

联合国粮农组织 中华人民共和国农业部

植物病害防治和抗病育种

讨论会讲课笔记

FAO MA /PRC

PLANT DISEASE MANAGEMENT AND RESISTANCE BREEDING WORKSHOP

Lecture Notes

Beijing, June 1987

中华人民共和国农业部全国植物保护总站
中华人民共和国植物病理学会

前 言

由联合国粮农组织和中华人民共和国农业部全国植物保护总站共同合作，遴选了欧洲和美洲的著名植物病理学家和育种学家，聘请了中国著名的、孚有重望的科学家共同举办了《植物病害防治和抗病育种》培训班。编入本文集中的讲课笔记是这一前所未有的重要事件的成果。

我作为刘松林博士的协作者，谨对培训班的授课老师和学员表示真诚的谢意。由于他们所承担的义务，表现出的积极性和热情，才使培训班得以完成，并出版这个文集。培训班期间，个人间的交流，为更多的富有成效的合作奠定了基础。业已产生的这一文集和提供进一步训练的机会就是这种合作的一部份。这个文集的印发，能使培训班的一系列影响扩大到中国未能参加培训班的许多人中。

这个文集中的文章如果能对现代植物保护问题提出那怕是一个新的议题或者新的观点，那么它的目的也就达到了。

如果没有许多人为这项工作奉献出他们宝贵的时间和精力，那么培训班的举办和讲稿的出版是无法实现的。谨对他们的贡献表示感谢。这一著作是他们的贡献和成就的具体体现。

C · A · J · 帕特

联合国粮农组织植物保护处

PREFACE

The lecture notes compiled in this volume are the outcome of a rather unique event. A selection of eminent European and American plant pathologists and breeders were able to collaborate with equally eminent and highly esteemed Chinese scientists to implement a training course organized by FAO in collaboration with the General Station of plant protection, MAAHF

As co-organizer with Dr. Liu Songling, I wish to express our sincere gratitude to both the lecturers and the students whose commitment, motivation and enthusiasm made the course possible and led to the notes produced here. personal contacts established during the course laid the foundation for much fruitful collaboration-some of which is already taking place in the form of collaboration work and further training opportunities. This publication will extend the range of influence of the training course to many in China who were unable to attend.

If these notes initiate even one new question or a new perspective on viewing a current plant protection problem, they will have served their purpose.

The course and the notes are only possible because many people devoted their time and effort to the task. Their efforts are acknowledged with gratitude and this publication is concrete proof of their dedication and achievement.

C.A.J.Putter
plant protection Service
FAO

编译者序言

由联合国粮农组织 (FAO) 资助的《植物病害防治和抗病育种》讨论会一九八七年六月在北京举行。这次讨论会由联合国粮农组织植物保护处和由中国农牧渔业部全国植物保护总站和中国植物病理学会组成的国家培训委员会共同主办。在农牧渔业部外事司的领导和联合国粮农组织驻华办事处的帮助下,取得了圆满的成功。应邀出席这次讨论会的外国专家有: Prof. Ivan Willian Buddenhagen; Prof. Jan Carel Zadoks; Dr. David Johnston Royle; Dr. Martin Stuart Wolfe; 中国专家有: 沈其益教授、王焕如教授、曾士迈教授、李振歧教授、伍尚忠研究员、许志刚付教授。他们分别就植物病害防治和抗病育种的有关问题作了学术报告和讲演。为了把他们的科学知识和经验进一步向广大植保工作者传播、推广,我们编辑出版了这本《植物病害防治和抗病育种》讨论会讲课笔记,供广大植保工作者学习和参考。

这本讲义的出版亦是由联合国粮农组织资助的,全部中文译稿由参加这次讨论会的成员(名单附后)负责翻译,国内有关专家进行审校。由于编译者水平有限,时间又比较匆促,不妥和错误之处一定是很多的。我们认为,这也是编译者的一个学习机会,敬请广大读者批评指正。

