
(二)抗侵入.....	(27)
(三)抗扩展.....	(31)
(四)耐病性.....	(36)
(五)抗再侵染.....	(37)
第四章 植物病原物的寄生专化性及其变异	(38)
一、植物病原物的寄生专化性.....	(38)
(一)植物病原物的寄生类型.....	(38)
(二)植物病原物的寄生专化性.....	(39)
二、植物病原物的变异性.....	(53)
(一)研究植物病原物变异的意义.....	(53)
(二)植物病原物的变异类型.....	(53)
(三)植物病原物的变异途径.....	(53)
第五章 抗病性的遗传	(58)
一、植物抗病性和病原物毒性遗传.....	(58)

(一) 植物抗病性的遗传	(58)
(二) 病原菌毒性的遗传	(62)
(三) 基因对基因学说及其作用	(64)
(四) 细胞和亚细胞水平的基因对基因关系	(68)
(五) 分子水平的基因对基因关系	(69)
二、抗病性和致病性的群体遗传	(70)
(一) 垂直体系和水平体系	(70)
(二) 垂直抗性育种过程中水平抗性的丧失	(71)
(三) 寄主——病原物群体的遗传变动	(71)
第六章 植物免疫性的变异	(74)
一、寄主本身的变异影响免疫性的丧失	(74)
(一) 作物品种群体免疫性的分化	(74)
(二) 生活力与免疫性分化的关系	(75)
(三) 个体发育龄期的变化与免疫性的分化关系	(75)
二、病原物毒性的改变对品种抗病性丧失的影响	(76)
(一) 新的生理小种的产生	(76)
(二) 原有小种内潜在致病型(生物型)的发展	(76)
(三) 病原物群体内优势小种的变化	(77)
三、环境条件对植物免疫性的影响	(80)
(一) 温度	(81)
(二) 湿度	(81)
(三) 光照	(81)
(四) 养分	(82)
(五) 微生物因素	(85)
(六) 化学药剂	(86)
第七章 生物间遗传学	(87)
一、近代生物间遗传学的概念	(87)
(一) 一般概念	(87)
(二) 第Ⅲ类基因相互作用	(88)
(三) 第Ⅳ类基因相互作用	(90)
二、不通过杂交而根据表现型进行遗传分析	(92)
三、毒力频率和联合致病性	(96)
(一) 毒力频率	(96)
(二) 联合致病性分析	(96)
第八章 植物的抗病育种	(100)
一、植物抗病育种的意义	(100)
(一) 植物抗病育种的意义	(100)
(二) 植物抗病育种工作中存在的问题	(101)

二、抗病育种与其它基础研究的关系·····	(102)
三、植物抗病育种的程序·····	(102)
(一) 抗源材料的搜集、鉴定和保存·····	(102)
(二) 原始材料收集的现状·····	(103)
(三) 抗病育种的途径·····	(106)
(四) 抗病性的鉴定·····	(121)
(五) 抗病性的记载和分级·····	(127)
(六) 水平抗病性的评定方法·····	(130)
四、解决品种抗病性丧失途径的探讨·····	(131)
(一) 以往的教训·····	(131)
(二) 品种抗病性丧失的解决途径·····	(131)
五、抗病育种工作的方向·····	(135)
第九章 植物对侵染性病害的诱导抗性 ·····	(136)
一、植物对侵染性病害的诱导抗性研究概况·····	(136)
二、植物保卫素·····	(136)
(一) 植物保卫素的定义和性质·····	(136)
(二) 植物保卫素的发现范围和化学结构·····	(137)
(三) 植物保卫素的诱发和它的生物合成·····	(137)
(四) 植物保卫素的降解·····	(145)
(五) 植物保卫素的提取和测定方法·····	(145)
(六) 植物保卫素在植物抗病性中的作用·····	(148)
(七) 植物保卫素的应用前景·····	(149)
三、植物对侵染性病害的诱导抗性·····	(150)
(一) 诱导抗性的优点·····	(150)
(二) 诱导抗性的实例·····	(150)
(三) 诱导抗性机制·····	(164)
主要参考资料 ·····	(168)