译稿完成后,农牧渔业部全国植保总站的葛仁兴、朴永范、王福祥、方雯霞、王春波、黄士泰、王原、张互助同志在抄写、绘图等方面付出了大量的时间和精力,我们谨此表示深切的谢意;全国植保总站办公室的李秀暄、马烈和张国泉等同志在印刷,发送工作中同样付出了大量的劳动,在此一并表示感谢。

主编: 农牧渔业部全国植物保护总站

刘松林

中国农业科学院植物保护研究所

周广和

一九八八年三月十五日

目 录

前言

编译者序言

外国专家讲课笔记

(一) Ivan Willian Buddenhagen教授(美国)	(1)
第一讲: 作物与流行病的起源	(3)
第二讲: 抗病育种的生态观	(7)
第三讲: 系统性病原菌的抗病育种	(11)
第四讲: 进行作物/病原菌/环境之间的分析以更好地发展和利用抗病性	(15)
第五讲: 抗病毒育种: 亚洲热带地区对水稻东格鲁的研究	(22)
(二) William Earl Fry教授(美国)	(31)
第一讲: 试验小区间的相互干扰	(33)
第二讲: 植物抗病性的作用	(38)
第三讲: 植物抗病性与杀菌剂的综合利用	(43)
第四讲: 耕作措施在病害防治中的作用	(49)
第五讲: 一般抗病性的稳定性	(54)
第六讲: 模拟模型及预测	(59)
第七讲: 最优化的病害管理	(65)
第八讲: 杀菌剂抗性	(69)
(三) Raoul Arthur Robinson教授(加拿大)	(77)
第一讲: 植物病害系统	(79)
第二讲: 基因对基因关系	(89)
第三讲: 垂直子系统	(96)
第四讲: 热带非洲的玉米	(106)
第五讲: 水平亚体系	(110)
第六讲: 作物病害系统	(116)
第七讲: 选育具有水平抗性的作物品种	(119)
第八讲: 小麦、水稻和棉花	(125)
(四) David Johnston Royle博士(英国)	(129)
第一讲: 在作物保护中病害预报所涉及的范围	(131)
第二讲: 病害测报的成本及效益与西方农用实践的关系	(142)

第三讲：中期风险估计及与病害防治决策系统的结合·····	(152)
第四讲：与病害预报有关的作物冠层中水分的流行病学意义·····	(164)
第五讲：病害预测中病原物和病害发展的观察·····	(176)
第六讲：病害流行中对田间试验和病害预测有特别关联的多元回归分析 ·····	(190)
第七讲：一种病害预测系统的发展—冬小麦上的壳针孢菌 (Septoria) ·····	(203)
第八讲：溅液及气流传播的真菌孢子的捕捉技术·····	(213)
(五) Martin Stuart Wolfe博士 (英国) ·····	(217)
第一讲：抗病育种控制病害首先考虑的问题·····	(219)
第二讲：抗病育种的抗源·····	(225)
第三讲：抗病育种的策略·····	(232)
第四讲：病原菌群体——病原菌对寄主抗性和杀菌剂的反应·····	(239)
第五讲：病原群体：监测它们的反应·····	(247)
第六讲：应用抗性品种的策略·····	(254)
第七讲：品种混栽·····	(260)
第八讲：分子遗传学：实际的及潜在的作用·····	(267)
(六) Jan Carel Zadoks教授 (荷兰) ·····	(269)
第一讲：小麦病虫害控制的计算机决策系统 (EPIPPE) 在欧洲的 开发和应用·····	(271)
第二讲：检疫性病虫害洲际流行的模拟问题和展望·····	(290)
中国专家讲课笔记 ·····	(299)
(一)：王焕如：禾谷类锈菌生长分化研究中的问题和改进的方法·····	(301)
(二)：许志刚、方中达：水稻白叶枯病及抗病育种研究·····	(306)
(三)：伍尚忠：广东的水稻抗病育种与白叶枯病的综合治理·····	(318)
(四)：李振歧：中国小麦锈菌毒性变异研究中的几个问题·····	(332)
(五)：沈其益：中国棉花枯、黄萎病的综合防治·····	(340)
(六)：曾士迈：中国小麦条锈病的系统模拟·····	(346)
曾士迈：从综合治理走向植保系统工程·····	(348)
附录1：《植物病害防治和植病育种》讨论会报告 ·····	(350)
附录2：中国国家培训委员会名单 ·····	(355)
附录3：讨论会参加者名单 ·····	(360)