第一章 绪 论

一、植物免疫在植物病害防治上的重要性

植物病害是严重威胁农业生产的自然灾害之一。病害严重发生和流行时,可以引起作物严重减产和农产品品质的败坏,影响国民经济收入和人民生活水平;带有危险性病害的农产品不能出口,影响外贸;少数带病的农产品,人畜食后会引起中毒;有的病害还迫使某些作物因缺乏抗病品种和有效的防治措施而停止种植;很多高产品种也常因不抗病而被淘汰。据E. C. Stakman等(1957)报道,全世界农作物因病害损失约为230~300亿美元。据A. C. Егураздова(1983)报道,除苏联和中国以外的世界各国农作物因病害导致产量损失达53940万吨,价值500亿美元。又如美国1970年玉米小斑病大流行,产量损失330亿斤,价值10亿美元。据统计,我国常年因病、虫和草害所致的粮食损失约为1000~1500万吨,皮棉的损失约400~500万担。我国北方梨区,有的年份仅因黑星病为害,可减产30~50%。由此可见,防治植物病害,对保障国民经济发展,不断提高人民生活水平,有着重要意义。而植物病害的最基本防治途径可归纳为两个方面:一是消除或削弱病原物的为害;二是加强植物本身的免疫力。而加强植物本身的免疫力则是防治植物病害最基本、最有效的途径,尤其是对较顽强的气流传播病害及土传病害等的防治,更需要充分发挥植物免疫作用,从而获得有效的防治。

七十年代以来,植物病害的防治研究已进入一个生态体系为指导的新阶段,在防治的策略上已开始摆脱“唯病原论”的束缚,提出以综合防治作为指导原则,而利用植物的抗病性是综合防治中的基本措施。国内外的实践都已证明,生产上的一些重要植物病害,如小麦锈病、稻瘟病、棉花枯萎病、棉花黄萎病、玉米大斑病、玉米小斑病和马铃薯晚疫病等都主要依靠应用抗病品种得到控制或减轻为害的。近年来也有很多研究指出,即使是对一些以药剂防治为主的病害的防治,也要求植物本身具有一定的抗病性,才能更有效地发挥药剂防治的作用。可以预言,随着植物免疫性研究的深入和应用水平的提高,植物免疫在植物病害防治中的作用将会越来越重要。

二、植物免疫学的性质

植物免疫学是研究植物免疫性的分类、机制、遗传、变异规律及其应用方法的科学。植物免疫学与其他学科,如植物生理学、生物化学、植物遗传学、作物栽培学、普通植物病理学、农业植物病理学、植物病理生理和生物化学等都有密切联系,植物免疫学是在这些学科基础上综合发展起来的一门新兴学科。因此,只有广泛掌握这些学科的有关知识和技能,才能学好植物免疫学,才能在植物免疫性的研究和应用上不断创新。

植物免疫学的主要内容是:植物免疫性的分类;植物免疫的机制;植物免疫性的遗传和变异;植物病原物的寄生专化性及其遗传和变异;植物免疫性的鉴定;巩固和提高品种抗病性

的途径;农作物抗病育种的途径和方法;植物的诱导免疫等。

植物免疫学虽然近二十多年来发展较快,但总的来说,还是一门年轻的、发展中的学科,今后它将随着细胞生物学、分子生物学和分子遗传学等学科的发展而变得更加成熟和完善。

三、植物免疫学的发展简史

植物免疫学的发展大体可分三个阶段:

十九世纪中叶至二十世纪初为植物免疫学的萌芽时期。这一时期达尔文(C·R·Darwin,1859)的“物种起源”学说,巴士德(L·Pasteur(1822~1895))的“微生物病原”学说,狄巴利[Anton de Bary (1831~1888)]的“病害传染”学说相继问世。这些科学的形成和发展,使人们对植物免疫性开始有了认识。英国选种家(James Clark,1880)用马铃薯品种“早玫瑰”和“英国胜利”杂交,得到了相当程度抗晚疫病的品种“马德皮特·沃皮特”。拉宾格(J·Liebig,1863)提出施肥可以影响植物的抗性,他论证增施磷钾肥可提高马铃薯对晚疫病的抗性,而偏施氮肥可加重发病。埃里克森和亨宁(J·Eriksson,E·Henning,1896)发现小麦对锈病有三种反应型,即严重感染、轻度感染和近乎完全抵抗的类型,并建议生产中应用近乎完全抵抗的品种。法勒(W·Farrer,1898)发现小麦抗叶锈病的特性可以遗传。当时在植物病原物的专化性方面也有所发现,例如,埃里克森(J·Eriksson,1894)指出禾谷类秆锈菌(*Puccinia graminis*)存在着专化型。

1900年孟德尔(G·J·Mendel)遗传定律被重新肯定,使植物免疫学有了遗传学的理论指导。比芬(R·Biffen,1905)在系统研究小麦抗条锈病的遗传规律的基础上指出,免疫性状不但可以遗传,而且是按孟德尔定律进行遗传。斯坦克曼(E·C·Stakman,1917)发现禾谷类秆锈菌存在生理小种,为后来的专化抗病性育种工作奠定基础。这个时期出现了一系列有关植物免疫的学说,如沃德(Ward,1912)提出毒素和抗毒素学说;康麦斯(O·Comes,1910)提出酸度学说;里维拉(Rivera,1913)提出膨压学说;克利切夫斯基(Кричевский,1916)提出抗体、拟抗体学说;瓦维洛夫(H·Вавилов,1919)提出植物免疫发生学说。

二十世纪中期,植物抗病性的研究和利用得到了进一步发展。Waterhouse(1927)在研究禾谷类秆锈病中发现,环境不但影响病原菌,而且还可影响寄主植物的抗性。Gassner等(1932)在研究小麦叶锈病时也获得类似结果。Smith等(1932)在半知菌内发现了异核性,G·Pontecorvo(1953)发现了准性生殖(parasexuality),使病原菌的致病性变异有了理论上的解释。弗洛尔(H·H·Flor,1942)提出了“基因对基因”假说;瓦维洛夫(H·Вавилов,1939)提出了“植物免疫性的发生论”,使人们开始从基因水平并从病原菌的致病性与寄主的抗病性及其相互关系方面研究植物的抗病性。米丘林学派系统揭示了植物免疫性与外界环境的关系,并指出外界环境可以影响植物免疫性的变异和遗传。总之,在这一时期内,许多学者在植物抗病性鉴定和分析、植物抗病育种、植物免疫性的遗传和变异规律,病原菌的生理生化,寄主植物和病原物之间的相互关系,以及植物免疫机制等方面作了大量研究,取得了较大的进展。此外,在物理和化学免疫、人工免疫方面也开展了若干研究。当时又出现了许多学说,如斯特拉霍夫(T·Д·Страхов)提出了“退化”学说;维尔捷列夫斯基(Д·Д·Вердеревский,1959)提出“杀生素”学说;鲁宾(Б·А·Рубин)提出酶学说。这个时期相继出现一批理论性

著作,如杜宁(Дунин,1946)发表了“植物免疫性的发生及应用”;高又曼(Е. Гауман,1951)发表“植物侵染性病害原理”;苏霍鲁柯夫(К. Т. Сухоруков,1952)发表“植物免疫生理学”;维尔捷列夫斯基(Д. Д. Вердеревский)发表“植物对侵染性病害的免疫性”;高尔连科(М. В. Горленко,1959)发表《植物对侵染性病害的免疫简明教程》;斯特拉霍夫(Т. Д. Страхов,1959)发表《植物对侵染性病害的免疫机制》;鲁宾(Б. А. Рубин,1960)发表“植物免疫生理与生化”;林传光等(1961)编著了“植物免疫学”。

六十年代雷格林(Loegering,1966)提出了结合体(aegricorpus)即共生体的概念。

范德尔普朗克(J. E. Vanderplank,1963)提出了“水平抗性”学说,使植物免疫学开辟了一个新的研究领域,促进了垂直抗性以外的探讨。

八十年代初,苏联学者(Ф·Ю·Гельцер)提出了植物免疫的微生物学理论,促使人们从寄主、病原以外的生物来探讨植物的免疫性;给杂交亲本的选择增添了新的内容,还可大大简化杂交后代的免疫性鉴定工作,从而加速抗病育种的进程。