外国专家讲课笔记

IVAN WILLIAN BUDDENHAGEN 教授

(美 国)

第一讲：作物与流行病的起源

在试图进行抗性育种时，了解病害的起源及流行病学是很有用的，对于病原体的生态学也应搞清楚，以确定在流行状态以平息下去的小季中所形成病原群体进化和改变的因素。简言之，分析存在的致病体系及起源是有用的。

大多数的经典流行病都有一个共同之处：经过某种类型隔离的作物与病原菌两者之间产生了一种强化的聚合，这些隔离和重聚的类型，根据时间、空间或遗传，可用各种方式把它们归类。

早些时候，我把流行病分成三个主要类型：Ⅰ：作物种与病菌的长期共同进化；Ⅱ：长期或地理学上隔离后彼此会合；Ⅲ：由育种者通过基因重组而造成的遗传隔离（Buddenhagen, 1977）。根据起源及人类在自然进化的植病体系中的影响，每种类型又分成2~3个亚类型，以阐明主要病害存在的原因。

以前我把第Ⅲ类分成2个亚类，A类是导入和克服抗性基因的，B类是导入具引诱力的新的不同的亲属关系，但现在我考虑到后者的现象很重要，它不同于抗性育种问题，所以把B亚型改成第Ⅳ大类型。

表1. 流行病基本类型的起源

-
- | |
|-------------------------------|
| I. 作物种与病原菌长期的共同进化 |
| A. 两者关系平缓或周期性强化 |
| B. 经长期的空间隔离后，其进化系统共同组合 |
| II. 经长期（地理学上）隔离后新出现的 |
| A. 寄主移入新的地区 |
| B. 病原移入新的地区 |
| C. 新出现并发展的病菌移入隔离寄主处 |
| III. 育种者通过基因重组造成的遗传隔离 |
| A. 抗性基因的导入和克服 |
| IV. 育种者导入吸引人的新的不同亲属关系 |
| A. 导入未知的单个或多个感病基因 |
| B. 导入控制农艺性状的基因，以致间接改变作物——病菌关系 |
-

第Ⅰ类型的病害是在自然植物群落中，作物与病菌长期共同进化的结果，两个群体始终共存，抗性与致病性基因选择互相作用，以保持某种波动，但往往是一种平衡的系统，在这个系统中通过寄主抗性基因多样化及寄主的空间分布，使流行病趋于中度。高

密度的作物培育改变了这种自然平衡，通常由于缩短植株间的距离或增加某些寄主基因型的频率而增加病菌的流行可能性。在很久以前（非科学时代），把各种专化垂直抗性基因分散在同一群体不同植株中，仍是地方品种使流行病得到缓和。这种环境常常限制病菌的发展以致对很感病的寄主植物难得有选择作用。小麦、大麦和黑麦与它们的锈病是这一系统的主要例子，此系统中许多残存的感病性被保持在作物原产地的地方品种——病菌共同进化情况中。

在非常有利于流行病的年代里，它们可能在品种群体中局部发生，如稻瘟病的局部流行发生在地方品种存在的地方及历史有记载的中东和地中海小麦上的流行病，这类流行病常受时间和空间的限制，使基于群体的抗性水平几乎不变，我已把这一类归成IA型，“I”表示长期共同进化，“A”表示作物——病菌关系平缓至周期性加强。

以人类近代培育的主要作物——橡胶来说明上述类型。橡胶树在遗传上是异质的，它们非常零星地出现在巴西品种繁多的热带森林中，大约每公顷4株，他们与南美的叶枯菌共同进化，使这个病害在自然森林中发病很轻。有人试图在这个橡胶起源中心建立密集的种植园，但由于密集的树林增强了叶枯病的流行势能而失败告终。在自然条件下进化的抗性水平只能供零星的橡胶树抵抗病害，但对高密度树林就无能为力。目前的橡胶生产还能存在只是因为人们把橡胶树移到共进化的病菌从前没有过的和现在仍没有的洲去种植，可能是避免了共进化的致病体系。要是把这种菌引入亚洲或非洲，这类病害就会变成“IB”流行病，“I”表示共进化，“B”表示经新近空间隔离后共进化系统的重新联合。

最近出现了“IB”流行病的几个例子，大麦条锈病显然是在1975年传入哥伦比亚的，从那时起，病害很快传遍了南美的安第斯山脉。这个欧洲传入的24号小种使南美所有地方品种表现感病，造成了大减产，显然由于南美的地方品种在不存在这种老的共进化的病菌的情况下经过四个世纪的演化，抗性已丧失。这是一个很好的事实证据，它表明只有在病原菌连续不断存在的情况下抗性基因才能维持在群体中（然而还没有人调查过伊比利亚各种大麦地方品种，以决定他们的抗性水平）。

大麦条锈病菌现已不存在于南美的事实表明它过去一直不存在于北美，现在的确也不存在，使北美的大麦一直对IB类型流行病是脆弱的。

另一个例子是最近(1979年)由西欧传入澳大利亚的条锈病小种，在该国的八个感病品种上成了流行病，还幸运，一些从墨西哥国际小麦、玉米研究中心出来的品种具有抗性，很快新的病原小种从这新传入的小种中演化出来，由此可见，在不存在病原的情况下育种，已导致了对IB型流行病自动的脆弱性。

第三个例子是玉米热带锈病传入西非(大约1959年)，主要在热带非洲所有老品种的玉米群体中蔓延，这又一次表明了这些异花授粉、遗传上不一致的玉米品种，在当地缺乏以往共进化病菌的情况下经过四百年的演化，已丧失了共进化的抗性。

要能知道中国玉米锈病菌与玉米的进化关系就好了，就是说，在IB类流行病中，作物的脆弱性如何？在这方面分析中国的作物将是一项非常有用的活动。

另一大流行病是经以往地理隔离后重新遭遇的(第Ⅱ类)。我把它分成了三个亚型:A型是寄主移入新地区;B型是病菌移入新地区;C型是新遇到的病菌相继移到隔离的地方。

这一类的病害是在作物、病菌各自的进化系统中,这两个长期隔离的不同成份重新联合,通常一种作物从缺乏病菌的演化中心的作物种里选育出来,而缺乏的病菌正是在不同洲或地区的种上进化,作物或病菌向任何一方移动都导致了主要流行病,由于存在一种关联的寄主共进化系统。

这方面也有很多例子,马铃薯晚疫病在墨西哥其它马铃薯种上演化,导致了欧洲、美洲和其它地方的ⅡC型流行病,在墨西哥,这一病害发展成了ⅡA型,在马铃薯进化的南美成了ⅡB型。所有这些都是最近出现的。当今非洲在大豆上出现ⅡA型流行病,这大豆是中国华北的地方品种,病菌是新遇到的(*Pyrenochaeta glyclines*),但属非洲本地菌,它在那里的亲缘寄主(*Neonotonia Wightii*)上演化。

在非洲,另外几个大流行病例子是玉米的条纹病毒病,木薯的斑驳病,可可的肿菌病(ⅡA型),在北美洲的大流行病例子有荷兰榆树病,栗疫病,白松疱锈病(ⅡB型)。在中美有香蕉的枯萎病(ⅡA型)这个病害在菲律宾已变成ⅡC类型。

第三大类型的流行病由于通过遗传联因后克服了育种者造成的遗传隔离(Ⅲ型)。这一类型发生在专化抗性基因被结合的作物中,临时制造了共进化关系的破裂,通过进一步的作物育种而制造新的寄主基因型使病菌不能与作物建立关系,这种破裂关系就能继续存在。

病原基因的突变和重组使作物变得脆弱,就导致主要流行病,这时我们就说抗性“丧失”,实际上抗性没有丧失,只是病菌重新活动不再受到抗性基因的障碍,在现代植物育种中产生了许多第Ⅲ型的流行病,最大的有禾谷类的锈病,稻瘟病,马铃薯疫病(*Phytophthora*) 在R抗性基因的马铃薯上,玉米大斑病(*H. turcicum*),其它还有好多。