总之,进入七十年代以后,植物免疫性的研究和利用取得更大进展。由以往主要应用垂直抗性,控制初始菌量,改为综合利用垂直抗性和水平抗性,既注意控制初始菌量,又注意降低病害的流行速度;由过去着重个体和病原方面研究植物的抗病性及其变异,改为群体流行和发展变化的观点研究病原物的致病性和寄主植物的抗病性及其相互关系,以及周围各种有关因素对它们的影响;由往日的单抗育种改为多抗育种;由过去主要用生理、生化和细胞学方法研究植物抗病机制,改为应用分子生物学、分子遗传学方法并利用现代实验手段从不同层次(组织、细胞、亚细胞和分子)水平研究植物抗病性和病原菌致病性及其相互关系;由过去主要采取田间选种和简单杂交育种,逐步向人工控制条件下的复合杂交、加代育种、多抗性育种、组织培养和基因工程方面发展。这期间范德普朗克(1978)提出了“蛋白质对蛋白质”的假说,使由“基因对基因”学说来解释寄主和病原物的相互作用,发展到“蛋白质对蛋白质”来探讨抗病性和感病性的关系。此外,美国的J. Кис'和苏联的西陀罗娃(С·ф·Сидорова,1978)等学者在诱导抗性的研究方面也取得了可喜的成绩。

四、我国植物免疫工作的成就和存在问题

我国劳动人民在长期生产过程中,积累了很多因地制宜的抗病丰产的栽培经验,同时也培育出很多农作物抗病品种,不少曾被国外用作抗病嫁接或育种的原始材料。我国学者的植物免疫工作大致是本世纪三十年代才开始的,例如1928~1929年俞大绂研究了小麦品种对秆黑粉病(*Urocystis tritici*)的抗性,发现中国小麦“金大716”具有高度抗病性;1934年沈其益研究了小麦对秆黑粉病的抗病遗传,1944年方中达研究了小麦条锈病菌的生理分化。解放后植物免疫学有较快的发展,在全国植物病理学者和育种工作者的配合下,基本搞清了为害性大的一些植物病害(小麦条锈病、秆锈病、稻瘟病、玉米大、小斑病、棉花枯、黄萎病等)的发生流行规律;鉴定了小种类型和分布;选育出一批抗病品种。同时在总结群众防病经验如控制水稻叶色“三黄三黑”的抗瘟丰产方面也取得了不少成绩,此外,在抗病机制方面也做了一些工作,如不同氮源与稻白叶枯病的抗性关系,小麦耐锈性机制分析等。

值得一提的是:江苏省苏州地区农科所育出了抗赤霉病(*Gibberella zeae*)的苏麦3号,并研

究出一种剪颖滴孢的鉴定抗性的方法,还筛选出一批如苏麦3号一样抗扩展的农家品种,充实了抗赤霉病的抗源,这不仅为国内而且也为国际小麦抗赤霉病的育种工作作出了贡献。

七十年代以来,我国在植物免疫研究方面又有新的进展,如作物品种抗病性遗传变异规律,病菌生理小种变异机制等问题的研究,均提高到一个新的水平。但也还存在不少问题,例如,在抗病性遗传的基因分析,植物免疫生理和生化等领域内几乎还是空白;抗病机制也还缺乏研究;选育多抗性稳定的品种方面也未很好开展;能利用的高产抗病品种的数量远远满足不了实际需要。由于抗病性的遗传缺乏研究,因此对抗病品种的布局和轮换等尚缺乏预见性。这一切都说明今后我国的植物免疫的任务是非常艰巨的。

第二章 植物免疫性的概念和分类

一、植物免疫性的概念

广义的免疫性是指有机体对病原微生物及其有毒产物的不感染性或抵抗性。免疫性有时是抗病性的同义词,有时两者有程度上的差异,有时则有不同的概念。西方的植物病理学中只用免疫(immune)、免疫性(immunity)两词,不用免疫学(immunology)一词,免疫学严格用于动物和人的医学中。而苏联则把免疫学一词移植到植物病理学中,因而产生了“植物免疫学”,实际内容是“植物抗病性”。本书中的免疫性和抗病性则作同义词用。