第Ⅳ类流行病(从前的ⅢB型)确需要分成一类并应解释一下,因为它们有上升的趋势,有可能将变得更重要。植物育种和有关农业技术的改变是为了增加作物的生产,但也导致了这类病害,这类流行病不是直接由于抗性基因的“丧失”所致,确切地说是育种和农业技术改变的间接作用所致。主要是具高产而抗多种病虫害的育成品种的推广。任何一个新的栽培品种都需要与周围环境和动植物建立新的不同关系,以前不重要的病菌可能受到吸引,使它比其它老品种还感病,流行病就有可能发生,这就是1970年在美国所发生的玉米小斑病大流行,单个细胞质基因存在于所有的T型细胞质的雄性不育株中,造成了对以前尚不重要的病菌一致的感病性,这不是抗性的丧失,而是无意中把感病性引入,这与抗性育种没关系,但是根据病菌的选择,感病基因起了作用,就象垂直抗性基因起作用一样,它选择病菌群体中的稀有小种,然后这种小种就取代了老的小种,这一类型被归入ⅣA型流行病,A代表感病基因的引入,表面上这基因的用意是不同的,但有重要目的,它使某一栽培品种对一个意料之外的病菌感病。

另一个相似的例子是燕麦的维多利亚病害，有一个单基因PC—2，抗冠锈病的燕麦品种被育成，这基因是多效的，但对禾谷类的一个非重要病原菌是感病的，当时这病菌（*H. Victoriae*）还是未知的，在这些情形下，为其它的目的而把多效应基因引入，致使植株对*H. Victoriae*所分泌的致病毒素高度感病，它们被选择了并变成了爆发性的群体，要是在育种和品种试验的过程中能发现这一弱点，不要把品种扩大到太大的面积，这种隐秘而不重要的稀有病菌就不会发展成流行病。

由于导入了一些改变作物状态、物候学或其它农艺性状的基因，从而出现了对病害不同效应的类型，典型的例子有，水稻、小麦矮化基因的利用，使矮秆品种耐高氮，具较密的冠层和收获指数，但这些特征也改变了禾谷类叶部病害在流行学上的潜能。

在较高收获指数的情况下，增强了叶子损失的某一个水平与产量损失关系的重要性，由这种植物育种和农艺方面的间接效应而致的重要病害被划为IVB型流行病。通过上述方式，许多现代病害（及害虫）已变得很重要，农业生产的强化，如水稻一年两季或三季，增强了病菌小季存活的潜能，接种体的传播使许多病毒病及其媒介变得很重要，结果，改良作物的简单基因在流行病中起了主要作用，但通过作物管理的作用是间接的，它反过来影响病原生态和流行病学，这种IVB类型流行病不是通过感病性本身的增强而增强，就象是IVA型中未能预测的一种情况。

IVB类流行病是否进一步扩展，就要把某地育成的并适于该地种植的新高产品种在具有不同致病系统的远地试种，使目前在老地方品种上潜能很低的病害得以暴露。这种例子有60年代的高产小麦引入北非种植，产生壳针孢属引起的病害。在水稻上高产品种台中本地1号和早期矮秆品种是60年代首先引入印度种植而发生白叶枯病，在低氮下种植的地方品种上很难发现以往的病菌，以致不知道它已存在整个次大陆而导致了流行病。

谢关林 译 周广和 校

第二讲：抗病育种的生态观

作物病害的发生程度取决于其所处的生态体系。在干燥的气候条件下，只有虫传（通常为病毒）和土传病害可以严重为害。而在潮湿的气候条件下，由于雨滴飞溅增加了病菌的传播机会和叶表侵染数目的增加，而使得许多病害都可严重发生。多季病菌（off—season Pathogen）的存活也因各地气候条件的不同而异，这些气候条件或可直接作用于病菌接种体，或可通过影响病菌的转主寄主而间接地影响病菌的接种体。