植物免疫性是植物在一定条件下,对一定病原物及其有毒产物的抵抗性或不感受性或感受性。在自然界中,植物的免疫性或抗病性是相对的、连续的,可与感病性共存于一体(图2-1)。从相对抗病性的概念出发,就会发现抗病性是普遍现象,正常现象,而感病性倒是少有

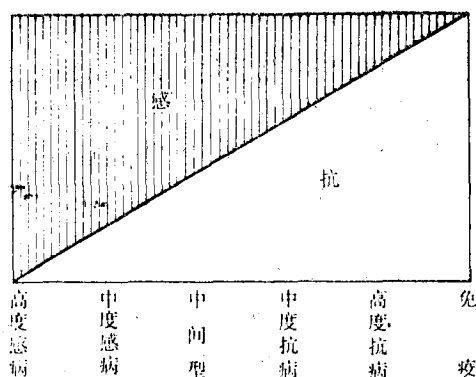


图2-1 相对抗病和感病的模式

现象,异常现象。抗病性,一般是指植物本身的遗传特性,是指基因型所决定的抗病潜能,至于能否表现及表现程度如何,则还要看病原物和环境条件而定。

近年来,一些文献中常用“亲和”和“不亲和”两个术语来代替“感病”和“抗病”。这是从生理生化角度和细胞及分子水平上研究抗病性所得的概念。使用这两个术语的好处是:可把人们的注意力集中在寄主——病原物双方细胞或原生质间的相互作用关系上,有利于基础理论研究。

植物抗病性是植物在长期演化过程中与病原物相互斗争、相互适应和相互选择的结果。它是进化的产物,也是适应性的表现。抗病性可分为经济抗病性和代谢抗病性,两种抗性的意义是不同的。例如,一棵苹果树,如不喷药,所结的果实既小又长满病斑,但落到地上,种子仍可长出幼苗,繁衍后代,从生存意义上讲,它具有代谢抗性,但从经济意义上看,这种果实已失去商品价值,因此不具有经济抗性。人们希望作物优质高产,所以有必要把植物抗性从代谢水

平提高到经济意义的高度上去。经济抗性包括代谢抗性,但代谢抗性往往达不到经济上的抗性。

植物抗病性也是植物的一种生物学特性,它有自己的遗传变异规律,有自己内部的抗病机制。

二、植物免疫性的分类

(一) 植物免疫性的分类目的

是将现有多种多样的植物免疫性状加以整理和归纳,首先可加深对免疫本质的认识;其次,根据现有认识,有助于作出科学的推论和研究设计,以获取新的知识;第三,便于不同工作者之间,不同病害研究者之间以及不同学科间科学信息的交流。

(二) 植物免疫性的分类

植物免疫性的分类和任何事物的分类一样,常随目的、标准和观点等的不同,而有不同的分类。近百年来,有关学者已提出很多植物免疫性的分类,现将几种主要分类方法介绍如下:

1. 按免疫性的病理学机制分类(详见第三章第三节)

(1) 避病特性(抗接触特性):它是一种广义的抗病性,是植物在时间和空间上逃避病原物接触的特性。

(2) 抗病特性:指的是狭义抗病性,它包括抗侵入、抗扩展和抗繁殖。

(3) 耐病特性(抗损害):是指发病虽重,而产量损失不大。这是植物的最后一种抵抗手段。

(4) 抗再侵染特性:是指植物受到一次侵染后,不再受同病原物的第二次侵染。例如:梨树的一个枝条被榭寄生寄生后,全株可免受其再侵染,病毒株系之间的交叉保护反应,也是抗再侵染的表现。

2. 按寄主和病原物之间的相互关系分类

(1) 垂直抗病性(vertical resistance):垂直或专化抗病性的特点是对一定病原菌的某些小种有抵抗力,而对另一些小种无抵抗力,即在植物的品种和病原菌的小种之间存在着特异性的相互作用。在遗传学上,垂直抗病性常由单基因或寡基因控制,是主效基因起作用。这种抗病性对感病性往往是显性的,表现为过敏性坏死反应,主要是阻止病菌建立侵染点,或阻止寄生物的定殖,从而制止孢子的产生。在流行病学上起到抗初期侵染,减少初始菌量的作用。这种抗性反应明显,易辨认,也易获得,因此是以往应用最多的一种抗病性。但也有其易丧失、持久性差的弱点,只要病原菌发生一个单一的遗传改变,它就有可能被克服。