事实上，培育一个优良新品种可以看作是试图创造一个能够最大程度地适应某一生态系的植物基因型的一种尝试。一个生态系里面含有多种微生物、病毒及昆虫，这些生物可以与新的品种发生多种复杂的相互作用，而这种相互作用的复杂性又在很大程度上受制于生态系本身。因此，为了能够培育出具有稳定抗性的品种，深入地研究和了解这样的生态系统是一项十分繁杂艰巨的工作。

首先，应当了解新品种在被推广种植后所处的新的生态系的情况。以前大家很少考虑这一点，因为大家都认为一个新品种其推广面积愈大愈好。大的推广面积是育种工作的目标之一，育种工作者所获奖励的多寡也往往因推广面积的大小而定。因此，一个高产品种似乎可以不受环境条件的限制而到处应用，并且这一新品种的推广范围达到或超过了育种工作者培育该品种时所处生态体系的极限范围，这样，其后果是该品种被推广种植的范围离其生物学起源中心越远，则失败的可能性就越大。随着新的生态系的开拓，新品种可能会遇到许多新的病菌或病菌小种，也可能会遇到一些比在原选种地点在寄主病原相互作用过程中更有利于病菌活动的环境条件。

这即为植物抗病性的空间观。抗病品种是在一个特定的育种站选育出来的，它较选种圃内其它数以千计的品系的优点在于它有较强的生态适应性和较明显的产量优势，也就是说，系统的生态复杂性及其与寄主病原遗传多样性的相互作用决定了育种工作者的选育目标，即选择那些能够适应较大范围环境条件的品系。在这样一个大的环境范围内，病菌的多样性以及环境条件对病菌流行潜势的影响可以充分地显现出来。

这样，新品种的抗病性正如其在选种圃内所表现的那样受到如下两方面因素的制约：1）环境对病菌流行潜势的影响；2）病菌的遗传多样性。后者的重要性可在选种地点和品种将来的推广范围这两个区域的病菌群体多样性的相互对比中体现出来。如果两地间病菌群体的差异很小或等于零，则抗性的意义或实际效用将主要取决于推广地区的生态条件对病害发展的影响。

因此，植物抗病性的空间观包括两方面的内容：①生态条件对病害流行的影响；②病菌遗传多样性对病害流行的影响。这两个方面的重要性均可通过选种地点和推广地区的差异对比而得到显现。

从实际情况看，育种地点的选择可以决定一个新品种的一般抗性水平。如果育种场地在生态学上特别有利于某一病害的流行，则所获得的品种将具有很高的生态学抗性（尽管它可能在遗传性上是十分脆弱的，易受新小种的袭击），相反，如果育种场地的环境条件并不十分有利于某一病害的发生，则所获得的品种的生态学抗性就可能是很低的。在这种情况下，如果育种工作者已经认识到了这一现象，那么就可以采取一些人为的措施来调节生态系统使其特别有利于发病，这样就可提高所选品系的生态学抗性。然而，这种调节在遗传学意义上是十分有限的，因为病理学家往往只能采用整个病菌群体中的一小部分用于接种，这样，就不可避免地会带来一些误差和使得品种在遗传学意义上的抗病性变得十分有限，尽管它的生态学抗性可能是很高的。

农作物生长所处的生态系统决定了农作物品种所需的抗性程度，也决定了在什么样的地方才能选择和培育出稳定的高抗品种。

在西非，从海滨地区向北进入Sahel地区，降雨逐步减少，湿度逐步降低，越来越不利于玉米叶斑病的发生，这样，一个在北部地区可以很好地抵抗叶部病害的玉米品种拿到南部去就显得不十分有效了。一个在北部地区的育种站也因此而不能培育出在南部区也足以抵抗该病发生的品种来。由于某一地区的气候可以年复一年地波动，因此，即使北部地区某年的气候条件有利于病害的发生，育种工作也仍应在偏南部的地区进行。

由于西非北部地区较为干旱，因此在一个育种程序内，育种工作可在南北两地交替进行，因为在南部地区有利于对抗病性状的选择，在北部地区有利于对耐旱性状的选择，这样，就可集抗病和耐旱两性状于一个品种上。

生态体系在品种选育过程中的作用当然不只表现在对病害流行程度的影响上，如果在某一地区，环境条件特别有利于某一病害的发生，但若该地区根本不存在引致该病害发生的病原菌，那么如不改换育种地点则也不可能培育出抵抗该病害的品种来，该问题将在另一章作进一步的讨论。

一般说来，作物的适于生长的范围要远远地大于适于该作物上某些病害发生的范围。在中国情况更是如此。人们都知道，在某些地区，锈病、霜霉病及萎蔫病等病害发生特别严重，那么针对这些病害的育种工作都应放在这些地区进行。如果不同的地区发生的病害不同，那么在一个育种程序中可包容两个或三个植病系统，并在早期的分离世代中进行种质的交换。这样，就有可能能够获得一个在较大的生态体系中具有较强抗性的品种（有关避免小种特异性和品种遗传脆弱性的问题还将在另一章中讨论）。

一个生态体系可以多种不同的方式阻止或促进某一作物病害的发生。首先，气候（主要有温度、湿度和降雨等）可以对病害的发展产生较为全面的影响；其次，土壤的地质史决定了土壤的特性，而这些特性与作物生长及其营养状况直接相关，因而又可以间接地影响到病害的发展潜势；第三，生态系统可以影响耕作及其它农业技术措施的使用，因而也可以对病害产生间接的影响。一般说来，先进的农业技术措施常常是针对提

高产量、生物量、收获指数或氮效益而言的，但同时许多病害系统中，这些措施也特别有利于病害的发生。

因此，在先进的技术措施和较高的病势之间存在着一种正的相关，即一个利于夺取高产的农田生态系统同时也要求所种植的品种必须具有较高的抗性水平。

高产和病害之间的相互关系可体现在如下几个方面：

1. 高产潜力即意味着植株早期生长茂密旺盛，但这同时，也有利于早期病原菌的发育和病菌在叶面之间的传播。

2. 高产潜力即意味着较高的收获指数，即提高单位光合面积的光合值。

3. 高产潜力即意味着较大的氮吸收量，而较多的氮素通常是利于病菌和其它有害生物的发育和传播的。

4. 高产潜力即意味着每日干物质积累量的增加和生育期的缩短，但这同时也意味着持续时间较短的利于病害发展的环境条件对生育期较短的品种的影响要比对生育期较长的品种的影响更大些，因为生育期较短的品种没有足够的时间来再行补偿病害所造成的损失。

5. 为了夺取高产，就必须投资。而大量投资会增大农产品的成本。因此，由病害所造成的损失也相应提高，对病害的防治问题也就不能不给予足够的重视。

6. 高产即意味着作物要从土壤中吸收大量的养分。如果这种过度吸收持续不断地进行，则不可避免地会导致土壤中营养的不平衡现象。而这种营养不平衡现象会以某种现在还不完全清楚的方式来影响寄主和病原之间的相互关系。

已经清楚了，传统农业的整个生态系统都对作物和病菌之间的平衡有明显的影响。但以其中的气候因子（如温度、湿度和降雨等）对病势和品种所需抗性的程度影响最大。

这种状况也受到我们为了夺取高产所采取的一系列措施的影响，亦即对作物抗性水平的要求也随着新技术的采用而提高。

这种因采用新技术而导致的对品种抗性要求的增加是在种植高产品种的过程中必须大量施用化学保护剂的重要原因之一。

在加州棉花通常是种植于肥沃的冲积土壤中，并常常是和苜蓿轮作，但其产量常因早衰而下降，从早衰的棉株上常可以较高的频率分离到 *Verticillium*。然而，最近的研究工作表明棉株结铃期缺钾是一个十分重要的诱病因素。苜蓿连续多年大量地吸收钾素，使土壤中特别是底层土壤中的有效钾量大大减少。这样就迫使棉株根系大量地分布于表层土壤中，而表层土壤也正是 *Verticillium* 大量存在的区域，因此，棉花低产可认为是土壤某些层次缺钾、植株钾素营养不良及表层土壤中 *Verticillium* 接种体数量较大三者相互作用的结果，而 *Verticillium* 群体数量较大则可能是由于抗性及其侵染频率方面的原因造成的。