(2) 水平抗病性(horizontal resistance):水平或一般抗病性的特点是植物对病原菌的各个小种具有基本上同等水平的抵抗能力,即对小种一般无特异性的相互作用。在遗传学上,这种抗性多数由多基因控制,即由多个微效基因联合起作用。因此,抗性较稳定、持久、不易变异。在流行病学上,水平抗性的作用在于阻止病原物的进一步扩展和繁殖,其结果是潜育期延长,形成病斑少而小,产孢量少,使菌量积累缓慢,流行速度降低,从而推迟病害的流行期,减轻为害,减少损失,其抗性水平多为中等。

自1963年J. E. Vanderplank提出把植物抗病性分为垂直抗性和水平抗性以来,引起了学术界的争论。

争论的第一个问题是把植物抗病性分为垂直抗性和水平抗性两类有不同看法。例如, Clifford认为,把植物抗病性分为两类是方便的,但自然界中绝不会这样划分。M.S. Wolfe认为,植物从免疫到感病是一个连续的统一体;病原物的致病性,从不致病,弱致病到强致病也是一个连续的统一体,因而寄主和病原物之间可以有各式各样的相互作用,不仅限于垂直抗性和水平抗性两类。Arnold和Brown认为,这两种抗性无根本性区别,是总的抗性系统中的两种特殊情况。

争论的第二个问题是在植物品种和病原物小种之间有无特异性的相互作用。J.E. Vanderplank认为,垂直抗性品种与病原物小种之间有特异性的相互作用,水平抗性品种与病原物小种之间无特异性相互作用,而J.C. Zadoks和J.E. Parlevliet认为,在水平抗性品种与病原物小种之间也有特异性的相互作用。

尽管存在以上争论,但不可否认,自J.E. Vanderplank提出这一分类法后,国内外对利用水平抗性防治植物病害的研究大大加强了,并且在水平抗性的鉴定和选育方法上都已取得了一定的进展。

3. 按抗病性的因素和生理生化机制分类(详见第三章第三节)

(1) 既存性状: ①植株形态抗病性; ②生理机能抗病性; ③组织解剖抗病性; ④生理生化抗病性。

(2) 保卫反应: ①过敏性坏死反应; ②木栓化反应; ③离层形成反应; ④溶菌现象。

4. 按免疫性的来源分类

(1) 先天免疫性(遗传免疫性): 是植物在长期演化和系统发育过程中所获得的免疫性,它又可分为两类:

①被动免疫性: 是指植物在受病原物侵染前已存在的免疫性。如气孔的数量、开闭时间,体表角质层、体内薄壁组织的厚度和硬度,植物体内酶的活性,维生素、杀菌素等。当侵染发生时,它们便成为抵抗因素。

②主动免疫性: 是指仅在植物受到病原物侵染以后产生的免疫性。如产生过敏性坏死反应(hypersensitive necrosis reaction)和植物保素(phytoalexin)等。

(2) 后天免疫性(获得免疫性): 是指植物在个体发育过程中受到某些因素的刺激所产生的免疫性。它又可分为:

①非侵染性的获得免疫性: 是指非病原物侵染而获得的免疫性。如理化免疫和栽培免疫等。

②侵染性的获得免疫性: 是指由病原物侵染而获得的免疫性。如交叉保护等引致的免疫性。

5. 按病原物的寄生专化性和遗传分化分类

(1) 植物的属、种、品种的免疫性: 病原物在系统发育过程中,由于遗传变异并逐步积累所形成的寄生专化趋势,称为寄生转化性。病原物专门寄生某一属、为属的专化性;专门寄生某一种,为种的专化性;专门寄生某一品种,为品种专化性,与其相对应的,即为植物的属、种和品种的免疫性。

(2) 个体免疫性: 在植物的属、种、品种内的个体之间存在着免疫性的差异,利用这种差异,常可选出抗病单株,并培育成新的抗病品种。