在这类土壤中选种，就有可能获得抗性较强或者吸钾能力较强或者二者兼备的品

种。

这一病例虽然只代表土壤——植物间的相互关系，但从中也可看出生态系统对植病体系影响之重大，这一事例也说明植物的抗感病性并不是一个抽象的概念，而是在有一定数量病原群体存在的情况下（其数量大小也受其它许多因素的影响）作物生产力的反映。

水稻品种对 *Helminthosporium* 的抗性在不同的地区有显著的差异。研究结果表明，发病程度可反映土壤／植物／营养不平衡这三个方面的情况，亦即抗病性实际上可看作是土壤／品种／营养这三方面因素相互关系的一种表现。

对水稻白叶枯病，一个品种既可被认为是抗病的，又可被认为是中感的或感病的，依其生长于水田、高地或旱地而定，这种差异也可在具有同样的大气微环境条件的相邻田块之间表现出来。

这些事例说明了搞清楚育种场地的生态条件是十分必要的，同时也说明了育种场地的生态条件必须要能代表将来该品种的推广地区的生态条件。

（李世乐 译 陈剑波 周广和 校）

第三讲：系统性病原菌的抗病育种

系统性与非系统性病害明显地不同。系统性病害一次侵染就会使整株植物在整个生活史中表现防御能力。它有可能导致长期相互作用的关系。在那里，植物的某些阻止水平就会导致竞争力和生产率的降低，有可能象种传病毒那样一代一代传下去，结果会导致寄主的死亡或不孕。也有可能很轻以致很难检测出植物是有病的。这个极端可以是无病。在那里侵染不能通过症状来显现，只有通过现代方法来检测外源DNA或RNA，然后再考虑这些是由于隐藏病毒的存在。

系统性病害可由十分不同类型的病原引起，包括病毒、类病毒、类菌原体、螺原体、细菌和真菌。有介体传的和非介体传的。介体传播这一特性给抗病育种带来更复杂的问题。方便起见有人把系统性病害进一步划分，基本类型包括木质部，维管束或薄壁细胞内的系统性病害。只有病毒和类病毒是薄壁细胞内的系统性病害，他们经常通过韧皮部转移。

在植物育种中，系统性病害可以单独作为一类来对待，在评判植物抗性水平时，对于系统性病害来说不需要考虑再侵染问题，对于多循环的叶斑病和萎蔫病，在育种圃里测定抗性会受季节性环境条件变化的影响，而对系统性病害则无影响。

另一个优点是对单一植株进行抗性选择是很准确的，它不受植物群体中的病害发展潜力的影响。因此，可以根据植物发病时的产量在母本、 F_2 代、 F_3 代等等中进行选择。植物发病但产量不低我认为把这个特性称为耐病性合适，实际工作中这个“耐病性”仅能应用于系统性病害。

许多人对耐病性下了很多不同的定义。广泛被接受的一个定义的基本点为：“发病量相等，但产量损失较少。”虽然这个定义被用于多循环病害，但在非系统性病害的抗病育种中应用耐病性这样一个概念存在着两个基本问题。

第一，在分离后代中，不同植株发病情况不同，不可能根据某一株植物同其它植株发病量一样，但产量较高，在这个基础上选出该株为耐病植株。人们往往会不顾耐病性自动选出发病轻的植株。还有特别是一些小的禾谷类作物或一些一年生作物，在分离后代中，不同株间表现型不同，也会倾向选择成熟晚的植株，因为即使这些植株只比其它植株晚几天，假若它们同其它植株抗病性一样的话，它们也会表现较轻的病害。确实如此，因为①新的叶片仍然长出，②转变到繁殖灌浆期通常降低抗性；因此应该知道确切的生理时期（但不可能）从而才能使病害级别的确定更为准确。

针对叶斑病和枯萎病试图选用耐病性，第二个基本问题就是涉及到在稳定系（不再分离）中测定耐病性的问题。虽然理论上是可行的，但做起来很难，植物育种中在稳定系比较测定耐病性几乎是无价值的。在那个时期，被选出来剩下的品系一般均为高产低病